

Vytauto Didžiojo universitetas
Žemės ūkio akademija
Miškų ir ekologijos fakulteto
Miškų monitoringo laboratorija

**TOLIMŲJŲ ORO TERŠALŲ
PERNAŠŲ POVEIKIO
SĄLYGIŠKAI NATŪRALIŲ
EKOSISTEMŲ KOMPONENTAMS
VERTINIMAS**

A T A S K A I T A

Sutarties Nr. 28T-2019-78

Kaunas 2021 m.

Vytauto Didžiojo universitetas
Žemės ūkio akademija

TVIRTINU:



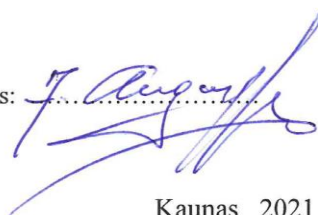
Kanclerė Astrida Miceikienė

**TOLIMŲŲ ORO TERŠALŲ PERNAŠŲ POVEIKIO
SĄLYGIŠKAI NATŪRALIŲ EKOSISTEMŲ KOMPONENTAMS
VERTINIMAS**

A T A S K A I T A

Sutarties Nr. 28T-2019-78

Darbo vadovas:



Dr. Algirdas Augustaitis

Kaunas 2021 m.

.

Santrauka

2020 m. atlikti visi numatyti kasmetiniai ir papildomai kas 5 metus vykdomi detalūs miško ekosistemų tyrimai Aukštaitijos ir Žemaitijos KM stočių uždaruose upelių baseinuose ir režiminiai stebėjimai Aukštaitijos KMS.

Atlikti šie paslaugų sutarties techninėje specifikacijoje numatyti tyrimai ir darbai:

2020 metais įvertinti su tolimosiomis oro pernašomis iš kitų valstybių atneštų teršalų srantai per biologinius sąlygiškai natūralių ekosistemų elementus ir poveikis jiems, remiantis anksčiau surinktais duomenimis ir 2020 m. atliktais tyrimais Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stočių teritorijose, vadovaujantis Augalijos tyrimų pagal ICP IM programą parametrų bei apimčių sąrašu, pateiktu šios techninės specifikacijos 2 priedėlyje, ir laikantis ICP IM Vadovo bendrųjų reikalavimų bei reikalavimų, nurodytų atitinkamose ICP IM Vadovo dalyse (paprogramėse): 7.4 (*Subprogramme MC: Metal chemistry of mosses*), 7.7 (*Subprogramme SC: Soil chemistry*), 7.8 (*Subprogramme SW: soil water chemistry*), 7.9 (*Subprogramme GW: ground water chemistry*), 7.10 (*Subprogramme RW: runoff water*), 7.12 (*Subprogramme FC: Foliage chemistry*), 7.13 (*Subprogramme LF: Litterfall chemistry*) 7.16 (*Subprogramme FD: Forest damage*), 7.17 (*Subprogramme VG: Vegetation (intensive plot)*), 7.19 (*Subprogramme VS: Vegetation structure and species cover*), 7.20 (*Subprogramme EP: Trunk epiphytes*) ir 7.21 (*Subprogramme AL: Aerial green algae*):

4.1. 2020 metais atlikti sumedėjusios augalijos tyrimai Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stočių upelių baseinų teritorijose:

4.1.1. Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stočių tyrimo ploteliuose įvertinta augančių medžių būklė, nustatyti ją sąlygojantys aplinkos veiksniai remiantis 2020 metų tyrimų duomenimis;

4.1.2. Aukštaitijos (trijuose) ir Žemaitijos (viename) IM stočių augalijos intensyvaus tyrimo stacionaruose atlikti dinaminiai dendroekologiniai tyrimai medžių iškritimui ir prieaugiui įvertinti:

4.1.2.1. nustatyti medžių dendrometriniai parametrai;

4.1.2.2. įvertinta medžių lajų būklė;

4.1.3. įvertinti ozono poveikio sukelti pažeidimai, ozono kritiniai lygiai ir apkrovas, fotosintetinis saulės aktyvumas (FAR) po medžių lajomis ir lajų paviršiaus indeksai (LAI);

4.1.4. atlikti medynų vystymosi eigos stebėjimai, nustatyti medžių iškritimo, atsikūrimo ir prieaugio parametrai;

4.1.5. atlikti bioelementų kiekio skaičiavimai, nustatyti rūšinės sudėties, amžiaus ir tankumo parametrai bei medynų biomasė;

4.1.6. Atlikti Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stotyse nuokritų sezoniniai stebėjimai:

4.1.6.1. nustatyti nuokritų kiekiai kas mėnesį kai nėra sniego dangos;

4.1.6.2. rinkti ir kas ketvirtį pristatyti į atitinkamą akredituotą laboratoriją analizei nuokritų bandiniai pagrindinių cheminių elementų ir sunkiųjų metalų, nurodytų šios techninės specifikacijos 2 priedėlyje, koncentracijoms nustatyti;

4.1.6.3. tirtas nuokritų destrukcijos greitį;

4.1.7. Atlikti lapijos fiziniai-cheminiai stebėjimai Aukštaitijos IM ir Žemaitijos IM stotyse:

4.1.7.1. rinkti lapijos mėginiai ir nustatyti fiziniai parametrai nurodyti šios techninės specifikacijos 2 priedėlyje;

4.1.7.2. surinkti mėginiai pristatyti į atitinkamą akredituotą laboratoriją cheminėms analizėms;

4.1.8. Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stotyse atlikti epifitinių kerpių rūšinės įvairovės, gausumo ir būklės bei bendrųjų vystymosi parametrų stebėjimai intensyvių stebėjimų poligone ir upelių baseinų teritorijose;

4.1.9. Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stotyse atlikti sausumos žaliadumblių būklės pokyčių stebėjimai, nustatyti eglų spyglių amžius, spyglių kiekiškis, spyglių padengimas dumbliais, medžio kamieno skersmuo;

4.1.10. Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stotyse išanalizuotos ir įvertintos sumedėjusios augalijos būklės (įskaitant medynų būklę, medžių pažeidimus bei jų įtaką medžių būklei; nuokritų sezoninę dinamiką bei jų užterštumą sunkiaisiais metalais, lapijos užterštumą sunkiaisiais metalais) bei epifitinių kerpių ir sausumos žaliadumблиų būklės pokyčių priežastys;

4.1.11. palyginti 2020 metų duomenys su turimais 2019 m. ir 1993-2019 metų periodo duomenimis.

4.2 2020 metais atlikti žolinės augalijos tyrimai Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stočių upelių baseinų teritorijose:

4.2.1. Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stočių teritorijose atlikti žolių-krūmokšnių ir samanų-kerpių ardu rūšių tyrimai (Aukštaitijos IM stoties teritorijoje – 100, Žemaitijos IM stoties teritorijoje – 32);

4.2.2. nustatyti augalijos rūšinės įvairovės, dažnumo ir padengimo parametrai ir atlikti išsami intensyvaus stebėjimo poligonuose surinktos medžiagos analizė;

4.2.3. nustatyti žolinės augmenijos įvairovės ir gausos indeksai upelių baseinuose;

4.2.4. atlikta sunkiųjų metalų, nurodytų šios techninės specifikacijos 2 priedėlyje koncentracijų samanose analizė;

4.2.5. įvertinti Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stočių teritorijose 2020 metais atliktų tyrimų duomenys ir palyginti su turimais ilgalaikių tyrimų (1994–2019 metų laikotarpio) duomenimis, identifikuoti pokyčiai, išanalizuoti ir detalizuotos jų priežastys ir pateiktos išvados bei prognozės, jei pagal galimybes, pateiktos rekomendacijos dėl jų būklės gerinimo;

4.2.6. pagal galimybes nustatytos augalijos struktūros/rūšinės sudėties/gausumo pokyčių priežastis.

4.3. 2020 metais įvertinti su tolimosiomis oro pernašomis iš kitų valstybių atneštų teršalų foniniai kiekiai, su krituliais pakliuvę į vandenį ir dirvožemį:

4.3.1. vykdyta stebėjimų įrangos patikra integruoto monitoringo teritorijose bei konsultuoti stebėtojai Aukštaitijos bei Žemaitijos IM stotyse;

4.3.2. užtikrintas dirvožemio vandens, gruntinio bei paviršinio (upelių) vandens mėginių rinkimas Aukštaitijos IM stotyje šios specifikacijos 2 priedėlyje nurodytu dažnumu;

4.3.3. apdoroti, tikrinti ir koreguoti dirvožemio vandens, gruntinio vandens ir paviršinio (upelių) vandens cheminės analizės 2020 metų duomenys;

4.3.4. Įvertinta upelių bentofaunos rūšinė sudėtis, rūšių tankumo parametrai, Šenono-Vienerio įvairovės indeksas ir biotinis indeksas, biomasė, pagrindines upelių mikrobuveinių Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stočių upelių baseinų teritorijose;

4.3.5. išanalizuota dirvožemio vandens, gruntinio vandens ir upelių vandens cheminė sudėtis, įvertinta dirvožemio vandens, gruntinio vandens ir upelių vandens cheminės sudėties dinamika bei įtaka ekosistemų būklei, pateiktos išvados;

4.4. vadovaujantis ICP IM Vadovo reikalavimais, Aukštaitijos bei Žemaitijos IM stočių teritorijose surinktas reikiamas kiekis dirvožemio mėginių, kurie sudarytų sąlygas įvertinti dirvožemio chemines savybes IM stočių teritorijose;

4.4.1. atlikta dirvožemio mėginių analizė, nustatyti dirvožemio parametrai, nurodytus šios techninės specifikacijos 2 priedėlyje;

4.4.2. įvertintos dirvožemio cheminės savybės ir jų pokyčiai lyginant su ankstesnių metų tyrimų duomenimis;

4.4.3. Įvertintas dirvožemio pedobiontų gausumas ir rūšių įvairovė Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stotyse;

4.5. 2020 m. užtikrintas oro, kritulių, vandens ir kitų aplinkos elementų būklės tyrimų atlikimas Aukštaitijos IM stotyje pagal ICP IM programą, vadovaujantis šios techninės specifikacijos 3 priedėlyje nurodytu Aukštaitijos IM stotyje tiriamų fizikinių, meteorologinių, oro, kritulių, vandens parametrų bei tyrimų apimčių sąrašu ir laikantis ICP IM Vadovo reikalavimų:

4.5.1. vykdyti aplinkos būklės parametrų (fizikinių, meteorologinių, oro, kritulių ir vandens), privalomų pagal ICP IM programos ir Europos Parlamento ir Tarybos direktyvos 2004/107/EB reikalavimus mėginių paėmimo ir matavimo darbai Aukštaitijos IM stoties ir upelio baseino teritorijoje ir tyrimų poligone;

4.5.2. užtikrinta ICP IM programos reikalavimus sąlygiškai natūralių ekosistemų tyrimų stotims atitinkanti Aukštaitijos IM stoties priežiūra ir eksploatacija, sudarant sąlygas efektyviam tolimųjų oro teršalų pernašų įtakos Lietuvos oro baseino užterštumo lygiui tirti;

4.5.3. užtikrintas paimtų bandinių ir su jais susijusių duomenų pristatymas atitinkamoms akredituotoms laboratorijoms numatytu laiku specializuotiems tyrimams atlikti;

4.5.4. užtikrinta stotyje instaliuotos ir naudojamos mokslinės įrangos kvalifikuota priežiūra.

4.6. Įvertinti sąlygiškai natūralių miško ekosistemų įvairių biotos komponentų būklės ilgalaikiai pokyčius, pateiktas paskutinių 25 metų turimų tyrimo rezultatų apibendrinimas.

4.7. Įvertintas klimato kaitos poveikis oro teršalų (ypač sieros ir azoto junginių bei sunkiųjų metalų) pernašų iš Vakarų ir Vidurio Europos srautams bei procesams, vykstantiems ekosistemose, atsižvelgiant į regioninius ypatumus.

4.8. Įvertintas klimato kaitos poveikis pažemio ozono ir ultravioletinės saulės spindulių kaitai miško ekosistemose.

4.9. Paruošti duomenys ir informacija, skirta pateikti ICP IM programai vadovujančiam Suomijos aplinkos institutui (SYKE), Perkančiajai organizacijai parengti ir pateikti duomenys ICP IM Vadove atitinkamoms paprogramėms nustatyta duomenų pateikimo forma.

Įvadas	13
I KLIMATO KAITA IR ATSKIRŲ GEOSISTEMOS KOMPONENTŲ TARPUSAVIO SĄVEIKOS TYRIMAI KMS TERITORIJOSE.	15
1.1 Klimato atšilimo intensyvumas 1993-2020 m laikotarpiu.	16
1.1.1. Vidutinės oro temperatūros kaita KM stočių teritorijose	16
1.1.2. Dirvožemio temperatūros kaita KM stočių teritorijose.	20
1.1.3. KM stočių upelio vandens temperatūra.	24
1.1.4. Ištirpusio deguonies kiekis KM stočių upelio vandenyje	25
IŠVADOS	27
1.2 Vandens balansas pagrindinėse geosistemos grandyse	30
1.2.1. Kritulių kiekio dinamika KM stočių teritorijose.	34
1.2.2. Dirvožemio vanduo	39
1.2.3. Gruntinis vanduo	40
1.2.4. Paviršinis upelio vanduo	46
1.2.5. Vandens balanso sudedamųjų	47
IŠVADOS	48
1.3 Saulės bendrosios, fotosintetiškai aktyvios ir ultravioletinės spinduliuotės, jų kaita ir sąsajos su klimato pokyčiais.	50
1.4.1. Saulės bendrosios ir fotosintetiškai aktyvios spinduliuotės kaita Aukštaitijos KMS.	51
1.4.2. Ultravioletinės spinduliuotės kaita Aukštaitijos KMS	53
1.4.3. Meteorologinių veiksnių ir saulės spinduliuotės tarpusavio sąveikos	54
IŠVADOS	56
1.4 Pažemio ozono koncentracijų tyrimai	57
1.4.1. Ozono koncentracijos pokyčių per 2005-2020 metų laikotarpį apžvalga ir prognozė.	59
1.4.2. Ozono koncentracijos pokyčių per 2005-2020 metų laikotarpį pagrindinės tendencijos.	61
1.4.3. Meteorologinių veiksnių ir ozono koncentracijų tarpusavio sąveikos	66
1.4.4. Ozono poveikio sukeltų pažeidimų analizė	69
IŠVADOS	72
1.5 Miško ekosistemų fizinių parametrų tyrimo rezultatų apibendrinimas .	75

II	MIŠKO EKOSISTEMŲ SUMEDĖJUSIOS AUGMENIJOS MONITORINGAS KOMPLEKSINIO MONITORINGO TERITORIJOSE	81
2.1.	Miškų būklės dinamika integruoto monitoringo stočių teritorijose	81
2.1.1.	<i>Aukštaitijos KMS medynų būklė.</i>	81
2.1.2.	<i>Žemaitijos KMS medynų būklė</i>	87
	<i>IŠVADOS</i>	94
2.2.	Medžių lapijos indekso tyrimai KM stočių baseino teritorijose	97
2.2.1.	<i>Medžių lapijos indeksas Aukštaitijos KMS baseine</i>	100
2.2.2.	<i>Medžių lapijos indeksas Žemaitijos KMS baseine.</i>	100
2.2.3.	<i>Medžių LAI, nustatytų hemisferiniu fotoaparatu, pokyčių analizė</i>	101
	<i>IŠVADOS</i>	103
2.3.	KMS baseinų teritorijose augančių medynų biomasės ir bioelementų pokyčiai bei medienos destrukcija ir prieaugis	105
2.3.1.	<i>Aukštaitijos KMS baseino medynų struktūros, tūrio ir jo prieaugio kaita 1993-2020 m. laikotarpiu.</i>	106
2.3.2.	<i>Aukštaitijos KMS medynų biomasė ir ir pagrindinių bioelementų kiekiai</i>	110
2.3.3.	<i>Žemaitijos KMS baseino medynų struktūros, tūrio ir jo prieaugio kaita 1993-2020 m. laikotarpiu</i>	116
2.3.4.	<i>Žemaitijos medynų biomasė ir ir pagrindinių bioelementų kiekiai. IŠVADOS</i>	121 128
2.4.	Medžių pažeidimai KMS teritorijose.	132
2.4.1.	<i>Aukštaitijos KMS medžių pažeidimai bei pagrindinės priežastys</i>	133
2.4.2.	<i>Žemaitijos KMS medžių pažeidimai bei pagrindinės priežastys.</i>	135
2.4.3.	<i>KM stočių teritorijose augančių medžių pažeidimų ir pagrindinių priežasčių kaita</i>	136
	<i>IŠVADOS</i>	138
2.5.	Medynų būklė augalijos tyrimų stacionaruose	140
2.5.1.	<i>Medynų būklė Aukštaitijos KMS stacionaruose.</i>	141
2.5.2.	<i>Medyno būklė Žemaitijos KMS stacionare</i>	148
2.5.3.	<i>Medžių dendrometrinių parametrų ir tūrio prieaugio kaita 1994-2020 m. KMS stacionar</i>	151
2.5.4.	<i>KMS stacionaruose augančių medžių produktyvumas 1994-2020 m. laikotarpiu</i>	155
	<i>IŠVADOS</i>	156
2.6.	Aplinkos veiksnių kompleksiško poveikio miškų būklei ir produktyvumui vertinimas	158
2.7.	Miško būklės tyrimo rezultatų apibendrinimas	167
III	Kitų miško ekosistemų komponentų rūšių įvairovės ir gausumo kaita KMS baseinų teritorijose	179
3.1.	Žaliųjų oro dumblių gausa	179
	<i>IŠVADOS</i>	182
3.2.	Epifitinių kerpių rūšinė įvairovė ir gausumas	183
3.2.1.	<i>Epifitinių kerpių rūšinė įvairovė ir gausumas Aukštaitijos KMS kerpių tyrimo stotyje.</i>	185

	3.2.2. <i>Epifitinių kerpių rūšinė įvairovė ir gausumas Žemaitijos KMS kerpių tyrimo stotyje</i>	188
	3.2.3. <i>Makrokerpių rūšių įvairovė ir gausa KM stočių baseinų miško ekosistemose 2015-2020.</i>	190
	<i>IŠVADOS</i>	199
3.3.	Dirvožemio pedobiontų rūšinė įvairovė ir gausumas	201
	3.3.1. <i>Mikroartropodų kompleksų struktūra Aukštaitijos KMS dirvožemio tyrimo stotyje</i>	203
	3.3.2. <i>Mikroartropodų kompleksų struktūra Žemaitijos KMS dirvožemio tyrimo stotyje</i>	203
	3.3.3. <i>Mikroartropodų kompleksų struktūrų kaita ir palyginamoji analizė KMS dirvožemio tyrimo stotyse</i>	206
	<i>IŠVADOS</i>	213
3.4.	Upelio makrobentoso rūšinė įvairovė ir gausumas	216
	3.4.1. <i>Makrobentoso rūšinė įvairovė ir gausumas Aukštaitijos KMS Versminio upelyje.</i>	218
	3.4.2. <i>Makrobentoso rūšinė įvairovė ir gausumas Žemaitijos KMS Juodupio upelyje</i>	223
	<i>IŠVADOS</i>	226
3.5.	Miško ekosistemų biotos komponentų rūšių įvairovės ir gausumo tyrimo rezultatų apibendrinimas.	228
IV	ŽOLINĖS AUGALIJOS TYRIMAI AUKŠTAITIJOS IR ŽEMAITIJOS KMS AUGALIJOS INTENSYVIŲ TYRIMŲ STACIONARUOSE	234
	4.1. Aukštaitija – LT-01_100	236
	4.1.1. <i>Projekcinis padengimas</i>	236
	4.1.2. <i>Dažnumas</i>	243
	4.1.3. <i>Fertilumas</i>	246
	4.2. Aukštaitija – LT-01_102	247
	4.2.1. <i>Projekcinis padengimas</i>	248
	4.2.2. <i>Dažnumas</i>	255
	4.2.3. <i>Fertilumas</i>	257
	4.3. Žemaitija – LT-03_100	259
	4.3.1. <i>Projekcinis padengimas</i>	259
	4.3.2. <i>Dažnumas</i>	264
	4.3.3. <i>Fertilumas</i>	266
	<i>IŠVADOS</i>	268
	4.4. Žolinės augalijos tyrimų KM stočių intensyvių tyrimų poligonuose apibendrinimas	269
V	ŽOLINĖS AUGALIJOS TYRIMAI AUKŠTAITIJOS IR ŽEMAITIJOS KMS BASEINŲ MIŠKO EKOSISTEMOSE	273
	5.1 Aukštaitija KMS baseino miško ekosistemos	273
	5.2 Žemaitijos KMS baseino miško ekosistemos.	275
	5.3 Buveinių klasifikacija.	276
	<i>IŠVADOS</i>	278

VI	CHEMINIŲ KOMPONENČIŲ KONCENTRACIJOS LAPIJOJE IR JŲ SRAUTAI SU NUOKRITOMIS.	295
6.1.	Pagrindinių maistinių elementų koncentracijos lapijoje ir jų kaita 2005-2020 m. laikotarpiu	296
6.1.1.	<i>Pagrindinių maistinių komponentų sudėties lapijoje kaita Aukštaitijos kompleksinio monitoringo stotyje</i>	297
6.1.2.	<i>Pagrindinių maistinių komponentų sudėties lapijoje kaita Žemaitijos kompleksinio monitoringo stotyje.</i>	304
	<i>IŠVADOS</i>	309
6.2.	Pagrindinių maistinių elementų koncentracijos nuokritose ir jų kaita 2005-2020 m. laikotarpiu	314
6.2.1.	<i>Nuokritų sezoninė dinamika KMS teritorijose.</i>	315
6.2.2.	<i>Nuokritų destrukcijos greitis KMS teritorijose</i>	321
6.2.3.	<i>Pagrindinių maistinių komponentų sudėties nuokritose kaita Aukštaitijos kompleksinio monitoringo stotyje</i>	325
6.2.4.	<i>Pagrindinių maistinių komponentų sudėties nuokritose kaita Žemaitijos kompleksinio monitoringo stotyje</i>	330
6.2.5.	<i>Pagrindinių maistinių komponentų srautai su nuokritomis KM stočių teritorijose</i>	335
6.3.	Cheminių komponentų koncentracijų kaitos agalijos komponentuose apibendrinimas.	338
VII	DIRVOŽEMIO VANDENS, GRUNTINIO BEI PAVIRŠINIO (UPELIŲ) VANDENS TYRIMAI AUKŠTAITIJOS IR ŽEMAITIJOS IM STOČIŲ UPELIŲ BASEINŲ TERITORIJOSE	348
7.1.	Dirvožemio vandens savybės KM baseinų teritorijose	352
	<i>IŠVADOS</i>	359
7.2.	Gruntinio vandens savybės KM baseinų teritorijose.	360
	<i>IŠVADOS</i>	368
7.3.	Upelio vandens savybės KM stotyse	369
	<i>IŠVADOS</i>	374
7.4.	Medžiagų balanso išnešimo sudedamosios kaita 1994-2020 m.	376
7.5.	KMS dirvožemio cheminės sudėties kaita 1995-2020 m. laikotarpiu.	380
7.5.1.	<i>Dirvožemio ėminių rinkimo sąlygų aprašymas ir metodika</i>	380
7.5.2.	<i>Dirvožemių fizikinės ir cheminės savybės</i>	383
7.5.3.	<i>Dirvožemio cheminės sudėties kaitos palyginimas KMS dirvožemio tyrimų stacionaruose</i>	385
	<i>IŠVADOS</i>	390
7.6.	Dirvožemio ir dirvožemio, grūntinio, bei paviršinio vandens cheminės sudėties kaitos rezultatų apibendrinimas apibendrinimas	391
VIII	SUNKIŲJŲ METALŲ SRAUTAI, KONCENTRACIJOS IR KAUPIMASIS MIŠKO EKOSISTEMOSE.	393
8.1.	Sunkiųjų metalų srautai su krituliais miško ekosistemose	394
8.1.1.	<i>Aukštaitijos kompleksinio monitoringo stotis.</i>	395

8.1.2.	<i>Žemaitijos kompleksiško monitoringo stotis.</i>	398
8.1.3.	<i>Sunkiųjų metalų metinių srautų palyginimas KM teritorijose.</i>	400
	<i>IŠVADOS.</i>	403
8.2.	Sunkiųjų metalų koncentracijos medžių lapuose ir spygliuose.	404
8.2.1.	<i>Aukštaitijos kompleksiško monitoringo stotis.</i>	404
8.2.2.	<i>Žemaitijos kompleksiško monitoringo stotis.</i>	409
	<i>IŠVADOS.</i>	409
8.3.	Sunkiųjų metalų koncentracijos nuokritose ir jų srautai į dirvožemį.	411
8.3.1.	<i>Aukštaitijos kompleksiško monitoringo stotis.</i>	411
8.3.2.	<i>Žemaitijos kompleksiško monitoringo stotis.</i>	417
	<i>IŠVADOS.</i>	423
8.4.	Sunkiųjų metalų koncentracijos dirvožemio, gruntiniame ir upelio-paviršiniame vandenyje bei jų srautai.	424
8.4.1.	<i>Sunkiųjų metalų koncentracijos dirvožemio vandenyje.</i>	424
8.4.2.	<i>Sunkiųjų metalų koncentracijos gruntiniame vandenyje.</i>	426
8.4.3.	<i>Sunkiųjų metalų koncentracijos paviršiniame vandenyje.</i>	431
8.5.	Sunkiųjų metalų koncentracijos dirvožemyje ir jų kaita 1994-2020 m.	433
	<i>IŠVADOS.</i>	436
8.6.	Sunkieji metalai samanose.	437
	<i>IŠVADOS.</i>	439
8.7.	Sunkiųjų metalų koncentracijų srautų, koncentracijų ir kaupimosi kaitos miško ekosistemose apibendrinimas.	440
IX	ORO, KRITULIŲ, VANDENS IR KITŲ ELEMENTŲ BŪKLĖS TYRIMAI AUKŠTAITIJS KOMPLEKSIŠKO MONITORINGO STOTYJE PAGAL ICP IM PROGRAMOS BEI ICP IM VADOVO REIKALAVIMUS.	445
X	Report to Finnish Enviroment Institute.	463
XI	SANTRAUKA.	470
	TRŪKUMAI.	517

IVADAS

Aštuntajame dešimtmetyje vis didėjantis aplinkos užterštumas privertė žmoniją suprasti, kad be objektyvios, pakankamai unifikuotos ir laiku pateiktos informacijos apie gamtinės aplinkos būklę ir pagrindinių jos komponentų antropogeninių pokyčių tendencijas, neįmanoma sukurti efektyvios aplinkos kokybės valdymo sistemos ir racionaliai naudoti gamtos išteklius. Todėl 1979 m. Europos sandraugos valstybės pasirašė “Konvenciją dėl tolimų atmosferos teršalų pernašų” (“*Convention on Long-range Transboundary Air Pollution*” – CLRTAP), tapusią vienu pagrindinių įrankių, saugant ekosistemas nuo oro teršalų Europoje bei Šiaurės Amerikoje.

Šiaurės šalių Ministrų Taryba 1992 metais pasiūlė visoms trims nepriklausomybę atkūrusioms Baltijos valstybėms prisijungti prie Tarptautinės kompleksinio (integruoto) monitoringo programos ir skyrė tam reikalingą finansinę bei metodinę paramą. 1993 metais ekologinio monitoringo kompleksiško principui įgyvendinti pagrindiniuose Lietuvos kraštovaizdžiuose buvo įsteigtos 3 kompleksiško monitoringo stotys (KMS) minimalaus antropogeninio poveikio vietose, derinant jas prie nacionalinių parkų infrastruktūros. Stebėjimai šiuose stotyse traktuojami kaip globalinis foninis monitoringas (Lietuvos gamtinė aplinka, 1994). 1993 metais buvo įsteigtos Aukštaitijos ir Dzūkijos KM stotys, o 1994 m. - trečioji - Žemaitijos KM stotis. Visos šios stotys įsteigtos minėtų NP rezervacinėse zonose. Šiose stotyse kompleksiskai stebimi praktiškai visi gamtinės aplinkos komponentai ir juos jungiantys medžiagų srautai, kas sudaro galimybę įvertinti ne tik jų poveikį biotai, bet ir nustatyti tiriamų nedidelių upelių baseinų įvairių medžiagų balansą.

Pagrindinis Kompleksiško ekosistemų monitoringo tikslas - nustatyti, vertinti ir prognozuoti sąlygiškai natūralių ekosistemų būklę bei jos ilgalaikius pokyčius, įvertinus tolimųjų oro teršalų (ypač sieros ir azoto junginių) pernašų, ozono ir sunkiųjų metalų kaitą bei poveikį procesams vykstantiems ekosistemose, atsižvelgiant į regioninius ypatumus ir klimato pokyčius. Stebėjimų metodika ir stebimi parametrai sudaro galimybes panaudoti kaupiamą informaciją regioninių ir globalinių procesų pasekmėms vertinti bei modeliuoti ekosistemų lygmenyje. Visą tai turi užtikrinti mokslinės ir statistiškai patikimos, nuoseklios ir ilgalaikės aplinkos veiksnių duomenų sekos.

Sąlygiškai natūralių ekosistemų KM programos visapusiškas įgyvendinimas įgalina spręsti uždavinius susijusius ne tik su Tolimų oro teršalų pernašų konvencijos ir jos protokolų reikalavimais, bet ir su Tarpvalstybinių vandentakių ir ežerų apsaugos bei naudojimo konvencijos, Jungtinių Tautų klimato kaitos konvencijos ir Kioto protokolo, Biologinės įvairovės konvencijos bei Vienos konvencijos dėl ozono sluoksnio apsaugos reikalavimais.

Integruoto monitoringo teritorijose Lietuvoje, sąlygiškai natūraliose ekosistemose jau dvidešimt du metus stebima ekosistemų būklė. Sukaupti rezultatai įgalina vertinti su tolimomis pernašomis į Lietuvos teritoriją patenkančių teršalų kaupimasis, transformacijas jiems praeinant per medžių lajas ir poveikį miškų būklei. Todėl sąlygiškai natūralių ekosistemų monitoringo duomenis galima naudoti kaip atskaitos tašką, vertinant regioninę taršą, jungti į globalios taršos vertinimo sistemą.

Utenos rajone Rūgštėlišio kaime esančioje Aukštaitijos kompleksinio monitoringo stotyje ir Ažvinčių sengirės tyrimų poligone buvo atlikti visi sutartyje numatyti, sąlygiškai natūralių ekosistemų kompleksinio monitoringo ICP IM ir EMEP programų reikalavimus atitinkantys, gamtinės aplinkos stebėjimai ir tyrimai; vykdyti kiti Aplinkos apsaugos agentūros inicijuoti gamtinės aplinkos stebėjimo – tyrimo darbai; atlikti reikalingi Stoties priežiūros – eksploatacijos darbai ir su tuo susiję apmokėjimai.

Sutarties vykdymo laikotarpiu buvo užtikrinta ICP IM programos reikalavimus sąlygiškai natūralių ekosistemų tyrimų stotims atitinkanti Aukštaitijos kompleksinio monitoringo stoties priežiūra ir eksploatacija, sudarant kokybiškas sąlygas efektyviam tolimųjų oro pernašų įtakos Lietuvos oro baseino kokybei tyrimui. Tai apima elektros sąnaudų, reikalingų tyrimų aparatūros darbui užtikrinti bei patalpų ir vandens šildymui, nesudarant vietinės taršos, apmokėjimą; telekomunikacinių paslaugų apmokėjimą; automobilio eksploataciją; pastatų ir tyrimų įrangos eksploataavimo einamuosius darbus; privalomų mokesčių valstybei, bei administravimo mokesčio Universitetui įvykdymą. Aukščiau išvardintų Stoties priežiūros – eksploataavimo sąlygų užtikrinimas sudarė prielaidas Stotyje ir tyrimų poligone vykdyti kompleksinę ekosistemos tyrimą. Darbų vykdymo laikotarpiu Stotyje buvo sudarytos darbo sąlygos visiems kompleksinio monitoringo programos dalyviams, turintiems atlikti darbus pačioje stotyje arba šiame regione esančiuose tyrimų poligonuose.

2020 m. pakartotinai atlikti visi detalūs miško ekosistemų tyrimo darbai. Tiksliesniems ir patikimesniems rezultatams pasiekti buvo panaudoti pradėtų medžių ekofiziologinių tyrimų rezultatai, kuriuos iniciavo LMT finansuojama nacionalinė mokslo programa „Agro, vandens ir miško ekosistemų tvarumas“. Šios programos rėmuose buvo įgyvendintas projektas *„Kompleksiškas klimato ir kitų aplinkos streso veiksnių poveikis miškų gebai adaptuotis ir švelninti globalios kaitos grėsmes“*.

I. KLIMATO KAITA IR ATSKIRŲ GEOSISTEMOS KOMPONENTŲ TARPUSAVIO SAŲEIKOS TYRIMAI KMS TERITORIJOSE

Klimato kaitos ir jos poveikio ekosistemoms tyrimai pastaruojau laikotarpiu tampa viena iš prioritetinių tyrimų sričių. Šis poveikis nevienareikšmis. Ekosistemos, kisdamos dėl klimato atšilimo keliamų veiksnių, turi grįžtamąjį poveikį pačiam klimatui per anglies kaupimosi ekosistemoje pokyčius, taip pažeisdamos bendrą anglies balansą. CO₂, susikaupęs miško ekosistemose dėl augalų fotosintezės, augalams kvėpuojant ir vykstant organinių medžiagų irimo procesui dirvožemyje, grįžta atgal į atmosferą. Nuo šių procesų intensyvumo priklauso anglies koncentracijos ore ir anglies kiekio sausumos ekosistemoje santykis. Šiuos procesus ypač veikia temperatūrų ir drėgmės režimai, vegetacinio laikotarpio pradžia ir trukmė bei daugelis kitų meteorologinių veiksnių, sąlygojamų klimato kaitos. Pateikti IPCC, kaip ir USGCRP dokumentai ir išvados, byloja, kad pastovūs ir greiti klimato pokyčiai gali ypač sutrikdyti nusistovėjusį konkurencinį rūšių balansą miškuose. Tai gali būti miškų degradacijos, o kai kuriuose rajonuose net jų žūties priežastis. Miškų džiūvimas savo ruožtu pakeistų anglies absorbcijos ir išmetimų teritorinį balansą. Tačiau foninės CO₂ koncentracijos ore Lietuvoje dar iki šiol netiriamos, nors tai yra viena iš aktualiausių pastarojo laikotarpio pasaulinių problemų. Miško ekosistemų, taršos ir meteorologiniai duomenys, papildyti CO₂ koncentracijų ore tyrimų rezultatais, sudarytų galimybę pradėti CO₂ poveikio miško ekosistemoms efektyvumo bendrame aplinkos natūralių ir antropogeninių veiksnių poveikyje tyrimus, taip pat ir sąlygiškai natūralių miško ekosistemų anglies balanso tyrimus kintančiomis klimato sąlygomis.

Dėl vegetacijos laikotarpio terminų kaitos vis aktualesni tampa ir priežemio ozono fitotoksinio poveikio augalijai tyrimai. Tai vienas pagrindinių fitotoksikantų, turinčių reikšmingą įtaką fotosintezei vykti, augalams kvėpuoti, medžiagoms pasiskirstyti ir galiausiai fitomase kiekiui bei produktyvumui. Ženklią įtaką priežemio ozonas turi ir dirvožemio faunai, ypač jos rūšių įvairovei, o būtent jos rūšinė sudėtis ir gausa lemia organinių medžiagų irimo greitį, t.y. CO₂ kiekio grįžimą į atmosferą. Todėl ozonas, sąlygodamas visas pagrindines anglies balansą formuojančias funkcijas, išlieka pagrindinis miško ekosistemų ir klimato kaitos tyrimų objektas.

Tolimosios užteršto oro pernašos, lemiančios aplinkos rūgštėjimo procesą, o kartu ir visos ekosistemos kaitą, neprarado savo aktualumo net ir įgyvendinus Geteborgo protokolo ir kitų tarptautinių įsipareigojimų reikalavimus. KM stočių oro teršalų ir iškritų iš oro duomenys įgalina vykdyti oro foninės taršos kaitos analizę ir atskleisti su klimato kaita susijusių rodiklių, tokių kaip kritulių kiekio, temperatūros bei skirtingos kilmės oro masių įtaką foninei taršai.

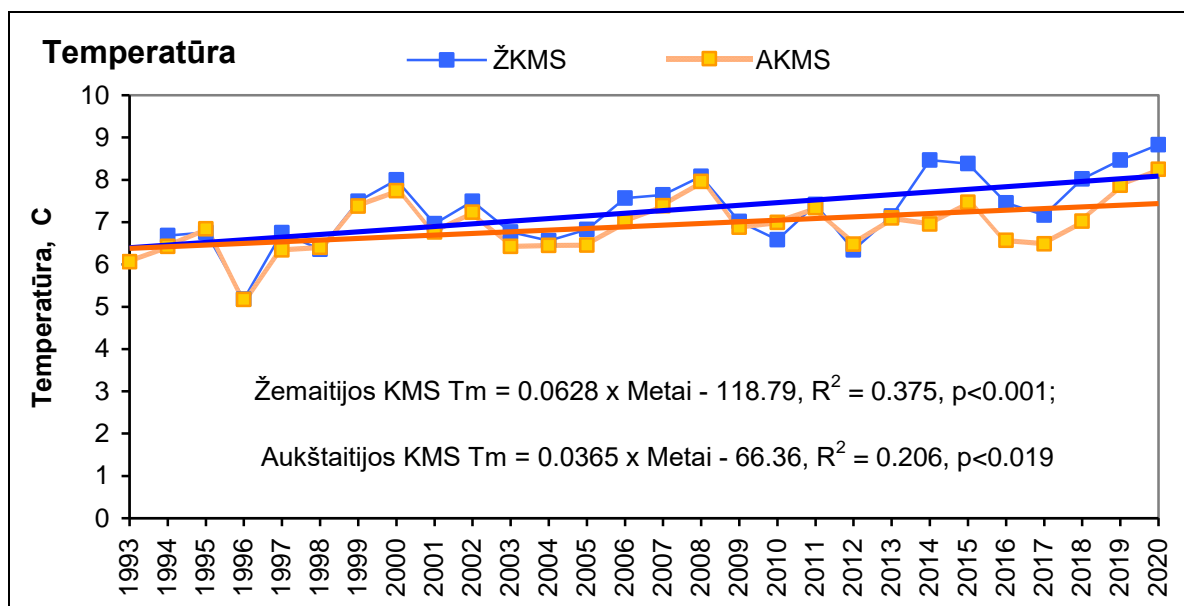
Pastaruoju laikotarpiu daugelis mokslininkų sutinka su nuomone apie išskirtinę klimato reikšmę miškų gebėjimui prisitaikyti prie naujai besiformuojančių sąlygų, o taip pat jų atsparumui kitiems lydintiesiems veiksniams, tokiems kaip aplinkos užterštumas ir miško kenkėjai. Todėl pirmajame tyrimų etape išnagrinėjome oro vidutinės temperatūros ir kritulių kiekio dinamiką KM stotyse.

1.1. Klimato atšilimo intensyvumas 1993-2020 m laikotarpiu

Klimatas yra vienas pagrindinių veiksnių sąlygojančių rūšių bei augalų bendrijų geografinį paplitimą. Per pastarąjį šimtmetį stebimas globalinės vidutinės metinės oro temperatūros kilimo tendencija nuo 1°C iki 4°C (literatūra *The European Environment/State and outlook 2005, EEA Copenhagen 2005, p.p.62-69*), matomai, turės reikšmingos įtakos rūšių kaitai ateityje. Šiauriniame pusrutulyje tai turėtų pasireikšti per šiltesnių kraštų augalų migraciją šiaurės kryptimi (Malcom, Pitelka, 2000).

1.1.2. Vidutinės oro temperatūros kaita KM stočių teritorijose

Daugiametė metinė vidutinės temperatūros kaitos analizė parodė, kad per tiriamąjį laikotarpį reikšmingai didėjo metinė oro temperatūra abiejose KM stotyse, tik Žemaitijos KMS šis didėjimas buvo beveik 2 kartus intensyvesnis negu Aukštaitijos KMS, t.y. Žemaitijos KMS per 27 m laikotarpį oro temperatūra didėjo po 0,63 °C per dešimtmetį, tai Aukštaitijos KMS po 0,37 °C per dešimtmetį, vidurkį skaičiuojant kalendoriniams metams. Toks intensyvus temperatūros kilimas leidžia teigti kad tik per tiriamąjį laikotarpį Žemaitijos KMS (27 metai) oro temperatūra pakilo jau 1,86° C, o Aukštaitijos KMS (28 metai) 1,09 °C. ***Tokius meteorologinius pokyčius Žemaitijos KMS ar apskritai visame vakariniame Lietuvos regione būtų galima vertinti kaip intensyviausią klimato kaitos scenarijų, o miško ekosistemų atskirų biotos komponentų reakcijas, kaip jų prisitaikymo prie tokių naujų sąlygų galimybes ir perspektyvas ateityje.***



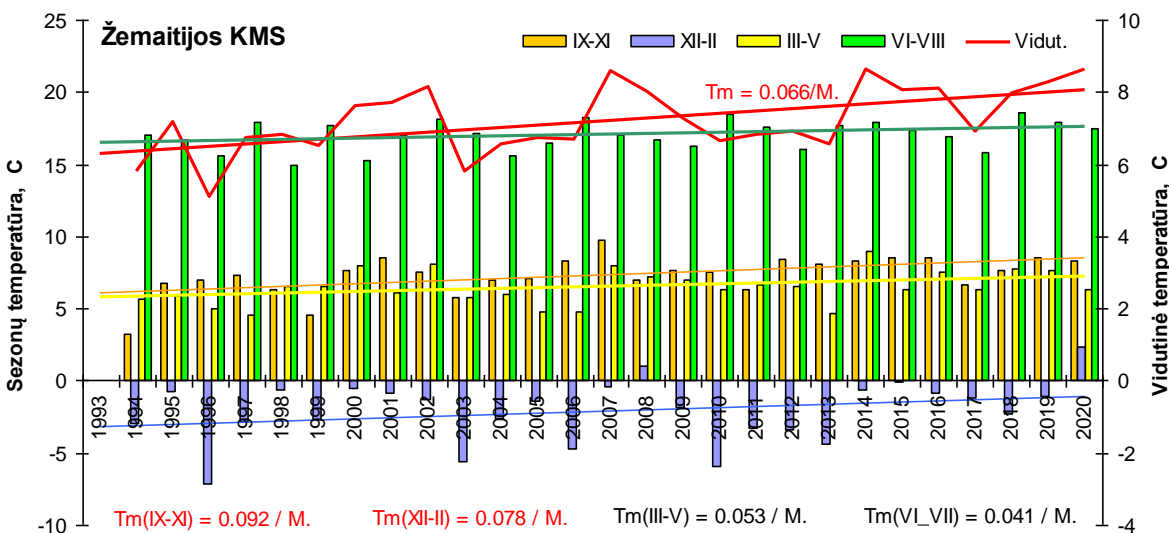
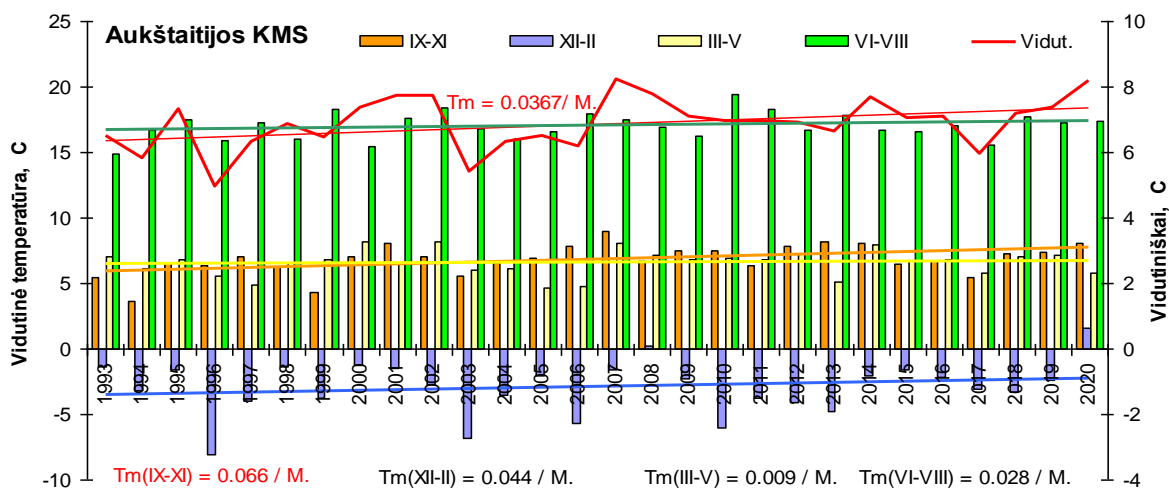
1.1. pav. Vidutinės metinės temperatūros kaitos reikšmingumas KM stotyse 1993(94)–2020 m.

Atskirais metų sezonais oro temperatūra Aukštaitijos KMS taip pat tik didėjo. Rudens laikotarpiu šiltėjimo intensyvumas pasiekė maksimalią ir reikšmingą reikšmę, t.y. $0,66^{\circ}\text{C}$ per 10 m. laikotarpį, kiek mažiau šilo žiemos ir vasaros laikotarpiai, po maždaug $+0,44$ ir $+0,28^{\circ}\text{C}$ per 10 m. laikotarpį atitinkamai ir mažiausiu atšilimu pasižymėjo pavasaris, kai oro temperatūra augo tik po $+0,09^{\circ}\text{C}$ per 10 m. laikotarpį.

Šalčiausi per tiriamąjį laikotarpį buvo 1996, 2003, 2006 ir 2010 metai, kada oro vidutinė temperatūra žiemą nukrisdavo žemiau -5°C . Tokiam temperatūros sumažėjimui didžiausios įtakos turėjo žemiausios gruodžio – vasario mėn. temperatūros, kurios buvo žemesnės nei -7°C .

Šilčiausi 2001-2002, 2007, 2014 ir ypač 2020 m., kai vidutinė oro temperatūra daugiamečių vidurkį viršijo net 8°C ir ją reikšmingiausiai sąlygojo rudens ir vasaros mėnesių temperatūros.

Žemaitijos NP atskirais metų sezonais pagal oro temperatūros daugiamečę kaitą Telšių meteorologinėje stotyje (1924-2010 m.) vidutinė temperatūra, labai panašiai kaip ir Aukštaitijos NP taip pat tik didėjo. Rudens laikotarpiu mažiausiai, tik po $+0,06^{\circ}\text{C}$ per 10 m. laikotarpį, kiek intensyviau žiemą ir pavasarį, po maždaug $+0,29$ ir $+0,26^{\circ}\text{C}$ per 10 m. laikotarpį atitinkamai. Vasaros laikotarpiu, skirtingai nei Aukštaitijos NP, oro temperatūra didėjo, bet tik $0,15^{\circ}\text{C}$ per 10 m. laikotarpį, kai tuo tarpu Aukštaitijos NP siekė net $+0,59^{\circ}\text{C}$ per 10 m. laikotarpį.



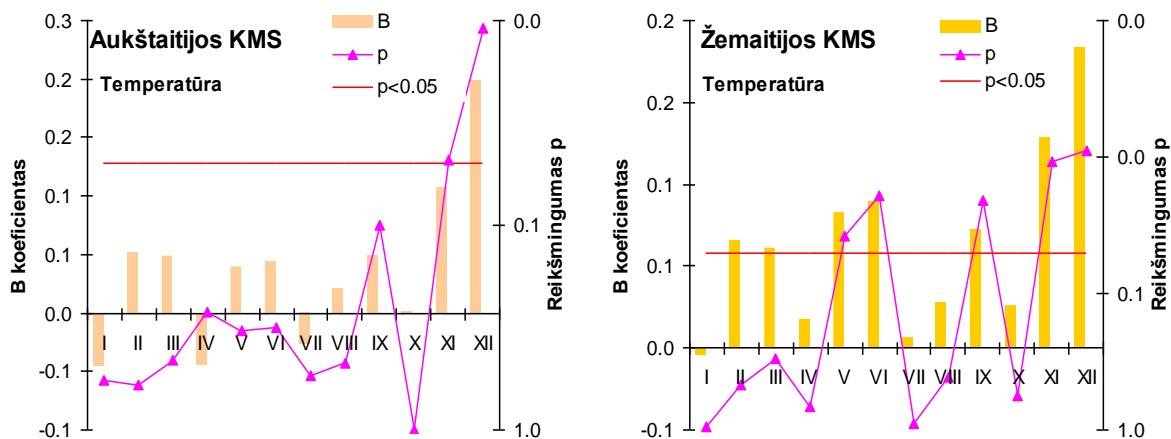
1.2. pav. Vidutinės sezoninės temperatūros kaitos intensyvumas KM stotyse 1993(94)–2020 m.

Tyrimai Žemaitijos KMS iš dalies patvirtino nustatytus trendus. Nuo tyrimų pradžios, t.y., nuo 1994 oro vidutinė temperatūra atskirais sezonais kito taip: rudenį (IX-XI) temperatūra didėjo intensyviausiai po $0,92\text{ }^{\circ}\text{C}$ per 10 m., žiemą (XII-II) – po $0,78\text{ }^{\circ}\text{C}$ per 10 m., pavasarį (III-V) po $0,53\text{ }^{\circ}\text{C}$ per 10 m., ir mažiausiai reikšmingai – vasarą (VI-VIII) po $0,41\text{ }^{\circ}\text{C}$ per 10 m.

Šalčiausi per tiriamąjį laikotarpį buvo 1996, 2005 ir 2011 metai, kada oro vidutinė temperatūra buvo apie $5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tokiam temperatūros sumažėjimui didžiausios įtakos turėjo 1996 ir 2011 m. žemiausios gruodžio – vasario mėn. temperatūros, kurios buvo žemesnės nei $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$, o 2005 m. žemiausios pavasario ir ypač vasaros mėnesių temperatūros. Šilčiausi buvo 2002 ir 2007 m. ir ypač 2014 m., kai vidutinė oro temperatūra beveik siekė $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ir ją reikšmingiausiai sąlygojo rudens ir vasaros mėnesių temperatūros.

2020 m. šioje stotyje taip pat išskirtiniai. Vidutinė metinė oro temperatūra šioje stotyje pasiekė maksimalią reikšmę per visą tiriamąjį laikotarpį, t.y. 8,64 °C.

Apibendrinus gautus rezultatus nustatyta, kad Aukštaitijos KMS jau pradėti registruoti ir atskirų mėnesio temperatūrų mažėjimo procesas. *2020 m. išaiškinta, kad palaipsniui pradeda mažėti sausio, balandžio, liepos mėnesių vidutinės temperatūros, nors toks intensyvumas dar nėra reikšmingas.* Kaip ir toliau kyla vasario – kovo, gegužės – birželio, rugpjūčio-rugsėjo mėnesių oro temperatūros. Tačiau ir šis pokytis yra dar nereikšmingas. Intensyviausiai ir reikšmingai pastaruoju laikotarpiu šyla lapkritis ir gruodis. Šilimo intensyvumas siekia 0,1 ir 0,2 °C per metus. Kokią įtaką toks ramybės laikotarpio atšilimas turės medžių būklei ir prieaugiui parodys ateities tyrimai, kurie pradėti įsigijus aukštos skiriamosios gebos medžių prieaugio bei automatinius transpiracijos matuoklius. Ar tai bus nauja grėsmė Lietuvos miškams, ar atvirkščiai, naujos klimatinės sąlygos, skatinančios medžių intensyvų augimą bus galima atsakyti tik pratęsus tyrimus dar bent mažiausiai 5 m laikotarpiu, t.y. iki 2025 m.



1.3 pav. Vidutinės mėnesio temperatūros ir kritulių kaitos reikšmingumas KM stotyse 1994 – 2020 metų laikotarpiu. B koeficientas nurodo kaitos intensyvumą per metus, o p reikšmė kaitos reikšmingumą.

Abejoms stotims būdinga tendencija temperatūros kaitoje – reikšmingai didėja rugsėjo ir lapkričio – gruodžio mėnesių vidutinės oro temperatūros. Papildomai Žemaitijos KMS reikšmingai didėja gegužės ir birželio mėnesio temperatūros, o Aukštaitijos KMS šių mėnesių temperatūrų didėjimas nėra reikšmingas.

Nauja grėsmė Žemaitijos KMS galėtų tapti karšti ir sausi gegužės ir birželio mėnesiai.

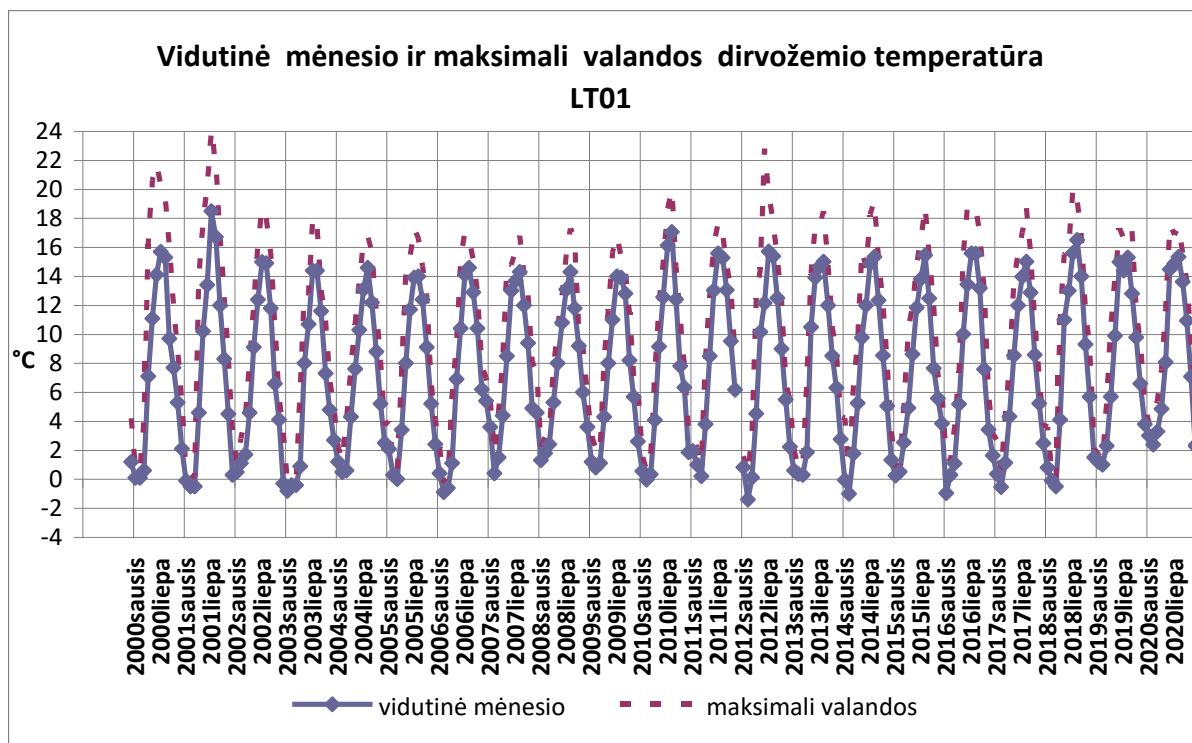
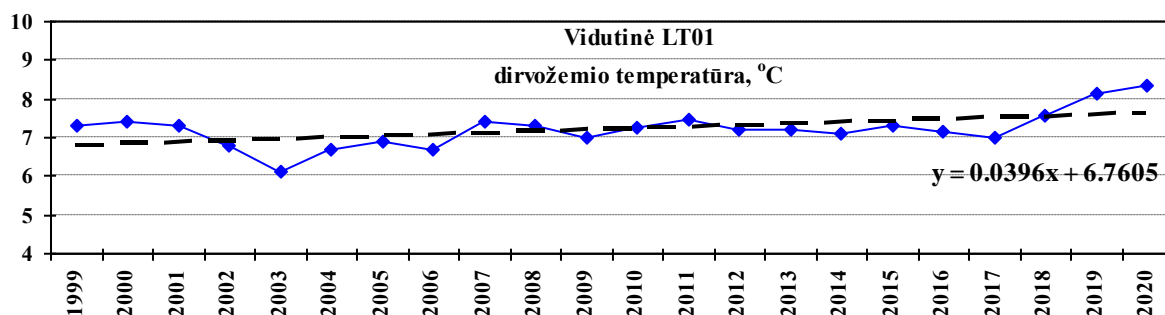
1.1.2. Dirvožemio temperatūros kaita KM stočių teritorijose

Dirvožemio vandens judėjimą ir medžiagų tirpimą jame lemia ir tik vandens kiekis, bet ir temperatūra. Dirvožemio temperatūra reguliariai stebima tik Aukštaitijos IMS, kur per penkiolika metų, 2000-2014 m., dirvožemio temperatūros (5, 10 ir 20 cm gyliuose) vidutinė reikšmė buvo 7,0 °C.

Stebėjimų laikotarpiu metinių vidurkių reikšmės svyravo nuo 6,1 iki 7,4 °C. Didžiausios metų vidutinės temperatūros reikšmės buvo 2000, 2007-2008 m.: 7,3 °C, 7,6 °C ir 7,4 °C. Vėliau dideles reikšmes vidutinė metinė dirvožemio temperatūra buvo pasiekusi 2010 ir 2011 m., 7,4 ir 7,5 °C. Pastaruosius aštuonerius metus, 2007-2014 metais, dirvožemio temperatūra viršija stebėjimo laikotarpio vidurkį. 2011–2014 metais temperatūra krito, 2014 m. vidutinė dirvožemio temperatūra buvo artima vidurkiui.

2012-2014 metais kai kurių žiemos mėnesių dirvožemio temperatūros vidurkis po 5 metų pertraukos vėl tapo neigiamas. 2012 ir 2014 m. žemiausia vidutinė dirvožemio temperatūra buvo vasario mėnesį, taip, kaip dažniausiai (8 metus iš 15 stebėjimo metų), o 2013 metais – sausį, taip kaip gana sausais, 2003 ir 2008 metais. Aukščiausias dirvožemio temperatūros mėnesio vidurkis buvo 2001 metų liepą, o antras pagal dydį 2010 metų rugpjūtį, t.y., kas 9 metus. Mažiausias dirvožemio temperatūros vidurkis per viso stebėjimo laikotarpio žiemos mėnesius buvo 2012 metų vasarį (-1,4°C), o ilgiausiai neigiama temperatūra laikėsi prieš devynerius metus nuo 2002 metų gruodžio iki 2003 metų kovo. Pagal dirvožemio temperatūrą 2012 metai buvo kontrastiškiausi pagal temperatūros svyravimo amplitudę, maksimalias ir minimalias valandines temperatūras per stebėjimų laikotarpį. Antri pagal kontrastiškumą buvo 2001 metai. 2001-2012 metų laikotarpis gali būti susijęs su 11 metų saulės aktyvumo ciklu.

2013-2017 m. laikotarpiu dirvožemio vidutinės temperatūros kaitoje jokių ženklesnių tendencijų nenustatyta. Per visą šį 5 m. laikotarpį vidutinė temperatūra praktiškai išliko stabili. Maksimalios temperatūros kaitoje taip pat reikšmingesnių tendencijų neįvyko. Per pastarąjį penkerių metų laikotarpį maksimali mėnesio temperatūros taip pat išliko tame pačiame lygmenyje.

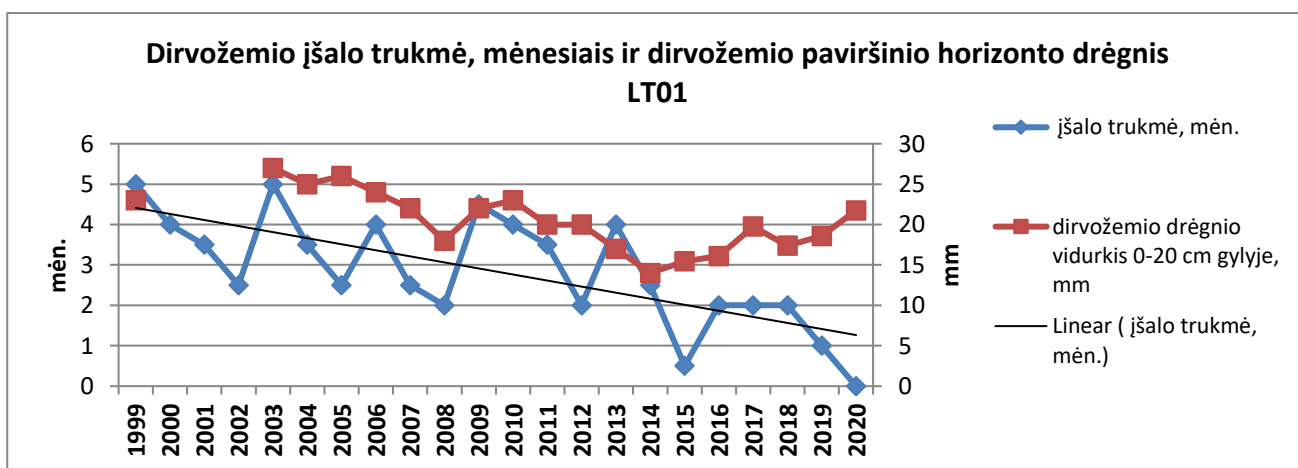
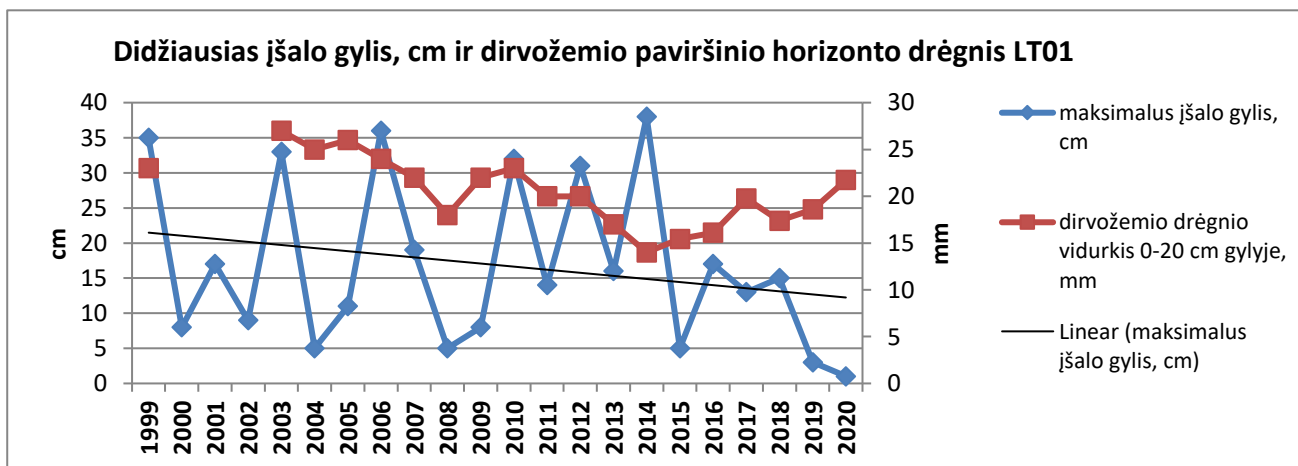
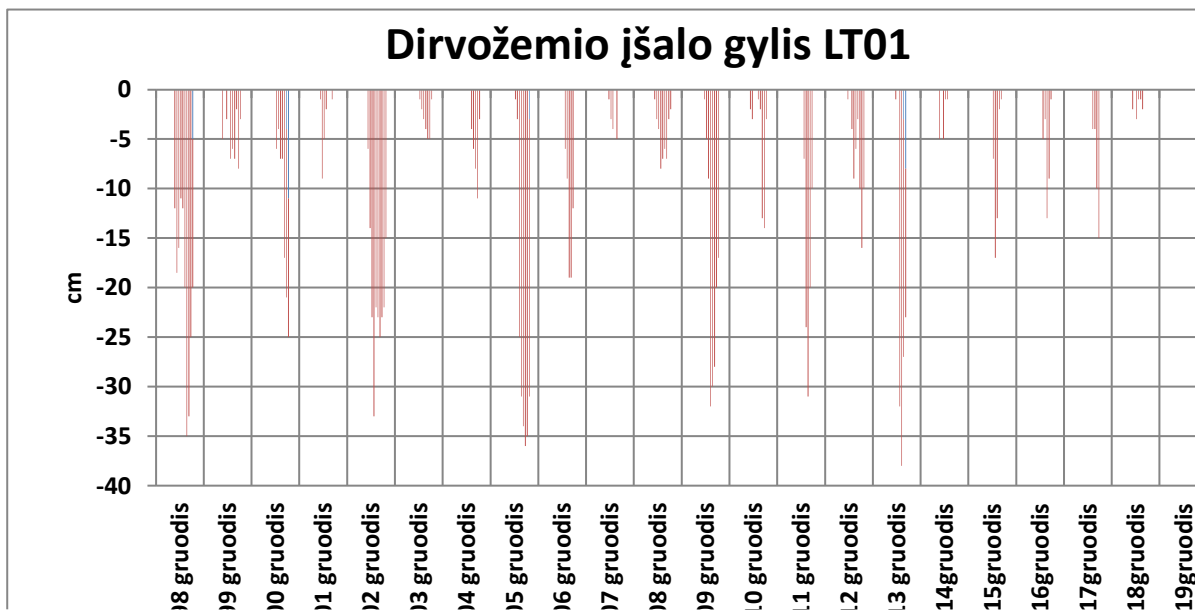


1.4. **pav.** Aukštaitijos IMS dirvožemio temperatūra (5, 10 ir 20 cm gyliuose, mėnesio vidurkis ir maksimali valandos. 2001 m. pabaigoje temperatūros matuoklis perkeltas į miško aplinką.

2018 m. išsiskyrė ne tik kritulių trūkumu, bet ir karščio epizodais. Dėl šios priežasties dirvožemio vidutinė temperatūra pasiekė vieną iš maksimalių per visą tiriamąjį laikotarpį nustatytų reikšmių, t.y. 7,8 °C. Dirvožemio maksimali temperatūra buvo aukščiausia per paskutinįjį 2013-2018 m. laikotarpį ir viršijo 19 °C.

2019 m. dirvožemio vidutinė temperatūra 10 cm gylyje pasiekė savo maksimalią reikšmę per visą tiriamąjį laikotarpį, t.y. 8,2 °C, o 2020 m. dar pakilo iki 8,36 °C.

2020 m. dirvožemis buvo labiausiai išilęs per visą stebėjimo laikotarpį.



1.5. pav. Dirvožemio įšalo charakteristikos Aukštaitijos IMS (LT01) ir jų ryšys su dirvožemio drėgniu.

Nuo 1998 m. periodiškai, kas 3–4 metus, Aukštaitijos stotyje kartojosi šaltos žiemos, kai dirvožemis įšaldavo giliau, negu 30 cm ir įšalas laikėsi keturis ir daugiau mėnesių. Per stebėjimų laikotarpį buvo keturios tokio gilaus ir ilgai trunkančio įšalo žiemos: 1998–1999, 2002–2003, 2005–2006 ir 2009–2010 metais. Nors didžiausias įšalo gylis 1998–2014 metais turėjo tendenciją augti, bet įšalo trukmė mažėjo. Menkiausias įšalas buvo susidaręs 2001–2002, 2003–2004, 2007–2008 m., kai dirvožemis neįšalo giliau negu 10 cm ir įšalas laikėsi trumpiausiai, ne ilgiau, kaip du su puse mėnesio. Stebėsenos laikotarpio pradžioje sekus įšalas susidarydavo kas antrą žiemą, o 2008–2014 metais O po 2009–2010 metų žiemos gilaus ir ilgai besilaikančio įšalo žiemų nebebuvo, jei dirvožemis įšaldavo giliai (2011–2012 ir 2013–2014 metais), įšalas laikėsi trumpiau nei 3 mėnesius, o jei įšalas laikydavosi ilgiau (2010–2011 ir 2012–2013 metais) jis nebūdavo gilesnis nei 30 cm. Prognozuojant pagal 3 metų ciklą ir įšalo gylis ir trukmė 2012–2013 metų žiemą galėjo būti dideli, bet gilesnis nei 30 cm įšalas nebuvo užfiksuotas, nors įšalas laikėsi 4 mėnesius, o 2013–2014 metų žiemą, atvirkščiai: buvo užfiksuotas didžiausias įšalo gylis per stebėsenos laikotarpį, bet įšalas laikėsi vos 2,5 mėnesio.

Nuo 2014 m. stebimas itin reikšmingas dirvožemio įšalo mažėjimas. Jei dar 2014 m. įšalas siekdamas maksimalią reikšmę pasiekė net 28 cm, tai iki 2020 m. įšalo gylis mažėjo ir jau 2020 m. jo iš viso nebuvo registruojama. ***Įšalo gylio toks pokytis 2014–2020 m. laikotarpiu turėjo turėti reikšmingos įtakos ne vien vandens balanso kaitai geosistemoje, bet ir visų biotos komponentų būklei, produktyvumui, gausai ir rūšių įvairovei.***

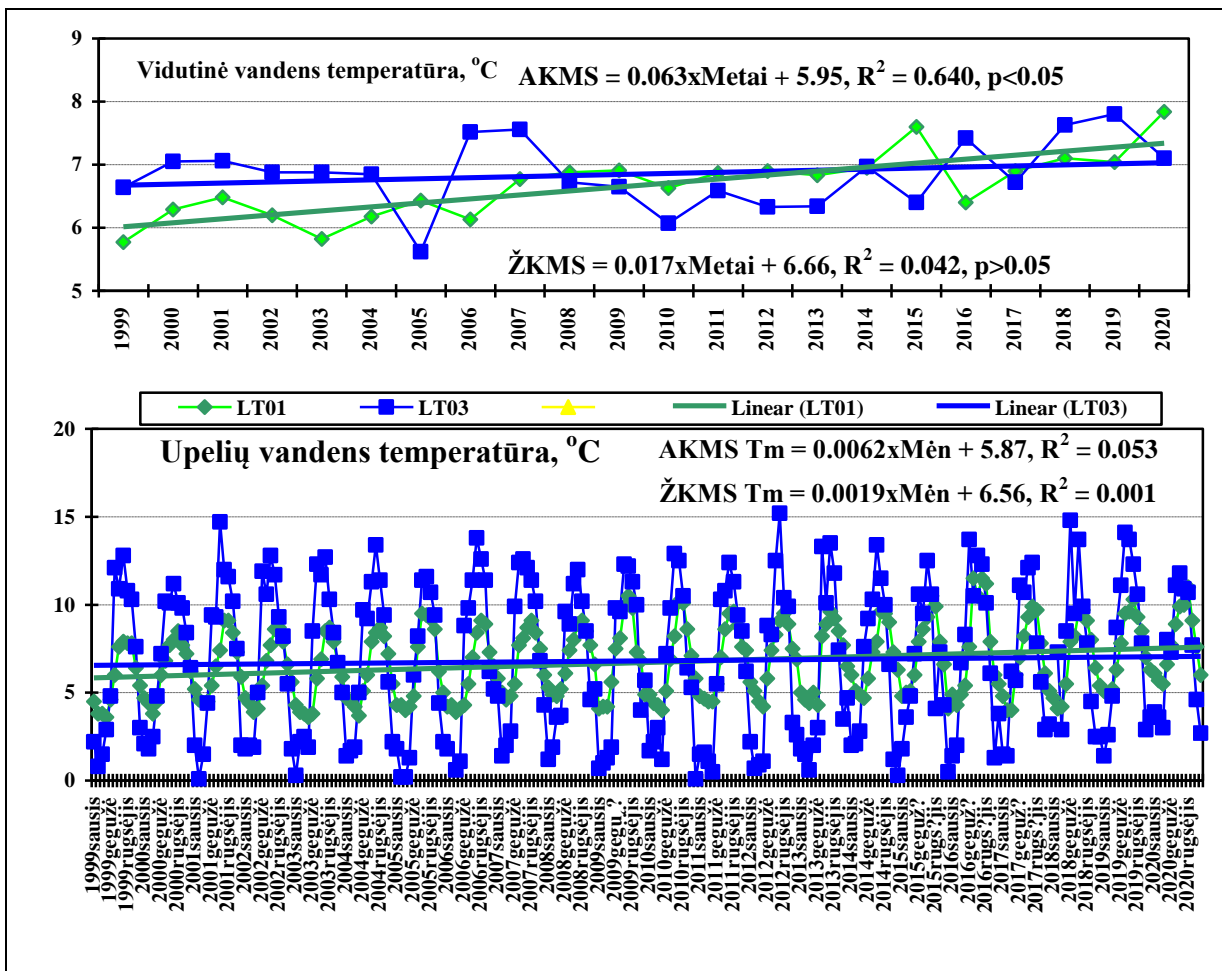
Tokia įšalo gylio kaita turėjo esminės įtakos dirvožemio drėgniui. ***Nuo 2015 metų nebeliko priklausomybės tarp dirvožemio drėgnio ir įšalo gylio bei trukmės.*** 2014 metais dirvožemio drėgnis buvo mažiausias, o 2015 metais įšalas laikėsi trumpiausiai nuo 1999 metų ir nesiekė 5 cm. Nors dirvožemio drėgmė 2015–2020 metais ėmė tolygiai didėti, įšalo parametrai 2019 ir 2020 metais tik po vieną kartą siekė 1 cm reikšmes (1.5 pav.).

Nuo 1999 iki 2014 m. egzistavo glaudus ryšys tarp dirvožemio vidutinio drėgnio ir įšalo gylio. Po išskirtinų 2014 m. ši priklausomybė tapo atvirkštinė, kai drėgniui didėjant įšalo gylis reikšmingai mažėjo, taip kaip ir bendra įšalo trukmė. Tai išskirtinis procesas geosistemoje galintis turėti reikšmingos įtakos bendrai miško ekosistemų tvariai plėtrai.

1.1.3. KM stočių upelio vandens temperatūra

Upelio vandens temperatūros kaitos trendas Aukštaitijos stotyje pasiekė reikšmingumo lygį ir vidutiniškai 0,063°C per metus, t.y. beveik 2 kartus intensyviau negu oro temperatūros kilimo lygis, kuris per paskutiniuosius 27 m. siekia po 0,036°C per metus.

Žemaitijos stotyje 20 stebėjimo metų upelio temperatūra praktiškai išlieka stabili, nors oro temperatūra kyla beveik 2 kartus intensyviau negu Aukštaitijos KMS (1.6 pav.).



1.6 pav. Upelių vandens temperatūra.

Didžiausios ir ilgiausios trukusios upelio vandens temperatūros reikšmės Aukštaitijos stotyje buvo 2009-2010 m. 2010 m. Didesnė nei 10°C upelio vandens temperatūra buvo fiksuojama net 2 mėnesius - rugpjūtį ir rugsėjį, bet neviršijo 2009 m. rekordinės reikšmės (10,5°C). 2014 m. vidutinė metinė upelio vandens temperatūra Aukštaitijos stotyje buvo 6,95°C, didžiausia per stebėsenos laikotarpį. Aštuntus metus iš eilės Aukštaitijos stotyje upelio vandens vidutinė temperatūra yra didesnė už stebėsenos laikotarpio vidurkį. Žemaitijos stotyje 2014 metais upelio vandens

temperatūra buvo po penkių metų pertraukos pakilo iki didesnės už vidurkį, bet buvo artima vidurkiui (1.6 pav.).

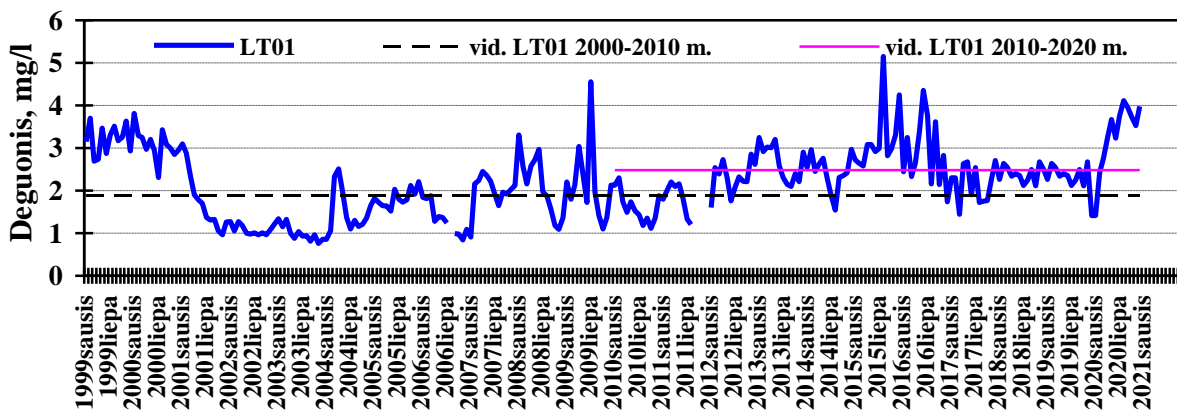
Paskutiniuoju laikotarpiu išsiskyrė 2015 m., kai vidutinė oro temperatūra Aukštaitijos KMS viršijo 7.5°C ir 2016 m. upelio vasaros mėnesių temperatūra pasiekė maksimalią reikšmę per visą tiriamąjį laikotarpį, t.y. 11,5 C. 2017 - 2018 m. vandens temperatūra stabilizavosi ar net turėjo tendencija mažėti. Tokio pokyčio stebimo parametro kaitoje nebuvo registruojama nuo pat tyrimų pradžios. Ar tai naujas klimato kaitos sąlygotas veiksnys biotos kaitai parodys ateities tyrimai. **2019 m. patvirtina tendenciją – vandens temperatūra neturi tolesnės tendencijos didėti.**

Išskirtiniai 2020 m., kurie jau įvardinti kaip patys šilčiausi metai per visą tiriamąjį laikotarpį. Vandens temperatūros duomenų sekoje 2020 m. registruoti du priešingi rezultatai: Aukštaitijos KMS vandens temperatūra reikšmingai pakilo ir savo reikšme pasidarė artima 8 C. Tai rekordiškai šilto vandens temperatūra.

Žemaitijos KMS, nors ir išaiškintas intensyvesnis oro temperatūros kylimo trendas negu Aukštaitijos KMS, vandens temperatūra 2020 m. pakankamai reikšmingai nukrito lyginant su 2019 m., ir tokį temperatūros pokytį, mūsų manymu, lėmė vasaros mėnesių sumažėjusi vandens temperatūra.

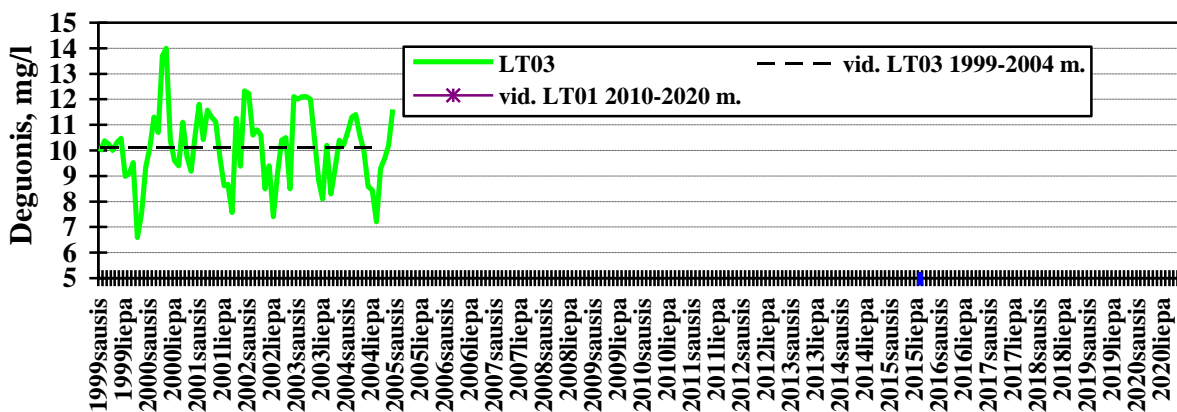
1.1.4. Ištirpusio deguonies kiekis KM stočių upelio vandenyje

Ištirpusio deguonies kiekis Aukštaitijos stoties upelio vandenyje trejus metus buvo didesnis už vidutinę reikšmę (1999-2008 m. vidurkis 1,89 mg/l), o 2010 metais tapo panašus į vidurkį, 1,60 mg/l. Mažiausiai deguonies upelio vandenyje buvo 2002–2003 m., apie 1 mg/l. 2004–2005 ir 2007–2009 metais ištirpusio deguonies kiekis buvo didesnis už vidurkį dėl upelio vandens temperatūros padidėjimo ir režimo. 2010 metais sumažėjus temperatūrai ir vandens augalų (producentų) vešėjimui, upelio vandenyje deguonies sumažėjo (1.7 pav.). Aukštaitijos stotyje ryšys tarp upelio vandens temperatūros ir ištirpusio deguonies yra tiesioginis (išimtį sudaro 1999-2000 metai), Žemaitijoje šis ryšys mažiau pastebimas, 2000 ir 2003 metais.



1.7

pav. Upelio vandenyje ištirpęs deguonis Aukštaitijos KMS Versminio upelio vandenyje. 2011 m. rugsėjį–gruodį nebuvo išmatuotas.



1.8

pav. Upelio vandenyje ištirpęs deguonis Žemaitijos KMS Juodupio vandenyje. Dėl techninių kliūčių LT03 nuo 2005 m. nebuvo matuotas.

2014 metais ištirpusio deguonies kiekis Aukštaitijos stoties upelio vandenyje visus metus buvo didesnis už 2 mg/l ir vidutinę 2000-2010 metų reikšmę (1,77 mg/l). Pastaraisiais metais ištirpusio deguonies kiekis buvo didesnis už vidurkį dėl upelio vandens temperatūros tolygaus didėjimo ir režimo. 2012-2013 metais Aukštaitijos monitoringo stoties aukšta upelio vandens temperatūra ir didelis nuotėkis buvo palankus vandens augalų (producentų) vešėjimui ir deguonies kiekio padidėjimui upelio vandenyje, o 2014 metais sumažėjęs upelio nuotėkis lėmė deguonies kiekio sumažėjimą iki 1,54 mg/l rugpjūčio mėnesį – tai mažiausia reikšmė per pastaruosius 4 metus, nuo 2011 metų liepos.

2015-2016 m. laikotarpiu registruotas vienas didžiausių vandens prisotinimo deguonimi laipsnių, kuris savo maksimalią reikšmę įgavo 2015 m. liepos ir 2016 m. gegužės mėnesiais – apie 5 mg/l.

2017-2018 m. deguonies kiekis upelio vandenyje stabilizavosi, tačiau buvo mažesnis nei daugiamečių vidurkis – apie 2,8 mg/l.

2019 m. deguonies koncentracija Versminio upelio vandenyje išliko praktiškai stabili, nežymiai svyruojant apie 2,38 mg/l ribą. Tai truputį mažiau už daugiamečių vidurkį dėl sausros ankstyvą pavasarį ir vegetacijos pradžioje.

2020m. registruojamas reikšmingas deguonies kiekio padidėjimas Versminio upelio vandenyje. Panašus deguonies kiekis šio upelio vandenyje buvo registruotas tik 1999, 2009 ir 2015 m.

IŠVADOS

Per tiriamąjį laikotarpį reikšmingai didėjo metinė oro temperatūra abiejose KM stotyse, tik Žemaitijos KMS šis didėjimas buvo 2 kartus intensyvesnis negu Aukštaitijos KMS, t.y. Žemaitijos KMS per 27 m laikotarpį oro temperatūra didėjo po 0,63 °C per dešimtmetį, tai Aukštaitijos KMS po 0,37 °C per dešimtmetį.

Abejoms stotims būdinga tendencija temperatūros kaitoje – reikšmingai didėja rugsėjo ir lapkričio – gruodžio mėnesių vidutinės oro temperatūros. Papildomai Žemaitijos KMS didėja reikšmingai gegužės ir birželio mėnesio temperatūros, o Aukštaitijos KMS šių mėnesių temperatūrų didėjimas nėra reikšmingas.

Nauja grėsmė Žemaitijos KMS galėtų tapti karšti ir sausi gegužės ir birželio mėnesiai.

Tokius meteorologinius pokyčius Žemaitijos KMS ar apskritai visame vakariniame Lietuvos regione būtų galima vertinti kaip intensyviausią klimato kaitos scenarijų, o miško ekosistemų atskirų biotos komponentų reakcijas, kaip jų prisitaikymo prie tokių naujų sąlygų galimybes ir perspektyvas ateityje.

Atskirais metų sezonais oro temperatūra Aukštaitijos KMS tik didėjo. Rudens laikotarpiu šiltėjimo intensyvumas pasiekė maksimalią ir reikšmingą reikšmę, t.y. 0,66°C per 10 m. laikotarpį, kiek mažiau šilo žiemos ir vasaros laikotarpiai, po maždaug +0,44 ir +0,28 °C per 10 m. laikotarpį atitinkamai ir mažiausiu atšilimu pasižymėjo pavasaris, kai oro temperatūra augo tik po +0,09°C per 10 m. laikotarpį.

Žemaitijos KMS iš dalies patvirtino nustatytus trendus. Nuo tyrimų pradžios, t.y., nuo 1994 oro vidutinė temperatūra atskirais sezonais kito taip: rudenį (IX-XI) temperatūra didėjo

intensyviausiai po 0,92 °C per 10 m., žiemą (XII-II) – po 0,78°C per 10 m., pavasarį (III-V) po 0,53 °C per 10 m., ir mažiausiai reikšmingai – vasarą (VI-VIII) po 0,41°C per 10 m.

Abejoms stotims būdinga tendencija temperatūros kaitoje – reikšmingai didėja rugsėjo ir lapkričio – gruodžio mėnesių vidutinės oro temperatūros. Jų intensyvumas siekia 0,1 ir 0,2 C per metus. Papildomai Žemaitijos KMS didėja reikšmingai gegužės ir birželio mėnesio temperatūros, o Aukštaitijos KMS šių mėnesių temperatūrų didėjimas nėra reikšmingas.

2020 m. išaiškinta, kad Aukštaitijos KLMS palapsniui pradeda mažėti sausio, balandžio, liepos mėnesių vidutinės temperatūros, nors toks intensyvumas dar nėra reikšmingas. Žemaitijos KMS mažėjimo tendencija nustatyta tik sausio mėn.

2020 m. išskirtiniai: oro temperatūra abiejose stotyse pasiekė maksimalią reikšmę per visą tiriamąjį laikotarpį. Žemaitijos KMS 8,64, o Aukštaitijos KMS 8,19 °C.

Nauja grėsme Žemaitijos KMS galėtų tapti karšti ir sausi gegužės ir birželio mėnesiai.

2013-2017 m laikotarpį Aukštaitijos KMS dirvožemio vidutinės temperatūros kaitoje jokių ženklėsių tendencijų nenustatyta. Tik 2018 m. išsiskyrė ne tik kritulių trūkumu, bet ir karščio epizodais. Dėl šios priežasties dirvožemio vidutinė temperatūra pasiekė vieną iš maksimalių per visą tiriamąjį laikotarpį nustatytų reikšmių, t.y. 7,8 °C, o maksimali reikšmė buvo aukščiausia per paskutinįjį 2013-2018 m. laikotarpį ir viršijo 19 °C. 2019 m. dirvožemio vidutinė temperatūra 10 cm gylyje pasiekė savo maksimalią reikšmę per visą tiriamąjį laikotarpį, t.y. 8,2 °C.

2020 m. dirvožemis buvo labiausiai įšilęs per visą stebėjimo laikotarpį.

Per stebėjimo laikotarpį Aukštaitijos KMS dirvožemio temperatūra didėja panašiai kaip ir oro, po 0,04 °C per metus

Nuo 2014 m. stebimas itin reikšmingas dirvožemio įšalo mažėjimas. Jei dar 2014 m. įšalas siekdamas maksimalią reikšmę pasiekė net 28 cm, tai iki 2020 m. įšalo gylis mažėjo ir jau 2020 m. jo iš viso nebuvo registruojama.

Nuo 1999 iki 2014 m. egzistavo glaudus ryšys tarp dirvožemio vidutinio drėgčio ir įšalo gylio. Po išskirtinų 2014 m. ši priklausomybė tapo atvirkštinė, kai drėgniui didėjant įšalo gylis reikšmingai mažėjo, taip kaip ir bendra įšalo trukmė. Tai išskirtinis procesas geosistemoje galintis turėti reikšmingos įtakos bendrai miško ekosistemų tvariai plėtrai.

Upelio vandens temperatūros kaitos trendas Aukštaitijos stotyje yra teigiamas, temperatūra kyla vidutiniškai po 0,0062 °C per mėnesį ar 0,063 °C per metus, t.y. beveik 1,75 kartų intensyviau negu oro temperatūra, kurios kilimas siekia per paskutiniuosius 27 m. po 0,036°C per metus.

Žemaitijos stotyje 27 stebėjimo metų upelio temperatūra kylo virš 4 kartų lėčiau negu Aukštaitijos KMS upelio vandens temperatūra. Didelę reikšmę upelio vandens temperatūros kaitai turėjo 2015 m., kai vidutinė oro temperatūra viršijo 7.5°C ir 2016 m. kai upelio vasaros mėnesių temperatūra pasiekė maksimalią reikšmę per visą tiriamąjį laikotarpį, t.y. 11,5 C. 2017 - 2018 m. vandens temperatūra stabilizavosi ar net turėjo tendencija mažėti. Tokio pokyčio stebimo parametro kaitoje nebuvo registruojama nuo pat tyrimų pradžios. Ar tai naujas klimato kaitos sąlygotas veiksnys biotos kaitai parodys ateities tyrimai. 2019 m. patvirtina išaiškinta tendenciją – vandens temperatūra neturi tolesnės tendencijos didėti, tačiau 2020 m. rezultatai rodo, kad vandens temperatūra reikšmingai pakilo ir ypač Aukštaitijos KMS.

Išskirtiniai 2020 m., kurie jau įvardinti kaip patys šilčiausi metai per visą tiriamąjį laikotarpį. Vandens temperatūros duomenų sekoje 2020 m. registruoti du priešingi rezultatai: Aukštaitijos KMS vandens temperatūra reikšmingai pakilo ir savo reikšme pasidarė artima 8 C. Tai rekordiškai šilto vandens temperatūra.

Žemaitijos KMS, nors ir išaiškintas intensyvesnis oro temperatūros kylimo trendas negu Aukštaitijos KMS, vandens temperatūra 2020 m. pakankamai reikšmingai nukrito lyginant su 2019 m., ir tokį temperatūros pokytį, mūsų manymu, lėmė vasaros mėnesių sumažėjusi vandens temperatūra.

Aukštaitijos KMS 2015-2016 m. laikotarpiu registruojamas vienas didžiausių vandens prisotinimo deguonimi laipsnis, kuris savo maksimalią reikšmę įgavo 2015 m. liepos ir 2016 m. gegužės mėnesiais – apie 5 mg/l. Paskutiniu metu 2017-2019 m. deguonies kiekis upelio vandenyje stabilizavosi, tačiau buvo didesnis nei daugiametis vidurkis – apie 2,8 mg/l. Žemaitijos KMS jau daug metų nėra pakeistas deguonies upelio vandenyje matuoklis.

2020m. registruojamas reikšmingas deguonies kiekio padidėjimas Versminio upelio vandenyje, Aukštaitijos KMS. Panašus deguonies kiekis šio upelio vandenyje buvo registruotas tik 1999, 2009 ir 2015 m.

1.2. Vandens balansas pagrindinėse geosistemos grandyse (dr. Ieva Baužienė)

Integruoto monitoringo teritorijose Lietuvoje, dviejose sąlygiškai natūraliose ekosistemose Aukštaitijos nacionalinio parko Ažvinčių girios rezervate (nuo 1993 m.) ir Žemaitijos nacionalinio parko Plokštinės girios rezervate (nuo 1995 metų) stebima ekosistemų būklė. Ekosistemos būklės pokyčiai įvertinami pagal pamatinių ekosistemos elementų dirvožemio, dirvožemio vandens, gruntinio vandens cheminės sudėties dinamiką. Analizuojant šiuos duomenis drauge su kritulių duomenimis, vertinamas su tolimomis pernašomis į Lietuvos teritoriją patenkančių teršalų kaupimasis ir pakitimas dirvožemyje, nustatomas medžiagų išplovimo iš dirvožemių režimas, migracijos keliai ir teršalų patekimas į gruntinį vandenį, bei išnešimas upeliais į paviršinio vandens telkinius. Dabartiniu metu dirvožemio sudėties, upelio, dirvožemio vandens ir gruntinio vandens režimo ir sudėties stebėseną rodo ir klimato pokyčių pasekmės.

Šie duomenys naudingi, sudarant balansus ir modelius, pagal kuriuos įvertinamas antropogeninės veiklos ir klimato kaitos poveikis natūralioms ekosistemoms ir prognozuojama jų būklė ateityje. Sąlygiškai natūralių ekosistemų monitoringo duomenis galima naudoti kaip atskaitos tašką, vertinant regioninę taršą, jungti į globalios taršos vertinimo sistemą.

Vykdydamas “Gruntinio, dirvožemio bei paviršinio vandens ir dirvožemių tyrimas pagal ICP IM programą”, Gamtos tyrimo centro Geologijos ir geografijos instituto mokslininkė dr. Ieva Baužienė atliko tokius techninėje užduotyje numatytus darbus:

1. koregavo, apdorojo ir kartu su Aplinkos apsaugos agentūros darbuotojais tikrino dirvožemio vandens, gruntinio vandens ir upelių vandens cheminės analizės duomenis;

2. nustatė vandens balanso nuotėkio sudedamąją (vandens srautai dirvožemio ir gruntiniame vandenyje) Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stočių baseinuose ir išaiškino pagrindines jos kaitos tendencijas bei priežastis;

4. nustatė ištirpusių maistinių medžiagų (azotas ir fosforas) ir sieros balansų nuotėkio sudedamąsias Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stočių baseinuose ir išaiškino pagrindines jos kaitos tendencijas bei priežastis;

Atliekant tyrimus, vadovautasi ICP IM programos ir ICP IM Vadovo kompleksiniam monitoringui (Manual for Integrated Monitoring. Convention on Long-range Transboundary Air Pollution of the UNECE, International Cooperative Programme on Integrated Monitoring of Air Pollution Effects on Ecosystems. Compiled by the ICP IM Programme Centre Finnish Environment Institute, Helsinki, Finland. Original version August 1998, some minor updates in 2001, 2003 and

2004. Changes in reporting of biological data (subprogrammes: VG, VS) in 2010, toliau - ICP IM Vadovas) reikalavimais;

Objektas ir metodika

Kompleksiniai dirvožemio vandens, gruntinio vandens bei upelių vandens cheminės sudėties tyrimai atliekami mažų upelių baseinuose, esančiuose Aukštaitijos (LT01) ir Žemaitijos (LT03) nacionaliniuose parkuose – tose vietose, kur antropogeninis poveikis yra mažiausias visoje Lietuvoje. Daroma prielaida, kad baseinai hidrologiškai yra uždari. Detalus upelių baseinų fizinis-geografinis, klimatinių rodiklių aprašymas, teminiai žemėlapiai, darbų vykdymo ir cheminių analizių metodikos pateiktos Geografijos instituto ataskaitose (Dirvožemių..., 1993, Dirvožemių..., 1994, Dirvožemių..., 1995).

Pastovūs dirvožemio vandens, gruntinio vandens bei upelių vandens cheminės sudėties stebėjimai Aukštaitijos nacionalinio parko integruoto monitoringo teritorijoje (NP IMT) pradėti 1993 metų rudenį, o Žemaitijos NP IMT – 1995-jų metų pavasarį.

Nuo 1999.01.04 Aukštaitijos nacionaliniame parke, Rūgštėlišio kaime, kuris yra už 4,5 km į Šiaurės rytus nuo Integruoto monitoringo teritorijos (10 km iki Tauragnų miesto, 17 km nuo Ignalinos MS ir 21 km nuo Dūkšto MS) įkurta meteorologinė stotis. Šalia meteorologinės stoties aikštelės buvo instaliuoti trys PT1000 dirvožemio temperatūros matavimo davikliai, kuriais imta matuoti dirvožemio temperatūrą 20, 10, ir 5 cm gyliuose. 2001.10.30 – dirvožemio temperatūrą matuojantys PT1000 davikliai perkelti už 100 m, į miško dirvožemį, o 2012.01.18 PT1000 dirvožemio temperatūros matavimo davikliai pakeisti kitais, automatiniais davikliais (*Campbell Scientific* 107 temperatūros matavimo zondai su *BetaTherm* 100K6A termistoriais).

Dirvožemio vandens mėginiai cheminei analizei imami kas mėnesį šiltuoju metų laikotarpiu. Tuo pačiu apskaičiuojamas ir dirvožemio vandens nuotėkis iš 1 km² 20 cm ir 40 cm gyliuose. Jei žiemą dirvožemis būna neįšalęs ir kartojasi dažni atlydžiai, vandens pavyzdžiai imami ir dirvožemio vandens nuotėkis skaičiuojamas tuo pačiu periodiškumu.

Suomių tyrėjai 1997–1998 metais, finansuojant Šiaurės šalių ministrų tarybai (Nordic Council of Ministers), vykdė programą "The Integrated Groundwater Monitoring Network in the Baltic and Nordic Countries" ir įrengė du standartinius, uždaro tipo lizimetrus, kurie Žemaitijos IMT veikia iki šiol ir vadinami didžiuoju ir mažuoju suomių lizimetrais.

Didysis suomių lizimetras yra 140 cm skersmens ir 170 cm gylio (pagamintas iš stiklo pluošto) bei skirtas infiltracinio vandens debitui stebėti. Iš lizimetro dugno susikaupęs vanduo

plastiko vamzdžiu nuteka į rinktuvą namelin, kur *kas savaitę* išmatuojamas jo tūris. Debito matavimai atliekami nuo 1998 lapkričio 11 dienos. Kritulių kiekiui, patenkančiam į lizimetrą, stebėti šalia jo (už 1 metro įrengtas kritulmatis). Matuojamas per savaitę susikaupęs kritulių kiekis.

Mažasis suomių lizimetras yra pagamintas iš plastikinio 56 cm skersmens ir 70 cm ilgio vamzdžio ir naudojamas infiltracinio vandens kiekio ir cheminės sudėties stebėjimui. Kitaip, nei sekieji lizimetrai (20 ir 40 cm), mažasis suomių lizimetras stebėjimo laikotarpiu dar nebuvo užšalęs (gylis 70 cm). Jis yra uždaras, sujungtas vamzdžiu su nameliu, kuriame yra indas vandeniui. *Kas mėnesį* nustatomas prasifiltravusio vandens tūris ir paimamas 1 litro mėginys cheminei analizei laboratorijoje.

Du kartus per mėnesį nustatomas dirvožemio drėgnumas 20 ir 40 cm gyliuose.

Aukštaitijos stebėsenos stotyje (LT01) 1998–2011 metais dirvožemio drėgmės nustatymui buvo naudotas: 01.01 -05.13d. laikotarpiu elektroninis dirvožemio drėgmės matuoklis Watermark ir stacionariai įrengti šeši dirvožemio drėgmės davikliai po tris 20 cm. gylyje ir 40 cm gylyje. Nuo 2011.05.13 buvo instaliuoti nauji, tikslesni Theta Probe ML2x dirvos drėgmės davikliai ir jų nuskaitymui pradėtas naudoti Delta-T firmos HH2 drėgmės matavimo prietaisas. Naudojant Watermark matuoklį dirvožemio drėgnumas buvo matuojamas santykinėje 200 vnt. skalėje, o vėliau perskaičiuojamas į % dirvožemio drėgmę. Pradėjus naudoti naujus Theta Probe ML2x daviklius dirvožemio drėgnumas yra tiesiogiai matuojamas procentinėje išraiškoje. Norint suderinti senųjų ir naujųjų daviklių parodymus; matavimai senąja ir naująja įranga 2011 balandžio–spalio mėnesiais buvo dubliuojami.

Žemaitijos stebėsenos stotyje (LT01) 1998–2010 metais dirvožemio drėgmė buvo nustatoma gravimetriškai, o nuo 2011 metų, kaip ir Aukštaitijos stotyje, instaliuoti Theta Probe ML2x davikliai. Kontrolė senuoju, gravimetriniu metodu buvo 2011 metų gegužės ir lapkričio mėnesį. Rezultatai, gauti naująja įranga ir 2011, ir 2012 metais Žemaitijos stebėsenos stotyje neatitiko senuoju (gravimetriniu) metodu gautų duomenų, t.y. sudarė apie 70 %. Galimai dirvožemio drėgmės davikliai buvo instaliuoti tokioje vietoje arba gylyje, kuris neatitinka gravimetriniu metodu rinktų duomenų.

Gruntinio vandens mėginiai imami 6 kartus per metus, gruntinio vandens lygis matuojamas kas 2 savaites.

Upelių vandens mėginiai cheminei analizei imami kas mėnesį visus metus, pagal savirašių duomenis apskaičiuojami kasdieniai upelių debitai. Upelių vandenyje kas mėnesį išmatuojamas ištirpusio deguonies kiekis.

Visose trijose vandens mėginių rūšyse (dirvožemio, gruntinio ir upelio) nuo stebėjimų pradžios reguliariai analizuojama SO_4 , NO_3N , NH_4N , Ca, Na, K, Mg, Cl, $P_{visuminis}$, Mn, Fe, Si, pH. Nuo 2000 metų matuojamas fosfatų fosforo (PO_4P), ir visuminio azoto ($N_{visuminis}$) kiekis, nuo 2002 m. pradėta matuoti visuminį aliuminio kiekį, o nuo 2003 m. – visuminį organinės anglies kiekį. Nuo 2000 metų vidurio visose paprogramėse, 3 kartus per metus, balandžio, liepos ir spalio mėnesiais pradėta matuoti sunkiųjų metalų (Cu, Cr, Cd, Pb, Zn, Ni) kiekius gamtiniame vandenyje. Iš viso nustatomi 23 cheminiai parametrai.

Visi mėginiai imami ir jų cheminės analizės atliekamos vadovaujantis vieninga metodika (The Working..., 1989, Environment..., 1993, ICP IM..., 1998), pagal kurią dirba ir kitos integruoto monitoringo programoje dalyvaujančios šalys.

Duomenys analizuojami palyginant svertinius metų vidurkius, rangų ir koreliacijų metodais.

Dirvožemio vandens nuotėkis skaičiuojamas pagal lizometro darbinį plotą.

Gruntinio vandens dinaminiai ištekliai apskaičiuojami pagal formulę (Сакалаускаене, 1969):

$$Qd = \sum \mu \cdot F \cdot \Delta h$$

Qd dinaminiai ištekliai, μ – vandens atidavimo koeficientas, F – plotas, Δh – lygio metinė amplitudė. Požeminis nuotėkis (Q) apskaičiuotas:

$$Q = \frac{Qd}{365 - t}, \text{ kur } t \text{ laikas, kai gruntinio vandens lygis kyla.}$$

Baseino plotas Aukštaitijos integruoto monitoringo stotyje yra patikslintas pagal santykinai inertiškos medžiagos (sulfatų) balansą ekosistemoje (Baužienė, 2005) Chloridų balanso nebuvo galima apskaičiuoti, nes nebuvo duomenų apie chloridus kritulių vandenyje.

Plotas gruntinio vandens dinaminių atsargų skaičiavimui yra nustatytas pagal grėžinių altitudes, darant prielaidą, kad teritorijose, vienodai pakilusiose virš jūros lygio, gruntinio vandens lygio svyravimo amplitudės yra panašios.

Viso baseino vandens balansas sudarytas pagal supaprastintą lygtį ir apskaičiuotas bendras garavimas:

$$ET = Pt - qt \pm \Delta S,$$

Čia: ET – bendras garavimas, qt – nuotėkis, ΔS - vandens atsargų (dirvožemio drėgnio) pokytis dirvožemyje per laikotarpį t (Ruseckas, 2008).

Dėmens ΔS reikšmės nustatymas yra problematiškas, nes dirvožemio drėgnumas per metus (dažniausiai pavasarį-vasarą) mažėja ne tik dėl nuotėkio į gruntinius vandenis (aeracijos zoną), bet ir dėl transpiracijos (Dobkevičius, 2001). Dydis ΔS bendro garavo formulėje visada pridedamas prie transpiracijos, nes gruntinio vandens sistema pasipildo dirvožemio vandeniu pavėluotai ir

neproporcingai dirvožemio vandens nuotekiui. Taigi, mūsų skaičiavimuose bendrojo garavimo reikšmė yra perdėtai aukšta. Daryta prielaida, kad metų pradžioje, kai žemės paviršių dengia sniegas, šaltuoju sezonu, vandens išgaravimas iš dirvožemio lygus nuliui, drėgmės pokyčiai (ΔS) dirvožemyje vyksta tik dėl gravitacinės drėgmės judėjimo į gruntinius vandenis.

1.2.1. Kritulių kiekio dinamika KM stočių teritorijose

1994–2011 metais kritulių kiekis ir Aukštaitijos, ir Žemaitijos monitoringo stotyse turėjo tendencija didėti. Aukštaitijos NP per paskutiniuosius 40 m. kritulių kiekis pagal Dūkšto MS duomenis didėjo po 1 mm per metus, tačiau ši kaita buvo nereikšminga ($p < 0,05$). Per tiriamąjį laikotarpį (1993-2010 m.) šioje MS stotyje kritulių kiekis kito intensyviau, t.y. didėjo po 6 mm per metus, o Aukštaitijos KMS beveik po 4,3 mm per metus. Kritulių kiekis klimatinę normą (1972-2010 m. vidurkį) viršijo 1998, 2000, 2005 ir 2010 m., o nesiekė 1992, 1996, 1999, 2006 ir 2008 m.

Tiriamuoju laikotarpiu 2010 m. Aukštaitijoje iškrito daugiausiai kritulių per visą stebėjimų laikotarpį, 33% daugiau, negu stebėjimo laikotarpio vidurkis. Didžioji kritulių dalis iškrito vegetacijos laikotarpiu, t.y. birželio-rugpjūčio mėnesiais.

2011-2015 m. laikotarpiu stebimas ryškus kritulių kiekio mažėjimas visais metų laikais. Dėl šios priežasties ir 22 m. kritulių sumos kaita rodo, kad kritulių kiekis pradėjo mažėti.

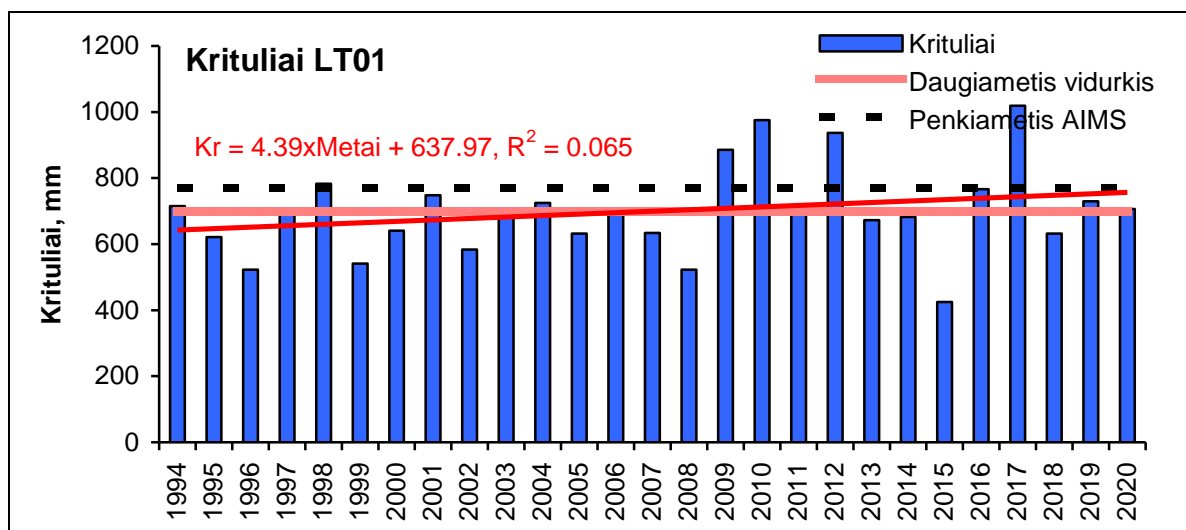
2015 m. dėl sausros, kritulių kiekis Aukštaitijos KMS buvo mažiausias per visą tiriamąjį laikotarpį. Šiais metais susidarė tik 425 mm Aukštaitijos KMS ir 670 mm Žemaitijos KMS.

2016 m. birželio mėn. taip pat buvo pradėtas registruoti sausros periodas, bet liepos mėn. pradžioje krituliai jį nutraukė. Per 2016 m. iškritusių kritulių kiekis prilygo daugiametei normai.

2017 m. galima būtų įvardinti kaip perteklinės drėgmės metais. Šiais metais kritulių kiekis Aukštaitijos KMS viršijo 1000 mm. Tai rekordinis kritulių kiekis per paskutiniuosius 25 metus.

2018 m. vėl pasikartojė sausra, tik ji nebuvo tokia reikšminga kaip 2015 m.

Paskutiniaisiais 2019-2020 m. kritulių normą vėl viršijo daugiametį vidurkį, dėl ko ekosistemoje po bepasikartojančių sausrų vėl turėjo atsikurti vandens lygis. Tokia kritulių kiekio kaita turėjo esminės įtakos biogeocheminiams procesams ir vandens srautams ekosistemoje, kurie savo ruožtu reikšmingai sąlygojo tiriamų biotos komponentų būklę, rūšinę įvairovę, gausumą ir medžių produktyvumą.

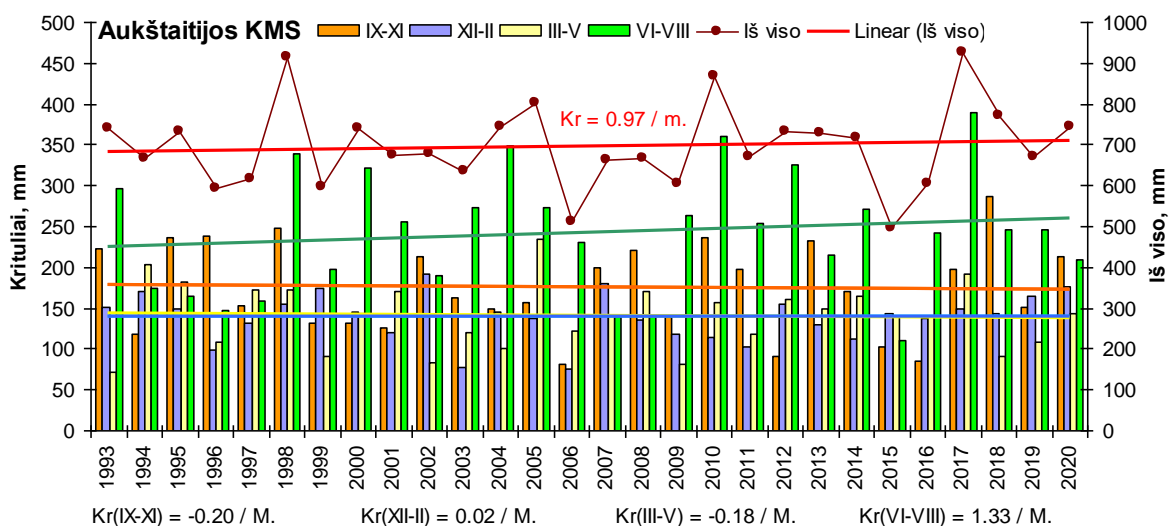


1.9 pav. Kritulių kiekio palyginimas su daugiamečiu vidurkiu (1961-1990 m. klimato norma ir artimiausio meteorologinio posto duomenimis 1986-1990).

Atskirais sezonais kritulių kiekis per tirta (1994-2015) laikotarpį mažėjo žiemą (gruodžio-vasario mėn.) -1 mm per metus, pavasarį (kovo - gegužės mėn.) -0,75 mm per metus ir rudenį (rugsėjo-lapkričio mėn.) 0,66 mm per metus. Tačiau vasarą kritulių kiekis didėjo intensyviausiai (birželio – rugpjūčio mėn.), po 2,11 mm per metus.

Įvertinus paskutiniuosius metus, išaiškinti tendencijos pasikeitė. Per tiriamąjį 1994-2020 m. laikotarpį kritulių mažėjo rudenį (rugsėjo-lapkričio mėn.) -0,20 mm per metus ir pavasarį (kovo - gegužės mėn.) -0,18 mm per metus, nereikšmingai didėjo žiemą (gruodžio-vasario mėn.) +0,02 mm per metus ir ypač reikšmingai vasarą (birželio-rugpjūčio mėn.), net po +1,33 mm per metus. Lyginant su kaitos intensyvumu nustatytą 2015 m., stebimas kritulių kiekio sumažėjimo tendencija. Tai galima nauja grėsmė Aukštaitijos KMS miško ekosistemoms.

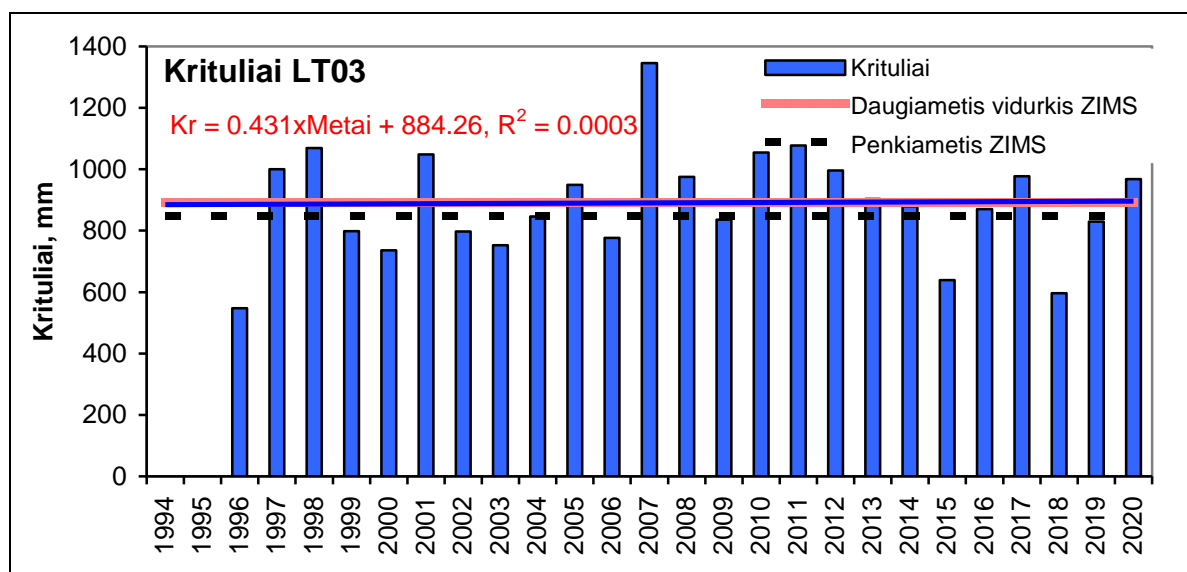
Apibendrinus gautus rezultatus nustatyta, kad Aukštaitijos KMS metinis kritulių kiekis per 27 m. laikotarpį didėjo po beveik 1 mm per metus, *t.y. per tiriamąjį laikotarpį kritulių intensyvumas palaipsniui mažėja ir tai gali informuoti apie naujai kylančią grėsmę miško ekosistemas, beprasidedantį drėgmės trūkumą, kuris gali sukelti esminius ne tik geocheminius procesus miško ekosistemose, bet ir biotos gausumo, būklės ir atsparumo nepalankiems veiksniams pokyčius.*



1.10 pav. Įvairių sezonų ir metinių kritulių kiekio kaita Aukštaitijos KMS 1994-2015 m.

Žemaitijos stebėjimų stotyje metinis kritulių kiekis klimatinę normą (daugiametį 1972-2010 m. vidurkį Vėžaičių meteorologinė stotis, 906,8 mm) viršijo 1995, 1998, 2002, 2005, 2007, 2010-2012m., o paskutiniuoju laikotarpiu tik 2017 m. ir 2020 m. Žemiau vidutinės reikšmės kritulių kiekis buvo registruojamas 1992, 1996, 2006 ir ypač 2015 bei 2018 m. (1.11 pav.).

1995–2011 metais kritulių kiekis Žemaitijos monitoringo stotyje turėjo tendencija didėti. Žemaitijos NP per paskutiniuosius 40 m. kritulių kiekis pagal Vėžaičių MS duomenis didėjo po 1 mm per metus, kaip ir Aukštaitijos NP. Per tiriamąjį laikotarpį (1994-2010 m.) kritulių kiekis kito intensyviau, t.y. beveik po 5,4 mm per metus.

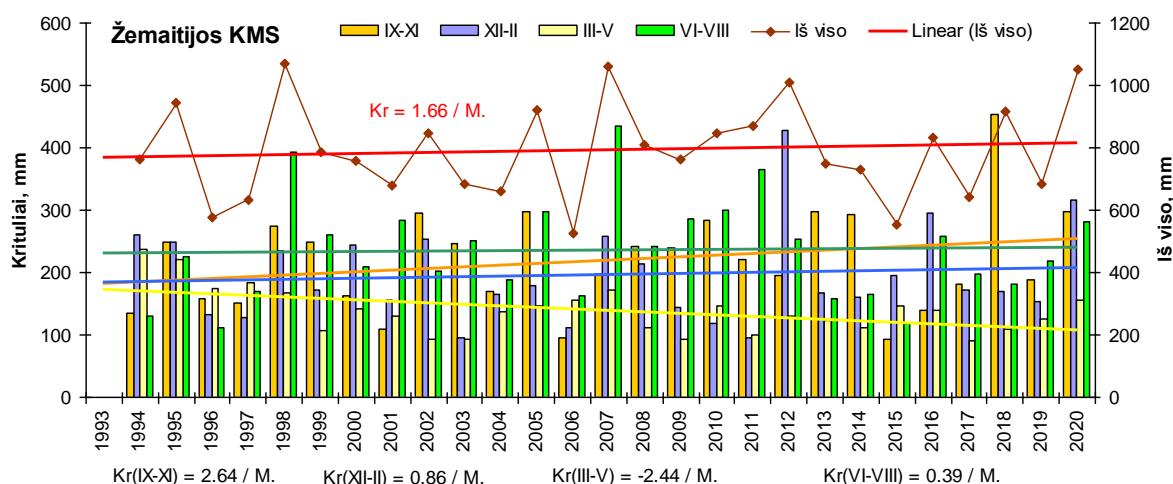


1.11 pav. Kritulių kiekio palyginimas su daugiamečiu vidurkiu (1961-1990 m. klimato norma ir artimiausio meteorologinio posto duomenimis 1986-1990).

2020 m. Žemaitijos KMS kritulių kiekis viršijo daugiametę normą ir viršijo 1000 mm lygį. Atskirais sezonais kritulių kiekis Žemaitijos KM stotyse kito analogiškai Aukštaitijos KMS, skyrėsi tik kaitos intensyvumas.

Per tiriamąjį laikotarpį (1994-2011) kritulių kiekis mažėjo žiemos ir ankstyvo pavasario mėnesiais, maždaug po 5-4 mm per metus atitinkamai. Rudenį buvo registruojamas intensyvesnis kritulių kiekio augimas negu Aukštaitijos KMS, t.y. po 5 mm per metus, o per vegetacijos laikotarpį kritulių kiekis didėjo taip pat intensyviausiai, net po beveik 10 mm per metus. 2011-2015 m. laikotarpiu visais metų sezonais kritulių kiekis reikšmingai mažėjo. Tai galėjo būti naujos grėsmės miškų būklei ir produktyvumui pasekmė.

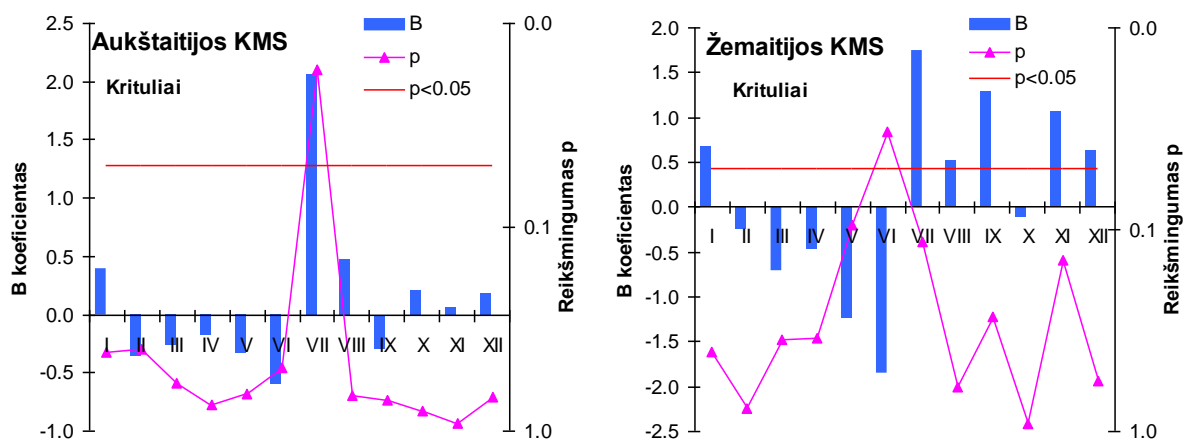
Paskutiniuoju laikotarpiu kritulių intensyvumas reikšmingai pakito, tik jei kritulių kiekis Aukštaitijos KMS rodė intensyvumo mažėjimą, tai Žemaitijos stotyje, priešingai – kritulių kiekio intensyvumas pradėjo didėti. Pagrindinė priežastis gausūs krituliai 2017 ir 2020 m.



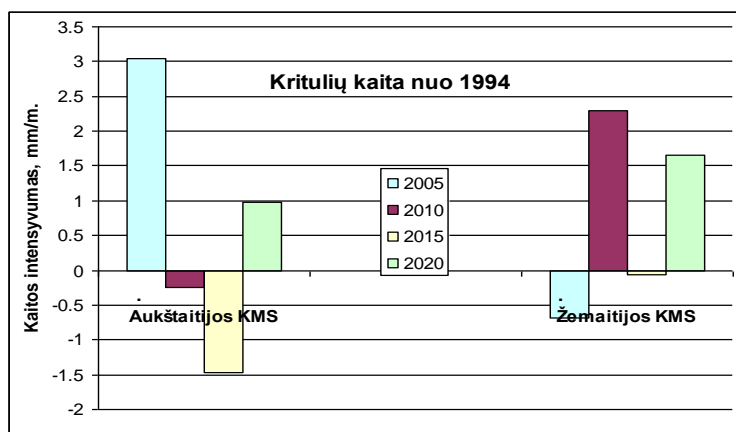
1.12 pav. Įvairių sezonų ir metinių kritulių kiekio kaita Žemaitijos KMS 1994-2020 m.

Per visą tiriamąjį 1994-2020 m. laikotarpį kritulių mažėjo tik pavasarį (kovo - gegužės mėn.) -2,44 mm per metus, tačiau šis mažėjimas yra reikšmingas ($p < 0,05$). Kitais metų sezonais kritulių kiekis didėjo: rudenį (rugsėjo-lapkričio mėn.) +2,64 mm per metus, žiemą (gruodžio-vasario mėn.) +0,86 mm per metus ir skirtingai negu Aukštaitijos KMS, mažiausiai reikšmingai vasarą (birželio-rugpjūčio mėn.), tik po +0,39 mm per metus. Apibendrinus gautus rezultatus nustatyta, kad Žemaitijos KMS metinis kritulių kiekis per 27 m. laikotarpį didėjo ypač reikšmingai, t.y. po 1,7 mm per metus, *t.y. per tiriamąjį laikotarpį kritulių intensyvumas palaipsniui didėja ir tai taip gali sukelti esminius ne tik geocheminius procesus miško ekosistemose, bet ir biotos gausumo, būklės ir atsparumo nepalankiems veiksniams pokyčius, tačiau drėgmei ne mažėjant, o priešingai – didėjant.*

Mėnesio kritulių kiekio analizė parodė, kad Aukštaitijos KMS pradėtas registruoti kritulių intensyvumo mažėjimas nuo vasario iki birželio mėn. imtinai, nors šis mažėjimas dar nesiekia reikšmingumo lygmens. Papildomai taip pat mažėja ir rugsėjo mėn. kritulių kiekis. Kaip teigiamą pokytį reiktų vertinti reikšmingai didėjanti kritulių intensyvumą liepos mėn., kai jis pradėjos siekti net po 2 mm per metus. Taip pat didėja ir rugpjūčio mėn. kritulių kiekis, nors šis pokytis nesiekia reikšmingumo lygmens. Nepaisant to, paskutiniu metu laikotarpiu kritulių kiekis Aukštaitijos KMS pradėjo didėti, jei 2005 m. nuo 1993 m. kritulių kiekis didėjo virš 3 mm per metus, o po 5 metų ši kata slopo ir pradėjo net mažėti po 0,25 mm per metus, tai dar po 5 m., 2015 mažėjimas pasiekė maksimalią reikšmę – 1,5 mm per metus. 2017 ir 2020 m. gausūs krituliai pakeitė situaciją iš esmės – kritulių kiekio kaitoje registruojamas vėl augimas, t.y. po 1 mm per metus, nors tai yra virš 3 katų mažesnis pokytis, negu buvo registruotas dar 2010 m.



1.13 pav. Mėnesio vidutinio kritulių kiekio kaita ir jos reikšmingumas KM stotyse



1.14 pav. Metinio kritulių kiekio kaita ir jos reikšmingumas KM stotyse nuo 1994 m.

Žemaitijos KMS kritulių kiekio kaitoje stebimos analogiškos tendencijos, tačiau kaitos reikšmingumas iš esmės skiriasi. Kritulių taip pat kaip ir Aukštaitijos KMS mažėja vasario –

birželio mėnesiais, tačiau jei Aukštaitijos KMS ši kaita buvo nereikšminga, tai Žemaitijos KMS birželio mėn. kritulių kiekis mažėja net po beveik 2 mm per metus, ir šis mažėjimas yra jau reikšmingas. Antra vertus intensyviau negu Aukštaitijos KMS didėja likusių mėnesių kritulių kiekis. Tokios kaitos rezultatas – 1,7 mm per metus didėjantis kritulių kiekis, kuris buvo nustatytas 2020 m. 2017-2020 m didėjantis kritulių kiekis turėtų teigiamai sąlygoti miško biotos gausos, rūšių įvairovės kaitą, o taip pat ir geresnę medžių būklę bei didesnę prieaugį.

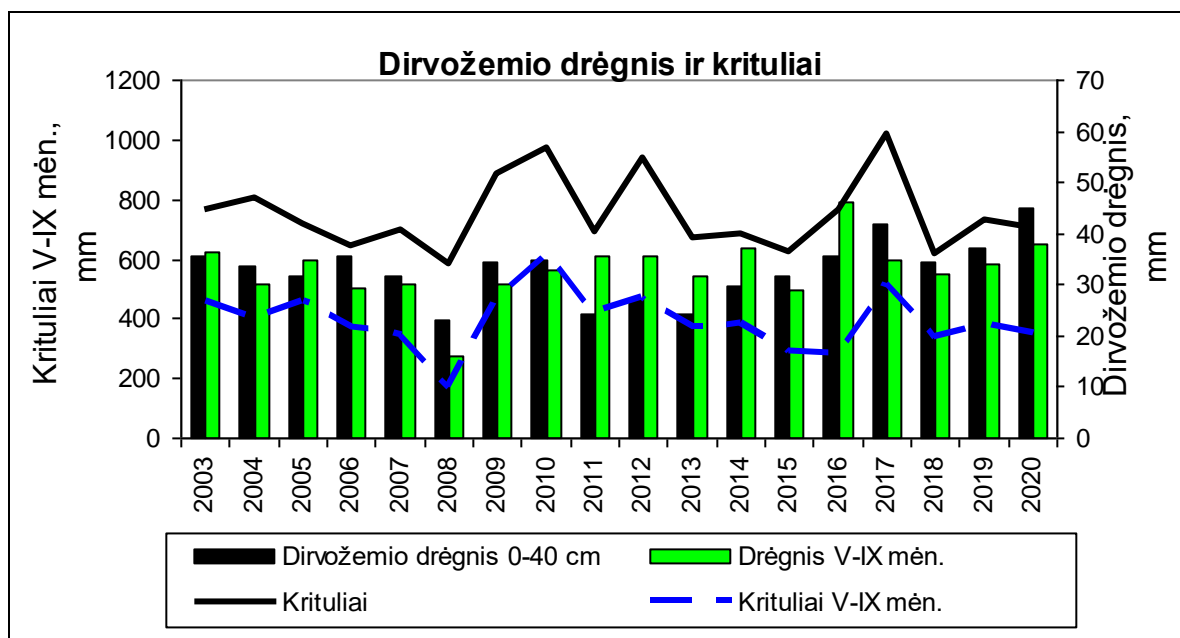
Lyginant atskirų laikotarpių kritulių kiekio kaitos tendencija ir intensyvumą, nustatyta, kad intensyviausiai kritulių kiekis didėjo 2010 m., kai jis viršijo 2,5 mm per metus. Gausūs krituliai 2017 ir 2020 m. sąlygojo, kad kritulių augimas nuo 1994 m. vėl pradėjo didėti, nors šis intensyvumas viršija 2020 m. tik 1,5 mm per metus.

Mažėjantis kritulių kiekis gali tapti nauja grėsme miško ekosistemų tvarumui ateityje.

1.2.2. Dirvožemio vanduo

Metiniai dirvožemio vandens srauto ir sunkimosi intensyvumo vidurkiai 2020 metų ataskaitoje nepateikiami dėl neprognozuojamų matavimo paklaidų, kurias lemia didelė klimato parametrų kaita. Besniegėmis žiemomis lizimetrų talpos pildosi lėtai ir vandens tūris lieka neužfiksuotas. Ir atvirkščiai sniegingomis žiemomis, polaidžio metu lizimetrų talpos greitai persipildo ir dalis dirvožemio vandens tūrio lieka neišmatuotas.

Šioje ataskaitoje aprašyti dirvožemio drėgnio pokyčiai. Dirvožemio drėgnio duomenys išmatuoti 2003-2020 metais. Ypač mažas dirvožemio drėgnis nustatytas 2008 metais. Didžiausias dirvožemio drėgnis buvo 2020 metais. Pastebėta, kad didelis dirvožemio drėgnis nebūtinai susijęs su gausiais krituliais. Pavyzdžiui, didžiausias dirvožemio drėgnis vegetacijos laikotarpiu buvo 2016 metais, bet didžiausias kritulių kiekis – kitais 2017 metais (1.15 pav.). Pastaraisiais metais buvo registruojamas didžiausias vidutinis metinis drėgnis per visą tiriamąjį laikotarpį. ***Išskirtinai aukštą 2020 m. drėgnį galėjo sąlygoti šilta žiema, kurios metu nebuvo registruojamas dirvožemio išalas ir gausūs krituliai ramybės laikotarpiu nuo 2019 m. rugsėjo iki 2020 m. vasario mėn. bei vasaros laikotarpiu nuo birželio iki rugpjūčio mėn., o taip pat galimai ir labai vėsus pavasaris (kovo-gegužės mėn.), dėl ko galėjo sumažėti ir evapotranspiracija nuo dirvožemio paviršiaus.*** Dirvožemio drėgnio pokytis naudojamas skaičiuojant bendrą garavimą. Tokie dėsningumai iliustruoja, kad miško dirvožemio fizikinės savybės gali būti susijusios su klimato rodikliais.

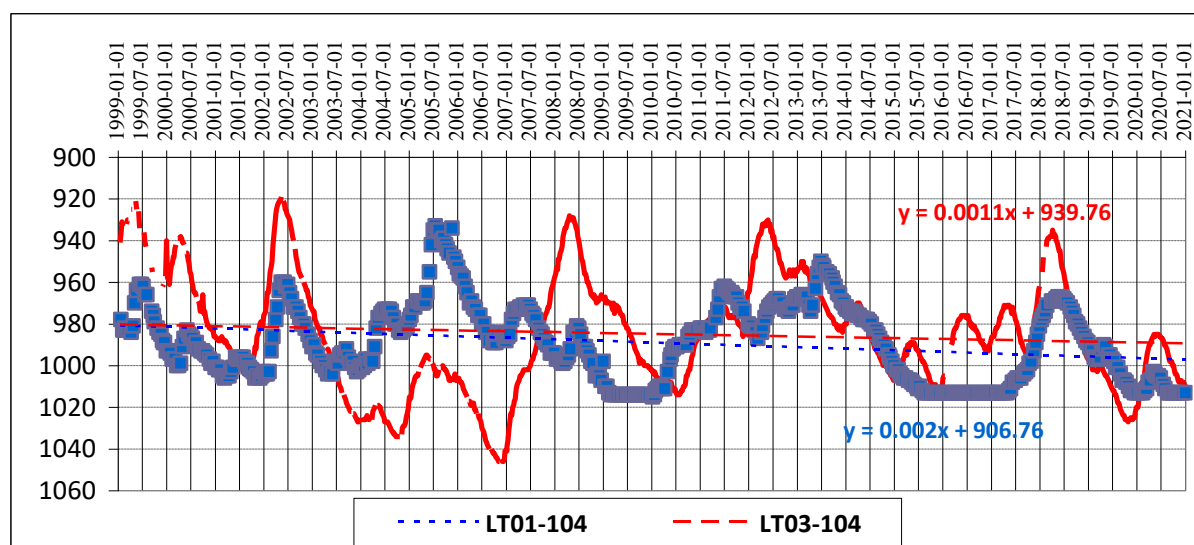
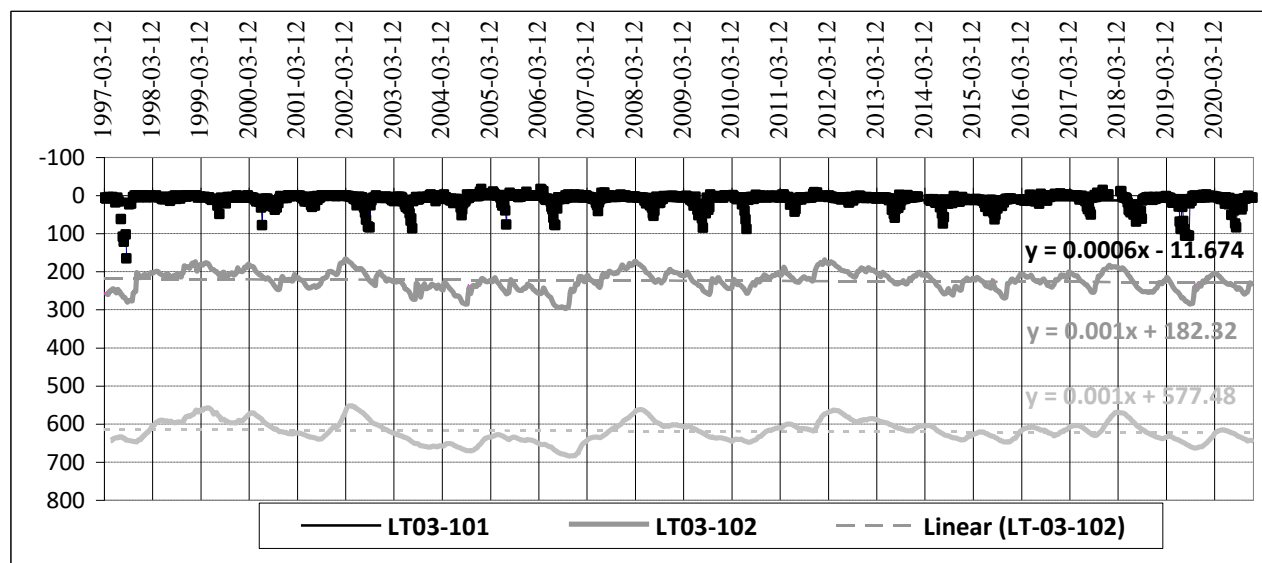
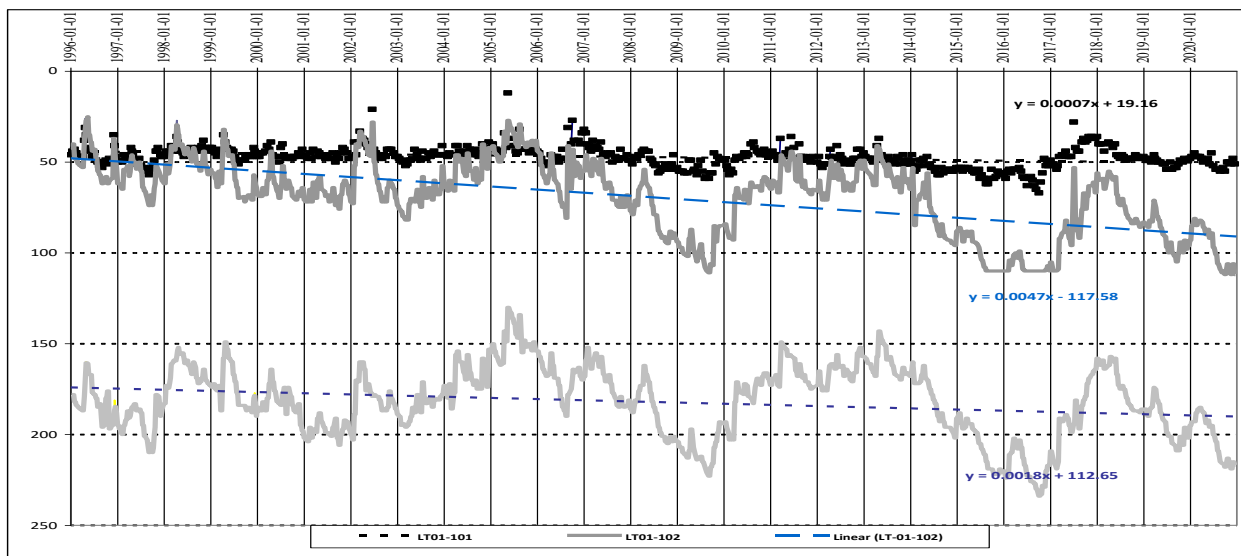


1.15 pav. Dirvožemio drėgnio medianos ir kritulių metinės reikšmės bei vegetacijos periodu.

1.2.3. Gruntinis vanduo

Per 21 stebėsenos metus gruntinio vandens lygio žemėjimas ryškiausias gruntinio vandens gręžiniuose LT01_02 ir LT03_04. Aukštaitijos KMS gruntinio vandens lygio kritimas reikšmingiausias LT01_102 ir LT01_104, o Žemaitijoje LT03_104 gręžiniuose. atitinkamai Kituose gręžiniuose vandens lygio kaita yra ne tokia ryški, ypač sekliausiuose (LT01_101 ir LT03_101), gruntinio vandens lygis nekinta arba kyla (1.16 pav.).

Gruntinio vandens lygis, kaip ir kritulių kiekis, banguoja 3–4 metų ciklais, bet dėl metų, pusantrų metų vėluojančio gruntinio vandens atsako į kritulius, esant mažiausiam kritulių kiekiui, gruntinio vandens lygis, giliausiuose gręžiniuose pakyla iki aukščiausio lygio per trimetį ciklą, „kompensuodamas“ ekosistemai sausros pasekmes. : 1999, 2002, 2005, 2008, 2011-2012 ir 2018 metais, kai kritulių kiekis per metus buvo mažiausias, gilajame gręžinyje gruntinio vandens lygis pavasarį buvo aukščiausias arba pakilo kitų metų pavasarį, Sausringų metų sekoje, nėra 2014-2015 metų, nes Stebėjimo laikotarpiu kritulių ir gruntinio vandens ciklą kompensacija sutriko 2004-2006 m. Pavyzdžiui Žemaitijos KMS 2004 metai, pagal trimetį ciklą turėjo būti drėgni, o 2006 sausi, tačiau klimatinė kritulių norma 2004 m. nebuvo viršyta, 2005 viršyta nežymiai, todėl kritulių gruntinio vandens lygio pakilimui „pritrūko“ ir 2006 metais vandens lygis gilajame gręžinyje buvo nukritęs žemiausiai per stebėjimo laikotarpį – tai lėmė vandens trūkumą visoje ekosistemoje.



1.16 pav. Vidutinis gruntinio vandens lygis gręžiniuose Nr. 1, 2, 3 ir 4. Plokštumos LT01-104 kreivėje reiškia, kad 4 gręžinyje nebuvo vandens: 2009 ir 2015-2017.

2007-2008 metais gruntinio vandens lygis kilo, palyginti su kitais stebėsenos metais, sparčiausiai, ir 2006 metų vandens trūkumas buvo kompensuotas. 2009-2017 metais kritulių kiekis yra artimas arba viršija klimatinę normą, todėl vandens lygis visuose Žemaitijos KMS grėžiniuose stabilizavosi (1.16 pav.)

Vandens lygio kitimas įvairaus gylio grėžiniuose susijęs su vandens persiskirstymo procesais geoekosistemoje. Gruntinis ir dirvožemio vanduo – tai tarpinė grandis tarp kritulių ir upelio nuotėkio, galinti kompensuoti augalams kritulių trūkumą. Per 15 stebėjimo metų Aukštaitijos stotyje mažiausiai kritulių iškrito 2008, o upelio nuotėkis buvo mažiausias metais vėliau, 2009 metais. Sekliuose grėžiniuose gruntinis vanduo labiausiai nuslūgo jau sausringųjų 2008 metų antroje pusėje, o 2009 metais dar labiau pažemėjo, o tai savo ruožtu lėmė mažiausią upelio nuotėkį. Giliausiame grėžinyje, LT01-104, gruntinio vandens lygis iki žemiausio taško nukrito tik 2009-2010 metais, kai kritulių kiekis buvo didžiausias per stebėjimų laikotarpį (1.16 pav.).

Gruntinio vandens lygis, kaip ir kritulių kiekis, kinta 3–4 metų ciklais ir šie ciklai, dėl metais „vėluojančio“ gruntinio vandens atsako į kritulius, kompensuoja vienas kitą, esant mažiausiam kritulių kiekiui, gruntinio vandens lygis, ypač gilesniuose grėžiniuose būna pakilęs iki aukščiausio taško per trimetį ciklą. Būna ir išimčių. Stebėjimo laikotarpiu kritulių ir gruntinio vandens ciklą kompensacija sutriko 2004-2006 m. Žemaitijos IMS 2004 metai, pagal trimetį ciklą turėjo būti drėgni, o 2006 sausi, tačiau klimatinė norma 2004 m. nebuvo viršyta, 2005 viršyta nežymiai, todėl kritulių „pritrūko“. ir 2006 metais vandens lygis giliajame grėžinyje buvo nukritęs žemiausiai per stebėjimo laikotarpį – tai lėmė vandens trūkumą visoje ekosistemoje. 2007 metais dėl ypač gausių kritulių gruntinio vandens lygis kilo, palyginti su kitais stebėsenos metais, sparčiausiai ir kompensavo 2006 metų vandens trūkumą. 2009-2013 metais kritulių kiekis yra artimas arba viršija klimatinę normą, todėl vandens lygis visuose grėžiniuose stabilizavosi (1.16 pav.).

2015-2018 m. gruntinio vandens lygį iš esmės sąlygojo kritulių kiekis, kuris kito nuo žemiausių iki didžiausių reikšmių Aukštaitijos KMS baseine. Būtent gausūs kritulių kiekiai 2017 m. ir sausra 2018 m. sąlygojo gruntinio vandens lygio atitinkamus pokyčius visuose grėžiniuose, t.y. 2017 m. vandens lygis grėžiniuose kilo, o jau kitais metais reikšmingai mažėjo.

Trimečiai vandens apytakos ciklai ir apgauliga atvirkštinė priklausomybė tarp kritulių ir vandens lygio giliuosiuose gruntinio vandens grėžiniuose stebėti 2002 ir 2018 metais, kai abiejose KMS esant mažiausiam kritulių kiekiui, gruntinio vandens lygis giliausiame grėžinyje, pavasarį pakilo iki aukščiausio lygio. Kitais sausringais trimečių ciklų metais gruntinio vandens lygio pakilimai vyko, bet buvo ne tokie ryškūs.

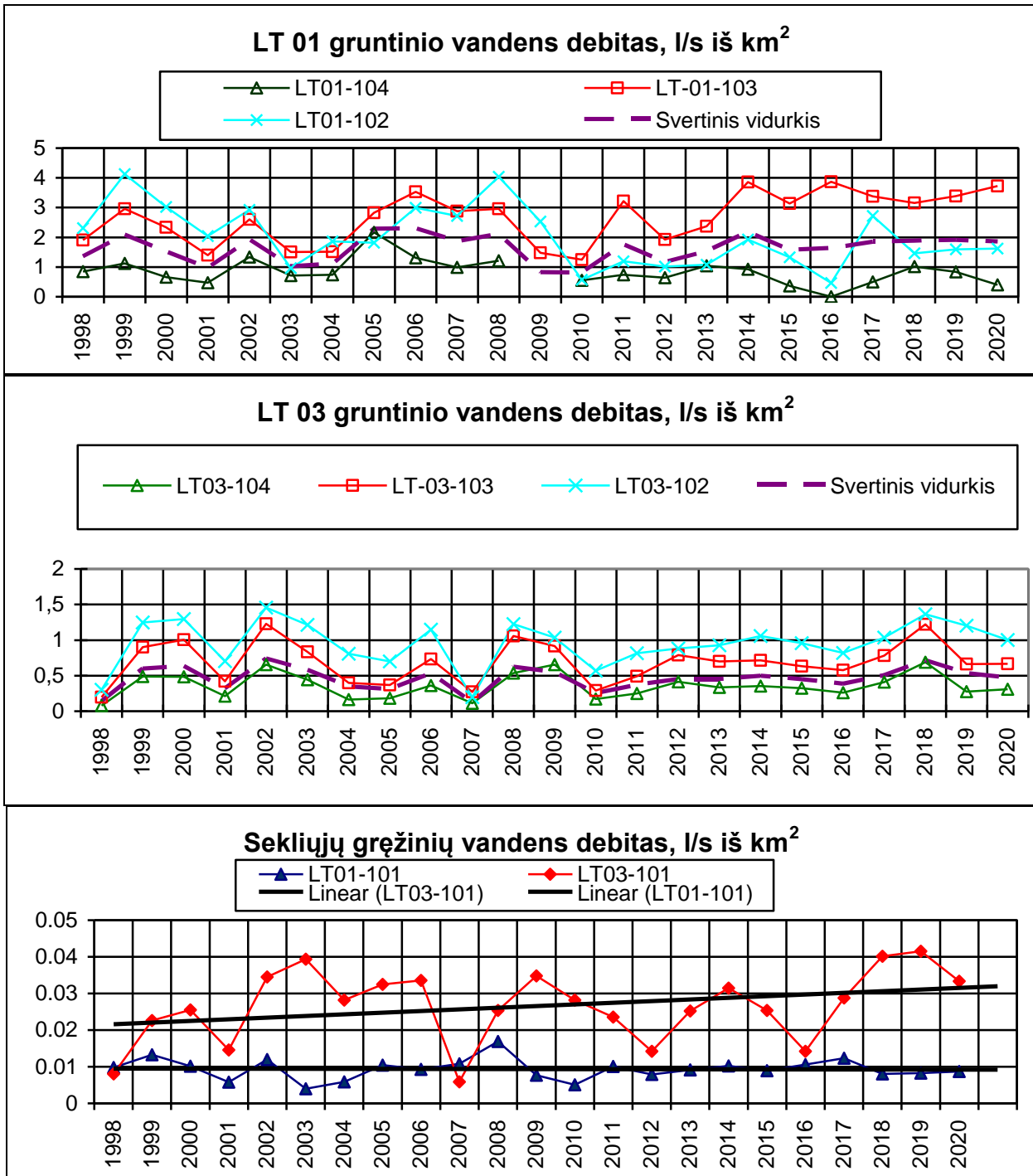
Paskutiniųjų 5 m. duomenys rodo, kad abiejose stotyse gruntinio vandens dinaminiai ištekliai 2015-2017 metais reikšmingai didėjo, o 2017 m. Aukštaitijos stotyje buvo didžiausi per stebėjimo laikotarpį. Nuo 2018 m. reikšmingai žemėti pradėjo gruntinio vandens lygis Aukštaitijos KMS visuose gręžiniuose išskyrus LT-01-101, kuriame vanduo laikosi pačiame sekliausiame lygmenyje. Žemaitijos KMS seklesniuose gręžiniuose tokios tendencijos nustatyti nepavyko. Tik giliausiame gręžinyje vandens lygio sumažėjimas buvo pradėtas registruoti nuo 2018 m. liepos mėn.

2020 m. pasižymėjo tolesniu vandens lygio žemėjimu visuose gręžiniuose Aukštaitijos KMS, o Žemaitijos KMS gruntinio vandens lygio pokyčiai buvo nereikšmingi, nors kritulių kiekis paskutiniaisiais metais viršijo 1000 mm ribą, dėl ko kitais metais būtų tikėtinas gruntinio vandens lygio augimas visuose gręžiniuose.

Vis dėl to, ne kritulių trūkumas lėmė gruntinio vandens lygio žemėjimą abiejų stočių gręžiniuose (stebėsenos laikotarpiu kritulių kiekis didėja), o kritulių ir oro temperatūros režimo pokyčiai. Didėjant liūtinių kritulių dažniui ir dažniau kartojantis šiluminėms bangoms, krituliai nebeapatinka į gruntinius vandenį, o nuteka tiesiai į paviršinius vandenį arba išgaruoja.

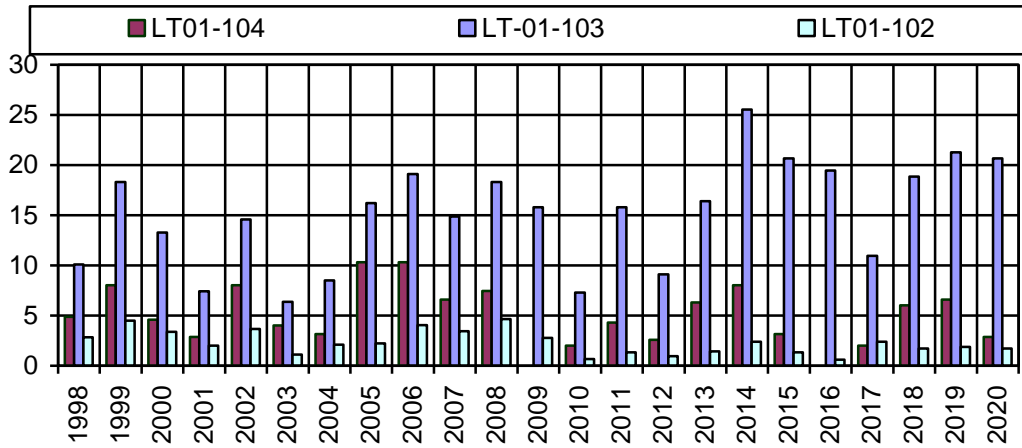
Gruntinio vandens debitas, apskaičiuotas pagal vandens dinaminių išteklių pokyčius 1-4 gręžinių sistemoje pastaruosius metus yra stabilus arba didėja, ypač ryškiai sekliausiame Žemaitijos KMS ir 103 abiejų stočių gręžiniuose. Gruntinio vandens debito mažėjimas būdingas Aukštaitijos KMS 102 gręžiniui ir abiejų stočių giliesiems gręžiniams, kuriuose vanduo kitais metais sausmečių nusenka iki dugno, o debitas artėja prie nulio (1.17 pav.).

Abiejose stotyse gruntinio vandens dinaminiai ištekliai 2013-2014 ir 2018-2019 metais buvo didžiausi per penkiametį ciklą, abiejų stočių 103 gręžinys buvo pasiekęs didžiausias reikšmes per stebėjimo laikotarpį, o 2020 metais gruntinio vandens dinaminiai ištekliai sumažėjo (1.18 pav.).

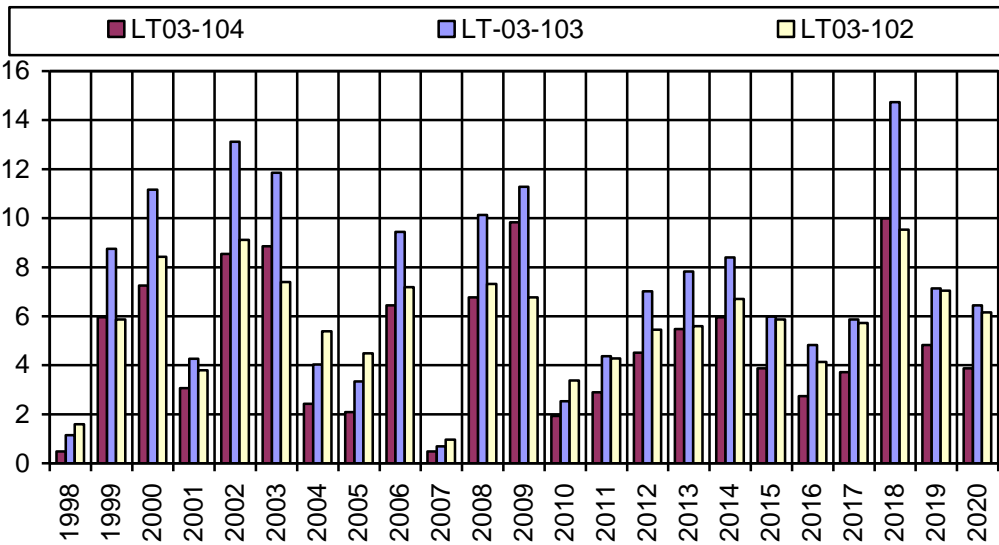


1.17 pav. Gruntinio vandens debitas.

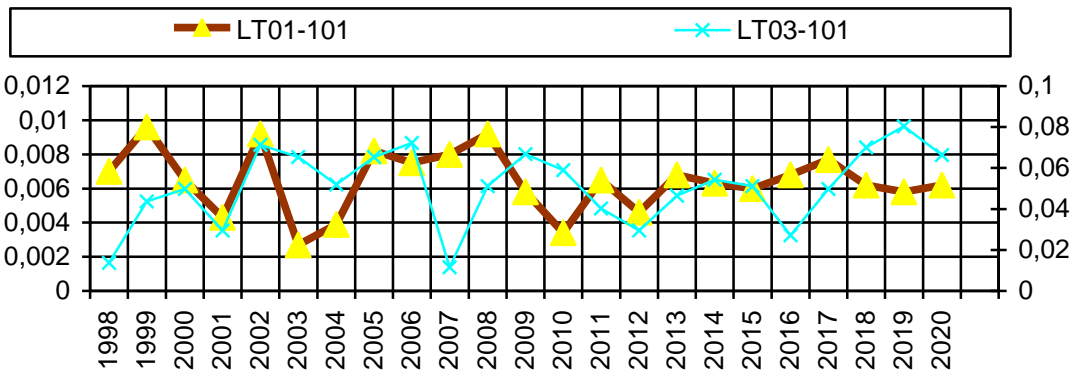
LT 01 dinaminiai ištekliai, mm



LT 03 dinaminiai ištekliai, mm



Dinaminiai ištekliai sekliuosiuose gręžiniuose (iki 200 cm gylio)

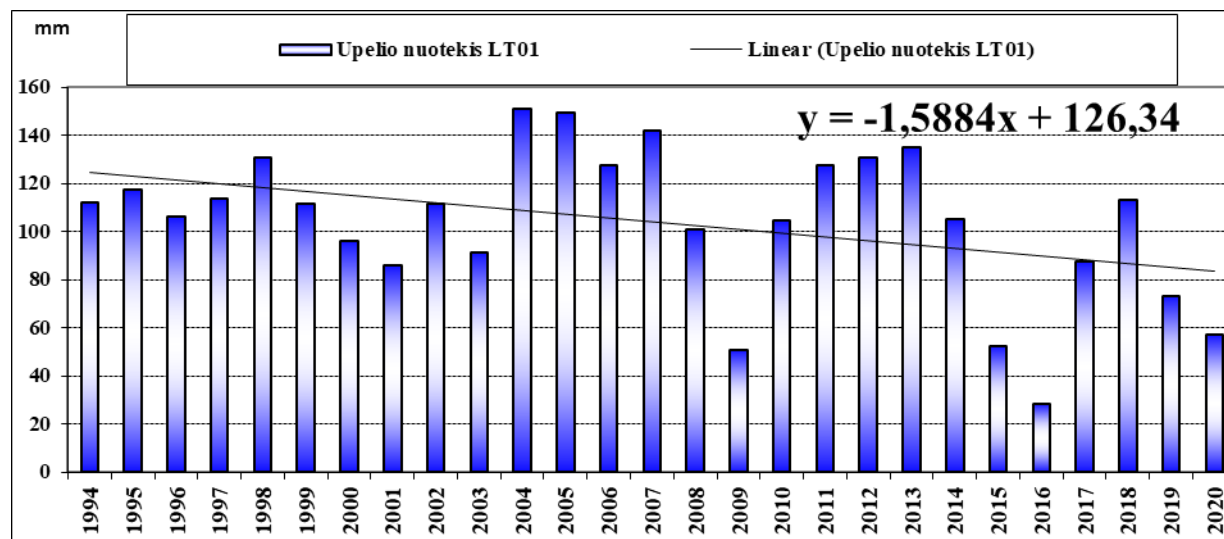


1.18 pav. Gruntinio vandens dinaminiai ištekliai.

Seklieji gręžiniai yra skirtinguose dirvožemiuose: Aukštaitijos KMS (LT01-101) – durpžemyje, todėl jo nuotekis tris kartus, o dinaminiai išteliai maždaug 10 kartų mažesni nei upelio salpoje išgręžto Žemaitijos KMS sekliojo gręžinio (LT03-101). Su tuo susijusios ir gruntinio vandens parametų kitimo tendencijos Aukštaitijos KMS sekliajame gręžinyje vandens debitas ir dinaminiai ištekliai yra stabilesni nei Žemaitijos KMS.

1.2.4 Paviršinis upelio vanduo

Paskutiniųjų 2015-2020 m. krituliai turėjo reikšmingos įtakos upelio nuotėkiui, bet ne einamaisiais, o po metų arba net dvejus ateinančius metus. Dėl šios priežasties mažiausias nuotėkis per visą tiriamąjį laikotarpį Aukštaitijos KMS baseine buvo nustatytas 2016 metais, t.y., praėjus metams nuo 2015 m. sausros, nesiekė net 30 mm. 2020 metais upelio nuotekis buvo dar mažesnis, negu 2019 metais, kai didžiausią įtaką padarė 2018 metų kritulių stygius. 2020 metais iškritę krituliai neviršijo stebėsenos laikotarpio vidurkio, pavasarį dirvožemio drėgmė 0-40 cm gylyje buvo didesnė, negu stebėsenos vidurkis, bet gruntinio vandens ištekliai buvo mažėjantys ir nebeužtikrino tokio upelio nuotekio, koks buvo prieš 5 ar 10 metų.



1.19 pav. Upelių nuotėkio modulis. 2007, 2009-2012 ir 2017 m. Žemaitijos stotyje (LT03) nuotėkis nebuvo išmatuotas.

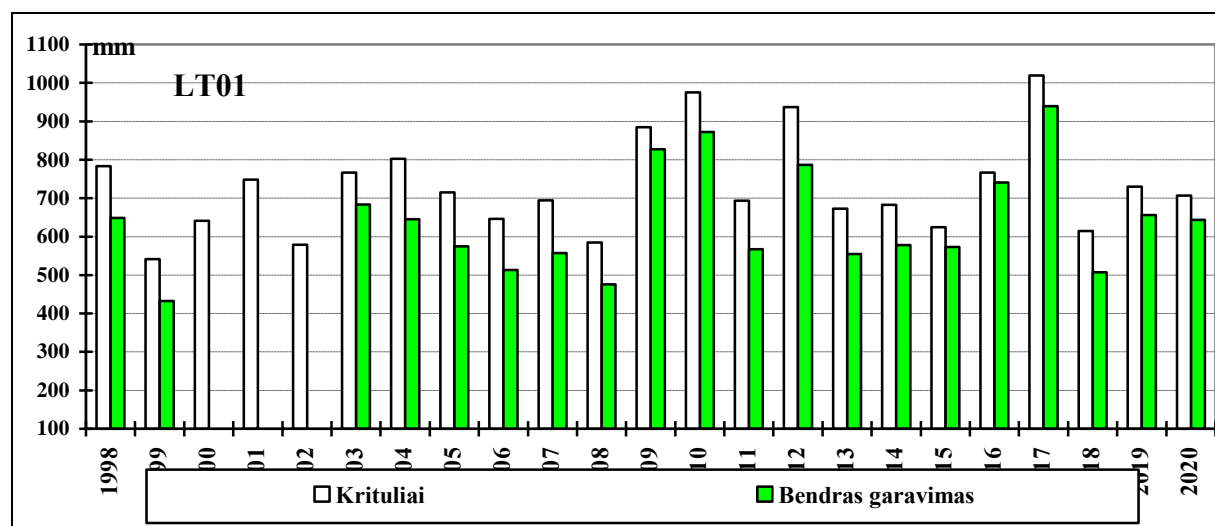
Apibendrinant tyrimo rezultatus *Aukštaitijos KMS* nustatyta, kad kritulių kiekiui didėjant šioje stotyje po beveik 5 mm per metus upelio nuotėkis mažėja po 1,6 mm per metus. **Toks iškreiptas vandens balanso ciklas rodo, kad šylant klimatui pradeda didėti vandens evapotranspiracija dėl ko mažėja vandens sunkimasis į gilesnius dirvožemio sluoksnius. Tai naujos išskirtinės, klimato**

kaitos sąlygotos, kurias būtų galima vertinti kaip naują grėsmę galinčių turėti esminę įtakos miško ekosistemų tvariai plėtrai.

Duomenų trūkumas Žemaitijos KM stotyje neleidžia šiandieną patvirtinti šį išaiškintą dėsningumą. Tikėtina, kad dėl švelnesnio klimato Žemaitijos KM stotyje šie dėsningumai silpnėsni.

1.2.5. Vandens balanso sudedamosios

Naudojant duomenis apie upelio nuotėkį, dirvožemio drėgmės pokyčius (0-40 cm gylyje) ir kritulius pagal elementarią vandens balanso lygtį (Ruseckas, 2008) apskaičiuotas bendras garavimas (1.20 pav.). Pagal šį skaičiavimą, bendro garavimo reikšmė stebėsenos laikotarpiu sudaro vidutiniškai Aukštaitijos KMS 84%, o Žemaitijos KMS 1998-2010 metais – 80%, skaičiuojant nuo viso kritulių kiekio. Kitais metais po labiausiai sausringųjų, 2008 ir 2015 metų, bendrasis garavimas Aukštaitijos KMS padidėdavo iki, atitinkamai 94% (2009 m.) ir 97% (2016 m.), o pastaraisiais, 2019 ir 2020 metais bendrasis garavimas jau dvejus metus sudaro daugiau nei 90%, nors 2018 metais kritulių kiekis buvo didesnis už mažiausius per stebėjimo laikotarpį.



1.20 pav. Vandens balanso sudedamųjų dinamika.

Neturėdami upelio nuotėkio duomenų, negalime apskaičiuoti bendro garavimo Žemaitijos KMS. Ateityje vandens balanso sudedamųjų skaičiavimas galėtų būti tikslinamas, o duomenų eilės nevientisumas pildomas naudojant įvairius modelius, gretimų meteorologinių postų duomenis bei skaičiuojant inertiškų medžiagų balansą. Priežastys lemiančios ilgai užtrunkantį vandens sistemos atsistatymą po sausrų yra kylanti oro temperatūra ir dirvožemio ir gruntinių vandenų fizinių savybių pokyčiai.

IŠVADOS

Paskutiniaisiais metais kritulių kiekio kaitoje nustatyti vieni reikšmingiausių pokyčių per visą tiriamąjį laikotarpį. 2015 m. susidarė tik 425 mm Aukštaitijos KMS ir 670 mm Žemaitijos KMS. 2017 m. galima būtų įvardinti kaip perteklinės drėgmės metais. Šiais metais kritulių kiekis abiejose LM stotyse viršijo 1000 mm. Tai rekordinis kritulių kiekis per paskutiniuosius 25 metus, ypač Aukštaitijos KMS. 2018 m. sausra vėl sumažino vandens kiekius ir Aukštaitijos ir Žemaitijos KMS baseinuose, bet ne taip reikšmingai kaip 2015 m. sausra. Tokia kritulių kiekio kaita turėjo esminės įtakos biogeocheminiams procesams ir vandens srautams ekosistemoje, kurie savo ruožtu sąlygojo tiriamų biotos komponentų būklę, rūšinę įvairovę, gausumą ir medžių produktyvumą.

Aukštaitijos KMS paskutiniaisiais 2019-2020 m. kritulių normą vėl viršijo daugiametį vidurkį, dėl ko ekosistemoje po bepasikartojančių sausrų vėl turėjo atsikurti vandens lygis. Tokia kritulių kiekio kaita turėjo esminės įtakos biogeocheminiams procesams ir vandens srautams ekosistemoje, kurie savo ruožtu reikšmingai sąlygojo tiriamų biotos komponentų būklę, rūšinę įvairovę, gausumą ir medžių produktyvumą.

Per tiriamąjį 1994-2020 m. laikotarpį kritulių mažėjo rudenį (rugsėjo-lapkričio mėn.) -0,20 mm per metus ir pavasarį (kovo - gegužės mėn.) -0,18 mm per metus, nereikšmingai didėjo žiemą (gruodžio-vasario mėn.) +0,02 mm per metus ir ypač reikšmingai vasarą (birželio-rugpjūčio mėn.), net po +1,33 mm per metus.

Tokiu būdu šioje stotyje kritulių intensyvumas palaipsniui mažėja, lyginant su 1994-2015 m. laikotarpiu ir tai gali informuoti apie naujai kylančią grėsmę miško ekosistemos, beprasidedantį drėgmės trūkumą, kuris gali sukelti esminius ne tik geocheminius procesus miško ekosistemoje, bet ir biotos gausumo, būklės ir atsparumo nepalankiems veiksniams pokyčius.

2020 m. Žemaitijos KMS kritulių kiekis viršijo daugiametę normą ir viršijo 1000 mm lygį. Atskirais sezonais kritulių kiekis Žemaitijos KM stotyse kito analogiškai Aukštaitijos KMS, skyrėsi tik kaitos intensyvumas. Jei kritulių kiekis Aukštaitijos KMS rodė intensyvumo mažėjimą, tai Žemaitijos stotyje, priešingai – kritulių kiekio intensyvumas pradėjo didėti. Pagrindinė priežastis gausūs krituliai 2017 ir 2020 m.

Žemaitijos KM stotyje 1994-2020 m. laikotarpį kritulių mažėjo tik pavasarį (kovo - gegužės mėn.) -2,44 mm per metus. Kitais metų sezonais kritulių kiekis didėjo: rudenį (rugsėjo-lapkričio mėn.) +2,64 mm per metus, žiemą (gruodžio-vasario mėn.) +0,86 mm per metus ir skirtingai negu Aukštaitijos KMS, mažiausiai reikšmingai vasarą (birželio-rugpjūčio mėn.), tik po +0,39 mm per metus.

Aukštaitijos KMS reikšmingai didėja kritulių intensyvumą liepos mėn., kai jis pradėjos siekti net po 2 mm per metus. Nauja grėsme Žemaitijos KMS galėtų tapti sausi gegužės ir birželio mėnesiai.

2015-2018 m. gruntinio vandens lygį iš esmės sąlygojo kritulių kiekis, kuris kito nuo žemiausių iki didžiausių reikšmių Aukštaitijos KMS baseine. Būtent gausūs kritulių kiekiai 2017 m. ir sausra 2018 m. sąlygojo gruntinio vandens lygio atitinkamus pokyčius visuose grėžiniuose, t.y. 2017 m. vandens lygis grėžiniuose kilo, o jau kitais metais reikšmingai mažėjo.

2019 m. sausra sąlygojo tolesnį gruntinio vandens lygio žemėjimo procesą abiejų stočių gilesniuose ir ypač giliausiame grėžinyje.

2020 m. pasižymėjo tolesniu vandens lygio žemėjimu visuose grėžiniuose Aukštaitijos KMS, o Žemaitijos KMS gruntinio vandens lygio pokyčiai buvo nereikšmingi, nors kritulių kiekis paskutiniaisiais metais viršijo 1000 mm ribą, dėl ko kitais metais būtų tikėtinas gruntinio vandens lygio augimas visuose grėžiniuose.

Paskutiniųjų 2015-2018 m. krituliai turėjo reikšmingos įtakos upelio nuotėkiui, bet ne einamaisiais, o tik kitais ateinančiais metais. Dėl šios priežasties mažiausias nuotėkis per visą tiriamąjį laikotarpį Aukštaitijos KMS baseine buvo nustatytas 2016 m. po 2015 m. sausros, kuris nesiekė net 30 mm. Gausūs krituliai 2017 m. atkūrė upelio nuotėkį iki 80 mm lygmens, tačiau jo reikšmingas padidėjimas ir siekis daugiametės normos (apie 120 mm) buvo tikėtinas tik kitais 2018 m., kas ir buvo registruojama, nepaisant 2018 m. sausros registruojamos viduryje vegetacijos laikotarpio.

Vandens balanso sutrikdymas, kai didėjant kritulių kiekiui mažėja upelio nuotėkis, galėtų būti vertinamas kaip naujai registruojama grėsmė ekosistemoms (ne tik miško, bet ir agro bei vandens), kurią sąlygoja pastarojo laikotarpio intensyviai kylanti oro temperatūra.

1.3. Saulės bendrosios, fotosintetiškai aktyvios ir ultravioletinės spinduliuotė, jų kaita ir sąsajos su klimato pokyčiais

Saulės energija išspinduliuojama į kosminę erdvę ir tam tikra labai maža jos dalis pasiekia Žemę. Apie 95 % Žemę pasiekusios spindulinės energijos atkeliauja į mūsų planetą trumposiomis bangomis, kurių ilgis 0,3 - 3,0 μm . Žemės atmosfera apie 35 % šios energijos atspindi į kosmosą kita dalis sunaudojama Žemės paviršiui šildyti, išgarinimo - kondensacijos ciklui, oro ir vandenynų srovių ir bangų bei vėjo susidarymui [1]. Todėl saulės spinduliuotės tyrimai klimato kaitos kontekste turėtų užimti vieną iš pirmųjų vietų.

Tiesioginė spinduliuotė patenka tiesiog nuo Saulės disko. Tačiau dalis tiesioginių Saulės spindulių yra išsklaidomi debesų bei atmosferos dulkių. Šie spinduliai krenta į Žemės paviršių įvairiais kampais ir vadinami sklaidžiąja spinduliuote. Dalis Saulės spindulių, patekusių ant Žemės ar kitų paviršių, yra atspindimi. Ši dalis vadinama atspindėtąja. Tiesioginės ir sklaidžiosios spinduliuočių suma vadinama pilnutine ar bendra saulės spinduliuotė, kurios intensyvumas Aukštaitijos KM stotyje stebimas nuo 19999 m. [2, 3].

Saulės spinduliuotės energetines savybes nusako Saulės energinė apšvieta G ir Saulės spindulinė energija H . Saulės energinė apšvieta nurodo spinduliuotės galią, tenkančią vienam kv. metrui paviršiaus ploto. Apšvietos dimensija yra W/m^2 . Saulės spindulinė energija yra spindulinės energijos kiekis, tenkantis vienam kv. metrui paviršiaus per tam tikrą laikotarpį (valandą, dieną, mėnesį, metus). Šios energijos dimensija yra J/m^2 arba kWh/m^2 .

Saulės spinduliuotės (aktinometriniai) stebėjimai Lietuvos meteorologijos stotyse vykdomi pagal specialią programą: didžioji dalis matavimų atliekama kas valandą. Jie atliekami tik labai nedaugelyje stočių, dirbančių pagal pilną programą.

Apšvieta kinta pagal sinusoidės dėsnį ir maksimumą pasiekia vidurdienį. Rudenį ir žiemą vyrauja sklaidžioji spinduliuotė, o tiesioginė sudaro mažiau 35 % visuminės spinduliuotės. Vasarą (nuo gegužės iki rugsėjo) tiesioginės spinduliuotės dalis sudaro apie 50 % visuminės. Esant giedram dangui, sklaidžiosios spinduliuotės dalis yra nedidelė: vasarą – 13 – 15 %, žiemą 30 – 42 %. Retais atvejais, kai kuriomis vasaros dienomis, esant skaidriai atmosferai, visuminė apšvieta gali siekti 0,98 - 1,12 kW/m^2 [3].

Dar viena Saulės spinduliuotės energetinė charakteristika yra Saulės spindėjimo trukmė, t. y. laikotarpis, kai Saulės apšvieta viršija 0,21 kW/m^2 . Saulės spindėjimo trukmė Lietuvos pajūryje siekia 1900 h, o rytinėje dalyje – apie 1700 h.

Saulės švietimo laikas Lietuvoje ilgiausias pajūryje ir trumpėja rytinės sienos link, kadangi visoje šalies teritorijoje debesuotumo tikimybė didėja rytų kryptimi. Vidutiniškai saulėtų valandų skaičius

pajūryje siekia 1 840–1 900 val. kasmet. Šalies rytiniame pakraštyje jis neviršija 1 700 val./m. Maksimali saulės švietimo trukmė yra Nidoje ir siekia 1908 val./metus [3].

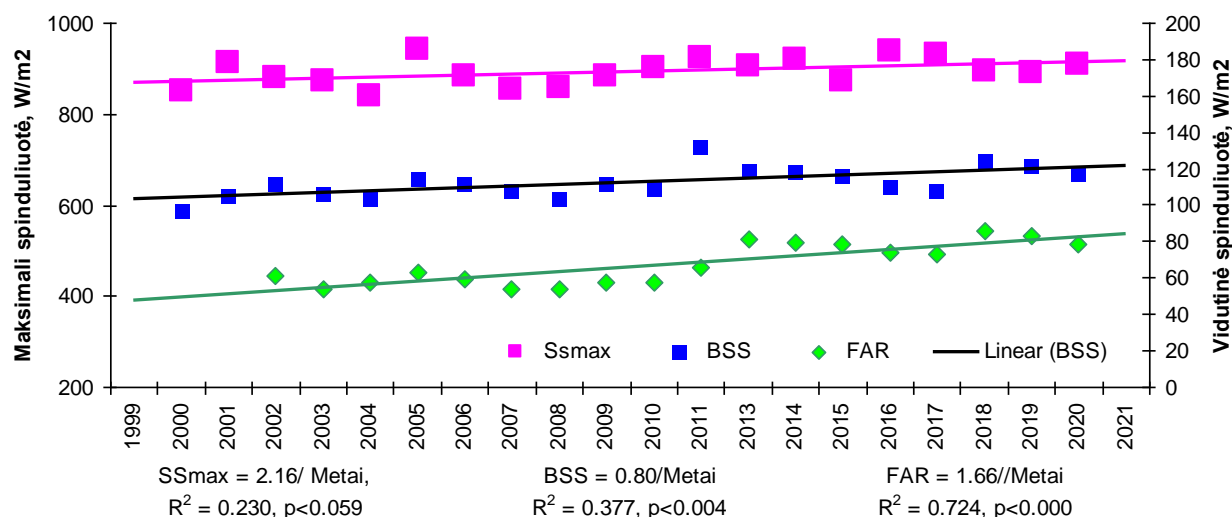
Daugiamečių stebėjimų duomenimis, vidutinis metinis suminės saulės radiacijos kiekis, krintantis į horizontalų paviršių yra 970 kWh/m² Šilutėje ir 1025 kWh/m² Kaune. Paros suminės radiacijos kiekiai į horizontalų paviršių labai skiriasi per metus ir kinta nuo 0,55 kWh/m²d. sausį iki 5,8 kWh/m²d. birželio mėnesį [3]. Remiantis gautais rezultatais HM stotyse buvo atlikta ir Aukštaitijos KMS gautų spinduliuotės rezultatų analizė.

Literatūra:

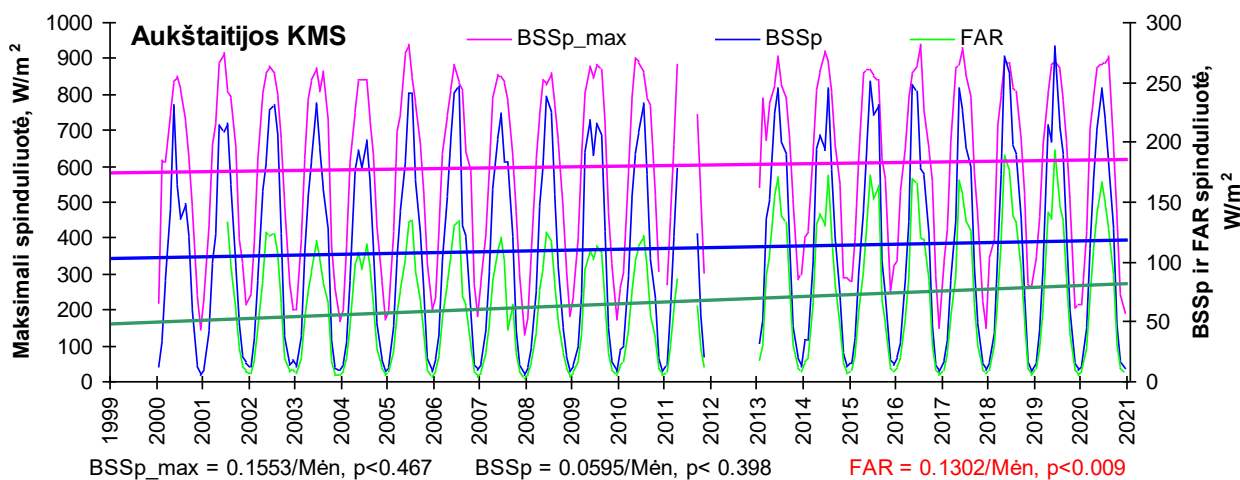
1. Adomavičius, V.; Balčiūnas, P. *Atsinaujinančiosios ir alternatyviosios energijos šaltiniai*. Kaunas, 2003. ISBN 9955-09-472-9.
2. Genutis, A., et al. *Atsinaujinantys energijos šaltiniai*. Akademija, 2008. ISBN 978-9955-865-09-4.
3. Genutis, A., et al. *Atsinaujinančiosios ir alternatyviosios energijos naudojimas šilumos gamybai*. Kaunas: Technologija, 2003. ISBN 9955-09-470-2.

1.3.1. Saulės bendrosios ir fotosintetiškai aktyvios spinduliuotės kaita Aukštaitijos KMS

Saulės bendrosios ir fotosintetiškai aktyvios spinduliuotės kaita Aukštaitijos KMS pradėta registruoti 1999 m. Tai pagrindinis parametras tiesiogiai sąlygojantys visus ekofiziologinius parametrus miško ekosistemose ir lemiantis pirmiausiai klimato šilimo procesą.



1.21 pav. Fotosintetiškai aktyvios spinduliuotės ir bendrosios saulės spinduliuotės vidutinių metinių ir jos maksimalių reikšmių kaita Aukštaitijos KMS 1999-2020 m. laikotarpiu.



1.22 pav. Fotosintetiškai aktyvios spinduliuotės ir bendrosios saulės spinduliuotės vidutinių mėnesinių ir jos maksimalių reikšmių kaita Aukštaitijos KMS 1999-2020 m. laikotarpiu.

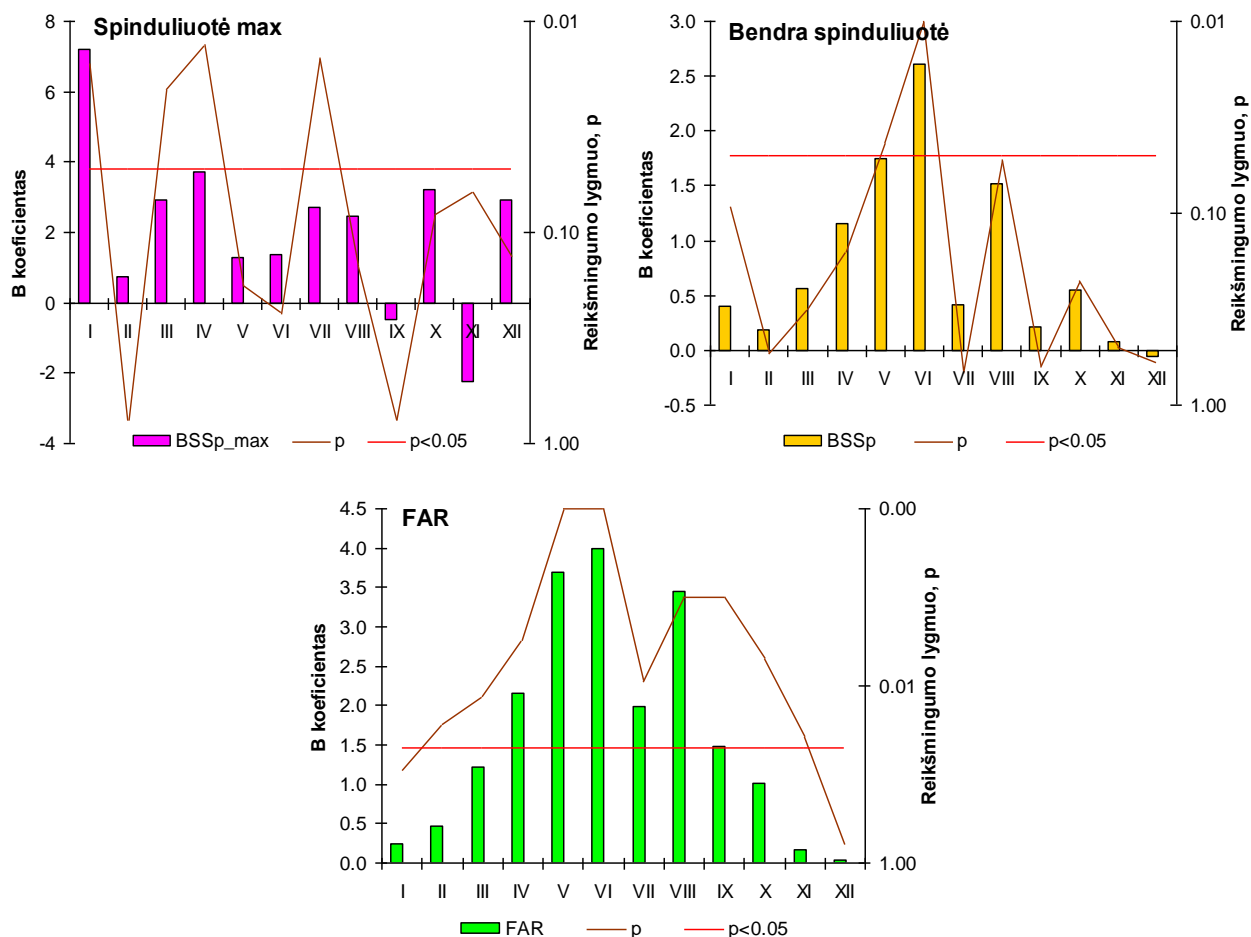
Gauti rezultatai rodo kad *intensyviausiai ir reikšmingiausiai didėja FAR spinduliuotė, kuri per 22 m. laikotarpį didėja vidutiniškai 1,66 w/m² per metus. Bendrosios saulės spinduliuotės kaita yra kiek mažesnė ir siekia 0,8 w/m² per metus. Maksimalių reikšmių kaitoje stebimas iki 2,2 w/m² spinduliuotės aktyvėjimas per metus.*

Analizuojant vidutines mėnesines reikšmių kaitos, nustatyta, kad bendroji saulės spinduliuotė reikšmingiausiai didėja gegužės, birželio ir rugpjūčio mėnesiais beveik siekdama 2W/m² per metus reikšmę.

Šios spinduliuotės maksimalių reikšmių sekoje išsiskiria sausio, kovo-balandžio ir liepos mėnesiai, kada maksimalios reikšmės didėja vidutiniškai po virš 3 W/m² per metus.

Kaip minėta intensyviausiai didėja FAR spinduliuotė, kuri yra ypač svarbi augalams. Per 22 m laikotarpį FAR spinduliuotė intensyviausiai didėja šiltuoju laikotarpiu, t.y. nuo kovo iki net lapkričio mėnesio, savo maksimalias didėjimo reikšmes pasiekdama gegužės-birželio ir rugpjūčio mėnesiais – virš 3,5 W/m² per metus, kai tiesioginė spinduliuotė būna intensyviausia.

Tai vienas iš aplinkos rodiklių, kuris gali turėti reikšmingos įtakos gerėjančiai miškų būklei ir produktyvumui, o taip pat ir kitų miško ekosistemų biotos komponentų įvairovei ir gausai.



1.23 pav. Fotosintetiškai aktyvios spinduliuotės ir bendrosios saulės spinduliuotės vidutinių mėnesinių ir jos maksimalių reikšmių kaitos intensyvumas ir reikšmingumas Aukštaitijos KMS 1999-2020 m. laikotarpiu.

1.3.2. Ultravioletinės spinduliuotė kaita Aukštaitijos KMS

Energijos masė, judanti nuo Saulės link mūsų šviesos greičiu, turi bendrą pavadinimą elektromagnetinė spinduliuotė arba šviesa. Nešamą energijos kiekį lemia bangos ilgis (dažnis) – kuo mažesnis bangos ilgis, tuo didesnė energija. Žmogaus akis jautri tik tam tikrai šio srauto daliai (400–700 nm), vadinamai matomąja šviesa (1 nm = 10⁻⁹ m). Spektro dalis, pagal bangos ilgį esanti už mėlynosios dalies, vadinama ultravioletine (UV). Ji paprastai dalijama į:

UVA, bangos ilgis 315–400 nm;

UVB, bangos ilgis 280–315 nm;

UVC, bangos ilgis 100–280 nm.

Iš jų pavojingiausia dalis, pasiekianti Žemės paviršių, yra UVB. Ji turi poveikio žmogaus sveikatai, t. y. gali būti tam tikrų vėžio rūšių priežastis, veikia augalų ir gyvūnų DNR.

Potencialiai pavojingiausia yra UVC energija, bet ji beveik nepasiekia Žemės paviršiaus. UVB irgi yra labai stipriai sugerama atmosferoje, o Žemę pasiekia tik maža jos dalis. UVA ozonas absorbuoja silpniau, išsklaido arti Žemės paviršiaus. Iš bendro UV kiekio, pasiekiančio Žemės paviršių, apie 94% yra UVA ir 6% UVB. <http://www.meteo.lt/ivairenybes/ultravioletine-saules-spinduliuote>

UV A ir UV B Aukštaitijos KMS yra su trikdžiais matuojamas nuo 1999 m., tačiau dėl nepaaiškinamai reikšmingai besiskiriančių reikšmių, jų daugiametę kaitos analizę vykdyti netikslinga. Naudotini tik atskirų metų valandiniai UV A ir UV B spinduliuotės rezultatai.

1.3.3. Meteorologinių veiksnių ir saulės spinduliuotės tarpusavio sąveikos

Nustatyta, kad Žemę pasiekusi Saulės spindulinė energija mūsų planetoje, esant giedram orui, pasiskirsto taip:

- sugerama Žemės paviršiuje – 80 %;
- sugerama atmosferos dulkėse – 12 %;
- atspindi nuo atmosferos dulkių – 6 %;
- atspindi nuo Žemės paviršiaus – 2 %.

Esant debesuotam orui, Žemę pasiekusi Saulės spindulinė energija pasiskirsto kiek kitaip:

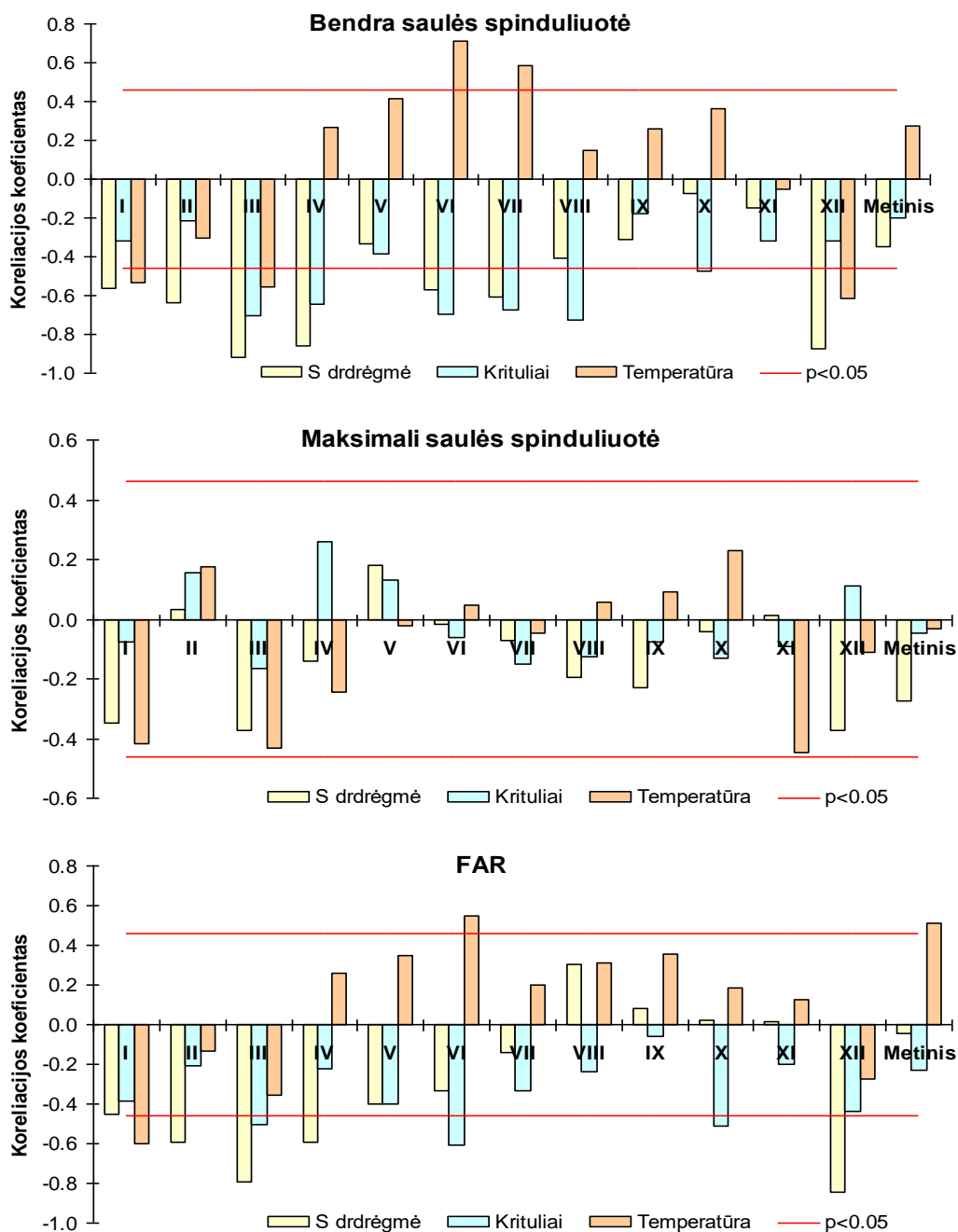
- sugerama Žemės paviršiuje - 10 – 50 %;
- atspindi nuo debesų - 30 – 60 %;
- sugerama debesyse - 10 – 20 %.

Todėl tiriant tarpusavio sąveikas su meteorologiniais veiksniais saulės spinduliuotė buvo nagrinėjama ir kaip priklausomas (nuo debesuotumo ir kritulių) ir kaip sąlygojantis (oro temperatūra) veiksnys.

Labai didelę įtaką turi debesuotumas: priklausomai nuo debesų tamsumo, vasarą per apsiniukusią dieną iš Saulės tas pat ploto vienetas toje pačioje Saulės energinės erdvės plokštumoje gauna apie 10-20 kartų mažiau energijos, negu visiškai giedrią dieną. Dėl nakties laikotarpio paros cikle ir dėl to, kad gali pasitaikyti kelios apsiniukusios dienos iš eilės, šilumos ir spinduliuotės santykis gali iš esmės pasikeisti.

Tyrimų rezultatai parodė, kad reikšmingiausi koreliaciniai ryšiai egzistuoja tarp meteorologinių veiksnių ir bendrosios (visuminės) Saulės spinduliuotės, kurie reikšmingai skiriasi šaltuoju (ramybės) ir šiltuoju (vegetacijos) laikotarpiais. Didžiausią įtaką tokiai priklausomybei turi saulės spindulių kritimo kampas į Žemės paviršių.

Šiltuoju laikotarpiu, kai vyrauja tiesioginė spinduliuotė, didesnis jos intensyvumas tiesiogiai sąlygoja oro temperatūrą, dėl ko ji šiais mėnesiais didėja ir ypač birželio-liepos mėnesiais. Likusiais šiltojo sezono mėnesiais tiesioginis ryšys išlieka, tik jis tampa mažiau reikšmingas. Šaltuoju laikotarpiu, kai vyrauja išsklaidyta spinduliuotė, didesnis jos intensyvumas – priešingai mažina oro temperatūrą, dėl ko žiemą giedromis dienomis registruojami didesni šalčiai.



1.24 pav. Fotosintetiškai aktyvios spinduliuotės ir bendrosios saulės spinduliuotės vidutinių mėnesinių ir jos maksimalių reikšmių tarpusavio sąveika su meteorologiniais parametrais ir jos reikšmingumas Aukštaitijos KMS 1999-2020 m. laikotarpiu.

Santykinė drėgmė ir krituliai, skirtingai negu oro temperatūra, kurią sąlygoja spinduliuotės intensyvumas, patys turi reikšmingos įtakos Saulės spinduliuotei pasiekiančiai Žemės paviršių. Dėl šios priežasties visais mėnesiais egzistuoja atvirkštinė priklausomybė tarp šių nagrinėjamų parametru. Paminėtina tai, kad kuo žemesnė drėgmė tuo Saulės spinduliuotės intensyvumas didesnis, tuo Žemės paviršiui mažiau tenka ir kritulių kiekio. Tokia pakankamai sudėtinga meteorologinių ir Saulės spinduliuotės intensyvumo sąveika turi reikšmingos įtakos visiems bio-, geo- ekosistemos komponentų pokyčiams ir procesams.

FAR spinduliuotės ir meteorologinių veiksnių sąveikos pagrindiniai ypatumai iš esmės nesiskiria nuo bendrosios spinduliuotės ir meteo veiksnių sąveikos ypatumų, tik šie ryšiai mažiau reikšmingi.

Nenustatyti reikšmingi ir tendencingi ryšiai tarp maksimalios spinduliuotės ir meteo veiksnių.

Išvados

Saulės spinduliuotė paskutiniuoju 21 m. laikotarpiu didėja. Intensyviausiai ir reikšmingiausiai didėja FAR spinduliuotė, kuri per 22 m. laikotarpį didėja vidutiniškai $1,66 \text{ w/m}^2$ per metus. Bendrosios saulės spinduliuotės kaita yra kiek mažesnė ir siekia $0,38 \text{ w/ m}^2$ per metus. Spinduliuotės maksimalių reikšmių kaitoje stebimas iki $2,2 \text{ w/ m}^2$ spinduliuotės aktyvumo augimas per metus.

Bendroji saulės spinduliuotė reikšmingiausiai didėja gegužės, birželio ir rugpjūčio mėnesiais beveik siekdama 2 W/ m^2 per metus reikšmę.

Maksimalių reikšmių sekoje išsiskiria sausio, kovo-balandžio ir liepos mėnesiai, kada maksimalios reikšmės didėja vidutiniškai po virš 3 W/ m^2 per metus.

Saulės spinduliuotės reikšmingas didėjimas vasaros laikotarpiu turėjo reikšmingos įtakos šių mėnesių temperatūros kilimui tirtuose KM stotyse.

Per paskutinįjį 21 m. laikotarpį reikšmingai šiltuoju laikotarpiu didėja fotosintetiškai aktyvi saulės spinduliuotė ir ypač gegužės-birželio ir rugpjūčio mėnesiais – virš $3,5 \text{ w/m}^2$ per metus.

Didesnė santykinė drėgmė ir gausūs krituliai turi reikšmingos įtakos Saulės spinduliuotės pasiekiančios Žemės paviršių intensyvumo slopinimui.

Saulės spinduliuotės intensyvumo didėjimas gali turėti reikšmingos įtakos gerėjančiai miškų būklei ir produktyvumui, o taip pat ir kitų miško ekosistemų biotos komponentų įvairovei ir gausai.

1.4 Pažemio ozono koncentracijų tyrimai

Ozonas yra stiprus fotocheminis oksidantas, kuris gali sukelti rimtus žmogaus sveikatos sutrikimus ir pažeisti žemės ūkio kultūras bei įvairias medžiagas. Tokios ozono koncentracijos yra stebimos visoje Europoje. Troposferoje yra tik apie 10 % viso atmosferos ozono kiekio, tačiau jis vaidina didžiulį vaidmenį ne tik augmenijos, bet ir gyvūnijų bei žmonių gyvenime. Neigiamus efektus ozonas sukelia dėl savo ypatingo cheminio aktyvumo. Šiandien ozono koncentracija oro masėse virš jūros, kurios pasiekia Europą iš vakarų, yra 60-70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Fotocheminiai vyksmai virš vakarų ir centrinės Europos padidina šį lygį 30-40% vasarą ir sumažina apie 10% žiemos metu. Europoje labai didelės - virš 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - ozono koncentracijos pastebimos fotocheminių epizodų metu. Per paskutiniuosius 20 praėjusio šimtmečio metus ozono koncentracija didėjo Šiaurės pusrutulio vidutinių platumų troposferoje 1-3 % per metus. Tačiau po 2000 metų situacija daugelyje Europos šalių pasikeitė, vidutinė metinė ozono koncentracija nustojo didėjusi arba net pradėjo mažėti [1]. Pastebimai sumažėjo didžiausios ozono koncentracijos dydis, tačiau padidėjo mažesnių koncentracijų lygis, t.y., sumažėjo ozono sezoninė amplitudė. Tai yra siejama su pagrindinių ozono pirmtakų emisijos sumažėjimu daugelyje Vakarų Europos šalių (Girgždienė, 20019).

Pasaulinėje literatūroje vis dažniau tarp ekosistemų būklę sąlygojančių veiksnių minimas neigiamas priežemio ozono poveikis. Ozonas yra vienas stipriausių oksidatorių, neigiamai veikiantis visą gyvąją aplinką. Šio teršalo koncentracija ore, skirtingai nei vieno pagrindinio pramoninių emisijų komponento SO_2 , rodo tendenciją didėti (Stahelin et al., 1994; Dollar et al., 1995, Solberg et al, 2004). Jei dar praėjusio amžiaus pabaigoje pagrindinės teritorijos, kuriose buvo stebimi medžių pažeidimai dėl padidėjusių priežemio ozono koncentracijų, buvo Pietų Europoje, tai pastaruoju metu vis dažniau minima Centrinė ar net Šiaurės Europa (Skärby ir kt., 1998, 2004; Karlsson ir kt., 2006; Ultrainen ir Holopainen, 2000). Dėl šios priežasties daugelio autorių nuomone, dabar didžiausias dėmesys turi būt skiriamas 3 pagrindinėms atmosferos komponentams, kurios atskirai ar junginiuose gali turėti esminę įtaką ilgalaikiam miškų ekosistemų stabilumui. Tai ozono ir CO_2 koncentracijos ore bei azoto iš atmosferos iškritos (Matyssek and Innes, 1999). Šių komponentų poveikis yra susijęs su medžiagų persiskirstymu medžiuose bei jų sąlygojamais ekologiškai svarbiais medžių bendro gyvybingumo pokyčiais. Visų pirma tai įtaka medžių konkurentingumui bei atsparumui skirtingiems stresams. Todėl reikšmingas ozono poveikis gali būt slepiamas jį lydinčių veiksnių poveikio. Tokiais veiksniais gali tapti ir natūralūs veiksniai, tokie kaip vabzdžių pažeidimai (Grodzki et al., 2002), ir antropogeniniai veiksniai, iš kurių išsiskiria aplinkos užterštumas sieros dioksidu. Būtent padidėjusios ozono ir sieros dioksido koncentracijos, sinergetiškai veikdamos gali smarkiai pažeisti lapiją (Percy, 2002).

Šiuo metu yra žinoma, kad ozonas gali turėti įtakos medžių defoliacijai bei mažinti medžių prieaugį (Manning, 2004). Tačiau nustatyti greitesni miškų augimo tempai (Spieker et al., 1999) iš dalies prieštarauja dabartinei ozono koncentracijos augimo tendencijai. Probleminis lieka ir ozono bei lajų defoliacijos ryšys (Brantley et al., 1994; Skelly et al., 1987). Pagrindinė priežastis – didelis medžių lajų defoliacijos laipsnio nustatymo subjektyvumas bei šio rodiklio nespecifinės reakcijos į kitus aplinkos veiksnius, kas apsunkina šių duomenų interpretaciją (Innes, 1990, 1993; Ferretti, 1998). Vidutinei medžių lajų defoliacijai daugelį metų reikšmingai kintant, ryšys su ozono koncentracijų kaita išlieka silpnas arba jis apskritai nenustatomas (Innes et al. 1997; Klap et al., 1997, 2000). Iki šiol reikšmingas ozono poveikis augalijos gyvybingumui buvo nustatytas tik teritorijose, pasižyminčiose išskirtinėmis sąlygomis (Skelly et al., 1998b) bei kontroliuojamoje aplinkoje. Tačiau tokiomis sąlygomis atskleisti ozono poveikio augalijai dėsningumai, negali būti perkelti į natūralias sąlygas (Manning, 2004). Ozono poveikis natūraliomis sąlygomis yra susijęs ir su kitų natūralių ir antropogeninių stresorių poveikiu. Todėl ozono tiesioginis poveikis plataus masto miškų būklės pablogėjimui praėjusio amžiaus paskutiniajame dešimtmetyje iki šiol nenustatytas (Skelly and Innes, 1994; Kandler and Innes, 1995). Nepaisydami šių prieštaravimų, daugelis mokslininkų linkę teigti, kad būtent ozonas turi reikšmingiausią įtaką miškų būklei globaliu mastu (Reich, 1987; Steiguer, 1990; Sandermann, 1996).

Ozono koncentracijos atmosferos pažemio sluoksnyje monitoringas leidžia nustatyti ozono lygio pokyčius per ilgą laikotarpį, ozono kitimo tendenciją bei šaltinius, nustatyti kritinius jo lygius bei įvertinti galimą poveikį ekosistemos.

Pagrindinis darbo tikslas – atmosferos pažemio sluoksnyje ozono koncentracijos matavimo pagal EMEP programą ir ES direktyvų 96/62/EB ir 2002/3/EB reikalavimus duomenų, gautų Preilos foninio monitoringo stotyse, įvertinimas, jų apdorojimas ir analizė, didžiausių ozono koncentracijų atsikartojimo dažnio, šaltinio ir galimo ozono poveikio Lietuvos ekosistemoms įvertinimas. Indikatorių AOT40 ir AOT60 verčių apskaičiavimas ir įvertinimas.

Įsigaliojančioje naujoje Europos Parlamento ir Tarybos direktyvoje 2008/50/EB dėl aplinkos oro kokybės ir švaresnio oro Europoje esminių pakitimų ozono klausimais nėra, išlieka tie patys reikalavimai [7].

Metodika:

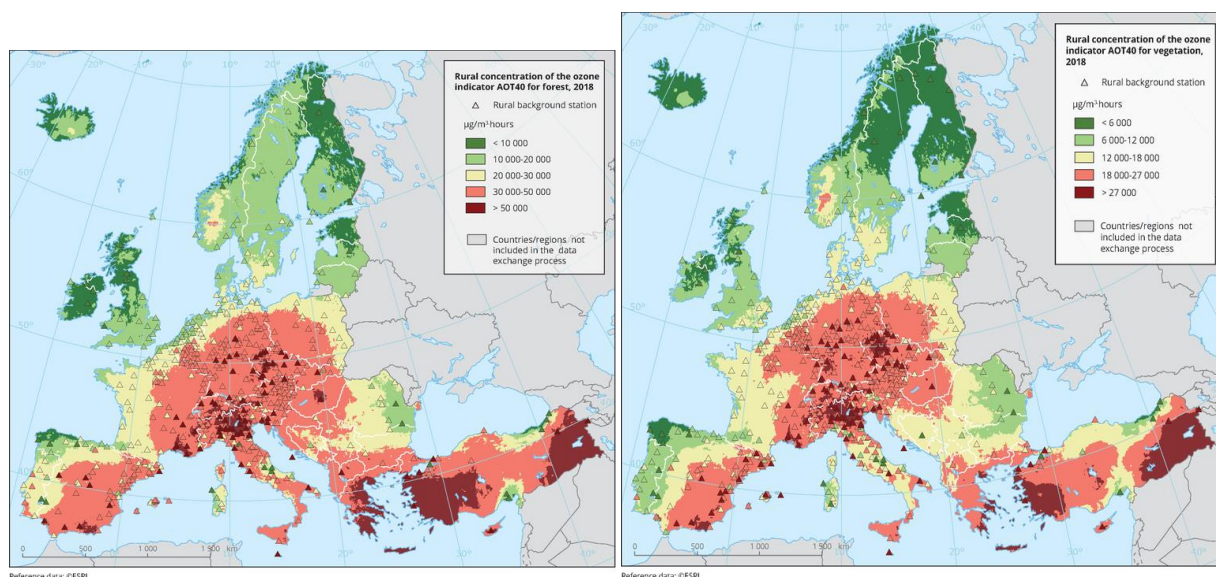
Ozono koncentracija atmosferos pažemio sluoksnyje Lietuvoje pagal EMEP (Oro taršos tolimųjų pernašų Europoje monitoringo ir įvertinimo kooperatyvinė programa) reikalavimus matuojama nenutrūkstamai Aukštaitijos, Žemaitijos ir buvusioje Dzūkijos KM stotyse. Matavimams naudojami komerciniai UV absorbcijos ozono analizatoriai.

Remiantis 2001/81/EB Direktyva bei LR Aplinkos ministro įsakymu Nr. 468, yra nustatytas pažemio ozono kritinis lygis žmonių sveikatai. Šis lygis nusakomas indikatoriumi AOT 60, kurio vertė yra didesnių nei $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (= 60 ppb) ir $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pažemio ozono 1 valandos koncentracijų, matuotų metus skirtumų suma.

Augalams ir miškams vis dar naudojamas AOT 40 (išreikštas $(\mu\text{g}/\text{m}^3) \times \text{valandų}$) yra skirtumo tarp valandinių koncentracijų, didesnių už $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (= 40 dalių vienam milijardui) ir $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ suma per nustatytą laikotarpį, naudojant tik vienos valandos vertes, matuotas nuo 8:00 iki 20:00 val. Vidurio Europos laiku kiekvieną dieną.

1.4.1. Ozono koncentracijos pokyčių apžvalga ir prognozė

Paskutiniai apibendrinti ozono koncentracijų tyrimai rodo, kad suminės AOT 40 koncentracijos nei augalijai nei miškams net nepriartėja prie ribinių, kurias viršijus būtų tikėtinas neigiamas poveikis augalams.



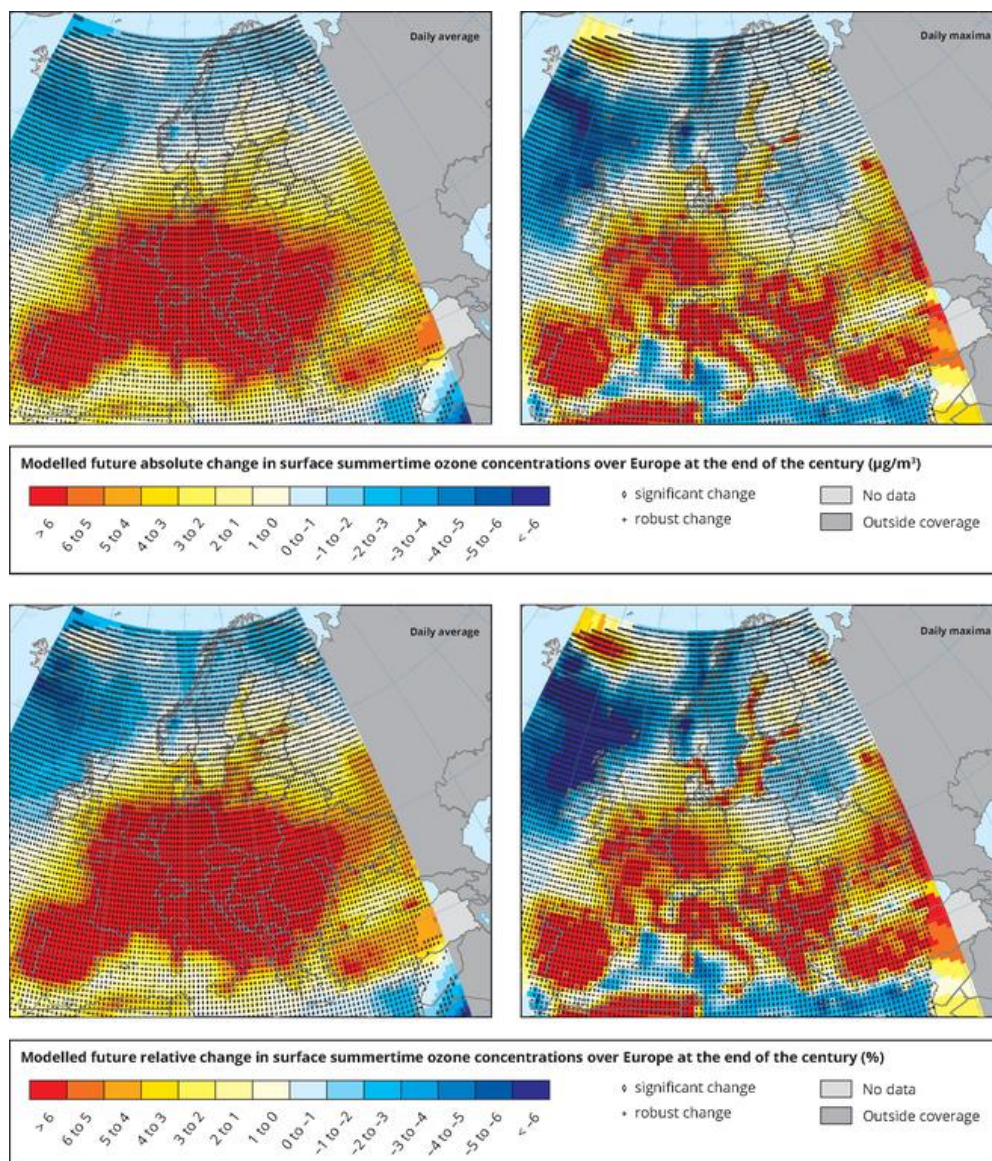
1.25 pav. AOT 40 augalams ir miškams suminės vertės Europoje 2018 m.

<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/rural-concentration-of-the-ozone-6>

. Pastaruoju laikotarpiu šis rodiklis dažnai kritikuojamas, kadangi neatsižvelgiama į augalo būklę, laikotarpiu kai aplinkoje susidaro maksimalios ozono koncentracijos. Nustatyta, kad tik

patekęs į augalus pro žioteles ozonas gali sukelti nepageidautinus poveikius augalams, kurie sukelia priešlaikinį spyglių/lapų pageltimą ir nukritimą, o taip pat ir prieaugio sumažėjimą. Dėl šios priežasties vis dažniau siūloma naudoti ozono srauto pro žioteles skaičiavimo metodiką.

Rezultatai rodo, kad 2018 m. *AOT 40 miškams suminės vertės Lietuvoje svyravo tarp 10 000 ir 20 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$, o augmenijai šios vertės dar buvo mažesnės ir svyravo tarp 6 000 ir 12 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$. Tokios suminės šio indikatorius rezultatai rodo, kad nei miškai, nei augmenija visumoje neturėtų patirti papildomų nuostolių dėl žalingo šio fitotoksikanto poveikio Lietuvoje.*



1.26 pav. Vidutinių ir maksimalių ozono koncentracijų kaitos prognozė šimtmečio pabaigoje išreikšta $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ir proc. lyginant su 1960-2010 m. laikotarpio reikšmėmis.

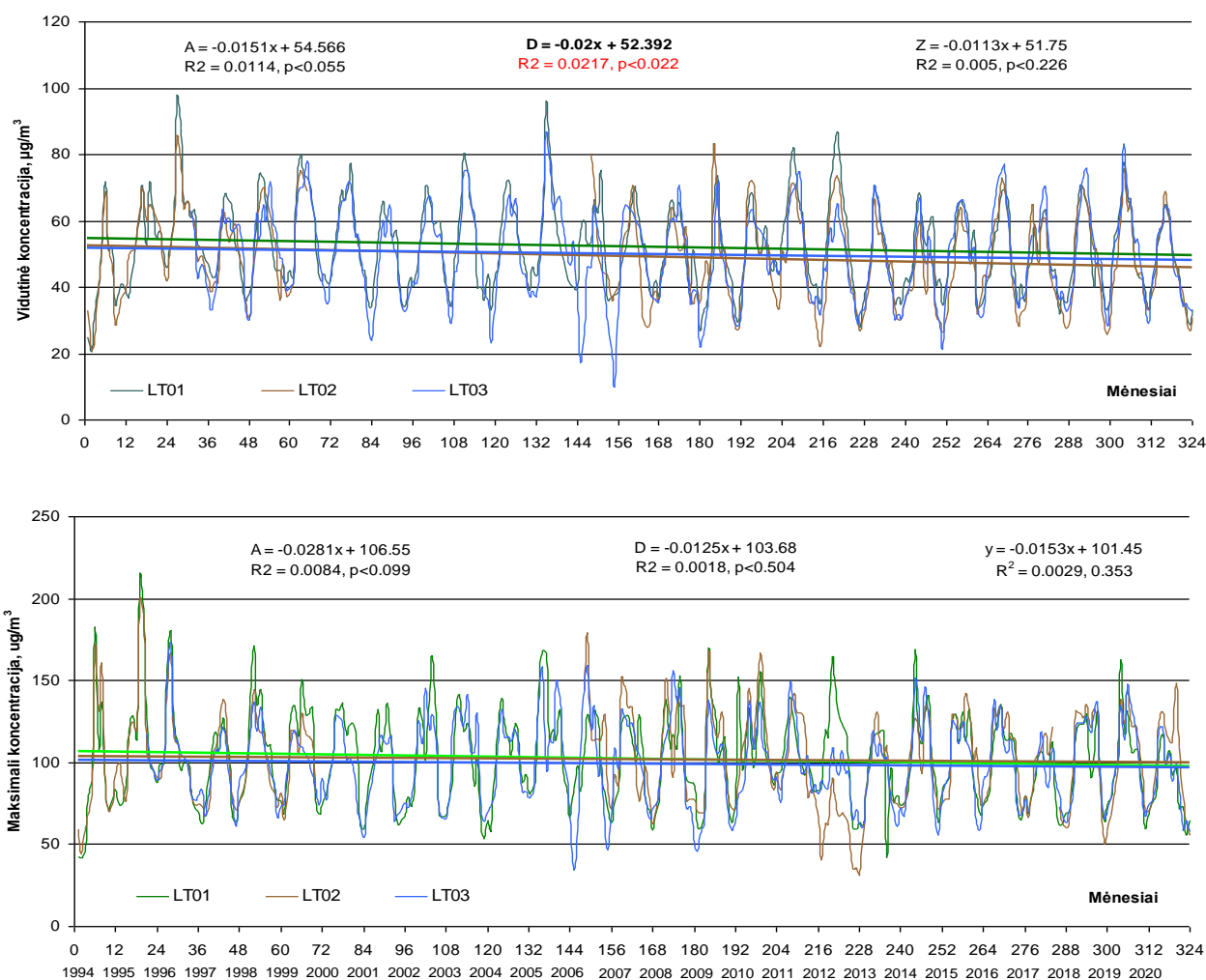
https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/modelled-future-change-absolute-and/22978_map2b-clim006_20.eps/image_large

Suprognozavus galimus ozono koncentracijų pokyčius iki šio šimtmečio pabaigos ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ ir % išraiška) matyti, kad Lietuvoje vidutiniškai šimtmečio pabaigoje vidutinė ozono koncentracija turėtų didėti 2-3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ o maksimalios sumažėti 1-2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Tai sudarytų +2-3 % ir 1-2 %

atitinkamai lyginant su 1960-2010 m. ozono koncentracijų lygmeniu. Ar šio prognozės atitinka realius duomenis, buvo pabandyta patikrinti analizuojant Aukštaitijos ir Žemaitijos, o taip pat papildomai ir buvusios Dzūkijos kompleksiško monitoringo stoties duomenis.

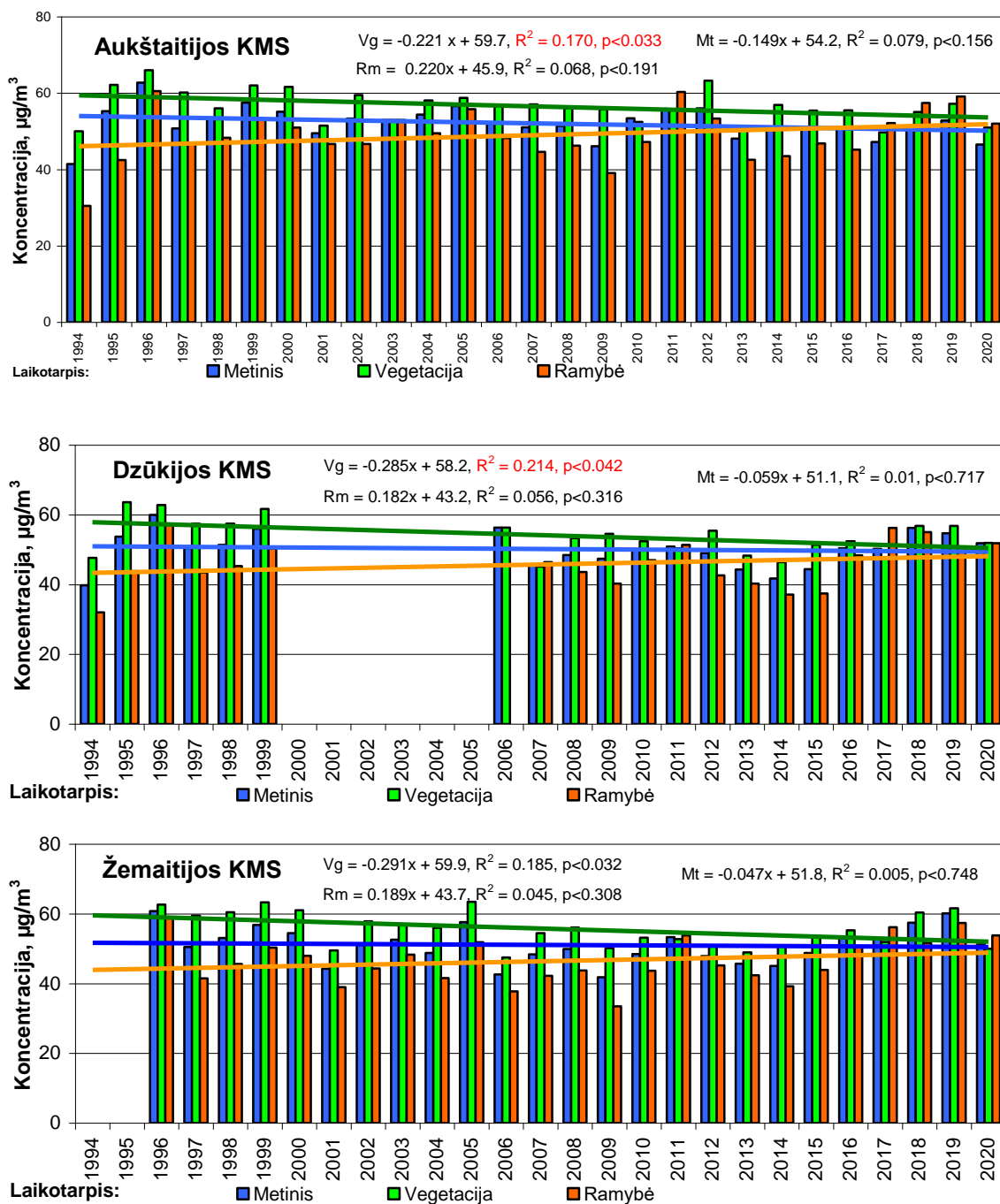
1.4.2 Ozono koncentracijos pokyčių per 1994-2020 metų laikotarpį pagrindinės tendencijos

Pažemio ozono tyrimų rezultatai parodė, kad *per 27 m. laikotarpį stebima mėnesio vidutinių koncentracijų mažėjimo tendencija, kuri Dzūkijoje ir iš dalies Aukštaitijoje yra statistiškai reikšminga ($p < 0,05$).*



1.27 pav. Mėnesio vidutinių ir maksimalių O₃ koncentracijų kaita tyriamuoju laikotarpiu KM stotyse

Būtent per šį laikotarpį Dzūkijoje O₃ koncentracija mažėja po 0,02 µg/m³, Aukštaitijoje 0,015 µg/m³ ir Žemaitijoje mažiausiai po 0,011 µg/m³ per mėnesį. Detalesnė analizė laidžia išskirti laikotarpį, kur ši kaita buvo intensyvesnė. Tai laikotarpiai nuo 1995 iki 2004 m., 2005-2013 ir 2014-2020 m.



1.28 pav. Ozono koncentracijos vidutinių reikšmių kaita per 1994–2020 metus kompleksiško monitoringo stotyse.

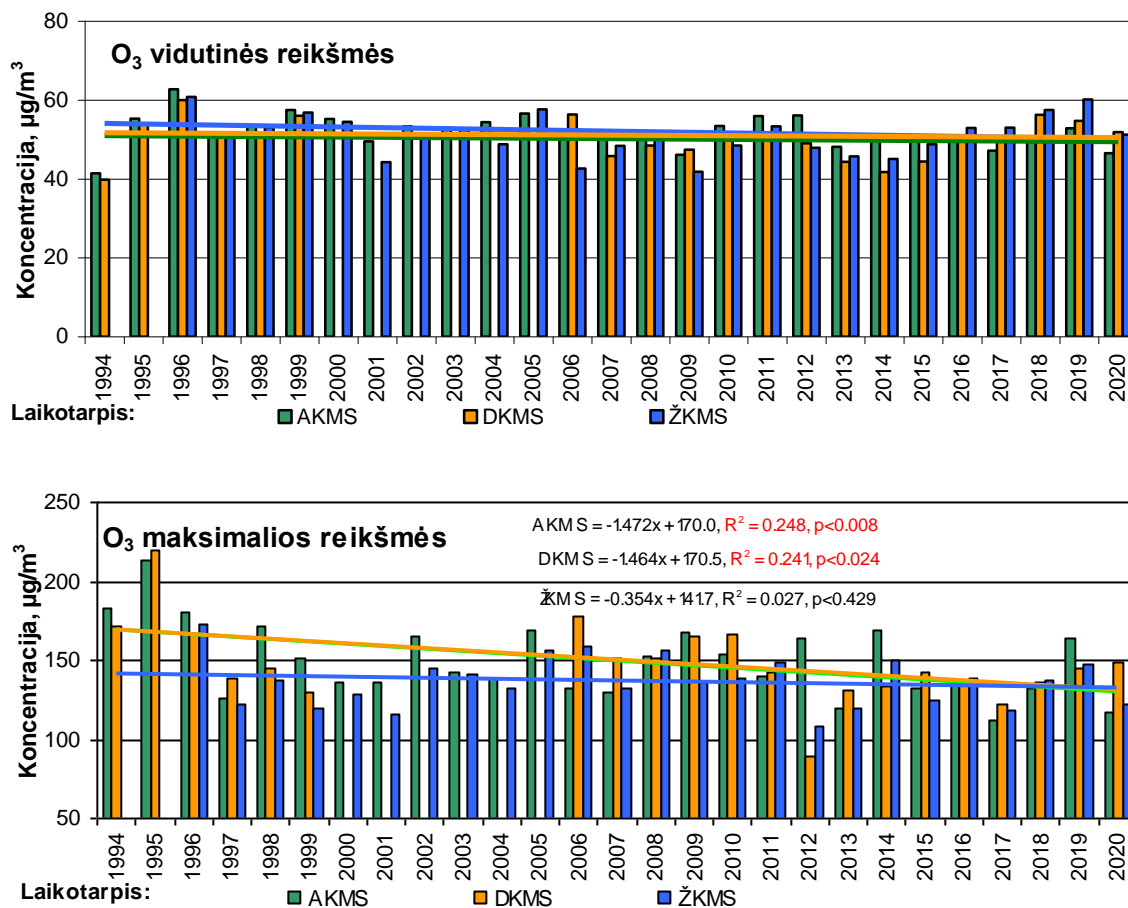
Laikotarpiai: šiltasis (balandis-rugpjūtis), šaltasis (rugsėjis-kovas) ir metai (rugsėjis-rugpjūtis)

Maksimalios mėnesio ozono koncentracijos pastaruoju laikotarpiu pradėjo mažėti mažesniu intensyvumu negu vidutinės mėnesio koncentracijos.

Atskirais metų sezonais O₃ koncentracijos kito skirtingai. Nustatyta, kad O₃ koncentracijos mažėja vegetacijos laikotarpiu, t.y. nuo balandžio iki rugpjūčio mėnesio. *Intensyviausiai ir*

statistiškai reikšmingai O_3 koncentracijos mažėja Dzūkijoje ir Žemaitijoje, maždaug po $0,29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per metus, kiek silpniau Aukštaitijos KMS po $0,22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per metus.

Šaltuoju laikotarpiu vidutinės mėnesio ozono koncentracijos didėja: Aukštaitijos KMS $0,22 \mu\text{g}/\text{m}^3$, o Dzūkijoje ir Žemaitijoje po $0,18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per metus. Tai būtų galima vardinti, kaip naują grėsmę Lietuvos miškams.



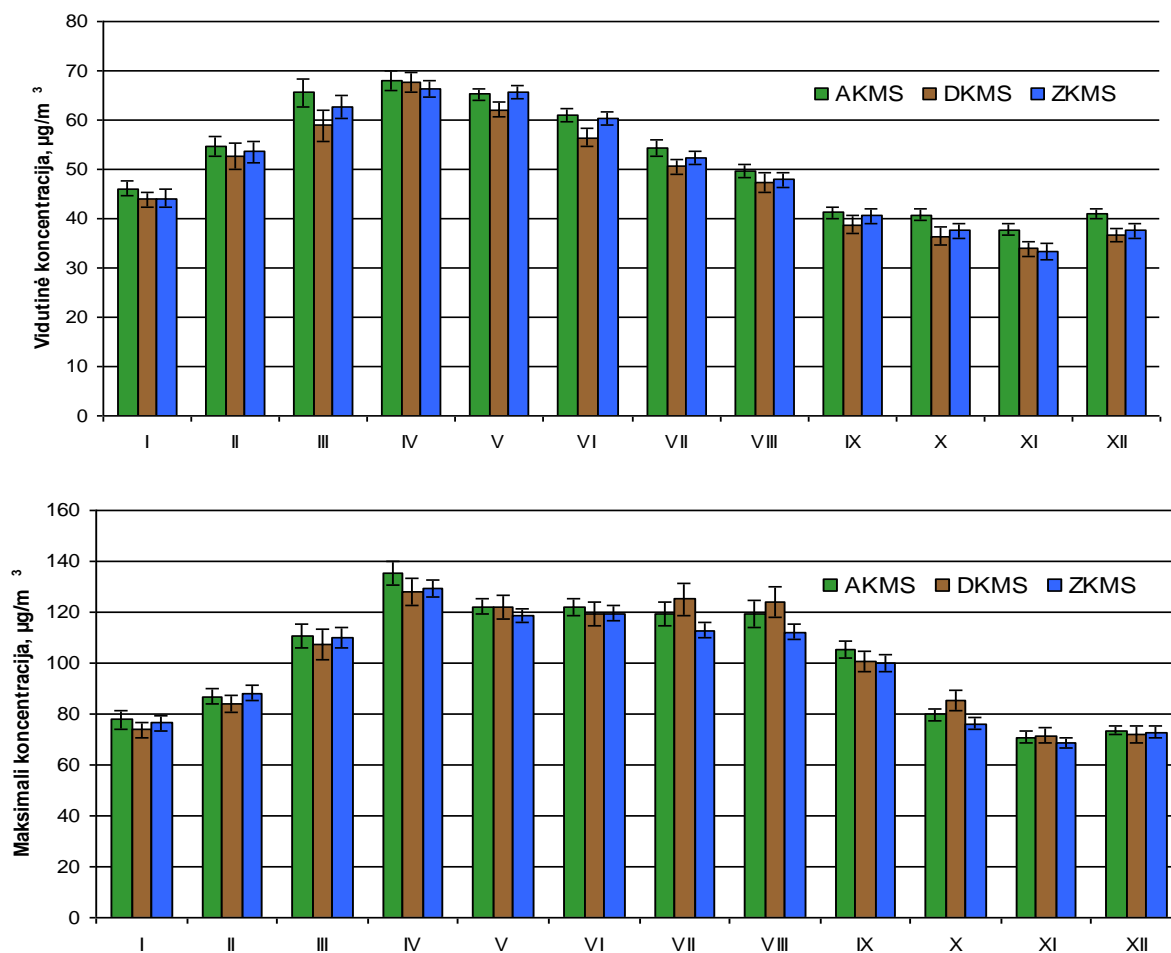
1.29 pav. Ozono vidutinių ir maksimalių metinių koncentracijų kaita kompleksiško monitoringo stotyse.

Apibendrinus gautus rezultatus nustatyta, kad vidutinė *metinė priežemio ozono koncentracija mažėja: intensyviausiai Aukštaitijos KMS – po $0,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, žymiai silpniau Dzūkijoje – po $0,06 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ir silpniausiai Žemaitijos KMS – po $0,047 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per metus. Ši vidutinės metinės koncentracijos mažėjimo tendencija visose stotyse buvo nereikšminga, t.y. $p > 0,05$.*

Anova testas parodė, kad vidutinė daugiametė zono koncentracija tarp stočių skiriasi reikšmingai ($p < 0,05$): *Aukštaitijos KMS ši reikšmė siekia $52,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Žemaitijoje $49,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ir*

Dzūkijoje $48,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tam tikrą pakalaidą šių duomenų patikimumui gali turėti tas faktas, kad nuo 2000 iki 2006 m. ozono koncentracijų tyrimai Dzūkijoje nebuvo vykdomi.

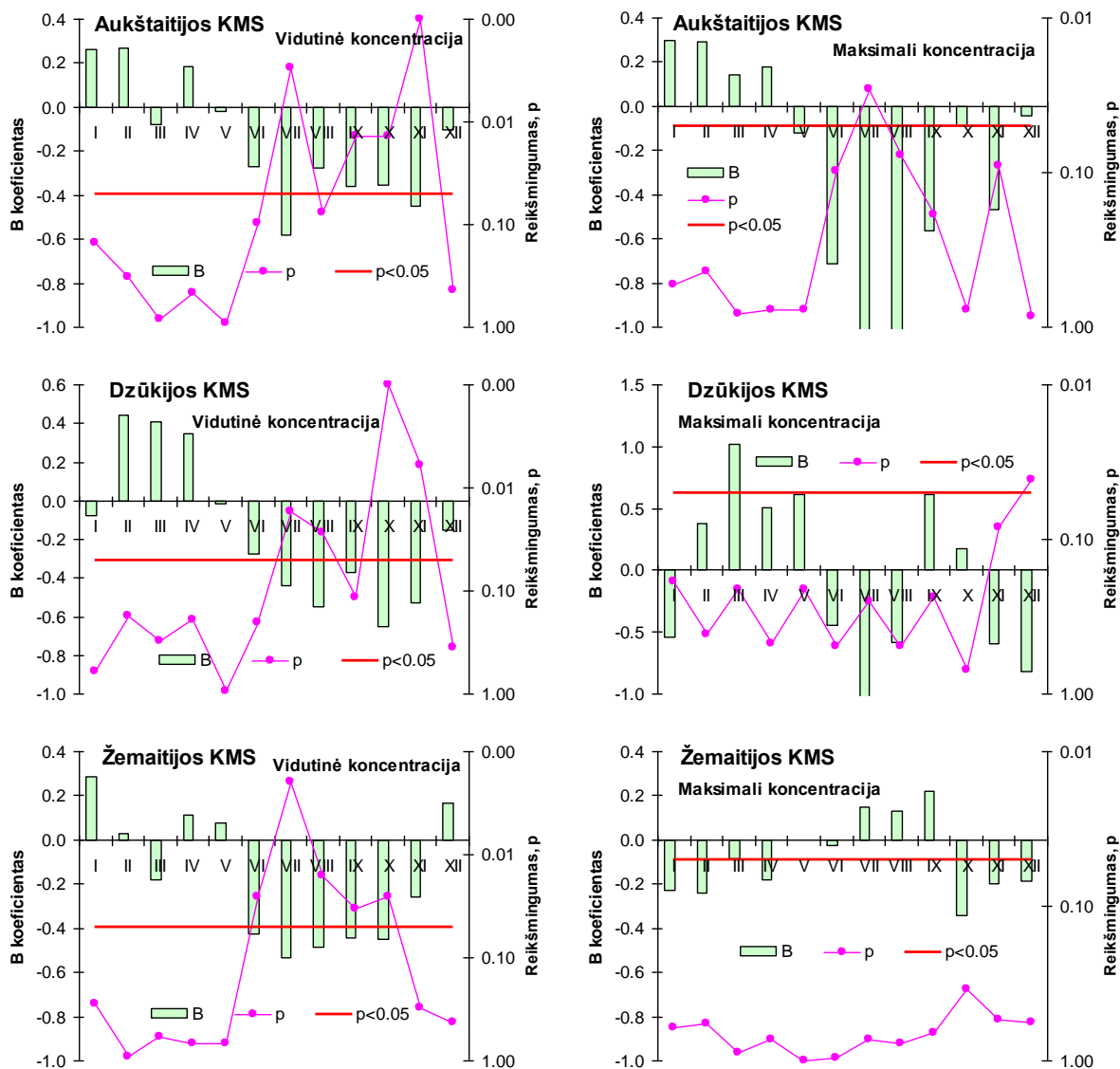
Metinių maksimalių koncentracijų kaitoje nustatyta reikšminga mažėjimo tendencija Aukštaitijos ir Dzūkijos KM stotyse, kur ji siekė apie $1,47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per metus. Žemaitijos KMS ši tendencija buvo žymiai mažesnė ir siekė tik $0,35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per metus.



1.30 pav. Mėnesio vidutinės ir maksimalios ozono koncentracijos KM stotyse per 27 m. laikotarpį.

Mėnesio vidutinių ir maksimalių koncentracijų kaitoje matyti laikotarpiai, kuriais didžiausias dėmesys turėtų būt skirtas aiškinant negiamą poveikį augmenijai. Tai pagrindinis vegetacijos laikotarpis prasidedantis balandžio mėn. ir pasibaigianti rugpjūčio mėn. Dažnai į šį laikotarpį yra įskaičiuojamas ir rugsėjo mėn., bet dėl sumažėjusių koncentracijų, kurios praktiškai jau nesiskiria nuo ramybės laikotarpio mėnesio vidutinių ozono koncentracijų, ši mėnuo yra priskaitomas jau prie ramybės laikotarpio. Antravertus palyginus su kitais šio sezono rezultatais, matyti, kad rugsėjo mėnesį ozono koncentracija vidutiniškai yra mažesnė nei koncentracijos nustatytos sausio, vasario ir ypač kovo mėnesiais. Panašios tendencijos matyti ir maksimalių mėnesio koncentracijų kaitoje.

Mėnesio vidutinės ir maksimalios koncentracijos kaitos intensyvumo analizės rezultatai parodė, kad *Aukštaitijos KMS vidutinė mėnesio O₃ koncentracija mažėja nuo gegužės iki gruodžio mėn. imtinai ir šis mažėjimas pasiekia reikšmingumo lygmenį VII, IX, X ir ypač XI mėnesiais, svyruodami apie 0,4 μg/m³ per metus lygį.* Likusiais ramybės laikotarpio mėnesiais O₃ koncentracija didėja, nors ir nereikšmingai.



1.31 pav. Mėnesio vidutinės ir maksimalios koncentracijos kaitos intensyvumas (tiesinės lygties B koeficientas) ir jo reikšmingumo lygmuo (p)

Maksimalių koncentracijų kaitoje išryškėja vegetacijos laikotarpis, kai birželio-rugsėjo mėn. laikotarpiu maksimalios O₃ koncentracijos mažėja reikšmingiausiai viršydamos net ir 1 μg/m³ per metus lygį.

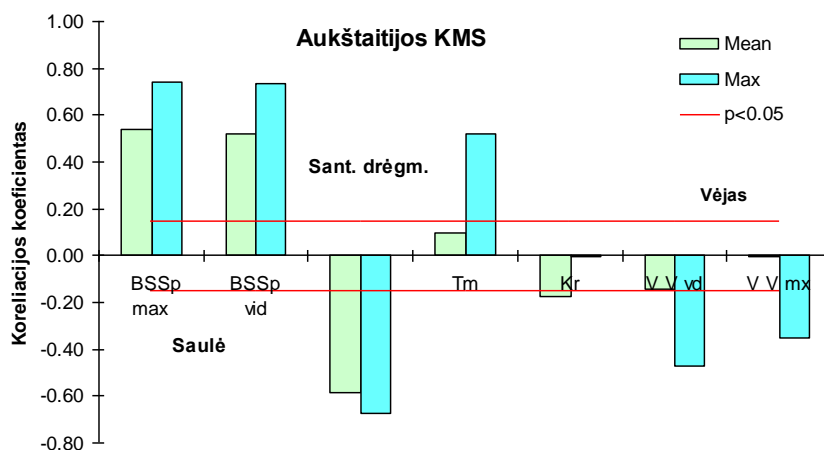
Dzūkijos KMS vidutinių koncentracijų sekoje nustatytos analogiškos tendencijos kaip ir Aukštaitijos KMS. Čia tik papildomai reikšmingai mažėja ir liepos mėn. O₃ koncentracijos.

Esminiai skirtumai šioje stotyje nustatyti maksimalių O₃ koncentracijų sekoje. Jei vasaros mėnesių maksimalios koncentracijos turi tendenciją mažėti, tačiau ši kaita yra labai silpna daugeliu atveju ir nereikšminga.

Žemaitijos KMS vidutinių koncentracijų sekoje taip pat nustatytos analogiškos tendencijos kaip ir Aukštaitijos bei Žemaitijos KM stotyse. Čia tik lapkričio mėn. vidutinės koncentracijos mažėja nereikšmingai. Maksimalių koncentracijų kaita analogiška Žemaitijos KMS.

1.4.3. Meteorologinių veiksnių ir ozono koncentracijų tarpusavio sąveikos

Meteorologinių veiksnių ir ozono koncentracijų tarpusavio sąveikos analizė atlikta mėnesinių duomenų pagrindu. Atrinkti šie pagrindiniai aplinkos parametrai: Saulės vidutinė vidutinių ir maksimalių valandinių spinduliuočių bendroji spinduliuotė, mėnesio vidutinė santykinė drėgmė, mėnesio vidutinė oro temperatūra ir suminis kritulių kiekis bei vėjo vidutinis ir maksimalus greitis.



1.32 pav. Meteorologinių veiksnių ir pažemio ozono tarpusavio sąveikos koreliaciniai ryšiai ir jų reikšmingumas $p < 0,05$.

Nustatyta, kad kaip ir buvo tikimasi, didžiausiu reikšmingumu pasižymi saulės bendrosios spinduliuotės maksimalios vidutinės reikšmės ir vidutinių bei maksimalių pažemio ozono koncentracijų ryšis. *Tiek bendroji Saulės vidutiniška, tiek ir maksimalios jos reikšmės turi reikšmingos įtakos maksimalių pažemio ozono koncentracijų susidarymui*, t.y. paaiškindamos beveik iki 60% šių koncentracijų kaitos. Povekis vidutinėms koncentracijoms yra kiek žemesnis ir paaiškina iki 25-30 % šių ozono koncentracijų kaitos.

Labai reikšmingu poveikiu ozonui susidaryti pasižymi ir santykinė oro drėgmė. Didesnė drėgmė panašiai slopina tiek vidutinių, tiek ir maksimalių koncentracijų susidarymą. Ji paaiškina atitinkamai apie 35 ir 45 % šių ozono koncentracijų kaitos.

Vienas iš pagrindinių ozono susidarymą skatinantis veiksnys yra karšio bangos. Gauti rezultatai patvirtino šį teiginį. ***Būtent aukšta oro temperatūra ypač reikšmingai skatina maksimalių ozono koncentracijų susidarymą.***

Nenustatytas joks reikšmingesnis kritulių poveikis maksimalių ozono koncentracijų kaitai, tačiau kritulių didesni kiekiai slopina ozono susidarymo procesą ir jų kiekiai paaiškina apie 5 % ozono vidutinių koncentracijų kaitos.

Pažemio ozono koncentracijas taip pat mažina ir vėjas, ypač jo poveikis reikšmingas maksimalioms ozono koncentracijoms susidaryti. Nustatyta, kad tiek vidutinis tiek ir maksimalus vėjo greitis gali paaiškinti atitinkamai iki 20 ir 10 % maksimalios ozono koncentracijos kaitos.

Apibendrinus gautus rezultatus pamėginta išaiškinti nustatytas ozono kaitos tendencijas, jas sąlygojančių veiksnių atžvilgiu. Pagrindinis veiksny skatinantis pažemio ozono susidarymą yra bendroji Saulės spinduliuotė ir jos maksimalios reikšmės, kurias lydi, kaip taisyklė, karščio bangos ir žemas santykinis oro drėgnumas bei, tikėtina, mažas vėjo greitis.

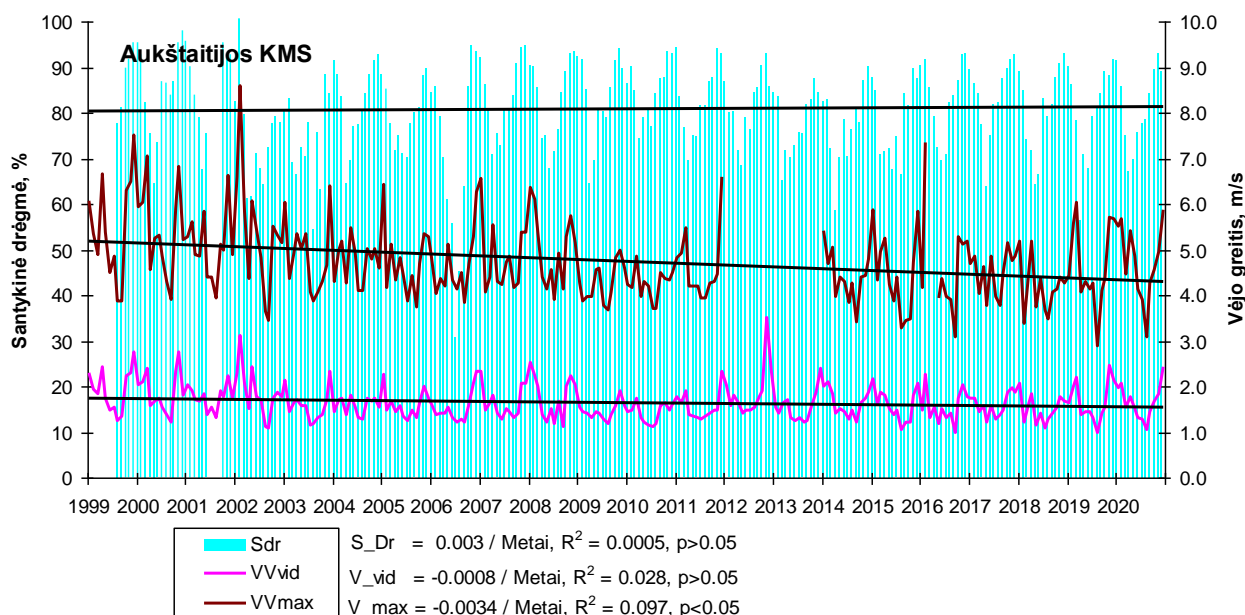
Nustatyta, kad vidutinė mėnesio O₃ koncentracija mažėja nuo gegužės iki gruodžio mėn. imtinai ir šis mažėjimas pasiekia reikšmingumo lygmenį VII, IX, X ir ypač XI mėnesiais, o maksimalios koncentracijos reikšmingai mažėja liepos mėnesiais. Šiais mėnesiais bendroji Saulės spinduliuotė ir ypač FAR reikšmingai didėja, todėl mažėjanti ozono koncentracija negalėtų būt siejama su saulės spinduliuotės kaita.

Oro temperatūra nors dar nereikšmingai, bet turi tendencija mažėti balandžio ir liepos mėnesiais, dėl ko šis poveikis gali prisidėti prie mažėjančių ozono koncentracijų ir ypač liepos mėnesį, per kurį saulės spinduliuotės intensyvumo augimas yra taip pat silpniausias. Šiais mėnesiais ozono koncentracija pasiekia vienas iš didžiausių savo reikšmių, todėl toks poveikis gali turėti reikšmingos įtakos ir bendram ozono koncentracijų mažėjimui. Antra vertus aukštesnė oro temperatūra turėtų skatinti ozono susidarymą būtent gegužės-birželio ir rugpjūčio-rugsėjo mėn., kai ji turi tendenciją didėti.

Kritulių kiekis kuris mažina patenkančią bendrąją Saulės spinduliuotę, slopina ir ozono susidarymą, dėl ko ***vienas iš reikšmingiausių veiksnių sąlygojančių pažemio ozono susidarymą Lietuvoje būtų galima laikyti kritulių pakankamai reikšmingą gausėjimą rugpjūčio ir ypač liepos***

mėnesiais. Vakarinėje Lietuvos dalyje beprasidedanti kritulių mažėjimo tendencija vasario-birželio mėnesiais gali prisidėti prie pažemio ozono augimo **šiam regione**.

Santykinė oro drėgmė slopina pažemio ozono susidarymą, tačiau teigti, kad būtent dėl jos poveikio ozono koncentracijos Lietuvoje mažėja būtų sunku. Daugiamečių drėgmės rezultatų analizė rodo, kad per stebėjimo laikotarpį drėgmė kyla, tačiau vos po 0,003 % per metus ir šis pokytis yra visiškai nereikšmingas, $p > 0,05$.



1.33 pav. Santykinės oro drėgmės (Sdr) ir vėjo greičio: vidutinio (Vvid) ir maksimalaus (Vmax) kaita Aukštaitijos KMS.

Stipresnis vėjo greitis taip pat slopina ozono susidarymą, bet ir šiam parametrai netgi reikšmingai mažėjant, jis negali būti priskirtas prie veiksnių reikšmingai sąlygojančių pažemio ozono koncentracijų mažėjimą.

Todėl pažemio ozono koncentracijų mažėjimą sąlygoja nelabai intensyviai kylanti saulės bendroji spinduliuotė liepos mėnesį, pradedanti mažėti vidutinė oro temperatūra balandžio ir liepos mėnesiais, bei didėjantis kritulių kiekis rugpjūčio ir ypač liepos mėnesį.

1.4.4. Ozono poveikio sukeltų pažeidimų analizė

Oro teršalų ir klimato kaitos poveikio miško ekosistemoms tyrimų rezultatai dažniausiai pristatomi atskirai. Tačiau daugelis oro teršalų ir klimato kaitą sukeliančių dujų turi tą patį šaltinį, t.y. antropogeninę veiklą. Veikdami vienas kitą atmosferoje jie sukelia sinergetinius poveikius ekosistemoms, kurie dažniausiai reikšmingai skiriasi nuo šių pavienių komponentų poveikio tiek

atskiriems miško ekosistemų biotos komponentams, tiek ir miškų bendram tvarumui sumos. Ozonas priskiriamas abejoms šioms išskirtoms grupėms. Tokiu būdu priežemio ozonas, kaip lydintysis klimato kaitos komponentas yra vienas iš svarbiausių veiksnių sąlygojančių miškų būklės ir produktyvumo kaitą tiek laiko, tiek ir teritorine prame. Skirtingai nei SO₂ koncentracijos ore, pirminių emisijos komponentų (kaip ir oro temperatūros) augimas (VOC, NO, NO₂) turėtų sąlygoti šio fitotoksikanto koncentracijų augimą ateityje globaliu mastu. Šis toksikantas, veikdamas kartu su meteorologiniais veiksniais bei kitais taršos komponentais pažeidžia azoto, anglies ir vandens pasisavinimą, dėl ko jo reikšmė miškų tvarumui dar labiau padidėja. Dėl to pastaruoju laikotarpiu priežemio ozonas įvardijamas kaip svarbiausias oro teršalų komponentas reikšmingai sąlygojantis miško ekosistemų tvarumą. Jei pagal klimato kaitos scenarijus ateityje planuojamas oro temperatūros augimas ir sausrų dažnėjimas, kuris iš dalies mažina priežemio ozono pažeidimus, tai pačio priežemio ozono koncentracijų didėjimas didins ozono pažeidimų teritorinę plėtrą, augavietėse gerai aprūpintuose drėgme.

Tyrimų rezultatai parodė, kad pastaruoju laikotarpiu Lietuvoje pažemio ozono tiek metinės, tiek ir šiltojo laikotarpio koncentracijos neturėjo aiškios tendencijos ir svyravo tarp 50 – 60 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ir 60-65 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ atitinkamai. Tik maksimalių koncentracijų sekoje išskirti laikotarpiai, kai šios koncentracijos mažėjo (1995-2000 m.) ir didėjo (2001-2005m.). AOT40 reikšmės kito nuo 8000 to 21000 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\text{ h}$ ir viršijo kritinę reikšmę augalams (6000 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\text{ h}^{-1}$) visose stotyse, o miškams (20000 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\text{ h}^{-1}$) – tik Aukštaitijoje 1999m. Todėl būtų galima teigti, kad ir pažeidimų mastas sąlygotas priežemio ozono poveikiu turėtų taip pat palaipsniui mažėti Lietuvoje.

Priežemio ozono poveikio medžių lajų būklei analizės rezultatai tik iš dalies patvirtino ozono fitotoksišką poveikį medžiams. Būtent tik maksimalios ozono koncentracijos gali turėti neigiamą poveikį pušų lajų būklei foninio užterštumo teritorijose.

Unikali metodologija buvo pritaikyta užsibrėžtam tikslui pasiekti. Oro teršalų ir meteorologinių veiksnių poveikiis buvo aiškinamas pušynų vidutinės defoliacijos liekanoms, eliminavus antrinių netiesioginių veiksnių, t.y. augavietės sąlygų (kategorinis veiksnys) ir medyno taksacinių rodiklių (amžius, skersmuo, aukštis, tankumas, skerspločių suma ir tūris) poveikį.

5 lentelė. **Maksimalių ozono koncentracijų poveikio reikšmė pušų defoliacijos liekanų kaitai.**

Parametrai	Modelis, F(a,b)								
	(1.419)	(2.418)	(2.418)	(3.417)	(4.416)	(2.418)	(2.418)	(5.415)	(6.414)
Ore: SO ₂	+					+	+		+
ΣNH ₄ ⁺							+		
ΣNO ₃ ⁻									
Krituliuose: SO ₄ ²⁻		+							+
NH ₄ ⁺		+							

	NO ₃ ⁻									
Iškirtos:	SO ₄ ²⁻			+			+			
	NH ₄ ⁺							+		
	NO ₃ ⁻			+						
Krituliai:										
praėjusių metų:	IX- XI									
	XII-II								+	+
	VI-VIII				+				+	+
einamųjų metų:	IX- XI				+					
	XII-II									
	III-V									
	VI-VIII				+				+	
Temperatūra:										
praėjusių metų:	IX- XI					+				
	XII-II					+			+	+
	VI-VIII									
einamųjų metų:	IX- XI					+			+	
	XII-II					+				
	III-V									
	VI-VIII									
r², %		25,4	18,1	17,3	20,0	11,5	26,2	27,6	24,0	29,0
r^{2*} su O₃ poveikiu, %		27,7	26,1	23,2	25,7	22,9	28,0	28,4	26,7	29,9
O₃ poveikis (r^{2*} - r²) %		2,4	8,0	5,9	5,7	11,4	1,8	0,8	2,7	1,0
O₃ reikšmingumas: p<		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,024	0,000	0,034

Pastaba: porinis ryšys tarp maksimalių O₃ koncentracijų ir defoliacijos liekanų: r²=19,3% kai p<0,0001.

F(a,b) – modelių identifikacija pagal F - testo simbolį su laisvės laipsnių skaičiais, kur: a – nepriklausomų kintamųjų skaičius; b – stebėjimų skaičius; kintamųjų reikšmingumas: (+) kai p<0,05 ir (-) kai p>0,05.

Ši procedūra buvo įvertinta kaip sėkminga, kadangi po jos priežemio ozono poveikis išliko reikšmingas, nors paaiškino tik 1 % metinio tirtų medžių lajų defoliacijos kintamumo, kai likusių aplinkos veiksnių kompleksiškas poveikis buvo eliminuotas.



... pav. Tipingos ozono sukeltos depigmentacinės dėmės ant juodalksnio lapų



.... pav. Jautrių ozono pažeidimams tuopų lapų spalva Žemaitijos KMS 2020 m.

Ozono poveikiui vertinti, papildomai buvo panaudota ir vizualiai vertinamų pažeidimų metodika. Žinoma kad ozonas, patekęs į augalo vidinius organus pro žioteles, sukelia ten oksidacijos procesus, kurių rezultatas pasikeitusi lapų ir spyglių spalva (... pav.). Tipingi pažeidimai, kurie įprastai nustatomi Pietų Europos valstybėse gerai vizualiai išskiriami. Ilgalaikiai ypač jautrių ozono poveikiui, specialiai pasodintų tuopų lapų analizė parodė, kad pastaruoju laikotarpiu nėra stebimi būdingi ozono pažeidimams, tirtų tuopų lapų spalvos pokyčiai. Daugiametis miškų monitoringo duomenys rodo, kad ir pagal šią metodiką tiriant ozono pažeidimus, jų pastaruoju laikotarpiu nustatyti nepavyksta.

Apibendrinanti išvada, kad priežemio ozonas, kurio koncentracijos pastaruoju laikotarpiu nesiekia $60\mu\text{g}/\text{m}^3$ ir toliau linkusios mažėti, neturi reikšmingos įtakos medžių lajų būklei. Karščio bangos ir sauros epizodai, kurių metu augalai besisaugodami nuo išdžiūvimo uždaro žioteles, apsisaugo tuo pačiu ir nuo žalingo, ir kaip taisyklė, tuo laikotarpio padidėjusios ozono koncentracijos.

Ozono koncentracijoms roliau mažėjant medžių lajų būklė ateityje turėtų gerėti, o prieaugis didėti.

IŠVADOS

Pažemio ozono tyrimų rezultatai parodė, kad per 27 m. laikotarpį stebima mėnesio vidutinių koncentracijų mažėjimo tendencija, kuri Dzūkijoje ir iš dalies Aukštaitijoje yra statistiškai reikšminga ($p < 0,05$). Būtent per šį laikotarpį Dzūkijoje O_3 koncentracija mažėja po $0,02\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, Aukštaitijoje $0,015\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ir Žemaitijoje mažiausiai po $0,011\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ per mėnesį.

Vegetacijos laikotarpiu intensyviausiai ir statistiškai reikšmingai O_3 koncentracijos mažėja Dzūkijoje ir Žemaitijoje, maždaug po $0,29\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ per metus, kiek silpniau Aukštaitijos KMS po $0,22\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ per metus.

Šaltuoju laikotarpiu vidutinės mėnesio ozono koncentracijos didėja: Aukštaitijos KMS $0,22\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, o Dzūkijoje ir Žemaitijoje po $0,18\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ per metus. Tai būtų galima vardinti, kaip naują grėsmę Lietuvos miškams.

Vidutinė metinė priežemio ozono koncentracija mažėja: intensyviausiai Aukštaitijos KMS – po $0,15\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, žymiai silpniau Dzūkijoje – po $0,06\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ir silpniausiai Žemaitijos KMS – po $0,047\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ per metus.

Daugiametė vidutinė pažemio ozono koncentracija didžiausia Aukštaitijos KMS - $52,1\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, kiek mažesnė Žemaitijoje $49,7\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ir mažiausia Dzūkijoje $48,8\ \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Metinių maksimalių koncentracijų kaitoje nustatyta reikšminga mažėjimo tendencija Aukštaitijos ir Dzūkijos KM stotyse, kur ji siekė apie $1,47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per metus. Žemaitijos KMS ši tendencija buvo žymiai mažesnė ir siekė tik $0,35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per metus.

Aukštaitijos KMS vidutinė mėnesio O_3 koncentracija mažėja nuo gegužės iki gruodžio mėn. imtinai ir šis mažėjimas pasiekia reikšmingumo lygmenį VII, IX, X ir ypač XI mėnesiais, svyruodami apie $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per metus lygį.

Maksimalių koncentracijų kaitoje išryškėja vegetacijos laikotarpis, kai birželio-rugsėjo mėn. laikotarpiu maksimalios O_3 koncentracijos mažėja reikšmingiausiai viršydamos net ir $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per metus lygį.

Tiek bendroji Saulės vidutiniška, tiek ir maksimalios jos reikšmės turi reikšmingos įtakos maksimalių pažemio ozono koncentracijų susidarymui, t.y. paaiškindamos beveik iki 60% šių koncentracijų kaitos.

Labai reikšmingu poveikiu ozonui susidaryti pasižymi ir santykinė oro drėgmė. Didesnė drėgmė panašiai slopina tiek vidutinių, tiek ir maksimalių koncentracijų susidarymą. Ji paaiškina atitinkamai apie 35 ir 45 % šių ozono koncentracijų kaitos.

Pažemio ozono koncentracijas taip pat mažina ir vėjas, ypač jo poveikis reikšmingas maksimalioms ozono koncentracijoms susidaryti.

Vienas iš reikšmingiausių veiksnių sąlygojančių pažemio ozono susidarymą Lietuvoje būtų galima laikyti kritulių pakankamai reikšmingą gausėjimą rugpjūčio ir ypač liepos mėnesiais.

Pažemio ozono koncentracijų mažėjimą sąlygoja nelabai intensyviai kylanti saulės bendroji spinduliuotė liepos mėnesį, pradedanti mažėti vidutinė oro temperatūra balandžio ir liepos mėnesiais, bei didėjantis kritulių kiekis rugpjūčio ir ypač liepos mėnesį.

Priežemio ozonas, kurio koncentracijos pastaruoju laikotarpiu nesiekia $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ir toliau linkusios mažėti, neturi reikšmingos įtakos medžių lajų būklei. Karščio bangos ir sauros epizodai, kurių metu augalai besisaugodami nuo išdžiūvimo uždaro žioteles, apsaugo tuo pačiu ir nuo žalingo, ir kaip taisyklė, tuo laikotarpio padidėjusios azono koncentracijos.

Ozono koncentracijoms roliau mažėjant medžių lajų būklė ateityje turėtų gerėti, o prieaugis didėti.

LITERATŪRA

1. Solberg, S., Derwent, R. G., Hov, O., Langner, J. and Lindskog, A.: 2005, 'European Abatement of Surface Ozone in a Global Perspective', *Ambio*, 34, 47-53

2. Europos Parlamento ir Tarybos Direktyva 2002/3/EB dėl ozono aplinkos ore. *Official Journal L 067, 09/03/2002 P. 0014 – 0030.* <http://europa.eu.int/eur-lex/lex/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32002L0003:LT:HTML>
3. TARYBOS DIREKTYVA dėl aplinkos oro kokybės vertinimo ir valdymo 96/62/EB, <http://www3.lrs.lt/c-bin/eu/preps2?Condition1=20746&Condition2=>
4. Europos Parlamento ir Tarybos Direktyva 2001/81/EB dėl tam tikrų atmosferos teršalų išmetimo nacionalinių ribų. *Official Journal L 309, 27/11/2001 P. 0022 - 0030.* <http://europa.eu.int/eur-lex/lex/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32001L0081:LT:HTML>
5. Sveikatos apsaugos ministro įsakymas Nr. 544/508 “Dėl ozono aplinkos ore normų ir vertinimo taisyklių nustatymo”. Valstybės žinios, 2002 Nr.105-4726
6. Lietuvos Respublikos aplinkos ministro įsakymas Nr. 468 “Dėl sieros dioksido, azoto oksidų, lakiųjų organinių junginių ir amoniako nacionalinių limitų patvirtinimo”. Valstybės žinios, 2003, Nr.99-4465
7. Europos Parlamento ir Tarybos direktyva 2008/50/EB dėl aplinkos oro kokybės ir švaresnio oro Europoje <http://lt.vlex.com/vid/38714879>.
8. Environment Data Centre (1993) Manual for Integrated Monitoring, Helsinki

1.5. Miško ekosistemų fizinių parametru tyrimo rezultatų apibendrinimas

Per tiriamąjį laikotarpį reikšmingai didėjo metinė oro temperatūra abiejose KM stotyse, tik Žemaitijos KMS šis didėjimas buvo 2 kartus intensyvesnis negu Aukštaitijos KMS, t.y. Žemaitijos KMS per 27 m laikotarpį oro temperatūra didėjo po 0,63 °C per dešimtmetį, tai Aukštaitijos KMS po 0,37 °C per dešimtmetį.

Abejoms stotims būdinga tendencija temperatūros kaitoje – reikšmingai didėja rugsėjo ir lapkričio – gruodžio mėnesių vidutinės oro temperatūros. Papildomai Žemaitijos KMS didėja reikšmingai gegužės ir birželio mėnesio temperatūros, o Aukštaitijos KMS šių mėnesių temperatūrų didėjimas nėra reikšmingas.

Nauja grėsme Žemaitijos KMS galėtų tapti karšti ir sausi gegužės ir birželio mėnesiai.

Tokius meteorologinius pokyčius Žemaitijos KMS ar apskritai visame vakariniame Lietuvos regione būtų galima vertinti kaip intensyviausią klimato kaitos scenarijų, o miško ekosistemų atskirų biotos komponentų reakcijas, kaip jų prisitaikymo prie tokių naujų sąlygų galimybes ir perspektyvas ateityje.

Atskirais metų sezonais oro temperatūra Aukštaitijos KMS tik didėjo. Rudens laikotarpiu šiltėjimo intensyvumas pasiekė maksimalią ir reikšmingą reikšmę, t.y. 0,66°C per 10 m. laikotarpį, kiek mažiau šilo žiemos ir vasaros laikotarpiai, po maždaug +0,44 ir +0,28 °C per 10 m. laikotarpį atitinkamai ir mažiausiu atšilimu pasižymėjo pavasaris, kai oro temperatūra augo tik po +0,09°C per 10 m. laikotarpį.

Žemaitijos KMS iš dalies patvirtino nustatytus trendus. Nuo tyrimų pradžios, t.y., nuo 1994 oro vidutinė temperatūra atskirais sezonais kito taip: rudenį (IX-XI) temperatūra didėjo intensyviausiai po 0,92 °C per 10 m., žiemą (XII-II) – po 0,78°C per 10 m., pavasarį (III-V) po 0,53 °C per 10 m., ir mažiausiai reikšmingai – vasarą (VI-VIII) po 0,41°C per 10 m.

Abejoms stotims būdinga tendencija temperatūros kaitoje – reikšmingai didėja rugsėjo ir lapkričio – gruodžio mėnesių vidutinės oro temperatūros. Jų intensyvumas siekia 0,1 ir 0,2 C per metus. Papildomai Žemaitijos KMS didėja reikšmingai gegužės ir birželio mėnesio temperatūros, o Aukštaitijos KMS šių mėnesių temperatūrų didėjimas nėra reikšmingas.

2020 m. išaiškinta, kad Aukštaitijos KLMS palaiapsniui pradeda mažėti sausio, balandžio, liepos mėnesių vidutinės temperatūros, nors toks intensyvumas dar nėra reikšmingas. Žemaitijos KMS mažėjimo tendencija nustatyta tik sausio mėn.

2020 m. išskirtiniai: oro temperatūra abiejose stotyse pasiekė maksimalią reikšmę per visą tiriamąjį laikotarpį. Žemaitijos KMS 8,64, o Aukštaitijos KMS 8,19 °C.

2013-2017 m laikotarpį Aukštaitijos KMS dirvožemio vidutinės temperatūros kaitoje jokių ženklėsių tendencijų nenustatyta. Tik 2018 m. išsiskyrė ne tik kritulių trūkumu, bet ir karščio epizodais. Dėl šios priežasties dirvožemio vidutinė temperatūra pasiekė vieną iš maksimalių per visą tiriamąjį laikotarpį nustatytų reikšmių, t.y. 7,8 °C, o maksimali reikšmė buvo aukščiausia per paskutinįjį 2013-2018 m. laikotarpį ir viršijo 19 °C. 2019 m. dirvožemio vidutinė temperatūra 10 cm gylje pasiekė savo maksimalią reikšmę per visą tiriamąjį laikotarpį, t.y. 8,2 °C.

2020 m. dirvožemis buvo labiausiai įsilęs per visą stebėjimo laikotarpį.

Per stebėjimo laikotarpį Aukštaitijos KMS dirvožemio temperatūra didėja panašiai kaip ir oro, po 0,04 °C per metus

Nuo 2014 m. stebimas itin reikšmingas dirvožemio įšalo mažėjimas. Jei dar 2014 m. įšalas siekdamas maksimalią reikšmę pasiekė net 28 cm, tai iki 2020 m. įšalo gylis mažėjo ir jau 2020 m. jo iš viso nebuvo registruojama.

Nuo 1999 iki 2014 m. egzistavo glaudus ryšys tarp dirvožemio vidutinio drėgėnio ir įšalo gylis. Po išskirtinų 2014 m. ši priklausomybė tapo atvirkštinė, kai drėgėniui didėjant įšalo gylis reikšmingai mažėjo, taip kaip ir bendra įšalo trukmė. Tai išskirtinis procesas geosistemoje galintis turėti reikšmingos įtakos bendrai miško ekosistemų tvariai plėtrai.

Upelio vandens temperatūros kaitos trendas Aukštaitijos stotyje yra teigiamas, temperatūra kyla vidutiniškai po 0,0062 °C per mėnesį ar 0,063 °C per metus, t.y. beveik 1,75 kartų intensyviau negu oro temperatūra, kurios kilimas siekia per paskutiniuosius 27 m. po 0,036°C per metus.

Žemaitijos stotyje 27 stebėjimo metų upelio temperatūra kyla virš 4 kartų lėčiau negu Aukštaitijos KMS upelio vandens temperatūra. Didelę reikšmę upelio vandens temperatūros kaitai turėjo 2015 m., kai vidutinė oro temperatūra viršijo 7.5°C ir 2016 m. kai upelio vasaros mėnesių temperatūra pasiekė maksimalią reikšmę per visą tiriamąjį laikotarpį, t.y. 11,5 C. 2017 - 2018 m. vandens temperatūra stabilizavosi ar net turėjo tendencija mažėti. Tokio pokyčio stebimo parametro kaitoje nebuvo registruojama nuo pat tyrimų pradžios. Ar tai naujas klimato kaitos sąlygotas veiksnys biotos kaitai parodys ateities tyrimai. 2019 m. patvirtina išaiškinta tendenciją – vandens temperatūra neturi tolesnės tendencijos didėti, tačiau 2020 m. rezultatai rodo, kad vandens temperatūra reikšmingai pakilo ir ypač Aukštaitijos KMS.

Išskirtiniai 2020 m., kurie jau įvardinti kaip patys šilčiausi metai per visą tiriamąjį laikotarpį. Vandens temperatūros duomenų sekoje 2020 m. registruoti du priešingi rezultatai: Aukštaitijos KMS vandens temperatūra reikšmingai pakilo ir savo reikšme pasidarė artima 8 C. Tai rekordiškai šilto vandens temperatūra.

Žemaitijos KMS, nors ir išaiškintas intensyvesnis oro temperatūros kylimo trendas negu Aukštaitijos KMS, vandens temperatūra 2020 m. pakankamai reikšmingai nukrito lyginant su 2019 m., ir tokį temperatūros pokytį, mūsų manymu, lėmė vasaros mėnesių sumažėjusi vandens temperatūra.

Aukštaitijos KMS 2015-2016 m. laikotarpiu registruojamas vienas didžiausių vandens prisotinimo deguonimi laipsnis, kuris savo maksimalią reikšmę įgavo 2015 m. liepos ir 2016 m. gegužės mėnesiais – apie 5 mg/l. Paskutiniuju 2017-2019 m. deguonies kiekis upelio vandenyje stabilizavosi, tačiau buvo didesnis nei daugiametis vidurkis – apie 2,8 mg/l. Žemaitijos KMS jau daug metu nėra pakeistas deguonies upelio vandenyje matuoklis.

2020m. registruojamas reikšmingas deguonies kiekio padidėjimas Versminio upelio vandenyje, Aukštaitijos KMS. Panašus deguonies kiekis šio upelio vandenyje buvo registruotas tik 1999, 2009 ir 2015 m.

Paskutiniaisiais metais kritulių kiekio kaitoje nustatyti vieni reikšmingiausių pokyčių per visą tiriamąjį laikotarpį. 2015 m. susidarė tik 425 mm Aukštaitijos KMS ir 670 mm Žemaitijos KMS. 2017 m. galima būtų įvardinti kaip perteklinės drėgmės metais. Šiais metais kritulių kiekis abiejose LM stotyse viršijo 1000 mm. Tai rekordinis kritulių kiekis per paskutiniuosius 25 metus, ypač Aukštaitijos KMS. 2018 m. sausra vėl sumažino vandens kiekius ir Aukštaitijos ir Žemaitijos KMS baseinuose, bet ne taip reikšmingai kaip 2015 m. sausra. Tokia kritulių kiekio kaita turėjo esminės įtakos biogeocheminiams procesams ir vandens srautams ekosistemoje, kurie savo ruožtu sąlygojo tiriamų biotos komponentų būklę, rūšinę įvairovę, gausumą ir medžių produktyvumą.

Aukštaitijos KMS paskutiniaisiais 2019-2020 m. kritulių normą vėl viršijo daugiametį vidurkį, dėl ko ekosistemoje po bepasikartojančių sausrų vėl turėjo atsikurti vandens lygis. Tokia kritulių kiekio kaita turėjo esminės įtakos biogeocheminiams procesams ir vandens srautams ekosistemoje, kurie savo ruožtu reikšmingai sąlygojo tiriamų biotos komponentų būklę, rūšinę įvairovę, gausumą ir medžių produktyvumą.

Per tiriamąjį 1994-2020 m. laikotarpį kritulių mažėjo rudenį (rugsėjo-lapkričio mėn.) -0,20 mm per metus ir pavasarį (kovo - gegužės mėn.) -0,18 mm per metus, nereikšmingai didėjo žiemą (gruodžio-vasario mėn.) +0,02 mm per metus ir ypač reikšmingai vasarą (birželio-rugpjūčio mėn.), net po +1,33 mm per metus.

Tokiu būdu šioje stotyje kritulių intensyvumas palaipsniui mažėja, lyginant su 1994-2015 m. laikotarpiu ir tai gali informuoti apie naujai kylančią grėsmę miško ekosistemos, beprasidedantį drėgmės trūkumą, kuris gali sukelti esminius ne tik geocheminius procesus miško ekosistemose, bet ir biotos gausumo, būklės ir atsparumo nepalankiems veiksniams pokyčius.

2020 m. Žemaitijos KMS kritulių kiekis viršijo daugiametę normą ir viršijo 1000 mm lygį. Atskirais sezonais kritulių kiekis Žemaitijos KM stotyse kito analogiškai Aukštaitijos KMS, skyrėsi tik kaitos intensyvumas. Jei kritulių kiekis Aukštaitijos KMS rodė intensyvumo mažėjimą, tai Žemaitijos stotyje, priešingai – kritulių kiekio intensyvumas pradėjo didėti. Pagrindinė priežastis gausūs krituliai 2017 ir 2020 m.

Žemaitijos KM stotyje 1994-2020 m. laikotarpį kritulių mažėjo tik pavasarį (kovo - gegužės mėn.) -2,44 mm per metus. Kitais metų sezonais kritulių kiekis didėjo: rudenį (rugsėjo-lapkričio mėn.) +2,64 mm per metus, žiemą (gruodžio-vasario mėn.) +0,86 mm per metus ir skirtingai negu Aukštaitijos KMS, mažiausiai reikšmingai vasarą (birželio-rugpjūčio mėn.), tik po +0,39 mm per metus.

Aukštaitijos KMS reikšmingai didėja kritulių intensyvumą liepos mėn., kai jis pradėjos siekti net po 2 mm per metus. Nauja grėsmė Žemaitijos KMS galėtų tapti sausi gegužės ir birželio mėnesiai.

2015-2018 m. gruntinio vandens lygį iš esmės sąlygojo kritulių kiekis, kuris kito nuo žemiausių iki didžiausių reikšmių Aukštaitijos KMS baseine. Būtent gausūs kritulių kiekiai 2017 m. ir sausra 2018 - 2019 m. sąlygojo tolesnį gruntinio vandens lygio žemėjimo procesą abiejų stočių gilesniuose ir ypač giliausiame gręžinyje.

2020 m. pasižymėjo tolesniu vandens lygio žemėjimu visuose gręžiniuose Aukštaitijos KMS, o Žemaitijos KMS gruntinio vandens lygio pokyčiai buvo nereikšmingi, nors kritulių kiekis paskutiniaisiais metais viršijo 1000 mm ribą, dėl ko kitais metais būtų tikėtinas gruntinio vandens lygio augimas visuose gręžiniuose.

Paskutiniųjų 2015-2018 m. krituliai turėjo reikšmingos įtakos upelio nuotėkiui, bet ne einamaisiais, o tik kitais ateinančiais metais. Dėl šios priežasties mažiausias nuotėkis per visą tiriamąjį laikotarpį Aukštaitijos KMS baseine buvo nustatytas 2016 m. po 2015 m. sausros, kuris nesiekė net 30 mm. Gausūs krituliai 2017 m. atkūrė upelio nuotėkį iki 80 mm lygmens, tačiau jo reikšmingas padidėjimas ir siekis daugiametės normos (apie 120 mm) buvo registruojamas 2018 m.

2019-2020 m. upelio nuotėkis Aukštaitijos KMS reikšmingai mažėja, tai galima nauja grėsmė miško ekosistemoms.

Vandens balanso sutrikdymas, kai didėjant kritulių kiekiui mažėja upelio nuotėkis, galėtų būti vertinamas kaip naujai registruojama grėsmė ekosistemoms (ne tik miško, bet ir agro bei vandens), kurią sąlygoja pastarojo laikotarpio intensyviai kylanti oro temperatūra.

Saulės spinduliuotė paskutiniu metu 21 m. laikotarpiu didėja. Intensyviausiai ir reikšmingiausiai didėja FAR spinduliuotė, kuri per 22 m. laikotarpį didėja vidutiniškai 1,66 w/m²

per metus. Bendrosios saulės spinduliuotės kaita yra kiek mažesnė ir siekia $0,38 \text{ w/ m}^2$ per metus. Spinduliuotės maksimalių reikšmių kaitoje stebimas iki $2,2 \text{ w/ m}^2$ spinduliuotės aktyvumo augimas per metus.

Bendroji saulės spinduliuotė reikšmingiausiai didėja gegužės, birželio ir rugpjūčio mėnesiais beveik siekdama 2 W/ m^2 per metus reikšmę.

Maksimalių reikšmių sekoje išsiskiria sausio, kovo-balandžio ir liepos mėnesiai, kada maksimalios reikšmės didėja vidutiniškai po virš 3 W/ m^2 per metus.

Saulės spinduliuotės reikšmingas didėjimas vasaros laikotarpiu turėjo reikšmingos įtakos šių mėnesių temperatūros kilimui tirtuose KM stotyse.

Per paskutinįjį 21 m. laikotarpį reikšmingai šiltuoju laikotarpiu didėja fotosintetiškai aktyvi saulės spinduliuotė ir ypač gegužės-birželio ir rugpjūčio mėnesiais – virš $3,5 \text{ w/m}^2$ per metus.

Didesnė santykinė drėgmė ir gausūs krituliai turi reikšmingos įtakos Saulės spinduliuotės pasiekiančios Žemės paviršių intensyvumo slopinimui.

Saulės spinduliuotės intensyvumo didėjimas gali turėti reikšmingos įtakos gerėjančiam miškų būklei ir produktyvumui, o taip pat ir kitų miško ekosistemų biotos komponentų įvairovei ir gausai.

Pažemio ozono tyrimų rezultatai parodė, kad per 27 m. laikotarpį stebima mėnesio vidutinių koncentracijų mažėjimo tendencija, kuri Dzūkijoje ir iš dalies Aukštaitijoje yra statistiškai reikšminga ($p < 0,05$). Būtent per šį laikotarpį Dzūkijoje O_3 koncentracija mažėja po $0,02 \mu\text{g/m}^3$, Aukštaitijoje $0,015 \mu\text{g/m}^3$ ir Žemaitijoje mažiausiai po $0,011 \mu\text{g/m}^3$ per mėnesį.

Vegetacijos laikotarpiu intensyviausiai ir statistiškai reikšmingai O_3 koncentracijos mažėja Dzūkijoje ir Žemaitijoje, maždaug po $0,29 \mu\text{g/m}^3$ per metus, kiek silpniau Aukštaitijos KMS po $0,22 \mu\text{g/m}^3$ per metus.

Šaltuoju laikotarpiu vidutinės mėnesio ozono koncentracijos didėja: Aukštaitijos KMS $0,22 \mu\text{g/m}^3$, o Dzūkijoje ir Žemaitijoje po $0,18 \mu\text{g/m}^3$ per metus. Tai būtų galima vardinti, kaip naują grėsmę Lietuvos miškams.

Vidutinė metinė priežemio ozono koncentracija mažėja: intensyviausiai Aukštaitijos KMS – po $0,15 \mu\text{g/m}^3$, žymiai silpniau Dzūkijoje – po $0,06 \mu\text{g/m}^3$ ir silpniausiai Žemaitijos KMS – po $0,047 \mu\text{g/m}^3$ per metus.

Daugiametė vidutinė pažemio ozono koncentracija didžiausia Aukštaitijos KMS - $52,1 \mu\text{g/m}^3$, kiek mažesnė Žemaitijoje $49,7 \mu\text{g/m}^3$ ir mažiausia Dzūkijoje $48,8 \mu\text{g/m}^3$.

Metinių maksimalių koncentracijų kaitoje nustatyta reikšminga mažėjimo tendencija Aukštaitijos ir Dzūkijos KM stotyse, kur ji siekė apie $1,47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per metus. Žemaitijos KMS ši tendencija buvo žymiai mažesnė ir siekė tik $0,35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per metus.

Aukštaitijos KMS vidutinė mėnesio O_3 koncentracija mažėja nuo gegužės iki gruodžio mėn. imtinai ir šis mažėjimas pasiekia reikšmingumo lygmenį VII, IX, X ir ypač XI mėnesiais, svyruodami apie $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per metus lygį.

Maksimalių koncentracijų kaitoje išryškėja vegetacijos laikotarpis, kai birželio-rugsėjo mėn. laikotarpiu maksimalios O_3 koncentracijos mažėja reikšmingiausiai viršydamos net ir $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per metus lygį.

Tiek bendroji Saulės vidutiniška, tiek ir maksimalios jos reikšmės turi reikšmingos įtakos maksimalių pažemio ozono koncentracijų susidarymui, t.y. paaiškindamos beveik iki 60% šių koncentracijų kaitos.

Labai reikšmingu poveikiu ozonui susidaryti pasižymi ir santykinė oro drėgmė. Didesnė drėgmė panašiai slopina tiek vidutinių, tiek ir maksimalių koncentracijų susidarymą. Ji paaiškina atitinkamai apie 35 ir 45 % šių ozono koncentracijų kaitos.

Pažemio ozono koncentracijas taip pat mažina ir vėjas, ypač jo poveikis reikšmingas maksimalioms ozono koncentracijoms susidaryti.

Vienas iš reikšmingiausių veiksnių sąlygojančių pažemio ozono susidarymą Lietuvoje būtų galima laikyti kritulių pakankamai reikšmingą gausėjimą rugpjūčio ir ypač liepos mėnesiais.

Pažemio ozono koncentracijų mažėjimą sąlygoja nelabai intensyviai kylanti saulės bendroji spinduliuotė liepos mėnesį, pradedanti mažėti vidutinė oro temperatūra balandžio ir liepos mėnesiais, bei didėjantis kritulių kiekis rugpjūčio ir ypač liepos mėnesį.

Ozono koncentracijoms toliau mažėjant medžių lapų būklė ateityje turėtų gerėti, o prieaugis didėti.

II. MIŠKO EKOSISTEMŲ SUMEDĖJUSIOS AUGMENIJOS MONITORINGAS KOMPLEKSNIO MONITORINGO TERITORIJOSE (A.Augustaitis)

2.1. Miškų būklės dinamika integruoto monitoringo stočių teritorijose

Ekologinio monitoringo sistemoje miškų būklės tyrimai užima vieną iš pagrindinių vietų. Pagal medžių būklę ir jos pokyčius sprendžiama apie vienokių ar kitokių cheminių elementų ar jų junginių kiekius aplinkoje bei jų pokyčius, o taip pat ir apie kitus biotinius ir abiotinius aplinkos faktorius. Sąlyginai nepakenktų miškų būklės dinaminiai tyrimai įgalina analizuoti būklės pokyčius ir juos sąlygojančius veiksnius regioniniu mastu.

Darbo tikslas: nustatyti KMS teritorijose augančių medynų būklę, įvertinti išaiškintus pokyčius ir bei juos lėmusius pagrindinius biotinius ir abiotinius veiksnius.

Miškų būklės tyrimai vykdomi skritulinėse 10m spindulio ploteliuose kasmet: Aukštaitijos KMS 50 ir Žemaitijos KMS - 37 pastoviuose tyrimo ploteliuose. Visoje stoties teritorijoje Aukštaitijoje ir Žemaitijoje būklės tyrimai buvo vykdomi 1993(94), 1996, o nuo 1998 kasmet. 2020 m. atlikta 26-ta miškų būklės apskaita.

2.1.1. Aukštaitijos KMS medynų būklė

Per 1993-96 metų laikotarpį visų tirtų rūšių vidutinė medžių lajų defoliacija padidėjo 2 kartus. Vyraujančios paprastosios pušies tirtų medžių vidutinė defoliacija padidėjo nuo 16,9% 1993 m. net iki 24,1% - 1996 m. (2.1 lentelė).

Per 1998-99 m. laikotarpį užfiksuotas žymus medžių būklės pagerėjimas. Tirtų pušų vidutinė lajos defoliacija sumažėjo nuo 24,1 iki 18,4%. Vidutinė eglių defoliacija taip pat sumažėjo nuo 34,4 iki 26,6%.

2000 m. užfiksuotas pakartotinis medynų būklės pablogėjimas, ypač pušynų ir beržynų, kurių vidutinė defoliacija padidėjo apie 2%. Šių medynų būklės pablogėjimą galėjo sąlygoti kritulių trūkumas pirmoje vegetacinio periodo pusėje. Eglynų būklė per šį laikotarpį praktiškai išliko stabili.

2001 m. medynų būklė esminiai pagerėjo. Visų tirtų medžių vidutinė defoliacija sumažėjo nuo 25,0% iki 23,2%. Tai intensyviausias teigiamas pušų būklės pokytis. Medžių vidutinė defoliacija sumažėjo apie 2,6 % ir siekė tik 17,4%. Tirtų eglių vidutinės defoliacijos sumažėjimas ne toks ryškus, nors viršija 1,5% ir siekė 25,1%. Beržų būklė per paskutinįjį laikotarpį išlieka stabili. Jų defoliacija svyruoja 23% ribose.

2.1 lentelė. Aukštaitijos kompleksinio monitoringo stoties teritorijose augančių įvairių išsivystymo klasių medžių vidutinė defoliacija

Medžio rūšis	Kr. kl.	1993		1996		1999		2002		2005		2008		2011		2014		2017		2019		2020	
		F	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F	N
		%	vnt.	%	vnt.	%	vnt.	%	vnt.	%	vnt.	%	vnt.	%	vnt.	%	vnt.	%	vnt.	%	vnt.	%	vnt.
ALNU GLU	V	15±...	1	15±...	1	20±...	1	25±...	1	30±	1	30±		20±	1	30±	1	70±	1			±	
ALNU GLU	D	5±...	1	15±...	1	15±...	1	20±...	1	15±	1	15±		5±	1	5±	1	10±	1	10±	1	5.0±	1
ALNU GLU	U	20±...	1	15±...	1	80±...	1	90±...	1			±										10.0±	1
ALNU GLU		13,3±4,4	3	15,0±0,0	3	38,3±21	3	45,0±22	3	22,5±7,5	2	22,5±7,5	2	12,5±7,5	2	17,5±7,5	2	40,0±30	2	10,0±	1	7.5±2.5	2
BETULA SP	V	12,9±2,2	28	23,2±5,2	28	20,4±3,1	25	17,0±1,5	23	17,0±1,4	23	19,3±2,2	23	21,6±4,2	22	29,5±7,2	20	18,4±2,0	16	21,6±2,5	16	15.2±1.9	18
BETULA SP	D	12,9±2,8	21	19,3±4,3	20	15,8±1,4	18	16,7±1,4	14	14,1±1,3	16	21,9±5,4	16	17,3±4,0	15	13,5±1,4	13	15,8±1,6	12	17,5±1,7	12	9.4±1.0	34
BETULA SP	K	14,1±3,1	39	20,3±3,1	39	22,8±2,9	34	27,4±3,3	34	25,2±3,7	32	18,3±1,7	27	26,1±3,6	27	19,1±4,3	22	21,6±4,6	19	18,9±1,4	17	13.8±1.3	35
BETULA SP	U	10,9±1,3	11	24,5±7,6	11	27,5±3,5	10	37,2±8,7	9	27,9±7,5	7	33,3±8,9	6	22,0±3,4	5	36,0±16	5	17,5±2,5	2	15,0±	2	12.5±2.5	2
BETU PEN		15,4±2,1	68	23,1±3,0	67	18,7±1,7	58	19,8±2,1	56	20,4±2,4	51	18,7±2,1	48	19,2±2,3	46	21,7±4,4	39	17,5±3,1	31	16,7±1,1	30	11.1±0.8	71
BETU PUB		8,2±1,0	31	17,6±2,8	31	26,2±2,9	29	30,2±3,2	28	21,3±2,7	27	24,6±2,7	24	28,9±4,3	23	24,8±4,4	21	21,4±1,8	18	23,6±1,9	18	17.8±1.6	18
BETULA SP		13,1±1,5	99	21,4±2,3	98	21,2±1,5	87	23,3±1,8	80	20,7±1,8	78	20,7±1,7	72	22,5±2,1	69	22,7±3,2	60	19,0±1,9	49	19,2±1,1	48	12.4±0.8	89
FRAX EXC		0±...	1	10±...	1	20±...	1	30±...	1	95±	1	±		±								±	
PICE ABI	V	11,2±1,2	78	35,6±3,5	78	19,4±1,9	62	21,0±2,9	59	13,3±0,8	53	18,5±2,6	53	14,4±1,4	47	13,7±1,2	45	14,3±1,4	41	19,7±3,2	44	14.7±1.9	44
PICE ABI	D	14,8±1,4	103	35,5±2,6	103	23,0±1,4	87	22,2±1,7	80	22,6±2,3	72	17,9±1,2	66	21,5±2,6	65	15,9±1,0	59	14,7±0,9	57	17,4±1,5	113	15.7±1.2	128
PICE ABI	K	14,9±0,8	217	33,3±1,6	216	23,4±0,6	191	23,0±0,9	185	23,8±1,1	179	21,5±1,0	169	23,5±1,4	150	21,6±1,4	137	19,3±0,8	129	23,5±1,5	132	20.1±1.3	154
PICE ABI	U	16,5±0,6	308	34,3±1,1	307	31,0±0,9	281	31,6±1,1	271	31,1±1,0	244	32,9±1,3	229	40,2±1,8	206	32,6±1,6	170	32,6±1,6	155	35,3±1,8	147	32.1±1.9	156
PICE ABI		15,2±0,4	706	34,3±0,9	704	26,3±0,5	623	26,6±0,7	599	25,9±0,7	548	25,8±0,8	517	29,7±1,1	468	24,5±0,9	411	22,7±0,8	382	25,5±1,0	436	22.3±0.9	482
PINU SYL	V	13,7±1,2	127	19,2±1,6	127	17,4±1,0	120	16,6±0,6	119	15,3±1,1	118	14,4±0,8	116	17,2±1,2	115	15,9±1,0	114	15,6±0,8	110	16,8±0,9	112	14.3±0.9	113
PINU SYL	D	22,9±3,3	52	31,6±4,3	52	18,1±1,2	44	18,1±1,2	44	16,7±2,1	44	14,5±0,9	43	17,7±1,1	43	17,0±1,0	43	18,6±1,1	43	20,1±1,3	43	18.5±2.2	43
PINU SYL	K	22,1±4,6	14	27,1±6,0	14	21,2±1,9	13	19,6±1,3	13	17,7±1,6	13	16,9±1,1	13	20,0±1,7	13	17,7±1,4	13	20,4±1,4	13	20,4±1,7	13	15.8±1.6	13
PINU SYL	U	20,0±2,5	9	45,0±11	9	35,8±13	6	25,0±6,3	5	24,0±4,3	5	28,7±6,6	4	47,5±19	4	46,7±26	3	20,0±0,0	2	22,5±2,5	2	17.5±2.5	2
PINU SYL		16,9±1,2	202	24,1±1,7	202	18,4±0,9	183	17,4±0,5	181	16,1±0,9	180	15,0±0,6	176	18,2±1,0	175	16,8±0,8	173	16,8±0,6	168	18,0±0,7	170	15.5±0.8	171
TILI COR	K	5,7±0,7	7	10,0±0,0	7	15,0±1,1	7	8,6±0,9	7	6,4±0,9	7	14,3±1,3	7	10,7±1,7	7	15,1±1,1	7	12,1±1,0	7	12,8±1,0	7	5.7±1.3	7
TILI COR	U	7,5±2,5	2	10,0±0,0	2	22,5±7,5	2	12,5±7,5	2	15,0±5,0	2	20,0±5,0	2	15,0±5	2	22,5±7,5	2	17,5±2,5	2	15,0±10	2	5.0±5.0	2
TILI COR		6,1±0,7	9	10,0±0,0	9	16,7±1,9	9	9,4±1,5	9	8,3±1,7	9	15,5±1,5	9	11,7±1,7	9	16,7±1,9	9	13,3±1,2	9	13,3±1,9	9	5.5±1.3	9
Visų rūšių	V	12,7±0,8	234	25,1±1,6	234	18,4±0,9	208	17,9±0,9	202	15,0±0,7	195	16,2±0,9	193	17,0±1,0	185	16,9±1,1	180	15,9±0,7	168	18,0±1,0	172	14.5±0.8	175
Visų rūšių	D	16,9±1,3	177	32,3±2,1	176	20,6±0,9	150	20,2±1,0	143	19,6±1,5	133	17,3±1,0	126	19,5±1,5	124	15,9±0,7	116	16,3±0,6	113	18,1±1,1	169	15.2±0.9	206
Visų rūšių	K	14,8±0,8	279	30,4±1,4	278	22,9±0,6	247	23,0±0,9	245	23,5±1,1	233	20,6±0,8	217	23,2±1,2	198	20,7±1,2	180	19,3±0,8	169	22,3±1,2	171	18.3±1.0	210
Visų rūšių	U	16,3±0,6	331	34,0±1,1	330	31,3±0,9	300	31,7±1,1	288	30,8±1,0	258	32,8±1,3	241	39,7±1,8	217	32,8±1,7	180	30,2±1,6	161	34,6±1,7	153	31.2±1.8	163
VISŲ RŪŠIŲ		15,2±0,4	1021	30,7±0,7	1018	24,2±0,5	905	24,2±0,5	878	23,1±0,6	819	22,7±0,6	777	25,9±0,8	724	22,2±0,7	656	20,7±0,6	611	22,9±0,7	665	19,4±0,6	754

Pastaba: - būklė blogėja; - būklė gerėja; - būklė stabili.

2002-2003 m. medynų būklę, mūsų manymu, sąlygojo sausra. Dėl šios priežasties užregistruotas visų rūšių medžių būklės pablogėjimas. Stipriausiai sausra paveikė egles. Jų vidutinė defoliacija padidėjo nuo 25,1 iki 28,9%. Šis neigiamas būklės pokytis buvo reikšmingas ($p < 0,05$).

2004 m. medžių lajų būklė vėl pagerėjo. Vidutinė defoliacija sumažėjo nuo 2 % viršaujančių medžių iki 4 % vyraujančių. Po sausros intensyviausiai atsikūrė eglių lajos. Defoliacija sumažėjo nuo 28,9 iki 25,9 %.

2006 m. medžių lajų būklė pakartotinai blogėjo. Tirtų pušų lajos defoliacija padidėjo reikšmingai nuo 16,1 iki 17,9% ($p < 0,05$). Eglių lajų defoliacijos padidėjimas buvo nereikšmingas, o beržų defoliacija nežymiai sumažėjo, nuo 20,4 iki 18,7% ($p > 0,05$). Sausra ir karštis vegetacinio sezono viduryje galėjo turėti lemiamos reikšmės medžių defoliacijos padidėjimui. 2007 m. medžių lajų būklė išliko stabili.

2008 m. buvo registruojamas visų rūšių medžių lajų būklės pagerėjimas. Intensyviausiai pagerėjo eglių, mažiausiai reikšmingai pušų lajų būklė.

2009 m. tirtų medžių vidutinis lajų būklės rodiklis iš esmės vėl pablogėjo. Vidutinė lajų defoliacija padidėjo iki 24,8%. Intensyviausiai blogėjo eglių ir pušų lajų būklė. Vidutinė defoliacija padidėjo atitinkamai nuo 25,8 iki 28,4% ir nuo 15,0 iki 17,7%. Tik beržų lajų defoliacija jau kelis metus pastoviai mažėja, t.y. nuo 23,2% 2007 metais iki 18,2% 2009.

2010 m. medžių lajų būklė toliau blogėjo ir visų tirtų medžių lajų vidutinė defoliacija pasiekė 25,1% lygį. Reikšmingiausiai blogėjo beržynų būklė, vidutinė defoliacija per paskutiniuosius metus padidėjo nuo 18,2 iki 24,9%, kiek mažiau – pušynų būklė, nuo 17,7 iki 19,5%, o eglynų būklė priešingai – pagerėjo, vidutinė defoliacija sumažėjo nuo 28,4 iki 27,4%.

2011 m. bendra medžių lajų būklė nežymiai dar labiau pablogėjo. Jų vidutinė defoliacija padidėjo iki 25,9 %. Tokį pablogėjimą lėmė pagrindė tik paprastosios eglės medžių lajų vidutinės defoliacijos reikšmingas padidėjimas nuo 27,4 iki 29,7%. Beržų ir pušų lajų vidutinė defoliacija mažėjo (1 lentelė).

2012 m. po keturių metų pertraukos Aukštaitijos KMS baseine augančių medžių lajų būklė pagerėjo iš esmės. Labiausiai sumažėjo eglių lajų defoliacijos laipsnis, t.y. beveik 3%, kiek mažesnis pagerėjimas buvo pušų lajų, kurių vidutinė defoliacija sumažėjo 2%. Skirtingai negu spygliuočių medžių, beržų lajų defoliacija padidėjo beveik 1%, nors toks padidėjimas nebuvo statistiškai reikšmingas.

2013 m. Aukštaitijos KMS baseine augančių medžių vidutinė defoliacija praktiškai išliko tokia pati kaip ir 2012 m. Nežymiai keitėsi tik atskirų medžių rūšių lajų vidutinė defoliacija: sumažėjimo tendencija buvo registruojama beržų lajų, o didėjimo tendenciją visų stebimų

spygliuočių medžių rūšių. Tiriant įvairių išsivystymo grupių medžių lajų defoliacijos pokytį, nustatyta, kad 2013 m. viršaujančių ir vyraujančių medžių lajų defoliacija nežymiai padidėjo. Atsilikusiu augime medžių defoliacija sumažėjo, o stelbiamų medžių išliko tokia pati kaip ir 2012m.

2014 m. įvyko esminiai medžių lajų būklės pokyčiai. Pagerėjo ir stebimų pušų ir ypač eglų lajų būklė. Vidutinė eglų lajų defoliacija sumažėjo nuo 27,0% iki 24,5%, ir šis sumažėjimas buvo statistikai patikimas ($p < 0,05$). Reikšmingiausiai pagerėjo vyraujančių medynuose eglų lajų būklė. Jų defoliacija sumažėjo net 5,2%, t.y. nuo 21,1 iki 15,9%. Kitų išsivystymo klasių eglų lajų defoliacijos laipsnio sumažėjimas kito nuo 0,6 iki 3,2%. Pušų lajų būklė taip pat pagerėjo, nors defoliacijos sumažėjimas siekė tik 0,6% ir jis buvo statistikai nepatikimas ($p > 0,05$). Intensyviausiai pagerėjo vyraujančių pušų lajų būklė. Jų vidutinė defoliacija sumažėjo virš 1%, t.y. nuo 18,1 iki 17,0%. Lapuočių medžių lajų būklė pablogėjo.

2015 m. Aukštaitijos IMS baseine toliau vyko esminiai medžių lajų būklės pokyčiai. Gerėjo praktiškai visų stebimų medžių lajų būklė, nors ne visada statiškai reikšmingai. Reikšmingiausiai vidutinė defoliacija mažėjo stebimų beržų, nuo 22,7 iki 14,5%. Daugiau nei 2 kartus defoliacijos sumažėjimas registruotas tarp viršaujančių beržų. Arti reikšmingumo lygmens mažėjo eglų ir pušų lajų vidutinė defoliacija. Vidutinė eglų lajų defoliacija sumažėjo nuo 24,5% iki 22,3%, o pušų nuo 16,8 iki 15,8%. Reikšmingiausiai pagerėjo stelbiamų ir užstelbtų šių rūšių medžių lajų vidutinė defoliacija. Viršaujančių ir vyraujančių medynuose medžių lajų defoliacija praktiškai išliko stabili. Tarp įvairių išsivystymo klasių, reikšmingiausiai vidutinė defoliacija mažėjo taip pat stelbiamų ir užstelbtų medžių lajų. Vertinant visų medžių lajų vidutinės defoliacijos pokytį matyti, kad 2015 m. stebimų medžių lajų vidutinė defoliacija buvo viena mažiausių per visą tiriamąjį laikotarpį ir siekė 19,7%.

Paskutiniuoju laikotarpiu miškų būklė buvo sąlygota 2015 m. sausros ir išskirtinai gausių kritulių 2017 m. Tokios išskirtinės meteorologinės sąlygos neigiamai paveikė medžių lajų būklę Aukštaitijos KMS baseine. Intensyviausiai padidėjo beržų lajų vidutinė defoliacija. Išsamus ekofiziologiniai šių medžių tyrimai parodė, kad būtent beržai yra mažiausiai prisitaikę prie dabarties klimato kaitos. Sausros ypač stipriai paveikia beržų fiziologinius procesus, ko pasekoje ne tik kad blogėja jų būklė, bet ir mažėja prieaugis. Tokiu būdu Aukštaitijos KMS baseine augančių karpuotųjų beržų būklė pablogėjo 4,3%, t.y. nuo 13,2% iki 17,5%, o plaukuotųjų beržų net 5,3%, t.y. nuo 16,1% iki 21,4%. Spygliuočių medžių rūšių: paprastosios eglės ir paprastosios pušies medžių lajų vidutinė defoliacija padidėjo žymiai mažiau. Jei pušų lajų defoliacija padidėjo 1,0%, t.y. nuo 15,8% iki 16,8%, tai eglų lajų defoliacijos padidėjimas siekė vos 0,4%, t.y. defoliacija padidėjo nuo 22,3% iki 22,7%.

2018 m. vėl išsiskyrė sausras epizodu, kuris apėmė 4,5 mėn. laikotarpį, t.y. nuo vasario iki vidurio birželio mėn. Miškų būklė šiais metais keitėsi panašiai, kaip ir per sausringus 2015m. Nežymus defoliacijos sumažėjimas buvo registruojamas beržų ir pušų, o nežymus padidėjimas eglių tirtų medžių. Tokios medžių lajų būklės kaitos rezultatas – 2018 m. tirtų medžių lajų būklė nežymiai pablogėjo.

Išskirtiniai buvo 2019 m., kai vegetacinio sezono pradžioje buvo registruojama sausra, o liepos pradžioje keliais laipsniais negu daugiametė žemesnė oro temperatūra. Reikšmingą įtaką medžių būklei galėjo turėti ir karščio bangos liepos mėn. pabaigoje bei rugpjūčio mėn. Tokių klimatinių sąlygų rezultatas pablogėjusi praktiškai visų stebėtų medžių lajų būklė.

Reikšmingiausiai pablogėjo pelkinėse miško augavietėse augančių beržų būklė, kurių defoliacija 2019 m. padidėjo nuo 20,3% iki 23,6%. Šį pablogėjimą lėmė ypač dominuojančių medyne ir viršaujančių (stambiausių medžių) lajų defoliacijos laipsnio padidėjimas. Tai prasto beržų adaptatyvumo prie dabartinių aplinkos sąlygų rodiklis.

Kiek silpniau blogėjo paprastosios pušies medžių lajų būklė. Per 2019 m. jų vidutinė defoliacija padidėjo nuo 16,4 % iki 18,0 %. Intensyviausiai blogėjo viršaujančių medžių lajų būklė, kas rodo, kad būtent sausra ir karščio bangos turėjo reikšmingiausios neigiamos įtakos patiems didžiausiems ir gerai išsivysčiusiems pušies individams. Tai patvirtina mūsų nustatytus dėsningumus pušynuose, remiantis kuriais yra teigiama, kad stambiausi medynėse medžiai yra jautriausi aplinkos kaitai.

Mažiausiai blogėjo paprastųjų eglių būklė, nors žuvusių dėl žievėgraužio tipografo pažeidimų medžių skaičius išaugo lyginant su 2018 m. 2019 m. stebėtų eglių vidutinė defoliacija padidėjo nuo 24,8 % iki 25,5 %. Čia, kaip ir pas kitas stebėtas medžių rūšis, intensyviausiai medžių lajų defoliacija padidėjo stambiausių ir viršaujančių medynėse eglių, t.y., nuo 15,7 % iki 19,7 %. Pagrindinė tokio padidėjimo priežastimi reikia laikyti tipografo pažeidimus ir ypač brandžių ir perbrendusių eglių. Dominuojančių medynėse eglių vidutinė defoliacija padidėjo vos tik 1,6 %, o stelbiamų, ir kiek tai apsaugotų nuo nepalankių aplinkos veiksnių poveikio individų tik 0,9 %. Gauti rezultatai patvirtino mūsų gautus rezultatus, gautus tiriant eglių ekofiziologines reakcijas nepalankių veiksnių laikotarpiu – paprastoji eglė yra gerai prisitaikiusi prie dabartinių klimato kaitos ypatumų. Jos prieaugis yra vienas iš didžiausių lyginant su kitomis medžių rūšimis, o lajų būklė blogina žievėgraužio tipografo pažeidimai, bet kaip taisyklė, tik vyresniuose (brandžiuose ir perbrendusiuose) medynuose

Būklės nežymus pagerėjimas nustatytas tik iš dalies stelbiamų beržų, augančių natūraliai drėkinamose miško augavietėse. Jų vidutinė defoliacija sumažėjo nuo 20,8% iki 18,9 %. Tai gali būt aiškinama kaimyninių medžių priedangos teigiamų efektu.

2020 m. įvyko reikšmingiausi būklės pokyčiai per visą tiriamąjį laikotarpį. Visų tirtų medžių lajų vidutinė defoliacija sumažėjo vidutiniškai 3,5 %, nuo 22.9% iki 19.4%. Tokios geros būklės medynai Aukštaitijos KMS buvo tik tyrimų pradžioje.

Reikšmingiausiai pagerėjo beržų lajų būklė, vidutiniškai nuo 16,7 % iki 11,1 %. Intensyviausiai jų tarpe gerėjo viršaujančių ir vyraujančių medynuose beržų būklė, kurių vidutinė defoliacija sumažėjo daugiau negu 5 %. Kiek silpniau gerėjo stelbiamų ir mažiausiai pagerėjo užstelbtų beržų būklė.

Intensyvių lajų būklės gerėjimu pasižymėjo ir eglės, nepaisant pakankamai intensyvaus jų pažeidimų dėl žievėgraužio tipografo veiklos. Medžių išsivystymo lygis neturėjo esminės įtakos lajos būklės pagerėjimo intensyvumui. Vienodai pagerėjo tiek viršaujančių, tirk ir stelbiamų eglių būklė, t.y. vidutiniškai apie 3% .

Pušų lajų būklės pagerėjimo intensyvumas kiek mažesnis negu beržų bet didesnis negu eglių, ypač stelbiamų ir užstelbtų medžių grupėje, kuo lajų vidutinė defoliacija sumažėjo iki 5 %. Viršaujančių ir vyraujančių medyne pušų lajų būklės pagerėjimas siekė panašiai kaip ir eglių, apie 3 – 4 %.

Tokiam reikšmingam medžių lajų būklės pagerėjimo procesui reikšmingos įtakos galėjo turėti ypač šilta ir besniegė žiema bei gausūs krituliai praėjusio rudens ir žiemos laikotarpiais.

Apibendrinus paskutiniųjų metų medžių lajų vidutinės defoliacijos kaitos rezultatus galima būtų teigti, kad sausra ir karščio bangos neigiamai sąlygoja visų tirtų Aukštaitijos KMS baseine augančių medžių lajų būklę, tačiau jos poveikis paprastosios eglės medžiams buvo mažiausias.

2020 m. šiltos žiemos, gausių kritulių praėjusio sezono rudens ir žiemos laikotarpiu bei padidėjusio dirvožemio drėgnio poveikio rezultatas – išskirtinai intensyvus tirtų medžių lajų būklės atsikūrimas Aukštaitijos KMS baseino mišriuose spygliuočių su lapuočiais medynuose.

2.1.2. Žemaitijos KMS medynų būklė.

Žemaitijos IM teritorijoje augančių medžių būklė kito analogiškai Aukštaitijos IMS medžių būklei. Per pirmąjį dviejų metų laikotarpį vidutinė visų tirtų medžių defoliacija padidėjo nuo 25% iki 33%. Eglėnų būklė per šį laikotarpį pablogėjo intensyviausiai. Jų vidutinė defoliacija padidėjo nuo 19,7% iki 28,7%. Per 1998-1999m. laikotarpį stebimas žymus medynų būklės atsikūrimas.

Tirtų medynų vidutinė defoliacija sumažėjo iki 20,2%. Eglynų būklė stabilizavosi ir pradėjo gerėti. 2000 m. medynų būklė vėl pablogėjo, vidutinė defoliacija pakilo iki 23,4%. Didžiausias neigiamas būklės pokytis užfiksuotas tirtų pušų bei beržų, kur jis sudaro 4-5%. Kiek mažesnis eglių defoliacijos pokytis, kuris siekia 3%.

2001 metais buvo stebimas medynų būklės pagerėjimas. Vidutinė tirtų medžių defoliacija sumažėjo net apie 3% ir siekė 20,3%. Intensyviausiai pagerėjo eglių būklė. Jų vidutinė defoliacija sumažėjo apie 4%. Tirtų beržų ir pušų vidutinės defoliacijos pokytis kiek mažesnis ir siekė apie 2%.

2002 m. medynų būklės pablogėjimą sąlygojo sausas vegetacinis periodas bei gausios snieglaūžos vasario mėnesį. Dėl šių veiksnių intensyviausiai pablogėjo spygliuočių medynų būklė. Vidutinė pušynų defoliacija padidėjo virš 6%, nuo 19 iki 25,3%. Vyraujančių medyne pušų vidutinė defoliacija padidėjo 5,6%, nuo 18,4 iki 24, o užstelbtų – beveik 13%, nuo 24,5 iki 37,3%. 2003 m. stebimas tirtų medžių vidutinės defoliacijos sumažėjimas iki 22,2%, o 2004 m. padidėjimas iki 23,6% buvo statistikai nereikšmingas ($p > 0,05$).

2003-2007 metų laikotarpiu tik eglių vidutinė defoliacija kito reikšmingai. Dėl sausros poveikio 2002 m. jų vidutinė defoliacija padidėjo apie 4%, t.y. nuo 20,7 iki 24,1%. Kitais metais jau buvo registruojamas defoliacijos sumažėjimas iki 22,6%, o paskutiniaisiais metais padidėjimas iki 24,2% (2004), 25,2% (2005), 26,9% (2006) ir 28,2% (2007). Šiuo laikotarpiu beržų ir pušų lajų vidutinė defoliacija nors ir nereikšmingai, tačiau didėjo. 2008 m. visų medžių būklė pagerėjo. Reikšmingiausiai pagerėjo beržų, kiek mažiau eglių, o pušų lajų būklės pagerėjimas buvo mažiausias. 2009 m. buvo užregistruotas vienas reikšmingiausių tirtų medžių lajų būklės pagerėjimų. Vidutinė visų medžių lajų defoliacija sumažėjo nuo 24% iki 20,7%. Kaip ir praėjusiais metais toliau mažėjo eglių lajų defoliacijos laipsnis, kiek silpniau pušų ir mažiausiai reikšmingas buvo beržų lajų defoliacijos laipsnio sumažėjimas. 2010 m. medžių lajų būklė pablogėjo iš esmės. Lajų vidutinė defoliacija padidėjo nuo 20,7 iki 21,3%, tačiau šis pablogėjimas buvo nereikšmingas ($p > 0,05$). Iš vyraujančių medžių rūšių, intensyviausiu defoliacijos padidėjimu pasižymėjo eglės, nors jų lajų vidutinė defoliacija padidėjo vos 0,4%, t.y. nuo 21,1 iki 21,5%. Kitų vyraujančių medžių rūšių vidutinė defoliacija sumažėjo: beržų nuo 20,2 iki 18,5%, o pušų nuo 19,4 iki 19,1%.

2.2 lentelė. Žemaitijos kompleksinio monitoringo stoties teritorijose augančių įvairių išsivystymo klasių medžių vidutinė defoliacija

Medžio rūšis	Kr kl.	1993		1996		1999		2002		2005		2008		2011		2014		2017		2019		2020	
		F	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F	N
		%	vnt.	%	vnt.	%	vnt.	%	vnt.	%	vnt.	%	vnt.	%	vnt.	%	vnt.	%	vnt.	%	vnt.	%	vnt.
ACER PLA		7,5±2,5	2	10,0±0	2	10,0±0	2	7,5±2,5	2	10,0±	2	7,5±2,5	2	7,5±2,5	2	10±0,0	2	10,0±0,0	2	5,0±	2	10,0±	2
BETU PEN	V	16,7±1,7	3	20,0±2,9	3	25,0±7,6	3	20,0±0,0	3	16,2±4,3	4	22,5±4,8	4	20,0±7,3	4	15,0±2,9	3	11,7±1,7	3	18,3±1,7	3	15,0±2,9	3
BETU PEN	D	12,5±1,8	14	13,6±1,0	14	13,1±1,4	13	14,6±1,5	13	23,5±6,5	13	17,0±1,5	10	14,4±1,8	9	24,4±9,5	9	13,1±1,3	8	16,9±1,3	8	13,1±2,0	8
BETU PEN	K	14,0±1,4	20	18,5±4,3	20	24,8±5,3	20	21,3±2,6	16	22,5±3,0	18	18,7±2,2	12	22,3±7,8	11	16,4±1,7	11	15,4±1,7	11	18,7±1,7	11	15,4±2,0	12
BETU PEN	U	14,2±3,0	6	16,7±2,1	6	23,0±3,4	5	22,0±3,4	5	25,0±4,5	5	47,5±3,2	2	20,0±	1	15±	1	25,0±..	1	20,0±	1	15,0±	1
BETU PEN		13,7±1,0	43	16,7±2,1	43	20,9±2,8	41	18,9±1,4	37	22,4±2,6	40	20,7±2,5	28	19,0±3,6	25	19,2±3,6	24	14,6±1,1	23	18,1±1,0	23	14,6±1,2	24
PICE ABI	V	11,9±1,0	108	19,4±2,0	108	13,1±0,8	100	14,2±1,4	99	18,5±1,5	61	18,1±1,8	55	14,6±0,9	54	18,5±2,8	54	19,0±2,9	49	33,3±4,4	46	28,8±4,6	46
PICE ABI	D	17,2±1,2	175	27,9±2,0	172	16,6±0,8	144	18,1±1,2	143	21,9±1,5	123	19,1±1,2	107	16,4±1,3	106	17,2±1,6	104	18,4±2,0	100	21,3±1,9	95	17,9±1,6	116
PICE ABI	K	23,2±1,4	126	31,2±1,9	125	26,9±1,7	116	30,5±2,2	106	26,6±1,4	111	25,0±1,5	107	23,9±1,5	105	22,6±1,5	103	24,6±1,8	97	30,6±2,4	93	27,3±2,4	11,3
PICE ABI	U	26,5±1,4	108	35,0±1,9	108	33,8±1,8	94	36,8±2,1	89	38,3±1,8	90	36,7±2,1	80	38,6±2,9	74	30,7±2,3	64	31,9±2,3	61	34,7±2,3	60	27,6±2,2	60
PICE ABI		19,5±1,9	517	28,4±1,0	513	22,0±0,7	454	24,1±0,9	441	26,6±0,8	385	24,7±0,9	349	23,3±1,0	339	21,8±1,0	325	23,1±1,1	307	28,9±1,3	294	24,3±1,3	335
PINU SYL	V	14,2±2,4	6	15,0±1,8	6	14,1±1,5	6	17,1±1,5	6	20,0±2,2	6	15,8±0,8	6	14,0±1,9	5	16,9±1,9	5	11,0±1,9	5	15,8±3,2	6	12,5±2,1	6
PINU SYL	D	18,5±2,1	61	18,8±0,8	59	16,9±1,1	56	24,0±2,3	55	22,6±1,7	53	22,3±1,4	52	22,6±2,1	51	21,3±1,3	50	20,7±1,9	50	21,7±2,0	50	19,5±2,1	51
PINU SYL	K	26,1±5,8	14	35,0±7,7	14	25,4±4,9	11	37,3±9,1	11	33,0±6,7	10	26,7±2,9	9	28,3±2,5	9	25,0±2,7	8	22,5±3,1	8	23,8±2,8	8	20,0±2,2	9
PINU SYL	U	-		-		-																	
PINU SYL		19,5±1,9	81	21,4±1,6	79	17,9±1,2	73	25,3±2,3	72	23,9±1,7	69	22,3±1,2	67	22,8±1,7	65	21,1±1,1	63	20,1±1,6	63	21,5±1,6	64	18,9±1,6	66
POPU TRE	K	15,0±	1	10,0±	1	15,0±	1	15±	1	20,0±	1	25,0±	1	20±	1	25,0±.....	1	40,0±.....	1	80,0±		100±	1
QUER ROB		8,1±0,9	8	8,8±1,3	8	8,7±1,2	8	8,1±0,9	8	20,0±5,0	3	18,3±3,3	3	20,0±5,0	3	18,3±4,4	3	15,0±2,9	3	13,3±3,3	3	20,0±2,9	3
SALI CAP	U	38,0±5,1	5	29,0±1,0	5	22,0±7,2	5	20,0±16	5	23,0±1,2	5	25,0±1,6	5	20,0±2,0	4	53,7±20	4	22,5±2,5	2	32,5±2,5	2	20,0±5,0	2
SORB AUC	U	13,1±1,6	8	19,4±1,8	8	30,0±6,5	8	23,6±1,8	8	22,0±2,0	5	24,0±1,9	5	28,0±8,0	5	18,3±1,7	3	22,5±2,5	2	17,5±2,5	2	20,0±5,0	2
Visų rūšių	V	12,2±1,0	118	19,1±1,9	118	13,5±0,8	110	14,6±1,3	109	18,5±1,3	72	18,3±1,5	66	15,0±0,9	64	18,2±2,4	63	18,3±2,5	58	31,4±3,8	56	27,6±4,0	56
Visų rūšių	D	17,1±1,0	255	24,6±1,5	250	16,4±0,7	218	19,2±1,0	216	22,1±1,0	191	19,9±0,9	171	18,4±1,1	168	18,7±1,2	164	18,8±1,4	159	21,2±1,3	154	18,1±1,2	176
Visų rūšių	K	22,0±1,2	166	29,3±1,7	165	26,0±1,5	153	29,2±1,9	139	26,5±1,3	142	24,4±1,3	131	23,9±1,4	128	22,2±1,2	125	23,6±1,5	119	28,7±2,0	115	25,6±2,0	137
Visų rūšių	U	25,2±1,3	126	32,7±1,7	126	32,1±1,6	111	34,3±1,9	105	35,9±1,7	105	35,3±2,0	92	36,2±2,7	84	31,0±2,3	73	30,6±2,1	67	33,0±2,2	66	26,4±2,0	66
VISŲ RŪŠIŲ		18,9±0,6	665	26,4±0,9	659	21,3±0,6	592	23,6±0,8	569	24,9±0,7	506	24,0±0,7	460	22,9±0,8	444	21,8±0,8	425	22,1±0,9	403	26,8±1,1	391	23,0±1,0	435

Pastaba: ■ - būklė blogėja; ■ - būklė gerėja; ■ - būklė stabili.

2011 m. registruojamas toks pat medžių lajų būklės pablogėjimas kaip ir Aukštaitijos KMS. Vidutinė medžių lajų defoliacija padidėjo nuo 21,3 iki 22,9%. Šį pablogėjimą lėmė eglių ir ypač pušų lajų vidutinės defoliacijos padidėjimas. Beržų būklė išliko mažai pakitusi.

2012 m. Žemaitijos KMS baseine augančių medžių lajų vidutinė defoliacija iš esmės nepasikeitė lyginant su 2011 m. Padidėjo beržų lajų defoliacija, o sumažėjo, kaip ir Aukštaitijos KMS baseine, spygliuočių medžių lajų defoliacija.

2013 m. Žemaitijos KMS baseine augančių medžių vidutinė defoliacija reikšmingai sumažėjo iki 20,5% lyginant su 2012 m. Reikšmingiausiai vidutinė lajų defoliacija sumažėjo stebimų beržų ir paprastosios eglės medžių, o pablogėjo paprastosios pušies medžių. Lyginant atskirų išsivystymo klasių medžių lajų vidutinės defoliacijos pokytį, nustatyta, kad beveik visų išsivystymo medžių lajų būklė pagerėjo, skirtingai negu Aukštaitijos KMS.

2014 m. Žemaitijos KMS baseine augančių medžių lajų būklė, skirtingai negu Aukštaitijos KMS baseine, vėl turėjo tendencija blogėti. Intensyviausiai blogėjo eglių lajų būklė. Šių medžių lajų vidutinė defoliacija padidėjo nuo 20,2% iki 21,8%, t.y. 1,6%. Toks padidėjimas beveik tapo statistikai reikšmingu. Intensyviausiai blogėjo viršaujančių eglių lajų būklė. Jų vidutinė defoliacija padidėjo 3,4% ir siekė 18,5%, kiek silpniau blogėjo vyraujančių eglių būklė. Pablogėjimas siekė 2,4% ir tai sudarė 17,2% ir silpniausiai blogėjo atsilikusių augime eglių lajų būklė. Pokytis siekė tik 0,9%, o šių medžių vidutinė defoliacija sudarė 22,6%. Užstelbtų eglių lajų būklė iš esmės nepakito. Pušų lajų būklė taip pat iš esmės nepakito, tik kiek intensyvesniu būklės pablogėjimu pasižymėjo viršaujančios pušys. Jų lajų vidutinė defoliacija padidėjo 2,9% ir sudarė 16,9%.

2015 m. Žemaitijos KMS baseine augančių medžių lajų būklė, taip pat kaip ir Aukštaitijos IMS baseine, gerėjo. Sumažėjo praktiškai visų stebimų medžių lajų vidutinė defoliacija. Reikšmingiausias mažėjimo pokytis užregistruotas stebimų beržų grupėje. Šių medžių vidutinė defoliacija sumažėjo nuo 19,2 iki 12,4%. Reikšmingiausias pokytis vyraujančių medynuose beržų grupėje. Šių medžių vidutinė defoliacija sumažėjo beveik 2 kartus, t.y. nuo 24,4% iki 12,5%. Statistiškai reikšmingai sumažėjo ir eglių, ir pušų lajų vidutinė defoliacija. Jei stebimų eglių defoliacija mažėjo nuo 21,9 iki 19,3%, tai stebimų pušų nuo 21,1 iki 18,7%. Intensyviausiai mažėjo dominuojančių šių rūšių medžių vidutinė defoliacija. Analizuojant skirtingų išsivystymo medžių vidutinės defoliacijos pokyčius, nustatyta, kad intensyviausiai taip pat mažėjo viršaujančių ir kiek mažiau vyraujančių medynuose medžių vidutinė defoliacija. Stelbiamų ir užstelbtų medžių lajų vidutinės defoliacijos sumažėjimas praktiškai buvo statistiškai nepatikimas ($p > 0,05$). Tokie tirtų medžių lajų būklės pokyčiai sąlygojo taip pat vieną mažiausių Žemaitijos KMS baseine augančių medžių vidutinę defoliaciją, kuri 2015 m. sumažėjo iki 18,9%.

Paskutiniu metu laikotarpiu miškų būklė Žemaitijos KMS baseine buvo taip pat sąlygota sausros registruotos 2015 m. ir išskirtinai gausių kritulių 2017 m. Tokios išskirtinės meteorologinės sąlygos neigiamai paveikė medžių lajų būklę kaip ir Aukštaitijos KMS baseine. Tačiau šiame KMS baseine intensyviausiai padidėjo beržų ir eglių lajų vidutinė defoliacija, maždaug po 2,2%, t.y. eglių nuo 19,3% iki 22,5%, o beržų nuo 12,4% iki 14,6%. Pušų lajų defoliacija padidėjo tik 1,4%, t.y. nuo 18,7% iki 20,1%. Toks lajų defoliacijos laipsnio padidėjimas buvo statistiškai nereikšmingas.

2018 m. po sausros epizodo, medžių lajų būklė turėjo tendenciją gerėti, kaip ir po 2015 m. sausros. Intensyviausiai pagerėjo spygliuočių medžių lajų būklė. Būklės blogėjimo tendencija nustatyta beržams. Tokia tirtų medžių lajų defoliacijos kaita sąlygojo pagerėjusią visų medžių vidutinę būklę, t.y. medžių lajų defoliacija sumažėjo iki 21,2 ir po ingesnės pertraukos vėl buvo mažesnė nei Aukštaitijos KMS tirtų medžių.

2019 m. Žemaitijos KMS baseine augančių medžių vidutinė defoliacija padidėjo reikšmingiau negu Aukštaitijos KMS baseine. Jų vidutinė defoliacija išaugo nuo 21,2 % iki 26,8 %. Tai viena iš didžiausių vidutinės defoliacijos reikšmių šioje stotyje nuo pat tyrimų pradžios. Po sausrų 1992 ir 1994 m. stebėtų medžių vidutinė defoliacija šioje stotyje viršijo 26 % ribą.

Priešingai negu Aukštaitijos KM stotyje, intensyviausiai didėjo paprastosios eglės lajų vidutinė defoliacija. 2019 m. ji išaugo nuo 22,1 % iki 28,9 %, t.y. daugiau negu 6 %. Intensyviausiai didėjo tų pačių viršaujančių ir dominuojančių medynėse eglių, jų vidutinė defoliacija padidėjo atitinkamai nuo 16,0 % iki 33,3 % ir nuo 15,2 % iki 21,3 %. Tai žievėgraužio tipografo žalos padariniai brandžiuose ir perbrendusiuose eglynuose, kuriuose šis kenkėjas dažniausiai pasirenka stambiausius, atvirai augančius paprastosios eglės egzempliorius.

Pakankamai reikšmingai išaugo ir beržų lajų vidutinė defoliacija, t.y. nuo 15,4 % iki 18,1 %. Viršaujantys ir stambiausi medžiai reikšmingiausiai nukentėjo nuo sausros ir karščio bangų poveikio. Jų vidutinė defoliacija padidėjo nuo 18,3 % iki 18,3 %, t.y. 5 %.

Atspariausios nepalankiems veiksniams Žemaitijos KMS baseine buvo paprastosios pušys. Jų vidutinė defoliacija padidėjo nuo 19,1 % iki 21,5 %, t.y. tik 2,4 %. Medžių išsivystymo laipsnis neturėjo esminės įtakos šios rūšies medžių vidutinės defoliacijos kaitai. 2019 m. visuose išsivystymo grupėse pušų vidutinė defoliacija didėjo tik po 2 % – 2,5 %. Tai gero prisitaikymo prie dabartinės aplinkos kaitos rodiklis.

2020 m. Žemaitijos KMS baseine įvyko taip pat vienas iš reikšmingiausių tirtų medžių lajų būklės pokyčių per visą tiriamąjį laikotarpį. Visų tirtų medžių lajų vidutinė defoliacija sumažėjo panašiai kaip ir Aukštaitijos KMS, t.y. vidutiniškai 3,8 %, nuo 26,8 % iki 23,0 %.

Skirtingai negu Aukštaitijos KMS, reikšmingiausiai pagerėjo eglių lajų būklė, nepaisant pakankamai intensyvaus jų pažeidimų dėl žievėgraužio tipografo veiklos, t.y. vidutiniškai nuo 28,9 % iki 24,3 %. Intensyviausiai jų tarpe gerėjo viršaujančių ir vyraujančių medynuose eglių būklė, kurių vidutinė defoliacija sumažėjo apie 5 %. Kiek silpniau gerėjo stelbiamų ir užstelbtų beržų būklė.

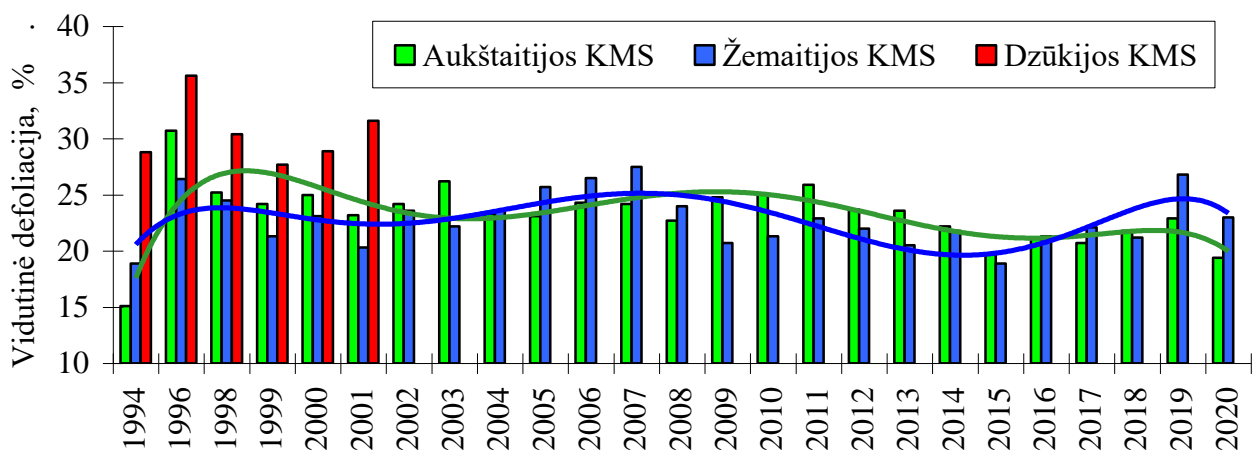
Intensyvių lajų būklės gerėjimu pasižymėjo ir beržai. Medžių išsivystymo lygis neturėjo esminės įtakos lajos būklės pagerėjimo intensyvumui. Vienodai pagerėjo tiek viršaujančių, tirk ir stelbiamų eglių būklė, t.y. vidutiniškai apie 3% .

Pušų lajų būklės pagerėjimo intensyvumas buvo silpniausias, vidutiniškai tik 2,6 . Medžių išsivystymo laipsnis taip pat neturėjo esminės įtakos šiam lajų būklės pagerėjimui.

Reikšmingam medžių lajų būklės pagerėjimo procesui reikšmingos įtakos galėjo turėti taip pat ypač šilta ir besniegė žiema bei gausūs krituliai praėjusio rudens ir žiemos laikotarpiais.

Lyginant miškų būklę tarp atskirų stočių nustatyta, kad tyrimų pradžioje blogesne medžių būkle dažniausiai pasižymėjo Aukštaitijos KMS teritorijoje augantys medžiai ir tik nuo 2004 m. Žemaitijos KMS teritorijose augančių medžių vidutinė defoliacija pradėjo viršyti Aukštaitijos KMS medžių vidutinę defoliaciją. 2005-2007 m. laikotarpiu šis skirtumas tapo reikšmingu ir tik paskutiniaisiais metais jis pradėjo kisti iš esmės. 2008 m. tirtų medžių lajų vidutinė defoliacija tarp atskirų stočių jau vėl buvo nereikšminga, o 2009 m. Žemaitijos KMS tirtų medžių vidutinei defoliacijai reikšmingai sumažėjus, Aukštaitijos KMS padidėjo. 2010 m. abiejų stočių tirtų medžių būklė nežymiai pablogėjo. Vidutinė medžių defoliacija Aukštaitijos KMS siekė 25,1%, o Žemaitijos KMS 21,3%. Jau antri metai kai šis skirtumas yra reikšmingas ($p < 0,05$). 2011 m. šis procesas tęsėsi toliau ir tik 2012 m. tirtų medžių, o ypač spygliuočių medžių rūšių lajų vidutinė defoliacija vėl sumažėjo. Jei Aukštaitijos KMS šis sumažėjimas buvo reikšmingas ir viršijo 2%, tai Žemaitijos KMS nereikšmingas – 0,8%.

2013-2015 m. stebimas tolesnis Aukštaitijos KMS baseine augančių medžių lajų būklės gerėjimo procesas, kai tuo tarpu Žemaitijos KMS baseine augančių medžių lajų būklė pablogėjo būtent 2014 m., tačiau 2015 m. čia registruojamas statistiškai reikšmingas stebimų medžių vidutinės defoliacijos sumažėjimas. ***2015 m. tirtų medžių lajų defoliacija vertintina, kaip viena iš mažiausių per visą tiriamąjį laikotarpį abiejose KM stočių baseinuose.*** Šiais metais visų medžių lajų vidutinė defoliacija nesiekė 20 %.

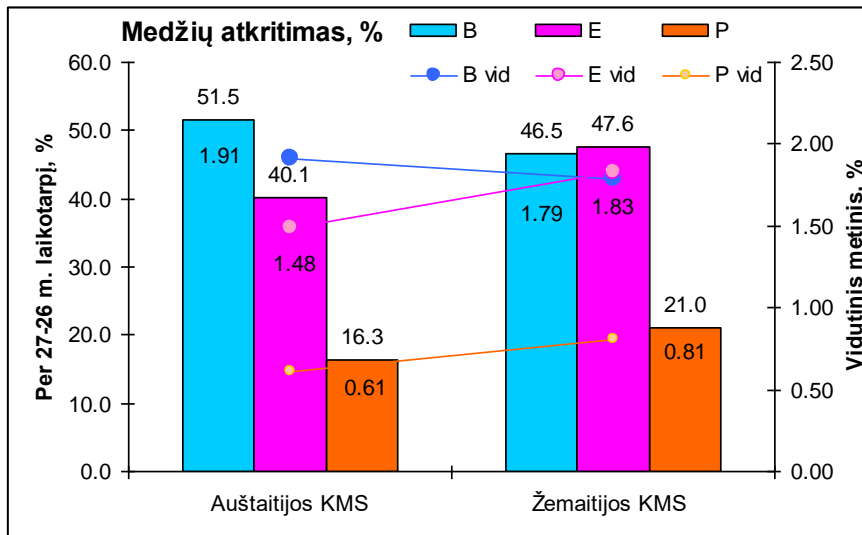


2.1 pav. KMS teritorijose augančių medžių būklės dinamika

Paskutiniuoju 2016-2019 m. laikotarpiu Aukštaitijos ir Žemaitijos KMS baseine augančių medžių lajų vidutinė defoliacija skirtingai, tačiau didėjo. Tai bespasikartojančių sausrų 2015-2016 ir 2018-2019 m. poveikio rezultatas. Žemaitijos KMS sausros turėjo ženkliai didesnę neigiamą įtaką medžių lajų būklei. Net gausūs krituliai 2017 m. nebuvo reikšmingas veiksnys įgalinantis atsikurti medžių lajų būklei po sausros. Didžiausią neigiamą poveikį turėjo po 2018 m. sausros epizodo vėl pasikartojanti sausra su karščio bangomis (kai oro temperatūra viršydavo 30° ribą) 2019 m.

Tokiu būdu išskiriami trys, kas 10-12 metų bespasikartojantys, miškų prastos būklės periodai, kurie buvo nustatyti 1996, po to apie 2006-2008 metus ir paskutinis, trečiasis laikotarpis, sąlygotas bespasikartojančių sausrų – 2018-2019 m.

2019-2020 m. laikotarpiu Aukštaitijos KMS medžių lajų būklė pasidarė reikšmingai geresnė negu Žemaitijos KMS baseine augančių medžių. Palankios klimatinės sąlygos sąlygojo intensyvią būklės pagerėjimą, po kurio medžių būklė stebimuose baseinuose buvo viena iš geriausių per visą tiriamąjį laikotarpį, ypač Aukštaitijos KMS baseine.



2.2 pav. Per 27-26 m. laikotarpį KMS teritorijose augančių medžių atkritimo dinamika

Medžių atkritimo dinamika, kuri rodo medžių rūšies prisitaikymą prie sąlygiškai natūralių aplinkos sąlygų rodo, kad paprastosios pušies medžių būklė išlieko stabiliausia per visą tiriamąjį 25 metų laikotarpį. Per šį laikotarpį dėl įvairių priežasčių žuvo Aukštaitijos KMS 18, o Žemaitijos KMS 22 šiuose stovyse stebėtų pušų. Žymiai daugiau žuvo paprastųjų eglė. Per 25 m. laikotarpį jų skaičius viršijo 45 ribą Žemaitijos KMS ir 49 ribą Aukštaitijos KMS baseine. Pagrindinės priežastys brandžių ir perbrendusių eglė vėjavorta ar snieglaužų lydima eglinio tipografo daroma žala.

Didžiausiu atkritimo intensyvumu pasižymėjo beržai. Žemaitijos KMS jų atkritimo intensyvumas per 25 m. laikotarpį pasiekė 48, o Aukštaitijos KMS viršijo net 50. Kadangi beržai neturi tiesioginių kenkėjų iš esmės nulemiančių jų žūtį, tai pagrindinės priežastys sąlygojančios tokį aukštą beržų mirtingumą reiktų laikyti klimatinės sąlygas, ir būtent sausras ir karščio bangas, prie kurių ši medžių rūšis yra prisitaikiusi blogiausiai, bei vėjalaūžas ir snieglankas.

Apibendrinus gautis rezultatus būtų galima teigti, kad užregistruotus neigiamus būklės pokyčius galėjo sąlygoti nepalankios klimatinės sąlygos – sausros vegetacinio sezono viduryje, kurių pasėkoje eglynus intensyviai pažeisdavo eglinis tipografas. Reikšmingos įtakos visų medynų būklei turėjo vėjavortas, vėjalaūžas ir snieglaužas - ypač Žemaitijos KMS bei karštos ir sausos vasaros. Jei 1996-1998 m. miškų blogesnę būklę buvo galima aiškinti didesnėmis teršalų koncentracijomis ore ir krituliuose, tai 2006-2007 m. laikotarpiu padidėjusi vidutinė visų medžių defoliacija kompleksiško aplinkos veiksnių poveikio rezultatas, kur išskirtinė įtaka turėtų tekti gan akivaizdžiai padidėjęs rūgštinančių komponentų koncentracijoms ore bei krituliuose. 2009 m šalta ir ilgai trunkanti žiema taip pat galėjo turėti reikšmingos įtakos medžių lajų būklės pablogėjimui 2010-2011 metais. Paskutiniųjų metų medžių lajų vidutinė defoliacija galėjo sumažėti ir dėl didelio

žuvusių miežių skaičiau 2011 m., kurie didino 2011 m. vidutinę defoliaciją, o jų nebuvimas jau kitais metais, automatiškai mažino vidurkį 2012 m. 2013 m. medžių lajų defoliacijos sumažėjimą lėmė žuvusių 2012 m. medžių defoliacijos eliminavimas skaičiuojant vidurkį. Toks pat reiškinys kartojosi ir 2014-2015 m. Jei 2014 m. dalis medžių žuvo ir jų defoliacija reikšmingai didino bendrą jos reikšmę, tai 2015 m. tokių medžių eliminavimas turėjo reikšmingos įtakos defoliacijos sumažėjimui. Atkreiptinas dėmesys, kad iki 2019 m. sausros neturėjo esminės įtakos medžių lajų būklei einamaisiais metais. Darytina prielaida, kad sausros neigiamas poveikis turėtų būt registruotas ateinančiais metais, ką rodo ir gausus literatūros ir jau atliktų analizių rezultatai, ypač jei sausra pakartotinai registruojama, kaip 2019 m.

2018m. sausra neturėjo esminės įtakos lajų būklei ypač medžių augančių drėgnesnėse augavietėse, kokiomis ir išsiskiria Žemaitijos KMS baseinas. Medžių lajų būklės pablogėjimas, kaip buvo tikimasi 2018 m. įvyko 2019 m., po pasikartojančios vėl vienos iš intensyviausių sausrų.

2020 m. Aukštaitijos KMS baseine žuvo 13 eglių ir 1 pušis; Žemaitijos KMS baseine žuvo 23 eglės ir 1 drebulė. Pagrindine eglių žuvimo priežastis buvo eglinių tipografų pažeidimai.

IŠVADOS

Tiriamuoju laikotarpiu (1994-2019 m.) blogiausia medžių būkle išsiskyrė 1996-97 metai, kada lajų defoliacija viršijo 25 % Žemaitijos KMS, 30% Aukštaitijos KMS ir 35% Dzūkijos KMS. Nuo šio laikotarpio iki 2001 m. medžių lajų defoliacija reikšmingai mažėjo. 2001 - 2007 laikotarpis išsiskyrė kaip medžių lajų būklės blogėjimo laikotarpis ir ypač Žemaitijos KMS teritorijoje. 2006-2007 m. laikotarpiu padidėjusi vidutinė visų medžių defoliacija kompleksiško aplinkos veiksnių poveikio rezultatas, kur išskirtinė įtaka turėtų tekti gan akivaizdžiai padidėjusioms rūgštinančių komponentų koncentracijoms ore bei krituliuose. Po šio laikotarpio registruojamas medžių lajų būklės atsikūrimas, po kurio vėl sekė nežymus defoliacijos padidėjimas 2011 metais. 2012 m. medžių lajų, o ypač spygliuočių medžių rūšių lajų vidutinė defoliacija reikšmingai sumažėjo. Tokio sumažėjimo rezultatas galėjo būti ir didelis žuvusių medžių skaičius 2011 m., kurie didino 2011 m. vidutinę defoliaciją, o jų nebuvimas kitais metais, automatiškai mažino vidurkį 2012 m. 2013-2015 m. stebimas tolesnis Aukštaitijos KMS baseine augančių medžių lajų būklės gerėjimo procesas, kai tuo tarpu Žemaitijos KMS baseine augančių medžių lajų būklė pablogėjo būtent dar 2014 m. 2015 m. čia registruojamas statistiškai reikšmingas stebimų medžių vidutinės defoliacijos sumažėjimas.

Paskutiniuoju 2016-2019 m. laikotarpiu Aukštaitijos ir Žemaitijos KMS baseine augančių medžių lajų vidutinės defoliacijos augimą lėmė bepasikartojančios sausros 2015-2016 ir 2018-2019 m. Žemaitijos KMS sausros turėjo ženkliai didesnę neigiamą įtaką medžių lajų būklei. Net gausūs

krituliai 2017 m. nebuvo reikšmingas veiksnys įgalinantis atsikurti medžių lajų būklei po sausros. 2018m. sausra neturėjo esminės įtakos lajų būklei ypač medžių augančių drėgnesnėse augavietėse, kokiomis ir išsiskiria Žemaitijos KMS baseinas. Medžių lajų būklės pablogėjimas, kaip buvo tikimasi 2018 m. įvyko 2019 m., po pasikartojančios vėl vienos iš intensyviausių sausrų.

2019 m. Aukštaitijos KMS baseine reikšmingiausiai pablogėjo pelkinėse miško augavietėse augančių beržų būklė, kurių defoliacija 2019 m. padidėjo nuo 20,3% iki 23,6%. Šį pablogėjimą lėmė ypač dominuojančių medyne ir viršaujančių (stambiausių medžių) lajų defoliacijos laipsnio padidėjimas. Tai prasto beržų adaptatyvumo prie dabartinių aplinkos sąlygų rodiklis. Kiek silpniau blogėjo paprastosios pušies medžių lajų būklė. Per 2019 m. jų vidutinė defoliacija padidėjo nuo 16,4 % iki 18,0 %.

2019 m. Žemaitijos KMS baseine augančių medžių vidutinė defoliacija padidėjo reikšmingiau negu Aukštaitijos KMS baseine. Jų vidutinė defoliacija išaugo nuo 21,2 % iki 26,8 %. Tai viena iš didžiausių vidutinės defoliacijos reikšmių šioje stotyje nuo pat tyrimų pradžios. Po intensyviausių Lietuvoje sausrų 1992 ir 1994 m. stebėtų medžių vidutinė defoliacija šioje stotyje viršijo 26 % ribą.

Priešingai negu Aukštaitijos KM stotyje, intensyviausiai didėjo paprastosios eglės lajų vidutinė defoliacija. 2019 m. ji išaugo nuo 22,1 % iki 28,9 %, t.y. daugiau negu 6 %. Intensyviausiai didėjo tų pačių viršaujančių ir dominuojančių medyne eglų, Jų vidutinė defoliacija padidėjo atitinkamai nuo 16,0 % iki 33,3 % ir nuo 15,2 % iki 21,3 %. Tai žievėgraužio tipografo žalos padariniai brandžiuose ir perbrendusiuose eglynuose, kuriuose šis kenkėjas dažniausiai pasirenka stambiausius, atvirai augančius paprastosios eglės egzempliorius.

Pakankamai reikšmingai išaugo ir beržų lajų vidutinė defoliacija, t.y. nuo 15,4 % iki 18,1 %. Viršaujantys ir stambiausi medžiai reikšmingiausiai nukentėjo nuo sausros ir karščio bangų poveikio. Jų vidutinė defoliacija padidėjo nuo 18,3 % iki 18,3 %, t.y. 5 %.

Atspariausios nepalankiems veiksniams Žemaitijos KMS baseine buvo paprastosios pušys. Jų vidutinė defoliacija padidėjo nuo 19,1 % iki 21,5 % , t.y. tik 2,4 %. Medžių išsivystymo laipsnis neturėjo esminės įtakos šios rūšies medžių vidutinės defoliacijos kaitai. 2019 m. visuose išsivystymo grupėse pušų vidutinė defoliacija didėjo tik po 2 % – 2,5 %. Tai gero prisitaikymo prie dabartinės aplinkos kaitos rodiklis.

Medžių atkritimo dinamika, kuri rodo medžių rūšies prisitaikymą prie sąlygiškai natūralių aplinkos sąlygų rodo, kad paprastosios pušies medžių būklė išliko stabiliausia per visą tiriamąjį 25 metų laikotarpį. Per šį laikotarpį dėl įvairių priežasčių Aukštaitijos KMS žuvo 18% , o Žemaitijos KMS 22% šiuose stotyse stebėtų pušų. Žymiai daugiau žuvo paprastųjų eglų. Per 25 m. laikotarpį

jų skaičius viršijo 45% ribą Žemaitijos KMS ir 49% ribą Aukštaitijos KMS baseine. Pagrindinės priežastys brandžių ir perbrendusių eglių vėjovarta ar snieglaužų lydima eglinio tipografo daroma žala.

Didžiausiu atkritimo intensyvumu pasižymėjo beržai. Žemaitijos KMS jų atkritimo intensyvumas per 25 m. laikotarpį pasiekė 48 %, o Aukštaitijos KMS viršijo net 50 %. Kadangi beržai neturi tiesioginių kenkėjų iš esmės nulemiančių jų žūti, tai pagrindinės priežastys sąlygojančios tokį aukštą beržų mirtingumą reiktų laikyti klimatinės sąlygas, ir būtent sausras ir karščio bangas, prie kurių ši medžių rūšis yra prisitaikiusi blogiausiai, bei vėjalaūžas ir snieglankas.

2020 m. KMS baseinų teritorijose įvyko reikšmingiausi būklės pokyčiai per visą tiriamąjį laikotarpį.

Aukštaitijos KMS visų tirtų medžių lajų vidutinė defoliacija sumažėjo vidutiniškai 3,5 %, nuo 22,9% iki 19,4%. Reikšmingiausiai pagerėjo beržų lajų būklė, vidutiniškai nuo 16,7 % iki 11,1 %. Intensyvių lajų būklės gerėjimu pasižymėjo ir eglės, nepaisant pakankamai intensyvaus jų pažeidimų dėl žievėgraužio tipografo veiklos, apie 3% . Pušų lajų būklės pagerėjimo intensyvumas kiek mažesnis negu beržų bet didesnis negu eglių, apie 4 %.

Žemaitijos KMS baseine visų tirtų medžių lajų vidutinė defoliacija sumažėjo panašiai kaip ir Aukštaitijos KMS, t.y. vidutiniškai 3,8 %, nuo 26,8 % iki 23,0 %. Skirtingai negu Aukštaitijos KMS, reikšmingiausiai pagerėjo eglių lajų būklė, nepaisant pakankamai intensyvaus jų pažeidimų dėl žievėgraužio tipografo veiklos, t.y. vidutiniškai nuo 28,9 % iki 24,3 %. Intensyvių lajų būklės gerėjimu pasižymėjo ir beržai, apie 3% . Pušų lajų būklės pagerėjimo intensyvumas buvo silpniausias, vidutiniškai tik 2,6 %.

2020 m. šiltos žiemos, gausių kritulių praėjusio sezono rudens ir žiemos laikotarpiu bei padidėjusio dirvožemio drėgnio poveikio rezultatas – išskirtinai intensyvus tirtų medžių lajų būklės atsikūrimas Aukštaitijos ir Žemaitijos KMS baseino mišriuose spygliuočių su lapuočiais medynuose.

Nepaisant šių pokyčių 2020 m. Aukštaitijos KMS baseine žuvo 13 eglių ir 1 pušis; Žemaitijos KMS baseine žuvo 23 eglės ir 1 drebulė. Pagrindine eglių žuvimo priežastis buvo eglinių tipografų pažeidimai.

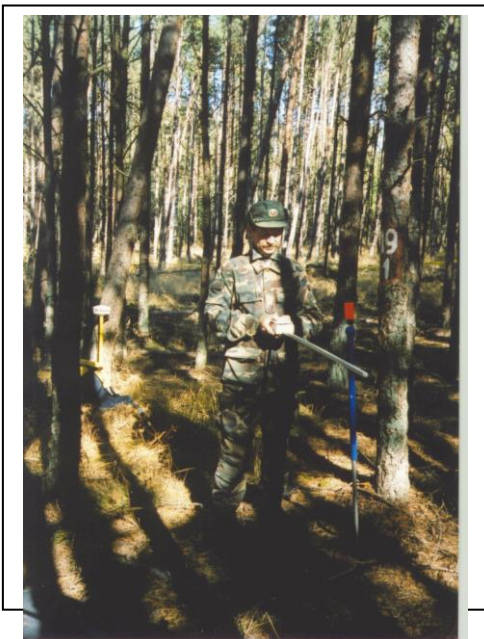
2.2. Medžių lapijos indekso tyrimai KM stočių baseino teritorijose

FAR matavimas yra sumedėjusios augalijos produktyvumo ir jos funkcijų interpretavimo pagrindas. Pagal sugertą FAR kiekį po augalijos dangą nustatomas lapijos paviršiaus ploto indeksas – augalijos dangos būklės indikatorius. Šį rodiklį papildžius medžių dendrometrinėmis charakteristikomis, kurios yra nustatomos vykdant biomasės ir bioelementų paprogramę bei medžių būklės duomenimis, kurie yra gaunami vykdant miško pažeidimų paprogramę atsirastų galimybė vertinti miško ekosistemų tvarumą globalių pokyčių sąlygomis.

Fotosintetiškai aktyvi saulės spinduliuotė – tai saulės spinduliuotės dalis, kurių bangų ilgis kinta nuo 300 iki 750 nm ir atitinkamomis sąlygomis sukelti augalų fotosintezę. Tačiau dažniausiai tiriant FAS po augalijos dangą kalbama apie saulės spinduliuotės spektrinę dalį nuo 400 iki 700 nm. Tai vienas pagrindinių ekologinių veiksnių nulemiančių produkcinio proceso vyksmą ir bioklimatinių sąlygų formavimąsi miškų ekosistemose. Kaip buvo jau minėta I skyriuje, ši Saulės spinduliuotės dalis turi reikšmingiausią tendenciją didėti pastarųjų 27 metų laikotarpi.

Iš kitos pusės šviesos FAS intensyvumą po medyno dangą lemia medyno fitoelementų, kurių didžiąją dalį sudaro asimiliaciniai organai, kiekis ir erdvinis pasiskirstymas. Tokiu būdu FAS medyne tam tikru laipsniu atspindi ne tik medyno biomasę, jo produktyvumą, bet ir būklę (Stakėnas, 2003). Todėl FAS tyrimai Kompleksiško monitoringo stotyse, kuriuose pagrindiniu mokslinių tyrimų tikslu reiktų laikyti pagrindinių bioelementų balanso tyrimus, turėtų tapti perspektyvia ateities tyrimų kryptimi.

Pagrindinis darbo tikslas – nustatyti medynų sugertos FAS dalį ir pagal ją įvertinti augalų lapijos paviršiaus ploto indeksą. Gautus duomenis naudoti medynų biomasės bei būklės tyrimuose.



Darbo metodika

FAS matavimai atlikti JAV gamybos septometro (SUNFLECK PAR Septometer) SF-80 modeliu. Šio prietaiso 80 tarpusavyje nepriklausomų daviklių išdėstyti 1 m ilgio specialioje liniuotėje, kiekvieno matavimo metu duoda vidutinę 80 taškų FAS reikšmę, išreikštą μmol į kvadratinį metrą per sekundę ($\mu\text{mol}/\text{m}^2$).

Kiekviename tyrimo plotelyje FAS buvo matuota 7 taškuose, centre bei 7 m atstumu nuo centro kas 60° pradėdant nuo Šiaurės krypties.

Taip pat šiuo prietaisu kiekvieną kartą prieš pradėdant matavimus tyrimo plotelyje buvo matuojamas atviros vietos FAS bei aukštimačių nustatomas saulės aukštis (kampas) bei pažymimas tikslus laikas.

Lapijos paviršiaus ploto indeksas paskaičiuotas pagal šią formulę (Norman, Jarvis, 1974):

$$L = \frac{\left[\left(1 - \frac{1}{2k} \right) fb - 1 \right] \ln \tau}{A(1 - 0,47 fb)},$$

Čia: k – medyno ekstinkcijos koeficientas;
 Fb – tiesioginių saulės spindulių dalis bendrame FAR sraute;
 A – lapijos absorbcijos koeficientas;
 τ – FAR praleidimo po lajomis koeficientas.

Ekstinkcijos koeficientas skaičiuojamas pagal šią formulę (Campbell, 1986):

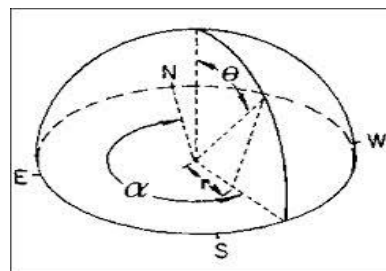
$$k = \frac{1}{2 \cos \theta}$$

Čia: θ - saulės zenito kampas ir kuris nustatomas taip: θ = 90 - α, kur α - saulės aukštis (kampas);

Koeficientas A, remiantis literatūros duomenimis prilygintas 0,86.

Sugedus jau pasenusiam SUNFLECK prietaisui LAI nustatymui pradėtas naudoti naujas tokio tipo prietaisas bei papildomai hemisferinio fotoaparatas. IMS baseino tyrimo ploteliuose HemiView sistemos pagalba buvo nufotografuotos medžių lajos lapijos indeksui nustatyti.

Medžių lajų vertinimas ir LAI indekso nustatymas medyne atliktas specializuotu skaitmeniniu fotoaparatu Coolpix 8400+FC su įmontuotu hemisferiniu lešiu, dažnai dar vadinamu „žuvies akimi“ (*angl. Fish-eyes*). Šiuolaikiniuose prietaisuose naudojamas hemisferinis lešis leidžia užfiksuoti vaizdą 180 ° kampu, o visos vaizdo pozicijos yra nukreiptos dangaus kryptimi, kuri išreiškiama zenito bei azimuto kampais. Kiekviena padėtis hemisferinėse nuotraukose yra nusakoma kryptimi, kurios atskaitos taškas yra vietovė iš kurios buvo fotografuojama, o pozicija atitinka zenito ir azimuto kampų koordinatas hemisferinių koordinatų sistemoje. Taigi hemisferinėse nuotraukose naudojamas objektų aukštis yra išskaičiuojams, pasitelkiant turimus kampus, o išskirtiniais atvejais norint atlikti skaičiavimus, išmetant tam tikrą kraštovaizdžio elementą (medžio stiebą), tai galima atlikti tik įvedus tam tikrus to elemento duomenis (stiebo aukštį) (Delta-T devices Ltd., Cambridge, UK).



Hemisferinio lešio vaizdo projekcija

Lauko tyrimų metu, skaitmeninis fotoaparatas su hemisferiniu lęšiu buvo sumontuotas ant trikojo stovo, kurio aukštis lygus 1 metrui. Tvirtai pastatomas stovas kiekvienoje aikštelėje buvo gulščiuojamas pagal gamintojų rekomendacijas, siekiant išlaikyti tinkamą ekspoziciją bei apertūrą. Kiekvieną kartą prieš atliekant fotografavimą kamera buvo orientuojama magnetine šiaurės kryptimi. (Delta-T Devices Ltd., Cambridge, UK). Siekiant užtikrinti aukštą nuotraukų skiriamąją gebą bei išvengti metodinių nuokrypių, fotografavimas vykdytas apsiniaukusią dieną.



2.3. pav. Skaitmeninis fotoaparatas su hemisferiniu lęšiu, sumontuotu ant trikojo stovo 1 m aukštyje

Visi duomenys išanalizuoti pasitelkus specializuotą HemiView programinę įrangą, kurios techninės galimybės yra gerokai platesnės, lyginant su prieš tai naudotu prototipu „Hemisp“ programa. HemiView programinė įranga per santykinai trumpą laiką leidžia apdoroti didelį kiekį įvairaus formato failų, greitai ir tiksliai atlikti skaičiavimus. Išskiria ir surašiuoja aikštelių specifinius bei prietaisų techninius duomenis, juos paverčia indeksiniais rodikliais, kuriuos galima išsaugoti ir kaupti *excel* formato failuose su galimybe bet kada juos koreguoti bei papildyti (Delta-T Devices Ltd., Cambridge, UK). Tyrimai apima ir kai kuriuos pagalbinius indikatorius, tokius kaip procentinis lajos atvirumas (VisSky), netiesioginė saulės spinduliuotės kiekis (ISF), tiesioginė saulės spinduliuotės kiekis (DSF), globaliosios saulės spinduliuotės kiekis (GSF) difuzinės saulės spinduliuotės kiekis virš lajos (DifAb), difuzinės saulės spinduliuotės kiekis po laja (DifBe), tiesioginės saulės spinduliuotės kiekis virš lajos DirAb, tiesioginės saulės spinduliuotės kiekis žemiau lajos (DirBe), bendros saulės spinduliuotės kiekis virš lajos (TotAB), bendros saulės spinduliuotės kiekis žemiau lajos (TotBe), elipsoidinis lapų kampinio išsidėstymo kriterijus (ELADP), vidutis lapų pokrypio kampas (MLA) (Anderson, 1964; Webb, 1999).

2.2.1. Medžių lapijos indeksas Aukštaitijos KMS baseine

Fotosintetiškai aktyvios saulės spinduliuotės matavimų rezultatai ir jų kaita per 18 metų laikotarpį pateikti 2.3 lentelėje. Tyrimų rezultatai rodo, kad paskutiniaisiais metais Fotosintetiškai aktyvios spinduliuotės intensyvumas turi tendencija didėti. Mažiausia šio parametro reikšmė buvo registruojama 2006 m. Atvirkščiai proporcingai šiems parametrams kito lapijos indeksas, kurio didžiausia reikšmė buvo nustatyta būtent 2006 m., o po šių metų medžių lajų lapijos indeksas mažėja. 2012 m. nustatytas ženklus lapijos indekso padidėjimas. Tai gerėjančios medžių lajų būklės rezultatas. Išaiškinta FAR spinduliuotės po medžių lajomis ir LAI indekso kaita pakankamai gerai sutampa su medžių lajų vidutinės defoliacijos kaita. Vidutinės defoliacijos reikšmė mažiausia buvo 2004 m., o nuo šių metų iki 2010 m. turėjo tendenciją didėti. 2012 m. medžių lajų defoliacija sumažėjo, ką ir patvirtino padidėjęs lapijos indeksas.

2013 m LAI toliau didėjo ir pasiekė $3,8 \text{ m}^2/\text{m}^2$ reikšmę, o 2014 m. LAI vidutinė reikšmė padidėjo net iki $4,2 \text{ m}^2/\text{m}^2$. Tai viena didžiausių LAI reikšmių nustatytų Aukštaitijos KMS baseine per visą tiriamąjį laikotarpį. Didėjanti medžių lajų LAI gerai indikuoja gerėjančią medžių lajų būklę ir didėjantį prieaugį, ką patvirtina ir detalūs lajų būklės ir kamieno skersmens tyrimo rezultatai.

2015 m. nustatytas nors ir neženklus vidutinės lapijos indekso reikšmės sumažėjimas. 2020 m. FAR matavimai po augalijos danga nebuvo vykdomi dėl aparato techninio susidevėjimo. Tęsiant šiuos tyrimus būtinas naujo FAR/LAI matuoklio įsigijimas, todėl remonenduojama kas 5 m. vykdyti lajų fotografavimą hemisferiniu fotoaparatu. Tik tokiu būdu būtų galima užtikrinti gautų rezultatų kokybę ir visišką patikimumą.

2020 m. buvo atliktas antras Aukštaitijos KMS medynų fotografavimas hemisferinio fotoaparatu, kas įgalino vertinti ne tik medyno struktūros pokyčius, bet ir bendro augalijos indekso (LAI) kaitą lyginant su 2010 m., kai fotografavimas buvo atliktas antrą kartą.

2.2.2. Medžių lapijos indeksas Žemaitijos KMS baseine

Žemaitijos KMS baseine medžių LAI tyrimai atlikti 33 tyrimo ploteliuose. Likusiuose ploteliuose, dėl suardytos medyno struktūros vykdyti LAI matavimus netikslinga.

2009-2012 m. laikotarpiu Žemaitijos KMS, kaip ir Aukštaitijos KMS baseine augančių medžių lapijos indeksas, nustatytas pagal sugertos FAR spinduliuotės kiekį, mažėjo ir tik 2012 metais vėl padidėjo abiejose stotyse.

2.3 lentelė. FAR pagrindinių komponentų reikšmių palyginimas.

Metai	KMS	Vid	Max	Min	Std dev.	Glaudumas	Struktūra	FAR_kof	LAI
2003	LT-01	65	159	15	55	35,9	19,9	0,06	3,72
2004	LT-01	56	105	24	30	6,3	5,5	0,24	1,88
2005	LT-01	90	220	27	71	15,8	12,4	0,16	3,43
2006	LT-01	105	253	29	84	18,2	13,8	0,11	4,22
2007	LT-01	76	136	39	36	7,1	3,9	0,20	2,20
2008	LT-01	111	287	26	99	12,7	13,2	0,14	3,59
2009	LT-01	107	263	34	86	9,0	9,4	0,21	2,98
2010	LT-01	102	218	42	64	7,7	6,3	0,21	2,92
2011	LT-01	90	167	44	46	5,4	5,1	0,27	2,53
2012	LT-01	134	336	40	112	12,6	8,7	0,14	3,68
2013	LT-01	-	-	-	-	-	-	-	3,80
2014	LT-01	-	-	-	-	-	-	-	4,20
2015	LT-01	161	415	42	138	26	10	0,16	3,14
2020*	LT-01								1,959
2003	LT-03	168	346	57	108	11,2	9,3	0,17	2,49
2004	LT-03	76	125	44	29	4,4	4,8	0,29	1,58
2005	LT-03	122	291	45	91,0	8,3	11,3	0,25	2,89
2006	LT-03	95	150	54	34,5	5,5	3,4	0,27	2,62
2007	LT-03	106	205	51	56,1	6,7	4,4	0,25	2,19
2008	LT-03	143	393	27	140,1	21,6	17,1	0,13	4,45
2009	LT-03	83	216	27	67,4	14,4	11,8	0,18	3,82
2010	LT-03	86	191	31	58,5	9,2	6,3	0,33	2,51
2011	LT-03	147	314	42	100,6	8,9	8,8	0,22	2,90
2012	LT-03	86	232	19	81,2	26,5	14,3	0,11	4,90
2014	LT-03								3,05
2015	LT-03								2,72
2020*	LT-03								1,803

Pastaba: LAI nustatytas hemisferiniu fotoaparatu, todėl duomenys nelygintini bendrame kontekste

2014 m. Aukštaitijos KMS registruojamas tolesnis LAI didėjimas, kai tuo tarpu Žemaitijos KMS LAI sumažėjo, tačiau sausros poveikis - 2015 m. registruojamas LAI reikšmės sumažėjimas ir Aukštaitijos ir Žemaitijos KMS baseinuose, kuris gali būti siejamas su medžių tankumo mažėjimu.

Palyginus gautus indeksus tarp stočių, nustatyta, kad Žemaitijos KMS baseine augančių medžių lapijos indeksas didesnis negu Aukštaitijos KMS, ką patvirtina ir medžių lajų defoliacijos duomenys. Paskutiniaisiais metais, kada lapijos indeksas Žemaitijos KMS pradėjo viršyti lapijos indeksą medžių augančių Aukštaitijos KMS, jų lajų būklė taip pat tapo geresnė.

2.2.3. Medžių LAI, nustatytų hemisferiniu fotoaparatu, pokyčių analizė

Hemisferiniu fotoaparatu nustatytų LAI reikšmių analizė parodė (2.4 lentelė), kad paskutiniu metu laikotarpiu miškų būklė gerėja, didėja jų lapijos plotas, kas didina jų bendrą produktyvumą ir biomasę.

2.4 lentelė. LAI reikšmės Aukštaitijos ir Žemaitijos KMS 2011-2020 m.

Tyrimų plotas	Aukštaitijos KMS			Žemaitijos KMS		
	2011	2020	Prieaugis	2011	2020	Prieaugis
01	1.535	1.514	-0.021			
02	2.249	1.530	-0.719	1,915	2.237	0.322
03	2.229	2.002	-0.227	1,958	1.700	-0.258
04	1.536	1.758	0.223	2,013	2.267	0.254
05	1.584	1.018	-0.566	1,513	1.747	0.234
06	1.669	1.733	0.064	1,990	2.010	0.020
07	2.138	2.104	-0.034	1,357	1.301	-0.056
08	1.696	1.362	-0.334	1,422	1.467	0.045
09	1.628	1.606	-0.022	2,629	1.858	-0.771
10	2.413	2.524	0.111		1.579	1.579
11	1.509	1.462	-0.047	2,335	1.848	-0.487
12	2.001	2.011	0.010	1,699	2.023	0.324
13	1.746	2.274	0.529	1,956	1.906	-0.050
14	2.069	1.761	-0.308	1,374	1.082	-0.292
15	2.198	1.910	-0.288	1,166	1.225	0.059
16	2.383	2.407	0.023	1,725	1.717	-0.008
17	1.798	1.843	0.045	1,705	1.649	-0.056
18	1.470	1.928	0.458	2,089	1.705	-0.383
19	2.198	2.164	-0.035	2,058	1.827	-0.231
20		1.772	1.772	1,935	1.745	-0.190
21	1.341	1.671	0.330	1,698	2.323	0.625
22	1.751	1.717	-0.034	2,060	1.938	-0.122
23	2.128	2.712	0.584	1,841	2.141	0.300
24	2.546	2.454	-0.092	2,525	1.761	-0.764
25	2.059	1.819	-0.239	1,490	1.875	0.385
26	1.880	2.079	0.199	2,079	2.141	0.062
27	2.087	2.033	-0.055	1,467	1.575	0.108
28	2.091	2.120	0.029	1,522	1.450	-0.072
29	2.583	2.041	-0.542	1,559	2.028	0.469
30	1.596	1.767	0.171	1,453	1.690	0.237
31	2.170	1.839	-0.331	1,594	1.862	0.268
32	1.622	1.857	0.235		2.060	2.060
33	1.570	2.378	0.807			
34		2.423	2.423	1,975	2.085	0.110
35		2.348	2.348	1,145	1.355	0.210
36	1.567	1.573	0.006	2,273	2.226	-0.047
37	1.952	2.125	0.174	1,557	1.546	-0.011
38	2.290	2.394	0.104			
39	2.075	2.089	0.014			
40	1.724	2.518	0.794			
41	2.070	1.766	-0.305			
42	1.922	1.742	-0.181			
43	2.012	2.565	0.553			
44	1.355	1.224	-0.131			
45	2.228	2.225	-0.003			
46	1.509	1.749	0.240			
47		2.624	2.624			
48	1.880	1.389	-0.490			
49	1.946	1.778	-0.168			
50	2.137	2.269	0.133			
Iš viso	1,916	1,959	0,043	1,738	1,803	0,065

Pateikti LAI nustatyti hemisferinio fotoaparatu 2010-2020 m. taip pat įrodo, kad medynų būklė KM stočių baseinų teritorijose gerėja, taip pagrįsdami išvadą, gautą nagrinėjant LAI nustatytą matuojant foroaktyvios saulės spinduliuotės intensyvumą tyrimo ploteliuose.

Pateiktose nuotraukose akivaizdžiai matyti, kad LAI sumažėjimą tyrimo plotelyje pagrinde lėmė išdžiuvę ar išvirtę medžiai. Defoliacijos kaita tokiai LAI kaitai turi nors ir patikimą tačiau labai silpną įtaką. Ateityje pakartojus fotografavimą (2025 m.) būtų galima tikėtis reikšmingesnių pokyčių priežasčių išaiškinimo.

Pateikti LAI nustatyti hemisferinio fotoaparatu 2010-2020 m. taip pat įrodo, kad medynų būklė KM stočių baseinų teritorijose gerėja, taip pagrįsdami išvadą, gautą nagrinėjant LAI nustatytą matuojant foroaktyvios saulės spinduliuotės intensyvumą tyrimo ploteliuose.

IŠVADA

2009-2013 m. laikotarpiu Aukštaitijos KMS baseine augančių medžių lapijos indeksas, nustatytas pagal sugertos FAR spinduliuotės kiekį toliau didėjo, kas turėjo sąlygoti gerėjančią lajų būklę, nors vidutinės defoliacijos duomenis tokią katą patvirtina tik iš dalies. Palyginus gautus indeksus tarp stočių, nustatyta, kad Žemaitijos KMS baseine augančių medžių lapijos indeksas didesnis negu Aukštaitijos KMS, ką patvirtina ir medžių lajų defoliacijos duomenys.

Paskutiniaisiais 2014 m., pakeitus LAI nustatymo aparatą, paaiškėjo, kad Aukštaitijos KMS augančių medžių LAI toliau didėja, ką rodo ir reguliarus stebimų medžių lajų vidutinės defoliacijos mažėjimas. Žemaitijos KMS defoliacijos kaitoje aiškios tendencijos, nenustatyta ką gerai iliustruoja ir LAI duomenis. 2014 m. LAI reikšmė nežymiai, bet sumažėjo šioje KM stotyje.

2014 m. paaiškėjo, kad paskutiniaisiais metais Žemaitijos KMS baseine augančių medžių LAI nežymiai mažėja, ką rodo ir vidutinės defoliacijos kaita. 2015 m. registruojamas tolesnis šio proceso vyksmas. Lapijos indeksas sumažėjo iki 2,72 m²/m². Tai gali būti dėl žievėgraužio poveikio žuvusių eglių rezultatas.

Palyginus gautus indeksus tarp stočių, nustatyta, kad Žemaitijos KMS baseine augančių medžių lapijos indeksas didesnis negu Aukštaitijos KMS, ką patvirtina ir medžių lajų defoliacijos duomenys. Paskutiniaisiais metais, kada lapijos indeksas Žemaitijos KMS pradėjo viršyti lapijos indeksą medžių augančių Aukštaitijos KMS, jų lajų būklė taip pat tapo geresnė. 2013 m. LAI nežymiai padidėjo Aukštaitijos KMS. 2014 m. Aukštaitijos KMS registruojamas tolesnis LAI

didėjimas, kai tuo tarpu Žemaitijos KMS LAI sumažėjo. 2015 m. registruojamas vidutinės lapijos indekso reikšmės sumažėjimas ir Aukštaitijos ir Žemaitijos KMS baseinuose, kuris gali būti siejamas su medžių tankumo mažėjimu, t.y. intensyvesniu eglių žuvimu dėl eglinio tipografo daromos žalos, kuri Žemaitijos KMS baseine yra didesnė negu Aukštaitijos KMS.

2003-2014 m duomenys, LAI nustatimui tyrimo ploteliuose naudojant fotoaktyvios saulės spinduliuotės intensyvumą, rodo nežymų LAI augimą, m ką patvirtina LAI duomenys nustatyti hemisferinio foro aparatu 2010 ir 2020 m.

2015 m. nustatytas nors ir neženklaus vidutinės lapijos indekso reikšmės sumažėjimas. Tai gali būti siejamas ir su metodikos kaita. Tęsiant šiuos tyrimus būtinas naujo FAR/LAI matuoklio įsigijimas, o kas 5 m. lajų fotografavimas hemisferiniu fotoaparatu. Tik tokiu būdu būtų galima užtikrinti gautų rezultatų kokybę ir visišką patikimumą.

Pateikti LAI nustatyti hemisferinio fotoaparatu 2010-2020 m. taip pat įrodo, kad medynų būklė KM stočių baseinų teritorijose gerėja, taip pagrįsdami išvadą, gautą nagrinėjant LAI nustatytą matuojant fotoaktyvios saulės spinduliuotės intensyvumą tyrimo ploteliuose.

Gauti LAI tyrimų rezultatai gerai atspindi tiriamų medynų medžių lajų būklės kaitą, todėl šiuos tyrimus tikslinga vykdyti, ypač hemisferinį lajų fotografavimą, kurį reiktų atlikti kas 5 metus. FAR tyrimus pagal galimybę rekomenduojama vykdyti kas met, įsigijus naują FAR matuoklį.

2.3. KMS baseinų teritorijose augančių medynų biomasės ir bioelementų pokyčiai bei medienos destrukcija ir prieaugis

Pagal integruoto monitoringo programą įsteigtų stočių teritorijose medynų inventorizacija ar medynų biomasės bei bioelementų kiekio tyrimai vykdomi kas 5 metai. Per visą tiriamąjį laikotarpį biomasės tyrimai atlikti stočių įkūrimo metais, po to 1999, 2003, 2010, 2015 ir 2020 m.

Vienas iš pagrindinių Integruoto monitoringo tikslų yra hidrologiniu požiūriu pakankamai gerai izoliuotuose mažų upelių baseinuose nustatyti ir sekti teršiančių medžiagų ir maistinių medžiagų srautus, kontroliuoti jų balansą bei vertinti vykstančius biologinius pokyčius, o taip pat nustatyti medžių būklės bei jų prieaugio ir žuvimo intensyvumą visoje tiriamoje teritorijoje. Todėl buvo nustatyta:

1. gyvų medžių bendra biomasė;
2. pagrindinių maistinių elementų kiekis medžių biomasėje;
3. bendras gyvų ir žuvusių medžių skaičius bei jų pasiskirstymą pagal medžio rūšį ir skersmenį;
4. medžių biomasės pokytis per tiriamąjį laikotarpį, t.y. nuo 1993(94) iki 2015 m.;
5. Bendras medienos tūrio pokytis bei išlikusių gyvų medžių prieaugis.

Biomasės nustatymas yra pirmas ir pagrindinis žingsnis cheminių elementų persiskirstymo bei cirkuliacijos nustatymui uždarame upelio baseine. Medžių biomasės nustatymui duomenys renkami kompleksiskai jungiant medynų kartografavimą su medžių pagrindinių taksacinių charakteristikų nustatymu tyrimo ploteliuose, reprezentuojančiuose kiekvieną uždaro upelio baseino medyną. Biomasės nustatymui pirmą kartą panaudota spektrinė zoninė aerofoto nuotrauka.

Darbo tikslas: pagal tarptautinę integruoto monitoringo programą Lietuvos IM stočių teritorijose nustatyti augančių medžių biomasę bei pagrindinių bioelementų kiekį bei išaiškinti pagrindinius jų pokyčius.

Vykdamas „Medžių bioelementų bei medynų biomasė“ paprogramę, nustatomas atskirų medžių rūšių: gyvų (NUM_LD), žuvusių (NUM_DD), išverstų medžių (NUM_FD) bei kelmų (NUM_SD) pasiskirstymas pagal skersmenį; gyvų medžių pasiskirstymas pagal jų aukštį (NUM_LH), pagal lajos aukštį (NUM_LCL) bei pagal lajos plotį (NUM_LCW). Taip pat visi gyvi medžiai ir atskirai pagal rūšį suskirstomi į gyvybingumo grupes: sveiki, pažeisti bei mirštantys. Šių tyrimų rezultatai pateikti lentelėse.

2.3.1. Aukštaitijos KMS baseino medynų struktūros, tūrio ir jo prieaugio kaita 1993-2020 m. laikotarpiu.

Medžių bioelementų bei medynų biomasės kaitos įvertinimui panaudoti 1993, 1999, 2003, 2010, 2015 ir 2020 metų apskaitų duomenys, kurie gauti vykdant pilną medynų inventorizaciją Aukštaitijos KMS baseine 50 pastoviuose tyrimo ploteliuose. Kadangi detalūs biomasės tyrimai nebuvo atlikti, pasinaudota, kaip rekomenduojama metodikoje, artimiausio regiono medžių biomasės tyrimų rezultatais. Tokiu būdu medžių atskirų frakcijų, biomasė buvo nustatyta naudojantis tyrimų rezultatais atliktais Lietuvos miškų institute (Таблицы для..., 1982). Pagrindinių maistinių elementų medžių biomasėje nustatymui naudoti Integruoto monitoringo programoje pateikti duomenys (Manual of, 1998).

Aukštaitijos KMS Versminio upelio uždaramo baseine vyrauja spygliuočių daugiaardžiai medynai. Tai pagrinde seni perbrendę pušynai su keliomis lydinčiomis eglių kartomis.

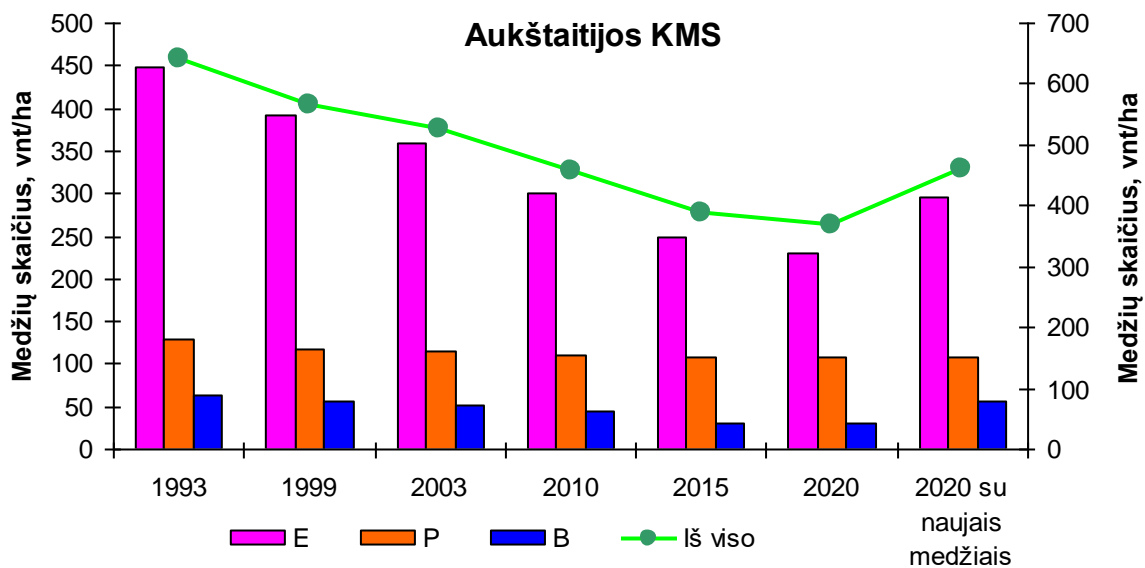
Nustatyta, kad per visą 27 m. laikotarpį 1 ha plote gyvų medžių vidutiniškai sumažėjo nuo 651 iki 368 vnt., arba (43,5%), kas sudarytų po 1,6% visų stebimų medžių per metus. Vienas tyrimo plotas, kuris buvo atžymėtas už rezervato ribų po masinio kenkėjų pažeidimo buvo visiškai iškiristas. 2020 m. čia, atsikūrusiame jaunuolyne išskirtas naujas tyrimo plotas (2.4 pav).

2014 m. pradėtas kirsti ir antrasis tyrimo barelis, kuris radosi gretimoje kaimynystėje su pastaruoju. Čia miško atkūriamieji darbai tik pradėti, ir tyrimo ploto atnaujinimas tikėtinas po 5 ar 10 metų.

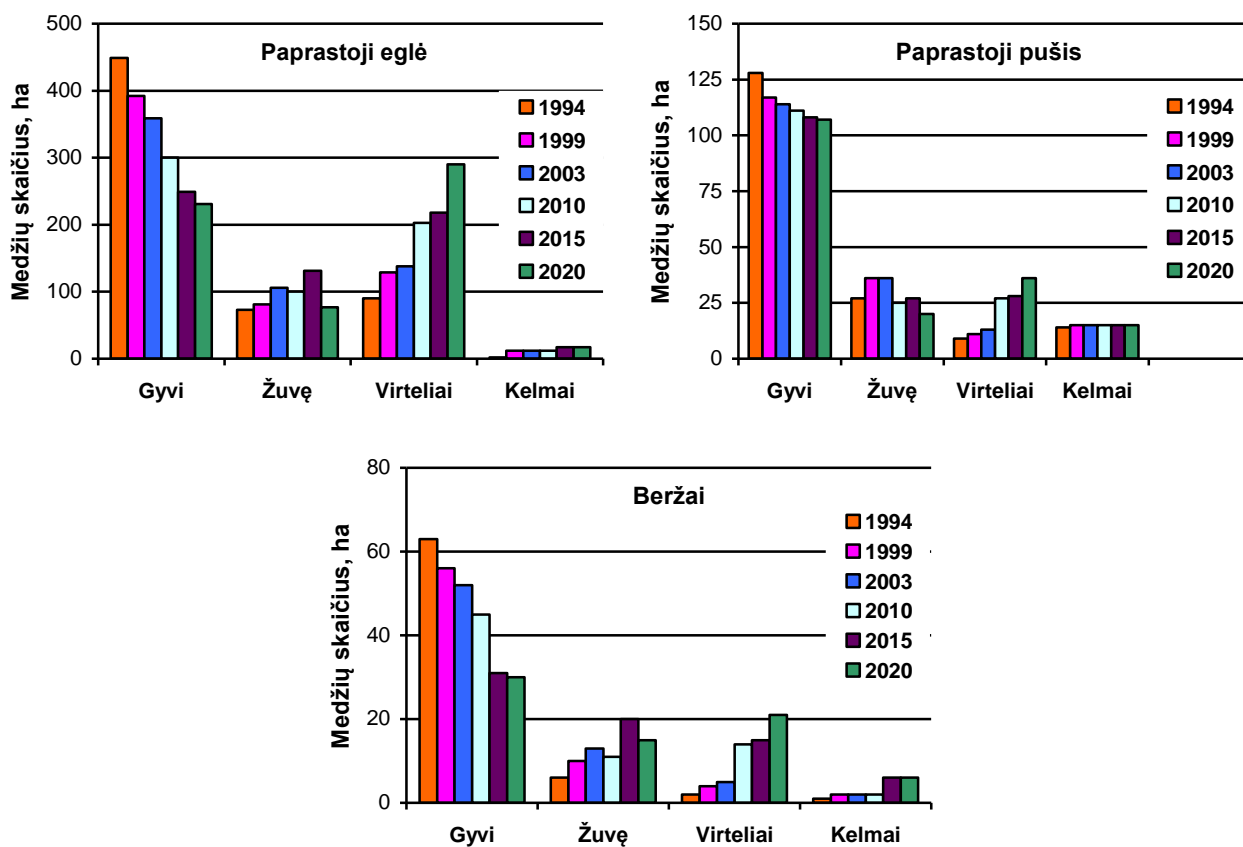
Paprastosios pušies ir eglės medžių dinamika rodo (2.4-2.5 pav.) pav.), kad per tiriamąjį laikotarpį pušies medžių sumažėjo nuo 128 vnt iki 107 vnt/ha; medžių iškritimas siekė 16,4%; paprastosios eglės medžių sumažėjo nuo 449 vnt iki 231 vnt/ha; medžių iškritimas siekė 48,5% ir beržų – nuo 63 iki 30 vnt/ha, medžių iškritimas sudarė net 52,3%. Tai sudarytų atitinkamai po 0,61%, 1,8% ir 1,9% šių rūšių medžių per metus.

Tiriant medžių skerspločių sumos (ΣG) pokytį bei išlikusių gyvų medžių skerspločių sumos prieaugį (2.6 pav.), nustatyta, kad eglių ir beržų kamienų skerspločių sumos pokytis per 27 m. laikotarpį Aukštaitijos KMS yra neigiamas, t.y. sumažėjęs daugiau negu 2 m²/ha ir 1 m²/ha atitinkamai. Pušų šio rodiklio pokytis yra teigiamas ir viršija 2 m²/ha, ypač nuo 1999 metų.

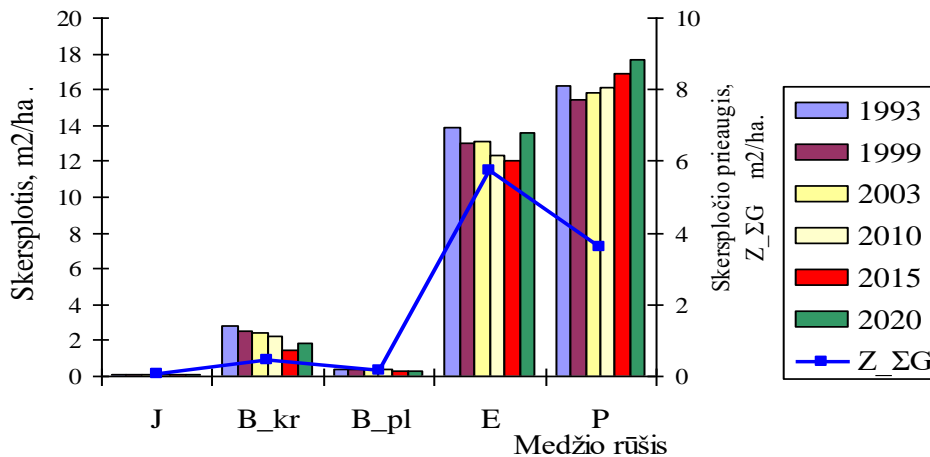
Išlikusių gyvų medžių skerspločių sumos prieaugis tarp tirtų rūšių yra priešingas. Didžiausių prieaugiu pasižymėjo išlikusios eglės, kurių šis rodiklis sudarė net 6 m²/ha per tiriamąjį laikotarpį. Kiek silpnesniu prieaugiu pasižymėjo pušys – apie 4 m²/ha ir silpniausių ar beveik neregistruojamu prieaugiu pasižymėjo beržai – vos 0,5 m²/ha per visą tiriamąjį laikotarpį.



2.4 pav. Gyvų medžių skaičiaus kaita Aukštaitijos KMS 1993-2020 m. laikotarpiu



2.5 pav. Aukštaitijos IMS baseino pagrindinių rūšių medžių skaičiaus kaita.



2.6 pav. Aukštaitijos IMS baseino pagrindinių rūšių visų tirtų medžių skersplotis ir tik išlikusių gyvų medžių skerspločio prieaugis 1 ha ($Z_{\Sigma G}$) per 1993-2020 m. laikotarpį.

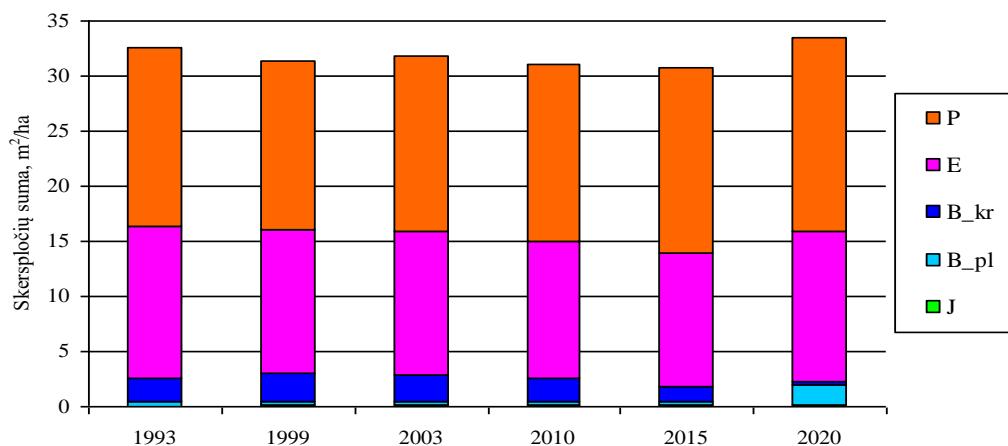
Per 27 m. laikotarpį žuvusių medynų vietoje susiformavo ir atsikūrė jaunuolynai. Čia augantiems medžiams pasiekus kamieno skersmenį didesnę negu 10 cm, buvo išskirti tyrimo ploteliai telesniam medynų vystymosi ypatumams tirti. Tokiuose žuvusiuose medynuose buvo atkurti tyrimai, papildomai į apskaitą įtraukiant 167 medžius. Tokiu būdu 2020 m. tirtų medžių skaičius padidėjo vidutiniškai beveik 100 vnt./ha ir ypač eglių 65 vnt./ha ir beržų 27 vnt./ha. Būtent paprastoji eglė buvo ta pagrindinė medžių rūšis, kuri atsikūrė žuvusioje nuo eglinio tipografo žalos eglynų vietoje (2.4 pav. 2020 su visais medžiais).

Aukštaitijos KMS 1 ha teritorijoje pagal skerspločių sumą vyrauja pušynai. Jų ΣG 1999-2020 m. laikotarpiu didėjo nuo 15,4 iki 17,6 m²/ha. Kiek mažesnė dalis teko eglėms. Jų skerspločių suma turėjo tendenciją mažėti. Jei tyrimų pradžioje gyvų eglių skerspločių suma Aukštaitijos KMS baseino 1 ha plote sudarė 13,8 m²/ha tai paskutiniaisiais 2020 metais – jau tik 12,0 m²/ha ir tik priskaitant naujai įkurtus tyrimo plotelius – iki 13,6 m²/ha. Pagrindinė tokios kaitos priežastis – vėjalaužos ir vėjavartos, bei besipaisikartojantys eglinio tipografo pažeidimai ypač grandžiuose ir perbrendusiuose eglynuose.

Beržų skerspločių suma kito analogiškai eglių skerspločių sumai. Tyrimų pradžioje abiejų rūšių gyvų beržų skerspločių suma 1 ha baseino plote sudarė vidutiniškai 2,5 m²/ha, tai 2020 m. šis rodiklis sumažėjo iki 1,7 m²/ha ir tik priskaitant naujai įkurtus tyrimo plotelius – iki 2,1 m²/ha. Tai taip pat vėjalaužų ir snieglauzų rezultatas. Tokiu būdu Aukštaitijos KMS teritorijos medynų skerspločių suma 1993-2020 m. laikotarpiu be papildomai pridėtų medžių praktiškai išlieka stabili. Jei tyrimų pradžioje siekė 33,3 m²/ha, tai 2015 m. sumažėjo iki 30,7 m²/ha, tai 2020 m. padidėjo iki 31,62 m²/ha, o įskaitant ir prieaugį, t.y. medžius, kurių skersmuo pradėjo viršyti 10 cm – 33,5 m²/ha

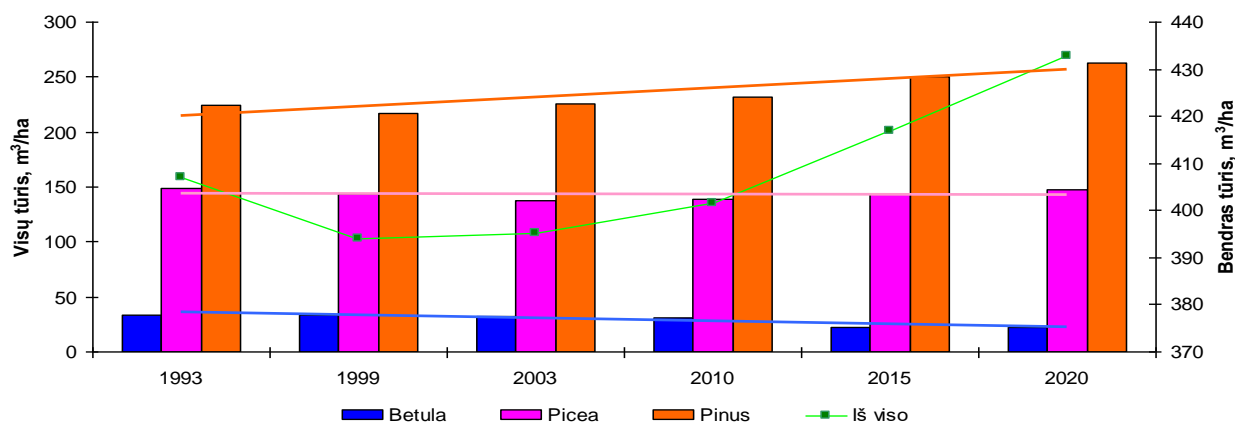
(2.7 pav.). Tai brandžių ir perbrendusių medynų vystymosi eigos būdingas bruožas, kai medžių mirtingumas susilygina su atsikūrimu.

Apibendrinus medžių mirtingumo, atsikūrimo ir prieaugio rezultatus matyti, kad per 27 m. laikotarpį natūraliai besivystančios miško ekosistemo produktyvumas padidėjo nuo 31,6 m²/ha iki 33,5 m²/ha, kas sudarytų 6 proc. nuo bendros visų medžių skerspločių sumos.



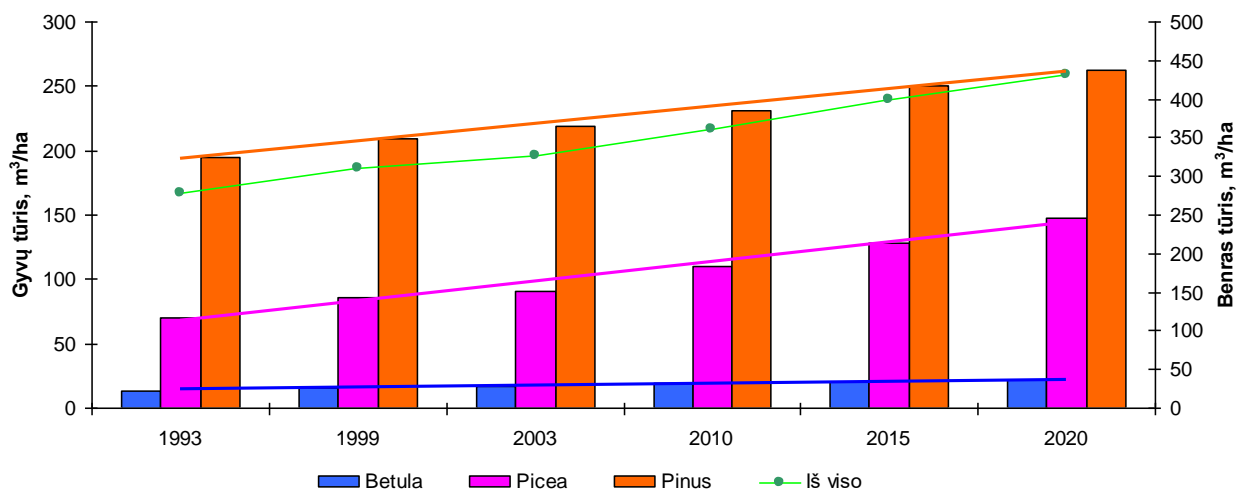
2.7 pav. Aukštaitijos KMS baseine augančių medžių skerspločių sumos kaita 1993-2020 m.

Gyvų medžių tūrio ir jo prieaugio analizė parodė (2.8 pav.), kad Aukštaitijos KMS baseine augančių medžių tūris taip pat per 27 m. padidėjo, įskaitant medžių atkritimą. Didžiausiu teigiamu tūrio pokyčiu pasižymėjo pušys, kurių tūris per 27 m. laikotarpį įskaitant ir medžių iškritimą, padidėjo nuo 225 m³ iki 262 m³/ha, t.y. 16,5 %, kas sudarytų po 1,4 m³ per metus. Didžiausiu neigiamu tūrio pokyčiu pasižymėjo beržai. Jų tūris vidutiniškai (įskaitant medžių atkritimą) mažėjo nuo 33 m³ iki 22 m³/ha, kas sudarytų 33 % arba po -0,4 m³/ha per metus. Eglių tūrio kaita demonstravo stabilią būseną, t.y. jų atkritimas ir prieaugis praktiškai buvo lygūs.



2.8 pav. Vyraujančių medžių rūšių medynų tūrio kaita Aukštaitijos KMS baseine 1993 – 2020 m. laikotarpiu

Norint įvertinti, kurių medžių prieaugis buvo intensyviausias, atskirai panagrinėtas išlikusių gyvų 2020 m. medžių tūrio prieaugis, t.y. nagrinėjant tūrio kaitą buvo eliminuotas žuvusių medžių poveikis tūrio kaitai.



2.9 pav. Vyraujančių medžių rūšių 2020 m. išlikusių gyvų medžių ir jų suminis (iš viso) tūris Aukštaitijos KMS baseine 1993 – 2020 m. laikotarpiu

Didžiausią tūrio prieaugį demonstravo eglės (2.9 pav.). Per 27 m. laikotarpį tik išlikusių gyvų eglėlių tūris padidėjo nuo 71 m³ iki 148 m³/ha, t.y. daugiau nei 2 kartus, ar po 2,9 m³/ha per metus. Kiek mažesniu tūrio prieaugiu pasižymėjo pušys. Jų tūris per 27 m. padidėjo nuo 195 m³ iki 262 m³/ha, kas sudaro daugiau negu 25 % ar po 2,5 m³/ha per metus. Beržų tūrio prieaugis padidėjo nuo 14 m³ iki 22 m³/ha, kas sudaro 36 %, ar po 0,3 m³/ha per metus.

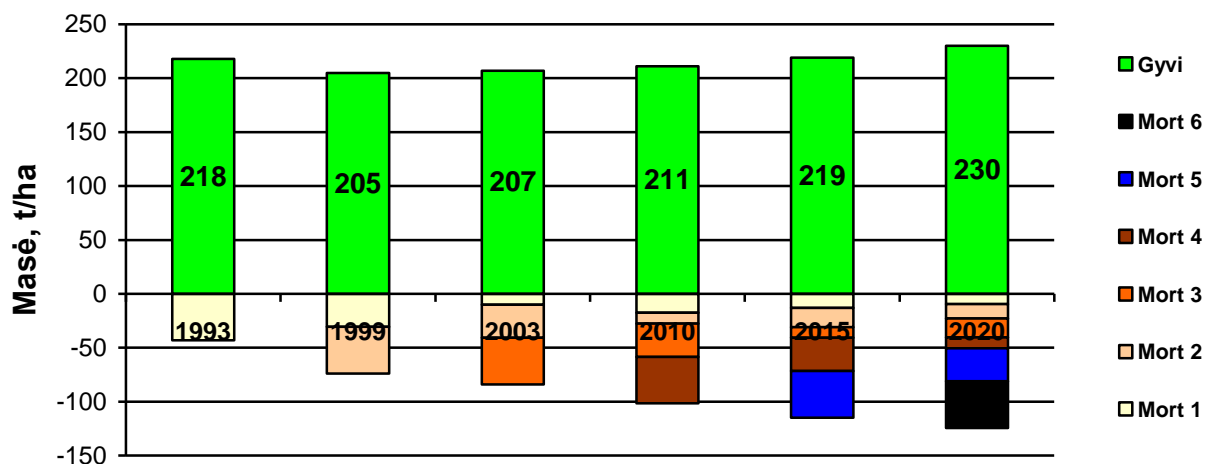
Tokiu būdu *Aukštaitijos KMS baseino miškų, kurie priklauso vianam seniausių Ažvinčių sengirės rezervatui, išlikusių gyvų medžių tūrio prieaugis sudarė po 5,7 m³/ha per metus.*

2.3.2. Aukštaitijos KMS medynų biomasė ir pagrindinių bioelementų kiekiai

Apskaičiavus augančių medžių stiebų, šakų, spyglių biomasę, nustatyta, kad Aukštaitijos KMS 1 ha baseino plote augančių medynų biomasė nuo 1993 iki 1999 metų dėl medžių iškritimo sumažėjo vidutiniškai nuo 218t iki 205t/ha, t.y. 13 t/ha arba 5%. 1999-2015 m. laikotarpiu stebimas, nors ir neženklaus gyvosios organinės masės didėjimas, nuo 205 t/ha iki 212 t/ha. Tokiu būdu per paskutinįjį laikotarpį gyvosios biomasės kiekis didėja po 0.44 t/ha.

Iki 2015 m. reikšmingai augo mirt masės kiekis Aukštaitijos KMS baseino 1 ha plote. Jei dar tyrimų pradžioje negyvos medienos kiekis tyrimo plotuose siekė vos po 43 t/ha, tai paskutiniaisiais metais jos kiekis jau turėjo sudaryti 118 t/ha, t.y. per 22 m laikotarpį kasmet

Aukštaitijos baseine negyvos medienos masė didėjo po 3,4t/ha. Bendras biomasės balansas rodo, kad per 22 metų laikotarpį Aukštaitijos KMS baseino 1 ha bendra biomasė didėjo nuo 261t/ha iki 330 t/ha, arba po 3,1 t/ha per metus, kas sudarytų virš 5 m³ medienos prieaugio hektare.



2.10 pav. Gyvos ir negyvos (Mort) organinės masės, priklausomai nuo jos destrukcijos laipsnio balansas Aukštaitijos KMS baseine 1993-2020 m.

Medienos suirimo laipsnis: Mort 1 – šviežiai živę medžiai; Mort 6 – visiškai suirė medžiai.

Pagrindinių medynų biomasės tyrimo rezultatai parodė, kad Aukštaitijos KMS teritorijoje per 1999-2015 m laikotarpį intensyviausiai didėjo pušynų gyvoji biomasė. Padidėjimas sudarė nuo 105t/ha iki 119 t/ha. Praktiškai stabili gyvoji biomasė išliko eglynų, kuri svyravo priklausomai nuo metų apie 80 t/ha ir reikšmingai mažėjo lapuočių medžių rūšių gyvoji biomasė – sumažėjimas sudarė nuo 21t/ha iki 13t/ha.

2020 m. registruojami vieni reikšmingiausių pokyčių miško ekosistemose. Per paskutiniuosius metus, nors ir buvo registruojami eglinio tipografo pažeidimai, žuvusių medžių skaičius buvo artimas mažiausioms reikšmėms ir panašiai kaip ir 2003 m.

Pagal medžių kamienų suirimo laipsnį mort masė pasiskirstė taip: Mort 1 – 7,75%, Mort 2 – 10,56 %, Mort 3 – 14,19 %, Mort 4 – 8,06 %, Mort 5 – 24,71 % ir Mort 6 – 34,73 %. Apibendrinus gautus rezultatus galima teigti, kad apie 30 % visų per visą stebėjamą žuvusių medžių mediena, pastaruoju laikotarpiu yra susiskaldžiusi jau be jokių likusių žymių. Tai sausros ir ypač intenbsyvios kenkėjų invazijos rezultato padariniai, kurie šiandieną Aukštaitijos miškuose jau nepastebimi.

2.5 lentelė. Aukštaitijos IMS baseino 1 ha augančių medžių atskirų frakcijų biomasė ir bioelementų kiekiai 1993, 1999, 2010, 2015 ir 2020 m.

		1994				1999				2010				2015				2020			
Rodiklis	Matav.	Stiebas	Šakos	Spygliai	Iš viso	Stiebas	Šakos	Spygliai	Iš viso	Stiebas	Šakos	Spygliai	Iš viso	Stiebas	Šakos	Spygliai	Iš viso	Stiebas	Šakos	Spygliai	Iš viso
Paprastoji eglė																					
Biomasė	t	71,51	12,00	3,93	87,45	67,47	11,00	3,31	81,79	64,41	10,56	3,00	77,97	66,02	11,11	3,02	80,16	73,52	12,38	3,37	89,27
N	kg	51,49	69,62	50,96	172,06	48,58	63,83	42,88	155,29	46,38	61,24	38,90	146,52	47,54	64,45	39,12	151,12	52,93	71,81	43,66	168,40
P	Kg	3,58	7,56	5,35	16,49	3,37	6,93	4,50	14,81	3,22	6,65	4,09	13,96	3,30	7,00	4,11	14,41	3,68	7,80	4,58	16,06
K	kg	18,59	27,37	18,81	64,77	17,54	25,09	15,83	58,46	16,75	24,07	14,36	55,18	17,17	25,34	14,44	56,94	19,11	28,23	16,11	63,46
Ca	kg	52,20	52,69	18,22	123,12	49,26	48,31	15,33	112,90	47,02	46,35	13,91	107,28	48,20	48,79	13,99	110,97	53,67	54,35	15,61	123,63
Mg	kg	7,87	7,44	4,01	19,32	7,42	6,82	3,38	17,62	7,09	6,55	3,06	16,70	7,26	6,89	3,08	17,23	8,09	7,68	3,44	19,20
Fe	kg	0,23	6,48	0,24	6,95	0,22	5,94	0,20	6,36	0,21	5,70	0,18	6,09	0,21	6,00	0,18	6,39	0,24	6,69	0,20	7,12
Mn	kg	8,87	16,13	3,30	28,30	8,37	14,79	2,77	25,93	7,99	14,19	2,52	24,69	8,19	14,94	2,53	25,65	9,12	16,64	2,83	28,58
Na	kg	3,58	0,12	0,08	3,77	3,37	0,11	0,07	3,55	3,22	0,11	0,06	3,39	3,30	0,11	0,06	3,47	3,68	0,12	0,07	3,87
S	kg	32,18	1,56	0,31	34,06	30,36	1,43	0,26	32,06	25,76	1,06	0,15	26,97	25,75	1,00	0,12	26,87	28,67	1,11	0,13	29,92
Zn	kg	0,72	0,60	0,20	1,51	0,67	0,55	0,17	1,39	0,64	0,53	0,15	1,32	0,66	0,56	0,15	1,37	0,74	0,62	0,17	1,52
Cu	kg	0,55	0,08	0,03	0,66	0,52	0,07	0,03	0,61	0,50	0,07	0,02	0,59	0,51	0,07	0,02	0,60	0,57	0,08	0,03	0,67
B	kg	0,07	0,12	0,04	0,23	0,07	0,11	0,03	0,21	0,06	0,11	0,03	0,20	0,07	0,11	0,03	0,21	0,07	0,12	0,03	0,23
Paprastoji pušis																					
Biomasė	t	88,48	17,66	3,40	109,54	84,90	16,97	3,15	105,03	90,58	18,21	3,34	112,13	95,98	19,38	3,61	118,98	101,30	20,49	3,80	125,59
N	kg	52,20	90,40	46,53	189,13	50,09	86,91	43,11	180,11	53,44	93,24	45,60	192,28	56,63	99,22	49,40	205,25	59,76	104,93	51,99	216,69
P	Kg	2,65	9,89	13,31	25,85	2,55	9,51	12,33	24,38	2,72	10,20	13,04	25,96	2,88	10,85	14,13	27,86	3,04	11,48	14,87	29,39
K	kg	21,23	41,14	13,75	76,13	20,38	39,55	12,74	72,67	21,74	42,43	13,48	77,65	23,04	45,15	14,60	82,79	24,31	47,75	15,37	87,43
Ca	kg	42,47	44,14	10,28	96,89	40,75	42,44	9,52	92,71	43,48	45,52	10,07	99,08	46,07	48,45	10,91	105,43	48,62	51,24	11,49	111,34
Mg	kg	13,27	10,59	3,06	26,93	12,74	10,18	2,84	25,76	13,59	10,93	3,00	27,52	14,40	11,63	3,25	29,28	15,19	12,30	3,42	30,91
Fe	kg	0,22	1,06	0,18	1,46	0,21	1,02	0,17	1,40	0,23	1,09	0,18	1,50	0,24	1,16	0,19	1,60	0,25	1,23	0,20	1,69
Mn	kg	4,16	15,59	1,42	21,17	3,99	14,99	1,32	20,29	4,26	16,08	1,39	21,73	4,51	17,11	1,51	23,13	4,76	18,10	1,59	24,44
Na	kg	4,42	0,18	0,14	4,74	4,25	0,17	0,03	4,45	4,53	0,18	0,03	4,74	4,80	0,19	0,04	5,03	5,06	0,20	0,04	5,31
S	kg	39,81	2,30	0,27	42,38	38,21	2,21	0,25	40,67	36,23	1,82	0,17	38,22	37,43	1,74	0,14	39,32	39,51	1,84	0,15	41,50
Zn	kg	0,44	0,35	0,10	0,90	0,42	0,34	0,09	0,86	0,45	0,36	0,10	0,92	0,48	0,39	0,11	0,98	0,51	0,41	0,11	1,03
Cu	kg	0,09	0,08	0,02	0,18	0,08	0,08	0,01	0,18	0,09	0,08	0,02	0,19	0,10	0,09	0,02	0,20	0,10	0,09	0,02	0,21
B	kg	0,09	0,18	0,03	0,30	0,08	0,17	0,03	0,29	0,09	0,18	0,03	0,31	0,10	0,19	0,04	0,33	0,10	0,20	0,04	0,34

2.5 lentelės tęsinys.

		1994				1999				2010				2015				2020			
Rodiklis	Matav.	Stiebas	Šakos	Spygliai	Iš viso	Stiebas	Šakos	Spygliai	Iš viso	Stiebas	Šakos	Spygliai	Iš viso	Stiebas	Šakos	Spygliai	Iš viso	Stiebas	Šakos	Spygliai	Iš viso
Lapuočiai																					
Biomasė	t	18.21	2.67	0.29	21.17	16.94	2.50	0.26	19.69	14.95	2.22	0.23	17.39	11.21	1.62	0.19	13.02	13.55	1.99	0.25	15.79
N	kg	18.94	13.28	6.63	38.85	17.61	12.44	5.88	35.93	15.55	11.05	5.16	31.76	11.66	8.07	4.30	24.02	14.09	9.92	5.73	29.74
P	Kg	1.09	1.04	0.35	2.48	1.02	0.97	0.31	2.30	0.90	0.87	0.27	2.04	0.67	0.63	0.23	1.53	0.81	0.78	0.30	1.89
K	kg	4.92	2.64	1.87	9.42	4.57	2.47	1.66	8.70	4.04	2.20	1.45	7.69	3.03	1.60	1.21	5.84	3.66	1.97	1.61	7.24
Ca	kg	9.83	9.63	2.32	21.78	9.15	9.02	2.06	20.22	8.07	8.01	1.81	17.89	6.05	5.85	1.51	13.41	7.32	7.19	2.01	16.52
Mg	kg	2.73	1.52	0.80	5.05	2.54	1.42	0.71	4.67	2.24	1.27	0.62	4.13	1.68	0.92	0.52	3.12	2.03	1.14	0.69	3.86
Fe	kg	0.07	0.08	0.02	0.17	0.07	0.07	0.02	0.16	0.06	0.06	0.02	0.14	0.04	0.05	0.02	0.11	0.05	0.06	0.02	0.13
Mn	kg	1.24	0.61	0.30	2.15	1.15	0.57	0.27	1.99	1.02	0.51	0.23	1.76	0.76	0.37	0.19	1.33	0.92	0.46	0.26	1.64
Na	kg	0.91	0.03	0.01	0.95	0.85	0.02	0.01	0.88	0.75	0.02	0.01	0.78	0.56	0.02	0.01	0.58	0.68	0.02	0.01	0.71
S	kg	8.19	0.35	0.02	8.56	7.62	0.32	0.02	7.97	5.98	0.22	0.01	6.21	4.37	0.15	0.01	4.52	5.28	0.18	0.01	5.47
Zn	kg	0.18	1.84	0.02	2.04	0.17	1.72	0.02	1.91	0.15	1.53	0.01	1.69	0.11	1.12	0.01	1.24	0.14	1.37	0.02	1.53
Cu	kg	0.02	0.02	0.00	0.04	0.02	0.02	0.00	0.04	0.01	0.02	0.00	0.03	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.03
B	kg	0.02	0.03	0.01	0.05	0.02	0.02	0.01	0.05	0.01	0.02	0.00	0.04	0.01	0.02	0.00	0.03	0.01	0.02	0.01	0.04
Iš viso Aukštaitijos KMS 1 ha teritorijoje																					
Biomasė	t	178.20	32.33	7.63	218.15	169.3	30.48	6.72	205.0	169.9	30.99	6.57	207.49	173.2	32.11	6.82	212.15	188.36	34.87	7.43	230.65
N	kg	122.6	173.3	104.1	400.0	116.3	163.2	91.9	369.2	115.4	165.5	89.7	370.6	115.8	171.7	92.8	380.4	126.79	186.66	101.38	414.83
P	Kg	7.32	18.49	19.01	44.82	6.94	17.41	17.14	41.49	6.83	17.71	17.40	41.95	6.85	18.49	18.47	43.80	7.53	20.05	19.76	47.34
K	kg	44.74	71.15	34.43	150.32	42.49	67.11	30.23	139.83	42.52	68.70	29.29	140.51	43.23	72.10	30.25	145.58	47.08	77.95	33.09	158.13
Ca	kg	104.50	106.5	30.82	241.79	99.16	99.76	26.91	225.83	98.57	99.89	25.79	224.25	100.3	103.09	26.41	229.81	109.61	112.78	29.10	251.49
Mg	kg	23.87	19.56	7.87	51.30	22.70	18.43	6.92	48.05	22.91	18.74	6.69	48.34	23.34	19.44	6.85	49.63	25.31	21.11	7.55	53.97
Fe	kg	0.52	7.62	0.44	8.59	0.50	7.03	0.39	7.92	0.49	6.86	0.38	7.73	0.50	7.21	0.39	8.10	0.54	7.97	0.43	8.94
Mn	kg	14.26	32.34	5.02	51.62	13.51	30.35	4.36	48.22	13.26	30.78	4.14	48.18	13.46	32.42	4.23	50.11	14.80	35.19	4.67	54.66
Na	kg	8.91	0.32	0.23	9.46	8.47	0.30	0.11	8.88	8.50	0.31	0.10	8.91	8.66	0.32	0.10	9.09	9.42	0.35	0.12	9.88
S	kg	80.19	4.20	0.61	85.00	76.19	3.96	0.54	80.69	67.98	3.10	0.33	71.40	67.55	2.89	0.27	70.72	73.46	3.14	0.30	76.90
Zn	kg	1.34	2.79	0.32	4.45	1.27	2.61	0.28	4.16	1.25	2.42	0.26	3.93	1.25	2.06	0.27	3.58	1.38	2.40	0.30	4.08
Cu	kg	0.66	0.17	0.05	0.88	0.62	0.16	0.04	0.83	0.60	0.16	0.04	0.81	0.62	0.17	0.04	0.83	0.68	0.18	0.05	0.91
B	kg	0.18	0.32	0.08	0.58	0.17	0.30	0.07	0.54	0.17	0.31	0.07	0.55	0.17	0.32	0.07	0.56	0.19	0.35	0.08	0.61

2.6 lentelė. Aukštaitijos IMS baseino 1 ha žuvusių medžių atskirų frakcijų biomasė ir bioelementų kiekiai 1993, 1999, 2010, 2015 ir 2020 m.

		1994				1999				2010				2015				2020			
Rodiklis	Matav.	Stiebas	Šakos	Spygliai	Iš viso	Stiebas	Šakos	Spygliai	Iš viso	Stiebas	Šakos	Spygliai	Iš viso	Stiebas	Šakos	Spygliai	Iš viso	Stiebas	Šakos	Spygliai	Iš viso
Paprastoji eglė																					
Biomasė	t	16.60	3.02	0.00	19.63	29.13	5.24	0.00	34.38	47.86	8.45	0.00	56.31	57.17	10.08	0.00	67.25	64.38	11.14	0.00	75.52
N	kg	11.95	17.54	0.00	29.49	20.98	30.41	0.00	51.38	34.46	49.01	0.00	83.47	41.16	58.46	0.00	99.62	46.35	64.60	0.00	110.96
P	Kg	0.83	1.91	0.00	2.74	1.46	3.30	0.00	4.76	2.39	5.32	0.00	7.72	2.86	6.35	0.00	9.21	3.22	7.02	0.00	10.24
K	kg	4.32	6.90	0.00	11.21	7.57	11.95	0.00	19.53	12.44	19.26	0.00	31.71	14.86	22.98	0.00	37.84	16.74	25.40	0.00	42.13
Ca	kg	12.12	13.28	0.00	25.39	21.27	23.02	0.00	44.28	34.94	37.09	0.00	72.03	41.73	44.25	0.00	85.98	46.99	48.90	0.00	95.89
Mg	kg	1.83	1.88	0.00	3.70	3.20	3.25	0.00	6.46	5.27	5.24	0.00	10.50	6.29	6.25	0.00	12.54	7.08	6.91	0.00	13.99
Fe	kg	0.05	1.63	0.00	1.69	0.09	2.83	0.00	2.92	0.15	4.56	0.00	4.72	0.18	5.44	0.00	5.63	0.21	6.01	0.00	6.22
Mn	kg	2.06	4.06	0.00	6.12	3.61	7.05	0.00	10.66	5.94	11.36	0.00	17.29	7.09	13.55	0.00	20.64	7.98	14.97	0.00	22.95
Na	kg	0.83	0.03	0.00	0.86	1.46	0.05	0.00	1.51	2.39	0.08	0.00	2.48	2.86	0.10	0.00	2.96	3.22	0.11	0.00	3.33
S	kg	7.47	0.39	0.00	7.86	13.11	0.68	0.00	13.79	19.15	0.84	0.00	19.99	22.30	0.91	0.00	23.20	25.11	1.00	0.00	26.11
Zn	kg	0.17	0.15	0.00	0.32	0.29	0.26	0.00	0.55	0.48	0.42	0.00	0.90	0.57	0.50	0.00	1.08	0.64	0.56	0.00	1.20
Cu	kg	0.13	0.02	0.00	0.15	0.22	0.03	0.00	0.26	0.37	0.05	0.00	0.42	0.44	0.06	0.00	0.50	0.50	0.07	0.00	0.57
B	kg	0.02	0.03	0.00	0.05	0.03	0.05	0.00	0.08	0.05	0.08	0.00	0.13	0.06	0.10	0.00	0.16	0.06	0.11	0.00	0.18
Paprastoji pušis																					
Biomasė	t	8.48	1.63	0.00	10.11	17.20	3.37	0.00	20.57	20.07	3.94	0.00	24.02	20.50	4.02	0.00	24.52	20.75	4.07	0.00	24.83
N	kg	5.00	8.33	0.00	13.33	10.15	17.26	0.00	27.41	11.84	20.19	0.00	32.03	12.09	20.61	0.00	32.70	12.24	20.86	0.00	33.10
P	Kg	0.25	0.91	0.00	1.17	0.52	1.89	0.00	2.40	0.60	2.21	0.00	2.81	0.61	2.25	0.00	2.87	0.62	2.28	0.00	2.90
K	kg	2.04	3.79	0.00	5.83	4.13	7.86	0.00	11.98	4.82	9.19	0.00	14.00	4.92	9.38	0.00	14.30	4.98	9.49	0.00	14.47
Ca	kg	4.07	4.07	0.00	8.14	8.26	8.43	0.00	16.68	9.63	9.86	0.00	19.49	9.84	10.06	0.00	19.90	9.96	10.18	0.00	20.15
Mg	kg	1.27	0.98	0.00	2.25	2.58	2.02	0.00	4.60	3.01	2.37	0.00	5.38	3.07	2.41	0.00	5.49	3.11	2.44	0.00	5.56
Fe	kg	0.02	0.10	0.00	0.12	0.04	0.20	0.00	0.25	0.05	0.24	0.00	0.29	0.05	0.24	0.00	0.29	0.05	0.24	0.00	0.30
Mn	kg	0.40	1.44	0.00	1.84	0.81	2.98	0.00	3.79	0.94	3.48	0.00	4.42	0.96	3.55	0.00	4.52	0.98	3.60	0.00	4.57
Na	kg	0.42	0.02	0.00	0.44	0.86	0.03	0.00	0.89	1.00	0.04	0.00	1.04	1.02	0.04	0.00	1.07	1.04	0.04	0.00	1.08
S	kg	3.82	0.21	0.00	4.03	7.74	0.44	0.00	8.18	8.03	0.39	0.00	8.42	7.99	0.36	0.00	8.36	8.09	0.37	0.00	8.46
Zn	kg	0.04	0.03	0.00	0.07	0.09	0.07	0.00	0.15	0.10	0.08	0.00	0.18	0.10	0.08	0.00	0.18	0.10	0.08	0.00	0.19
Cu	kg	0.01	0.01	0.00	0.02	0.02	0.02	0.00	0.03	0.02	0.02	0.00	0.04	0.02	0.02	0.00	0.04	0.02	0.02	0.00	0.04
B	kg	0.01	0.02	0.00	0.02	0.02	0.03	0.00	0.05	0.02	0.04	0.00	0.06	0.02	0.04	0.00	0.06	0.02	0.04	0.00	0.06

2.6 lentelės tęsinys.

		1994				1999				2010				2015				2020			
Rodiklis	Matav.	Stiebas	Šakos	Spygliai	Iš viso	Stiebas	Šakos	Spygliai	Iš viso	Stiebas	Šakos	Spygliai	Iš viso	Stiebas	Šakos	Spygliai	Iš viso	Stiebas	Šakos	Spygliai	Iš viso
Lapuočiai																					
Biomasė	t	3.21	0.50	0.00	3.71	5.60	0.85	0.00	6.45	8.84	1.34	0.00	10.18	12.75	1.97	0.00	14.72	14.25	2.22	0.00	16.47
N	kg	3.34	2.47	0.00	5.81	5.82	4.22	0.00	10.05	9.20	6.66	0.00	15.86	13.26	9.81	0.00	23.07	14.82	11.08	0.00	25.89
P	Kg	0.19	0.19	0.00	0.39	0.34	0.33	0.00	0.67	0.53	0.52	0.00	1.05	0.76	0.77	0.00	1.53	0.85	0.87	0.00	1.72
K	kg	0.87	0.49	0.00	1.36	1.51	0.84	0.00	2.35	2.39	1.32	0.00	3.71	3.44	1.95	0.00	5.39	3.85	2.20	0.00	6.05
Ca	kg	1.74	1.79	0.00	3.52	3.02	3.06	0.00	6.08	4.78	4.83	0.00	9.60	6.88	7.11	0.00	14.00	7.69	8.03	0.00	15.72
Mg	kg	0.48	0.28	0.00	0.76	0.84	0.48	0.00	1.32	1.33	0.76	0.00	2.09	1.91	1.12	0.00	3.04	2.14	1.27	0.00	3.40
Fe	kg	0.01	0.01	0.00	0.03	0.02	0.02	0.00	0.05	0.04	0.04	0.00	0.07	0.05	0.06	0.00	0.11	0.06	0.06	0.00	0.12
Mn	kg	0.22	0.11	0.00	0.33	0.38	0.20	0.00	0.58	0.60	0.31	0.00	0.91	0.87	0.45	0.00	1.32	0.97	0.51	0.00	1.48
Na	kg	0.16	0.00	0.00	0.17	0.28	0.01	0.00	0.29	0.44	0.01	0.00	0.46	0.64	0.02	0.00	0.66	0.71	0.02	0.00	0.73
S	kg	1.45	0.06	0.00	1.51	2.52	0.11	0.00	2.63	3.54	0.13	0.00	3.67	4.97	0.18	0.00	5.15	5.56	0.20	0.00	5.76
Zn	kg	0.03	0.34	0.00	0.37	0.06	0.59	0.00	0.64	0.09	0.92	0.00	1.01	0.13	1.36	0.00	1.49	0.14	1.53	0.00	1.68
Cu	kg	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.03	0.01	0.02	0.00	0.03
B	kg	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.02	0.00	0.03	0.01	0.02	0.00	0.04
Iš viso Aukštaitijos KMS 1 ha teritorijoje																					
Biomasė	t	28.31	5.16	0.00	33.46	54.16	9.82	0.00	63.98	79.01	14.09	0.00	93.10	90.81	16.01	0.00	106.82	99.38	17.44	0.00	116.81
N	kg	20.31	28.39	0.00	48.70	38.55	53.97	0.00	92.52	57.11	77.92	0.00	135.03	66.79	88.52	0.00	155.32	73.41	96.54	0.00	169.95
P	Kg	1.28	3.02	0.00	4.29	2.42	5.75	0.00	8.17	3.64	8.28	0.00	11.91	4.26	9.33	0.00	13.59	4.70	10.17	0.00	14.86
K	kg	7.22	11.20	0.00	18.42	13.79	21.46	0.00	35.26	20.23	30.59	0.00	50.82	23.33	34.17	0.00	57.50	25.57	37.09	0.00	62.65
Ca	kg	17.93	19.17	0.00	37.11	34.17	36.08	0.00	70.25	50.98	53.34	0.00	104.32	58.74	61.15	0.00	119.89	64.65	67.11	0.00	131.76
Mg	kg	3.58	3.14	0.00	6.72	6.87	5.98	0.00	12.85	9.85	8.59	0.00	18.44	11.32	9.75	0.00	21.07	12.33	10.62	0.00	22.95
Fe	kg	0.09	1.75	0.00	1.84	0.17	3.25	0.00	3.42	0.25	5.03	0.00	5.28	0.29	5.71	0.00	5.99	0.31	6.32	0.00	6.64
Mn	kg	2.68	5.63	0.00	8.31	5.08	10.70	0.00	15.78	7.76	15.62	0.00	23.38	8.97	17.47	0.00	26.44	9.93	19.08	0.00	29.01
Na	kg	1.42	0.05	0.00	1.47	2.71	0.10	0.00	2.81	3.95	0.14	0.00	4.09	4.54	0.16	0.00	4.70	4.97	0.17	0.00	5.14
S	kg	12.74	0.67	0.00	13.41	24.37	1.28	0.00	25.65	31.61	1.41	0.00	33.01	35.41	1.44	0.00	36.86	38.76	1.57	0.00	40.33
Zn	kg	0.24	0.53	0.00	0.77	0.46	0.93	0.00	1.39	0.69	1.44	0.00	2.13	0.81	1.94	0.00	2.75	0.89	2.17	0.00	3.06
Cu	kg	0.14	0.03	0.00	0.17	0.26	0.06	0.00	0.32	0.41	0.08	0.00	0.50	0.48	0.10	0.00	0.57	0.53	0.10	0.00	0.63
B	kg	0.03	0.05	0.00	0.08	0.05	0.10	0.00	0.15	0.08	0.14	0.00	0.22	0.09	0.16	0.00	0.25	0.10	0.17	0.00	0.27

Gyvų medžių biomasės kaitoje per 27 m. laikotarpį taip pat ryškūs pokyčiai. Medynų biomasė vidutiniškai padidėjo iki 230 t/ha, įskaitant naujus į apskaitą įtrauktus medžius (prieaugi), o jos pokytis lyginant su 1999 m. padidėjo 25,7 t/ha, arba 1,22 t/ha per metus.

Priklausomai nuo biomasės pokyčių keitėsi ir bioelementų kiekis. *Per 1999-2020 metų laikotarpį padidėjo atitinkamai: N +45,6 kg/ha (2,17 kg/m.); P +6,04kg/ha (0,29 kg/m.); K 19,2 kg/ha (0,91 kg/m.); Ca 27,2 kg/ha (1,3 kg/m.); Mg 6,24 kg/ha (0,3 kg/m.); Fe 1,09 kg/ha (0,05 kg/m) ir Mn 6,8 kg/ha (0,32 kg/m.). Tai sudaro 12-14% šių lementų kiekio lyginant su 1999 m.*

Negyvosios medienos kiekis, kuris *per 27 metų laikotarpį dūlėjo bei iš dalies kaupėsi ir praturtino dirvožemį, didėjo nuo 33,4 t iki 116,8 t/ha, kas sudarė po 3,1 t/ha per metus. Ypač reikšmingai didėjo eglių mirt masė – 55,9 t/ha arba po 2,1 t/ha per metus; beveik 3 kartus mažesniu intensyvumu padidėjo pušų – 14,7 t/ha arba 0,55 t/ha per metus ir kiek tai dar mažiau lapuočių medžių rūšių – 12,8 t/ha arba 0,47 t/ha per metus.*

Per tiriamąjį laikotarpį nuo 1993 iki 2020 į atmosfera grįžo ar pateko į dirvožemį su krituliais 121 kg/ha azoto, 10,6 kg/ha P, 44,2 kg/ha K, 95 kg/ha Ca, 16,2 kg/ha Mg, 4,8 kg/ha Fe, 20,7 kg/ha Mn ir 27 kg/ha S/ha.

2.3.3. Žemaitijos KMS baseino medynų struktūros, tūrio ir jo prieaugio kaita 1993-2020 m. laikotarpiu

Medžių bioelementų bei medynų biomasės kaitos įvertinimui panaudoti 1994, 1999, 2003, 2010, 2015 ir 2020 metų apskaitų duomenys, kurie gauti vykdant pilna medynų inventorizaciją Žemaitijos KMS baseine 37 pastoviuose tyrimo ploteliuose.

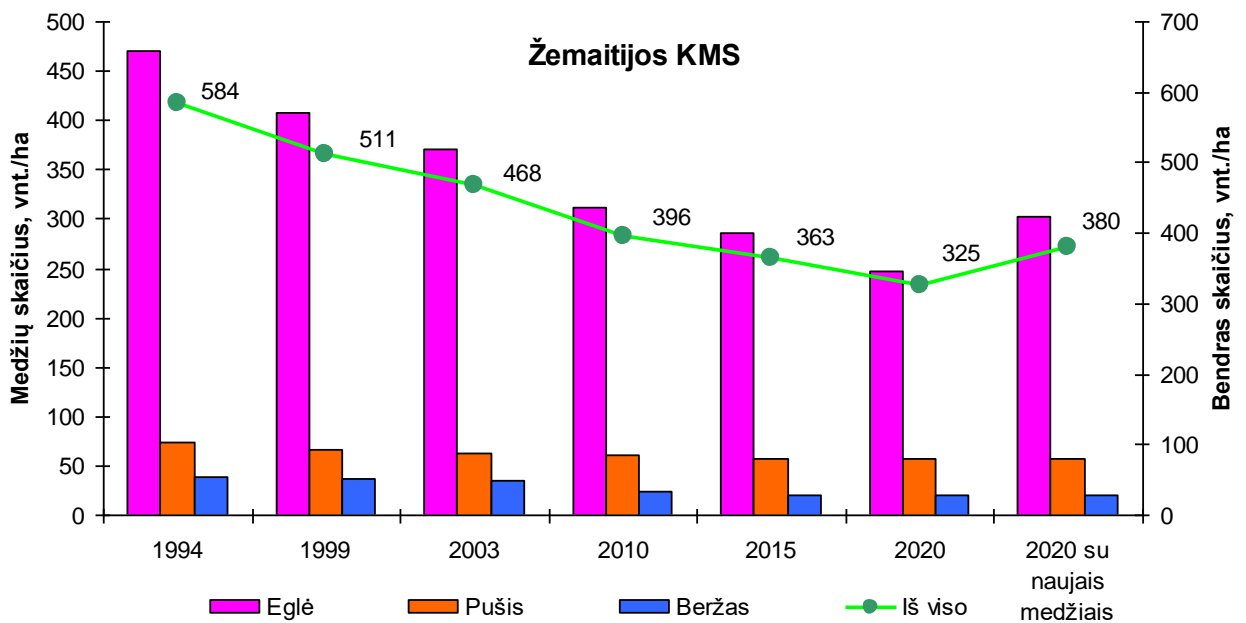
Nustatyta, kad per 21 m. laikotarpį 1 ha plote gyvų medžių vidutiniškai sumažėjo nuo 605 iki 372 (38,5% arba 1,8% per metus). Paprastosios pušies ir eglės medžių dinamika rodo (50 pav.), kad per tiriamąjį laikotarpį pušies iškritimas siekė 22.9% (1,1% per m.). Dėl žievėgraužio tipografo ir nepalankių klimatinių veiksnių (vėjalaužų ir vėjavartų) eglės žuvimo intensyvumas pasiekė 39,2% (1.9% per m.). Beržų iškritimas buvo intensyviausias (kaip ir Aukštaitijos KMS) ir sudarė 48,7% arba 2,3 % per metus.

Tokiu būdu eglių atsparumas nepalankiems aplinkos veiksniams buvo aukščiausias Žemaitijos KMS, pušų – Aukštaitijos KMS, o beržų žuvimo intensyvumas, kuris siekė beveik 50% visų tirtų beržų buvo vienodas abiejose stotyse. Tai gali būt pateikiamas kaip įrodymas, kad beržų

atsparumas intensyviai besikeičiančioms aplinkos sąlygomis yra, skirtingai negu manytą, pakankamai ribotas.

Per 26 m. laikotarpį Žemaitijos KMS tirtų medžių skaičius sumažėjo nuo 584 iki 325 vnt/ha ir tai sudarė beveik 45 % visų stebėtų medžių. Intensyviausiai sumažėjo eglių, kiek mažiau beržų ir mažiausiai pušų.

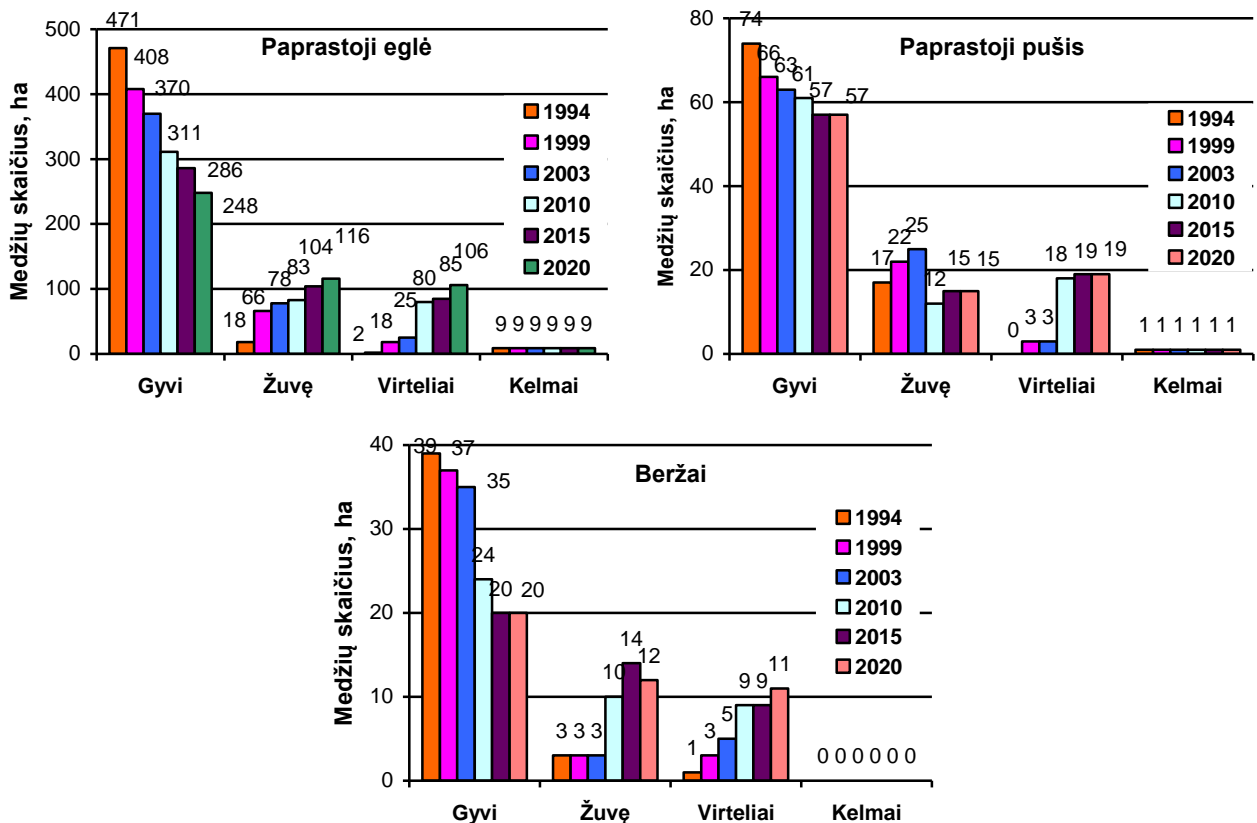
Žuvusių medynų vietoje susiformavo ir atsikūrė jaunuolynai kaip ir Aukštaitijos KMS. Čia augantiems medžiams pasiekus kamieno skersmenį didesnę negu 10 cm, buvo išskirti tyrimo ploteliai telesniam medynų vystymosi ypatumams tirti. Tokiuose žuvusiuose medynuose buvo atkurti tyrimai, papildomai į apskaitą įtraukiant 60 medžių. Tokiu būdu 2020 m. tirtų medžių skaičius padidėjo vidutiniškai beveik 55 vnt./ha ir tik eglių. Beržų papildomai į apskaitą nebuvo įtraukta. Paprastoji eglė buvo ta pagrindinė medžių rūšis, kuri labai gerai atsikūrė žuvusioje nuo eglinio tipografo pažeidimų eglynų vietoje.



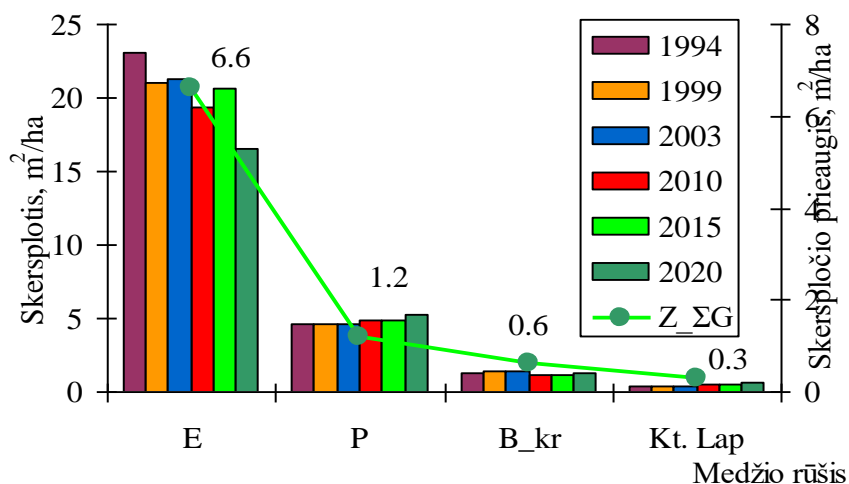
2.11 pav. Gyvų medžių skaičiaus 1 ha kaita Žemaitijos KMS 1994-2020 m. laikotarpiu

Tiriant medžių skerspločių sumos pokytį bei išlikusių gyvų medžių skerspločių sumos prieaugį (2.13 pav.), nustatyta, kad kaip ir Aukštaitijos KMS baseine, čia augančių eglių kamienų skerspločių pakytis yra neigiamas, t.y medžių atkritimas yra intensyvesnis negu jų prieaugis. *Per 26 m. laikotarpį Žemaitijos KMS eglių kamienų skerspločių suma sumažėjo nuo 23,5 iki 16,5 m²/ha arba apie 0,27 m²/ha per metus. Pušų kamienų skerspločių sumos pokytis buvo teigiamas ir siekė apie 1 m²/ha, o beržų praktiškai išliko nepakitęs.*

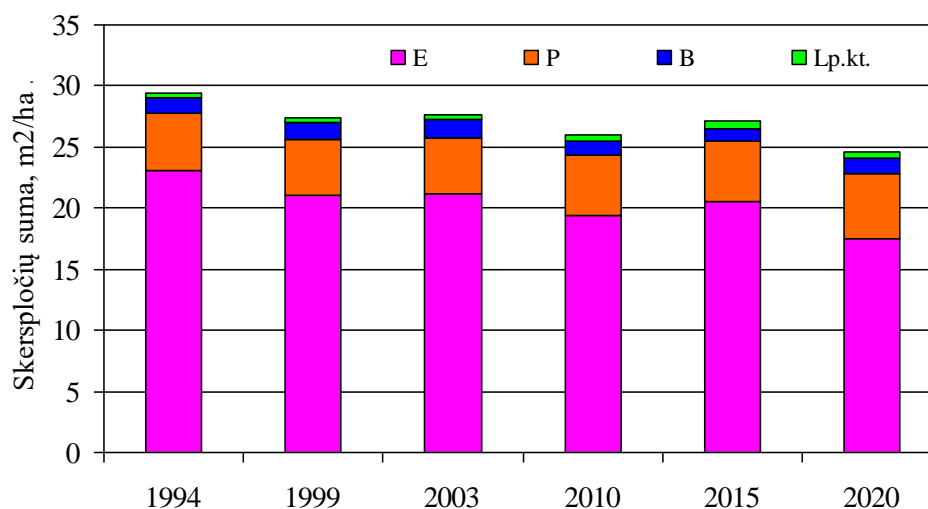
Intensyviausiu prieaugiu, kaip ir Aukštaitijos KMS, pasižymėjo išlikusios eglės. Šios rūšies *medžių vidutinis skerspločių sumos prieaugis per tiriamąjį laikotarpį sudarė net apie 7 m²/ha arba apie 0,33 m²/ha (1,62 %) skerspločių sumos per metus. Pušų skerspločių sumos prieaugis per tiriamąjį laikotarpį sudarė apie 1,2 m²/ha arba apie 0,06 m²/ha (1,284 %) skerspločių sumos per metus. Beržų prieaugis buvo mažiausias ir sudarė tik apie 0,6 m²/ha arba 0,03 m²/ha per m.*



2.12 pav. Žemaitijos KMS baseino pagrindinių rūšių medžių skaičiaus kaita

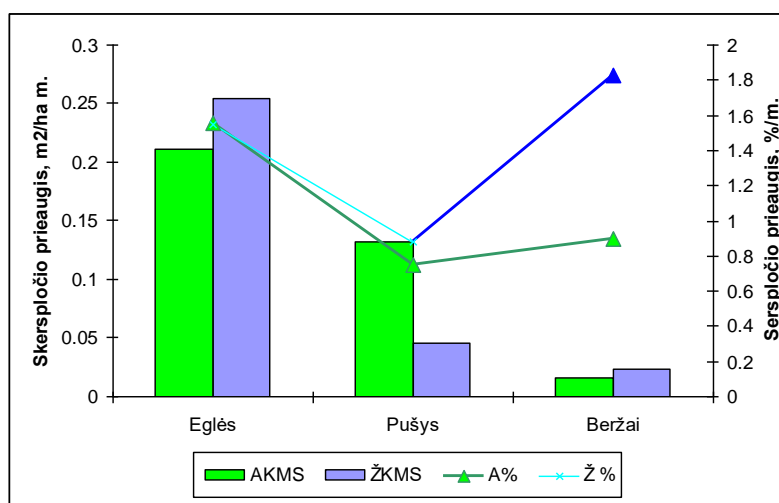


2.13 pav. Žemaitijos KMS baseino pagrindinių rūšių medžių skersplotis ir išlikusių gyvų medžių skerspločių prieaugis 1 ha (Z_ΣG) 1994-2020 m. laikotarpiu



2.14 pav. Žemaitijos KMS baseine augančių medžių skerspločių sumos kaita 1993-2020 m.

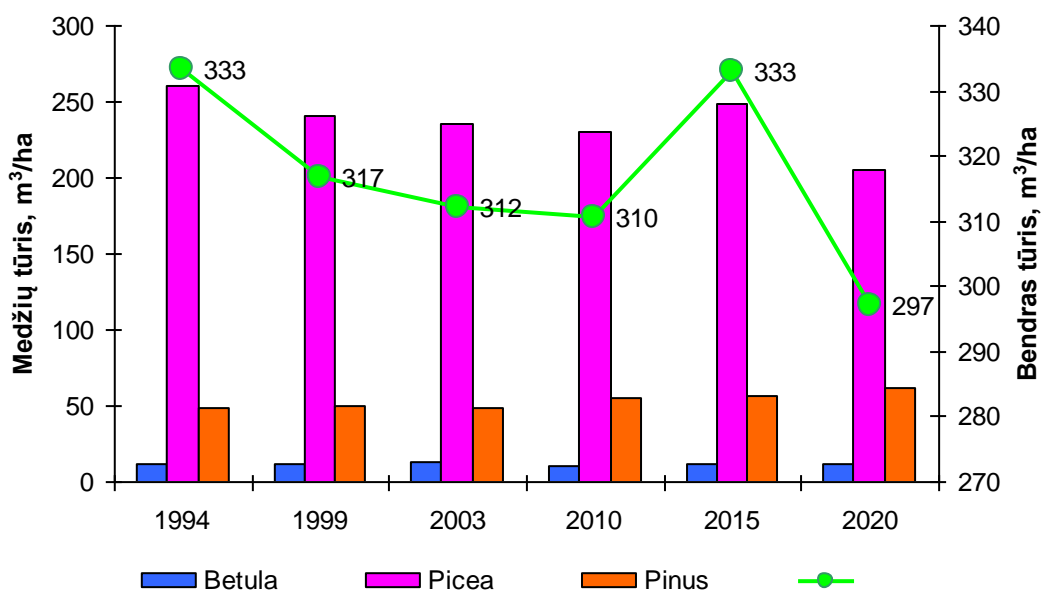
Palyginus tirtų medynų išlikusių gyvų medžių metinius skerspločių prieaugius (2.15 pav.) tarp stočių nustatyta, kad eglėlių metiniai skerspločių sumos prieaugiai kiek didesni yra Žemaitijos KMS baseine negu Aukštaitijos KMS. Pušų prieaugis yra didesnis Aukštaitijos KMS ir maždaug vienodu prieaugiu pasižymi beržai. *Palyginus išlikusių gyvų medžių skerspločių prieaugį nustatyta, kad Aukštaitijos KMS baseine augančių medžių skerspločių prieaugis sudaro 0,36 m²/ha per metus o Žemaitijos KMS – 0,32 m²/ha per metus.* Tai paaiškinama tuo, kad Aukštaitijos KMS baseine vyrauja brandūs ir prebrendę pušynai su eglės priemaiša, o Žemaitijos KMS baseine – bręstantys ir brandūs eglėlynai, kurie ir pasižymi didesniu produktyvumu.



2.15 pav. Išlikusių gyvų medžių metiniai skerspločių prieaugiai Aukštaitijos ir Žemaitijos KMS baseinų 1 ha plote.

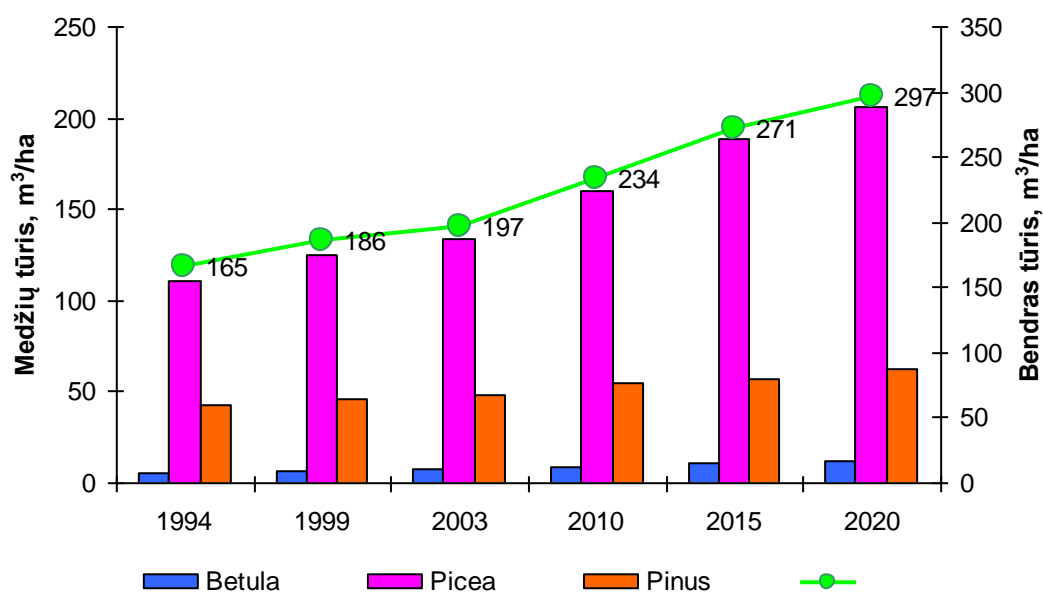
Apibendrinus skerspločių sumos pokyčių tyrimo rezultatus nustatyta, kad Žemaitijos KMS 1 ha teritorijoje augančių medžių skerspločių suma 1994 m. pagal rūšį buvo pasiskirsčiusi taip: pušis – 4,6, eglė – 22, beržai bei kitos rūšys apie – apie 1,8 m²/ha. 2020 m. skerspločių suma tirtų medžių rūšių buvo: pušis – 5,2 m²/ha, eglė – 17,5 m²/ha, beržai bei kitos rūšys apie – apie 1,9 m²/ha. **Tokiu būdu Žemaitijos KMS teritorijoje augančių medynų skerspločių suma per tiriamąjį 26 m. laikotarpį vidutiniškai pakito nuo 29,4 m²/ha iki 24,6 m²/ha, t.y. sumažėjo 4,75 m²/ha arba 16,2 %, o išlikusių gyvų medžių skerspločių prieaugis sudarė 8,8 (nuo 18,3 iki 27,1 m²/ha) arba 32,6 % (1,55 % per metus).**

Tirtų medžių tūrio ir jo pokyčio analizė parodė, kad Žemaitijos KMS baseine augančių medžių tūris per 26 m. laikotarpį padidėjo, sumažėjo nuo 333 m³/ha iki 297 m³/ha, t.y. -36,3 m³/ha arba -1,4 m³/ha per metus. Didžiausiu tūrio sumažėjimo intensyvumu pasižymėjo eglės. Jų bendras tūris sumažėjo -54,3 m³/ha arba 2,1 m³/ha per metus. Beržų tūrio pokytis buvo artimas 1 m³/ha, o pušų tūrio pokytis buvo teigiamas ir siekė 14,2 m³/ha arba 0,6 m³/ha per metus.



2.16 pav. Vyraujančių rūšių gyvų medžių tūrio kaita Žemaitijos KMS baseine 1993 – 2020 m. laikotarpiu

Norint įvertinti, kurių medžių prieaugis buvo intensyviausias, atskirai panagrinėtas išlikusių gyvų 2020 m. medžių tūrio prieaugis, t.y. nagrinėjant tūrio kaitą buvo eliminuotas žuvusių medžių poveikis tūrio kaitai.



2.17 pav. Vyraujančių rūšių 2020 m. išlikusių gyvų medžių ir jų suminis (iš viso) tūris Žemaitijos KMS baseine 1994 – 2020 m. laikotarpiu

Didžiausią tūrio prieaugį demonstravo per visą tiriamąjį laikotarpį išlikusios gyvos eglės. *Per 26 m. laikotarpį tik išlikusių gyvų eglių tūris padidėjo nuo 110 m³/ha iki 206 m³/ha, t.y. apie 2 kartus, ar po 3,7 m³/ha per metus. Kiek mažesniu tūrio prieaugiu pasižymėjo pušys. Jų tūris per 26 m. padidėjo nuo 42,3 m³/ha iki 62,4 m³/ha, kas sudaro daugiau negu 50 % ar po 0,8 m³/ha per metus. Beržų tūrio prieaugis padidėjo nuo 5,8 m³/ha iki 12,5 m³/ha, kas sudaro daugiau negu 110 %, ar po 0,3 m³/ha per metus.*

Tokiu būdu Žemaitijos KMS baseino miškų išlikusių gyvų medžių tūrio prieaugis sudarė 131 m³/ha arba po 5,1 m³/ha per metus.

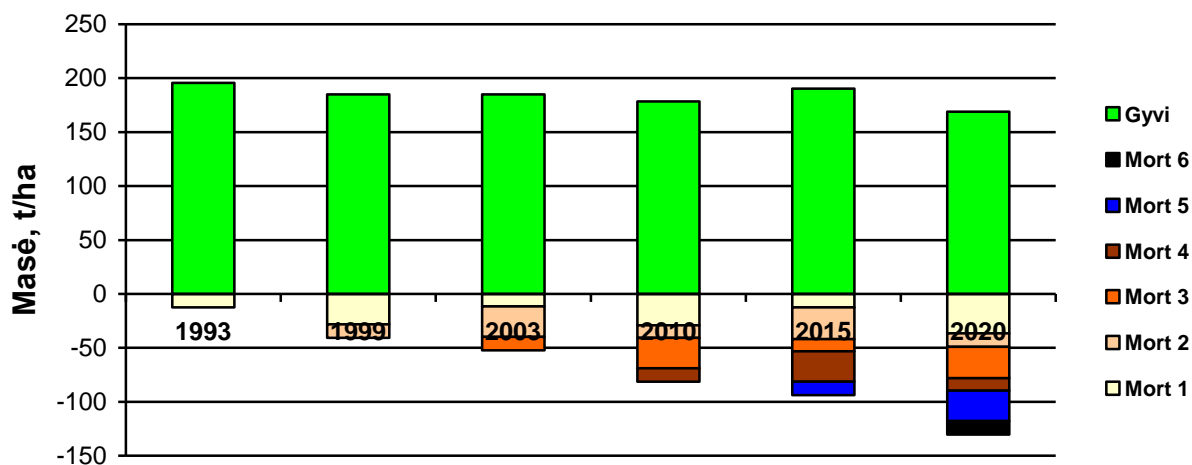
2.3.4. Žemaitijos medynų biomasė ir ir pagrindinių bioelementų kiekiai

Apskaičiavus augančių medžių stiebų, šakų spyglių biomasę, nustatyta, kad Žemaitijos KMS 1 ha baseino plote augančių medynų biomasė nuo 1993 iki 1999 metų dėl medžių iškritimo sumažėjo vidutiniškai nuo 196t iki 185t/ha, t.y. apie 10 t/ha arba 5% biomasės. Per antrąjį tyrimų laikotarpį, t.y. nuo 1999 iki 2003 m. biomasė nežymiai dar padidėjo iki 187t/ha, tačiau jau per kitą laikotarpį vėl sumažėjo iki 179 t/ha. Paskutiniu metu 2010-2015 m. laikotarpiu medžių iškritimo intensyvumas buvo vienas iš mažesnių, dėl ko užregistruotas bedros gyvosios biomasės padidėjimas iki 189 t/ha.

Išskirtiniai 2020 m. rezultatai. Per paskutinįjį 5 m. laikotarpį gyvų medžių biomasė sumažėjo nuo 190 iki 169 t/ha, t.y 21 t/ha arba daugiau nei 10 %. Toks intensyvus sumažėjimas buvo sąlygotas žievėgraužio tipografo pažeidimų, dėl ko paskutiniuoju laikotarpiu net 36 t/ha padidėjo negyvos medienos kiekis, pagrinde eglių medienos biomasė. Toks gyvosios biomasės svyravimas yra žievėgraužio tipografo ir nepalankių klimatinių veiksnių poveikio rezultatas.

Paskirsčius medieną pagal jos suirimo laipsnį nustatyta, kad 2020 m. švieži sausuliai sudarė Mort 1 36,5 t/ha, Mort 2 – 12,6 t/ha, Mort 3 29,1 t/ha, Mort 4 11,5 t/ha, Mort 4 11,5 t/ha, Mort 5 28,1 t/ha ir visiškai, be likusių žymių suirę Mort 6 12,5 t/ha.

Kai kenkėjų poveikis eglynams minimalūs, medynų biomasės augimas tampa reikšmingų. Tiriant tik išlikusių gyvų iki 2020 m. medžių biomasės prieaugį nustatytas 67,8 t/ha prieaugis, arba 2,6 t/ha (1,75%) prieaugis per metus.



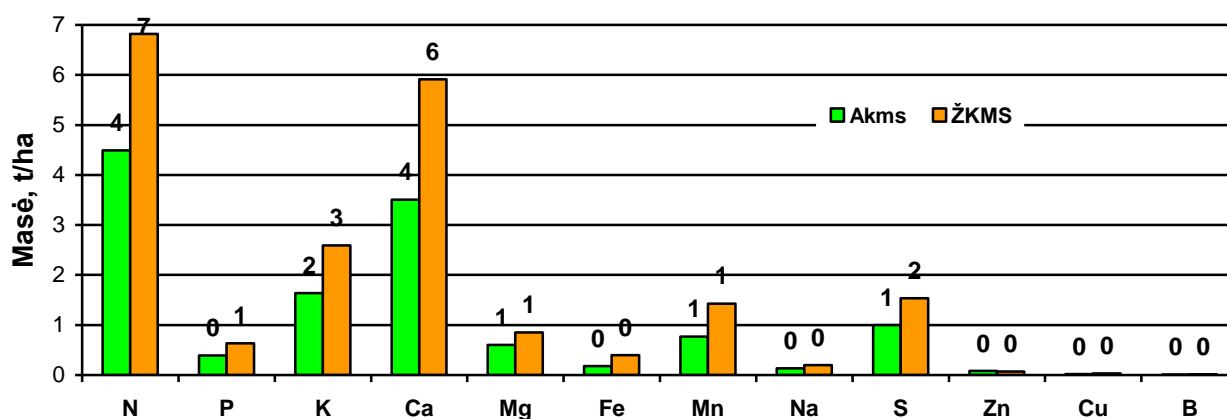
2.18 pav. Gyvos ir negyvos organinės masės balansas Žemaitijos KMS baseine 1993-2020 m.

Pagrindinių medynų biomasės bei bioelementų tyrimo rezultatai parodė (1 lentelė), kad Žemaitijos KMS teritorijoje augančių medynų biomasė 199 m. sudarė 184 t/ha, kurioje pagrindinių bioelementų kiekiai buvo tokie: azotas 339,6 kg/ha, fosforas 33,7 kg/ha, kalis 126,3 kg/ha, kalcis 239,5 kg/ha. Priklausomai nuo bioelemento, jų kiekis per 6 metų laikotarpį sumažėjo panašiai kaip ir Aukštaitijos KMS. 2010 m. medynų biomasė buvo 178,5 t/ha, kurioje pagrindinių bioelementų kiekiai buvo tokie: azotas 327,2 kg/ha, fosforas 32,7 kg/ha, kalis 122,1 kg/ha, kalcis 230,0 kg/ha, mangano 51,9 kg/ha, magnio 39,3 kg/ha ir sieros 11 kg/ha.

2015 m. medynų biomasė sudarė 190 t/ha, kurioje pagrindinių bioelementų kiekiai buvo tokie: azotas 347 kg/ha, fosforas 34,6 kg/ha, kalis 129,6 kg/ha, kalcis 245,7 kg/ha, mangano 51,9 kg/ha, magnio 55,8 kg/ha. Per paskutinįjį 5 metų laikotarpį 2010-2015 bioelementų kiekis Žemaitijos KMS sumažėjo apie 3-4%

2020 m. gyvų medžių biomasė sumažėjo ir sudarė 169 t/ha. kurioje pagrindinių bioelementų kiekiai buvo tokie: azotas 312 kg/ha, fosforas 29,6 kg/ha, kalis 117,9 kg/ha, kalcis 235,3 kg/ha, mangano 55,3 kg/ha, magnio 36,1 kg/ha. Per paskutinįjį 5rių metų laikotarpį 2015-2020 bioelementų kiekis Žemaitijos KMS sumažėjo apie 10%

Palyginus bioelementų kiekių mort masėje formavimosi intensyvumą tarp stočių nustatyta, kad Žemaitijos KMS mort masė formuojasi intensyviau, bei su ja į dirvožemį patenka daugiau bioelementų negu Aukštaitijos KMS baseine.



2.19 pav. Metinis bioelementų kiekių mort masėje formavimosi intensyvumą per 1993(94)-2020 m. tiriamąjį laikotarpį Aukštaitijos ir Žemaitijos KMS baseinų 1ha plote.

2.7 lentelė. Žemaitijos IMS baseino 1 ha augančių medžių atskirų frakcijų biomasė ir bioelementų kiekiai 1994, 1999, 2010, 2015 ir 2020 m.

		1994				1999				2010				2015				2020			
Rodiklis	Matav.	Stiebas	Šakos	Spygliai	Iš viso	Stiebas	Šakos	Spygliai	Iš viso	Stiebas	Šakos	Spygliai	Iš viso	Stiebas	Šakos	Spygliai	Iš viso	Stiebas	Šakos	Spygliai	Iš viso
Paprastoji eglė																					
Biomasė	t	131,88	23,46	5,41	160,76	120,9	21,64	4,77	147,34	114,5	20,48	4,45	139,43	123,3	22,50	4,62	150,45	104,55	18,99	4,01	127,55
N	kg	94,96	136,1	70,08	301,13	87,07	125,5	61,83	274,39	82,44	118,8	57,61	258,83	88,80	130,49	59,82	279,10	75,28	110,16	51,89	237,33
P	Kg	6,59	14,78	7,36	28,74	6,05	13,63	6,49	26,17	5,73	12,90	6,05	24,68	6,17	14,17	6,28	26,62	5,23	11,97	5,45	22,64
K	kg	34,29	53,50	25,87	113,66	31,44	49,33	22,82	103,60	29,77	46,69	21,26	97,73	32,07	51,30	22,08	105,44	27,18	43,31	19,15	89,64
Ca	kg	96,28	103,0	25,06	224,34	88,28	94,98	22,11	205,37	83,59	89,91	20,60	194,09	90,03	98,77	21,39	210,18	76,32	83,38	18,55	178,26
Mg	kg	14,51	14,55	5,52	34,58	13,30	13,41	4,87	31,59	12,60	12,70	4,54	29,83	13,57	13,95	4,71	32,23	11,50	11,78	4,09	27,36
Fe	kg	0,42	12,67	0,33	13,42	0,39	11,68	0,29	12,36	0,37	11,06	0,27	11,69	0,39	12,15	0,28	12,82	0,33	10,26	0,24	10,83
Mn	kg	16,35	31,54	4,54	52,42	15,00	29,08	4,00	48,08	14,20	27,53	3,73	45,45	15,29	30,24	3,87	49,40	12,96	25,53	3,36	41,85
Na	kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,17	0,22	0,09	6,48	5,23	0,19	0,08	5,50
S	kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	48,10	2,02	0,18	50,31	40,78	1,71	0,16	42,65
Zn	kg	1,32	1,17	0,27	2,76	1,21	1,08	0,24	2,53	1,15	1,02	0,22	2,39	1,23	1,12	0,23	2,59	1,05	0,95	0,20	2,20
Cu	kg	1,02	0,15	0,04	1,21	0,93	0,14	0,04	1,10	0,88	0,13	0,03	1,05	0,95	0,14	0,04	1,13	0,81	0,12	0,03	0,96
B	kg	0,00	0,23	0,05	0,29	0,00	0,22	0,05	0,26	0,00	0,20	0,04	0,25	0,12	0,22	0,05	0,39	0,10	0,19	0,04	0,33
Paprastoji pušis																					
Biomasė	t	20,54	3,87	0,85	25,26	20,90	3,96	0,88	25,73	22,93	4,39	0,93	28,24	22,99	4,41	0,92	28,33	25,00	4,81	0,99	30,81
N	kg	12,12	19,80	11,68	43,60	12,33	20,27	11,97	44,57	13,53	22,46	12,66	48,64	13,57	22,60	12,61	48,78	18,00	27,91	12,88	58,79
P	Kg	0,62	2,17	3,34	6,12	0,63	2,22	3,42	6,27	0,69	2,46	3,62	6,76	0,69	2,47	3,61	6,77	1,25	3,03	1,35	5,63
K	kg	4,93	9,01	3,45	17,39	5,02	9,23	3,54	17,78	5,50	10,22	3,74	19,46	5,52	10,29	3,73	19,53	6,50	10,97	4,76	22,23
Ca	kg	9,86	9,67	2,58	22,11	10,03	9,90	2,64	22,57	11,01	10,97	2,80	24,77	11,04	11,04	2,79	24,86	18,25	21,12	4,61	43,98
Mg	kg	3,08	2,32	0,77	6,17	3,13	2,38	0,79	6,30	3,44	2,63	0,83	6,90	3,45	2,65	0,83	6,93	2,75	2,98	1,01	6,75
Fe	kg	0,05	0,23	0,05	0,33	0,05	0,24	0,05	0,34	0,06	0,26	0,05	0,37	0,06	0,26	0,05	0,37	0,08	2,60	0,06	2,74
Mn	kg	0,97	3,41	0,36	4,74	0,98	3,50	0,37	4,84	1,08	3,87	0,39	5,34	1,08	3,90	0,38	5,36	3,10	6,47	0,83	10,40
Na	kg	1,03	0,04	0,01	1,07	1,04	0,04	0,01	1,09	1,15	0,04	0,01	1,20	1,15	0,04	0,01	1,20	1,25	0,05	0,02	1,32
S	kg	9,24	0,50	0,07	9,81	9,40	0,51	0,07	9,99	10,32	0,57	0,07	10,96	8,97	0,40	0,04	9,40	9,75	0,43	0,04	10,22
Zn	kg	0,10	0,08	0,03	0,21	0,10	0,08	0,03	0,21	0,11	0,09	0,03	0,23	0,11	0,09	0,03	0,23	0,25	0,24	0,05	0,54
Cu	kg	0,02	0,02	0,00	0,04	0,02	0,02	0,00	0,04	0,02	0,02	0,00	0,05	0,02	0,02	0,00	0,05	0,19	0,03	0,01	0,23
B	kg	0,02	0,03	0,00	0,05	0,02	0,05	0,00	0,07	0,03	0,05	0,00	0,08	0,02	0,04	0,01	0,08	0,02	0,05	0,01	0,08

2.7 lentelės tęsinys.

		1994				1999				2010				2015				2020			
Rodiklis	Matav.	Stiebas	Šakos	Spygliai	Iš viso	Stiebas	Šakos	Spygliai	Iš viso	Stiebas	Šakos	Spygliai	Iš viso	Stiebas	Šakos	Spygliai	Iš viso	Stiebas	Šakos	Spygliai	Iš viso
Lapuočiai																					
Biomasė	t	9,07	1,22	0,15	10,44	10,01	1,38	0,16	11,55	9,43	1,35	0,14	10,91	8,89	1,32	0,14	10,35	9,12	1,31	0,15	10,58
N	kg	9,43	6,07	3,47	18,97	10,41	6,86	3,62	20,90	9,80	6,71	3,27	19,78	9,24	6,57	3,26	19,08	6,57	7,62	1,89	16,08
P	Kg	0,54	0,48	0,18	1,20	0,60	0,54	0,19	1,33	0,57	0,53	0,17	1,26	0,53	0,51	0,17	1,22	0,46	0,83	0,20	1,48
K	kg	2,45	1,21	0,98	4,63	2,70	1,36	1,02	5,09	2,54	1,33	0,92	4,80	2,40	1,31	0,92	4,63	2,37	2,99	0,70	6,06
Ca	kg	4,90	4,40	1,22	10,51	5,41	4,97	1,27	11,65	5,09	4,86	1,14	11,09	4,80	4,76	1,14	10,71	6,66	5,76	0,68	13,10
Mg	kg	1,36	0,69	0,42	2,47	1,50	0,79	0,43	2,72	1,41	0,77	0,39	2,57	1,33	0,75	0,39	2,48	1,00	0,81	0,15	1,97
Fe	kg	0,04	0,04	0,01	0,08	0,04	0,04	0,01	0,09	0,04	0,04	0,01	0,09	0,04	0,04	0,01	0,09	0,03	0,71	0,01	0,75
Mn	kg	0,62	0,28	0,16	1,05	0,68	0,32	0,16	1,16	0,64	0,31	0,15	1,10	0,60	0,30	0,15	1,06	1,13	1,76	0,12	3,02
Na	kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,44	0,01	0,01	0,46	0,46	0,01	0,00	0,47
S	kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,47	0,12	0,01	3,59	3,56	0,12	0,01	3,68
Zn	kg	0,09	0,84	0,01	0,94	0,10	0,95	0,01	1,06	0,09	0,93	0,01	1,03	0,09	0,91	0,01	1,01	0,09	0,07	0,01	0,16
Cu	kg	0,01	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	0,00	0,02	0,07	0,01	0,00	0,08
B	kg	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	0,00	0,02
Iš viso Žemaitijos KMS 1 ha teritorijoje																					
Biomasė	t	161,49	28,55	6,42	196,5	151,8	26,97	5,81	184,6	146,9	26,21	5,52	178,6	155,2	28,23	5,68	189,13	138,67	25,12	5,15	168,94
N	kg	116,50	162,0	85,24	363,71	109,8	152,6	77,42	339,86	105,8	147,9	73,53	327,25	111,6	159,66	75,70	346,96	99,85	145,69	66,67	312,20
P	Kg	7,75	17,42	10,89	36,06	7,27	16,39	10,11	33,77	6,98	15,88	9,84	32,70	7,39	17,16	10,06	34,61	6,93	15,82	7,00	29,76
K	kg	41,67	63,72	30,30	135,68	39,16	59,92	27,38	126,46	37,82	58,25	25,92	121,99	39,98	62,89	26,73	129,60	36,06	57,27	24,61	117,93
Ca	kg	111,03	117,1	28,85	256,96	103,7	109,9	26,02	239,59	99,68	105,7	24,54	229,95	105,9	114,56	25,32	245,75	101,23	110,27	23,83	235,34
Mg	kg	18,95	17,56	6,71	43,22	17,94	16,58	6,09	40,61	17,45	16,10	5,76	39,31	18,35	17,35	5,93	41,63	15,25	15,57	5,25	36,08
Fe	kg	0,51	12,94	0,38	13,83	0,48	11,96	0,35	12,79	0,46	11,36	0,33	12,15	0,49	12,45	0,34	13,28	0,44	13,56	0,31	14,32
Mn	kg	17,94	35,23	5,05	58,22	16,66	32,89	4,53	54,08	15,92	31,71	4,26	51,89	16,98	34,44	4,40	55,82	17,20	33,76	4,31	55,27
Na	kg	1,03	0,04	0,01	1,07	1,04	0,04	0,01	1,09	1,15	0,04	0,01	1,20	7,76	0,28	0,11	8,15	6,93	0,25	0,10	7,29
S	kg	9,24	0,50	0,07	9,81	9,40	0,51	0,07	9,99	10,32	0,57	0,07	10,96	60,53	2,54	0,23	63,30	54,08	2,26	0,21	56,55
Zn	kg	1,51	2,09	0,31	3,91	1,41	2,11	0,27	3,80	1,35	2,04	0,26	3,65	1,44	2,12	0,27	3,83	1,39	1,26	0,26	2,90
Cu	kg	1,05	0,17	0,05	1,27	0,96	0,16	0,04	1,17	0,91	0,16	0,04	1,11	0,98	0,17	0,04	1,19	1,07	0,16	0,04	1,27
B	kg	0,00	0,29	0,07	0,35	0,00	0,27	0,06	0,33	0,00	0,26	0,06	0,32	0,16	0,28	0,06	0,50	0,14	0,25	0,05	0,44

2.8 lentelė. Žemaitijos IMS baseino 1 ha žuvusių medžių atskirų frakcijų biomasė ir bioelementų kiekiai 1993, 1999, 2010, 2015 ir 2020 m.

		1994				1999				2010				2015				2020			
Rodiklis	Matav.	Stiebas	Šakos	Spygliai	Iš viso	Stiebas	Šakos	Spygliai	Iš viso	Stiebas	Šakos	Spygliai	Iš viso	Stiebas	Šakos	Spygliai	Iš viso	Stiebas	Šakos	Spygliai	Iš viso
Paprastoji eglė																					
Biomasė	t	8.21	1.42	0.00	9.63	30.37	5.34	0.00	35.72	69.02	12.46	0.00	81.48	69.02	12.46	0.00	81.48	99.31	18.18	0.00	117.49
N	kg	5.91	8.24	0.00	14.15	21.87	31.00	0.00	52.87	49.70	72.24	0.00	121.94	49.70	72.24	0.00	121.94	71.50	105.42	0.00	176.92
P	Kg	0.41	0.89	0.00	1.30	1.52	3.37	0.00	4.89	3.45	7.85	0.00	11.30	3.45	7.85	0.00	11.30	4.97	11.45	0.00	16.42
K	kg	2.13	3.24	0.00	5.37	7.90	12.19	0.00	20.08	17.95	28.40	0.00	46.34	17.95	28.40	0.00	46.34	25.82	41.44	0.00	67.26
Ca	kg	5.99	6.23	0.00	12.23	22.17	23.46	0.00	45.63	50.39	54.68	0.00	105.07	50.39	54.68	0.00	105.07	72.50	79.79	0.00	152.29
Mg	kg	0.90	0.88	0.00	1.78	3.34	3.31	0.00	6.65	7.59	7.72	0.00	15.31	7.59	7.72	0.00	15.31	10.92	11.27	0.00	22.19
Fe	kg	0.03	0.77	0.00	0.79	0.10	2.89	0.00	2.98	0.22	6.73	0.00	6.95	0.22	6.73	0.00	6.95	0.32	9.81	0.00	10.13
Mn	kg	1.02	1.91	0.00	2.93	3.77	7.18	0.00	10.95	8.56	16.74	0.00	25.30	8.56	16.74	0.00	25.30	12.31	24.43	0.00	36.74
Na	kg	0.41	0.01	0.00	0.42	1.52	0.05	0.00	1.57	3.45	0.12	0.00	3.58	3.45	0.12	0.00	3.58	4.97	0.18	0.00	5.15
S	kg	3.69	0.18	0.00	3.88	13.67	0.69	0.00	14.36	26.92	1.12	0.00	28.04	26.92	1.12	0.00	28.04	38.73	1.64	0.00	40.37
Zn	kg	0.08	0.07	0.00	0.15	0.30	0.27	0.00	0.57	0.69	0.62	0.00	1.31	0.69	0.62	0.00	1.31	0.99	0.91	0.00	1.90
Cu	kg	0.06	0.01	0.00	0.07	0.23	0.03	0.00	0.27	0.53	0.08	0.00	0.61	0.53	0.08	0.00	0.61	0.76	0.11	0.00	0.88
B	kg	0.01	0.01	0.00	0.02	0.03	0.05	0.00	0.08	0.07	0.12	0.00	0.19	0.07	0.12	0.00	0.19	0.10	0.18	0.00	0.28
Paprastoji pušis																					
Biomasė	t	1.93	0.34	0.00	2.28	3.03	0.55	0.00	3.58	4.16	0.75	0.00	4.91	5.74	1.06	0.00	6.80	4.48	0.82	0.00	5.29
N	kg	1.14	1.76	0.00	2.90	1.79	2.79	0.00	4.58	2.45	3.86	0.00	6.32	3.39	5.43	0.00	8.82	3.22	4.73	0.00	7.95
P	Kg	0.06	0.19	0.00	0.25	0.09	0.31	0.00	0.40	0.12	0.42	0.00	0.55	0.17	0.59	0.00	0.77	0.22	0.51	0.00	0.74
K	kg	0.46	0.80	0.00	1.27	0.73	1.27	0.00	2.00	1.00	1.76	0.00	2.76	1.38	2.47	0.00	3.85	1.16	1.86	0.00	3.02
Ca	kg	0.93	0.86	0.00	1.79	1.46	1.36	0.00	2.82	2.00	1.89	0.00	3.88	2.76	2.65	0.00	5.41	3.27	3.58	0.00	6.85
Mg	kg	0.29	0.21	0.00	0.50	0.45	0.33	0.00	0.78	0.62	0.45	0.00	1.08	0.86	0.64	0.00	1.50	0.49	0.51	0.00	1.00
Fe	kg	0.00	0.02	0.00	0.03	0.01	0.03	0.00	0.04	0.01	0.05	0.00	0.06	0.01	0.06	0.00	0.08	0.01	0.44	0.00	0.45
Mn	kg	0.09	0.30	0.00	0.39	0.14	0.48	0.00	0.62	0.20	0.67	0.00	0.86	0.27	0.94	0.00	1.21	0.56	1.10	0.00	1.65
Na	kg	0.10	0.00	0.00	0.10	0.15	0.01	0.00	0.16	0.21	0.01	0.00	0.22	0.29	0.01	0.00	0.30	0.22	0.01	0.00	0.23
S	kg	0.87	0.04	0.00	0.91	1.36	0.07	0.00	1.44	1.66	0.08	0.00	1.74	2.24	0.10	0.00	2.33	1.75	0.07	0.00	1.82
Zn	kg	0.01	0.01	0.00	0.02	0.02	0.01	0.00	0.03	0.02	0.02	0.00	0.04	0.03	0.02	0.00	0.05	0.04	0.04	0.00	0.09
Cu	kg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.03	0.01	0.00	0.04
B	kg	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01

2.8 lentelės tęsinys.

		1994				1999				2010				2015				2020			
Rodiklis	Matav.	Stiebas	Šakos	Spygliai	Iš viso	Stiebas	Šakos	Spygliai	Iš viso	Stiebas	Šakos	Spygliai	Iš viso	Stiebas	Šakos	Spygliai	Iš viso	Stiebas	Šakos	Spygliai	Iš viso
Lapuočiai																					
Biomasė	t	0.52	0.07	0.00	0.58	1.17	0.16	0.00	1.33	3.77	0.50	0.00	4.26	5.66	0.76	0.00	6.42	6.72	0.95	0.00	7.67
N	kg	0.54	0.33	0.00	0.87	1.22	0.81	0.00	2.03	3.92	2.47	0.00	6.39	5.88	3.79	0.00	9.67	4.83	5.52	0.00	10.35
P	Kg	0.03	0.03	0.00	0.06	0.07	0.06	0.00	0.13	0.23	0.19	0.00	0.42	0.34	0.30	0.00	0.64	0.34	0.60	0.00	0.94
K	kg	0.14	0.07	0.00	0.21	0.32	0.16	0.00	0.48	1.02	0.49	0.00	1.51	1.53	0.75	0.00	2.28	1.75	2.17	0.00	3.92
Ca	kg	0.28	0.24	0.00	0.52	0.63	0.59	0.00	1.22	2.03	1.79	0.00	3.82	3.05	2.74	0.00	5.80	4.90	4.18	0.00	9.08
Mg	kg	0.08	0.04	0.00	0.12	0.18	0.09	0.00	0.27	0.57	0.28	0.00	0.85	0.85	0.43	0.00	1.28	0.74	0.59	0.00	1.33
Fe	kg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.03	0.02	0.02	0.00	0.04	0.02	0.51	0.00	0.54
Mn	kg	0.04	0.02	0.00	0.05	0.08	0.04	0.00	0.12	0.26	0.11	0.00	0.37	0.38	0.17	0.00	0.56	0.83	1.28	0.00	2.11
Na	kg	0.03	0.00	0.00	0.03	0.06	0.00	0.00	0.06	0.19	0.00	0.00	0.19	0.28	0.01	0.00	0.29	0.34	0.01	0.00	0.35
S	kg	0.23	0.01	0.00	0.24	0.53	0.02	0.00	0.55	1.51	0.05	0.00	1.56	2.21	0.07	0.00	2.27	2.62	0.09	0.00	2.70
Zn	kg	0.01	0.05	0.00	0.05	0.01	0.11	0.00	0.12	0.04	0.34	0.00	0.38	0.06	0.52	0.00	0.58	0.07	0.05	0.00	0.11
Cu	kg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.05	0.01	0.00	0.06
B	kg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02
Iš viso Žemaitijos KMS 1 ha teritorijoje																					
Biomasė	t	10.66	1.83	0.00	12.49	34.57	6.05	0.00	40.63	68.92	12.24	0.00	81.15	80.42	14.28	0.00	94.70	110.50	19.94	0.00	130.45
N	kg	7.59	10.33	0.00	17.92	24.87	34.60	0.00	59.47	50.28	70.04	0.00	120.33	58.97	81.46	0.00	140.43	79.56	115.67	0.00	195.23
P	Kg	0.50	1.11	0.00	1.61	1.68	3.74	0.00	5.42	3.40	7.54	0.00	10.94	3.96	8.74	0.00	12.70	5.53	12.56	0.00	18.09
K	kg	2.74	4.11	0.00	6.84	8.94	13.62	0.00	22.56	17.87	27.29	0.00	45.17	20.85	31.62	0.00	52.47	28.73	45.47	0.00	74.20
Ca	kg	7.20	7.34	0.00	14.54	24.26	25.41	0.00	49.67	48.55	51.90	0.00	100.45	56.20	60.08	0.00	116.27	80.67	87.55	0.00	168.22
Mg	kg	1.27	1.13	0.00	2.40	3.97	3.73	0.00	7.70	7.90	7.55	0.00	15.44	9.30	8.79	0.00	18.09	12.16	12.36	0.00	24.52
Fe	kg	0.03	0.79	0.00	0.82	0.11	2.92	0.00	3.03	0.22	5.99	0.00	6.21	0.26	6.81	0.00	7.07	0.35	10.77	0.00	11.12
Mn	kg	1.14	2.23	0.00	3.37	3.99	7.70	0.00	11.69	8.01	15.54	0.00	23.56	9.21	17.85	0.00	27.07	13.70	26.80	0.00	40.51
Na	kg	0.53	0.02	0.00	0.55	1.73	0.06	0.00	1.79	3.45	0.12	0.00	3.57	4.02	0.14	0.00	4.16	5.53	0.20	0.00	5.72
S	kg	4.80	0.24	0.00	5.03	15.56	0.79	0.00	16.35	27.57	1.22	0.00	28.79	31.36	1.28	0.00	32.65	43.10	1.79	0.00	44.89
Zn	kg	0.10	0.12	0.00	0.22	0.33	0.39	0.00	0.72	0.67	0.91	0.00	1.57	0.78	1.17	0.00	1.94	1.11	1.00	0.00	2.10
Cu	kg	0.07	0.01	0.00	0.08	0.24	0.04	0.00	0.28	0.48	0.08	0.00	0.55	0.54	0.09	0.00	0.63	0.85	0.13	0.00	0.98
B	kg	0.01	0.02	0.00	0.03	0.03	0.06	0.00	0.10	0.07	0.12	0.00	0.19	0.08	0.14	0.00	0.22	0.11	0.20	0.00	0.31

IŠVADOS

Nustatyta, kad per visą 27 m. laikotarpį 1 ha plote gyvų medžių vidutiniškai sumažėjo nuo 651 iki 368 vnt., arba (43,5%), kas sudarytų po 1,6% visų stebimų medžių per metus.

Pušies medžių sumažėjo nuo 128 vnt iki 107 vnt/ha; medžių iškritimas siekė 16,4%; paprastosios eglės medžių sumažėjo nuo 449 vnt iki 231 vnt/ha; medžių iškritimas siekė 48,5% ir beržų – nuo 63 iki 30 vnt/ha, medžių iškritimas sudarė net 52,3%. Tai sudarytų atitinkamai po 0,61%, 1,8% ir 1,9% šių rūšių medžių per metus.

Eglių ir beržų kamienų skerspločių sumos pokytis per 27 m. laikotarpį Aukštaitijos KMS yra neigiamas, t.y. sumažėjęs daugiau negu 2 m²/ha ir 1 m²/ha atitinkamai. Pušų šio rodiklio pokytis yra teigiamas ir viršija 2 m²/ha, ypač nuo 1999 metų.

Išlikusių gyvų medžių skerspločių sumos prieaugis tarp tirtų rūšių yra priešingas. Didžiausių prieaugiu pasižymėjo išlikusios eglės, kurių šis rodiklis sudarė net 6 m²/ha per tiriamąjį laikotarpį. Kiek silpnesniu prieaugiu pasižymėjo pušys – apie 4 m²/ha ir silpniausių ar beveik neregistruojamu prieaugiu pasižymėjo beržai – vos 0,5 m²/ha per visą tiriamąjį laikotarpį.

Žuvusiuose medynuose buvo atkurti tyrimai, papildomai į apskaitą įtraukiant 167 medžius. Tokiu būdu 2020 m. tirtų medžių skaičius padidėjo vidutiniškai beveik 100 vnt./ha ir ypač eglių 65 vnt./ha ir beržų 27 vnt/ha.

Paprastoji eglė buvo ta pagrindinė medžių rūšis, kuri atsikūrė žuvusioje nuo eglinio tipografo žalos eglynų vietoje

Aukštaitijos KMS 1 ha teritorijoje pagal skerspločių sumą vyrauja pušynai. Jų ΣG 1999-2020 m. laikotarpiu didėjo nuo 15,4 iki 17,6 m²/ha. Kiek mažesnė dalis teko eglėms. Jų skerspločių suma turėjo tendenciją mažėti. Jei tyrimų pradžioje gyvų eglių skerspločių suma Aukštaitijos KMS baseino 1 ha plote sudarė 13,8 m²/ha tai paskutiniaisiais 2020 metais – jau tik 12,0 m²/ha ir tik priskaitant naujai įkurtus tyrimo plotelius – iki 13,6 m²/ha. Pagrindinė tokios kaitos priežastis – vėjalaūžos ir vėjavartos, bei besipasikartojantys eglinio tipografo pažeidimai ypač grandžiuose ir perbrendusiuose eglynuose.

Apibendrinus medžių mirtingumo, atsikūrimo ir prieaugio rezultatus matyti, kad per 27 m. laikotarpį natūraliai besivystančios miško ekosistemo produktyvumas padidėjo nuo 31,6 m²/ha iki 33,5 m²/ha, kas sudarytų 6 poc. nuo bendros visų medžių skerspločių sumos.

Aukštaitijos KMS baseine augančių medžių tūris taip pat per 27 m. padidėjo, įskaitant medžių atkritimą. Didžiausiu teigiamu tūrio pokyčiu pasižymėjo pušys, kurių tūris per 27 m.

laikotarpį įskaitant ir medžių iškritimą, padidėjo nuo 225 m³/ha iki 262 m³/ha, t.y. 16,5 %, kas sudarytų po 1,4 m³/ha per metus. Didžiausiu neigiamu tūrio pokyčiu pasižymėjo beržai. Jų tūris vidutiniškai (įskaitant medžių atkritimą) mažėjo nuo 33 m³/ha iki 22 m³/ha, kas sudarytų 33 % arba po -0,4 m³/ha per metus. Eglių tūrio kaita demonstravo stabilią būseną, t.y. jų atritimas ir prieaugis praktiškai buvo lygūs.

Didžiausią tūrio prieaugį demonstravo eglės (2.9 pav.). Per 27 m. laikotarpį tik išlikusių gyvų eglių tūris padidėjo nuo 71 m³/ha iki 148 m³/ha, t.y. daugiau nei 2 kartus, ar po 2,9 m³/ha per metus. Kiek mažesniu tūrio prieaugiu pasižymėjo pušys. Jų tūris per 27 m. padidėjo nuo 195 m³/ha iki 262 m³/ha, kas sudaro daugiau negu 25 % ar po 2,5 m³/ha per metus. Beržų tūrio prieaugis padidėjo nuo 14 m³/ha iki 22 m³/ha, kas sudaro 36 %, ar po 0,3 m³/ha per metus.

Aukštaitijos KMS baseino miškų, kurie priklauso vianam seniausių Ažvinčių sengirės rezervatui, išlikusių gyvų medžių tūrio prieaugis sudarė po 5,7 m³/ha per metus.

Aukštaitijos KMS teritorijoje per 1999-2015 m laikotarpį intensyviausiai didėjo pušynų gyvoji biomasė. Padidėjimas sudarė nuo 105t/ha iki 119 t/ha.

2020 m. registruojami vieni reikšmingiausių pokyčių miško ekosistemose. Per paskutiniuosius metus, nors ir buvo registruojami eglinio tipografo pažeidimai, žuvusių medžių skaičius buvo artimas mažiausioms reikšmėms ir panašiai kaip ir 2003 m.

Pagal medžių kamienų suirimo laipsnį mort masė pasiskirstė taip: Mort 1 – 7,75%, Mort 2 – 10,56 %, Mort 3 – 14,19 %, Mort 4 – 8,06 %, Mort 5 – 24,71 % ir Mort 6 – 34,73 %. Apibendrinus gautus rezultatus galima teigti, kad apie 30 % visų per visą stebėjimą žuvusių medžių mediena, pastaruoju laikotarpiu yra susiskaldžiusi jau be jokių likusių žymių.

Gyvų medžių biomasės kaitoje per 27 m. laikotarpį taip pat ryškūs pokyčiai. Medynų biomasė vidutiniškai padidėjo iki 230 t/ha, įskaitant naujus į apskaitą įtrauktus medžius (prieaugį), o jos pokytis lyginant su 1999 m. padidėjo 25,7 t/ha, arba 1,22 t/ha per metus.

Per 1999-2020 metų laikotarpį padidėjo atitinkamai: N +45,6 kg/ha (2,17 kg/m.); P +6,04kg/ha (0,29 kg/m.); K 19,2 kg/ha (0,91 kg/m.); Ca 27,2 kg/ha (1,3 kg/m.); Mg 6,24 kg/ha (0,3 kg/m.); Fe 1,09 kg/ha (0,05 kg/m) ir Mn 6,8 kg/ha (0,32 kg/m.). Tai sudaro 12-14% šių lementų kiekio lyginant su 1999 m.

Negyvosios medienos kiekis, kuris per 27 metų laikotarpį dūlėjo bei iš dalies kaupėsi ir praturtino dirvožemį, didėjo nuo 33,4 t iki 116,8 t/ha, kas sudarė po 3,1 t/ha per metus. Ypač reikšmingai didėjo eglių mort masė – 55,9 t/ha arba po 2,1 t/ha per metus; beveik 3 kartus mažesniu intensyvumu padidėjo pušų – 14,7 t/ha arba 0,55 t/ha per metus ir kiek tai dar mažiau lapuočių medžių rūšių – 12,8 t/ha arba 0,47 t/ha per metus.

Per tiriamąjį laikotarpį nuo 1993 iki 2020 į atmosfera grįžo ar pateko į dirvožemį su krituliais 121 kg/ha azoto, 10,6 kg/ha P, 44,2 kg/ha K, 95 kg/ha Ca, 16,2 kg/ha Mg, 4,8 kg/ha Fe, 20,7 kg/ha Mn ir 27 kg/ha S/ha.

Per 26 m. laikotarpį Žemaitijos KMS tirtų medžių skaičius sumažėjo nuo 584 iki 325 vnt/ha ir tai sudarė beveik 45 % visų stebėtų medžių. Intensyviausiai sumažėjo eglių, kiek mažiau beržų ir mažiausiai pušų.

2020 m. Žemaitijos KMS žuvusiuose medynuose atsikūrus eglynams, papildomai į apskaitą buvo įtraukti vidutiniškai 55 medžiai hektare ir tik eglių.

Žemaitijos KMS eglių kamienų skerspločių suma sumažėjo nuo 23,5 iki 16,5 m²/ha arba apie 0,27 m²/ha per metus. Pušų kamienų skerspločių sumos pokytis buvo teigiamas ir siekė apie 1 m²/ha, o beržų praktiškai išliko nepakitęs.

Eglių vidutinis skerspločių sumos prieaugis per tiriamąjį laikotarpį sudarė net apie 7 m²/ha arba apie 0,33 m²/ha (1,62 %) skerspločių sumos per metus. Pušų skerspločių sumos prieaugis per tiriamąjį laikotarpį sudarė apie 1,2 m²/ha arba apie 0,06 m²/ha (1,284 %) skerspločių sumos per metus. Beržų prieaugis buvo mažiausias ir sudarė tik apie 0,6 m²/ha arba 0,03 m²/ha per m.

Žemaitijos KMS baseine augančių medžių tūris per 26 m. laikotarpį padidėjo, sumažėjo nuo 333 m³/ha iki 297 m³/ha, t.y. -36,3 m³/ha arba -1,4 m³/ha per metus. Didžiausiu tūrio sumažėjimo intensyvumu pasižymėjo eglės. Jų bendras tūris sumažėjo -54,3 m³/ha arba 2,1 m³/ha per metus. Beržų tūrio pokytis buvo artimas 1 m³/ha, o pušų tūrio pokytis buvo teigiamas ir siekė 14,2 m³/ha arba 0,6 m³/ha per metus.

Per 26 m. laikotarpį tik išlikusių gyvų eglių tūris padidėjo nuo 110 m³/ha iki 206 m³/ha, t.y. apie 2 kartus, ar po 3,7 m³/ha per metus. Kiek mažesniu tūrio prieaugiu pasižymėjo pušys. Jų tūris per 26 m. padidėjo nuo 42,3 m³/ha iki 62,4 m³/ha, kas sudaro daugiau negu 50 % ar po 0,8 m³/ha per metus. Beržų tūrio prieaugis padidėjo nuo 5,8 m³/ha iki 12,5 m³/ha, kas sudaro daugiau negu 110 %, ar po 0,3 m³/ha per metus.

Tokiu būdu Žemaitijos KMS baseino miškų išlikusių gyvų medžių tūrio prieaugis sudarė 131 m³/ha arba po 5,1 m³/ha per metus.

Išskirtiniai 2020 m. rezultatai. Per paskutinįjį 5 m. laikotarpį gyvų medžių biomasė sumažėjo nuo 190 iki 169 t/ha, t.y. 21 t/ha arba daugiau nei 10 %. Toks intensyvus sumažėjimas buvo sąlygotas žievėgraužio tipografo pažeidimų, dėl ko paskutiniu metu laikotarpiu net 36 t/ha padidėjo negyvos medienos kiekis, pagrįsde eglių medienos biomase.

Paskirsčius medieną pagal jos suirimo laipsnį nustatyta, kad 2020 m. švieži sausuoliai sudarė Mort 1 36,5 t/ha, Mort 2 – 12,6 t/ha, Mort 3 29,1 t/ha, Mort 4 11,5 t/ha, Mort 4 11,5 t/ha, Mort 5 28,1 t/ha ir visiškai, be likusių žymių suirę Mort 6 12,5 t/ha.

2020 m. gyvų medžių biomasė sumažėjo ir sudarė 169 t/ha. kurioje pagrindinių bioelementų kiekiai buvo tokie: azotas 312 kg/ha, fosforas 29,6 kg/ha, kalis 117,9 kg/ha, kalcis 235,3 kg/ha, mangano 55,3 kg/ha, magnio 36,1 kg/ha. Per paskutinįjį 5rių metų laikotarpį 2015-2020 bioelementų kiekis Žemaitijos KMS sumažėjo apie 10%

Palyginus bioelementų kiekių mort masėje formavimosi intensyvumą tarp stočių nustatyta, kad Žemaitijos KMS mort masė formuojasi intensyviau, bei su ja į dirvožemį patenka daugiau bioelementų negu Aukštaitijos KMS baseine.

2.4. Medžių pažeidimai KMS teritorijose.

Pagal Integruoto monitoringo programa medžių pažeidimų tyrimai vykdomi kiekvienais metais. Tyrimo metu atliekamas užregistruotų pažeidimų identifikavimas, pagrindinių priežasčių nustatymas bei pažeidimo intensyvumo įvertinimas.

Pagrindinis darbo tikslas – išaiškinti medžių pažeidimo priežastis bei jų intensyvumą visoje KMS teritorijoje.

Darbo metodika

Medžių pažeidimų vertinimui panaudoti Amerikietiško miškų monitoringo programos metodiniai reikalavimai (FHM Guide, 1984, 1987). Pagal šios programos reikalavimus registruojama medžio pažeidimo sritis, pažeidimo rūšis, intensyvumas bei nustatoma pagrindinė pažeidimo priežastis, jei ją įmanoma identifikuoti. Medžių pažeidimų sritys ir rūšys bei jų intensyvumas pateiktas 2.9 lentelėje.

2.9 lentelė. Medžių pažeidimų vietos, pažeidimų rūšys ir jų intensyvumas

Pažeidimo rūšis	Ko da s	Pažeidimo intensyvum as	Ko das	Medžio pažeidimo sritis	Ko das
Vėžys	1	1-100%	0-9	Nėra pažeidimų	0
Grybų vaisiakūniai ir kt. pūvančios medienos požymiai	2	Nėra	-	Šaknys ir kelminė kamieno dalis	1
Atviros žaizdos	3	1-100%	0-9	Šaknys ir apatinė kamieno dalis	2
Sakotakių pažeidimas	4	1-100%	0-9	Apatinė kamieno dalis	3
Nulaužtas kamienas	11			Visas kamienas	4
Nutrauktos šaknys > 1 m nuo kelmo	13	1-100%	0-9	Viršutinė kamieno dalis	5
Nulenktas kamienas	15	1-100%	0-9	Lajos kamienas	6
Viršūninio ūglio ar viršūnės netekimas	21	1-100%	0-9	Šakos	7
Sausos ar nulaužytos šakos gyvojoje lajoje.	22	1-100%	1-9	Ūgliai	8
Ūglių šluotos ar vilkūgliai	23	10-99%	1-9	Lapai, spygliai	9
Ūglių ir lapų pažeidimai	24	10-99%	1-9		
Eglinio topografo pažeidimai	25				
Briedžių pažeidimai	33				

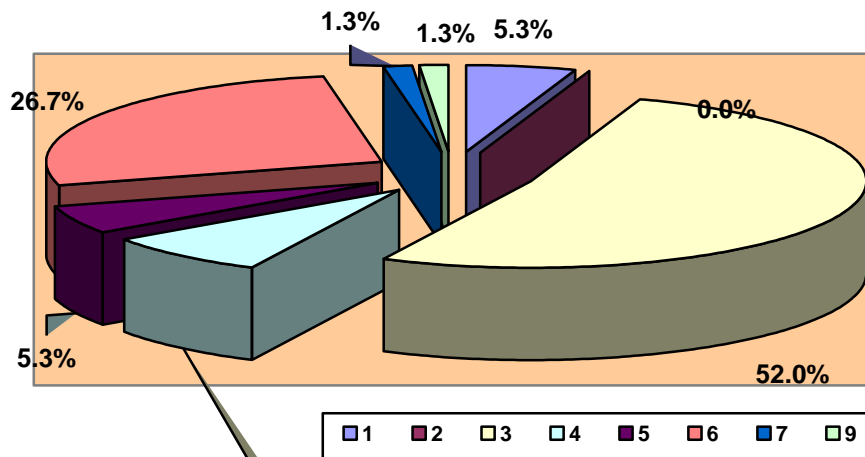
Vienas iš svarbiausių miškų būklės monitoringo metu atliekamų tyrimų yra medžio pažeidimų nustatymas ir jų intensyvumo įvertinimas. Šių tyrimų metu nustatomų pažeidimų tipai pateikiami metodikoje.

2.4..1 Aukštaitijos KMS medžių pažeidimai bei pagrindinės priežastys

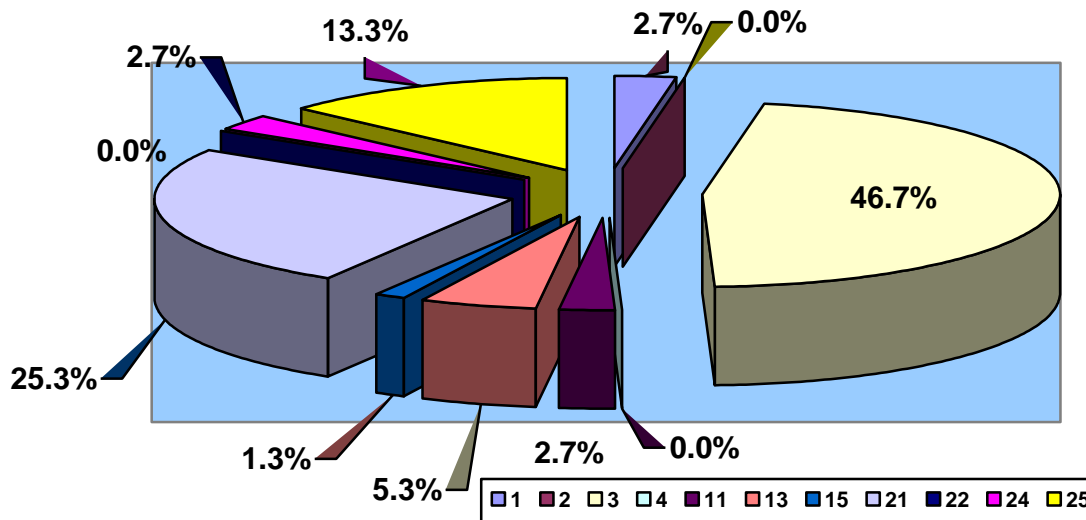
Nustatyta, kad 2020 m. Aukštaitijos KMS teritorijoje iš 592 atrinktų viršaujančių, vyraujančių ir iš dalies stelbiamų miško medžių 65 identifikuoti seni ir švieži pažeidimai, kurie iš esmės turėjo ar galėjo turėti įtakos jų būklei. 7 medžiai turėjo kelis pažeidimus galinčius sąlygoti jų būklę ateityje. Pažeisti medžiai sudaro 11% stebimų medžių. Palyginus su praėjusiais metais pažeistų medžių sumažėjo nepaisant pasikartojančios sausros 2018-2019 m. Sumažėjimą taip pat lėmė naujų, jaunų medžių įtraukimas į apskaitą.

Iš 2.20 pav. pateiktos schemos matyti, kad daugiausiai pažeista išlieka medžių kamienų apatinė dalis (3). Pažeidimai šioje srityse jau daugelį metų beveik siekia ar viršija 50% visų užregistruotų pažeidimų. Kiek mažiau pažeistas lajos kamienas (6) – iki 27% pažeidimų. Tai stipraus vėjo padarinys. Kitoms medžio sritims tenka žymiai mažiau pažeidimų. Pažeidimai šaknų ir priekelminėje kamieno srityse indikavo vėjavartas, kurių AKMS baseine buvo užregistruota iki 5,3 % visų medžių. Visame kamiene (4), viršutiniame kamieno dalyje (5) ir šakose (7) užregistruota maždaug iki 6% visų pažeidimų. **2019 m. pradėti registruoti lapijos pažeidimai dėl pasikartojančios sausros (9). Tai menkai išsivystę ar nesuformavę lapai/spygliai, kurie didino medžių lajų defoliacijos laipsnį. Tokių medžių užregistruota virš 1,2 %. 2020 m. šių pažeidimų kiekis praktiškai liko nepakitęs.**

Iš nustatytų pažeidimų dažniausiai pasikartojantis pažeidimas buvo: atviros žaizdos (3). Šis pažeidimas viršijo 46% visų pažeidimų (2.21 pav.). Tai įvairaus senumo bei intensyvumo elnių nulopyti eglių kamienai. 25% pažeidimų sudarė viršūninio ūglio ar viršūnės netekimas (21), kurią sąlygojo snieglaušos ir vėjalaušos. Eglinio topografo, ūglių ir lapų pažeidimai 2020 m. viršijo kaip ir 2019 m. 13 %, o vėžiniai susirgimai ir įvairūs kamieno nulenkimai dėl smarkaus vėjo sudarė apie 3 % visų pažeidimų.



2.20 pav. Pažeidimų pasiskirstymas pagal pažeistą medžio sritį
 (1. - šaknys ir priekelminė dalis (iki 30 cm); 2. šaknys ir apatinė kamieno dalis; 3. - apatinė kamieno dalis;
 4. visas kamienas; 5. - viršutinė kamieno dalis; 6. - lajos kamienas; 7 – šakos; 9 – lapai, spygliai)

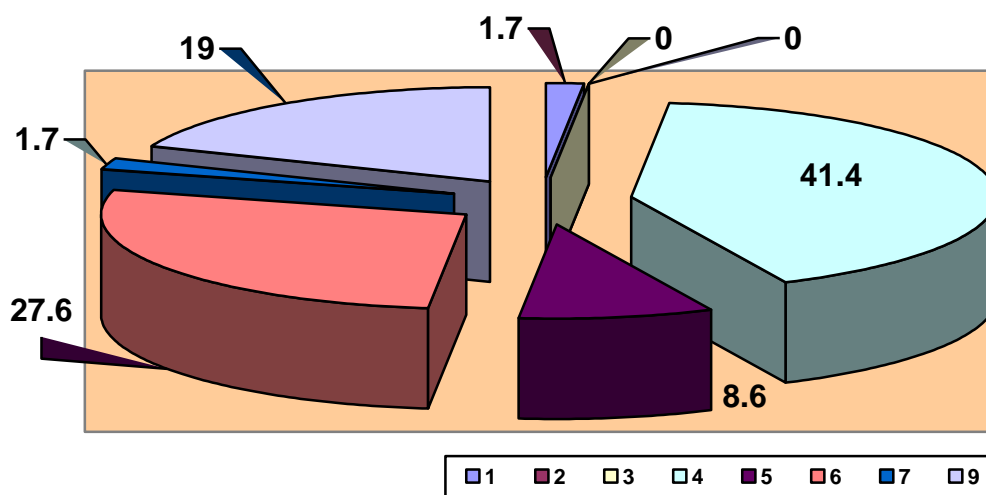


2.21 pav. Pažeidimų ir ligų pasiskirstymas pagal rūšį
Kamieno ir šaknų pažeidimai: 1. – vėžys; 2 – grybų vaisiakūniai; 3, - atviros žaizdos; 4. – sakotakių pažeidimas;
 11 – nulaužtas kamienas; 13 – nutrauktos šaknys; 15 – nulenkta kamienas
Pažeidimai medžio lajoje: 21 - viršūninio ūglio ar viršūnės netekimas; 24 – ūglių – lapų pažeidimai;
 25 – eglinio tipografo pažeidimai.

2020 m. daugiausiai pažeistos buvo paprastosios eglės, kurios sudarė virš 80% visų pažeistų medžių, ar apie 30% visų stebėtų eglių. 5% visų pažeidimų teko beržams, ar 1% visų stebėtų beržų ir 10% visų pažeistų medžių pušimas, ar 5% visų stebėtų pušų.

Apibendrinus gautų tyrimų rezultatus, nustatyta, kad paskutiniuoju laikotarpiu (2002-2020m.) pažeidimų priežastys ir pažeidimų sritys medyje praktiškai iš esmės nekito, išskyrus reikšmingai kintantį eglinio tipografo pažeidimų intensyvumą ir paskutiniaisiais metais lapų/spyglių pažeidimus dėl pasikartojančių sausrų. Atskirais metais šis pažeidimas lėmė išskirtinai aukštą medžių iškritimo intensyvumą stacionaruose. Didelę žalą miškų būklei vis dažniau daro smarkios audros ir gausus sniegas, kurių padariniai – išversti ir sulaužyti medžiai bei jų kamieniai. Pažeidžiamų vietų ir priežasčių struktūra pažeistiems medžiams žūnant, ir naujoms priežastims atsirandant.

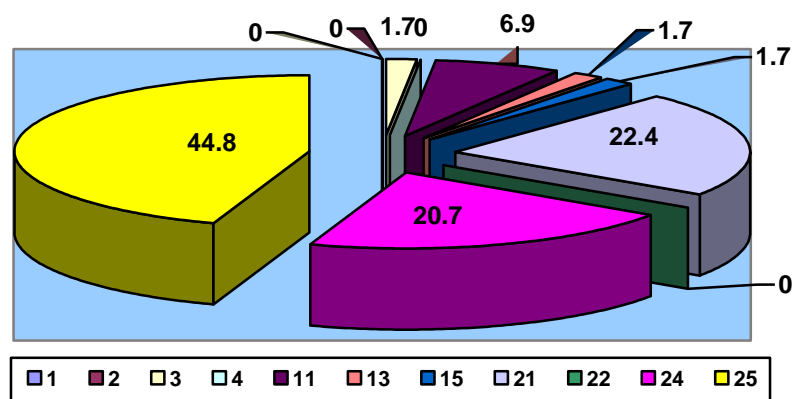
2.4.2. Žemaitijos KMS medžių pažeidimai bei pagrindinės priežastys



2.22 pav. Pažeidimų pasiskirstymas pagal pažeistą medžio sritį

(1. - šaknys ir priekelminė dalis (iki 30 cm); 2. šaknys ir apatinė kamieno dalis; 3. - apatinė kamieno dalis; 4. visas kamienas; 5. - viršutinė kamieno dalis; 6. - lajos kamienas; 7 – šakos; 9 – lapai, spygliai)

2020 m. Žemaitijos KMS teritorijoje daugiausiai pažeidimų rasta viso kamieno srityje (4). Pažeidimai šioje srityje padidėjo iki 41% visų užregistruotų pažeidimų. Tai žievėgraužio tipografo medžio pažeidimo sritis. Pažeidimai lajos kamiene siekė 27 %. Padidėjo dėl pasikartojančių sausrų pažeistų lapų ar spyglių (9) – 19 % ir viršutinės kamieno dalies pažeidimų (5) – 9 %. Mažiausiai pažeidimų registruota šakų (7) srityje ir apatinėje kamieno dalyje (3). Šaknų ir priekelminėje (1-2) srityse paskutiniaisiais metais pažeidimų nerasta.



2.23 pav. Pažeidimų ir ligų pasiskirstymas pagal rūšį

Kamieno ir šaknų pažeidimai: 1. – vėžys; 3, - atviros žaizdos; 4. –sakotakių pažeidimas;

11 – nulaužtas kamienas; 15 – nulenktas kamienas

Pažeidimai medžio lajoje:21 - viršūninio ūglio ar viršūnės netekimas; 24 – ūglių – lapų pažeidimai;

22 - šakų pažeidimai; 25 – eglinio tipografo pažeidimai.

Nustatyta, kad dažniausiai pasikartojantis pažeidimas buvo po pasikartojančių sausrų eglinio tipografo pažeidimai (25). Kurių skaičius lyginant su 2019 m. sumažėjo iki 45%. Dvigubai mažiau pažeidimų registruota lajos kamieno srityje (21) ir ūglių/lapų pažeidimų (24). Jų skaičius šioje srityje sumažėjo iki 20-22 % (13 pav.). Tokį šio pažeidimo registracijų skaičių sąlygojo vėl pasikartojančios vėjalaūžos ir snieglaūžos. Vos kelis procentus pažeidimų sudarė atviros žaizdos (3), sakotakių pažeidimai (4) ir nulaužtas kamienas (11).

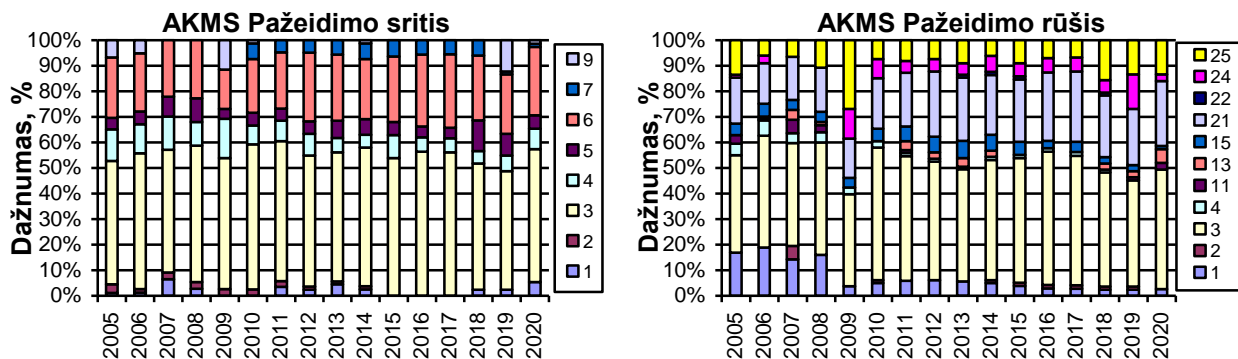
Daugiausiai pažeistos buvo paprastosios eglės, kurios sudarė virš 80% visų pažeistų medžių ir apie 15% pušys.

Apibendrinus gautų tyrimų rezultatus, nustatyta, kad paskutiniu metu laikotarpiu (2006-2020 m.), Žemaitijos KMS iš esmės pakito pažeidimo rūšis ir pažeidimų sritys medyje. Po intensyvių snieglaūžų ar vėjavartų ir bepasikartojančių sausrų 2015-2016, 2018-2019 m. labai suintensyvėjo žievėgraužio tipografo veikla, kurio rezultatas papildomai žuvusios eglės. 2019 m. pasikartojusi sausra dar labiau padidino šių kenkėjų invazijos intensyvumą, kuris tęsiasi ir 2020 m. ***tai galimai nauja besiformuojanti grėsmė saugomų teritorijų eglėms Vakarų Lietuvos regione..***

2.4.3. KM stočių teritorijose augančių medžių pažeidimų ir pagrindinių priežasčių kaita.

Apibendrinus 16 metų pažeidimų tyrimo rezultatus Aukštaitijos KMS nustatyta, kad paskutiniu metu sumažėjo pažeidimų priekelinėje, šaknų srityje (sumažėjo vėjavartų) ir kamieno srityje, tačiau vėl pradėjo didėti pažeidimai lajoje (2.24 pav.). Iš pažeidimo rūšių išsiskiria eglinio tipografo pažeidimai, lajos netekimas dėl snieglaūžų ar vėjalaūžų bei įvairaus senumo

atviros žaizdos. 2015-2018 m. laikotarpis išsiskiria neregistruotais pažeidimais šaknų, kelmo bei apatinėje kamieno srityje. Tai rodo, kad nebuvo registruoti reikšmingesni vėjo bei sniego verčiamų bei laužiamų medžių. Žievėgraužio tipografo pažeidimų intensyvumas Aukštaitijos KMS baseine nors kiek tai padidėjo, bet išlieka maždaug panašiam lygmenyje. Po besikartojančių sausrų 20015, 2016, 2018 ir 2019 m. šio kenkėjo pažeidimų skaičius turi tendenciją didėti, tik ne taip reikšmingai kaip Žemaitijos KMS baseine.



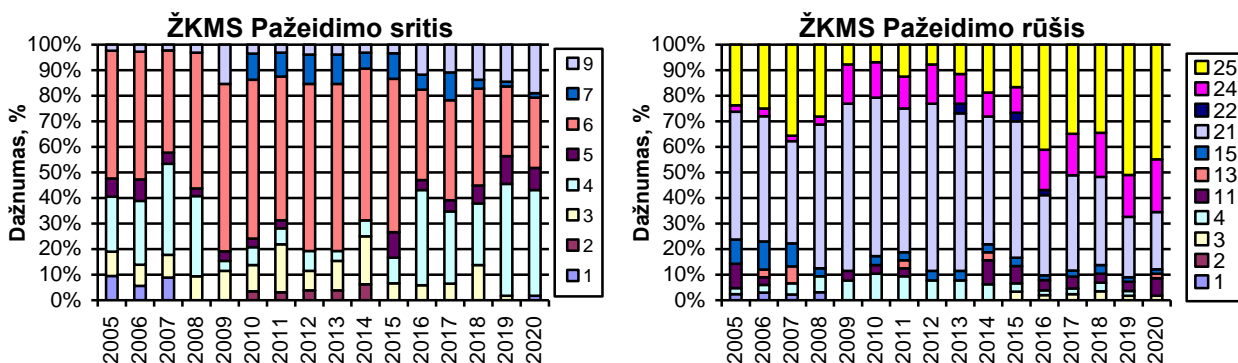
2.24 pav. Aukštaitijos KMS medžių pažeidimų pasiskirstymo pagal pažeistą sritį ir pagal rūšį kaita.

Medžio sritis: 1. - šaknys ir priekelminė dalis (iki 30 cm); 2. šaknys ir apatinė kamieno dalis; 3. - apatinė kamieno

dalis; 4. visas kamienas; 5. - viršutinė kamieno dalis; 6. - lajos kamienas; 7 – šakos; 9 – lapai, spygliai;

Pažeidimų rūšis: Kamieno ir šaknų pažeidimai: 1. – vėžys; 3, - atviros žaizdos; 4. –sakotakių pažeidimas; 11 – nulaužtas kamienas; 15 – nulenkta kamienas

Pažeidimai medžio lajoje:21 - viršūninio ūglio ar viršūnės netekimas; 24 – ūglių – lapų pažeidimai; 25 – eglinio tipografo pažeidimai.



2.25 pav. Žemaitijos KMS medžių pažeidimų pasiskirstymo pagal pažeistą sritį ir pagal rūšį kaita.

Medžio sritis: 1. - šaknys ir priekelminė dalis (iki 30 cm); 2. šaknys ir apatinė kamieno dalis; 3. - apatinė kamieno dalis; 4. visas kamienas; 5. - viršutinė kamieno dalis; 6. - lajos kamienas; 7 – šakos; 9 – lapai, spygliai;

Pažeidimų rūšis: Kamieno ir šaknų pažeidimai: 1. – vėžys; 3, - atviros žaizdos; 4. –sakotakių pažeidimas; 11 – nulaužtas kamienas; 15 – nulenkta kamienas

Pažeidimai medžio lajoje:21 - viršūninio ūglio ar viršūnės netekimas; 22 – šalų pažeidimai; 24 – ūglių – lapų pažeidimai; 25 – eglinio tipografo pažeidimai.

16 metų pažeidimų tyrimo rezultatai Žemaitijos KMS parodė, kad dėl pasikartojančių sausrų žievėgraužis tipografas dažniausiai pažeidžia visą eglės kamieną, ko pasėkoje tokie medžiai žūna. 2011-2014 m. dėl gausos sniego poveikio akivaizdūs šakų išlaužymo atvejai. 2015 m. pagausėjo pažeidimų viršutinėje kamieno dalyje. Išskirtinis pažeidimas – eglinio tipografo žala. Po 2015, 2016, 2018 ir 2019 m. sausrų Žemaitijos KMS baseine pradeda formuotis šio kenkėjo židins.

Šio kenkėjo pažeidimų skaičius viršija 50 % visų registruotų miške pažeidimų ir 12,2% visų stebėtų eglų. Tai besiformuojanti nauja grėsmė brandiems ir perbrendusiems eglėms Vakarų Lietuvos regiono miškams.

IŠVADOS

2020 m. Aukštaitijos KMS teritorijoje iš 592 atrinktų viršaujančių, vyraujančių ir iš dalies stelbiamų miško medžių 65 identifikuoti seni ir švieži pažeidimai, kurie iš esmės turėjo ar galėjo turėti įtakos jų būklei.

Daugiausiai pažeista išlieka medžių kamienų apatinė dalis (3). Pažeidimai šioje srityse jau daugelį metų beveik siekia ar viršija 50% visų užregistruotų pažeidimų. Kiek mažiau pažeistas lajos kamienas (6) – iki 27% pažeidimų. Tai stipraus vėjo padarinys. Kitoms medžio sritims tenka žymiai mažiau pažeidimų. Pažeidimai šaknų ir priekelminėje kamieno srityse indikavo vėjavartas, kurių AKMS baseine buvo užregistruota iki 5,3 % visų medžių. Visame kamiene (4), viršutiniame kamieno dalyje (5) ir šakose (7) užregistruota maždaug iki 6% visų pažeidimų.

2019 m. pradėti registruoti lapijos pažeidimai dėl pasikartojančios sausros (9). Tai menkai išsivystę ar nesuformavę lapai/spygliai, kurie didino medžių lajų defoliacijos laipsnį. Tokių medžių užregistruota virš 1,2 %. 2020 m. šių pažeidimų kiekis praktiškai liko nepakitęs.

Dažniausiai pasikartojantis pažeidimas buvo: atviros žaizdos (3). Šis pažeidimas viršijo 46% visų pažeidimų. Tai įvairaus senumo bei intensyvumo elnių nulopyti eglų kamienai. 25% pažeidimų sudarė viršūninio ūglio ar viršūnės netekimas (21), kurį sąlygojo snieglaūžos ir vėjalaužos. Eglinio topografo, ūglių ir lapų pažeidimai 2020 m. viršijo kaip ir 2019 m. 13 %, o vėžiniai susirgimai ir įvairūs kamieno nulenkimai dėl smarkaus vėjo sudarė apie 3 % visų pažeidimų.

2020 m. daugiausiai pažeistos buvo paprastosios eglės, kurios sudarė virš 80% visų pažeistų medžių, ar apie 30% visų stebėtų eglų. 5% visų pažeidimų teko beržams, ar 1% visų stebėtų beržų ir 10% visų pažeistų medžių pušimas, ar 5% visų stebėtų pušų.

Žemaitijos KMS teritorijoje daugiausiai pažeidimų rasta viso kamieno srityje (4). Pažeidimai šioje srityje padidėjo iki 41% visų užregistruotų pažeidimų. Tai žievėgraužio tipografo medžio pažeidimo sritis. Pažeidimai lajos kamiene siekė 27 %. Padidėjo dėl pasikartojančių sausrų pažeistų lapų ar spyglių (9) – 19 % ir viršutinės kamieno dalies pažeidimų (5) – 9 %. Mažiausiai pažeidimų registruota šakų (7) srityje ir apatinėje kamieno dalyje (3). Šaknų ir priekelminėje (1-2) srityse paskutiniaisiais metais pažeidimų nerasta.

Dažniausiai pasikartojantis pažeidimas buvo po pasikartojančių sausrų eglinio tipografo pažeidimai (25). Kurių skaičius lyginant su 2019 m. sumažėjo iki 45%. Dvigubai mažiau pažeidimų registruota lajos kamieno srityje (21) ir ūglių/lapų pažeidimų (24). Jų skaičius šioje srityje sumažėjo iki 20-22 % (13 pav.). Tokį šio pažeidimo registracijų skaičių sąlygojo vėl pasikartojančios vėjalaužos ir snieglaužos. Vos kelis procentus pažeidimų sudarė atviros žaizdos (3), sakotakių pažeidimai (4) ir nulaužtas kamienas (11).

Daugiausiai pažeistos buvo paprastosios eglės, kurios sudarė virš 80% visų pažeistų medžių ir apie 15% pušys.

Apibendrinus 16 metų pažeidimų tyrimo rezultatus Aukštaitijos KMS nustatyta, kad paskutiniuoju laikotarpiu mažėja pažeidimų priekelminėje, šaknų srityje (sumažėjo vėjavartų) ir kamieno srityje, tačiau vėl pradėjo didėti pažeidimai lajoje. Žievėgraužio tipografo pažeidimų intensyvumas Aukštaitijos KMS baseine nors dėl pasikartojančių sausrų padidėjo, bet išlieka maždaug panašiam lygmenyje kaip ir ankstesniais metais.

16 metų pažeidimų tyrimo rezultatai Žemaitijos KMS parodė, kad dėl pasikartojančių sausrų žievėgraužis tipografas dažniausiai pažeidžia visą eglės kamieną, ko pasekoje tokie medžiai žūna. Šio kenkėjo pažeidimų skaičius viršija 50 % visų registruotų miške pažeidimų ir 12,2% visų stebėtų eglių. Tai besiformuojanti nauja grėsmė brandiems ir perbrendusiems eglynams Vakarų Lietuvos regiono miškams.

Po intensyvių snieglaužų ar vėjavartų ir bepasikartojančių sausrų 2015-2016, 2018-2019 m. labai suintensyvėjo žievėgraužio tipografo veikla, kurio rezultatas papildomai žuvusios eglės. Tai būtų galima registruoti kaip naują grėsmę Vakarinio Lietuvos regiono eglynams.

2.5. Medynų būklė augalijos tyrimų stacionaruose

1993m. Aukštaitijos kompleksinio monitoringo stotyje (KMS) buvo išskirtas vienas kartografuotas 50m × 50m tyrimo barelis visų augalijos ardų tyrimams. 1994m. įsteigus Žemaitijos KMS, joje išskirtas 40m × 40m kartografuotas augalijos tyrimo stacionaras. Taip pat pastaraisiais metais buvo praplėstas kartografuotų barelių tinklas Aukštaitijoje. Šiam tikslui panaudoti du kartografuoti bareliai, kurie buvo išskirti baseinui būdingose augavietėse medynų našumo tyrimams. Tokiu būdu medynų struktūriniai pokyčiai tiriami 2-juose Aukštaitijos ir viename – Žemaitijos KMS augalijos tyrimų stacionare. 1 kartografuotas barelis dėl labai intensyvios vėjalaužos tyrimams pasidarė netinkamas. 2017 m. vėjalaužų pažeistas augalijos tyrimų stacionaras buvo atkurtas, o čia vykdyti sumedėjusios ir žolinės augalijos tyrimai atnaujinti.

Vienas pagrindinių tikslų yra medyno struktūros kaitos analizė, kurios metu nustatomi bioindikaciniai rodikliai labiausiai atspindintys būdingiausias medynų pokyčius sąlygojamus foninės taršos bei klimatinių veiksmu. Tačiau šie tyrimai vykdomi tik kas 5 metai. Medynų būklė yra vienintelis parametras, kuris augalijos tyrimo stacionaruose nustatomas kasmet.

Darbo objektas ir metodas

Stacionaruose kas 5 metai vykdomi visų augalijos ardų tyrimai, tame tarpe ir medžių augimo ir medyno struktūros pokyčių tyrimai. Stacionare kiekvienas medis, kurio kamieno skersmuo didesnis negu 8 cm numeruojamas ir vietinės koordinatų pagalbos dėka nustatoma jo padėtis medyne. Taip pat išmatuojami pagrindiniai dendrometriniai parametrai: medžio aukštis, lajos pagrindo aukštis, kamieno skersmuo bei lajos skersmuo (spinduliai pasaulio šalių atžvilgiu). Šalia šių tyrimų nustatoma pomiškio rūšinė sudėtis bei atskirų augalų rūšių padengimo procentas. Tik medžių būklė augalijos stacionaruose vertinama kasmet. Augalijos tyrimų stacionarų pagrindinės taksacinės charakteristikos pateiktos 2.11 lentelėje.

2.11 lentelė. Medynų, kuriuose išskirti tyrimo stacionarai pagrindinės taksacinės charakteristikos

Tyrimo stacionaras	Medynų taksacinės charakteristikos						
	Rūšinė sudėtis	Amžiaus klasė	Bonitetas	Skalsumas	Tūris 1 ha m ³	DTG	Miško tipas
AKMS_01	9P1E	15	1	0,5	300	Nbl	<i>vaccinosum</i>
AKMS_02	9P1E+B	17	1A	0,7	440	Lcl	<i>oxalidosum</i>
AKMS_03	6E2P2B	8	3	0,6	260	Pcn	<i>caricosum</i>
ŽKMS_01	7E1P2E	8	2	0,8	370	Ncl	<i>myrtilius</i> - <i>oxalidosum</i>

Kaip matyti iš pateiktų duomenų Aukštaitijos KM stotyje pirmas stacionaras (AKMS_01) įkurtas natūraliai drėkinamame (Nbl), aukšto produktyvumo (B_1), brukniniame (v), perbrendusiame (A.kl. – 15) pušyne su silpnai išreikšta eglės priemaiša bei antru jos ardu ir pomiškiu.

Aukštaitijos KMS antras stacionaras (AKMS_02) įkurtas laikinai užmirkusioje pakankamai derlingoje augavietėje (Lcl) ir labai aukšto produktyvumo, kiškiakopūstiniame, perbrendusiame pušyne su nedidele eglės priemaiša bei gausiausiu jos antru ardu bei pomiškiu.

Aukštaitijos KMS trečias stacionaras (AKMS_03) įkurtas pelkinėje pakankamai derlingoje augavietėje (Pcl) ir žemo produktyvumo, viksviniame, perbrendusiame eglyne su nedidele pušies ir beržo priemaiša bei eglės antru ardu bei pomiškiu. 2010 m. dėl labai stipraus vėjo virš 30% medžių buvo išversta ar sulaužyta. Paskutiniaisiais 2013 m. vėjavartos pasikartojo dar kartą. 2017 m. šis stacionaras atkurtas. 2018 m. šiame stacionare pratęsti medžių būklės ir prieaugio tyrimai, kurie buvo tęsiami ir 2020 m..

Žemaitijos KM stoties augalijos tyrimo stacionaras įkurtas vienoje iš būdingiausių eglės augavietėje – mėlyniniame-kiškiakopūstiniame eglyne su keliomis, skirtingo amžiaus eglės kartomis.

Darbo rezultatai

2.5.1. Medynų būklė Aukštaitijos KMS stacionaruose

Vienas iš pagrindinių medynų būklės rodiklių, šalia vidutinės medžių defoliacijos laikomas žuvusių medžių skaičius. Aukštaitijos KMS pirmajame stacionare medžių išsiretinimo intensyvumas siekė 1,60% per metus, t.y. per 27 m. laikotarpį žuvo 80 medžiai iš 192 užregistruotų 1993 metais. Tai sudaro 41,7 % visų medžių. Intensyviausiai sumažėjo lapuočių medžių – beržų 61,1 %, kiek mažiau žuvo eglė – 42,4 % ir mažiausiai pušų – tik 27,6 %.

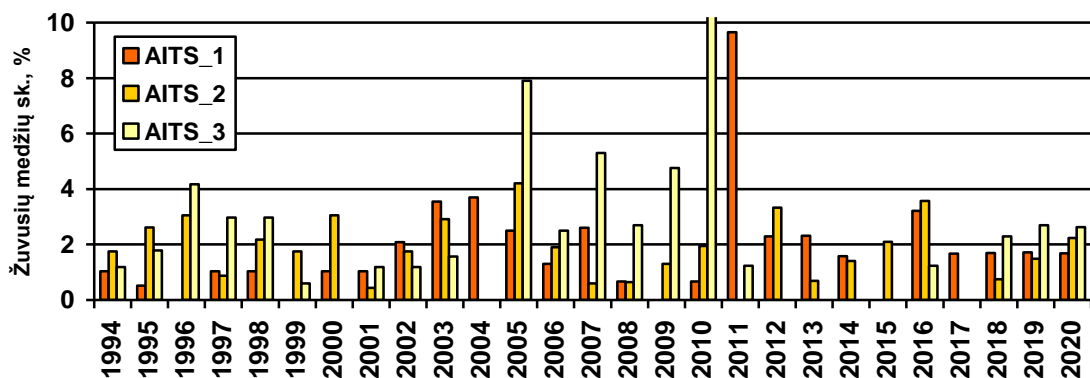
Antrajame stacionare AKMS_02 bendras medžių iškritimas buvo didesnis. Medžių išsiretinimo intensyvumas siekė po 1,62%, t.y. per 27 m laikotarpį žuvo 100 medžiai iš 229 registruotų dar 1993. Tai sudaro 43,7 % visų stebėtų medžių. Mažiausiai žuvo lapuočių – 28,6 %, pušų iškritimas viršijo 14,9%. Intensyviausias iškritimas užfiksuotas eglė. Per tiriamąjį laikotarpį šiame stacionare žuvo net 52,3% šios rūšies medžių. Tačiau, kaip taisyklė, žūsta atsilikę augime medžiai. Kelių didesnių beržų žūties priežastis – vėjalaūža. Stambiausias ir perbrendusias eglės pažeidė žievėgraužis tipografas. Dėl sausros poveikio žuvo ir viena drebulė.



Antrasis Aukštaitijos KMS augalijos intensyvių tyrimų stacionaras, įkurtas perbrendusiame Ia boniteto pušyne, augančiame laikinai užmirkusioje, pakankamai derlingoje miško Lc augavietėje, kur GW lygis siekia apie 6-7 m.

Trečiojo stacionaro medžių iškritimo intensyvumas didžiausias. Jis siekia net 55,9% arba 2,1% per metus. Dar 2004 m. medžių iškritimas šiame stacionare mažai skyrėsi nuo medžių iškritimo intensyvumo užregistruoto pirmajame stacionare. Padėtis iš esmės pasikeitė paskutiniaisiais metais, kai medžių iškritimas padidėjo virš 7%. Tai dėl žievėgraužio tipografo pažeidimų žuvusios eglės – 8 medžiai iš 110. Taip pat kelios drebulės buvo nugrauztos bebrų. Išskirtiniai 2010 m., kai dėl vėjovartų stacionaruose žuvo 26 medžiai. Iš jų tik 1 pirmame stacionare, 3 antrame, o likę 22 3-me stacionare. 2020 m. detalūs sumedėjusios augalijos tyrimai parodė, kad šiame trečiame Aukštaitijos KMS baseino stacionare yra išlikę 74 medžiai. Per 27 m. laikotarpį šiame stacionare iš viso žuvo 55,9 % medžių, arba 2,1 % per metus, iš kurių 44,1 % beržų, 60,5 % eglių ir 38,5 % pušų.

Žuvusių medžių skaičiaus dinamika rodo (2,26 pav.), kad per tiriamąjį laikotarpį, eliminavus išskirtinius 2010-2011 metus, kasmet vidutiniškai iškrenta apie 1,6-1,7% medžių. 2016-2017 m. I stacionare žuvo atitinkamai 4 ir 2 medžiai, II -jame žuvo 5 ir 0 medžių bei III-jame 1 ir 0 medžių. 2018 m. žuvo po du medžius I ir III stacionaruose, o 1 – II stacionare. Tai vidutinis medžių atkritimo intensyvumas, kuris stebimas stacionaruose nuo pat tyrimų pradžios, t.y. 1993 m. **2019-2020 m. žuvusių medžių skaičius tirtuose stacionaruose iš esmės nesiskyrė nuo daugiamečio vidurkio, nepaisant intensyvios sausros ir karščio bangų, lydimų žievėgraužio tipografo daromos žalos.**



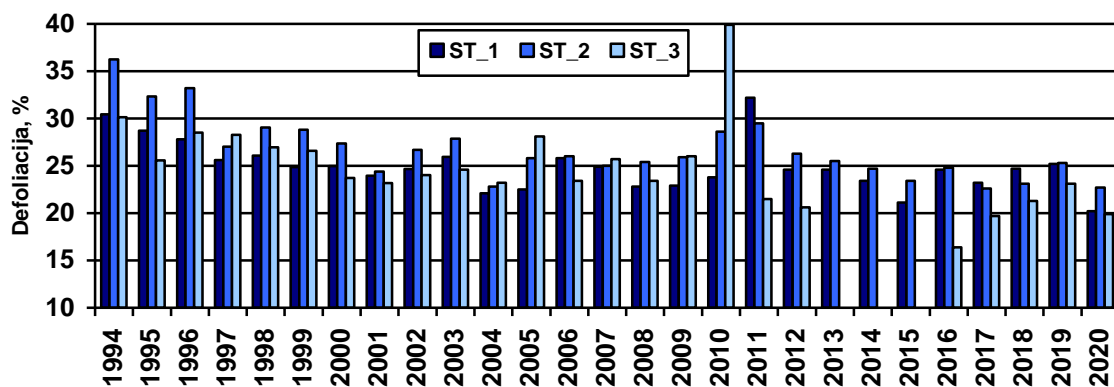
2.26 pav. Žuvusių medžių skaičius Aukštaitijos KMS tyrimų stacionaruose 1994-2019 m. (2010 m. AITS 3 žuvo net 22% apskaitos medžių, 2013 m. tyrimai sustabdyti dėl per mažai likusių medžių – 2016 m tyrimai atnaujinti)

Medžių lajų defoliacijos duomenys rodo, kad visų medžių vidutinė defoliacija iki 2004 m. laipsniškai mažėjo. Nuo šio laikotarpio iki 2010-2011m. registruojamas, nors ir neženklaus, medžių lajų vidutinės defoliacijos laipsnio augimas. Tokį defoliacijos augimą galėjo sąlygoti nepalankūs klimatiniai veiksniai. AKMS 3-io stacionaro labai aukštą defoliaciją 2005 ir 2007m.(virš 28 %) sąlygojo dėl žievėgraužio tipografo pažeidimų žuvusios eglės, o 2010 m. dėl vėjovartų žuvę medžiai.

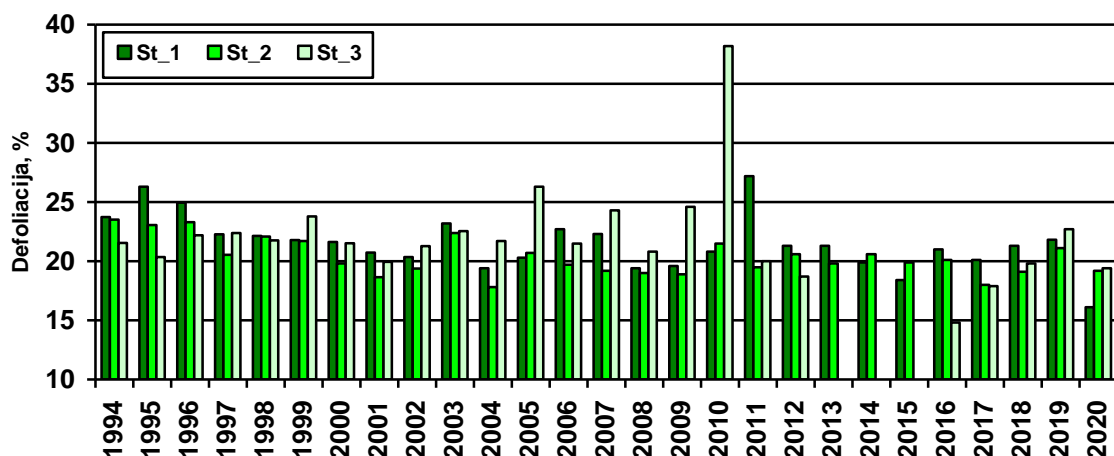
2011-2017 m. laikotarpiu visų medžių augančių Aukštaitijos KMS stacionaruose lajų vidutinė defoliacija turėjo tendenciją mažėti po 1,3 ir 0,75% per metus atitinkamai I ir II stacionaruose.

2018 m. sausra neigiamai paveikė medžių augančių tyrimo stacionaruose būklę. Visų ir tik vyraujančių medžių vidutinė defoliacija turėjo tendencija padidėti. Šį neigiamą nepalankių klimatinė veiksmių poveikį sustiprino pasikartojanti sausra 2019 m., kai I ir II stacionaruose augančių medžių lajų vidutinė defoliacija viršėjo 20%, o III-jame siekė 18%. Tai bepasikartojančių sausrų poveikio rezultatas.

Išskirtiniai 2020 m. Meteorologinės sąlygos po besikartojančių sausrų 2018-2019 m. buvo ypač palankios medžių būklei ir jų augimui. Visuose tyrimų stacionaruose augančių medžių lajų būklė gerėjo kaip ir visame upelio baseine. Jų vidutinė defoliacija atitinkamai sumažėjo iki ir 20,2 %, 22,7% ir 19,9%. Ypač reikšmingai sumažėjo aukštutinio stacionaro medžių lajų defoliacija, kuri siekė apie 5%.



2.27 pav. Visų medžių vidutinės defoliacijos kaita Aukštaitijos KMS stacionaruose 1994–2019 m.



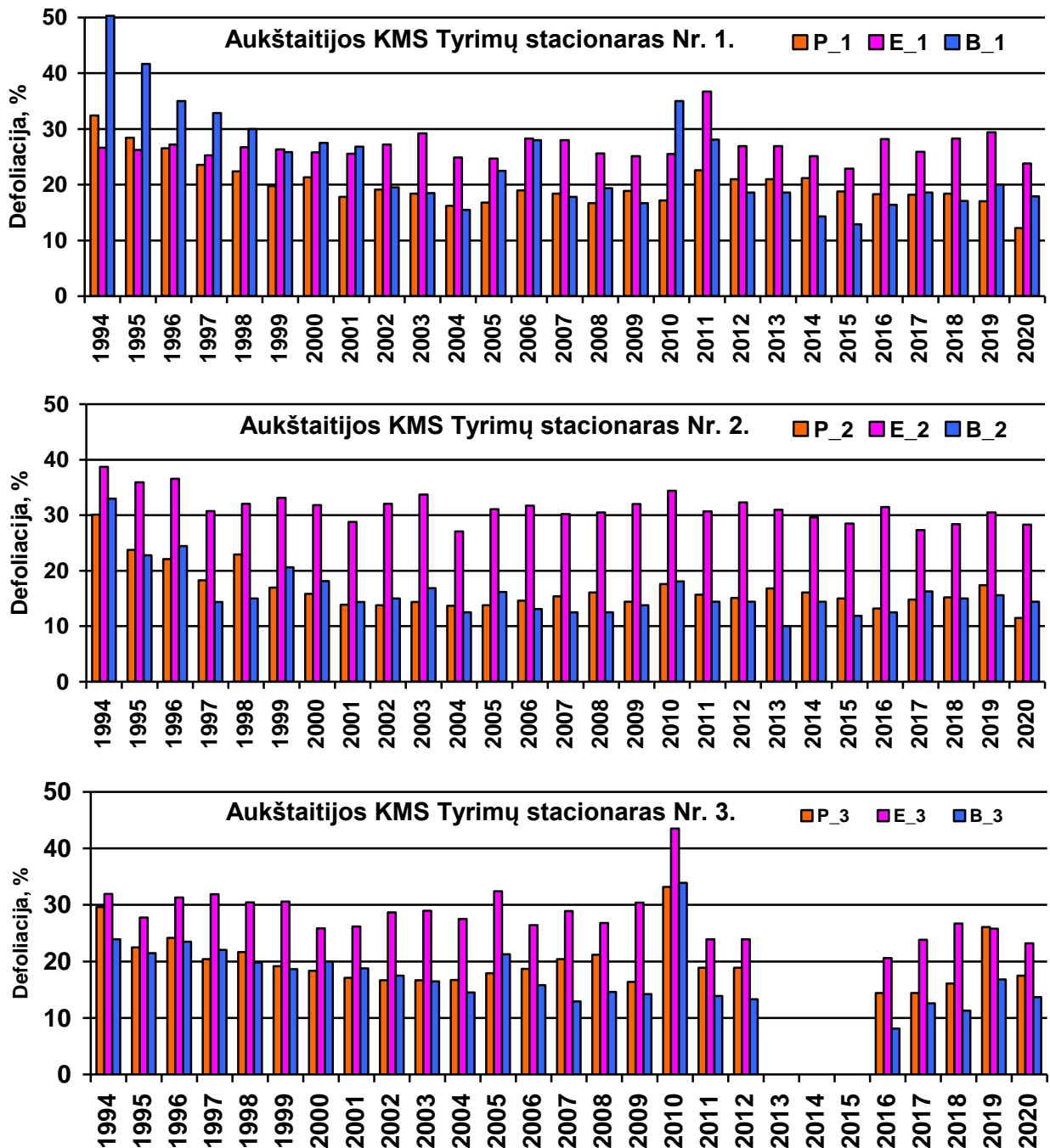
2.28 pav. 1-3 Krašto klasių medžių vidutinės defoliacijos kaita Aukštaitijos KMS stacionaruose.

Viršaujančių ir vyraujančių medžių lajų vidutinės defoliacijos 27 m. sekoje reikšmingas mažėjimo trendas nustatytas tik natūralaus drėgnumo miško augavietėje įkurtame I stacionare ir tik iki 2015 m. Paskutiniaisiais 2015–2019 metais dėl pasikartojančių sausrų čia augančių medžių vidutinė defoliacija viršijo 21 % ribą. **2020 m. buvo vėl gi ypač palankūs čia augantiems medžiams. Vyraujančių ir viršaujančių medynė medžių vidutinė defoliacija sumažėjo net 7 %, ir tai vienas reikšmingesnių būklės atsikūrimų per visą tiriamąjį laikotarpį šiame stacionare.**

II stacionare šių medžių lajų vidutinė defoliacija praktiškai išlieka stabili (2.28 pav.). Tik 2017 m. dėl perteklinio kritulių kiekio čia augančių medžių lajų būklės atsikūrimo intensyvumas didžiausias, kaip ir 2020 m. Vidutinė viršaujančių medžių vidutinė defoliacija sumažėjo iki 18 %. Pasikartojančios 2018 ir 2019 m. sausros reikšmingai paveikė šiame stacionare augančių medžių lajų būklę, padidindamos jų vidutinę defoliaciją iki 21 %, tačiau paskutiniųjų metų meteorologinės sąlygos turėjo reikšmingos įtakos medžių lajų būklei atsikurti.

III stacionoro būklės kaitą reikšmingai sąlygojo vėjalaūžs ir vėjavartos, o taip pat ir paskutiniųjų metų sausrus. Nepaisant šių nepalankių veiksnių, 2020 m. čia augančių medžių lajos būklės teigiamas pokytis vienas didžiausių per visą stebėjimo laikotarpį.

2011-2015 m. laikotarpiu I stacionare ypač reikšmingai gerėja eglių ir beržų būklė, Jų lajų vidutinė defoliacija mažėja po 2,76% ir 3,04% per metus atitinkamai. Pušų lajų vidutinė defoliacija mažėja ne taip intensyviai ir sudaro tik po 0,76% per metus. Šiuo laikotarpiu geriausia būkle pasižymi beržai, kiek didesnė vidutinė defoliacija pušų ir prasčiausios būklės išlieka šiame stacionare augančios eglės.



2.29 pav. Atskirų rūšių medžių vidutinės defoliacijos kaita Aukštaitijos KMS stacionaruose

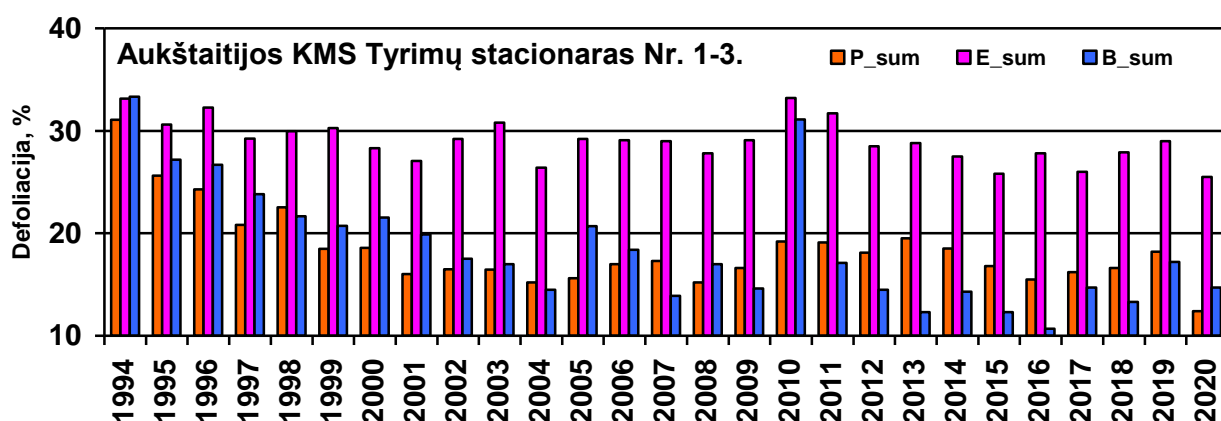
2015-2019 m. nepalankūs meteorologiniai veiksniai sąlygojo reikšmingą eglių lajų būklės pablogėjimą 2016 m. Smarkiai padidėjo ir beržų lajų vidutinė defoliacija. Tik 2017 m. gausus kritulių kiekis turėjo reikšmingos įtakos eglių lajų būklei atsikurti, kai tuo tarpu beržų būklė ir toliau blogėjo. Dėl 2018-2019 m. sausros medžių lajų defoliacija padidėjo, o dėl didesnių kritulių kiekio lajų būklė vėl atsikūrė iki vienu geriausių vidutinės defoliacijos reikšmių per visą tiriamąjį laikotarpį. Ši tendencija gerai atspindėjo gautus rezultatus visame Aukštaitijos KMS baseine.

Išskirtiniai duomenys gauti tiriant pušų lajų būklės kaita. Gauti rezultatai parodė, kad pušų, augančių natūraliai drėkinamose sąlygose būklę nepalankūs klimatiniai veiksniai paveikė mažiausiai. Jų lajų būklė praktiškai nepakito ir net paskutiniaisiais 2016 m. buvo geresnė nei eglių ir beržų, o pasikartojančios sausros 2018 ir 2019 m. neturėjo jokio reikšmingo poveikio jų lajų vidutiniai defoliacijai didėti.

2019 m. čia augančių pušų lajų vidutinė defoliacija net sumažėjo 0,6%, tuo tarpu *palankios 2020 m. meteorologinės sąlygos ypač paskatino formotis tankiai lapijai, dėl ko pušų lajų defoliacija sumažėjo daugiau negu 5%.*

Eglių lajų vidutinė defoliacija paskutiniuoju 4 metų laikotarpiu kito nereikšmingai, nors 2019 m. jos intensyvumas beveik siekė 30%. *Tačiau ir šios rūšies medžiams palankios klimatinės sąlygos sudarė galimybę formuoti tankesnius spyglius bei padidinti prieaugį. Tokio reiškinio rezultatas padidėjusi spyglių masė bei sumažėjęs lajos vidutinės defoliacijos laipsnis, kuris, reikia paminėti, nesiekė pušų lygmens.*

Beržų lajų būklė buvo geriausia 2015 m. Bepasikartojančios sausros reikšmingai pablogino šiame stacionare augančių beržų būklę. Vidutinė defoliacija padidėjo nuo 13 iki 20%. Tai vienas didžiausių būklės pablogėjimo rodiklių. *Meteorologinės sąlygos, kurios buvo ypač palankios spygliuočiams medžiams, buvo mažiausiai reikšmingos beržams, nors būklės pagerėjimas 2020 m. buvo registruojamas visuose stacionaruose, tik ne toks reikšmingas, kaip spygliuočiams.*

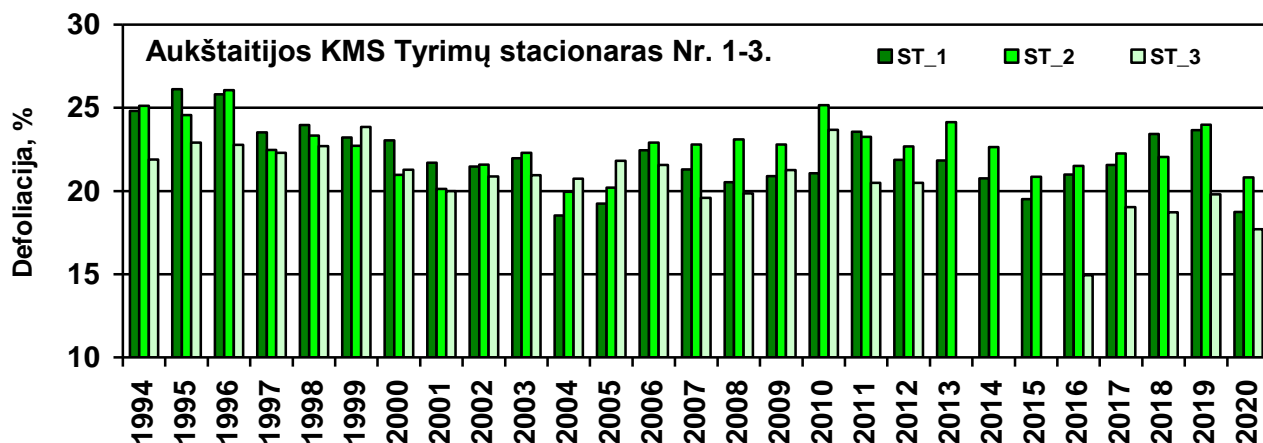


2.30 pav. Atskirų rūšių visų medžių vidutinės defoliacijos kaita Aukštaitijos KMS stacionaruose.

Apibendrinus rezultatus nustatyta, kad visų išsivystymo klasių eglių, augančios Aukštaitijos KMS augalijos tyrimo stacionaruose, lejų vidutinė defoliacija didžiausia. 2010-2011 m. dėl nepalankių klimatinių veiksnių ir žievėgraužio tipografo žalos tirtų eglių lajų defoliacija buvo viena didžiausių per visą tiriamąjį laikotarpį ir viršijo 30%. 2012-2015 m. eglių lajų būklė reikšmingai pagerėjo lyginant su 2010-2011 m. 2018- 2019 m. sausros reikšmingai sąlygojo eglių vidutinės defoliacijos padidėjimą. **2020 m. dėl palankių klimatinių sąlygų, pirmiausiai dėl padidėjusio kritulių kiekio vegetacijos laikotarpiu eglių vidutinė defoliacija Aukštaitijos KMS stacionaruose sumažėjo vidutiniškai 4 %, kas rodo eglių gerą prisitaikymą prie dabartinių klimato kaitos sąlygų.**

Iki 2009 m. taip pat reikšmingai mažėjo stacionaruose augančių beržų vidutinė defoliacija. Tačiau po intensyvių vėjalaūžų, jų būklė reikšmingai pablogėjo 2010 m. **2011-2016 m. registruojamas reikšmingas beržų lajų būklės atsikūrimo procesas. Vidutinė lajų defoliacija sumažėjo net iki 12%. Tik 2017-2018 m. stebimas pakankamai žymus tirtų beržų lajų defoliacijos laipsnio padidėjimas, ir ypač 2019 lyginant su 2018 m. Tai pasikartojančių sausrų poveikio rezultatas. 2020 m. palankių klimatinių sąlygų poveikio rezultatas – 3 % sumažėjusi Aukštaitijos KMS stacionarų beržų vidutinė defoliacija.**

Geriausios ir pakankamai stabilios būklės išlieka pušys. Tik 2010-2013 m. laikotarpiu pušų lajų vidutinė defoliacija buvo padidėjusi iki 18-19 % ribose. Paskutiniu metu laikotarpiu, pasikartojantys nepalankūs klimatiniai veiksniai taip pat pradėjo sąlygoti pušų būklės blogėjimą ir tik palankios klimatinės sąlygos sumažino pušų lajų vidutinę defoliaciją reikšmingiausiai, t.y. pušų lajų vidutinė defoliacija sumažėjo net 6 %.



2.31 pav. 1-3 Krašto klasių išlikusių gyvų medžių vidutinės defoliacijos kaita Aukštaitijos KMS stacionaruose

Eliminavus dėl nepalankių klimatinų veiksnių poveikio žuvusių medžių įtaką vidutinei defoliacijai, nustatyta, kad iki 2004 metų tirtų išlikusių gyvų medžių vidutinė defoliacija mažėjo reikšmingai po 0,5% kiekvienais metais, tačiau nuo šių metų iki 2010 m. buvo stebimas atvirkštinis procesas, medžių lajų vidutinė defoliacija didėjo reikšmingai maždaug po 0,6%.

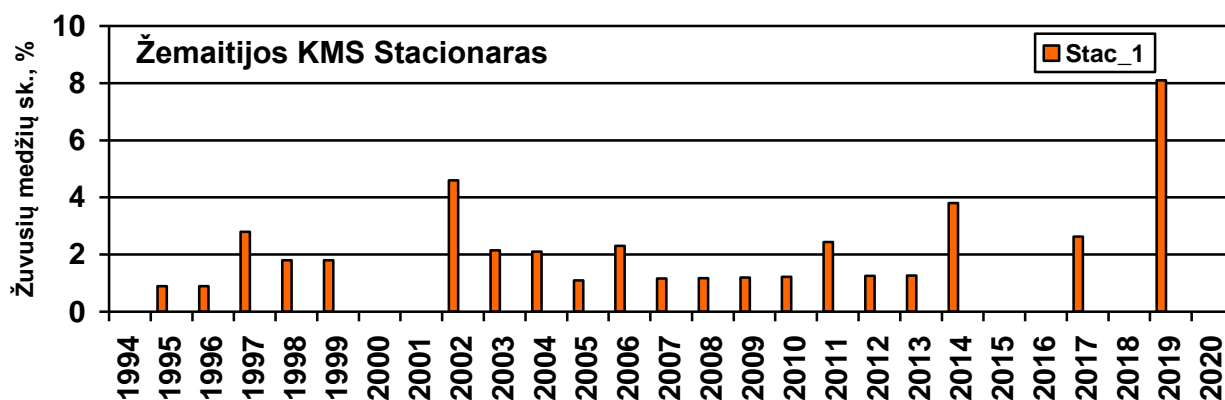
2011 - 2015 m. po nepalankių veiksnių poveikio stebimas medžių lajų būklės stabilizavimosi procesas su nereikšminga vidutinės defoliacijos mažėjimo tendencija. Tik po 2015 m. sausros ir jos epizodų 2016, 2018 ir ypač 2019 m. KMS baseinuose augančių medžių vidutinė defoliacija pradėjo reikšmingai didėti.

2020 m. išlikusių gyvų medžių būklė buvo analogiška kaip ir 2004 ar 2015 m. , kai tirtų medžių defoliacija svyravo apie 20 % ir tik pačių senausių medžių augančių antrajame stacionare medžių lajų defoliacija svyravo apie 23 %. Tai miškų geros būklės rodiklis.

2.5.2. Medyno būklė Žemaitijos KMS stacionare

Žemaitijos stacionare bendras medžių iškritimas per 25 m. laikotarpį siekia 37,6% ar 1,5% per metus. Nustatyta, kad žuvusios eglės yra įvairaus dydžio, nuo smulkių, atsilikusių augime iki stambių, dominuojančių ir viršaujančių medyne. Pagrindinė šių medžių žūties priežastis - entokenkėjai ir vejalaužos, o smulkesnių medžių – natūralus užstelbimas. 2002 metais net apie 5% eglėlių buvo pazeistos snieglauzos, o 2011 m. – žievėgraužio tipografo. Šiame stacionare kasmet dažniausiai žūsta tik po viena eglė. *2014 m. dėl žievėgraužio topografo žuvo 3 eglės ir tik po 3 metų, 2017 m. vėl žuvo dvi eglės. 2018 m. žuvusių medžių stacionare neregistruota, tik vėl dėl šio kenkėjo pažeidimo, trijų eglėlių lajų būklė buvo įvertinta kaip labai prasta, t.y. defoliacija siekė 90 %. Tai potencialūs 2019 m. sausuoliai. 2019 m. žuvo 6 eglės.*

2020 m. žuvusių eglėlių tyrimo stacionare neregistruota.

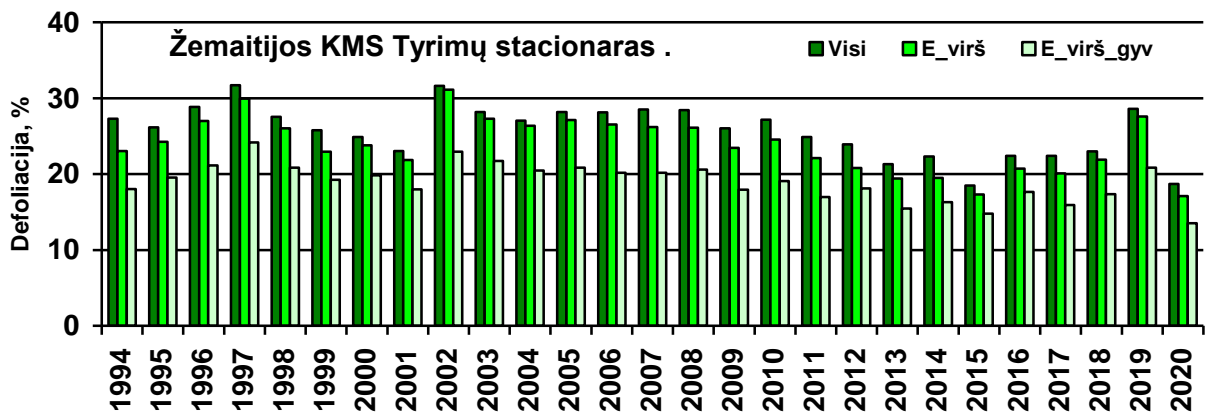


2.32 pav. Žuvusių medžių skaičius Žemaitijos KMS tyrimų stacionare 1995-2019 m.

Pagrindiniai medžių būklės kaitos parametrai Žemaitijos KMS stacionare pateikti 2.33 paveiksle. Metais, kuriais medžių vidutinė defoliacija buvo didžiausia užregistruotas ir didesnis žuvusių medžių skaičius.

Įdomu pažymėti, kad defoliacijos kaitos tendencijoms įtakos neturėjo medžių išsivystymo laipsnis. Vyraujančių ir atsilikusių augime medžių vidutinės defoliacijos kitimo pobūdis tiriamuoju laikotarpiu buvo analogiškas. Tik didesnių medžių vidutinė defoliacija buvo mažesnė, o žemesnių, atsilikusių augime – didesnė.

Didžiausias neigiamas defoliacijos pokytis užregistruotas 2002 metais. Pagrindinis veiksnys esminiai sąlygojantis medžių, pagrinde eglių, būklę buvo vasario mėnesį vykusios snieglaūžos. Dėl šios priežasties pažeisti medžiai neteko vidutiniškai apie 30% lajos viršutinės dalies, o atskirais atvejais ir visos lajos. Tokiu būdu kenkėjų žalos pakartotinio išplitimo problema vėl tapo aktuali ir 2003 – 2006 m. laikotarpiu, kai eglių žuvimo intensyvumas dėl žievėgraužio viršijo 2% per metus.



2.33 pav. Visų, viršaujančių ir išlikusių gyvų viršaujančių eglių būklė Žemaitijos KMS stacionare

2008-2015 m. stebimas intensyvus tyrimo stacionare augančių medžių lajų būklės gerėjimo procesas. Vidutinės defoliacijos sumažėjimas siekia 10% per 8rių metų laikotarpį, arba po 1,25% per metus. Tik viršaujančių, vyraujančių ir iš dalies stelbiamų eglių vidutinė defoliacija mažėjo kiek silpniau, mažėjimo intensyvumas sudarė tik 5,3%, arba 0,66% per metus.

2015 m. sausra ir jos pasikartojimas 2016, 2018 ir 2019 m. neigiamai sąlygojo eglių lajų būklę Žemaitijos KMS stacionare. Būtent 2019 m. eglių vidutinė defoliacija reikšmingai didėjo ir pasiekė visų medžių – 29%, o tik viršaujančių 28 %. Tai viena didžiausių reikšmių per visą tiriamąjį laikotarpį.

Išskirtiniai 2020 m. rezultatai. Šiais metais registruotas reikšmingiausias eglių vidutinės defoliacijos sumažėjimas, net iki 17 %, t.y. beveik 10 % per metus. Tai geriausias eglių lajos

būklės vidutinis parametras per visą tiriamąjį laikotarpį. Didelę įtaką tokiam sumažėjimui turėjo tai, kad 2019 m. stacionare žuvo net 6 eglės, o 2020 m. nei viena. Nepaisant šio fakto, viršaujančių ir išlikusių gyvų eglėlių defoliacija taip pat mažėjo, bet ne taip intensyviai. 2020 m. jų vidutinė defoliacija sumažėjo nuo 20,8 % iki 13,5 %, t.y. beveik 7 %.

Apibendrinus gautus rezultatus, galima teigti, kad pasikartojančios sausros turėjo esminės reikšmės stacionaruose augančių medžių vidutinės defoliacijos kaitai. 2016 m. Aukštaitijos KMS ir Žemaitijos KMS tyrimų stacionaruose augančių medžių lajų defoliacija reikšmingai padidėjo, kaip ir buvo tikimasi 2015 m. Pasikartojančios sausros 2018-2019 m. dar labiau paveikė eglėlių būklę bei medžių mirtingumą, dėl ko 2019 m. eglėlių lajų būklė buvo viena iš prasčiausių. Šiais metais žuvo virš 8 % stebimų medžių. Pagrindinė priežastis kurių buvo žievėgraužio tipografo pažeidimai. Tačiau paminėtina tai, kad palankios meteorologinės sąlygos ir pakankamas kritulių kiekis reikšmingai sąlygoja sausros pakenktų eglėlių būklės atsikūrimą. Vėl neigiamai paveikė eglėlių lajų būklę, padidindama jų defoliacijos laipsnį. Tik ypač gausūs krituliai. Gausūs krituliai 2017 m. kiek tai sustabdė būklės blogėjimo procesą po 2015-2016 m. sausrų, o 2020 m. net sąlygojo reikšmingiausių būklės atsikūrimo laipsnį. Tokie rezultatai rodo, kad paprastosios eglės individai yra gerai prisitaikę prie dabartinių klimatinių sąlygų, ir po sausrų iškritus gausesniems kritulių kiekiams, jos sugeba reikšmingai atkurti lajos būklę, ypač jaunesnės kartos medynuose. Perbrendusioms eglės bepasikartojančios sauros yra mirtinai pavojingos, nes tokias nusilpusias egles dažnai užpuola žievėgraužis tipografas, kurio poveikį išgyventi tokiems medžiams jau nepavyksta.

2.5.3. KMS stacionaruose augančių medžių dendrometrinių parametru ir tūrio prieaugio kaita 1994-2020 m. laikotarpiu

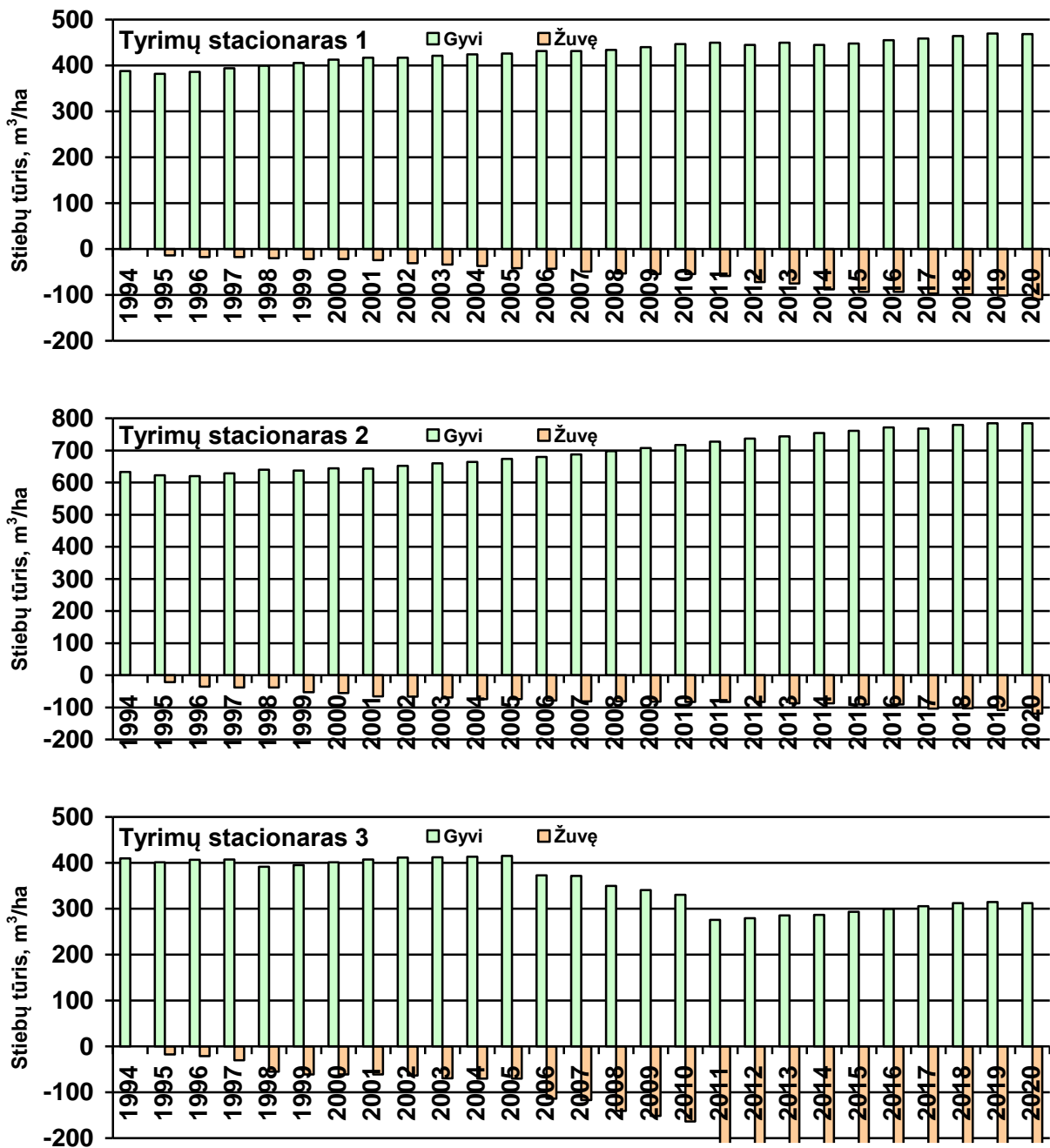
Aukštaitijos KMS tirtų medžių stėbų tūrio analizė parodė, kad Aukštaitijos KMS I stacionare gyvų medžių tūris per 26 m. laikotarpį padidėjo nuo 388 m³/ha iki 468 m³/ha, kas sudaro 80,5 m³/ha arba 3,1 m³/ha per metus. Per tą patį laikotarpį žuvusių medžių tūris didėjo iki 110 m³/ha, t.y. 4 m³/ha per metus. Didžiausiu prieaugiu pasižymėjo eglės 59 %, kiek mažesniu pušys 21 %, o beržų tūris sumažėjo 45 %.

II stacionare gyvų medžių tūris padidėjo nuo 632 m³/ha iki 784 m³/ha, t.y. 151 m³/ha arba 5,8 m³/ha per metus. Per tą patį laikotarpį žuvusių medžių tūris didėjo iki 119 m³/ha, t.y. 4,6 m³/ha per metus. Didžiausiu prieaugiu pasižymėjo drebulės, kurių prieaugis per tiriamąjį laikotarpį sudarė

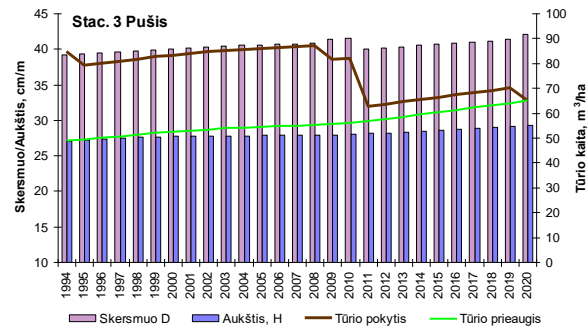
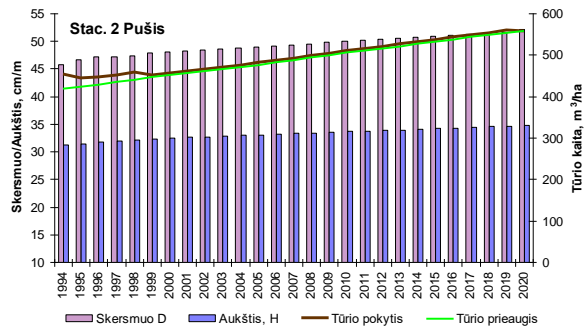
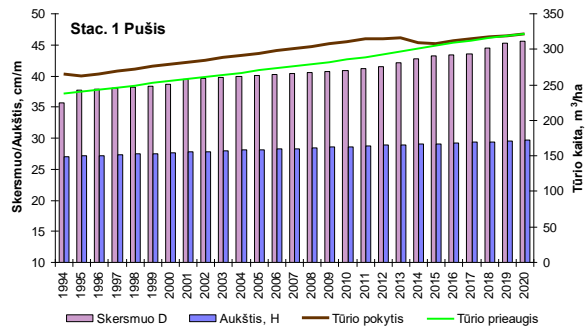
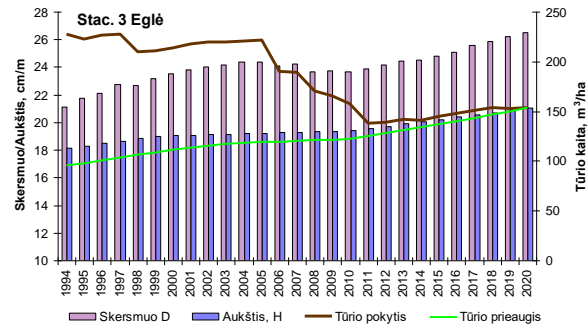
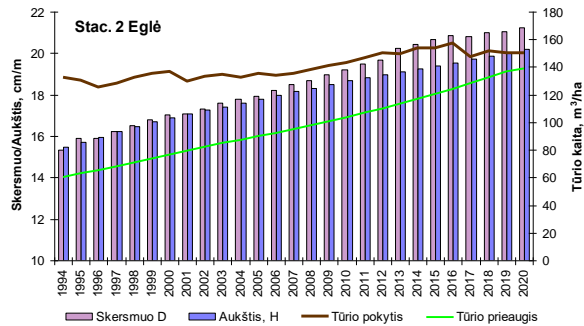
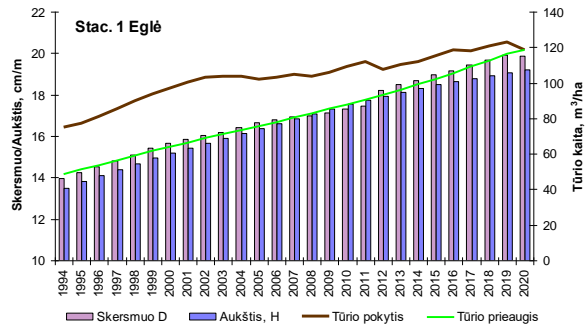
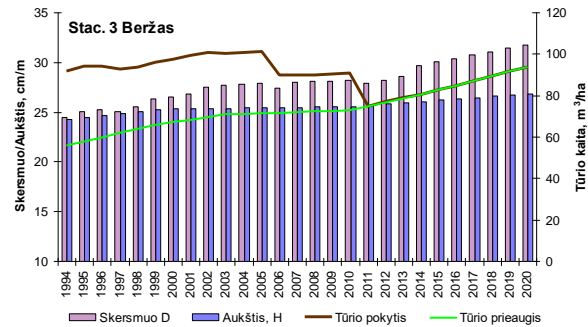
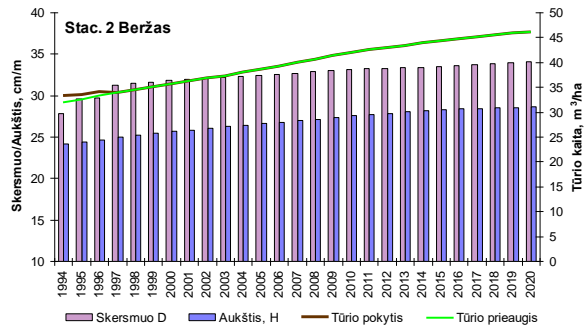
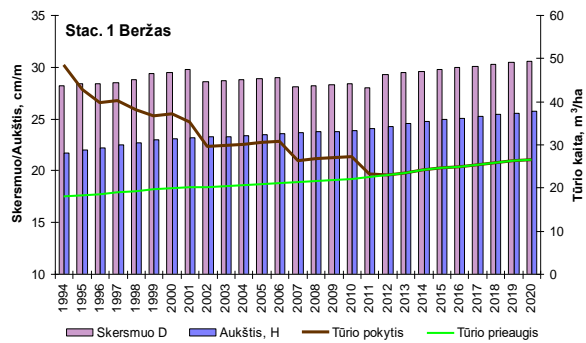
daugiau negu 110 %, pušų priaugis siekė 23 %, o eglių tik 13 %. Beržų priaugis šiame stacionare buvo vienas iš didžiausių ir siekė 38 %.

III stacionare gyvų medžių tūris dėl intensyvių vėjavartų sumažėjo nuo 410 m³/ha iki 312 m³/ha, t.y. 98 m³/ha. Per tą patį laikotarpį žuvusių medžių tūris didėjo iki 245 m³/ha, t.y. 9,4 m³/ha per metus. Labiausiai nukentėjo drebulės. Šios medžių rūšies stacionare neliko. 30 % sumažėjo eglių tūris ir 20 % pušų.

Tirtų medžių rūšių kamieno skersmens ir aukščio analizė parodė, kad per tiriamąjį laikotarpį intensyviausiai visuose stacionaruose į skersmenį ir aukštį augo eglės, kiek mažesniu augimo intensyvumu pasižymėjo beržai ir žemiausiu, ypač į aukštį pušys.

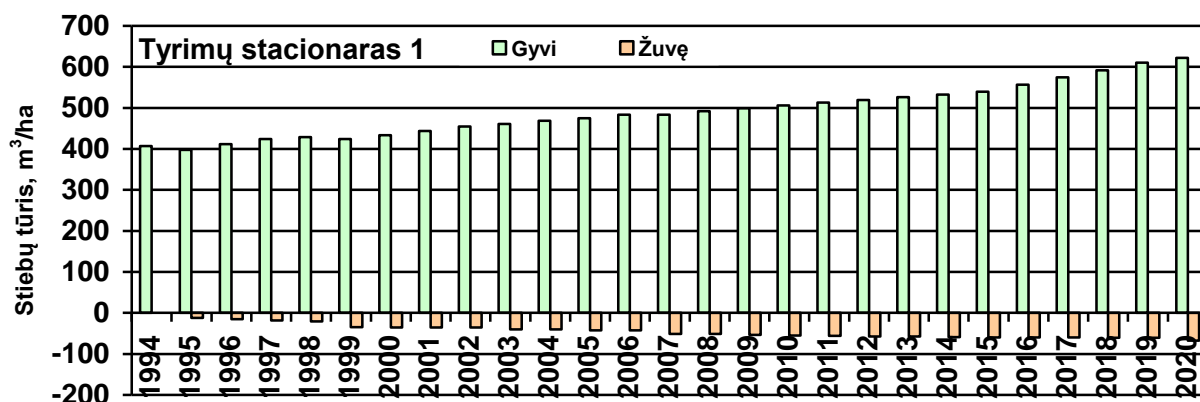


2.34 pav. Aukštaitijos KMS augalijos tyrimų stacionaruose augančių ir žuvusių medžių tūrio kaita 1994-2020 m. laikotarpiu

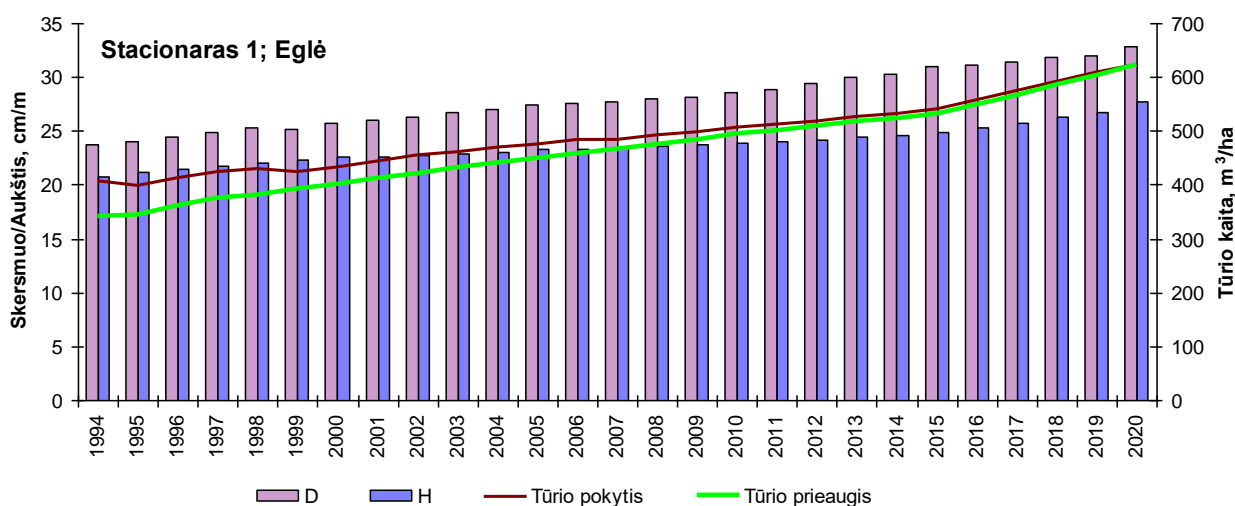


2.35 pav. Aukštaitijos KMS augalijos tyrimų stacionaruose augančių medžių dendrometrinių parametų kaita 1994-2020 m. laikotarpiu

Žemaitijos KMS tirtų medžių steibų tūrio analizė parodė, kad augalijos tyrimų stacionare gyvų pagrinde eglų tūris per 26 m. laikotarpį padidėjo nuo 407 m³/ha iki 622 m³/ha, kas sudaro 215,5 m³/ha arba 8,3 m³/ha per metus. Per tą patį laikotarpį žuvusių medžių tūris didėjo iki 67 m³/ha, t.y 2,6 m³/ha per metus.



2.38 pav. Žemaitijos KMS augalijos tyrimų stacionare augančių ir žuvusių medžių tūrio kaita 1994-2020 m. laikotarpiu

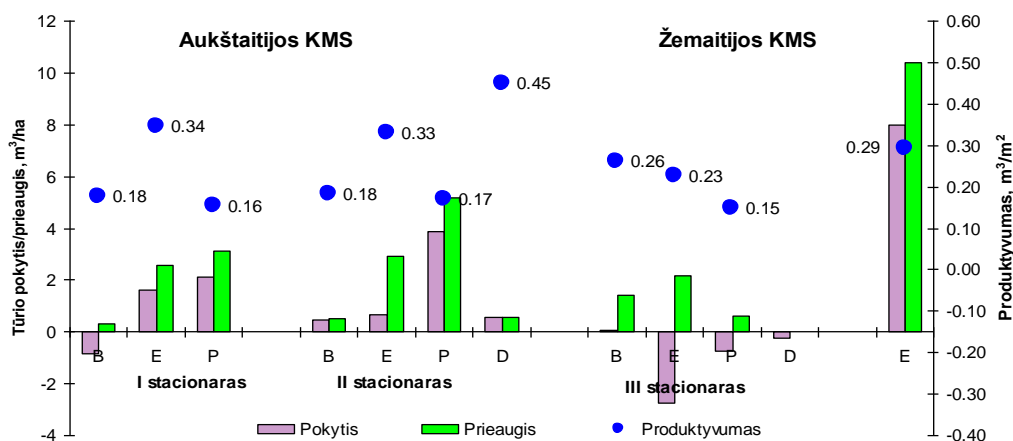


2.39 pav. Žemaitijos KMS augalijos tyrimų stacionare augančių eglų dendrometrinių parametų kaita 1994-2020 m. laikotarpiu

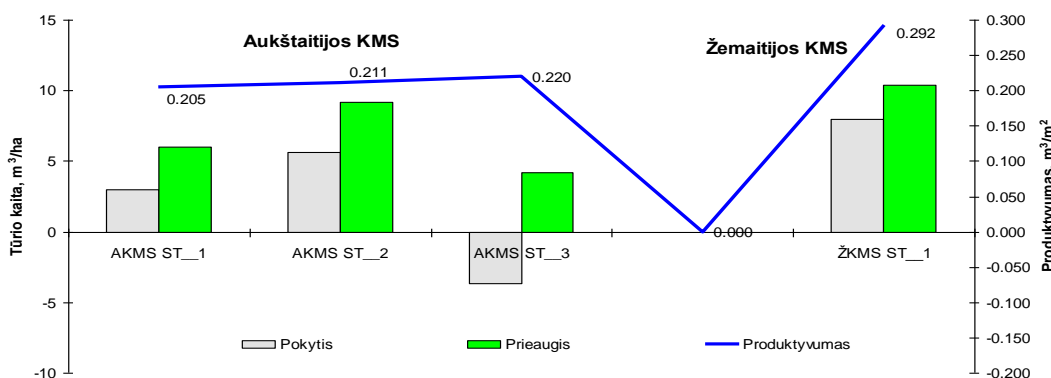
Tirtų medžių rūšių kamieno skersmens ir aukščio analizė parodė, kad per tiriamąjį laikotarpį intensyviau padidėjo eglų skersmuo, beveik 9,1 cm, arba 0,35 cm kas met. Tai sudaro 38 % eglės vidutinio skersmens nustatyto 1994 m. Eglų vidutinis aukštis padidėjo beveik 7 m, 33 % nuo buvusio 1994 m. ir atitinkamai 0,27 m kas met. Tai pagrinde ir lėmė tokį didelį prieaugio padidėjimą šiame stacionare.

2.5.4. KMS stacionaruose augančių medžių produktyvumas 1994-2020 m. laikotarpiu

Apibendrinus gautus rezultatus, nustatyta, kad didžiausiu tūrio pokyčiu (įvertinant medžių nudžiūvimą) pasižymėjo eglės ir ypač Aukštaitijos KMS, o pušų tūrio pokytis buvo didžiausias II stacionare. Šiame stacionare ppušų prieaugis buvo didžiausias nepaisant fakto, kad jų amžius buvo taip pat didžiausias. Dėl intensyvios vėjavartos medžių tūrio pokytis ir prieaugis III stacionare nėra lygintinas su kitų stacionarų medžių produktyvumo rodikliais.



2.36 pav. KMS augalijos tyrimų stacionaruose augančių medžių rūšių tūrio pokytis ir išlikusių medžių prieaugis bei bendras produktyvumas 1994-2020 m. laikotarpiu



2.37 pav. KMS augalijos tyrimų stacionaruose augančių medžių bendras tūrio pokytis ir išlikusių medžių prieaugis bei bendras produktyvumas 1994-2020 m. laikotarpiu

Lyginant eglėlių augimą tarp KM stočių matyti iki 2 kartų didesnės eglėlių prieaugio ir tūrio pokyčio reikšmės. Analizuojant kamienų skerspločių sumos 1 m² produkuojamą medienos kiekį, nustatyta, kad didžiausiu produktyvumu KMS baseinų teritorijose pasižymo drebulės, kiek mažesniu prieaugiu – eglės, o esminiu skirtumų tarp beržų ir pušų prieaugio nenustatyta.

Išvados

Aukštaitijos KMS tyrimų stacionaruose pagrindinė medžių atkritimo priežastis: eglių – žievėgraužio tipografo pažeidimai, beržų vėjalauža ar snieglaužų. Pušys tyrimų stacionaruose išlieka stabiliausias.

Žuvusių medžių skaičiaus dinamika rodo, kad per tiriamąjį laikotarpį, kasmet vidutiniškai iškrenta apie 1,6-1,7% medžių. Tai vidutinis medžių atkritimo intensyvumas, kuris stebimas stacionaruose nuo pat tyrimų pradžios, t.y. 1993 m. 2019 m. žuvusių medžių skaičius tirtuose stacionaruose iš esmės nesiskyrė nuo daugiamečio vidurkio, nepaisant intensyvios sausros ir karščio bangų, lydymų žievėgraužio tipografo daromos žalos.

2018 ir ypač 2019 m. sausra neigiamai paveikė medžių augančių tyrimo stacionaruose būklę. Visų ir tik vyraujančių medžių vidutinė defoliacija turėjo tendencija padidėti. Tai bepasikartojančių sausrų poveikio rezultatas.

I stacionare 2015-2019 m. nepalankūs meteorologiniai veiksniai pušų, augančių natūraliai drėkinamose sąlygose būklę paveikė mažiausiai. Jų lajų būklę praktiškai nepakito ir net paskutiniaisiais 2016 m. buvo geresnė nei eglių ir beržų, o pasikartojančios sausros 2018 ir 2019 m. neturėjo jokio reikšmingo poveikio jų lajų vidutiniai defoliacijai didėti. 2019 m. čia augančių pušų lajų vidutinė defoliacija net sumažėjo 0,6%. Eglių lajų vidutinė defoliacija paskutiniu metu 4 metų laikotarpiu kito nereikšmingai, nors 2019 m. jos intensyvumas beveik siekė 30%. Beržų lajų būklė buvo geriausia 2015 m. Bepasikartojančios sausros reikšmingai pablogino šiame stacionare augančių beržų būklę. Vidutinė defoliacija padidėjo nuo 13 iki 20%. Tai vienas didžiausių būklės pablogėjimo rodiklių.

II stacionare tik eglių lajų vidutinė defoliacija per visą tiriamąjį laikotarpį, su nereikšmingais svyravimais išliko stabili, t.y. apie 30%. Tačiau kaip ir I stacionare čia augančių visų išsivystymo klasių eglių lajų vidutinė defoliacija didžiausia. Pušų ir beržų lajų vidutinė defoliacija reikšmingai nesiskiria tarpusavyje. 2017 m. gausūs krituliai labiausiai buvo palankūs paprastosioms pušims. Kaip ir pirmajame stacionare jų būklė čia buvo geriausia, kuri tokia išliko ir 2018 m. 2019 m. pasikartojanti sausra padidino šiame stacionare augančių pušų defoliacija 2,2%, iki 17,4%. 2018-2019 m. sausros reikšmingai, kaip ir I-jame stacionare, padidino ir beržų vidutinę defoliaciją.

III stacionare 2015-2019 m. nepalankūs meteorologiniai veiksniai sąlygojo reikšmingą eglių lajų būklės pablogėjimą. Smarkiai padidėjo ir beržų lajų vidutinė defoliacija. Tik 2017 m. gausūs kritulių kiekis turėjo reikšmingos įtakos eglių lajų būklei atsikurti, kai tuo tarpu beržų būklė ir toliau blogėjo. Dėl 2018-2019 m. sausros medžių lajų defoliacija padidėjo. Ši tendencija gerai atspindėjo gautus rezultatus visame Aukštaitijos KMS baseine.

Išskirtiniai 2020 m. Meteorologinės sąlygos po besikartojančių sausrų 2018-2019 m. buvo ypač palankios medžių būklei ir jų augimui. Visuose tyrimų stacionaruose augančių medžių lajų būklė gerėjo kaip ir visame upelio baseine. Jų vidutinė defoliacija atitinkamai sumažėjo iki 20,2 %, 22,7% ir 19,9%. Ypač reikšmingai sumažėjo aukštutinio stacionaro medžių lajų defoliacija, kuri siekė apie 5%.

2020 m. meteorologinės sąlygos ypač paskatino formotis tankiai lapijai, dėl ko pušų lajų defoliacija sumažėjo daugiau negu 5% iki 12,5 %. Palankios klimatinės sąlygos sudarė galimybę formuoti tankesnius spyglius bei padidinti prieaugį eglėms. Tokio reiškinio rezultatas sumažėjęs lajos vidutinės defoliacijos laipsnis 3,5% iki 25,5%.

Meteorologinės sąlygos, kurios buvo ypač palankios spygliuočiams medžiams, buvo mažiausiai reikšmingos beržams, nors būklės pagerėjimas 2020 m. buvo registruojamas visuose stacionaruose, tik ne toks reikšmingas, kaip spygliuočiams. Beržų defoliacija sumažėjo 2,5% iki 14,7%

2020 m. išlikusių gyvų medžių būklė buvo analogiška kaip ir 2004 ar 2015 m. , kai tirtų medžių defoliacija svyravo apie 20 % ir tik pačių senausių medžių augančių antrajame stacionare medžių lajų defoliacija svyravo apie 23 %. Tai miškų geros būklės rodiklis.

Žemaitijos KMS 2014 m. dėl žievėgraužio topografo žuvo 3 eglės ir tik po 3 metų, 2017 m. vėl žuvo dvi eglės. 2018 m. žuvusių medžių stacionare neregistruota, tik vėl dėl šio kenkėjo pažeidimo, trijų eglų lajų būklė buvo įvertinta kaip labai prasta, t.y. defoliacija siekė 90 %. Tai potencialūs 2019 m. sausuoliai. 2019 m. žuvo 6 eglės. Nepaisant to 2020 m. žuvusių eglų tyrimo stacionare neregistruota.

Išskirtiniai 2020 m. rezultatai, kuriais Žemaitijos KMS registruotas reikšmingiausias eglų vidutinės defoliacijos sumažėjimas, net iki 17 %, t.y. beveik 10 % per metus. Tai geriausias eglų lajos būklės vidutinis parametras per visą tiriamąjį laikotarpį.

Aukštaitijos KMS I stacionare gyvų medžių tūris per 26 m. laikotarpį padidėjo nuo 388 m³/ha iki 468 m³/ha, kas sudaro 80,5 m³/ha arba 3,1 m³/ha per metus. Per tą patį laikotarpį žuvusių medžių tūris didėjo iki 110 m³/ha, t.y 4 m³/ha per metus. Didžiausiu prieaugiu pasižymėjo eglės 59 %, kiek mažesniu pušys 21 %, o beržų tūris sumažėjo 45 %.

II stacionare gyvų medžių tūris padidėjo nuo 632 m³/ha iki 784 m³/ha , t.y. 151 m³/ha arba 5,8 m³/ha per metus. Per tą patį laikotarpį žuvusių medžių tūris didėjo iki 119 m³/ha, t.y 4.6 m³/ha per metus. Didžiausiu prieaugiu pasižymėjo drebulės, kurių prieaugis per tiriamąjį laikotarpį sudarė daugiau negu 110 %, pušų prieaugis siekė 23 %, o eglų tik 13 %. Beržų prieaugis šiame stacionare buvo vienas iš didžiausių ir siekė 38 %.

III stacionare gyvų medžių tūris dėl intensyvių vėjavartų sumažėjo nuo 410 m³/ha iki 312 m³/ha, t.y. 98 m³/ha. Per tą patį laikotarpį žuvusių medžių tūris didėjo iki 245 m³/ha, t.y. 9,4 m³/ha per metus. Labiausiai nukentėjo drebulės. Šios medžių rūšies stacionare neliko. 30 % sumažėjo eglėlių tūris ir 20 % pušų.

Tirtų medžių rūšių kamieno skersmens ir aukščio analizė parodė, kad per tiriamąjį laikotarpį intensyviausiai visuose stacionaruose į skersmenį ir aukštį augo eglės, kiek mažesniu augimo intensyvumu pasižymėjo beržai ir žemiausiu, ypač į aukštį pušys.

Žemaitijos KMS tirtų medžių stiebų tūrio analizė parodė, kad augalijos tyrimų stacionare gyvų pagrinde eglėlių tūris per 26 m. laikotarpį padidėjo nuo 407 m³/ha iki 622 m³/ha, kas sudaro 215,5 m³/ha arba 8,3 m³/ha per metus. Per tą patį laikotarpį žuvusių medžių tūris didėjo iki 67 m³/ha, t.y. 2,6 m³/ha per metus.

Didžiausiu produktyvumu KMS baseinų teritorijose pasižymi drebulės, kiek mažesniu prieaugiu – eglės, o esminiu skirtumu tarp beržų ir pušų prieaugio nenustatyta.

2.6 Aplinkos veiksnių kompleksiško poveikio miškų būklei ir produktyvumui vertinimas

Klimato kaitos ir aplinkos užterštumo kompleksiško poveikio miško ekosistemoms tyrimai dėl vis didėjančio žalingo poveikio miškams, pastaruoju laikotarpiu įgauna prioritetinę kryptį (Paoletti et al., 2010, Serengil et al., 2011, Augustaitis et al., 2014). Poveikio dydis priklauso nuo miškų gebėjimo adaptuotis prie besikeičiančios aplinkos sąlygų (Matyssek et al., 2010, Matyssek et al., 2012), kas užtikrina ne tik jų, bet ir visos mūsų planetos tvarų vystymąsi. Tačiau pastarojo laikotarpio globalūs pokyčiai rodo, kad ekstremalūs veiksniai gali reikšmingai pažeisti miškus, ypač jei jie anksčiau jau buvo pažeisti kitų stresorių, tokių kaip aplinkos užterštumas (Paoletti et al., 2007). Jo neigiamą poveikį medžių metabolizmui gali, ir sustiprinti, ir sušvelninti klimato kaita (Percy and Ferretti, 2004, Langner et al., 2005, Zlatev and Moseholm, 2008, Jacob and Winner, 2009, Augustaitis et al., 2010, Augustaitis, 2011).

Spartėjanti klimato kaita veikia visus ekosistemų komponentus ir jų funkcijas, formuoja naujas, Lietuvoje dar neegzistavusias aplinkos sąlygas. Klimato kaita daro įtaką ekosistemų būklei. Klimato kaitos pasauliniai matematiniai modeliai (IPCC, 2014) rodo, kad iki XXI a. pabaigos oro temperatūra Žemėje padidės ne mažiau kaip 2°C, o Lietuvos platumose – 4°C. Vertinant temperatūros kaitą nuo 1986 m., klimato šiltėjimo intensyvumas jau siekia 0,6°C per dešimtmetį. Tai intensyvumas, kuris iš tiesų turėtų būti artimas katastrofiškam lygmeniui. Dėl tokio intensyvaus šiltėjimo, kaip teigia pasaulio mokslininkai, gali padažnėti sausrų, kaitrų ir šalčio bangų epizodai, pakisti vėjo vidutinis greitis ir uraganų dažnumas, sniego dangos storis, žemės įšalo gylis. Tačiau mūsų platumos meteorologiniai duomenys paneigia tokias pesimistines prognozes. Sausrų pavojus per pastaruosius 30 metų nedidėja, metinė kritulių norma pamažu auga, mažėja užterštumo lygis bei priežemio ozono koncentracijos. Taip pat mažėja ir vidutinis vėjo greitis, nors neprognozuojamų uraganų ar štormų daroma žala išlieka. Tokiu būdu nenustatytas nei vienas aplinkos veiksnys, kuriam reikšmingai kintam dabartinėmis sąlygomis, neigiamas temperatūros didėjimo poveikis ekosistemoms būtų stiprinamas. Net toks neigiamas reiškinys, kaip CO₂ koncentracijų ore palaipsnis didėjimas, sąlygoja didesnę miškų produktyvumą ir geresnę būklę. Todėl ypač aktualu nustatyti intensyviai kintančios oro temperatūros sąsajas su kitais aplinkos veiksniais – tarša, priežemio ozonas bei naujai besiformuojančias galimas grėsmes ekosistemoms (agro- vandens ir miškų).

Gerai žinoma, kad aplinkos veiksnių poveikis ir jų rizika miško ekosistemoms tikslingiausiai tirti per medžių augimo intensyvumą (Lindner et al., 2010). Medžio metinės rievės plotis ir jos formavimasis yra laikomas aplinkos veiksnių kaitos monitoriumi (Eckstein 1989;

Schweingruber 1996; McLaughlin et al., 2002) ir ekosistemos būklės indikatoriumi (Dobbertin, 2005). Šiuolaikiniai tyrimai rodo, kad jau daugiau kaip 20 metų miškų produktyvumas didėja tiek pasaulyje, tiek ir Lietuvoje (Speaker et al., 1995; Augustaitis et al., 2015). Sumažėjusios sieros emisijos, azoto iškritos ir globalus atšilimas (temperatūros ir CO₂ koncentracijų augimas) ir yra pagrindiniai veiksniai sąlygojantys tokią miškų produktyvumo kaitą (Spiecker 1995; Solberg et al. 2009; de Vries, Posh, 2011; Juknys et al., 2014).

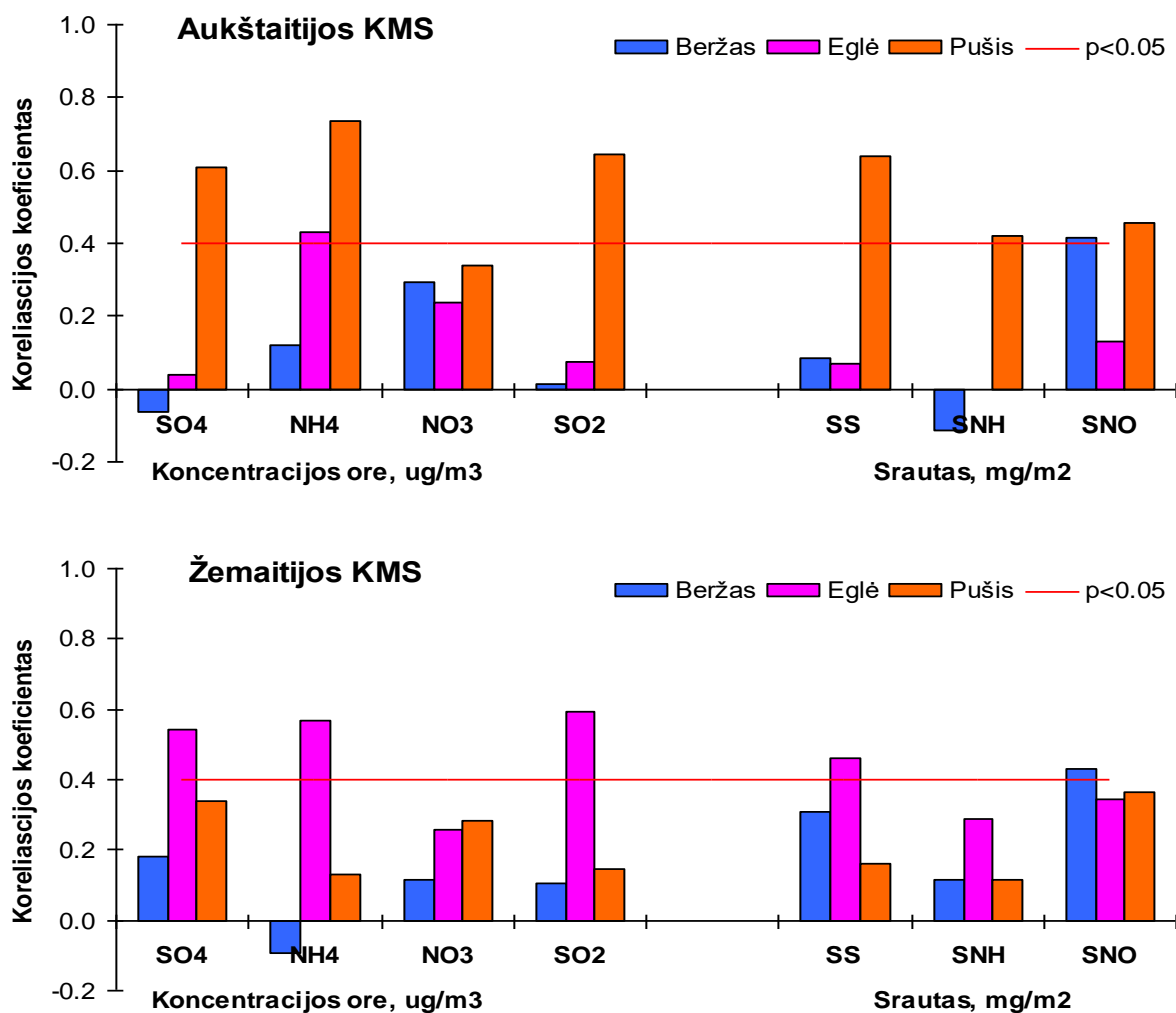
Tyrimų rezultatai parodė, kad **sieros ir azoto komponentės neigiamai sąlygojo tirtų medžių lajų būklę** (... pav). Reikšmingiausi ryšiai nustatyti tarp pušies lajų defoliacijos ir rūgštinančių komponentių koncentracijų ore bei jų srauto su krituliais. Reikšmingiausiu poveikiu jau daugelį metų pasižymi sieros komponentių poveikis, kuris neigiamai veikia medžių lajų būklę, mažindamas lapijos kiekį ir galutiniame rezultate prieaugį ir bendrą atsparumą kitiems nepalankiems aplinkos veiksniams. Taip pat labai reikšmingas, ir pastaruoju laikotarpiu vis didesnę įtaką medžių lajų būklei, turi amonio koncentracijos ore. Šio elemento srauto su krituliais poveikis taip pat išlieka reikšmingas, sąlygodamas didesnę lajos defoliaciją.

Tirtos rūgštinančios komponentės turi žymiai mažesnę poveikį eglių lajų defoliacijai. Reikšmingiausių poveikiu, kaip ir pušims, išsiskiria amonio koncentracijų ore defoliaciją didinantis poveikis. Kitų komponentių poveikis eglių defoliacijai nereikšmingas. Tokį poveikio sumažėjimą, lyginant su pušims, gali sąlygoti eglių pažeidimai, dėl kurių reikšmingai padidėja lajų defoliacija, o galutiniame rezultate ir jų mirtingumas. Tai žievėgraužio tipografo žalos rezultatas.

Rūgštinančios komponentės praktiškai neturi reikšmingo poveikio beržų lajų defoliacijos kintamumui. Tai paaiškinama beržų labai blogu prisitaikymu prie pastarojo laikotarpio aplinkos sąlygų, dėl ko jų prieaugis yra vienas iš mažiausių Lietuvoje, o mirtingumas vienas iš didžiausių.

Visų medžių defoliacijos laipsnis didėjo didėjant S ir N taršos komponentėms. Mažiausiai reikšmingi ryšiai nustatyti tarp tirtų taršos komponentių ir beržų lajų būklės.

Gauti rezultatai leidžia teigti, kad teritorijose, kur kritinės S ir N komponentių reikšmės viršija ribines, galima tikėtis medžių lajų būklės pablogėjimo ir jų prieaugio sumažėjimo ypač pušynuose ir eglynuose.



2.38 pav. Rūgštinančių komponentių poveikis medžių lapų defoliacijos kaitai.

Žemaitijos KMS gauti kitokie poveikio rezultatai. Šioje stotyje, kur miškuose vyrauja paprastosios eglės medžiai, rūgštinančios komponentės reikšmingai sąlygoja būtent jų lapų defoliacija. *SO₄⁻² SO₂ ir NH₄⁺ koncentracijos ore – buvo pagrindiniai veiksniai skatinantys eglių lapų išretėjimą Žemaitijos KMS baseine augančiuose miškuose.* Šių komponentių srautų su krituliais poveikis taip pat skatinantys defoliaciją, tačiau žymiai mažiau reikšmingas.

Šioje stotyje kaip ir Aukštaitijos KMS rūgštinančios komponentės praktiškai neturi reikšmingo poveikio beržų lapų defoliacijos kintamumui, nors jų poveikis taip pat skatinamasis.

Detalesni tirtų medžių rūšių kamieno skerspločio metinio prieaugio tyrimų rezultatai Aukštaitijos KMS vyraujančiose pakankamai skurdžiose, natūraliai drėkinamose Nb miško augavietėse (I augalijos tyrimų stacionaras) ir turtingesnėse, perteklinai drėkinamose pelkinėse Pc miško augavietėse (III augalijos tyrimų stacionaras) parodė, kad, *eglių metinis prieaugis tame*

pačiame mišriame medyne kelis kartus viršija kitų lydinčiųjų medžių rūšių prieaugį natūraliai drėkinamose ir perteklinio drėkinimo miško augavietėse.

Išskirtinis dėmesis buvo skirtas vienai iš aktualiausių aplinkosauginių problemų – rūgštinančių komponentų poveikiui miško ekosistemoms. Tiriant atmosferos aerozolio dalelių sausas iškritas (Aukštaitijos KMS nuo 1993 m., Žemaitijos KMS – 1994 m.) ir šlapios iškritas (kritulius), jau žinomas eutrofikacijos N junginiais poveikis miško ekosistemų produktyvumui: sieros ir redukuoto azoto (amonio) koncentracijos ore ir jų iškritos reikšmingai sąlygoja prieaugio mažėjimą, kai nitratai dažnai pasižymi tręšiančiosiomis savybėmis, ypač skurdžiose miško augavietėse.

Aukštaitijos KMS duomenų bazės panaudojimas atskleidė ir rūgščiųjų komponentų ore bei jų iškritų poveikį vyraujančių Lietuvoje medžių rūšių kamienų prieaugiui (4 lentelė). Tai įgalino nustatyti naujas grėsmės miškų produktyvumui sąlygotas aplinkos globalios kaitos.

4 lentelė. Tarpusavio ryšiai tarp tirtų rūšių medžių lajų vidutinės defoliacijos ir oro teršalų bei rūgščiųjų iškritų 1994-2020 m. laikotarpiu

2.12 lentelė. Tarpusavio ryšiai tarp tirtų rūšių medžių lajų vidutinės defoliacijos ir oro teršalų bei rūgščiųjų iškritų 1994-2020 m. laikotarpiu

Medžių rūšis	Koncentracijos ore, $\mu\text{g m}^{-3}$						Iškritos, mg m^{-2}		
	SO_2	SO_4^{2-}	NH_4^+	NO_3^-	O_3 (VI-VIII)	O_3 (max)	SO_4^{2-}	NH_4^+	NO_3^-
	Nb miško augavietė ⁷								
Eglė	-0.642	-0.546	-0.634	-0.086	-0.373	-0.200	-0.574	-0.309	-0.445
Pušis	-0.665	-0.678	-0.643	-0.675	-0.242	-0.591	-0.609	-0.499	-0.320
Beržas	-0.151	-0.080	-0.081	-0.101	-0.383	-0.183	-0.058	-0.033	0.010
	Pc miško augavietė								
Eglė	-0.021	0.003	-0.116	-0.217	-0.391	0.098	0.078	0.101	0.348
Pušis	-0.144	-0.143	-0.120	-0.214	-0.380	-0.135	-0.014	0.094	0.291
Beržas	-0.174	-0.118	-0.011	-0.363	-0.426	-0.136	0.059	0.025	0.317

Pastaba: Patamsinti ryšiai reikšmingi $p < 0,05$.

Nustatyta, kad tik natūraliai drėkinamoje augavietėje spygliuočių medžių rūšių prieaugį sąlygojo rūgščiosios komponentės ore ir jų iškritos. Šių komponentių poveikis tirtų medžių lajų

defoliacijai taip pat buvo reikšmingas – *koncentracijoms didėjant tiek medžių būklė blogėja, tiek ir metinis prieaugis mažėja.*

Pelkinėje augavietėje šių taršos komponentų poveikis buvo nereikšmingas. Ozono poveikis buvo nereikšmingas medžiams augti abiejose augavietėse, bet jis išliko panašiam lygmenyje neigiamas visoms tirtoms medžių rūšims. Didžiausias neigiamas jo poveikis nustatytas birželio-rugpjūčio mėnesiais.

Sukurti paprastosios eglės kamieno skerspločio augimo modeliai rodo, kad *gausesni sausio-vasario mėn. krituliai kartu su krituliais vegetacijos laikotarpiu skatina eglių kamienų augimą ir natūraliai drėkinamoje, ir perteklinės drėgmės augavietėse. Aukštesnė oro temperatūra žiemos ir vegetacijos laikotarpiais taip pat tik skatina eglių augimą. Šie veiksniai paaiškina iki 67% prieaugio formavimosi kintamumo.* Nenustatyti esminiai skirtumai tarp meteorologinių veiksnių reikšmingai sąlygojančių eglės augimą tiek šlapioje, tiek ir natūraliai sausoje augavietėje. Tik šiltesnis sausis labiau skatino eglių augimą Nb miško augavietėje, o šiltesnis balandis pelkinėje Nc augavietėje.

$$\mathbf{Zq}_{(egle)} \mathbf{Pc} = 40.7 + 0.0224 \times \text{Kr}_{(V-VII)}^{-1} + 0.07 \times \text{Kr}_{(V-VII)} + 0.066 \times \text{Kr}_{(I-II)}^{-1} + 0.158 \times \text{Kr}_{(I-II)} + 0.354 \times \text{Tm}_{(I)} + 2.179 \times \text{Tm}_{(VII-VIII)}; \quad R^2 = 0.674; F(6,48) = 16.5, p < 0.000, \text{Std.Err.}: 5.84;$$

(1)

$$\mathbf{Zq}_{(egle)} \mathbf{Nb} = 121.7 + 0.064 \times \text{Kr}_{(V-VII)} + 0.143 \times \text{Kr}_{(I-II)}^{-1} + 0.124 \times \text{Kr}_{(I-II)} + 0.892 \times \text{Tm}_{(IV)} + 2.355 \times \text{Tm}_{(VII-VIII)}^{-1} + 3.826 \times \text{Tm}_{(VII-VIII)}; \quad R^2 = 0.692, F(6,48) = 18.0, p < 0.000, \text{Std.Err.}: 7.63; \quad (2)$$

Pušų kamienų skerspločio augimo daugianariai regresiniai modeliai rodo, kad beveik tie patys meteorologiniai veiksniai sąlygoja ir pušų augimą, tačiau skirtumai išryškėja tiriant pagrindinius veiksnius skirtingose augavietėse. *Nb miško augavietėje teigiamas kritulių ir temperatūrų poveikis paaiškino 67% prieaugio formavimosi kintamumo. Pelkinėje augavietėje meteorologiniai veiksniai paaiškino tik 55% prieaugio formavimosi kintamumo.*

$$\mathbf{Zq}_{(pušis)} \mathbf{Pc} = 5.35 + 0.013 \times \text{Kr}_{(IV)}^{-1} + 0.024 \times \text{Kr}_{(II)} + 0.234 \times \text{Tm}_{(X)} + 0.059 \times \text{Tm}_{(III)} + 0.165 \times \text{Tm}_{(VII-VIII)}^{-1} + 0.408 \times \text{Tm}_{(VII-VIII)}; \quad R^2 = 0.548, F(6,48) = 9.68, p < .000, \text{Std.Err.}: 1.10;$$

(3)

$$\mathbf{Zq}_{(pušis)} \mathbf{Nb} = 15.16 + 0.01 \times \text{Kr}_{(V-VII)} + 0.0108 \times \text{Kr}_{(V-VII)} + 0.0305 \times \text{Kr}_{(I-II)} + 0.508 \times \text{Tm}_{(IV)} + 0.605 \times \text{Tm}_{(VII-VIII)}^{-1} + 0.382 \times \text{Tm}_{(VII-VIII)}; \quad R^2 = 0.672, F(6,48) = 16.4, p < .000, \text{Std.Err.}: 1.72;$$

(4)

Remiantis gautais duomenimis būtų galima teigti, kad pušų augimą skatina šiltesnis ramybės ir vegetacijos pradžios laikotarpis bei gausesni krituliai vegetacijos laikotarpiu. Pelkinėje augavietėje pušų augimą skatina aukštesnės rudens ir pavasario mėnesio temperatūros.

Beržų augimo reakcijos į meteorologinių veiksnių poveikį skyrėsi nuo tirtų spygliuočių medžių augimo reakcijų iš esmės. Jei vidutinės mėnesio temperatūros ir kritulių kiekis daugeliu atveju sąlygojo didesnę spygliuočių medžių prieaugį, tai *aukštesnė temperatūra visu vegetacijos laikotarpiu einamojo ir praėjusio augimo sezonais turėjo neigiamą poveikį plaukuotųjų beržų kamienų prieaugiui pelkinėje augavietėje.* Tik kritulių kiekis birželio ir liepos mėnesiais skatino beržus augti abiejose tirtuose augavietėse. Šie meteorologiniai veiksniai paaiškino vos 40% beržų prieaugio kintamumo.

$$\begin{aligned} \mathbf{Zq}_{\text{(beržas)}} \mathbf{Pc} &= 31.72 + 0.0139 \times \text{Pr}_{(\text{IX})} + 0.0415 \times \text{Pr}_{(\text{IV})} - 0.023 \times \text{Pr}_{(\text{VIII})} + 0.0216 \times \text{Pr}_{(\text{VI-VII})} - 0.474 \times \text{Tm}_{(\text{IV})} + \\ &+ 0.386 \times \text{Tm}_{(\text{V})} - 0.647 \times \text{Tm}_{(\text{VI-VIII})}^{-1} - 0.679 \times \text{Tm}_{(\text{VI-VIII})}; \\ R^2 &= 0.406; F(8,46) = 3.93 \quad p < .001 \quad \text{Std.Err.}: 3.09; \quad (5) \end{aligned}$$

$$\mathbf{Zq}_{\text{(beržas)}} \mathbf{Nb} = 7.754 + 0.034 \times \text{Pr}_{(\text{IV})} + 0.050 \times \text{Pr}_{(\text{VI})} - 0.0234 \times \text{Pr}_{(\text{VIII})} + 0.273 \times \text{Tm}_{(\text{VI})} ;$$

Metinė tirtų medžių rūšių kamieno radialiojo prieaugio analizė parodė, kad reikšmingai didėjanti rugsėjo ir liepos mėnesio vidutinė temperatūra reikšmingai sąlygojo spygliuočių medžių rūšių prieaugio didėjimą. Tik karštis ir sausra birželio mėnesį, kai intensyviausiai formuojama metinė rievė, neigiamai sąlygojo eglių prieaugį, o pušų – tik pelkinėse augavietėse.

Nei karpuotasis, nei plaukuotasis beržas dabartiniame bręstančiame ar perbrendusiame amžiuje nebuvo atsparūs karščio ir sausros epizodams. Tik didesni kritulių kiekiai vegetacijos laikotarpiu ar jo pabaigoje sąlygojo intensyvesnį beržų prieaugį ir sausoje, ir pelkinėje augavietėse, o karštis birželio, rugpjūčio ir ypač rugsėjo mėnesiais slopino beržo metinės rievės formavimosi intensyvumą. *Būtent dėl kylančios šiais mėnesiais temperatūros ir mažėjančio kritulių kiekio rugpjūčio ir rugsėjo mėnesį, beržų lapų gyvavimo trukmės mažėjimas galėtų būti veiksnys, dėl ko reikšmingai pradeda mažėti ir šių medžių rūšių prieaugis bei prisitaikymo galimybės prie dabarties aplinkos sąlygų, ką patvirtino ir detalūs beržų lapų fotosintezės tyrimo rezultatai.*

Tyrimų rezultatai skirtingose augavietėse (natūraliai drėkinamoje, skurdžioje – Nb ir pertekliniai užmirkusioje, dèrlingoje – Pc) patvirtino didžiausią eglių skersmens prieaugio intensyvumą, lyginant su pušimis ir ypač beržais. Pastarųjų prieaugis tirtuose augavietėse buvo stabilus ar net mažėjo paskutiniuoju 36 metų laikotarpiu (nuo 1980). Dèrlingesnė ir drėgnesnė augavietė neturėjo reikšmingos įtakos prieaugiui visoms tirtoms medžių rūšims.

Reikšmingas rugsėjo ir liepos mėnesių vidutinės temperatūros kylimas reikšmingai didino spygliuočių medžių kamieno skerspločio metinį prieaugį. Tik karštis birželio mėn. Slopino eglių prieaugį abiejose miško augavietėse. Didesnis drėgmės režimas didino eglių ir pušų jautrumą sausros laikotarpiams.

Nei karpuotasis nei plaukuotasis beržas nebuvo atsparūs sausrai ir karščiui. Didesni kritulių kiekiai vegetacijos laikotarpiu ir ypač jo pabaigoje reikšmingai sąlygojo beržų intensyvesnį augimą abiejose miško augavietėse, o karštis leipos – rugsėjo mėnesį, priešingai slopino beržų prieaugį. Beržų lapų gyvavimo trukmės mažėjimas buvo vienas iš pagrindinių veiksnių lemiančių beržų prieaugio mažėjimą.

Mišo augavietės didenė drėgmė reikšmingai didino medžių atsparumą aplinką rūgštinančioms komponentėms, ypač sieros junginių.

Nitratų iškritos skatino medžių prieaugį, ypač skurdžioje augavietėje (Nb), kur C/N santykis viršėjo 25 ir daugiau kartų. Pelkinėje derlingoje MA, kur C/N santykis siekė apie 15, teigiamas nitratų poveikis medžiams augti nenustatytas.

Reikšmingas ir neigiamas pažemio ozono poveikis buvo eglėms augti nustatytas abiejose augavietėse, o pušims – tik Nb augavietėje. Ozono neigiamas poveikis beržams augti buvo tik artimas reikšmingam ($p < 0,1$). Todėl teigiam, kad paprastoji eglė turėtų būti viena jautriausių ozono neigiamam poveikiui, kiek atsparesnės tokiam poveikiui turėtų būti pušys ir atspariausi – beržai. .

Paprastoji eglė yra viena geriausiai prisitaikiusi prie pastarojo laikotarpio aplinkos pokyčių. Teiginys, kad ši medžių rūšis šiaurės rytinėje Europos dalyje praras savo reikšmingumą yra paneigtas. Adekvačios miškininkavimo priemonės didinančios eglynų atsparumą kenkėjams ir vėjolaužai bei vėjavartai užtikrintų eglynų tvarų vystymąsi ateityje.

FMTC Fizikos instituto mokslininkai (D. Jasinevičienė, 2020) nustatė, kad:

- Visose stotyse stebima sieros ir azoto junginių (SO_2 , aerSO_4 , NO_2 , sumNO_3 ir sumNH_4) metinių koncentracijų mažėjimo tendencija per 1994 – 2020 metų laikotarpį. SO_2 ir aerSO_4 koncentracijų atmosferos ore mažėjimas Lietuvoje labiausiai yra siejamas su ženkliai 92% SO_2 emisijos mažėjimu per 1990–2018 metų laikotarpį daugumoje centrinės Europos valstybių ir Skandinavijoje.

- Pagrindinių cheminių priemaišų šlapiųjų iškritų 2020 m. erdvinė kaita rodo, kad Žemaitijos ir Aukštaitijos IM stotyse skirtumai tarp stočių yra nedideli, išskyrus natrio ir chlorido. Preiloje chlorido ir natrio šlapiieji srautai dėl įnašo iš Baltijos jūros yra kelis kartus didesni nei IM stotyse.

- Sulfatų, nitratų ir amonio azoto metinių koncentracijų ir jų šlapiųjų srautų kaitoje per 1994–2020 m. laikotarpį stebima mažėjimo tendencija. Sulfatų koncentracijos krituliuose sumažėjo Aukštaitijoje – 87% ir Žemaitijoje – 86% ir šlapieji sulfatų srautai – atitinkamai 74% ir 88%. Amonio azoto koncentracijos Aukštaitijos IMS ir Žemaitijos KMS krituliuose sumažėjo atitinkamai 29% ir 37%, šlapieji metiniai srautai – atitinkamai 22% ir 39%. Aukštaitijos IMS ir Žemaitijos IMS nitratų koncentracijos krituliuose sumažėjo atitinkamai 60% ir 64% Aukštaitijoje ir Žemaitijoje šio teršalo srautas sumažėjo 45% ir 60%.

- Sulfatų kiekio šlapiose iškritose mažėjimas Lietuvoje, labiausiai yra siejamas su ženkliu SO₂ emisijos mažėjimu daugumoje C. Europos valstybėse ir Skandinavijoje, o taip pat ir Lietuvoje. Mažesnę mažėjimo tendenciją azoto junginiams šlapiose iškritose, matyt, lemia mažesni NO_x ir NH₃ emisijos mažinimo tempai.

Todėl apibendrinus šių rūgštinančių komponentų koncentracijų ore ir jų iškritų su krituliais tendų rezultatus, galima teigti, kad ateityje tirtų medžių rūšių lajų defoliacija turėtų mažėti at stabilizuotis labai žemame lygmenyje, kas turėtų skatinti ir medžių prieaugį ir jų bendrą atsparumą nepalankiems aplinkos veiksniams.

Paskelbtas straipsnis:

Augustaitis, A., Augustaitienė, I., Baugarten, M., Byčėnienė, S., Girgždienė, R., Kulbokas, G., Linkevičius, E., Marozas, V., Mikalajūnas, M., Mordas, G., Mozgeris, G., Petrauskas, E., Pivoras, A., Šidlauskas, G., Ulevičius, V., Vitas, A., Matyssek, R. (2017). Tree-ring formation as an indicator of forest capacity to adapt to the main threats of environmental changes in Lithuania. *Science of the Total Environment*, 615, pp. 1247-1261. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.09.169 (IF2016 4.900).

2.7. Miško būklės tyrimo rezultatų apibendrinimas

Tiriamuoju laikotarpiu (1994-2020 m.) blogiausia medžių būkle išsiskyrė 1996-97 metai, kada lajų defoliacija viršijo 25 % Žemaitijos KMS, 30% Aukštaitijos KMS ir 35% Dzūkijos KMS. Nuo šio laikotarpio iki 2001 m. medžių lajų defoliacija reikšmingai mažėjo. 2001 - 2007 laikotarpis išsiskyrė kaip medžių lajų būklės blogėjimo laikotarpis ir ypač Žemaitijos KMS teritorijoje. 2006-2007 m. laikotarpiu padidėjusi vidutinė visų medžių defoliacija kompleksiško aplinkos veiksnių poveikio rezultatas, kur išskirtinė įtaka turėtų tekti gan akivaizdžiai padidėjusioms rūgštinančių komponentų koncentracijoms ore bei krituliuose. Po šio laikotarpio registruojamas medžių lajų būklės atsikūrimas, po kurio vėl sekė nežymus defoliacijos padidėjimas 2011 metais. 2012 m. medžių lajų, o ypač spygliuočių medžių rūšių lajų vidutinė defoliacija reikšmingai sumažėjo. Tokio sumažėjimo rezultatas galėjo būti ir didelis žuvusių medžių skaičius 2011 m., kurie didino 2011 m. vidutinę defoliaciją, o jų nebuvimas kitais metais, automatiškai mažino vidurkį 2012 m. 2013-2015 m. stebimas tolesnis Aukštaitijos KMS baseine augančių medžių lajų būklės gerėjimo procesas, kai tuo tarpu Žemaitijos KMS baseine augančių medžių lajų būklė pablogėjo būtent dar 2014 m. 2015 m. čia registruojamas statistiškai reikšmingas stebimų medžių vidutinės defoliacijos sumažėjimas.

Paskutiniu metu 2016-2020 m. laikotarpiu Aukštaitijos ir Žemaitijos KMS baseine augančių medžių lajų vidutinės defoliacijos augimą lėmė bepasikartojančios sausros 2015-2016 ir 2018-2019 m. Žemaitijos KMS sausros turėjo ženkliai didesnę neigiamą įtaką medžių lajų būklei. Net gausūs krituliai 2017 m. nebuvo reikšmingas veiksnys įgalinantis atsikurti medžių lajų būklei po sausros. 2018m. sausra neturėjo esminės įtakos lajų būklei ypač medžių augančių drėgnesnėse augavietėse, kokiomis ir išsiskiria Žemaitijos KMS baseinas. Medžių lajų būklės pablogėjimas, kaip buvo tikimasi 2018 m. įvyko 2019 m., po pasikartojančios vėl vienos iš intensyviausių sausrų.

Medžių atkritimo dinamika, kuri rodo medžių rūšies prisitaikymą prie sąlygiškai natūralių aplinkos sąlygų rodo, kad paprastosios pušies medžių būklė išliko stabiliausia per visą tiriamąjį 25 metų laikotarpį. Per šį laikotarpį dėl įvairių priežasčių Aukštaitijos KMS žuvo 18% , o Žemaitijos KMS 22% šiuose stotyse stebėtų pušų. Žymiai daugiau žuvo paprastųjų eglių. Per 25 m. laikotarpį jų skaičius viršijo 45% ribą Žemaitijos KMS ir 49% ribą Aukštaitijos KMS baseine. Pagrindinės priežastys brandžių ir perbrendusių eglių vėjovarta ar snieglaūžų lydima žievėgraužio tipografo daroma žala.

Didžiausiu atkritimo intensyvumu pasižymėjo beržai. Žemaitijos KMS jų atkritimo intensyvumas per 25 m. laikotarpį pasiekė 48 %, o Aukštaitijos KMS viršijo net 50 %. Kadangi beržai neturi tiesioginių kenkėjų iš esmės nulemiančių jų žūtį, tai pagrindinės priežastys

sąlygojančios tokį aukštą beržų mirtingumą reiktų laikyti klimatinės sąlygas, ir būtent sausras ir karščio bangas, prie kurių ši medžių rūšis yra prisitaikiusi blogiausiai, bei vėjalaūžas ir snieglankas.

2020 m. KMS baseinų teritorijose įvyko reikšmingiausi teigiami būklės pokyčiai per visą tiriamąjį laikotarpį.

Aukštaitijos KMS visų tirtų medžių lajų vidutinė defoliacija sumažėjo vidutiniškai 3,5 %, nuo 22,9% iki 19,4%. Reikšmingiausiai pagerėjo beržų lajų būklė, vidutiniškai nuo 16,7 % iki 11,1 %. Intensyvių lajų būklės gerėjimu pasižymėjo ir eglės, nepaisant pakankamai intensyvaus jų pažeidimų dėl žievėgraužio tipografo veiklos, apie 3% . Pušų lajų būklės pagerėjimo intensyvumas kiek mažesnis negu beržų bet didesnis negu eglų, apie 4 %.

Žemaitijos KMS baseine visų tirtų medžių lajų vidutinė defoliacija sumažėjo panašiai kaip ir Aukštaitijos KMS, t.y. vidutiniškai 3,8 %, nuo 26,8 % iki 23,0 %. Skirtingai negu Aukštaitijos KMS, reikšmingiausiai pagerėjo eglų lajų būklė, nepaisant pakankamai intensyvaus jų pažeidimų dėl žievėgraužio tipografo veiklos, t.y. vidutiniškai nuo 28,9 % iki 24,3 %. Intensyvių lajų būklės gerėjimu pasižymėjo ir beržai, apie 3% . Pušų lajų būklės pagerėjimo intensyvumas buvo silpniausias, vidutiniškai tik 2,6 %.

2020 m. šiltos žiemos, gausių kritulių praėjusio sezono rudens ir žiemos laikotarpiu bei padidėjusio dirvožemio drėgnio poveikio rezultatas – išskirtinai intensyvus tirtų medžių lajų būklės atsikūrimas Aukštaitijos ir Žemaitijos KMS baseino mišriuose spygliuočių su lapuočiais medynuose.

Nepaisant šių pokyčių 2020 m. Aukštaitijos KMS baseine žuvo 13 eglų ir 1 pušis; Žemaitijos KMS baseine žuvo 23 eglės ir 1 drebulė. Pagrindine eglų žuvimo priežastis buvo žievėgraužio tipografo pažeidimai.

2009-2013 m. laikotarpiu Aukštaitijos KMS baseine augančių medžių lapijos indeksas, nustatytas pagal sugertos FAR spinduliuotės kiekį toliau didėjo, kas turėjo sąlygoti gerėjančią lajų būklę, nors vidutinės defoliacijos duomenis tokią katą patvirtina tik iš dalies. Palyginus gautus indeksus tarp stočių, nustatyta, kad Žemaitijos KMS baseine augančių medžių lapijos indeksas didesnis negu Aukštaitijos KMS, ką patvirtina ir medžių lajų defoliacijos duomenys.

Palyginus gautus indeksus tarp stočių, nustatyta, kad Žemaitijos KMS baseine augančių medžių lapijos indeksas didesnis negu Aukštaitijos KMS, ką patvirtina ir medžių lajų defoliacijos duomenys. Paskutiniaisiais metais, kada lapijos indeksas Žemaitijos KMS pradėjo viršyti lapijos indeksą medžių augančių Aukštaitijos KMS, jų lajų būklė taip pat tapo geresnė. 2013 m. LAI nežymiai padidėjo Aukštaitijos KMS. 2014 m. Aukštaitijos KMS registruojamas tolesnis LAI

didėjimas, kai tuo tarpu Žemaitijos KMS LAI sumažėjo. 2015 m. registruojamas vidutinės lapijos indekso reikšmės sumažėjimas ir Aukštaitijos ir Žemaitijos KMS baseinuose, kuris gali būti siejamas su medžių tankumo mažėjimu, t.y. intensyvesniu eglių žuvimu dėl eglinio tipografo daromos žalos, kuri Žemaitijos KMS baseine yra didesnė negu Aukštaitijos KMS.

2003-2014 m. duomenys, LAI nustatimui tyrimo ploteliuose naudojant fotosintetiškai aktyvios saulės spinduliuotės intensyvumą, rodo nežymų LAI augimą, ką patvirtina LAI duomenys nustatyti hemisferinio foro aparatu 2010 ir 2020 m.

2015 m. nustatytas nors ir neženklaus vidutinės lapijos indekso reikšmės sumažėjimas. Tai gali būti siejamas ir su metodikos kaita. Tęsiant šiuos tyrimus būtinas naujo FAR/LAI matuoklio įsigijimas, o kas 5 m. lajų fotografavimas hemisferiniu fotoaparatu. Tik tokiu būdu būtų galima užtikrinti gautų rezultatų kokybę ir visišką patikimumą.

Pateikti LAI nustatyti hemisferinio fotoaparatu 2010-2020 m. taip pat įrodo, kad medynų būklė KM stočių baseinų teritorijose gerėja, taip pagrįsdami išvadą, gautą nagrinėjant LAI nustatytą matuojant fotosintetiškai aktyvios saulės intensyvumą tyrimo ploteliuose.

Gauti LAI tyrimų rezultatai gerai atspindi tiriamų medynų medžių lajų būklės kaitą, todėl šiuos tyrimus tikslinga vykdyti, ypač hemisferinį lajų fotografavimą, kurį reikėtų atlikti kas 5 metus. FAR tyrimus pagal galimybę rekomenduojama vykdyti kasmet, įsigijus naują FAR matuoklį.

Nustatyta, kad per visą 27 m. laikotarpį 1 ha plote gyvų medžių vidutiniškai sumažėjo nuo 651 iki 368 vnt., arba (43,5%), kas sudarytų po 1,6% visų stebimų medžių per metus.

Pušies medžių sumažėjo nuo 128 vnt iki 107 vnt/ha; medžių iškritimas siekė 16,4%; paprastosios eglės medžių sumažėjo nuo 449 vnt iki 231 vnt/ha; medžių iškritimas siekė 48,5% ir beržų – nuo 63 iki 30 vnt/ha, medžių iškritimas sudarė net 52,3%. Tai sudarytų atitinkamai po 0,61%, 1,8% ir 1,9% šių rūšių medžių per metus.

Eglių ir beržų kamienų skerspločių sumos pokytis per 27 m. laikotarpį Aukštaitijos KMS yra neigiamas, t.y. sumažėjęs daugiau negu 2 m²/ha ir 1 m²/ha atitinkamai. Pušų šio rodiklio pokytis yra teigiamas ir viršija 2 m²/ha, ypač nuo 1999 metų.

Išlikusių gyvų medžių skerspločių sumos prieaugis tarp tirtų rūšių yra priešingas. Didžiausių prieaugiu pasižymėjo išlikusios eglės, kurių šis rodiklis sudarė net 6 m²/ha per tiriamąjį laikotarpį. Kiek silpnesniu prieaugiu pasižymėjo pušys – apie 4 m²/ha ir silpniausių ar beveik neregistruojamu prieaugiu pasižymėjo beržai – vos 0,5 m²/ha per visą tiriamąjį laikotarpį.

Žuvusiuose medynuose buvo atkurti tyrimai, papildomai į apskaitą įtraukiant 167 medžius. Tokiu būdu 2020 m. tirtų medžių skaičius padidėjo vidutiniškai beveik 100 vnt./ha ir ypač eglių 65 vnt./ha ir beržų 27 vnt/ha.

Paprastoji eglė buvo ta pagrindinė medžių rūšis, kuri atsikūrė žuvusioje nuo eglinio tipografo žalos eglynų vietoje

Aukštaitijos KMS 1 ha teritorijoje pagal skerspločių sumą vyrauja pušynai. Jų ΣG 1999-2020 m. laikotarpiu didėjo nuo 15,4 iki 17,6 m²/ha. Kiek mažesnė dalis teko eglėms. Jų skerspločių suma turėjo tendenciją mažėti. Jei tyrimų pradžioje gyvų eglių skerspločių suma Aukštaitijos KMS baseino 1 ha plote sudarė 13,8 m²/ha tai paskutiniaisiais 2020 metais – jau tik 12,0 m²/ha ir tik priskaitant naujai įkurtus tyrimo plotelius – iki 13,6 m²/ha. Pagrindinė tokios kaitos priežastis – vėjalaužos ir vėjavartos, bei besipasikartojantys eglinio tipografo pažeidimai ypač grandžiuose ir perbrendusiuose eglynuose.

Apibendrinus medžių mirtingumo, atsikūrimo ir prieaugio rezultatus matyti, kad per 27 m. laikotarpį natūraliai besivystančios miško ekosistemo produktyvumas padidėjo nuo 31,6 m²/ha iki 33,5 m²/ha, kas sudarytų 6 poc. nuo bendros visų medžių skerspločių sumos.

Aukštaitijos KMS baseine augančių medžių tūris taip pat per 27 m. padidėjo, įskaitant medžių atkritimą. Didžiausiu teigiamu tūrio pokyčiu pasižymėjo pušys, kurių tūris per 27 m. laikotarpį įskaitant ir medžių iškritimą, padidėjo nuo 225 m³/ha iki 262 m³/ha, t.y. 16,5 %, kas sudarytų po 1,4 m³/ha per metus. Didžiausiu neigiamu tūrio pokyčiu pasižymėjo beržai. Jų tūris vidutiniškai (įskaitant medžių atkritimą) mažėjo nuo 33 m³/ha iki 22 m³/ha, kas sudarytų 33 % arba po -0,4 m³/ha per metus. Eglių tūrio kaita demonstravo stabilią būseną, t.y. jų atritimas ir prieaugis praktiškai buvo lygūs.

Didžiausią tūrio prieaugį demonstravo eglės (2.9 pav.). Per 27 m. laikotarpį tik išlikusių gyvų eglių tūris padidėjo nuo 71 m³/ha iki 148 m³/ha, t.y. daugiau nei 2 kartus, ar po 2,9 m³/ha per metus. Kiek mažesniu tūrio prieaugiu pasižymėjo pušys. Jų tūris per 27 m. padidėjo nuo 195 m³/ha iki 262 m³/ha, kas sudaro daugiau negu 25 % ar po 2,5 m³/ha per metus. Beržų tūrio prieaugis padidėjo nuo 14 m³/ha iki 22 m³/ha, kas sudaro 36 %, ar po 0,3 m³/ha per metus.

Aukštaitijos KMS baseino miškų, kurie priklauso vianam seniausių Ažvinčių sengirės rezervatui, išlikusių gyvų medžių tūrio prieaugis sudarė po 5,7 m³/ha per metus.

Aukštaitijos KMS teritorijoje per 1999-2015 m laikotarpį intensyviausiai didėjo pušynų gyvoji biomasė. Padidėjimas sudarė nuo 105t/ha iki 119 t/ha.

2020 m. registruojami vieni reikšmingiausių pokyčių miško ekosistemose. Per paskutiniuosius metus, nors ir buvo registruojami žievėgraužio tipografo pažeidimai, žuvusių medžių skaičius buvo artimas mažiausioms reikšmėms ir panašiai kaip ir 2003 m.

Pagal medžių kamienų suirimo laipsnį mort masė pasiskirstė taip: Mort 1 – 7,75%, Mort 2 – 10,56 %, Mort 3 – 14,19 %, Mort 4 – 8,06 %, Mort 5 – 24,71 % ir Mort 6 – 34,73 %. Apibendrinus gautus rezultatus galima teigti, kad apie 30 % visų per visą stebėjimą žuvusių medžių mediena, pastaruoju laikotarpiu yra susiskaldžiusi jau be jokių likusių žymių.

Gyvų medžių biomasės kaitoje per 27 m. laikotarpį taip pat ryškūs pokyčiai. Medynų biomasė vidutiniškai padidėjo iki 230 t/ha, įskaitant naujus į apskaitą įtrauktus medžius (prieaugį), o jos pokytis lyginant su 1999 m. padidėjo 25,7 t/ha, arba 1,22 t/ha per metus.

Per 1999-2020 metų laikotarpį padidėjo atitinkamai: N +45,6 kg/ha (2,17 kg/m.); P +6,04kg/ha (0,29 kg/m.); K 19,2 kg/ha (0,91 kg/m.); Ca 27,2 kg/ha (1,3 kg/m.); Mg 6,24 kg/ha (0,3 kg/m.); Fe 1,09 kg/ha (0,05 kg/m) ir Mn 6,8 kg/ha (0,32 kg/m.). Tai sudaro 12-14% šių lementų kiekio lyginant su 1999 m.

Negyvosios medienos kiekis, kuris per 27 metų laikotarpį dūlėjo bei iš dalies kaupėsi ir praturtino dirvožemį, didėjo nuo 33,4 t iki 116,8 t/ha, kas sudarė po 3,1 t/ha per metus. Ypač reikšmingai didėjo eglių mort masė – 55,9 t/ha arba po 2,1 t/ha per metus; beveik 3 kartus mažesniu intensyvumu padidėjo pušų – 14,7 t/ha arba 0,55 t/ha per metus ir kiek tai dar mažiau lapuočių medžių rūšių – 12,8 t/ha arba 0,47 t/ha per metus.

Per tiriamąjį laikotarpį nuo 1993 iki 2020 į atmosfera grįžo ar pateko į dirvožemį su krituliais 121 kg/ha azoto, 10,6 kg/ha P, 44,2 kg/ha K, 95 kg/ha Ca, 16,2 kg/ha Mg, 4,8 kg/ha Fe, 20,7 kg/ha Mn ir 27 kg/ha S/ha.

Per 26 m. laikotarpį Žemaitijos KMS tirtų medžių skaičius sumažėjo nuo 584 iki 325 vnt/ha ir tai sudarė beveik 45 % visų stebėtų medžių. Intensyviausiai sumažėjo eglių, kiek mažiau beržų ir mažiausiai pušų.

2020 m. Žemaitijos KMS žuvusiuose medynuose atsikūrus eglynams, papildomai į apskaitą buvo įtraukti vidutiniškai 55 medžiai hektare ir tik eglių.

Žemaitijos KMS eglių kamienų skerspločių suma sumažėjo nuo 23,5 iki 16,5 m²/ha arba apie 0,27 m²/ha per metus. Pušų kamienų skerspločių sumos pokytis buvo teigiamas ir siekė apie 1 m²/ha, o beržų praktiškai išliko nepakitęs.

Eglių vidutinis skerspločių sumos prieaugis per tiriamąjį laikotarpį sudarė net apie 7 m²/ha arba apie 0,33 m²/ha (1,62 %) skerspločių sumos per metus. Pušų skerspločių sumos prieaugis per tiriamąjį laikotarpį sudarė apie 1,2 m²/ha arba apie 0,06 m²/ha (1,284 %) skerspločių sumos per metus. Beržų prieaugis buvo mažiausias ir sudarė tik apie 0,6 m²/ha arba 0,03 m²/ha per m.

Žemaitijos KMS baseine augančių medžių tūris per 26 m. laikotarpį padidėjo, sumažėjo nuo 333 m³/ha iki 297 m³/ha, t.y. -36,3 m³/ha arba -1,4 m³/ha per metus. Didžiausiu tūrio sumažėjimo intensyvumu pasižymėjo eglės. Jų bendras tūris sumažėjo -54,3 m³/ha arba 2,1 m³/ha per metus. Beržų tūrio pokytis buvo artimas 1 m³/ha, o pušų tūrio pokytis buvo teigiamas ir siekė 14,2 m³/ha arba 0,6 m³/ha per metus.

Per 26 m. laikotarpį tik išlikusių gyvų eglių tūris padidėjo nuo 110 m³/ha iki 206 m³/ha, t.y. apie 2 kartus, ar po 3,7 m³/ha per metus. Kiek mažesniu tūrio prieaugiu pasižymėjo pušys. Jų tūris per 26 m. padidėjo nuo 42,3 m³/ha iki 62,4 m³/ha, kas sudaro daugiau negu 50 % ar po 0,8 m³/ha per metus. Beržų tūrio prieaugis padidėjo nuo 5,8 m³/ha iki 12,5 m³/ha, kas sudaro daugiau negu 110 %, ar po 0,3 m³/ha per metus.

Tokiu būdu Žemaitijos KMS baseino miškų išlikusių gyvų medžių tūrio prieaugis sudarė 131 m³/ha arba po 5,1 m³/ha per metus.

Išskirtiniai 2020 m. rezultatai. Per paskutinįjį 5 m. laikotarpį gyvų medžių biomasė sumažėjo nuo 190 iki 169 t/ha, t.y. 21 t/ha arba daugiau nei 10 %. Toks intensyvus sumažėjimas buvo sąlygotas žievėgraužio tipografo pažeidimų, dėl ko paskutiniu metu laikotarpiu net 36 t/ha padidėjo negyvos medienos kiekis, pagrinde eglių medienos biomasė.

Paskirsčius medieną pagal jos suirimo laipsnį nustatyta, kad 2020 m. švieži sausuoliai sudarė Mort 1 36,5 t/ha, Mort 2 – 12,6 t/ha, Mort 3 29,1 t/ha, Mort 4 11,5 t/ha, Mort 4 11,5 t/ha, Mort 5 28,1 t/ha ir visiškai, be likusių žymių suirę Mort 6 12,5 t/ha.

2020 m. gyvų medžių biomasė sumažėjo ir sudarė 169 t/ha. kurioje pagrindinių bioelementų kiekiai buvo tokie: azotas 312 kg/ha, fosforas 29,6 kg/ha, kalis 117,9 kg/ha, kalcis 235,3 kg/ha, mangano 55,3 kg/ha, magnio 36,1 kg/ha. Per paskutinįjį 5-rių metų laikotarpį 2015-2020 bioelementų kiekis Žemaitijos KMS sumažėjo apie 10%

Palyginus bioelementų kiekių mort masėje formavimosi intensyvumą tarp stočių nustatyta, kad Žemaitijos KMS mort masė formuojasi intensyviau, bei su ja į dirvožemį patenka daugiau bioelementų negu Aukštaitijos KMS baseine.

2020 m. Aukštaitijos KMS teritorijoje iš 592 atrinktų viršaujančių, vyraujančių ir iš dalies stelbiamų miško medžių 65 identifikuoti seni ir švieži pažeidimai, kurie iš esmės turėjo ar galėjo turėti įtakos jų būklei.

Daugiausiai pažeista išlieka medžių kamienų apatinė dalis (3). Pažeidimai šioje srityse jau daugelį metų beveik siekia ar viršija 50% visų užregistruotų pažeidimų. Kiek mažiau pažeistas lajos kamienas (6) – iki 27% pažeidimų. Tai stipraus vėjo padarinys. Kitoms medžio sritims tenka žymiai mažiau pažeidimų. Pažeidimai šaknų ir priekelminėje kamieno srityse indikavo vėjavartas, kurių AKMS baseine buvo užregistruota iki 5,3 % visų medžių. Visame kamienne (4), viršutiniame kamieno dalyje (5) ir šakose (7) užregistruota maždaug iki 6% visų pažeidimų.

2019 m. pradėti registruoti lapijos pažeidimai dėl pasikartojančios sausros (9). Tai menkai išsivystę ar nesuformavę lapai/spygliai, kurie didino medžių lapų defoliacijos laipsnį. Tokių medžių užregistruota virš 1,2 %. 2020 m. šių pažeidimų kiekis praktiškai liko nepakitęs

Dažniausiai pasikartojantis pažeidimas buvo: atviros žaizdos (3). Šis pažeidimas viršijo 46% visų pažeidimų (2.21 pav.). Tai įvairaus senumo bei intensyvumo elnių nulopyti eglių kamienai. 25% pažeidimų sudarė viršūninio ūglio ar viršūnės netekimas (21), kurią sąlygojo snieglaužos ir vėjalaužos. Eglinio topografo, ūglių ir lapų pažeidimai 2020 m. viršijo kaip ir 2019 m. 13 %, o vėžiniai susirgimai ir įvairūs kamieno nulenkimai dėl smarkaus vėjo sudarė apie 3 % visų pažeidimų.

2020 m. daugiausiai pažeistos buvo paprastosios eglės, kurios sudarė virš 80% visų pažeistų medžių, ar apie 30% visų stebėtų eglių. 5% visų pažeidimų teko beržams, ar 1% visų stebėtų beržų ir 10% visų pažeistų medžių pušims, ar 5% visų stebėtų pušų.

Žemaitijos KMS teritorijoje daugiausiai pažeidimų rasta viso kamieno srityje (4). Pažeidimai šioje srityje padidėjo iki 41% visų užregistruotų pažeidimų. Tai žievėgraužio tipografo medžio pažeidimo sritis. Pažeidimai lajos kamienne siekė 27 %. Padidėjo dėl pasikartojančių sausrų pažeistų lapų ar spyglių (9) – 19 % ir viršutinės kamieno dalies pažeidimų (5) – 9 %. Mažiausiai pažeidimų registruota šakų (7) srityje ir apatinėje kamieno dalyje (3). Šaknų ir priekelminėje (1-2) srityse paskutiniaisiais metais pažeidimų nerasta.

Dažniausiai pasikartojantis pažeidimas buvo po pasikartojančių sausrų eglinio tipografo pažeidimai (25). Kurių skaičius lyginant su 2019 m. sumažėjo iki 45%. Dvigubai mažiau pažeidimų registruota lajos kamieno srityje (21) ir ūglių/lapų pažeidimų (24). Jų skaičius šioje srityje sumažėjo iki 20-22 % (13 pav.). Tokį šio pažeidimo registracijų skaičių sąlygojo vėl pasikartojančios vėjalaužos ir snieglaužos. Vos kelis procentus pažeidimų sudarė atviros žaizdos (3), sakotakių pažeidimai (4) ir nulaužtas kamienas (11).

Daugiausiai pažeistos buvo paprastosios eglės, kurios sudarė virš 80% visų pažeistų medžių ir apie 15% pušys.

Apibendrinus 16 metų pažeidimų tyrimo rezultatus Aukštaitijos KMS nustatyta, kad paskutiniu metu laikotarpiu mažėja pažeidimų priekelminėje, šaknų srityje (sumažėjo vėjavartų) ir kamieno srityje, tačiau vėl pradėjo didėti pažeidimai lajoje. Žievėgraužio tipografo pažeidimų intensyvumas Aukštaitijos KMS baseine nors dėl pasikartojančių sausrų padidėjo, bet išlieka maždaug panašiam lygmenyje kaip ir ankstesniais metais.

16 metų pažeidimų tyrimo rezultatai Žemaitijos KMS parodė, kad dėl pasikartojančių sausrų žievėgraužis tipografas dažniausiai pažeidžia visą eglės kamieną, ko pasėkoje tokie medžiai žūna. Šio kenkėjo pažeidimų skaičius viršija 50 % visų registruotų miške pažeidimų ir 12,2% visų stebėtų eglių. Tai besiformuojanti nauja grėsmė brandiems ir perbrendusiems eglynams Vakarų Lietuvos regiono miškams.

Po intensyvių snieglaūžų ar vėjavartų ir bepasikartojančių sausrų 2015-2016, 2018-2019 m. labai suintensyvėjo žievėgraužio tipografo veikla, kurio rezultatas papildomai žuvusios eglės. Tai būtų galima registruoti kaip naują grėsmę Vakarinio Lietuvos regiono eglynams.

Aukštaitijos KMS tyrimų stacionaruose pagrindinė medžių atkritimo priežastis: eglių – žievėgraužio tipografo pažeidimai, beržų vėjalauža ar snieglaūžų. Pušys tyrimų stacionaruose išlieka stabiliausias.

Žuvusių medžių skaičiaus dinamika rodo, kad per tiriamąjį laikotarpį, kasmet vidutiniškai iškrenta apie 1,6-1,7% medžių. Tai vidutinis medžių atkritimo intensyvumas, kuris stebimas stacionaruose nuo pat tyrimų pradžios, t.y. 1993 m. 2019 m. žuvusių medžių skaičius tirtuose stacionaruose iš esmės nesiskyrė nuo daugiamečio vidurkio, nepaisant intensyvios sausrų ir karščio bangų, lydymų žievėgraužio tipografo daromos žalos.

2018 ir ypač 2019 m. sausra neigiamai paveikė medžių augančių tyrimo stacionaruose būklę. Visų ir tik vyraujančių medžių vidutinė defoliacija turėjo tendencija padidėti. Tai bepasikartojančių sausrų poveikio rezultatas.

I stacionare 2015-2019 m. nepalankūs meteorologiniai veiksniai pušų, augančių natūraliai drėkinamose sąlygose būklę paveikė mažiausiai. Jų lajų būklė praktiškai nepakito ir net paskutiniaisiais 2016 m. buvo geresnė nei eglių ir beržų, o pasikartojančios sausrų 2018 ir 2019 m. neturėjo jokio reikšmingo poveikio jų lajų vidutiniai defoliacijai didėti. 2019 m. čia augančių pušų

lajų vidutinė defoliacija net sumažėjo 0,6%. Eglių lajų vidutinė defoliacija paskutiniu metu 4 metų laikotarpiu kito nereikšmingai, nors 2019 m. jos intensyvumas beveik siekė 30%. Beržų lajų būklė buvo geriausia 2015 m. Bepasikartojančios sausros reikšmingai pablogino šiame stacionare augančių beržų būklę. Vidutinė defoliacija padidėjo nuo 13 iki 20%. Tai vienas didžiausių būklės pablogėjimo rodiklių.

II stacionare tik eglių lajų vidutinė defoliacija per visą tiriamąjį laikotarpį, su nereikšmingais svyravimais išliko stabili, t.y. apie 30%. Tačiau kaip ir I stacionare čia augančių visų išsivystymo klasių eglių lajų vidutinė defoliacija didžiausia. Pušų ir beržų lajų vidutinė defoliacija reikšmingai nesiskiria tarpusavyje. 2017 m. gausūs krituliai labiausiai buvo palankūs paprastosioms pušims. Kaip ir pirmajame stacionare jų būklė čia buvo geriausia, kuri tokia išliko ir 2018 m. 2019 m. pasikartojanti sausra padidino šiame stacionare augančių pušų defoliaciją 2,2%, iki 17,4%. 2018-2019 m. sausros reikšmingai, kaip ir I-jame stacionare, padidino ir beržų vidutinę defoliaciją.

III stacionare 2015-2019 m. nepalankūs meteorologiniai veiksniai sąlygojo reikšmingą eglių lajų būklės pablogėjimą. Smarkiai padidėjo ir beržų lajų vidutinė defoliacija. Tik 2017 m. gausūs kritulių kiekis turėjo reikšmingos įtakos eglių lajų būklei atsikurti, kai tuo tarpu beržų būklė ir toliau blogėjo. Dėl 2018-2019 m. sausros medžių lajų defoliacija padidėjo. Ši tendencija gerai atspindėjo gautus rezultatus visame Aukštaitijos KMS baseine.

Išskirtiniai 2020 m. Meteorologinės sąlygos po besikartojančių sausrų 2018-2019 m. buvo ypač palankios medžių būklei ir jų augimui. Visuose tyrimų stacionaruose augančių medžių lajų būklė gerėjo kaip ir visame upelio baseine. Jų vidutinė defoliacija atitinkamai sumažėjo iki 20,2 %, 22,7% ir 19,9%. Ypač reikšmingai sumažėjo aukštutinio stacionaro medžių lajų defoliacija, kuri siekė apie 5%.

2020 m. meteorologinės sąlygos ypač paskatino formotis tankiai lapijai, dėl ko pušų lajų defoliacija sumažėjo daugiau negu 5% iki 12,5 %. Palankios klimatinės sąlygos sudarė galimybę formuoti tankesnius spyglius bei padidinti prieaugį eglėms. Tokio reiškinio rezultatas sumažėjęs lajos vidutinės defoliacijos laipsnis 3,5% iki 25,5%.

Meteorologinės sąlygos, kurios buvo ypač palankios spygliuočiams medžiams, buvo mažiausiai reikšmingos beržams, nors būklės pagerėjimas 2020 m. buvo registruojamas visuose stacionaruose, tik ne toks reikšmingas, kaip spygliuočiams. Beržų defoliacija sumažėjo 2,5% iki 14,7%

2020 m. išlikusių gyvų medžių būklė buvo analogiška kaip ir 2004 ar 2015 m. , kai tirtų medžių defoliacija svyravo apie 20 % ir tik pačių senausių medžių augančių antrajame stacionare medžių lajų defoliacija svyravo apie 23 %. Tai miškų geros būklės rodiklis.

Žemaitijos KMS 2014 m. dėl žievėgraužio topografo žuvo 3 eglės ir tik po 3 metų, 2017 m. vėl žuvo dvi eglės. 2018 m. žuvusių medžių stacionare neregistruota, tik vėl dėl šio kenkėjo pažeidimo, trijų eglių lajų būklė buvo įvertinta kaip labai prasta, t.y. defoliacija siekė 90 %. Tai potencialūs 2019 m. sausuoliai. 2019 m. žuvo 6 eglės. Nepaisant to 2020 m. žuvusių eglių tyrimo stacionare neregistruota.

Išskirtiniai 2020 m. rezultatai, kuriais Žemaitijos KMS registruotas reikšmingiausias eglių vidutinės defoliacijos sumažėjimas, net iki 17 %, t.y. beveik 10 % per metus. Tai geriausias eglių lajos būklės vidutinis parametras per visą tiriamąjį laikotarpį.

Aukštaitijos KMS I stacionare gyvų medžių tūris per 26 m. laikotarpį padidėjo nuo 388 m³/ha iki 468 m³/ha, kas sudaro 80,5 m³/ha arba 3,1 m³/ha per metus. Per tą patį laikotarpį žuvusių medžių tūris didėjo iki 110 m³/ha, t.y 4 m³/ha per metus. Didžiausiu prieaugiu pasižymėjo eglės 59 %, kiek mažesniu pušys 21 %, o beržų tūris sumažėjo 45 %.

II stacionare gyvų medžių tūris padidėjo nuo 632 m³/ha iki 784 m³/ha, t.y. 151 m³/ha arba 5,8 m³/ha per metus. Per tą patį laikotarpį žuvusių medžių tūris didėjo iki 119 m³/ha, t.y 4.6 m³/ha per metus. Didžiausiu prieaugiu pasižymėjo drebulės, kurių prieaugis per tiriamąjį laikotarpį sudarė daugiau negu 110 %, pušų prieaugis siekė 23 %, o eglių tik 13 %. Beržų prieaugis šiame stacionare buvo vienas iš didžiausių ir siekė 38 %.

III stacionare gyvų medžių tūris dėl intensyvių vėjavartų sumažėjo nuo 410 m³/ha iki 312 m³/ha, t.y. 98 m³/ha. Per tą patį laikotarpį žuvusių medžių tūris didėjo iki 245 m³/ha, t.y 9,4 m³/ha per metus. Labiausiai nukentėjo drebulės. Šios medžių rūšies stacionare neliko. 30 % sumažėjo eglių tūris ir 20 % pušų.

Tirtų medžių rūšių kamieno skersmens ir aukščio analizė parodė, kad per tiriamąjį laikotarpį intensyviausiai visuose stacionaruose į skersmenį ir aukštį augo eglės, kiek mažesniu augimo intensyvumu pasižymėjo beržai ir žemiausiu, ypač į aukštį pušys.

Žemaitijos KMS tirtų medžių stiebų tūrio analizė parodė, kad augalijos tyrimų stacionare gyvų pagrinde eglių tūris per 26 m. laikotarpį padidėjo nuo 407 m³/ha iki 622 m³/ha, kas sudaro 215,5 m³/ha arba 8,3 m³/ha per metus. Per tą patį laikotarpį žuvusių medžių tūris didėjo iki 67 m³/ha, t.y 2,6 m³/ha per metus.

Didžiausiu produktyvumu KMS baseinų teritorijose pasižymi drebulės, kiek mažesniu prieaugiu – eglės, o esminių skirtumų tarp beržų ir pušų prieaugio nenustatyta.

Aukštaitijos KMS visų medžių defoliacijos laipsnis didėjo didėjant S ir N taršos komponentėms. Mažiausiai reikšmingi ryšiai nustatyti tarp tirtų taršos komponentių ir beržų lajų

būklės. Natūraliai drėkinamoje augavietėje spygliuočių medžių rūšių prieaugį taip pat sąlygojo rūgščiosios komponentės ore ir jų iškritos. Koncentracijoms didėjant tiek medžių būklė blogėja, tiek ir metinis prieaugis mažėja.

SO_4^{2-} SO_2 ir NH_4^+ koncentracijos ore – buvo pagrindiniai veiksniai skatinantys eglių lapų išretėjimą Žemaitijos KMS baseine augančiuose miškuose.

Eglių metinis prieaugis tame pačiame mišriame medyne kelis kartus viršija kitų lydinčiųjų medžių rūšių prieaugį natūraliai drėkinamose ir perteklinio drėkinimo miško augavietėse.

gausesni sausio-vasario mėn. krituliai kartu su krituliais vegetacijos laikotarpiu skatina eglių kamienų augimą ir natūraliai drėkinamoje, ir perteklinės drėgmės augavietėse. Aukštesnė oro temperatūra žiemos ir vegetacijos laikotarpiais taip pat tik skatina eglių augimą. Šie veiksniai paaiškina iki 67% prieaugio formavimosi kintamumo.

Metinė tirtų medžių rūšių kamieno radialiojo prieaugio analizė parodė, kad reikšmingai didėjanti rugsėjo ir liepos mėnesio vidutinė temperatūra reikšmingai sąlygojo spygliuočių medžių rūšių prieaugio didėjimą. Tik karštis ir sausra birželio mėnesį, kai intensyviausiai formuojama metinė rievė, neigiamai sąlygojo eglių prieaugį, o pušų – tik pelkinėse augavietėse.

Nei karpuotasis nei plaukuotasis beržas nebuvo atsparūs sausrui ir karščiui. Didesni kritulių kiekiai vegetacijos laikotarpiu ir ypač jo pabaigoje reikšmingai sąlygojo beržų intensyvesnį augimą abiejose miško augavietėse, o karštis leipos – rugsėjo mėnesį, priešingai slopino beržų prieaugį. Beržų lapų gyvavimo trukmės mažėjimas buvo vienas iš pagrindinių veiksnių lemiančių beržų prieaugio mažėjimą.

Mišo augavietės didenė drėgmė reikšmingai didino medžių atsparumą aplinką rūgštinančioms komponentėms, ypač sieros junginių.

Nitratų iškritos skatino medžių prieaugį, ypač skurdžioje augavietėje (Nb), kur C/N santykis viršijo 25 ir daugiau kartų. Pelkinėje derlingoje MA, kur C/N santykis siekė apie 15, teigiamas nitratų poveikis medžiams augti nenustatytas.

Reikšmingas ir neigiamas pažemio ozono poveikis buvo eglėms augti nustatytas abiejose augavietėse, o pušims – tik Nb augavietėje. Ozono neigiamas poveikis beržams augti buvo tik artimas reikšmingam ($p < 0,1$). Todėl teigiam, kad paprastoji eglė turėtų būti viena jautriausių ozono neigiamam poveikiui, kiek atsparesnės tokiam poveikiui turėtų būti pušys ir atspariausi – beržai. .

Paprastoji eglė yra viena geriausiai prisitaikiusi prie pastarojo laikotarpio aplinkos pokyčių. Teiginys, kad ši medžių rūšis šiaurės rytinėje Europos dalyje praras savo reikšmingumą

yra paneigtas. Adekvačios miškininkavimo priemonės didinančios eglynų atsparumą kenkėjams ir vėjolaužai bei vėjavartai užtikrintų eglynų tvarų vystymąsi ateityje.

Rūgštinančių komponentų koncentracijų ore ir jų iškritų su krituliais tendų rezultatus, galima teigti, kad ateityje tirtų medžių rūšių lajų defoliacija turėtų mažėti at stabilizuotis labai žemame lygmenyje, kas turėtų skatinti ir medžių prieaugį ir jų bendrą atsparumą nepalankiems aplinkos veiksniams.

III KITŲ MIŠKO EKOSISTEMŲ KOMPONENTŲ RŪŠIŲ ĮVAIROVĖS IR GAUSUMO KAITA KMS BASEINŲ TERITORIJOSE

3.1. Žaliųjų oro dumblių gausa

Plevelo genties dumbliai *Pleurococcus vulgaris* ir *Protococcus viridis* - oro užterštumo azoto junginiais bioindikatoriai (Brakenhelm, 1990). Kuo daugiau azoto junginių krituliuose ir atmosferoje, tuo storesniu ir tankesniu sluoksniu šie dumbliai padengia eglės spyglius, tuo greičiau plinta jų kolonijos.

1993 m. Aukštaitijos ir Dzūkijos KMS, o 1994 Žemaitijos KMS uždaruose upelių baseinuose buvo įkurtos žaliųjų oro dumblių gausumo tyrimo stotys. 2018 m. žaliųjų oro dumblių gausumo tyrimai pakartoti aštuonioliktą kartą.

Darbo tikslas: tirti Plevelo genties dumblių gausumą ant eglės spyglių, tiesiogiai ir betarpiškai reaguojantį į oro užterštumą azoto junginiais.

Palyginus 1993 metų žaliojo oro dumblio paplitimo bei spyglių padengimo intensyvumo tarp atskirų KM stočių tyrimo rezultatus buvo nustatyta, kad labiausiai azoto junginiais turėjo būt užterštas Dzūkijos KMS teritorija. Aukštaitijoje ir Žemaitijoje užterštumas šiais junginiais buvo kiek mažesnis ir beveik nesiskyrė tarpusavyje.

1998 m. pakartojus žaliadumblių gausos tyrimus nustatyta, kad didžiausių gausumu žaliadumbliai pasižymi Aukštaitijos KMS teritorijoje, kas liudytų apie šios teritorijos didžiausią užterštumą azoto junginiais. Kiek mažesniu gausumu pasižymėjo žaliadumbliai Dzūkijos KMS teritorijoje ir mažiausiu gausumu - Žemaitijos KMS teritorijoje.

2005 m. tyrimų rezultatai rodo oro baseino mažiausią užterštumą azoto junginiais pagal žaliųjų oro dumblių gausą ant stebimų eglės spyglių. Nuo šio laikotarpio iki pastarųjų 2012 m. žaliųjų oro dumblių gausa indukuoja gan stabilų ir neženklų oro užterštumą azoto junginiais.

2005-2009 m. žaliųjų oro dumblių gausa Žemaitijos KMS dumblių tyrimo stotyje beveik du kartus viršijo dumblių gausą Aukštaitijos KMS. Parametrai indukuojantys padengimo intensyvumą Žemaitijos KM stotyje reikšmingai viršijo Aukštaitijos KMS dumblių tyrimo stotyje gautus parametrus. Tokiu būdu būtų galima teigti, kad žaliųjų oro dumblių gausos kaita indukuoja tą patį dėsningumą, kaip ir kiti rodikliai (medžių defoliacija, epifitinių kerpių gausa ir rūšinė įvairovė) – Žemaitijos KMS baseino foninis užterštumas didesnis negu Aukštaitijos KMS baseino, ką patvirtina ir oro bei kritulių tyrimo rezultatai.

2010-15 m. tyrimų rezultatai rodo, kad KMS baseinuose turėtų mažėti tarša azoto junginiais. Palyginus gautus rezultatus tarp stočių, aukštesnėmis azoto koncentracijomis ore turėtų pasižymėti Žemaitijos KMS. 2015 m. dumblių gausa šioje stotyje vėl padidėjo reikšmingai, lyginant su 2014 m. Aukštaitijos KMS 2015 m. padengimas dumblių mažėjo.

3.1 lentelė. Žaliųjų oro dumblių stebėjimo rezultatai KM stotyse

Eil. Nr.	D1,3 mm	H dm	Spyglių amžius 1,6 m aukštyje	Vid. defol. %	Apaug. dumblių intensyvumas, balais	Apaug. dumblių jauniaus. ūglio amžius	Ūglių amžius, m.	
							su 50% spygl	su 5% spygl
.....*	DBH	HEIG	ANF	DEF	COAT	YALG	MED	MAX
Aukštaitijos žaliųjų oro dumblių tyrimų stotis								
1993	132	100	10	5	1,0	2,9	6,7	9,7
1998	114	100	10	5	1,8	2,7	6,0	8,6
2001	129	110	10	5	1,7	2,5	6,0	8,5
2004	134	110	9	10	1,5	3	6,5	9,0
2005	140	115	8,5	15	1,0	2,6	6,1	8,0
2006	120	85	6,3	15	1,3	2,7	5,2	6,0
2007	124	90	6,5	15	1,8	2,0	5,3	6,0
2008	132	95	6,5	10	1,2	2,6	5,5	6,0
2009	139	100	6,0	10	1,1	2,4	5,1	5,5
2010	145	105	7,0	9,0	1,1	1,8	5,1	6,0
2011	148	125	7,4	7,5	1,0	2,4	5,8	6,5
2012	155	130	6,6	5,5	1,2	2,3	5,2	6,6
2013	157	135	6,1	6,3	1,0	2,1	4,5	6,1
2014	160	137	6,4	6,0	1,0	2,9	5,5	6,4
2015	165	140	7,5	5,0	1,1	2,5	4,4	7,1
2016	168	145	7,0	5,0	1,2	2,62	5,6	7,0
2017	170	150	7,1	5,0	1,1	2,75	5,8	6,8
2018	173	154	7,4	5,0	1,2	2,25	5,4	7,4
2019	175	159	7,8	7,2	1,2	2,8	5,4	7,8
2020	169	161	7,2	5,0	1,3	2,2	5,1	7,8
Dzūkijos žaliųjų oro dumblių tyrimų stotis								
1993	95	86	8	11	2,1	3,1	5,0	8,0
1998	135	86	8	11	1,3	3,8	7,9	11,1
Žemaitijos žaliųjų oro dumblių tyrimo stotis								
1994	65	55	9	8	1,0	3,0	5,3	9,0
1998	78	55	9	8	1,2	3,2	4,3	6,4
2001	127	85	10	5	1,5	2,5	5,1	8,1
2004	222	150	8,7	14,3	1,6	2,0	5,8	7,8
2005	222	150	8,4	15,7	2,0	2,0	5,2	7,4
2006	227	150	8,7	16,0	2,6	1,3	4,8	7,5
2007	230	160	8,5	12,5	2,3	1,5	5,8	7,4
2008	233	165	8,0	9,2	2,5	1,3	5,0	8,0
2009	238	170	7,7	8,3	2,3	1,8	5,5	7,5
2010	242	175	9,0	8,7	1,9	1,0	6,2	8,0
2011	245	180	8,7	12,5	2,0	1,8	6,2	7,7
2012	245	185	8,0	9,2	1,6	1,1	5,2	7,8
2013	249	187	8,3	7,5	1,28	1,7	6,1	8,0
2014	251	188	8,1	10,0	1,25	1,4	5,4	7,9
2015	255	190	7,2	8,5	1,71	1,8	5,8	7,0
2016	260	195	7,3	10,0	1,28	2,5	5,4	7,0
2017	265	200	6,6	8,0	1,29	2,7	5,3	6,5
2018	267	200	6,5	7,5	1,85	2,0	5,0	6,0
2019	270	220	7,2	8,0	2,0	2,1	5,4	7,1
2020	280	240	7,0	5,5	1,75	1,625	5,0	7,0

Pastaba: * - parametų sutrumpinimas pagal Manual of Integrated Monitoring, 1993

2016-2017 m. Aukštaitijos KMS stebimų eglių spyglių padengimas žaliaisiais oro dumbliais iš esmės nepakito. Kaip ir ankstesniais metais vyrauja labai silpnas padengimo intensyvumas. Žaliadumbiais padengiami vis senesni spygliai, o stebimų eglių būklė taip pat išlieka labai gera. Pagal šiuos rodiklius Aukštaitijos KMS oro baseino užterštumas azoto junginiais turėtų išlikti panašiam lygmenyje ar kiek tai mažėti, ką indikuotų paskutiniųjų 2017 m. duomenys. 2018 m. žaliųjų oro dumblių gausa ant eglių spyglių nežymiai padidėjo ir pasiekė 2012 m. ir 2016 m. lygį. Tai galėjo sąlygoti ir krituliai, nuo kurių kiekio tiesiogiai priklauso ir padengimo intensyvumas, t.y. gausūs krituliai fiziškai nuplauna žaliuosius dumblius nuo spyglių paviršiaus. Tačiau *pasikartojančios sausros neturėjo esminės įtakos žaliųjų oro dumblių gausos padidėjimui paskutiniaisiais 2019 m. Pasitvirtino teiginys, kad šiltėjantis klimatas, dėl organinių junginių skaldimosi intensyvumo skatinimo, mažina aplinkos užterštumą N junginiais. Jauniausio eglės ūglio amžius Aukštaitijos KMS 2019 m. padidėjo vidutiniškai iki 2,8 m., kas rodo mažėjantį oro baseino užterštumą šiais junginiais.*

Gauti tyrimų rezultatai Žemaitijos KMS rodo, kad stabilų oro užterštumas azoto junginiais foną. Pagrindinis rodiklis indikuojantis tokią kaitą jauniausio ūglio amžius, kurio spygliai praddami apaugti žaliaisiais oro dumbliais. 2017 m. tokio ūglio vidutinis amžius turėjo tendenciją didėti. Tai mažiau teršiamo N junginiais oro baseino būklė.

2018 m. Žemaitijos KMS gauti analogiški rezultatai, kaip ir Aukštaitijos KMS baseine – žaliųjų oro dumblių gausa ant eglių spyglių padidėjo, o šioje stotyje ir pakankamai reikšmingai. Panašus gausumas buvo registruojamas 2015 m. Tai dar kartą parodo, kad sausra didina spyglių padengimą žaliaisiais dumbliais. *2019 m. žaliųjų oro dumblių gausa Žemaitijos KMS didėjo, ir priešingai negu Aukštaitijos KMS, indikavo didėjanti oro baseino užterštumą N junginiais.*

2020 metais registruoti du priešingi procesai žaliųjų oro dumblių gausos rezultatuose. Aukštaitijos KMS nustatytas nor sir neženklaus šių dumblių gausos padidėjimas, koks buvo registruojamas dar 2006 – 2007 m. Žemaitijos KMS žaliųjų oro dumblių gausos tyrimo stotyje nustatyta, kad šių dumblių gausa ant eglių spyglių sumažėjo. Didesni kritulių kiekiai galėjo turėti reikšmingos įtakos tokiam gausumo sumažėjimui, kadangi vienos didžiausių gausumo reikšmių buvo registruojama 2018 – 2019 m., kai Lietuvoje buvo registruojamos sausros, o 2017 m., pasižymintiais ypatingai gausiais krituliais, žaliųjų oro dumblių gausa buvo viena iš mažiausių per visą tiriamąjį laikotarpį.

Apibendrinus rezultatus būtų galima teigti, kad žaliųjų oro dumblių fitoindikacinei reakcijai didelės įtakos turi ir kritulių kiekis, kuris mechaniškai gali nuplauti dumblius nuo spyglių paviršiaus.

IŠVADOS

Tyrimų pradžioje didžiausiu gausumu žaliadumbliai pasižymėjo Aukštaitijos KMS teritorijoje. Kiek mažesniu gausumu pasižymėjo žaliadumbliai Dzūkijos KMS teritorijoje ir mažiausiu gausumu - Žemaitijos KMS teritorijoje.

2010-15 m. Aukštaitijos ir Žemaitijos KMS baseinų tarša azoto junginiais turėtų išlikti panašiam lygmenyje ar demonstruoti mažėjimo tendenciją.

2016-2017 m. Aukštaitijos KMS stebimų eglų spyglių padengimas žaliaisiais oro dumbliais iš esmės nepakito. Vyrauja labai silpnas padengimo intensyvumas. Žaliadumbliais padengiami vis senesni spygliai, o stebimų eglų būklė taip pat išlieka labai gera. Pagal šiuos rodiklius Aukštaitijos KMS oro baseino užterštumas azoto junginiais turėtų išlikti panašiam lygmenyje ar kiek tai mažėti, ką indikuotų 2017 m. duomenys.

Žemaitijos KMS oro užterštumas azoto junginiais turėtų išlikti stabilus. Pagrindinis rodiklis indikuojantis tokią kaitą jauniausio ūglio amžius, kurio spygliai pradedami apaugti žaliaisiais oro dumbliais.

Pasikartojančios sausros Aukštaitijos KMS neturėjo esminės įtakos žaliųjų oro dumblių gausos padidėjimui paskutiniaisiais 2019 m. Pasitvirtino teiginys, kad šiltėjantis klimatas, dėl organinių junginių skaldimosi intensyvumo skatinimo, mažina aplinkos užterštumą N junginiais. Jauniausio eglės ūglio amžius Aukštaitijos KMS 2019 m. padidėjo vidutiniškai iki 2,8 m., kas rodo mažėjančią oro baseino užterštumą šiais junginiais. 2019 m. žaliųjų oro dumblių gausa Žemaitijos KMS didėjo, ir [priešingai negu Aukštaitijos KMS, indikavo didėjanti oro baseino užterštumą N junginiais.

2020 metais registruoti du priešingi procesai žaliųjų oro dumblių gausos rezultatuose. Aukštaitijos KMS nustatytas nors ir neženklus šių dumblių gausos padidėjimas, koks buvo registruojamas dar 2006 – 2007 m. Žemaitijos KMS žaliųjų oro dumblių gausos tyrimo stotyje nustatyta, kad šių dumblių gausa ant eglų spyglių sumažėjo.

Žaliųjų oro dumblių fitoindikacinei reakcijai didelės įtakos turi ir kritulių kiekis, kuris mechaniškai gali nuplauti dumblius nuo spyglių paviršiaus.

3.2. Epifitinių kerpių rūšinė įvairovė ir gausumas

Kamieno epifitai, o ypač kerpės, jautriau nei ant žemės paviršiaus augantys augalai, reaguoja į oro taršą. Kerpės žudančiai veikia sieros dvideginis SO₂, fluoro vandenilis HF, etilenas ir ozonas O₃ (James, 1973; De Wit, 1983). Laboratoriniais ir lauko bandymais patvirtinta, kad epifitinių kerpių bendrijos, kaip biomonitoriai, yra puikus daugelio teršalų stebėjimo objektas (Skye, 1979; Burton, 1986). Pagal epifitinių kerpių rūšinę įvairovę, jų gniūžulų dydį ir būklę, atskirų jautrių ar tolerantiškų užterštumui kerpių rūšių buvimą, atsiradimą ar išnykimą ir pagal jų bendrijų sugebėjimą užimti didesnę plotą, sprendžiama apie oro užterštumo laipsnį ir aplinkoje vykstančius pokyčius. Silpnai išsivystę, pažeisti, bespalviai ar pajuodavę, maži ar žuvę epifitinių kerpių gniūžulai dažniausiai parodo aplinkos užterštumą.

Analizuojant epifitinių makro-kerpių rūšinę įvairovę ir gausumą, Lietuvoje augančios kerpės sugrupuotos pagal jautrumą teršalams. Atliekant surinktų duomenų analizę buvo atsižvelgiama į epifitinių kerpių jautrumą teršalams, pagal 10 balų Europos miškų kerpių skalę (Lichens as ..., 1993):

1. Jautriausios užterštumui poleofobiškos kerpės - kerpių jautrumas - 5-7 balai:

- * pilkoji laumagaurė (*Bryoria implexa* (Hoffm.) Brodo & D. Hawksw.), tamsioji laumagaurė (*Bryoria fuscescens* (Gyeln.) Brodo & D. Hawksw.) ir kt.. - 6 balai;
- * kedenės (*Usnea Wigg. em Ach. spp.*), žalsvasis kežas (*Melanelia olivacea* (L.) Essl.) - 6 balai;
- * sodinė briedragė (*Evernia prunastri* (L.) Ach.), vamzdiškasis plynkežis (*Hypogymnia tubulosa* (Schaer.) Havaas.) - 5 balai;
- * dulkėtoji ramalina (*Ramalina pollinaria* (Westr.) Ach.), uosinė ramalina (*Ramalina fraxinea* (L.) Ach.), miltuotoji ramalina (*Ramalina farinacea* (L.) Ach.) - 5 balai;

2. Vidutinės poleotolerancijos kerpės - kerpių jautrumas - 3-4 balai:

- * sėleninė briedragė (*Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf.), melsvoji kerpena (*Platismatia glauca* (L.) W.L. Culb. & C.F. Culb.), žalsvoji kerpena (*Tuckermannopsis chlorophylla* (Willd.) Hale (*Cetraria chlorophylla* (Willd. in Humb.) Vain.)), pušinė kerpena (*Vulpicida pinastri* (Scop.) J.-E. Mattsson & M.J. Lai.) - 4 balai;
- * vagotasis kežas (*Parmelia sulcata* Taylor.) - 3 balai;

3. Pakankamai pakenčiančios užterštumą poleotolerantiškos kerpės - kerpių jautrumas - 1-2 balai:

- * putlusis plynkežis (*Hypogymnia physodes* (L.) Nyl.), neapibrėžtoji kežuotė (*Parmeliopsis ambigua* (Wulfen.) Nyl.) - 2 balai;
- * sieninė geltonkerpė (*Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr.), daugiavaisė geltonkerpė (*Xanthoria polycarpa* (Hoffm.) Th. Fr. ex Rieber) - 1 balas.

Pirmieji kerpių tyrimai Aukštaitijos KMS atlikti 1993 m., o Žemaitijos KMS 1994 m. Kerpių tyrimo stotyje (KTS) medžių kerpėtumas įvertintas 60, 90, 120 ir 150 cm aukštyje nuo žemės paviršiaus ant medžių kamienų linijiniu metodu (Bräkenhelm, 1990) ir nustatyta jų rūšinė įvairovė. Krūmiškosioms kerpėms (kedenėms, sėleninei briedragei) išmatuotas maksimalaus plaušo ilgis. Pakartotiniai tyrimai šiose stotyse atlikti 1996, 1999, 2002 ir 2005 m.

Aukštaitijos IMS KTS kerpės tirtos 140 metų amžiaus pušyne. Čia rastos ir apmatuotos 4 epifitinių makrokerpių rūšys: putlusis plynkežis (*Hypogymnia physodes* (L.) Nyl.), sėleninė briedragė (*Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf.), neapibrėžtoji kežuotė (*Parmeliopsis ambigua* (Wulfen.) Nyl.) ir šiurės genties kerpės (*Cladonia* spp. (Hill.) Vain.). Žemaitijos KMS kerpės tirtos mišriame eglės-pušies medyje, kurį sudaro brandi eglė, brandi pušis ir kelios jaunesnių eglėlių kartos. Šiame tankiame, sudėtiniame medyje užregistruotos ir apmatuotos 3 kerpių rūšys: putlusis plynkežis (*Hypogymnia physodes* (L.) Nyl.), melsvoji kerpena (*Platismatia glauca* (L.) W.L. Culb. & C.F. Culb.) ir šiurės genties kerpės (*Cladonia* spp. (Hill.) Vain.).

Visose kerpių tyrimo ploteliuose ant pušų kamienų registruojama pakankamai poleotolerantiška SO₂ lapiškoji kerpė - putlusis plynkežis. Melsvoji kerpena jautriausia iš Aukštaitijoje ir Žemaitijoje nuolatos stebimų kerpių rūšių. Šių kerpių jautrumas - 4 balai.

Darbo rezultatai

1996 m. atlikta antroji epifitinių kerpių apskaita. Kai kurie šios apskaitos duomenys pateikiami 16 paveiksle. Aukštaitijos IMS užregistruotos 4 epifitinių makrokerpių rūšys: putlusis plynkežis, neapibrėžtoji kežuotė, šiurė ir sėleninė briedragė. Bendras Aukštaitijos KMS pušų kerpėtumas - 2,52 %. Putliuoju plynkežiu padengta tik 1,34 % pušų kamienų žievės (1993 metais buvo 1,78 %).

Žemaitijos IMS ant pušų ir eglėlių kamienų užregistruotos 3 epifitinių makrokerpių rūšys (po 3 ant pušų ir eglėlių medžių) - putlusis plynkežis, šiurė, melsvoji kerpena. Bendras Žemaitijos IMS pušų kerpėtumas - 7,68 %, eglėlių - 23,52 %. Putliuoju plynkežiu padengta tik 4,72 % pušų kamienų žievės (1994 metais buvo 4,79 %) ir 20,37 % eglėlių kamienų žievės (1994 metais buvo 20,92 %).

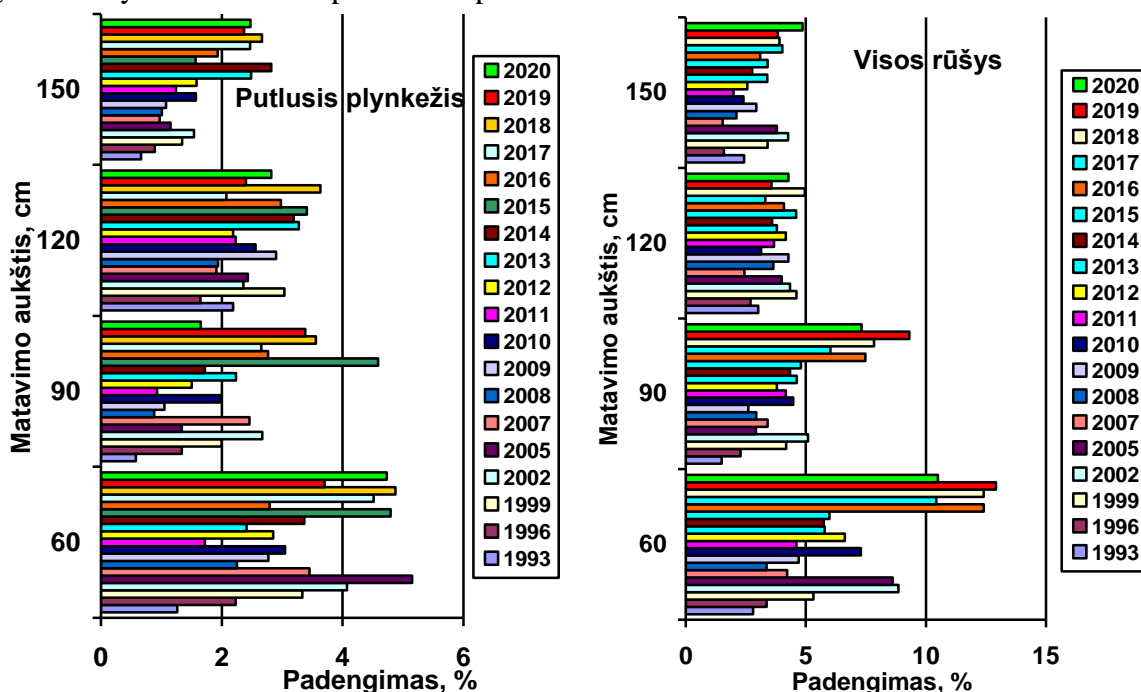
Taigi lyginant su pirma lichenometrine apskaita, absoliutūs padengimo kerpėmis skaičiai liko beveik nepakitę.

Trečios epifitinių kerpių gausumo apskaitos rezultatai rodė, kad labiausiai pušies kamienų kerpėtumas, kaip bendras taip ir putliuoju plynkežiu, padidėjo Žemaitijos IM stotyje, kiek mažiau Aukštaitijos ir mažiausiai Dzūkijos IM stotyje. 1999 m. naujų kerpių rūšių ant tirtų medžių nerasta.

2020 m. Aukštaitijos ir Žemaitijos KMS buvo atlikta 19-ta epifitinių kerpių rūšinės įvairovės, gausumo bei būklės apskaita kerpių tyrimo stotyje, bei pakartoti detalūs epifitinių kerpių rūšių įvairovės ir gausumo tyrimai visame baseine, įvertinat per 5 m laikotarpį užregistruotus pokyčius.

3.2.1. Epifitinių kerpių rūšinė įvairovė ir gausumas Aukštaitijos KMS kerpių tyrimo stotyje

2020 m. Aukštaitijos KMS kerpių tyrimo stotyje gauti epifitinių kerpių gausumo tyrimo rezultatai pateikti 16 paveiksle.

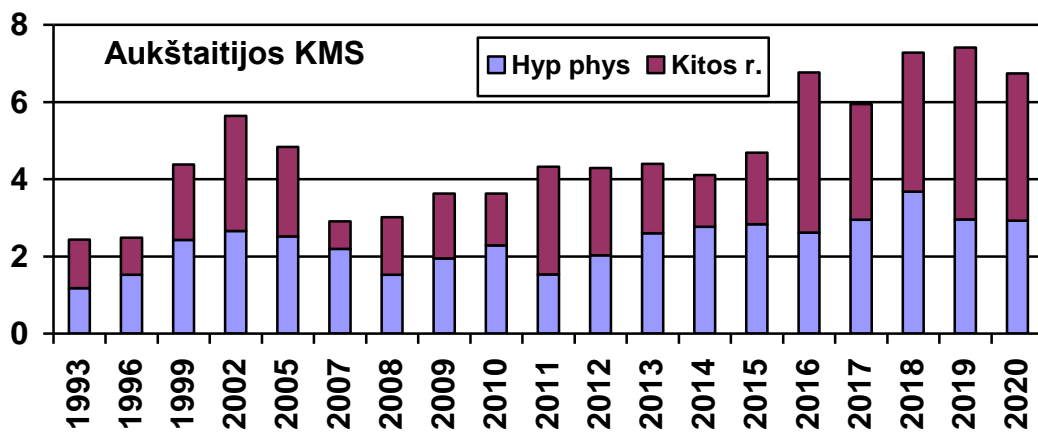


3.1 pav. Pušies kamienų kerpėtumo (%) kaita Aukštaitijos KMS teritorijoje 1993-2020 m.

Iš pateiktų duomenų matyti, kad epifitinių kerpių bendras padengimo intensyvumas jau daugelį metų praktiškai išlieka stabilus. 2016-2019 m. padengimo procentas medžio kamieno apatiniuose lygmenyse išlieka stabilus, su tendencija didėti dėl *Cladonia* genties ir

Parmeliopsis ambigua* kerpių gausumo didėjimo.** Aukštesniuose lygiuose, t.y. 120 ir 150 cm aukštyje stebėtų medžių kerpėtumas per visą stebėjimo laikotarpį iš esmės nesikeičia. visose lygmenyse mažai skyrėsi nuo 2016 m. kerpių padengimo intensyvumo, kuris apatiniuose stiebo lygmenyse buvo vienas iš didžiausių per visą tiriamąjį laikotarpį. Padidėjusiame lygmenyje kerpių padengimo intensyvumas išliko 60 cm ir 90 cm aukščiuose. ***Aukščiausiam lygmenyje, t.y. 150 cm aukštyje nuo 2007 m. registruojamas palaipsnis kamienų kerpėtumo didėjimas, kas indikuotų vis mažiau teršiamą aplinką sieros junginiais.

2018 m. išsiskyrė iš likusiųjų padidėjusiu tirtų medžių kamienų kerpėtumo laipsniu. Aukštaitijos KMS kerpėtumo intensyvumas 2018 m. išliko vienas didžiausių visuose matavimo aukščiuose ir tokį rezultatą sąlygojo kamienų padengimas putliuoju plynkėžiu. ***2019 m. pasikartojusi sausra neturėjo reikšmingos įtakos bendram kamienų kerpėtumo intensyvumo pokyčiui, nors padengimas putliuoju plynkėžiu demonstravo tendenciją mažėti.***



3.2 pav. Pušies kamienų kerpėtumo (%) kaita Aukštaitijos KMS teritorijoje 1993-2020 m.

2020 m. registruojamas neženklus epifitinių kerpių gausumo sumažėjimas. Įdomu pažymėti, kad toks sumažėjimas buvo registruotas ir išskirtinai drėgnais ir lietingais 2017 metais. Tokie rezultatai įgalina daryti išvada, kad gausūs krituliai gali sąlygoti gausumo sumažėjimą, ypač per pušies žiauberio plokštelių atsilupimą nuo kamieno ir nukritimą kartu su ant jų esančiomis kerpėmis.



Putlusis plynkežis – vyraujanti epifitinės kerpė KMS baseinų miškuose

Antros pagal gausumą *Cladonia* genties kerpės, kurių gausa jau daugelį metų didėja

Tokiu būdu epifitinių kerpių kaitą mūsų manymu galėjo sąlygoti papildomai ir klimatinės sąlygos, kai po pakankamai sauso 2015 m. sezono sekė labai drėgni 2017 m., o po 2018-2019 m. sausrų drėgni 2020 m. Tačiau didžiausią įtaką kerpėtumo didėjimui galėjo turėti pagrindinis epifitinių kerpių gausumą reguliuojantis veiksnys, tai oro tarša azoto ir sieros junginiais, kuri pastaruoju laikotarpiu palaipsniui vis dar mažėja. Taip pat reikšmingą įtaką kerpėtumo didėjimui taip pat turėjo ir *Cladonia* genties kerpių gausa, kuri jau daugelį metų turi tendenciją didėti.

Apibendrinus paskutiniųjų metų tyrimo rezultatus, matyti, kad epifitinių kerpių gausumas 2016-2019 m. laikotarpiu išlieka keliais procentiniais punktais didesnis negu 2011-2015 m. laikotarpiu. Tai vienos didžiausių padengimo epifitinėmis kerpėmis reikšmės per visą tiriamąjį laikotarpį. Tokia epifitinių kerpių reakcija į aplinkos pasikeitimus pirmiausiai turėtų indikuoti vis mažiau teršiamą Aukštaitijos regiono oro baseiną sieros junginiais. Pastaruoju laikotarpiu dėl intensyvaus kamienu padengimo putliuoju plynkežiu, bendras tirtų medžių kerpėtumas išlieka didžiausiame lygmenyje per visą tiriamąjį laikotarpį. ***Tokių epifitinių kerpių kaitą mūsų manymu galėjo sąlygoti papildomai ir klimatinės sąlygos, kai po pakankamai sauso 2015 m. sezono sekė labai drėgni 2017 m., o po 2018-2019 m. sausrų drėgni 2020 m.***

Nepaisant galimų ryšių su kritulių kiekiais, nustatyta, kad kerpių gausumo padidėjimą nuo 2015 m. galėjo lemti ir papildomai sumažėjusios N iškritos su krituliais, o nuo 2006 m. sieros ir amonio jonų koncentracijos ore.

Nustatyta, kad nuo 2015 m. nitratų srautas Aukštaitijos KMS sumažėjo nuo 2 kg/ha iki 1,5 kg/ha, o amonio – nuo 3 kg/ha iki 2 kg/ha. Tokiu būdu apskaičiavus bendrą srautą matyti, kad azoto srautui sumažėjus nuo 5 kg/ha iki 3,5 kg/ha epifitinių kerpių gausumas reikšmingai padidėjo. Tai būtų galima teigti, kad kritinis srautas lemiantis epifitinių kerpių reikšmingus pokyčius nitratams būtų apie 1,5 kg/ha, o amonio jonams – apie 2 kg/ha.

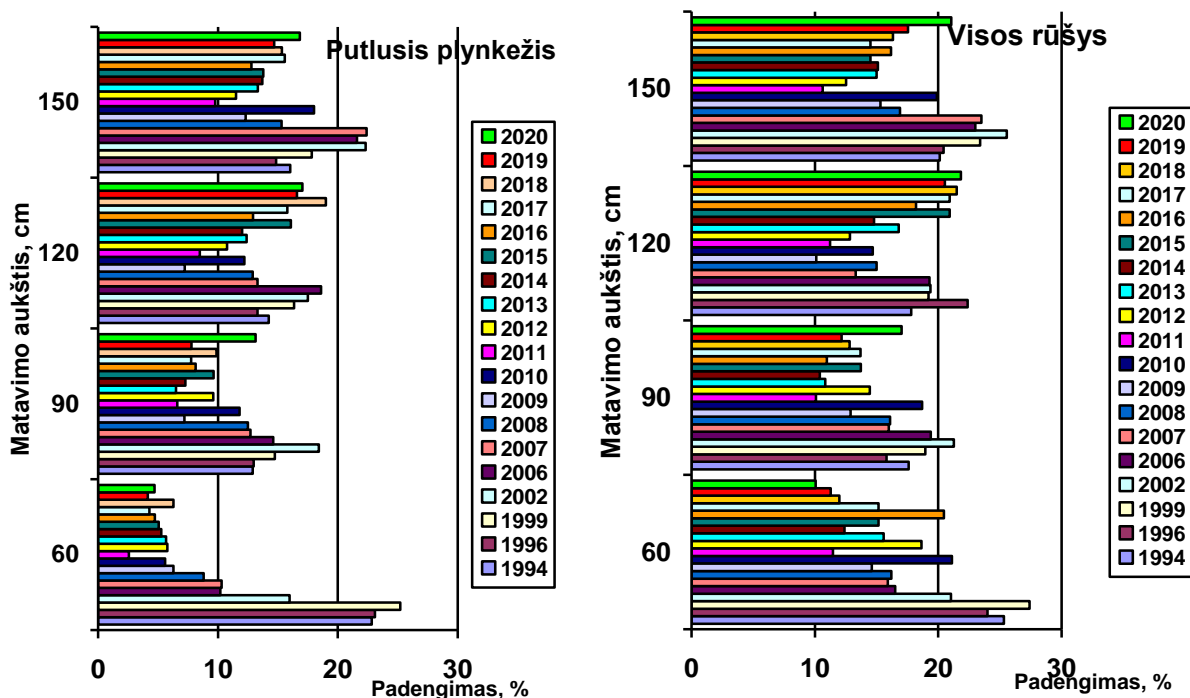
Bendrai tai sudarytų apie 3-4 kg/ha. Šiandieną kritinis N srautas yra 5 kg/ha. Gauti duomenys rodo, kad ši reikšmė jautriose miško ekosistemose turėtų būti mažesnė, t.y. iki 3 kg/ha., ką patvirtina pastarųjų metų tyrimai Skandinavijos šalyse.

3.2.2. Epifitinių kerpių rūšinė įvairovė ir gausumas Žemaitijos KMS kerpių tyrimo stotyje

Žemaitijos KMS kerpių tyrimo stotyje gauti epifitinių kerpių gausumo apskaitos rezultatai pateikti 18 paveiksle. Iš pateiktų duomenų matyti, kad epifitinių kerpių gausumas ant atrinktų stebimų medžių per paskutinįjį laikotarpį turi tendenciją mažėti. Intensyviausiai šis procesas pasireiškė iki 2011 m. apatinėje stebo dalyje – 60 cm aukštyje. 2012-2013 m. padengimas epifitinėmis kerpėmis šiame aukštyje pradėjo didėti. Manome, kad pagrindinė priežastis buvo intensyvus medžių apledėjimas, kai daugelio medžių šakos lūžo nuo gausaus sniego ir ledo. Dideli nuokritų kiekiai už šį laikotarpį laidžia teigti, kad epifitinės kerpės daugelyje atveju buvo mechaniškai nubrauktos nuo tiriamų kamienų. 2014 m. lyginant su praėjusiais metais tirtų medžių bendras padengimo epifitinėmis kerpėmis intensyvumas nepakito ar net turėjo mažėjimo tendenciją.

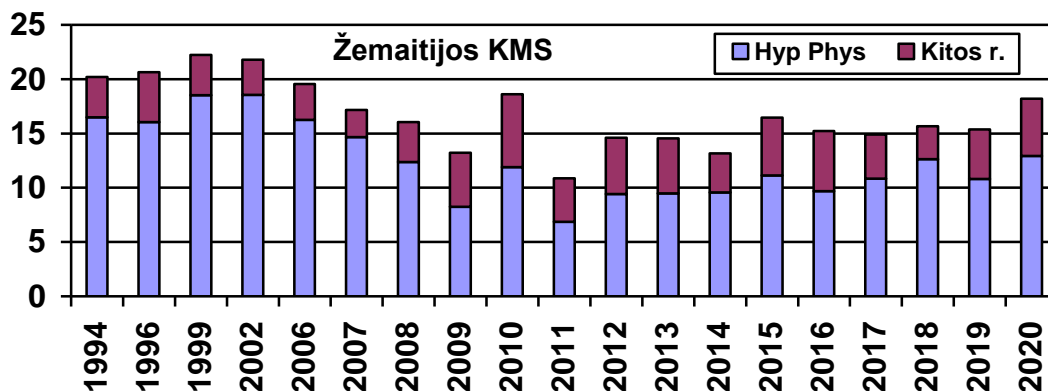
2018 m. bendras stebimų medžių kamienų kerpėtumas praktiškai išliko tame pačiame lygmenyje. Padengimo putliuoju plynkėžiu rezultatai rodo, kad šios kerpės dažnumas ant Žemaitijos KMS baseine augančių spygliuočių medžių rūšių kamienų iki 2011 m. turėjo tendenciją mažėti ypač apatiniuose matavimo lygmenyse. 120 ir 150 cm aukščių lygmenyse kerpėtumo sumažėjimas nebuvo toks ryškus.

*2019 m. pasikartojančios sausros, atrodo, kad galėjo sąlygoti stebėtų medžių kerpėtumo mažėjimą Žemaitijos KMS, ypač aukštesniuose matavimų lygmenyse, t.y. 120 ir 150 cm aukščiuose. Bendro kerpėtumo duomenis indikuoja priešingą rezultatą – pasikartojančios sausros teigiamai sąlygojo padengimo intensyvumą aukštesniuose lygmenyse, ypač padengima *Cladonia genties* kerpėmis, o žemutiniuose lygmenyse sausros neigiamas poveikis akivaizdus. 60 cm aukštyje mažėja visų kerpių padengimo intensyvumas.*



3.3 pav. Medžių kamienų kerpėtumas (%) Žemaitijos KMS teritorijoje 1994-2020 m.

2020 m. epifitinių kerpių gausumas Žemaitijos KMS padidėjo, tiek putliuoju plynkėžiu, tiek ir kitų registruotų kerpių. Pgal matavimo aukštį matyti, kad kiek tai mažėja gausumas žemiausiame 60 cm lygmenyje, o didėja aukštesniuose lygmenyse ir ypač 150 cm aukštyje.



3.4 pav. Medžių kamienų kerpėtumas (%) Žemaitijos KMS teritorijoje 1994-2020 m.

Kaip ir Aukštaitijos KMS, Žemaitijos KMS baseine epifitinių kerpių padengimo intensyvumas 2015-2019 m. laikotarpiu yra kiek tai padidėjęs lyginant su 2009-2014 m. laikotarpiu, bet praktiškai stabilus, kas indikuoatų ir mažai kintantį oro baseino užterštumo sieros junginiais lygmenį ir skirtingas epifitinių kerpių reakcijas į sausras. Išsiskiria tik didėjanti putliojo plynkėžiu gausa (iki 2020 m.) indikuojanti mažėjančią aplinkos taršą azoto ir sieros junginiais.

3.2.3. Makrokerpių rūšių įvairovė ir gausa KM stočių baseinų miško ekosistemose 2015-2020 m. (Vykdytojas: dr. Žydrūnas Preikša – VDU Miškų ir ekologijos fakultetas)

Lichenologiniams baseinų miškuose tyrimams buvo naudojamos tik makrokerpės – tiek lapiškosios tiek ir krūmiškosios. Kerpių nomenklatūrai naudotas J. Motiejūnaitės leidinys (2002). Buvo tirtos visos epifitinių ir epiksilinių makrokerpių rūšys, augančios ant įvairių substratų – tiek ant žalių medžių, tiek ant negyvos medienos. Rūšių kiekybiniam įvertinimui buvo naudojami 2 rodikliai: rūšinė įvairovė (skirtingų rūšių skaičius barelyje) ir gausa (substratų, ant kurių augo rūšys, skaičius barelyje). Tyrimai vykdyti 2020 m. liepos-rugpjūčio mėn.

Kerpės tirtos 2 tyrimo vietose – Aukštaitijos nacionaliniame parke esančioje Ažvinčių sengirės rezervatinėje zonoje (51 barelyje) ir Žemaitijos nacionaliniame parke esančioje Plokštinės rezervatinėje zonoje (35 bareliuose). Skritulinių barelių dydis – 0,125 ha. Bareliai buvo išvaikščiojami pilnai. Lauko tyrimų metu nenustatytų kerpių pavyzdžiai buvo paimti rūšies identifikavimui laboratorinėmis sąlygomis panaudojant optinius didinimo prietaisus ir cheminius reagentus. Kerpių gausa įvertinta kiekvienam bareliui atskirai, naudojant sekančią gausumo skalę: 1 – pavieniai rūšies fiksavimo atvejai (iki 3 substrato vienetų), 2 – rūšis barelyje sutikta auganti ant 4-10 substrato vienetų; 3 – rūšis augo ant 11-20 substrato vienetų ir 4 – rūšis barelyje augo gausiai (virš 20 substrato vienetų). Rūšies dažnumui teritorijoje nustatyti buvo naudojamas aptikimo dažnio rodiklis, parodantis kiek procentų barelių rūšis buvo aptikta.

Tyrimų metu 2020 m. viso buvo nustatyta 30 makrokerpių rūšių. Ažvinčių sengirės rezervate nustatytos 27 makrokerpių rūšys (3.2 lentelė), o Plokštinės rezervate – 26 (3.3 lentelė). Ažvinčių teritorijoje buvo rastos 6 unikalios rūšys, kurios nebuvo aptiktos Plokštinėje: *Bryoria fuscescens*, *Peltigera rufescens*, *Physconia enteroxantha*, *Usnea filipendula*, *Usnea firta*, *Usnea subfloridana*. Tuo tarpu Plokštinėje rastos 4 unikalios rūšys: *Parmelia saxatilis*, *Peltigera membranacea*, *Peltigera neckeri*, *Tuckermanopsis chlorophylla*. Saugomų rūšių, įtrauktų į Lietuvos raudonąją knygą nei vienoje teritorijoje nebuvo užfiksuota. Iš retų, sengirių specializuotų rūšių, užfiksuota vienintelė norveginė šiurė *Cladonia norvegica*, negausiai auganti abiejose teritorijose.

Lyginant Ažvinčių sengirėje 2020 m. rezultatus su 2015 m. vykdytais tyrimais, matyti, kad 4 rūšys 2020 m. jau nebeaptiktos, tačiau 3 rūšys rastos naujai (1 lentelė).

3.2 lentelė. Kerpių rūšinė įvairovė ir gausa Aukštaitijos KMS

Rūšis	Akronimas	Aptikimo dažnis, %		Vidutinė gausa, balais	
		2015	2020	2015	2020
<i>Bryoria capillaris</i>	Bry cap	48	75	0,80	1,51
<i>Bryoria fuscescens</i>	Bry fus	2	8	0,05	0,08
<i>Cetraria sepincola</i>	Cet sep	5		0,05	
<i>Cladonia cenotea</i>	Cla cen	14	6	0,21	0,06
<i>Cladonia chlorophaea</i> s.l.	Cla chl	43	20	0,48	0,2
<i>Cladonia coniocraea</i>	Cla con	80	71	1,39	1,12
<i>Cladonia cornuta</i>	Cla cor	68	75	1,27	1,12
<i>Cladonia digitata</i>	Cla dig	59	37	1,21	0,47
<i>Cladonia fimbriata</i>	Cla fim		43		0,49
<i>Cladonia macilenta</i>	Cla mac		2		0,02
<i>Cladonia norvegica</i>	Cla nor	7	2	0,07	0,02
<i>Cladonia ochrochlora</i>	Cla och	5	2	0,07	0,02
<i>Evernia prunastri</i>	Eve pru	25	16	0,25	0,16
<i>Hypogymnia physodes</i>	Hyp phy	100	100	4,00	3,75
<i>Hypogymnia tubulosa</i>	Hyp tub	98	78	1,82	1,69
<i>Imshaugia aleurites</i>	Ims ale	7		0,07	
<i>Melanohalea exasperatula</i>	Mel exa	11	4	0,11	0,04
<i>Melanelixia fuliginosa</i>	Mel ful	5	10	0,05	0,1
<i>Melanelia olivacea</i>	Mel oli	7		0,09	
<i>Parmelia sulcata</i>	Par sul	82	84	1,30	1,26
<i>Parmeliopsis ambigua</i>	Par amb	68	67	1,11	0,86
<i>Peltigera rufescens</i>	Pel ruf	2	2	0,02	0,02
<i>Physcia tenella</i>	Phy ten	5	6	0,05	0,06
<i>Physconia enteroxantha</i>	Phy ent		2		0,02
<i>Platismatia glauca</i>	Pla gla	98	100	3,59	3,65
<i>Pseudevernia furfuracea</i>	Pse fur	98	96	2,41	1,96
<i>Tuckermanopsis chlorophylla</i>	Tuc chl	25		0,25	
<i>Usnea filipendula</i>	Usn fil	25	31	0,27	0,49
<i>Usnea hirta</i>	Usn hir	9	29	0,09	0,31
<i>Usnea subfloridana</i>	Usn sub	39	14	0,50	0,14
<i>Vulpicida pinastri</i>	Vul pin	14	31	0,23	0,45
<i>Xantoria parietina</i>	Xan par	16		0,18	

Tarp didžiausių pasikeitimų galima paminėti *Tuckermanopsis chlorophylla* neaptikimą 2020 m., nors 2015 m. ji buvo rasta net ketvirtadalyje barelių nors ir labai negausiai (0,25 balo gausa), bei *Xanthoria parietina* „išnykimą“ iš buvusių šeštadalio barelių 2015 m. *Cladonia fimbriata* gausus atsiradimas 2020 m. gali būti paaiškinamas identifikavimo klaida 2015 metais. Kiti rūšinės sudėties pasikeitimai yra labiau suprantami, nes neaptiktos ar naujai aptiktos rūšys buvo sutinkamos labai retai su labai nedideliu gausumu, todėl visada yra tikimybė jų neužfiksuoti per pakankamai trumpą laiką tiriant konkretų barelį.

Lyginant rūšių aptikimo dažnumo pokyčius, labiausiai išsiskiria *Bryoria capillaris* pagausėjimas (nuo 48 proc. iki 75 proc. aptikimo bareliuose), *Usnea hirta* pagausėjimas (nuo 9

iki 29 proc.), *Vulpicida pinastri* pagausėjimas (nuo 14 iki 31 proc.), bei sumažėję rūšys - *Usnea subfloridana* (nuo 39 iki 14 proc.), *Cladonia chlorophaea* (nuo 43 iki 20 proc.), *Cladonia digitata* (nuo 59 iki 37 proc.). Kitų rūšių tarpe aptinkamumo bareliuose didesnių pokyčių nepastebėta.

Vertinant gausos pasikeitimą, didžiausi skirtumai nustatyti *Bryoria capillaris* (padidėjimas nuo 0,8 iki 1,51 balo) ir *Cladonia digitata* (sumažėjimas nuo 1,21 iki 0,47 balo).

3.3 lentelė. Kerpių rūšinė įvairovė ir gausa Plokštinės rezervate

Rūšis	Akronimas	Aptikimo dažnis, %		Vidutinė gausa, balais	
		2015	2020	2015	2020
<i>Bryoria capillaris</i>	Bry cap	18	40	0,21	0,46
<i>Bryoria fuscescens</i>	Bry fus	12		0,18	
<i>Cladonia cenotea</i>	Cla cen		3		0,03
<i>Cladonia chlorophaea</i> s.l.	Cla chl	55	26	0,79	0,46
<i>Cladonia coniocraea</i>	Cla con	79	86	1,46	1,97
<i>Cladonia cornuta</i>	Cla cor	97	74	2,52	1,37
<i>Cladonia digitata</i>	Cla dig	52	49	1,15	1,06
<i>Cladonia fimbriata</i>	Cla fim	3	46	0,06	0,66
<i>Cladonia macilenta</i>	Cla mac	6	6	0,12	0,06
<i>Cladonia norvegica</i>	Cla nor	3	3	0,03	0,03
<i>Cladonia ochrochlora</i>	Cla och	15	3	0,21	0,06
<i>Cladonia subulata</i>	Cla sub	6		0,06	
<i>Evernia prunastri</i>	Eve pru	3	20	0,03	0,2
<i>Hypogymnia physodes</i>	Hyp phy	100	97	4,00	3,86
<i>Hypogymnia tubulosa</i>	Hyp tub	48	63	0,64	1,09
<i>Imshaugia aleurites</i>	Ims ale	3		0,03	
<i>Melanohalea exasperatula</i>	Mel exa	12	26	0,15	0,26
<i>Melanelixia fuliginosa</i>	Mel ful	3	3	0,03	0,03
<i>Parmelia saxatilis</i>	Par sax	21	49	0,24	0,54
<i>Parmelia sulcata</i>	Par sul	21	37	0,27	0,57
<i>Parmeliopsis ambigua</i>	Par amb	45	46	0,88	0,66
<i>Peltigera membranacea</i>	Pel mem		3		0,03
<i>Peltigera neckeri</i>	Pel nec	3	3	0,03	0,09
<i>Phycia tenella</i>	Phy ten		20		0,2
<i>Platismatia glauca</i>	Pla gla	100	97	4,00	3,66
<i>Pseudevernia furfuracea</i>	Pse fur	55	74	0,82	1,26
<i>Ramalina farinacea</i>	Ram far	6	9	0,06	0,09
<i>Tuckermanopsis chlorophylla</i>	Tuc chl	3	9	0,03	0,09
<i>Usnea subfloridana</i>	Usn sub	3		0,03	
<i>Vulpicida pinastri</i>	Vul pin	18	3	0,18	0,03

Lyginant Žemaitijos KMS 2020 m. rezultatus su 2015 m. vykdytais tyrimais, matyti, kad 4 rūšys 2020 m. jau nebeaptiktos, tačiau rastos 2 naujos rūšys (3.3 lentelė). Didžiausias pasikeitimas yra *Phycia tenella* tarpe, nes naujai aptikta rūšis rasta įsikūrusi net penktadalyje

barelių. Kitų rūšių pokyčiai yra paaiškinami dėl labai nedidelio aptikimo dažnio ir galimo „pražiūrėjimo“. Norint tiksliau įvertinti rūšinės sudėties pokyčius ilgesniam laikotarpyje, reikia dar bent 2 pakartojimų kas 5 metai.

3.4 lentelė. Ažvinčių sengirės rezervato barelių palyginimas

Barelio Nr,	S*		H**		Barelio Nr,	S*		H**	
	2015	2020	2015	2020		2015	2020	2015	2020
1	9	14	2,0	2,4	27	12	13	2,3	2,4
2	11	10	2,2	2,1	28	12	10	2,4	2,1
3	6	7	1,7	1,7	29		10		2,2
4	11	11	2,2	2,2	30	7	7	1,7	1,9
5		13		2,4	31	13	7	2,4	1,9
6	12	13	2,4	2,5	32	11		2,2	
7	11	13	2,3	2,4	33	16	14	2,6	2,4
8	10	12	2,2	2,3	34	10	8	2,2	2,0
9	14	11	2,5	2,2	35		12		2,3
10	10	8	2,1	1,9	36	8	9	2,0	2,0
11		8		1,8	37	12	8	2,3	2,0
12	7	10	1,8	2,2	38	10	3	2,2	0,9
13	13	10	2,4	2,2	39	8	6	2,0	1,7
14	11	12	2,2	2,3	40	13	11	2,4	2,2
15	7	12	1,8	2,3	41	11	8	2,2	1,9
16	10	11	2,2	2,3	42	13	12	2,4	2,4
17	10	12	2,2	2,3	43		12		2,3
18	12	11	2,3	2,2	44	10	10	2,2	2,1
19	9	9	2,0	2,0	45	10	11	2,2	2,2
20		9		2,0	46	12	14	2,3	2,5
21	9	10	2,1	2,2	47	12	11	2,4	2,3
22	11	7	2,2	1,8	48	10	8	2,2	1,9
23	8	8	2,0	2,0	49	13	11	2,5	2,2
24	7	10	1,8	2,2	50	9	7	2,1	1,8
25	14	8	2,5	1,9	51		13		2,4
26	13	10	2,5	2,1	52		11		2,2
					Vidurkis	10,6	10,1	2,2	2,1

*S – rūšinė įvairovė (species richness)

**H – Šenono įvairovės indeksas (Shannon’s diversity index)



Pušinė vulpicidė *Vulpicida pinastri* Ažvinčių sengirėje stipriai gausėja, tuo tarpu Plokštinės rezervate stebimas mažėjimas



Vagotasis kežas *Parmelia sulcata*, putlusis plynkežis *Hypogymnia physodes* ir žalsvoji kerpena *Tuckermanopsis chlorophylla* (aptikta tik Plokštinės rezervate) sugyvena taikiai



Akmeninis kežas *Parmelia saxatilis* aptiktas tik Plokštinės rezervate, kur jo gausa didėja



Šviesioji laumagaurė *Bryoria capillaris* Ažvinčių sengirėje jaučiasi puikiai, stebimas gausos didėjimas – švarau oro indikatorius



Barzdotoji kedenė *Usnea filipendula* aptikta tik Ažvinčių sengirės bareliuose – švarau oro indikatorius



Vamzdiškasis plynkežis *Hypogymnia tubulosa* Plokštinės rezervate – gausėjanti rūšis



Nekerio meškapėdė *Peltigera neckeri* rasta tik viename barelyje Plokštinės rezervate

Vertinant atskirų rūšių aptikimo dažnį, didžiausia pasikeitimai užfiksuoti *Bryoria capillaris* (nuo 18 iki 40 proc. padidėjimas), *Cladonia chlorophaea* (sumažėjimas nuo 55 iki 26 proc.), *Evernia prunastri* (pagausėjimas nuo 3 iki 20 proc.), *Melanohalea exasperatula* (padidėjimas nuo 12 iki 26 proc.), *Parmelia saxatilis* (padidėjimas nuo 21 iki 49 proc.) ir *Vulpicida pinastri* (sumažėjimas 6 kartus – nuo 18 iki 3 proc.). Didelis *Cladonia fimbriata* pasikeitimas galimas dėl klaidingo įvertinimo (identifikavimo) 2015 metais.

Vertinant kerpių vidutinę gausą barelyje, didžiausi pokyčiai yra *Cladonia cornuta* (sumažėjimas nuo 2,52 iki 1,27 balo). Kitų rūšių tarpe galima pastebėti pasikeitimus iki kelių kartų, tačiau jų pati gausa yra labai nedidelė.

Tyrimais nustatyta, kad 2020 m. Ažvinčių sengirės rezervate makrokerpių rūšinė įvairovė (bendras rūšių skaičius barelyje) 12 % didesnė už Plokštinės rezervato, tuo tarpu 2015 m. šis skirtumas buvo 25 % (3.4, 3.5 lentelės). Tokius pokyčius nulėmė rūšių gausos sumažėjimas Ažvinčių sengirėje ir rūšių pagausėjimas Plokštinės rezervate. Šenono įvairovės indeksas (rūšinė įvairovė įvertinant gausą ir rūšių pasiskirstymo tolygumą) 2015 m. Ažvinčių sengirėje buvo 14 % didesnis nei Plokštinės rezervate, o 2020 m. jau buvo vienodi. Tokius pokyčius galima paaiškinti tuo, kad Plokštinės rezervatas, nors ir žymiai jaunesnis (pagal įsteigimo datą), tačiau laikui bėgant jame įvairovė didėja miškui senstant ir artėjant prie sengirei būdingos mozaikiškos ir sudėtingos struktūros.

Vis dėlto, tiek Ažvinčių sengirės tiek ir Plokštinės miško pirmykščiu laikyti negalima, nes sengirių specializuotų (kertinių) rūšių makrokerpių tarpe rasta vos viena - *Cladonia norvegica*.

Abiejose teritorijose dominuoja įprastos generalistinės rūšys. Viena iš problemų, kodėl neaptinkamos spygliuočių miškams būdingos specializuotos sengirių rūšys, tokios kaip *Ramalina thrausta* arba *Evernia divaricata*, gali būti didelė sengirių fragmentacija, kas iššaukia migracijos kelių nutrūkimą ir rūšių plitimo galimybių suvaržymą dėl per didelio atstumo iki artimiausių radimviečių.

Vertinant rūšinės sudėties pasikeitimus atskiruose Aukštaitijos KMS bareliuose per 5 metus, didžiausi pokyčiai užfiksuoti 1, 15, 22, 25, 31, 37 ir 38 bareliuose. Ypač kardinalūs pokyčiai įvyko 38 barelyje, kai rūšinė įvairovės nuo 10 nukrito iki 3 ir Šenono įvairovės indeksas sumažėjo nuo 2,2 tik iki 0,9. Stiprūs neigiami pokyčiai įvyko ir 31 bei 25 bareliuose, tuo tarpu nemaži teigiami pokyčiai stebimi 1 ir 15 bareliuose.

3.5 lentelė. Plokštinės rezervato barelių palyginimas

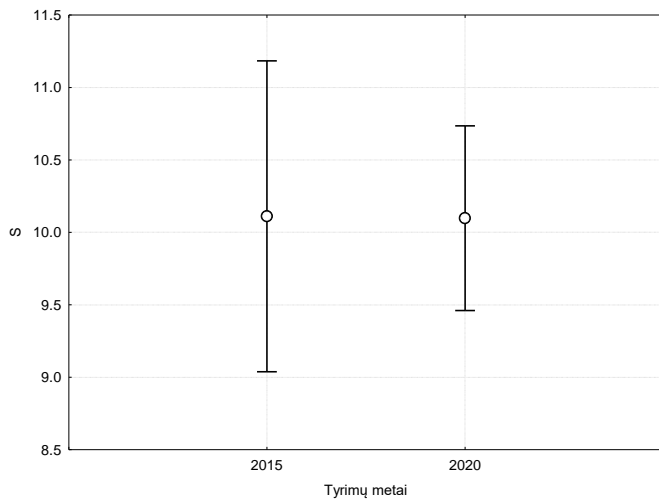
Barelis Nr.	S*		H**		Barelis Nr.	S*		H**	
	2015	2020	2015	2020		2015	2020	2015	2020
2	6	8	1,7	1,9	20	9	8	2,0	2,0
3	8	7	1,9	1,7	21	8	11	1,9	2,3
4	11	11	2,2	2,2	22		12		2,4
5	9	8	2,1	1,9	23	10	8	2,1	1,9
6	6	7	1,7	1,8	24	8	7	1,9	1,8
7	7	9	1,8	2,0	25	9	10	2,0	2,1
8	10	12	2,2	2,3	26	9	7	2,1	1,8
9	8	10	1,9	2,1	27	7	7	1,8	1,8
10		3		1,3	28	7	9	1,9	2,1
11	5	8	1,6	1,8	29	7	9	1,8	2
12	6	10	1,7	2,1	30	11	11	2,2	2,2
13	5	9	1,6	2,1	31	11	10	2,3	2,1
14	6	8	1,6	2,0	32	8	10	1,9	2,1
15	9	13	2,0	2,4	34	10	7	2,1	1,7
16	6	12	1,7	2,3	35	7	4	1,8	1,4
17	6	11	1,7	2,2	36	11	9	2,2	2,1
18	6	10	1,7	2,1	37	10	11	2,2	2,3
19	5	6	1,7	1,7	Vidurkis	8	8,9	1,9	2,1

*S – rūšinė įvairovė (species richness)

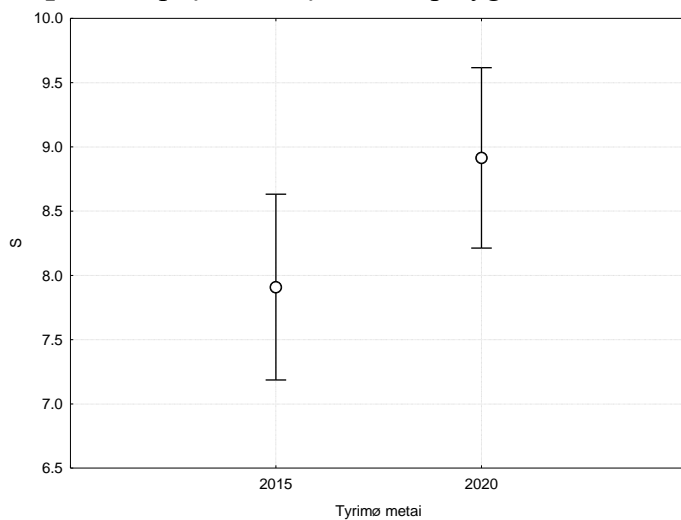
**H – Šenono įvairovės indeksas (Shannon's diversity index)

Vertinant rūšinės sudėties pasikeitimus atskiruose Žemaitijos KMS bareliuose per 5 metus, didžiausi pokyčiai užfiksuoti 12, 13, 15, 16, 17 ir 18 bareliuose. Visuose šiuose bareliuose stebimi teigiami pokyčiai. Ypač kardinalūs pokyčiai stebimi 16 barelyje, kai rūšių skaičius pakilo nuo 6 iki 12, o Šenono įvairovės indeksas pakilo nuo 1,7 iki 2,3.

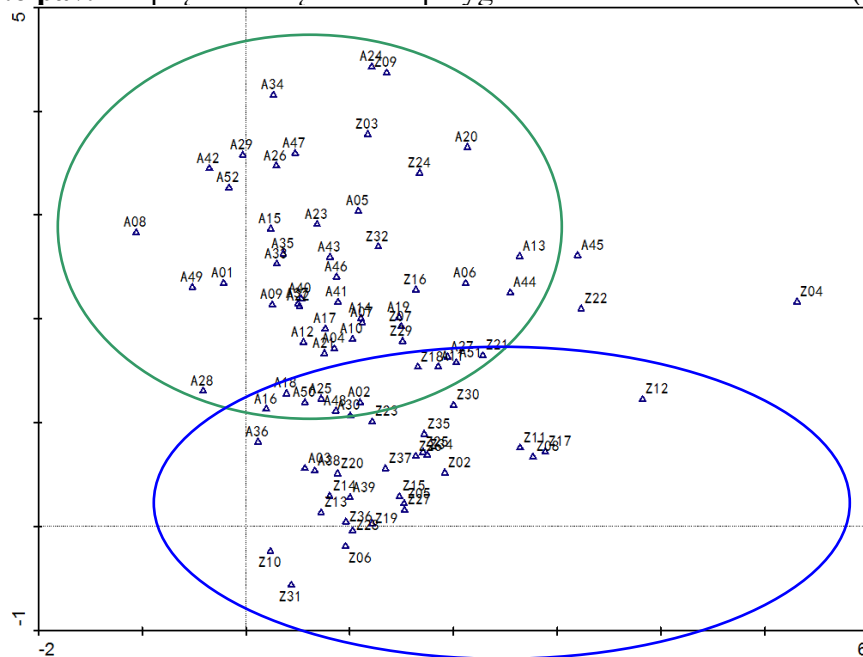
Ažvinčių sengirėje rūšinė įvairovė stabilizavusis, tuo tarpu Plokštinės rezervate stebimas rūšinės įvairovės didėjimas (3.5 pav.).



3.5 pav. Kerpių rūšinės įvairovės palyginimas Ažvinčių sengirės rezervate ($F=0,00$, $p=0,98$)



3.6 pav. Kerpių rūšinės įvairovės palyginimas Plokštinės rezervate ($F=3.97$, $p=0,05$)



3.7 pav. Ažvinčių sengirės ir Plokštinės rezervatų barelių palyginimas pagal kerpių rūšinę sudėtį

Palyginus Ažvinčių sengirės ir Plokštinės rezervatų tyrimų barelius pagal makrokerpių rūšinę sudėtį ir gausą, matyti, kad tik nedidelė dalis barelių vienas į kitą panašūs (3.7 pav.). Absoliuti dauguma barelių tarp abiejų teritorijų nesimaišo, tai galima pagrįstai teigti, kad rūšinė įvairovė yra skirtinga. Savo unikalumu labiausiai išsiskiria 4 ir 12 Plokštinės rezervato, bei 8 Ažvinčių sengirės bareliai.



Didžiuliai kuokšai *Usnea filipendula* kerpės, kokių tyrimų pradžioje nebuvo sutinkama KMS baseinų miškuosen rodo išsivaliusią nuo teršalų aplinką

IŠVADOS

2020 m. Aukštaitijos ir Žemaitijos KMS buvo atlikta 19-ta epifitinių kerpių rūšinės įvairovės, gausumo bei būklės apskaita kerpių tyrimo stotyje, bei pakartoti detalūs epifitinių kerpių rūšių įvairovės ir gausumo tyrimai visame baseine, įvertinat per 5 m laikotarpį užregistruotus pokyčius.

Aukštaitijos KMS epifitinių kerpių bendras padengimo intensyvumas jau daugelį metų praktiškai išlieka stabilus. **2016-2019 m. padengimo procentas medžio kamieno apatiniuose lygmenyse išlieka stabilus, su tendencija didėti dėl *Cladonia genties* ir *Parmeliopsis ambigua* kerpių gausumo didėjimo. Aukščiausiam lygmenyje, t.y. 150 cm aukštyje nuo 2007 m. registruojamas palaipsniis kamienų kerpėtumo didėjimas, kas indikuotų vis mažiau teršiamą aplinką sieros junginiais.**

2018 m. išsiskyrė iš likusiųjų padidėjusiu tirtų medžių kamienų kerpėtumo laipsniu. Aukštaitijos KMS kerpėtumo intensyvumas 2018 m. išliko vienas didžiausių visuose matavimo aukščiuose ir tokį rezultatą sąlygojo kamienų padengimas putliuoju plynkėžiu. **2019 m. pasikartojusi sausra neturėjo reikšmingos įtakos bendram kamienų kerpėtumo intensyvumo pokyčiui, nors padengimas putliuoju plynkėžiu demonstravo tendenciją mažėti.** 2020 m. registruojamas neženklus epifitinių kerpių gausumo sumažėjimas.

Epifitinių kerpių gausumas 2016-2019 m. laikotarpiu išlieka keliais procentiniais punktais didesnis negu 2011-2015 m. laikotarpiu. Tai vienos didžiausių padengimo epifitinėmis kerpėmis reikšmės per visą tiriamąjį laikotarpį. Tokia epifitinių kerpių reakcija į aplinkos pasikeitimus pirmiausiai turėtų indikuoti vis mažiau teršiamą Aukštaitijos regiono oro baseiną sieros junginiais.

Epifitinių kerpių kaitą mūsų manymu galėjo sąlygoti papildomai ir klimatinės sąlygos, kai po pakankamai sauso 2015 m. sezono sekė labai drėgni 2017 m., o po 2018-2019 m. sausrų drėgni 2020 m.

Nustatyta, kad nuo 2015 m. nitratų srautas Aukštaitijos KMS sumažėjo nuo 2 kg/ha iki 1,5 kg/ha, o amonio – nuo 3 kg/ha iki 2 kg/ha. Tokiu būdu apskaičiavus bendrą srautą matyti, kad azoto srautui sumažėjus nuo 5 kg/ha iki 3,5 kg/ha epifitinių kerpių gausumas reikšmingai padidėjo. Tai būtų galima teigti, kad kritinis srautas lemiantis epifitinių kerpių reikšmingus pokyčius nitratams būtų apie 1,5 kg/ha, o amonio jonams – apie 2 kg/ha. Bendrai tai sudarytų apie 3-4 kg/ha. Šiandieną kritinis N srautas yra 5 kg/ha. Gauti duomenys rodo, kad ši reikšmė jautriose miško ekosistemose turėtų būti mažesnė, t.y. iki 3 kg/ha., ką patvirtina pastarųjų metų tyrimai Skandinavijos šalyse.

Žemaitijos KMS kerpių tyrimo stotyje epifitinių kerpių gausumas tyrimų pradžioje ant atrinktų stebimų medžių turėjo tendenciją mažėti. Intensyviausiai šis procesas pasireiškė iki 2011 m. apatinėje stebo dalyje – 60 cm aukštyje. Po šių metų kerpių pradėtas registruoti reguliarius kerpių gausumo didėjimas.

Kaip ir Aukštaitijos KMS, Žemaitijos KMS baseine epifitinių kerpių padengimo intensyvumas 2015-2019 m. laikotarpiu yra kiek tai padidėjęs lyginant su 2009-2014 m. laikotarpiu, bet praktiškai stabilus, kas indikuotų ir mažai kintantį oro baseino užterštumo sieros junginiais lygmenį ir skirtingas epifitinių kerpių reakcijas į sausras.

2020 m. epifitinių kerpių gausumas Žemaitijos KMS padidėjo, tiek putliuoju plynkėžiu, tiek ir kitų kerpių. Pgal matavimo aukštį matyti, kad kiek tai mažėja gausumas žemiausiame 60 cm lygmenyje, o didėja aukštesniuose lygmenyse ir ypač 150 cm aukštyje.

Apibendrinus 5 m. rezultatus nustatyta, kad tik nedidelė dalis tiriamų medynų ploteliuose vienas į kitą panašūs. Absoliuti dauguma tirtų medynų tarp abiejų teritorijų nesimaišo, todėl jų epifitinių kerpių rūšių įvairovė skirtinga.

Vertinant bendrai visą įvairovės pasikeitimą Žemaitijos KMS miško ekosistemose nuo 2015 m. iki 2020 m., galima pagrįstai teigti, kad sąlygos makrokerpėms stipriai gerėja, nors dar ir nepasiekę Aukštaitijos KMS Ažvinčių sengirės įvairovės lygio, tuo tarpu Ažvinčių sengirėje padėtis stabilizavusis ir didelių pokyčių bendrai vertinant teritorijoje nestebima.

Jautrių aplinkos užterštumui kerpių gausos didėjimas, ypač Aukštaitijos KMS indikuoja vis mažiau sieros, azoto ir kitais toksiškais kerpėms junginiais teršiamas miško ekosistemas šiaurės rytinėje Lietuvos dalyje.

3.3. Dirvožemio pedobiontų rūšinė įvairovė ir gausumas (Dr. Audronė Petrauskienė)

Dirvožemis yra pagrindinė visų sausumos ekosistemų dalis, atliekanti unikalų funkcinį vaidmenį visiems sausumos organizmams. Dirvožemio gebėjimas atlikti savo funkcijas labai priklauso nuo jo struktūros. Pažeidus dirvožemio struktūrą, pažeidžiamos ir kitos aplinkos terpės ir ekosistemos (Eidukevičienė, Vasiliauskienė, 2001).

Pagrindinė dirvožemio funkcija – sugebėjimas dalyvauti biosferoje vykstančiuose medžiagų transformacijos ir migracijos procesuose, nuo kurių priklauso visų ekosistemų funkcionavimas. Dirvožemyje sukaupta organinė medžiaga – tai pastoviai gamyboje esanti žaliava, kuri formuoja dirvožemio fizines ir chemines savybes, dalyvauja medžiagų apykaitoje gamtoje, kuria humusą, palaiko dirvožemio derlingumą, augina produkciją.

Pastaruoju metu vykstant klimatiniais pokyčiams, didėjant antropogeniniam krūviui sausumos ekosistemos, kurių pagrindas yra dirvožemis, turi būti pastoviai stebimos naudojant visus žinomus jautriausius rodiklius. Be fizinių-cheminių metodų svarbus ir biologinės dirvožemių diagnostikos metodas, kurio esmę sudaro visas kompleksas biotestų ir bioindikatorių. Bioindikacinis metodas pagrįstas testobjektų reakcija į atitinkamus klimato kaitos ir antropogeninius faktorius. Pedobiontai yra viena labiausiai tinkamų bioindikacinių organizmų grupių. Dirvožemis yra jų gyvenamoji terpė, kurios fizikiniai ar cheminiai pakitimai tiesiogiai atsispindi mikroorganizmų ir zoocenozių gausume, rūšių kaitoje ir viso komplekso struktūroje (Pankhurst, 1997; Parisi et al., 2005). Pedobiontų kompleksų struktūra, individų ir rūšių gausumas, įvairovė, dominuojantieji komponentai ryškiai atspindi dirvožemio tipą, ekosistemos charakterį ir antropogeninį poveikį. Didžiausia pedobiontų įvairovė yra sąlyginai natūralių ekosistemų dirvožemiuose. Šių dirvožemių genetinis fondas gali tarnauti vertinant dirvožemių biologinių procesų pažeidimo laipsnį.

Vieni patogiausių ir jautriausių bioindikatorių dirvožemio ekologinės būklės įvertinimui pedobiontų tarpe yra dirvožemio mikroartropodai. Mikroartropodai – tai sąlyginis terminas, jungiantis daugybę dirvožemio gyvūnų grupių, kurių dydis įvairuoja nuo 0,2 iki 2,0 mm. Tai dirvožemio erkės (*Oribatida*, *Astigmata*, *Prostigmata*, *Mesostigmata*) ir kolembolos (*Collembola*). Oribatidinės ir gamazinės erkės, bei kolembolos yra svarbiausi dirvožemių organinių liekanų mineralizatoriai ir humifikatoriai. Tarp jų savo gausumu, o ypač rūšine įvairove, ryškiai išsiskiria oribatidinės erkės. Jos turi didelę reikšmę dirvožemio formavimosi procesuose (Pankhurst, 1997).

Dirvožemio ėminiai imti Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stotyse 2020 m. rugsėjo mėn. stacionarinėse tyrimo aikštelėse (Manual for integrated monitoring, 1977; Augustaitis ir kt., 2006).

Aukštaitijos nacionalinio parko stacionarinių tyrimų aikštelė yra Ažvinčių sengirės Versminio upelio baseine. Geografinės baseino koordinatės: ilguma 26°03'20"–26°04'50", platuma 55°26'20"–55°026'53". Dirvožemiai karbonatingieji smėlžemiai, dominuoja Peucedano-Pinetum tipo pušynai, žolinėje dangoje dominuoja *Vaccinium myrtillus*, *Calamagrostis arundinacea*, samanų *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*. Perbrendęs brukninis pušynas su nedidele eglių priemaiša. Daugiametė vidutinė oro temperatūra 5,8°C, kritulių kiekis 682 mm, vegetacijos periodo ilgis 189 dienos (Augustaitis ir kt., 2006).

Žemaitijos nacionalinio parko stacionarinių tyrimų aikštelė yra Plokštynės rezervate, Uošnos upės dešiniojo intako Juodupio baseine. Geografinės baseino koordinatės: ilguma 21°51'56"–21°53'10", platuma 56°00'19"–56°01'05". Dirvožemiai – pajaurėję smėlžemiai. Dominuoja eglynai Linnaeo-Piceetum (Augustaitis ir kt., 2006; Rašomavičius, 2006). Žolinėje dangoje vyrauja *Vaccinium myrtillus*. Bręstantis eglynas. Daugiametė vidutinė oro temperatūra 5,9°C, kritulių kiekis 788 mm, vegetacinio periodo ilgis 187 dienos.

Dirvožemio ėminiai imti *cenometru* (5x5x5 cm) iš viršutinio 0–5 cm dirvožemio sluoksnio 5 pakartojimais kiekvienoje tirtoje aikštelėje. Mikroartropodai iš dirvožemio buvo išvaromi modifikuotu šviesiniu Berlese-Tullgreno ekstraktoriumi, pagal standartinę metodiką (Гиляров, Стриганова, 1987).

Tirti Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stočių dirvožemio mikroartropodų kompleksai: oribatidinės, gamazidinės, akaridinės, kt. erkės ir kolembolos. Iki rūšių apibūdintos oribatidinės erkės.

Duomenų analizei naudoti šie ekologiniai rodikliai: gausumas (n) – (tūkst. ind./m²), rūšių skaičius (S). Rūšių dominavimas nustatytas pagal H. Engelmaną (Engelmann, 1978): eudominantinės rūšys pavyzdyje sudaro 40–100%; dominuojančios rūšys – 12,5–39,9%; subdominuojančios rūšys – 4,0–12,4%; retos rūšys – 1,3–3,9%; labai retos rūšys – mažiau 1,3%. Kompleksų struktūra išreikšta procentais.

Šiame darbe 2020 metų duomenys papildo ankstesnių daugiamečių tyrimų duomenis. Mikroartropodų tyrimai Lietuvos nacionalinių parkų dirvožemiuose monitoringo aikštelėse buvo vykdyti kasmet nuo 1993 metų (ANP) ir nuo 1995 metų (ŽNP) iki 2006 m.

3.3.1. Mikroartropodų kompleksų struktūra Aukštaitijos KMS dirvožemio tyrimo stotyje 2020

Aukštaitijos integruoto monitoringo stoties dirvožemyje 2020 m. duomenimis mikroartropodų gausumas buvo vidutiniškai 280 tūkst. ind./m². Dominuojanti grupė – oribatidinės erkės, kurios sudaro vidutiniškai 78,5% visų mikroartropodų (3.6 lentelė). Jų vidutinis gausumas yra 219,9 tūkst. ind./m² (3.8 pav.). Gamazidinių erkių vidutinis gausumas – 20,6 tūkst. ind./m², jos sudro 7,3% visų mikroartropodų. Akaridinių erkių aptikta vidutiniškai 9,6 tūkst. ind./m², jos sudaro 3,4% visų mikroartropodų. Kitos erkės sudaro 3,6% visų mikroartropodų (vidutiniškai 10,0 tūkst. ind./m²). Kolembolų vidutinis gausumas – 19,9 tūkst. ind./m². Jos sudaro 7,1% visų mikroartropodų (3.9 pav.).

Iš viso identifikuotos 26 oribatidinių erkių rūšys. Oribatidų cenožės branduolį sudaro smulkios *Oppiidae*, *Suctobelbidae* ir *Brachychthoniidae* šeimų atstovės. *Oppiella nova* sudaro 30,6%, *Brachychthonius sp.* erkės – 23,7%, *Suctobelbella sp.* – 10,1%. (3.7. lentelė).

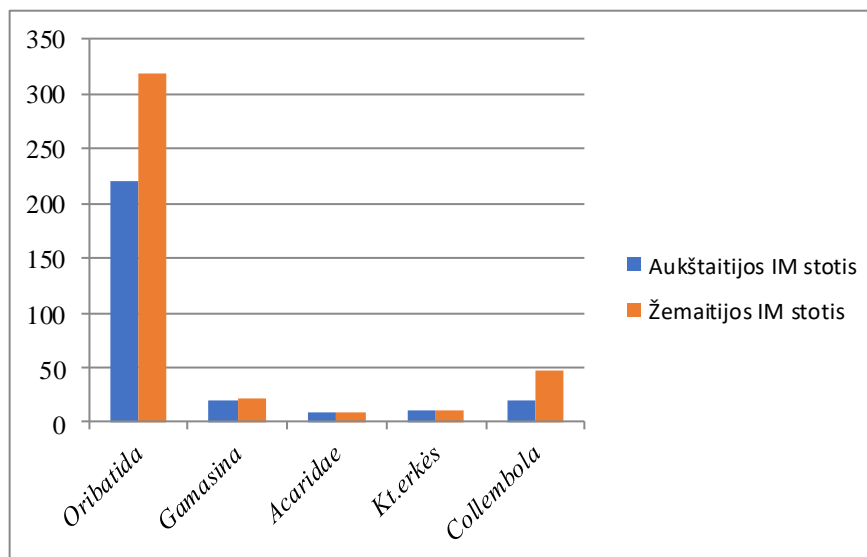
3.3.2. Mikroartropodų kompleksų struktūra Žemaitijos KMS dirvožemio tyrimo stotyje 2020 m.

Žemaitijos integruoto monitoringo stoties miško dirvožemis pasižymi didesniu mikroartropodų gausumu. Čia jų gausumas vidutiniškai 406,5 tūkst. ind./m² (3.8 pav.). Dominuojanti grupė yra oribatidinės erkės, kurios sudaro vidutiniškai 78,3% visų mikroartropodų (3.6 lentelė). Jų vidutinis gausumas yra 318,2 tūkst. ind./m². Gamazidinių erkių vidutinis gausumas – 22,3 tūkst. ind./m², jos sudro 5,5% visų mikroartropodų. Akaridinių erkių aptikta vidutiniškai 8,8 tūkst. ind./m², jos sudaro 2,2% visų mikroartropodų. Kitų erkių vidutinis gausumas 10,3 tūkst. ind./m², jos sudaro 2,5% visų mikroartropodų. Kolembolų vidutinis gausumas – 46,9 tūkst. ind./m². Kolembolos sudaro 11,5% visų mikroartropodų (3.9 pav.).

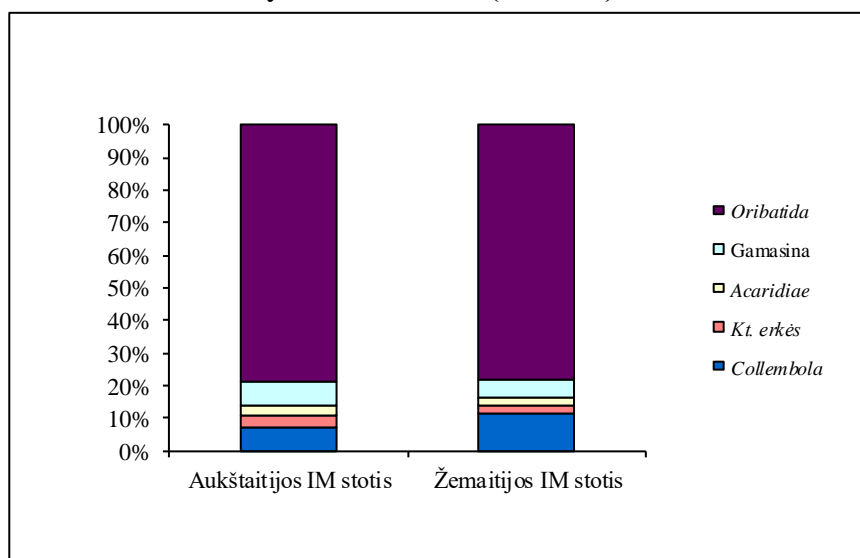
Iš viso identifikuotos 37 oribatidinių erkių rūšys. Šių erkių cenožės branduolį, kaip ir kitų miškų smiltžemių dirvožemiuose, sudaro smulkios dirvožeminės rūšys – *Oppiella nova* (25,6%), *Brachychthonius sp.* (28,5%), *Suctobelbella sp.* (11,6%), *Tectocepheus velatus* (5,1%) (3.7. lentelė).

3.6 lentelė. Mikroartropodų gausumas ir rūšių skaičius Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stočių dirvožemiuose (2020 m.)

Grupė	Aukštaitijos IM stotis			Žemaitijos IM stotis		
	Tūkst.ind./m ²	%	R.sk.	Tūkst.ind./m ²	%	R.sk.
<i>Oribatida</i>	219,9	78,5	26	318,2	78,3	37
<i>Gamasina</i>	20,6	7,3		22,3	5,49	
<i>Acaridiae</i>	9,6	3,4		8,8	2,16	
Kt. erkės	10	3,6		10,3	2,53	
<i>Collembola</i>	19,9	7,1		46,9	11,5	
Σ	280			406,5		



3.8 pav. Mikroartropodų gausumas (tūkst.ind./m²) Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stočių dirvožemiuose (2020 m.)



3.9 pav. Mikroartropodų komplekso struktūra (%) Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stočių dirvožemiuose (2020 m.)

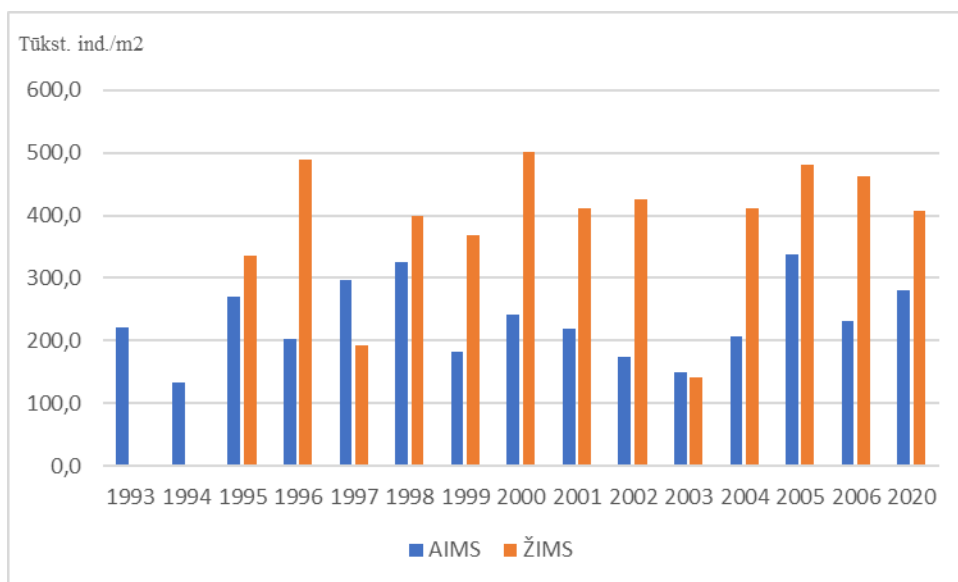
3.7 lentelė. Oribatidinių erkių rūšinė įvairovė, vidutinis gausumas (tūkst.ind./m²) ir procentinis (%) pasiskirstymas Aukštaitijos ir Žemaitijos IMS (2020 m.)

	Rūšių pavadinimai	Aukštaitijos IMS totis		Žemaitijos IMS totis	
		tūkst.ind./m ²	%	tūkst.ind./m ²	%
1.	<i>Achipteria nitens</i> (Nicolet, 1855)			1,1	0,5
2.	<i>Adoristes poppei</i> (Oudemans, 1906)	2	1,3	0,4	0,2
3.	<i>Brachychthonius sp.</i>	36	23,7	63,1	28,5
4.	<i>Camisia segnis</i> (Hermann, 1804)	0,2	0,1		
5.	<i>Camisia spinifer</i> (C.L. Koch, 1839)			0,7	0,3
6.	<i>Carabodes coreaceus</i> C.L. Koch, 1835			0,4	0,2
7.	<i>Carabodes femoralis</i> (Nicolet, 1855)	0,1	0,1		
8.	<i>Carabodes forsslundi</i> Sellnick, 1953	0,4	0,3		
9.	<i>Carabodes labyrinthicus</i> (Michael, 1879)	0,3	0,2	0,5	0,2
10.	<i>Carabodes minusculus</i> Berlese, 1923			0,4	0,2
11.	<i>Ceratozetella minima</i> (Sellnick, 1929)	1,3	0,9	0,5	0,2
12.	<i>Chamobates cuspidatus</i> (Michael, 1884)			0,2	0,1
13.	<i>Dameobelba minutisima</i> (Sellnick, 1920)			0,3	0,1
14.	<i>Eremaeus oblongus</i> C. L. Koch, 1836	0,2	0,1		
15.	<i>Galumna europaeus</i> Berlese, 1914	0,1	0,1		
16.	<i>Heminothrus longisetosus</i> Willmann, 1925			0,4	0,2
17.	<i>Hypochothonius rufulus</i> Koch, 1835			6,8	3,1
18.	<i>Malaconothrus monodactylus</i> (Michael, 1888)			0,9	0,4
19.	<i>Medioppia obsoleta</i> (Paoli, 1908)			0,9	0,4
20.	<i>Metabelba pulverulenta</i> (C. L. Koch, 1839)			1	0,5
21.	<i>Metabelba sp.</i>			0,2	0,1
22.	<i>Micropoppia minus</i> (Paoli, 1908)	4,7	3,1		
23.	<i>Microtritia minima</i> (Berlese, 1904)	1,4	0,9		
24.	<i>Multioppia glabra</i> (Mihelčič, 1955)			8	3,6
25.	<i>Nanhermannia coronata</i> Berlese, 1913			0,8	0,4
26.	<i>Nanhermannia elegantula</i> Berlese, 1913	2,5	1,6	0,5	0,2
27.	<i>Nanhermannia nanus</i> (Nicolet, 1855)	1,9	1,2		
28.	<i>Nothrus anauniensis</i> Canestrini and Fanzago, 1876			4,2	1,9
29.	<i>Nothrus silvestris</i> Nicolet, 1855	10,4	6,8	11,3	5,1
30.	<i>Oppia sp.</i>			4,9	2,2
31.	<i>Oppiella nova</i> (Oudemans, 1902)	46,6	30,6	56,8	25,6
32.	<i>Oribatula tibialis</i> (Nicolet, 1855)	1,4	0,9	0,4	0,2
33.	<i>Oribotritia loricata</i> Rathke, 1799			1,1	0,5
34.	<i>Parachipteria punctata</i> (Nicolet, 1855)	1,6	1,1	0,5	0,2
35.	<i>Platynothrus peltifer</i> (C.L. Koch, 1839)			0,8	0,4
36.	<i>Protoribates sp.</i>			0,2	0,1
37.	<i>Quodroppia quodricarinata</i> (Michael, 1885)	2,8	1,8	1,6	0,7
38.	<i>Rhysotritia ardua</i> (C.L. Koch, 1841)			0,4	0,2
39.	<i>Scheloribates confundatus</i> Sellnick, 1928			0,2	0,1
40.	<i>Scheloribates laevigatus</i> (C. L. Koch, 1836)	1,2	0,8		
41.	<i>Scheloribates latipes</i> (C. L. Koch, 1844)	1,8	1,2		
42.	<i>Scheloribates pallidulus</i> (C. L. Koch, 1841)	0,3	0,2	1,7	0,8
43.	<i>Steganacarus carinatus</i> (C. L. Koch, 1841)	0,9	0,6	0,5	0,2
44.	<i>Steganacarus sp.</i>			0,1	0,1
45.	<i>Suctobelbella sp.</i>	15,3	10,1	25,6	11,6
46.	<i>Suctobelba sp.</i>	14,3	9,4	12,9	5,8
47.	<i>Tectocephus velatus</i> (Michael, 1880)	4,4	2,9	11,3	5,1
48.	<i>Xenillus tegeocranus</i> (Hermann, 1804)	0,1	0,1		
	Suaugėliai	152,2	100	221,6	100
	Nimfos ir lervos	67,7		96,6	
	Viso:	219,9		318,2	

3.3.3. Mikroartropodų kompleksų struktūrų kaita ir palyginamoji analizė KMS dirvožemio tyrimo stotyse

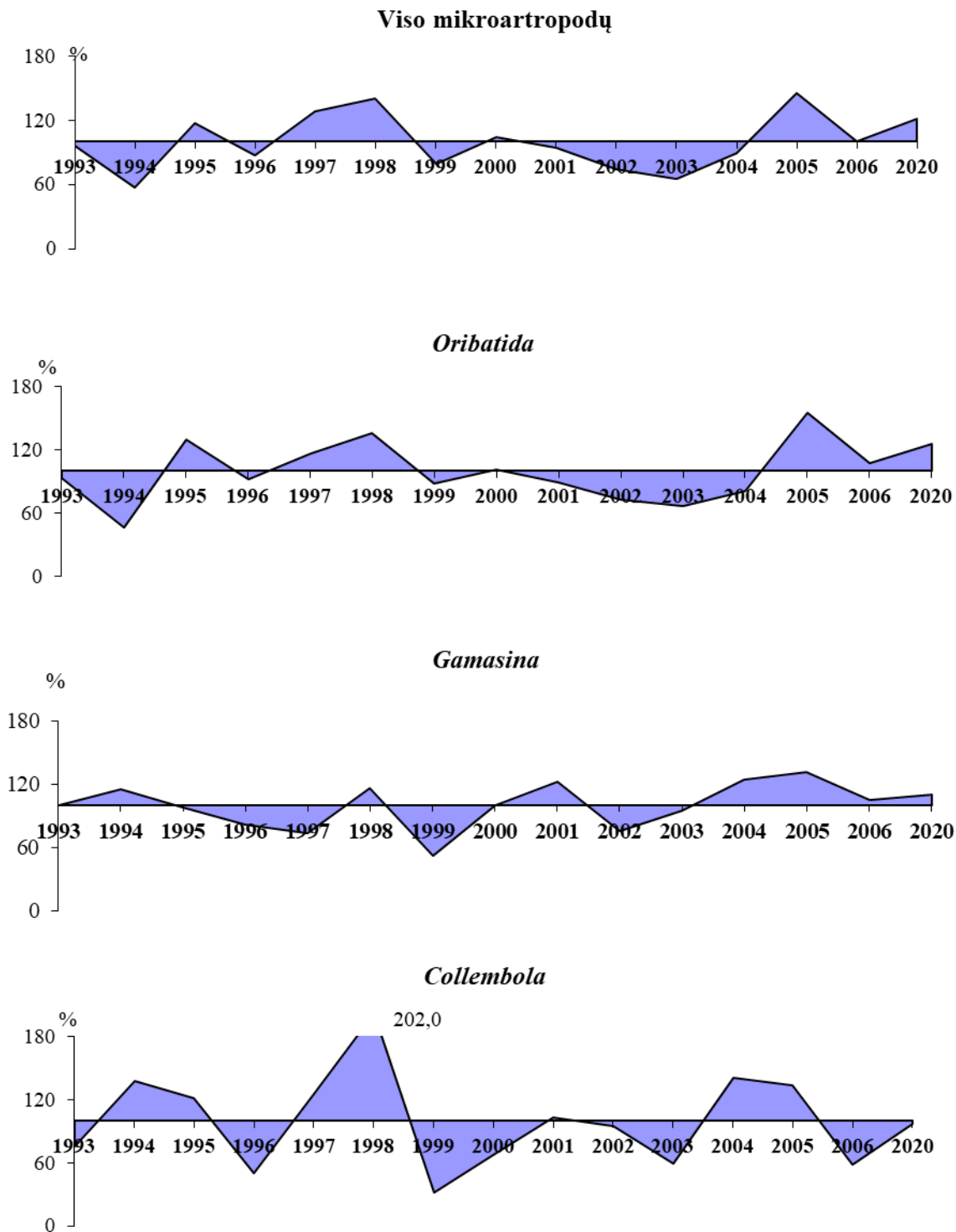
Miško ekosistemų stabilumas priklauso nuo biodestruktorių komplekso. Oribatidinės, gamazidinės erkės ir kolembolos yra svarbiausi šių dirvožemių organinių liekanų mineralizatoriai ir humifikatoriai (Шварц, 2005). Didžiausia pedobiontų įvairovė yra sąlygiškai natūralių ekosistemų dirvožemiuose. Biosistemų stabilumas didėja priklausomai nuo jos sudėtingumo ir įvairovės (King, Pimm, 1983).

Išanalizavus ilgamečius (1993 – 2006) dinامينius mikroartropodų tyrimų duomenis galime teigti, kad Lietuvos spygliuočių miškų dirvožemiuose plačiai paplitę mikroartropodai, kurių gausumas vidutiniškai yra: Aukštaitijos IMS – 228,0, Žemaitijos IMS – 384,8 tūkst. ind./m². Atlikus tyrimus po 14 metų pertraukos (2020 m.) nustatyta, kad bendras mikroartropodų gausumas pastaraisiais metais skyrėsi nežymiai nuo bendro ilgamečių tyrimų vidurkio: Aukštaitijos IMS vidutinis mikroartropodų gausumas – 280,0 tūkst. ind./m², o Žemaitijos IMS – 406,5 tūkst. ind./m² (3.10 pav.).



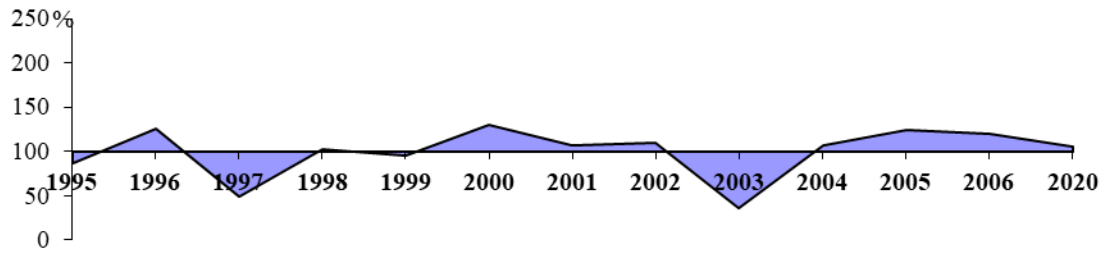
3.10 pav. Bendras mikroartropodų gausumas (tūkst.ind./m²) Aukštaitijos ir Žemaitijos IMS dirvožemiuose (1993 – 2020 m.).

Apskaičiavus bendrą mikroartropodų vidutinį gausumą per visus tyrimo metus (taip pat ir atskiroms mikroartropodų grupėms) ir jį prilyginus 100%, matome atskirų grupių gausumo svyravimus per visą tyrimo laikotarpį. Aukštaitijos IMS didžiausias teigiamas nuokrypis nuo vidurkio buvo 1997, 1998 ir 2005 m., o neigiamas – 2002 ir 2003 m. (3.11 pav.). Ryškūs skirtumai nuo vidurkio išryškėjo kolembolų gausume 1997, 1998 ir 2004 ir 2005 metais.

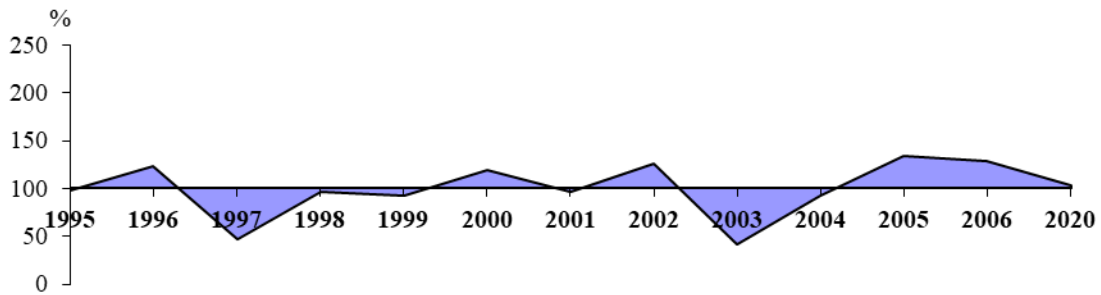


3.11 pav. Mikroartropodų gausumo procentinis nuokrypis nuo 15 metų bendro vidurkio Aukštaitijos IMS dirvožemyje (1993 – 2020 m.)

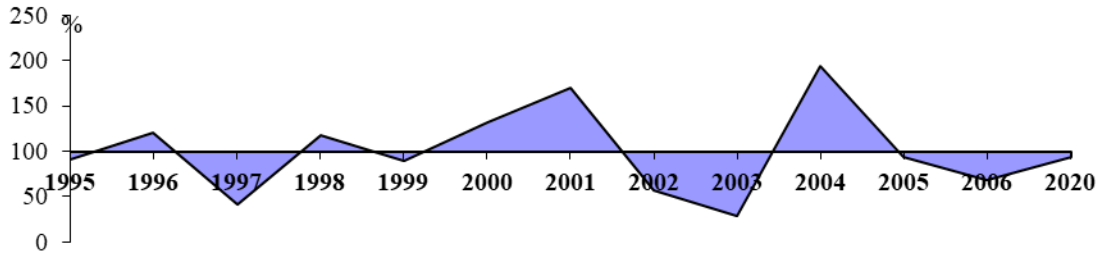
Viso mikroartropodų



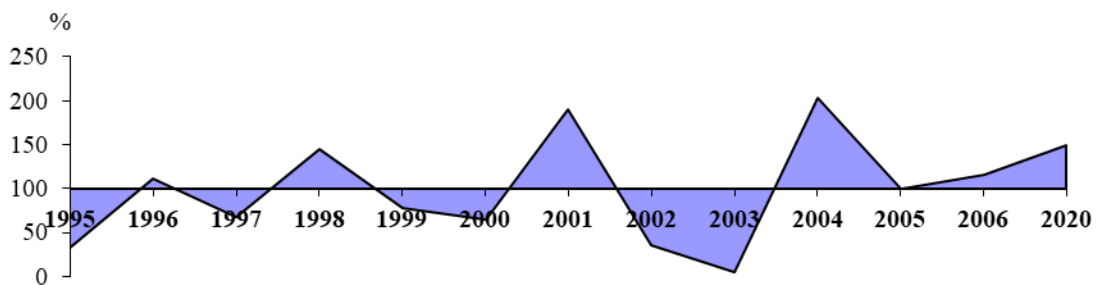
Oribatida



Gamasina



Collembola

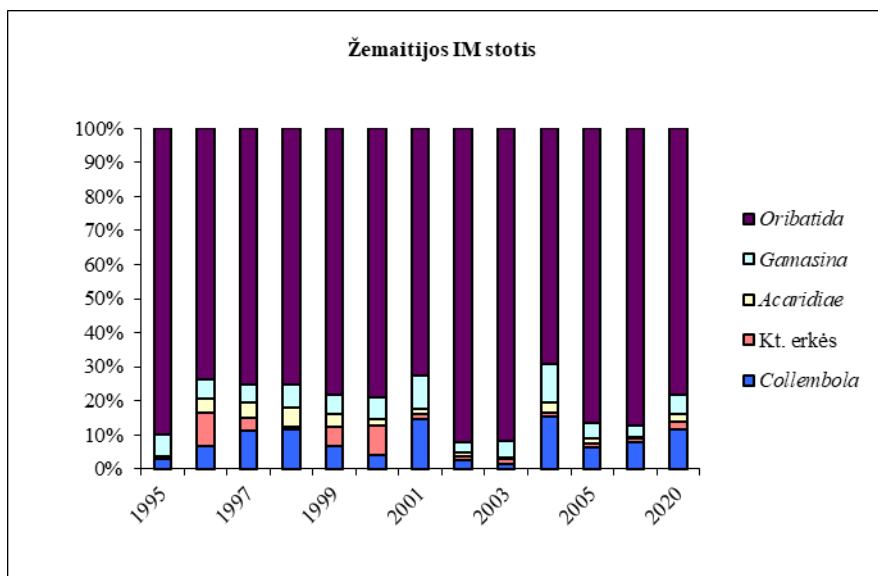
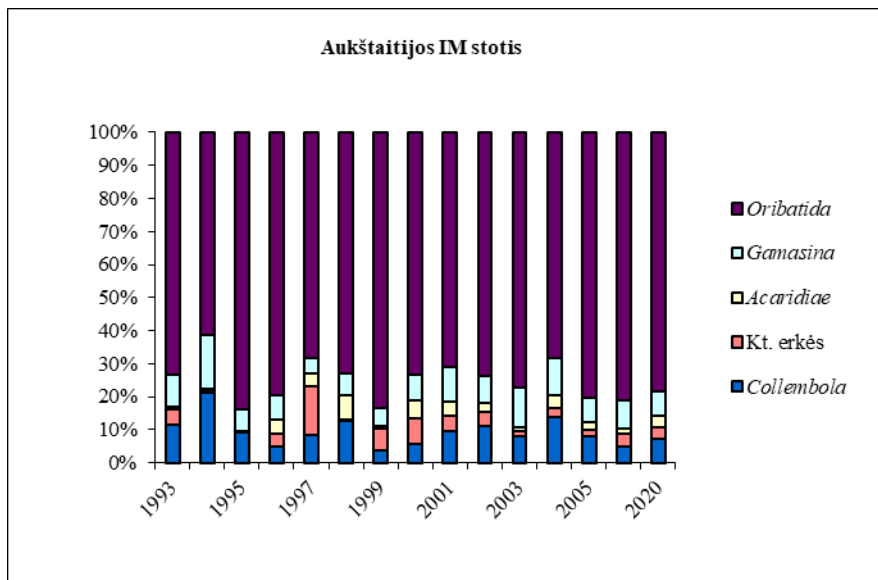


3.12 pav. Mikroartropodų gausumo procentinis nuokrypis nuo 15 metų bendro vidurkio Žemaitijos IMS dirvožemyje (1995 – 2020 m.)

Stebint mikroartropodų gausumo dinamiką Žemaitijos IMS dirvožemyje, per 13 metų laikotarpį procentinis nuokrypis nuo bendro vidurkio yra nežymus (3.12 pav.). Pastebimas neigiamas nuokrypis tik 1997 m. ir 2003 m. Tokia pati tendencija atsispindi ir oribatidinių erkių dinamikoje. Nuokrypiai nuo vidurkio žymiai ryškesni stebint gamazidinių erkių ir kolembolų dinamiką. Žinoma, kad pedobiontų gausumą ir rūšių skaičių tiesiogiai sąlygoja metinis kritulių kiekis ir vidutinė oro temperatūra vegetacijos laikotarpiu. Jautriausiai į dirvožemio drėgmės ir temperatūrų svyravimus reaguoja gamazidinės erkės, ypač jų gausumas, ir kolembolos. Kolembolos tai mikroartropodų grupė jautriausiai reaguojanti net į mikroekologinius pakitimus ekosistemose dirvožemio lygyje. Tiriant kolembolų gausumą skirtingo amžiaus pušynų dirvožemiuose nustatyta, kad drėgmės fliuktacijos dirvožemyje koreliuoja su kolembolų gausumu (Jucevica, Melecis, 2002, 2006). Žemaitijos IM stoties dirvožemyje 2020 m. kolembolų rasta 2,3 kartus daugiau nei Aukštaitijos IM stotyje: atitinkamai 46,9 tūkst. ind./m² ir 19,9 tūkst. ind./m².

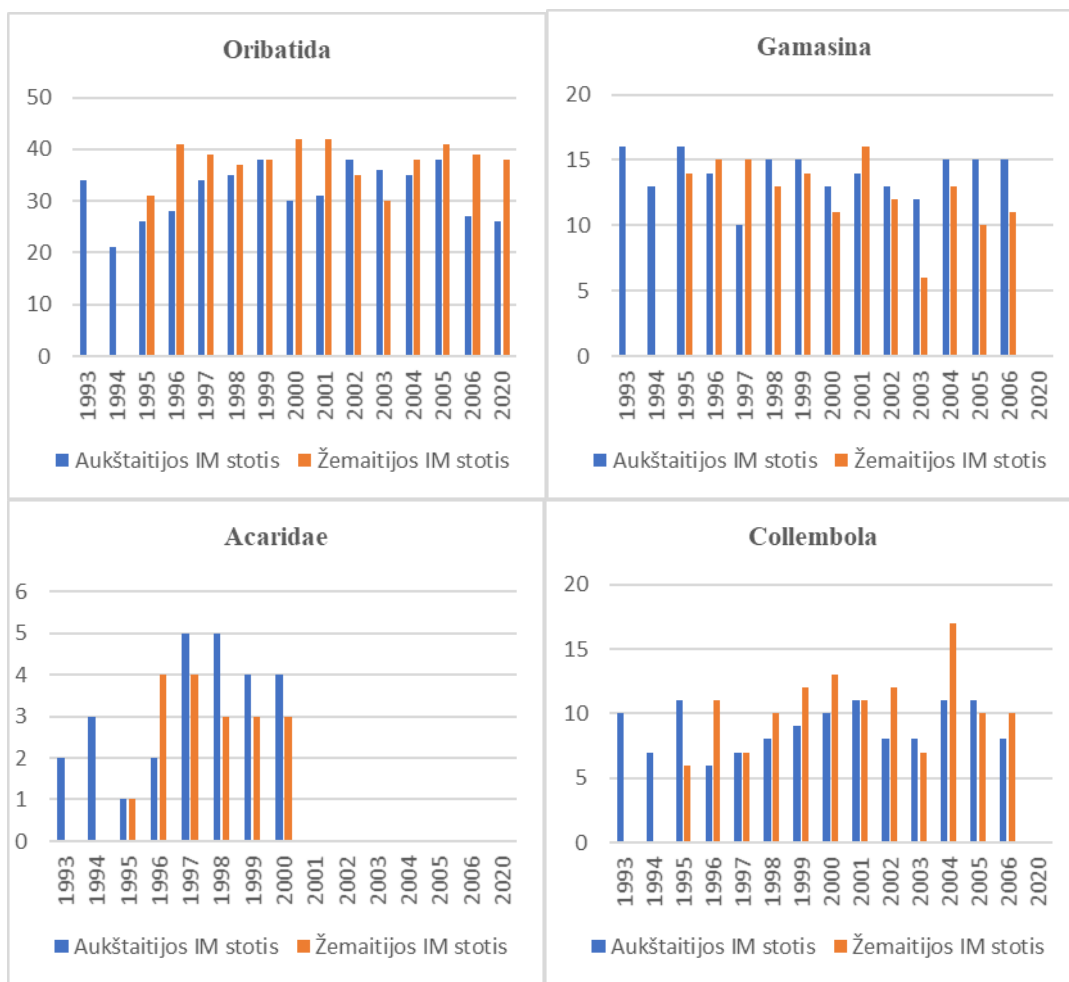
Daugiamečių tyrimų, atliktų sąlyginai natūraliose ekosistemose kompleksinio monitoringo stotyse, rezultatai rodo, kad dirvožemių mikroartropodų kompleksai skiriasi gausumu, rūšine įvairove ir struktūra (Aplinkos monitoringo ataskaita, 2006). Mikroartropodų tarpe dominuoja oribatidinės erkės (3.13 pav.). Todėl šiuos dirvožemius galime apibūdinti kaip mikroartropodinius-oribatidinius. Mikroartropodų struktūra paskutiniaisiais tyrimų metais neišsiskyrė iš bendro ilgamečių tyrimų vidurkio. Tiek Aukštaitijos, tiek Žemaitijos IM stočių dirvožemyje mikroartropodų tarpe dominuoja oribatidinės erkės, sudarydamos apie 78,0%.

Per eilę metų atliktų tyrimų duomenys parodė, kad rūšių gausumu išsiskiria Žemaitijos IMS dirvožemis, kuriame per visą tyrimo laikotarpį aptiktos 178 mikroartropodų rūšys, iš kurių 110 oribatidinės erkės. Aukštaitijos IMS dirvožemyje aptiktos 158 mikroartropodų rūšys, iš kurių 97 oribatidinės erkės. Atskirais tyrimų metais Žemaitijos IMS dirvožemyje aptikta vidutiniškai po 32 oribatidinių erkių, 14 gamazinių erkių ir 9 kolembolų rūšis. Aukštaitijos IMS dirvožemyje: 38 oribatidinių erkių, 12 gamazinių erkių ir 10 kolembolų rūšių (3.14 pav.). Akaridinių erkių rūšinė įvairovė menkai ištirta.



3.13 pav. Mikroartropodų komplekso struktūra (%) Aukštaitijos ir Žemaitijos integruoto monitoringo stočių dirvožemiuose (1993 – 2020 m.)

Žemaitijos IM stoties dirvožemis išsiskiria ne tik oribatidinių erkių rūšine įvairove, bet ir jų gausumu. Ilgamečių tyrimų rezultatai rodo, kad oribatidinių erkių gausumas vidutiniškai buvo 311,5 tūkst. ind./m². 2020 m. jų aptikta 318,2 tūkst. ind./m². Aukštaitijos IM stotyje vidutinis oribatidinių erkių gausumas ilgamečių dinaminė tyrimų duomenimis buvo 174,8 tūkst. ind./m². 2020 metais - 219,9 tūkst. ind./m².

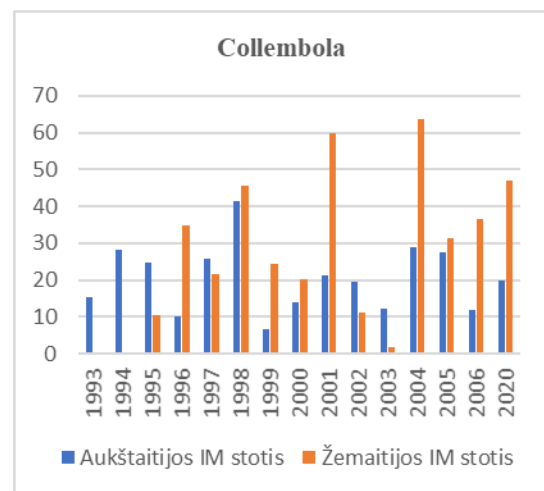
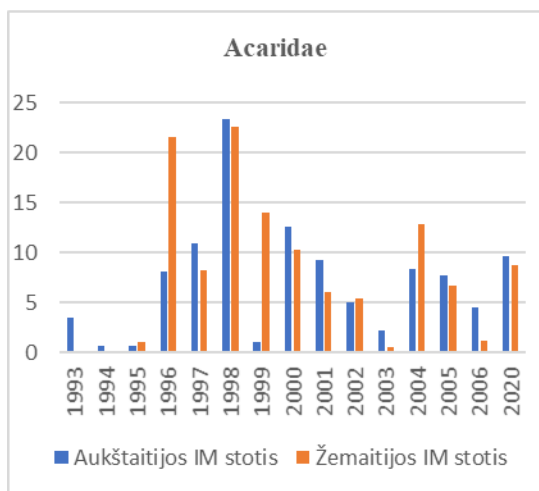
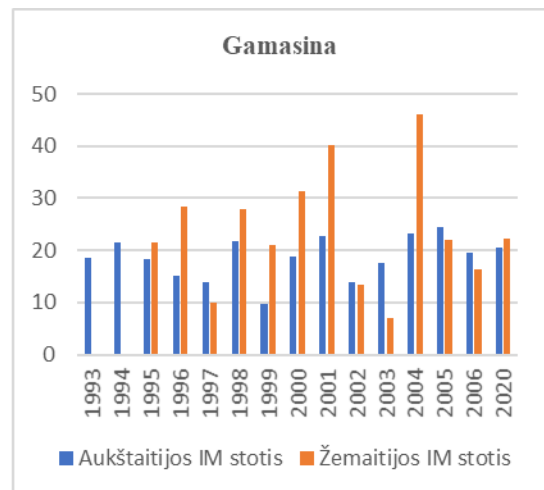
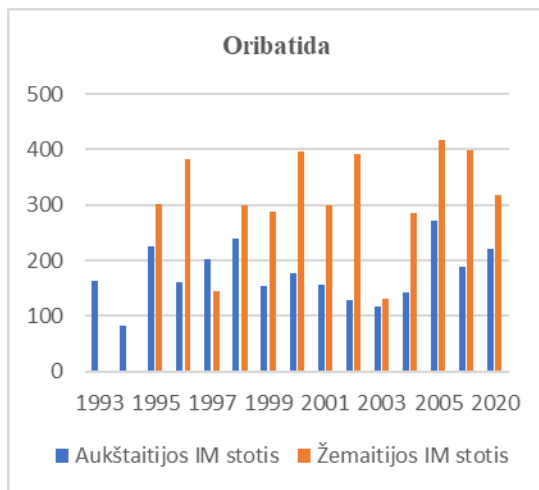


3.14 pav. Atskirų mikroartropodų grupių rūšių skaičius Aukštaitijos ir Žemaitijos integruoto monitoringo stočių dirvožemiuose (1993 – 2020 m.)

Gamazidinių erkių gausumas 2020 metais Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stotyse skyrėsi nežymiai: Aukštaitijos IM stotyje jų rasta 20,6 tūkst. ind./m², Aukštaitijos IM stotyje – 22,3 tūkst. ind./m². Nedaug skyrėsi ir daugiamečių tyrimų vidurkis šiuose dirvožemiuose: Aukštaitijos IM stotyje 18,6 tūkst. ind./m², Žemaitijos - 23,6 tūkst. ind./m² (3.15 pav.).

2020 m. tyrimų duomenimis didesniu akaridinių erkių skaitlingumu išsiskyrė Aukštaitijos IM stoties dirvožemis: 9,6 tūkst. ind./m². Tuo tarpu Žemaitijos IM stotyje – 8,8 tūkst. ind./m². Daugiamečių tyrimų duomenimis vidutinis akaridinių erkių gausumas siekė: 7,2 tūkst. ind./m² Aukštaitijos IMS ir 9,2 tūkst. ind./m² Žemaitijos IMS (3.15 pav.).

Sengirų dirvožemiuose vykstantys biologiniai procesai mažai pažeisti antropogeninių bei klimatinų veiksnių. Atskiros mikroartropodų grupės yra patikimi bioindikatoriai, atspindintys atskirų metų aplinkos užterštumo ir klimatinų sąlygų poveikį dirvožemio biologiniams procesams.



3.15 pav. Atskirų mikroartropodų grupių gausumas (tūkst.ind./m²) Aukštaitijos ir Žemaitijos integruoto monitoringo stočių dirvožemiuose (1993 - 2020 m.).

Nustatyta, kad stabiliose ekosistemose oribatidinių erkių sukcesija vyksta labai lėtai (Шварц, 2005). Tai susiję su jų ekologija ir vystymusi. Sudėtingas vystymosi ciklas leidžia rūšiai prisitaikyti prie įvairių mitybos formų, suteikia galimybę rasti maisto tame pačiame substrate jo nepaliekant (Luxton, 1982). Ta pati rūšis iš pradžių gali maitintis grybų hifais, vėliau augalų audiniais ar grybų sporomis. Kolembolos neturi sudėtingo vystymosi ciklo ir nekeičia maisto šaltinio, todėl, sumažėjus maisto resursams, jos palieka substratą (Шварц, 2005).

Daugelio gyvūnų reprodukcijos būdas koreliuoja su ekologiniais faktoriais. Esant ribotam resursų kiekiui ekosistemoje dominuoja lytiškai besidauginančios rūšys, o partenogenetinės rūšys dominuoja stabiliose ekosistemose, nes joms nereikia adaptuotis prie besikeičiančių aplinkos sąlygų (Domes et al., 2007). Kadangi miškai yra stabilios ekosistemos, partenogenetinių gyvūnų (erkių, kolembolų, enchitrėjų, nematodų) procentinis santykis miškuose yra didesnis nei kitose ekosistemose (Niklasson et al., 2000). Tai atsispindi ir išanalizavus mikroartropodų kompleksų rūšinę struktūrą Aukštaitijos ir Žemaitijos IM

stočių dirvožemiuose – komplekso branduolį juose sudaro smulkios dirvožeminės oribatidų rūšys, tai daugiausia partenogenetiškai besidauginančios rūšys iš Oppiidae ir Suctobelbidae šeimų. Vyrauja *Oppiella nova*, *Suctobelbella* sp. *Oppiella nova* viena plastiškiausių ekologiniu atžvilgiu oribatidinių erkių rūšių, labiausiai mėgstanti spygliuočių mišką, kur jų vidutiniškai aptinkama 41,4 tūkst. ind. m⁻² (Эйтминавичюте, 1958; 1960). 2020 m. Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stočių dirvožemiuose šių erkių buvo aptikta atitinkamai vidutiniškai 15,3 ir 25,6 tūkst. ind./m².

IŠVADOS

Miško ekosistemų stabilumas priklauso nuo biodestruktorių komplekso. Oribatidinės, gamazidinės erkės ir kolembolos yra svarbiausi šių dirvožemių organinių liekanų mineralizatoriai ir humifikatoriai (Шварц, 2005). Didžiausia pedobiontų įvairovė yra sąlygiškai natūralių ekosistemų dirvožemiuose. Biosistemų stabilumas didėja priklausomai nuo jos sudėtingumo ir įvairovės (King, Pimm, 1983).

Išanalizavus tyrimų duomenis galima teigti, kad Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stočių dirvožemiuose plačiai paplitę mikroartropodai, kurių gausumas vidutiniškai yra: Aukštaitijos IM stotyje – 280 tūkst. ind./m², o Žemaitijos – 406,5 tūkst. ind./m². Mikroartropodų tarpe dominuoja oribatidinės erkės. Todėl šiuos dirvožemius galime apibūdinti kaip mikroartropodinius-oribatidinius.

Daugiamečių tyrimų, atliktų sąlyginai natūraliose ekosistemose kompleksinio monitoringo stotyse, rezultatai rodo, kad dirvožemių mikroartropodų kompleksai skiriasi gausumu, rūšine įvairove ir struktūra (Aplinkos monitoringo ataskaita, 2006).

Oribatidinių erkių gausumu išsiskiria Žemaitijos IM stoties dirvožemis, kuriame aptikta 318,2 tūkst. ind./m² oribatidinių erkių. Aukštaitijos IM stotyje - 219,9 tūkst. ind./m² (2.3.1 pav.). Atitinkamai Žemaitijos IM stoties dirvožemio mėginiuose identifikuota daugiau oribatidinių erkių rūšių – 38. Tuo tarpu Aukštaitijos IM stotyje - 26 rūšys. Iš viso apibūdintos 48 oribatidinių erkių rūšys.

Gamazidinių erkių gausumas Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stotyse skyrėsi nežymiai: Aukštaitijos IM stotyje jų rasta 20,6 tūkst. ind./m², Aukštaitijos IM stotyje – 22,3 tūkst. ind./m². Labai panašus ir kitų neidentifikuotų erkių skaitlingumas: 10,0 ir 10,3 tūkst. ind./m² atitinkamai. Didesniu akaridinių erkių skaitlingumu išsiskyrė Aukštaitijos IM stoties dirvožemis: 9,6 tūkst. ind./m². Tuo tarpu Žemaitijos IM stotyje – 8,8 tūkst. ind./m² (2.3.1 pav.).

Sengirųjų dirvožemiuose vykstantys biologiniai procesai mažai pažeisti antropogeninių bei klimatinių veiksnių. Atskiros mikroartropodų grupės yra patikimi bioindikatoriai, atspindintys atskirų metų aplinkos užterštumo ir klimatinių sąlygų poveikį dirvožemio biologiniams procesams. Nustatyta, kad pedobiontų gausumą ir rūšių skaičių tiesiogiai sąlygoja metinis kritulių kiekis ir vidutinė oro temperatūra vegetacijos laikotarpiu. Jautriausiai į dirvožemio drėgmės ir temperatūrų svyravimus reaguoja gamazidinės erkės, ypač jų gausumas, ir kolembolos. Kolembolos tai mikroartropodų grupė jautriausiai reaguojanti net į mikroekologinius pakitimus ekosistemose dirvožemio lygyje. Tiriant kolembolų gausumą skirtingo amžiaus pušynų dirvožemiuose nustatyta, kad drėgmės fliuktacijos dirvožemyje koreliuoja su kolembolų gausumu (Jucevica, Melecis, 2002, 2006). Žemaitijos IM stoties dirvožemyje 2020 m. kolembolų rasta 2,3 kartus daugiau nei Aukštaitijos IM stotyje: atitinkamai 46,9 tūkst. ind./m² ir 19,9 tūkst. ind./m².

Tiek Aukštaitijos, tiek Žemaitijos IM stočių dirvožemyje mikroartropodų tarpe dominuoja oribatidinės erkės, sudarydamos apie 78,0%. Nustatyta, kad stabiliose ekosistemose oribatidinių erkių sukcesija vyksta labai lėtai (Шварц, 2005). Tai susiję su jų ekologija ir vystymusi. Sudėtingas vystymosi ciklas leidžia rūšiai prisitaikyti prie įvairių mitybos formų, suteikia galimybę rasti maisto tame pačiame substrate jo nepaliekant (Luxton, 1982). Ta pati rūšis iš pradžių gali maitintis grybų hifais, vėliau augalų audiniais ar grybų sporomis. Kolembolos neturi sudėtingo vystymosi ciklo ir nekeičia maisto šaltinio, todėl, sumažėjus maisto resursams, jos palieka substratą (Шварц, 2005).

Daugelio gyvūnų reprodukcijos būdas koreliuoja su ekologiniais faktoriais. Esant ribotam resursų kiekiui ekosistemoje dominuoja lytiškai besidauginančios rūšys, o partenogenetinės rūšys dominuoja stabiliose ekosistemose, nes joms nereikia adaptuotis prie besikeičiančių aplinkos sąlygų (Domes et al., 2007). Kadangi miškai yra stabilios ekosistemos, partenogenetinių gyvūnų (erkių, kolembolų, enchitrėjų, nematodų) procentinis santykis miškuose yra didesnis nei kitose ekosistemose (Niklasson et al., 2000). Tai atsispindi ir išanalizavus mikroartropodų kompleksų rūšinę struktūrą Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stočių dirvožemiuose – komplekso branduolį juose sudaro smulkios dirvožeminės oribatidų rūšys, tai daugiausia partenogenetiškai besidauginančios rūšys iš Oppiidae ir Suctobelbidae šeimų. Vyrauja *Oppiella nova*, *Suctobelbella* sp. *Oppiella nova* viena plastiškiausių ekologiniu atžvilgiu oribatidinių erkių rūšių, labiausiai mėgstanti spygliuočių mišką, kur jų vidutiniškai aptinkama 41,4 tūkst. ind. m⁻² (Эйтминавичюте, 1958; 1960). 2020 m. Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stočių dirvožemiuose šių erkių buvo aptikta atitinkamai vidutiniškai 15,3 ir 25,6 tūkst. ind./m².

Literatūra

- Aplinkos monitoringo ataskaita, 2006. Dirvožemio faunos ir mikrobiologinio aktyvumo sąlygiškai natūralių ekosistemų dirvožemiuose įvertinimas (Aukštaitijos, Žemaitijos ir Dzūkijos nacionaliniai parkai). Ekologijos in-tas. Atsak.vykd. P. Ivinskis: 58 p.
- Augustaitis A., Baužienė I., Gulbinas Z. ir kt., 2006. II Kompleksiško ekosistemų monitoringo stotys ir jų charakteristika. Sąlygiškai natūralių ekosistemų kompleksiškas monitoringas. Vilnius: 17–24.
- Augustaitis A., Arbačiauskas K., Baužienė I. ir kt., 2006. Sąlygiškai natūralių ekosistemų kompleksiškas monitoringas. (10-mečiui). Vilnius: 111 p.
- Domes K., Scheu S., Maraun M. 2007. Resources and sex: Soil re-colonization by sexual and parthenogenetic oribatid mites. *Pedobiologia*. 51: 1–11.
- Eidukevičienė M., Vasiliauskienė V. (sud.) 2001. *Lietuvos dirvožemiai*. Vilnius: Spauda. 1243 p.
- Engelmann H. D., 1978. Zur dominanzklassifizierung von baden arthropoden. *Pedobiologia*, 18 (5/6): 378–380.
- Jucevica E., Melecis V., 2002. Long-term dynamics of Collembola in a pine forest ecosystem. *Pedobiologia*. 46: 365–372.
- Jucevica E., Melecis V., 2006. Global warming affects Collembola community: a long term study. *Pedobiologia*. 50: 177–184.
- King A. W., Pimm S. L. 1983. Complexity, diversity, and stability: a reconciliation of theoretical and empirical results. *American Naturalist*. 122: 229–239.
- Luxton M. 1982. The ecology of some soil mites from coal shale tips. *Journal of Applied Ecology*. 19: 427–442.
- Manual for integrated monitoring, 1997. Helsinki: 192 p.
- Niklasson M., Petersen H., Parker E. D. 2000. Environmental stress and reproductive mode in *Mesaphorura macrochaeta* (Tullberhiinae, Collembola). *Pedobiologia*. 44: 476–488.
- Pankhurst C. E. 1997. Biodiversity of soil organisms as an indicator of soil health. *Biological Indicators of Soil Health*. CAB Int., New York: 297–324.
- Parisi V., Menta C., Gardi C., Jacomini C., Mozzanica E. 2005. Microarthropod communities as a tool to assess soil quality and biodiversity: a new approach in Italy. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 105: 323–333.
- Rašomavičius V., 2006. 4.1.2. Augmenijos rūšinės įvairovės ir gausumo monitoringas. Sąlygiškai natūralių ekosistemų kompleksiškas monitoringas. Vilnius: 73–76.
- Гиляров М. С., Стриганова Б. Р. 1987. Количественные методы в почвенной зоологии. Москва: Наука: 288 с.
- Шварц Е. С. 2005. Особенности структуры и динамики сообществ панцирных клещей (ORIBATEI) при разложении растительных остатков в разных биотопах. *Зоологический журнал*. 84 (7): 795–802.
- Эйтминавичюте И. 1958. Фауна орибатидных клещей Литовской ССР. *Acta parasitologica Lituanica*. 1: 71–83.
- Эйтминавичюте И. 1960. Распространение орибатидных клещей в лиственном лесу. *Lietuvos TSR MA darbai. Ser. C*. 3: 79–88.

3.4. Upelio makrobentosos rūšinė įvairovė ir gausumas (dr. Giedrė Višinskienė ir dr. Kęstutis Arbačiauskas - Gamtos tyrimų centras)



Upelių dugno gyvūnų bendrijos įvairovė ir gausumas priklauso nuo upelio geomorfologinių, limnologinių ir hidrocheminių ypatybių, o taip pat nuo klimatinė veiksmų ir vandens užterštumo.

Tyrimų tikslas – stebėti upelių makrozoobentosos taksoninę sudėtį, gausumą bei įvairovę, galimiems upelių ekologinės būklės ilgalaikiams

pokyčiams, dėl globalios aplinkos kaitos (klimato atšilimo ir antropogeninės taršos pokyčių) nustatyti. Tyrimams vadovavo GTC dr. K.Arbačiauskas

Darbo tikslas:

Atlikti dugno makrobestuburių tyrimus Aukštaitijos ir Žemaitijos integruoto monitoringo stočių upeliuose, nustatyti ekologinės būklės pagal vandens makrobestuburius rodiklius ir lyginant su ankstesnių IM stočių tyrimo rezultatais įvertinti tirtų upelių būklės galimus pokyčius.

Uždaviniai:

- Įvertinti (atliekant reikiamus lauko tyrimus) Aukštaitijos IM stoties Versminio upelio ir Žemaitijos IM stoties Juodupio upelio makrozoobentosos taksonominę sudėtį, gausumą ir įvairovę 2020 m. pavasarį ir rudenį.
- Nustatyti IM stočių upelių makrozoobentosos biomasę bei pagrindinius biotinius aplinkos kokybės indeksus - EPT, BMWP, ASPT ir DIUF.
- Palyginti 2020 metų duomenis su ankstesniais bentofaunos tyrimų Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stočių upeliuose duomenimis.

Makrozoobentosos imstai Aukštaitijos (LT01) ir Žemaitijos (LT03) integruoto monitoringo stočių (IMS) upeliuose surinkti bei upelių rodikliai tyrimų vietose išmatuoti 2020 m. vegetacijos sezono pradžioje (gegužės 12 d.) ir pabaigoje (rugsėjo 17 d.) pagal standartinę upelių monitoringo metodiką (Manual... 1993; Arbačiauskas, 2009a). Aukštaitijos IMS Versminio upelyje pavasarį makrozoobentosos imstai paimti dviem būdais – gruntosėmiu ir standartiniu rankiniu tinklu. Antrasis metodas toliau bus naudojamas makrobentoburių stebėsenai šioje stotyje. Abu metodai panaudoti tuo pat metu siekiant palyginti šiais metodais gaunamus rezultatus, nes anksčiau šioje vietoje imstai buvo imami tik gruntosėmiu (nes dugną sudaro minkštas substratas – durpės, imami 8 gruntosėmiai). Rankiniu tinklu imstas imamas braukiant tinklu per paviršinį nuokritų sluoksnį ir priekrantės augaliją arba, esant pakankamo greičio srovei, vartant dugno substratą prieš pasroviui pastatytą tinklą (individualų imstą sudaro apgaudytas 25×40 cm plotas, imami trys individualūs imstai). Žemaitijos IMS Juodupio upelyje bentoso makrobentoburiai surinkti rankiniu tinklu vartymo būdu apgaudant tris 25×40 cm dugno plotus. Rudenį, abiejose IM vietose makrozoobentosos imstai paimti standartiniu rankiniu tinklu po tris individualius imstus. Srovės greičiai, imstų ėmimo vidutiniai gyliai ir vandens temperatūra monitoringo stočių upelių stebėjimų vietose 2020 m. pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė. Aukštaitijos ir Žemaitijos IMS (LT01 ir LT03) upelių abiotinės sąlygos bentofaunos tyrimų stotyse imstų ėmimo metu 2020 m.

Stacionaras	Metai	LT01 - Versminis		LT03 - Juodupis	
		Pavasaris	Ruduo	Pavasaris	Ruduo
Srovės greitis, m s ⁻¹	2020	0,13	0,06	0,25	0,22
Gylis, cm	2020	9,5	5	3,7	6
Temperatūra, °C	2020	6,2	9,9	8	10,3

Laboratorijoje surinkti makrozoobentosos mėginiai buvo išrenkami, gyvūnai fiksuojami 70% spiritu. Vėliau jie buvo apibūdinami naudojant tam skirtą literatūrą, skaičiuojami ir sveriami. Gausumas ir biomasė perskaičiuoti vienam kvadratiniam metrui. Monitoringo stacionarų upelių dugno gyvūnų bendrijų struktūra įvertinta pagal Shannon-Wiener'io (H) ir Simpson'o (D) bioįvairovės indeksus. Vandens kokybės įvertinimams naudojome tradicinius rodiklius. Upelių ekologinė būklė buvo įvertinta pagal BMWP („*Biological Monitoring Working Party*“ balų originalią sistemą), ASPT

(lietuviškai: vidutinis balų kiekis taksonui), DIUF (Danijos indeksas upių faunai) ir EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera – lašalų, ankstyvių, apsiuvų taksonų skaičius) (Arbačiauskas, 2009a). Skaičiavimai atlikti naudojant programą Asterics 4.0.4 (<http://www.eu-star.at/>).

3.4.1. Makrobentosos rūšinė įvairovė ir gausumas Aukštaitijos KMS Versminio upelyje

Integruoto monitoringo stacionarų Versminio ir Juodupio upelių (2020 m.) dugno makrobentuburių taksonominis sąstatas, gausumai ir atskirų taksonų biomasės pateikti 2, 3 ir 5 lentelėse. Dugno gyvūnų bendrijų bendros biomasės, įvairovės rodikliai ir vandens kokybės biotiniai indeksai bei palyginimai su ankstesnių metų tyrimų duomenimis pateikti 2 - 6 lentelėse ir 1 – 6 paveiksluose.

Aukštaitijos IMS Versminio upelyje, gaudant rankiniu tinklu, buvo registruoti 24 makrobentuburių taksonai; 17 pavasarį ir 18 rudenį (2 lentelė), o gaudant gruntosėmiu – 13 taksonų (pavasari) (3 lentelė). Simuliidae šeimos ir *Dixa* sp. dvisparnių vabzdžių lervos rasti tik gruntosėmio mėginyje. Gruntosėmio mėginyje nerasta 13 taksonų, kurie aptikti rankiniu tinklu imtuose mėginiuose (2 ir 3 lentelės).

Pagal gausumą, pavasarį dominavo lašalai *C. luteolum*, Nemouridae šeimos ankstyvės ir vandens erkės gruntosėmiu paimtame mėginyje Rankiniu tinklu pavasarį paimtoje medžiagoje vyravo *Lauctra fusca* ankstyvės, Tanypodinae pošeimio uodų trūklių lervos, Nemouridae šeimos ankstyvės ir vandens erkės. Rudenį rankiniu tinklu paimtoje medžiagoje dominavo ankstyvės, vandens erkės ir Nemouridae šeimos ankstyvės. Pagal biomasę rankinio tinklo medžiagoje pavasarį dominavo Nemouridae ankstyvės, *Plectrocnemia conspersa* apsiuvos ir *Pisidium* sp. moliuskai. Gruntosėmio mėginyje pavasarį vyravo *Plectrocnemia conspersa* apsiuvos, *Lauctra fusca* ankstyvės ir Nemouridae šeimos ankstyvės. Rudeniniame rankinio tinklo mėginyje didžiausią biomasės dalį sudarė apsiuvų *Chaetopteryx villosa* ir *Plectrocnemia conspersa* lervos bei *Agabus* sp. suaugėliai vabalai. Lyginant šių metų Versminio upelio bestuburių fauną su ankstesnių metų tyrimų duomenimis, rastų taksonų skaičius padidėjo (2012 m. iš viso apibūdinta 19 taksonų, o 2020 m. – 26 taksonai). Nors šiais metais neaptikome Leptophlebiidae lašalų ir *Ilybius* sp. vabalų lervų, tačiau kur kas daugiau radome apsiuvų ir dvisparnių vabzdžių taksonų. Be to, ženkliai padidėjo lašalų *Centroptilum luteolum*, *Eloeophila* sp. dvisparnių lervų bei vandens erkių gausumas. Ypač gausios šiais metais *Leuctra fusca* ankstyvės nebuvo identifikuotos 2012 m. (tais metais negausiai rasta neidentifikuotų Plecoptera atstovų). *Plectrocnemia conspersa* apsiuvų, *Nemurella pictetii*

ankstyvių, *Pisidium* sp. moliuskų, uodų trūklių lervų, bei oligochetų buvo aptikta ne taip gausiai kaip 2012 metais.

2 lentelė. Aukštaitijos IMS Versminio upelio dugno gyvūnų taksonominis sąstatas, gausumas (N, ind m⁻²) ir biomasė (B, g m⁻²) 2020 m. pavasarį ir rudenį pagal imstus paimtus rankiniu tinklu

Klasė/Būrys	Gentis/Rūšis	Pavasaris		Ruduo	
		N	B	N	B
Oligochaeta		10	0,0007	3	0,033
Hydrachnidia		247	0,115	423	0,146
Bivalvia	<i>Pisidium</i> sp.	123	0,513		
Gastropoda	<i>Bithynia</i> sp.			7	0,014
Crustacea	<i>Asellus aquaticus</i>	27	0,307	100	0,166
Plecoptera	<i>Nemurella pictetii</i> (+Nemouridae)	267	1,333	393	0,214
	<i>Leuctra fusca</i>	20	0,061	517	0,185
Ephemeroptera	<i>Centroptilum luteolum</i>	280	0,452	43	0,010
Coleoptera	<i>Hydraena</i> sp. Ad.	3	0,0003		
	<i>Agabus</i> sp. Ad.			7	0,263
Diptera	<i>Eloeophila</i> sp.			17	0,048
	<i>Pedicia</i> sp.			3	0,215
	<i>Triogma trisulcata</i>	3	0,013		
	<i>Ceratopogonidae</i> sp.	3	0,0003		
	<i>Psychodidae</i> sp.	3	0,0003		
	<i>Sciomyzidae</i> sp.			3	0,0001
	Chironominae	200	0,102	57	0,026
	Orthoclaadiinae	33	0,074	47	0,016
	Tanypodinae	110	0,154	133	0,045
Trichoptera	<i>Plectrocnemia conspersa</i>	30	0,521	20	0,284
	<i>Polycentropodidae</i> sp.	10	0,0003	43	0,006
	<i>Lype phaeopa</i>	13	0,0007		
	<i>Micropterna</i> sp			3	0,202
	<i>Chaetopteryx villosa</i>			7	0,343
viso		1383	3,65	1827	2,22

4 lentelėje palyginti makrobestuburių rodikliai pavasarį gauti naudojant skirtingus imtų paėmimo metodus – rankinį tinklą ir gruntosėmį. Nors makrobestuburių gausumas ir biomasė

gauti didesni kai imstas paimtas gruntosėmiu, tačiau dauguma kitų rodiklių parodė aukštesnes vertes pagal rankiniu tinklu paimtą imstą (4 lentelė). Dviem metodais pagautų makrobestuburių vidutiniai metiniai rodikliai ir ankstesniais metais (Arbačiauskas, 2013) rodė analogiškas tendencijas – rankiniu tinklu buvo pagaunama daugiau makrobestuburių taksonų, o gausumo ir biomasės rodikliai buvo didesni pagal gruntosėmiu surinktą medžiagą. Tuo tarpu biotiniai indeksai gauti abiem metodais beveik nesiskyrė.

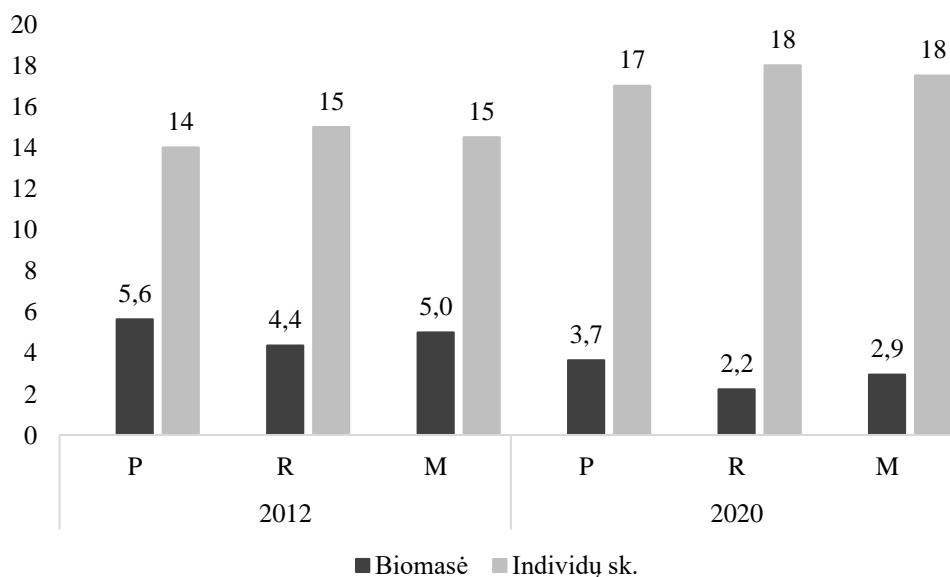
3 lentelė. Aukštaitijos IMS Versminio upelio dugno gyvūnų taksonominis sąstatas, gausumas (N, ind m⁻²) ir biomasė (B, g m⁻²) 2020 m. pavasarį pagal imstus paimtus gruntosėmiu

Klasė/Būrys	Gentis/Rūšis	Pavasaris	
		N	B
Hydrachnidia		417	0,069
Crustacea	<i>Asellus aquaticus</i>	21	0,244
Plecoptera	<i>Nemurella pictetii</i> (+Nemouridae)	438	1,027
	<i>Leuctra fusca</i>	4333	1,108
Ephemeroptera	<i>Centroptilum luteolum</i>	229	0,252
Diptera	<i>Eloeophila</i> sp.	146	0,896
	<i>Simuliidae</i> sp.	21	0,002
	<i>Dixa</i> sp.	21	0,002
	Chironominae	271	0,002
	Orthoclaadiinae	42	0,002
	Tanypodinae	563	0,535
Trichoptera	<i>Plectrocnemia conspersa</i>	42	2,577
	<i>Polycentropodidae</i> sp.	146	0,100
	viso	6688	6,82

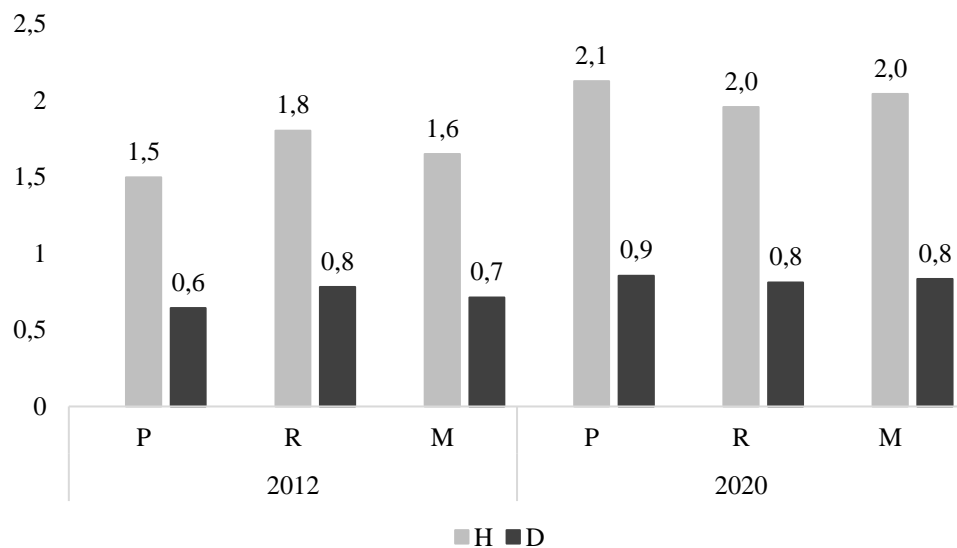
4 lentelė. Makrobestuburių pavasario rodikliai Aukštaitijos IMS įvertinti pagal medžiagą surinktą dviem būdais – rankiniu tinklu ir gruntosėmiu: gausumas (N, ind m⁻²), biomasė (B, g m⁻²), apibūdintų taksonų skaičius (S), Shannon-Wiener’io bioįvairovės indeksas (H, bitai ind⁻¹), Simpson’o bioįvairovės indeksas (D) ir biotiniai rodikliai EPT, BMWP, ASPT ir DIUF.

Metodas	N	B	S	H	D	EPT	BMWP	ASPT	DIUF
Tinklas	1383	3,65	17	2,12	0,85	6	55	5	4
Gruntosėmis	6688	6,82	13	1,37	0,56	5	43	5,4	4

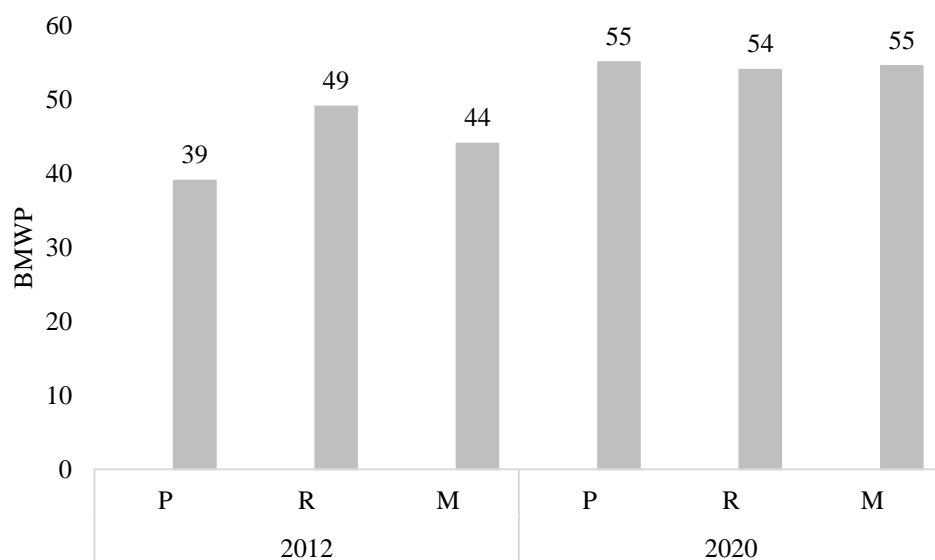
Lyginant Versminio upelio biotinius rodiklius 2012 ir 2020 m. pagal rankiniu tinklu imtus imtus paaiškėjo, kad daugumos rodiklių vertės 2020 m. buvo ryškiai didesnės nei 2012 m. (1 - 4 paveikslai). Tik DIUF’as abiem laikotarpiais buvo visai vienodas. Biotiniai rodikliai parodė, kad Versminio upelio ekologinė būklė vertintina kaip vidutinė (pagal BMWP, DIUF) arba labai gera (ASPT) (3 ir 4 paveikslai).



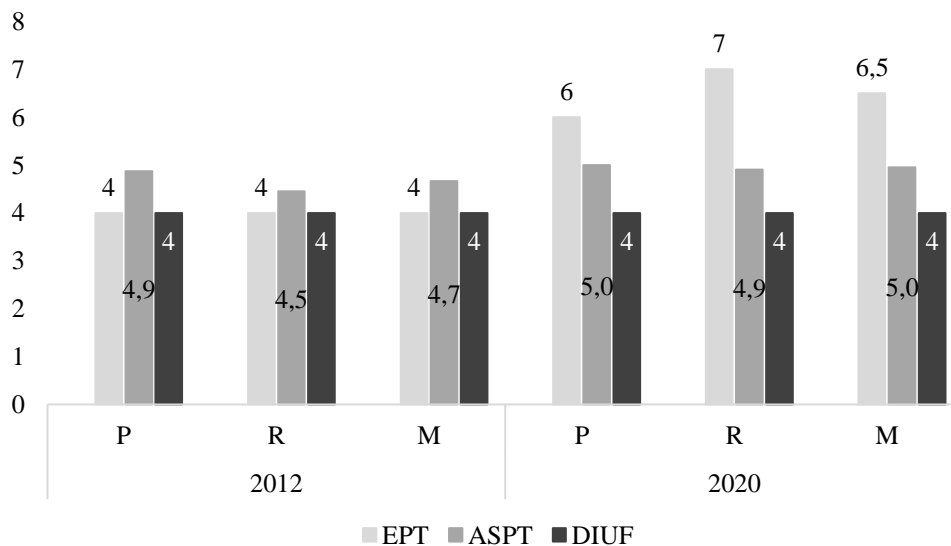
1 paveikslas. Biomasės ir individų skaičiaus Aukštaitijos IMS Versminio upelyje pavasario (P), rudens (R) ir metinio vidurkio (M) kitimas 2012 ir 2020 m. (rankinio tinklo imstai)



2 paveikslas. Shannon-Wiener'io bioįvairovės (H) ir Simpson'o bioįvairovės (D) indeksų Aukštaitijos IMS Versminio upelyje pavasario (P), rudens (R) ir metinio vidurkio (M) kitimas 2012 ir 2020 m. (rankinio tinklo imtai)



3 paveikslas. BMWP balų sumos Aukštaitijos IMS Versminio upelyje pavasario (P), rudens (R) ir metinio vidurkio (M) kitimas 2012 ir 2020 m. (rankinio tinklo imtai)



4 paveikslas. EPT, ASPT ir DIUF rodiklių Aukštaitijos IMS Versminio upelyje pavasario (P), rudens (R) ir metinio vidurkio (M) kitimas 2012 ir 2020 m. (rankinio tinklo imtai)

3.4.2. Makrobentosos rūšinė įvairovė ir gausumas Žemaitijos KMS Juodupio upelyje

Žemaitijos IMS Juodupio upelyje buvo registruoti 23 makrobestuburių taksonai, 18 pavasarį ir 19 rudenį (5 lentelė). Ir pavasarį ir rudenį pagal gausumą ir biomasę ryškiai dominavo šoniplaukos *Gammarus pulex*. Vegetacijos sezono pradžioje pagal gausumą nemažai buvo ir vandens erkių bei *Leuctra* sp. ankstyvių, o rudenį be šoniplaukų dar vyravo uodai trūkiai, *Leuctra* sp. ankstyvės ir vandens erkės (5 lentelė).

Lyginant šių metų makrobestuburių rodiklius su 2012 m. matome taksonų skaičiaus, biomasės ir bioįvairovės rodiklių sumažėjimą. Šiais metais, lyginant su 2012 m., Juodupio upelyje nerasta *Baetis* sp. lašalų ir *Nemoura* sp. ankstyvių. Būtent šių taksonų ženklus gausumo sumažėjimas jau buvo stebėtas 2012 m. lyginant su 2009 m. duomenimis (Arbačiauskas, 2013). Neradome mašalų (Simuliidae), kurių gana gausiai buvo 2012 m.

Dėlių, *Agabus* sp. vabalų, kai kurių dvisparnių ir apsiuvų rūšių taip pat nebuvo aptikta. Rasta *Rhyacophila fasciata* apsiuvų, *Dendrocoelum lacteum* planarijų, kurių nebuvo aptikta 2012 m. Šių metų duomenimis, šoniplaukų *Gammarus pulex*, Hydrachnidia vandens erkių ir Chironominae uodų trūklių buvo ženkliai gausiau nei 2012 metais, o *Hydraena* sp., *Elodes* sp. vabalų, *Pisidium* sp. moliuskų ir *Lype phaeopa* apsiuvų gausumas buvo mažesnis.

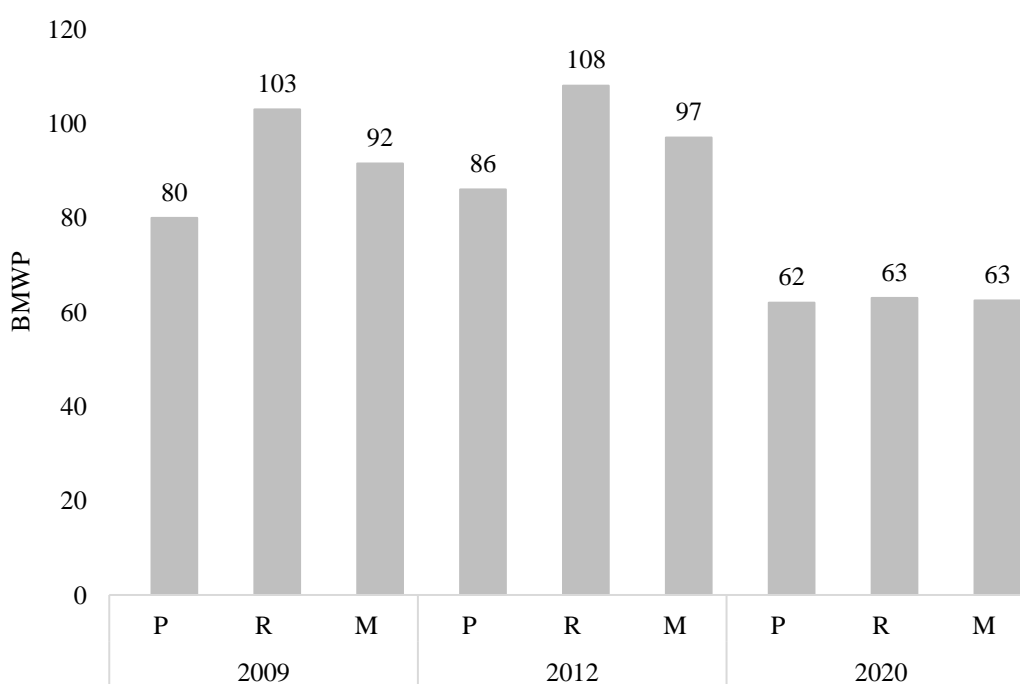
5 lentelė. Žemaitijos IMS Juodupio upelyje rastų dugno gyvūnų taksonominis sąštatas, gausumas (N, ind m⁻²) ir biomasė (B, g m⁻²) 2020 m. pavasarį ir rudenį pagal imstus paimtus rankiniu tinklu.

Klasė/Būrys	Gentis/Rūšis	Pavasaris		Ruduo	
		N	B	N	B
Turbellaria	<i>Dendrocoelum lacteum</i>			17	0,032
Bivalvia	<i>Pisidium sp.</i>	7	0,012	13	0,400
Crustacea	<i>Gammarus pulex</i>	2573	13,787	1940	10,542
	<i>Asellus aquaticus</i>	3	0,0001	3	0,0003
Hydrachnidia		80	0,015	60	0,010
Plecoptera	<i>Leuctra sp.</i>	60	0,038	153	0,080
Coleoptera	<i>Hydraena sp. Ad.</i>	43	0,013	13	0,0007
	<i>Elodes sp. Lv.</i>	3	0,035	13	0,135
Diptera	<i>Dicranota sp.</i>	20	0,057	3	0,0003
	<i>Eloeophila sp.</i>	7	0,022	3	0,031
	<i>Chelifera sp.</i>	7	0,0007		
	<i>Chironominae</i>	10	0,0001	327	0,177
	<i>Orthoclaadiinae</i>			3	0,0003
	<i>Tanypodinae</i>			3	0,0003
Trichoptera	<i>Lype phaeopa</i>			3	0,0003
	<i>Plectrocnemia conspersa</i>	3	0,054	10	0,205
	<i>Rhyacophila fasciata</i>	3	0,455		
	<i>Halesus radiatus</i>	13	1,508		
	<i>Halesus tessellatus</i>	3	0,448		
	<i>Chaetopteryx villosa</i>	17	0,046	40	0,664
	<i>Silo pallipes</i>			7	0,044
	<i>Sericostoma personatum</i>	13	0,129	23	0,205
	<i>Sericostoma schneideri</i>	10	0,393	13	0,414
	Iš viso	2877	17,0	2650	12,9

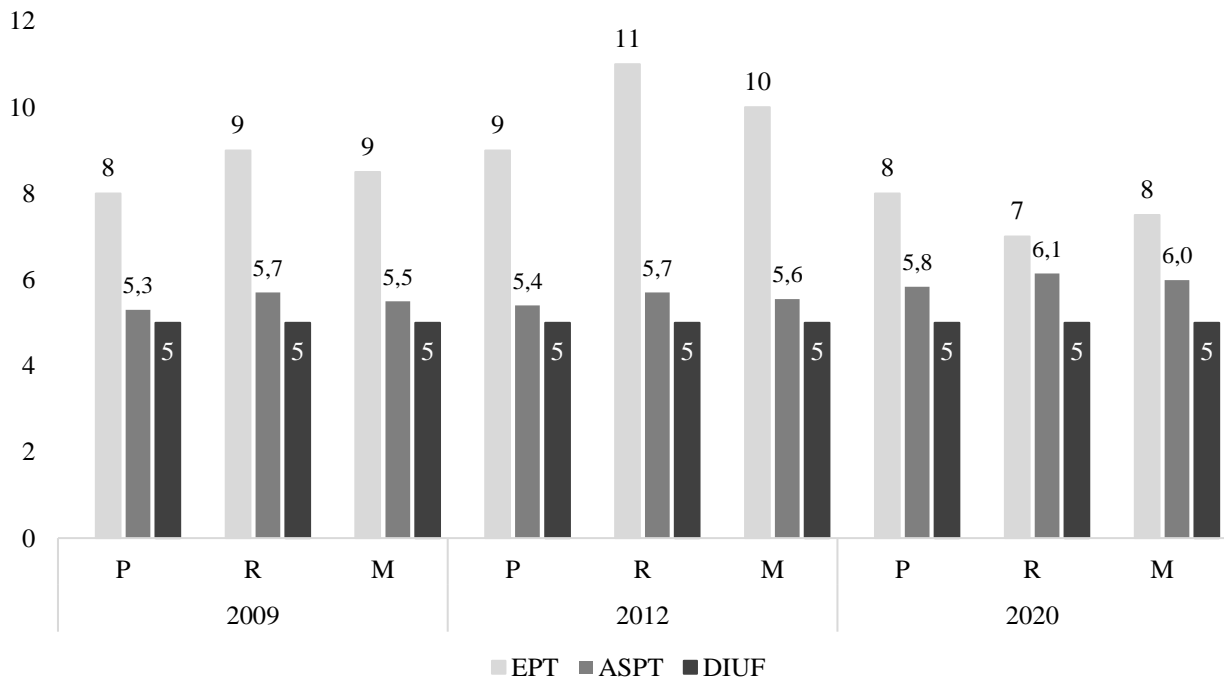
Daugelio biologinės įvairovės ir upelio ekologinės būklės rodiklių lyginant su ankstesniais tyrimų metais, buvo sumažėję (6 lentelė, 5 – 6 paveikslai). Rezultatai rodo, kad pagal biotinius rodiklius (EPT, BMWP, ASPT, DIUF) Juodupio upelio ekologinė būklė 2020 m. vertintina kaip vidutinė (pagal BMWP), gera (DIUF) arba labai gera (ASPT).

6 lentelė. Žemaitijos IMS Juodupio upelio makrozoobentos bendrijos ir vandens kokybės rodikliai: gausumas (N, ind m⁻²), biomasė (B, g m⁻²), apibūdintų taksonų skaičius (S), Shannon-Wiener'io bioįvairovės indeksas (H, bitai ind⁻¹), Simpson'o bioįvairovės indeksas (D) ir biotiniai rodikliai (EPT, BMWP, ASPT, DIUF) 2020 m.

Sezonas	N	B	S	H	D	EPT	BMWP	ASPT	DIUF
Pavasaris	2877	17,02	18	0,58	0,20	8	70	5,8	5
Ruduo	2650	12,94	19	1,06	0,44	7	86	6,1	5
Metinis vidurkis	2763	14,98	19	0,82	0,32	8	78	6,0	5



5 paveikslas. BMWP balų sumos Žemaitijos IMS Juodupio upelyje pavasario (P), rudens (R) ir metinio vidurkio (M) kitimas 2009, 2012 ir 2020 m.



6 paveikslas. EPT, ASPT ir DIUF rodiklių Žemaitijos IMS Juodupio upelyje pavasario (P), rudens (R) ir metinio vidurkio (M) kitimas 2009, 2012 ir 2020 m.

IŠVADOS

Palyginus du bentoso makrobenturių imstų ėmimo būdus – gruntosemį ir rankinį tinklą (palyginimai atlikti 2012 ir 2020 m.) paaiškėjo, kad rankiniu tinklu gaunami rezultatai yra reprezentatyvūs, todėl Versminio upelio makrobenturių stebėseną toliau rekomenduojama vykdyti naudojant standartinį tekančių vandenų stebėsenos metodą – imstų ėmimą standartiniu rankiniu tinklu.

Dauguma Aukštaitijos IMS Versminio upelio bentofaunos įvairovės ir biotinių rodiklių 2020 m. tyrimų duomenimis buvo aukštesni nei 2012 m., tuo tarpu analogiški rodikliai Žemaitijos IMS Juodupio upelyje buvo žemesni. Akivaizdu, kad vienu metų tyrimai nėra pakankami patikimai konstatuoti monitoringo stacionarų upelių būklės pokyčius. Kiek dabar nustatyti pokyčiai atspindi ilgalaikes tendencijas gali atsakyti tik tolesni upelių makrobenturių stebėjimai.

Žemaitijos IMS Juodupio upelyje 2020 m. stebėtas įvairovės ir ekologinės būklės rodiklių sumažėjimas buvo sąlygotas to, kad šiais metais visai neaptikta lašalų, o ankstyvių buvo tik vienas taksonas. Ar tai rodo šio upelio ekologinio statuso pakytį, parodys tolimesni tyrimai.

Pagal įprastą Lietuvoje upių ekologinės būklės vertinimo indeksą DIUF dabartinė Žemaitijos IMS Juodupio upelio ekologinė būklė nepakito ir vertintina kaip gera, Aukštaitijos IMS Versminio upelio būklė taip pat nepakito ir vertintina kaip vidutinė. Tačiau priminsime, kad Versminio upelis turi specifines ypatybes, todėl standartiniai vertinimo metodai jam ne visada tinka. Visumoje jis vertintinas, kaip labai geros ekologinės būklės upelis.

Literatūra

- Arbačiauskas K., 2004. Bentofaunos monitoringas pagal ICP IM programą (agrostacionaras, IM stotys). Ataskaita. Vilniaus universiteto Ekologijos institutas.
- Arbačiauskas K., 2005. Bentofaunos monitoringas pagal ICP IM programą ir agrostacionare. Ataskaita. Vilniaus universiteto Ekologijos institutas.
- Arbačiauskas K., 2006. Bentofaunos tyrimai pagal ICP IM programą bei tipiškoje vidurio Lietuvos agroekosistemoje. Integruoto monitoringo stacionarai. Ataskaita. Vilniaus universiteto Ekologijos institutas.
- Arbačiauskas K., 2007. Bentofaunos tyrimai pagal ICP IM programą bei tipiškoje vidurio Lietuvos agroekosistemoje Integruoto monitoringo stacionarai. Ataskaita. Vilniaus universiteto Ekologijos institutas.
- Arbačiauskas K., 2008. Bentofaunos tyrimai pagal ICP IM programą bei tipiškoje vidurio Lietuvos agroekosistemoje. Integruoto monitoringo stacionarai. Ataskaita. Vilniaus universiteto Ekologijos institutas.
- Arbačiauskas K. 2009a. Bentoso makrobestuburiai. *Gyvūnijos monitoringo metodai*, Vilnius, VU Ekologijos institutas: 22–46.
- Arbačiauskas K., 2009b. Bentofaunos tyrimai pagal ICP IM programą bei tipiškoje vidurio Lietuvos agroekosistemoje. Integruoto monitoringo stacionarai. Ataskaita. Vilniaus universiteto Ekologijos institutas.
- Arbačiauskas K. 2013. Aukštaitijos ir Žemaitijos integruoto monitoringo stočių makrozoobentosas. Ataskaita. Gamtos tyrimų centras.
- Manual for integrated monitoring, Program phase 1993-1996. Environmental data centre, National board of water and the environment, Helsinki, 1993. 114 pp.

3.5. Miško ekosistemų biotos komponentų rūšių įvairovės ir gausumo tyrimo rezultatų apibendrinimas

Tyrimų pradžioje didžiausiu gausumu žaliadumbliai pasižymėjo Aukštaitijos KMS teritorijoje. Kiek mažesniu gausumu pasižymėjo Žemaitijos KMS teritorijoje.

2010-15 m. Aukštaitijos ir Žemaitijos KMS baseinų tarša azoto junginiais turėtų išlikti panašiam lygmenyje ar demonstruoti mažėjimo tendenciją.

2016-2017 m. Aukštaitijos KMS stebimų eglių spyglių padengimas žaliaisiais oro dumbliais iš esmės nepakito. Vyrauja labai silpnas padengimo intensyvumas. Žaliadumbiais padengiami vis senesni spygliai, o stebimų eglių būklė taip pat išlieka labai gera. Žemaitijos KMS oro užterštumas azoto junginiais išliko stabilus. Pagrindinis rodiklis indikuojantis tokią kaitą jauniausio ūglio amžius, kurio spygliai pradkami apaugti žaliaisiais oro dumbliais.

Pasikartojančios sausros Aukštaitijos KMS neturėjo esminės įtakos žaliųjų oro dumblių gausos padidėjimui paskutiniaisiais 2018-2019 m. Pasitvirtino teiginys, kad šiltėjantis klimatas, dėl organinių junginių skaldimosi intensyvumo skatinimo, mažina aplinkos užterštumą N junginiais. Jauniausio eglės ūglio amžius Aukštaitijos KMS 2019 m. padidėjo vidutiniškai iki 2,8 m., kas rodo mažėjančią oro baseino užterštumą šiais junginiais. 2019 m. žaliųjų oro dumblių gausa Žemaitijos KMS didėjo, ir [priešingai negu Aukštaitijos KMS, indikavo didėjanti oro baseino užterštumą N junginiais.

2020 metais registruoti du priešingi procesai žaliųjų oro dumblių gausos rezultatuose. Aukštaitijos KMS nustatytas nors ir neženklaus šių dumblių gausos padidėjimas, koks buvo registruojamas dar 2006 – 2007 m. Žemaitijos KMS žaliųjų oro dumblių gausos tyrimo stotyje nustatyta, kad šių dumblių gausa ant eglių spyglių sumažėjo.

Žaliųjų oro dumblių fitoindikacinei reakcijai didelės įtakos turi ir kritulių kiekis, kuris mechanškai gali nuplauti dumblius nuo spyglių paviršiaus.

2020 m. Aukštaitijos ir Žemaitijos KMS buvo atlikta 19-ta epifitinių kerpių rūšinės įvairovės, gausumo bei būklės apskaita kerpių tyrimo stotyje, bei pakartoti detalūs epifitinių kerpių rūšių įvairovės ir gausumo tyrimai visame baseine, įvertinat per 5 m laikotarpį užregistruotus pokyčius.

Aukštaitijos KMS epifitinių kerpių bendras padengimo intensyvumas jau daugelį metų praktiškai išlieka stabilus. *2016-2019 m. padengimo procentas medžio kamieno apatiniuose lygmenyse išlieka stabilus, su tendencija didėti dėl Cladonia genties ir Parmeliopsis ambigua kerpių gausumo didėjimo. Aukščiausiam lygmenyje, t.y. 150 cm aukštyje nuo 2007 m.*

registruojamas palaiapsnis kamienų kerpėtumo didėjimas, kas indikuotų vis mažiau teršiamą aplinką sieros junginiais.

2018 m. išsiskyrė iš likusiųjų padidėjusiu tirtų medžių kamienų kerpėtumo laipsniu. Aukštaitijos KMS kerpėtumo intensyvumas 2018 m. išliko vienas didžiausių visuose matavimo aukščiuose ir tokį rezultatą sąlygojo kamienų padengimas putliuoju plynkėžiu. *2019 m. pasikartojusi sausra neturėjo reikšmingos įtakos bendram kamienų kerpėtumo intensyvumo pokyčiui, nors padengimas putliuoju plynkėžiu demonstravo tendenciją mažėti.* 2020 m. registruojamas neženklus epifitinių kerpių gausumo sumažėjimas.

Epifitinių kerpių gausumas 2016-2019 m. laikotarpiu išlieka keliais procentiniais punktais didesnis negu 2011-2015 m. laikotarpiu. Tai vienos didžiausių padengimo epifitinėmis kerpėmis reikšmės per visą tiriamąjį laikotarpį. Tokia epifitinių kerpių reakcija į aplinkos pasikeitimus pirmiausiai turėtų indikuoti vis mažiau teršiamą Aukštaitijos regiono oro baseiną sieros junginiais.

Apibendrinant lichenologinius tyrimų rezultatus kompleksiško monitoringo stotyse, galima teigti, kad klimatiniai faktoriai bei naudojami epifitinių kerpių gausumo tyrimo metodai neleidžia patikimai nustatyti esminių kaitos skirtumų Aukštaitijos ir Žemaitijos KMS baseinuose. Tačiau gausumo nors dar ir nereikšmingas didėjimas rodo, kad oro baseino užterštumas KM stotyse sieros junginiais turėtų mažėti.

Aukštaitijos KMS epifitinių kerpių gausumas 2016-2019 m. laikotarpiu išlieka keliais procentiniais punktais didesnis negu 2011-2015 m. laikotarpiu. Tai vienos didžiausių padengimo epifitinėmis kerpėmis reikšmės per visą tiriamąjį laikotarpį. Tokia epifitinių kerpių reakcija į aplinkos pasikeitimus pirmiausiai turėtų indikuoti vis mažiau teršiamą Aukštaitijos regiono oro baseiną sieros junginiais. Pastaruoju laikotarpiu dėl intensyvaus kamienų padengimo putliuoju plynkėžiu, bendras tirtų medžių kerpėtumas išlieka didžiausiame lygmenyje per visą tiriamąjį laikotarpį. Tokią epifitinių kerpių kaitą mūsų manymu galėjo sąlygoti papildomai ir klimatinės sąlygos, kai po pakankamai sauso 2015 m. sezono sekė labai drėgni 2017 m. Pasikartojančios sausros neturėjo reikšmingos įtakos tirtų medžių kamienų kerpėtumo laipsniui mažėti.

2020 m. registruojamas neženklus epifitinių kerpių gausumo sumažėjimas. Įdomu pažymėti, kad toks sumažėjimas buvo registruotas ir išskirtinai drėgnais ir lietingais 2017 metais. Tokie rezultatai įgalina daryti išvada, kad gausūs krituliai gali sąlygoti gausumo sumažėjimą, ypač per pušies žiauberio plokštelių atsilupimą nuo kamieno ir nukritimą kartu su ant jų esančiomis kerpėmis.

Nustatyta, kad nuo 2015 m. nitratų srautas Aukštaitijos KMS sumažėjo nuo 2 kg/ha iki 1,5 kg/ha, o amonio – nuo 3 kg/ha iki 2 kg/ha. Tokiu būdu apskaičiavus bendrą srautą matyti,

kad azoto srautui sumažėjus nuo 5 kg/ha iki 3,5 kg/ha epifitinių kerpių gausumas reikšmingai padidėjo. Tai būtų galima teigti, kad kritinis srautas lemiantis epifitinių kerpių reikšmingus pokyčius nitratams būtų apie 1,5 kg/ha, o amonio jonams – apie 2 kg/ha. Bendrai tai sudarytų apie 3-4 kg/ha. Šiandieną kritinis N srautas yra 5 kg/ha. Gauti duomenys rodo, kad ši reikšmė jautriose miško ekosistemose turėtų būti mažesnė, t.y. iki 3 kg/ha., ką patvirtina pastarųjų metų tyrimai Skandinavijos šalyse.

Kaip ir Aukštaitijos KMS, Žemaitijos KMS baseine epifitinių kerpių padengimo intensyvumas 2015-2019 m. laikotarpiu yra kiek tai padidėjęs lyginant su 2009-2014 m. laikotarpiu, bet praktiškai stabilus, kas indikuotų ir mažai kintantį oro baseino užterštumo sieros junginiais lygmenį ir skirtingas epifitinių kerpių reakcijas į sausras.

2020 m. epifitinių kerpių gausumas Žemaitijos KMS padidėjo, tiek putliuoju plynkėžiu, tiek ir kitų registruotų kerpių. Pgal matavimo aukštį matyti, kad kiek tai mažėja gausumas žemiausiame 60 cm lygmenyje, o didėja aukštesniuose lygmenyse ir ypač 150 cm aukštyje.

Gauti duomenys rodo, kad azoto kritinio srauto reikšmė jautrioms miško ekosistemoms turėtų būti mažesnė negu 5 kg/ha, t.y. apie 3 kg/ha., ką patvirtina pastarųjų metų tyrimai Skandinavijos šalyse.

Tyrimai atlikti visame Aukštaitijos KMS baseine parodė, kad nuo 2015 m., 4 rūšys 2020 m. jau nebeaptiktos, tačiau 3 rūšys rastos naujai. Tarp pasikeitimų paminėtini: *Tuckermanopsis chlorophylla* neaptikimą 2020 m. ir *Xanthoria parietina* „išnykimą“.

Lyginant rūšių aptikimo dažnumo pokyčius, labiausiai išsiskiria *Bryoria capillaris* pagausėjimas (nuo 48 proc. iki 75 proc. aptikimo bareliuose), *Usnea firta* pagausėjimas (nuo 9 iki 29 proc.), *Vulpicida pinastri* pagausėjimas (nuo 14 iki 31 proc.), bei sumažėję rūšys - *Usnea subfloridana* (nuo 39 iki 14 proc.), *Cladonia chlorophaea* (nuo 43 iki 20 proc.), *Cladonia digitata* (nuo 59 iki 37 proc.).

Žemaitijos KMS 2020 m. po 5 m. laikotarpio nerastos 4 rūšys, tačiau rastos 2 naujos. Didžiausias pasikeitimas *Physcia tenella* tarpe, net penktadalyje barelių.

Vertinant atskirų rūšių aptikimo dažnį, didžiausia pasikeitimai užfiksuoti *Bryoria capillaris* (nuo 18 iki 40 proc. padidėjimas), *Cladonia chlorophaea* (sumažėjimas nuo 55 iki 26 proc.), *Evernia prunastri* (pagausėjimas nuo 3 iki 20 proc.), *Melanohalea exasperatula* (padidėjimas nuo 12 iki 26 proc.), *Parmelia saxatilis* (padidėjimas nuo 21 iki 49 proc.) ir *Vulpicida pinastri* (sumažėjimas 6 kartus – nuo 18 iki 3 proc.).

2020 m. Ažvinčių sengirės rezervate makrokerpių rūšinė įvairovė (bendras rūšių skaičius barelyje) 12 % didesnė už Plokštinės rezervato, tuo tarpu 2015 m. šis skirtumas buvo 25 %. Tokius pokyčius nulėmė rūšių gausos sumažėjimas Ažvinčių sengirėje ir rūšių

pagausėjimas Plokštinės rezervate. Tokius pokyčius galima paaiškinti tuo, kad Plokštinės rezervatas, nors ir žymiai jaunesnis (pagal įsteigimo datą), tačiau laikui bėgant jame įvairovė didėja miškui senstant ir artėjant prie sengirei būdingos mozaikiškos ir sudėtingos struktūros.

Vertinant bendrai visą įvairovės pasikeitimą Žemaitijos KMS miško ekosistemose nuo 2015 m. iki 2020 m., galima pagrįstai teigti, kad sąlygos makrokerpėms stipriai gerėja, nors dar ir nepasiekę Aukštaitijos KMS Ažvinčių sengirės įvairovės lygio, tuo tarpu Ažvinčių sengirėje padėtis stabilizavusis ir didelių pokyčių bendrai vertinant teritorijoje nestebima.

Jautrių aplinkos užterštumui kerpių gausos didėjimas, ypač Aukštaitijos KMS indikuoja vis mažiau sieros, azoto ir kitais toksiškais kerpėms junginiais teršiamas miško ekosistemas šiaurės rytinėje Lietuvos dalyje.

Miško ekosistemų stabilumas priklauso nuo biodestruktorių komplekso. Oribatidinės, gamazidinės erkės ir kolembolos yra svarbiausi šių dirvožemių organinių liekanų mineralizatoriai ir humifikatoriai (Шварц, 2005). Didžiausia pedobiontų įvairovė yra sąlygiškai natūralių ekosistemų dirvožemiuose. Biosistemų stabilumas didėja priklausomai nuo jos sudėtingumo ir įvairovės (King, Pimm, 1983).

Išanalizavus tyrimų duomenis galima teigti, kad Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stočių dirvožemiuose plačiai paplitę mikroartropodai, kurių gausumas vidutiniškai yra: Aukštaitijos IM stotyje – 280 tūkst. ind./m², o Žemaitijos – 406,5 tūkst. ind./m². Mikroartropodų tarpe dominuoja oribatidinės erkės. Todėl šiuos dirvožemius galime apibūdinti kaip mikroartropodinius-oribatidinius.

Daugiamečių tyrimų, atliktų sąlyginai natūraliose ekosistemose kompleksinio monitoringo stotyse, rezultatai rodo, kad dirvožemių mikroartropodų kompleksai skiriasi gausumu, rūšine įvairove ir struktūra (Aplinkos monitoringo ataskaita, 2006).

Oribatidinių erkių gausumu išsiskiria Žemaitijos IM stoties dirvožemis, kuriame aptikta 318,2 tūkst. ind./m² oribatidinių erkių. Aukštaitijos IM stotyje - 219,9 tūkst. ind./m² (2.3.1 pav.). Atitinkamai Žemaitijos IM stoties dirvožemio mėginiuose identifikuota daugiau oribatidinių erkių rūšių – 38. Tuo tarpu Aukštaitijos IM stotyje - 26 rūšys. Iš viso apibūdintos 48 oribatidinių erkių rūšys.

Gamazidinių erkių gausumas Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stotyse skyrėsi nežymiai: Aukštaitijos IM stotyje jų rasta 20,6 tūkst. ind./m², Aukštaitijos IM stotyje – 22,3 tūkst. ind./m². Labai panašus ir kitų neidentifikuotų erkių skaitlingumas: 10,0 ir 10,3 tūkst. ind./m² atitinkamai. Didesniu akaridinių erkių skaitlingumu išsiskyrė Aukštaitijos IM stoties dirvožemis: 9,6 tūkst. ind./m². Tuo tarpu Žemaitijos IM stotyje – 8,8 tūkst. ind./m² (2.3.1 pav.).

Sengirųjų dirvožemiuose vykstantys biologiniai procesai mažai pažeisti antropogeninių bei klimatinių veiksnių. Atskiros mikroartropodų grupės yra patikimi bioindikatoriai, atspindintys atskirų metų aplinkos užterštumo ir klimatinių sąlygų poveikį dirvožemio biologiniams procesams. Nustatyta, kad pedobiontų gausumą ir rūšių skaičių tiesiogiai sąlygoja metinis kritulių kiekis ir vidutinė oro temperatūra vegetacijos laikotarpiu. Jautriausiai į dirvožemio drėgmės ir temperatūrų svyravimus reaguoja gamazidinės erkės, ypač jų gausumas, ir kolembolos. Kolembolos tai mikroartropodų grupė jautriausiai reaguojanti net į mikroekologinius pakitimus ekosistemose dirvožemio lygyje. Tiriant kolembolų gausumą skirtingo amžiaus pušynų dirvožemiuose nustatyta, kad drėgmės fliktacijos dirvožemyje koreliuoja su kolembolų gausumu (Jucevica, Melecis, 2002, 2006). Žemaitijos IM stoties dirvožemyje 2020 m. kolembolų rasta 2,3 kartus daugiau nei Aukštaitijos IM stotyje: atitinkamai 46,9 tūkst. ind./m² ir 19,9 tūkst. ind./m².

Tiek Aukštaitijos, tiek Žemaitijos IM stočių dirvožemyje mikroartropodų tarpe dominuoja oribatidinės erkės, sudarydamos apie 78,0%. Nustatyta, kad stabiliose ekosistemose oribatidinių erkių sukcesija vyksta labai lėtai (Шварц, 2005). Tai susiję su jų ekologija ir vystymusi. Sudėtingas vystymosi ciklas leidžia rūšiai prisitaikyti prie įvairių mitybos formų, suteikia galimybę rasti maisto tame pačiame substrate jo nepaliekant (Luxton, 1982). Ta pati rūšis iš pradžių gali maitintis grybų hifais, vėliau augalų audiniais ar grybų sporomis. Kolembolos neturi sudėtingo vystymosi ciklo ir nekeičia maisto šaltinio, todėl, sumažėjus maisto resursams, jos palieka substratą (Шварц, 2005).

Daugelio gyvūnų reprodukcijos būdas koreliuoja su ekologiniais faktoriais. Esant ribotam resursų kiekiui ekosistemoje dominuoja lytiškai besidauginančios rūšys, o partenogenetinės rūšys dominuoja stabiliose ekosistemose, nes joms nereikia adaptuotis prie besikeičiančių aplinkos sąlygų (Domes et al., 2007). Kadangi miškai yra stabilios ekosistemos, partenogenetinių gyvūnų (erkių, kolembolų, enchitrėjų, nematodų) procentinis santykis miškuose yra didesnis nei kitose ekosistemose (Niklasson et al., 2000). Tai atsispindi ir išanalizavus mikroartropodų kompleksų rūšinę struktūrą Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stočių dirvožemiuose – komplekso branduolį juose sudaro smulkios dirvožeminės oribatidų rūšys, tai daugiausia partenogenetiškai besidauginančios rūšys iš Oppiidae ir Suctobelbidae šeimų. Vyrauja *Oppiella nova*, *Suctobelbella* sp. *Oppiella nova* viena plastiškiausių ekologiniu atžvilgiu oribatidinių erkių rūšių, labiausiai mėgstanti spygliuočių mišką, kur jų vidutiniškai aptinkama 41,4 tūkst. ind. m⁻² (Эйтминавичюте, 1958; 1960). 2020 m. Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stočių dirvožemiuose šių erkių buvo aptikta atitinkamai vidutiniškai 15,3 ir 25,6 tūkst. ind./m².

Palyginus du bentoso makrobestuburių imstų ėmimo būdus– gruntosėmį ir rankinį tinklą (palyginimai atlikti 2012 ir 2020 m.) paaiškėjo, kad rankiniu tinklu gaunami rezultatai yra reprezentatyvūs, todėl Versminio upelio makrobestuburių stebėseną toliau rekomenduojama vykdyti naudojant standartinį tekančių vandenų stebėsenos metodą – imstų ėmimą standartiniu rankiniu tinklu.

Dauguma Aukštaitijos IMS Versminio upelio bentofaunos įvairovės ir biotinių rodiklių 2020 m. tyrimų duomenimis buvo aukštesni nei 2012 m., tuo tarpu analogiški rodikliai Žemaitijos IMS Juodupio upelyje buvo žemesni. Akivaizdu, kad vienu metų tyrimai nėra pakankami patikimai konstatuoti monitoringo stacionarų upelių būklės pokyčius. Kiek dabar nustatyti pokyčiai atspindi ilgalaikes tendencijas gali atsakyti tik tolesni upelių makrobestuburių stebėjimai.

Žemaitijos IMS Juodupio upelyje 2020 m. stebėtas įvairovės ir ekologinės būklės rodiklių sumažėjimas buvo sąlygotas to, kad šiais metais visai neaptikta lašalų, o ankstyvių buvo tik vienas taksonas. Ar tai rodo šio upelio ekologinio statuso pakytį, parodys tolimesni tyrimai.

Pagal įprastą Lietuvoje upių ekologinės būklės vertinimo indeksą DIUF dabartinė Žemaitijos IMS Juodupio upelio ekologinė būklė nepakito ir vertintina kaip gera, Aukštaitijos IMS Versminio upelio būklė taip pat nepakito ir vertintina kaip vidutinė. Tačiau priminsime, kad Versminio upelis turi specifines ypatybes, todėl standartiniai vertinimo metodai jam ne visada tinka. Visumoje jis vertintinas, kaip labai geros ekologinės būklės upelis.

IV. ŽOLINĖS AUGALIJOS TYRIMAI AUKŠTAITIJOS IR ŽEMAITIJOS KMS AUGALIJOS INTENSYVIŲ TYRIMŲ STACIONARUOSE (*Ainis Pivoras, konsult. Daiva Patalauskaitė, Ilona Jukonienė*).

VG (VEGETATION) paprogramės žolinės augmenijos tyrimai pagal ICP IM (International Cooperative Programme on Integrated Monitoring of Air Pollution Effects on Ecosystems) programą, intensyvaus monitoringo srityse yra sudėtinė integruoto augalinės dangos monitoringo dalis. Augmenija yra vienas iš svarbiausių kraštovaizdžio, gyvosios gamtos, komponentų, turintis didžiulį poveikį ekosistemos medžiagų ir energijos apykaitai. Ji yra pagrindinis organinės medžiagos šaltinis, stipriai veikiantis ne tik visą aplinkinę gyvąją gamtą, bet ir dirvožemio, vandens, oro fizikocheminius parametrus.

Sąlygiškai natūraliose ekosistemose upelių baseinuose kompleksinio monitoringo Aukštaitijos ir Žemaitijos stotyse vykdomi stebėjimai pagal ICP IM programoje numatytus parametrus bei apimtis nuo 1993 (Aukštaitija) ir 1994 (Žemaitija) metų. Yra stebima augmenijos rūšinė įvairovė, rūšių gausumas ir produktyvumas. Vykdamas ilgalaikius augmenijos stebėjimus ir kaupiant duomenis yra išaiškinami ekosistemose vykstantys gamtiniai ir antropogeniniai pokyčiai.

Šio darbo tikslas – 2020 metais įvertinti su tolimosiomis oro pernašomis iš kitų valstybių atneštų teršalų srautus per biologinius ekosistemos elementus ir poveikį jiems, vykdamas žolinės augalijos tyrimus Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stočių teritorijų upelių baseinuose, vadovaujantis žolinės augalijos tyrimų pagal ICP IM programą parametru bei apimčių sąrašu.

Uždaviniai:

1. Atlikti Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stočių teritorijų žolių-krūmokšnių ir samanų-kerpių ardų rūšių tyrimus pagal ICP IM vadovo 7.17-19 (FINNISH ENVIRONMENT INSTITUTE, 2013) dalyje nustatytus reikalavimus;
2. Nustatyti augalijos rūšinės įvairovės, dažnumo ir padengimo parametrus ir atlikti išsamią intensyvaus stebėjimo laukeliuose (Aukštaitijos IM stoties teritorijoje – 100, Žemaitijos IM stoties teritorijoje – 32 intensyvaus stebėjimo laukelių) surinktos medžiagos analizę;
3. Įvertinti Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stočių teritorijose 2020 metais atliktų tyrimų duomenis ir palyginti su ankstesnių (2019 m) ir ilgalaikių tyrimų (1994–2019 metų laikotarpio) duomenimis, identifikuoti pokyčius, išanalizuoti ir detalizuoti jų priežastis ir pateikti išvadas bei prognozes, jei įmanoma, pateikti išsamias rekomendacijas dėl būklės gerinimo;

4. Pagal galimybes nustatyti augalijos struktūros / rūšinės sudėties / gausumo pokyčių priežastis bei įvertinti jų daromą įtaką.

Metodika. Botaninio monitoringo darbai buvo atlikti naudojant metodiką, kuri parengta pagal FINNISH ENVIRONMENT INSTITUTE (2013). Vadovaujantis šia metodika (paprogramė VG) įrengtose žolinės dangos intensyvaus tyrimo pastoviose aikštelėse (0,5 m x 0,5 m) – Aukštaitijos ITS – 100 aikštelių (A-100 ir A-102 intensyvaus tyrimo stotys) ir Žemaitijos ITS – 32 aikštelėse, matuoti šie parametrai:

- a) krūmokšnių, žolių, samanų ir kerpių atskirų rūšių projekcinis padengimas (vertinamas procentais, perskaičius išreiškiamas procentais vidutiniškai vienai aikštelei),
- b) krūmokšnių, žolių, samanų ir kerpių fertilumas (branda) – vertinamas balais, perskaičius išreiškiamas procentais.
- c) krūmokšnių, žolių, samanų ir kerpių atskirų rūšių dažnumas (skaičiuojamas procentais).

Gamtiniai stebėjimai vienu metu visose ITS atlikti birželio mėnesio antroje pusėje, Liepos mėnesio pradžioje. Intensyvaus monitoringo ploteliuose 2019 metais buvo stebimi 75 rūšių augalai (46 rūšių induočiai augalai ir 29 rūšių samanos). Duomenų palyginimui buvo panaudoti turimi duomenys: rūšių gausumo palyginimui Aukštaitija-100 ir Aukštaitija-102 poligonuose 1993–2018 metų duomenys, Žemaitijos ITS 1994–2018 metų duomenys, rūšių dažnumo 2003–2018 metų duomenys, rūšių fertilumo 2005–2018 metų duomenys. Duomenų apdorojimui buvo panaudota programa EXCEL. Aukštaitijos ITS poligonai įrengti Ažvinčių girioje (Minčiagirės girininkija), Žemaitijos ITS – Platelių girininkijos miškuose.

Rezultatai aptarti atskiruose skyriuose, pagal tyrimų geografinę vietovę. Aukštaitijos ITS stebėjimai vykdyti 100 intensyvaus tyrimo pastovių aikštelių, išdėstytų 2 intensyvaus tyrimo sklypuose po 50: Aukštaitija-100 (4.1 skyrius) ir Aukštaitija-102 (4.2 skyrius). Žemaitijos (4.3 skyrius) ITS poligone stebėjimai vykdyti 32 pastoviose intensyvaus tyrimo aikštelėse, išdėstytose viename intensyvaus tyrimo polygone.

4.1 Aukštaitija – 100



I augalijos intensyvių tyrimų stacionaras įkurtas viršutiniame baseino dalyje, natūraliai drėkinamame (Nbl), aukšto produktyvumo (I boniteto), brukniniame (v), perbrendusiame (15 amžiaus klasė) pušyne su silpnai išreikšta eglės priemaiša bei antru jos ardu ir pomiškiu.

Gruntinio vandens lygis šiame stacionare dažnai nukrenta žemiau 13 m.

4.1.1 Projekcinis padengimas

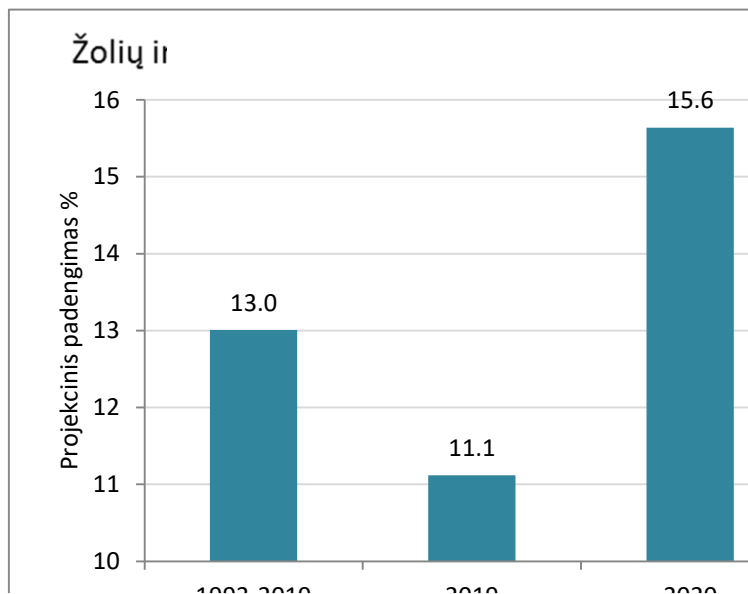
Aukštaitija-100 (Aukšt-100) poligone yra stebima pušyno bendrija, kurioje 2020 metais medžių ardo vidutinis projekcinis padengimas buvo 70,1 %, krūmų ardo 5,2 %, žolių ir krūmokšnių ardo 15,6 %, o samanų ir kerpių ardo 92,9 %. Šie parametrai kasmet svyruoja nežymiai. Lyginant 2014 – 2020 metų duomenis, medžių projekcinis padengimas pastaraisiais metais nepakito (70,1 %), krūmų – nežymiai (1,9 %) didėjo iki 5,2 %. Pirmame arde vyraujantys medžiai nepaisant brandaus amžiaus retinasi neženkliai, krūmų ardas poligone išlieka negausus.



Atvirose vietose gausi rūšių įvairovė

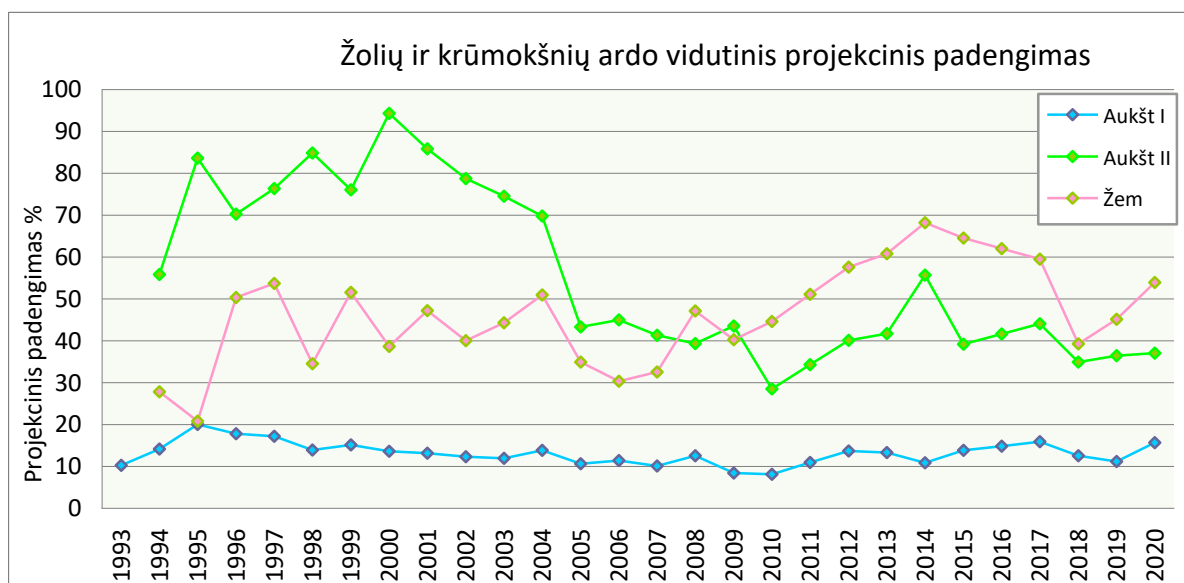
Žolių ir krūmokšnių ardas stebimoje pušyno bendrijoje yra skurdus tiek rūšine sudėtimi, tiek rūšių gausumu, kuris yra išreiškiamas projekciniu padengimu. Vidutinio žolių ir krūmokšnių

ardo projekcinio padengimo vidurkis 1993–2019 metais yra 13,0 %. 2019 m ardo projekcinis padengimas buvo ženkliai sumažėjęs iki 11,1 %, o pastaraisiais metais stipriai augo ir dabar yra 2,6 % didesnis už daugiamečių vidurkį (4.1 pav).



4.1 pav. Aukštaitija_100 poligono žolių ir krūmokšnių ardo vidutinio projekcinio padengimo kaita 1994–2020 m.

Per stebimąjį 1993–2020 metų laikotarpį vidutinis žolių ir krūmokšnių ardo projekcinis padengimas Aukštaitija-100 tiriamajame sklype svyravo 8 – 20 % ribose, mažiausias buvo 2010 m. (8,1 %), o didžiausias 1995 m. – 20 % (4.2 pav).



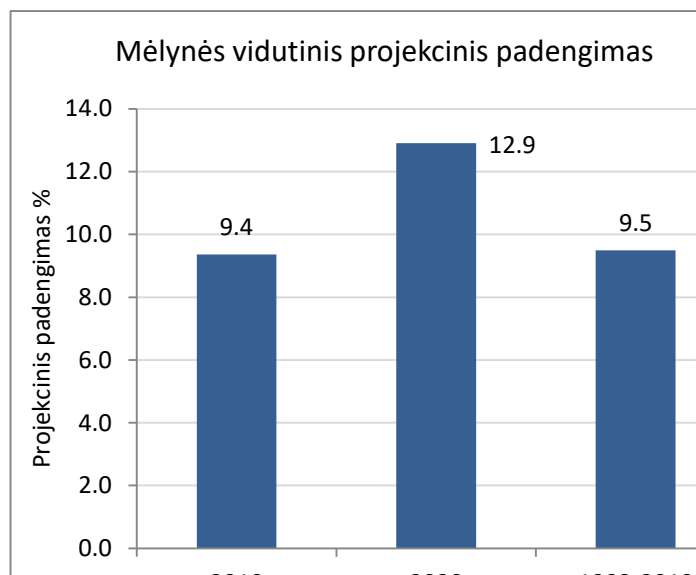
4.2 pav. Žolių ir krūmokšnių ardo skirtinguose poligonuose vidutinio projekcinio padengimo kaita 1993–2020 metais.

Nuo 2014 iki 2017 m. stebėtas nuoseklus žolių projekcinio padengimo didėjimas. Pastaraisiais metais ardo projekcinis padengimas taip pat sąlyginai didelis (15,6 %). Šiuos procesus galėjo lemti brandaus pušyno kuriame išdėstyti tyrimų bareliai lajų išretėjimas ar

brandžių senų medžių žūtis. Medžiams žuvus miško paklotei tenka daugiau šviesos, taip sudaromos geresnės sąlygos žoliniams induočiams. Nepaisant to, 2018 - 2019 metais žolių ir krūmokšnių projekcinis padengimas buvo gerokai sumažėjęs. Tai tikėtina nulėmė trumpalaikės sausros registruotos vegetacijos sezono pirmoje pusėje dvejus metus iš eilės. Svarbus veiksnys ir eglių pomiškio formavimasis šiaurinėje poligono dalyje. Pokyčius geriausiai atspindi pagrindinio ardo dominanto – mėlynės, projekcinio padengimo kaita (4.3 pav).

Žolių ir krūmokšnių arde 1993-2020 m. laikotarpiu iš viso buvo užregistruota ir stebima 15 rūšių induočių augalų (miškinis lendrūnas – *Calamagrostis arundinacea*, paprastoji pakalnutė – *Convallaria majalis*, avinis eraičinas – *Festuca ovina*, šliaužiančioji sidabriukė – *Goodyera repens*, plaukuotasis kiškiagrikis – *Luzula pilosa*, dvilapė medutė – *Maianthemum bifolium*, pievinis kupolis – *Melampyrum pratense*, paprastoji eglė – *Picea abies* (juv), paprastoji pušis – *Pinus sylvestris* (juv.), didžialapis šakys – *Pteridium aquilinum*, paprastoji katuogė – *Rubus saxatilis*, paprastasis šermukšnis – *Sorbus aucuparia*, miškinė septynikė – *Trientalis europaea*, mėlynė – *Vaccinium myrtillus*, bruknė – *Vaccinium vitis-idaea*) (4.1 priedas). Ne visų paminėtų rūšių individai išaugdavo kasmet. 2020 metais buvo stebėta 10 rūšių, neišaugo tos pačios rūšys: avinis eraičinas, dvilapė medutė, paprastoji eglė, paprastoji pušis ir paprastoji katuogė. Po metų pertraukos vėl registruotas didžialapis šakys.

Aptartą bendrą visų tirtų laukelių vidutinį projekcinį padengimą labiausiai nulemia šio medyno pagrindinis ir pastovus žolių ir krūmokšnių ardo dominantas - mėlynė (4.3 pav.).

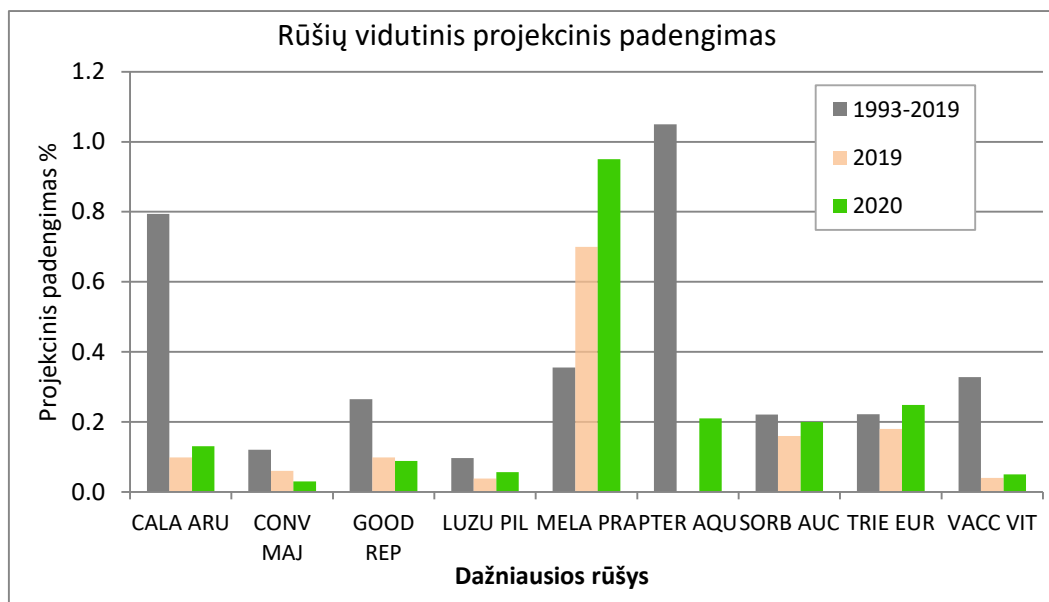


4.3 pav. Mėlynės vidutinio projekcinio padengimo skirtingais metais palyginimas.

Mėlynės vidutinis projekcinis padengimas 2020 metais buvo 12,9 % (4.3 pav), tai yra 3,5 % didesnis negu 2019 m. ir negu stebėjimų vidurkis. Mėlynės padengimas nuosekliai augo nuo 2011 m. ir 2017 metais fiksuota didžiausia vertė per visą stebėjimų istoriją, 2018 - 2019 m.

stebėtas labai ženklus projekcinio padengimo sumažėjimas, o pastarieji metai indikuoja mėlynių populiacijos atsigavimą. Mėlynės yra krūmokšniai, jos pastoviai auga tose pačiose vietose, net ir žiemą numeta tik lapus, o jų šakelės išlieka žalios ir nenudžiūvusios ištisus metus. Mėlynių projekcinį padengimą nulemia ne tik individų gausa, bet ir grybinių ligų protrūkiai, sukelti defoliacija. Augalo populiacijai augant, tikėtina, didėjo ir jais mintančių, parazituojančių rūšių gausa. 2018 - 2019 metų vasaros pradžios sausros, tikėtina sumažino augalų atsparumą, to pasekoje buvo padidėjusi defoliacija, kuri po besniegės 2019 žiemos ir sąlyginai stabiliai drėgnos 2020 metų vegetacijos sezono pradžios vėl atsistato.

Analizuojant atskirai likusių rūšių projekcinį padengimą, matyti (4.4 pav; 1 priedas), kad jų projekcinis padengimas nesiekia net 1%. Lyginant 2020 metų duomenis su ilgamečiu vidurkiu matyti (4.4 pav), kad yra stipriai sumažėjęs miškinio lendrūno, šliaužiančiosios sidabriukės ir bruknės projekcinis padengimas, o didžialapis šakys, nors ir vėl aptiktas po metų pertraukos, bet sąlyginai labai ne gausus. Vienintelio pievinio kupolio projekcinis padengimas buvo daug didesnis už stebėjimų vidurkį, ir toliau didėjo. To pasekoje pievinis kupolis antra pagal gausumą induočių rūšis poligone. Likusių rūšių gausumas – lygus daugiamečiam vidurkiui arba nežymiai mažesnis.



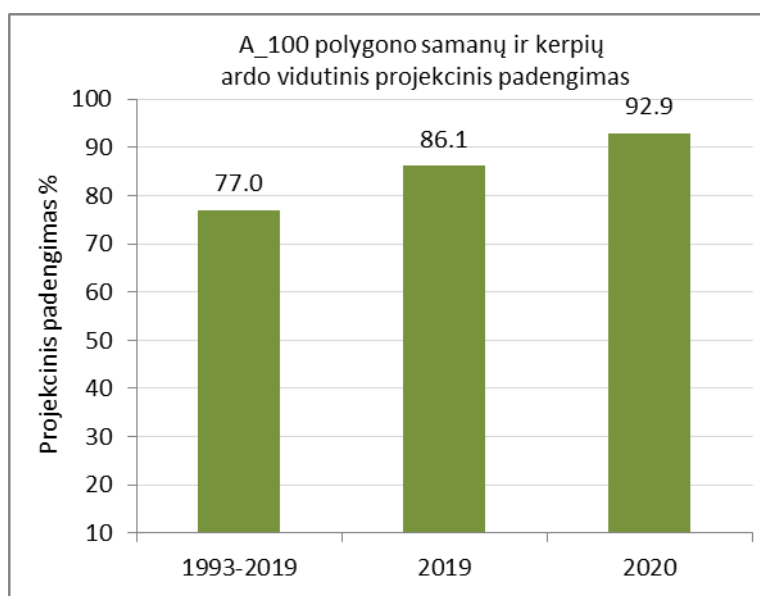
4.4 pav. Aukštaitija-100 poligono gausiausių žolių ir krūmokšnių ardo rūšių (išskyrus mėlynę) projekcinio padengimo kaita 1993–2020 m.

Lyginant su 2019 m., pastaraisiais metais labiausiai kito (nuo 0,70 iki 0,95 %) pievinio kupolio gausumas. Po pertraukos vėl aptiktas plačialapis šakys. Likusių rūšių projekcinis padengimas išliko panašus ar nežymiai mažėjo. Miškinis lendrūnas – daugiametis, šviesiamėgis,

tankius kerus formuojantis augalas – jis kaip ir didžialapis šakys labiau mėgsta derlingesnes ir atviresnes vietas, įsikuria kirtavietėse, po trikdymų. Šioje augavietėje, lendrūnai ir šakiai visą laiką augo tik dalyje poligono, miško aikštelėje. Miško aikštelę pamažu užpavėsina aplinkui augančios eglės, o naujų aikštelių nesusidaro, arba jose šviesiamėgiai augalai dar nespėjo įsitvirtinti. Matomai į vieną iš laukelių patekdavo lendrūnų kupstas kuris po truputi nunyko, kas ir nulėmė projekcinio padengimo sumažėjimą. Augalų plitimą stabdo ir sutankėjusi samanų danga. Jų tikėtina padaugės tik po didesnių pažaidų.

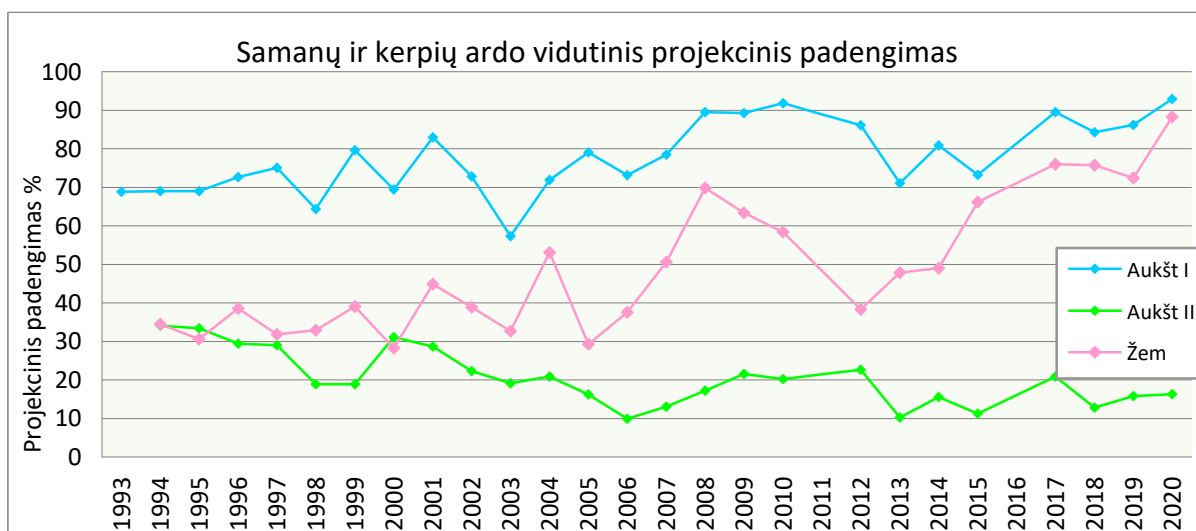
Didžialapis šakys yra nepastovus dominantas. Jo nepastovumą nulemia gyvenimo strategija. Didžialapis šakys plinta šakniastiebiais, ant kurių išaugina lapus. Lapai kasmet išauga kitose šakniastiebių vietose. Lapai būna išsidėstę gan retai bet dengia didelį plotą. Ne visada lapai pasitaiko intensyvaus stebėjimo laukeliuose, todėl šios rūšies projekcinis padengimas skirtingais metais labai svyruoja. Pievinis kupolis yra vienmetis, pusiau parazitinis, nepastovaus apšvietimo augaviečių augalas – jo populiacijų gyvybingumas stipriai priklauso nuo sėklų subrandinimo, pasisėjimo efektyvumo. Kupolis jautrus skabymui, tarprūšinei konkurencijai su kitais žoliniais augalais, krūmokšniais, bet dėl pusiau parazitinio gyvenimo būdo mažai jautrus meteorologinių sąlygų, apšvietimo kaitai. Teigiamas veiksnys populiacijos augimui - šernų veiklos požymiai, suardyta samanų danga, sumažėjusi tarprūšinė konkurencija. Bruknės, visžalis krūmokšnis, užimantis gana panašią ekologinę nišą kaip ir mėlynė, tačiau sunkiau pakelia eglynams būdingą unksmę, nors yra atsparesnės šalčiui ir sausroms, konkurencingesnės skurdesniuose, rūgštesniuose dirvožemiuose. Ji tiriamojoje augavietėje niekad nebuvo gausi, tad stebimus dėsniumus gali lemti ir atsitiktinumai, tikėtina, jog bruknes pamažu išstumia mėlynės, didėjantis eglių poveikis.

Samanų ir kerpių ardo vidutinis projekcinis padengimas 2020 metais registruotas didžiausias per visą 1993–2020 metų tyrimų laikotarpį 92,9 %, tai yra ir ženkliai (15,9 %) didesnis už stebėjimų vidurkį, taip pat 6,8 % didesnis lyginant su praėjusių metų duomenimis (4.5 pav).



4.5 pav. Aukštaitija_100 poligono samanų ir kerpių ardo vidutinio projekcinio padengimo kaita 1993-2020 m.

Bendrai paėmus, 1993–2020 metais samanų ir kerpių ardo projekcinis padengimas svyravo 35,6 % diapazone: mažiausias buvo 57,3 % (2003 m), didžiausias 92,9 % (2020 m) (4.6 pav). Bendrai paėmus samanų ardo projekcinis padengimas, išlieka sąlyginai padidėję jau ketverius metus iš eilės, nuo 2017 metų.

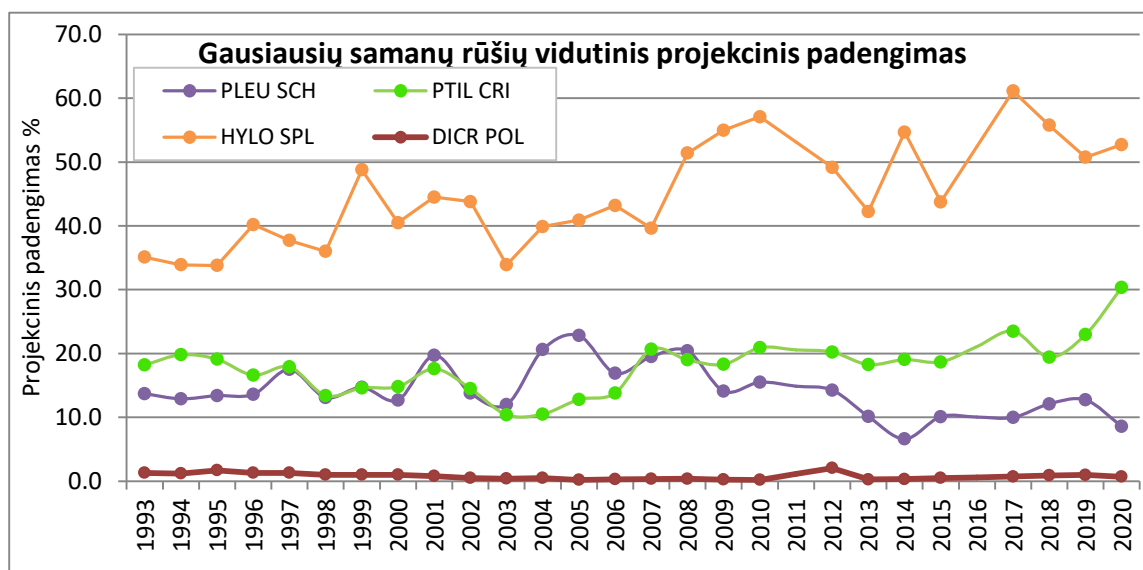


4.6 pav. Samanų ir kerpių ardo projekcinio padengimo kitimas 1993–2020 metais skirtinguose medynuose.

Nagrinėjant atskiras rūšis, per visą stebėjimų laikotarpį buvo stebėta 15 samanų - kerpsamanų rūšių: (tikroji trumpė – *Brachythecium oedipodium*, gelsvažalė trumpė – *Brachythecium salebrosum*, purioji dvyndantė – *Dicranum polysetum*, šakotoji dvyndantė – *Dicranum scoparium*, dantytoji kemsėnė – *Herzogiella seligeri*, atžalinė gūžtvė –

Hylocomium splendens, dvidantė gludutė – *Lophocolea bidentata*, įvairialapė gludutė – *Lophocolea heterophylla*, riestalapė raguotė - *Nowellia curvifolia*, smailialapė lapūnė - *Plagiomnium cuspidatum*, kreivalapė pažulnutė – *Plagiothecium curvifolium*, dantytoji pažulnutė – *Plagiothecium denticulatum*, paprastoji šilsamanė – *Pleurozium schreberi*, lenktagalvė poliija – *Pohlia nutans*, liekninis gegužlinis – *Polytrichum formosum*, puošnioji blakstienė – *Ptilidium pulcherrimum*, šilinė plunksnė – *Ptilium crista-castrensis*, vaiskioji keturdantė – *Tetraphis pellucida*) (1 priedas).

Šiais (2020) metais registruotos 7 epigėjinės ir 7 tik ant negyvos medienos aptiktos epiksilinės samanų rūšys. Per visą stebėjimo laikotarpį ištiesai nepranykdamos augo tik 4 samanų rūšys (purioji dvyndantė – *Dicranum polysetum*, atžalinė gūžtvė – *Hylocomium splendens*, paprastoji šilsamanė – *Pleurozium schreberi* ir šilinė plunksnė – *Ptilium crista-castrensis*), kurios buvo stebėtos ir 2020 m. (4.7 pav).



4.7 pav. Aukštaitija_100 poligono vyraujančių samanų ir kerpių ardo rūšių vidutinio projekcinio padengimo kaita 1993–2020 metais.

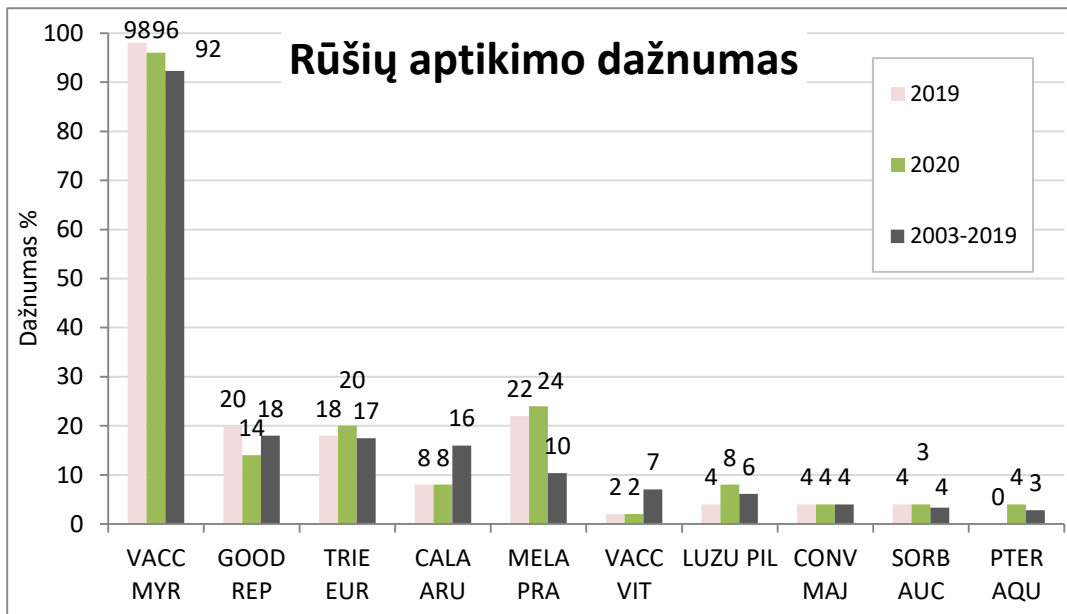
Pirmąjį sykį tyrimų poligone 2020 metais registruotos epiksilinės samanų rūšys - dvidantė gludutė, smailialapė lapūnė, riestalapė raguotė. Epiksilinės samanų, kerpsamanių rūšys, pagal metodiką įprastai nevertinamos, bet augant negyvos medienos kiekiams, jai pamažu yrant ir smengant į dirvožemį, jų nebegalima ignoruoti. Pagrindinis samanų ardo dominantas – atžalinė gūžtvė (*Hylocomium splendens*). Jos projekcinio padengimo kreivė (4.7 pav.) bendrai paėmus 1993–2020 metais gana nuosekliai kilo ir, nors 2012, 2015, 2019 metais buvo sumažėjęs lyginant su itin lietingais 2017 metais, pastaraisiais (2020) metais projekcinis

padengimas išlieka sąlyginai didelis 52,7 %. Antros pagal gausumą, šilinės plunksnės, projekcinis padengimas, irgi gana tolygiai didėjo visą tyrimų laikotarpį ir pastaraisiais metais registruota išskirtinai aukšta 37,3 % vertė, daugiau nei dvigubai viršijanti ilgametį vidurkį (17,4 %). Paprastosios šilsamanės gausa sumažėjusi jau nuo 2013 metų, ir pastaraisiais metais priešingai gūžtvei ir plunksnei registruota vertė dar labiau nukrito ir buvo antra nuo apačios nuo tyrimų pradžios. Purosios dvyndantės gausumo kreivė gana stabili ir aiškių kitimo tendencijų nematyti (4.7 pav).

Samanų ardo projekcinio padengimo svyravimui ir rūšinės sudėties kaitai didžiausią įtaką turi kasmetinis drėgmės kiekis ir apšvietimas. Esant drėgnesniems metams, samanų danga vešlesnė, joje stebimos kerpsamanės, kurios sausesniais metais neaptinkamos. Išvirtus daliai karpotųjų beržų (*Betula pendula*), pasikeitė šviesos režimas ir sumažėjo nukritusių lapų kiekis, kuris mechaniškai stelbdavo samanas. Augimo sąlygos pasidarė palankesnės puriajai ir šakotajai dvyndantėms, atžalinei gūžtvei, šilinei plunksnei, kurių projekcinis padengimas pastaraisiais metais išaugo. Minėtos rūšys matomai konkurencingesnės lyginant su paprastąja šilsamane ir tikraja trumpe tai nulėmė pastarųjų gausos mažėjimą (1 priedas). Norint nustatyti tikslesnes samanų gausos kaitos priežastis reikalingos detalesnės duomenų analizės. Negyvos medienos kiekio augimas, sąlygojo epiksilinių rūšių įvairovės didėjimą.

4.1.2 Dažnumas

Dažniausia Aukštaitija_100 poligono induočių augalų rūšis per stebimąjį 2003–2020 metų laikotarpį buvo mėlynė (*Vaccinium myrtillus*) (4.8 pav). Jos aptikimo dažnumas svyravo 86–98% ribose, ir 2017 bei 2019 m. buvo rekordiškai aukštas 98%. Pastaraisiais (2020) smuktelėjo iki 96%, tačiau išlieka didesnis už ilgametį vidurkį (92 %). Mėlynei augti tinkančios sąlygos yra rūgščių dirvožemių ne per daug ūksmėti miškai, kokie ir yra susiformavę Aukštaitija-100 poligone. Mėlynės išsiaugina toli šliaužiančius požeminius stiebus, kurie leidžia suformuoti ištisinius sąžalynus ir plisti nepaisant vešlaus samanų ardo.



4.8 pav. Aukštaitija-100 poligono dažniausių žolių ir krūmokšnių ardo rūšių dažnumo kaita.

Likusių rūšių dažnumas žymiai mažesnis. Sąlyginai dažnesnės rūšys (dažnumas 10–20%) yra miškinis lendrūnas – *Calamagrostis arundinacea*, šliaužiančioji sidabriukė – *Goodyera repens*, pievinis kupolis – *Melampyrum pratense*, miškinė septynikė – *Trientalis europaea* (4.8 pav). Pastaraisiais metais, lyginant su visų stebėjimų vidurkiu, beveik dvigubai išaugęs (iki 24 %) pievinio kupolio aptikimo dažnumas ir dabar jis didžiausias per visą stebėjimų laikotarpį. Pievinio kupolio dažnumo parametrai nežymiai svyruoja nuolatos, kadangi tai vienmetės žolės – tarpiniai parazitai su menkomis šaknimis. Jos plinta sėklomis ir auga prisisiurbusios prie medžių ar krūmų šaknų. Dėl tokios gyvenimo strategijos jų dažnumas palyginus mažiau nei kitų augalų priklauso nuo nepalankių sąlygų, labiau nuo tarprūšinės konkurencijos, sėklų subrandinimo ir pasisėjimo sėkmingumo praėjusiais metais. Labiausiai sumažėjęs miškinio lendrūno ir bruknės ir šliaužiančiosios sidabriukės dažnumas. Miškinio lendrūno dažnumo parametrai svyravimus galbūt sąlygoja gyvenimo strategija. Miškinis lendrūnas sudaro kerus ir plinta šakniastiebiais. Seni dideli kerai aptinkami pastoviai, kasmet tose pačiose vietose, o dažnumo svyravimus duoda neišsilaikantys iš šakniastiebių išaugę jauni augalai. Palankesniais metais išauga daugiau jaunų augalų, kurie, esant blogesnėms sąlygoms, neišgyvena. Svarbus ir šviesos faktorius, didesni kerai išsilaiko tik atviresnėse miškų vietose. Bruknės dažnumo parametrai nuosekliai mažėja beveik nuo pat tyrimų pradžios (2003 m). Tikėtina, jog stebimą pokytį sąlygoja besiformuojantis eglių pomiškis, jo sąlygoto ūksmingumo didėjimas augavietėje, mėlynių įsivyravimas. Norint išsiaiškinti

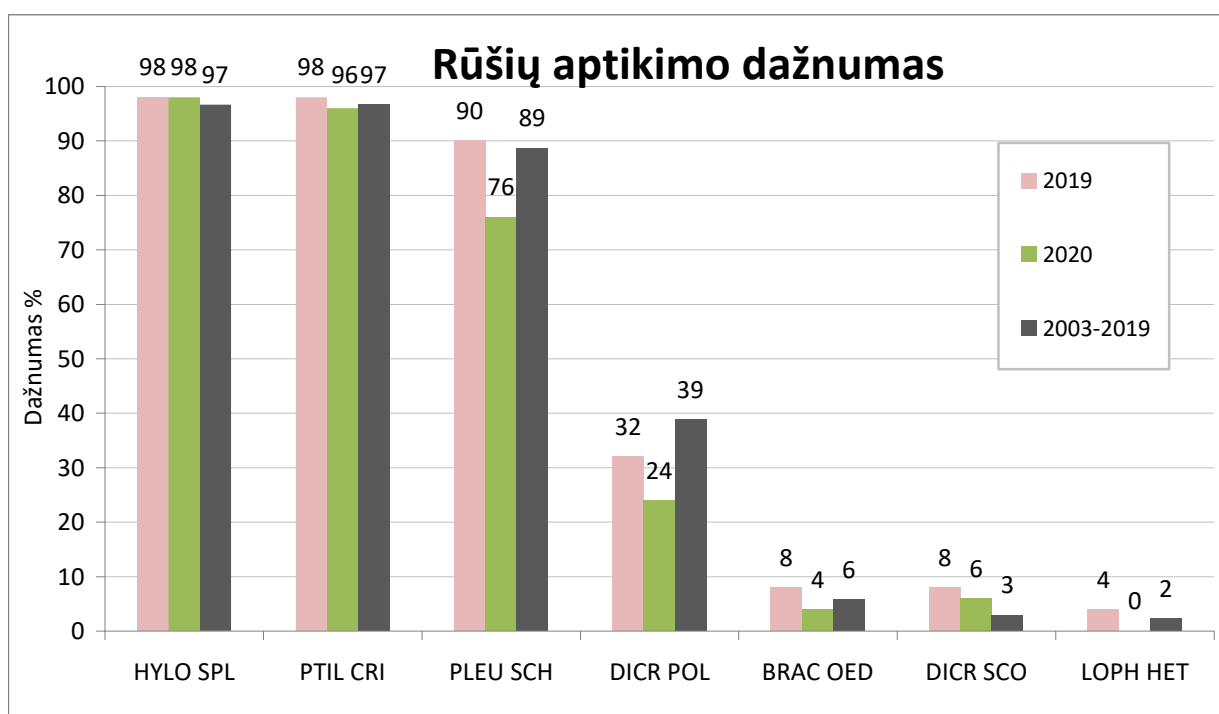
tikrąsias kaitos priežastis būtini išsamesni tyrimai. Nežymiai išaugo (lyginant su 2019 m) plaukuotojo kiškiagrakio iš miškinės septynikės gausa.

Samanų ir kerpių arde Aukštaitija-100 poligone per stebimąjį 2003–2020 metų laikotarpį dažniausios išliko tos pačios 4 rūšys: purioji dvyndantė (*Dicranum polysetum*), atžalinė gūžtvė (*Hylocomium splendens*), paprastoji šilsamanė (*Pleurozium schreberi*), šilinė plunksnė (*Ptilium crista-castrensis*) (4.9 pav).

Iš jų, lyginant su 2019 m., ženkliai sumažėjo paprastosios šilsamanės aptikimo dažnumas, nuo 90 iki 76%. Tai sutampa ir su rūšies projekcinio padengimo mažėjimu. Taip pat mažėjo ir puriosios dvyndantės dažnumas nuo 32 iki 24 %.

Vidutiniškai dažnų rūšių: tikrosios trumpės ir įvairialapės gludutės - dažnumas, mažesnis lyginant tiek su visų stebėjimų vidurkiu, tiek su praėjusiais metais. Šakotosios dvyntantės dažnumas išlieka dvigubai didesnis už stebėjimų vidurkį, tačiau mažesnis lyginant su praėjusiais metais.

Minėtų vidutiniškai gausių rūšių, taip pat kitų poligone registruotų epiksilinių samanų rūšių dažnumą iš esmės nulemia negyvos medienos gausa ir irimo stadija – jos įprastai poligone įsikuria ant negyvos medienos, bet vadovaujantis metodika neregistruojamos, kaip epiksilinės rūšys, tačiau medienai yrant ir smengant į žemę, gali laikinai tarpti žemės paviršiuje, kol dominuojančios epigėjinės rūšys jas galiausiai visiškai išstumia. Tai patvirtina, 2020 metais atskirai registruotų epiksilinių rūšių gausa, kuri čia detalčiau nenagrinėjama.



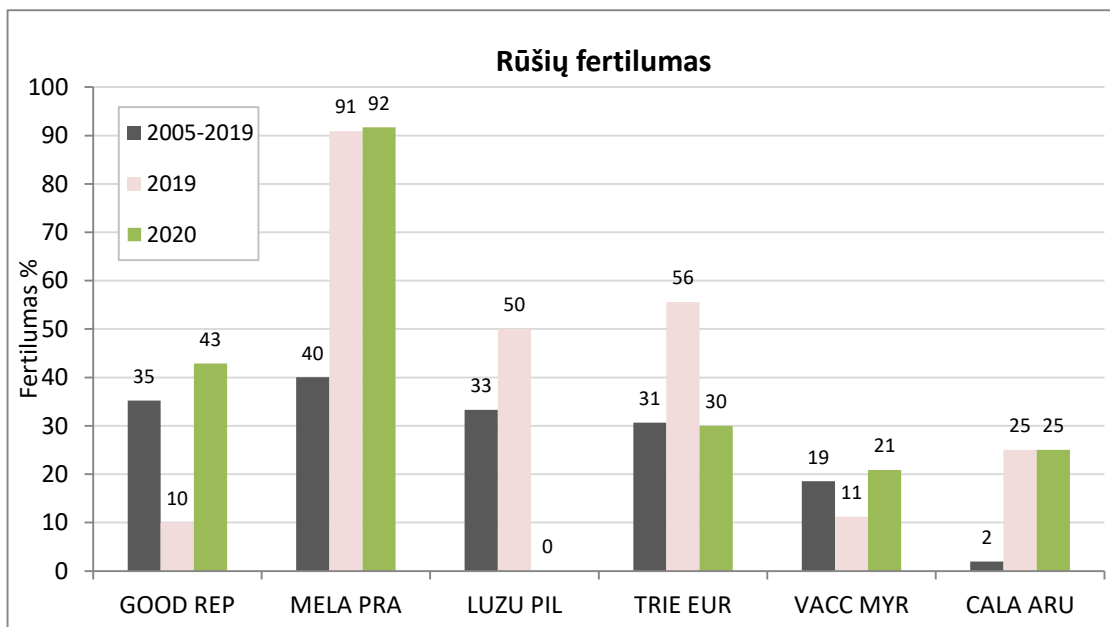
4.9 pav. Aukštaitija-100 poligono dažniausių samanų ir kerpių ardo rūšių dažnumo kaita.

4.1.3 Fertilumas

Trečias stebimas parametras – krūmokšnių ir žolių, samanų ir kerpių fertilumas (vaisingumas). Aukštaitija-100 poligono intensyvaus stebėjimo laukeliuose aptinkama mažai fertilių rūšių. Induočių augalų šioje miško bendrijoje gausumas mažas, todėl ir žydinčių bei derančių augalų mažai. Itin sunku objektyviai įvertinti fertilumą rūšių, kurių dažnumas mažas, nes aptikus vienintelį individą, jeigu jis žydi, gaunamas 100% fertilumas.

Pastaraisiais (2019 - 2020) metais itin dideliu fertilumu pasižymėjo pievinis kupolis (91-92 %) (4.10 pav). Taip pat registruotas padidėjęs miškinio lendrūno ir šliaužiančiosios sidabriukės fertilumas, lyginant su ankstesniais stebėjimais. Fertilus miškinis lendrūnas registruotas tik antrą sykį nuo tyrimų pradžios, nepaisant sumažėjusio augalo projekcinio padengimo, bei dažnumo. Pirmą sykį nuo 2015 m, neaptikta žydinčių plaukuotojo kiškiagrakio individų. Priešingai mėlynės fertilumas pirmą sykį nuo 2015 metų pakilo daugiau nei 15 %, tai kartu su padidėjusiu dažnumu ir projekciniu padengimu indikuoja stabilią ir gerą krūmokšnių būklę.

Samanų fertilumas visada būna gana mažas, nes jos sporifikuoja ne kiekvienais metais dėl savo gyvenimo strategijos. Dalies samanų ir ypač kerpsamanių fertilumą, dėl generatyvinių organų smulkumo tiksliai įvertinti sunku. Visų rūšių fertilūs individai registruojami ne kasmet. Pastaraisiais metais aptikti trijų rūšių sporifikuojantys atstovai: atžalinė gūžtvė (4 %), šilinė plunksnė (9 %) ir paprastoji šilsamanė (4 %). Lyginant su visų stebėjimų vidurkių, dominuojančios samanos - atžalinės gūžtvės fertilumas yra stipriai sumažėjęs, tuo tarpu šilsamės, nepaisant sumažėjusio projekcinio padengimo ir dažnumo, fertilumas išaugęs.



4.10 pav. Dažniausių Aukštaitija_100 poligono induočių augalų fertilumo kaita

4.2 Aukštaitija – 102

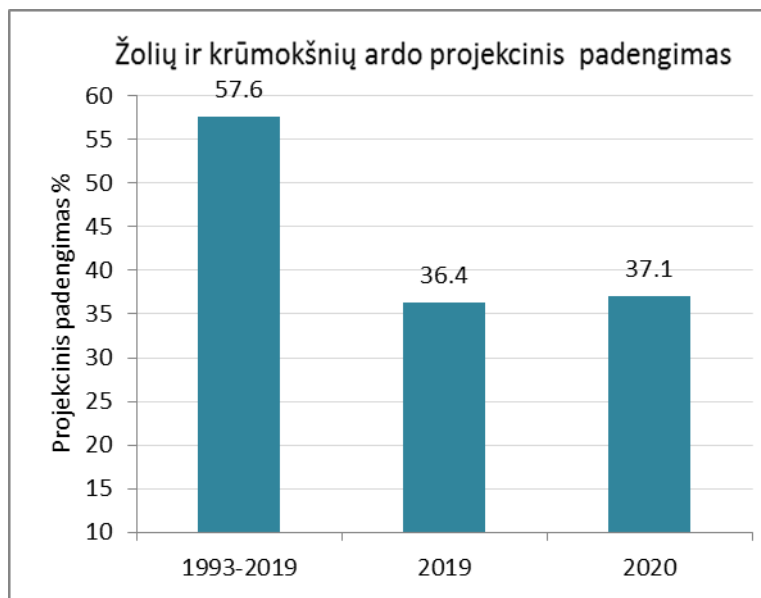


Antrasis augalijos intensyvių tyrimų stacionaras įkurtas įkurta pelkinėje pakankamai derlingoje augavietėje (Pcl) tačiau žemo produktyvumo, viksviniame, perbrendusiame eglyne su nedidele pušies ir beržo priemaiša bei eglės antru ardu bei pomiškiu (4.9 pav.). Čia stebimi supelkėjusių biotopų augalijos kompleksai, kurie pasižymi rūšinės įvairovės gausa ir

intensyvia danga. Gruntinio vandens lygis nenusikleidžia žemiau 50 cm

4.2.1 Projekcinis padengimas

Aukštaitija-102 intensyvaus stebėjimo poligone stebimas mišrus miškas, kurio medyne vyrauja *Picea abies* su *Betula pendula* ir *Betula pubescens*, bei *Alnus glutinosa* ir *Pinus sylvestris* medžių priemaiša. Žolių ir krūmokšnių ardas šioje miško bendrijoje išsivystęs netolygiai. Šiaurinėje poligono dalyje, ypač drėgnose aikštelėse, žolynas labai vešlus, o pietinėje – skurdus. Per pastaruosius 20 metų, žuvus nemažai daliai brandžių, I ardo medžių, susiformavo tankus eglų pomiškis stipriai stelbiantis žolinę augmeniją.



4.11 pav. Aukštaitija_102 poligono žolių ir krūmokšnių ardo vidutinio projekcinio padengimo kaita 1994–2020 metais.

Lyginant 2020 metų duomenis su visų stebėjimo metų duomenimis, stebimas didelis vidutinio žolių ir krūmokšnių ardo projekcinio padengimo nuosmukis (-20,5 %), o lyginant su praeitos (2019 m.) inventorizacijos rezultatais, stebimas nežymus (0,7 %) ardo projekcinio padengimo augimas (4.11 pav).

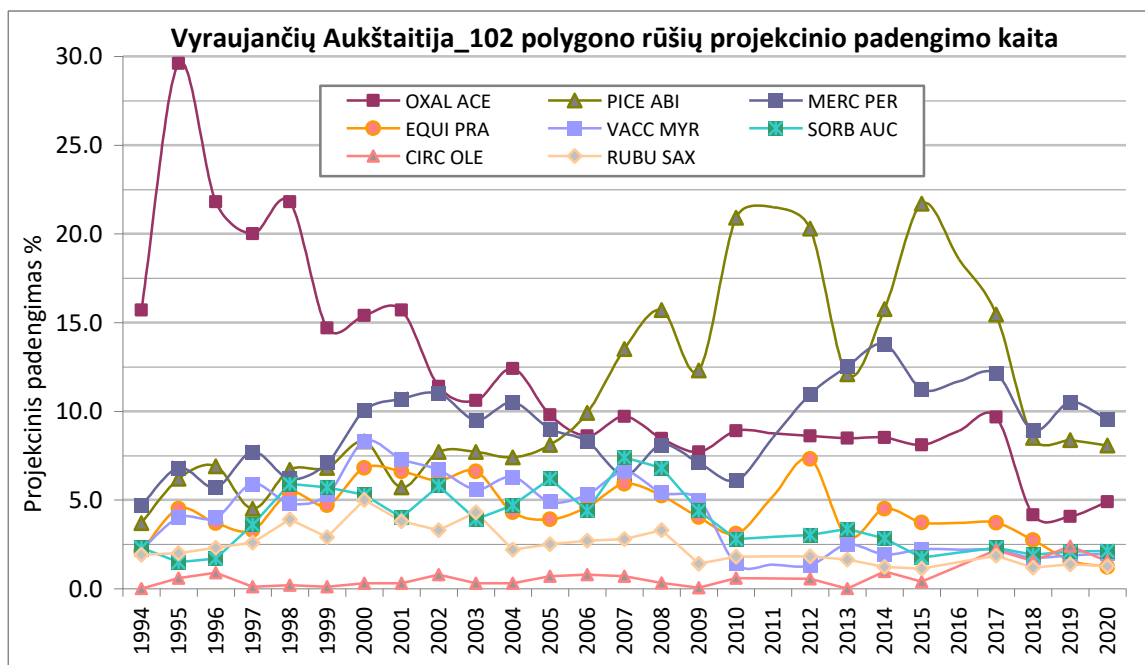
Lyginant viso tyrimų laikotarpio duomenis (4.2 pav), matyti, jog nepaisant vidutinio žolių ir krūmokšnių ardo projekcinio padengimo svyravimo, stebimas didelis projekcinio padengimo mažėjimas nuo 2005 metų, ir pastaraisiais metais jis išlieka itin žemas. Šiuos pokyčius pagrįde lemia apšvietimo kaita. Laikiną žolinės augmenijos suvešėjimą nulemia pirmo ardo medžių žūtis ir po jos sekanti eglų gausa. Tačiau netrukus po išaugusiu tankiu jaunų eglų pomiškiu, dėl šviesos ir kritulių stygiaus, sunyksta beveik visa žolinė augmenija. Pastaruoju metu poligono struktūra netolygi. Pietinėje dalyje jau prasidėjęs jaunų eglų savaiminis retinimasis dėl vidurūšinės konkurencijos. Žolinė augalija čia labai skurdi, bet tikėtina, pradės gausėti. Šiaurinėje dalyje išlikę daugiau brandžių medžių, o esančios mažos

aikštelės užauginėja daug lėčiau dėl vešlios žolinės augmenijos ir didelės dirvožemio drėgmės. Poligono viduryje vyrauja, jaunų 0,5 – 1,5 m. aukščio eglių sąžalynas, po jomis žolinė augmenija skurdi. Šiuo metu, viena vertus, toliau sparčiai formuojasi tankus eglių pomiškis, išstumdamas didžiąją dalį žolinių augalų, antra vertus, seni brandūs medžiai po truputi vis apmiršta, taip nuolatos sudarydami naujų atvirų aikštelių.

Aukštaitija_102 poligone žolių ir krūmokšnių arde 1994–2020 metais buvo stebimos 69 induočių augalų rūšys: paprastasis klevas – *Acer platanoides*, paprastoji garšva – *Aegopodium podagraria*, baltoji smilga – *Agrostis stolonifera*, juodalksnis – *Alnus glutinosus*, paprastasis blužniapapartis – *Athyrium filix-femina*, plaukuotasis beržas – *Betula pubescens*, karčioji kartenė – *Cardamine amara*, pirštuotoji viksva – *Carex digitata*, kupstinė viksva – *Carex cespitosa*, svidrinė viksva – *Carex loliacea*, retavarpė viksva – *Carex remota*, pražangialapė blužnutė – *Chrysosplenium alternifolium*, mažoji dantenė – *Circaea alpina*, gelsvalapė usnis – *Cirsium oleraceum*, trapioji sprakšė – *Cystopteris fragilis*, paprastasis lazdynas – *Corylus avellana*, pelkinė kreisvė – *Crepis paludosa*, paprastasis žalčialunkis – *Daphne mezereum*, skėstalapis papartis – *Dryopteris dilatata*, smailialapis papartis – *Dryopteris carthusiana*, nelygialapis papartis – *Dryopteris expansa*, šuninis elimas – *Elymus caninus*, karpotasis ožekšnis *Euonymus verrucosus*, ožkabarzdis asiūklis – *Equisetum pratense*, miškinis asiūklis – *Equisetum sylvaticum*, paprastoji žemuogė – *Fragaria vesca*, paprastasis šaltekšnis – *Frangula alnus*, paprastasis uosis – *Fraxinus excelsior*, aklė – *Gleopsis sp.*, raudonstiebis snaputis – *Geranium robertianum*, raudonoji žiogmagė – *Geum rivale*, geltonoji žiogmagė – *Geum urbanum*, trikampis tikrapapartis – *Gymnocarpium dryopteris*, šliaužiančioji tramažolė – *Glechoma hederacea*, statusis atgiris – *Huperzia selago*, paprastoji sprigė – *Impatiens noli-tangere*, geltonžiedis šalmutis – *Lamium galeobdolon*, paprastasis sausmedis – *Lonicera xylosteum*, pataisas varinčius – *Lycopodium annotinum*, paprastoji šilingė – *Lysimachia vulgaris*, plaukuotasis kiškiogrikis – *Luzula pilosa*, dvilapė medutė – *Maianthemum bifolium*, nusvirusioji striepsnė – *Melica nutans*, daugiametis laiškėnis – *Mercurialis perennis*, miškinė sorokė – *Milium effusum*, miškinė zuiksalotė – *Mycelis muralis*, rusvuolė lizduolė – *Neottia nidus-avis*, vienašalė užgina – *Orthilia secunda*, paprastasis kiškiakopūstis – *Oxalis acetosella*, paprastoji ieva – *Padus avium*, keturlapė vilkauogė – *Paris quadrifolia*, paprastoji eglė – *Picea abies*, paprastoji pušis – *Pinus sylvestris*, pelkinė miglė – *Poa palustris*, drebulė – *Populus tremula*, paprastoji avietė – *Rubus idaeus*, paprastoji katuogė – *Rubus saxatilis*, karklavijas – *Solanum dulcamara*, paprastasis šermukšnis – *Sorbus aucuparia*, miškinė žliūgė – *Stellaria nemorum*, miškinė septynikė – *Trientalis europaea*, ankstyvasis šalpusnis – *Tussilago farfara*, didžioji dilgėlė – *Urtica dioica*, mėlynė – *Vaccinium myrtillus*, bruknė – *Vaccinium vitis-idaea*, pelkinė našlaitė –

Viola epipsila, puošnioji našlaitė – *Viola mirabilis* durpyninė našlaitė – *Viola palustris* ir Rivino našlaitė – *Viola riviniana* (4.2 priedas), tačiau visą stebėjimų laikotarpį nepranykdamas augo mažiau nei trečdalis jų – 18 rūšių. 2020 metais tiriamuosiuose laukeliuose fiksuotos 37 induočių augalų rūšys.

2020 metais vyraujančių ardo rūšių (daugiamečio laiškėnio, paprastojo kiškiakopūščio, paprastosios eglės) vidutinis projekcinis padengimas, po ženklaus sumažėjimo 2018 metais, antrus metus iš eilės beveik nekito ir išliko žemas (4.12 pav). Eglių projekcinio padengimo sumažėjimą žolių arde nulėmė tai, jog didelė dalis jaunų eglaičių viršijo 0,5 m aukštį, ir peraugo į krūmų ardą. Tad, nepaisant jų projekcinio padengimo žolių arde mažėjimo, eglės kaip edafinės augavietės rūšies poveikis didėja. To pasekoje žolių ardas skursta. Spyglių pavidalo nuokritas keičia dirvožemio cheminę sudėtį. Tai paaiškina ir tipiškos eglynų rūšies - paprastojo kiškiakopūščio, nežymų pagausėjimą. Bet nepaisant kiškiakopūščio pakantumo unksmei jie irgi nyksta po itin tankia jaunų eglių laja, ir atsikuria tik eglaitėms paaugus ir pradėjus savaime retintis. Jų projekcinis padengimas 2018 metais sumažėjo labai stipriai (nuo 9,7 iki 4,2%) ir nepaisant pagausėjimo 2020 metais vis dar išlieka vienu žemiausiu per visą tyrimų laikotarpį.

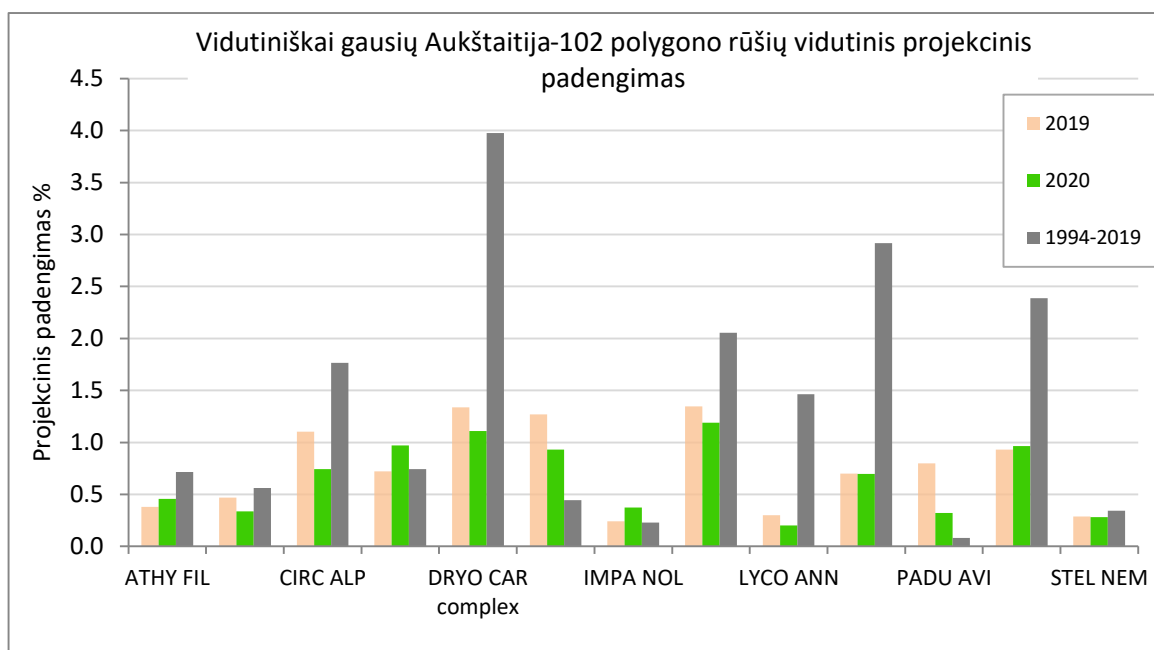


4.12 pav. Aukštaitija_102 poligono vyraujančių žolių ir krūmokšnių ardo rūšių gausumo kaita 1994–2020 metais.

Iš žolių gausiausiai aptinkamas daugiametis laiškėnis auga tik drėgnesnėje šiaurinėje poligono dalyje, kur eglių trakas – pomiškis dar retas. Jų projekcinis padengimas išlieka kiek didesnis už visų stebėjimų vidurkį. Likusių gausių rūšių - ožkabarzdžio asiūklio, paprastojo šermukšnio, mėlynės, katuogės - vidutinis projekcinis padengimas pastaraisiais metais kito

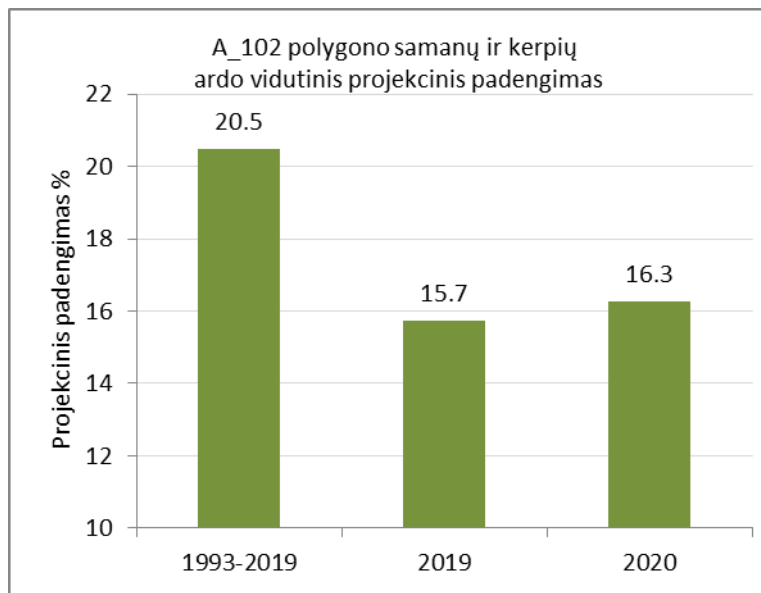
nežymiai ir išliko itin žemas, du kartus mažesnis lyginant su visų stebėjimų vidurkiu (4.12 pav). Ožkabarzdys asiūklio gausa mažiausia nuo stebėjimų pradžios. Jis itin sparčiai nyksta po tankiu eglių pomiškiu šiaurinėje poligono dalyje. Vienintelės gelsvalapės usnies augančios tik labai mažoje poligono dalyje, dėka išvartų, projekcinis padengimas išlieka gerokai didesnis už vidutinį.

Lyginant mažesnę projekcinį padengimą užimančių, tačiau nuolatos aptinkamų rūšių kaitą su ilgamečiu vidurkiu, matyti (4.13 pav.) stipriai jog išliko stipriai sumažėjęs arba ir toliau mažėjo mažosios dantenės, smailialapio paparčio grupės (*D. carthusiana* + *D. expansa* + *D. dilatata*), geltonžiedžio šalmučio, pataiso varinčiaus, dvilapės medutės ir paprastosios avietės gausumas. Blužniapaparčio, pirštuotosios viksvos ir miškinės žliūgės projekcinis padengimas nors ir svyruoja tačiau šiuo metu yra labai artimas daugiamečiui vidurkiui. Tuo tarpu tik drėgnoje šiaurinėje poligono dalyje aptinkamų žolių - žolių pelkinės kreisvės ir sprigės, bei krūmų - paprastosios ievos ir šaltekšnių - sėjinukų projekcinis padengimas žolių ir krūmokšnių arde yra didesnis už vidutinį.



4.13 pav. Vidutiniškai gausių Aukštaitija_102 poligono žolių ir krūmokšnių ardo rūšių projekcinio padengimo kaita 1994-2020 m.

Aukštaitija-102 intensyvaus stebėjimo poligone stebimoje miško bendrijoje samanų ardas išsivystęs vidutiniškai. Intensyvaus stebėjimo laukeliuose samanos per stebimąjį 1994–2020 metų laikotarpį dengė vidutiniškai penktadalį paviršiaus ploto (4.6 pav).



4.14 pav. Samanų ir kerpių ardo Aukštaitija_102 poligone vidutinio projekcinio padengimo kaita 1994–2020 m.

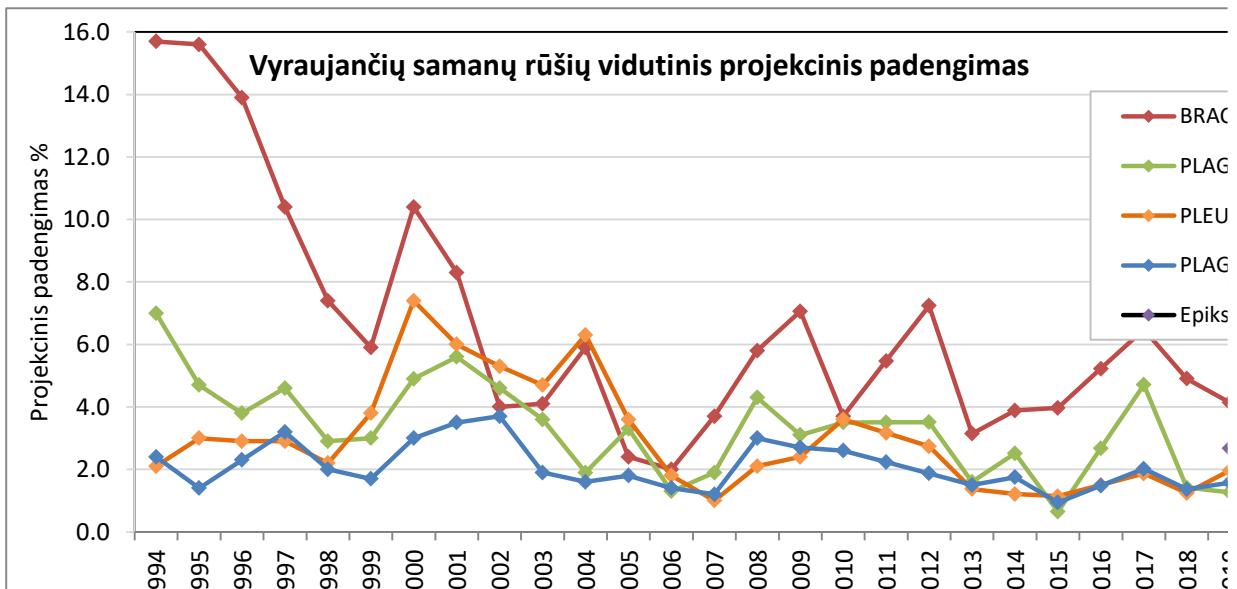
Pastaraisiais metais projekcinis padengimas beveik nepakito ir lyginant su visų stebėjimų vidurkiu (4.14 pav), išlieka ženkliai sumažėjęs jau nuo 2013 m. ir tik išskirtinai lietingais 2017 metais buvo atsistatęs (4.6 pav). Bendrą samanų ardo būklę lemia kritulių kiekis, bei apšvietimo sąlygos, o greitas atsigavimas lietingais metais rodo gerą bendrą samanų ardo prisitaikymą prie dabartinio klimato. Augavietės pamiškyje išivyraujant eglėms, samanų ardui tenka mažiau ir šviesos ir kritulių, nuokritos spyglių pavidalu keičia paklotės cheminius parametrus. Tokios aplinkybės, tikėtina, lems panašius šio ardo pokyčius ir ateityje.

Per visą tyrimų laikotarpį registruotos 44 samanų – kerpsamanių rūšys:

Paprastoji plaukalapė (*Blepharotoma trichophyllum*), Mildės trumpė (*Brachythecium mildeanum*), upelinė trumpė (*Brachythecium rivulare*), žalioji trumpė (*Brachythecium rutabulum*), štalkės trumpė (*Brachythecium starkei*), tikroji trumpė (*Brachythecium oedipodium*), gelsvažalė trumpė (*Brachythecium salebrosum*), siauralapė trumpė (*Brachythecium velutinum*), unksminė ylenė (*Cirriphyllum piliferum*), palminė junetė (*Climacium dendroides*), rudeninė kryžmelė (*Crossogyna autumnalis*), purioji dvyndantė (*Dicranum polysetum*), šakotoji dvyndantė (*Dicranum scoparium*), švelnioji dvyndantėlė (*Dicranella subulata*), dantytoji kemsė (*Herzogiella seligeri*), atžalinė gūžtvė (*Hylocomium splendens*), kiparisinė patiša (*Hypnum cupressiforme*), šliaužiančioji lepidozija (*Lepidozia reptans*) įvairialapė gludutė (*Lophocolea heterophylla*), paprastoji maršantija (*Marchantia polymorpha*), riestalapė raguotė (*Nowellia curvifolia*), papartinė tįsena (*Plagiochila asplenioides*), gulščioji lapūnė (*Plagiomnium affine*), smailialapė lapūnė (*Plagiomnium*

cuspidatum), pelkinė lapūnė (*Plagiomnium ellipticum*), vingialapė lapūnė (*Plagiomnium undulatum*), kreivalapė pažulnutė (*Plagiothecium curvifolium*), žalsvoji pažulnutė (*Plagiothecium laetum*), dantytoji pažulnutė (*Plagiothecium denticulatum*), paprastoji šilsamanė (*Pleurozium schreberi*), liekninis (*Polytrichum formosum*), grakštusis gegužlinis (*Polytrichum longisetum*), puošnioji blakstienė (*Ptilidium pulcherrimum*), šilinė plunksnė (*Ptilium crista-castrensis*), plokščioji miltuotė (*Radula complanata*), taškuotoji gaurenė (*Rhizomnium punctatum*), tribriaunė kerėža (*Rhytidiadelphus triquetrus*), skrotelinė rožiasamanė (*Rhodobryum roseum*), plačiaskiautė rikardija (*Riccardia latifrons*), riestalapė sanionia (*Sanionia uncinata*), Girgensono kiminas (*Sphagnum girgensohnii*), vaisioji keturdantė (*Tetraphis pellucida*), riestalapė tujinutė (*Thuidium delicatulum*), daugiašakė tujinutė (*Thuidium tamariscinum* (4.2 priedas)). Kaip induočių augalų, taip ir samanų tik mažuma rūšių (9 rūšys) aptiktos visą stebėjimų laikotarpį. 2020 metais buvo registruotos 35 samanų - kerpsamanių rūšys (4.2 priedas), 9 iš jų aptiktos tik ant negyvos medienos todėl remiantis tyrimų metodika į detalesnę analizę neįtrauktos. Iš jų net 6 rūšys (paprastoji plaukalapė, žalsvoji pažulnutė, mildės, upelinė, žalioji ir štarkės trumpės) poligone identifikuotos pirmą sykį. Dauguma ant negyvos medienos. Tai nulėmė išsamesni epiksilinių rūšių stebėjimai ir didesnis dėmesys trumpių herbariuminių pavyzdžių identifikacijai. Remiantis tyrimų metodika, anksčiau aiškiai ant negyvos medienos augančios rūšys nebuvo vertinamos, tačiau augant negyvos medienos kiekiams, jai pamažu smengant po žeme, minėtų rūšių negalima ignoruoti. Tikėtina, dėl minėtų pokyčių, didėja ir epiksilinių rūšių įvairovė ir dažnumas, tačiau dėl dalies kerpsamanių smulkumo ir mikroskopavimo tiksliam identifikavimui būtinybės, vertinti jų įvairovės gausumo ir dažnumo kaitą reikėtų atsargiai.

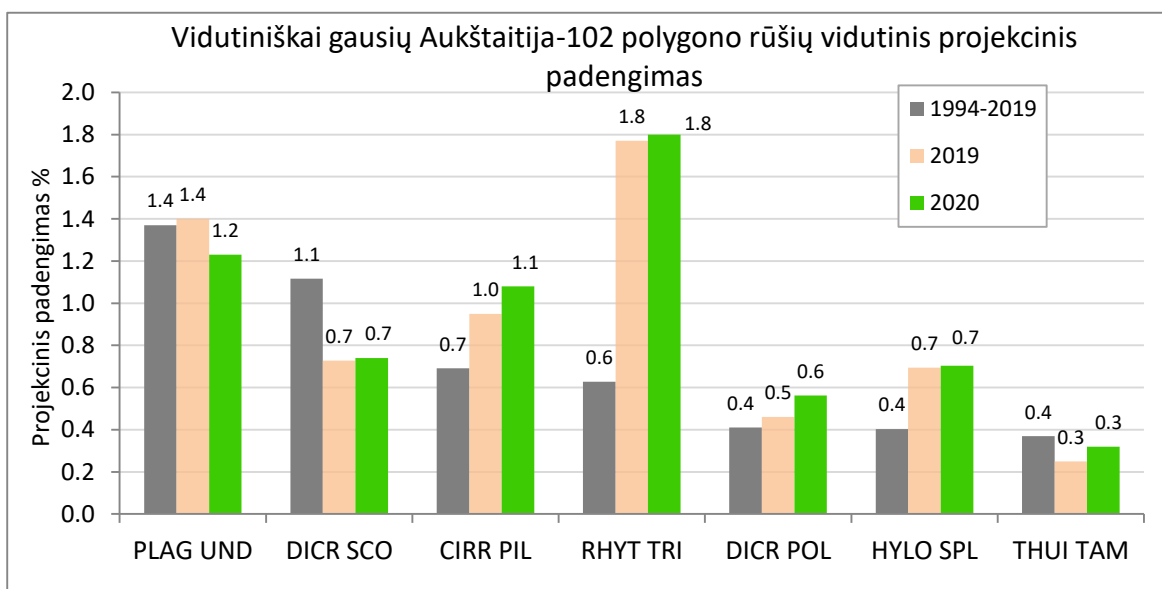
Vyraujančių rūšių (gausumas >2 %) yra nedaug: tikroji trumpė – *Brachythecium oedipodium*, gulsčioji lapūnė – *Plagiomnium affine*, papartinė tįsena – *Plagiochila asplenoides*, paprastoji šilsamanė – *Pleurozium schreberi* (4.15 pav). Visų vyraujančių rūšių projekcinis padengimas lyginant su visų stebėjimų vidurkiu yra sumažėjęs perpus, ir pastaraisiais metais visų išskyrus papartinės tįsenos kryptingai mažėjo toliau. Tačiau minėtų rūšių gausa ženkliai svyravo visą tyrimų laikotarpį. Ryškiausi pikai susiję su vėjovartų padarytomis pažaidomis, kritulių kiekiu. Vis tik atsidūrę po tankiu eglių pomiškiu daugelis rūšių priverstos kuriam laikui pasitraukti.



4.15 pav. Aukštaitija-102 poligono vyraujančių samanų ir kerpių ardo rūšių gausumo kaita 1994–2020 m.

Įdomu ant negyvos medienos augančios, epiksilinės samanos, nors ir sudaro mažą dalį viso samanų ardo, bet bendrai paėmus nusieidžia tik pačiai gausiausiai – tikrajai trumppei.

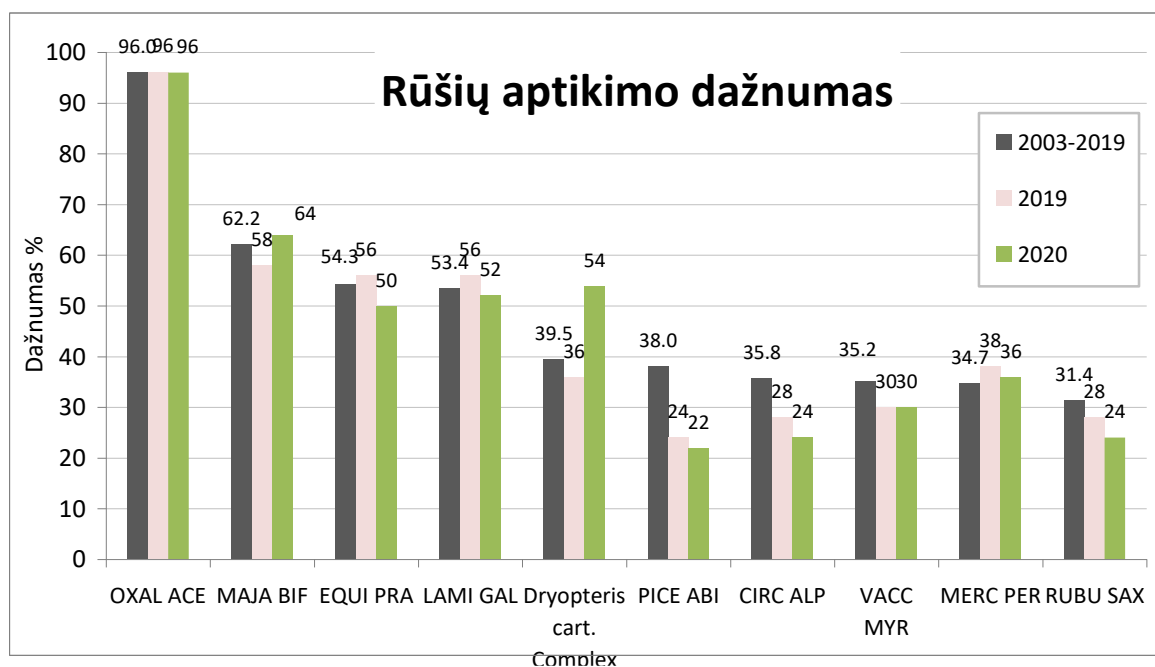
Vertinant vidutiniškai gausių (0,4-1,4 %), tačiau nuolatos aptinkamų (4.2 priedas, 4.16 pav.) samanų projekcinį padengimą, kasmet stebimi gana ryškūs svyravimai, nes daugelis samanų aptinkamos negausiai ir tik dalyje tiriamųjų laukelių, tad aiškias išvadas daryti sunku. Visgi, lyginant su daugiamečiu vidurkiu, matyti (4.16 pav), kad laikosi išaugusi (1,8 %) tribriaunių kerėžų, atžalinių gūžtvių (0,7 %) ir unksminės ylenės (1,1 %) gausa. Ženkliai mažiau (-0,4 %) negu vidutiniškai - šakotojų dvyndančių.



4.16 pav. Vidutiniškai gausių Aukštaitija_102 poligono samanų ir kerpių ardo rūšių gausumo kaita 1994–2020 m.

4.2.2 Dažnumas

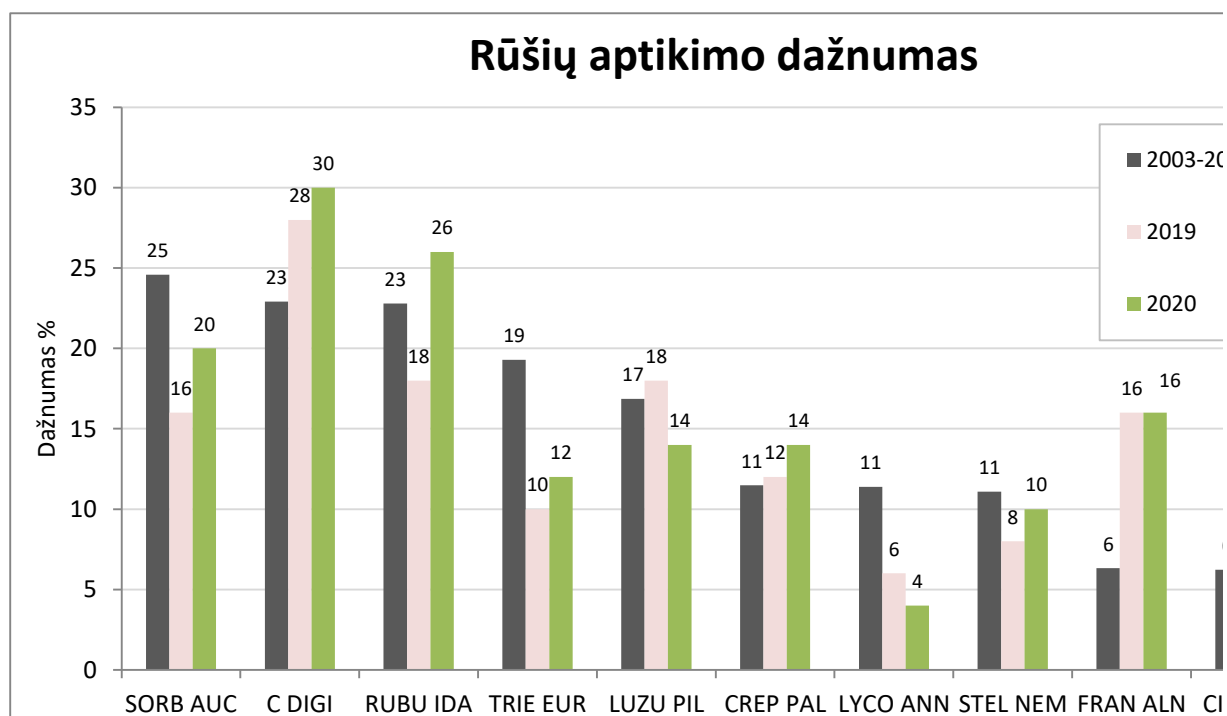
Aukštaitija-102 poligone intensyvaus stebėjimo laukeliuose 2003–2020 metais buvo stebimos 64 induočių augalų rūšys, 4 iš jų (paprastasis kiškiakopūstis (*Oxalis acetosella*), dvilapė medutė (*Maianthemum bifolium*), ožkabarzdžis asiūklis (*Equisetum pratense*) ir geltonžiedis šalmutis (*Lamium galeobdolon*) kasmet aptinkamos daugiau nei pusėje tiriamųjų laukelių (4.17 pav). Iš vyraujančių rūšių (dažnumas >30 %) pastaraisiais (2020) metais lyginant su 2003-2019 metų vidurkiu ženkliai padidėjęs *Dryopteris carthusiana* grupės paparčių ir nežymiai - dvilapių medučių ir daugiamečių laiškėnių - aptikimo dažnumas. *Dryopteris carthusiana complex* grupės paparčiai remiantis Ekrt L. et al. 2010, apima *D. carthusiana*, *D. expansa*, *D. dilatata* rūšis ir jų tarpusavio hibridus ir dėl jaunų individų didelio morfologinio panašumo, ir dažnos hibridizacijos atskirai nevertinti. Labiausiai sumažėjęs paprastosios eglės (-16 %) mažosios dantenės (-11,8 %) ir katuogės (-7,1 %) aptikimo dažnumas (4.17 pav). Lyginant su parėjusiais metais, didesnės dalies žolinių augalų išskyrus paparčius ir medutę dažnumas mažėjo.



4.17 pav. Aukštaitija-102 poligone vyraujančių žolių ir krūmokšnių ardo rūšių dažnumo kaita 2003–2020 m.

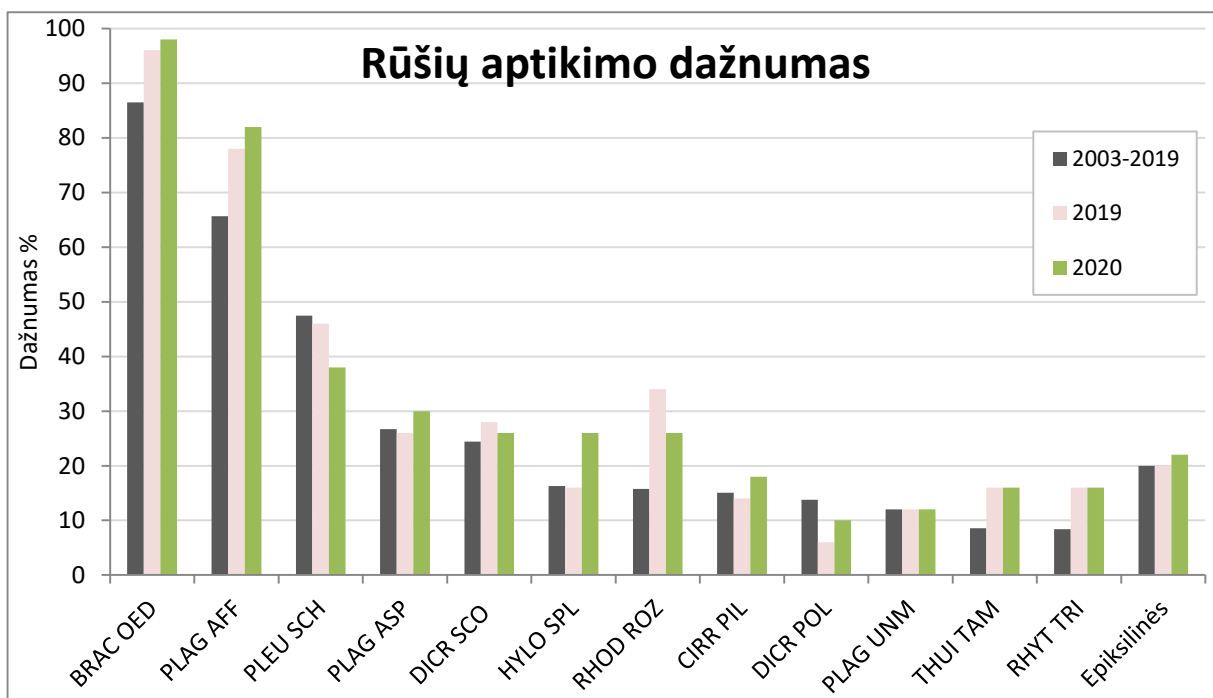
Iš mažiau gausių rūšių (4.18 pav), kurių vidutinis dažnumas poligone svyruoja tarp 5-30 %, pastaraisiais metais labiausiai išaugęs išliko šalteksnių (10 %), ir pirštuotosios viksvos (7 %) dažnumas, taip lyginant su praėjusiais metais ženkliai didėjo paprastosios avietės ir šermukšnio dažnumas poligone. Pastaruoju metu lyginant su stebėjimų vidurkiu ženkliausiai sumažėjęs, miškinės septynikės (-7 %), pataiso varinčiaus (-7 %) ir paprastojo šermukšnio (-5

%) dažnumas. Lyginant su praėjusiais metais labiausiai sumažėjo (-4 %) plaukuotojo kiškiagrūkio aptikimo dažnumas.



4.18 pav. Aukštaitija_102 poligone vidutiniškai dažnų žolių ir krūmokšnių ardo rūšių dažnumo kaita 2003–2020 m.

Samanų kerpių arde arde 2003–2020 metais buvo stebėtos 44 samanų - kerpsamanių rūšys. Iš jų 2 (tikroji trumpė – *Brachythecium oedipodium*, gulsčioji lapūnė – *Plagiomnium affine*) įprastai aptinkamos daugiau nei pusėje, o paprastoji šilsamanė (*Pleurozium schreberi*) – beveik pusėje tiriamųjų laukelių (4.19 pav). Iš dažniausių samanų ardo rūšių pastaraisiais metais, lyginant su 2003-2019 metų vidurkiu, didesnėje dalyje nei įprastai registruotos: tikroji trumpė, gulsčioji lapūnė, atžalinė gūžtvė, skrotelinės rožiasamanės, daugiašakė tujinukė, tribriaunė kerėža. Mažesnėje laukelių dalyje negu daugiametis vidurkis pastaraisiais metais aptikta tik paprastoji šilsamanė ir purioji dvyndantė (4.19 pav). Likusių rūšių dažnumas išliko panašus, arba yra pernelyg žemas, kad tokio masto tyrimai parodytų aiškias kitimo tendencijas.



4.19 pav. Aukštaitija-102 poligone dažniausiai aptinkamų samanų ir kerpių ardo rūšių dažnumo kaita 2003–2018 m.

Dažniausios rūšys (tikroji trumpė – *Brachythecium oedipodium* ir gulsčioji lapūnė – *Plagiomnium affine*) gana plastiškos plačios ekologinės nišos rūšys, kas lemia prisitaikymą prie kintančių aplinkos sąlygų. Įdomu jog tankaus eglių trako – pomiškio formavimasis, nepaisant stipraus neigiamo poveikio samanų projekciniam padengimui, kol kas neturi ryškaus neigiamo poveikio samanų dažnumui. Atvirkščiai, stebimas teigiamas ryšys. Vertinant bioįvairovės indeksus, būtent tolygus rūšių pasiskirstymas, dažnumas, yra svarbiau už rūšių gausumą, procentinį padengimą.

4.2.3 Fertilumas

Aukštaitija_102 intensyvaus stebėjimo poligonas pasižymi induočių augalų ir samanų rūšių gausa, tačiau žydi ir dera tik apie ketvirtadalis jų. 2020 metais registruota 11 fertilių induočių augalų, ir 4 sporifikuojančios samanų rūšys (4.1 lentelė). Induočių augalų tarpe didesniu nei įprasta fertilumu išsiskyrė raudonstiebis snaputis, pražiangialapė blužnutė ir miškinė žliugė ir paprastoji sprigė – visos rūšys auga mažame plote, aikštelėje šiaurinėje poligono dalyje. Iš dažniau aptinkamų rūšių fertilumas ženkliai (>20 %) sumažėjo pirštuotosios viksvos, daugiametio laiškėnio, paprastojo kiškiakopūščio, retažiedės viksvos, dvilapės medutės, plaukuotojo kiškiagričio, nelygialapio paparčio ir geltonžiedžio šalmučio. Iš dažnų samanų ardo rūšių fertilių buvo dvi: tikroji trumpė (7 %) ir šakotoji dvyndantė (4

%). Dideliu fertilumu pasižymėjo ir pavieniui ant negyvos medienos aptinkamos: riestalapė sanionia ir dantytoji kemsėnė.

4.1 lentelė. Induočių augalų ir samanų arđų rūšių fertilumas intensyvaus stebėjimo poligone Aukštaitija-102, 2005-2019 metais

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2012	2013	2014	2015	2017	2018	2019	2020	2005-2019
GERA ROB	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0.0	100.0	100.0	15.4
CREP PAL	40.0	30.0	87.5	50.0	100.0	100	100	50	0	0	66.7	14.3	66.7	57.1	54.2
CHRY ALT	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.0	0.0	50.0	7.7
STEL NEM	0	0	50.0	50.0	0	0	0	0	0	0	25.0	28.6	50.0	40.0	15.7
C DIGITA	18.2	61.1	87.5	50.0	100.0	100	100	0	0	0	43.3	37.5	60.7	28.6	50.6
IMPANOL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100.0	16.7	7.7
MERC PER	18.8	9.4	0	50.0	75.0	50	66.7	50	0	50	7.5	7.9	31.6	11.1	32.1
DRYO EXP	100.0	0	50.0	100.0	100.0	0	0	0	0	0	0	0	12.5	10.0	27.9
CIRC ALP	0.0	0.0	50.0	0.0	0.0	0.0	50	50	0	50	3.6	21.4	28.6	8.3	19.5
RUBU IDA	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0.0	0.0	7.7	3.8
OXAL ACE	14.0	15.3	50.0	50.0	50.0	0	0	50	0	50	9.4	7.3	2.1	3.1	22.9
C REMOTA	100.0	50.0	100.0	0.0	100.0	0	100	100	0	100	33.3	33.3	0.0	0.0	55.1
MAIA BIF	10.3	12.5	50.0	50.0	75.0	100	87.5	67	0	62.5	1.8	9.4	0.0	0.0	40.4
LUZU PIL	31.8	0	83.3	50.0	75.0	100	0	50	0	0	36.4	37.5	44.4	0.0	39.1
DRYO DIL	21.4	14.3	0	62.5	100.0	0.0	0.0	50	0	0	7.7	40.0	0.0	0.0	22.8
LAMI GAL	0	2.2	0	50.0	75.0	0	57.1	50	0	50	0	3.3	3.6	0.0	22.4
TRIE EUR	5.6	0	50.0	100.0	0	0	0	100	0	0	0	0.0	0.0	0.0	19.7
AEGO POD	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0	0	0.0	0.0	0.0	15.4
GEUM RIV	100.0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	15.4
VIOL RIV	0	100	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	15.4
MYCE MUR	0	0	0	50.0	0	0	0	0	0	0	0	50.0	50.0	0.0	11.5
RUBU SAX	8.8	2.5	0	50.0	75.0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	10.5
PARI QUA	33.3	0	0	50.0	0	0	50	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	10.3
CIRS OLE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0	33.3	66.7	0.0	9.6
ATHY FIL	0	0	0	0	0	0	0		100	0	0	0.0	0.0	0.0	8.3
MELI NUT	0	50.0	50.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	7.7
VIOL EPI	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	7.7
VACC MYR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	5.3	5.6	0.0	0.0	4.7
CARD AMA	0	0	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0.0	3.8
LYSI VUL	0	38.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	3.0
DRYO CAR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25.0	7.1	0.0	0.0	2.5
EQUI PRA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.7	6.5	0.0	0.0	1.0
HERZ SEL	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	50	43	33	11.0
SANI UNC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	33	25	6.4
BRAC OED	2	1	50	50	50	0	0	0	0	0	8	7	7	7	13.5
DICR SCO	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	8	8	4	4	5.4
PLAG DEN	14	0	50	50	0	0	0	0	0	0	50	25	0	0	14.6
RHOD ROZ	17	0	0	0	0	0	0	50	100	0	0	0	0	0	12.8
PLAG AFF	1	0	0	50	50	0	0	0	0	0	3	1	0	0	8.1
BRAC SAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	25	0	5.4
POLY FOR	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.8
CIRR PIL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	3.8
HYLO SPL	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	3.8
MARS POL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	3.8
HYPN CUP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	3.6
PLAG UND	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0	0	3.2
DICR POL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0.5
PLAG ASP	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3

4.3 Žemaitija LT-03_100

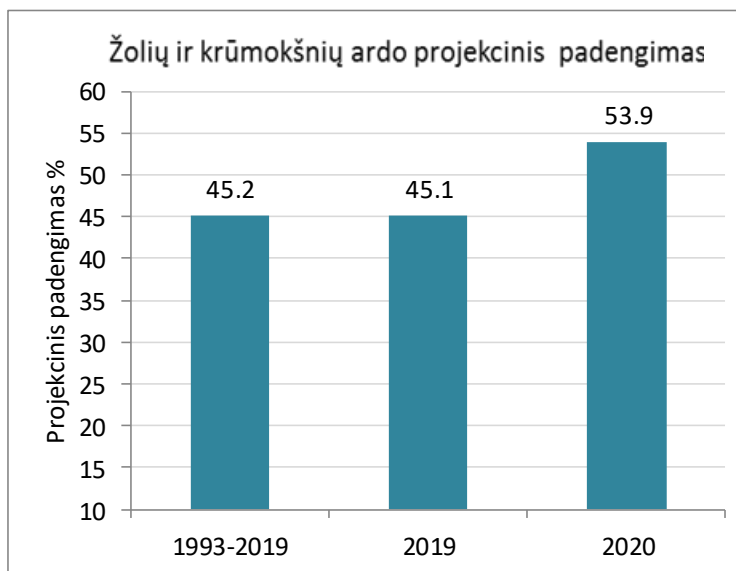


Augalijos intensyvių tyrimų stacionaras įkurta vienoje iš būdingiausių eglės augavietėje – mėlyniniame-kiškiakopustiniame brandžiame eglyne su keliomis, skirtingo amžiaus eglės kartomis.

4.3.1 Projekcinis padengimas

Žemaitijos ITS poligone yra stebima spygliuočių miško bendrija, kurios medyne dominuoja paprastosios eglės (*Picea abies*). Šioje miško bendrijoje žolių ir krūmokšnių ardo projekcinis padengimas išsivystęs vidutiniškai, o samanų danga vietomis ištisinė.

2020 metais žolių ir krūmokšnių dangos vidutinis projekcinis padengimas ženkliai didėjo ir buvo 8,7 % didesnis už 1994–2019 metų stebėjimų vidurkį (4.20 pav).

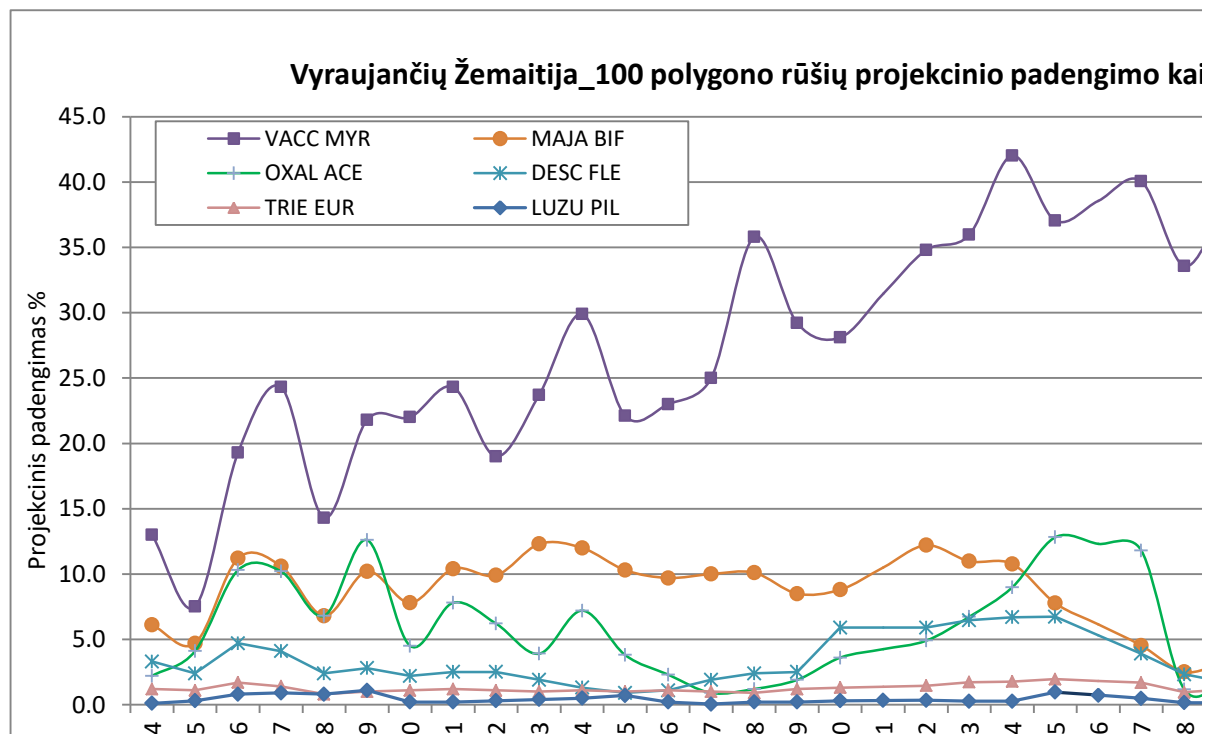


4.20 pav. Žemaitija_100 poligono žolių ir krūmokšnių ardo vidutinio projekcinio padengimo kaita 1994–2020 m.

Vertinant visą tyrimų laikotarpį žolių ardo projekcinis padengimas svyravo nuo 20,8 % (1995 m.) iki 66 % (2014 m), t. y. beveik 40 % ribose. Ketverius metus iš eilės (2015 – 2018)

metais stebėtas nuoseklus mažėjimas ir dabar registruotas ženklus augimas antrus metus iš eilės (4.2 pav). Šiuo metu medynas, kaip eglynas, sąlyginai yra gana šviesus, dėl dalies pirmo ardo medžių žūtis, tačiau dalyje poligono jau formuojasi žolinę augmeniją išstumiantis tankus eglių pomiškis. Taip pat poligone gana stiprus šernų poveikis. Tikėtina, jog pastarųjų metų augimą lėmė mažesnis šernų poveikis, žolinių augalų grįžimas į anksčiau šernų išknistus plotus.

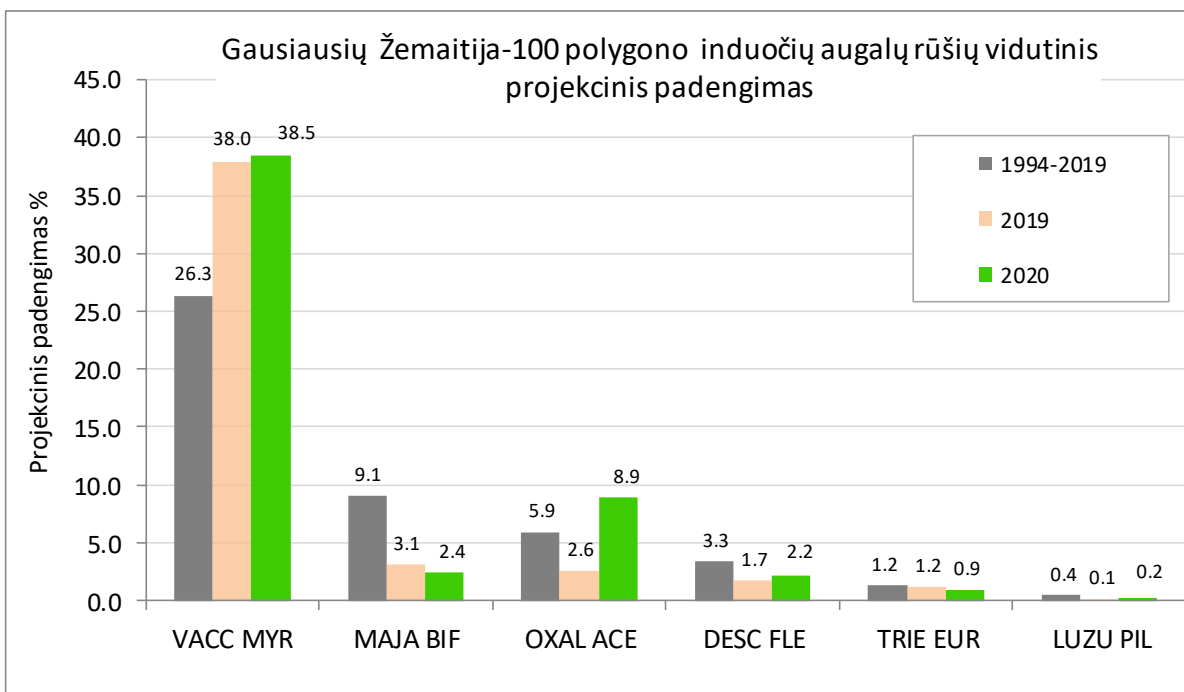
Žolių ir krūmokšnių arde per visą stebėjimų laikotarpį užregistruota 21 induočių augalų rūšis: (miškinis lendrūnas (*Calamagrostis arundinacea*), gumulinė viksva (*Carex pilulifera*), lanksčioji šluotsmilgė (*Deschampsia flexuosa*), nelygialapis papartis (*Dryopteris expansa*), paprastasis šaltekšnis (*Frangula alnus*), mažažiedė aklė (*Galeopsis bifida*), pataisas varinčius (*Lycopodium annotinum*), plaukuotasis kiškiagrikis (*Luzula pilosa*), dvilapė medutė (*Maianthemum bifolium*), pievinis kupolis (*Melampyrum pratense*), miškinė zuiksalotė (*Mycelis muralis*), paprastasis kiškiakopūstis (*Oxalis acetosella*), paprastoji eglė (*Picea abies*), paprastoji pušis (*Pinus sylvestris*), didžialapis šakys (*Pteridium aquilinum*), paprastasis ąžuolas (*Quercus robur*), paprastoji avietė (*Rubus idaeus*), paprastasis šermukšnis (*Sorbus aucuparia*), miškinė septynikė (*Trientalis europaea*), mėlynė (*Vaccinium myrtillus*) ir bruknė (*Vaccinium vitis-idaea*) (4.3 priedas). Ne visos jų išaugdavo kasmet. Per visą stebėjimo laikotarpį nepranykdamos augo tik 7 rūšys: lanksčioji šluotsmilgė – *Deschampsia flexuosa*, plaukuotasis kiškiagrikis – *Luzula pilosa*, dvilapė medutė – *Maianthemum bifolium*, paprastasis kiškiakopūstis – *Oxalis acetosella*, miškinė septynikė – *Trientalis europaea*, mėlynė – *Vaccinium myrtillus*, bruknė – *Vaccinium vitis-idaea*. Pastaruosius tris metus iš eilės laukeliuose registruota 13 rūšių (4.3 priedas).



4.21 pav. Vyraujančių Žemaitija_100 poligono žolių ir krūmokšnių ardo rūšių projekcinio padengimo kaita 1994–2020 m.

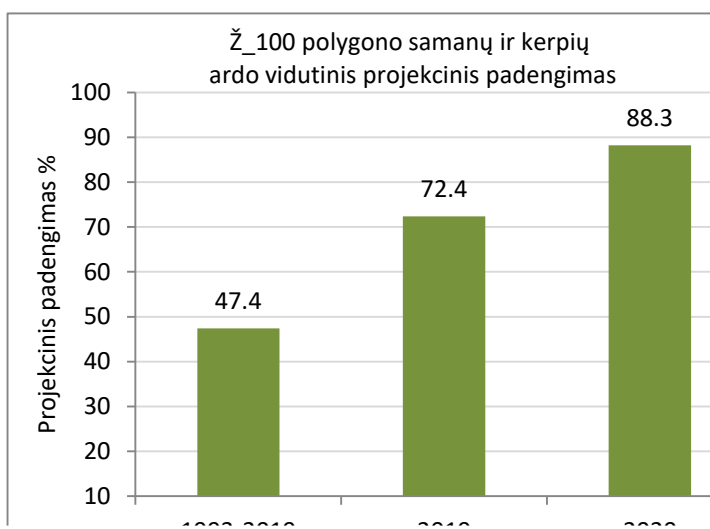
Žolių ir krūmokšnių arde vyrauja: mėlynė, lanksčioji šluotsmilgė, paprastasis kiškiakopūstis, dvilapė medutė, kiek retesnės: miškinė septynikė ir plaukuotasis kiškiagrikis. Mėlynės projekcinis padengimas su mažais nuosmukiais augo beveik visą stebėjimų laikotarpį, ir pastaraisiais (2020) metais beveik nepakito ir yra arti maksimalaus (4.21 pav.).

Visos likę induočių augalų rūšys kartu paėmus, dengia mažiau negu 10 % poligono ploto. Iš jų gausiausios paprastasis kiškiakopūstis ir dvilapė medutė, tačiau 2018 metais abiejų minėtų rūšių projekcinis padengimas itin stipriai sumažėjo, ir buvo atitinkamai 5 ir 3 kartus mažesnis už visų stebėjimų vidurkį (4.22 pav). Pastaraisiais (2020) metais medutės gausa išliko itin maža, tuo tarpu kiškiakopūščio gausumas stipriai augo (nuo 2,6 iki 8,9 %) ir yra gerokai didesnis už visų stebėjimų vidurkį. Aptartos rūšys yra tipingos eglynams, tad jų būklės prastėjimas, gali indikuoti visos eglyno ekosistemos nestabilumą, drėgmės ir apšvietimo pokyčius, arba būti mėlynių įsivyravimo pasekmė. Taip pat šiuo metu beveik per pus mažesnis už vidutinį ir lanksčiosios šluotsmilgės projekcinis padengimas. Pastaroji kaip ir medutės ir priešingai kiškiakopūščiams yra labiau šviesamėgė rūšis. Tokius minėtų rūšių projekcinio padengimo pokyčius gali lemti ir šernų veiklos sumažėjimas, ištisinės samanų dangos ir mėlynių išvešėjimas – medutės ir šluotsmilgės įprastai nunyksta suvešėjus mėlynėms (4.23; 4.22 pav).



4.22 pav. Gausiausių Žemaitija_100 poligono žolių ir krūmokšnių ardo rūšių vidutinio projekcinio padengimo kaita 1994-2020 m.

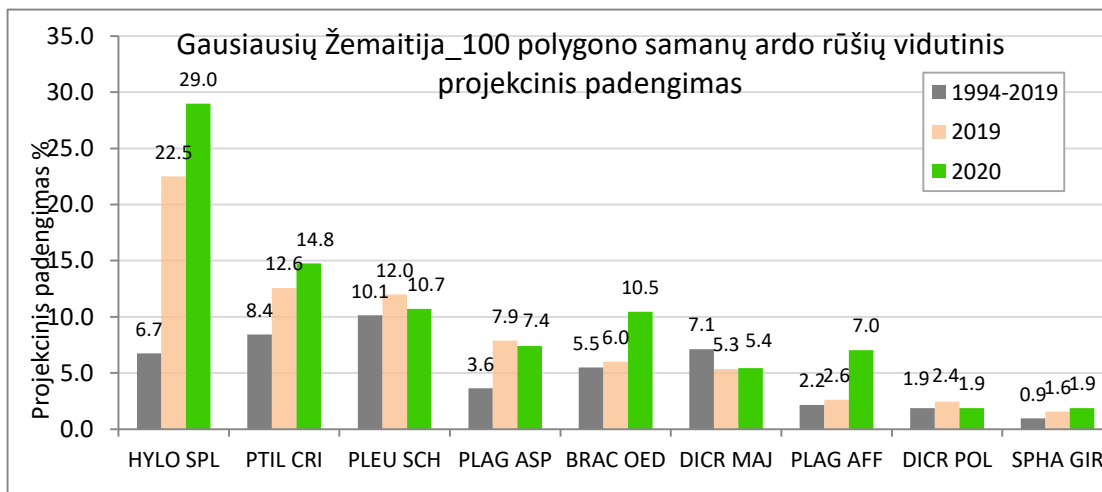
Samanų ardo vidutinis projekcinis padengimas Žemaitijos intensyvaus stebėjimo poligone 2020 metais buvo rekordiškai aukštas (88,3 %) ir visų stebėjimų vidurkį viršijo net 40,9 % (4.6; 4.23 pav). Samanų ardo vidutinis projekcinis padengimas gana panašiai buvo išaugęs ir 2008 metais (69,8 %), tačiau nepaisant to 2014 m. jau tesiekė 38,3 % (4.6 pav). Tokius stiprius ir gana greitus pokyčius dalinai paaiškina apšvietimo ir drėgmės kaita, sąlygota brandžių medžių apmirimo, pomiškio formavimosi. Taip pat kasmet poligone stebimas iš neigiamas šernų veiklos poveikis. Norint tiksliau išsiaiškinti stebimų pokyčių priežastingumą, bei oro pernašų sąlygotos taršos poveikį, būtini išsamesni tyrimai.



4.23 pav. Žemaitija_100 poligono samanų ardo vidutinio projekcinio padengimo kaita 1994–2019 m.

Žemaitijos ITS 1994–2020 metais buvo stebėtos 27 samanų ardo rūšys: vingialapė kemsas – *Atrichum undulatum*, tikroji trumpė – *Brachythecium oedipodium*, lenktoji trumpė – *Brachythecium reflexsum*, didžioji dvyndantė – *Dicranum majus*, kalninė dvyndantė – *Dicranum montanum*, purioji dvyndantė – *Dicranum polysetum*, šakotoji dvyndantė – *Dicranum scoparium*, atžalinė gūžtvė – *Hylocomium splendens*, gūžtvė *Hylocomium umbrosum*, rudeninė kryžmenė – *Jamesoniella autumnalis*, šliaužiančioji lepidozija – *Lepidozia reptans*, įvairialapė gludutė – *Lophocolea heterophylla*, kreivalapė pažulnutė – *Plagiothecium curvifolium*, papartinė tįsena – *Plagiochila asplenioides*, gulsčioji lapūnė – *Plagiomnium affine*, smailialapė lapūnė – *Plagiomnium cuspidatum*, žalsvoji pažulnutė – *Plagiothecium laetum*, paprastoji šilsamanė – *Pleurozium schreberi*, paprastasis gegužlinis – *Polytrichum commune*, liekninis gegužlinis – *Polytrichum formosum*, smiltyninis gegužlinis – *Polytrichum juniperinum*, grakštusis gegužlinis – *Polytrichum longisetum*, puošnioji blakstienė – *Ptilidium pulcherrimum*, šilinė plunksnė – *Ptilium crista-castrensis*, riestalapė sanionija – *Sanionia uncinata*, girgensonos kiminas – *Sphagnum girgensohnii*) ir 1 kerpių rūšis – putlusis plynkežis – *Hypogymnia physodes* (4.3 priedas). Visą laikotarpį nepranykdamas augo 8 rūšys (tikroji trumpė – *Brachythecium oedipodium*, didžioji dvyndantė – *Dicranum majus*, purioji dvyndantė – *Dicranum polysetum*, atžalinė gūžtvė – *Hylocomium splendens*, papartinė tįsena – *Plagiochila asplenioides*, gulsčioji lapūnė – *Plagiomnium affine*, paprastoji šilsamanė – *Pleurozium schreberi*, šilinė plunksnė – *Ptilium crista-castrensis*).

2020 metais buvo registruota 12 epigėjinių samanų rūšių (4.3 priedas), ankstesniais metais registruotos puošnioji blakstienė šakotoji dvyndantė ir žalsvoji pažulnutė fiksuotos tik ant laukeliuose esančios negyvos medienos, ir remiantis monitoringo metodiką į detalesnę analizę neįtrauktos. Gausiausių samanų ir kerpių ardo rūšių: paprastosios šilsamanės, šilinės plunksnės, didžiosios dvyndantės, atžalinės gūžtvės, tikrosios trumpės, papartinės tįsenos, gulsčiosios lapūnės, puriosios dvyndantės ir girgensonos kimino, vidutinio projekcinio padengimo kaita pavaizduota 4.24 pav.

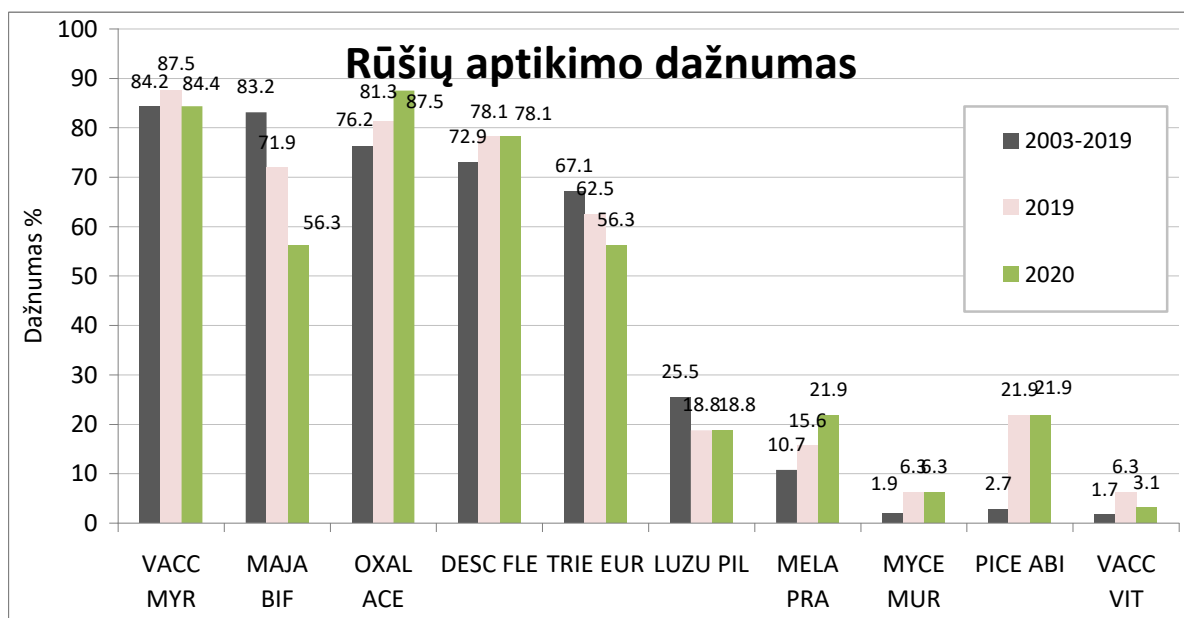


4.24 pav. Gausiausių Žemaitija_100 poligono samanų ir kerpių ardo rūšių projekcinio padengimo kaita 1994-2020 m.

Pastaraisiais metais gausiausios samanų ardo rūšies atžalinės gūžtvės projekcinis padengimas viršija gausumo rekordą penktus metus iš eilės ir dabar vidutinę 1994-2019 m. vertę viršija daugiau nei 3 kartus. Šiuo metu atžalinė gūžtvė dengia 29 % poligono ir yra gausiausia iš visų ardo rūšių. Be atžalinės gūžtvės vidutinę stebėjimų vertę ženkliai viršija šilinė plunksnė, tikroji trumpė, gulsčioji lapūnė ir papartinė tįsena. Likusių rūšių projekcinis padengimas išliko panašus (4.24 pav). Remiantis pateiktais rezultatais, galima vertinti, jog 2020 m. augimo sąlygos samanomms buvo labai palankios.

4.3.2 Dažnumas

Iš 2020 metais Žemaitijos ITS stebėtų induočių augalų rūšių (4.3 priedas), kaip ir 2019 metais 5 aptiktos daugiau 50% laukelių: mėlynė (*Vaccinium myrtillus*), dvilapė medutė (*Majanthemum bifolium*), paprastasis kiškiakopūstis (*Oxalis acetosella*), miškinė septynikė (*Trientalis europaea*) ir lanksčioji šluotsmilgė (*Deschampsia flexuosa*) (4.25 pav). Tos pačios rūšys dažniausios buvo ir per visą 2003–2019 metų stebėjimų laikotarpį. Visos minėtos rūšys, išskyrus šluotsmilgę, yra tipiškos spygliuočių miškų, eglynų rūšys. Pastoviai aukštas jų dažnumas tyrimų laikotarpiu liudija miško bendrijos stabilumą. Labiausiai didėjo parastojo kiškiakopūščio ir pievinio kupolio aptikimo dažnumas. Pastaraisiais metais išliko nepakitęs net 7 kartus (nuo 3 iki 22 %) išaugęs paprastosios eglės dažnumas žolių arde. Nepaisant to, jų procentinis padengimas kol kas išlieka labai mažas (4.3 priedas). Eglių dažnumo pokyčius, turbūt lėmė šernų veiklos sąlygotos paklotės pažaidos, palankios sąlygos sudygti sėjinukams. Jeigu jie įsitvirtins – tikėtini didesni žolių ardo pokyčiai ateityje.

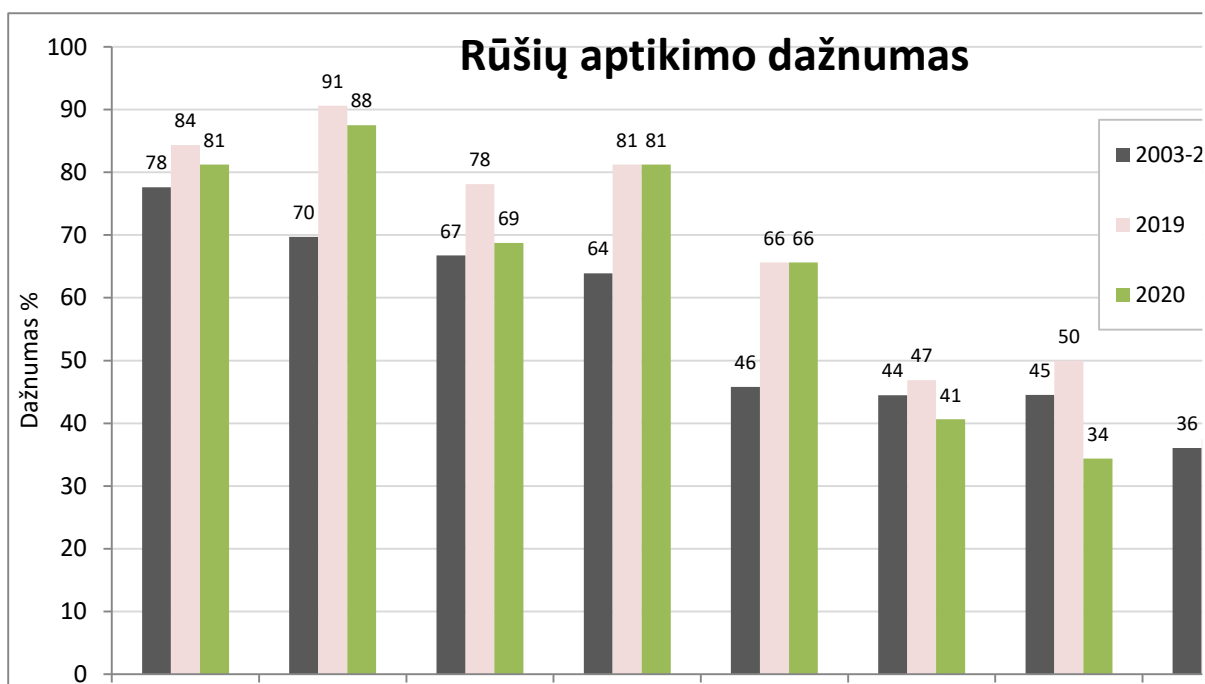


4.25 pav. Poligone Žemaitija_100 vyraujančių žolių ir krūmokšnių rūšių dažnumo kaita.

Lyginant su 2019 metais, labiausiai mažėjo (-15,6 %) dvilapės medutės aptikimo dažnumas ir dabar yra mažiausias per visą tyrimų laikotarpį. Lyginant su visų stebėjimų vidurkiu, išlieka sumažėjęs plaukuotojo kiškiagrikio, taip pat toliau mažėjo miškinės septynikė aptikimo dažnumas. Įdomu, kad Žemaitijos ITS poligone, priešingai Aukštaitijos poligonams, išlieka padidėjęs bruknių aptikimo dažnumas, nors gausa visuose tyrimų vietose nedidėja.

Samanų arde 2020 metais dažniausios rūšys (aptiktos daugiau nei pusėje laukelių) buvo 5: paprastoji šilsamanė (*Pleurozium schreberi*), tikroji trumpė (*Brachythecium oedipodium*), atžalinė gūžtvė (*Hylocomium splendens*), didžioji dvyndantė (*Dicranum majus*) ir gulsčioji lapūnė (*Plagiomnium affine*) (4.26 pav). Likusių 3 iš dažniausių samanų ardo rūšių dažnumas irgi buvo sąlyginai didelis (34 - 41 %). Vyraujančių rūšių skaičius, gausumo ir dažnumo augavietėje tolydumas, labai svarbus biologinės įvairovės indeksų rodiklis, rodantis tiriamosios bendrijos stabilumą (MAGURRAN, 2004). Iš paminėtųjų rūšių, paprastoji šilsamanė ir atžalinė gūžtvė yra būdingos visiems spygliuočių miškams. Papartinė tįsena, didžioji dvyndantė, šilinė plunksnė – eglynams, purioji dvyndantė – pušynams, o likę (tikroji trumpė ir gulsčioji lapūnė) yra dažnos mišrių miškų (ypač eglynų su karpotaisiais beržais) samanos. 2020 lyginant su 2019 metais nei vienos iš vyraujančių rūšių dažnumo augimas neregistruotas, labiausiai mažėjo puriosios dvyndantė ir šilinės plunksnės aptikimo dažnumas. Tačiau lyginant 2020 m. rezultatus su ilgamečių stebėjimų vidutinėmis vertėmis (4.26 pav.) įdomu, kad daugumos vyraujančių samanų dažnumas (išskyrus puriąją dvyndantę iš šilinė plunksnė) išlieka padidėjęs. Toks rūšių aukšto dažnumo išsilaikymas ir augimas rodo gerą

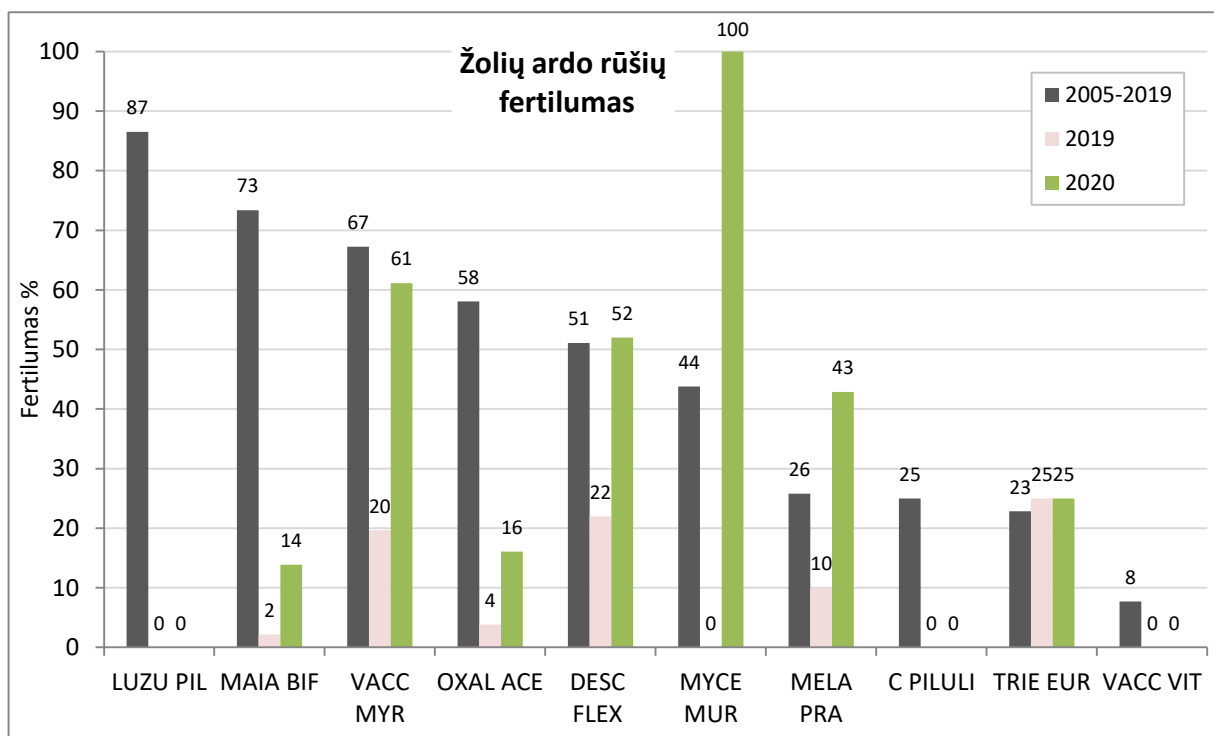
bendrą samanų ardo būklę ir stabilumą. Galbūt tai nulėmė itin mažus samanų ardo pokyčius sausringais 2018 metais lyginant su Aukštaitija-100 / -102 poligonais.



4.26 pav. Poligone Žemaitija_100 vyraujančių samanų ir kerpių ardo rūšių dažnumo kaita 2003–2020 m.

4.3.3 Fertilumas

Žemaitijos ITS poligone yra panašus skaičius induočių augalų ir samanų rūšių. Žydi ir dera tik apie pusė jų, ir didesnė dalis ne kasmet. 2020 metais registruotos 7 fertilių induočių augalų rūšys (4.27 pav): dvilapė medutė, mėlynė, paprastasis kiškiakopūstis, lanksčioji šluotsmilgė, miškinė zuiksalotė, pievinis kupolis ir miškinė septynikė. Žydinti miškinė zuiksalotė aptikta po metų pertraukos – tai gana įprasta mažo dažnumo rūšims. Visų rūšių išskyrus miškinės septynikės, fertilumas lyginant su praėjusiais (2019) metais augo. Vis tik, visų rūšių išskyrus zuiksalotę ir kupolį fertilumas ne didesnis už daugiamečių vidurkį. Taip pat didžiausiu ilgamečiu fertilumu išsiskiriantis plaukuotasis kiškiagrakis - nežydėjo antrą sykį nuo tyrimų pradžios (2005 m) ir tuo pačiu antrus metus iš eilės. Kiškiagrakio fertilumas mažėjo kartu su gausumo ir dažnumo sumažėjimu, tai indikuoja prastą rūšies būklę. Taip pat antrus metus iš eilės neaptinkama ir fertilių gumulinės viksvos individų. Sumažėjęs daugelio rūšių fertilumas, gali indikuoti nepalankias kelių pastarųjų metų aplinkos sąlygas, šviesos trūkumą po medžių ir krūmų laja, bet taip pat ir indikuoti didelę vidurūšinę konkurenciją, būdingą turtingoms stabilioms ekosistemoms, nes rūšių gausa kol kas nemažėja. (4.27 pav).



4.27 pav. Žemaitijos ITS žolių ir krūmokšnių ardo rūšių fertilumo kitimas 2005–2020 metais.

Žemaitijos ITS poligone samanų fertilumas bendrai paėmus menkas. Vidutinis fertilių ardo rūšių skaičius vos 1,7 rūšies. Visų rūšių sporifikuojantys individai aptinkami ne kasmet. Pastaraisiais (2020) metais užregistruota 1 sporifikuojančių samanų ardo rūšis - šilinė plunksnė (4.2 lentelė). Bendrai paėmus, dėl dauginimosi organų smulkumo ir didelio individų tankio, smulkiųjų samanų ir kerpsamanių rūšių fertilumą, sąlyginai dideliame plote tiksliai įvertinti sudėtinga, tad rezultatus apibendrinančias išvadas galima daryti tik sukaupus pakankamai daug duomenų.

4.2 lentelė. Žemaitijos ITS samanų ardo rūšių fertilumo kaita 2005–2020 metais.

Rūšys	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2012	2013	2014	2015	2017	2018	2019	2020	2005-2019
BRAC OED	50	70	0	50	50	100	0	50	0	100	50	23	12	0	37.0
ATRI UND	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.7
PLAG CUR	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.7
HYPO PHY	0	0	88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.9
PTIL CRI	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	6	3	3.9
DICR MAJ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	2	3.5
LOPH HET	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	3.3
PLEU SCH	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.3
HYLO SPL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	2	0	0.6
Rūšių sk.	1	2	1	2	2	2	0	1	0	1	3	3	4	1	1.7

IŠVADOS

Remiantis Aukštaitijos ir Žemaitijos ITS atliktais žolių ir krūmokšnių bei samanų ir kerpių arđų rūšių gausumo, dažnumo ir fertimumo matavimais, galima teigti, kad stebėtos bendrijos pastaraisiais (2020) metais yra gana stabilios. Tačiau remiantis tirtais augalijos parametrais aiškiai matyti medynų sukcesinės kaitos, bei meteorologinių veiksnių (kritulių kiekio, vėjo, vidutinių temperatūrų) kaitos poveikis.

Žolių ir krūmokšnių bei samanų ir kerpių arđų rūšinės sudėties, projekcinio padengimo ir dažnumo svyravimai iš esmės atspindi natūralią medynų sukcesiją, tiek tebesitęsiančią po ūkinės veiklos nutraukimo, tiek sunintensyvėjusią po didesnių pažaidų medynuose. Pionierinės medžių rūšys (pušys, beržai) po truputi retėja, užleisdamos vietą klimaksinėms rūšims (eglėms). Tai sukelia ryškius tiek apšvietimo tiek ir mikroklimatinius pokyčius, kurie labiausiai ir veikia apatinių medyno arđų kaitą. Didėjantys negyvos medienos kiekiai sąlygoja epiksilinių samanų ir kerpsamanių įvairovės, gausumo, bei aptikimo dažnumo augimą. Nepaisant tebevykstančios medyno sukcesijos, taip pat akivaizdžiai matyti meteorologinių veiksnių (kritulių kiekio, vėjų, vidutinių temperatūrų, saulės aktyvumo) poveikis. Itin svarbūs ekstremalūs meteorologiniai veiksniai (užsitęsę sausros, vėtros, neįprastai žemos arba aukštos temperatūros) nes būtent po jų pasireiškimo, stebimi didžiausi medynų ir visos augalijos pokyčiai. Tolimųjų oro pernašų sąlygotos taršos savitąjį poveikį konkrečioms rūšims išskirti sunku, nes tarša vienodai paveikia visą ekosistemą. Kadangi ekosistema yra labai kompleksiška sistema, superorganizmas, su tolimosiomis oro pernašomis patenkančios taršos poveikis išsisklaido per visas ekosistemos komponentes. T.y. nesant pakankamai ilgų kompleksinių duomenų sekos, sunku įvertinti ar pavyzdžiui, rūgščiosios kritulių komponentės konkrečią samanų rūšį veikia tiesiogiai, ar jos labiau paveikė medžių lajas ir dėl jų išretėjimo pakito rūšies augimo sąlygos. Todėl šiam tikslui pasiekti būtinas ilgalaikis nenutrūkstamas, kompleksinių tyrimų vykdymas. Rezervato statusas vykdomiems tyrimams yra labai svarbus ir užtikrina klimaksinės bendrijos formavimąsi, stabilią stebimų bendrijų būklę. Dirbtinis būklės gerinimas, įsikišus žmogui yra nesuderinamas su šių stebėjimų metodika.

4.4. Žolinės augalijos tyrimų KM stočių intensyvių tyrimų poligonuose apibendrinimas

Botaninio monitoringo darbai buvo atlikti naudojant metodiką, parengtą pagal FINNISH ENVIRONMENT INSTITUTE (2013) ir CANULLO R. et al. (2016). Pagal šios metodikos paprogramę VG įrengtose žolinės dangos intensyvaus tyrimo pastoviose aikštelėse (0,5 m x 0,5 m) matuoti žolių ir krūmokšnių, bei samanų ir kerpių ardu rūšių projekcinio padengimo, dažnumo, fertilumo parametrai.

Aukštaitija_100 poligone yra stebima pušyno bendrija su eglės ir karpotojo beržo priemaiša, kurioje 2020 metais medžių ardo vidutinis projekcinis padengimas buvo 70,1 %, krūmų 5,2 %, žolių ir krūmokšnių ardo 15,6 %, o samanų ir kerpių ardo 92,9 %.

Žolių ir krūmokšnių ardas stebimoje pušyno bendrijoje yra skurdus tiek rūšine sudėtimi, tiek rūšių gausumu, kuris išreiškiamas projekciniu padengimu. Bendras ardo projekcinis padengimas 2020 metais stipriai augo, ir yra didesnis nei vidutinis. Žolių ir krūmokšnių arde iš viso buvo užregistruota ir stebima 15 rūšių induočių augalų, o 2020 metais – 10 rūšių. Didesnės dalies gausių rūšių projekcinis padengimas yra sumažėjęs, ypač miškinio lendrūno, plačialapio šakio, bruknės. Stipriai išaugusiu gausumu išsiskyrė tik pievinis kupolis. Pagrindinio ir pastovaus žolių ir krūmokšnių ardo dominanto mėlynės, projekcinis padengimas po ženklaus sumažėjimo 2018 metais, sparčiai atsigauja.

Samanų ardo projekcinis padengimas poligone yra rekordiškai didelis. Samanų ir kerpių arde per visą stebėjimų laikotarpį buvo stebėta 15 rūšių, 2020 metais registruotos 7 epigėjinių samanų rūšys ir 7 epikslinės rūšys registruotos ant negyvos medienos. Samanų ardo projekcinio padengimo svyravimui ir rūšinės sudėties kaitai didžiausią įtaką turi kasmetinis drėgmės kiekis ir apšvietimas. Rūšinės įvairovės augimui – negyvos medienos kiekio didėjimas, substratų įvairovė. Esant drėgnesniems metams, samanų danga vešlesnė, joje stebimos kerpsamanės, kurios sausesniais metais neaptinkamos. Minėtus tiek induočių tiek ir samanų ardu pokyčius labiausiai veikė kritulių kiekis gegužės – birželio mėnesiais, sukcesinė medyno kaita, eglių pomiškio formavimasis. Dažniausia induočių augalų rūšis per stebimąjį 2003–2020 laikotarpį ir pastaraisiais metais buvo mėlynė (*Vaccinium myrtillus*), o iš samanų ir kerpių ardo: atžalinė gūžtvė (*Hylocomium splendens*), paprastoji šilsamanė (*Pleurozium schreberi*), šilinė plunksnė (*Ptilium crista-castrensis*). Visų minėtų rūšių dažnumas viršija 80 %. Pastaraisiais metais stipriai mažėjo tik paprastosios šilsamanės dažnumas.

Aukštaitija-100 poligono intensyvaus stebėjimo laukeliuose aptinkama mažai fertilių rūšių. Pastaraisiais metais fertiliausios: pievinis kupolis, šliaužiančioji sidabriukė, miškinė septynikė, miškinis lendrūnas. Samanų arde registruoti atžalinės gūžtvė, šilinės plunksnės ir

paprastosios šilsamanės sporifikuojantys individai. Fertilumas stipriai išaugęs pievinio kupolio, miškinio lendrūno, paprastosios šilsamanės, sumažėjęs – plaukuotojo kiškiagrakio, atžalinės gūžtvės.

Aukštaitija_102 intensyvaus stebėjimo poligone stebimas mišrus miškas, kurio medyne vyrauja paprastosios eglės *Picea abies* ir karpotieji beržai *Betula pendula*. Žolių ir krūmokšnių ardas šioje miško bendrijoje išsivystęs netolygiai. Šiaurinėje poligono dalyje žolynas labai vešlus, o pietinėje – skurdus, užstelbtas eglų pomiškio. 2020 metais žolių ir krūmokšnių ardo vidutinis projekcinis padengimas buvo 37,1 %, t.y. ženkliai mažesnis negu vidutiniškai, tačiau kiek didesnis nei 2019 m. Per visą stebėjimų laikotarpį žolių ir krūmokšnių arde buvo stebimos 69, o 2020 metais – 37 induočių augalų rūšys. 2020 metais samanų ardo vidutinis projekcinis padengimas buvo 16,3 %, neženkliai didesnis nei 2019 metais, tačiau kaip ir induočių augalų, išliko gerokai mažesnis nei 1993-2019 metų vidurkis. Per visą tyrimų laikotarpį registruotos 44 samanų rūšys, o 2020 metais rekordiškai daug – 35 rūšys, iš kurių 9 augo tik ant negyvos medienos. Paprastoji plaukalapė, žalsvoji pažulnutė, mildės, upelinė, žalioji ir šarkės trumpės poligone identifikuotos pirmą sykį. Dauguma jų ant negyvos medienos. Bendrai paėmus epiksilinės samanos dengė net 2,3 % poligono, bet remiantis metodika detaliau neanalizuotos. Vyraujančios rūšys buvo: tikroji trumpė – *Brachythecium oedipodium*, gulsčioji lapūnė – *Plagiomnium affine*, papartinė tįsena – *Plagiochila asplenoides*, paprastoji šilsamanė – *Pleurozium schreberi*. Visų jų projekcinis padengimas lyginant su visų stebėjimų vidurkiu yra sumažėjęs perpus, ir pastaraisiais metais visų išskyrus papartinės tįsenos kryptingai mažėjo toliau.

2020 metais dažniausios induočių augalų rūšys, aptiktos daugiau nei pusėje laukelių, išliko tos pačios: paprastasis kiškiakopūstis (*Oxalis acetosella*), dvilapė medutė (*Maianthemum bifolium*), ožkabarzdis asiūklis (*Equisetum pratense*), geltonžiedis šalmutis (*Lamiastrum galeobdolon*). Dažniausios samanų rūšys: tikroji trumpė – *Brachythecium oedipodium* ir gulsčioji lapūnė – *Plagiomnium affine*

Aukštaitija-102 intensyvaus stebėjimo poligonas pasižymi induočių augalų ir samanų rūšių gausa, tačiau žydi ir dera tik apie ketvirtadalis jų. 2020 metais registruota 15 fertilių rūšių. Induočių augalų tarpe didesniu nei įprasta fertilumu išsiskyrė raudonstiebis snaputis, pražiangialapė blužnutė ir miškinė žliūgė ir paprastoji sprigė – visos rūšys auga mažame plote, aikštelėje šiaurinėje poligono dalyje. Iš dažnų samanų ardo rūšių sporifikavo tikroji trumpė ir šakotoji dvyndantė.

Pagrindinis veiksnys lemiantis samanų ir žolių ardo skurdimą – tankaus eglų pomiškio formavimasis. Nepaisant to, dėl augančio negyvos medienos kiekio ir išsamesnių jos tyrimų, 2020 m. poligone registruotos net 6 naujos rūšys.

Žemaitijos ITS poligone yra stebima spygliuočių miško bendrija, kurios medyne dominuoja paprastosios eglės (*Picea abies*). Šioje miško bendrijoje žolių ir krūmokšnių ardo projekcinis padengimas išsivystęs vidutiniškai, o samanų danga – vietomis ištisinė.

2020 metais žolių ir krūmokšnių dangos vidutinis projekcinis padengimas stipriai augo antrus metus iš eilės ir yra 53,9 %, kiek didesnis už daugiametį vidurkį. Žolių ir krūmokšnių arde per visą stebėjimų laikotarpį buvo užregistruota ir stebima 21 induočių augalų rūšis, 2020 metais – 13. Žolių arde dominuojančios mėlynės (*Vaccinium myrtillus*) projekcinis padengimas gana nuosekliai augo nuo pat tyrimų pradžios ir šiuo metu yra 38,5 %, arti maksimalaus. Likusių gausesnių rūšių - lanksčiosios šluotsmilgės (*Deschampsia flexuosa*) ir dvilapės medutės (*Majanthemum bifolium*) - projekcinis padengimas išliko stipriai sumažėjęs trečius metus iš eilės. Tuo tarpu paprastojo kiškiakopūščio (*Oxalis acetosella*) gausa šiemet išaugo itin ženkliai ir beveik atsistatė po 2018 - 2019 metų nuosmukio.

Samanų ardo vidutinis projekcinis padengimas 2020 metais ženkliai augo ir yra rekordiškai aukštas 88,3 %. Per visą tyrimų laikotarpį poligone registruotos 27 samanų rūšys, 2020 metais registruota 12 epigėjinių samanų rūšių. Bendrą ardo projekcinio padengimo augimą labiausiai sąlygojo vyraujančių rūšių: atžalinės gūžtvės (*Hylocomium splendens*), šilinės plunksnės (*Ptilium crista-castrensis*), tikrosios trumpės (*Brachythecium oedipodium*) ir gulsčiosios lapūnės (*Plagiomnium affine*) pagausėjimas. Tačiau beveik visų ardo rūšių gausumas nežymiai didėjo arba išliko stabilus.

2020 metais dažniausiomis išliko tos pačios induočių augalų rūšys: mėlynė (*Vaccinium myrtillus*), dvilapė medutė (*Majanthemum bifolium*), paprastasis kiškiakopūstis (*Oxalis acetosella*), miškinė septynikė (*Trientalis europaea*) ir lanksčioji šluotsmilgė (*Deschampsia flexuosa*). Dažniausios 2020 metų samanų ardo rūšys: paprastoji šilsamanė (*Pleurozium schreberi*), tikroji trumpė (*Brachythecium oedipodium*), atžalinė gūžtvė (*Hylocomium splendens*), didžioji dvyndantė (*Dicranum majus*) ir gulsčioji lapūnė (*Plagiomnium affine*). Visų jų dažnumas yra padidėjęs lyginant su stebėjimų vidurkiu.

2020 metais fertilius buvo net 7 induočių augalų rūšys: dvilapė medutė (*Majanthemum bifolium*), mėlynė (*Vaccinium myrtillus*), paprastasis kiškiakopūstis (*Oxalis acetosella*), lanksčioji šluotsmilgė (*Deschampsia flexuosa*), miškinė zuiksalotė (*Mycelis muralis*), pievinis kupolis (*Melampyrum pratense*) ir miškinė septynikė (*Trientalis europaeum*). Vis tik, visų rūšių išskyrus zuiksalotę ir kupolį fertilumas ne didesnis už daugiametį vidurkį. Antrus metus iš eilės nuo 2005 neaptikta fertilių plaukuotųjų kiškiagrikių. Kiškiagrikių fertilumas mažėjo kartu su gausumo ir dažnumo sumažėjimu, tai indikuoja prastą rūšies būklę. Žemaitijos ITS poligone samanų fertilumas bendrai paėmus menkas. Visų rūšių sporifikuojantys individai aptinkami ne kasmet. Pastaraisiais metais užregistruota 1 sporifikuojančių samanų ardo rūšis

- šilinė plunksnė. Bendrai paėmus, dėl dauginimosi organų smulkumo ir didelio individų tankio, smulkiųjų samanų ir kerpsamanių rūšių fertilumą, sąlyginai dideliame plote tiksliai įvertinti sudėtinga, tad rezultatus apibendrinančias išvadas galima daryti tik sukaupus pakankamai daug duomenų.

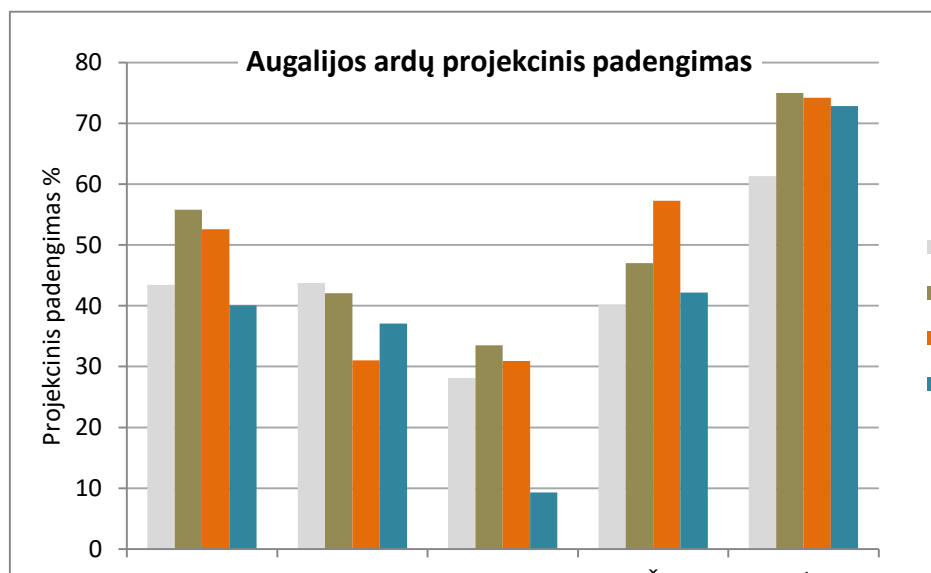
Žolių ir krūmokšnių bei samanų ir kerpių ardu rūšinės sudėties, projekcinio padengimo ir dažnumo svyravimai daugiausiai yra susiję su natūralia augaviečių sukcesija, meteorologiniais veiksniais (kritulių kiekis, temperatūra, vėjo intensyvumas). Ryškiausi žolinės augmenijos pokyčiai susiję su ekstremalių meteorologinių veiksnių sąlygota didelės dalies silpnų medžių žūtimi. Žuvus didesnei daliai pirmo ardo medžių, pasikeičia augaviečių mikroklimatinės ypatybės, šviesos ir drėgmės režimas, kas sukelia stebimųjų bendrijų projekcinio padengimo ir rūšių dažnumo svyravimus. Remiantis 2020 metais Aukštaitijos ir Žemaitijos ITS atliktais žolių ir krūmokšnių bei samanų ir kerpių gausumo, dažnumo ir fertilumo matavimais galima teigti, kad stebėtos bendrijos nepaisant rekordiškai aukštos vidutinės metinės temperatūros du metus iš eilės ir pastovios sniego dangos nebuvimo 2019 - 2020 metų žiemą - išliko stabilios. Aukštaitija I ir Žemaitijos tyrimų poligonuose bendras minėtų ardu rūšių projekcinis padengimas yra ženkliai padidėjęs lyginant su visų stebėjimų (1993-2019) vidurkiu ir toliau augo. Itin palankiai į dabartines aplinkos sąlygas reaguoja samanų ardas. Aukštaitijos II poligone, žolių ir samanų ardu projekcinis padengimas išliko stabiliai sumažėjęs, dėl sukcesinių procesų poligone. Aukštaitija_102 poligone ir dalyje Žemaitijos poligono, po dalies I ardo medžių žūties formuojasi tankus eglių pomiškis, išstumdamas žemesnių ardu augaliją. Senų medžių žūtis taip pat, sąlygojo skirtingų formų ir irimo stadijų negyvos medienos kiekių augimą, to pasėkoje stipriai išaugo ksilofitinių samanų, kerpsamanių įvairovė ir projekcinis padengimas. Rezervato statusas šiuo metu užtikrina sąlyginai stabilią stebimųjų bendrijų būklę, kuri prognozuojama ir ateityje, tačiau kasmetinė rūšinės sudėties, projekcinio padengimo kaita išlieka didelė. Kadangi ekosistema yra labai kompleksiška sistema, superorganizmas, su tolimosiomis oro pernašomis patenkančios taršos poveikis išsisklaido per visas ekosistemos komponentes, tarša paveikia visą ekosistemą. Vieno parametro kaita neišvengiamai paveikia ir kitus. Siekiant išskirti tolimųjų oro pernašų sąlygotos taršos savitąjį poveikį konkrečioms rūšims būtina ne tik darbų tąsa, bet ir detalesni analitiniai tyrimai integruojant ir kitų ekosistemų monitoringo paprogramių duomenis.

V. ŽOLINĖS AUGALIJOS TYRIMAI AUKŠTAITIJOS IR ŽEMAITIJOS KMS BASEINŲ MIŠKO EKOSISTEMOSE. (Ainis Pivoras, konsult. Daiva Patalauskaitė, Ilona Jukonienė).

Siekiant įvertinti bendrą augalijos kaitą ne tik sąlyginai mažame intensyvaus stebėjimų poligone (VG paprogramė), bet visoje tiriamųjų upelių baseinų teritorijoje, 2020 metais vykdyti augalijos tyrimai pagal VS (Vegetation structure and species cover) paprogramę. Tyrimai vykdyti pagal FINNISH ENVIRONMENT INSTITUTE (2013b) pateiktą metodiką, skritulinėse 10m spindulio pastoviuose tyrimų ploteliuose. Aukštaitijos kompleksinio monitoringo stotyje (KMS), 50 - dešimtyje tyrimų plotelių, Versminio upelio baseine, Ažvinčių sengirės gamtiniame rezervate ir 35 - iose ploteliuose Žemaitijos ITS, Juodupio baseine, Plokštinės gamtiniame rezervate. Tyrimų ploteliuose atliktas medžių (I-II ardu), krūmų, žolių ir krūmokšnių, bei samanų / kerpių bendras ardu projekcinio padengimo procentinis vertinimas, bei kiekvienos ardo rūšies projekcinio padengimo procentinis vertinimas. Nustatytą visų tiriamųjų laukelių EUNIS buveinė vadovaujantis EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY (2019) pateikta EUNIS buveinių klasifikacija. Tyrimų rezultatai glaustai apibendrinti, palyginti su ankstesniais tyrimais.

5.1. Aukštaitijos KMS baseino miško ekosistemos

Aukštaitijos tyrimų poligone, vertinant atskirų ardu lygmeniu, projekcinio padengimo dydžiu išsiskiria samanų ir medžių ardoi (I+II), dengiantys arti 70 % viso tiriamųjų laukelių ploto (5.1 pav).

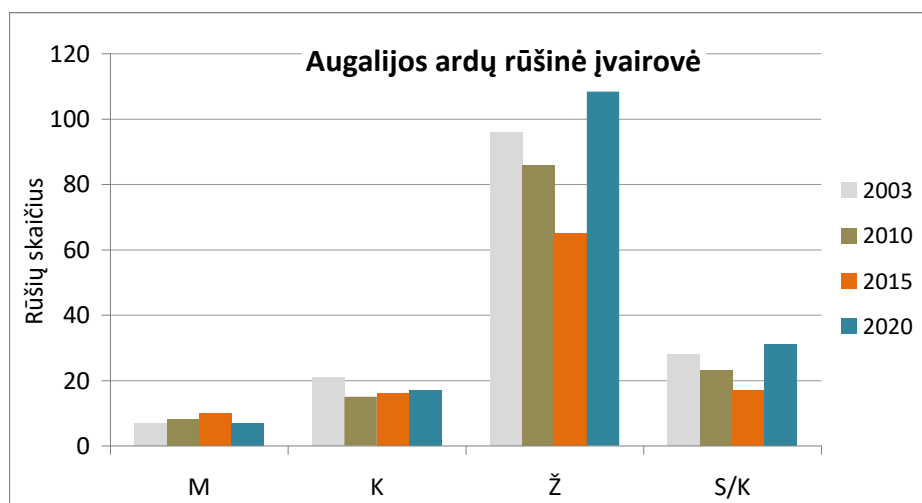


5.1 pav. Aukštaitijos tyrimų poligono, vidutinio ardu projekcinio padengimo kaita 2003 – 2020 metais.

Pastaruoju metu ženkliai sumažėjęs žolių (-15,1 %), krūmų (-21,6 %) ir I medžių ardo (-12,5 %) vidutinis projekcinis padengimas poligone. Samanų ardo projekcinis padengimas nuo 2010 kito nežymiai, o pastaruoju metu augo tik II medžių ardo gausa. Aptartus pokyčius iš esmės lemia pagrindinio medynų edifikatorius - paprastoji eglė. Eglės projekcinis

padengimas, I arde nuo 2015 metų sumažėjo beveik dvigubai (nuo 20,6 iki 12,0 %), krūmų arde – daugiau nei tris kartus (24,9 iki 5,8 %). Retinasi vyriausi I ardo medžiai, krūmų arde dalis eglių žūva dėl savaiminio išsiretinimo, o dalis viršija 5 m. aukštį ir patenka į II medžių ardą. Tai jog žolių arde stipriai išaugo lazdynų, šaltkešnių, šėivamedžių, šermukšnių bei eglių aptikimo dažnumas, leidžia prognozuoti krūmų ardo projekcinio padengimo atsistatymą artimoje ateityje. I medžių arde reikšmingai mažėjo vis dar gausiausios I ardo rūšies - paprastosios pušies projekcinis padengimas. Itin žemas pušies gausumas medžių II ir krūmų bei žolių arduose indikuoja, jog nesant didelio masto pažaidų, pušys poligone savaime neatsikurs. Buvusiai pušyno bendrijai keičiantis į mišrų eglyną, mažiau šviesos pasiekia žemutinius ardus, kinta ir paklotės, dirvožemio cheminė sudėtis, matyt tai lemia sumažėjusį žolių ardo projekcinį padengimą.

Nepaisant aptartų pokyčių, rūšių skaičius žolių ir samanų arduose didėjo, ir pastaraisiais metais registruotas didžiausias nuo tyrimų pradžios (5.2 pav; 5.1 priedas).

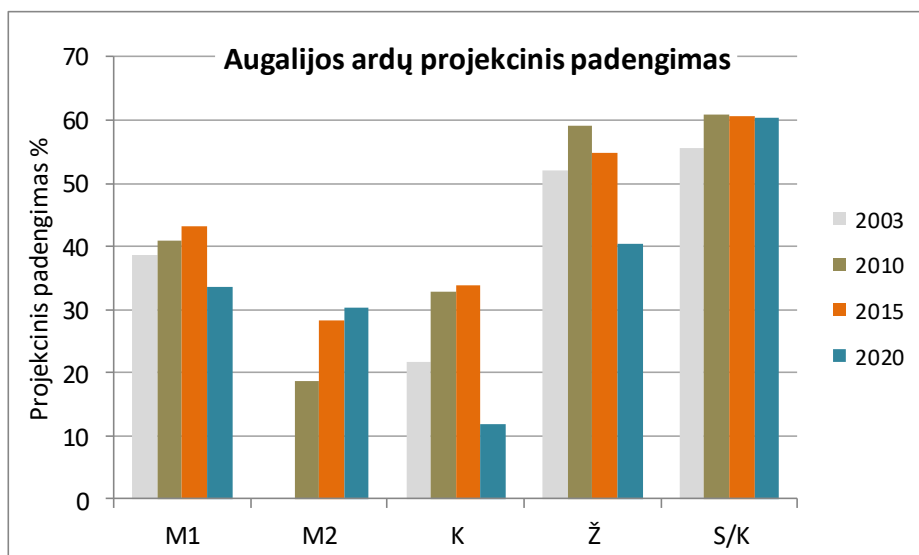


5.2 pav. Aukštaitijos tyrimų poligono, vidutinės ardų rūšinės įvairovės kaita 2003 – 2020 m.

Tai galėjo lemti rezervatinio režimo Ažvinčių sengirės gamtiniame rezervate sąlygotas visiškas ūkinės veiklos sustabdymas, ko pasėkoje savaime žūnant seniems medžiams formuojasi miško aikštelės, negyvos medienos sankaupos, didėja medyno mozaikiškumas, ivairiaamžiškumas. Tai savo ruožtu didina mikrobeveinių įvairovę. Antra vertus, nežymūs pokyčiai, ypač vertinant samanų rūšinę įvairovę, galimi ir dėl tyrimus vykdančios institucijos, tyrimus vykdančių botanikų, pasikeitimo.

5.2. Žemaitijos KMS baseino miško ekosistemos

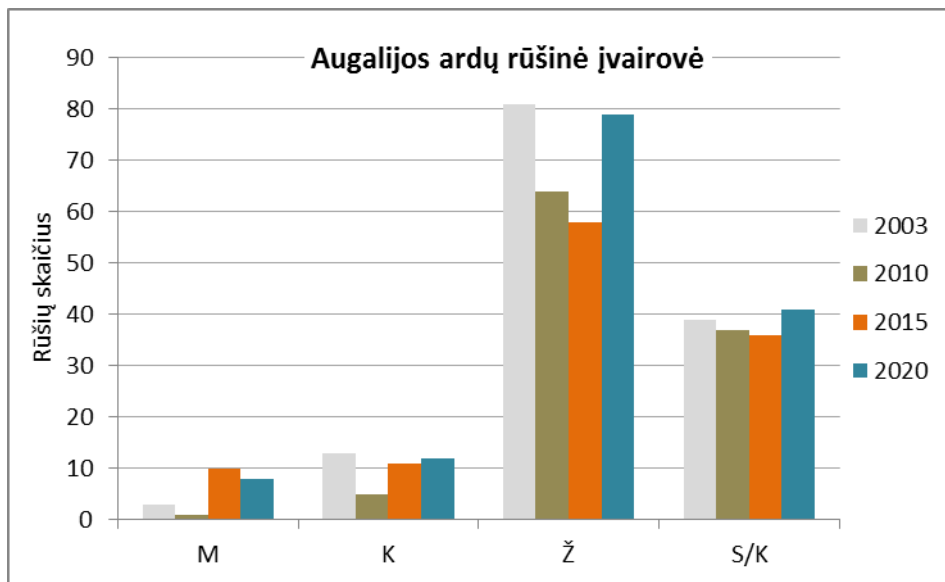
Žemaitijos tyrimų poligone, vertinant atskirų ardų lygmeniu, didžiausiu projekciniu padengimu kaip ir Aukštaitijos poligone išsiskiria samanų ir medžių ardai (I+II), dengiantys arti 60% viso tiriamųjų laukelių ploto (5.3 pav; 5.2 priedas).



5.3 pav. Žemaitijos tyrimų poligono, vidutinio ardų projekcinio padengimo kaita 2003 – 2020 metais.

Samanų ardo gausumas buvo stabilus per visą tyrimų laikotarpį. Medžių arde, lyginant su 2003 - 2015 metų duomenimis, retėja pirmasis ardas, t.y. brandūs medyno medžiai pamažu žūva ir to pasėkoje auga žemesniojo (II) medžių ardo projekcinis padengimas. Įdomu, jog nepaisant I ardo retėjimo, krūmų ir žolių ardų projekcinis padengimas šiuo metu yra mažiausias per visą tyrimų laikotarpį. Tai paaiškina neigiamai žemesnių ardų apšvietimą veikiančios paprastosios eglės išivyravimas medžių arde. Paprastoji eglė medžių arde, tyrimų metu registruota absoliučiai visuose tiriamuosiuose laukeliuose, ir bendrai paėmus užima >40 % poligono ploto. Tai jog eglė yra dominuojanti rūšis II medžių ir krūmų arduose, užimanti bent dvigubai didesnę plotą negu visos likę ardų rūšys kartu sudėjus – leidžia daryti išvadą, ji ir toliau liks kartinė, edifikatorinė rūšis ir nesant didesnio masto pažeidų, žolių ardas ir toliau trauksis.

Vertinant rūšinę ardų įvairovę, matyti (5.4 pav; 5.2 priedas), jog nepaisant sumažėjusio projekcinio padengimo, rūšinė įvairovė žolių arde yra sąlyginai padidėjusi, tuo tarpu likusiuose arduose išlieka gana stabili.



5.4 pav. Žemaitijos tyrimų poligono, vidutinės ardu rūšinės įvairovės kaita 2003 – 2020 m.

Tai gali lemti rezervatinio režimo Plokštinės gamtiniame rezervate sąlygotas visiškai ūkinės veiklos sustabdymas, ko pasekoje savaime žūnant seniems medžiams, atsiranda miško aikštelės, negyvos medienos sankaupos – savo ruožtu didinančios mikrobuveinių įvairovę. Antra vertus, nežymūs pokyčiai, ypač vertinant samanų rūšinę įvairovę, galimi ir dėl tyrimus vykdančios institucijos, tyrimus vykdančių botanikų, pasikeitimo.

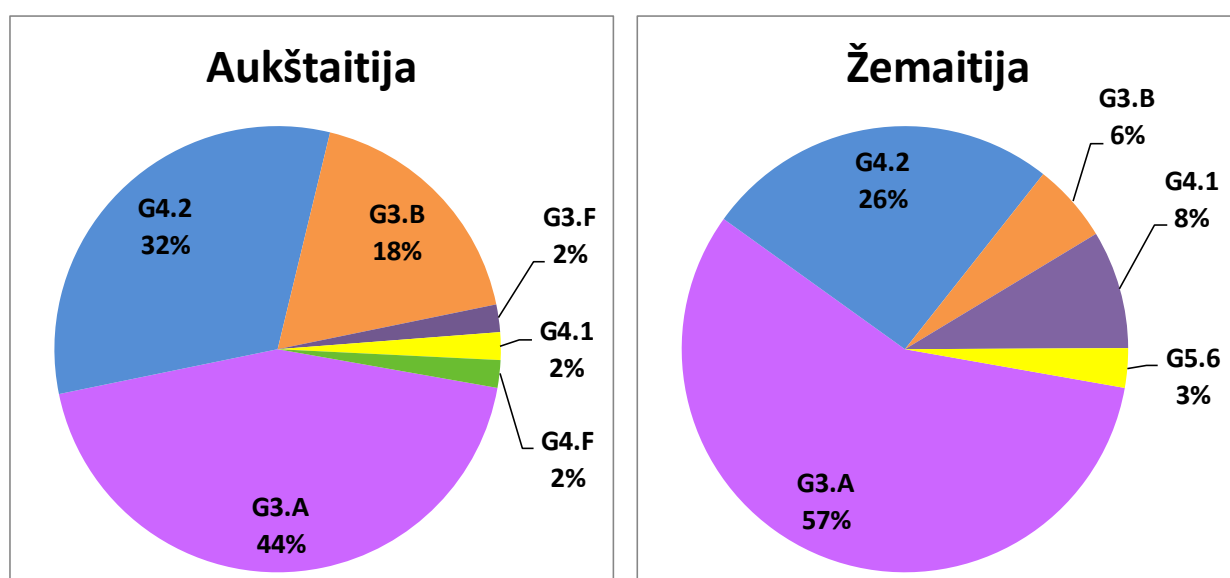


Žievėgraužio tipografo pažeistuose eglynuose tankiai želia eglės pomiškis

5.3. Buveinių klasifikacija

Įvertinus tiriamųjų laukelių buveinę taikant EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY (2019) pateiktą EUNIS klasifikaciją, 2020 metais išskirtos 7 tipų buveinės: G3.A – vakarų taiga, eglynas, G3.B – vakarų taiga, pušynas, G3.F – ūkinė spygliuočių plantacija, G4.2 – Mišrus vakarų taigos medynas su beržais, G4.1 – mišrus pelkėti miškai, G4.F – mišri ūkinė

plantacija, G5. 6 – natūralūs ar pusiau natūralūs ankstyvos regeneracinės stadijos miškai. Abiejuose tyrimų poligonuose dominavo, vakarų taiga su egle ir mišrūs vakarų taigos medynai su beržu (5.5-5.6pav). Ženkli dalis tiriamųjų laukelių ypač Aukštaitijos poligone, vis dar išlieka - vakarų taiga su pušimis, kur nepaisant ženkliaus pušų projekcinio padengimo sumažėjimo ir didelės eglių gausos augimo, pušys vis dar dominuoja medžių arde. Dalyje laukelių, žuvus I-II ardo eglėms, buveinė, pakito iš G3.A į G3.B. Vis tik pastaraisiais metais buveinės tipas (iš G3.A į G3.B ir į G4.2) keitėsi neįprastai didelėje dalyje tiriamųjų laukelių (5.3 priedas) ir pasikeitimas matomai yra ne vien dėl augalijos pokyčių, bet ir dėl inventorizuojančios institucijos ir tyrimų vykdančių botanikų pasikeitimo, arba metodinių reikalavimų patikslinimo.



5.5 - 5.6 pav. Tiriamųjų laukelių pasiskirstymas, pagal EUNIS buveinę, Aukštaitijos (a.) ir Žemaitijos (b.) poligonuose.

Siekiant atskirti tolimųjų oro masių sąlygotą taršos poveikį augalijai nuo savaiminės sukcesinės medyno raidos būtinas tyrimų tęstinumas ateityje ir detalesnės jau turimų duomenų analizės. Rekomenduojama įvertinant stebėtas atskirų rūšių ar jų grupių reakcijų sąsajas su kitų monitoringo paprogramių duomenų kaita. Tai, jog tyrimai vykdomi gamtinių rezervatų teritorijoje, nesant tiesioginės ūkinės veiklos, suteikia galimybę ateityje įvertinti ne tik tolimųjų oro masių sąlygotos taršos bet ir klimato kaitos poveikį augalijai. Išskirtinis dėmesys turėtų būti skiriamas pagrindinio tiriamųjų medynų edifikatoriaus – paprastosios eglės tyrimams. Nevykdant tiesioginės ūkinės veiklos, nuo eglės ir kitų edifikatorinių medžių rūšių reakcijų tiek į aplinkos taršą tiek ir į klimato kaitą labiausiai priklauso ir medynų sukcesinė raida ir daugelio kitų augalų populiacijų būklė. Edifikatorinių medžių rūšių būklės

priklausomybė, nuo žolinės augalijos, ir samanų ardu būklės, grybienos aktyvumo – gali būti įvertinta tik turint ilgalaikę nenutrūkstamų duomenų seką.

IŠVADOS

Siekiant įvertinant visos Versminio ir Juodupio upelių baseinų teritorijos augalijos struktūros ir rūšinės sudėties pokyčius 2020 metais tyrimai vykdyti pagal VS (Vegetation structure and species cover) paprogramę, 85 pastoviuose tyrimų ploteliuose. Tiek Žemaitijos tiek Aukštaitijos tyrimų poligonuose, vertinant atskirų ardu lygmeniu, pastaraisiais metais ženkliai mažėjo I medžių ardo projekcinis padengimas. Tai labiausiai sąlygojo brandžių eglių žūtis abiejuose poligonuose, taip pat mažiau ženklius pušų ir beržų retinimasis I medžių arde Aukštaitijoje. Labiausiai augo II medžių ardo projekcinis padengimas, tai lėmė tiek I ardo retėjimas, tiek ženklios dalies jaunų eglių anktesnių tyrimų metu registruotų dar krūmų arde augimas. Krūmų ir žolių bei krūmokšnių ardu projekcinis padengimas mažėjo itin ženkliai (-14 - 22 %) abiejuose tyrimų poligonuose. Tai matomai sąlygojo eglių įsivyravimas medžių ir krūmų arduose ir jų sąlygoto apšvietimo, kritulių, dirvožemio paklotės cheminių savybių kaita augavietėse. Samanų ardo projekcinis padengimas išliko vienas gausiausių ir stabiliausias per visą tyrimų laikotarpį ir dengia 60-73 % poligonų teritorijos. Samanos mažiau jautrios apšvietimo kaitai ir jų gausą teigiamai veikia žolių ardo gausos mažėjimas, tačiau ir toliau įsivyraujant eglėms medžių arduose, neišvengiami ir šio ardo pokyčiai ateityje, ypač Aukštaitijos poligone.. Įdomu jog nepaisant mažėjančio projekcinio padengimo, žolinių augalų ir iš dalies samanų rūšinė įvairovė ženkliai išaugo ir yra didžiausia arba artima maksimaliai per visą tyrimų laikotarpį. Tai galimai paaiškina žuvusių brandžių medžių grupių sąlygotas mikrobuveinių ir substratų įvairovės didėjimas. Vertinant tyrimų plotelių buveinės tipą pagal EUNIS klasifikaciją - abiejuose tyrimų poligonuose dominuoja, vakarų taiga su egle (G3.A) ir mišrūs vakarų taigos medynai su beržu (G4.2). Aukštaitijoje, nepaisant ženklaus pušų projekcinio padengimo sumažėjimo ir eglių gausos augimo, pušys vis dar dominuoja I medžių arde 18% laukelių, tačiau nesant didelio masto pažaidų ateityje neatsikurs.

PRIEDAI

4.1 Priedas

Aukštaitija_100 poligono, žolių ir krūmokšnių bei samanų ir kerpių ardu rūšių, projekcinio padengimo 1993-2020 metais, rezultatų suvestinės.

4.3 lentelė. Aukštaitija_100 poligono žolių ir krūmokšnių ardo rūšių projekcinis padengimas 1993-2020 m.

A100	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	1993-2019	Stebėjimų sk.	
CALA ARU	0.8	1.1	2.0	1.9	1.4	1.2	1.5	1.6	1.1	1.4	0.8	1.2	0.8	0.7	0.4	0.4	0.3	0.2	0.3	0.4	0.2	0.1	0.0	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.8	27	
CONV MAJ	0.1	1.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.7	0.4	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	24	
FEST OVI	0.0	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.4	0.3	0.2	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	15	
GOOD REP	0.2	0.3	0.3	0.9	0.7	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.9	0.2	0.1	0.2	0.1	0.0	0.1	0.2	0.4	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	28	
LUZU PIL	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.2	0.0	0.1	0.1	0.2	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	25
MAIA BIF	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	
MELA PRA	0.2	0.6	0.6	1.1	0.3	0.8	0.1	0.5	0.4	0.3	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.3	0.5	0.8	0.6	0.6	0.4	0.1	0.4	0.7	1.0	0.4	27	
PICE ABI	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3	
PINU SYL	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	
PTER AQU	1.2	1.6	2.3	1.6	2.3	1.6	1.3	0.3	1.6	1.4	1.4	1.5	0.0	0.8	1.2	0.7	0.1	0.2	1.1	2.1	2.0	0.4	0.1	0.2	0.2	0.3	0.0	0.2	1.1	26	
RUBU SAX	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1	
SORB AUC	0.1	0.3	0.4	0.3	0.3	0.4	0.2	0.3	0.5	0.3	0.2	0.4	0.2	0.2	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	27	
TRIE EUR	0.1	0.1	0.1	0.0	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3	0.4	0.2	0.3	0.4	0.5	0.5	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	27	
VACC MYR	7.1	9.1	13.1	10.7	11.9	8.1	10.5	9.7	8.2	8.0	8.3	10.2	8.7	9.4	8.0	10.1	7.5	6.0	7.8	9.7	9.5	8.8	11.7	13.2	14.7	9.1	9.4	12.9	9.5	28	
VACC VIT	0.5	0.6	0.8	1.0	0.8	0.9	0.8	0.6	0.5	0.4	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	28	
Rūšių sk.	10	11	11	9	11	11	10	10	10	10	7	12	10	11	12	11	11	10	11	10	10	10	9	10	10	10	9	10	13	13	

4.4 lentelė. Aukštaitija_100 poligono samanų ardo rūšių projekcinis padengimas 1993-2020 m.

A100	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	1993-2020	Stebėjimų sk.
BARC SAL	0.2	0.3	0.2	0.2	0.0	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	10
BRAC OED	0.1	0.3	0.2	0.3	0.2	0.7	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1	21
DICR POL	1.3	1.2	1.7	1.3	1.3	1.0	1.0	1.0	0.8	0.5	0.4	0.5	0.2	0.3	0.3	0.4	0.2	0.2	1.1	2.1	0.3	0.3	0.5	0.6	0.7	0.9	1.0	0.7	0.8	28
DICR SCO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	9
HYLO SPL	35.1	33.9	33.8	40.2	37.7	36.0	48.8	40.5	44.5	43.8	33.9	39.9	40.9	43.2	39.6	51.4	55.0	57.1	53.1	49.2	42.2	54.7	43.8	52.5	61.1	55.8	50.8	52.7	44.5	28
LOPH HET	0.2	0.3	0.4	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	11
PLAG CUR	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4
PLAG DEN	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12
PLEU SCH	13.7	12.9	13.4	13.6	17.5	13.1	14.7	12.7	19.7	13.8	12.0	20.6	22.8	16.9	19.5	20.4	14.1	15.5	14.9	14.3	10.1	6.6	10.1	10.0	10.0	12.1	12.7	8.6	14.5	28
POHL NUT	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2
POLY FOR	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	1
PTIL CRI	18.2	19.8	19.1	16.6	17.9	13.4	14.6	14.8	17.6	14.5	10.4	10.5	12.8	13.8	20.7	19.0	18.3	20.9	20.6	20.2	18.3	19.0	18.7	21.1	23.5	19.4	23.0	30.3	17.4	28
Epiksilai																												1.2		1
Rūšių sk.	9.0	9.0	9.0	9.0	8.0	7.0	8.0	7.0	7.0	6.0	7.0	10.0	10.0	10.0	8.0	8.0	8.0	5.0	5.0	5.0	5.0	6.0	5.0	7.0	7.0	7.0	10.0	7.0	13.0	13

4.2 Priedas.

Aukštaitija_102 poligono, žolių ir krūmokšnių bei samanų ir kerpių ardu rūšių, projekcinio padengimo 1994-2020 metais, rezultatų suvestinės.

4.5 lentelė (a). Aukštaitija 102 poligono žolių ir krūmokšnių ardo rūšių projekcinis padengimas 1994-2020 m. (I dalis).

A102	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2012	2013	2014	2015	2017	2018	2019	2020	1994-2020	Stebėjimų sk.
ACER PLA	0.5	0.5	0.5	1.0	1.1	1.0	1.2	1.3	1.1	1.2	0.9	0.0	0.5	0.0	0.6	0.0	0.3	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	19
AEGO POD	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.1	0.4	1.0	0.2	0.0	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	11
ALNU GLU	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
ATHY FIL	0.6	0.6	1.0	0.6	1.0	0.8	0.3	1.0	1.0	0.9	1.1	0.3	1.3	1.7	1.1	0.3	0.3	1.5	0.1	0.6	0.2	0.0	0.4	0.4	0.5	0.7	25
BETU PUB	0.2	0.1	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5
C CAESPI	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5
C DIGITA	0.5	0.4	0.4	0.2	0.3	0.4	0.3	0.6	0.3	0.5	0.2	0.4	0.5	0.8	1.1	0.6	1.2	1.4	0.7	0.7	0.5	0.6	0.5	0.5	0.3	0.6	25
C LOLIAC	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
C REMOTA	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.4	0.2	0.4	0.3	0.0	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	22
CARD AMA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8
CHRY ALT	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	3.0	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	20
CIRC ALP	1.8	3.3	1.4	1.9	2.2	2.3	1.8	1.4	1.5	1.6	0.8	2.8	3.0	2.8	1.7	0.7	2.2	1.8	1.4	1.1	0.9	1.9	1.0	1.1	0.7	1.7	25
CIRC OLE	0.0	0.6	0.9	0.1	0.2	0.1	0.3	0.3	0.8	0.3	0.3	0.7	0.8	0.7	0.3	0.1	0.6	0.6	0.0	1.0	0.4	2.2	1.5	2.4	1.5	0.7	23
CORY AVE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.3	1.2	1.5	1.1	0.2	1.0	0.1	2.2	2.1	2.1	0.2	0.0	0.1	0.1	0.5	16
CREP PAL	0.6	0.2	0.5	0.3	0.8	0.4	0.5	0.5	0.6	0.4	0.8	0.6	1.2	1.0	1.8	0.7	0.7	0.9	0.6	1.4	1.1	0.7	0.8	0.7	1.0	0.8	25
CYST FRA	0.3	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4
DAPH MEZ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	5
DRYO CAR	7.4	7.1	5.4	9.5	6.6	7.0	1.3	0.7	0.7	0.1	0.3	0.4	0.9	1.0	0.7	0.5	1.1	0.4	1.8	1.0	0.0	0.7	0.9	0.3	0.2	2.2	24
DRYO DIL	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	3.5	2.0	4.0	0.9	1.9	1.5	2.3	1.8	2.8	1.1	0.3	0.3	0.1	1.0	14
DRYO EXP	0.0	0.0	1.0	0.5	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	1.9	2.8	1.4	1.3	0.6	1.2	0.2	0.7	0.3	0.0	0.0	0.4	0.0	0.7	0.8	0.6	16
ELYM CAN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	11
EQUI PRA	2.1	4.5	3.7	3.3	5.4	4.7	6.8	6.6	6.1	6.6	4.3	3.9	4.6	5.9	5.2	4.0	3.1	7.3	2.9	4.5	3.7	3.7	2.7	1.6	1.2	4.3	25
EQUI SYL	0.9	1.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	3
EUON VER	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1
FRAG VES	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.2	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16
FRAN ALN	0.1	0.8	0.3	0.5	1.0	0.6	0.8	0.0	0.5	0.7	0.2	0.1	0.2	0.3	0.2	0.1	0.0	0.1	1.0	0.2	0.2	0.6	0.9	1.3	0.9	0.5	23
FRAX EXC	1.7	1.9	0.5	0.4	0.6	0.1	0.1	0.2	0.3	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.3	18
FRAX EXC	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	1
GERA ROB	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	13
GEUM RIV	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	10
GEUM URB	0.0	0.0	0.3	1.0	0.7	0.5	4.5	5.7	5.8	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	8
GLEC HED	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1

4.5 lentelė (b). Aukštaitija 102 poligono žolių ir krūmokšnių ardo rūšių projekcinis padengimas 1994-2020 m. (II dalis).

A102	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2012	2013	2014	2015	2017	2018	2019	2020	1994-2020	Stebėjimų sk.
HUPE SEL	0.8	0.5	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	3
IMPA NOL	0.4	0.3	0.3	0.2	0.0	0.1	0.3	0.4	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.3	0.2	0.3	0.5	1.0	0.4	0.2	0.4	0.2	23
LAMI GAL	0.8	1.0	1.4	2.0	2.4	3.3	5.9	3.3	2.0	2.2	1.1	0.9	1.4	2.3	1.5	1.0	1.3	2.3	2.8	2.7	2.1	2.7	1.5	1.3	1.2	2.0	25
LONI XYL	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	1
LUZU PIL	0.2	0.3	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.4	0.4	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.4	0.2	0.1	0.1	0.2	25
LYCO ANN	0.7	1.7	1.8	1.2	2.5	2.6	3.4	2.7	2.4	2.6	1.5	1.7	1.4	1.4	1.6	0.9	2.0	0.9	0.3	0.2	0.2	0.7	0.4	0.3	0.2	1.4	25
LYSI VUL	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8
MAIA BIF	1.8	2.6	2.7	3.1	2.6	3.6	4.8	4.8	4.2	4.9	5.4	3.6	3.5	4.0	3.3	2.5	1.4	2.1	2.4	1.8	1.6	1.6	1.1	0.7	0.7	2.8	25
MELI NUT	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5
MERC PER	4.7	6.8	5.7	7.7	6.2	7.1	10.0	10.7	11.0	9.5	10.5	9.0	8.3	6.4	8.1	7.1	6.1	10.9	12.5	13.8	11.3	12.1	8.9	10.5	9.5	9.0	25
MILL EFF	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
MYC MUR	0.3	0.5	0.2	0.2	0.3	0.2	0.4	0.7	0.1	0.1	0.4	0.1	0.0	0.0	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.2	23
ORTH SEC	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9
OXAL ACE	15.7	29.6	21.8	20.0	21.8	14.7	15.4	15.7	11.4	10.6	12.4	9.8	8.6	9.7	8.5	7.7	8.9	8.6	8.5	8.5	8.1	9.7	4.2	4.1	4.9	12.0	25
PADU AVI	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.6	0.8	0.3	0.1	5
PARI QUA	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	23
PICE ABI	3.7	6.2	6.9	4.5	6.7	6.8	8.3	5.7	7.7	7.7	7.4	8.1	9.9	13.5	15.7	12.3	20.9	20.3	12.1	15.8	21.7	15.4	8.5	8.4	8.1	10.5	25
PINU SYL	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3
POA PALU	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	3
POPU TRE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.4	0.1	0.0	0.2	0.1	0.2	0.0	0.7	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	10
RUBU IDA	2.1	4.1	3.4	4.2	4.6	3.7	5.4	5.0	3.0	4.4	2.7	3.0	0.9	1.1	1.4	0.8	1.1	0.5	0.5	0.7	1.8	1.3	0.7	0.9	1.0	2.3	25
RUBU SAX	1.9	2.0	2.3	2.6	3.9	2.9	5.0	3.8	3.3	4.3	2.2	2.5	2.7	2.8	3.3	1.4	1.8	1.8	1.6	1.2	1.1	1.9	1.2	1.4	1.3	2.4	25
SOLA DUL	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	2
SORB AUC	2.3	1.5	1.7	3.6	5.9	5.7	5.3	4.0	5.8	3.9	4.7	6.2	4.4	7.4	6.8	4.4	2.8	3.0	3.4	2.8	1.7	2.3	1.9	2.1	2.1	3.8	25
STEL NEM	0.4	0.1	0.2	0.3	0.6	0.5	0.7	0.7	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3	0.4	0.4	0.2	0.0	0.4	0.7	0.3	0.3	0.3	25
TRIE EUR	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.3	0.1	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.1	0.1	0.1	0.2	25
TUSS FAR	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
URTI DIO	0.2	0.2	0.1	0.1	0.6	0.6	1.3	0.5	0.4	0.1	0.2	0.1	0.0	0.3	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	22
VACC MYR	2.2	4.0	4.0	5.9	4.8	5.3	8.3	7.3	6.7	5.6	6.3	4.9	5.3	6.6	5.4	5.0	1.4	1.3	2.5	1.9	2.2	2.2	1.8	1.9	2.0	4.2	25
VACC VIT	0.2	0.1	0.2	0.2	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	19
VIOL EPI	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19
VIOL MIR	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2
VIOL PAL	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	4
VIOL RIV	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7
DRYO CAR complex	7.4	7.1	6.4	10.0	7.6	7.0	1.3	0.7	0.7	0.5	2.2	5.7	5.8	4.3	5.3	2.6	3.2	2.6	4.4	2.9	2.8	2.3	1.3	1.3	1.1	3.9	25
Rūšių sk.	34.0	35.0	36.0	38.0	35.0	37.0	38.0	36.0	33.0	30.0	42.0	46.0	44.0	41.0	46.0	41.0	36.0	38.0	42.0	42.0	36.0	44.0	39.0	40.0	38.0	38.7	25

4.3 Priedas

Žemaitija_100 poligono, žolių ir krūmokšnių bei samanų ir kerpių ardo rūšių, projekcinio padengimo 1993-2020 metais, rezultatų

suvestinės.

4.7 lentelė. Žemaitija 100 poligono žolių ir krūmokšnių ardo rūšių projekcinis padengimas 1994-2020 m.

Žem.	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2012	2013	2014	2015	2017	2018	2019	2020	1994-2020	Stebėjimų sk.
C PILULI	0.00	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01	0.03	0.03	0.03	0.02	0.06	0.02	0.02	0.0	14
CALA ARU	0.00	0.00	0.60	0.30	0.50	0.20	0.20	0.10	0.20	0.00	0.10	0.20	0.03	0.06	0.03	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	14
DESC FLE	3.30	2.40	4.70	4.10	2.40	2.80	2.20	2.50	2.50	1.90	1.30	0.90	1.10	1.90	2.40	2.50	5.90	5.90	6.46	6.69	6.73	3.90	2.32	1.69	2.19	3.2	25
DRYO EXP	0.10	0.00	0.10	0.30	0.20	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	5
FRAN ALN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.09	0.0	11
LUZU PIL	0.10	0.30	0.80	0.90	0.80	1.10	0.20	0.20	0.30	0.40	0.50	0.70	0.20	0.04	0.20	0.20	0.30	0.34	0.27	0.26	0.96	0.49	0.16	0.14	0.21	0.4	25
LYCO ANN	0.00	0.00	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	2
MAJA BIF	6.10	4.70	11.20	10.60	6.80	10.20	7.80	10.40	9.90	12.30	12.00	10.30	9.70	10.00	10.10	8.50	8.80	12.20	10.98	10.77	7.77	4.53	2.51	3.13	2.40	8.5	25
MELA PRA	0.10	0.20	0.80	1.20	0.40	0.80	0.40	0.20	0.10	0.00	0.09	0.03	0.00	0.06	0.30	0.20	0.07	0.22	0.01	0.13	0.02	0.70	0.59	0.44	1.24	0.3	23
MYCE MUR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.10	0.30	0.40	0.40	0.02	0.20	0.14	0.20	0.20	0.07	0.09	0.03	0.30	2.81	0.04	0.08	0.25	0.2	18
OXAL ACE	2.20	4.10	10.30	10.20	6.80	12.60	4.50	7.80	6.20	3.90	7.20	3.80	2.30	0.90	1.20	1.90	3.60	4.90	6.73	8.98	12.81	11.80	1.17	2.60	8.87	5.9	25
PICE ABI	0.10	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.40	0.03	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.31	0.01	0.04	1.66	0.1	19
PINU SYL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	3
PTER AQU	0.20	0.00	0.40	0.00	0.80	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.1	4
QUER ROB	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	1
RUBU IDA	0.00	0.00	0.10	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.20	0.02	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.12	0.41	0.25	0.25	0.09	0.08	0.22	0.1	14
SORB AUC	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	2
TRIE EUR	1.20	1.10	1.70	1.40	0.80	1.00	1.10	1.20	1.10	1.00	1.10	1.00	1.10	1.00	0.90	1.20	1.30	1.45	1.72	1.77	1.96	1.69	0.95	1.18	0.91	1.2	25
VACC MYR	13.00	7.50	19.30	24.30	14.30	21.80	22.00	24.30	19.00	23.70	29.90	22.10	23.00	25.00	35.80	29.20	28.10	34.80	35.96	42.03	37.06	40.06	33.58	37.98	38.50	27.3	25
VACC VIT	0.10	0.10	0.10	0.10	0.20	0.20	0.20	0.30	0.20	0.10	0.20	0.20	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.07	0.66	0.08	0.27	0.08	0.07	0.06	0.09	0.2	25
Rūšių sk.	11	8	15	12	15	12	9	9	12	8	15	13	13	13	14	13	12	13	13	12	12	12	13	13	13	20	20

4.8 lentelė. Žemaitija 100 poligono samanų ir kerpių ardo rūšių projekcinis padengimas 1994-2020 m.

Žem.	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2012	2013	2014	2015	2017	2018	2019	2020	1994-2020	Stebėjimų sk.	
ATRI UND	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	5
BRAC OED	4.70	3.50	4.10	4.30	4.90	3.10	2.40	5.60	3.40	2.50	4.50	1.90	3.80	5.30	8.70	10.80	11.10	2.00	3.83	3.74	12.56	10.22	8.98	6.01	10.45	5.7	25	
BRAC REF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	1
DICR MAJ	7.90	6.80	10.80	9.30	7.60	10.00	5.60	9.40	6.90	0.20	7.30	5.70	6.30	6.90	8.30	6.90	7.50	5.70	7.47	5.59	9.37	6.94	7.17	5.34	5.43	7.1	25	
DICR MON	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	1	
DICR POL	2.70	2.50	3.00	2.20	1.80	2.60	1.30	0.80	0.40	0.40	0.60	0.60	0.70	0.90	1.60	0.60	1.60	2.20	3.12	4.52	2.07	3.61	2.78	2.44	1.88	1.9	25	
DICR SCO	0.40	0.40	0.10	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.10	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.1	8	
HYLO SPL	1.40	2.30	1.20	0.90	1.20	2.20	2.10	2.90	2.80	2.80	5.00	4.60	5.80	9.20	10.60	9.60	10.40	5.60	6.92	5.59	10.27	17.32	18.69	22.50	29.00	7.6	25	
HYLO UMB	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.19	0.06	0.0	3	
HYPO PHY	0.00	0.30	0.20	0.40	0.20	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.03	0.20	0.08	0.03	0.05	0.00	0.00	0.01	0.07	0.00	0.00	0.06	0.00	0.1	15	
LOPH HEP	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.02	0.03	0.01	0.01	0.01	0.13	0.04	0.07	0.03	0.00	0.10	0.13	0.1	21	
PLAG AFF	0.70	2.20	2.40	1.00	2.90	0.90	0.50	1.30	1.20	0.60	0.90	0.20	0.60	2.50	2.90	5.20	5.70	1.80	0.63	3.89	4.85	3.49	3.00	2.61	7.03	2.4	25	
PLAG ASP	2.70	2.20	3.00	2.30	1.50	2.00	1.30	1.20	1.20	0.70	0.80	0.90	1.90	1.70	2.30	3.00	3.30	7.00	7.95	6.66	8.83	8.31	8.49	7.90	7.41	3.8	25	
PLAG CUR	3.00	0.70	1.00	1.10	0.50	0.70	0.20	0.30	0.10	0.00	0.02	0.00	0.00	0.05	0.07	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.3	14	
PLAG CUS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	2	
PLAG LAE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.0	2	
PLEU SCH	7.50	6.70	8.50	5.80	7.00	10.40	9.50	16.10	14.80	13.10	22.70	11.80	9.80	13.00	20.40	13.80	6.70	2.40	3.51	3.27	3.81	9.64	10.87	11.98	10.72	10.2	25	
POLY COM	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.0	4	
POLY FOR	0.20	0.40	0.60	0.50	0.40	0.00	0.20	0.40	0.40	0.20	0.60	0.00	0.00	0.07	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.06	0.10	0.16	0.2	21	
POLY JUN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	1	
POLY LON	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	4	
PTIL CRI	3.40	2.10	2.90	2.80	3.90	5.60	4.40	5.90	6.60	6.20	8.20	4.20	8.30	9.60	13.00	12.50	13.40	9.60	11.89	11.26	14.20	14.48	15.23	12.56	14.76	8.7	25	
SANI UNC	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.17	0.00	0.0	2	
SPHA GIR	0.50	0.00	0.60	0.50	0.70	0.70	0.60	0.70	0.90	0.20	0.20	0.30	0.30	0.30	0.40	0.50	1.10	2.00	2.47	2.25	1.94	2.19	1.78	1.56	1.88	1.0	24	
Epiksilai																										1		
Rūšių sk.	12	14	13	14	12	11	11	13	11	9	15	14	12	14	14	12	13	9	9	10	12	11	12	14	11	21	21	

5.1 Priedas.

Augalijos struktūros ir rūšinės sudėties vertinimas pagal VS paprogramę Aukštaitijos poligone, Versminio upelio baseino teritorijoje. Medžių, krūmų, žolių ir krūmokšnių bei samanų ir kerpių ardu rūšių projekcinis padengimas 2020 metais, rezultatų suvestinė.

5.1 lentelė (a). Aukštaitijos poligono, Versminio baseino medžių, krūmų ir žolių ardu rūšių projekcinis padengimas 2020 m. (I dalis).

Nr.	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37																																					Padengi mas %	Dažnumas %	
	G4.2 G3.A G4.2 G3.A G3.B G3.A G4.2 G3.A G4.1 G4.2 G3.A G4.2 G4.2 G3.A G3.A G3.A G3.4 G4.1 G3.A G4.1 G4.2 G3.A G5.62 G3.A G3.A G4.2 G3.A G3.A G3.A G4.2 G3.A G3.A G3.B G3.A																																							
EUNIS buveinė																																								
M (medžiai bendras, >5m)	Ardo projekcinis padengimas %																																							
M1 (medžiai viršutinis)	70	80	80	15	73	18	45	80	25	65	60	74	58	25	55	40	56	60	43	88	80	66	80	50	60	18	74	60	57	70	65	62	63	65	65	56				
M2 (medžiai žemutinis)	35	70	40	0	45	15	28	60	10	45	47	55	18	0	48	35	45	45	40	25	65	36	0	20	32	0	55	0	18	22	26	32	60	50	55	34				
K (krūmai, 0,5-5m)	47	18	40	15	50	5	27	30	18	30	20	30	40	25	10	5	23	27	4	65	40	25	80	35	33	18	25	60	45	55	42	30	10	12	20	30				
Ž (žolės, krūmokšniai)	1	0	38	2	1	10	4	0	85	1	1	1	5	37	30	2	8	1	6	35	10	1	0	25	2	8	0	10	6	4	4	10	50	8	5	12				
S/K (samanos / kerpės)	86	4	8	70	50	70	32	5	60	23	60	60	70	45	40	42	56	36	67	12	6	11	2	30	58	92	16	17	56	48	28	12	60	25	57	40				
M-I rūšių sk.	65	11	12	60	74	70	60	63	65	70	74	73	74	70	67	63	60	72	76	57	5	62	35	70	65	25	63	88	55	67	65	60	80	75	65	60				
Acer platanoides	0	2	1	3	0	1	1	1	2	1	1	1	2	1	0	1	1	2	1	1	1	1	0	1	2	0	0	0	1	1	2	0	1	1	1	1	5			
Betula pendula				15																																	0.43	2.9		
Betula pubescens								10															60											16			2.46	8.6		
Picea abies		25	70	12			15	28	50			47	15	18		48	35	25																			0.71	2.9		
Pinus sylvestris		10				45				10	44		30				20	45								20	18										19.00	60.0		
M-II rūšių sk.	0	2	2	3	1	1	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	1	3	1	1	1	2	2	1	2	1	0	4	1	1	1	7		
Betula pendula		15					4		5	16																												3.26	22.9	
Betula pubescens																			12																			0.37	5.7	
Picea abies		32	5	2	15	50	1	27	15	2	30	20	30	40	25		5	23	20	4	25	30	25	60	35	33	18	23	60	45	43	42	22	10	12	20	24.26	97.1		
Pinus sylvestris																																						1.31	5.7	
Quercus robur			15																						8													1.06	8.6	
Salix caprea				12																																		0.40	5.7	
Sorbus aucuparia			15													10																						0.71	5.7	
K rūšių sk.	0	2	0	1	2	1	5	5	0	5	1	1	2	2	4	2	2	1	1	3	4	2	2	0	3	1	5	1	3	3	1	2	0	2	3	1	1	11		
Betula pendula							1										1																					0.29	20.0	
Betula pubescens										25																													0.80	11.4
Corylus avellana			37	2			1									15																						1.66	14.3	
Frangula alnus							1			2			1																									0.11	8.6	
Picea abies		1				1	5	2		3	1			5	35		1	8	1	4	30	9	1		25	2	6	25	8	5	4	1		9	48	8	5	7.23	77.1	
Populus tremula		1																1																				0.06	5.7	
Quercus robur							1	1		1					1																							0.17	17.1	
Salix caprea																																						0.03	2.9	
Salix cinerea																																						1.57	2.9	
Sambucus racemosa								2																														0.06	2.9	
Sorbus aucuparia						1	3	1					1	1	1	2	15																					1.03	48.6	
Ž rūšių sk.	0	14	12	25	16	7	14	14	7	43	3	13	12	13	11	20	15	7	2	23	10	6	7	9	10	6	15	6	10	10	6	15	0	21	8	10	12	79		
Acer platanoides				1																																		0.03	2.9	
Agrostis stolonifera										1																												0.03	2.9	
Alnus glutinosa										1																												0.03	2.9	
Athyrium filix-femina										2																												0.14	8.6	
Betula pendula																																						0.14	11.4	
Betula pubescens						1				2			1	1																								0.26	22.9	
Calamagrostis arundinacea		1			3		7	8					1	2	2	2	1																					2.94	37.1	
Calamagrostis epigejos											1																											0.03	2.9	
Calluna vulgaris																																						0.06	5.7	
Carex canescens											1																											0.03	2.9	
Carex echinata																																						0.09	5.7	
Carex loliacea											1																											0.03	2.9	
Carex pilulifera		1			1			1																														0.29	28.6	
Carex rostrata											4																											0.11	2.9	
Carex sp.											2																											0.06	2.9	
Chamerion angustifolium								1																														0.03	2.9	
Circea alpina											2																											0.14	5.7	
Cirsium palustre											2																											0.06	2.9	
Comarum palustre											1																											0.03	2.9	
Corylus avellana				2													2																					0.14	8.6	

5.1 lentelė (b). Aukštaitijos poligono, Versminio baseino medžių, krūmų ir žolių ardu rūšių projekcinis padengimas 2020 m. (II dalis).

Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37			
Deschampsia flexuosa	Ž		2	1		2		2	1	1																												0.91	71.4	
Dryopteris carthusiana	Ž							2	1	1											1	1																	0.34	31.4
Dryopteris cristata	Ž				1																																		0.03	2.9
Dryopteris dilatata	Ž																					2																	0.06	2.9
Dryopteris expansa	Ž																																						0.03	2.9
Dryopteris filix-mas	Ž				1											1																							0.06	5.7
Epilobium adenocaulale	Ž										3											1																	0.11	5.7
Epilobium hirsutum	Ž										1																												0.03	2.9
Epilobium montanum	Ž				1																																		0.03	2.9
Epilobium palustre	Ž										2																												0.06	2.9
Equisetum palustre	Ž										2																												0.06	2.9
Equisetum sylvaticum	Ž																					5													1			0.17	5.7	
Fragaria vesca	Ž				2																																	0.06	2.9	
Frangula alnus	Ž				1		1			4			1				1				1	1								1						1		0.37	28.6	
Galeopsis sp.	Ž			1						1							1	1						1														0.17	17.1	
Galeopsis tetrahit	Ž				6			1																														0.20	5.7	
Galium elongatum	Ž									6																												0.17	2.9	
Geum rivale	Ž				1																																	0.03	2.9	
Gymnocarpium dryopteris	Ž				1																															1		0.06	5.7	
Hieracium murorum	Ž																1																					0.03	2.9	
Luzula multiflora	Ž																	1																				0.03	2.9	
Luzula pilosa	Ž		1	1	1	1		1	1	1	1		1	1	1	1	1					1		1						1	1	1	1	1	1	1	0.60	60.0		
Lycopodium annotinum	Ž										3											5	3												1		0.34	11.4		
Lycopus europaeus	Ž									1																												0.03	2.9	
Lysimachia thyrsoiflora	Ž									3																												0.09	2.9	
Lysimachia vulgaris	Ž																					2																0.06	2.9	
Maianthemum bifolium	Ž		1	2	1	2		1	2		1	1	1	1	2	4	1				1		1	1	1		1		1				2	1	1	2	0.91	65.7		
Melampyrum pratense	Ž		10	2	1		1		1	1				6		1	3	7				1	1	1	1				2		1	4		1	3	1	6	1.57	60.0	
Melica nutans	Ž																																					0.03	2.9	
Moehringia trinervia	Ž					1	1																														1		0.11	11.4
Mycelis muralis	Ž		1	1	2	1					1						2																			1	1	0.29	22.9	
Oxalis acetosella	Ž		3		6	28		3	4		4			3		6	2					30	1					3	1					5	3		2	3.03	48.6	
Picea abies	Ž		2		1			3	3		3		1	1	8	1		3	2			8	3		1		3	1	1	1	3	1	6	1	2	30	2	13	2.97	74.3
Poa palustris	Ž										2																											0.06	2.9	
Poa trivialis	Ž										1																											0.03	2.9	
Populus tremula	Ž		2		2												2																			1		0.20	11.4	
Pteridium aquilinum	Ž										1			5									1	1	1	14		5							1		4	1.37	31.4	
Quercus robur	Ž		1		1	1	1			1	1		1	1		1	1					1	1			1									1		0.40	40.0		
Ranunculus repens	Ž										2																											0.06	2.9	
Rubus chamaemorus	Ž													1																								0.03	2.9	
Rubus idaeus	Ž			1	1	2		3	2		1		1		1	5	3	1																		1	1	1	0.97	45.7
Salix caprea	Ž																																					0.09	5.7	
Salix cinerea	Ž										2																	1											0.09	5.7
Sambucus racemosa	Ž							1																														0.03	2.9	
Scirpus sylvaticus	Ž										4																											0.11	2.9	
Solanum dulcamara	Ž										3																											0.09	2.9	
Solidago virgaurea	Ž			2	1												1																					0.11	8.6	
Sorbus aucuparia	Ž		1	1	1	1	1		1		1	1	1	1	1	2	1	1				1	1		1	1		1						1	1	1	0.77	74.3		
Stellaria longifolia	Ž										6							1																				0.20	5.7	
Trientalis europaea	Ž			1	1	3		2	1		1		1	1	1	1	1					1	1			1		1					2		1		0.69	57.1		
Tussilago farfara	Ž										1																											0.03	2.9	
Urtica dioica	Ž				1						4																											0.14	5.7	
Vaccinium myrtillus	Ž		60	2	2	25	48	50	15	4	15	23	55	56	58	37	30	35	48	35	27	6	5	9		15	55	6	15	15	50	42	2	10	32	18	36	26.89	97.1	
Vaccinium uliginosum	Ž																																					0.06	2.9	
Vaccinium vitis-idaea	Ž		3				3	1		1	2	1		1		1				1	1	1		1		1	2		1	1	2		1	2		1	0.80	57.1		
Veronica chamaedrys	Ž									2																												0.06	2.9	
Veronica officinalis	Ž				1																				1			1										0.09	8.6	
Viburnum opulus	Ž																																			1		0.03	2.9	
Viola epipsila	Ž										1											1																0.06	5.7	

5.2 lentelė. Aukštaitijos poligono, Versminio baseino samanų ardo rūšių projekcinis padengimas 2020 m.

Nr		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	Padengi mas %	Dažnu mas %	
S/K rūšių sk.		0	6	11	10	6	10	12	10	7	13	6	9	10	7	7	6	9	6	7	10	15	6	8	8	10	10	9	9	8	8	7	11	0	13	7	14	9	41		
<i>Atrichum undulatum</i>	S/K				1																	1						5			1		12						0.57	14.3	
<i>Brachythecium oedipodium</i>	S/K			2	3	4	2	2	2				2		3		3	3				1			2	3		3	3	1		1	6		3		5	1	1.63	62.9	
<i>Brachythecium reflexum</i>	S/K				1																																		0.03	2.9	
<i>Brachythecium rivulare</i>	S/K																																				1		0.03	2.9	
<i>Brachythecium rutabulum</i>	S/K							7	44													2																	1.51	8.6	
<i>Brachythecium starkei</i>	S/K									3						3	20					1	1		20									1					1.40	20.0	
<i>Calliergon cordifolium</i>	S/K										10																												0.29	2.9	
<i>Calliergonella cuspidata</i>	S/K										25																												0.71	2.9	
<i>Calypogeia muelleriana</i>	S/K																				1						1												0.06	5.7	
<i>Climacium dendroides</i>	S/K									7																													0.20	2.9	
<i>Dicranella heteromalla</i>	S/K			1																									1										0.06	5.7	
<i>Dicranella varia</i>	S/K																																	1					0.03	2.9	
<i>Dicranum majus</i>	S/K					2	4	2			2	1	1	1					2					2	1	2	3		1	27		5			8	1	5	6	2.23	57.1	
<i>Dicranum polysetum</i>	S/K	1	1			1	1						1	1						1	5			1		1	2	1	1	4	1	1	1	1	1	1	3		0.86	57.1	
<i>Dicranum scoparium</i>	S/K	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1		1	2	5	3	1	2	1	2		1		2	4		2	1	1.23	82.9		
<i>Eurhynchium angustirete</i>	S/K				5						1																												0.51	11.4	
<i>Herzogiella seligeri</i>	S/K																						1																0.03	2.9	
<i>Hylocomium splendens</i>	S/K	50	2	1	5	2	10	2	25	4	62	40	4	60	60	5	2	6			2				32	5	8	24	6	2	27	4	30	10	4	35	7	30	16.17	91.4	
<i>Hypnum cupresiforme</i>	S/K																																						0.03	2.9	
<i>Lepidozia reptans</i>	S/K																											1											0.03	2.9	
<i>Plagiochila asplenioides</i>	S/K																																				6	1	0.23	8.6	
<i>Plagiomnium affine</i>	S/K			4	3	28			2	3	2		3		2	2	25	3			2	1			8			1					15	8	1	3	2	3.37	57.1		
<i>Plagiomnium cuspidatum</i>	S/K				1																																		0.06	5.7	
<i>Plagiothecium curvifolium</i>	S/K			1			1		1	1		1										1	1	1		1											1		0.31	31.4	
<i>Plagiothecium laetum</i>	S/K			1		1		1															1			1	1							1	1		1		0.29	28.6	
<i>Pleurozium schreberi</i>	S/K	10	5	2	24	62	45	12	26	10	4	18	36	5	5	5	14	2	7	2	20	2	12		14	27	8	28	10	50	25	15	28	30	10	18	16.89	97.1			
<i>Pohlia nutans</i>	S/K																																						0.03	2.9	
<i>Polytrichum commune</i>	S/K																						1																0.03	2.9	
<i>Polytrichum formosum</i>	S/K	1	1	1		1	1	1			1		3	1	1	1								37	2	1	1							3		1		3.89	74.3		
<i>Ptilium crista-castrensis</i>	S/K	1	1							7		4	12	2	6	4									50			2								6	20	3.43	37.1		
<i>Rhodobryum roseum</i>	S/K				1																																		0.03	2.9	
<i>Rhytidadelphus triquetrus</i>	S/K										2																												0.06	2.9	
<i>Sanonia uncinata</i>	S/K						1															1																	0.06	5.7	
<i>Sphagnum capillifolium</i>	S/K						1																																0.03	2.9	
<i>Sphagnum centrale</i>	S/K																																						0.03	2.9	
<i>Sphagnum girgensohnii</i>	S/K					5					15			3					3						35	25	7		8			20		3		2	6	2	3.83	37.1	
<i>Sphagnum magellanicum</i>	S/K																																							0.57	2.9
<i>Sphagnum palustre</i>	S/K					1								34												25													1.71	8.6	
<i>Sphagnum squarrosum</i>	S/K											15																											0.43	2.9	
<i>Tetraphis pellucida</i>	S/K						1																														1		0.14	14.3	
<i>Thuidium tamariscinum</i>	S/K								1						8																							1	2.20	25.7	
Viso rūšių: (Z+S/K)		0	20	23	35	22	17	26	24	14	56	9	22	22	20	18	26	24	13	9	33	25	12	15	17	20	16	24	15	18	18	13	26	0	34	15	24	21	120		

5.2 Priedas.

Augalijos struktūros ir rūšinės sudėties vertinimas pagal VS paprogramę Žemaitijos poligone, Juodupio upelio baseino teritorijoje. Medžių, krūmų, žolių ir krūmokšnių bei samanų ir kerpių ardo rūšių projekcinis padengimas 2020 metais, rezultatų suvestinė.

5.4 lentelė. Žemaitijos poligono, Juodupio baseino samanų ardo rūšių projekcinis padengimas 2020 m.

Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	Padengimas		
S/K ardo rūšių sk:	5	4	4	5	4	5	3	5	3	3	9	5	7	6	7	7	6	5	3	6	9	10	11	6	5	4	11	5	8	3	11	8	5	5	4	5	3	9	7	6	4	5	5	7	3	4	7	4	4	5	31		
<i>Atrichum undulatum</i>											1																																							0	2		
<i>Aulacomnium palustre</i>																													1																						0	2	
<i>Brachythecium oedipodium</i>	1	1	1		1						3	4	1	16	20	1	1			2	20	5	8	1			1	2	2	4	5		4				1	4	10	1	1		1		4	3	6			3	62		
<i>Brachythecium salebrosum</i>				1								1															1																							0	6		
<i>Cirriphyllum piliferum</i>																						8	5	12						1																				1	8		
<i>Climacium dendroides</i>																						1																												0	4		
<i>Dicranella subulata</i>											1																																							0	2		
<i>Dicranum fuscescens</i>																											1																							0	2		
<i>Dicranum majus</i>	1																																																	0	6		
<i>Dicranum polysetum</i>					1		1				1	1	1		1	4				1		1	6	1	1		1	1	1				1	1																1	1	48	
<i>Dicranum scorparium</i>				1			1				1	2	1	1	1					1		5	2	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1																	1	1	64
<i>Eurhynchium angustirete</i>																											1																								0	2	
<i>Herzogiella seligeri</i>																							1																											0	2		
<i>Hylocomium splendens</i>	2	5	47	8	25	17	15	12	5	5	15	15	42	55	30	17	1	60	47	1	1	7	18	25	52	10	18	8	20		30	72	30	55	30	22	5	1	30	28	38	75	20	10	40	30	74	25	40	16	25	98	
<i>Lophocoela heterophylla</i>																							1																												0	2	
<i>Plagiochila asplenioides</i>																							4	3																											0	8	
<i>Plagiomnium affine</i>												2		8	3	1					1	8	5	10																											1	22	
<i>Plagiomnium undulatum</i>																						1																													0	2	
<i>Plagiothecium curvifolium</i>																												1																							0	2	
<i>Plagiothecium laetum</i>																																																			0	2	
<i>Pleurozium schreberi</i>	10	20	26	10	50	30	15	32	50	30	60	60	2	25	10	3	2	15	1	2	6	10	4	3	25	2	4	3	25	1	6	2	35	2	36	50	1	1	12	2	3	3	20	10	10	12	5	10	14	56	17	100	
<i>Pohlia nutans</i>											1																																									0	2
<i>Polytrichum formosum</i>											2			2								1						1																							0	14	
<i>Polytrichum juniperinum</i>											1																																								0	2	
<i>Polytrichum longisetum</i>																																																			0	2	
<i>Ptilium crista-castrensis</i>	50	32	17	40	15	18	40	22	40	55	15	10		8	5	25	60	20	47					6	60	17	85	69	86	60		1	3	25	40	18	18	93			30	42	8	50	72	45		5	26	35	1	28	84
<i>Rhodobryum roseum</i>																						1	1	1																											0	10	
<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>																																																			0	2	
<i>Sphagnum capillifolium</i>	1																																																		0	4	
<i>Tetraphis pellucida</i>																																																			0	2	
<i>Thuidium tamariscinum</i>																																																			0	2	
Rūšių sk. (Ž+S/K)	22	21	16	30	13	17	16	23	13	13	21	22	39	27	34	26	24	8	9	24	55	45	39	24	12	19	21	15	13	16	53	35	30	20	33	12	14	20	25	28	18	25	26	31	13	26	33	21	18	13	142		

5.3 Priedas.

5.5 lentelė. Tiriamųjų laukelių buveinė pagal EUNIS klasifikaciją.

Nr.	Aukštaitija				Žemaitija			
	2003	2010	2015	2020	2003	2010	2015	2020
1	G3.A	G3.A		G3.A	G4.F	G4.F	G4.F	
2	G3.A	G3.A		G4.2	G4.2	G4.2	G4.2	G4.2
3	G3.A	G3.A		G3.A	G3.A	G3.A	G3.A	G3.A
4	G3.A	G3.A		G3.B	G4.2	G4.2	G4.2	G4.2
5	G3.A	G3.A		G3.B	G3.A	G3.A	G3.A	G3.A
6	G3.A	G3.A		G3.B	G3.A	G3.A	G3.A	G3.B
7	G3.B	G3.B		G3.B	G3.A	G3.A	G3.A	G3.A
8	G3.A	G3.A		G4.2	G3.A	G3.A	G3.A	G4.2
9	G3.A	G3.A		G3.A	G5.6	G5.6	G5.6	G3.A
10	G3.A	G3.A		G3.A	G4.1	G4.1	G4.1	G4.1
11	G3.B	G3.B		G3.A	G4.2	G4.2	G4.2	G4.2
12	G3.B	G3.B		G4.2	G3.A	G3.A	G3.A	G3.A
13	G4.2	G4.2		G4.2	G4.2	G4.2	G4.2	G4.2
14	G3.A	G3.A		G3.B	G3.A	G3.A	G3.A	G4.2
15	G3.A	G3.A		G3.A	G3.A	G3.A	G3.A	G3.A
16	G3.A	G3.A		G3.A	G4.2	G4.2	G4.2	G3.A
17	G4.2	G4.2		G3.A	G3.A	G3.A	G3.A	G3.A
18	G3.A	G3.A		G3.A	G3.A	G3.A	G3.A	G3.A
19	G3.A	G3.A		G3.A	G4.1	G4.1	G4.1	G4.1
20	G5.8	G5.6		G4.F	G3.A	G3.A	G3.A	G3.A
21	G4.2	G4.2		G4.2	G3.A	G3.A	G3.A	G4.1
22	G4.2	G4.2		G4.2	G5.6	G5.6	G5.6	G4.2
23	G4.2	G4.2		G3.A	G3.A	G3.A	G3.A	G3.A
24	G3.A	G3.A		G3.A	G5.6	G5.6	G5.6	G5.6
25	G3.A	G3.A		G4.2	G3.A	G3.A	G3.A	G3.A
26	G3.A	G3.A		G3.A	G3.A	G3.A	G3.A	G3.A
27	G3.A	G3.A		G3.A	G3.A	G3.A	G3.A	G4.2
28	G3.A	G3.A		G3.B	G3.A	G3.A	G3.A	G3.A
29	G3.F	G3.F		G3.F	G5.6	G5.6	G5.6	G3.A
30	G3.A	G3.A		G4.2	G3.A	G3.A	G3.A	G3.A
31	G4.2	G4.2		G4.2	G3.A	G3.A	G3.A	G3.A
32	G4.2	G4.2		G4.2	G5.6	G5.6	G5.6	G4.2
33	G3.B	G3.B		G3.B	G3.A	G3.A	G3.A	
34	G3.A	G3.A		G3.A	G3.A	G3.A	G3.A	G3.A
35	G3.A	G3.A		G3.A	G3.A	G3.A	G3.A	G3.A
36	G3.A	G3.A		G3.A	G3.A	G3.A	G3.A	G3.B
37	G3.A	G3.A		G4.2	G3.A	G3.A	G3.A	G3.A
38	G4.1	G4.1		G4.1				
39	G3.A	G3.A		G3.A				
40	G3.A	G3.A		G3.B				
41	G3.A	G3.A		G3.A				
42	G3.A	G3.A		G4.2				
43	G3.A	G3.A		G3.A				
44	G3.A	G3.A		G4.2				
45	G3.A	G3.A		G4.2				
46	G3.A	G3.A		G4.2				
47	G4.2	G4.2		G3.A				
48	G3.A	G3.A		G3.B				
49	G3.A	G3.A		G4.2				
50	G3.A	G3.A		G3.A				

LITERATŪRA

- CANULLO R., STARLINGER F., GRANKE O., FISHER R., AAMLID D., 2016: Part VI.1: Assessment of Ground Vegetation. In: UNECE ICP Forests Programme Coordinating Centre (ed.): Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Thünen Institute of Forest Ecosystems, Eberswalde. Interneto svetainė: <https://www.icp-forests.org/pdf/manual/2016/ICP_Manual_2016_01_part07-1.pdf>

[žiūrėta 2021-02-04]

- EKRT L., HOLUBOVA R., TRAVNIČEK P., SUDA J., 2010: Species boundaries and frequency of hybridization in the *Dryopteris carthusiana* (Dryopteridaceae) complex: A taxonomic puzzle resolved using genome size data. American Journal of Botany 97(7):1208-1219
- EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY, 2019: EUNIS habitat classification 2007 (Revised descriptions 2012) amended 2019.
Interneto svetainė: <<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eunis-habitat-classification>> [žiūrėta 2020-06-05]
- FINNISH ENVIRONMENT INSTITUTE. 2013a. Manual for integrated monitoring. Methodology and reporting of subprogrammes. Subprogramme VG: vegetatio (intensive plot). Interneto svetainė: <[http://www.syke.fi/en-US/Research_Development/Ecosystem_services/Monitoring/Integrated_Monitoring/Manual_for_Integrated_Monitoring/7_Methodology_and_Reporting_of_Subprogrammes/717_Subprogramme_VG_Vegetation_intensive\(16711\)](http://www.syke.fi/en-US/Research_Development/Ecosystem_services/Monitoring/Integrated_Monitoring/Manual_for_Integrated_Monitoring/7_Methodology_and_Reporting_of_Subprogrammes/717_Subprogramme_VG_Vegetation_intensive(16711))>

[žiūrėta 2018-03-01]

- FINNISH ENVIRONMENT INSTITUTE, 2013b. Manual for integrated monitoring. Methodology and reporting of subprogrammes. 7.19 Optional subprogramme VS: Vegetation structure and species cover.
Interneto svetainė: [https://www.syke.fi/en-US/Research_Development/Nature/Monitoring/Integrated_Monitoring/Manual_for_Integrated_Monitoring/7_Methodology_and_Reporting_of_Subprogrammes/719_Optional_subprogramme_VS_Vegetation_\(16701\)](https://www.syke.fi/en-US/Research_Development/Nature/Monitoring/Integrated_Monitoring/Manual_for_Integrated_Monitoring/7_Methodology_and_Reporting_of_Subprogrammes/719_Optional_subprogramme_VS_Vegetation_(16701))

[žiūrėta 2021-02-06]

- GUDŽINSKAS Z., 1999: Lietuvos induočiai augalai.– Vilnius. JUKONIENĖ I. 2003. Lietuvos kiminai ir žaliosios samanos. Vilnius.
- LEKAVIČIUS A., 1989: Vadovas augalams pažinti. – Vilnius.
- MAGURRAN A. E., 2004: Measuring biological diversity. – Cornwall.
- NATKEVIČAITĖ-IVANAUSKIENĖ M., (red.), 1971. Lietuvos TSR flora, 4 tomas. Vilnius.
- NATKEVIČAITĖ-IVANAUSKIENĖ M., (red.), 1976. Lietuvos TSR flora, 5 tomas. Vilnius.
- NATKEVIČAITĖ-IVANAUSKIENĖ M., (red.). 1961. Lietuvos TSR flora, 3 tomas. Vilnius.
- NATKEVIČAITĖ-IVANAUSKIENĖ M., (red.). 1963. Lietuvos TSR flora, 2 tomas. Vilnius.
- NAUJALIS J., KALINAUSKAITĖ N., GRINEVIČIENĖ M. 1995. Vadovas Lietuvos kerpsamanėms pažinti. Vilnius.
- ROTHMALER W. (Begr.), JÄGER E. J., WERNER K., 2000: Exkursionsflora von Deutschland; Bd. 3: Gefäßpflanzen. Atlasband. – Berlin.
- VILKONIS K. K., 2001: Lietuvos žaliasis rūbas. – Šiauliai.

VI. CHEMINIŲ KOMPONENČIŲ KONCENTRACIJOS LAPIJOJE IR JŲ SRAUTAI SU NUOKRITOMIS (A.*Augustaitis*)

Reikšmingą įtaką pagrindinių teršiančių ir maistinių mineralinių elementų srautams ekosistemoje bei jų balansui turi šių medžiagų nuplovimas nuo augalinių paviršių, nusėdimas ant jų, išplovimas iš vidinių organų ir išgaravimas atgal į atmosferą, lakių junginių pavidalų. Todėl Kompleksiško monitoringo programoje yra tiriami polajiniai krituliai kartu su lapijos ir nuokritos cheminės sudėties kaita. Toks kompleksiško principas įgalina ateityje, sukauptus pakankama duomenų kiekį, visapusiškai vertinti šių medžiagų balansą ekosistemoje bei prognozuoti jų galimą kaitą bei poveikį pačiai ekosistemai.

Mineralinės mitybos elementams dar kitaip vadinamiems peleniniams elementams priskiriama per 20 cheminių elementų, tarp kurių yra ir azotas. Pastarasis nors yra nei peleninis, nei mineralinis elementas, tačiau patenka į augalus panašiais būdais. Dėl to, kad augalai be šių elementų negali vykdyti savo gyvybinių funkcijų, jie negali būti augaluose pakeičiami kitais ir dėl to, kad šie elementai įjungiami į organinius junginius, dalyvauja metabolizmo procese arba yra svarbūs cheminių reakcijų eigai, jie vadinami pagrindiniais augalų mineralinės mitybos elementais. Jų koncentracijos lapijoje bei nuokritose yra didžiausios nei kituose augalo dalyse, dėl ko gerai atspindi medžių gyvybinį potencialą. Dėl šios priežasties, nuo jų kiekio kaitos, pokyčių tarp lapijos ir nuokritų bei pagrindinių jų kaitos tendencijų galima spręsti apie medyno būklę, jo atsparumą nepalankiems aplinkos veiksniams, o atskirais atvejais, ir apie visos ekosistemos būklę bei jos užterštumą kenksmingomis medžiagomis. Dėl tokių rezultatų svarbos, naujoje Valstybinės aplinkos monitoringo programoje, priimtoje 2015-2020 m., lapijos ir nuokritų cheminės analizės numatytos vykdyti kasmet. 2020 m. atlikta jau 16-toji lapijos ir jos nuokritų pagrindinių cheminių elementų analizė, kurią vykdo Aplinkos apsaugos agentūros, Aplinkos tyrimų laboratorija.

6.1. Pagrindinių maistinių elementų koncentracijos lapijoje ir jų kaita 2005-2020 m. laikotarpiu

Pagrindinių maistinių elementų koncentracijos lapijoje, t.y. eglių ir pušų spygliuose bei beržų lapuose apsprendžią bendrą vyraujančių medžių rūšių būklę, kadangi didėjantys šių elementų kiekiai informuoja apie didesnę medžių produktyvumą ir atsparumą nepalankiems aplinkos veiksniams. Taip pat šių duomenų sekos informuoja ir apie bendrą bio- geo- ekosistemos būklę, kadangi didėjantys šių elementų kiekiai informuoja ir apie geresnę ekosistemos mitybini bazę, turtingesnę dirvožemį ir potencialą rūšių įvairovei bei gausai didėti. Tai miško ekosistemų tvaraus vystymosi pagrindas.

Darbo tikslas – pagal nustatytas pagrindinių elementų koncentracijas bei jų pokyčius medžių lapijoje, išaiškinti medžių bendrosios būklės pokyčius, o taip pat, atsižvelgus į išaiškintus procesus, nustatyti galimą miško ekosistemų būklės tolimesnę raidą.

Darbo tikslas – pagal nustatytas pagrindinių elementų koncentracijas bei jų pokyčius medžių lapijoje bei jų nuokritose, išaiškinti į ekosistemą patenkančių teršalų poveikį pagrindiniams geosisteminiams procesams, o taip pat, atsižvelgus į išaiškintus procesus, nustatyti galimą miško ekosistemų būklės tolimesnę raidą.

Cheminių analizių metu nustatomos šios maistmedžiagių koncentracijos lapijoje ir jos nuokritose: Ca, K, Mg, Mn, N, P.

Lauko darbų metodika: Analizuojami pagrindinių medžių rūšių lapijos pavyzdžiai. Tai paprastojo beržo (*Betula pendula*) lapai, paprastosios eglės (*Picea abies Karst.*) ir paprastosios pušies (*Pinus sylvestris L.*) spygliai. Nuo 8 – 10 kiekvienos rūšies medžių, kasmet rugpjūčio mėnesio pabaigoje surenkami lapijos pavyzdžiai, kurie laboratorijos sąlygomis džiovinami 60°C temperatūroje. Iš beržo lapų ir eglės spyglių ruošiami po vieną bendrą pavydį: beržo lapai – (B), eglės spygliai – (E), o pušies spygliai atskiriami, priklausomai nuo jų amžiaus. Ruošiami 2 pavyzdžiai: 1 – pirmų metų spyglių (P1); 2 – II metų spyglių. III metų spygliai neruošiami, kadangi būtent rugpjūčio mėnesį prasideda jų masiškas kritimas.

Aplinkos apsaugos agentūros, Aplinkos tyrimų laboratorijoje: indukuotos plazmos optinės emisijos spektrometrijos metodu nustatytos Ca, Mg koncentracijos lapijoje (mg/kg); Kjeldalio metodu – bendrasis azotas (g/kg); spektrometrijos metodu – bendrasis fosforas (g/kg); liepsnos emisijos spektrometrijos metodu – natriis ir kalis (mg/kg).

Tiriamus elementus pagal funkcijas augaluose galima suskirstyti į dvi grupes. Pirmą grupę sudaro pagrindinis organogeninis elementas – azotas, o taip pat ir fosforas, kalis, kalcis, magnis, geležis, manganas ir cinkas. Antrą grupę sudaro tik natris ir chloras.

Vienas iš svarbiausių elementų yra azotas. Nuo jo kiekio augaluose priklauso anijonų ir katijonų santykis, o taip pat ir osmoso slėgis. Kalis ir kalcis lemia augalų ląstelių hidrataciją. Kalis protoplazmoje ir kitose ląstelių struktūrose kaupia daugiau vandens, ją skystina, o kalcis veikia priešingai. Dėl šios priežasties jaunesniuose spygliuose kalio yra daugiau negu kalcio. Natris ir chloras, neįeidami į organines medžiagas, taip pat dalyvauja reguliuojant osmosą, tačiau neturi įtakos elektrocheminiai pusiausvyrai. Likę elementai yra susiję su oksidacinėmis-redukcinėmis reakcijomis bei elektronų pernaša. Vykstant energijos ir cheminių junginių metabolizmui, geležis dalyvauja fermentų veikloje, magnis įeina į substrato kompleksą su ATP-aze, kalis, tiesiogiai neįeidamas į fermentų funkcines grupes, keičia fermentų baltymo konformaciją, lemia jo poveikį (Šlapakauskas, 2006).

Į lapus patenkančios mineralinės medžiagos panaudojamos lapo ląstelėms augti, jų osmosinėms galiom reguliuoti. Dėl nuolatinės medžiagų patekties lapuose gali susitelkti per didelis jų kiekis ir su tuo susijęs nepageidautinai aukštas osmosinis potencialas. Dėl šios priežasties augalai sugeba šias medžiagas šalinti iš lapų per floemą, lapo plaukelius ir liaukines išaugas. Lietus ir rasa gali ir nuplauti tokias susidariusias išskyras, ir išplauti iš lapo net iki 50-60% lape esančių sausųjų organinių ir mineralinių medžiagų. Greičiausiai iš lapų išplaunami kalis, natris, magnis ir manganas, kiek silpniau azotas ir fosforas. Išplovimo intensyvumas tiesiogiai priklauso nuo kritulių kiekio. Tačiau jų rūgštingumas, didesnis šviesos kiekis bei aukštesnė temperatūrą skatina šio proceso intensyvumą. Dėl šios priežasties tirdami lapijos ir jos nuokritų cheminę sudėtį KMS programos rėmuose, mes bandysime spręsti ir šio laikmečio aktualią problemą – aplinkos rūgštingumo kaitos poveikį miško ekosistemoms šiltėjančio klimato sąlygomis.

6.1.1. Pagrindinių maistinių komponentų sudėties lapijoje kaita Aukštaitijos kompleksiško monitoringo stotyje

Bendrojo azoto (N) koncentracijų lapuose ir spygliuose analizė parodė, kad beržų lapuose šio elemento kaupiasi iki 1,5 kartų daugiau negu spygliuose, apie 19 g/kg. Mažiausios koncentracijos nustatytos eglės įvairaus amžiaus spyglių mišinyje – vidutiniškai apie 10-11 g/kg, kiek didesnės pirmų ir antrų metų pušies spygliuose, maždaug apie 12-13 g/kg. Antrų metų pušies spygliuose šio elemento išlika truputį daugiau negu pirmų metų P spygliuose.

Per tiriamąjį laikotarpį, nuo 2005 iki 2020 m. azoto koncentracija beržų lapuose ir pušies spygliuose turi tendenciją didėti, o eglės spygliuose šio elemento koncentracija išlieka stabili. Jei po 2015 m. sausros buvo galima tikėtis, kas drėgmės trūkumas neigiamai veikia medžių būklę ir dėl to jų lapuose/spygliuose mažėja N koncentracijos, tai 2018-2019 m. sausros paneigė šį teiginį. Paskutiniaisiais metais registruojamos vienos didžiausių per visą tiriamąjį laikotarpį N koncentracijos beržų lapuose ir pušų I ir II metų spygliuose. Pastaraisiais metais net eglės spygliuose N koncentracijos taip pat padidėjo.

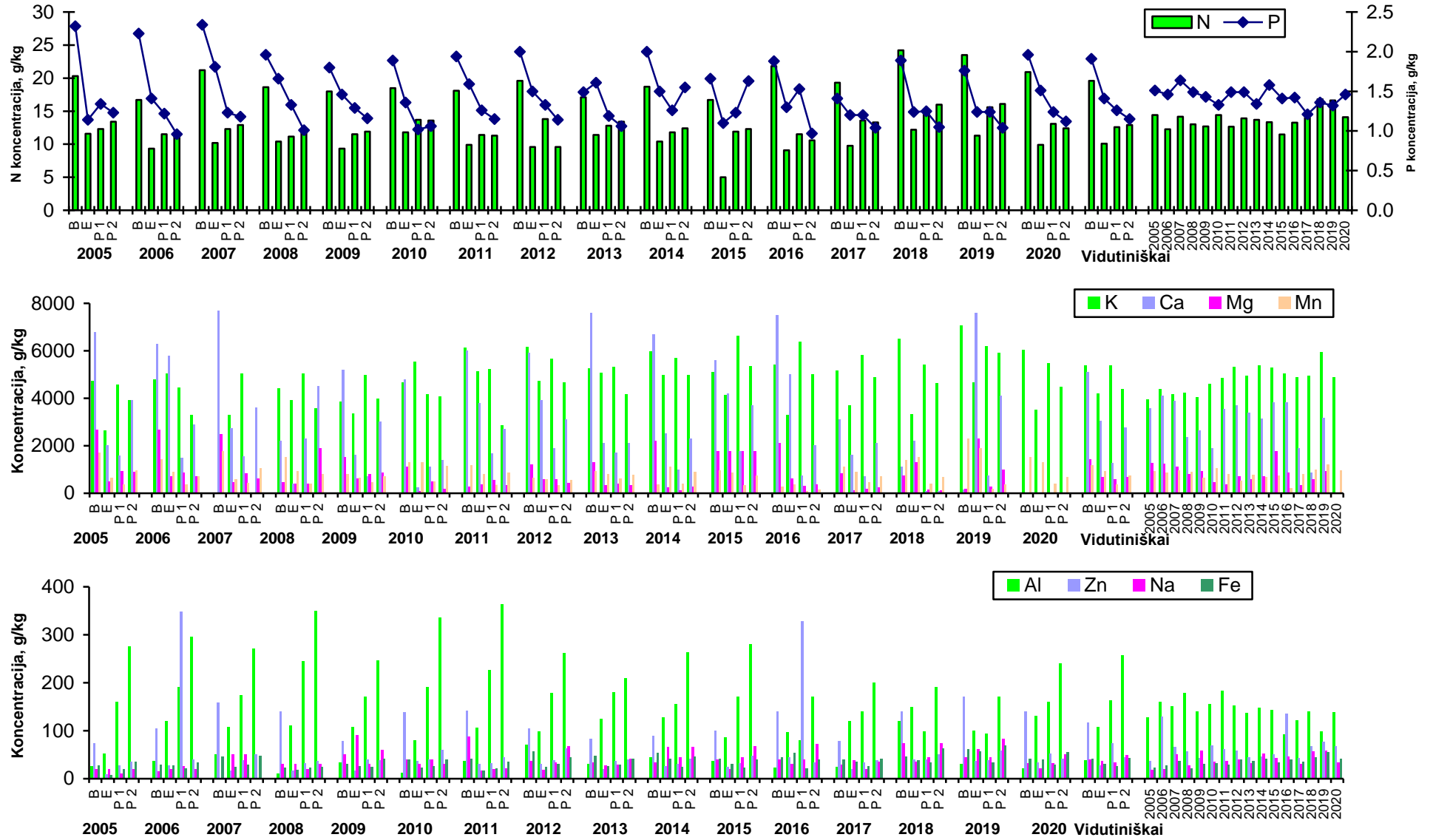
2020 m. stebimas ženklus N koncentracijų visuose tirtuose lapijos pavyzdžiuose reikšmingas sumažėjimas.

Apibendrinus gautus rezultatus nustatyta, kad per tiriamąjį laikotarpį N koncentracijos reikšmingai didėja beržo (po 0,225 g/kg per m.) ir pušies I m. spygliuose (po 0,158 g/kg per m.), nereikšmingai pušies II m. spygliuose (po 0,117 g/kg per m.) ir mažėja, nors taip pat nereikšmingai – eglės spygliuose (po -0,023 g/kg per m.). Nepaisant šio fakto, per visą tiriamąjį laikotarpį N koncentracija lapijoje vidutiniškai didėja po 0,119 g/kg per metus. Tai gerėjančios miško ekosistemos būklės rodiklis (4.1 – 4.2 pav. ir 4.1 lentelė).

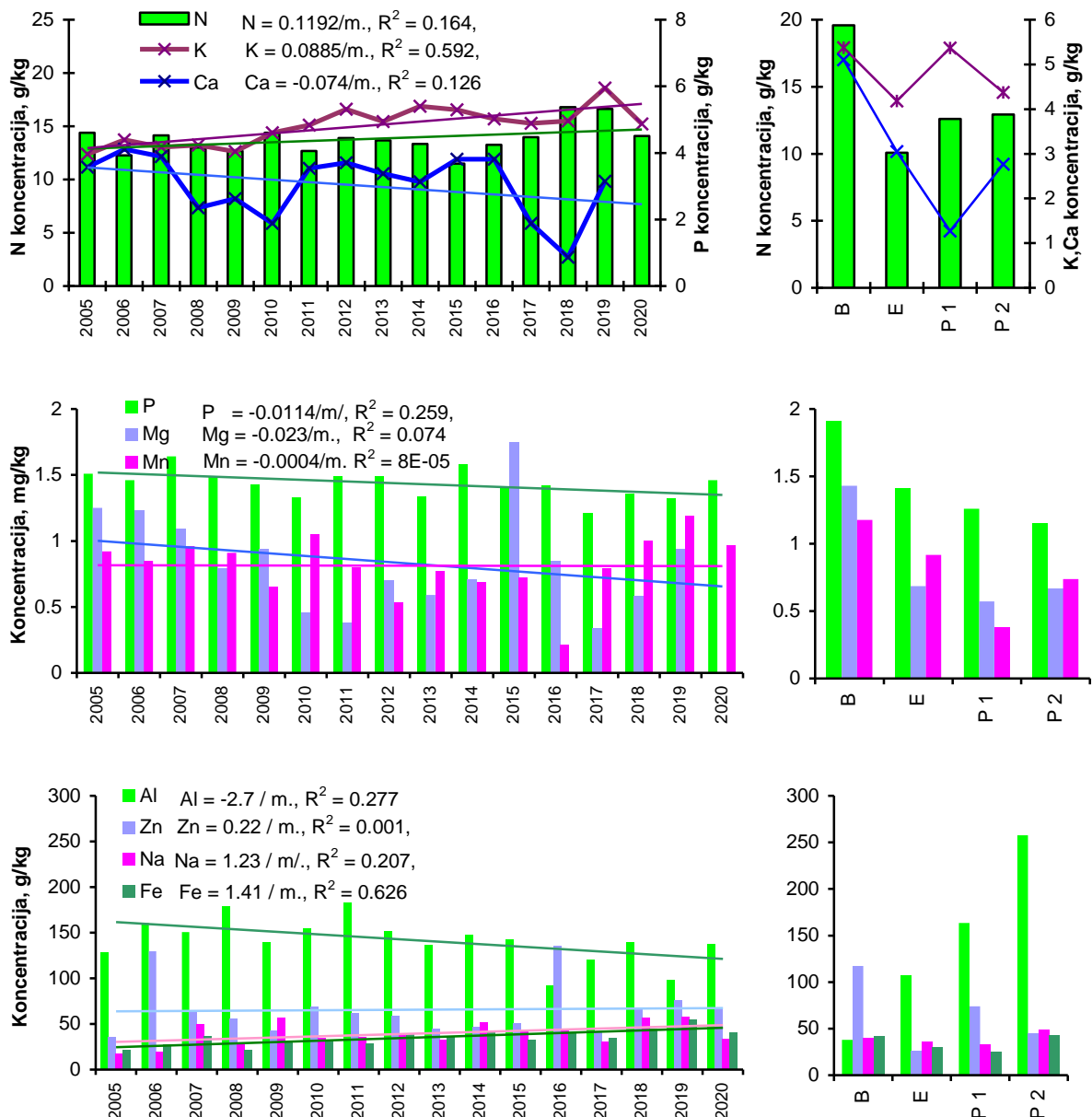
Bendrojo fosforo koncentracijų lapijoje tyrimų rezultatai analogiškai bendrajam azotui (4.1 – 4.2 pav. ir 4.1 lentelė), t.y. didžiausi kiekiai nustatyti beržų lapuose – vidutiniškai apie 1,9 g/kg. Nors tarp P koncentracijų tirtuose spygliuose esminių skirtumų nenustatyta, tačiau stebima tendencija, kad, priešingai N koncentracijai, didesnės P koncentracijos būdingos eglės spyglių mišiniui (1,4 g/kg), kiek mažesnės - pirmų metų pušies spygliams (1,3 g/kg) ir sąlyginai mažiausios – antrų metų pušies spygliams (1,2 g/kg).

P kaitoje stebima vienareikšmė kaitos tendencija, t.y. visuose tirtuose lapų/spyglių pavyzdžiuose P koncentracija pakankamai reikšmingai mažėja: eglės ir pušies spygliuose – po 0,06g/kg ir intensyviau beržų lapuose – po 0,05 g/kg per metus. Žemiausia reikšmė buvo nustatyta perteklinio drėgnumo 2017 metais, o paskutiniaisiais 2018-2019 m. koncentracija nežymiai padidėjo. Gausesniais krituliais pasižyminčiais 2020 m., priešingai nustatytai reakcijai, P koncentracijos lapijoje padidėjo.

Tokiu būdu tiriamuoju laikotarpiu stebimi du priešingi procesai – medžių lapijoje didėja N ir mažėja P koncentracijos, po -0,011 g.kg per metus. Tokį bendrą mažėjimą lėmė reikšmingas P koncentracijos mažėjimas beržų lapuose (po -0,033 g/kg per m.). Kitų medžių lapijoje reikšmingų pokyčių nenustatyta.



6.1 pav. Pagrindinių maistinių komponentų koncentracija lapijoje 2005-2020 m. Aukštaitijos KMS



6.2 pav. Pagrindinių maistinių komponentų koncentracija lapijoje 2005-2020 m.

6.1 Lentelė. Tirtų elementų kaitos intensyvumas tirtų medžių rūšių lapuose/spygliuose (tiesinės priklausomybės B koeficientas) per 16 m. laikotarpį Aukštaitijos KMS.

	Makro elementai						Al	Fe
	N	P	K	Ca	Mg	Mn		
Medžio rūšis	g/kg						mg/kg	
Beržas	0.225	-0.033	0.130	-0.259	-0.124	-0.010	1.150	1.340
Eglė	-0.023	-0.004	-0.002	0.146	0.059	0.044	2.235	2.165
Pušis I m.	0.158	0.001	0.104	-0.078	-0.057	-0.006	-5.896	0.512
Pušis II m.	0.117	-0.009	0.128	-0.106	-0.024	-0.028	-8.190	1.618

Pasraba: reikšmingas pokytis pažymėtas raudonai ($p < 0,05$).

Kalio koncentracijų tyrimai asimiliaciniuose organuose parodė, kad didėjant lapijos amžiui K koncentracija mažėja. Jaunesniuose organuose (beržų lapuose ir pirmų metų pušies

spygliuose) kalio koncentracijos viršijo 5g/kg, o senesniuose (bendras eglės spyglių mišinys ir antrų metų pušies spygliai) – apie 4 g/kg. Tai paaiškinama šio elemento išplovimu iš paviršinių ląstelių gausių kritulių metu.

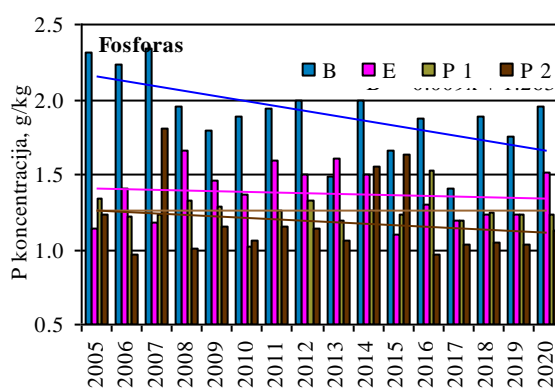
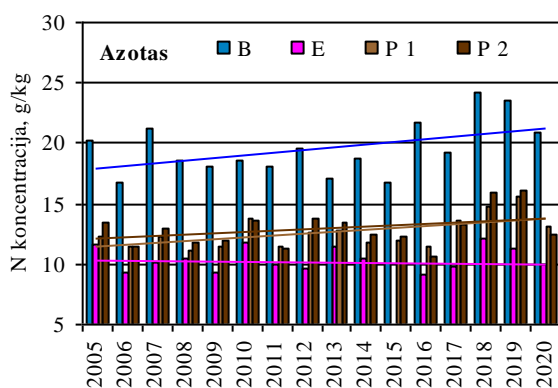
Per tiriamąjį laikotarpį, analogiškai N kaitai, stebima K koncentracijų didėjimo tendencija beržų lapuose (po 0,13g/kg per m.) ir pušies spygliuose (I metų po 0,104 g/kg per m. ir II metų po 0,128 g/kg per m), o eglių spygliuose šio elemento koncentracijos išlieka praktiškai stabilios.

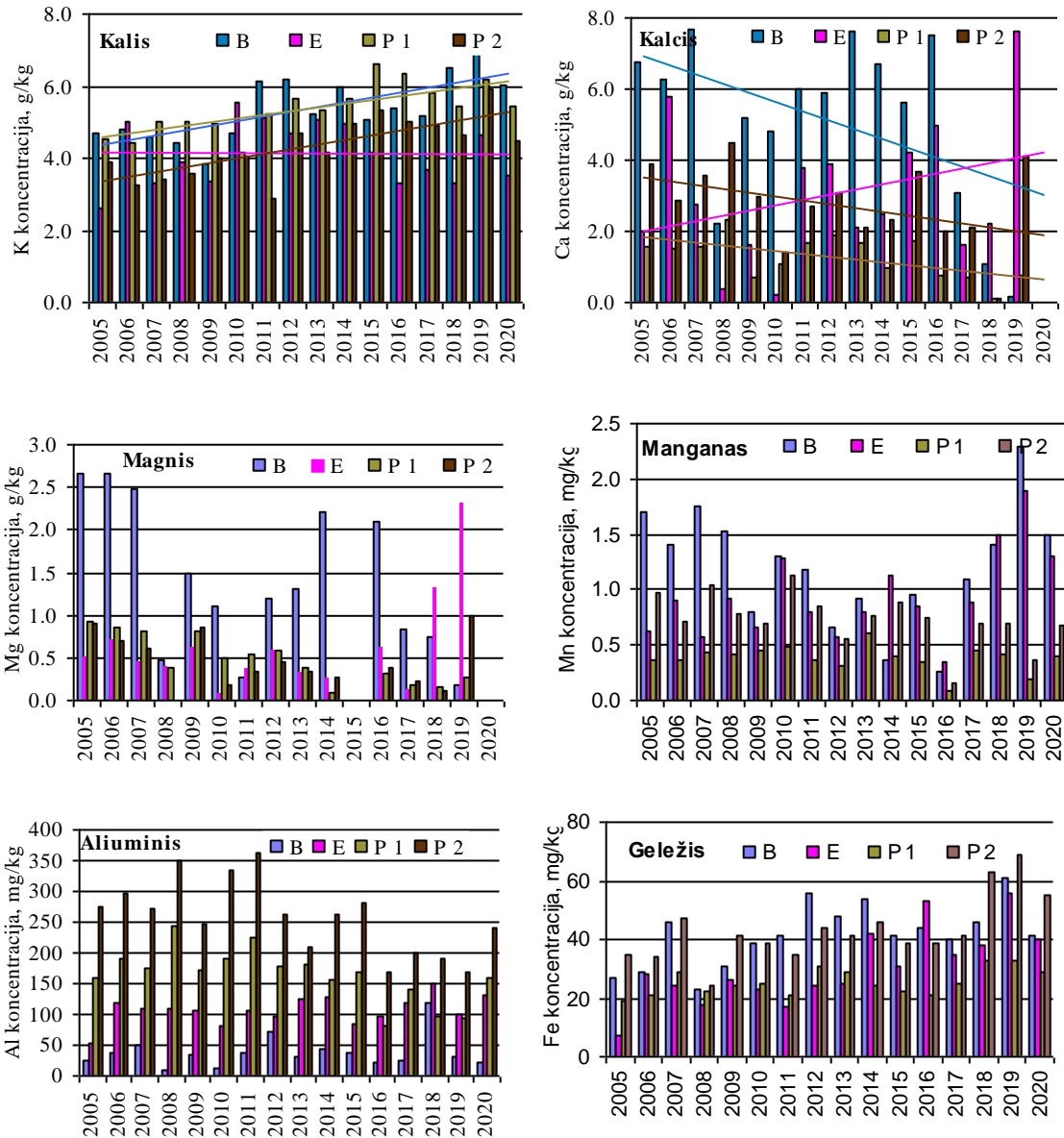
Kalcio koncentracijos spygliuose taip pat priklausė nuo spyglių amžiaus. Mažiausios nustatytos pirmų metų pušies spygliuose, kiek didesnės eglės spyglių mišinyje ir antrų metų pušies spygliuose. Beržų lapuose kalcio koncentracijos, kaip ir kitų tirtų elementų žymiai viršijo koncentracijas nustatytas spygliuose.

Iš esmės priešinga buvo Ca koncentracijų kaita medžių lapijoje. *Per 15 m. tiriamąjį laikotarpį Ca koncentracija pakankamai reikšminga mažėjo beržų lapuose (po -0,259 g/kg per m.) ir pušų I metų spygliuose po 0,08 g/kg per m., o didėjo eglių spygliuose (po +0,146 g/kg per m.), tačiau šis augimas nebuvo reikšmingas.*

Tačiau tokį Ca koncentracijų augimą sąlygojo neįprastai didelė šio elemento koncentracija eglių spygliuose 2019 m. Šiandieną sunku paaiškinti jo padidėjimą, tuo labiau, kad pertekliniai krituliai 2017 m. galėjo sąlygoti šio elemento išplovimą iš eglių spyglių, kuris tęsėsi ir 2018, ir 2019 m. 2020 m. tyrimai tikimės, kad leis atsakyti į šį klausimą, tačiau dėl techninių problemų Ca kaip ir Mg koncentracijos lapijos pavyzdžiuose dar nenustatytos.

Didžiausios magnio koncentracijos nustatytos beržų lapuose, kur jos vidutiniškai siekė 1,8 g/kg. Mažesnės koncentracijos nustatytos I metų pušies spygliuose ir vyresniuose pavyzdžiuose, apie 0,7-0,8 g/kg. *Per tiriamąjį laikotarpį stebima Mg mažėjimo tendencija ir ypač beržų lapuose (po -0,124 g/kg per m.) ir pušies I m. spygliuose (po -0,08 g/kg per m.). Šio elemento pokyčiai eglės ir pušies II metų spygliuose yra nereikšmingi.*





6.3 pav. Pagrindinių mikroelementų koncentracijų kaita tirtuose medžių lapijos pavyzdžiuose 2005-2020 m. laikotarpiu Aukštaitijos KMS

Mažiausios Mn koncentracijos nustatytos pirmų metų pušies spygliuose (0,4 g/kg), dvigubai didesnės eglės spyglių mišinyje (0,8 g/kg) ir antrų metų pušies spygliuose (0,9 g/kg). Beržų lapuose Mn koncentracijos, kaip ir kitų tirtų elementų žymiai viršijo koncentracijas nustatytas spygliuose (1,3 g/kg). *Mn kaitoje stebima mažėjimo tendencija tačiau ji nereikšminga ir tik eglės spygliuose Mn didėja (po 0,044g/kg per m.).*

Al, Zn, Na ir Fe kaitoje galima būtų išskirti tai, kad Al daugiausiai kaupiasi antrų metų pušies spygliuose, kiek mažiau pirmų metų pušies ir eglės spygliuose bei mažiausiai beržų

lapuose. Per tiriamąjį laikotarpį jo koncentracijos lapijoje vidutiniškai mažėja, o pušies I ir II metų spygliuose net reikšmingai (po -5,9 ir 8,2 mg/kg per m. atitinkamai).

Iš paminėtų elementų reikšmingiausiai didėja geležies koncentracijos visuose pavyzdžiuose. Intensyviausiai eglės spygliuose (po 2,2 mg/kg per m.) kiek mažiau pušies II metų spygliuose (po 1,6 mg/kg per m.) ir beržų lapuose (po 1,34 mg/kg per m.) bei mažiausiai pušies I metų spygliuose (po 0,51 mg/kg per m.)

Apibendrinus gautus rezultatus nustatyta, kad per 16 m laikotarpį intensyviausiai didėja geležies koncentracija tirtų medžių rūšių lapijos pavyzdžiuose. Tai gerėjančios medžių būklės požymis.

Azoto koncentracija beržų lapuose ir pušies spygliuose turi taip pat tendenciją didėti, kaip ir K koncentracijos.

Bendrojo fosforo koncentracijos mažėja ir beržų lapuose ir eglės bei pušų spygliuose.

Reikšmingai pradėjo mažėti Ca koncentracijos pušies pirmų ir antrų metų spygliuose, maždaug po 0,10 g/kg ir beržų lapuose net po 0,26 g/kg.

Tirtų elementų kaita eglės spygliuose skyrėsi nuo jų kaitos beržų lapuose ir pušies spygliuose. Per tiriamąjį laikotarpį tirtų elementų koncentracijos kito mažiausiai, t.y. labai silpnai mažėjo N, P ir K. Ca koncentracijų kaitą šiandieną vertinti sunku dėl nustatytų neįprastai aukštų šio elemento koncentracijų 2019 m. eglės spyglių pavyzdžiuose. Reikšmingiausiai eglės spygliuose didėja tik Mn ir Fe koncentracijos.

Priežasčių, kurios galėjo turėti reikšmingos įtakos tirtų elementų koncentracijų kaitai reikia ieškoti šių elementų srautuose, patenkančiuose į miško ekosistemą su krituliais.

6.1.2 Pagrindinių maistinių komponentų sudėties lapijoje kaita Žemaitijos kompleksiško monitoringo stotyje

Bendrojo azoto (N) koncentracijų lapuose ir spygliuose analizė parodė, kad Žemaitijos KMS beržų lapuose šio elemento tyrimų pradžioje kaupėsi iki 1,5 karto daugiau (6.4 – 6.6 pav. ir 6.2 lentelė) negu spygliuose (Aukštaitijos KMS – apie 2 k.). Paskutiniu metu laikotarpiu šis santykis artėja taip pat prie 2.

Eglių ir skirtingo amžiaus pušies spygliuose N koncentracija tik tyrimų pradžioje praktiškai nesiskyrė, (nors mažiausios koncentracijos nustatytos eglės įvairaus amžiaus spyglių

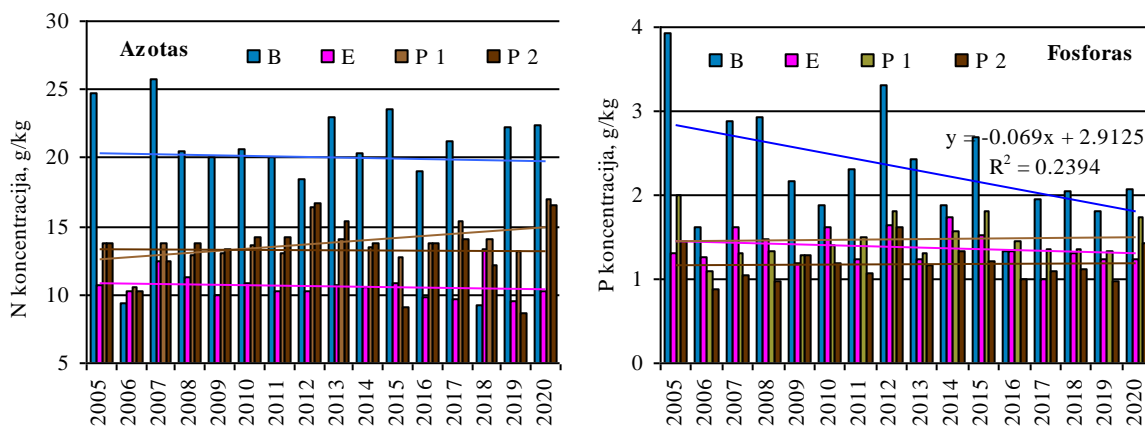
mišinyje, kiek didesnės pirmų ir antrų metų pušies spygliuose), tačiau pastaruoju laikotarpiu pušies I metų spygliuose N koncentracijos beveik 2 kartus viršija N koncentracijas eglės spygliuose. *Per tiriamąjį laikotarpį, nuo 2005 iki 2020 m. beržų lapuose stebima azoto koncentracijų mažėjimo tendencija. Mažėja nors ir nereikšmingai N koncentracija ir eglės bei pušies II metų spygliuose, tačiau reikšmingai (po 0,158 g/kg per m.) didėja N koncentracija pušies I metų spygliuose.*

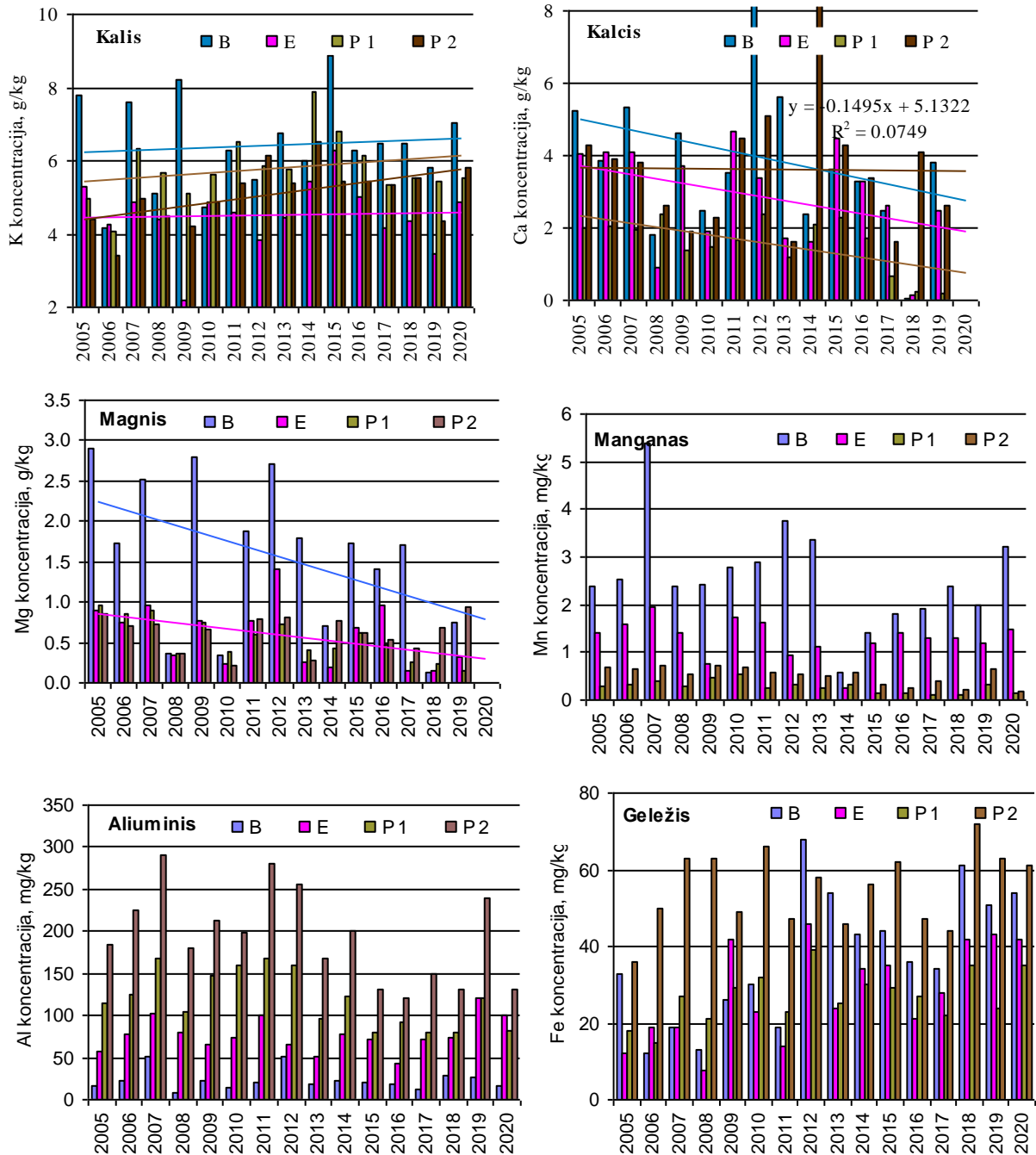
Bendrojo fosforo koncentracijų lapijoje tyrimų rezultatai parodė, kad (6.4 – 6.6 pav. ir 6.2 lentelė). didžiausi šio elemento kiekiai nustatyti beržų lapuose. Apie 2 kartus mažiau šio elemento tirtuose spygliuose. Mažiausiomis P koncentracijomis pasižymėjo antrų metų pušies spygliai. *Per tiriamąjį laikotarpį, nuo 2005 iki 2020 m. bendrojo fosforo koncentracija turi tendencija mažėti. Reikšmingiausiai mažėja P koncentracija beržų lapuose (po 0,07 g/kg per m.) Kituose tirtuose lapijos pavyzdžiuose reikšmingesnių kaitos tendencijų nenustatyta. 2020 m. išsiskiria tik padidėjusiomis šio elemento koncentracijomis pušies spygliuose, lyginant su paskutiniu 5 metų laikotarpiu.*

Kalio koncentracijų lapijoje pirmiausiai priklauso nuo spyglių amžiaus. Pirmų metų pušies spygliuose ir beržų lapuose šio elemento yra daugiau negu eglės mišriame ir pušies II metų pavyzdyje. Per tiriamąjį laikotarpį stebimos šio elemento kiekio vienareikšmės tendencijos – visuose pavyzdžiuose K koncentracijos didėja ir ypač intensyviai pušies spygliuose. Po sausrų poveikio šio elemento koncentracijos reikšmingai mažėjo. Palankios meteorologinės sąlygos turėjo reikšmingos įtakos šio elemento koncentracijų reikšmingam padidėjimui visuose tirtuose lapijos pavyzdžiuose.

Sausrų neigiamas poveikis – K koncentracijų lapijoje mažėjimas.

Kaip ir Aukštaitijos KMS, mažiausios kalcio koncentracijos nustatytos pirmų metų pušies spygliuose, kiek didesnės eglės spyglių mišinyje ir antrų metų pušies spygliuose (6.4 – 6.6 pav. ir 6.2 lentelė). Sąlyginai didžiausios koncentracijos nustatytos beržų lapuose.

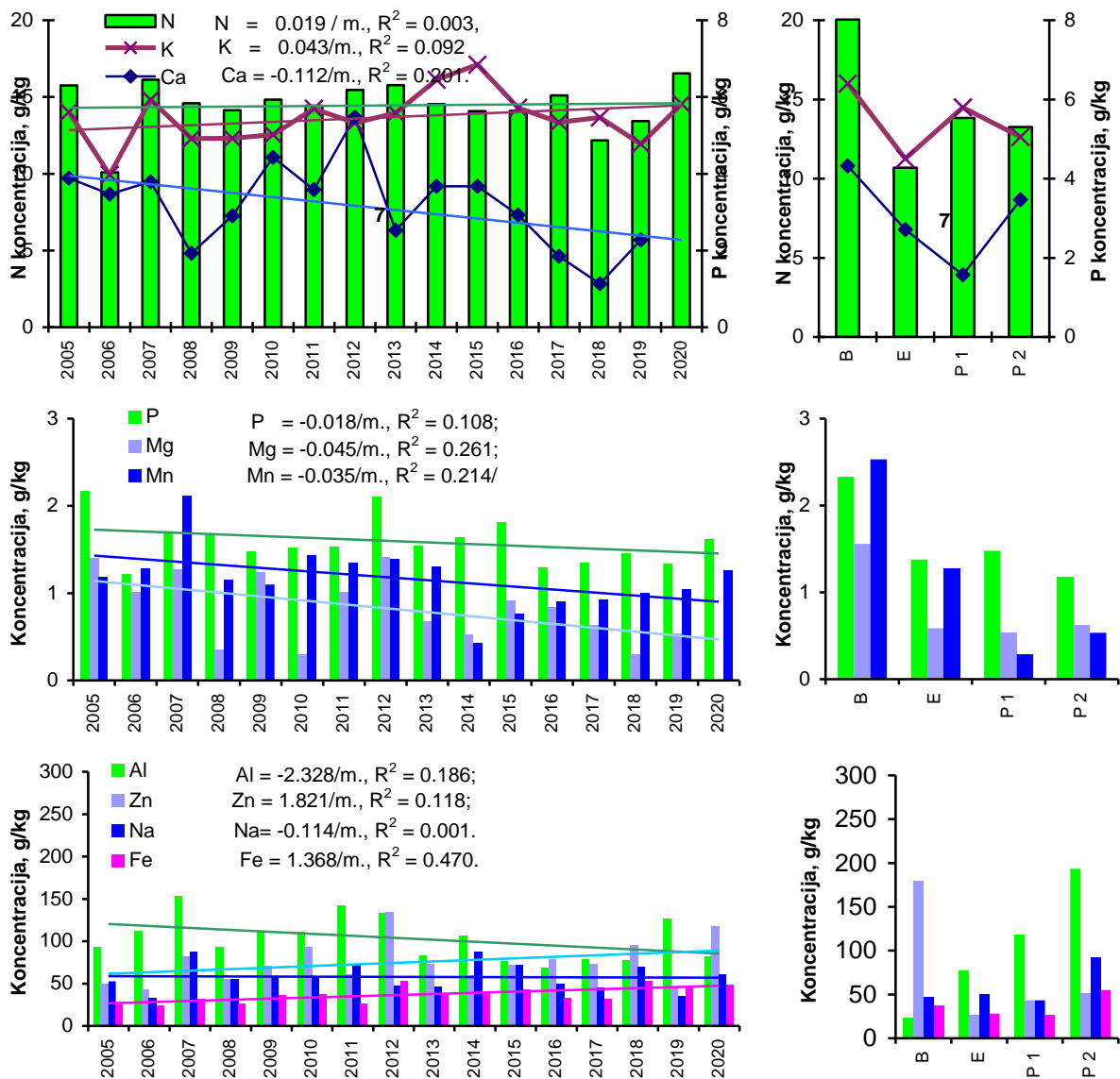




6.4 pav. Pagrindinių makro-elementų kiekių lapijoje kaita Žemaitijos KMS



6.5 pav. Pagrindinių maistinių komponentų koncentracija lapijoje 2005-2020 m. Žemaitijos KMS



6.6 pav. Pagrindinių komponentių koncentracija lapijoje Žemaitijos KMS 2005-2020 m.

6.2 lentelė. Tirtų elementų kaitos intensyvumas tirtų medžių rūšių lapuose/spygliuose (tiesinės priklausomybės B koeficientas) per 15 m. laikotarpį Žemaitijos KMS.

	Makro elementai						Al	Fe
	N	P	K	Ca	Mg	Mn		
Medžio rūšis	g/kg						mg/kg	
Beržas	-0.043	-0.069	0.026	-0.149	-0.097	-0.074	-0.254	2,457
Eglė	-0.028	-0.011	0.008	-0.120	-0.037	-0.021	0.778	1,691
Pušis I m.	0.158	0.004	0.047	-0.104	-0.046	-0.016	-4.010	0.657
Pušis II m.	-0.011	0.002	0.092	-0.006	0.001	-0.030	-5.826	0.666

Pasraba: reikšmingas pokytis pažymėtas raudonai ($p < 0,05$).

Per 2005-2019 m. laikotarpį beržų lapuose ir eglės spygliuose kalcio koncentracijos turi tendenciją mažėti, kai tuo tarpu pirmų ir antrų metų pušies spygliuose šio elemento koncentracijos praktiškai išlieka tame pačiame lygmenyje. Pažymėtinas rodiklis – 2017 m. ženkliai sumažėjusi šio elemento koncentracijos visuose tyrimo objektuose. 2019 m. Ca koncentracijos tirtuose lapijos pavyzdžiuose išliko viename žemiausių per visą tiriamąjį laikotarpį lygmenyje.

Tokiu būdu per tiriamąjį laikotarpį Ca koncentracijos lapijos pavyzdžiuose mažėja pakankamai reikšmingai ir tik pušies II metų spygliuose šio elemento kiekis neturi aiškesnės kaitos tendencijos.

Magnio ir mangano koncentracijų kaitoje buvo matomos bendrosios tendencijos (6.4 – 6.6 pav. ir 6.2 lentelė). Beržų lapuose šių elementų koncentracijos net 3-4 kartus buvo didesnės negu spygliuose. Tačiau tarp spyglių – esminių skirtumų nenustatyta. Mangano koncentracijos didžiausios taip pat beržų lapuose, dvigubai mažesnės – eglės spygliuose ir mažiausios – pušies spygliuose.

Per tiriamąjį laikotarpį Mn ir Mg koncentracijų kaitoje nustatytos reikšmingos mažėjimo ir panašaus intensyvumo tendencijos. Paskutiniųjų metų sausros galėjo turėti įtakos šių elementų koncentracijoms sumažėti, kadangi 2020 m. šių elementų koncentracijos buvo ženkliai didesnės negu 2018-2019 m.

Nepaisant palankių 2020 m. meteorologinių sąlygų, šių elementų koncentracijos mažėja beveik visuose pavyzdžiuose: Mg koncentracija neturi reikšmingesnės kaitos tendencijos tik pušies II metų spygliuose, o Mn mažėjimas pakankamai reikšmingas nustatytas visuose pavyzdžiuose.

Aliuminio koncentracijų kaitoje išaiškinti tie patys esminiai pokyčiai kaip ir Aukštaitijos KMS (6.4 – 6.6 pav. ir 6.2 lentelė). Mažiausios koncentracijos Al buvo nustatytos beržų lapuose, 3 kartus didesnės eglės spygliuose, apie 5 kartų – pirmų metų pušies spygliuose ir virš 8 kartų – antrų metų pušies spygliuose. Reikšmingiausiai Al mažėjo pušies spygliuose.

Didžiausios Fe koncentracijos nustatytos antrų metų pušies spygliuose, o likusiuose objektuose jos buvo 2-3 kartus mažesnės (6.4 – 6.6 pav. ir 6.2 lentelė). *Per tiriamąjį laikotarpį Fe koncentracijos lapijoje turėjo reikšmingos tendencijos, kaip ir Aukštaitijos KMS, Intensyviausiai didėjo Fe koncentracija beržų lapuose 9po 2,45 mg/kg per m.), kiek mažiau eglės (po 1,69 mg/kg per m.) ir pušies pirmų metų spygliuose (po 0,66 mg/kg per m.) ir mažiausiai bei nereikšmingai didėjo Fe koncentracija pušies antrų metų spygliuose.*

Per tiriamąjį laikotarpį Zn koncentracijų kaitoje stebimas koncentracijų didėjimo tendencijos, o ypač reikšmingai didėja Zn koncentracija beržų lapuose. Tačiau toks intensyvus Zn koncentracijų augimas registruojamas tik iki 2012 m. Paskutiniuoju laikotarpiu šio elemento koncentracijos stabilizavosi, o 2018 m. vėl pasiekė viena didžiausių reikšmių per visą tiriamąjį laikotarpį. 2019 m. sausra turėjo reikšmingos įtakos šio elemento, kaip ir Na koncentracijoms sumažėti. 2020 m. nustatyta viena didžiausių Zn koncentracijų lapijoje reikšmė. Ji pasiekė 117 mg/kg riba. Tačiau nenustatyta, kad gausesni krituliai galėtų sąlygoti šio elemento kiekius lapijoje. 2017 m. jo koncentracija buvo tik 73 ,g/kg.

Baltijos jūra turi esminės įtakos natrio koncentracijų kaitai vakarinėje Lietuvos dalyje, todėl šio elemento koncentracijos lapijos pavyzdžiuose Žemaitijoje viršijo koncentracijas nustatytas Aukštaitijos KMS (6.4 – 6.6 pav. ir 6.2 lentelė). *Per tiriamąjį laikotarpį dėl didelės svyravimo amplitudės, Žemaitijos KMS natrio koncentracijų kaitoje aiškesnių tendencijų nenustatyta. 2020 m. šio elemento koncentracija viršijo 60 mg/kg ribą.*

Per tiriamąjį laikotarpį, nuo 2005 iki 2020m. Žemaitijos KMS vyraujančių medžių rūšių lapijos pavyzdžiuose reikšmingai didėjo N, K ir ypač Fe koncentracijos. Kiti tirti makro elementai P, Ca, Mn, Mg ir Al turėjo tendencija mažėti. Atskiruose pavyzdžiuose ši tendencija buvo mažiau ar stipriau išreikšta.

Tyrimų rezultatai rodo, kad bepasikartojančios sauros bei intensyvūs krituliai gali turėti reikšmingos įtakos mikroelementų koncentracijų kaitai, kaip ir bendrai miško ekosistemų būklei bei jos tvariai plėtrai.

IŠVADOS

Aukštaitijos KMS bendrojo azoto (N) koncentracijų lapuose ir spygliuose analizė parodė, kad beržų lapuose šio elemento kaupiasi iki 1,5 kartų daugiau negu spygliuose, apie 18 g/kg. Mažiausios koncentracijos nustatytos eglės įvairaus amžiaus spyglių mišinyje – vidutiniškai apie 10-11 g/kg, kiek didesnės pirmų ir antrų metų pušies spygliuose, maždaug apie 12-13 g/kg. Antrų metų pušies spygliuose šio elemento išlika truputį daugiau negu pirmų metų P spygliuose.

Per tiriamąjį laikotarpį, nuo 2005 iki 2019 m. azoto koncentracija beržų lapuose ir pušies spygliuose turi tendenciją didėti, o eglės spygliuose šio elemento koncentracija išlieka stabili. Jei po 2015 m. sausros buvo galima tikėtis, kas drėgmės trūkumas neigiamai veikia medžių būklę ir dėl to jų lapuose/spygliuose mažėja N koncentracijos, tai 2018-2019 m. sausros paneigė šį teiginį. Paskutiniaisiais metais registruojamos vienos didžiausių per visą

tiriamąjį laikotarpį N koncentracijos beržų lapuose ir pušų I ir II metų spygliuose. Pastaraisiais metais net eglės spygliuose N koncentracijos taip pat padidėjo.

2020 m. stebimas ženklus N koncentracijų visuose tirtuose lapijos pavyzdžiuose reikšmingas sumažėjimas.

Per 21 m. tiriamąjį laikotarpį N koncentracijos reikšmingai didėja beržo (po 0,225 g/kg per m.) ir pušies I m. spygliuose (po 0,158 g/kg per m.), nereikšmingai pušies II m. spygliuose (po 0,117 g/kg per m.) ir mažėja, nors taip pat nereikšmingai – eglės spygliuose (po -0,023 g/kg per m.). Nepaisant šio fakto, per visą tiriamąjį laikotarpį N koncentracija lapijoje vidutiniškai didėja po 0,119 g/kg per metus. Tai gerėjančios miško ekosistemos būklės rodiklis.

Didžiausi bendrojo P kiekiai nustatyti beržų lapuose – vidutiniškai apie 2,1 g/kg, kiek mažesnės eglės spyglių mišinyje (1,4 g/kg) ir pirmų metų pušies spygliuose (1,2 g/kg), o sąlyginai mažiausios – antrų metų pušies spygliuose (1,0 g/kg).

P kaitoje stebima vienareikšmė kaitos tendencija, t.y. visuose tirtuose lapų/spyglių pavyzdžiuose P koncentracija pakankamai reikšmingai mažėja: eglės ir pušies spygliuose – po 0,06g/kg ir intensyviau beržų lapuose – po 0,05 g/kg per metus. Žemiausia reikšmė buvo nustatyta perteklinio drėgnumo 2017 metais, o paskutiniaisiais 2018-2019 m. koncentracija nežymiai padidėjo. Gausesniais krituliais pasižyminčiais 2020 m., priešingai nustatytai reakcijai, P koncentracijos lapijoje padidėjo.

Tokiu būdu tiriamuoju laikotarpiu stebimi du priešingi procesai – medžių lapijoje didėja N ir mažėja P koncentracijos, po -0,011 g.kg per metus. Tokį bendrą mažėjimą lėmė reikšmingas P koncentracijos mažėjimas beržų lapuose (po -0,033 g/kg per m.).

Jaunesniuose lapijos organuose (beržų lapuose ir pirmų metų pušies spygliuose) kalio koncentracijos siekė vidutiniškai apie 5g/kg, o senesniuose (bendras eglės spyglių mišinys ir antrų metų pušies spygliai) 4 g/kg. Tai paaiškinama šio elemento išplovimu iš paviršinių ląstelių gausių kritulių metu.

Per tiriamąjį laikotarpį, analogiškai N kaitai, stebima K koncentracijų didėjimo tendencija beržų lapuose (po 0,13g/kg per m.) ir pušies spygliuose (I metų po 0,104 g/kg per m. ir II metų po 0,128 g/kg per m), o eglėlių spygliuose šio elemento koncentracijos išlieka praktiškai stabilios.

2019 m. K koncentracija beržų lapuose ir pušų spygliuose buvo artimos savo didžiausioms reikšmėms per visą tiriamąjį laikotarpį. Nors aiškesnės tendencijos eglėlių spygliuose nenustatyta, tačiau ir juose 2019 m. K koncentracija buvo didesnė nei 2015-2018 m laikotarpiu.

Kalcio koncentracijos spygliuose taip pat priklausė nuo spyglių amžiaus. Mažiausios nustatytos pirmų metų pušies spygliuose, kiek didesnės eglės spyglių mišinyje ir antrų metų pušies spygliuose. Beržų lapuose kalcio koncentracijos, kaip ir kitų tirtų elementų žymiai viršijo koncentracijas nustatytas spygliuose.

Iš esmės priešinga buvo Ca koncentracijų kaita medžių lapijoje. Per 21 m. tiriamąjį laikotarpį Ca koncentracija pakankamai reikšminga mažėjo beržų lapuose (po $-0,259$ g/kg per m.) ir pušų I metų spygliuose po $0,08$ g/kg per m., o didėjo eglė spygliuose (po $+0,146$ g/kg per m.), tačiau šis augimas nebuvo reikšmingas.

Didžiausios magnio koncentracijos nustatytos beržų lapuose, kur jos vidutiniškai siekė $1,8$ g/kg. Mažesnės koncentracijos nustatytos I metų pušies spygliuose ir vyresniuose pavyzdžiuose, apie $0,7-0,8$ g/kg. Per tiriamąjį laikotarpį stebima Mg mažėjimo tendencija ir ypač beržų lapuose (po $-0,124$ g/kg per m.) ir pušies I m. spygliuose (po $-0,08$ g/kg per m.). Šio elemento pokyčiai eglės ir pušies II metų spygliuose yra nereikšmingi.

Mažiausios Mn koncentracijos nustatytos pirmų metų pušies spygliuose ($0,4$ g/kg), dvigubai didesnės eglės spyglių mišinyje ($0,8$ g/kg) ir antrų metų pušies spygliuose ($0,9$ g/kg). Beržų lapuose Mn koncentracijos, kaip ir kitų tirtų elementų žymiai viršijo koncentracijas nustatytas spygliuose ($1,3$ g/kg).

Mn kaitoje stebima mažėjimo tendencija tačiau ji nereikšminga ir tik eglė spygliuose Mn didėja (po $0,044$ g/kg per m.).

Al daugiausiai kaupiasi antrų metų pušies spygliuose, kiek mažiau pirmų metų pušies ir eglės spygliuose bei mažiausiai beržų lapuose. Per tiriamąjį laikotarpį jo koncentracijos lapijoje vidutiniškai mažėja, o pušies I ir II metų spygliuose net reikšmingai (po $-5,9$ ir $8,2$ mg/kg per m. atitinkamai).

Iš tirtų elementų reikšmingiausiai didėja geležies koncentracijos visuose pavyzdžiuose. Intensyviausiai eglės spygliuose (po $2,2$ mg/kg per m.) kiek mažiau pušies II metų spygliuose (po $1,6$ mg/kg per m.) ir beržų lapuose (po $1,34$ mg/kg per m.) bei mažiausiai pušies I metų spygliuose (po $0,51$ mg/kg per m.)

Žemaitijos KMS beržų lapuose šio elemento tyrimų pradžioje kaupėsi iki $1,5$ karto daugiau negu spygliuose (Aukštaitijos KMS – apie 2 k.). Paskutiniu metu laikotarpiu šis santykis artėja taip pat prie 2.

Per tiriamąjį laikotarpį, nuo 2005 iki 2020 m. beržų lapuose stebima azoto koncentracijų mažėjimo tendencija. Mažėja nors ir nereikšmingai N koncentracija ir eglės bei pušies II metų spygliuose, tačiau reikšmingai (po 0,158 g/kg per m.) didėja N koncentracija pušies I metų spygliuose.

Bendrojo fosforo koncentracijų lapijoje tyrimų rezultatai parodė, kad didžiausi šio elemento kiekiai nustatyti beržų lapuose. Apie 2 kartus mažiau šio elemento tirtuose spygliuose. Mažiausiomis P koncentracijomis pasižymėjo antrų metų pušies spygliai.

Per tiriamąjį laikotarpį, nuo 2005 iki 2020 m. bendrojo fosforo koncentracija turi tendencija mažėti. Reikšmingiausiai mažėja P koncentracija beržų lapuose (po 0,07 g/kg per m.) Kituose tirtuose lapijos pavyzdžiuose reikšmingesnių kaitos tendencijų nenustatyta. 2020 m. išsiskiria tik padidėjusiomis šio elemento koncentracijomis pušies spygliuose, lyginant su paskutiniu 5 metų laikotarpiu.

Kalio koncentracijų lapijoje pirmiausiai priklauso nuo spyglių amžiaus. Pirmų metų pušies spygliuose ir beržų lapuose šio elemento yra daugiau negu eglės mišriame ir pušies II metų pavyzdyje.

Per tiriamąjį laikotarpį stebimos šio elemento kiekio vienareikšmės tendencijos – visuose pavyzdžiuose K koncentracijos didėja ir ypač intensyviai pušies spygliuose. Po sausrų poveikio šio elemento koncentracijos reikšmingai mažėjo. Palankios meteorologinės sąlygos turėjo reikšmingos įtakos šio elemento koncentracijų reikšmingam padidėjimui visuose tirtuose lapijos pavyzdžiuose.

Sausrų neigiamas poveikis – K koncentracijų lapijoje mažėjimas.

Kaip ir Aukštaitijos KMS, mažiausios kalcio koncentracijos Žemaitijos KMS nustatytos pirmų metų pušies spygliuose, kiek didesnės eglės spyglių mišinyje ir antrų metų pušies spygliuose. Sąlyginai didžiausios koncentracijos nustatytos beržų lapuose.

Per 2005-2019 m. laikotarpį beržų lapuose ir eglės spygliuose kalcio koncentracijos turi tendenciją mažėti, kai tuo tarpu pirmų ir antrų metų pušies spygliuose šio elemento koncentracijos praktiškai išlieka tame pačiame lygmenyje. Pažymėtinas rodiklis – 2017 m. ženkliai sumažėjusi šio elemento koncentracijos visuose tyrimo objektuose. 2019 m. Ca koncentracijos tirtuose lapijos pavyzdžiuose išliko viename žemiausių per visą tiriamąjį laikotarpį lygmenyje.

Tokiu būdu per tiriamąjį laikotarpį Ca koncentracijos lapijos pavyzdžiuose mažėja pakankamai reikšmingai ir tik pušies II metų spygliuose šio elemento kiekis neturi aiškesnės kaitos tendencijos.

Magnio ir mangano koncentracijų kaitoje buvo matomos bendrosios tendencijos. Beržų lapuose šių elementų koncentracijos net 3-4 kartus buvo didesnės negu spygliuose.

Per tiriamąjį laikotarpį Mn ir Mg koncentracijų kaitoje nustatytos reikšmingos mažėjimo ir panašaus intensyvumo tendencijos. Paskutiniųjų metų sausros galėjo turėti įtakos šių elementų koncentracijoms sumažėti, kadangi 2020 m. šių elementų koncentracijos buvo ženkliai didesnės negu 2018-2019 m.

Nepaisant palankių 2020 m. meteorologinių sąlygų, šių elementų koncentracijos mažėja beveik visuose pavyzdžiuose: Mg koncentracija neturi reikšmingesnės kaitos tendencijos tik pušies II metų spygliuose, o Mn mažėjimas pakankamai reikšmingas nustatytas visuose pavyzdžiuose.

Aluminio koncentracijų kaitoje išaiškinti tie patys esminiai pokyčiai kaip ir Aukštaitijos KMS. Mažiausios koncentracijos Al buvo nustatytos beržų lapuose, 3 kartus didesnės eglės spygliuose, apie 5 kartų – pirmų metų pušies spygliuose ir virš 8 kartų – antrų metų pušies spygliuose. Reikšmingiausiai Al mažėjo pušies spygliuose.

Didžiausios Fe koncentracijos nustatytos antrų metų pušies spygliuose, o likusiuose objektuose jos buvo 2-3 kartus mažesnės. Per tiriamąjį laikotarpį Fe koncentracijos lapijoje turėjo reikšmingos tendencijos, kaip ir Aukštaitijos KMS, Intensyviausiai didėjo Fe koncentracija beržų lapuose (po 2,45 mg/kg per m.), kiek mažiau eglės (po 1,69 mg/kg per m.) ir pušies pirmų metų spygliuose (po 0,66 mg/kg per m.) ir mažiausiai bei nereikšmingai didėjo Fe koncentracija pušies antrų metų spygliuose.

Per tiriamąjį laikotarpį, nuo 2005 iki 2020m. Žemaitijos KMS vyraujančių medžių rūšių lapijos pavyzdžiuose reikšmingai didėjo N, K ir ypač Fe koncentracijos. Kiti tirti makro elementai P, Ca, Mn, Mg ir Al turėjo tendencija mažėti. Atskiruose pavyzdžiuose ši tendencija buvo mažiau ar stipriau išreikšta.

Tyrimų rezultatai rodo, kad bepasikartojančios sauros bei intensyvūs krituliai gali turėti reikšmingos įtakos mikroelementų koncentracijų kaitai, kaip ir bendrai miško ekosistemų būklei bei jos tvariai plėtrai.

6.2. Pagrindinių maistinių elementų koncentracijos nuokritose ir jų kaita 2005-2020 m. laikotarpiu

Integruoto monitoringo stočių veiklos vienas iš pagrindinių tikslų - stebėti gamtinės aplinkos komponentus ir medžiagų srautus jungiančius juos, kas sudarytų galimybę įvertinti įvairių medžiagų balansą stebimuose nedidelių upelių baseinuose. Nuokritų dinamika yra vienas iš cheminių elementų judėjimo tarpsnių ekosistemoje. Nuo jų kiekio bei užterštumo priklauso toksinių medžiagų absorbcijos intensyvumas, kuris sąlygoja įvairių medžiagų balansą, o tuo pačiu ir bendrą miško ekosistemos būklę bei produktyvumą.

Darbo tikslas: pagal tarptautinę integruoto monitoringo programą Lietuvos integruoto monitoringo stotyse (KMS) vykdyti bendrą nuokritų kasmetinės sezoninės dinamikos stebėjimus bei pagal nustatytas pagrindinių elementų koncentracijas nuokritose bei jų srautus miško ekosistemose, išaiškinti į ekosistemą patenkančių medžiagų/teršalų poveikį pagrindiniams geosisteminiam procesams, o taip pat, atsižvelgus į išaiškintus procesus, nustatyti galimą miško ekosistemų būklės tolimesnę raidą.

Cheminių analizių metu nustatomos šios maistmedžiagų koncentracijos lapijoje ir jos nuokritose: Ca, K, Mg, Mn, Al, Fe, N, P.

2020 m. pagrindinis dėmesis buvo skirtas ar išskirtinai šiltas sezonas turėjo reikšmingos įtakos nuokritų kiekiams bei jų cheminei sudėčiai.



Nuokritų tyrimo punktai Aukštaitijos (dešinėje) ir Žemaitijos KM stotyse

Lauko darbų metodika: Nuokritos renkamos kas mėnesį, džiovinamos iki orasausių, po to sveriamos ir taip apskaičiuojama jų metinis kiekis. Cheminių elementų analizei, surinktos nuokritos papildomai buvo grupuojamos pagal mėnesius bei jų pagrindines sudedamąsias. Išskirti 4 pagrindiniai laikotarpiai, kuriais nuokritos buvo sudėdamos. Tai I – laikotarpis: nuokritos surinktos pavasario mėnesį, kai nutirpsta sniegas. Dažniausiai tai būna nuokritos surinktos kovo 1 d. Vėlyvo pavasario metais – balandžio 1 d. Cheminė analizė atliekama šių nuokritų nesumuojant jas su kitomis. II – laikotarpis ankstyvo pavasario. Tai, priklausomai nuo metų, kovo – gegužės mėnesio nuokritos, kuriuose vyrauja medžių pumpurų žvynai. III – laikotarpis – vasaros mėnesiai. Dažniausiai tai birželio – rugpjūčio mėnesiai, intensyvios vegetacijos laikotarpis. IV – laikotarpis – rudens mėnesiai. Tai rugsėjis – lapkritis, maksimalus nuokritų susidarymo laikotarpis. Dėl skirtingos nuokritų sudėties šiais išskirtais laikotarpiais ir išgulėjimo sąlygų rinktuvuose, šių laikotarpių nuokritos sumuojamos, daromas jų bendras ruošinys ir pristatomas į Centrinę aplinkos tyrimų laboratoriją cheminėms analizėms atlikti.

Aplinkos apsaugos agentūros, Aplinkos tyrimų laboratorijoje: indukuotos plazmos optinės emisijos spektrometrijos metodu nustatytos Ca, Mg koncentracijos lapijoje (mg/kg); Kjeldalio metodu – bendrasis azotas (g/kg); spektrometrijos metodu – bendrasis fosforas (g/kg); liepsnos emisijos spektrometrijos metodu – natriis ir kalis (mg/kg).

6.2.1. Nuokritų sezoninė dinamika KMS teritorijose

Aukštaitijos KMS nuokritų tyrimai buvo pradėti 1993 m. lapkričio mėn. Iš pateiktų duomenų matyti, kad nuokritų susidarymo intensyvumas keičiasi metų bėgyje. Žemiausias intensyvumas registruojamas ankstyvo pavasario mėnesiais. Intensyviau nuokritos susidaro birželio mėnesį, o savo maksimumą pasiekia rugsėjo - spalio mėnesiais. 50% susidariusių nuokritų sudaro spygliai, 30 % pušies žievė ir maždaug po 10% kankorėžiai ir beržų lapai.

Nustatyta, kad 2017 m. nuokritų kiekis sudarė 5143 kg/ha. Tai didžiausias nuokritų kiekis surinktas per visą tiriamąjį laikotarpį. Pagrindinė priežastis gausūs krituliai ir stiprus vėjas birželio mėn., per kurį susidarė neįprastai dideli nuokritų kiekiai viršijantys daugiamečių normą keletą kartų, t.y apie 1238 kg/ha.

2018 m. nuokritų kiekis buvo pakankamai įprastas daugiamečiui paskutiniųjų metų vidurkiui ir siekė apie 4300 kg/ha. 2019 m. padidėjusį nuokritų kiekį iki 4500 kg/ha galėjo sąlygoti sausra kovo-birželio mėnesiais, dėl ko pradėjo kristi ir dalis antrų metų spyglių. Sausros registruotos 2015-

2016 m. ir 2018-2019 m. atrodo, kad turėjo įtakos nuokritų kiekiams susidaryti. Šiais išskirtiniais metais mažas kritulių kiekis sąlygojo mažesnius nuokritų kiekius.

2017 m. ir 2020 m. nuokritų kiekis buvo reikšmingai didesnis nei nuokritų kiekis susidaręs sausringais metais ir viršijo net 500 g/m². Nuokritų kiekiai kurie viršijo šią ribą buvo nustatyti dat tik 2011 m., po gausių kritulių 2010 m.

6.3 lentelė Nuokritų kiekiai Aukštaitijos KMS (1994-2020 m.)

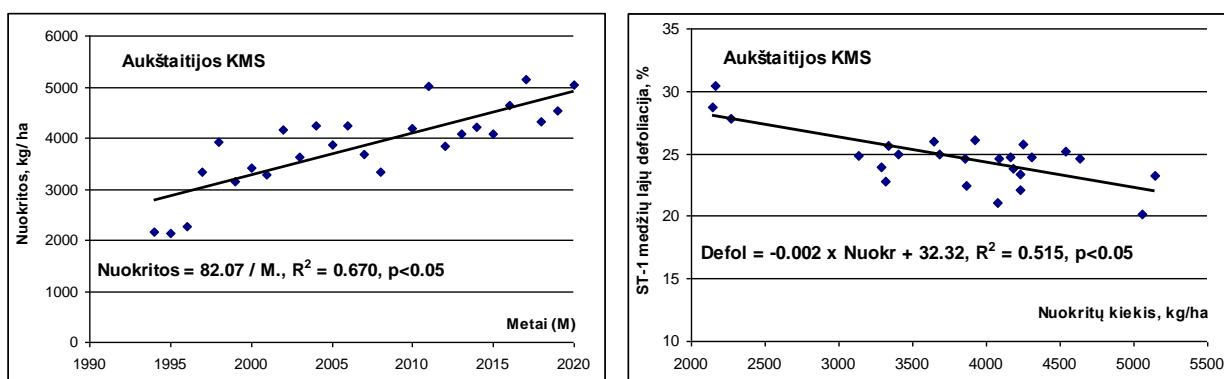
Data	Nuokritų frakcija				Iš viso g / m ²
	Spygliai	Lapai	Žievė	Kankorėžiai.	
1994	113,2	25,9	64,1	13,6	216,8
1995	104,6	24,5	74,5	11,0	214,6
1996*	109,0	21,8	71,6	24,2	226,6
1997	150,3	23,0	103,4	57,0	333,7
1998*	188,7	37,6	124,0	42,0	392,3
1999	208,7	25,0	57,0	23,1	313,8
2000	227,9	22,0	73,8	16,5	340,2
2001	177,7	28,9	91,7	20,7	328,5
2002				27,5	416,5
2003				23,0	364,0
2004				28,8	422,9
2005				12,0	386,1
2006				17,0	424,7
2007				20,0	368,4
2008				18,0	332,1
2009				2,0	175,6
2010				19,7	417,8
2011				11,7	501,9
2012				3,4	385,2
2013				5,0	408,4
2014					422,6
2015					407,8
2016					463,4
2017				3,9	514,3
2018				10,8	430,7
2019				6,6	454,2
2020					505,33
g/m ²	206.8	33.6	106.6	31.0	378.1
kg/ha	2068	336	1066	310	3781
%	54.7	8.9	28.2	8.2	100

• - nuokritų pasiskirstymas į frakcijas interpoliuotas pagal vidutinius rezultatus (%)

Išanalizavus nuokritų kaitą per visą tiriamąjį laikotarpį nustatyta, kad nuokritų kiekis kasmet nuolat didėja po maždaug 80 kg/ha, t.y. jei tyrimų pradžioje Aukštaitijos KMS baseine

vidutiniškai susidarydavo tik apie 2500 kg/ha nuokritų, tai paskutiniuoju laikotarpiu nuokritų kiekis jau artėja prie 5000 kg/ha ribos. Tai būtų aiškinama, dėl reikšmingai sumažėjusio oro užterštumo sieros junginiais ir klimato atšilimo, palaipsniui gerėjančia medžių būkle ir spyglių masės didėjimu.

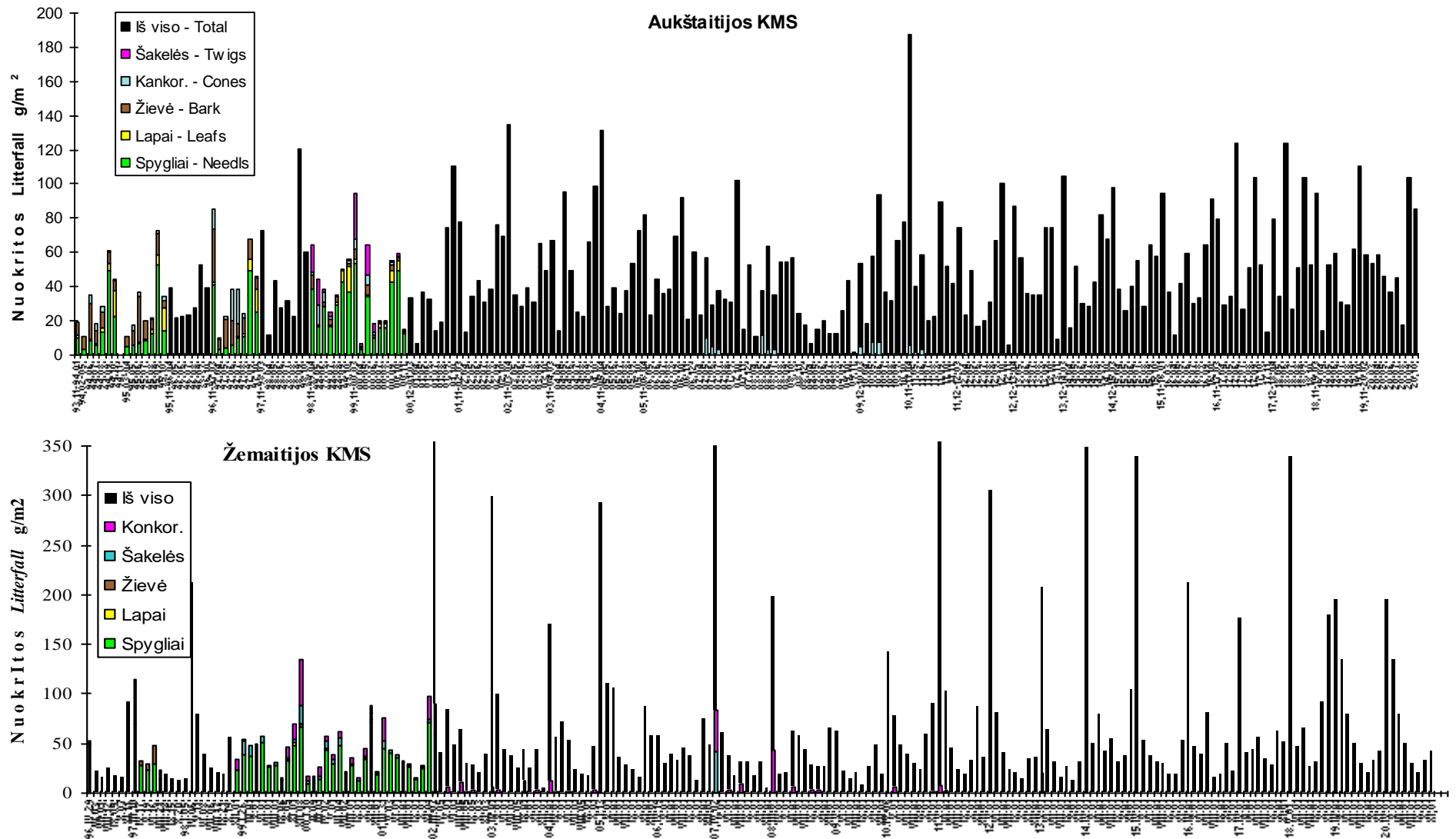
Papildomai atlikta I stacionare augančių medžių lajų defoliacijos (6.7 pav.) ir nuokritų kiekio kaitos analizė parodė, kad didėjantis nuokritų kiekis indikuoja ir didesnę spyglių masę ir mažėjančią defoliaciją, t.y. nuokritų kiekiui didėjant po 100 kg/ha medžių lajų vidutinė defoliacija mažėja maždaug po 0,2 %.



6.7 pav. Nuokritų kiekio kaita Aukštaitijos KMS ir jų priklausomybė nuo medžių lajų vidutinės defoliacijos I-jame tyrimų stacionare.

Pastaba: nuokritų rinkimo stotis įkurta ties šiaurine I tyrimo stacionaro riba.

Nuokritų ir vidutinės defoliacijos bei kritulių kiekio koreliacinė analizė parodė, kad didėjantys kritulių kiekis ir kylanti vidutinė temperatūra didina nuokritų kiekio susidarymą, tačiau ar tai priežastinis ryšys gali parodyti tik ateities tyrimai. Didžiausia tikimybė, kad aplinkosje egzistuoja ir lygiagrečiai vykstantys procesai, neturintys priežastinio ryšio, o tik sutampantis vienas su kitu, t.y. klimato pokyčiai gerina medžių lajų būklę, didina jų biomąsę, tame tarpe ir spyglių, dėl ko metiniai nuokritų kiekiai taip pat didėja.



6.8 pav. Nuokritų sezoninė dinamika kompleksiško monitoringo stotyse

6.4 lentelė Nuokritų kiekiai Žemaitijos KMS (1996-2020m.)

Data	Nuokritų frakcija				Iš viso
	Spygliai	Lapai	Šakelės	Kankorėžiai.	
1996*	-	-	-	-	238,4
1997	194,2	0	93,3	4,3	291,8
1998					496,5
1999	341,7	5,8	48,0	39,6	435,1
2000					411,3
2001			23,3	48,7	360,4
2002				54,7	623,0
2003				25,8	593,0
2004				18,4	436,9
2005					755,06
2006				28,0	375,5
2007			42	54,0	481,8
2008				56,0	488,3
2009				16,0	219,7
2010				7,0	498,5
2011				11	701,0
2012					553,0
2013				20	366,8
2014					743,7
2015					578,3
2016					480,2
2017					492,6
2018				82,8	778,8
2019					582,5
2020					637,5
g/m ²	391.7	4.5	69.7	38.9	504.8
kg/ha	3917	45	697	389	5048
%	77.6	0.9	13.8	7.7	100

- - 1996 m. duomenys nepanaudoti nustatant vidutinius nuokritų kiekius.

Žemaitijos KMS nuokritų tyrimai pradėti tik 1995m. pabaigoje. Nuokritų sezoninės dinamikos rezultatai pateikti 6.4 lentelėje. Daugiausiai nuokritų susidaro rudens-žiemos mėnesiais. Vasarą, nuokritų intensyvumas ne toks žymus, kaip Aukštaitijos KM stotyje. Priežastis ta, kad Žemaitijos nuokritų stebėjimo stotis įsteigta eglyne, o eglės spygliakritis turi tik vieną ryškų periodą.

Iš esmės skiriasi ir nuokritų pasiskirstymas į frakcijas. Net 77% visų nuokritų sudaro eglės spygliai. Medžių žievės nuokritose praktiškai nerasta. Tai sąlygoja eglės žievės struktūra. Skirtingai negu pušies, eglės žievė neatsilupa didelėmis, lengvomis plokštelėmis, kurias vėjas galėtų pernešti didesnę atstumą. Eglės žievė nors ir atsinaujina, tačiau tik mažais storais žvyneliais, kurie nukrenta prie kelminės kamieno dalies.

Žemaitijos KMS nuokritose žymią dalį sudaro sausos, smulkios eglės šakelės. Jos sudaro apie 14% visų nuokritų (6.4 lentelė). Kankorėžių kiekis nuokritose priklausomai nuo metų, svyruoja nuo 0 iki 13%.

Nustatyta, kad 2013 m. nuokritų kiekis Žemaitijos KMS, skirtingai negu Aukštaitijos KMS sumažėjo reikšmingai lyginant su 2012 m. beveik 2 t/ha, o lyginant su 2011 m. beveik 3,5 t/ha. Tai gali būti siejama su ženkliu eglų lajų tankumo didėjimu (defoliacija reikšmingai mažėja).

2014 m. nuokritų kiekis, kaip ir Aukštaitijos KMS pasiekė vieną iš didžiausių reikšmių, t.y. 7437 kg/ha. Tai galėjo sąlygoti eglų šakų apledėjimas, kuris ir padidino nuokritų kiekį per šaltąjį laikotarpį.

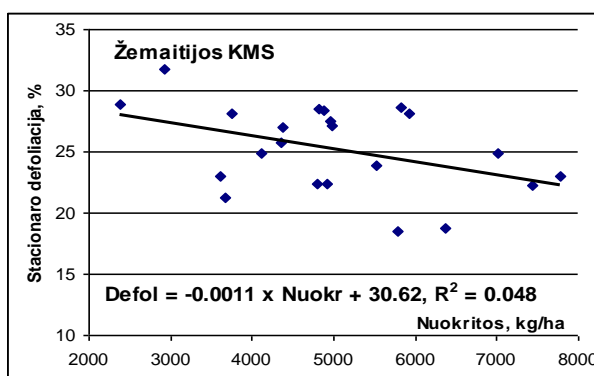
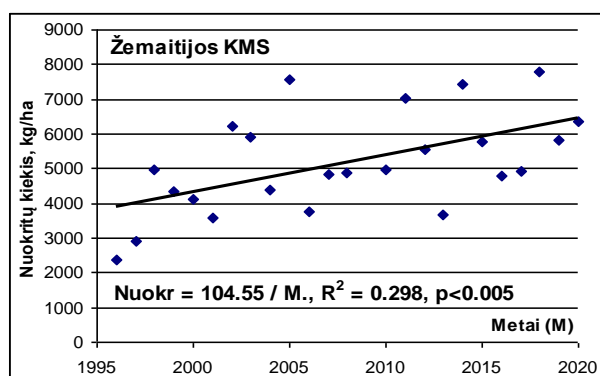
2015 – 2017 m. Žemaitijos KMS nuokritų kiekis žymiai sumažėjo lyginant su 2014 m. nors susidarė pakankamai įprastas nuokritų kiekis, artimas vidurkiui, t.y. 4956 t/ha.

2018 m. nuokritų kiekis pasiekė reikšmę artimą maksimaliai per visą tiriamąjį laikotarpį. Šiais metais susidarė net 7788 kg/ha nuokritų.

2019 m. nuokritų kiekiai sumažėjo iki 5820 kg/ha, nors tai sudarė beveik 1000 kg/ha daugiau negu daugiamečių vidurkis.

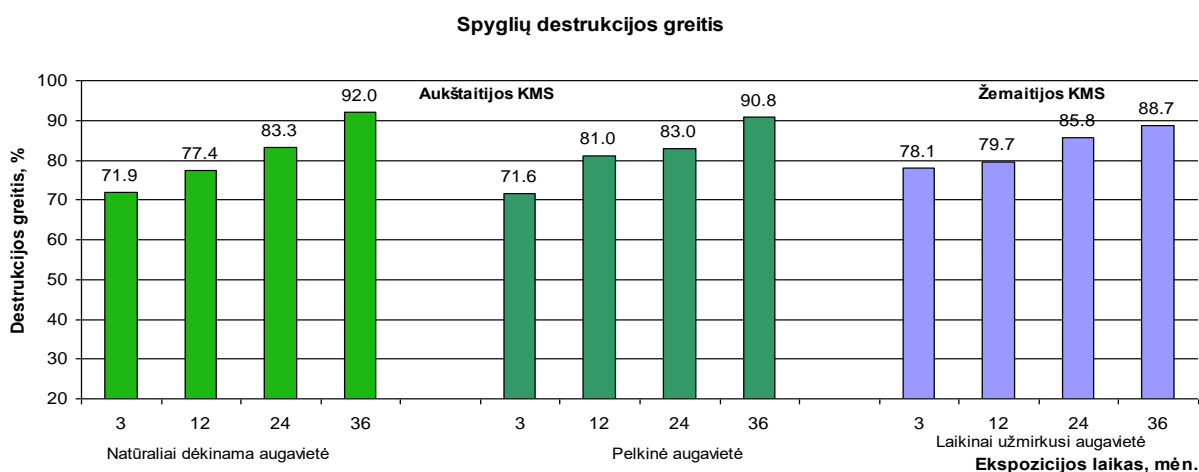
2020 m. susidarė 637 g/m² nuokritų ir tai yra 26 % daugiau negu daugiamečių vidurkis, tačiau skirtingai negu Aukštaitijos KMS, šiais metais nuokritų kiekis nesiekė ir reikšmių artimų maksimalioms, kokios buvo registruotos 2005, 2011, 2014 ir 2018. Minėtais metais nuokritų kiekis viršydavo 700 g/m².

Išanalizavus nuokritų kaitą per visą tiriamąjį laikotarpį nustatyta, kad nuokritų kiekis kasmet, kaip ir Aukštaitijos KMS, nuolat didėja po maždaug 105 kg/ha, t.y. jei tyrimų pradžioje Žemaitijos KMS baseine vidutiniškai susidarydavo tik apie 3000 kg/ha nuokritų, tai paskutiniuoju laikotarpiu nuokritų kiekis jau dažnai viršija 7000 kg/ha ribą. Tai būtų aiškinama taip pat dėl reikšmingai sumažėjusio oro užterštumo sieros junginiais ir klimato atšilimo, palapsniui gerėjančia medžių būkle (spyglių masės didėjimu) bei bendru produktyvumo augimu.

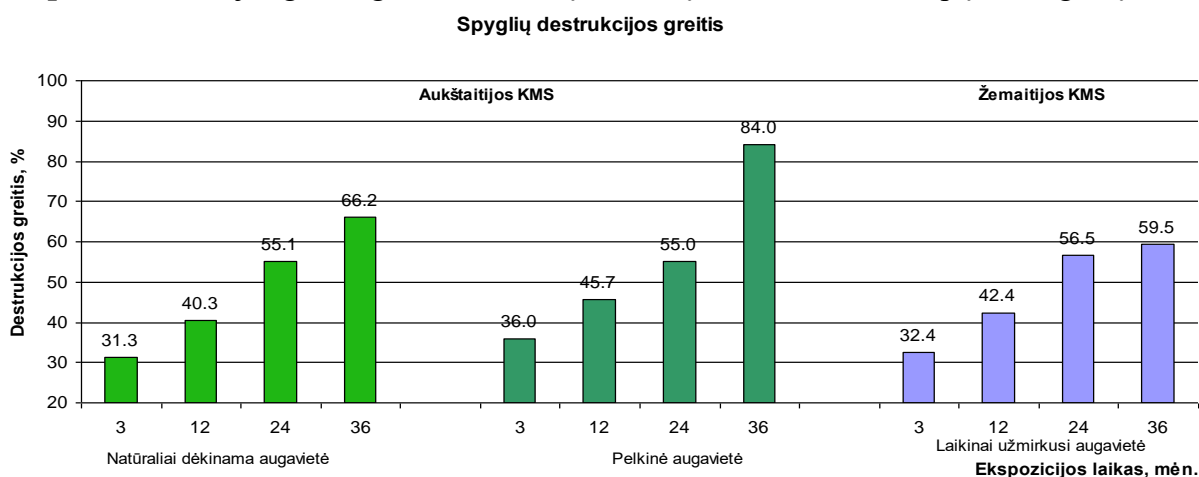


6.10 pav. Tyrimo vietų padėtis. Lietuvai atstovauja Aukštaitijos ir Žemaitijos KMS teritorijose įkurtos destrukcijos tyrimo plotai.

Tyrimai pradėti 2016 m. tęsėsi iki 2020. Aukštaitijos KMS buvo tirta sausos ir pelkinės augavietės poveikis nuokritų skaidimosi intensyvumui, o Žemaitijos KMS laikinai užmirkusios miško augavietės įtaka. Tyrimo plotai buvo susiti su šalimais įkurtais augalijos intensyvaus tyrimo stacionarais. Tyrimų medžiaga pastaruoju laikotarpiu jau yra apdorota ir pateikta spaudai: TaeOh Kwon et al., Effects of Climate and Atmospheric Nitrogen Deposition on Early to Mid-Term Stage Litter Decomposition Across Biomes. Straipsnis pateiktas publikuoti žurnale: *Frontiers in Forests and Global Change, Plant Litter Decomposition, Carbon Sequestration, and Their Patterns*.



6.11 pav. Destrukcijos greitis greitai suirančių nuokritų, kurios atituinka lapų irimo greitį.



6.12 pav. Destrukcijos greitis lėtai suirančių nuokritų, kurios atituinka spyglių irimo greitį.

Nuokritų destrukcijos intensyvumo tyrimas KMS baseino teritorijose parodė, kad greitai irstančios nuokritos, tokios kaip beržų lapai, jau per pirmus 3 mėn. suiro virš 70 % Aukštaitijos KMS tyrimo ploteliuose nepriklausomai nuo augavietėse drėgmės režimo ir truputį intensyviau, iki 78 % Žemaitijos KMS. Šie skirtumai buvo nereikšmingi. Tolesnė

analizė parodė, kad jau po metų sausoje, natūraliai drėkinamoje augavietėje nuokritų suirimo laipsnis siekė 77 %, kai tuo tarpu pelkinėje augavietėje jis buvo artimas 78 %. Žemaitijos KMS suirimo intensyvumas buvo artimas suirimo intensyvumui nustatytam Aukštaitijos KMS pelkinėje augavietėje, t.y. 80 %. Trijų metų ekspozicija aiškesnių skirtumų neišaiškino. Aukštaitijoje nuokritų suirimo laipsnis siekė apie 83 % ir nepriklausė nuo augavietėse drėgnumo, o Žemaitijos KMS jis siekė 86 %. Po 3 jų metų ekspozicijos intensyviausiu suirimu pasižymėjo nuokritos Aukštaitijos KMS natūraliai drėkinamoje augavietėje, kur jos intensyvumas siekė 92 %, kiek mažesniu suirimo laipsniu pasižymėjo nuokritų suirimo laipsnis Aukštaitijos KMS pelkinėje augavietėje ir mažiausiai suirusios buvo nuokritos Žemaitijos KMS laikinai užmirkusioje augavietėje, kur ji siekė 89 %.

Lėtai ir stančios nuokritos, tokios kaip eglių ir pušų spygliai, jau per pirmus 3 mėn. suiro tik 31 % Aukštaitijos KMS natūraliai drėkinamame ir 36 % pelkinės augavietėse tyrimo plotelyje. Žemaitijos KMS šių nuokritų suirimo laipsnis siekė 32 %. Jau po metų sausoje, natūraliai drėkinamoje augavietėje nuokritų suirimo laipsnis siekė 40 %, kai tuo tarpu pelkinėje augavietėje jis buvo artimas 46 %. Žemaitijos KMS suirimo intensyvumas buvo artimas suirimo intensyvumui nustatytam Aukštaitijos KMS natūraliai drėkinamoje augavietėje, t.y. 42 %. Trijų metų ekspozicija aiškesnių skirtumų neišaiškino. Aukštaitijoje nuokritų suirimo laipsnis siekė apie 55 % ir nepriklausė nuo augavietėse drėgnumo, o Žemaitijos KMS jis siekė 56 % ir iš esmės nesiskyrė nuo nuokritų suirimo laipsnio nustatyto Aukštaitijos KMS. Po 3 jų metų ekspozicijos intensyviausiu suirimu pasižymėjo nuokritos Aukštaitijos KMS pelkinėje augavietėje, kur jos intensyvumas siekė 84 %, kiek mažesniu suirimo laipsniu pasižymėjo nuokritų suirimo laipsnis Aukštaitijos KMS natūraliai drėkinamoje augavietėje, t.y. 66 % ir mažiausiai suirusios buvo nuokritos Žemaitijos KMS laikinai užmirkusioje augavietėje, kur ji siekė 60 %.

Apibendrinus gautus rezultatus galima teigti, kad nuokritų destruktijos greičiui didelės įtakos turi miško augavietėse drėgnumas, jam didėjant nuokritų destruktijos greitis didėja. Todėl šylant klimatui ir didėjant kritulių kiekiui nuokritų destruktijos greitis taip pat turėtų didėti, dėl ko į atmosferą turėtų būt išskiriami didesni CO₂ kiekiai prisidedantys prie klimato kaitos tolesnio šiltėjimo. Tai naujos grėsmės skatinantis veiksnys.

6.2.3. Pagrindinių maistinių komponentų sudėties nuokritose kaita Aukštaitijos kompleksiško monitoringo stotyje

Aukštaitijos KMS nuokritose tirtų maistinių elementų kaitai įtakos turėjo ir sezoniškumas, ir nuokritų struktūros ypatumai. Bendrojo azoto ir fosforo koncentracijų kaitoje išsiskiria laikotarpis, kada šių elementų koncentracijos nuokritose didžiausios, tai pavasario mėnesiai, kada nuokritose pradeda vyrauti ne lapija ar žievė, o pumpurų ir stabilų žvyneliai. Mažiausios N ir P koncentracijos nuokritose registruojamos rudens mėnesiais, kada krenta trečių metų pušies spygliai ir beržų lapai. Per žiemos mėnesius lietus ir sniegas, matyt, išplauna šiuos elementus iš spyglių ir lapų, dėl ko koncentracijos šių elementų nuokritose taip pat vienos iš mažiausių.

Per tiriamąjį laikotarpį ***bendrojo azoto kiekis nuokritose turėjo tendenciją didėti po 0,025 mg/g. N didėjo praktiškai visais metų laikais, išskyrus vegetacijos pradžią, kai buvo nustatytas N koncentracijų mažėjimas. Nepaisant išaiškintų tendencijų, N koncentracijų kaita nuokritose yra nereikšminga.***

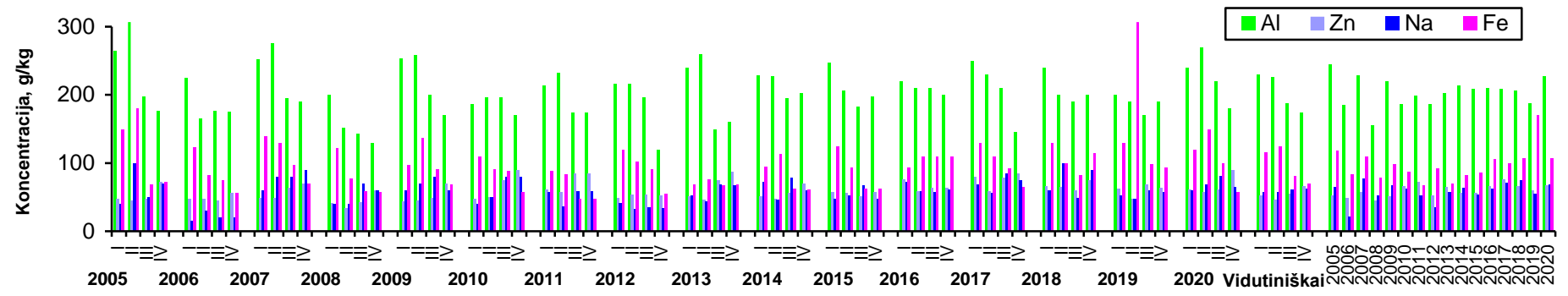
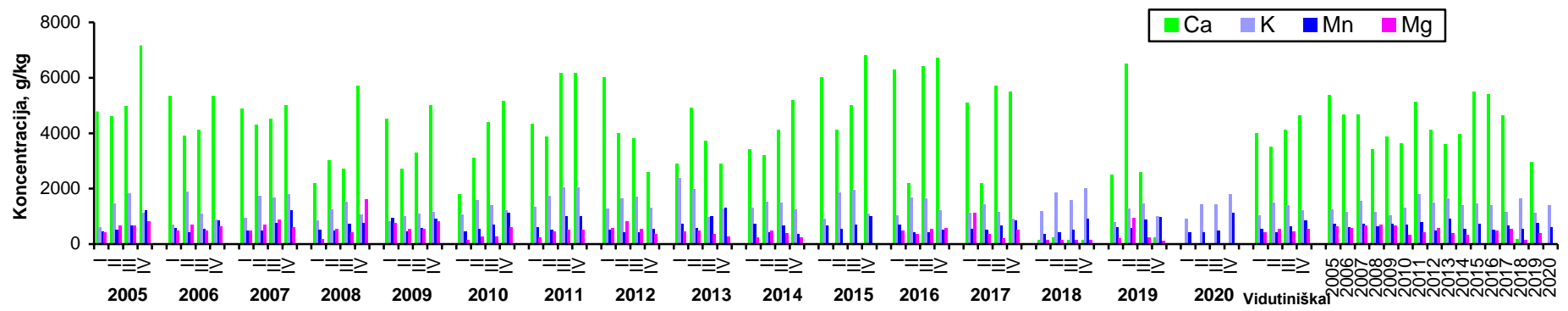
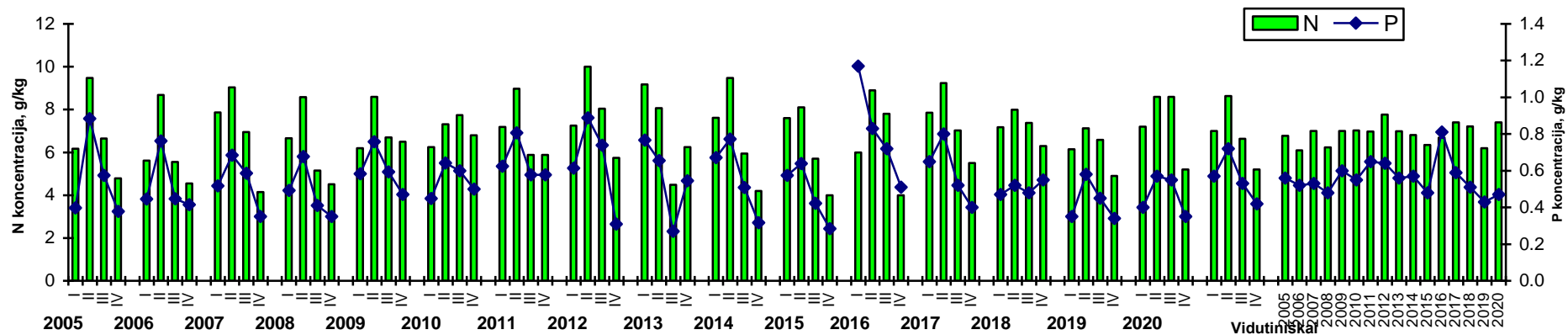
2016-2017 m. šio elemento koncentracijos nuokritose turėjo tendenciją didėti, dėl padidėjusio šio elemento kiekio lapijoje pasibaigus nepalankiam laikotarpiui, t.y. 2015 m. sausrai. 2018 m. sausra galėjo turėti reikšmingos įtakos N koncentracijoms nuokritose ženkliai sumažėti.

2019 m. tyrimų rezultatai patvirtino iškeltą hipotezę, kad sausros turi reikšmingos įtakos N koncentracijoms nuokritose mažėti. 2019 m. N koncentracija reikšmingai mažėjo visais laikotarpiais surinktose nuokritose ir pasiekė savo mažiausias reikšmes per visą tiriamąjį laikotarpį, t.y. vidutiniškai N koncentracija nuokritose sumažėjo iki 6,19 g/kg.

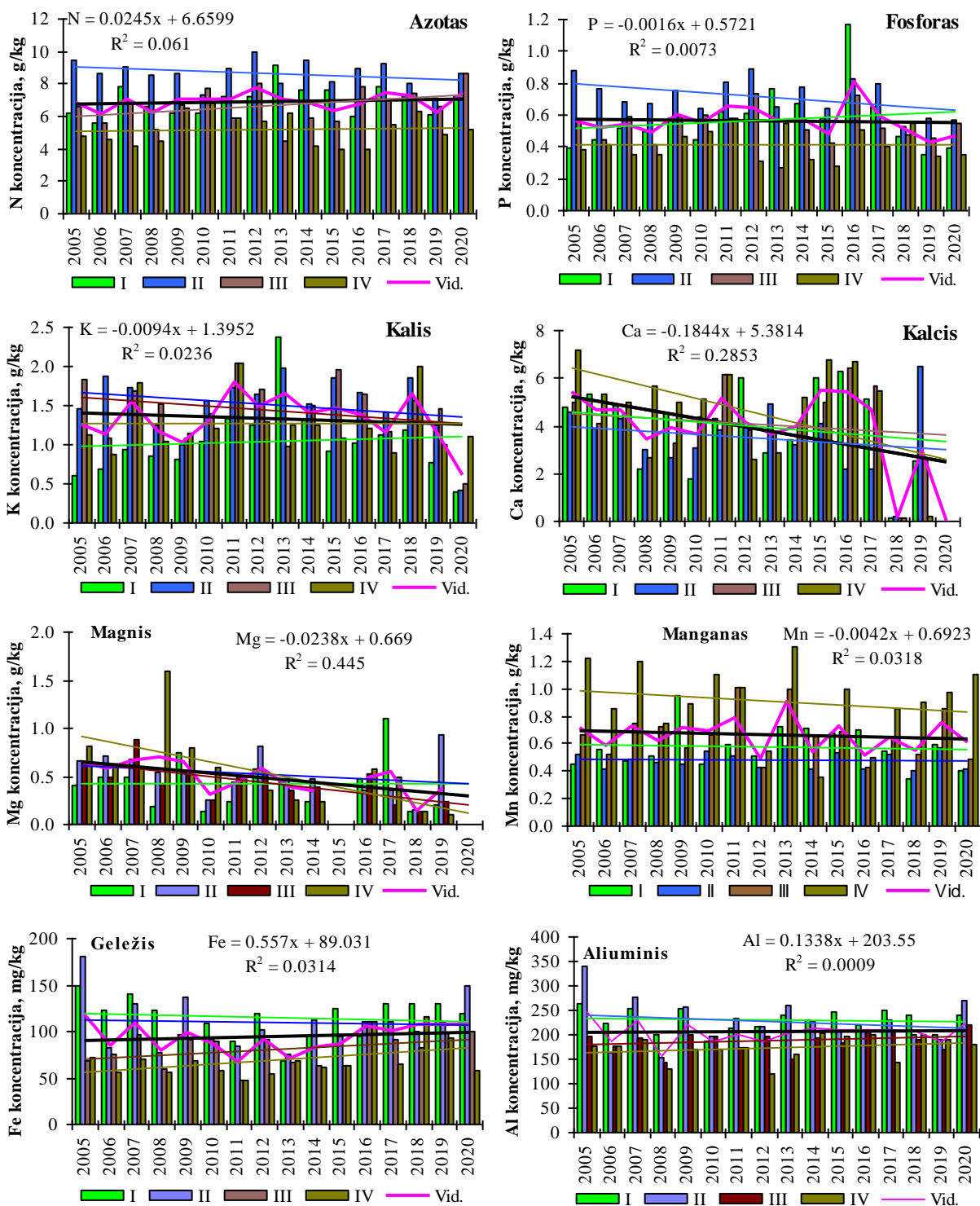
2020 m. N koncentracija nuokritose lyginant su 2019 m. padidėjo praktiškai visais sezonais ir vidutiniškai pakilo iki 7,4g/kg

Bendrojo fosforo kiekis nuokritose per tiriamąjį laikotarpį, skirtingai negu lapijoje, taip pat didėjo tačiau tik iki 2016 m. P koncentracijų augimas nuokritose buvo registruojamas 2005-2011 m. laikotarpiu, kai jis sudarė maždaug po 0,017 g/kg per metus. 2011-2015 m. laikotarpiu P koncentracijos mažėjo nuo 0,65 iki 0,48 g/kg, kas sudarė maždaug po 0,0425 g/kg per metus. Akivaizdžiai matyti, kad toks mažėjimo procesas šiuo laikotarpiu vyksta kelis kartus intensyviau, negu koncentracijų didėjimo procesas tyrimų pradžioje.

Išsiskiria 2016 m., kai P koncentracijos nuokritose pasiekė savo didžiausią reikšmę per visą tiriamąjį laikotarpį ir ypač nuokritose surinktose per šaltąjį laikotarpį (I) (6.13 pav.).



6.13 pav. Pagrindinių maistingųjų komponentų koncentracijų nuokritose kaita 2005-2020 m. Aukštaitijos KMS



6.14 pav. Pagrindinių makroelementų kiekių nuokritose kaita Aukštaitijos KMS

Paskutiniuoju 2017-2019 m. laikotarpiu P koncentracijos nuokritose reikšmingai mažėjo nepriklausomai nuo reikšmingai besiskiriančių šiais metais meteorologinių sąlygų.

Ieškant veiksnių galinčių sąlygoti tokį procesą, reiktų atkreipti dėmesį į nustatytus laikotarpius, bei išaiškinti klimatinį rodiklių kaitą. Viena iš priežasčių galėtų būti ir bepasikartojančios 2015-2016 m. sausros.

6.5 lentelė. Tirtų elementų nuokritose kaitos 2005-2020 m. laikotarpiu reikšmingumas

(p) ir intensyvumas (kaita per metus)

Laikotarpis	Mean	Std.Dv.	r(X,Y)	r ²	t	p	Kaita per m.
I	6.997	0.922	0.260	0.068	1.008	0.331	0.050
II	8.634	0.776	-0.300	0.090	-1.176	0.259	-0.049
III	6.636	1.130	0.361	0.131	1.450	0.169	0.086
IV	5.204	0.950	0.053	0.003	0.200	0.845	0.011
Iš viso N	6.868	0.472	0.247	0.061	0.954	0.356	0.024
I	0.573	0.196	0.165	0.027	0.625	0.542	0.007
II	0.717	0.112	-0.480	0.231	-2.049	0.060	-0.011
III	0.528	0.117	-0.073	0.005	-0.274	0.788	-0.002
IV	0.416	0.096	-0.009	0.000	-0.034	0.974	0.000
Iš viso P	0.558	0.090	-0.085	0.007	-0.320	0.754	-0.002
I	4.009	1.788	-0.208	0.043	-0.766	0.457	-0.083
II	3.519	1.437	-0.189	0.036	-0.693	0.501	-0.061
III	4.105	1.574	-0.177	0.031	-0.650	0.527	-0.062
IV	4.640	2.197	-0.516	0.266	-2.171	0.049	-0.254
Iš viso Ca	4.068	1.336	-0.385	0.148	-1.502	0.157	-0.115
I	1.039	0.442	0.081	0.007	0.306	0.764	0.008
II	1.513	0.393	-0.261	0.068	-1.013	0.328	-0.022
III	1.440	0.402	-0.269	0.072	-1.044	0.314	-0.023
IV	1.270	0.359	-0.011	0.000	-0.042	0.967	-0.001
Iš viso K	1.315	0.291	-0.154	0.024	-0.582	0.570	-0.009
I	0.574	0.151	-0.064	0.004	-0.239	0.815	-0.002
II	0.479	0.061	-0.027	0.001	-0.101	0.921	0.000
III	0.664	0.177	-0.109	0.012	-0.410	0.688	-0.004
IV	0.909	0.266	-0.187	0.035	-0.711	0.488	-0.010
Iš viso Mn	0.656	0.112	-0.178	0.032	-0.679	0.508	-0.004
I	0.420	0.268	-0.003	0.000	-0.011	0.991	0.000
II	0.526	0.216	-0.263	0.069	-0.943	0.364	-0.012
III	0.438	0.196	-0.687	0.472	-3.278	0.007	-0.030
IV	0.550	0.379	-0.640	0.410	-2.888	0.014	-0.053
Iš viso Mg	0.483	0.163	-0.667	0.445	-3.102	0.009	-0.024
I	115.1	21.23	-0.124	0.015	-0.468	0.647	-0.553
II	109.1	28.42	-0.057	0.003	-0.214	0.833	-0.341
III	80.87	17.76	0.363	0.132	1.456	0.167	1.353
IV	69.94	19.45	0.433	0.187	1.797	0.094	1.769
Iš viso Fe	93.77	14.97	0.177	0.031	0.673	0.512	0.557
I	230.0	22.43	-0.082	0.007	-0.307	0.763	-0.385
II	226.8	46.70	-0.170	0.029	-0.644	0.530	-1.663
III	188.0	21.00	0.269	0.073	1.046	0.313	1.188
IV	173.9	24.83	0.268	0.072	1.039	0.316	1.396
Iš viso Al	204.7	21.26	0.030	0.001	0.112	0.912	0.134

2020 m. P koncentracijos nuokritose išliko panašiam lygyje, t.y. apie 0,47 g/kg ir iš esmės nesiskyrė nuo 2017-2019 m. nustatytų koncentracijų.

Per tiriamąjį laikotarpį *bendrojo fosforo kiekis nuokritose turėjo tendenciją mažėti po -0,0025 mg/g. Kiek tai intensyviau koncentracijos mažėjo vegetacijos pradžią, kada mažėjo ir N koncentracijos. Nepaisant išaiškintų tendencijų, p koncentracijų kaita nuokritose neturi reikšmingesnės tendencijos.*

Per tiriamąjį laikotarpį vidutinė *kalcio koncentracija nuokritose turi pakankamai aiškia tendenciją mažėti (po -0,115 g/kg per m.) ir ypač rudens nuokritose (po -0,254 g/kg per m.).*

Nuo 2013 iki 2016 m. Ca koncentracijos nuokritose išaugo nuo 3,6 g/kg iki virš 6 g/kg. *Didžiausios Ca koncentracijos nustatytos 2015-2016 m. laikotarpiu. Paskutiniaisiais metais Ca koncentracijos nuokritose reikšmingai mažėja.* Aiškinant tokios Ca koncentracijos kaitos pagrindines priežastis reiktų dėmesį kreipti į kritulių rūgštingumo ir Ca koncentracijų juose kaitą. *Papildomai prie tokių koncentracijų mažėjimo galėjo prisidėti ir nepaaiškinamai žemos Ca koncentracijos 2018 m.*

Kalio koncentracijoms nuokritose kaip ir Ca išaiškinta mažėjimo tendencija (po 0,009 g/kg per m.. Intensyviausiai šio elemento mažėja vegetacijos laikotarpio nuokritose (po -0,022 g/kg per m.). Kritulių stoka galėjo sąlygoti K jonų mažesnę išplovimą iš negyvųjų organų, dėl ko K koncentracijos nuokritose 2018 – 2019 m. didėjo. Gausūs krituliai žiemos ir pavasario laikotarpiu galėjo turėti reikšmingos įtakos K koncentracijų sumažėjimui 2020 m., kai šio elemento vidutinė koncentracija nuokritose pasiekė 1,39 g/kg.

Per tiriamąjį laikotarpį labai panašiai kito Mn ir Mg koncentracijos nuokritose, kurios mažėjo praktiškai visais metų laikais. Tikrai jei Mn koncentracija mažėjo nereikšmingai, vos po -0,004 g/kg per m., tai Mg koncentracijų mažėjimas buvo reikšmingas ir siekė -0,024 g/kg per m. Reikšmingiausiai šio elemento koncentracija mažėjo vasaros pabaigos ir rudens laikotarpio nuokritose – po -0,05 ir -0,02 g/kg per m. atitinkamai.

Per tiriamąjį laikotarpį taip pat labai panašiai kito Fe ir Al koncentracijos nuokritose, kurios didėjo ir intensyviausiai vasaros pabaigos ir rudens laikotarpių nuokritose. Šių elementų kaitos intensyvumas šiais laikotarpiais siekė maždaug 1,2-1,4 mg/kg per metus, tačiau buvo nereikšmingi.

2018-2019 m. sausros turėjo reikšmingos įtakos Zn ir Na koncentracijoms nuokritose mažėti, o palankiais 2020 m. šių elementų koncentracijos nuokritose vėl padidėjo ir pasiekė 2017 m. lygmenį. .

Apibendrinus tyrimo rezultatus gautus Aukštaitijos KMS baseine nustatyta, kad paskutiniu metu laikotarpiu dėl bepasikartojančių sausrų poveikio reikšmingai nuokritose pradėjo mažėti P, Ca, K, Mn, Mg koncentracijos, didėjimo tendencijos nustatytos tik N, Fe ir Al koncentracijoms.

6.2.4. Pagrindinių maistinių komponentų sudėties nuokritose kaita Žemaitijos kompleksinio monitoringo stotyje

Žemaitijos KMS nuokritų cheminė analizė parodė, kad bendrojo azoto ir fosforo koncentracijų kaitai esminės įtakos, kaip ir Aukštaitijos KMS, turėjo nuokritų sezoniškumas, tačiau skirtingai nei Aukštaitijos KMS, didžiausios bendrojo azoto ir fosforo koncentracijos stebimos pavasario (II) ir vasaros (III) mėnesiais, kiek mažesnės žiemos (I) ir mažiausios vėlyvo rudens (IV) mėnesiais (6.12 pav.).

Per tiriamąjį laikotarpį bendrojo azoto ir kalio koncentracijos nuokritose turėjo skirtingas tendencijas. Nuo tyrimų pradžios iki 2012-2014 m. šių elementų koncentracijos nuokritose turėjo tendenciją didėti ir jau paminėtais metais pasiekė savo maksimalias reikšmes.

Per tiriamąjį laikotarpį bendrojo azoto koncentracijos nuokritose turėjo skirtingas tendencijas metų eigoje. Vasaros ir rudens laikotarpiu N koncentracijos nuokritose didėjo po 0,04-0,05 g/kg per m., o žiemos ir pavasario laikotarpio nuokritose šio elemento aiškesnės kitimo tendencijos nustatyti nepavyko (6.6 lentelė).

N koncentracijų kaitoje paskutiniu metu laikotarpiu aiškesnės tendencijos nenustatyta, nors 2018-2019 m. sausros matyt kad galėjo turėti įtakos N koncentracijoms nuokritose mažėti, taip kaip ir Aukštaitijos KMS baseine.

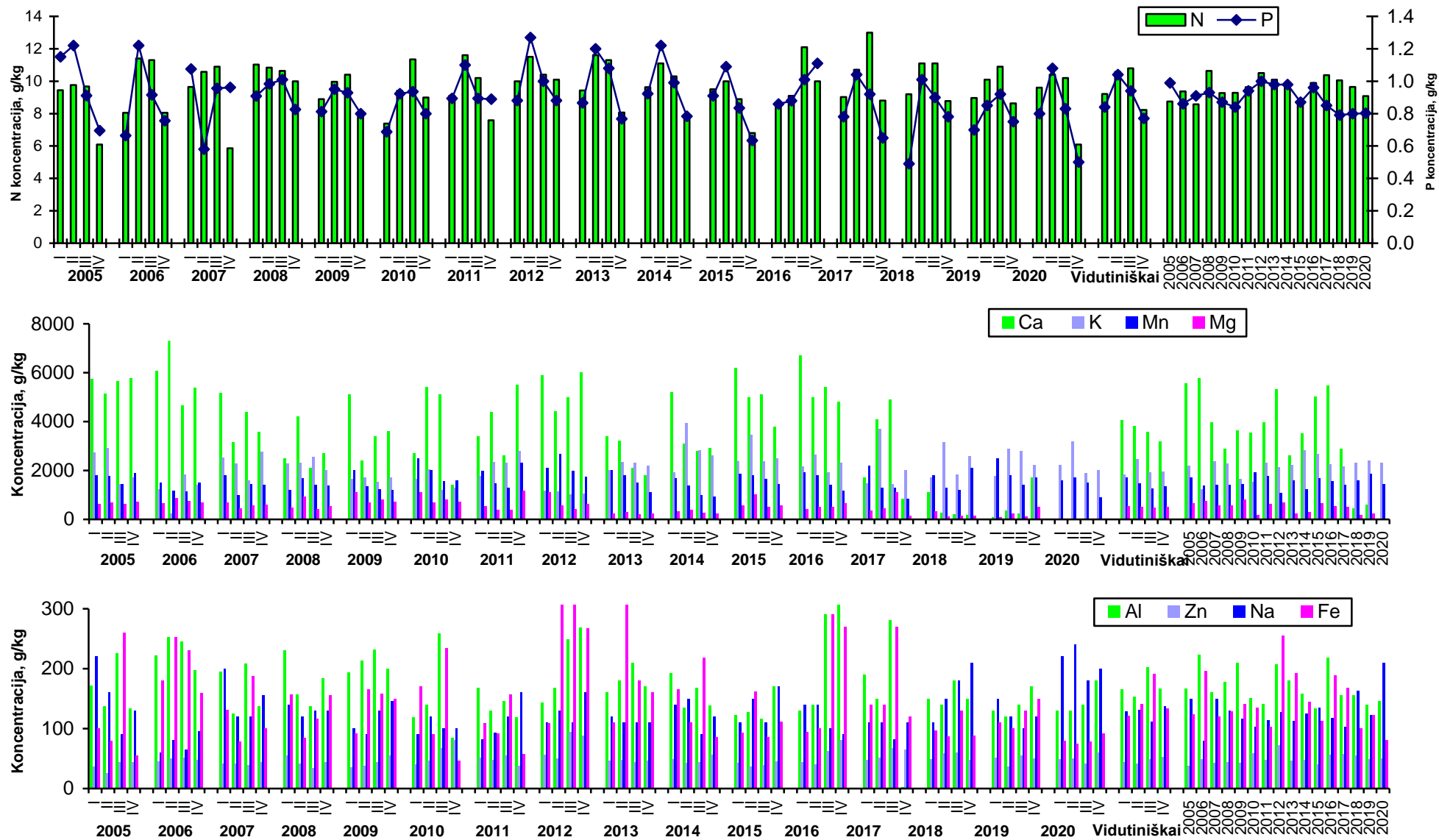
Paskutiniaisiais 2015-2019 m stebimas ženklus P koncentracijų nuokritose mažėjimas, 2018-2019 m. pasiekiant mažiausias savo reikšmes.

2020 m. N koncentracija nuokritose toliau mažėjo iki 9 g/kg, o P jau trejetą metų išlieka stabili 0,8 g/kg lygmenyje.

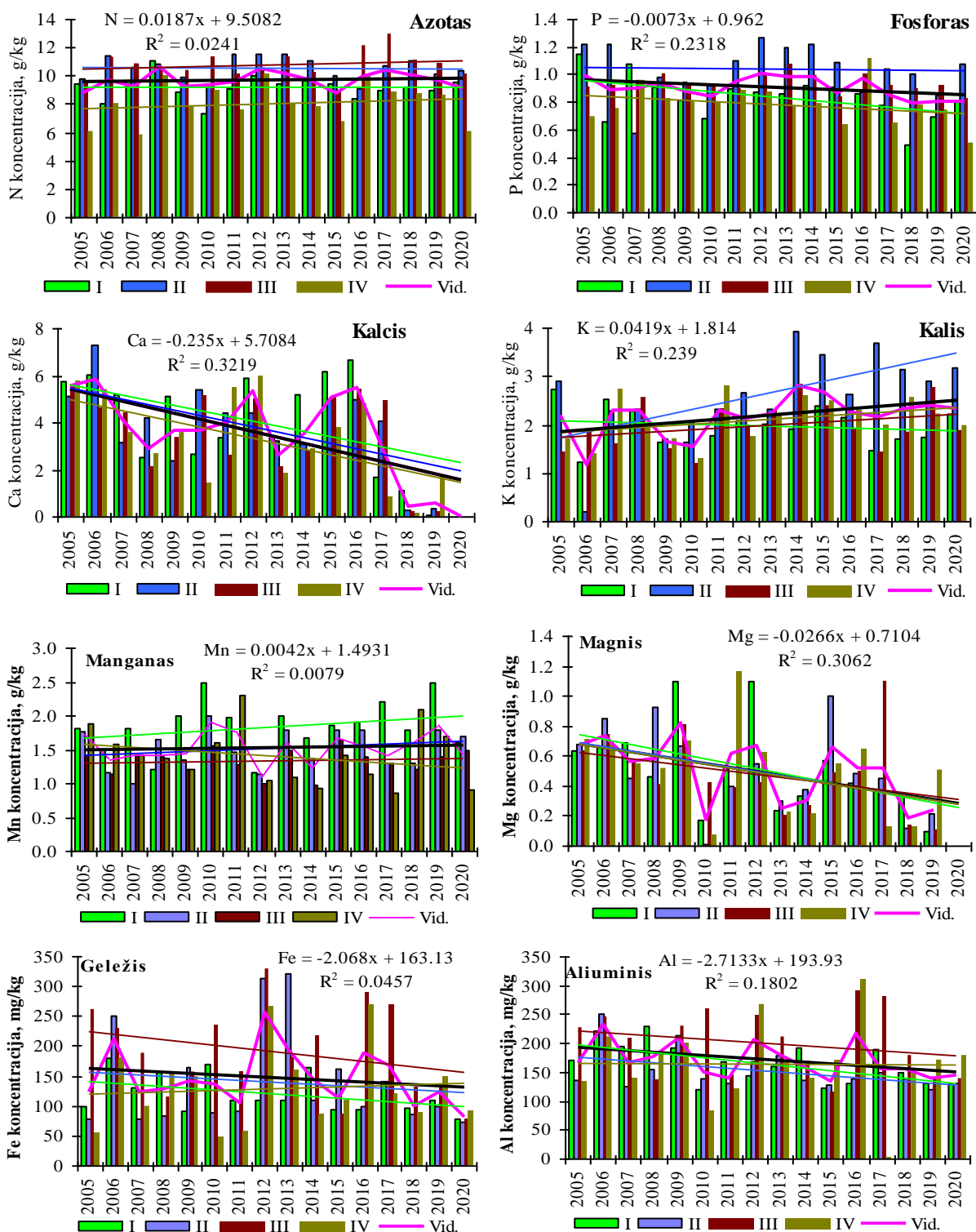
Nepaisant to, vidutiniškai per 16 m. laikotarpį N koncentracijos nuokritose didėjo po 0,02 g/kg per metus, ypač vasaros ir rudens nuokritose, nors tokia kaita buvo nereikšminga. Fosforo koncentracijos nuokritose skirtingai negu N mažėjo po -0,007 g/kg per m. ir tokia kaita buvo arti reikšmingo lygmens. Mažėjimas buvo registruojamas visus metus ir intensyviausiai žiemos ir rudens laikotarpiais (6.6 lentelė).

6.6 lentelė. Tirtų elementų nuokritose kaitos 2005-2020 m. laikotarpiu reikšmingumas (p) ir intensyvumas (kaita per metus) Žemaitijos KMS.

Laikotarpis	Mean	Std.Dv.	r(X,Y)	r ²	t	p	Kaita per m.
I	9.208	0.824	-0.008	0.000	-0.028	0.978	-0.001
II	10.573	0.792	-0.065	0.004	-0.245	0.810	-0.011
III	10.792	0.953	0.198	0.039	0.754	0.463	0.040
IV	8.097	1.375	0.164	0.027	0.624	0.543	0.048
Iš viso N	9.667	0.574	0.155	0.024	0.588	0.566	0.019
I	0.837	0.158	-0.480	0.230	-2.046	0.060	-0.016
II	1.039	0.179	-0.039	0.002	-0.146	0.886	-0.001
III	0.939	0.066	-0.236	0.055	-0.907	0.380	-0.003
IV	0.786	0.139	-0.287	0.083	-1.122	0.281	-0.008
Iš viso P	0.900	0.072	-0.481	0.232	-2.055	0.059	-0.007
I	4.062	2.082	-0.472	0.223	-1.932	0.075	-0.220
II	3.829	1.852	-0.567	0.322	-2.484	0.027	-0.235
III	3.575	1.817	-0.428	0.183	-1.707	0.112	-0.174
IV	3.327	1.889	-0.550	0.302	-2.374	0.034	-0.232
Iš viso Ca	3.698	1.663	-0.579	0.335	-2.559	0.024	-0.215
I	1.972	0.400	-0.163	0.026	-0.616	0.548	-0.014
II	2.611	0.879	0.626	0.392	3.003	0.009	0.116
III	1.986	0.497	0.308	0.095	1.212	0.246	0.032
IV	2.111	0.459	0.346	0.120	1.381	0.189	0.033
Iš viso K	2.170	0.408	0.489	0.239	2.097	0.055	0.042
I	1.844	0.378	0.270	0.073	1.049	0.312	0.021
II	1.526	0.300	0.231	0.053	0.888	0.389	0.015
III	1.334	0.191	0.101	0.010	0.378	0.711	0.004
IV	1.411	0.434	-0.256	0.066	-0.991	0.338	-0.023
Iš viso Mn	1.529	0.224	0.089	0.008	0.334	0.744	0.004
I	0.515	0.296	-0.488	0.238	-2.015	0.065	-0.032
II	0.500	0.288	-0.428	0.183	-1.709	0.111	-0.028
III	0.480	0.266	-0.343	0.117	-1.315	0.211	-0.020
IV	0.495	0.292	-0.404	0.163	-1.591	0.136	-0.026
Iš viso Mg	0.497	0.215	-0.553	0.306	-2.395	0.032	-0.027
I	120.813	31.913	-0.428	0.183	-1.770	0.099	-2.866
II	140.375	82.943	-0.125	0.016	-0.471	0.645	-2.176
III	190.750	74.719	-0.286	0.082	-1.118	0.282	-4.494
IV	130.250	67.342	0.089	0.008	0.336	0.742	1.265
Iš viso Fe	145.547	46.058	-0.214	0.046	-0.819	0.427	-2.068
I	165.188	35.465	-0.590	0.348	-2.735	0.016	-4.396
II	152.688	35.651	-0.444	0.197	-1.852	0.085	-3.322
III	201.375	55.857	-0.244	0.059	-0.941	0.363	-2.862
IV	164.234	69.984	-0.019	0.000	-0.070	0.945	-0.274
Iš viso Al	170.871	30.431	-0.425	0.180	-1.754	0.101	-2.713



6.15 pav. Pagrindinių maistinių komponentų koncentracija nuokritose kaita 2005-2020 m. Žemaitijos KMS



6.16 pav. Pagrindinių makro-elementų kiekių nuokritose kaita Žemaitijos KMS, 2005-2020 m.

K koncentracijų daugiamečiame kaitoje akivaizdi šio elemento didėjimo tendencija praktiškai visus metus. Intensyviausiai didėja šio elemento vegetacijos pradžios nuokritose, net po 0,12 g/kg per m. ir ši kaita yra reikšminga. Po 0,03 g/kg per m. didėja K koncentracijos ir vasaros bei rudens laikotarpiu nors ir nereikšmingai. Tokia sezoninė

koncentracijų kaita sąlygojo, kad vidutiniškai K koncentracija nuokritose per tiriamąjį laikotarpį didėja po 0,042 g/kg per m. ir ši kaita yra beveik reikšminga (4.6 lentelė).

Sausros ar nepakankamas kritulių kiekis atrodo, kad turi įtakos šio elemento gausai nuokritose, dėl sumažėjusio jo išplovimo iš organinio substrato. 2020 m. padidėjus kritulių kiekiui, K koncentracija nuokritose sumažėjo iki 2,32 g/kg, kaip ir buvo sumažėjusi 2017 m. iki 2,1 g/kg.

Kalcio koncentracijų kaitoje sezoniškumo poveikio nustatyti nepavyko, tačiau *per tiriamąjį laikotarpį, analogiškai kaip ir Aukštaitijos KMS, nustatyta šio elemento koncentracijų reikšmingas panašaus intensyvumo mažėjimas* visais metų laikais (po -0,18 - 0,23 g/kg per m.) (6.15 pav. ir 6.6 lentelė). Vienos didžiausių šio elemento koncentracijų nustatyta buvo 2016 m. Intensyviu išplovimu 2017 m. būtų galima aiškinti Ca sumažėjimą nuokritose 2017m. Jei **2018 m. Ca koncentracijų nustatymo patikimumas kėlė abejonių, tai 2019 m. Ca koncentracijos vėl nustatytos vienos iš mažiausių per visą tiriamąjį laikotarpį.**

Skirtingai negu Aukštaitijos KMS nuokritose, Žemaitijos KMS nuokritose mažėja Mg tačiau didėja Mn koncentracijos praktiškai ištisus metus. Būtent Mn koncentracija nuokritose lemia kritulių kiekis, dėl ko 2017 ir 2020 m. Mn koncentracijos nuokritose buvo mažesnės už 1,5 g/kg, o sausros metais jos viršydavo 1,6-1,8 g/kg. 2020 m. šių elementų nuokritose sumažėjo: Mg iki 1,42 g/kg, o Mn iki 1,4. Tokia priklausomybė nuo kritulių galėjo sąlygoti nereikšmingą nei sezoninę nei daugiamečią kaitą.

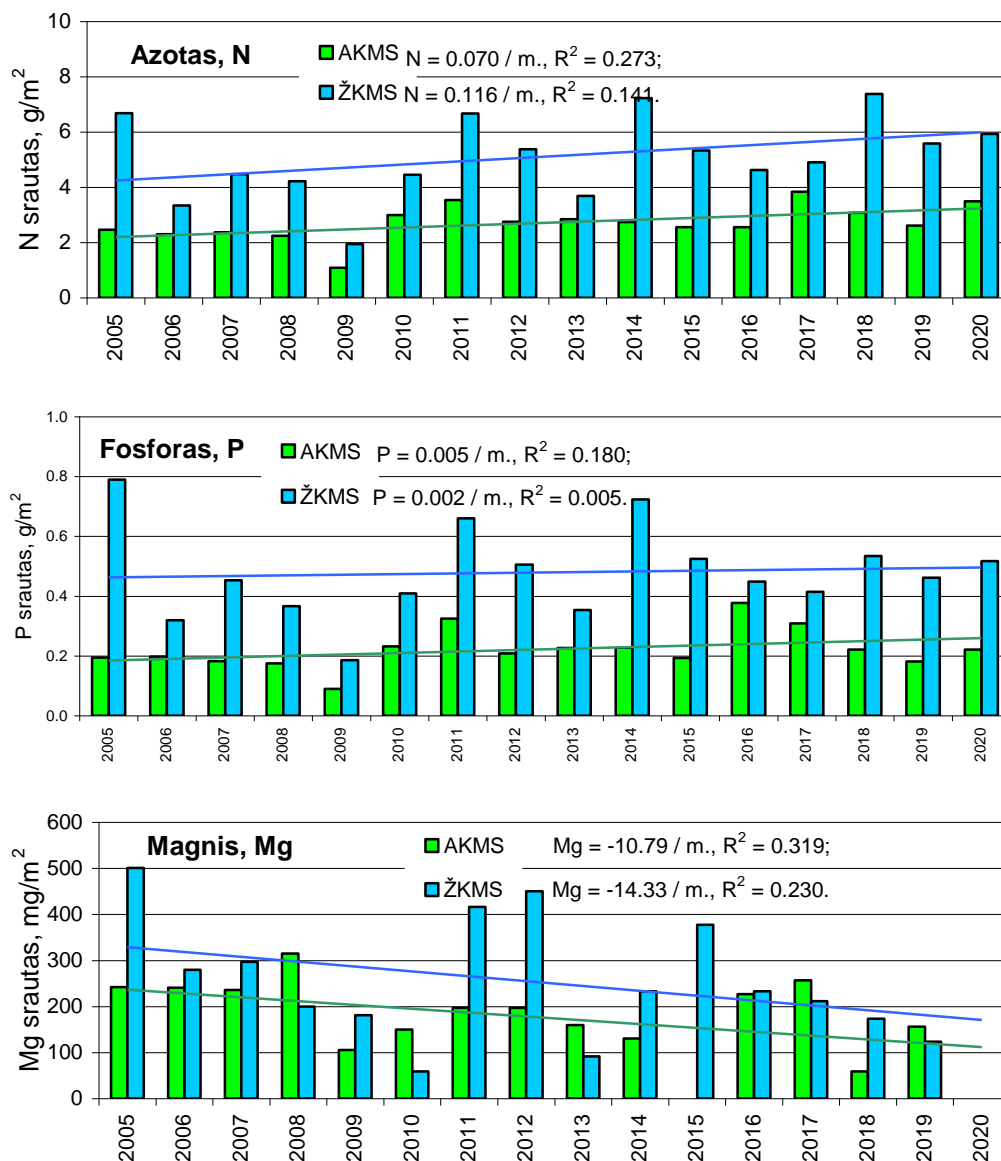
Per tiriamąjį laikotarpį taip pat labai panašiai kito Fe ir Al koncentracijos nuokritose, kurios skirtingai negu Aukštaitijos KMS nuokritose turėjo tendenciją mažėti. Šių elementų mažėjimo intensyvumas buvo panašus ir sudarė po -2,0 ir 2,7 mg/kg per metus, nors ši kaita buvo nereikšminga. 2020 m. Fe koncentracijos nuokritose nežymiai sumažėjo iki 80 mg/kg, o Al išliko panašiam lygmenyje kaip ir ankstesniais metais, apie 145 mg/kg.

Zn koncentracijos per visą tiriamąjį laikotarpį praktiškai išlieka panašiam lygmenyje, 2020 m. jo koncentracija pasiliko apie 50 mg/kg lygmenyje, kai tuo tarpu Na koncentracijoje nustatytas ryškus padidėjimas iki 210 mg/kg. Tai didžiausia reikšmė per visą tiriamąjį laikotarpį ir ji turėtų būt siejama su Baltijos jūros įtaka ir vyraujančių vėjų kryptimi.

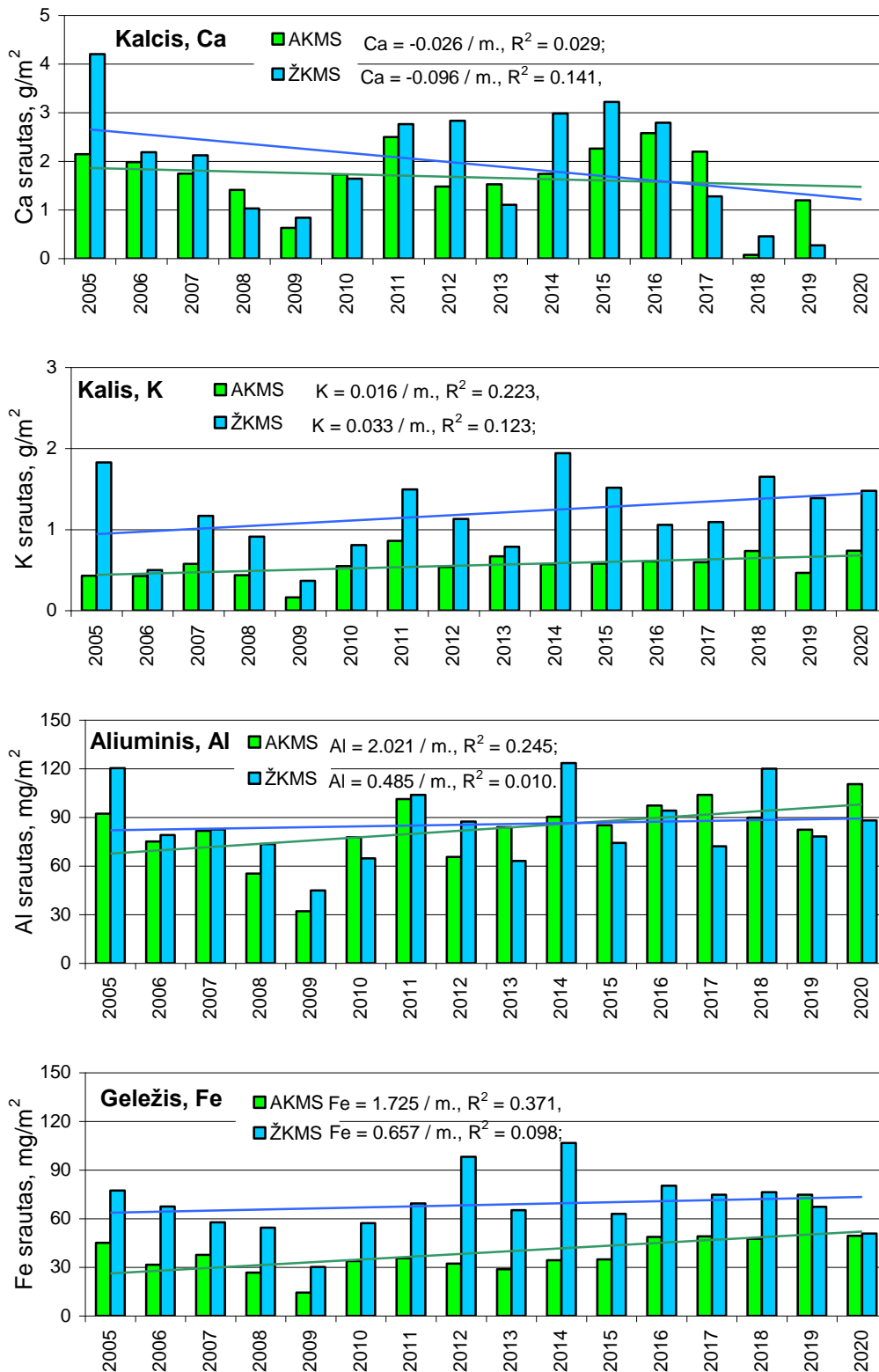
Išskirtinis nuokritų cheminės analizės rezultatų bruožas - daugeliu atveju sausra sąlygojo tirtų elementų didėjimo procesą, dėl jų sumažėjusio išplovimo krituliais ir priešingai, gausūs krituliai išplaudavo elementus, dėl ko jų koncentracijos nuokritose turėjo tendenciją mažėti.

6.2.5. Pagrindinių maistinių komponentų srautai su nuokritomis KM stočių teritorijose

Darbo tikslas – pagal nustatytas pagrindinių elementų koncentracijas bei jų pokyčius nuokritose, išaiškinti į ekosistemą patenkančių šių elementų srautus ir galimą poveikį pagrindiniams geosisteminiams procesams, o taip pat, atsižvelgus į išaiškintus procesus, nustatyti galimą miško ekosistemų būklės tolimesnę raidą.



6.17 pav. Tirtų elementų srautai su nuokritomis Aukštaitijos ir Žemaitijos augalijos intensyvaus tyrimo stacionaruose



6.15 pav. Tirtų elementų srautai su nuokritomis Aukštaitijos ir Žemaitijos augalijos intensyvaus tyrimo stacionaruose

Tirtų elementų srautų analizė parodė, kad Aukštaitijos KMS mišriame ir perbrendusiame pušyne su nuokritomis į paklotę azoto vidutiniškai patenka apie 2,7 g/m², kai

tuo tarpu Žemaitijos KMS bręstančiame eglyne beveik 2 kartus daugiau, apie $5,1 \text{ g/m}^2$. Per tiriamąjį laikotarpį Aukštaitijos KMS šio elemento srautas su nuokritomis didėja po $0,07 \text{ g/m}^2$ per m., o Žemaitijos KMS – po $0,12 \text{ g/m}^2$ per m. (6.17 pav.).

Aukštaitijos KMS mišriame ir perbrendusiame pušyne su nuokritomis į paklotę fosforo vidutiniškai patenka apie $0,22 \text{ g/m}^2$, kai tuo tarpu Žemaitijos KMS bręstančiame eglyne taip pat beveik 2 kartus daugiau, apie $4,8 \text{ g/m}^2$. Per tiriamąjį laikotarpį Aukštaitijos KMS šio elemento srautas su nuokritomis didėja po $0,005 \text{ g/m}^2$ per m., o Žemaitijos KMS žymiai mažiau, vos po $0,002 \text{ g/m}^2$ per m.

Aukštaitijos KMS mišriame ir perbrendusiame pušyne su nuokritomis į paklotę Mg vidutiniškai patenka apie $0,18 \text{ g/m}^2$, kai tuo tarpu Žemaitijos KMS bręstančiame eglyne apie $0,25 \text{ g/m}^2$. Per tiriamąjį laikotarpį Aukštaitijos KMS šio elemento srautas su nuokritomis mažėja po $10,8 \text{ mg/m}^2$ per m., o Žemaitijos KMS intensyviau, po $14,3 \text{ mg/m}^2$ per m.

Aukštaitijos KMS mišriame ir perbrendusiame pušyne su nuokritomis į paklotę Ca vidutiniškai patenka apie $1,7 \text{ g/m}^2$, kai tuo tarpu Žemaitijos KMS bręstančiame eglyne apie $2,0 \text{ g/m}^2$. Per tiriamąjį laikotarpį Aukštaitijos KMS šio elemento srautas su nuokritomis mažėja po $0,0268 \text{ g/m}^2$ per m., o Žemaitijos KMS intensyviau, po $0,096 \text{ g/m}^2$ per m. (6.17 pav.).

Aukštaitijos KMS mišriame ir perbrendusiame pušyne su nuokritomis į paklotę K vidutiniškai patenka apie $0,56 \text{ g/m}^2$, kai tuo tarpu Žemaitijos KMS bręstančiame eglyne apie $1,95 \text{ g/m}^2$. Per tiriamąjį laikotarpį Aukštaitijos KMS šio elemento srautas su nuokritomis didėja po $0,016 \text{ g/m}^2$ per m., o Žemaitijos KMS intensyviau, po $0,033 \text{ g/m}^2$ per m.

Aukštaitijos KMS mišriame ir perbrendusiame pušyne su nuokritomis į paklotę Fe vidutiniškai patenka apie $39,0 \text{ mg/m}^2$, kai tuo tarpu Žemaitijos KMS bręstančiame eglyne apie $68,5 \text{ mg/m}^2$. Per tiriamąjį laikotarpį Aukštaitijos KMS šio elemento srautas su nuokritomis didėja po $1,73 \text{ mg/m}^2$ per m., o Žemaitijos KMS kinta nereikšmingai, vos po $0,66 \text{ mg/m}^2$ per m.

Aukštaitijos KMS mišriame ir perbrendusiame pušyne su nuokritomis į paklotę Al vidutiniškai patenka apie $82,7 \text{ mg/m}^2$, kai tuo tarpu Žemaitijos KMS bręstančiame eglyne apie $85,6 \text{ mg/m}^2$, t.y. skirtingai negu kitų elementų, Al srautas su nuokritomis abiejose stotyse praktiškai yra lygus. Per tiriamąjį laikotarpį Aukštaitijos KMS šio elemento srautas su nuokritomis didėja po $2,02 \text{ mg/m}^2$ per m., o Žemaitijos KMS kinta nereikšmingai, vos po $0,48 \text{ mg/m}^2$ per m. (6.17 pav.).

6.3. Cheminių komponentų koncentracijų kaitos agalijos komponentuose

apibendrinimas

Aukštaitijos KMS bendrojo azoto (N) koncentracijų lapuose ir spygliuose analizė parodė, kad beržų lapuose šio elemento kaupiasi iki 1,5 kartų daugiau negu spygliuose, apie 18 g/kg. Mažiausios koncentracijos nustatytos eglės įvairaus amžiaus spyglių mišinyje – vidutiniškai apie 10-11 g/kg, kiek didesnės pirmų ir antrų metų pušies spygliuose, maždaug apie 12-13 g/kg. Antrų metų pušies spygliuose šio elemento išlika truputį daugiau negu pirmų metų P spygliuose.

2020 m. stebimas ženklus N koncentracijų visuose tirtuose lapijos pavyzdžiuose reikšmingas sumažėjimas.

Per 21 m. tiriamąjį laikotarpį N koncentracijos reikšmingai didėja beržo (po 0,225 g/kg per m.) ir pušies I m. spygliuose (po 0,158 g/kg per m.), nereikšmingai pušies II m. spygliuose (po 0,117 g/kg per m.) ir mažėja, nors taip pat nereikšmingai – eglės spygliuose (po -0,023 g/kg per m.). Nepaisant šio fakto, per visą tiriamąjį laikotarpį N koncentracija lapijoje vidutiniškai didėja po 0,119 g/kg per metus. Tai gerėjančios miško ekosistemos būklės rodiklis.

Didžiausi bendrojo P kiekiai nustatyti beržų lapuose – vidutiniškai apie 2,1 g/kg, kiek mažesnės eglės spyglių mišinyje (1,4 g/kg) ir pirmų metų pušies spygliuose (1,2 g/kg), o sąlyginai mažiausios – antrų metų pušies spygliuose (1,0 g/kg).

P kaitoje stebima vienareikšmė kaitos tendencija, t.y. visuose tirtuose lapų/spyglių pavyzdžiuose P koncentracija pakankamai reikšmingai mažėja: eglės ir pušies spygliuose – po 0,06g/kg ir intensyviau beržų lapuose – po 0,05 g/kg per metus. Žemiausia reikšmė buvo nustatyta perteklinio drėgnumo 2017 metais, o paskutiniaisiais 2018-2019 m. koncentracija nežymiai padidėjo. Gausesniais krituliais pasižyminčiais 2020 m., priešingai nustatytai reakcijai, P koncentracijos lapijoje padidėjo.

Tiriamuoju laikotarpiu stebimi du priešingi procesai – medžių lapijoje didėja N ir mažėja P koncentracijos, po -0,011 g.kg per metus. Tokį bendrą mažėjimą lėmė reikšmingas P koncentracijos mažėjimas beržų lapuose (po -0,033 g/kg per m.).

Kalio koncentracijų tyrimai asimiliaciniuose organuose parodė, kad didėjant lapijos amžiui K koncentracija mažėja. Jaunesniuose organuose (beržų lapuose ir pirmų metų pušies spygliuose) kalio koncentracijos viršijo 5g/kg, o senesniuose (bendras eglės spyglių mišinys ir antrų metų pušies spygliai) – apie 4 g/kg. Tai paaiškinama šio elemento išplovimu iš paviršinių ląstelių gausių kritulių metu.

Per tiriamąjį laikotarpį, analogiškai N kaitai, stebima K koncentracijų didėjimo tendencija beržų lapuose (po 0,13g/kg per m.) ir pušies spygliuose (I metų po 0,104 g/kg per m.

ir II metų po 0,128 g/kg per m), o eglų spygliuose šio elemento koncentracijos išlieka praktiškai stabilios.

Kalcio koncentracijos spygliuose taip pat priklausė nuo spyglių amžiaus. Mažiausios nustatytos pirmų metų pušies spygliuose, kiek didesnės eglės spyglių mišinyje ir antrų metų pušies spygliuose. Beržų lapuose kalcio koncentracijos, kaip ir kitų tirtų elementų žymiai viršijo koncentracijas nustatytas spygliuose.

Per 15 m. tiriamąjį laikotarpį Ca koncentracija pakankamai reikšminga mažėjo beržų lapuose (po -0,259 g/kg per m.) ir pušų I metų spygliuose po 0,08 g/kg per m., o didėjo eglų spygliuose (po +0,146 g/kg per m.), tačiau šis augimas nebuvo reikšmingas. 2020 m. analizės dėl techninių kliūčių nebuvo atliktos

Didžiausios magnio koncentracijos nustatytos beržų lapuose, kur jos vidutiniškai siekė 1,8 g/kg. Mažesnės koncentracijos nustatytos I metų pušies spygliuose ir vyresniuose pavyzdžiuose, apie 0,7-0,8g/kg. Per tiriamąjį laikotarpį stebima Mg mažėjimo tendencija ir ypač beržų lapuose (po -0,124 g/kg per m.) ir pušies I m. spygliuose (po -0,08 g/kg per m.). Šio elemento pokyčiai eglės ir pušies II metų spygliuose yra nereikšmingi. 2020 m. analizės dėl techninių kliūčių nebuvo atliktos

Mažiausios Mn koncentracijos nustatytos pirmų metų pušies spygliuose (0,4 g/kg), dvigubai didesnės eglės spyglių mišinyje (0,8 g/kg) ir antrų metų pušies spygliuose (0,9 g/kg) . Beržų lapuose Mn koncentracijos, kaip ir kitų tirtų elementų žymiai viršijo koncentracijas nustatytas spygliuose (1,3 g/kg).

Mn kaitoje stebima mažėjimo tendencija tačiau ji nereikšminga ir tik eglų spygliuose Mn didėja (po 0,044g/kg per m.).

Al daugiausiai kaupiasi antrų metų pušies spygliuose, kiek mažiau pirmų metų pušies ir eglės spygliuose bei mažiausiai beržų lapuose. Per tiriamąjį laikotarpį jo koncentracijos lapijoje vidutiniškai mažėja, o pušies I ir II metų spygliuose net reikšmingai (po -5,9 ir 8,2 mg/kg per m. atitinkamai).

Iš tirtų elementų reikšmingiausiai didėja geležies koncentracijos visuose pavyzdžiuose. Intensyviausiai eglės spygliuose (po 2,2 mg/kg per m.) kiek mažiau pušies II metų spygliuose (po 1,6 mg/kg per m.) ir beržų lapuose (po 1,34 mg/kg per m.) bei mažiausiai pušies I metų spygliuose (po 0,51 mg/kg per m.)

Žemaitijos KMS beržų lapuose šio elemento tyrimų pradžioje kaupėsi iki 1,5 karto daugiau negu spygliuose (Aukštaitijos KMS – apie 2 k.). Paskutiniu metu laikotarpiu šis santykis artėja taip pat prie 2.

Per tiriamąjį laikotarpį, nuo 2005 iki 2020 m. beržų lapuose stebima azoto koncentracijų mažėjimo tendencija. Mažėja nors ir nereikšmingai N koncentracija ir eglės bei pušies II metų spygliuose, tačiau reikšmingai (po 0,158 g/kg per m.) didėja N koncentracija pušies I metų spygliuose.

Bendrojo fosforo koncentracijų lapijoje tyrimų rezultatai parodė, kad didžiausi šio elemento kiekiai nustatyti beržų lapuose. Apie 2 kartus mažiau šio elemento tirtuose spygliuose. Mažiausiomis P koncentracijomis pasižymėjo antrų metų pušies spygliai.

Per tiriamąjį laikotarpį, nuo 2005 iki 2020 m. bendrojo fosforo koncentracija turi tendenciją mažėti. Reikšmingiausiai mažėja P koncentracija beržų lapuose (po 0,07 g/kg per m.) Kituose tirtuose lapijos pavyzdžiuose reikšmingesnių kaitos tendencijų nenustatyta. 2020 m. išsiskiria tik padidėjusiomis šio elemento koncentracijomis pušies spygliuose, lyginant su paskutiniu 5 metų laikotarpiu.

Kalio koncentracijų lapijoje pirmiausiai priklauso nuo spyglių amžiaus. Pirmų metų pušies spygliuose ir beržų lapuose šio elemento yra daugiau negu eglės mišriame ir pušies II metų pavyzdyje.

Per tiriamąjį laikotarpį stebimos šio elemento kiekio vienareikšmės tendencijos – visuose pavyzdžiuose K koncentracijos didėja ir ypač intensyviai pušies spygliuose. Po sausrų poveikio šio elemento koncentracijos reikšmingai mažėjo. Palankios meteorologinės sąlygos turėjo reikšmingos įtakos šio elemento koncentracijų reikšmingam padidėjimui visuose tirtuose lapijos pavyzdžiuose.

Sausrų neigiamas poveikis – K koncentracijų lapijoje mažėjimas.

Kaip ir Aukštaitijos KMS, mažiausios kalcio koncentracijos Žemaitijos KMS nustatytos pirmų metų pušies spygliuose, kiek didesnės eglės spyglių mišinyje ir antrų metų pušies spygliuose. Sąlyginai didžiausios koncentracijos nustatytos beržų lapuose.

Per 2005-2019 m. laikotarpį beržų lapuose ir eglės spygliuose kalcio koncentracijos turi tendenciją mažėti, kai tuo tarpu pirmų ir antrų metų pušies spygliuose šio elemento koncentracijos praktiškai išlieka tame pačiame lygmenyje. Pažymėtinas rodiklis – 2017 m. ženkliai sumažėjusi šio elemento koncentracijos visuose tyrimo objektuose. 2019 m. Ca koncentracijos tirtuose lapijos pavyzdžiuose išliko viename žemiausių per visą tiriamąjį laikotarpį lygmenyje.

Tokiu būdu per tiriamąjį laikotarpį Ca koncentracijos lapijos pavyzdžiuose mažėja pakankamai reikšmingai ir tik pušies II metų spygliuose šio elemento kiekis neturi aiškesnės kaitos tendencijos.

Magnio ir mangano koncentracijų kaitoje buvo matomos bendrosios tendencijos. Beržų lapuose šių elementų koncentracijos net 3-4 kartus buvo didesnės negu spygliuose.

Per tiriamąjį laikotarpį Mn ir Mg koncentracijų kaitoje nustatytos reikšmingos mažėjimo ir panašaus intensyvumo tendencijos. Paskutiniųjų metų sausros galėjo turėti įtakos šių elementų koncentracijoms sumažėti, kadangi 2020 m. šių elementų koncentracijos buvo ženkliai didesnės negu 2018-2019 m.

Nepaisant palankių 2020 m. meteorologinių sąlygų, šių elementų koncentracijos mažėja beveik visuose pavyzdžiuose: Mg koncentracija neturi reikšmingesnės kaitos tendencijos tik pušies II metų spygliuose, o Mn mažėjimas pakankamai reikšmingas nustatytas visuose pavyzdžiuose.

Aluminio koncentracijų kaitoje išaiškinti tie patys esminiai pokyčiai kaip ir Aukštaitijos KMS. Mažiausios koncentracijos Al buvo nustatytos beržų lapuose, 3 kartus didesnės eglės spygliuose, apie 5 kartų – pirmų metų pušies spygliuose ir virš 8 kartų – antrų metų pušies spygliuose. Reikšmingiausiai Al mažėjo pušies spygliuose.

Didžiausios Fe koncentracijos nustatytos antrų metų pušies spygliuose, o likusiuose objektuose jos buvo 2-3 kartus mažesnės. Per tiriamąjį laikotarpį Fe koncentracijos lapijoje turėjo reikšmingos tendencijos, kaip ir Aukštaitijos KMS, Intensyviausiai didėjo Fe koncentracija beržų lapuose (po 2,45 mg/kg per m.), kiek mažiau eglės (po 1,69 mg/kg per m.) ir pušies pirmų metų spygliuose (po 0,66 mg/kg per m.) ir mažiausiai bei nereikšmingai didėjo Fe koncentracija pušies antrų metų spygliuose.

Per tiriamąjį laikotarpį, nuo 2005 iki 2020m. Žemaitijos KMS vyraujančių medžių rūšių lapijos pavyzdžiuose reikšmingai didėjo N, K ir ypač Fe koncentracijos. Kiti tirti makro elementai P, Ca, Mn, Mg ir Al turėjo tendencija mažėti. Atskiruose pavyzdžiuose ši tendencija buvo mažiau ar stipriau išreikšta.

Bepasikartojančios sauros bei intensyvūs krituliai gali turėti reikšmingos įtakos makroelementų koncentracijų kaitai, kaip ir bendrai miško ekosistemų būklei bei jos tvariai plėtrai.

Aukštaitijos KMS nuokritų tyrimų stotyje (I augalijos stacionaras) intensyviau nuokritos susidaro birželio mėnesį, o savo maksimumą pasiekia rugsėjo - spalio mėnesiais. 50% susidariusių nuokritų sudaro spygliai, 30 % pušies žievė ir maždaug po 10% kankorėžiai ir beržų lapai.

Nustatyta, kad 2017 m. nuokritų kiekis sudarė 5143 kg/ha. Tai didžiausias nuokritų kiekis surinktas per visą tiriamąjį laikotarpį. Pagrindinė priežastis gausūs krituliai ir stiprus vėjas birželio mėn., per kurį susidarė neįprastai dideli nuokritų kiekiai viršijantys daugiamečių normą keletą kartų, t.y apie 1238 kg/ha.

2018 m. nuokritų kiekis buvo pakankamai įprastas daugiamečiui paskutiniųjų metų vidurkiui ir siekė apie 4300 kg/ha. 2019 m. padidėjusį nuokritų kiekį iki 4500 kg/ha galėjo sąlygoti sausra kovo-birželio mėnesiais, dėl ko pradėjo kristi ir dalis antrų metų spyglių. Sausros registruotos 2015-2016 m. ir 2018-2019 m. atrodo, kad turėjo įtakos nuokritų kiekiams susidaryti. Šiais išskirtiniais metais mažas kritulių kiekis sąlygojo mažesnius nuokritų kiekius.

2017 m. ir 2020 m. nuokritų kiekis buvo reikšmingai didesnis nei nuokritų kiekis susidaręs sausringais metais ir viršijo net 500 g/m². Nuokritų kiekiai kurie viršijo šią ribą buvo nustatyti dat tik 2011 m., po gausių kritulių 2010 m.

Išanalizavus nuokritų kaitą per visą tiriamąjį laikotarpį nustatyta, kad nuokritų kiekis kasmet nuolat didėja po maždaug 80 kg/ha, t.y. jei tyrimų pradžioje Aukštaitijos KMS baseine vidutiniškai susidarydavo tik apie 2500 kg/ha nuokritų, tai paskutiniu metu laikotarpiu nuokritų kiekis jau artėja prie 5000 kg/ha ribos. Tai būtų aiškinama, dėl reikšmingai sumažėjusio oro užterštumo sieros junginiais ir klimato atšilimo, palapsniui gerėjančia medžių būkle ir spyglių masės didėjimu.

Didėjantis nuokritų kiekis indikuoja ir didesnę spyglių masę ir mažėjančią defoliaciją, t.y. nuokritų kiekiui didėjant po 100 kg/ha medžių lajų vidutinė defoliacija mažėja maždaug po 0,2 %.

Žemaitijos KMS nuokritų tyrimų stotyje (augalijos tyrimų stacionare) daugiausiai nuokritų susidaro rudens-žiemos mėnesiais. Vasarą, nuokritų intensyvumas ne toks žymus, kaip Aukštaitijos KM stotyje.

Iš esmės skiriasi ir nuokritų pasiskirstymas į frakcijas. Net 77% visų nuokritų sudaro eglės spygliai. Medžių žievės nuokritose praktiškai nerasta. Žymią dalį sudaro sausos, smulkios eglės šakelės. Jos sudaro apie 14% visų nuokritų. Kankorėžių kiekis nuokritose priklausomai nuo metų, svyruoja nuo 0 iki 13%.

2015 – 2017 m. Žemaitijos KMS nuokritų kiekis žymiai sumažėjo lyginant su 2014 m. nors susidarė pakankamai įprastas nuokritų kiekis, artimas vidurkiui, t.y. 4956 t/ha.

2018 m. nuokritų kiekis pasiekė reikšmę artimą maksimaliai per visą tiriamąjį laikotarpį. Šiais metais susidarė net 7788 kg/ ha nuokritų.

2019 m. nuokritų kiekiai sumažėjo iki 5820 kg/ha, nors tai sudarė beveik 1000 kg/ha daugiau negu daugiamečių vidurkis.

2020 m. susidarė 637 g/m² nuokritų ir tai yra 26 % daugiau negu daugiamečių vidurkis, tačiau skirtingai negu Aukštaitijos KMS, šiais metais nuokritų kiekis nesiekė ir reikšmių artimų maksimalioms, kokios buvo registruotos 2005, 2011, 2014 ir 2018. Minėtais metais nuokritų kiekis viršydavo 700 g/ m².

Nuokritų kiekis kasmet, kaip ir Aukštaitijos KMS, nuolat didėja po maždaug 105 kg/ha, t.y. jei tyrimų pradžioje Žemaitijos KMS baseine vidutiniškai susidarydavo tik apie 3000 kg/ha nuokritų, tai paskutiniuoju laikotarpiu nuokritų kiekis jau dažnai viršija 7000 kg/ha ribą. Tai būtų aiškinama taip pat dėl reikšmingai sumažėjusio oro užterštumo sieros junginiais ir klimato atšilimo, palaipsniui gerėjančia medžių būkle (spyglių masės didėjimu) bei bendru produktyvumo augimu.

Didėjantis nuokritų kiekis indikuoja ir didesnę spyglių masę ir mažėjančią defoliaciją, t.y. nuokritų kiekiui didėjant po 100 kg/ha medžių lajų vidutinė defoliacija mažėja maždaug po 0,1 %. Silpnesnį koreliacinį ryšį tarp nuokritų kiekio ir medžių lajų defoliacijos galėjo sąlygoti faktas, kad tyrimai šioje stotyje vykdomi brandžiam eglyne, kuriame reikšmingą dalį nuokritų sudaro smulkios šakelės dažniausiai nulaužomos dėl sniego ar apledėjimo.

Nuokritose tirtų maistinių elementų kaitai įtakos turėjo ir sezoniškumas, ir nuokritų struktūros ypatumai.

Nuokritų destruktijos greičiui didelės įtakos turi miško augavietėse drėgnumas, jam didėjant nuokritų destruktijos greitis didėja. Todėl šylant klimatui ir didėjant kritulių kiekiui nuokritų destruktijos greitis taip pat turėtų didėti, dėl ko į atmosferą turėtų būti išskiriami didesni CO₂ kiekiai prisidedantys prie klimato kaitos tolesnio šiltėjimo. Tai naujos grėsmės skatinantis veiksnys.

Per tiriamąjį laikotarpį bendrojo azoto kiekis nuokritose turėjo tendenciją didėti po 0,025 mg/g. N didėjo praktiškai visais metų laikais, išskyrus vegetacijos pradžią, kai buvo nustatytas N koncentracijų mažėjimas.

2020 m. N koncentracija nuokritose lyginant su 2019 m. padidėjo praktiškai visais sezonais ir vidutiniškai pakilo iki 7,4g/kg. Nepaisant išaiškintų tendencijų, N koncentracijų kaita nuokritose yra nereikšminga.

Bendrojo fosforo kiekis nuokritose per tiriamąjį laikotarpį, skirtingai negu lapijoje, taip pat didėjo tačiau tik iki 2016 m. P koncentracijų augimas nuokritose buvo registruojamas 2005-2011 m. laikotarpiu, kai jis sudarė maždaug po 0,017 g/kg per metus. 2011-2015 m. laikotarpiu P koncentracijos mažėjo nuo 0,65 iki 0,48 g/kg, kas sudarė maždaug po 0,0425 g/kg per metus.

Išsiskiria 2016 m., kai P koncentracijos nuokritose pasiekė savo didžiausią reikšmę per visą tiriamąjį laikotarpį ir ypač nuokritose surinktose per šaltąjį laikotarpį (I). Paskutiniu metu 2017-2019 m. laikotarpiu P koncentracijos nuokritose reikšmingai mažėjo nepriklausomai nuo reikšmingai besiskiriančių šiais metais meteorologinių sąlygų, o 2020 m. išliko panašiam lygyje, t.y. apie 0,47 g/kg kaip ir 2017-2019 m.

Per tiriamąjį laikotarpį bendrojo fosforo kiekis nuokritose turėjo tendenciją mažėti po -0,0025 mg/g. Kiek tai intensyviau koncentracijos mažėjo vegetacijos pradžia, kada mažėjo ir N koncentracijos. Nepaisant išaiškintų tendencijų, P koncentracijų kaita nuokritose neturi reikšmingesnės tendencijos.

Nuo 2013 iki 2016 m. Ca koncentracijos nuokritose išaugo nuo 3,6 g/kg iki virš 6 g/kg. Didžiausios Ca koncentracijos nustatytos 2015-2016 m. laikotarpiu. Paskutiniaisiais metais Ca koncentracijos nuokritose reikšmingai mažėja. Tokiu būdu Per tiriamąjį laikotarpį vidutinė kalcio koncentracija nuokritose turi pakankamai aiškią tendenciją mažėti (po -0,115 g/kg per m.) ir ypač rudens nuokritose (po -0,254 g/kg per m.).

Kalio koncentracijoms nuokritose kaip ir Ca išaiškinta mažėjimo tendencija (po 0,009 g/kg per m.). Intensyviausiai šio elemento mažėja vegetacijos laikotarpio nuokritose (po -0,022 g/kg per m.).

Kritulių stoka galėjo sąlygoti K jonų mažesnę išplovimą iš negyvųjų organų, dėl ko K koncentracijos nuokritose 2018 – 2019 m. didėjo. Gausūs krituliai žiemos ir pavasario laikotarpiu galėjo turėti reikšmingos įtakos K koncentracijų sumažėjimui 2020 m., kai šio elemento vidutinė koncentracija nuokritose pasiekė 1,39 g/kg.

Per tiriamąjį laikotarpį labai panašiai kito Mn ir Mg koncentracijos nuokritose, kurios mažėjo praktiškai visais metų laikais. Tikrai jei Mn koncentracija mažėjo nereikšmingai, vos po -0,004 g/kg per m., tai Mg koncentracijų mažėjimas buvo reikšmingas ir siekė -0,024 g/kg per m. Reikšmingiausiai šio elemento koncentracija mažėjo vasaros pabaigos ir rudens laikotarpio nuokritose – po -0,05 ir -0,02 g/kg per m. atitinkamai.

Per tiriamąjį laikotarpį taip pat labai panašiai kito Fe ir Al koncentracijos nuokritose, kurios didėjo ir intensyviausiai vasaros pabaigos ir rudens laikotarpių nuokritose. Šių elementų kaitos intensyvumas šiais laikotarpiais siekė maždaug 1,2-1,4 mg/kg per metus, tačiau buvo nereikšmingi.

Aukštaitijos KMS mišriame perbrendusiame pušyne paskutiniu metu laikotarpiu dėl bepasikartojančių sausrų poveikio reikšmingai nuokritose pradėjo mažėti P, Ca, K, Mn, Mg koncentracijos, didėjimo tendencijos nustatytos tik N, Fe ir Al koncentracijoms.

Žemaitijos KMS per tiriamąjį laikotarpį bendrojo azoto koncentracijos nuokritose turėjo skirtingas tendencija metų eigoje. Vasaros ir rudens laikotarpiu N koncentracijos nuokritose didėjo po 0,04-0,05 g/kg per m., o žiemos ir pavasario laikotarpio nuokritose šio elemento aiškesnės kitimo tendencijos nustatyti nepavyko.

Vidutiniškai per 16 m. laikotarpį N koncentracijos nuokritose didėjo po 0,02 g/kg per metus, ypač vasaros ir rudens nuokritose, nors tokia kaita buvo nereikšminga. Fosforo koncentracijos nuokritose skirtingai negu N mažėjo po -0,007 g/kg per m. ir tokia kaita buvo arti reikšmingo lygmens. Mažėjimas buvo registruojamas visus metus ir intensyviausiai žiemos ir rudens laikotarpiais.

2020 m. N koncentracija nuokritose toliau mažėjo iki 9 g/kg, o P jau trejetą metų išlieka stabili 0,8 g/kg lygmenyje.

K koncentracijų daugiametėje kaitoje akivaizdi šio elemento didėjimo tendencija praktiškai visus metus. Intensyviausiai didėja šio elemento vegetacijos pradžios nuokritose, net po 0,12 g/kg per m. ir ši kaita yra reikšminga. Po 0,03 g/kg per m. didėja K koncentracijos ir vasaros bei rudens laikotarpiu nors ir nereikšmingai. Tokia sezoninė koncentracijų kaita sąlygojo, kad vidutiniškai K koncentracija nuokritose per tiriamąjį laikotarpį didėja po 0,042 g/kg per m. ir ši kaita yra beveik reikšminga.

Sausros ar nepakankamas kritulių kiekis atrodo, kad turi įtakos šio elemento gausai nuokritose, dėl sumažėjusio jo išplovimo iš organinio substrato. 2020 m. padidėjus kritulių kiekiui, K koncentracija nuokritose sumažėjo iki 2,32 g/kg, kaip ir buvo sumažėjusi 2017 m. iki 2,1 g/kg.

Kalcio koncentracijų kaitoje sezoniškumo poveikio nustatyti nepavyko, tačiau per tiriamąjį laikotarpį, analogiškai kaip ir Aukštaitijos KMS, nustatyta šio elemento koncentracijų reikšmingas panašaus intensyvumo mažėjimas visais metų laikais (po -0,18 -0,23 g/kg per m.)

Žemaitijos KMS nuokritose mažėja Mg tačiau didėja Mn koncentracijos praktiškai ištikus metus. Būtent Mn koncentracija nuokritose lemia kritulių kiekis, dėl ko 2017 ir 2020 m. Mn koncentracijos nuokritose buvo mažesnės už 1,5 g/kg, o sausros metais jos viršydavo 1,6-1,8 g/kg. 2020 m. šių elementų nuokritose sumažėjo: Mg iki 1,42 g/kg, o Mn iki 1,4.

Fe ir Al koncentracijos nuokritose, kurios skirtingai negu Aukštaitijos KMS nuokritose turėjo tendenciją mažėti. Šių elementų mažėjimo intensyvumas buvo panašus ir sudarė po -2,0 ir 2,7 mg/kg per metus, nors ši kaita buvo nereikšminga. 2020 m. Fe koncentracijos nuokritose nežymiai sumažėjo iki 80 mg/kg, o Al išliko panašiam lygmenyje kaip ir ankstesniais metais, apie 145 mg/kg.

Išskirtinis nuokritų cheminės analizės rezultatų bruožas - daugeliu atveju sausra sąlygojo tirtų elementų didėjimo procesą, dėl jų sumažėjusio išplovimo krituliais ir priešingai, gausūs krituliai išplaudavo elementus, dėl ko jų koncentracijos nuokritose turėjo tendenciją mažėti.

Aukštaitijos KMS mišriame ir perbrendusiame pušyne su nuokritomis į paklotę azoto vidutiniškai patenka apie $2,7 \text{ g/m}^2$, kai tuo tarpu Žemaitijos KMS bręstančiame eglyne beveik 2 kartus daugiau, apie $5,1 \text{ g/m}^2$. Per tiriamąjį laikotarpį Aukštaitijos KMS šio elemento srautas su nuokritomis didėja po $0,07 \text{ g/m}^2$ per m., o Žemaitijos KMS – po $0,12 \text{ g/m}^2$ per m.

Aukštaitijos KMS mišriame ir perbrendusiame pušyne su nuokritomis į paklotę fosforo vidutiniškai patenka apie $0,22 \text{ g/m}^2$, kai tuo tarpu Žemaitijos KMS bręstančiame eglyne taip pat beveik 2 kartus daugiau, apie $4,8 \text{ g/m}^2$. Per tiriamąjį laikotarpį Aukštaitijos KMS šio elemento srautas su nuokritomis didėja po $0,005 \text{ g/m}^2$ per m., o Žemaitijos KMS žymiai mažiau, vos po $0,002 \text{ g/m}^2$ per m.

Aukštaitijos KMS mišriame ir perbrendusiame pušyne su nuokritomis į paklotę Mg vidutiniškai patenka apie $0,18 \text{ g/m}^2$, kai tuo tarpu Žemaitijos KMS bręstančiame eglyne apie $0,25 \text{ g/m}^2$. Per tiriamąjį laikotarpį Aukštaitijos KMS šio elemento srautas su nuokritomis mažėja po $10,8 \text{ mg/m}^2$ per m., o Žemaitijos KMS intensyviau, po $14,3 \text{ mg/m}^2$ per m.

Aukštaitijos KMS mišriame ir perbrendusiame pušyne su nuokritomis į paklotę Ca vidutiniškai patenka apie $1,7 \text{ g/m}^2$, kai tuo tarpu Žemaitijos KMS bręstančiame eglyne apie $2,0 \text{ g/m}^2$. Per tiriamąjį laikotarpį Aukštaitijos KMS šio elemento srautas su nuokritomis mažėja po $0,0268 \text{ g/m}^2$ per m., o Žemaitijos KMS intensyviau, po $0,096 \text{ g/m}^2$ per m. (6.14 pav.).

Aukštaitijos KMS mišriame ir perbrendusiame pušyne su nuokritomis į paklotę K vidutiniškai patenka apie $0,56 \text{ g/m}^2$, kai tuo tarpu Žemaitijos KMS bręstančiame eglyne apie $1,95 \text{ g/m}^2$. Per tiriamąjį laikotarpį Aukštaitijos KMS šio elemento srautas su nuokritomis didėja po $0,016 \text{ g/m}^2$ per m., o Žemaitijos KMS intensyviau, po $0,033 \text{ g/m}^2$ per m.

Aukštaitijos KMS mišriame ir perbrendusiame pušyne su nuokritomis į paklotę Fe vidutiniškai patenka apie $39,0 \text{ mg/m}^2$, kai tuo tarpu Žemaitijos KMS bręstančiame eglyne apie $68,5 \text{ mg/m}^2$. Per tiriamąjį laikotarpį Aukštaitijos KMS šio elemento srautas su nuokritomis didėja po $1,73 \text{ mg/m}^2$ per m., o Žemaitijos KMS kinta nereikšmingai, vos po $0,66 \text{ mg/m}^2$ per m.

Aukštaitijos KMS mišriame ir perbrendusiame pušyne su nuokritomis į paklotę Al vidutiniškai patenka apie $82,7 \text{ mg/m}^2$, kai tuo tarpu Žemaitijos KMS bręstančiame eglyne apie $85,6 \text{ mg/m}^2$, t.y. skirtingai negu kitų elementų, Al srautas su nuokritomis abiejose stotyse

praktiškai yra lygus. Per tiriamąjį laikotarpį Aukštaitijos KMS šio elemento srautas su nuokritomis didėja po $2,02 \text{ mg/m}^2$ per m., o Žemaitijos KMS kinta nereikšmingai, vos po $0,48 \text{ mg/m}^2$ per m.

Aukštaitijos KMS tirtame mišriame medyne per tiriamąjį 16 m. laikotarpį su nuokritomis didėja srautai šių elementų: N, K, Al ir Fe, nereikšmingai keičiasi P ir mažėja Mg ir Ca. Žemaitijos KMS tirtame bręstančiame eglyne per tiriamąjį 16 m. laikotarpį su nuokritomis didėja srautai šių elementų: N ir K, nereikšmingai keičiasi P, Al ir Fe ir mažėja Ca ir ypač Mg.

VII. DIRVOŽEMIO VANDENS, GRUNTINIO BEI PAVIRŠINIO (UPELIŲ) VANDENS TYRIMAI AUKŠTAITIJOS IR ŽEMAITIJOS IM STOČIŲ UPELIŲ BASEINŲ TERITORIJOSE (*Gamtos tyrimo centras dr. I. Baužienė*)

Iki 2015 m. dirvožemio vandens, gruntinio bei paviršinio (upelių) vandens tyrimus Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stočių upelių baseinų teritorijose vykdė Gamtos tyrimo centro Geologijos ir geografijos instituto mokslininkai vadovaujami dr. I. Baužienės. Nuo 2017 m. duomenų surinkimą ir pradinį jų apdorojimą atliko ASU mokslininkai, konsultuojami dr. I. Baužienės. 2020 m. detalius hidrologinius tyrimus upelių baseinuose vėl atliko Geologijos ir geografijos instituto mokslininkė dr. I. Baužienė.

Integruoto monitoringo teritorijose Lietuvoje, dviejose sąlygiškai natūraliose ekosistemose Aukštaitijos nacionalinio parko Ažvinčių girios rezervate (nuo 1993 m.) ir Žemaitijos nacionalinio parko Plokštinės girios rezervate (nuo 1995 metų) stebima ekosistemų būklė. Ekosistemos būklės pokyčiai įvertinami pagal pamatinių ekosistemos elementų dirvožemio, dirvožemio vandens, gruntinio vandens cheminės sudėties dinamiką. Analizuojant šiuos duomenis drauge su kritulių duomenimis, vertinamas su tolimomis pernašomis į Lietuvos teritoriją patenkančių teršalų kaupimasis ir pakitimas dirvožemyje, nustatomas medžiagų išplovimo iš dirvožemių režimas, migracijos keliai ir teršalų patekimas į gruntinį vandenį, bei išnešimas upeliais į paviršinio vandens telkinius. Dabartiniu metu dirvožemio sudėties, upelio, dirvožemio vandens ir gruntinio vandens režimo ir sudėties stebėseną rodo ir klimato pokyčių pasekmės.

Šie duomenys naudingi, sudarant balansus ir modelius, pagal kuriuos įvertinamas antropogeninės veiklos ir klimato kaitos poveikis natūralioms ekosistemoms ir prognozuojama jų būklė ateityje. Sąlygiškai natūralių ekosistemų monitoringo duomenis galima naudoti kaip atskaitos tašką, vertinant regioninę taršą, jungti į globalios taršos vertinimo sistemą.

2020 m. atlikti šie techninėje užduotyje numatyti darbai:

1. surinko ir apdorojo dirvožemio vandens, gruntinio vandens ir upelių vandens cheminės analizės 2015-2020 metų duomenis;
2. vykdė stebėjimų įrangos patikrą integruoto monitoringo teritorijose;
3. nustatė ištirpusių maistinių medžiagų (azotas ir fosforas) ir sieros balansų nuotėkio sudedamąsias Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stočių baseinuose;
5. atliekant tyrimus, vadovautasi ICP IM programos ir ICP IM Vadovo kompleksiniam monitoringui (Manual for Integrated Monitoring. Convention on Long-range Transboundary Air Pollution of the UNECE, International Cooperative Programme on Integrated Monitoring

of Air Pollution Effects on Ecosystems. Changes in reporting of biological data (subprogrammes: VG, VS) in 2010, toliau - ICP IM Vadovas) reikalavimais;

6. palygino 2020 metų duomenis su gautais iš AAA 2019 metų bei 1994-2015 metų laikotarpio duomenimis.

Kompleksiniai dirvožemio vandens, gruntinio vandens bei upelių vandens cheminės sudėties tyrimai atliekami mažų upelių baseinuose, esančiuose Aukštaitijos (LT01) ir Žemaitijos (LT03) nacionaliniuose parkuose – tose vietose, kur antropogeninis poveikis yra mažiausias visoje Lietuvoje. Daroma prielaida, kad baseinai hidrologiškai yra uždari. Detalus upelių baseinų fizinis-geografinis, klimatinų rodiklių aprašymas, teminiai žemėlapiai, darbų vykdymo ir cheminių analizių metodikos pateiktos Geografijos instituto ataskaitose (Dirvožemių..., 1993, Dirvožemių..., 1994, Dirvožemių..., 1995).

Pastovūs dirvožemio vandens, gruntinio vandens bei upelių vandens cheminės sudėties stebėjimai Aukštaitijos nacionalinio parko integruoto monitoringo teritorijoje (NP IMT) pradėti 1993 metų rudenį, o Žemaitijos NP IMT – 1995-jų metų pavasarį.

Nuo 1999.01.04 Aukštaitijos nacionaliniame parke, Rūgštėlišio kaime, kuris yra už 4,5 km į Šiaurės rytus nuo Integruoto monitoringo teritorijos (10 km iki Tauragnų miesto, 17 km nuo Ignalinos MS ir 21 km nuo Dūkšto MS) įkurta meteorologinė stotis. Šalia meteorologinės stoties aikštelės buvo instaliuoti trys PT1000 dirvožemio temperatūros matavimo davikliai, kuriais imta matuoti dirvožemio temperatūrą 20, 10, ir 5 cm gyliuose. 2001.10.30 – dirvožemio temperatūrą matuojantys PT1000 davikliai perkelti už 100 m, į miško dirvožemį, o 2012.01.18 PT1000 dirvožemio temperatūros matavimo davikliai pakeisti kitais, automatiniiais davikliais (*Campbell Scientific* 107 temperatūros matavimo zondai su *BetaTherm* 100K6A termistoriais).

Dirvožemio vandens mėginiai cheminei analizei imami kas mėnesį šiltuoju metų laikotarpiu. Tuo pačiu apskaičiuojamas ir dirvožemio vandens nuotėkis iš 1 km² 20 cm ir 40 cm gyliuose. Jei žiemą dirvožemis būna neįšalęs ir kartojasi dažni atlydžiai, vandens pavyzdžiai imami ir dirvožemio vandens nuotėkis skaičiuojamas tuo pačiu periodiškumu.

Suomių tyrėjai 1997–1998 metais, finansuojant Šiaurės šalių ministrų tarybai (Nordic Council of Ministers), vykdė programą "The Integrated Groundwater Monitoring Network in the Baltic and Nordic Countries" ir įrengė du standartinius, uždaro tipo lizimetrus, kurie Žemaitijos IMT veikia iki šiol ir vadinami didžiuoju ir mažuoju suomių lizimetrais.

Didysis suomių lizimetras yra 140 cm skersmens ir 170 cm gylis (pagamintas iš stiklo pluošto) bei skirtas infiltracinio vandens debitui stebėti. Iš lizimetro dugno susikaupęs vanduo plastiko vamzdžiu nuteka į rinktuvą namelin, kur *kas savaitę* išmatuojamas jo tūris. Debito

matavimai atliekami nuo 1998 lapkričio 11 dienos. Kritulių kiekiui, patenkančiam į lizimetrą, stebėti šalia jo (už 1 metro įrengtas kritulmatis). Matuojamas per savaitę susikaupęs kritulių kiekis.

Mažasis suomių lizimetras yra pagamintas iš plastikinio 56 cm skersmens ir 70 cm ilgio vamzdžio ir naudojamas infiltracinio vandens kiekio ir cheminės sudėties stebėjimui. Kitaip, nei seklieji lizimetrai (20 ir 40 cm), mažasis suomių lizimetras stebėjimo laikotarpiu dar nebuvo užšalęs (gylis 70 cm). Jis yra uždaras, sujungtas vamzdžiu su nameliu, kuriame yra indas vandeniui. Kas mėnesį nustatomas prasifiltravusio vandens tūris ir paimamas 1 litro mėginys cheminei analizei laboratorijoje.

Kas mėnesį nustatomas dirvožemio drėgnumas 20 ir 40 cm gyliuose.

Gruntinio vandens mėginiai imami 6 kartus per metus, gruntinio vandens lygis matuojamas kas 2 savaites.

Upelių vandens mėginiai cheminei analizei imami kas mėnesį visus metus, pagal savirašių duomenis apskaičiuojami kasdieniai upelių debitai. Upelių vandenyje kas mėnesį išmatuojamas ištirpusio deguonies kiekis.

Visose trijose vandens mėginių rūšyse (dirvožemio, gruntinio ir upelio) nuo stebėjimų pradžios reguliariai analizuojama SO_4 , NO_3N , NH_4N , Ca, Na, K, Mg, Cl, $P_{visuminis}$, Mn, Fe, Si, pH. Nuo 2000 metų matuojamas fosfatų fosforo (PO_4P), ir visuminio azoto ($N_{visuminis}$) kiekis, nuo 2002 m. pradėta matuoti visuminį aliuminio kiekį, o nuo 2003 m. – visuminį organinės anglies kiekį. Nuo 2000 metų vidurio visose paprogramėse, 3 kartus per metus, balandžio, liepos ir spalio mėnesiais pradėta matuoti sunkiųjų metalų (Cu, Cr, Cd, Pb, Zn, Ni) kiekius gamtiniame vandenyje. Iš viso nustatomi 23 cheminiai parametrai.

Visi mėginiai imami ir jų cheminės analizės atliekamos vadovaujantis vieninga metodika (The Working..., 1989, Environment..., 1993, ICP IM..., 1998), pagal kurią dirba ir kitos integruoto monitoringo programoje dalyvaujančios šalys.

Duomenys analizuojami palyginant svertinius metų vidurkius, rangų ir koreliacijų metodais.

Dirvožemio vandens nuotekis skaičiuojamas pagal lizometro darbinį plotą.

Gruntinio vandens dinaminės atsargos apskaičiuojamos pagal formulę (Сакалаускаене, 1969):

$$Qd = \sum \mu \cdot F \cdot \Delta h$$

Qd dinaminės atsargos, μ – vandens atidavimo koeficientas, F – plotas, Δh – lygio metinė amplitudė. Požeminis nuotėkis (Q) apskaičiuotas:

$$Q = \frac{Qd}{365 - t}, \text{ kur } t \text{ laikas, kai gruntinio vandens lygis kyla.}$$

Baseino plotas Aukštaitijos integruoto monitoringo stotyje yra patikslintas pagal santykinai inertiškos medžiagos (sulfatų) balansą ekosistemoje (Baužienė, 2005) Chloridų balanso nebuvo galima apskaičiuoti, nes nebuvo duomenų apie chloridus kritulių vandenyje.

Plotas gruntinio vandens dinaminių atsargų skaičiavimui yra nustatytas pagal gręžinių altitudes, darant prielaidą, kad teritorijose, vienodai pakilusiose virš jūros lygio, gruntinio vandens lygio svyravimo amplitudės yra panašios.

Viso baseino vandens balansas sudarytas pagal supaprastintą lygtį ir apskaičiuotas bendras garavimas:

$$ET = Pt - qt \pm \Delta S,$$

Čia: ET – bendras garavimas, qt – nuotėkis, ΔS - vandens atsargų pokytis dirvožemyje per laikotarpį t (Ruseckas, 2008).

Dėmens ΔS reikšmės nustatymas yra problematiškas, nes dirvožemio drėgnumas per metus (dažniausiai pavasarį-vasarą) mažėja ne tik dėl nuotėkio į gruntinius vandenis (aeracijos zoną), bet ir dėl transpiracijos (Dobkevičius, 2001).

Daryta prielaida, kad metų pradžioje, kai žemės paviršių dengia sniegas, šaltuoju sezonu, vandens išgaravimas iš dirvožemio lygus nuliui, drėgmės pokyčiai (ΔS) dirvožemyje vyksta tik dėl gravitacinės drėgmės judėjimo į gruntinius vandenis. ΔS nustatyta, iš dirvožemio drėgmės praėjusių metų vegetacijos laikotarpio pabaigoje atimant dirvožemio drėgmę kitų metų vegetacijos laikotarpio pradžioje. Jei skirtumas neigiamas, nenaudojamas ΔS skaičiavimams, nes tai reiškia, kad šaltuoju laikotarpiu drėgmė dirvožemyje kaupėsi ir garavimui įtakos neturėjo. Prie šaltojo sezono drėgmės pokyčio pridedame pavasarinį pokytį, t.y., dirvožemio drėgmės sumažėjimą per pirmąjį mėnesį nuo pavasarinio polaidžio iki mažiausio lauko drėgnumo, kuris smėlio dirvožemiuose yra 15%. Jei metų pabaigoje dirvožemio drėgmė viršija mažiausią lauko drėgmę, pridedame ir rudeninę gravitacinę drėgmę.

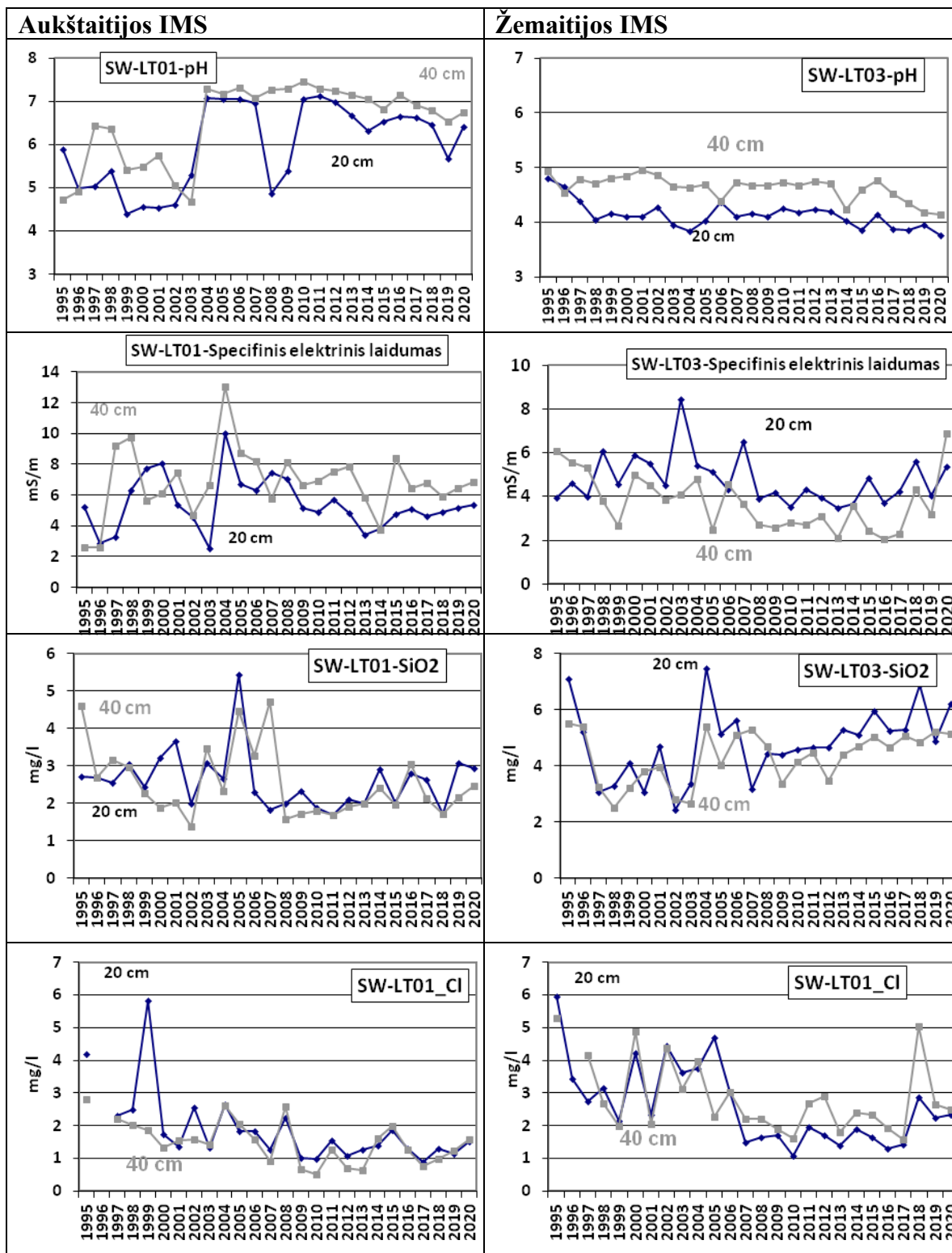
7.1. Dirvožemio vandens savybės KM baseinų teritorijose

2020 metais dirvožemio drėgmės atsargos 0-40 cm gylyje abiejose stotyse buvo didžiausios nuo 2003 m., kai turime patikimų duomenų.

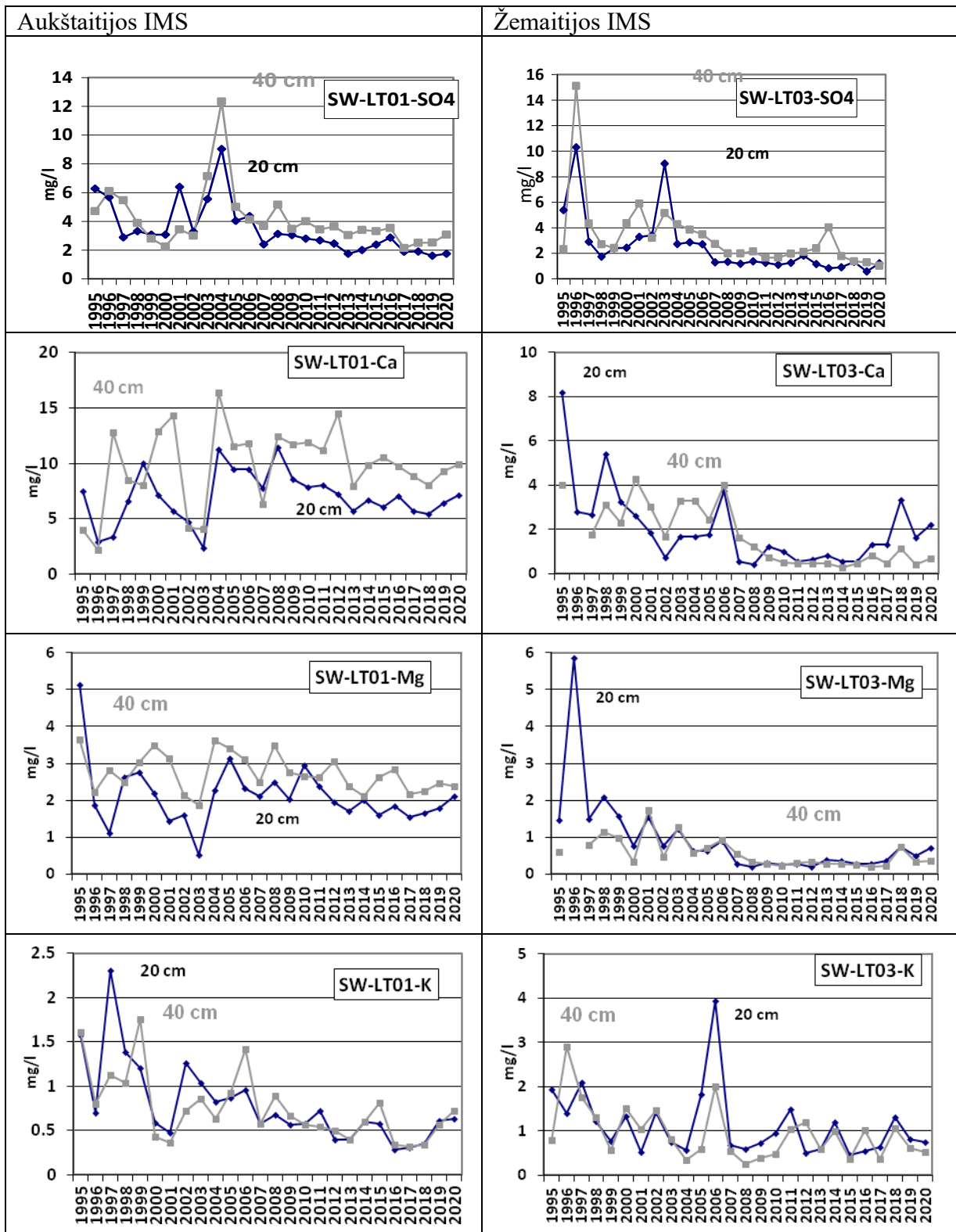
Aukštaitijos KMS dirvožemio vandens pH 2004-2013 metais buvo neutralus, bet augant dirvožemio drėgnumui 2015-2020 metais rūgštėjo. Žemaitijos KMS dirvožemio vanduo buvo rūgštus nuo stebėsenos pradžios, bet tapo dar rūgštesnis 2020 metais, pasiekdamas žemiausias pH reikšmes nuo stebėsenos pradžios (7.1 pav., 1 iš 5). Tai galimai *nauja grėsmė Lietuvos vakarinės dalies miško ekosistemoms.*

Reikšmingai besiskiriantys kritulių kiekiai 2017 ir 2019 metais turėjo tam tikros reikšmingos įtakos KMS baseinų dirvožemio vandens kokybei. *2018-2019 m. sausros sąlygojo dirvožemio vandens, nors ir nežymų rūgštumo didėjimo procesą* ypač Aukštaitijos KMS, kur 20 cm gylyje dirvožemio rūgštumas per paskutinįjį 4 metų laikotarpį padidėjo nuo pH 6,8 iki pH 6,2. Žemaitijos KMS toks rūgštingumo padidėjimas registruojamas jau 4 m laikotarpyje. Čia 40 cm gylyje dirvožemio vandens rūgštingumas padidėjo nuo pH 4,7 iki pH 4,3. Lyginant tarpusavyje matyti, kad *Žemaitijos KMS baseine dirvožemio vanduo vertintinas kaip rūgštus, tuo tarpu Aukštaitijos KMS baseine kaip neutralus.*

Tokią dirvožemio rūgštingumo kaitą lydėjo atitinkama ir specifinio elektrinio laidumo kaita. Specifinis elektrinis laidumas (SEL) 2013-2020 m. SEL Aukštaitijos KMS dirvožemio vandenyje reikšmingai didėjo, kai tuo tarpu Žemaitijos KMS išliko praktiškai stabilus. Specifinis elektrinis laidumas, SiO₂ ir Cl koncentracijos nuo 2017 metų auga, bet nebuvo tokių reikšmingų koncentracijų svyravimų, kokios stebėtos 2004-2007 metais. Sausringi 2018 metai lėmė SiO₂ ir Cl koncentracijų padidėjimą Žemaitijos KMS. Ištirpusio silicio oksido ir kitų tirpiųjų elektrolitų (ypač natrio) koncentracija pastaruosius keletą metų augo kartu rūgštėjant dirvožemio vandeniui (70 pav., 1 ir 2 iš 5). Dirvožemio vandenyje, pasotintam rūgščių ir nemažai elektrolitų formavosi smulkiai dispersiški, tirpūs vandenyje kompleksiniai silicio ir organinių dirvožemio rūgščių junginiai, gebantys skverbti į gilesnius uolienu sluoksnius, iki gruntinių vandenų lygio. *Šarmingesnėje gruntinių vandenų sistemoje, dirvožemyje susiformavę dispersiniai SiO₂ junginiai, tikėtina, nusės ant kietųjų paviršių, formuodami nelaidžius vandeniui uolienu sluoksnelius – tai palanku ekosistemai, atsižvelgiant į greitėjančią vandens apytaką.*



7.1 pav. Dirvožemio vandens savybių kitimas (1 iš 5).



7.1 pav. Dirvožemio vandens savybių kitimas (2 iš 5).

Išskirtinai palankus ekosistemoms reiškinys yra sulfatų kiekio reikšmingas sumažėjimas dirvožemio vandenyje. Tai yra daugiamečio S junginių emisijų mažinimo Vidurio ir Vakarų Europoje, (taip pat ir Lietuvoje) rezultatas. Jei tyrimų pradžioje, 1995-2004 metais sulfatų dirvožemio vandenyje buvo registruojama 4–10 mg/l, tai 2017–2020 metais sulfatų koncentracijos dirvožemio vandenyje 20 cm gylyje pirmą kartą per stebėsenos laikotarpį sumažėjo iki 2 mg/l, t.y., du ir daugiau kartų, lyginant su tyrimų laikotarpio pradžia.

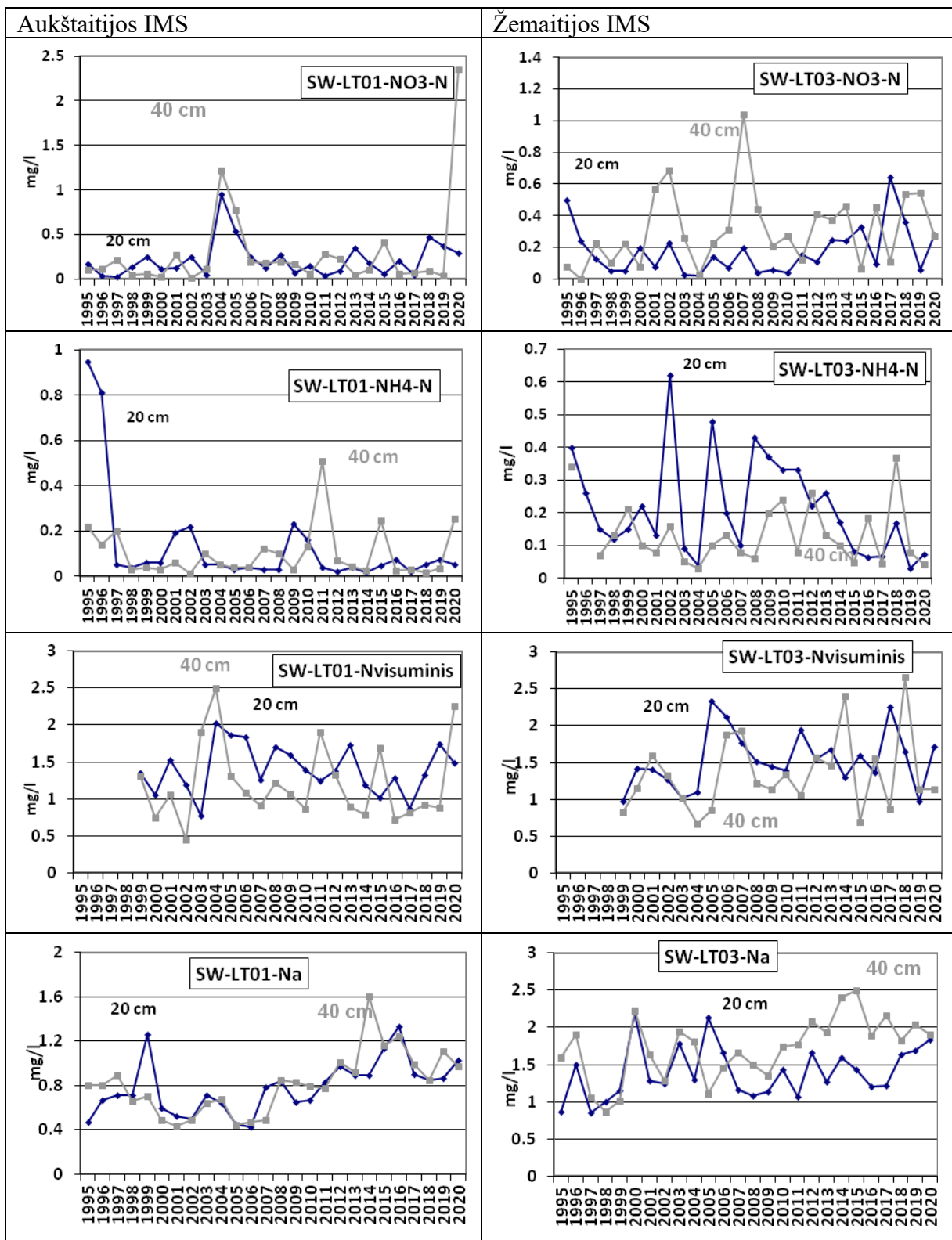
Ca, K ir Mg koncentracijos dirvožemio vandenyje 2007-2018 metais mažėjo – tai vyko panašiu metu, kai dirvožemio vanduo ėmė rūgštėti. *Nors dirvožemio vandens rūgštumas ir toliau didėja, Ca, K ir Mg koncentracijos paskutiniaisiais 2019–2020 metais nežymiai, tačiau padidėjo.* Panašiai keičiasi K koncentracijos Aukštaitijos KMS dirvožemio vandenyje. Šio elemento kiekiai 2016-2018 m. laikotarpiu sumažėjo iki minimaliausių reikšmių per visą tiriamąjį laikotarpį, o 2019-2020 metais pakilo, bet nepasiekė didžiausių koncentracijų stebėtų 2002, 2005–2006 metais.

Kalio koncentracijų mažėjimas dirvožemio vandenyje gerai siejasi ir su jo koncentracijų mažėjimu lapijoje. Pagrindinių priešasčių, lemiančių K jonų mažėjimo tendencijas reiktų ieškoti kritulių cheminės analizės rezultatuose, bei bendrame šio elemento srauto kaitoje paskutiniu juo laikotarpiu. 2019–2020 m. Aukštaitijos KMS užregistruotas K koncentracijų padidėjimas dirvožemio vandenyse.

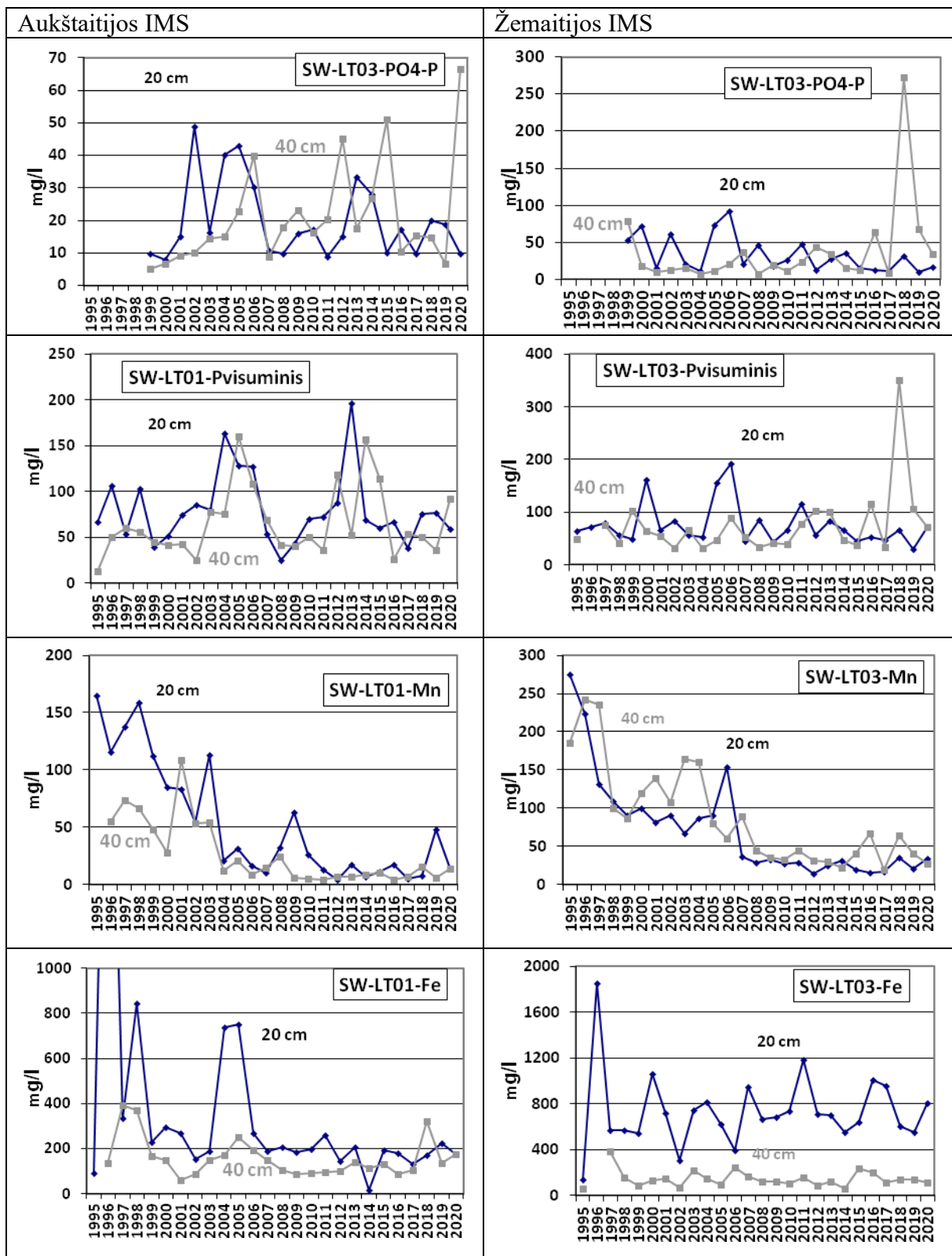
Padidėjusi azoto ir fosforo junginių bei organinės anglies koncentracija dirvožemio vandenyje, jeigu nebuvo padidėjusios prietakos su krituliais, yra susijusi su gyvųjų organizmų veiklos intensyvėjimu, augančios biomasės bei apmirusios biomasės skaidymusi. 2020 metais ypač padidėjo fosfatų ir nitratų vidutinė koncentracija Aukštaitijos KMS dirvožemio vandenyje, bet Žemaitijos KMS buvo mažesnė už vidutinę.

Aukštaitijos KMS po 2018-2019 metais buvusių sausrų, augant dirvožemio temperatūrai ir padidėjus dirvožemio aeracijai bei paspartėjus organinių medžiagų skaidimuisi, azoto junginiai oksidavosi ir susikaupė dirvožemyje nitratų forma. Po sausros dirvožemyje susikaupę nitratai ir fosfatai bei visuminis azotas buvo išplauti 2020 metais, kai padidėjo kritulių kiekis ir dirvožemio vandens kiekis (7.1 pav., 3 iš 5).

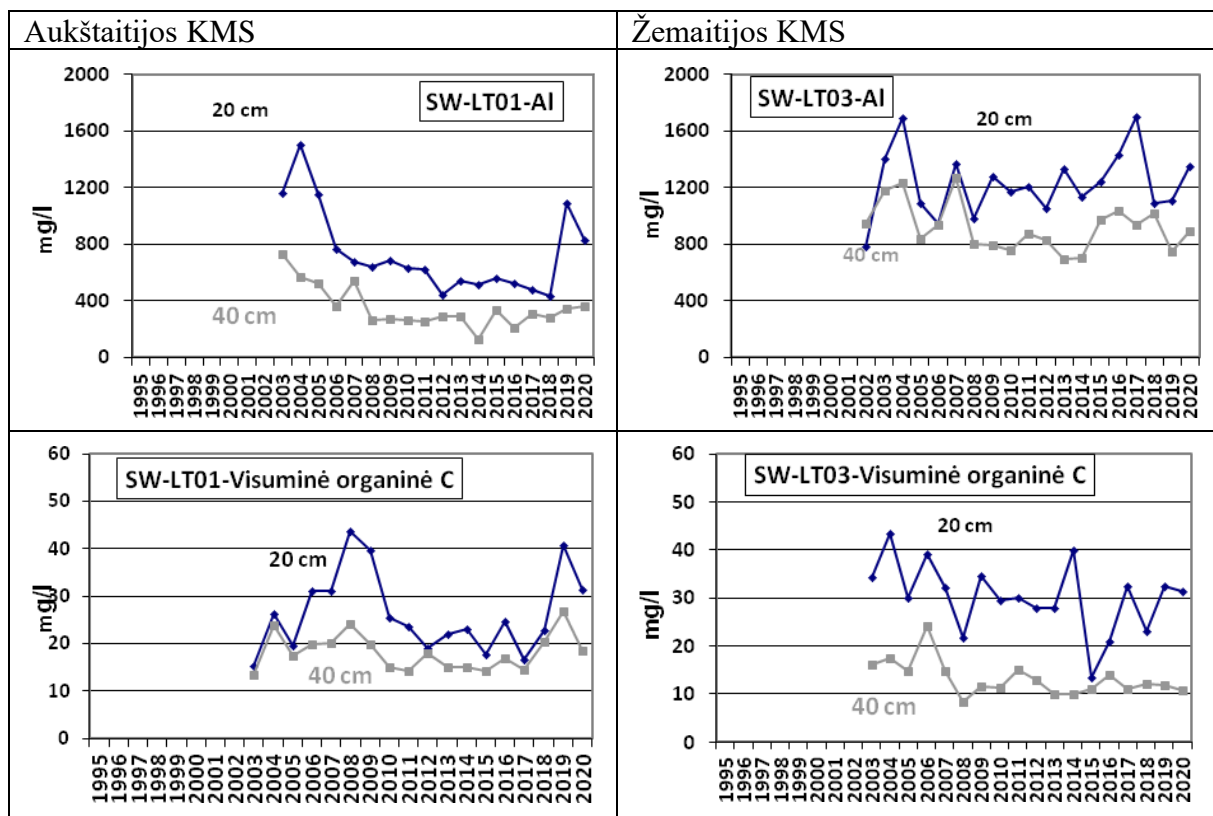
Žemaitijos KMS azoto, fosforo bei tirpios organinės anglies koncentracija padidėjo tais pačiais metais (7.1 pav., 3 iš 5 ir 4 iš 5), kai po sausros buvusį lietingą rudenį dirvožemis tapo drėgnesnis. Aukštaitijos KMS dirvožemyje ištirpusios organinės anglies koncentracija padidėjo taip pat kaip ir Žemaitijoje iš karto po sausringo sezono ir 2019-2020 metais laikosi aukštesnė negu vidutiniškai (7.1 pav., 1 ir 4 iš 5).



7.1 pav. Dirvožemio vandens savybių kitimas (3 iš 5).



7.1 pav. Dirvožemio vandens savybių kitimas (4 iš 5).



7.1 pav. Dirvožemio vandens savybių kitimas (5 iš 5).

Amonio koncentracijos Aukštaitijos KMS vandenyse išlieka stabilios po išskirtinai drėgnų 2017 m., tačiau Žemaitijos KMS registruojama šio elemento mažėjimo tendencija ir ypač 20 cm gylio dirvožemio vandenyje. 40 cm gylyje šioje stotyje amonio koncentracijos taip pat išlieka pakankamai stabilios. Tokie oksiduoto ir redukuoto N kiekiai sąlygojo pakankamai stabilią visuminio azoto koncentracijų kaitą abiejose KM stotyse.

Tirtų metalų koncentracijų kaitoje buvo registruojamos skirtingos tendencijos. Išskirtinė Na koncentracijų dirvožemio vandenyje daugiametė tendencija. Per saugiau nei 25 m. laikotarpį Na koncentracijos dirvožemio vandenyje demonstruoja pakankamai reikšmingą didėjimo tendenciją. Per tiriamąjį laikotarpį šio elemento koncentracijos dirvožemio vandenyse išaugo daugiau negu 2 kartus. 2020 m. Na koncentracija dirvožemio vandenyje toliau didėja abiejose stotyse.

Mn koncentracijos per visą tiriamąjį laikotarpį ženkliai mažėja ir tik paskutiniųjų metų sausros turi nežymų poveikį šio elemento koncentracijų padidėjimui, matyt, tik dėl išplovimo proceso iš dirvožemio sumažėjimo.

Fe ir Al kaitoje reikšmingesnių kaitos tendencijų nustatyti nepavyko tai kaip ir reikšmingesnės sausrų įtakos 2018-2019 m. Išskirtinai didelę Al koncentraciją Aukštaitijos KMS 20 cm dirvožemio gylyje turėtų paaiškinti kitų 2020 m. tyrimai, kurių rezultatai parodė vėl sumažėjusias šio metalo koncentracija.

IŠVADOS

2020 metais dirvožemio drėgmės atsargos 0-40 cm gylyje abiejose stotyse buvo didžiausios nuo 2003 m.

Aukštaitijos KMS dirvožemio vandens pH 2004-2013 metais buvo neutralus, bet augant dirvožemio drėgnumui 2015-2020 metais rūgštėjo. Žemaitijos KMS dirvožemio vanduo buvo rūgštus nuo stebėsenos pradžios, bet tapo dar rūgštesnis 2020 metais, pasiekdamas žemiausias pH reikšmes nuo stebėsenos pradžios. Tai galimai *nauja grėsmė Lietuvos vakarinės dalies miško ekosistemoms*.

Šarmingesnėje gruntinių vandenų sistemoje, dirvožemyje susiformavę dispersiniai SiO₂ junginiai, tikėtina, nusės ant kietųjų paviršių, formuodami nelaidžius vandeniui uolienu sluoksnelius – tai palanku ekosistemai, atsižvelgiant į greitėjančią vandens apytaką.

Išskirtinai palankus ekosistemoms reiškinys yra sulfatų kiekio reikšmingas sumažėjimas dirvožemio vandenyje. dirvožemio vandenyje 20 cm gylyje pirmą kartą per stebėsenos laikotarpį sulfatų sumažėjo iki 2 mg/l, t.y., du ir daugiau kartų, lyginant su tyrimų laikotarpio pradžia.

Nors dirvožemio vandens rūgštumas ir toliau didėja, Ca, K ir Mg koncentracijos paskutiniaisiais 2019–2020 metais nežymiai, tačiau padidėjo.

Kalio koncentracijų mažėjimas dirvožemio vandenyje gerai siejasi ir su jo koncentracijų mažėjimu lapijoje. Pagrindinių priežasčių, lemiančių K jonų mažėjimo tendencijas reiktų ieškoti kritulių cheminės analizės rezultatuose, bei bendrame šio elemento srauto kaitoje paskutiniuju laikotarpiu.

Padidėjusi azoto ir fosforo junginių bei organinės anglies koncentracija dirvožemio vandenyje galimai susijusi su gyvųjų organizmų veiklos intensyvėjimu, augančios biomasės bei apirusios biomasės intensyvia destrukcija, ką parodė nuokritų ir žuvusių medžių suirimo duomenys. 2020 metais fosfatų ir nitratų vidutinė koncentracija Žemaitijos KMS buvo mažesnė už vidutinę.

Aukštaitijos KMS po 2018-2019 metais buvusių sausrų, augant dirvožemio temperatūrai ir padidėjus dirvožemio aeracijai bei paspartėjus organinių medžiagų skaidimuisi, azoto junginiai oksidavosi ir susikaupė dirvožemyje nitratų forma. Po sausros dirvožemyje susikaupę nitratai ir fosfatai bei visuminis azotas buvo išplauti 2020 metais, kai padidėjo kritulių kiekis ir dirvožemio vandens kiekis

Azoto, fosforo bei tirpios organinės anglies koncentracijų padidėjimą dirvožemio vandenyse sąlygojo po sausrų gausūs kritulių kiekiai, dėl ko dirvožemiai tapo drėgnesni.

Na koncentracija dirvožemio vandenyje toliau didėja abiejose stotyse.

Mn koncentracijos per visą tiriamąjį laikotarpį ženkliai mažėja nepriklausomai nuo kritulių kiekio.

Paskutiniuoju laikotarpiu Fe ir Al koncentracijos dirvožemio vandenyje reikšmingai nekinta, išlikdamos pakankamai stabiliam lygmenyje.

Medžiagų koncentracijos dirvožemio vandenyje stebėsenos laikotarpiu turi nevienodas tendencijas. Tirpiausių junginių sudarančių elementų koncentracijos Cl, K, Na turi tendenciją mažėti, o mažai tirpius arba gebančius formuoti kompleksinius junginius su organinių medžiagų skilimo produktais (Si, Al fosfatų P) – augti. Auga arba kontrastingai keičiasi ir tirpiųjų azoto junginių vidutinė koncentracija.

Gyviems ekosistemos elementams tirpūs azoto junginiai yra reikalingi baltymų sintezei, bet gali sukelti ir azotą mėgstančių mikroorganizmų suvešėjimą.

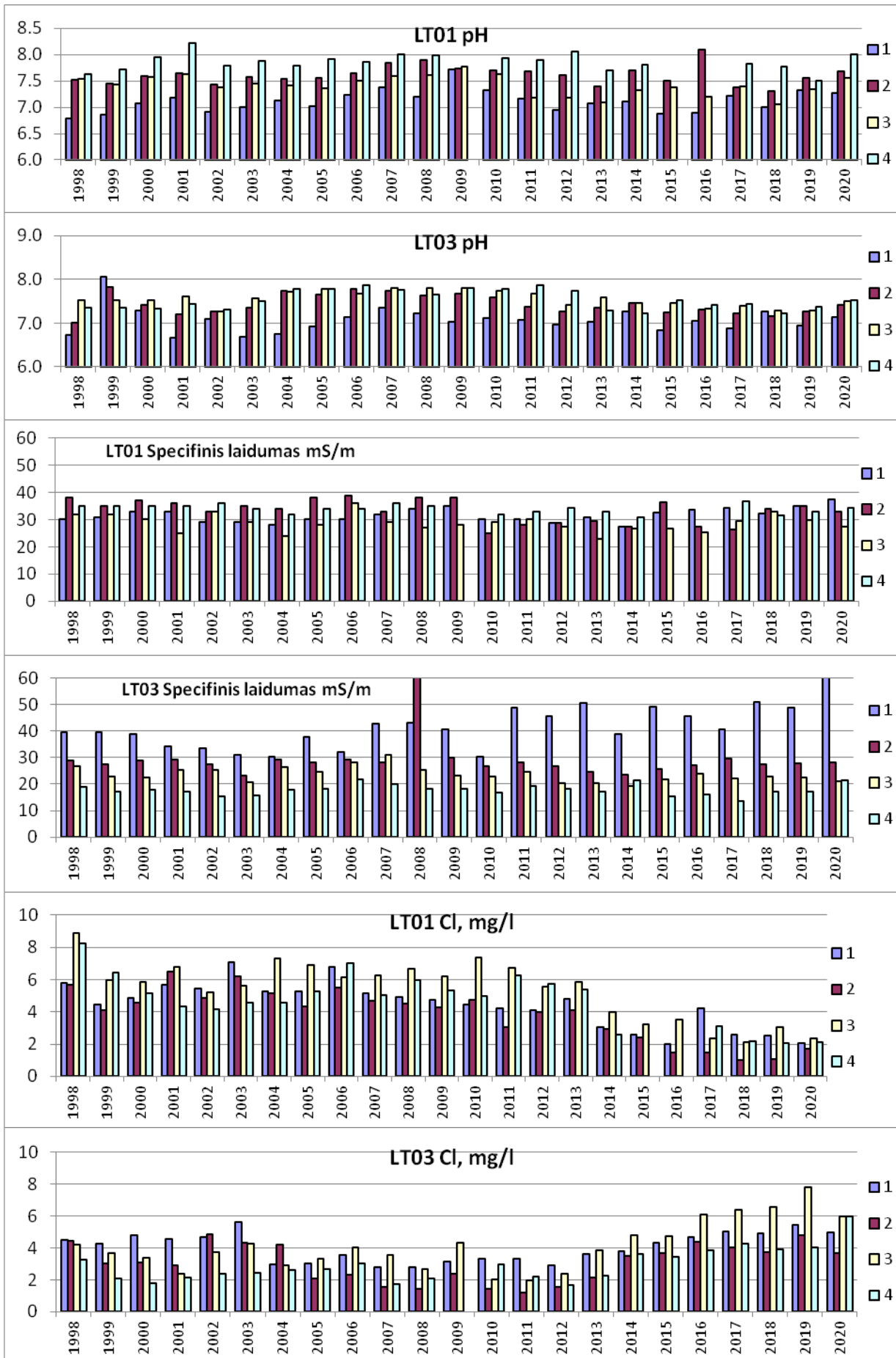
7.2. Gruntinio vandens savybės KM baseinų teritorijose

Gruntinio vandens lygio žemėjimas Aukštaitijos KMS vyksta dėl sumažėjusios rūgštaus dirvožemio vandens prietakos, todėl išaugo gruntinio vandens pH ir šarmingumas. Dėl susilpnėjusio gruntinių vandenų 2001, 2007-2011, 2015-2016 ir 2019-2020 metais gruntinio vandens rūgštingumas buvo mažiausias, sekliuosiuose gręžiniuose artimas neutraliam, o 2020 metais giliajame gręžinyje tapo šarminiu, pH=8. Žemaitijos KMS gruntinio vandens rūgštumas yra stabilus ir pastaraisiais metais padidėjo, Žemaitijos KM stoties gruntinių vandenų maitinimas dirvožemio vandeniu ir debitas suintensyvėjo (7.2 pav., 1 iš 5).

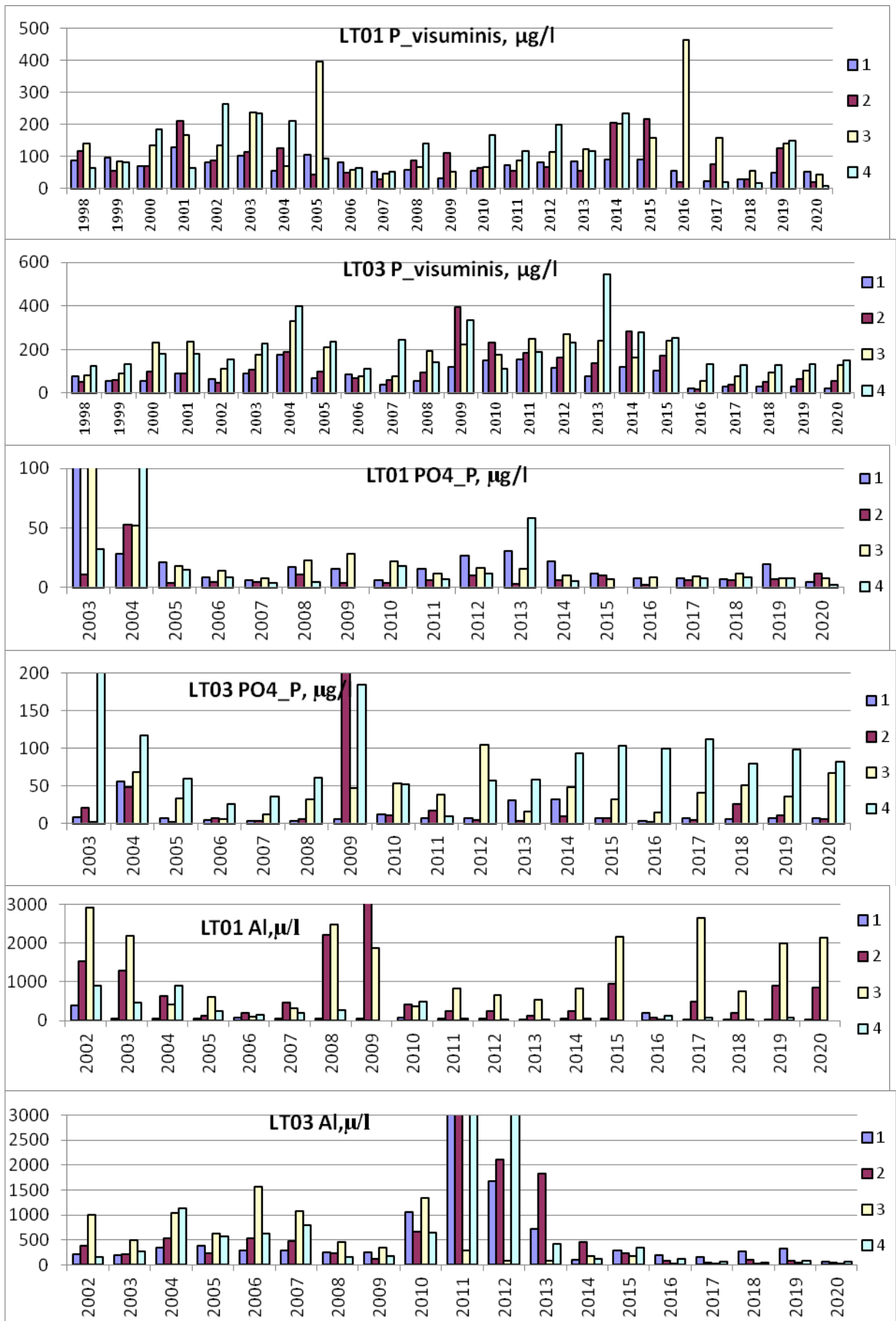
Dėl nevienodų gruntinio vandens mitybos ypatybių ir debito kaitos specifinis laidumas stebėjimo laikotarpiu Aukštaitijos ir Žemaitijos KMS turi skirtingas tendencijas; Aukštaitijos stotyje mažėjo (iki 2017-2019), o Žemaitijos didėjo.

2014-2020 m. gruntiniame vandenyje registruojama mažiausia Cl koncentracija. Priešingai, Žemaitijos KMS gruntiniame vandenyje Cl koncentracijos šiuo laikotarpiu turėjo tendenciją didėti.

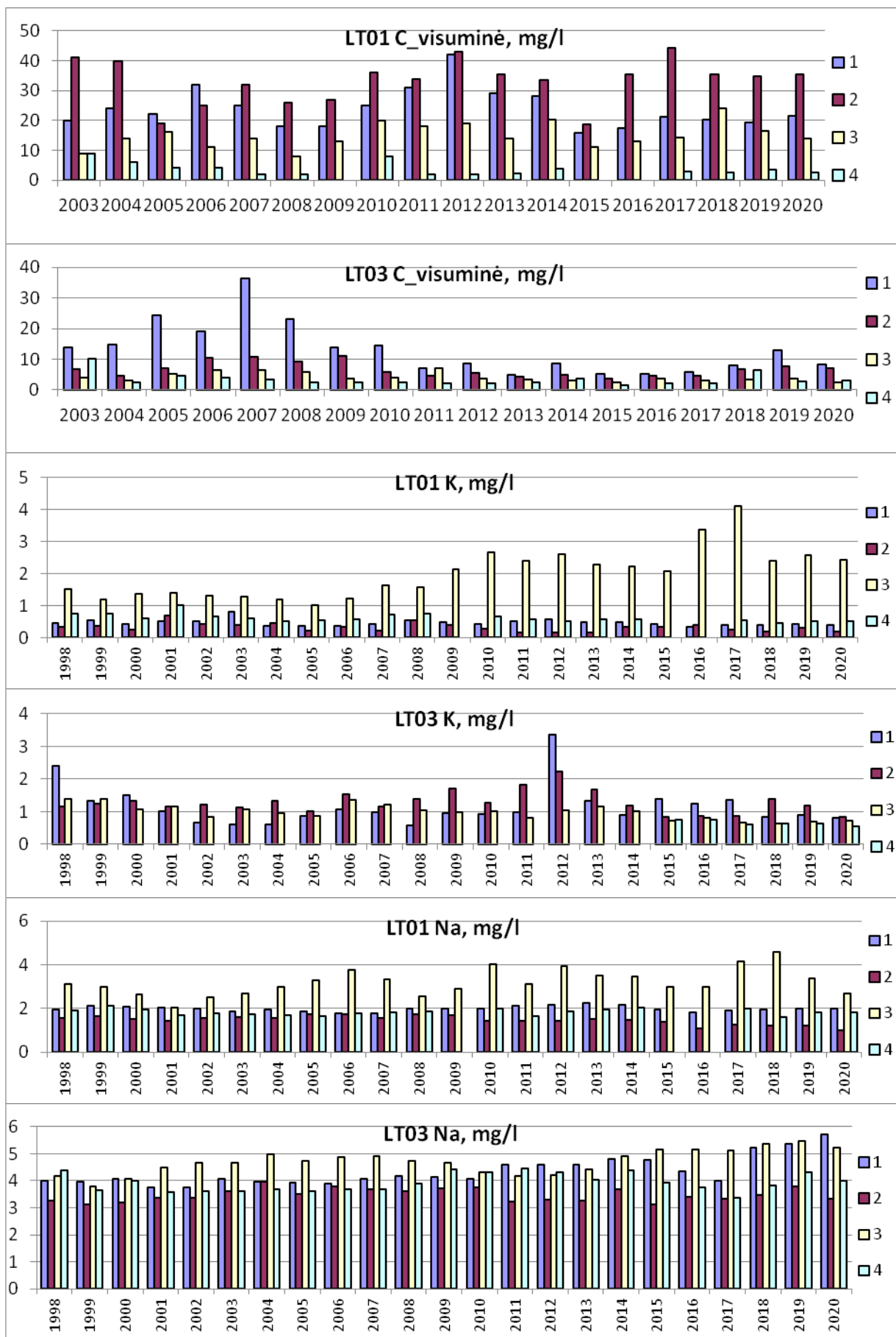
Dėl dirvožemio vandens prietakos mažėjimo visuminio fosforo koncentracija abiejose KMS mažėja arba yra stabili, bet fosfatų koncentracija Žemaitijos KMS gruntiniame vandenyje per pastarąjį penkmetį išaugo, giliausiame, ketvirtajame gręžinyje iki stabiliai didesnių nei vidutinės reikšmių, tikėtina, kad dėl padidėjusio gruntinio vandens debito ir temperatūros.



7.2 pav. Gruntinio vandens cheminė sudėtis (1 iš 5)



7.2 pav. Gruntinio vandens cheminė sudėtis (2 iš 5)



7.2 pav. Gruntinio vandens cheminė sudėtis (3 iš 5)

Al koncentracijos Žemaitijos KMS baseino gruntiniuose vandenyse 2014-2020 m. pasiekė mažiausias reikšmes per visą tiriamąjį laikotarpį. Lyginant su tyrimų pradžia, aliuminio koncentracija Žemaitijos KMS gruntiniuose vandenyse 2020 m. sumažėjo daugiau negu 4 kartus, o lyginant su 2010-2013 m. laikotarpio rezultatais net apie 20 kartų. Priešingai, pastaraisiais metais Aukštaitijos KMS, ypač trečiajame gręžinyje nustatytos didžiausios aliuminio koncentracijos, tikėtina dėl pastaraisiais metais fiksuojamo augančio gruntinio vandens debito trečiajame gręžinyje ir su tuo susijusio padidėjusio mineralų dūlėjimo.

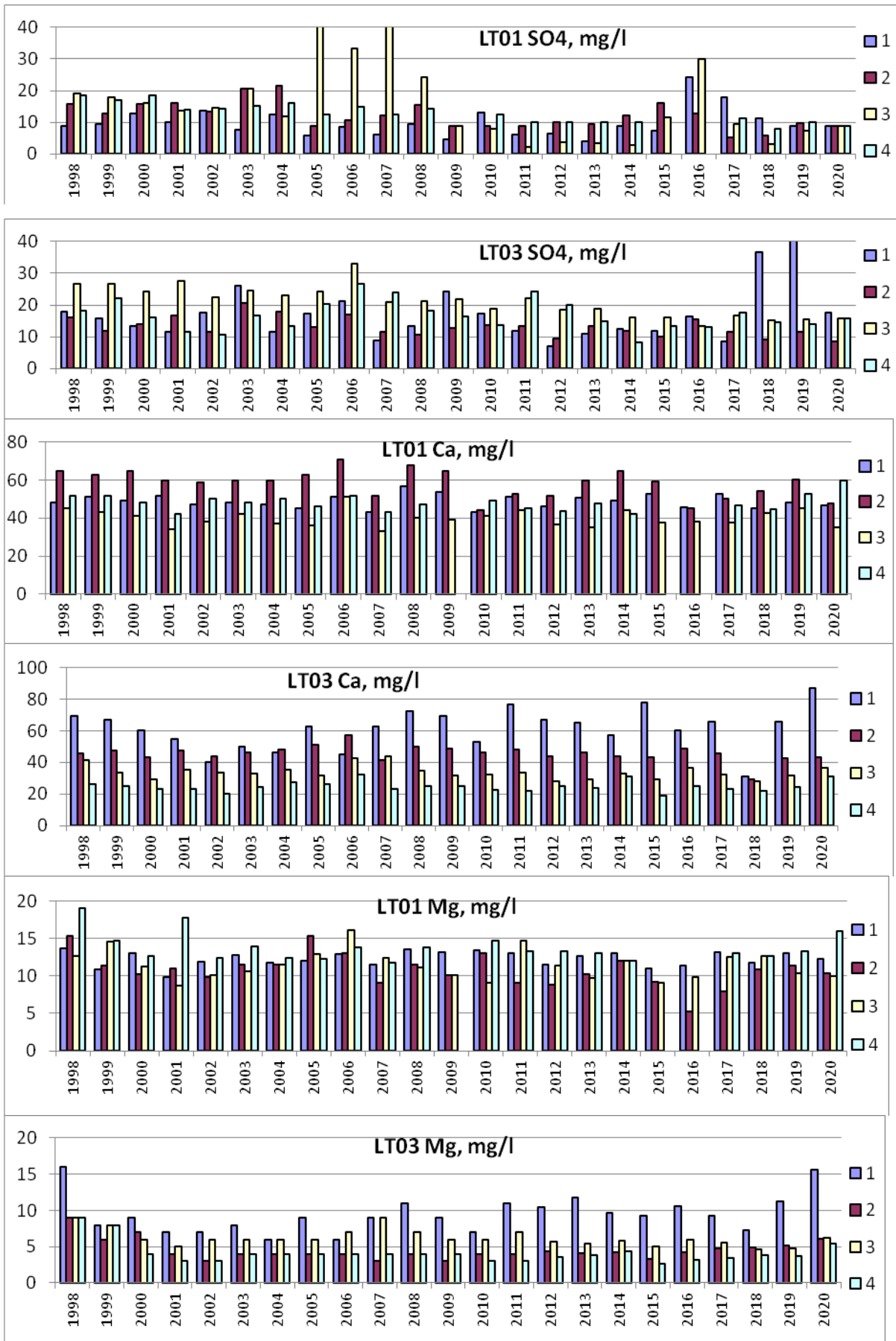
Gruntiniame vandenyje ištirpusios organinės anglies koncentracija Aukštaitijos IMS sekliųjų gręžinių vandenyje 2012-2020 metais buvo stabili arba mažėjo, panaši tendencija būdinga ir visuminiam azotui (7.2 pav., 2 ir 4 iš 5). Tikėtina, kad anglies ir azoto koncentraciją gruntiniame vandenyje 2012 metais padidino gausūs krituliai, o vėliau, sumažėjus geosistemoje cirkuliuojančio vandens kiekiui, ypač 2018-2019 metais, įsivyravo aerobiniai destruktiniai procesai, kurių produktais, tame tarpe ir nitratais pildėsi gruntinis vanduo. Žemaitijos KMS baseino gruntiniame vandenyje organinės anglies iki 2017 m. laipsniškai mažėjo tendencija, nepriklausomai nuo kritulių kiekio. 2018-2019 m. sausros rezultatas – neženklus visuminės C padidėjimas ypač seklesniuose gręžiniuose.

Sumažėjo tirpiausių katijonų katijonų, kalio ir natrio koncentracija Aukštaitijos KMS gruntiniuose vandenyse, ypač trečiajame gręžinyje. Likusiuose gręžiniuose K koncentracijų kaitoje reikšmingesnių kaitos tendencijų nenustatyta. 2018-2019 m. sausros ir kritulių stoka lėmė nežymų koncentracijų sumažėjimą. 2020 metais, nors kritulių kiekis buvo artimas vidutiniam, K, Na (ir kitų tirpių vandenyje elementų) koncentracija liko maža.

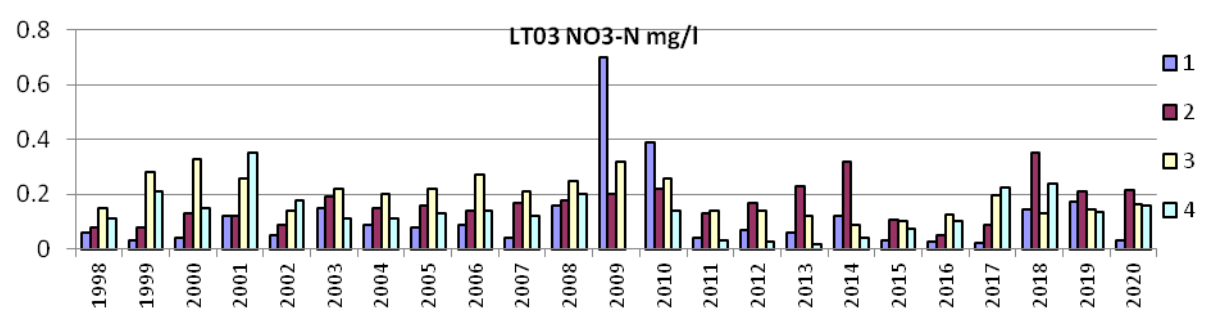
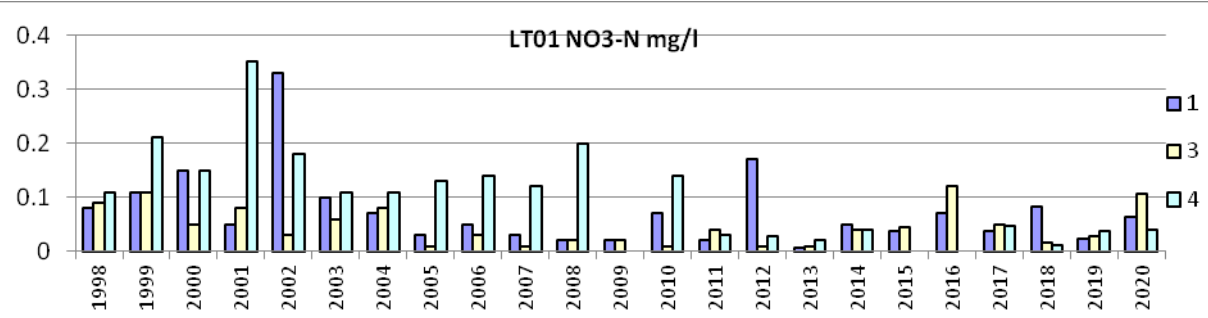
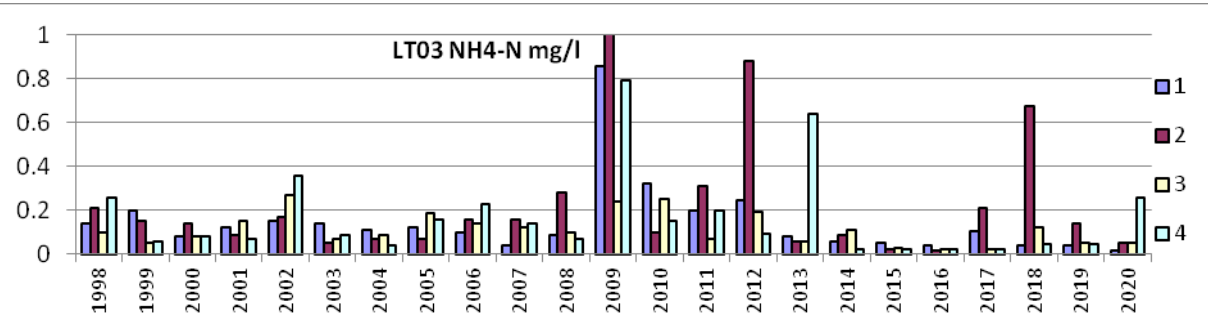
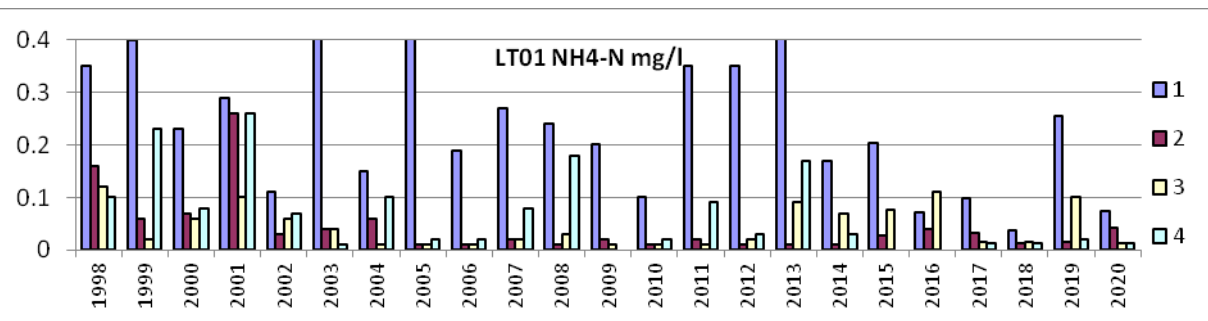
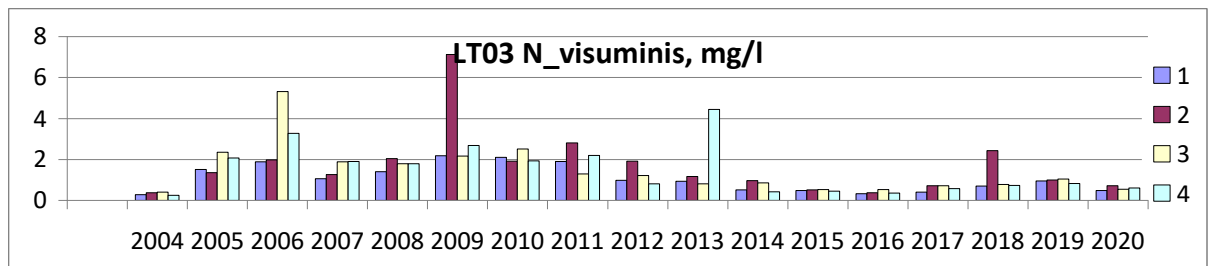
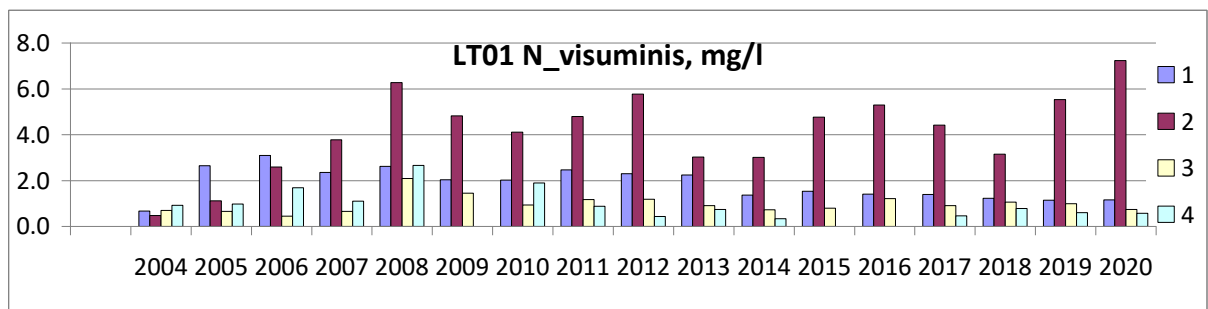
Didžiausios sulfatų koncentracija Aukštaitijos KMS laikėsi iki 2008 m., o Žemaitijos KMS baseine iki 2011 m. Paskutiniu metu laikotarpiu, kaip ir dirvožemio vandenyje registruojama reikšminga sulfatų koncentracijų mažėjimo tendencija abiejose KMS.

Ca koncentracijos turėjo tendenciją didėti Aukštaitijos KMS baseine iki 2008 m., o Žemaitijos KMS stotyje iki 2011 m. (7.2 pav., 3 iš 5). Paskutiniu metu laikotarpiu šio elemento koncentracijos gruntiniuose vandenyse pakankamai stabilios.

Mg koncentracijų kaita panaši į Ca koncentracijų kaitą. Stebima priklausomybė nuo kritulių kiekio. 2015 m. kai kritulių kiekis buvo vienas mažiausių per visą tiriamąjį laikotarpį, šio elemento koncentracijos taip pat buvo vienos mažiausių, o kai kritulių kiekis padidėjo, padidėjo ir Mg koncentracijos. Tačiau jei 2018 m. sausra padidino Mg koncentracijas Aukštaitijos KMS gruntiniuose vandenyse, kuris išsilaiškė ir 2019 m., tai Žemaitijos KMS baseino gruntiniuose vandenyse Mg koncentracija paskutiniaisiais metais *pasiekė įprastą daugiametį lygį*.



7.2 pav. Gruntinio vandens cheminė sudėtis (4 iš 5).



7.2 pav. Gruntinio vandens cheminė sudėtis (5 iš 5).

Nitratų koncentracijų kaitoje Aukštaitijos KMS baseine išsiskiria 2 gręžinio gruntinio vandens tyrimų rezultatai. Šiame gręžinyje nitratų kiekis virš 20 kartų viršija nitratų koncentracijas likusių gręžinių vandenyse. 2009 m. Žemaitijos IMS gruntiniame vandenyje buvo didesnės nei vidutiniškai. Tai sutapo su tais metais sumažėjusiu kritulių kiekiu. Vėliau prasidėjusiu šlapmečiu metais azoto junginių koncentracijos mažėjo (7.2 pav., 5 iš 5). Žemaitijos IMS antrajame gręžinyje nitratų koncentracija augo dėl sustiprėjusio organinės medžiagos skaidimosi, kurio įtaka dirvožemio vandeniui jau aprašyta. 2017 m. dideli kritulių kiekiai taip pat mažino nitratų koncentracijas gruntiniuose vandenyse.

Amonio jonų koncentracijų kaitoje taip pat stebima mažėjimo tendencija. Didesni kritulių kiekiai padidino šio junginio koncentracijas tik Žemaitijos KMS baseine. Reikia pažymėti, kad būtent pastaruoju laikotarpiu amonio jonų koncentracijos gruntiniuose vandenyse yra vienos iš mažiausių per visą tiriamąjį laikotarpį, ir tai dar vienas džiugus faktas rodantis apie vis švaresnę miško ekosistemų aplinką. Nepaisant fakto, kad gauseni kritulių kiekiai didino gruntiniame vandenyje amonio koncentracijas. Paskutiniųjų metų sausrų rezultatas taip pat nors ir neženklus šio junginio koncentracijų padidėjimas abiejuose LMS baseinuose.

Tokios nitratų ir amonio jonų kaitos **rezultatas, bendrojo azoto kiekio mažėjimas KMS baseinų gruntiniuose vandenyse**. Išimtis antrasis Aukštaitijos KMS baseino gręžinys, kuriame N koncentracijos apie 5 kartus viršija koncentracijas nustatytas likusiuose gręžiniuose. Galima būtų manyti, kad tokia koncentracija galėtų sąlygoti vietinės priežastys, dėl ko ateityje reiktų pagalvoti apie šio gręžinio vietos keitimą.

Si koncentracija turi tendenciją didėti, ypač Žemaitijos stotyje visuose, o Aukštaitijos - 103 gręžinyje. Si koncentracijos kaita gali būti susijusi su rūgštumo pokyčiais (72 pav., 1 ir 6 iš 7). Reikšmingi kritulių kiekio svyravimai neturėjo reikšmingos įtakos Si koncentracijų kaitai gruntiniuose vandenyse.

Mn koncentracijų kaitą apsukina metodologiniai aspektai. Paskutiniaisiais metais šio elemento koncentracija nustatoma tik iki 2 µg/l ribos, kuri yra didesnė nei koncentracijos nustatytos ankstesniais metais. 2018-2019 m. sausra neturėjo reikšmingos įtakos Mn koncentracijų kaitai gruntiniuose vandenyse.

Didžiausios Fe koncentracijos gruntiniuose vandenyse nustatytos 2008-2011 m. abiejų stočių baseinų gruntiniuose vandenyse. Nuo šio laikotarpio iki 2019 m. Fe koncentracijos turi tendencija mažėti. Reikšmingesnė Fe koncentracijos priklausomybė nuo kritulių kiekio nenustatyta.

IŠVADOS

Gruntinio vandens lygio žemėjimas Aukštaitijos KMS vyksta dėl sumažėjusios rūgštaus dirvožemio vandens prietakos, todėl išaugo gruntinio vandens pH ir šarmingumas. Žemaitijos KMS gruntinio vandens rūgštumas yra stabilus ir pastaraisiais metais padidėjo, Žemaitijos KM stoties gruntinių vandenų maitinimas dirvožemio vandeniu ir debitas suintensyvėjo.

Specifinis laidumas stebėjimo laikotarpiu Aukštaitijos ir Žemaitijos KMS turi skirtingas tendencijas; Aukštaitijos stotyje mažėjo (iki 2017-2019), o Žemaitijos didėjo.

2014-2020 m. gruntiniame vandenyje registruojama mažiausia Cl koncentracija. Priešingai, Žemaitijos KMS gruntiniame vandenyje Cl koncentracijos šiuo laikotarpiu turėjo tendenciją didėti.

Dėl dirvožemio vandens prietakos mažėjimo visuminio fosforo koncentracija abiejose KMS mažėja arba yra stabili, bet fosfatų koncentracija Žemaitijos KMS gruntiniame vandenyje per pastarąjį penkmetį išaugo, giliausiame, ketvirtajame gręžinyje iki stabiliai didesnių nei vidutinės reikšmių, tikėtina, kad dėl padidėjusio gruntinio vandens debito ir temperatūros.

Al koncentracijos Žemaitijos KMS baseino gruntiniuose vandenyse 2014-2020 m. pasiekė mažiausias reikšmes per visą tiriamąjį laikotarpį. Priešingai, pastaraisiais metais Aukštaitijos KMS, ypač trečiajame gręžinyje nustatytos didžiausios aliuminio koncentracijos, tikėtina dėl pastaraisiais metais fiksuojamo augančio gruntinio vandens debito trečiajame gręžinyje ir su tuo susijusio padidėjusio mineralų dūlėjimo.

Gruntiniame vandenyje ištirpusios organinės anglies koncentracija Aukštaitijos IMS sekliųjų gręžinių vandenyje 2012-2020 metais buvo stabili arba mažėjo, panaši tendencija būdinga ir visuminiam azotui. Žemaitijos KMS baseino gruntiniame vandenyje organinės anglies iki 2017 m. laipsniškai mažėjo tendencija, nepriklausomai nuo kritulių kiekio. 2018-2019 m. sausros rezultatas – neženklus visuminės C padidėjimas ypač seklesniuose gręžiniuose.

Sumažėjo tirpiausių katijonų katijonų, kalio ir natrio koncentracija Aukštaitijos KMS gruntiniuose vandenyse. 2020 metais, nors kritulių kiekis buvo artimas vidutiniam, K, Na (ir kitų tirpių vandenyje elementų) koncentracija liko maža.

Didžiausios sulfatų koncentracija Aukštaitijos KMS laikėsi iki 2008 m., o Žemaitijos KMS baseine iki 2011 m. Paskutiniu metu laikotarpiu, kaip ir dirvožemio vandenyje registruojama reikšminga sulfatų koncentracijų mažėjimo tendencija abiejose KMS baseinuose. Miško ekosistemos išsivalymas.

Paskutiniuoju laikotarpiu Ca ir Mg koncentracijos Aukštaitijos KMS išlieka stabilios, o Žemaitijos KMS didėjimo tendencija stebima Mg koncentracijų sekoje.

Nitratų ir amonio jonų kaitos *rezultatas, bendrojo azoto kiekio mažėjimas KMS baseinų gruntiniuose vandenyse.*

Medžiagų koncentracijų kaita gruntiniame vandenyje stebėsenos laikotarpiu pagal rūgštumo kaitos tendenciją panaši į dirvožemio vandens: vandens rūgštumas šiek tiek didėja, Žemaitijos KMS gruntiniame vandenyje rūgštumo pokytis yra pastebimesnis. Tirpiųjų elementų koncentracijų kaitos tendencijos Aukštaitijos ir Žemaitijos stotyse skiriasi: Žemaitijos gruntiniame vandenyje yra augimo tendencijos (Cl, SEI), o Aukštaitijos KMS gruntiniame vandenyje, ypač gilesniųjų gręžinių, tirpiųjų elementų koncentracijos mažėja.

7.3. Upelio vandens savybės KM stotyse

Aukštaitijos IMS upelio nuotėkio vidutinis intensyvumas (debitas) buvo mažiausias 2009, 2015-2016 ir 2019-2020 metais. Žemaitijos IMS upelio debitas kinta beveik cikliška, bet palyginus su Aukštaitijos KMS upelio nuotėkiu, metais „vėluoja“, mažiausias vidutinis Juodupio debitas buvo, ne 2009 metais (kaip Versminio), o 2010 metais. Vieneriais metais vėliau, negu Aukštaitijoje, Žemaitijos KMS būdavo stebimi ir kritulių kiekio padidėjimai.

Nuo 2014 metų upelio nuotekis Žemaitijos KMS nustotas matuoti dėl įrangos (limnigrafo) gedimo. Įranga buvo sugedusi ir 2006, 2008-2012 metais, tuomet Žemaitijos IMS upelio nuotėkio intensyvumas buvo apskaičiuotas pagal dirvožemio vandens nuotėkį 170 cm gylyje, nes šie dydžiai yra susiję. Nustatyta, kad upelio nuotėkis 2012 metais galėjo būti ketvirtas pagal intensyvumą. Vėliau, 2015-2020 metais upelio debitas nebuvo modeliuojamas, laukiama įrangos atnaujinimo, kuris parodytų ar tebėra ryšys tarp vandens nuotėkio intensyvumo giliajame lizimetre ir upelyje.

Kai kurios cheminės upelio vandens savybės yra susijusios su upelių debitu. Kadangi Žemaitijos KMS duomenų nuo 2015 metų nėra, daugiausia bus aptariamoms Aukštaitijos KMS upelio vandens cheminės savybės. 2020 m. upelio vandens pH ir Žemaitijos, ir Aukštaitijos KMS buvo aukštesni už vidutinę reikšmę. Aukštaitijoje upelio vandens pH stebėjimų laikotarpio vidurkį viršija nuo 2009 metų. Nors 2015 ir 2019 metais upelio vanduo buvo parūgštėjęs, buvusi mažiausia pH reikšmė nuo viršijama net 0,3 pH vieneto.

Šarmingumo ir specifinio elektrinio laidumo reikšmės per stebėjimų laikotarpį turi tendenciją augti Aukštaitijos KMS, o Žemaitijos KMS lieka stabilios.

2015 m. sausra, kurios rezultatas – mažiausias upelio nuotėkis Aukštaitijos KMS 2016 m. lėmė reikšmingai padidėjusias Mn koncentracijas upelio vandenyje ir galėjo padidinti

rūgštumą 2016 metais, o 2018 metais, kai upelio nuotėkis reikšmingai išaugo, Mn koncentracijos upelio vandenyje vėl sumažėjo. Analogiški procesai buvo registruojami ir Žemaitijos KMS upelio vandenyje.

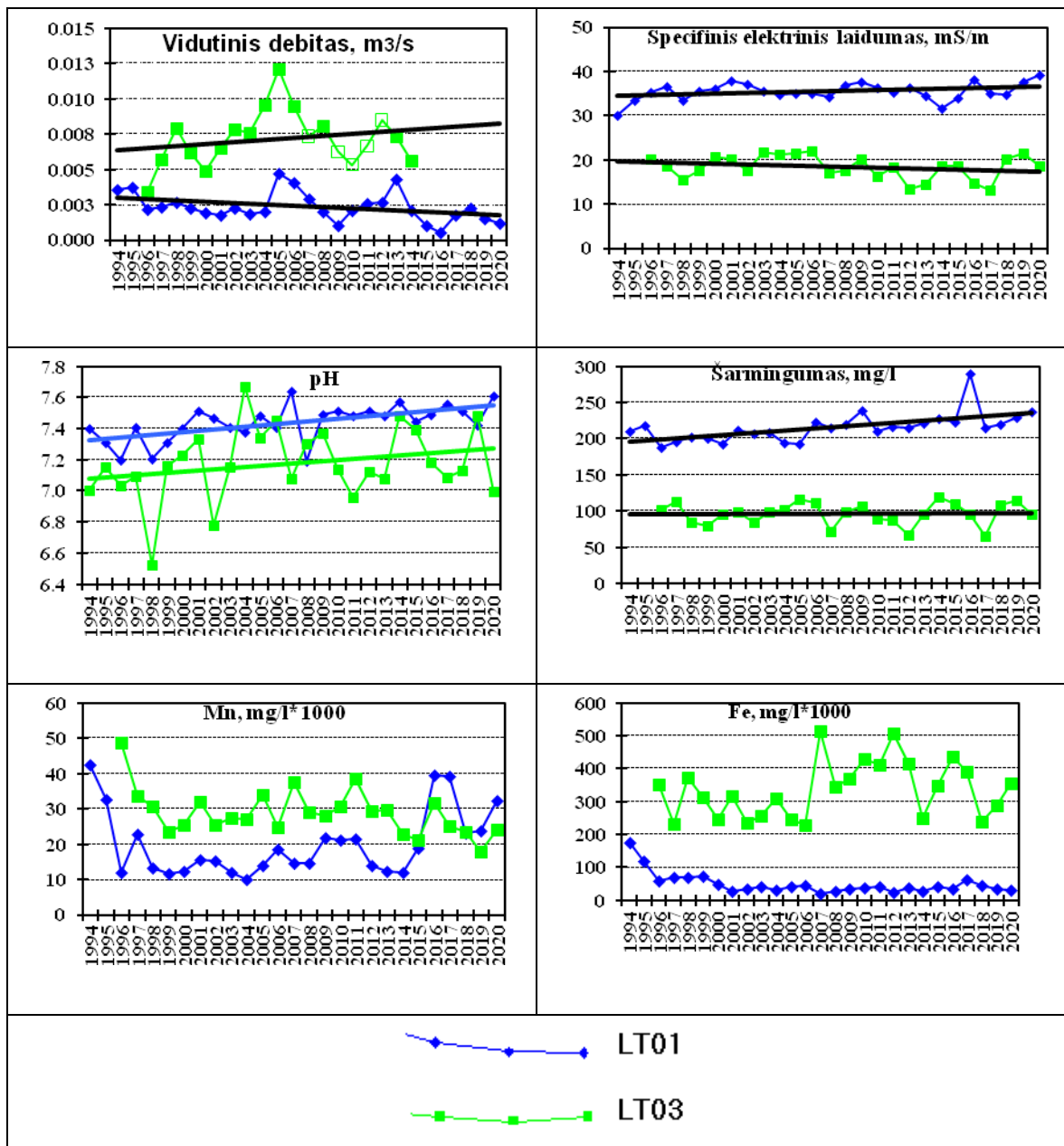
Sausra, Mn koncentracijos mažėjimas ir upelio vandens rūgštėjimas yra susiję dėl organinių medžiagų skaidymosi: ekosistemoje sumažėja vandens ir vyksta didesnis nei vidutiniškai organinės medžiagos irimas. Sausrai pasibaigus ir padidėjus kritulių kiekiui, organinės medžiagos skaidymosi produktai (metalai sudarantys kompleksinius organinius junginius ir organinės rūgštys) išplaunami iš ekosistemos upelio vandeniu.

Visuminio organinio anglingumo kreivė beveik sinchroniška mangano koncentracijų ir rūgtingumo kreivėms: 2006 metais (Aukštaitijos KMS) ir 2007 metais (Žemaitijos KMS) bei 2016-2018 metais upelio vandens visuminis organinis anglingumas padidėjo. Paskutiniaisiais metais Aukštaitijos upelio vandenyje VOC yra tendencija didėti, o Žemaitijos KMS – priešingai mažėti.

Geležies (Fe) koncentracijos Aukštaitijos KMS upelio vandenyje neturi reikšmingos kaitos tendencijos per visą tiriamąjį laikotarpį. Dėl nuotėkio svyravimų, 2017 m. registruojamos vienos didžiausių Fe koncentracijų reikšmių Aukštaitijos KMS Versminio upelio vandenyje. Tai irgi gali būti susiję su sausra, bet geležies koncentracija Aukštaitijos KMS upelio vandenyje retai viršija žemiausią nustatymo ribą, todėl, nors geležies jonai, taip pat, kaip ir mangano gali sudaryti stabilus kompleksinius junginius su organinėmis medžiagomis, upelio vandens sudėtyje geležies koncentracijos pokyčiai labai maži.

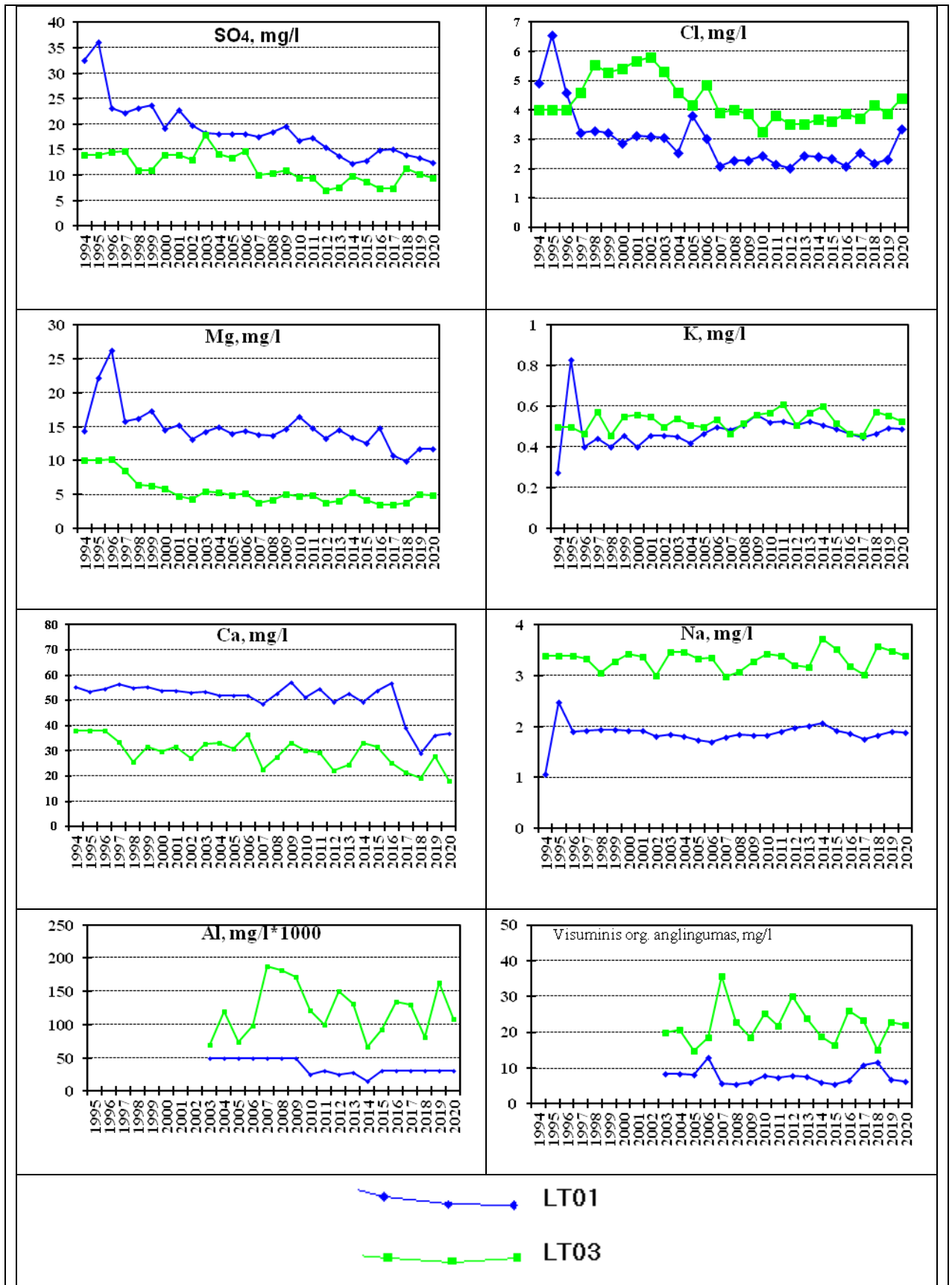
Žemaitijos KMS upelio vandenyje geležies koncentracijos yra iki 10 kartų didesnės negu Aukštaitijos KMS upelio vandenyje. Reikšmingas koncentracijų padidėjimas registruotas tik 2007 m. Nuo šių metų iki pastarųjų stebimas tolesnis palaipsnis Fe koncentracijų mažėjimas Žemaitijos KMS upelio vandenyje. 2018-2019 m. kritulių trūkumas matyt, kad turėjo reikšmingos įtakos ir šio elemento koncentracijų sumažėjimui šiame tirtame upelio vandenyje, dėl sumažėjusio Fe išplovimo iš dirvožemio intensyvumo. 2020 metais geležies ir mangano koncentracija Žemaitijos KMS upelio vandenyje sinchroniškai padidėjo, o visuminis organinis anglingumas žymiai nesumažėjo, rodydami, kad ekosistemoje tebevyksta intensyvus organinių medžiagų skilimas.

Kalcis ir magnis bei sulfatai susiję, nes kartu formuoja mažai tirpias druskas, todėl jų koncentracijų pokyčiai upelio vandenyje yra panašūs. Abiejose stotyse kalcio, magnio bei sulfatų koncentracija upelių vandenyje palaipsniui mažėjo nuo tyrimų pradžios iki 2015 metų sausros, kada kritulių kiekis buvo reikšmingai mažesnis negu daugiametis vidurkis. Per 2016-2020 metų laikotarpį lyginant su stebėsenos pradžia, sulfatų, kalcio ir magnio koncentracija upelio vandenyse sumažėjo apie 2 kartus.

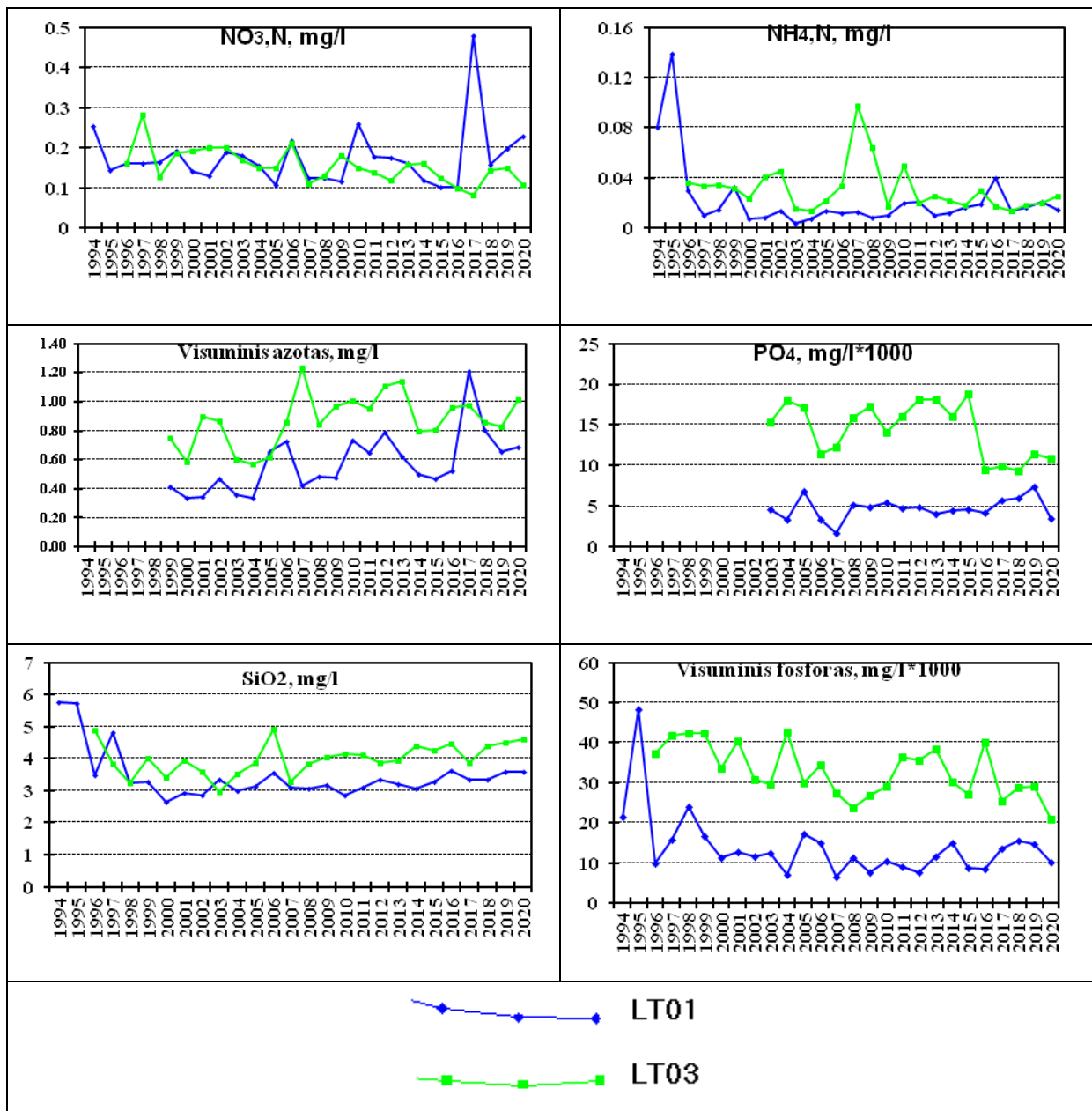


7.3 pav. Vidutiniai upelio vandens parametrai (1 iš 4). LT03 debitai 2007 ir 2009-2012 metais sumodeliuoti pagal dirvožemio vandens nuotėkį 170 cm gylyje.

Al koncentracijų kaitoje reikšminga tendencija nenustatyta, nes Aukštaitijos KMS upelio vandenyje aliuminio koncentracija neviršija mažiausios nustatymo ribos. Žemaitijos KMS baseino upelio vandenyje aliuminio yra iki 5 kartų daugiau negu Aukštaitijos KMS baseino upelio vandenyje ir neturi kitimo tendencijų bet yra susijęs su upelio vandens rūgštumu bei visuminiu organiniu anglingumu, dėl tų pačių, anksčiau minėtų priežasčių, kaip ir mangano koncentracija, t.y., organinių mineralinių kompleksinių tirpių vandenyje junginių susiformavimo.



7.3 pav. Vidutiniai upelio vandens parametrai (2 iš 3).



7.3 pav. Vidutiniai upelio vandens parametrai (3 iš 3).

Nitratų (NO₃_N), amonio (NH₄_N) ir visuminio azoto koncentracijos kito beveik sinchroniškai, kaip ir visuminė organinė anglis bei Mn, bet amonio azoto koncentracijos padidėjimas 2016 metais, bei nitratų azoto koncentracijos padidėjimas 2017 metais jautriau nei visuminė organinė anglis rodo 2015 metų sausros pasekmes. Paskutiniu metu laikotarpiu šių junginių koncentracijų sekose stebima augimo tendencija.

Visuminio N koncentracijų kaitoje stebimas reikšminga koncentracijų didėjimo tendencija, kurią reikšmingai sustiprino gausūs krituliai 2017 (73 pav., 3 iš 4). Šiltėjant klimatui gausūs krituliai išplauna iš ekosistemos N junginius, kas ateityje galėtų sąlygoti miškų produktyvumo sumažėjimą.

Fosfatų koncentracijos Aukštaitijos KMS upelio vandenyje tendencingai nesikeičia, bet Žemaitijos KMS upelio vandenyje nuo 2016 metų reikšmingai sumažėja, galimai dėl 2015 m. sausros.

Silicio koncentracija nuo 1999-2000 metų turi tendenciją didėti abiejose KMS. Tai gali būti susiję su mineralų dūlėjimo procesu intensyvėjimu.

Reikšmingiausių įtaką upelio vandens cheminės sudėties kaitai pastaraisiais metais turi sausringi metai bei klimato šiltėjimas. Sausringais metais padidėjusi organinių medžiagų skaidymąsi rodo nuoseklus Mn, amonio bei nitratų azoto koncentracijų upelio vandenyje išaugimas, nors ir ne visada lydimas visuminės organinės anglies bei geležies koncentracijos padidėjimo. Silicio koncentracijų didėjimas liudija apie mineralinės ekosistemos dalies dūlėjimo intensyvėjimą. Medžiagų išplovimo upelio vandeniu skyriuje šie dėsningumai turėtų būti ryškesni.

IŠVADOS

Aukštaitijos IMS upelio nuotėkio vidutinis intensyvumas (debitas) buvo mažiausias 2009, 2015-2016 ir 2019-2020 metais. Žemaitijos IMS upelio debitas kinta beveik cikliškai, bet palyginus su Aukštaitijos KMS upelio nuotėkiu, metais „vėluoja“

2020 m. upelio vandens pH ir Žemaitijos, ir Aukštaitijos KMS buvo aukštesni už vidutinę reikšmę. Aukštaitijoje upelio vandens pH stebėjimų laikotarpio vidurkį viršija nuo 2009 metų.

Šarmingumo ir specifinio elektrinio laidumo reikšmės per stebėjimų laikotarpį turi tendenciją augti Aukštaitijos KMS, o Žemaitijos KMS lieka stabilios.

Sausra, Mn koncentracijos mažėjimas ir upelio vandens rūgštėjimas yra susiję dėl organinių medžiagų skaidymosi: ekosistemoje sumažėja vandens ir vyksta didesnis nei vidutiniškai organinės medžiagos irimas. Sausrai pasibaigus ir padidėjus kritulių kiekiui, organinės medžiagos skaidymosi produktai (metalai sudarantys kompleksinius organinius junginius ir organinės rūgštys) išplaunami iš ekosistemos upelio vandeniu.

Visuminio organinio anglingumo kreivė beveik sinchroniška mangano koncentracijų ir rūgtingumo kreivėms: Paskutiniaisiais metais Aukštaitijos upelio vandenyje VOC yra tendencija didėti, o Žemaitijos KMS – priešingai mažėti.

Geležies (Fe) koncentracijos Aukštaitijos KMS upelio vandenyje neturi reikšmingos kaitos tendencijos per visą tiriamąjį laikotarpį. Žemaitijos KMS upelio vandenyje geležies

koncentracijos yra iki 10 kartų didesnės negu Aukštaitijos KMS upelio vandenyje. Reikšmingas koncentracijų padidėjimas registruotas tik 2007 m. Nuo šių metų iki pastarųjų stebimas tolesnis palaipsnis Fe koncentracijų mažėjimas.

Kalcis ir magnis bei sulfatai susiję, nes kartu formuoja mažai tirprias druskas, todėl jų koncentracijų pokyčiai upelio vandenyje yra panašūs. Abiejose stotyse kalcio, magnio bei sulfatų koncentracija upelių vandenyje palaipsniui mažėjo. Per 2016-2020 metų laikotarpį lyginant su stebėsenos pradžia, sulfatų, kalcio ir magnio koncentracija upelio vandenyse sumažėjo apie 2 kartus.

Al koncentracijų kaitoje reikšminga tendencija nenustatyta, nes Aukštaitijos KMS upelio vandenyje aliuminio koncentracija neviršija mažiausios nustatymo ribos. Žemaitijos KMS baseino upelio vandenyje aliuminio yra iki 5 kartų daugiau negu Aukštaitijos KMS baseino upelio vandenyje ir neturi kitimo tendencijų bet yra susijęs su upelio vandens rūgštumu bei visuminiu organiniu anglingumu.

Nitratų ($\text{NO}_3\text{-N}$), amonio ($\text{NH}_4\text{-N}$) ir visuminio azoto koncentracijos kito beveik sinchroniškai, kaip ir visuminė organinė anglis bei Mn. Paskutiniu metu laikotarpiu šių junginių koncentracijų sekose stebima augimo tendencija.

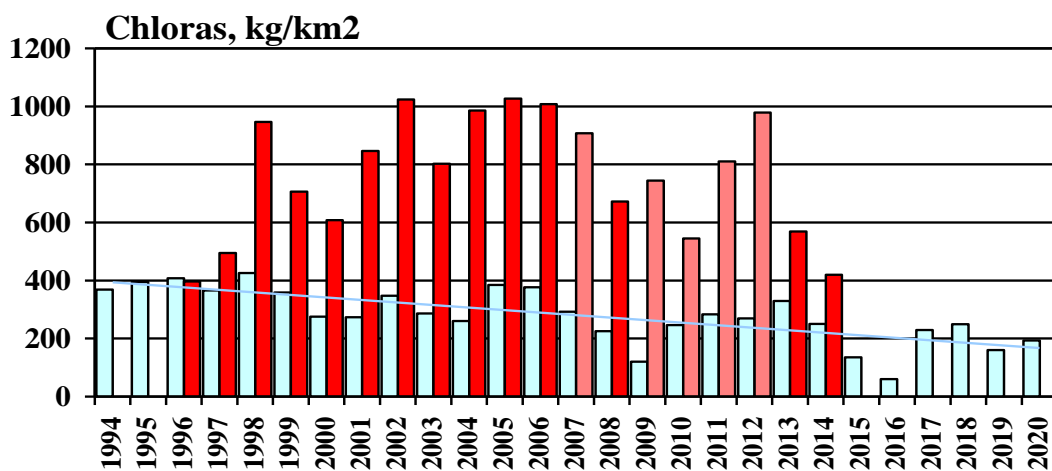
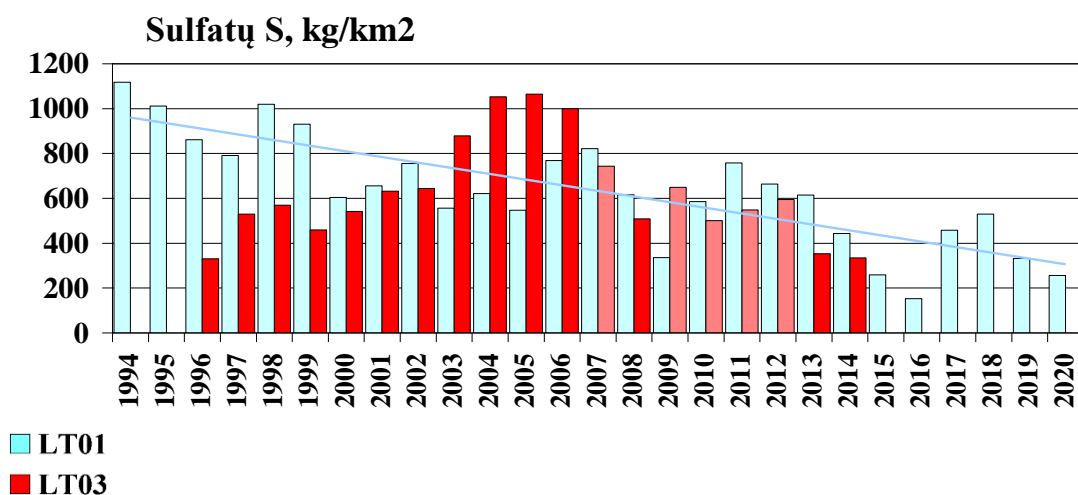
Visuminio N koncentracijų kaitoje stebimas reikšminga koncentracijų didėjimo tendencija. Šiltėjantis klimatas skatina organinių medžiagų skaidimosi procesą, dėl ko gausėjant krituliams šio elemento vis daugiau išplaunama iš miško ekosistemų dirvožemio, dėl ko gali susidaryti sąlygos miškų produktyvumui sumažėti. Tolesni tyrimai parodys ar tai galima nauja grėsmė miško ekosistemoms.

Silicio koncentracija nuo 1999-2000 metų turi tendenciją didėti abiejose KMS. Tai gali būti susiję su mineralų dūlėjimo procesų intensyvėjimu.

Reikšmingiausių įtaką upelio vandens cheminės sudėties kaitai pastaraisiais metais turi sausringi metai bei klimato šiltėjimas. Sausringais metais padidėjusį organinių medžiagų skaidymąsi rodo nuoseklus Mn, amonio bei nitratų azoto koncentracijų upelio vandenyje išaugimas, nors ir ne visada lydimas visuminės organinės anglies bei geležies koncentracijos padidėjimo. Silicio koncentracijų didėjimas liudija apie mineralinės ekosistemos dalies dūlėjimo intensyvėjimą.

7.4. Medžiagų balanso išnešimo sudedamosios dinamika

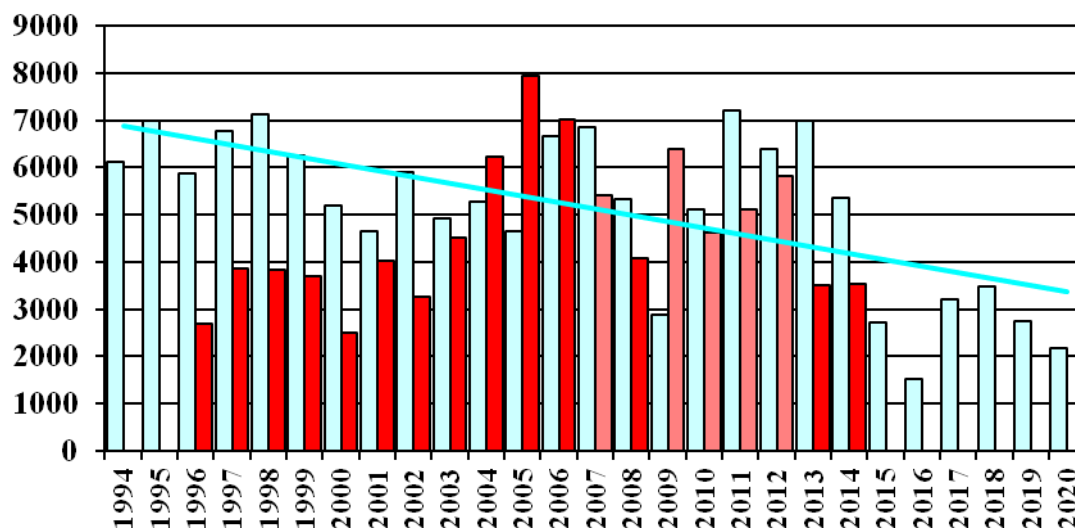
Cheminių elementų išnešimas upelio vandeniu geriausiai atspindi viso baseino medžiagų balanso išlaidų dalį. Nuo stebėsenos pradžios mažėja sulfatų, chloro, Ca, Mg bei K ir Na bei kitų su mineralinėmis medžiagomis susijusių komponentų bei ištirpusios organinės anglies (DOC) išplovimas upelio vandeniu (7.4 pav.) .



7.4 pav. Sulfatų ir chloro išplovimas upelio vandeniu.

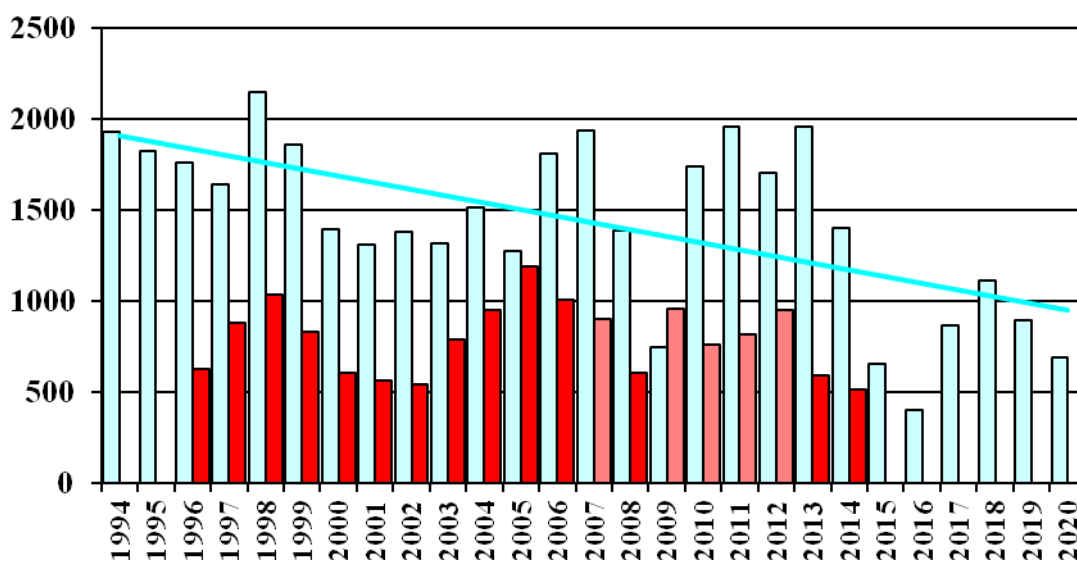
Nepaisant to, kad upelio nuotėkio modulis per stebėsenos laikotarpį mažėja, ir organinių, ir mineralinių azoto junginių išplovimas turi tendenciją didėti (7.7 pav.). Tai, kad didėja azoto junginių išplovimas iš ekosistemos patvirtina ir visuminio azoto kiekio mažėjimas dirvožemyje.

Kalcis, kg/km²



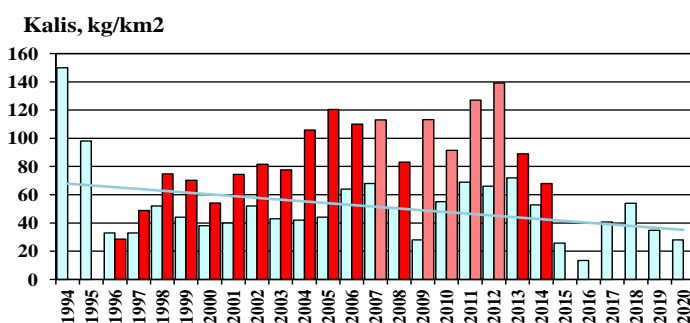
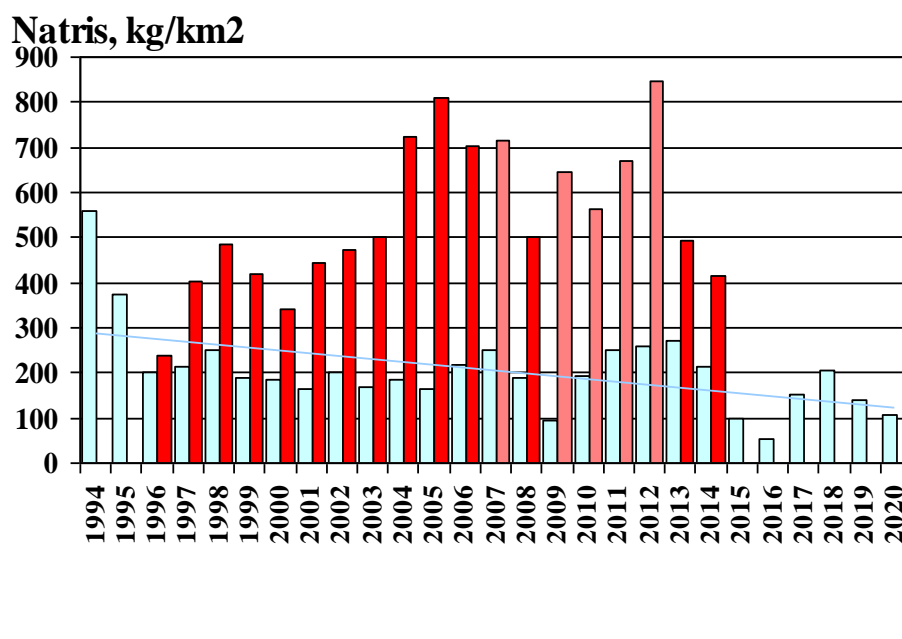
LT01
LT03

Magnis, kg/km²



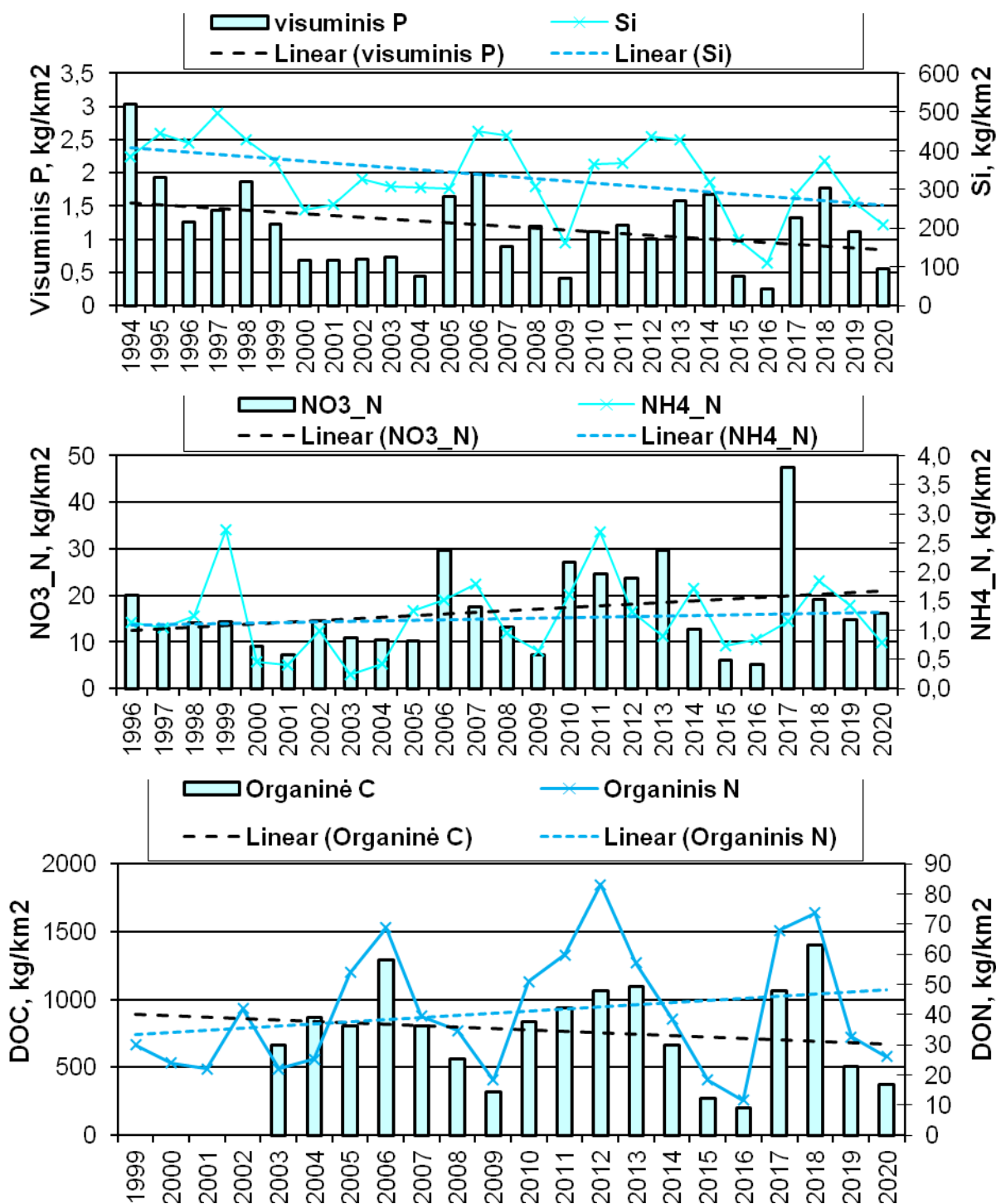
7.5 pav. Kalcio ir magnio išplovimas upelio vandeniui.

Išnešamas upelio vandeniui medžiagas ir elementus pagal jų prigimtį ir savybes galima suskirstyti į dvi pagrindines kategorijas. Pirmoji – tai vandenyje gerai tirpstančios, dažniausiai tirpias arba silpnai tirpias druskas sudarantys ir joninius tirpalus formuojantys elementai – chloras, natrijs, kalis, magnis, siera (sulfatų jonai) ir antroji grupė – elementai, susiję su organinių medžiagų skilimo produktų išnešimu iš ekosistemos – tai visuminė organinė anglis, azotas ir fosforas bei tirpieji pilnai mineralizuotos organinės medžiagos produktai – amonio, nitratų azotas.



7.6 pav. Natrio ir kalio išplovimas upelio vandeniui.

Visų pirmos grupės tirpiųjų elementų išnešimas iš ekosistemos stebėsenos laikotarpiu turi ryškią tendenciją mažėti, o kai kurių medžiagų, susijusių su organinių medžiagų skilimu, organinio azoto, nitratų ir amonio azoto, nepriklausomai nuo jų tirpumo, turi tendenciją augti.



7.7 pav. Visuminio fosforo ir silicio, mineralinio bei organinio azoto (DON) ir organinės anglies (DOC) išplovimas upelio vandeniui.

Pirmosios elementų grupės išnešimo mažėjimas gali būti susijęs su globalių pernašų mažėjimu, o antrosios grupės, nitratų, amonio, išnešimo didėjimas – su klimato kaitsu. Vandens apykaitos cirkuliacijos sulėtėjimas ir temperatūros kaitsu sudaro palankesnes sąlygas cirkuliuoti tirpiems azoto junginiams – tai gali lemti rūšinės augalų ir mikroorganizmų sudėties kaitą ir biomasės augimą.

7.5. KMS dirvožemio cheminės sudėties kaita 1995-2020 m. laikotarpiu

Dirvožemio tyrimai pagal UN ECE kompleksiško monitoringo programą vykdomi kas 5 metų laikotarpį. Paskutiniaisiais metais tyrimai buvo atlikti 2015 m.

7.5.1. Dirvožemio ėminių rinkimo sąlygų aprašymas ir metodika

2020 metai pagal vidutinę oro temperatūrą, 8,1 °C, buvo šilčiausi per stebėjimų laikotarpį. Aukštaitijos KMS dirvožemis 5 cm gylyje buvo šiltesnis, negu 10°C nuo 2020 metų gegužės 8 iki spalio mėnesio 30 dienos, iš viso 148 paras, tai yra, 18 parų trumpiau, negu 2000 metais, kai dirvožemis buvo įšilęs iki 10°C ilgiausiai per stebėjimų laikotarpį (166 paras) bet 10-13 parų ilgiau, negu 2005, 2010 ir 2015 metais, kai dirvožemis buvo įšilęs iki 10°C vidutiniškai 136 paras ± 2 paros, t.y., panašius į 2000-2020 metų vidurkį.

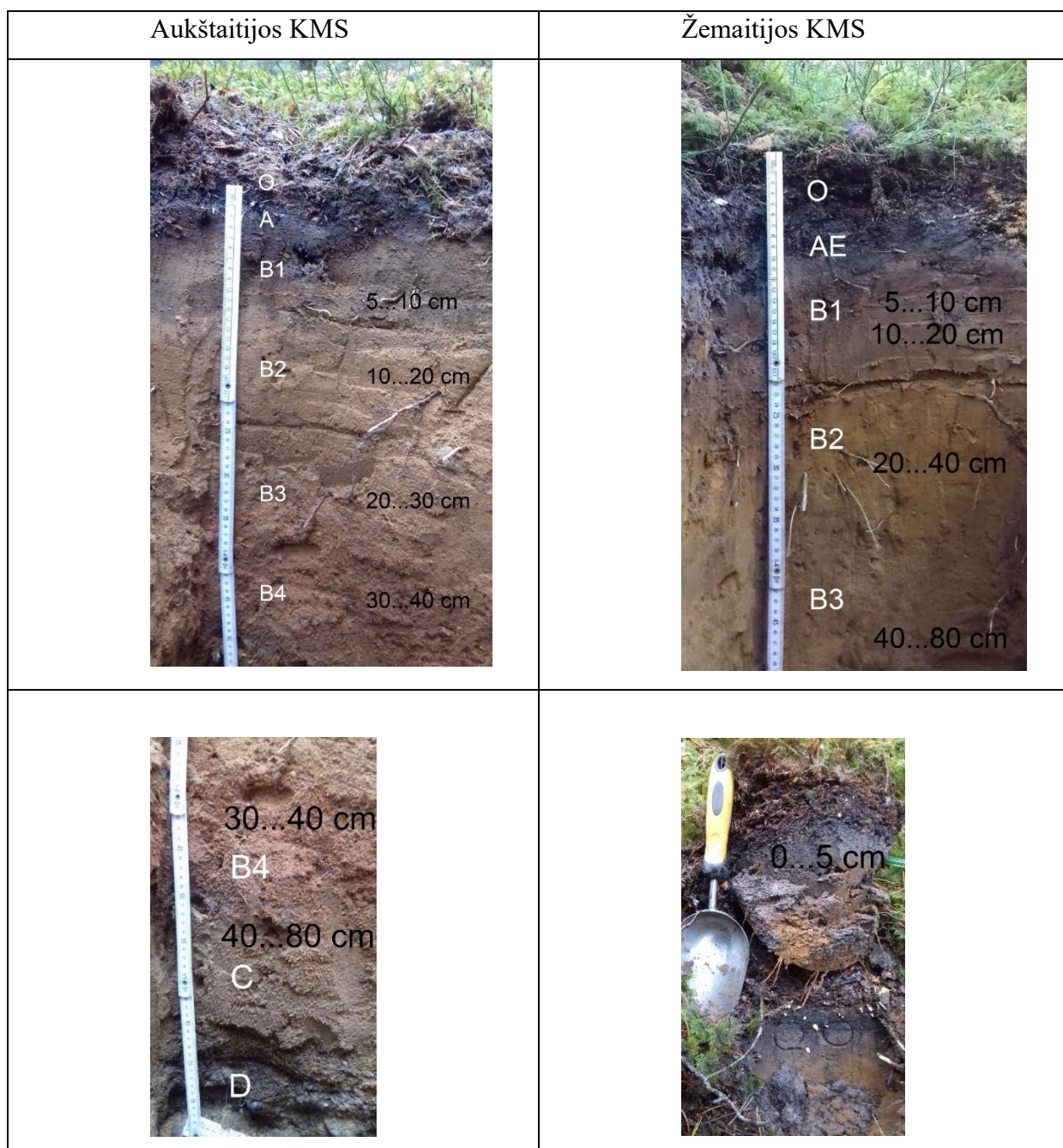
Kritulių kiekis 2020 metais Aukštaitijos KMS buvo artimas 2000-2019 metų vidurkiui, 707 mm (96% 2000-2019 metų vidurkio). Lyginant su vidutinėmis reikšmėmis, drėgniausia buvo 2020 metų vasarį (146% 2000-2019 metų vidurkio, trečias didžiausias po 2002 ir 2016 metų rekordų), o sausa – balandžio mėnesį (56% 2000-2019 metų vidurkio). Vegetacijos laikotarpio pabaiga (rugsėjo ir spalio mėn.) buvo drėgnesnė, negu vidutiniškai, kritulių kiekis sudarė atitinkamai 124 ir 113% 2000-2019 metų vidurkio. Palyginimui: pati sausiausia vegetacijos periodo pabaiga buvo 2000 metais, kai kritulių kiekis rugsėjo ir spalio mėnesiais buvo ypač mažas, atitinkamai 12 ir 27% 2000-2019 metų vidurkio, panašiai ir 2005 metais, po ypač drėgnos vasaros pabaigos (rugpjūtį - 154% 2000-2019 metų vidurkio) rudens pradžia buvo sausa, rugsėjį buvo 36%, o spalį - 46%.

KMS stotyse dirvožemio paviršinio horizonto ėminiai, iš 0...5 cm gylio renkami kas 5 metus, pastovioje teritorijoje, dirvožemio tyrimų kvadrato. Dirvožemio gilesniųjų sluoksnių ėminiai renkami kas 10 metų, 5...10, 10...20, 20...40 ir 40...80 cm ribose, iš dirvožemio horizontų centrinės dalies. Dirvožemių gimtosios uolienos pavyzdys surenkamas > 80 cm gylyje, jeigu uoliena šiame gylyje yra tos pačios prigimties, kaip dirvožemio horizontai. Kai > 80 cm gylyje slūgsanti uoliena yra kitos prigimties, negu dirvožemis, jos pavyzdžiai nerinkti.

2020 metais (taip pat, kaip ir 1993-1994, 2000 m. ir vėlesniais) dirvožemio ėminiai buvo renkami vegetacijos laikotarpio pabaigoje, spalio mėnesio 19 ir 22 dieną. Dirvožemio paviršinių horizontų (0...5 cm) pavyzdžiai (ėminiai) surinkti iš dirvožemio tyrimų kvadrato, apibrėžto monitoringo darbų pradžioje, 1993 ir 1994 metais. Vėliau ėminiai iš kvarato rinkti 2000, 2005 ir 2020 metais. 2000 metais buvo analizuojami tik visuminis

(bendrasis) sunkiųjų metalų kiekis ir granulimetrinė sudėtis. Dirvožemio gilesniųjų horizontų ėminiai surinkti 1993-1994, 2005 ir 2020 metais, dirvožemio profilio horizontų ir dirvožemio pavadinimai nustatyti pagal tarptautinę klasifikaciją (WRB..., 2014). Dirvožemio tipas nepasikeitė nuo stebėjimų laikotarpio pradžios, nes stengiamasi profilių kasti tokioje vietoje, kurioje dirvodaros sąlygos yra panašios, sąlyginai lygus reljefas ir netoli buvusių kasinių ir dirvožemio paviršinio horizonto tyrimų kvadrato. 2020 metais dirvožemio profilio koordinatės Aukštaitijos KMS buvo 55.43753 šiaurės platumos, 26,06879 rytų ilgumos o Žemaitijos 56.006 šiaurės platumos ir 21.875 rytų ilgumos. Dirvožemių tyrimo kvadrato yra 16 gardelių, iš kurių dirvožemio pavyzdžiai rinkti naudojant 4 cm diametro, 50 cm³ tūrio cilindrus (7.8 pav.). Dirvožemio tyrimų kvadratai tyrimų teritorijoje pažymėti plastikiniais reperiais.

Ėminių drėgnis nustatytas pagal masės nuostolių dalį sausam dirvožemiui, išdžiovinamam 105°C temperatūroje iki pastovios masės. Pagal išdžiovinto žinomo tūrio dirvožemio ėminio svorį nustatomas dirvožemio tankis (g/cm³), kuris naudojamas potencialiai teršiančių medžiagų inventorizacijai, išreiškiamai mg/m².



7.8 pav. Dirvožemio profilių apibūdinimas. Balta spalva pažymėti dirvožemio horizontų simboliai, o juoda - nurodyti standartizuoti gyliai nuo mineralinio horizonto paviršiaus. Apatiniuose paveiksluose kairėje, pavaizduota Aukštaitijos KMS profilio apatinė dalis, kur giliau 72 cm dirvožemio gimtoji uoliena, horizontas C, ribojasi su žvirgždo sluoksniu, dirvožemio horizontu D – paklotine uoliena. Dešinėje demonstruojamas dirvožemio pavyzdžių ėmimas naudojant 5 cm diametro cilindrus, iš paviršinių dirvožemio horizontų A+E Žemaitijos KMS dirvožemių tyrimų kvadrato.

7.2.2. Dirvožemių fizikinės ir cheminės savybės

Kompleksinio miško ekosistemų monitoringo stotyse ėminiai iš dirvožemio renkami kas 5 metus. Nustatomos dirvožemio savybės susijusios su kietosios dirvožemio fazės gebėjimu sorbuoti medžiagas patenkančias su krituliais. Dirvožemio savybės gali būti skirstomos į 3 pagrindines grupes:

1) Dirvožemio koloidų savybės – dirvožemių koloidų sistemą ir sorbcinį pajėgumą apibūdinančios (pH (vandenyje ir CaCl_2 , mainų rūgštingumas, judrieji šarminiai metalai (Na, K, Ca ir Mg), judrieji geležis ir aliuminis).

2) Organogeniniai elementai – visuminiai kiekiai elementų, daugiausia randami dirvožemio organinėse medžiagose (visuminė organinė anglis, azotas, fosforas ir siera).

3) Visuminiai (bendrieji) metalų kiekiai (visuminiai geležis, manganas, cinkas, švinas, nikelis, varis, chromas ir kadmis).

Šios trys pagrindinės dirvožemio savybių grupės yra tarpusavyje susijusios, nes, pavyzdžiui, didesnis sorbcinis talpumas gali sutapti su didesniais įvairių metalų bei su organine medžiaga susijusių elementų visuminiais kiekiais. Dirvožemių savybių nustatymo ir jų aprašymo įvairiais stebėjimo metais tikslas yra išaiškinti ir pagrįsti, kurios dirvožemio savybės pasikeitė ir nustatyti galimas pokyčių priežastis. Visų savybių sąrašas, matavimo vienetai, santrumpos bei sutartiniai ženklai pateikti lentelėje (Lentelė 7.1).

Iš viso 2020 metais buvo tiesiogiai nustatytos 22 dirvožemio fizinės ir cheminės savybės, apskaičiuotos dirvožemio charakteristikos, apibūdinančios dirvožemio koloidų gebėjimą sorbuoti katijonus (katijonų sorbcinė talpa, CEC) šarminių ir rūgštinių savybių balansą (pasotinimas bazėmis, BASA). Judrusis aliuminis dirvožemyje atsiranda dėl rūgščių kritulių, tirpinančių kompleksinius junginius, kuriuos sudaro įvairūs metalai susigrupavę su organinėmis rūgštimis, judrus aliuminis ir geležis konkuruoja dalyvaudami mainų reakcijose dirvožemio hidroksidų paviršiuose, formuodami sorbcines dirvožemio savybes, kurios kinta keičiantis rūgštumui (Yaping Xie *et al.*, 2020). Šios savybės vadinamos dirvožemių koloidų sistemos charakteristikoms (pirmoji savybių grupė).

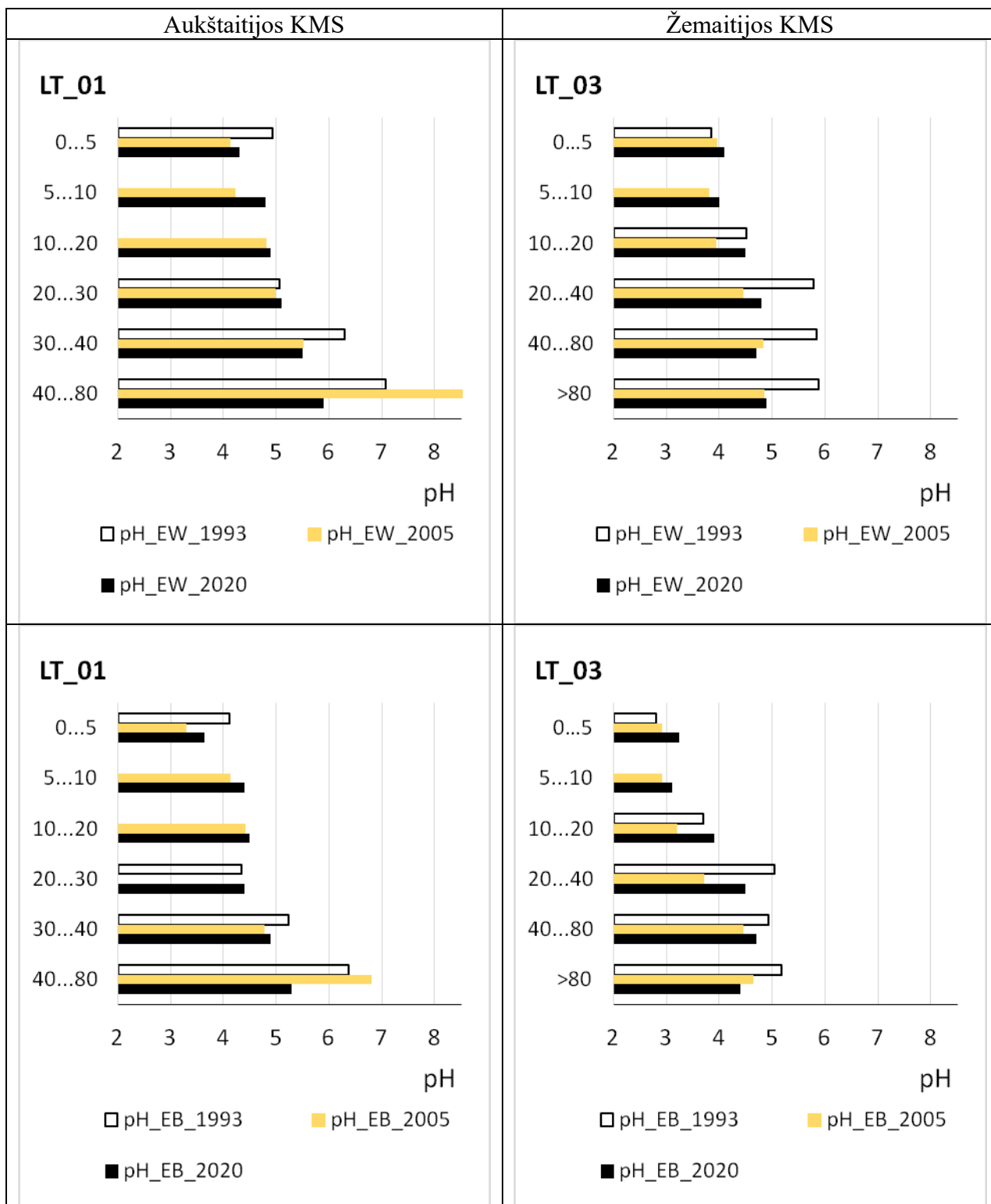
Apibūdinant organinės medžiagos būklę, apskaičiuoti dirvožemio elementų atominiai santykiniai koeficientai. Organinės anglies ir azoto atominis santykis (C/N) rodo organinės medžiagos susiskaidymo laipsnį, o C/N rodiklio mažėjimas – dirvožemio organinės medžiagos brandumo didėjimą (Michalzik, Kalbitz, Park *et al.* 2001).

7.1 lentelė. Dirvožemių cheminių savybių sąrašas.

Savybės	Matavimo vienetas	Santrumpa	Pastabos
1. Dirvožemio koloidų savybės			
pH vandens ištraukoje	pH vienetai	pH_EW	
pH 0,01 M BaCl ₂ ištraukoje	pH vienetai	pH_EB	
Judrus Na	mekv/kg	Na_E	
Judrus K	mekv/kg	K_E	
Judrus Mg	mekv/kg	Mg_E	
Judrus Ca	mekv/kg	Ca_E	
Efektyvus mainų rūgštumas	mekv/kg	ACI_ET	
Efektyvioji katijonų sorbcijos talpa	mekv/kg	CEC_E	Na_E+K_E+MG_E+CA_E+ACI_ET
Pasotinimas bazėmis	%	BASA	(Na_E+K_E+MG_E+CA_E/CEC_E)*100%
Judrus Al	mekv/kg	Al_E	
Judri Fe	mekv/kg	Fe_E	
Judraus Al ir geležies santykis	santykinis dydis	Al/Fe	Elementų ekvivalentinių masių santykinis dydis
2. Organogeniniai elementai (visuminiai, bendras kiekis)			
Organinė anglis	mg/kg	COR_T	
Visuminis azotas	mg/kg	N	
Visuminių organinės anglies ir azoto santykis	santykinis dydis	C/N	Elementų ekvivalentinių masių santykinis dydis
Visuminis fosforas	mg/kg	P	
Visuminė sierra	mg/kg	S	
3. Metalai (visuminis, bendras kiekis)			
Geležis	mg/kg	FE	
Manganas	mg/kg	MN	
Kadmis	mg/kg	CD	
Chromas	mg/kg	CR	
Varis	mg/kg	CU	
Nikelis	mg/kg	NI	
Švinas	mg/kg	PB	
Cinkas	mg/kg	ZN	
<i>Pastaba: grafikuose ir tekste aprašytos ir grafikuose parodytos ne visos savybės, bet tik pagrindiniai rodikliai. Visos neaprašytos savybės naudotos išvestinių charakteristikų skaičiavimuose ir yra duomenų bazėje.</i>			

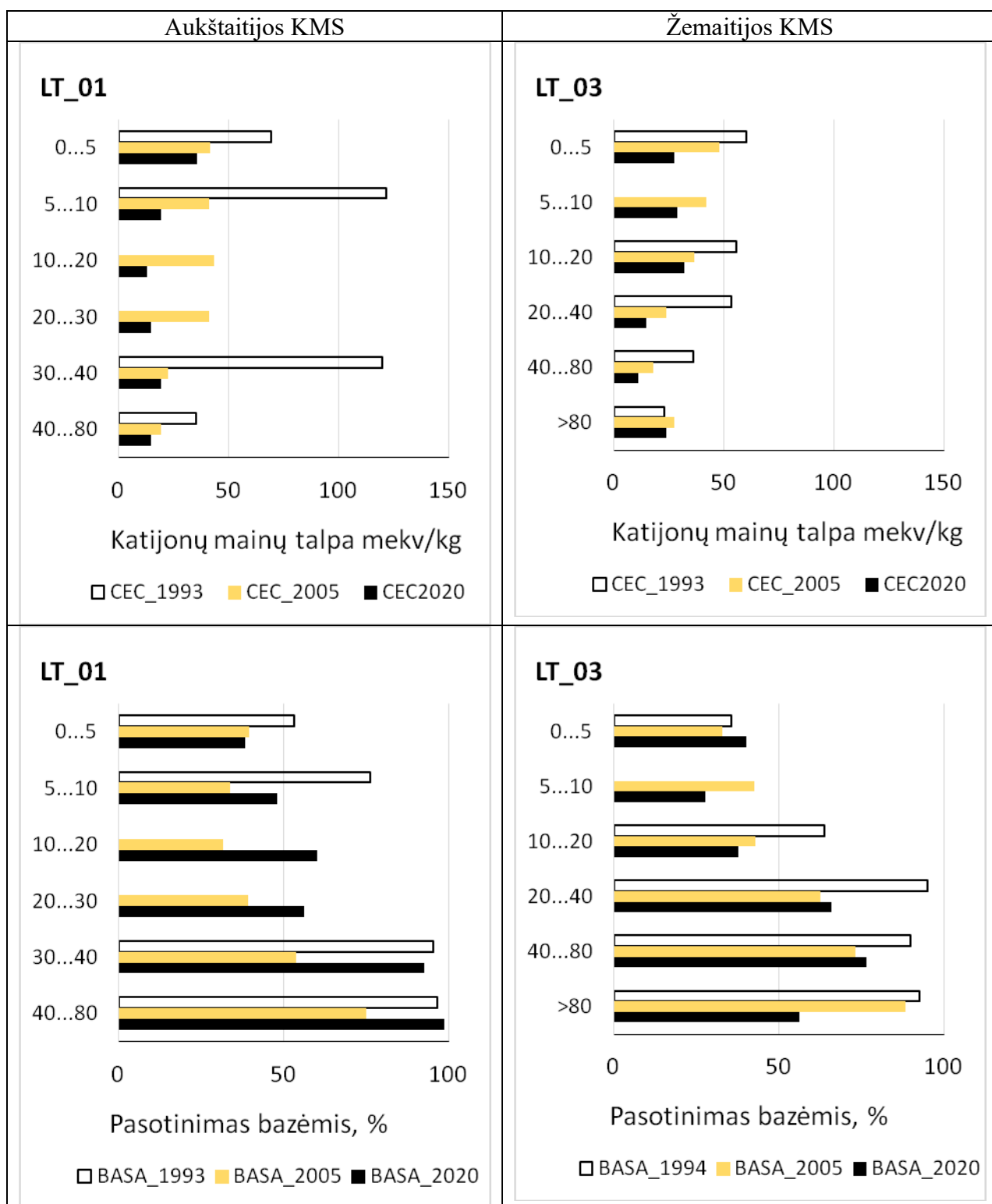
7.5.3. Dirvožemio cheminės sudėties kaitos palyginimas KMS dirvožemio tyrimų stacionaruose

Dirvožemio pH ir koloidų savybių kiekybiniai rodikliai rodo, kad dirvožemis ir Aukštaitijos ir Žemaitijos KMS darosi mažiau rūgštus: ypač ryški tendencija stebima Žemaitijos KMS (7.9 ir 7.10 pav.). Čia dirvožemis stipriau paveiktas jaurėjimo, todėl natūraliai yra rūgštesnis.

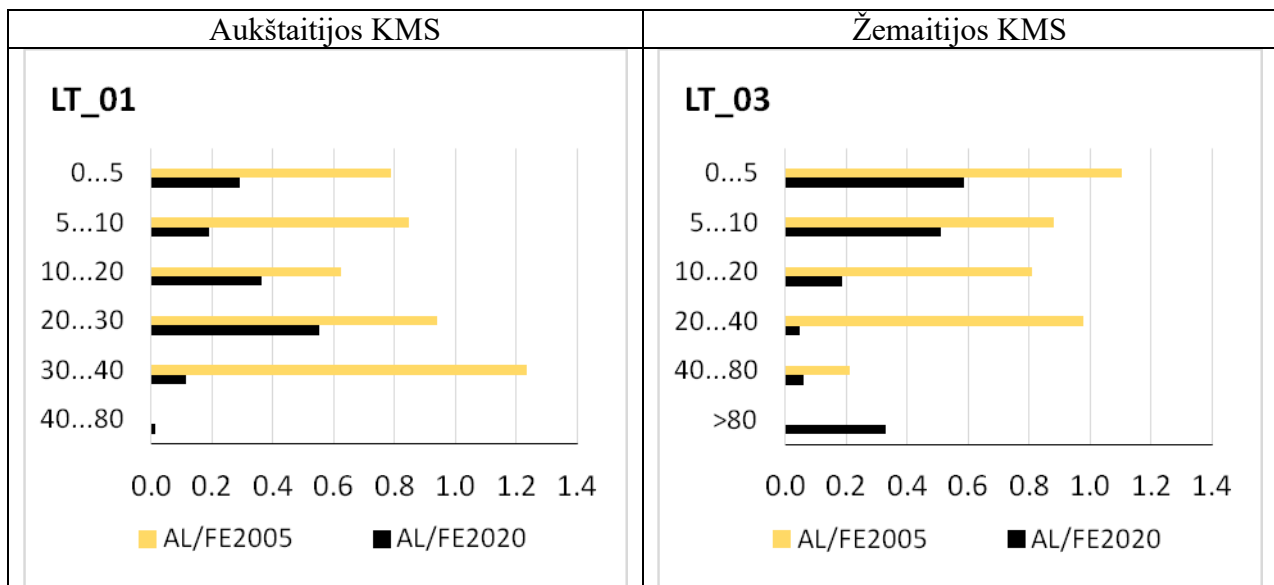


7.9. pav. Dirvožemio pH kitimas profilyje.

Klimato ir globalių pernašų pokyčiai lemia, kad dirvožemių išplovimas ir rūgštėjimas slopsta.

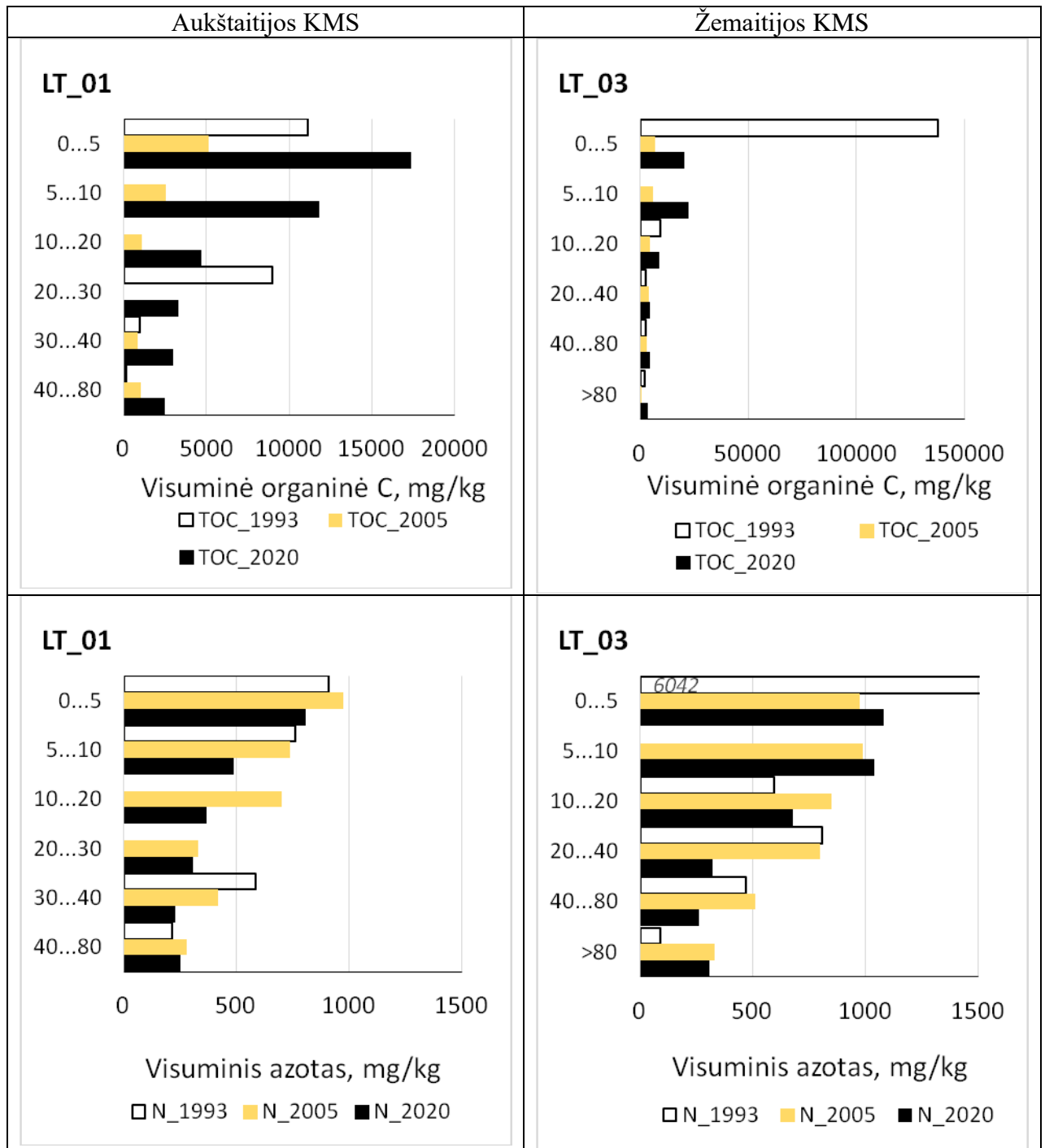


7.10. pav. Katijonų sorbcinio komplekso savybių kitimas dirvožemio profilyje.

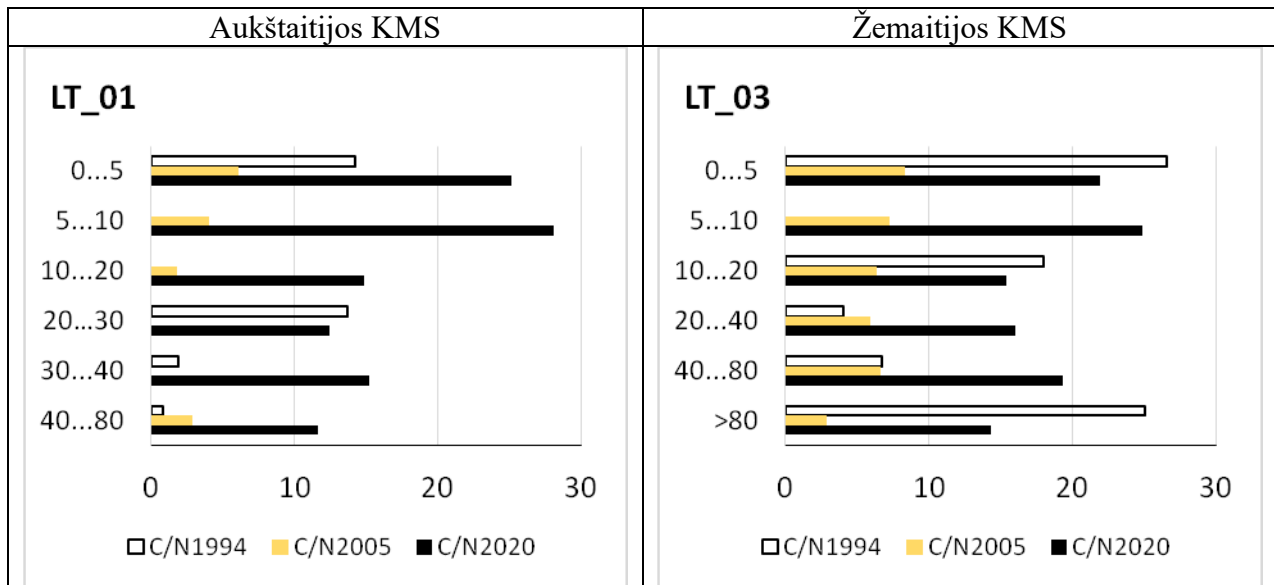


7.11. pav. Dirvožemio hidroksidų sorbcinio komplekso charakteristikos, judraus aliuminio ir geležies kitimas profilyje.

Dirvožemio hidroksidų sorbcinio komplekso savybes apibūdina judriųjų geležies ir aliuminio santykis, kuris abiejose monitoringo stotyse sumažėjo tiek paviršiniuose horizontuose (0...40 cm gylyje), tiek giliau (40...80 cm ir >80 cm gylyje). Žemaitijos KMS dirvožemiui būdingas didesnis pusantrinių oksidų kiekis viršutiniuose horizontuose, o Aukštaitijos KMS daugiausia hidroksidų sukaupe virš karbonatinio geocheminio barjero, giliau 30 cm. 2020 metais, lyginant su 2005 Al/Fe santykiniai dydžiai abiejose stotyse sumažėjo tiek paviršiniuose, tiek giluminiuose dirvožemių horizontuose (7.11 pav). Judraus aliuminio sumažėjimas judrios geležies atžvilgiu patvirtina anksčiau darytą prielaidą, kad dirvožemio rūgštumas mažėja.

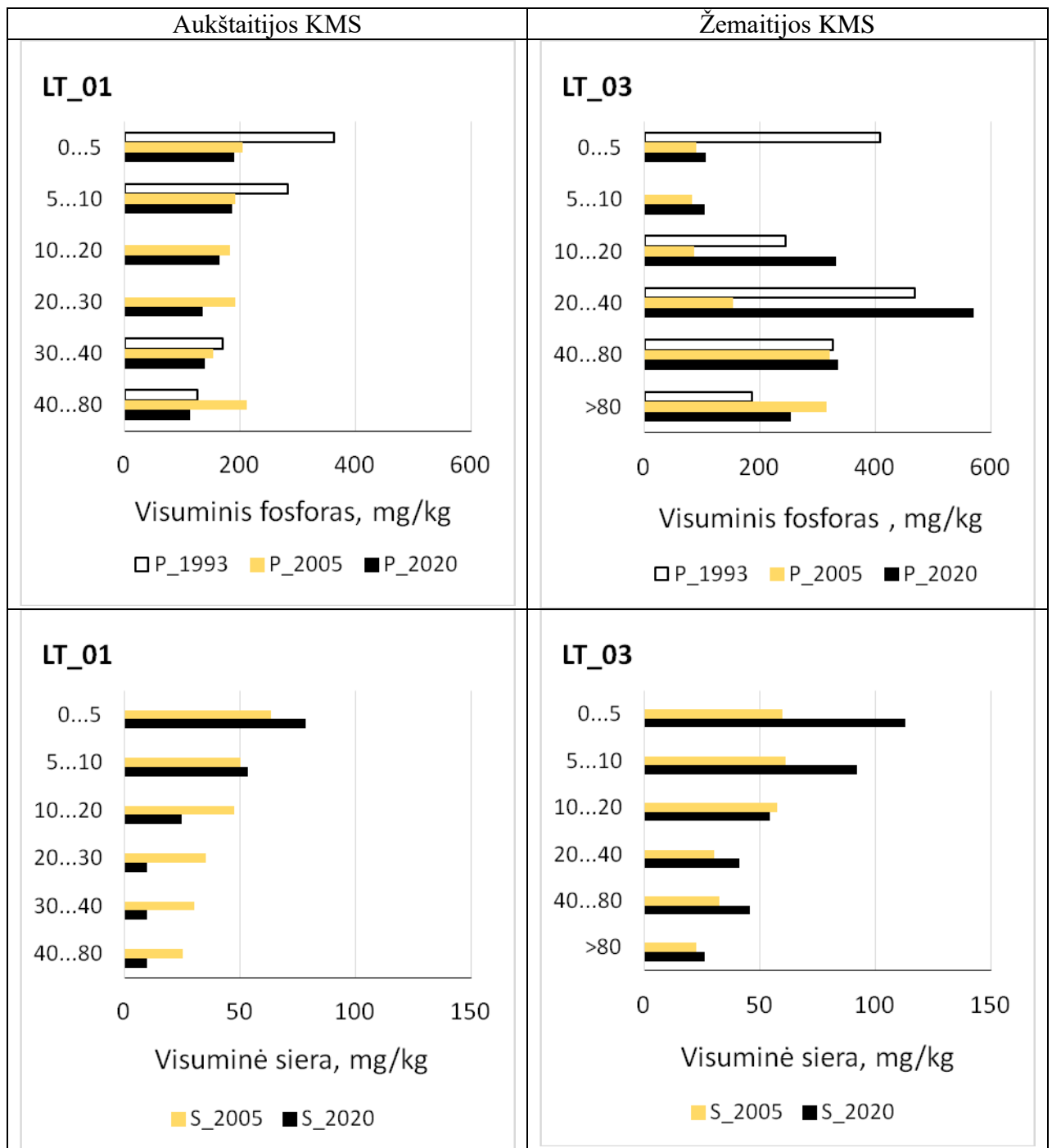


7.12 pav. Oragininės anglies ir visuminio azoto kitimas dirvožemių profiliuose.



7.13 pav. C/N santykio kitimas dirvožemių profiliuose.

Organogeninių elementų kitimas ir raida per stebėsenos periodą Aukštaitijos ir Žemaitijos KMS nevienodas. Aukštaitijos KMS dirvožemyje daugėjo visuminės organinės anglies, bet mažėjo fosforo. Anglies ir azoto santykis ženkliai išaugo, rodydamas, kad dirvožemis pasipildė šviežiomis organinėmis medžiagomis. Visuminės sieros Aukštaitijos KMS dirvožemyje 2020 metais 0...10 cm gylyje padaugėjo, o >10 cm gylyje žymiai sumažėjo. Žemaitijos KMS organinės anglies ir azoto kiekis sumažėjo, o visuminio fosforo kiekis sumažėjo 0...10 cm ir liko stabilus arba išaugo gilesniuosiuose dirvožemio horizontuose. Anglies ir azoto santykis sumažėjo, išskyrus 20..80 cm gylį.



7.14. pav. Visuminio fosforo ir sieros kitimas dirvožemių profiliuose.

IŠVADOS

Stebėsenos laikotarpiu dirvožemis darėsi mažiau rūgštus ir mažėjo sorbcinio komplekso pajėgumas. Dirvožemio elementų susijusių su organinėmis medžiagomis visuminiai kiekiai mažėjo, išskyrus sieros junginius, kurių kiekis Aukštaitijos KMS paviršiniame horizonte 2020 metais, palyginus su 2005 padidėjo, o gilesniuose horizontuose, sumažėjo.

7.6. Dirvožemio ir dirvožemio, grunto, bei paviršinio vandens cheminės sudėties kaitos rezultatų apibendrinimas apibendrinimas

Aukštaitijos KMS geosistemos dirvožemiui būdingos mažesnės organinės medžiagos atsargos todėl vandens apykaitos pokyčiai ir įtaka ekosistemai ryškiau matyti, negu Žemaitijos KMS geosistemoje, kur organinės medžiagos, pasižyminčios buferinėmis savybėmis ir didele sorbuojančiąja galia, neutralizuoja vykstančius pokyčius.

Abiejose KMS dėl vandens apytakos sulėtėjimo, ilgesnio kontakto tarp dirvožemio skystosios ir kietosios fazių, didėja dirvožemio, grunto ir upelio vandens rūgštumas.

2016-2020 metų laikotarpį lyginant su stebėsenos pradžia, sulfatų, kalcio ir magnio koncentracija upelio vandenyse sumažėjo apie 2 kartus. Aukštaitijos IMS tirpių medžiagų (S, Cl, Na, K, Ca ir Mg) išnešimas stebėsenos laikotarpiu mažėja.

Mažėja sunkiųjų metalų (Cd, Cu, Cr, Ni, Pb ir Zn) bei geležies koncentracija dirvožemio, grunto ir upelio vandenyje. Pokyčiai ypač ryškūs 2017–2020 metais, bet 2020 metais daugumos sunkiųjų metalų koncentracijos nebuvo pačios mažiausios, taigi galima teigti, kad globalių teršalų pernašų mažėjimo 2020 metais neužfiksuota.

Geležies, mangano ir aliuminio bei silicio koncentracijos yra susijusios su organinės anglies ir azoto koncentracijomis dėl gebėjimo formuoti tirpius kompleksinius junginius. Dirvožemio vandenyje ištirpusios organinės anglies koncentracija labiausiai koreliuoja su siliciu, o grunto vandenyje be silicio ryški ir koreliacija su manganu ir geležimi.

Organinės anglies, azoto ir fosforo junginių koncentracijų staigų išaugimą dirvožemio, grunto ir upelio vandenyje lemia po sausrų atėjusių lietingų laikotarpių vandens srautų tirpdomoji veikla. Tų pačių metų rudenį arba kitų metų pavasarį išauga organinės anglies koncentracija, o vėliau, vykstant tolimesniam atsparių organinių junginių skilimui padidėja visuminio azoto ir nitratų bei fosforo koncentracija ir išnešimas upelio vandeniui. Sausros poveikyje organinės anglies, azoto ir fosforo koncentracija dirvožemio ir grunto vandenyje padidėja du ir daugiau kartų. 2020 metais, palyginus su 2019 daugiau kaip du kartus padidėjo visuminio azoto ir fosforo koncentracija dirvožemio vandenyje.

Nors upelio nuotėkio modulis per stebėsenos laikotarpį mažėjo, bet ir organinių, ir mineralinių azoto junginių išplovimas turi tendenciją augti. Didėjantį azoto junginių išplovimą iš Aukštaitijos KMS ekosistemos patvirtina ir visuminio azoto kiekio sumažėjimas visame dirvožemio profilyje - tai gali liudyti apie nepalankią ekosistemai organinės dirvožemio dalies transformaciją, mažinančią sorbuojančią dirvožemio galią.

1. LITERATŪRA

- Baužienė I.** Aukštaitijos kompleksinio monitoringo stoties geosistemos teršimo siera dinamika. *Geografijos metraštis*, 2005, 38(1), 73–80
- Baužienė I.,** Bauža D., Pivoras G. Comprehensive assessment of factors influencing the flow of water and substances in soils of natural forest ecosystems. *Ekologija*. 2009, Vol. 55(2), p. 105–111.
- Dėl ekstremalių įvykių kriterijų patvirtinimo**, Žin., 2006, Nr. 29-1004
- Dirvožemių**, dirvožemio vandens, gruntinio vandens ir upelių vandens monitoringas kompleksinėse monitoringo stotyse, (2001). Geografijos instituto 2001 metų darbų ataskaita (temos vadovas dr. Z. Gulbinas).
- Dirvožemių**, dirvožemio vandens, gruntinio vandens ir upelių vandens monitoringas kompleksinėse monitoringo stotyse, (2002). Geologijos ir geografijos instituto 2002 metų darbų ataskaita (temos vadovas dr. M. Samuila).
- Dobkevičius M.** 2001. Hidrogeodinamika. Vilnius, Enciklopedija, 358 p.
- Gruntinio, dirvožemio** bei paviršinio vandens ir dirvožemio tyrimai pagal ICP IM programą, (2007). Geologijos ir geografijos instituto 2007 metų darbų ataskaita (temos vadovė dr. I. Baužienė).
- Yaping Xie, Zengfu Guan, Jixia Cheng, Yuxuan Zhou, Mingquan Yan** (2020) Competition between Al(III) and Fe(III) for binding onto natural organic matter: In situ monitoring by UV–Vis absorbance spectroscopy, *Chemosphere*, 128655.
- Kadūnas, V., Budavičius, R., Gregorauskienė, V., Katinas, V., Kliaugienė, E., Radzevičius, A. & Taraškevičius, R.** (1999). Geochemical atlas of Lithuania. Vilnius. 537 Institute of Geology, Geological Survey of Lithuania.
- Manual for integrated monitoring** (1998). ICP IM programme centre, Finish environment institute, Helsinki.
- Manual for Integrated Monitoring.** Programme Phase 1993–1996. Environment Data Centre, National Board of Waters and the Environment. Helsinki, (1993).
- Manual on methods** and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. http://www.icp-forests.org/pdf/FINAL_soil.pdf.
- Michalzik, B., Kalbitz, K., Park, JH. et al.** Fluxes and concentrations of dissolved organic carbon and nitrogen – a synthesis for temperate forests. *Biogeochemistry* **52**, 173–205 (2001).
- Ruseckas J.** (2008). Vandens balansas miške ir jį lemiantys veiksniai. *Miškas ir vanduo*. Vilnius, “Enciklopedija”. 93-109.
- Сакалаускаене Д. И.** Динамические запасы и подземный сток грунтовых вод территории Литовской ССР. Вопросы взаимосвязи подземных и поверхностных вод Южной Прибалтики, выпуск 20. Вильнюс, 1969.

VIII. SUNKIŲJŲ METALŲ SRAUTAI, KONCENTRACIJOS IR KAUPIMASIS MIŠKO EKOSISTEMOSE

Sunkieji metalai į atmosferą patenka dviem keliais: natūralių gamtoje vykstančių procesų metu (dirvos erozija, vulkaninė veikla, miškų gaisrai, vegetacija, išnešimas su jūros purlais) bei technologinių procesų metu. Natūraliai gamtoje vykstantys procesai išmeta nežymius kiekius sunkiųjų metalų (Shukla, Leland, 1973). Ilgus metus deginant gamtinį kurą, planetoje padidėjo sunkiųjų metalų koncentracijos ore, vandenyje, dirvožemyje, dumble bei augaluose ir gyvūnuose. Didelę įtaką teršalų sklaidai turi oro srovių judėjimas. Šitaip, be vietinės pramonės, elektrinių ir transporto išmetamų teršalų, dalis Vakarų, Centrinės ir Rytų Europos pramoninių rajonų teršalų pasklinda virš Lietuvos (Кветкис, Шакалис, 1979, Šopauskienė and Jasinevičienė, 2004). Taigi aplinkos užterštumą sunkiaisiais metalais didina tiek vietiniai, tiek ir toli esantys pramonės centrai, kurių išmetamus teršalus oro srovės toli nuneša ir paskleidžia.

Sparčiai vystantis pasaulinei industrijai ir energijos gamybai didėja ir susidariusių atmosferos teršalų kiekis. Emituojami teršalai nusėda sausu būdu arba yra išplaunami krituliais į žemės ir vandens paviršių, patenka į gilesnius dirvos ir vandenų dugno nuosėdų sluoksnius, dėl ko iškyla atmosferos teršalų koncentracijos kaitos ir jų pasiskirstymo tarp įvairių biosferos objektų problema, nes daugelis teršalų yra pavojingi žmogui ir gyvajai gamtai, todėl svarbūs ne vien tik jų sklidimo ir nusėdimo procesų tyrimai, bet taip pat svarbu nustatyti ir jų koncentracijos atmosferoje bei iškritusių ant žemės paviršiaus kiekių kitimo tendencijas. Tarp labiausiai paplitusių aplinkoje toksinių teršalų, svarbią vietą užima sunkieji metalai ir policikliniai aromatiniai angliavandeniliai (PAA).

Teršalų koncentracijos atmosferoje kaitą labiausiai veikia teršalų emisijos dydis, meteorologiniai bei klimatiniai veiksniai ir teršalų cheminės-fizinės savybės. Valstybės, vykdydamos 1979 m. Ženevoje pasirašytos “Konvencijos dėl tolimų atmosferos teršalų pernašų” (“*Convention on Long-range Transboundary Air Pollution*” – CLRTAP) reikalavimus, pastebimai mažina teršalų emisiją į atmosferą – ekonomiškiau vartojamas kuras ir gamybai naudojamos medžiagos, mažinami šiluminiai nuostoliai, didinamas valymo įrenginių efektyvumas. Dėl šių priežasčių mažėja ir sunkiųjų metalų emisija į atmosferą.

Anksčiau atlikti sunkiųjų metalų koncentracijos ore bei krituliuose, o taip pat ir samanose stebėjimai parodė, kad antropogeninės kilmės metalų emisija pačioje Lietuvos teritorijoje yra nedidelė. Skaičiavimai parodė, kad maždaug 70 – 90% teršalų yra atnešama tolimosios oro masių pernašos keliu iš Vakarų bei Centrinės Europos ir tik apie 10-30 % teršalų kiekio yra išplaunama

krituliais Lietuvos teritorijoje. Pažangesnių technologijų bei valymo įrenginių gamyboje įdiegimas Vakarų Europoje turėjo didelės įtakos teršalų koncentracijos sumažėjimui Lietuvos oro baseine, ką rodo ir sunkiųjų metalų koncentracijos samanose mažėjimo tendencijos.

8.1. Sunkiųjų metalų srautai su krituliais miško ekosistemose (FTMC Aplinkotyros skyrius, m.d. Inga Garbarienė).

Tarp labiausiai paplitusių aplinkoje toksinių teršalų, svarbią vietą užima sunkieji metalai ir policikliniai aromatiniai angliavandeniliai (PAA).

Metalai į atmosferą patenka ir iš antropogeninių ir iš natūralių šaltinių. Daugelis metalų pasižymi toksišomis savybėmis, todėl yra pavojingi žmogui ir gyvajai gamtai. Iš bendro antropogeninės kilmės sunkiųjų metalų kiekio, nusėdusio Lietuvos teritorijoje ant žemės paviršiaus, 70÷90 % jų nusėda su krituliais [1]. Sunkiųjų metalų koncentracijos ore bei krituliuose, o taip pat ir samanose stebėjimai parodė, kad antropogeninės kilmės metalų emisija pačioje Lietuvos teritorijoje yra nedidelė – maždaug 70÷90 % teršalų yra atnešama tolimosios oro masių pernašomis iš Vakarų bei Centrinės Europos ir tik apie 10÷30 % teršalų kiekio, esančio ore, yra išplaunama krituliais Lietuvos teritorijoje [1,2,3]. Pažangesnių technologijų bei valymo įrenginių gamyboje įdiegimas Europoje turi didelės įtakos teršalų koncentracijos sumažėjimui Lietuvos oro baseine, ką rodo ir sunkiųjų metalų koncentracijos samanose mažėjimo tendencijos [4].

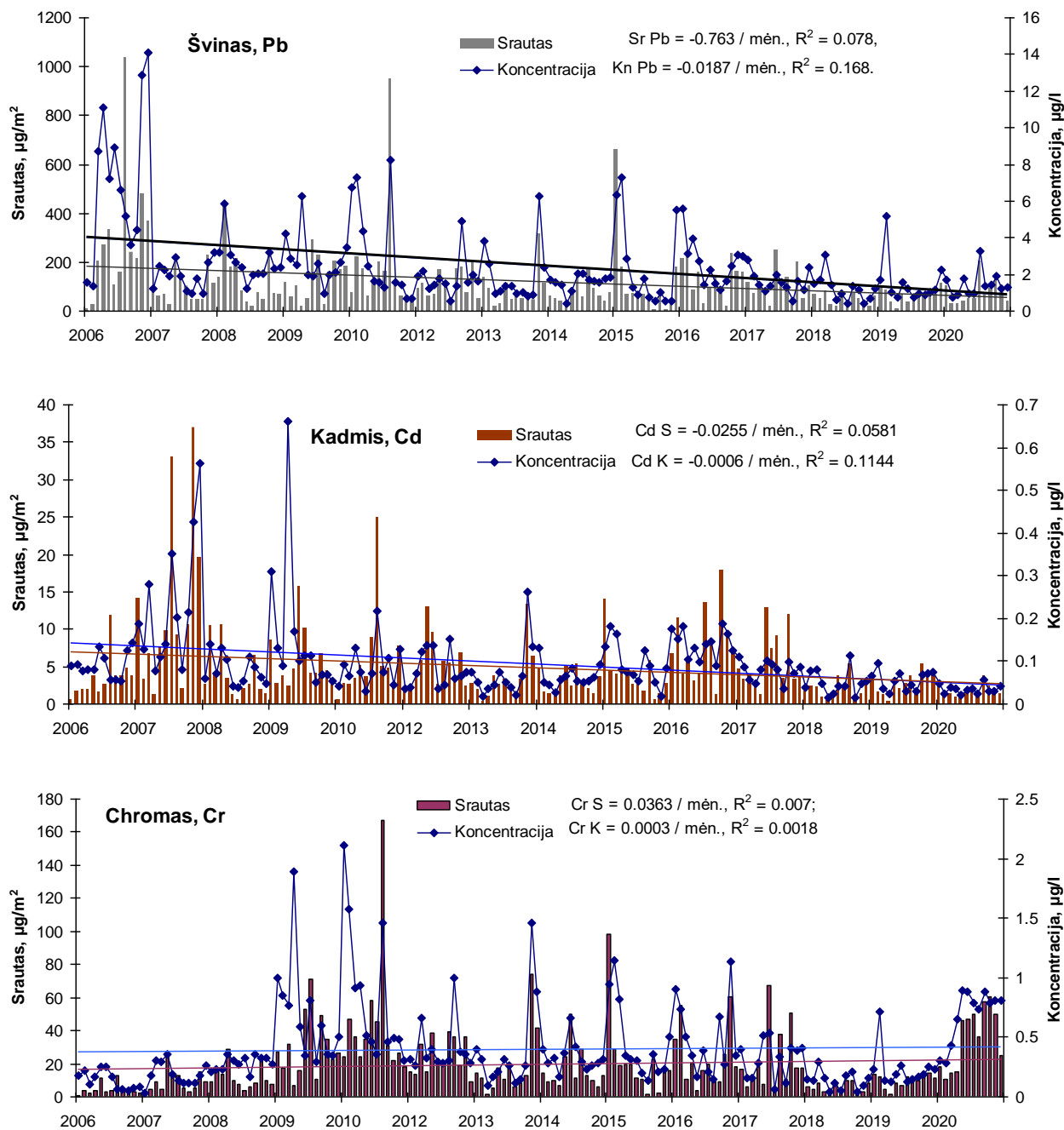
Krituliai dėl savo nereguliarumo nors ir ne visiškai, bet iš dalies atspindi ir atmosferos užterštumą, tačiau tiriant teršalų koncentraciją krituliuose, galima žymiai tiksliau nei iš jų koncentracijos ore įvertinti jų srautą į žemės paviršių.

Literatūra:

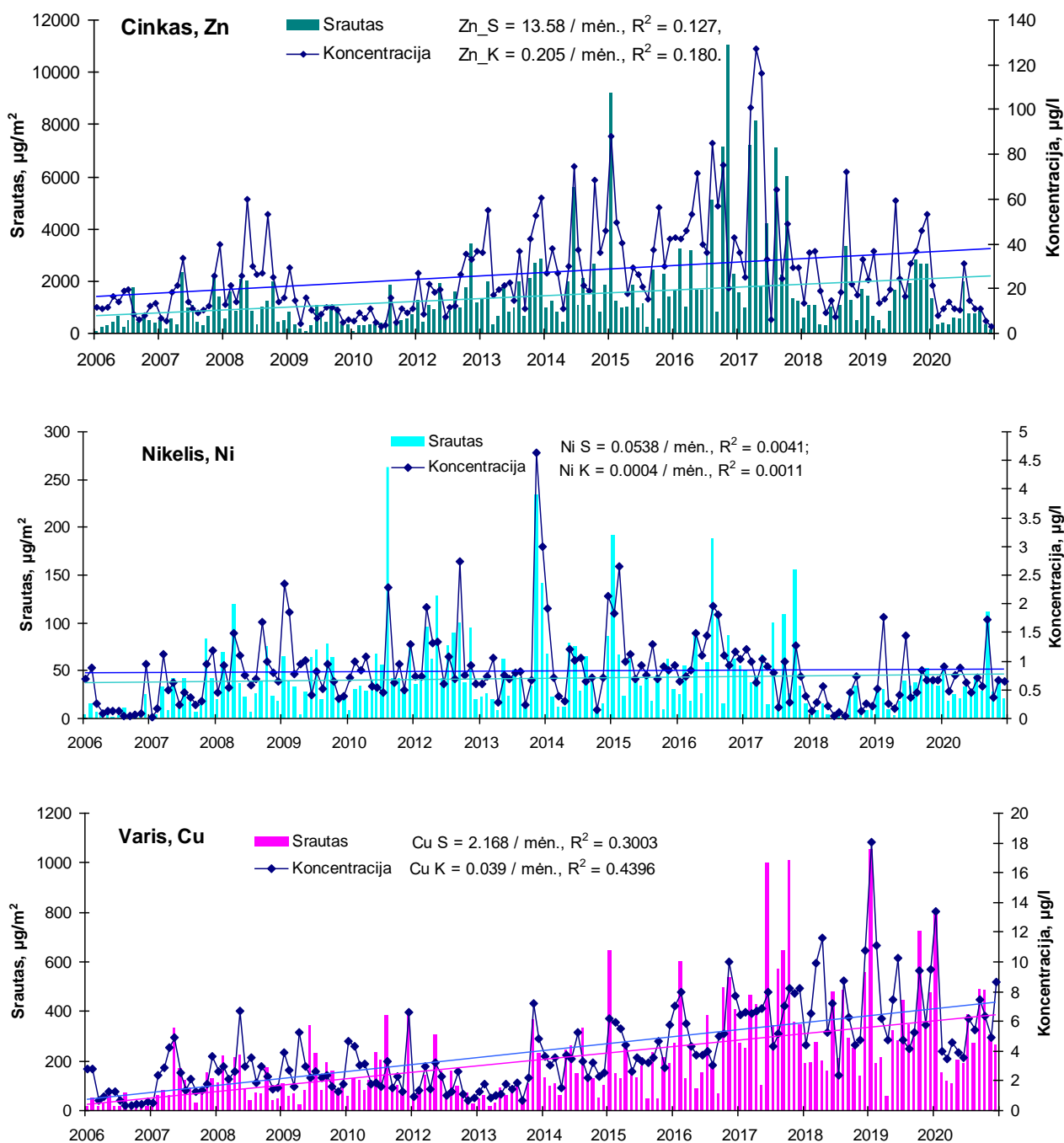
1. D.Čeburnis. (1999) Atmospheric trace metal deposition in Lithuania: methods and estimation // Ed. D. A. Lovejoy. Heavy Metals in the Environment: an Integrated Approach, Vilnius, Lithuania, 5-15.
2. D.Čeburnis, D.Valiulis, J.Šakalys. (1999) The influence of local processes on trace metal concentrations in long-range transported air masses. Environmental and Chemical Physics, (Vilnius), 21 (1), 31-36.
3. Čeburnis D., Ruhling A. and Kvietkus K. (1997) Extended study of atmospheric heavy metal deposition in Lithuania based on moss analysis. Environmental Monitoring & Assessment, 47, 135-152.
4. J.Šakalys, K.Kvietkus, J.Sucharova, I.Suchara, D.Valiulis. (2009) Changes in total concentrations and assessed background concentrations of heavy metals in moss in Lithuania and the Czech Republic between 1995 and 2005. Chemosphere, Vol. 76(1), 91-97.

8.1.1. Sunkiųjų metalų koncentracijos krituliuose ir jų srautas Aukštaitijos KM stotyje

Aukštaitijos KMS nuo 2006 m. krituliuose FMTC Fizikos instituto mokslininkai tyrė šių sunkiųjų metalų koncentracijas: Pb, Cd, Cr Ni, Zn ir Cu. Jų srautai su krituliais panaudoti sunkiųjų metalų transformacijoms ir kaupimuisi ekosistemos įvairiose komponentėse tirti.



8.1. pav. Pb, Cd ir Cr mėnesinės koncentracijos krituliuose ir srautai su krituliais Aukštaitijos KMS



8.2. pav. Zn, Ni ir Cu mėnesinės koncentracijos krituliuose ir srautai su krituliais Aukštaitijos KMS

Per 15 m. laikotarpį FMTC Fizikos instituto mokslininkų atliktų tyrimų rezultatai rodo, kad Pb koncentracija krituliuose ir šio elemento srautas su krituliais pasiekiantis miško paklotę turi aiškią tendenciją mažėti, o mažėjimo intensyvumas siekia atitinkamai $-0,019 \mu\text{g/l}$ per mėn. ir $-0,76 \mu\text{g/m}^2$ per mėn. Reikšmingiau mažėja šio elemento koncentracijos krituliuose negu jo srautas su krituliais, kuris papildomai priklauso ir nuo kritulių kiekio, kuris turi tendenciją didėti (I skyrius).

Cd koncentracija krituliuose ir šio elemento srautas su krituliais pasiekiantis miško paklotę turi taip pat aiškia tendencija mažėti, o mažėjimo intensyvumas siekia atitinkamai $-0,0006 \mu\text{g/l}$ per mėn. ir $-0,025 \mu\text{g/m}^2$ per mėn. Reikšmingiau mažėja šio elemento srautas su krituliais, nors kaip minėta kritulių kiekis per tiriamąjį laikotarpį turi tendenciją didėti (I skyrius).

Cr koncentracija krituliuose ir šio elemento srautas su krituliais pasiekiantis miško paklotę neturi jokios aiškios tendencijos. Išsiskiria tik sausros laikotarpis 2018-2019 m., kai šio elemento koncentracijos Aukštaitijos KMS buvo vienos iš mažiausių. Antra vertus padidėjusios koncentracijos buvo nustatytos 2009-2010 m. Išskirtinis ir 2020 metų vegetacijos laikotarpis, kai Cr koncentracijos krituliuose nuo $0,3 \mu\text{g/l}$ staiga pakilo iki $0,8 \mu\text{g/l}$, o srautas su krituliais pakilo nuo $10 \mu\text{g/m}^2$ iki $50 \mu\text{g/m}^2$. ir tokia lygmenyje išsilaikė iki metų pabaigos. Tai vienas ilgiausiai trunkantis kritulių žymus užterštumas Cr per visą tiriamąjį laikotarpį. ***Ar tai nauja grėsmė miško ekosistemoms parodys ateities tyrimai.***

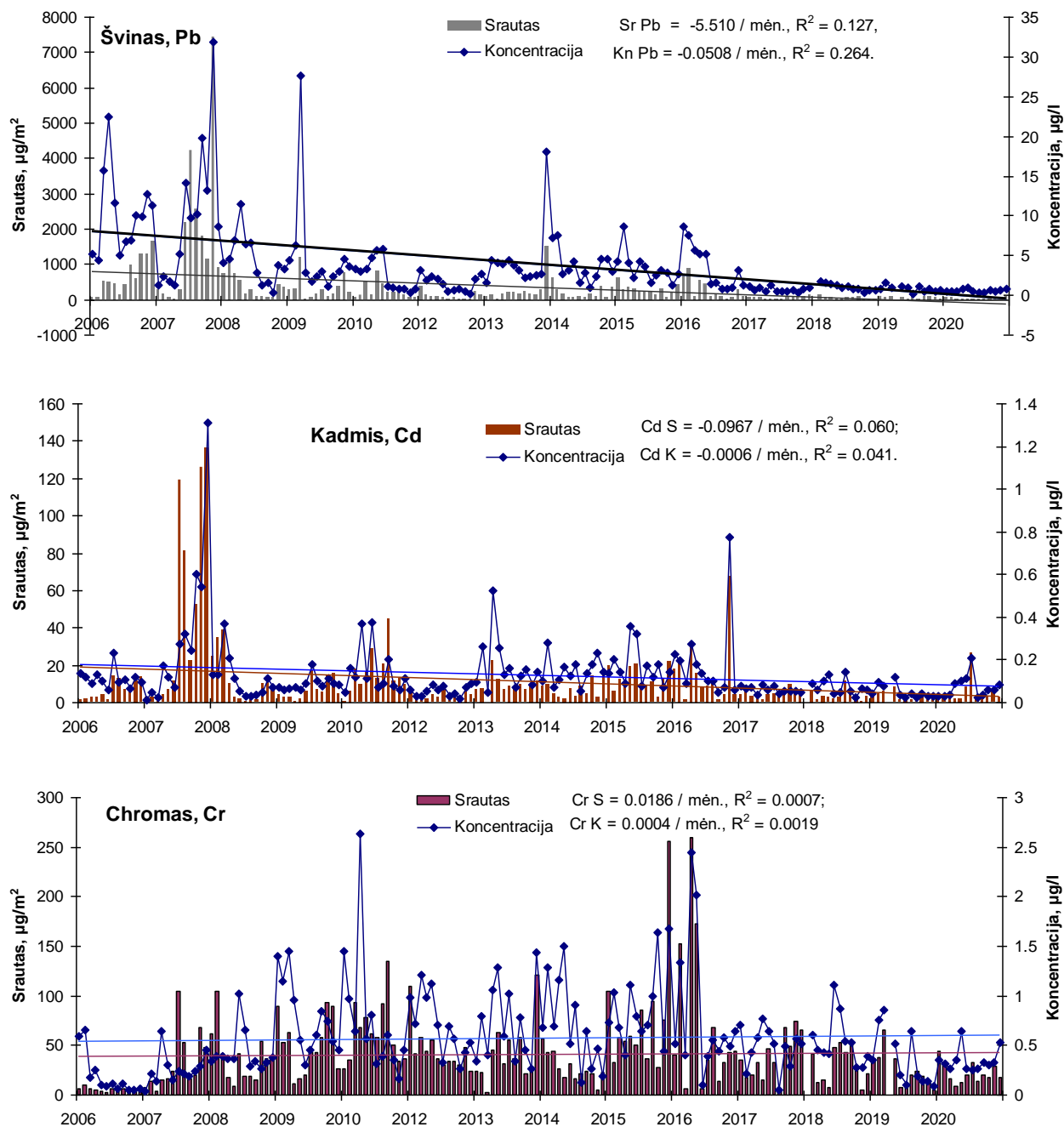
Zn koncentracijų ir jo srauto kaitoje nustatinėti tendencijos intensyvumą netikslinga, kadangi jis reikšmingai didėjo iki 2016 m. pabaigos ir 2017 m. vidurio, kai viršijo $100 \mu\text{g/l}$ ir $1300 \mu\text{g/m}^2$. Po šio laikotarpio koncentracija ir srautas šio elemento pradėjo reikšmingai mažėti ir 2020 m. pabaigoje pasiekė vienas iš mažiausių reikšmių per visą tiriamąjį laikotarpį: koncentracija krituliuose nukrito iki $10-15 \mu\text{g/l}$, o srautas su krituliais sudarė tik $400-5500 \mu\text{g/m}^2$.

Ni koncentracijų ir srautų kaitoje atsispindėjo labai pačios tendencijos kaip ir Zn kaitose.. Iki 2014 m. Ni koncentracija ir srautai į miško paklotę didėjo reikšmingai. Po šių metų jos pradėjo mažėti ir minimaliausias reikšmes pasiekė 2018 m. vasarą. Išskirtinis šio elemento kaitos bruožas – reguliarus koncentracijų krituliuose ir srautų augimas. ***Ar tai nauja grėsmė miško ekosistemoms parodys ateities tyrimai.***

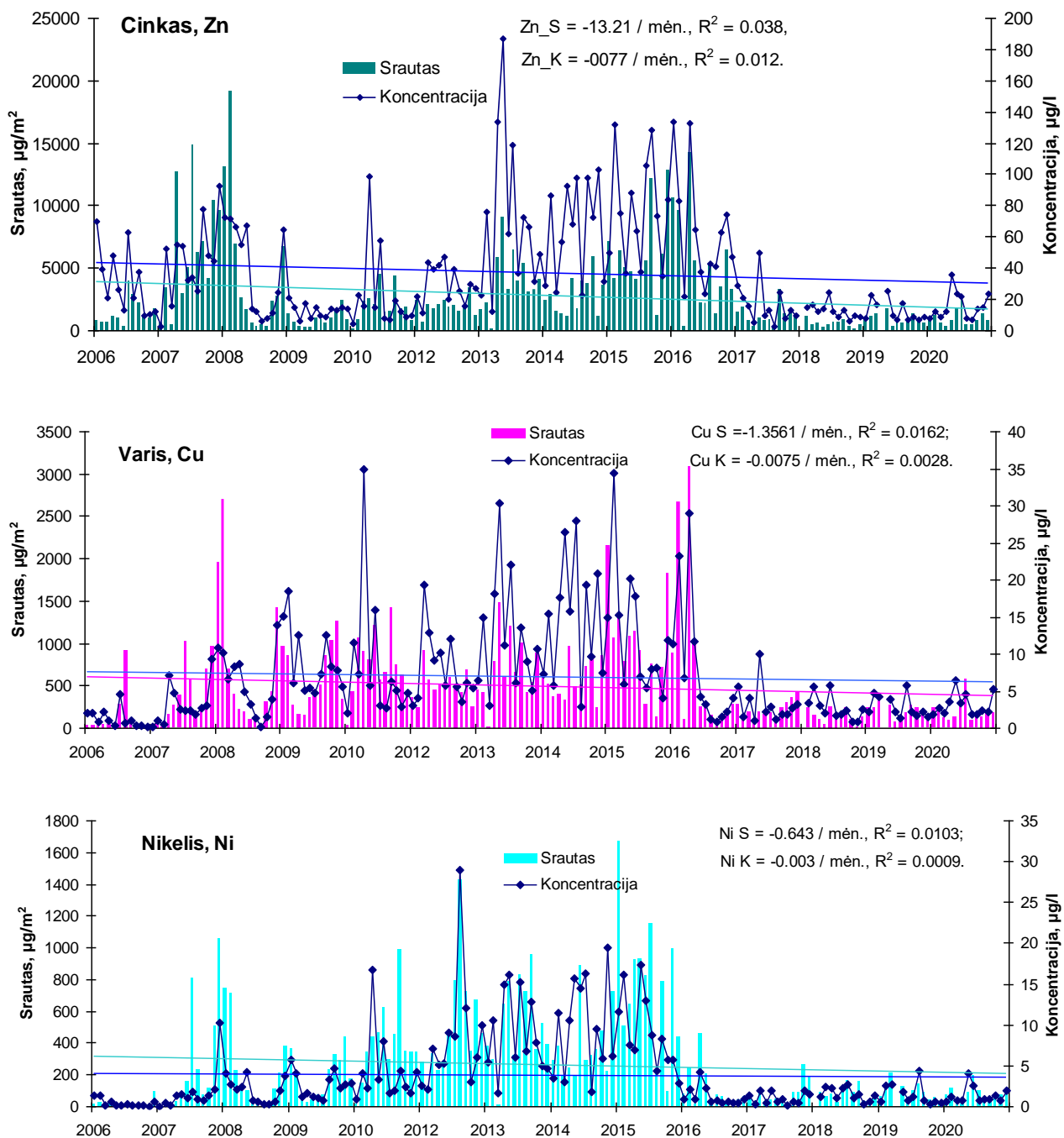
Cu koncentracija krituliuose ir šio elemento srautas su krituliais pasiekiantis miško paklotę kita visiškai priešingai negu Zn ir Ni. Jei iki 2013 m. šio elemento koncentracijos krituliuose ir srautai buvo stabilūs, tai nuo šių metų ir ypač iki 2019 registruojamas šių parametrų reikšmingas didėjimas, kuris tik paskutiniaisiais metais stabilizavosi ir pradėjo mažėti. Nepaisant tokios kaitos Cu koncentracija krituliuose ir jo srautas su krituliais į miško paklotę Aukštaitijos KMS turi reikšmingiausią augimo tendenciją, kuris siekia atitinkamai $0,04 \mu\text{g/l}$ per mėn. ir $2,17 \mu\text{g/m}^2$ per mėn. ***Kokią grėsmę šis sunkusis metalas gali sukelti miško ekosistemoms bus galima nustatyti tik tęsiant tyrimus ateityje.***

8.1.2. Žemaitijos kompleksiško monitoringo stotis

Žemaitijos KMS taip pat nuo 2006 m. krituliuose FMTC Fizikos instituto mokslininkai tyrė šių sunkiųjų metalų koncentracijas: Pb, Cd, Cr Ni, Zn ir Cu. Jų srantai su krituliais panaudoti sunkiųjų metalų transformacijoms ir kaupimuisi ekosistemos įvairiose komponentėse tirti.



8.3 pav. Pb, Cd ir Cr mėnesinės koncentracijos krituliuose ir srantai su krituliais Žemaitijos KMS



8.4 pav. Zn, Ni ir Cu mėnesinės koncentracijos krituliuose ir srautai su krituliais Žemaitijos KMS

Per 15 m. laikotarpį FMTC Fizikos instituto mokslininkų atliktų tyrimų Žemaitijos KMS rezultatai rodo, kad Pb koncentracija krituliuose ir šio elemento srautas su krituliais pasiekiantis miško paklotę, kaip ir Aukštaitijos KMS turi aiškią tendenciją mažėti, o mažėjimo intensyvumas siekia atitinkamai $-0,051 \mu\text{g/l}$ per mėn., t.y. daugiau nei 2 kartus intensyviau negu Aukštaitijos KMS ir $-5,5 \mu\text{g/m}^2$ per mėn., t.y. apie 8 kartus intensyviau negu Aukštaitijos KMS. Reikšmingiau

mažėja šio elemento srautas su krituliais, nors kaip minėta kritulių kiekis per tiriamąjį laikotarpį turi tendenciją didėti (I skyrius).

Skirtingai negu Aukštaitijos KMS Cd koncentracija krituliuose ir šio elemento srautas su krituliais pasiekiantis miško paklotę neturi aiškesnės tendencijos kisti ir svyruoja atitinkamai apie 0,1 $\mu\text{g/l}$ ir apie mažiau negu 10 $\mu\text{g/m}^2$ per mėn. $\mu\text{g/l}$, o srautas siekė (2016 m.) 250 $\mu\text{g/m}^2$ per mėn. Paskutiniaisiais metais Cr koncentracijos ir srautai išlieka stabilūs, apie 0,3-0,5 $\mu\text{g/l}$ ir apie 20 $\mu\text{g/m}^2$ per mėn. ***Galima Cr grėsmė nustatyta Aukštaitijos KMS, vakariniame Lietuvos regione nepasitvirtino.***

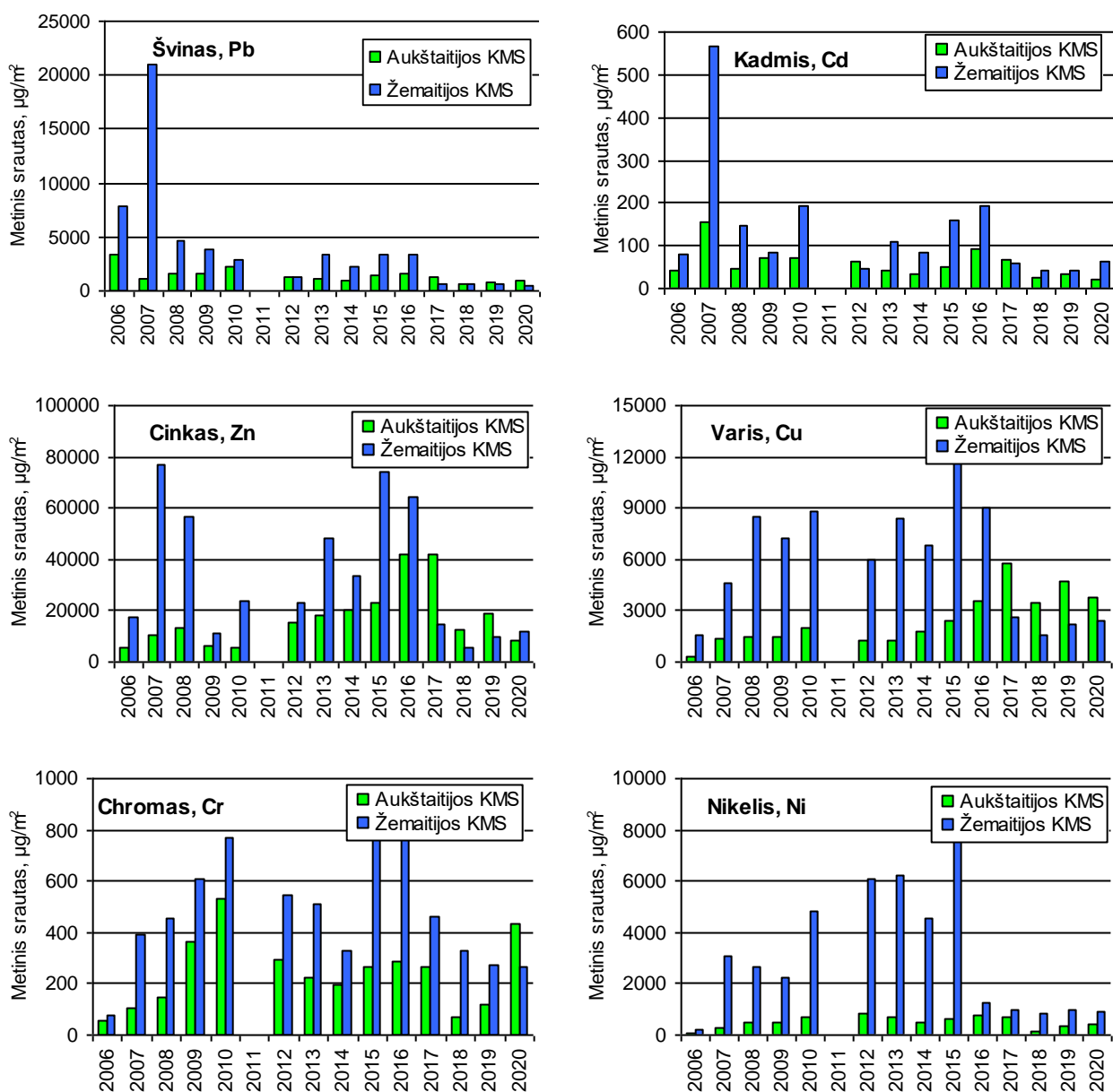
Zn, Cu ir Ni kaitoje Žemaitijos KMS stebima ta pati kaitos tendencija. Tirtų elementų koncentracijos ir srautai iki 2016 m. reikšmingai didėja, o nuo šių metų iki 2020 šuoliškai sumažėjo ir paskutiniaisiais metais išlieka stabiliam lygmenyje. Pražastys tokios kaitos tirėtų aiškinti šios srities profesionalai, t.y. Fizikos instituto mokslininkai.

Apibendrinus gautus rezultatus galima teigti, kad ***Aukštaitijos KMS grėsmę miško ekosistemoms galėtų kelti paskutiniaisiais metais reikšmingai padidėjusios Cr koncentracijos ir šio elemento srautai su krituliais, o taip pat reikšmingai didėjanti Cu koncentracija krituliuose ir šio elemento srautas į miško paklotę. Teigiami pokyčiai, kurie galėtų skatinti atitinkamų biotos komponentų rūšių įvairovę ir gausą turėtų būti reguliariai mažėjanti vienu toksiškiausių sunkiųjų metalų Pb ir Cd koncentracijos krituliuose ir jų srautai.***

Žemaitijos KMS sunkiųjų metalų koncentracijų ir jų srautų kaita neturėtų sukelti naujų grėsmių miško ekosistemos biotos komponentams. Teigiami pokyčiai ekosistojė galėtų būti siejami su reguliarium Pb koncentracijų ir jo srautų mažėjimu, o taip pat su sumažėjusiomis Zn, Ni ir Cu koncentracijomis krituliuose ir jų srautais į miško paklotę.

8.1.3. Sunkiųjų metalų metinių srautų palyginimas KM teritorijose.

Sunkiųjų metalų metinių srautų su krituliais į miško paklotę analizė parodė, kad Žemaitijos KMS krituliai labiau užteršti sunkiaisiais metalais negu Aukštaitijos KMS. Tai tolimųjų pernašų iš Vidurio ir Vakarų Europos rezultatas.



8.5 pav. Tirtų metalų srautai su krituliais kompleksiško monitoringo teritorijose

Kritulių kiekis taip pat šiame regione didesnis, nors jų kiekis tiriamuoju laikotarpiu (2006-2020 m.) mažėja po 32 mm per m. Nepaisant to sunkiųjų metalų srautai Žemaitijos KMS į miško paklotę yra apie 2 kartus didesni negu Aukštaitijos KMS. Tirtų elementų sąrašė tik išsiskiria Ni, kurio srautas į miško paklotę net 6 kartus viršija srautą į paklotę Aukštaitijos KMS.

Per tiriamąjį laikotarpį reikšmingiausiai mažėja Pb koncentracija krituliuose abiejose stotyse po 2,39 µg/l per metus Aukštaitijos KMS ir 3,79 µg/l per metus Žemaitijos KMS.

Arti reikšmingumo lygmens mažėja Cd koncentracija Žemaitijos KMS – po 0,12 µg/l per metus, o Aukštaitijos KMS šio elemento koncentracijos mažėja jau reikšmingai, po 0,09 µg/l per m.

8.1 lentelė. Tirtų sunkiųjų metalų vidutinių metinių koncentracijų ir jų srautų kaita bei reikšmingumas

KMS	Vidut.	Std.Dv.	r(X,Y)	r ²	t	p	Kaita per m.
AKMS	Koncentracijos krituliuose, µg/l						
Pb	2.39	1.377	-0.677	0.459	-3.188	0.008	-0.202
Zn	29.83	19.560	0.344	0.118	1.267	0.229	1.459
Cr	0.43	0.350	-0.013	0.000	-0.044	0.966	-0.001
Ni	1.88	4.277	-0.063	0.004	-0.218	0.831	-0.058
Cu	4.79	3.960	0.391	0.153	1.472	0.167	0.336
Cd	0.09	0.054	-0.534	0.285	-2.187	0.049	-0.006
	Koncentracijos krituliuose, µg/l						
ŽKMS	Mean	Std.Dv.	r(X,Y)	r ²	t	p	Slope
Pb	3.79	3.706	-0.766	0.588	-4.134	0.001	-0.617
Zn	33.76	22.498	-0.155	0.024	-0.545	0.596	-0.759
Cr	0.51	0.236	0.258	0.066	0.923	0.374	0.013
Ni	3.34	2.923	-0.022	0.000	-0.077	0.940	-0.014
Cu	6.05	3.618	-0.041	0.002	-0.143	0.889	-0.032
Cd	0.12	0.074	-0.469	0.220	-1.841	0.091	-0.008
	Srautas su krituliais, µg/m ²						
AKMS	Mean	Std.Dv.	r(X,Y)	r ²	t	p	Slope
h. mm	644.4	120.0	-0.068	0.005	-0.236	0.817	-1.8
Pb	1423.8	715.3	-0.661	0.437	-3.049	0.010	-102.6
Zn	17298.1	11798.2	0.465	0.216	1.819	0.094	1191.3
Cr	239.9	139.3	0.134	0.018	0.468	0.648	4.1
Ni	508.8	225.9	0.146	0.021	0.513	0.618	7.2
Cu	2463.8	1552.7	0.822	0.676	5.000	0.000	277.2
Cd	57.7	34.0	-0.476	0.226	-1.874	0.085	-3.5
	Srautas su krituliais, µg/m ²						
ŽKMS	Mean	Std.Dv.	r(X,Y)	r ²	t	p	Slope
mm	983.5	321.8	-0.457	0.209	-1.778	0.101	-31.9
Pb	4031.6	5294.6	-0.650	0.423	-2.965	0.012	-747.6
Zn	33671.2	25427.4	-0.311	0.097	-1.133	0.279	-1716.6
Cr	487.5	244.1	0.024	0.001	0.082	0.936	1.3
Ni	3151.1	2657.8	-0.137	0.019	-0.478	0.641	-79.0
Cu	5849.7	3392.2	-0.236	0.056	-0.843	0.416	-174.2
Cd	133.0	135.1	-0.470	0.221	-1.847	0.090	-13.8

Palyginus sunkiųjų metalų srautus į miško paklotę nustatyta, kad reikšmingai mažėja abiejose stotyse Pb srautas: Aukštaitijos KMS po -103 µg/m² per m., o Žemaitijos KMS net 7 kartus intensyviau, po 748 µg/m² per m. Cg srautas Aukštaitijos KMS mažėja po 3,5 µg/m² per m., o Žemaitijos KMS – apie 4 kartus intensyviau – 13,8 µg/m² per m. Aukštaitijos KMS nustatytas papildomai reikšmingas Cu srauto augimas po 277 µg/m² per m.

IŠVADOS

Aukštaitijos KMS grėsmę miško ekosistemoms galėtų kelti paskutiniaisiais metais reikšmingai padidėjusios Cr koncentracijos ir šio elemento srautai su krituliais, o taip pat reikšmingai didėjanti Cu koncentracija krituliuose ir šio elemento srautas į miško paklotę. Teigiami pokyčiai, kurie galėtų skatinti atitinkamų biotos komponentų rūšių įvairovę ir gausą turėtų būti reguliariai mažėjanti vienų toksiškiausių sunkiųjų metalų Pb ir Cd koncentracijos krituliuose ir jų srautai.

Žemaitijos KMS sunkiųjų metalų koncentracijų ir jų srautų kaita neturėtų sukelti naujų grėsmių miško ekosistemos biotos komponentams. Teigiami pokyčiai ekosistoje galėtų būti siejami su reguliariu Pb koncentracijų ir jo srautų mažėjimu, o taip pat su sumažėjusiomis Zn, Ni ir Cu koncentracijomis krituliuose ir jų srautais į miško paklotę.

Sunkiųjų metalų metinių srautų su krituliais į miško paklotę analizė parodė, kad Žemaitijos KMS krituliai labiau užteršti sunkiaisiais metalais negu Aukštaitijos KMS. Tai tolimųjų pernašų iš Vidurio ir Vakarų Europos rezultatas.

Palyginus sunkiųjų metalų srautus į miško paklotę nustatyta, kad reikšmingai mažėja abiejose stotyse Pb srautas: Aukštaitijos KMS po $-103 \mu\text{g}/\text{m}^2$ per m., o Žemaitijos KMS net 7 kartus intensyviau, po $748 \mu\text{g}/\text{m}^2$ per m. Cg srautas Aukštaitijos KMS mažėja po $3,5 \mu\text{g}/\text{m}^2$ per m., o Žemaitijos KMS – apie 4 kartus intensyviau – $13,8 \mu\text{g}/\text{m}^2$ per m. Aukštaitijos KMS nustatytas papildomai reikšmingas Cu srauto augimas po $277 \mu\text{g}/\text{m}^2$ per m.

8.2. Sunkiųjų metalų koncentracijos medžių lapuose ir spygliuose

Atmosferos užterštumas labai priklauso nuo kritulių režimo. Metalų koncentracija ore sumažėja lyjant lietu. Tai rodo, kad priklausomai nuo kritulių režimo, žymi dalis teršalų gali būti išplauti Lietuvos teritorijoje. Kadangi kritulių kiekis pagrindiniuose Lietuvos regionuose skiriasi iš esmės, todėl šių teritorijų užterštumui sunkiaisiais metais tirti buvo panaudotos augalų kaupiamosios savybės. Aukštesnieji augalai sulaiko ore esančius sunkiuosius metalus. Tačiau į aukštesniųjų augalų audinius šie elementai patenka ir per šaknų sistemą iš dirvožemio. Todėl vien tik lapų ar spyglių cheminės sudėties analizė, neatsižvelgiant į sunkiųjų metalų koncentraciją dirvožemyje ir šių elementų paėmimo iš dirvožemio intensyvumą, negali patikimai informuoti apie aplinkos užterštumą sunkiaisiais metalais (Мэнининг, Федер. 1985).

8.2.1. Aukštaitijos kompleksiško monitoringo stotis

Per tiriamąjį laikotarpį pirmą kartą atlikta sunkiųjų metalų koncentracijų kaitos lapijos pavyzdžiuose kaitos ir palyginamoji tarp stočių analizė. Nustatyta, kad beržų lapai ir pirmų metų pušies spygliai sunkiųjų metalų kaupia daugiau negu eglės įvairaus amžiaus spygliai ir antrų metų pušies spygliai. Kaip ir makro elementus gausūs krituliai matyt išplauna iš audinių ir sunkiuosius metalus, kurių koncentracijos senesniuose audiniuose mažėja.

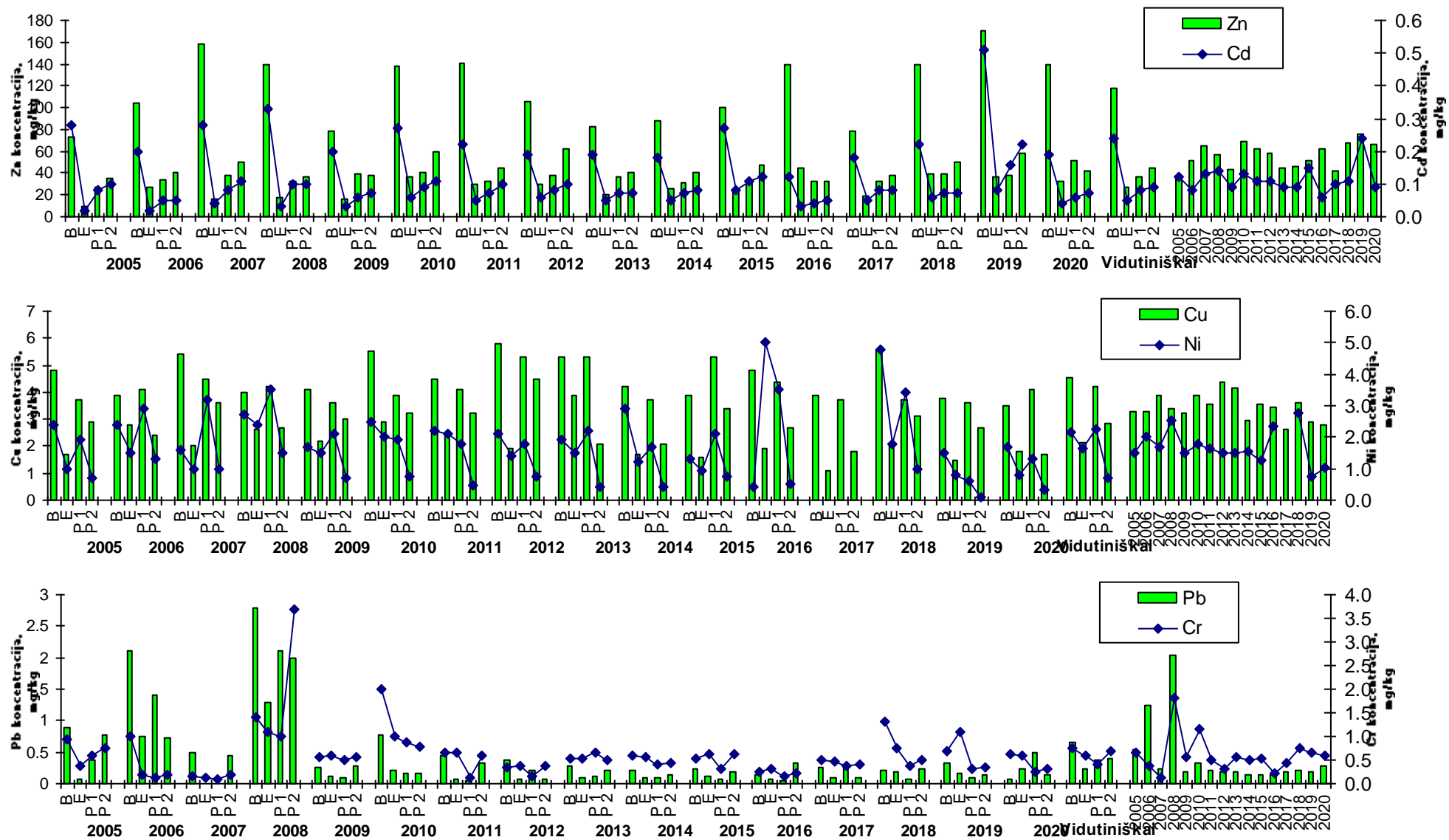
Palyginus tirtų metalų sekas, aiškesnių kaitos tendencijų nustatyti nepavyko. Atlikus matematinę analizę išaiškinta, kad Pb koncentracija lapijos pavyzdžiuose mažėja, o beržų lapuose ir pušies II m. spygliuose, net reikšmingai, po $-0,1 \text{ mg/kg}$ ir $-0,05 \text{ mg/kg}$ per metus. Eglės ir pušies I metų spygliuose mažėjimas buvo nereikšmingas.

Mažėja taip pat ir Cu koncentracijos lapijos pavyzdžiuose, nors jo srautai su krituliais ir koncentracijos krituliuose pakankamai reikšmingai didėjo. Reikšmingiausiai šis mažėjimas pasireiškia senesniuose pavyzdžiuose, t.y. eglės II metų pušies spygliuose.

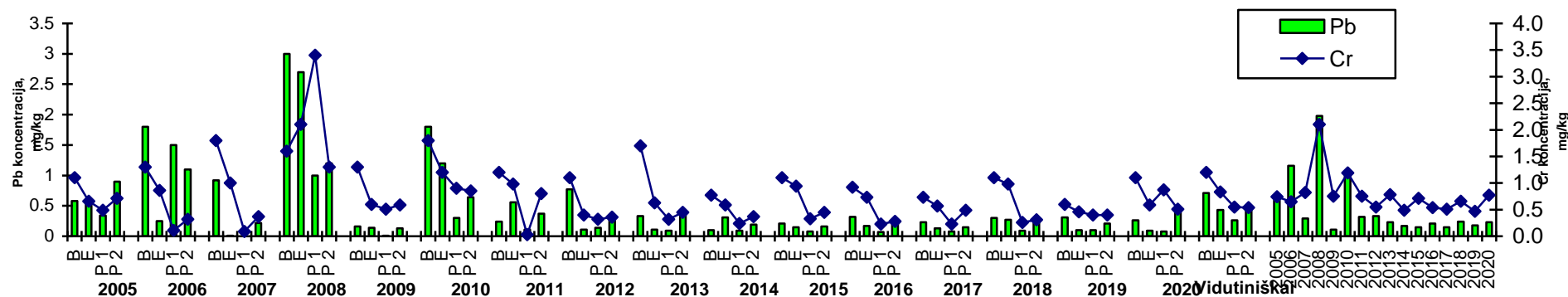
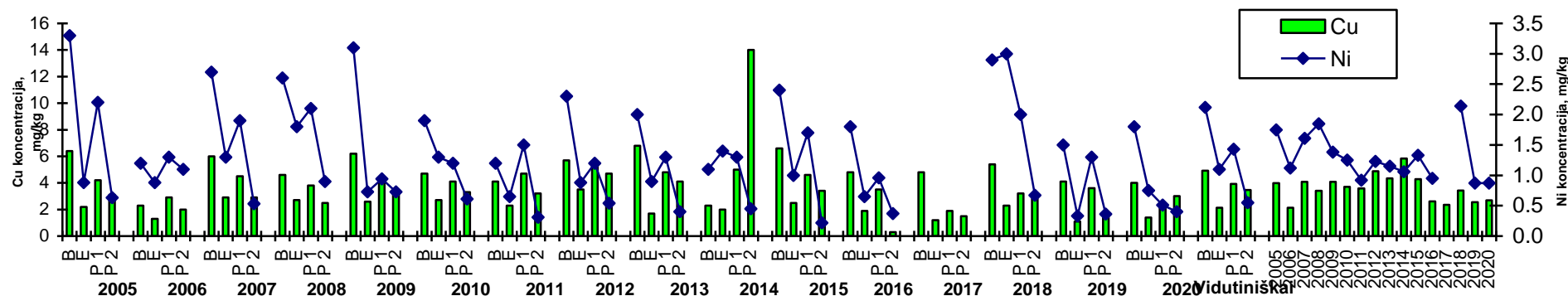
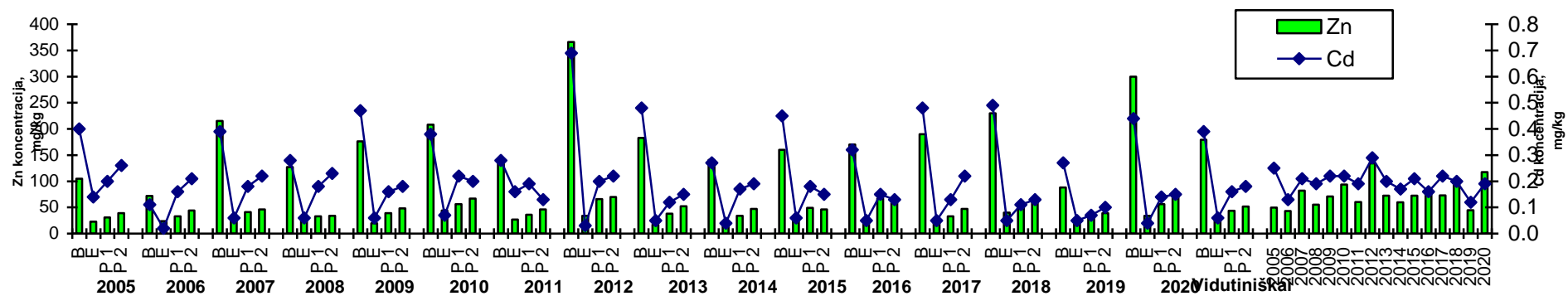
Mažėjimo tendencijos nustatytos ir Ni duomenų sekoje, ypač pušies spygliuose. Beržų lapuose ir eglės spygliuose šio elemento koncentracijos išliko pakankamai stabilios.

Kiek tai mažėja ir Cr koncentracijos, bet tik beržų lapuose ir pušų spygliuose. Eglės spygliuose nustatyta didėjimo tendencija, bet ji buvo nereikšminga.

Didėjimo tendencija išaiškinta Zn koncentracijų sekoje ir ypač eglės spygliuose, kur koncentracijų augimas yra reikšmingas ir siekia po $1,28 \text{ mg/kg}$. Beržų lapuose šio elemento didėja po $1,7 \text{ mg/kg}$, o pušų spygliuose po $0,3-0,5 \text{ mg/kg}$, tačiau šis didėjimas dar nėra reikšmingas.



8.6 pav. Sunkiųjų metalų koncentracijų lapijoje kaita Aukštaitijos KMS 2005-2020 m.



8.7 pav. Sunkiųjų metalų koncentracijų lapijoje kaita Žemaitijos KMS 2005-2020 m.

8.2 lentelė. Sunkiųjų metalų kaita tirtuose Aukštaitijos KMS spygliuose/lapuose 2005-2020

m. laikotarpiu

SM	Medžio rūšis	Mean	Std.Dv.	r(X,Y)	r ²	t	p	Kaita per m.
Zn	B	117.38	31.669	0.259	0.067	1.004	0.333	1.724
Zn	E	26.51	9.883	0.614	0.377	2.912	0.011	1.275
Zn	P 1	35.97	5.647	0.432	0.187	1.793	0.095	0.513
Zn	P 2	44.69	9.090	0.178	0.032	0.677	0.510	0.340
Na	B	40.20	18.606	0.281	0.079	1.056	0.310	1.116
Na	E	34.80	21.099	0.110	0.012	0.400	0.696	0.496
Na	P 1	31.73	11.003	0.604	0.365	2.735	0.017	1.418
Na	P 2	49.00	22.013	0.680	0.462	3.341	0.005	3.191
Cu	B	4.563	0.754	-0.223	0.050	-0.855	0.407	-0.035
Cu	E	2.125	0.675	-0.390	0.152	-1.585	0.135	-0.055
Cu	P 1	4.200	0.611	-0.028	0.001	-0.103	0.919	-0.004
Cu	P 2	2.819	0.718	-0.337	0.113	-1.338	0.202	-0.051
Ni	B	2.141	0.967	-0.040	0.002	-0.144	0.887	-0.008
Ni	E	1.659	1.046	0.050	0.003	0.181	0.859	0.011
Ni	P 1	2.259	0.863	-0.322	0.104	-1.226	0.242	-0.058
Ni	P 2	0.711	0.369	-0.612	0.375	-2.790	0.015	-0.047
Pb	B	0.615	0.759	-0.606	0.368	-2.853	0.013	-0.097
Pb	E	0.228	0.333	-0.307	0.094	-1.207	0.247	-0.021
Pb	P 1	0.353	0.575	-0.388	0.151	-1.575	0.138	-0.047
Pb	P 2	0.390	0.476	-0.535	0.286	-2.368	0.033	-0.053
Cr	B	0.753	0.478	-0.205	0.042	-0.784	0.446	-0.021
Cr	E	0.584	0.294	0.296	0.088	1.161	0.265	0.018
Cr	P 1	0.402	0.268	-0.179	0.032	-0.682	0.507	-0.010
Cr	P 2	0.651	0.834	-0.294	0.086	-1.149	0.270	-0.051
Cd	B	0.239	0.089	-0.001	0.000	-0.003	0.998	0.000
Cd	E	0.046	0.019	0.553	0.306	2.482	0.026	0.002
Cd	P 1	0.078	0.028	0.237	0.056	0.915	0.376	0.001
Cd	P 2	0.094	0.040	0.181	0.033	0.687	0.503	0.002

Didėja ir Na koncentracijos visuose pavyzdžiuose: reikšmingiausiai pušies spygliuose atitinkamai pagal jų amžių po 1,4 ir 3,2 mg/kg, o mažiausiai eglės spygliuose – po 0,5 mg/kg.

Nerimą galėtų kelti Cd koncentracijų lapijoje augimas, nepriklausomai nuo to, kad šios elemento koncentracija krituliuose mažėja, kaip ir jo srautas su krituliais į miško paklotę.

8.3 lentelė. Sunkiųjų metalų kaita tirtuose Žemaitijos KMS spygliuose/lapuose 2005-2020

SM	Medžių rūšis	Mean	Std.Dv.	r(X,Y)	r ²	t	p	Kaita per m.
Cd	B	0.388	0.133	0.244	0.060	0.943	0.362	0.007
Cd	E	0.062	0.037	-0.320	0.103	-1.266	0.226	-0.002
Cd	P 1	0.160	0.038	-0.668	0.447	-3.361	0.005	-0.005
Cd	P 2	0.179	0.046	-0.708	0.501	-3.746	0.002	-0.007
Cr	B	1.201	0.369	-0.597	0.356	-2.785	0.015	-0.046
Cr	E	0.831	0.406	-0.372	0.138	-1.499	0.156	-0.032
Cr	P 1	0.546	0.800	-0.187	0.035	-0.713	0.488	-0.031
Cr	P 2	0.535	0.267	-0.400	0.160	-1.635	0.124	-0.022
Pb	B	0.708	0.812	-0.549	0.301	-2.455	0.028	-0.094
Pb	E	0.428	0.672	-0.362	0.131	-1.454	0.168	-0.051
Pb	P 1	0.255	0.409	-0.517	0.268	-2.261	0.040	-0.044
Pb	P 2	0.437	0.343	-0.583	0.340	-2.683	0.018	-0.042
Ni	B	2.120	0.708	-0.295	0.087	-1.114	0.285	-0.044
Ni	E	1.097	0.639	0.041	0.002	0.147	0.885	0.005
Ni	P 1	1.427	0.474	-0.445	0.198	-1.791	0.097	-0.044
Ni	P 2	0.548	0.235	-0.602	0.363	-2.720	0.018	-0.030
Cu	B	4.925	1.373	-0.112	0.013	-0.422	0.679	-0.032
Cu	E	2.144	0.680	-0.446	0.199	-1.863	0.084	-0.064
Cu	P 1	3.925	0.996	-0.368	0.136	-1.483	0.160	-0.077
Cu	P 2	3.474	3.005	-0.021	0.000	-0.077	0.939	-0.013
Na	B	46.38	19.012	-0.267	0.071	-1.038	0.317	-1.068
Na	E	47.63	25.182	-0.276	0.076	-1.074	0.301	-1.459
Na	P 1	43.44	28.819	0.010	0.000	0.037	0.971	0.060
Na	P 2	92.44	35.410	0.222	0.049	0.852	0.409	1.651
Zn	B	179.00	75.897	0.316	0.100	1.246	0.233	5.035
Zn	E	26.88	8.115	0.141	0.020	0.535	0.601	0.241
Zn	P 1	43.31	12.462	0.322	0.104	1.272	0.224	0.843
Zn	P 2	51.56	12.559	0.442	0.195	1.844	0.086	1.166

Reikšmingiausiai didėja Cd koncentracija eglės spygliuose – po 0,002 mg/kg per metus, kiek tai mažiau pušies spygliuose ir stabilios šio elemento koncentracijos išlieka beržų lapuose.

Apibendrinus gautus rezultatus, nustatyta, kad sunkiųjų metalų koncentracijos krituliuose ir jų srautai su krituliais į miško paklotę nėra pagrindinis veiksnys lemiantis sunkiųjų metalų koncentraciją lapijoje ir jų kaitą laike. Tik Pb ir Cr koncentracijų ir jų srautų mažėjimas tiesiogiai atsispindi ir šių elementų koncentracijose lapijos pavyzdžiuose.

5.2.2. Žemaitijos kompleksiško monitoringo stotis

Palyginus tirtų metalų sekas, aiškesnių kaitos tendencijų nustatyti nepavyko. Atlikus matematinę analizę išaiškinta, kad reikšmingiausiai lapijos pavyzdžiuose, kaip ir krituliuose, mažėja Pb koncentracija visuose lapijos pavyzdžiuose. Intensyviausiai Pb mažėja beržų lapuose – po 0,09 mg/kg per m. ir pušies spygliuose: po 0,04 mg/kg per metus. Eglės spygliuose Pb mažėjimas silpniausiai išreikštas ir siekia tik -0,05 mg/kg per m.

Pakankamai intensyviu mažėjimu pasižymi ir Ni. Šio elemento koncentracijos reikšmingaisiais mažėja pušies spygliuose: atitinkamai pagal jų amžių po -0,04 ir -0,03 mg/kg per m. Šio elemento mažėja ir beržų lapuose. Bet nereikšmingai, kaip ir eglės spygliuose.

Mažėja taip pat panašiu reikšmingumu Cu ir Cr koncentracijos lapijos pavyzdžiuose. Jei Cu koncentracijos mažėja vidutiniškai po 0,05, tai Cr po 0,03 mg/kg per m. Šis mažėjimas abiem metalams buvo nereikšmingas.

Skirtingai negu Aukštaitijos KMS pakankamai reikšmingai mažėja Cd koncentracijos Žemaitijos KMS lapijos pavyzdžiuose ir ypač pušies spygliuose. Šio elemento mažėjimo intensyvumas atitinkamai pagal spyglių amžių siekia 0-0,005 ir -0,007 mg/kg ir šis pokytis reikšmingas. Kiek silpniau mažėja Cd koncentracijos eglės spygliuose – po -0,002 mg/kg per m., bet šis mažėjimas buvo jau nereikšmingas, kaip ir Cd koncentracijų kaita beržų lapuose.

Žemaitijos KMS visuose tirtuose lapijos pavyzdžiuose didėja tik Zn koncentracijos, nors krituliuose šio elemento koncentracijų kaita priešinga – ji mažėja. Tai vėl patvirtina faktą, kad sunkiųjų metalų koncentracijos krituliuose nėra pagrindinis veiksnys lemiantis lapijos užterštumą šiais elementais.

IŠVADOS

Beržų lapai ir pirmų metų pušies spygliai sunkiųjų metalų kaupia daugiau negu eglės įvairaus amžiaus spygliai ir antrų metų pušies spygliai. Kaip ir makro elementus gausūs krituliai matyt išplauna iš audinių ir sunkiuosius metalus, kurių koncentracijos senesniuose audiniuose mažėja.

Aukštaitijos KMS Pb koncentracija lapijos pavyzdžiuose mažėja, o beržų lapuose ir pušies II m. spygliuose, net reikšmingai, po -0,1 mg/kg ir -0,05 mg/kg per metus. Eglės ir pušies I metų spygliuose mažėjimas buvo nereikšmingas.

Mažėja taip pat ir Cu koncentracijos lapijos pavyzdžiuose, nors jo srantai su krituliais ir koncentracijos krituliuose pakankamai reikšmingai didėjo. Reikšmingiausiai šis mažėjimas pasireiškia senesniuose pavyzdžiuose, t.y. eglės II metų pušies spygliuose.

Aukštaitijos KMS tirtų medžių lapijos pavyzdžiuose per paskutinįjį 2005-2020 m. laikotarpį didėja Zn, Na ir Cd koncentracijos, *mažai keičiasi Cr ir Ni ir mažėja Cu ir bei reikšmingiausiai Pb koncentracijos.*

Žemaitijos KMS intensyviausiai Pb mažėja beržų lapuose – po 0,09 mg/kg per m. ir pušies spygliuose: po 0,04 mg/kg per metus. Eglės spygliuose Pb mažėjimas silpniausiai išreikštas ir siekia tik -0,05 mg/kg per m.

Žemaitijos KMS tirtų medžių lapijos pavyzdžiuose per paskutinįjį 2005-2020 m. laikotarpį didėja Zn koncentracijos, *mažai keičiasi ir mažėja Na ir mažėja Cd, Cr, Ni ir Cu, bei reikšmingiausiai Pb koncentracijos.*

Apibendrinus gautus rezultatus, nustatyta, kad sunkiųjų metalų koncentracijos krituliuose ir jų srautai su krituliais į miško paklotę nėra pagrindinis veiksnys lemiantis sunkiųjų metalų koncentraciją lapijoje ir jų kaitą laike. Tik Pb ir Cr koncentracijų ir jų srautų mažėjimas tiesiogiai atsispindi ir šių elementų koncentracijose lapijos pavyzdžiuose.

Sunkiųjų metalų koncentracijos krituliuose nėra pagrindinis veiksnys lemiantis lapijos užterštumą šiais elementais.

8.3. Sunkiųjų metalų koncentracijos nuokritose ir jų srautai į dirvožemį

Lapijos cheminės sudėties tyrimas yra viena iš efektyviausių priemonių medžių stresui, sukkelto aplinkos užteršimo, įvertinti. Tokio tyrimo metu nustatoma kaip maistinių, taip ir toksiškų elementų kiekis spygliuose ir lapuose. Lyginant gyvų lapų ir spyglių cheminę sudėtį su nuokritų sudėtimi įvertinamas maistinių medžiagų srautas bei medžių būklė maistinių elementų kiekio atžvilgiu (UN-ECE, 1998).

Maistinių ir toksinių medžiagų apytaka su nuokritomis vaidina lemiamą vaidmenį energetiniuose srautuose tarp augalų ir dirvožemio. Būtent, nuokritos, kurios kaupiasi dirvožemio viršutiniame sluoksnyje, tampa augalams pagrindiniu maistinių medžiagų šaltinių. Dėl šios priežasties jų cheminės sudėties tyrimas tampa išskirtiniu, analizuojant miško ekosistemų sunkiųjų metalų balansą.

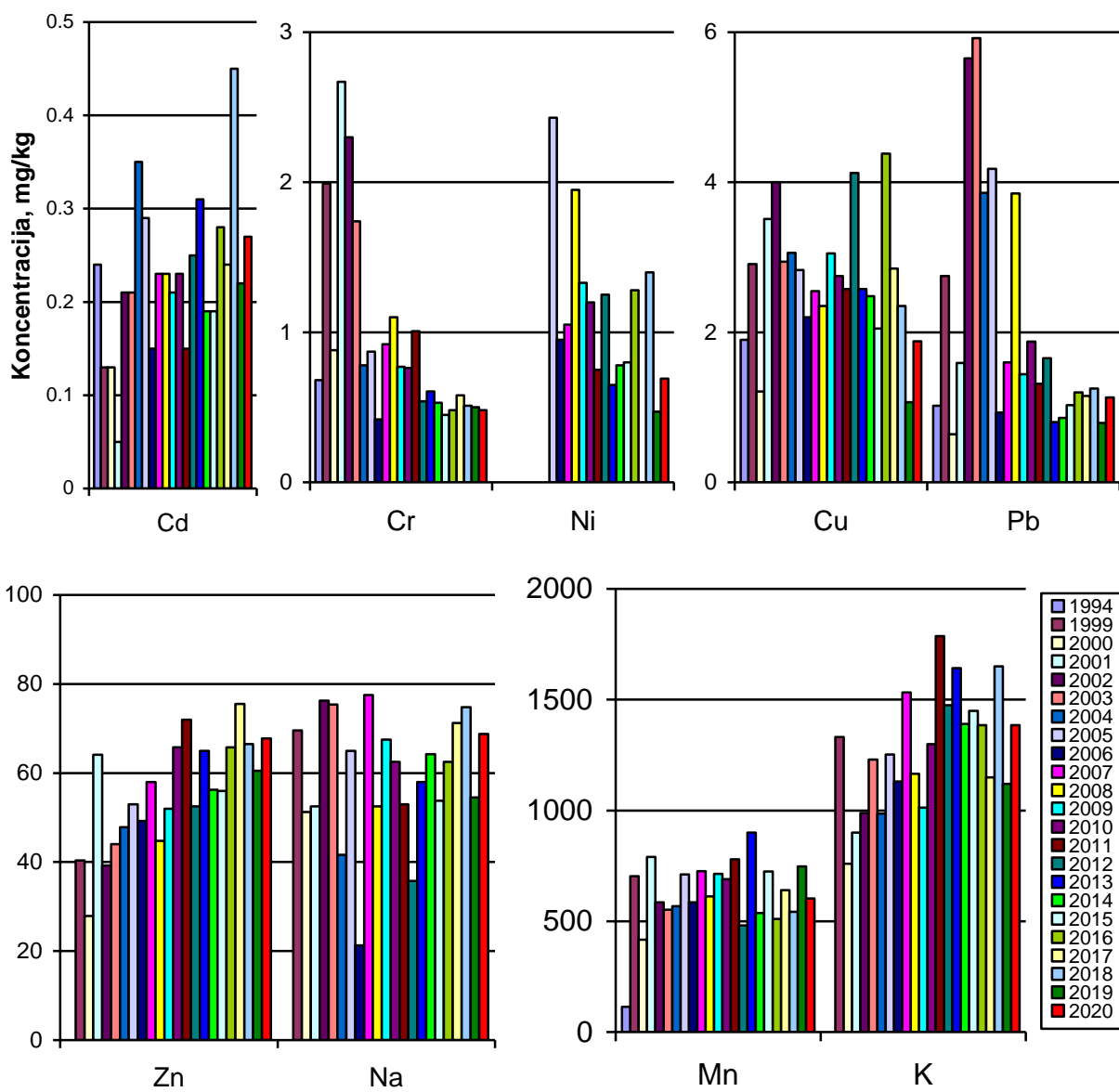
8.3.1. Metalų koncentracijų nuokritose sezoninė kaita ir jų srautai Aukštaitijos KMS

Analizuojant Aukštaitijos KMS nuokritų cheminę sudėtį, nustatyta statistiškai reikšminga ($p < 0,05$) sezoniškumo įtaka tirtų metalų koncentracijoms (8.8 pav.). Tokių tirtų metalų, kaip švino (Pb), vario (Cu), chromo (Cr) koncentracijos nuokritose yra didžiausios žiemos mėnesiais, t.y. gruodį, sausį, vasarį. Nuokritos per šį laikotarpį surenkamos anksti pavasarį, kai rinktuvuose pilnai nutirpsta sniegas. Manome, kad dėl šios priežasties, metalų koncentracijoms didesnę įtaką gali turėti krituliai, t.y. palaiptisniui tirpstantis sniegas.

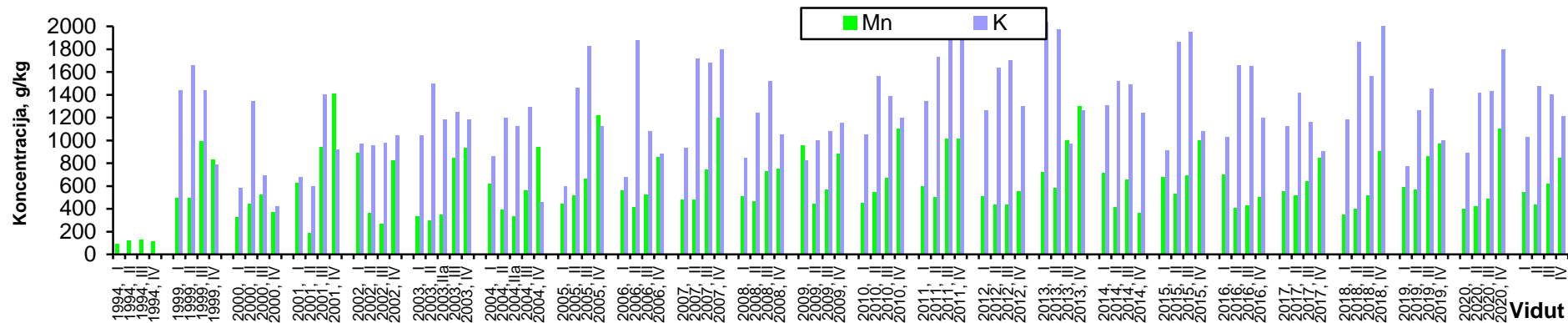
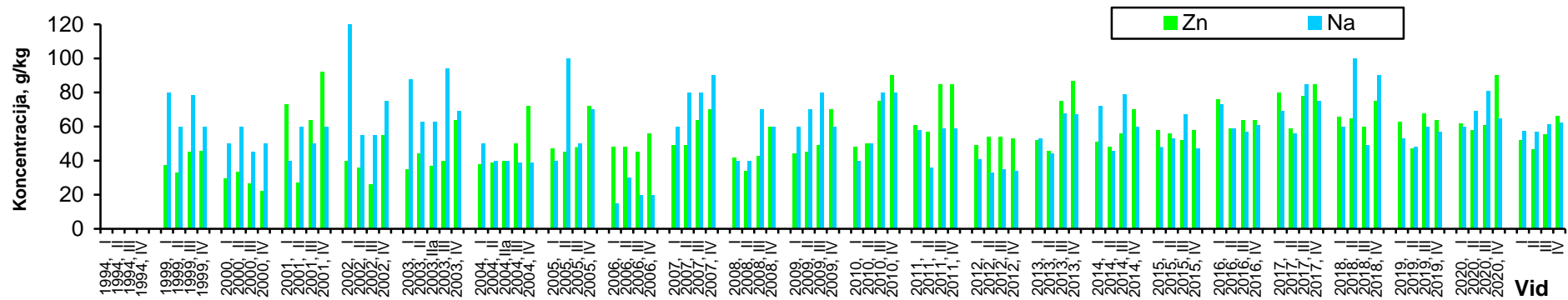
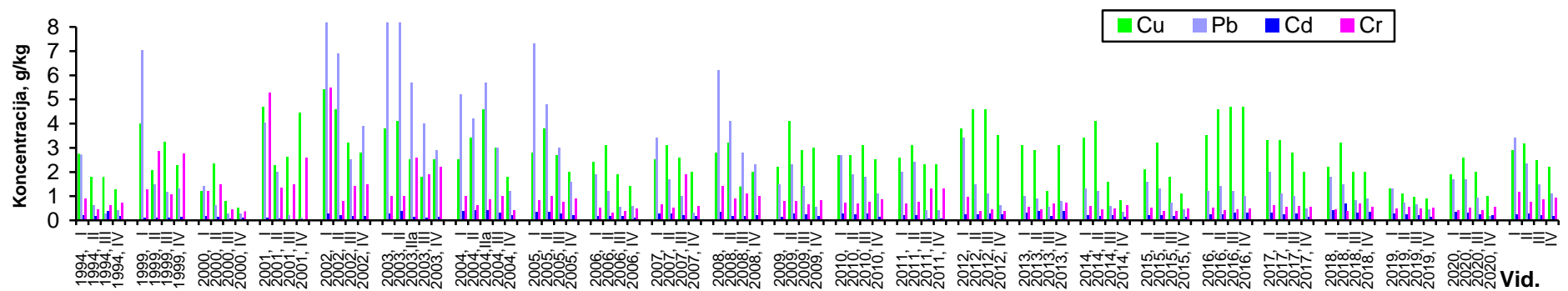
Tokių elementų, kaip cinko (Zn), natrio (Na) ir mangano (Mn) koncentracijų nuokritose sezoniškumas neturi ryškių tendencijų, tačiau mažesnės koncentracijos atrodo, kad yra būdingesnės žiemos mėnesių nuokritoms. Ypač tai galima išvelgti, tiriant paskutiniųjų metų sunkiųjų metalų nuokritose sezoniškumą. Kalio (K) koncentracijų nuokritose kaitoje matyti, kad didžiausi šio elemento kiekiai užfiksuoti pavasario ir vasaros mėnesiais (II_III).

Tyrimo rezultatai rodo, kad per 26 m laikotarpį koncentracijų didėjimo tendencija yra būdinga šiems sunkiesiems metalams: Cd, Zn ir iš dalies K, iki 2011 m. Pastaruoju laikotarpiu K koncentracijos nuokritose turi tendenciją mažėti taip pat kaip ir Cr bei Pb. Likurių tirtų metalų koncentracijų kaitoje aiškesnės tendencijos nustatyti nepavyko. *Išskirtinis 2019 m. sunkiųjų metalų tyrimo nuokritose bruožas – jų koncentracijų reikšmingas sumažėjimas lyginant su ankstesniais metais.*

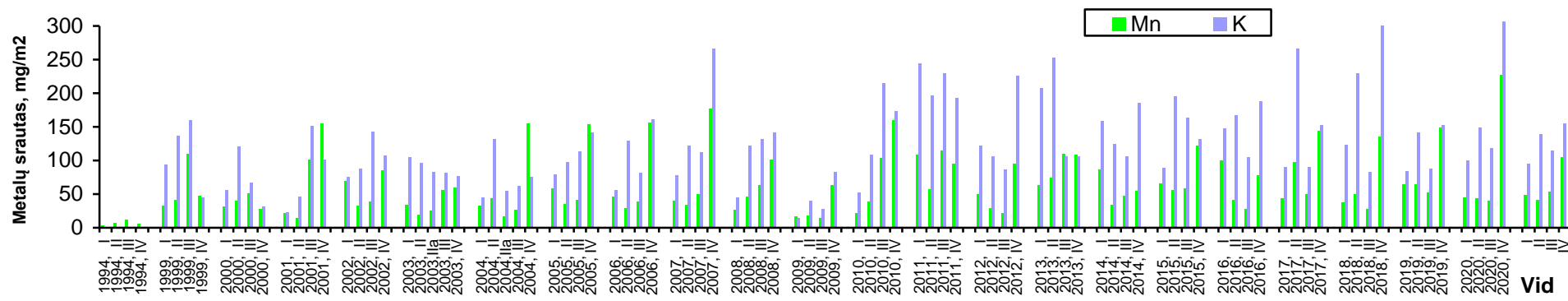
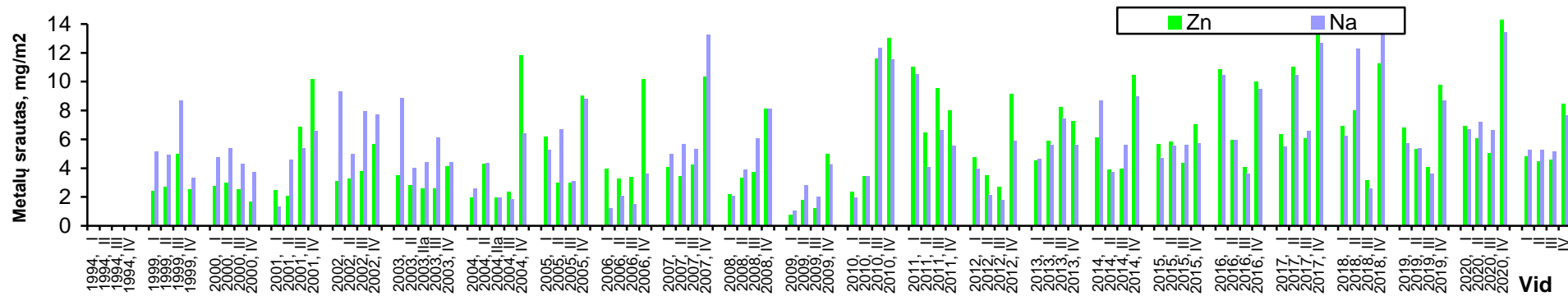
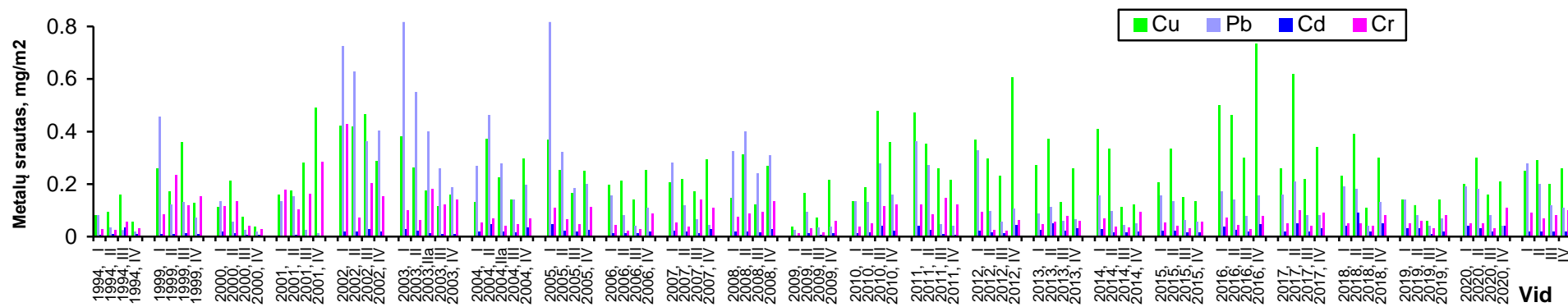
2020 m. visų tirtų sunkiųjų metalų koncentracijos nuokritose padidėjo.



8.8 pav. Metalų metinių koncentracijų nuokritose kaita Aukštaitijos KMS 1994-2020 m.



8.9 pav. Metalų koncentracijų nuokritose sezoninė dinamika 1994-2020 m.



8.10 pav. Metalų koncentracijų srautų su nuokritimis sezoninė dinamika 1994-2020m.

8.4 lentelė. Sunkiųjų metalų koncentracijų nuokritose ir jų srautų į paklotę kaitos intensyvumas (kaita per m.) ir reikšmingumas (p) 1994-2020 m. laikotarpiu Aukštaitijos KMS

		m.v.	Mean	Std.Dv.	r(X,Y)	r ²	t	p	Kaita per m.
	AKMS								
Cu	Koncentr	mg/kg	2.677	0.819	-0.085	0.007	-0.391	0.700	-0.010
Cu	Srautas	g/m ²	1.017	0.388	0.238	0.057	1.121	0.275	0.013
Pb	Koncentr	mg/kg	2.026	1.562	-0.417	0.174	-2.104	0.048	-0.092
Pb	Srautas	g/m ²	0.730	0.592	-0.281	0.079	-1.341	0.194	-0.023
Cd	Koncentr	mg/kg	0.225	0.082	0.423	0.179	2.141	0.044	0.005
Cd	Srautas	g/m ²	0.088	0.041	0.605	0.365	3.478	0.002	0.003
Cr	Koncentr	mg/kg	0.937	0.628	-0.598	0.358	-3.419	0.003	-0.053
Cr	Srautas	g/m ²	0.337	0.192	-0.449	0.202	-2.303	0.032	-0.012
Zn	Koncentr	mg/kg	54.97	12.06	0.744	0.554	5.104	0.000	1.261
Zn	Srautas	g/m ²	22.10	9.233	0.791	0.626	5.927	0.000	1.026
Na	Koncentr	mg/kg	59.95	13.92	0.012	0.000	0.056	0.956	0.024
Na	Srautas	g/m ²	22.79	8.843	0.572	0.327	3.195	0.004	0.710

Apibendrinus tirtų metalų koncentracijas nuokritose 1994-2020 m. laikotarpiu, nustatyta, kad reikšmingiausiai didėjo Cd koncentracija nuokritose – po 0,005 mg/kg, ir Zn – po 1,26 mg/kg per m.

Reikšminga ir mažėjimo tendencija nustatyta Pb – po -0,09 mg/kg per m. ir Cr po -0,05 mg/kg per m.

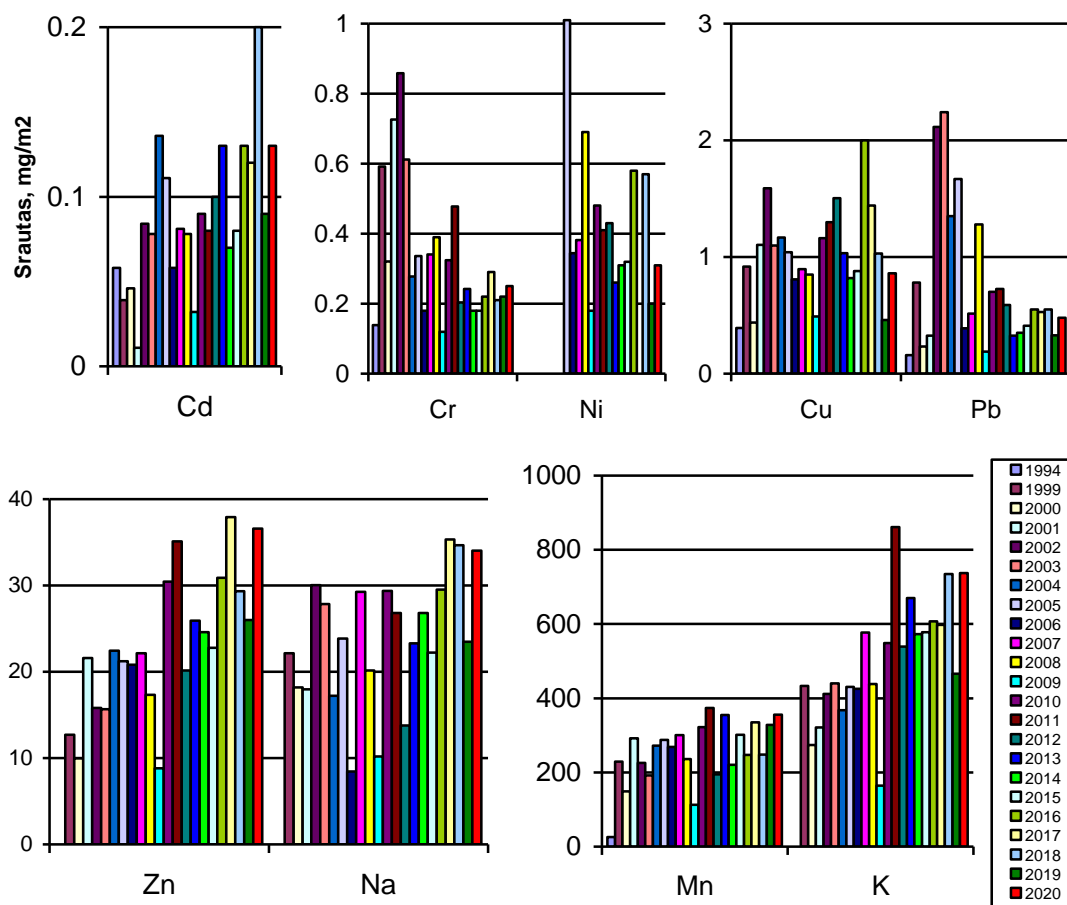
Na ir Cu koncentracijų sekose reikšmingos kaitos nenustatyta. Šių elementų koncentracijos svyravo apie 60 ir 2,7 mg/kg atitinkamai.

Išskirtinis 2019 m. sunkiųjų metalų tyrimo nuokritose bruožas – jų koncentracijų reikšmingas sumažėjimas lyginant su ankstesniais metais.

2020 m. visų tirtų sunkiųjų metalų koncentracijos nuokritose padidėjo.

Sunkiųjų metalų srautai su nuokritomis Aukštaitijos KMS teritorijoje

Išanalizavus Aukštaitijos KMS nuokritų cheminę sudėtį, toliau tyrėme tirtų metalų srautus su nuokritomis į dirvožemio paklotę. Gauti rezultatai pateikti 8.11 paveiksle. Iš pateiktų duomenų matyti aiškus tik tokių tirtų metalų, kaip Pb, Mn, Na ir K srautų su nuokritomis sezoniškumas, kurio pobūdis analogiškas šių metalų koncentracijų nuokritose sezoniškumui. Likusių metalų sezoniškumo kaita nėra statistiškai reikšminga ($p > 0,05$).



8.11 pav. Metiniai metalų srautai su nuokritomis Aukštaitijos KMS 1994-2020 m.

Metinių metalų srautų su nuokritomis analizė parodė, kad metalų srautai kito analogiškai jų koncentracijoms nuokritose, o padidėjęs nuokritų kiekis neturėjo reikšmingesnės įtakos šių metalų srautų tendencijai. Reikšmingai didėjo Cd, Zn ir K srautai su nuokritomis. Didėjimo tendencija nustatyta ir Na srautuose, ypač nuo 2012 m. Pradžioje taip pat didėjo ir Mn srautai, tačiau paskutiniuoju laikotarpiu stebima šio metalo srautų su nuokritomis mažėjimo tendencija. Cu srautai praktiškai jau daugelį metų išlieka stabilūs, o Cr ir Pb srautai, kurių kaitoje tyrimų pradžioje buvo aiški didėjimo tendencija, pradėjo demonstruoti tendenciją mažėti, ypač Pb srautas.

2005 -2015 m. reikšmingai didėjo Zn, Mn ir K srautai su nuokritomis, Na ir Cd, srautai buvo praktiškai stabilūs, o mažėjo tik Cr ir Pb srautas su nuokritomis.

2016-2018 m. padidėjus nuokritų kiekiui, proporcingai didėjo ir sunkiųjų metalų srautai į dirvožemį su nuokritomis. Reikšmingiausiai lyginant su ankstesniais metais didėjo Cd, Zn ir K srautai, kitų metalų išliko tame pačiame lygmenyje kaip ir 2015 m., ar turėjo tendenciją mažėti. Išskirtinė Pb srauto kaitos tendencija, kuri 2018 m. pasiekė minimaliausių reikšmę.

2019 m. nepriklausomai nuo to kad nežymiai padidėjo nuokritų kiekis, sunkiųjų metalų srautas su nuokritomis į miško paklotę, dėl sumažėjusių tirtų metalų koncentracijų, taip pat ženkliai sumažėjo lyginant su ankstesniais metais.

2020 m. registruotas pakankamai intensyvus sunkiųjų metalų srautas į miško paklotę, kurį galėjo lemti vieni didžiausių nuokritų kiekiai.

Apibendrinus tirtų metalų srautų su nuokritomis 1994-2020 m. laikotarpiu rezultatus, nustatyta, kad tyrimų pradžioje sunkiųjų metalų srautus su nuokritomis sąlygojo nuokritų kiekis, tai paskutiniaisiais, išskirtiniais 2019 m., srautus į miško ekosistemą sąlygojo sunkiųjų metalų koncentracijos nuokritose.

Per tiriamąjį laikotarpį reikšmingai didėjo Cd srautas su nuokritomis – po 0,003 g/m² per m., Na – po 0,7 g/m² per m. ir reikšmingiausiai Zn – po 1,03 g/m² per m. Reikia pažymėti, kad Na srautą lėmė nuokritų kiekis, o ne Na koncentracija nuokritose, kuri praktiškai buvo stabili.

Per tiriamąjį laikotarpį reikšmingiausiai mažėjo tik Cr srautas, po -0,012 g/m² per m. Likusių metalų srautuose aiškesnės kaitos tendencijose nenustatyta.

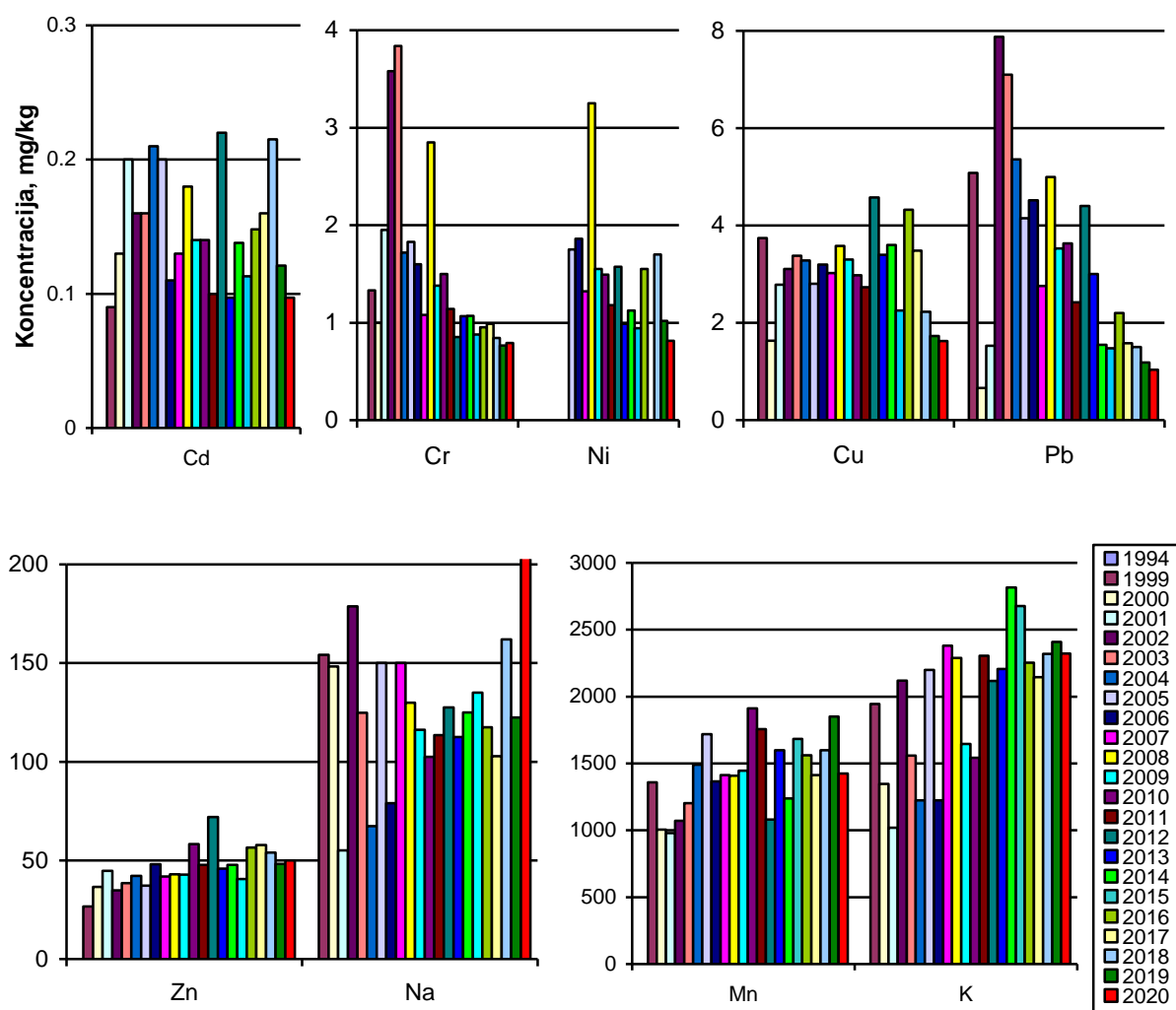
8.3.2. Metalų koncentracijų nuokritose sezoninė kaita ir jų srautai Žemaitijos KMS

Analizuojant Žemaitijos KMS nuokritų cheminę sudėtį, statistiškai reikšmingos ($p < 0,05$) sezoniškumo įtakos, tokios kaip Aukštaitijos KMS, tirtų metalų koncentracijoms nustatyti nepavyko. Metinių koncentracijų kitimas 1999-2019m. laikotarpiu analizė rodo, stabilios jau daugelį metų išlieka Cd, Na ir Cu koncentracijos nuokritose. Mažėjimo tendencija stebima Cr ir Pb koncentracijose, o didėja Zn, Mn ir K koncentracijos nuokritose.

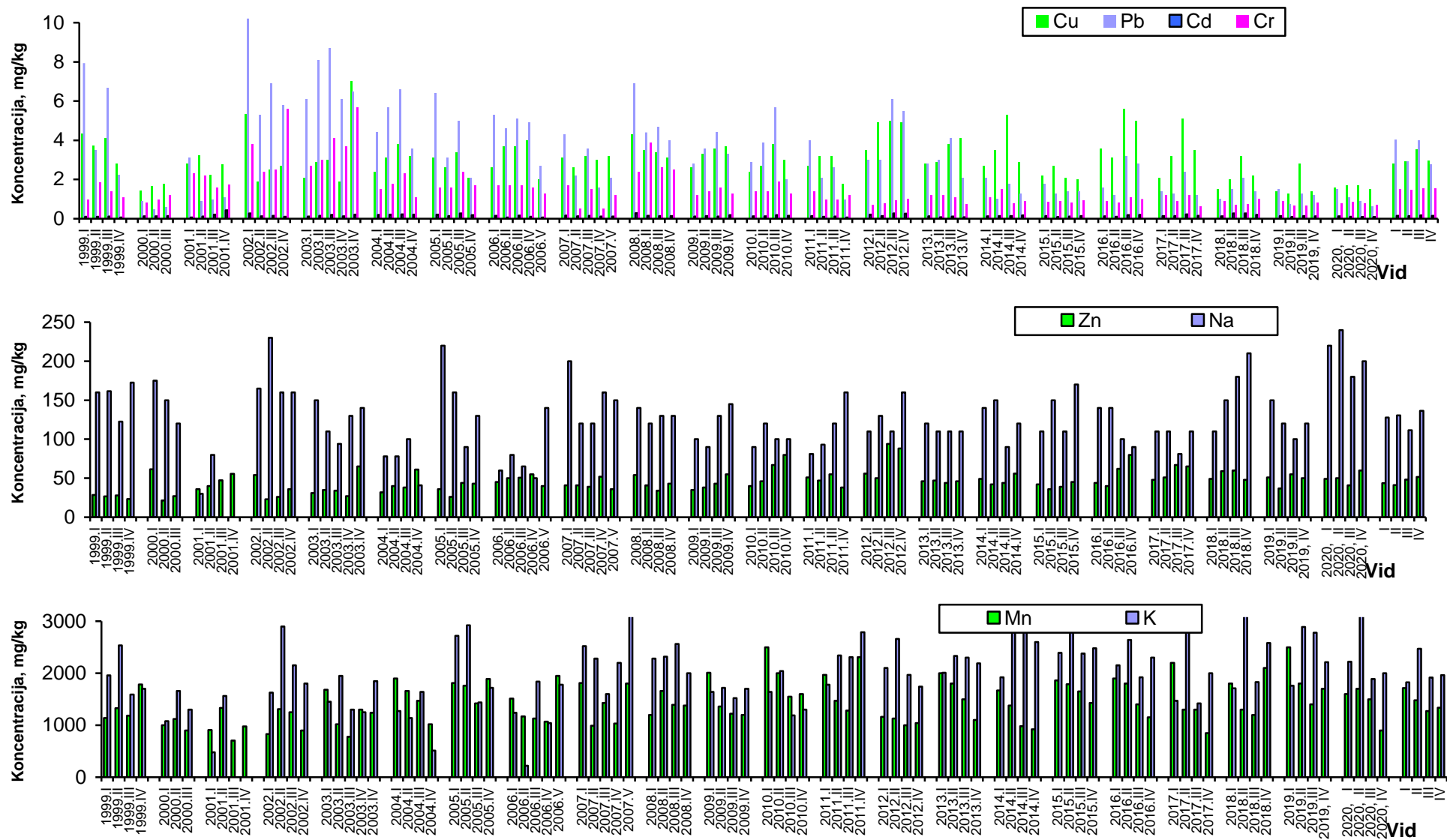
2019 m. reikšmingai sumažėjo tik Cd ir Na koncentracijos nuokritose. Likusių metalų kaitoje buvo stebima nors ir ne tokia akivaizdi koncentracijų taip pat mažėjimo tendencija. Išsiskyrė tik K koncentracijos pokytis 2019 m. Šio metalo koncentracija nuokritose nežymiai padidėjo.

2020 m. praktiškai visų tirtų sunkiųjų metalų koncentracijos Žemaitijos KMS sumažėjo lyginant su praėjusiais metais, o Cd, Cr, Ni, Cu ir Pb buvo vienos iš mažiausių per visą tiriamąjį laikotarpį. Išskirtinė padėtis susiformavo Na koncentracijų nuokritose sekoje –

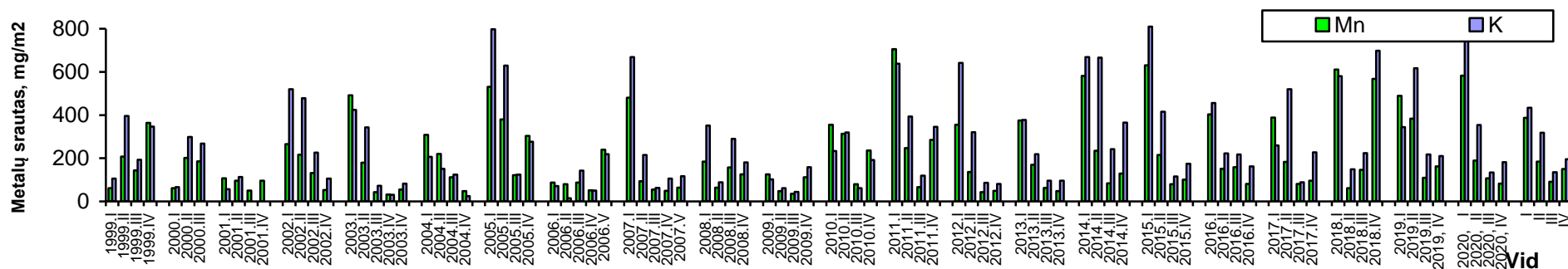
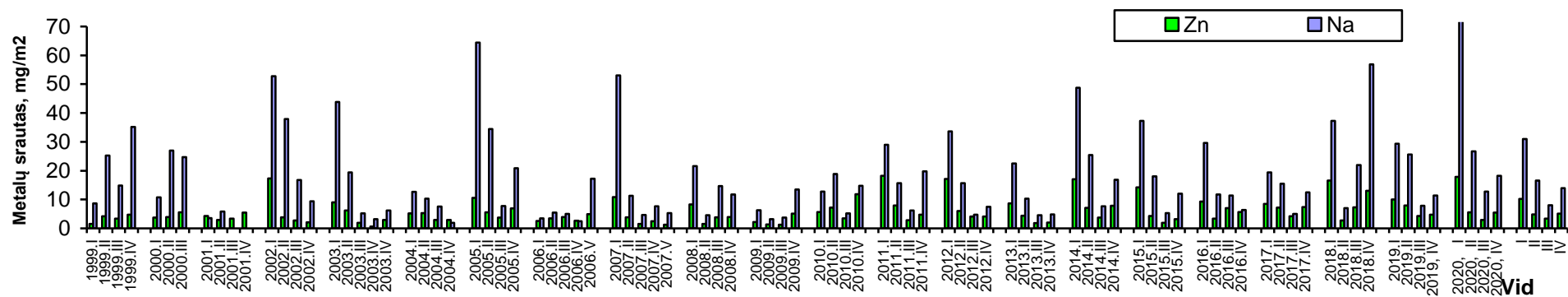
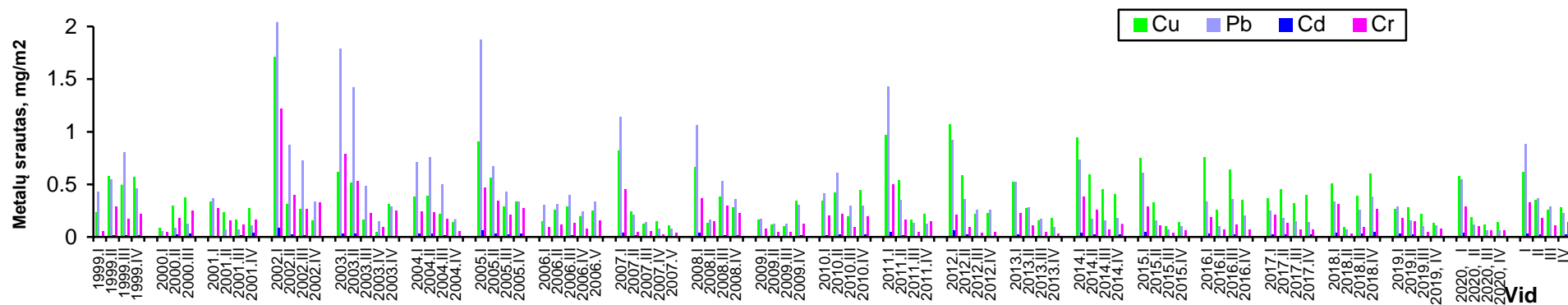
2020 m. nustatyta rekordiškai didelė šio elemento koncentracija, kuri siekė net 210 mg/kg. Tai Baltijos jūros ir vyraujančių Vakarų krypties vėjų poveikio rezultatas.



8.12 pav. Metalų metinių koncentracijų nuokritose kaita Žemaitijos KMS 1999-2020m.



8.13 pav. Metalų koncentracijų nuokritose sezoninė dinamika 1999-2020m.



8.14 pav. Metalų koncentracijų srautų su nuokritomis sezoninė dinamika 1999-2020 m.

8.5 lentelė. Sunkiųjų metalų koncentracijų nuokritose ir jų srautų į paklotę kaitos intensyvumas (kaita per m.) ir reikšmingumas (p) 1994-2020 m. laikotarpiu Žemaitijos KMS

	ZKMS	m.v.	Vidut.	Std.Dv.	r(X,Y)	r ²	t	p	Slope
Cu	Koncentr	mg/kg	3.032	0.785	-0.150	0.022	-0.678	0.506	-0.018
Cu	Srautas	g/m ²	1.512	0.504	-0.047	0.002	-0.208	0.837	-0.004
Pb	Koncentr	mg/kg	3.251	1.999	-0.569	0.323	-3.092	0.006	-0.175
Pb	Srautas	g/m ²	1.742	1.374	-0.473	0.224	-2.403	0.026	-0.100
Cd	Koncentr	mg/kg	0.148	0.041	-0.128	0.016	-0.577	0.571	-0.001
Cd	Srautas	g/m ²	0.078	0.031	0.029	0.001	0.131	0.897	0.000
Cr	Koncentr	mg/kg	1.500	0.867	-0.579	0.336	-3.178	0.005	-0.077
Cr	Srautas	g/m ²	0.772	0.475	-0.462	0.213	-2.329	0.030	-0.034
Zn	Koncentr	mg/kg	46.13	9.701	0.639	0.408	3.710	0.001	0.954
Zn	Srautas	g/m ²	23.66	7.912	0.638	0.407	3.705	0.001	0.777
Na	Koncentr	mg/kg	126.6	35.189	0.193	0.037	0.879	0.390	1.046
Na	Srautas	g/m ²	70.54	33.99	0.245	0.060	1.132	0.271	1.284

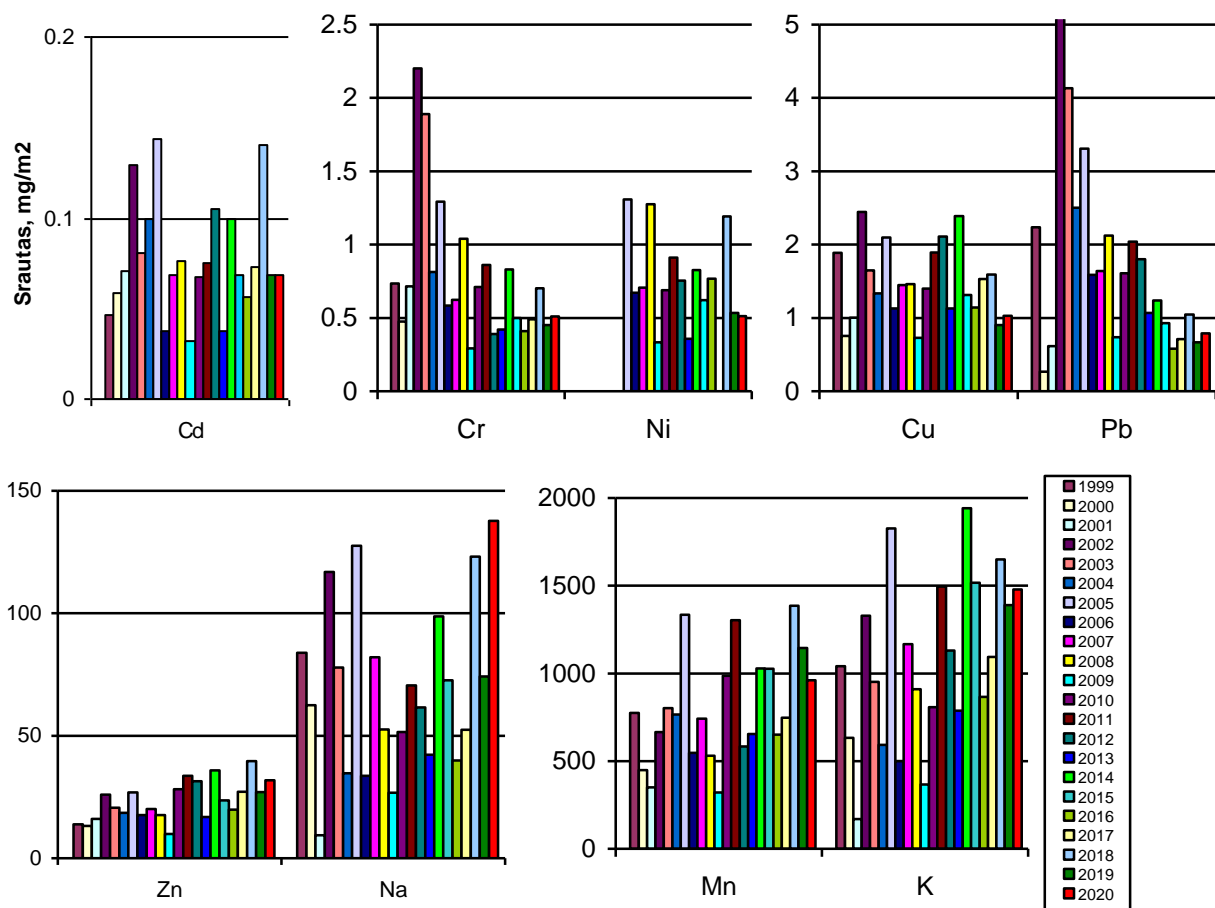
Nustatyta, kad 1994-2020 m. laikotarpiu reikšmingiausiai didėjo tik Zn koncentracija nuokritose – po 0,8 mg/kg per m. Didėjo taip pat dėl paskutinių metų vertės ir Na koncentracija, po 1,3 mg/kg per m., tačiau ši kaita buvo dar nereikšminga.

Reikšminga mažėjimo tendencija nustatyta Pb – po -0,1 mg/kg per m. ir Cr po -0,03 mg/kg per m.

Cd ir Cu koncentracijų sekose reikšmingos kaitos nenustatyta. Šių elementų koncentracijos svyravo apie 0,15 ir 3 mg/kg atitinkamai.

Metalų srautų dirvožemį su nuokritomis kaita Žemaitijos KMS

Metalų srautų su nuokritomis sezoninės dinamikos analizė rodo, kad sezoniškumas turėjo reikšmingos įtakos metalų srautams su nuokritomis. Daugelio tirtų elementų didžiausi srautai užfiksuoti žiemos (I) ir kiek mažesni – pavasario laikotarpiais (II). Išsiskyrė tik mažiausių srautų laikotarpiai: jei švino mažiausias srautas buvo registruojamas rudens laikotarpiu, tai likusių metalų – vasaros (III) laikotarpiu. Pagrindinis veiksnys lėmęs tokį tirtų metalų sezoniškumą buvo nuokritų kiekio sezoniškumas, o ne metalų koncentracijos jose.



8.15 pav. Metalų metinių srautų su nuokritomis kaita Žemaitijos KMS 1999-2020m.

Metinių tirtų metalų srautų su nuokritomis analizė parodė, kad dėl didelių nuokritų kiekio 2002 m., 2005 ir paskutiniaisiais 2018 m., tirtų metalų srautai į ploto vienetą Žemaitijos KMS teritorijoje buvo didžiausi.

2019 m. sumažėjęs nuokritų kiekis sąlygojo ir sumažėjusį sunkiųjų metalų srautą su nuokritomis į miško paklotę. Daugiametė rezultatų analizė rodo, kad sunkiųjų metalų srautus didžiąja dalimi lemia ir nuokritų kiekis, kuris 1,5 k yra didesnis negu Aukštaitijos KMS, ir sunkiųjų metalų koncentracijos nuokritose.

2020 m. dėl padidėjusio nuokritų kiekio, tirtų metalų srautai su nuokritomis buvo artimi paskutiniųjų kelerių metų vidurkiui.

Per visą tiriamąjį laikotarpį stebima Cr ir Pb srautų mažėjimo tendencija, kurią reikšmingai sąlygojo šių elementų koncentracijų sumažėjimas. Per tiriamąjį laikotarpį Pb srautas mažėja po 0,1 g/m², o Cr – po -0,03 g/m². Mažėja, tačiau nereikšmingai ir Cu srautas su nuokritomis. Stabilus išlieka Cg srautas, o reikšmingiausiai mažėja Pb, po 0,1 g/m² ir Cr po -0,03 g/m².

IŠVADOS

Apibendrinus tirtų metalų koncentracijas nuokritose 1994-2020 m. laikotarpiu, nustatyta, kad Aukštaitijos KMS reikšmingiausiai didėjo Cd koncentracija nuokritose – po 0,005 mg/kg, ir Zn – po 1,26 mg/kg per m. Reikšminga ir mažėjimo tendencija nustatyta Pb – po -0,09 mg/kg per m. ir Cr po -0,05 mg/kg per m. Na ir Cu koncentracijų sekose reikšmingos kaitos nenustatyta. Šių elementų koncentracijos svyravo apie 60 ir 2,7 mg/kg atitinkamai.

1994-2020 m. laikotarpiu reikšmingai didėjo Cd srautas su nuokritomis – po 0,003 g/m² per m., Na – po 0,7 g/m² per m. ir reikšmingiausiai Zn – po 1,03 g/m² per m. Reikia pažymėti, kad Na srautą lėmė nuokritų kiekis, o ne Na koncentracija nuokritose, kuri praktiškai buvo stabili. Per tiriamąjį laikotarpį reikšmingiausiai mažėjo tik Cr srautas, po -0,012 g/m² per m. Likusių metalų srautuose aiškesnės kaitos tendencijose nenustatyta.

2020 m. praktiškai visų tirtų sunkiųjų metalų koncentracijos Žemaitijos KMS sumažėjo lyginant su praėjusiais metais, o Cd, Cr, Ni, Cu ir Pb buvo vienos iš mažiausių per visą tiriamąjį laikotarpį. Išskirtinė padėtis susiformavo Na koncentracijų nuokritose sekoje – 2020 m. nustatyta rekordiška didelė šio elemento koncentracija, kuri siekė net 210 mg/kg. Tai Baltijos jūros ir vyraujančių Vakarų krypties vėjų poveikio rezultatas.

1994-2020 m. laikotarpiu reikšmingiausiai didėjo tik Zn koncentracija nuokritose – po 0,8 mg/kg per m. Didėjo taip pat dėl paskutinių metų vertės ir Na koncentracija, po 1,3 mg/kg per m., tačiau ši kaita buvo dar nereikšminga.

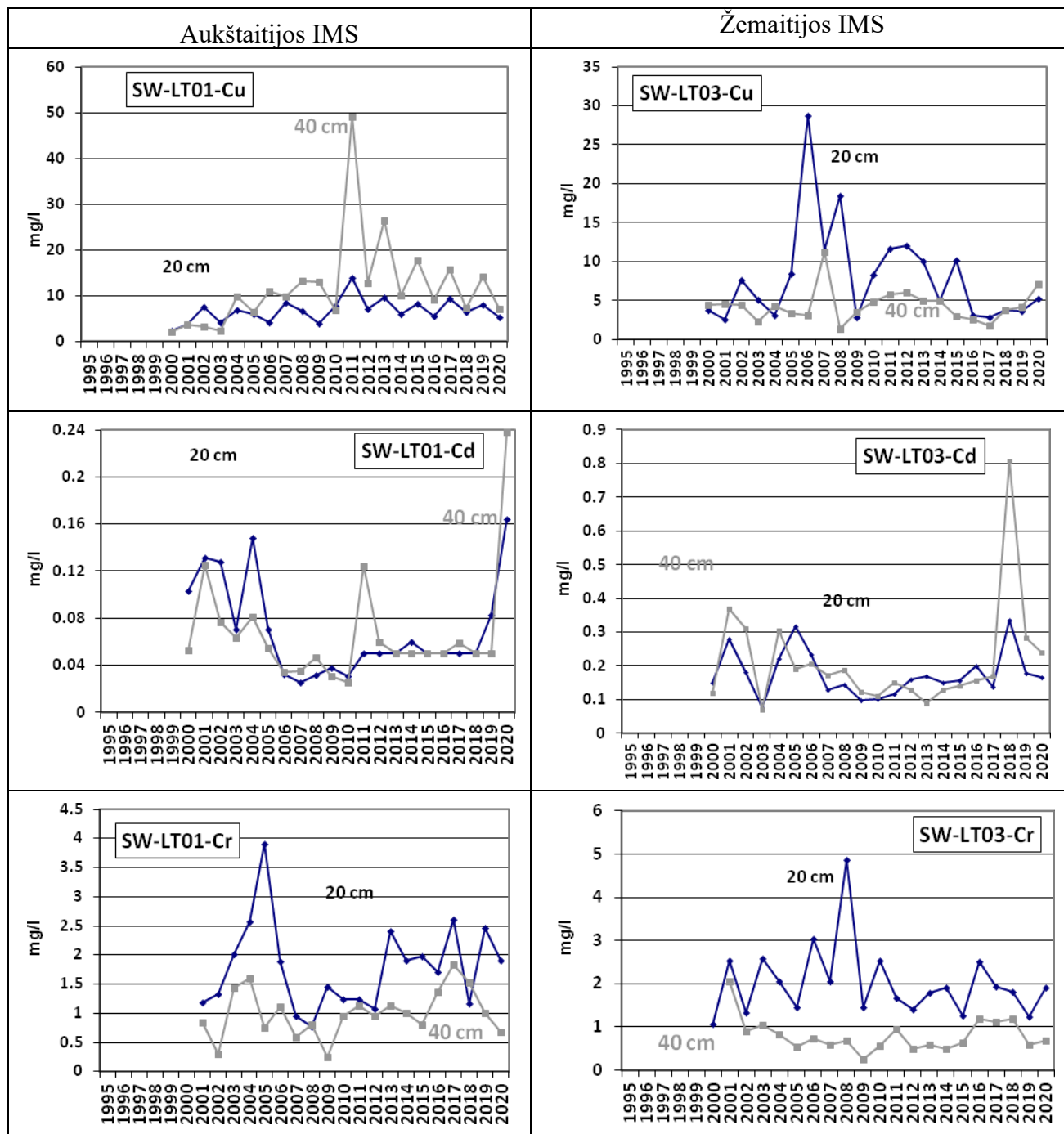
Reikšminga mažėjimo tendencija nustatyta Pb – po -0,1 mg/kg per m. ir Cr po -0,03 mg/kg per m. Cd ir Cu koncentracijų sekose reikšmingos kaitos nenustatyta. Šių elementų koncentracijos svyravo apie 0,15 ir 3 mg/kg atitinkamai.

Per visą tiriamąjį laikotarpį stebima Cr ir Pb srautų mažėjimo tendencija, kurią reikšmingai sąlygojo šių elementų koncentracijų sumažėjimas. Per tiriamąjį laikotarpį Pb srautas mažėja po 0,1 g/m², o Cr – po -0,03 g/m². Mažėja, tačiau nereikšmingai ir Cu srautas su nuokritomis. Stabilus išlieka Cg srautas, o reikšmingiausiai mažėja Pb, po 0,1 g/m² ir Cr po -0,03 g/m².

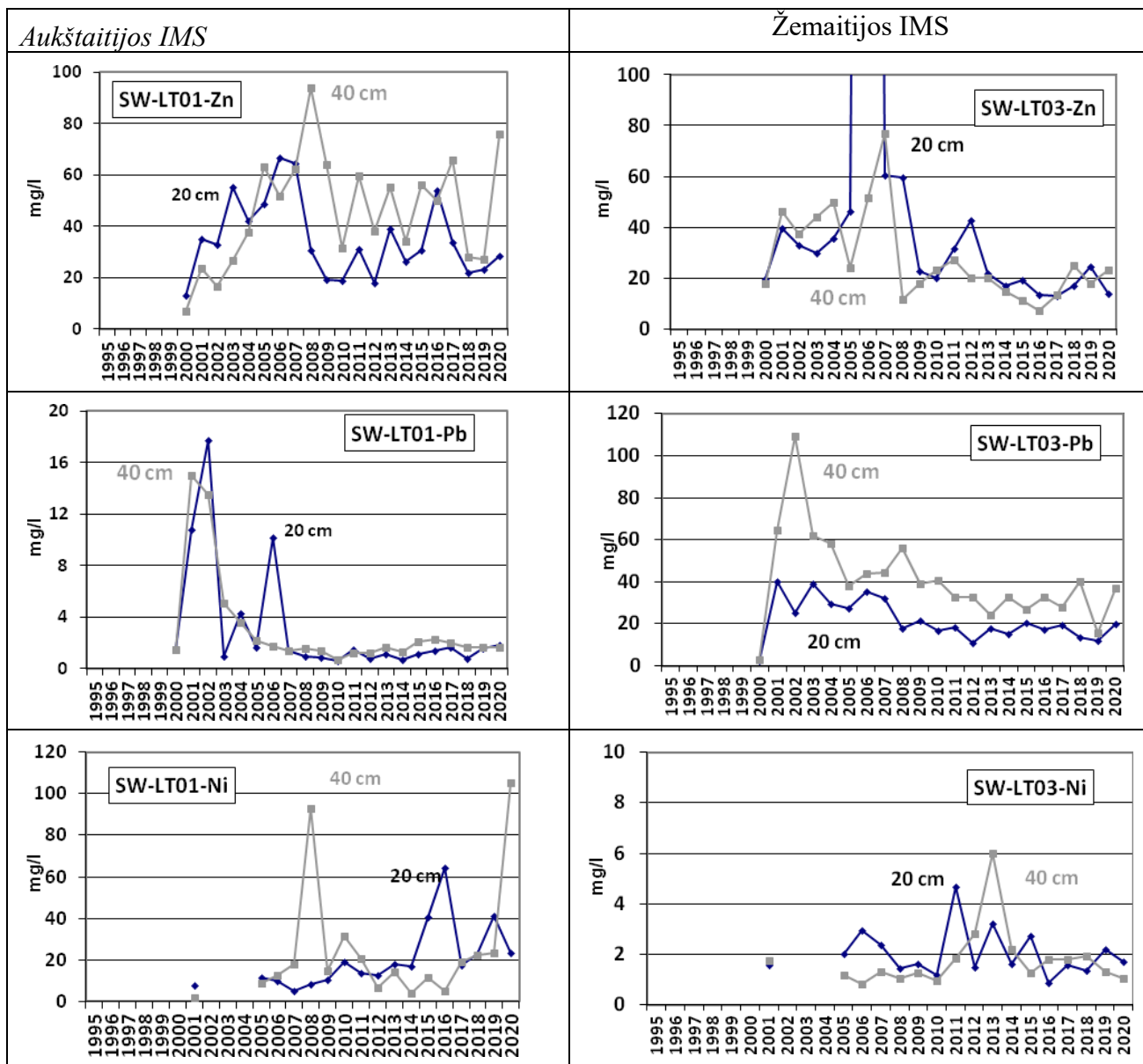
2020 m. registruotas pakankamai intensyvus sunkiųjų metalų srautas į miško paklotę, kuri galėjo lemti vieni didžiausių nuokritų kiekiai.

5.4. Sunkiųjų metalų koncentracijos dirvožemio, gruntiniame ir upelio-paviršiniame vandenyje bei jų srautai. .

5.4.1. Sunkiųjų metalų koncentracijos dirvožemio vandenyje



8.16 pav. Sunkieji metalai dirvožemio vandenyje (1 iš 2).



8.16 pav. Sunkieji metalai dirvožemio vandenyje (2 iš 2).

Nustatytos šios sunkiųjų metalų kaitos tendencijos KM stočių dirvožemio vandenyje:

- Cu koncentracija Aukštaitijos KMS turi tendenciją didėti, kai tuo tarpu Žemaitijos KMS jau daugiau kaip 15 metų šio elemento koncentracijos mažėja ir paskutiniaisiais 2019 m. pasiekė savo minimaliausias reikšmes.
- Cd koncentracijos nuo 2006–2007 m. turi reikšmingą tendenciją didėti abiejose KM stočių dirvožemio vandenyse. Tik jei Aukštaitijos KMS šio elemento koncentracija 2018–2019 m.

siekia apie 0,1 µg/l, tai Žemaitijos KMS viršija net 3 µg/l 20 cm gylyje ir 7 µg/l 40 cm gylyje.

- Cr koncentracijos reikšmingai padidėjo Aukštaitijos KMS baseine ir paskutiniu metu laikotarpiu išlieka stabilios 1-2 µg/l lygmenyje. Panašiam lygmenyje svyruoja šio elemento koncentracijos ir Žemaitijos KMS dirvožemio vandenyse.
- Zn ir Ni koncentracijų kaitoje aiškesnių tendencijų neišaiškinta, tik Ni apie 10 kartus daugiau yra užterštas Aukštaitijos KMS dirvožemio vanduo, kur šio elemento koncentracijos svyruoja apie 20 µg/l (Žemaitijos KMS apie 2 µg/l).
- Pb kaitoje nustatytos skirtingos tendencijos stebimose stotyse. Aukštaitijos KMS nuo 2007 m. stebimas nors ir neženklaus, tačiau pastovus šio elemento koncentracijų didėjimo procesas, o Žemaitijos KMS priešingai mažėjimo procesas. Nepaisant šių tendencijų paskutiniaisiais metais Pb koncentracija Aukštaitijos KMS dirvožemio vandenyje siekia 2 µg/l, kai tuo tarpu Žemaitijos KMS arti 10 kartų daugiau - apie 15 µg/l.

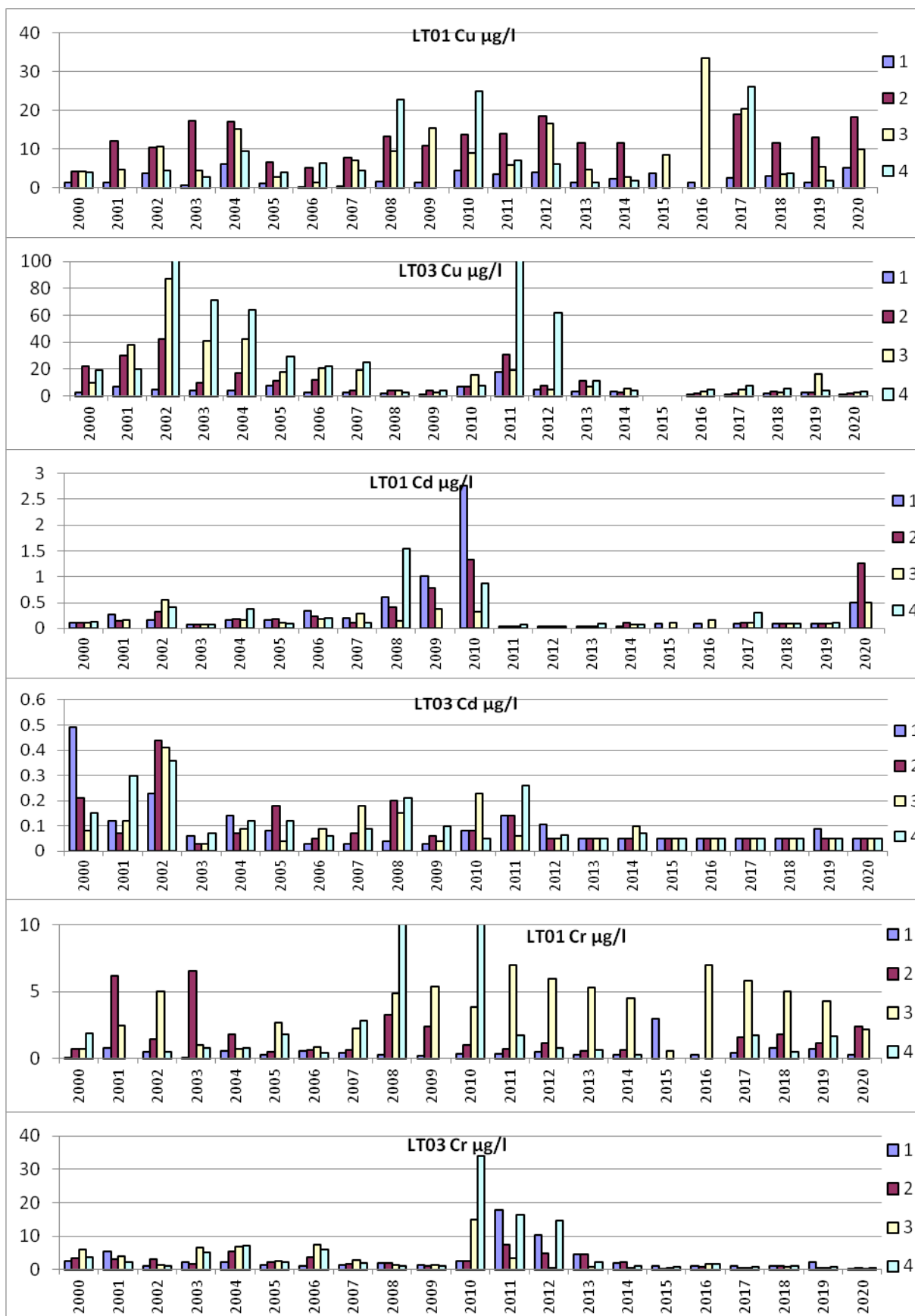
5.4.2. Sunkiųjų metalų koncentracijos gruntiniame vandenyje

Mn koncentracijų kaitą apsukina metodologiniai aspektai. Paskutiniaisiais metais šio elemento koncentracija nustatoma tik iki 2 µg/l ribos, kuri yra didesnė nei koncentracijos nustatytos ankstesniais metais. 2018-2019 m. sausra neturėjo reikšmingos įtakos Mn koncentracijų kaitai gruntiniuose vandenyse.

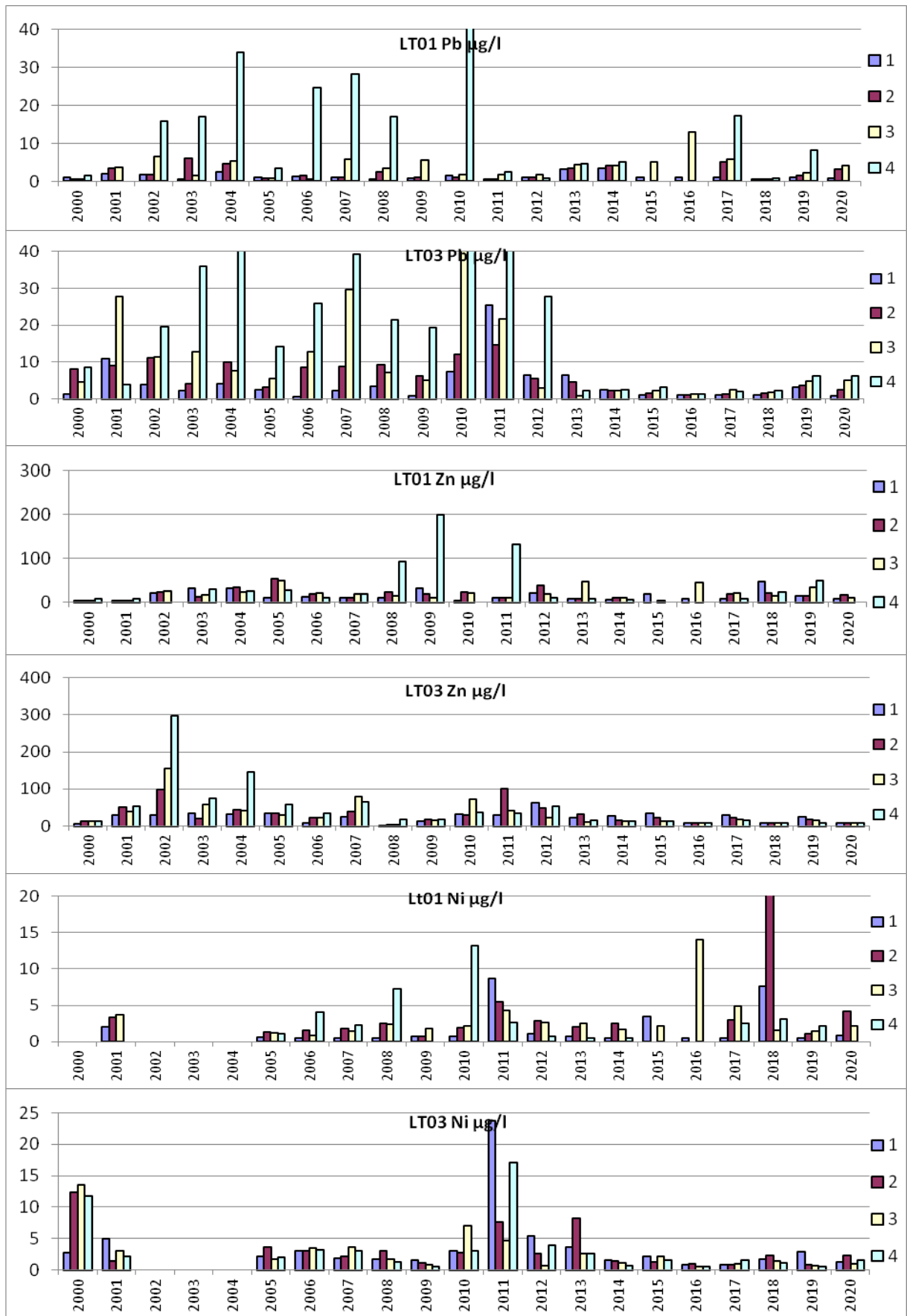
Didžiausios Fe koncentracijos gruntiniuose vandenyse nustatytos 2008-2011 m. abiejų stočių baseinų gruntiniuose vandenyse. Nuo šio laikotarpio iki 2019 m. Fe koncentracijos turi tendencija mažėti. Reikšmingesnė Fe koncentracijos priklausomybė nuo kritulių kiekio nenustatyta.



8.17 pav. Gruntinio vandens cheminė sudėtis (1 iš 3).



8.17 pav. Gruntinio vandens cheminė sudėtis (2 iš 3)



8.17 pav. Gruntinio vandens cheminė sudėtis (3 iš 3)

Gruntiniame vandenyje 2014 arba 2011 metais sunkiųjų metalų koncentracijos buvo padidėjusios iki didžiausių reikšmių per stebėsenos laikotarpį, o 2011-2014 metais stebimas koncentracijų mažėjimas. Tai atitinka Fe koncentracijos gruntiniame vandenyje dinamiką (8.17 pav., 1-3 iš 3). Gruntinio vandens dinaminiai ištekliai 2010 metais buvo Aukštaitijos stotyje mažiausi, o Žemaitijos stotyje treči tarp mažiausių, o vėliau didėjo, 2011 ir 2013 metais iki vidutinių reikšmių, o 2014 vėl sumažėjo. Mažesni kritulių kiekiai lemia sunkiųjų metalų koncentracijų mažėjimą paskutiniaisiais metais.

2017-2020 m. pažymėtinas dėsningumas - gruntinio vandens užterštumo sunkiaisiais metalais mažėjimas. Išsiskiria 2017 m. reikšmingai padidėjusios Cu koncentracijos gruntiniuose vandenyse Aukštaitijos KMS. Paskutiniaisiais metais Cu koncentracijos abiejų stočių gruntiniuose vandenyse išlieka stabilio panašiamo lygmenyje, t.y. apie 5 µg/l.

Zn koncentracijų kaitoje reikšmingų pokyčių nenustatyta. 2018-2019 m. sausros taip pat neturėjo jokios įtakos šio elemento gruntiniame vandenyje kaitai.

Išsiskiria Ni iki 10 kart stipriau užterštas Aukštaitijos gruntinis vanduo. Šio elemento koncentracijos taip pat reikšmingai viršija koncentracijas nustatytas Žemaitijos KMS dirvožemio vandenyje. Ženklaus Ni koncentracijų padidėjimas Aukštaitijos KMS buvo registruotas 2018m, greičiausiai dėl padidėjusio kritulių kiekio 2017 m. sezono pabaigoje. 2019 m. Ni koncentracijos šioje stotyje pasiekė savo įprastinį daugiamečių vidurkį. Žemaitijos KMS Ni koncentracijos jau daugiau kaip 6 m išlieka stabilios 2 µg/l lygmenyje.

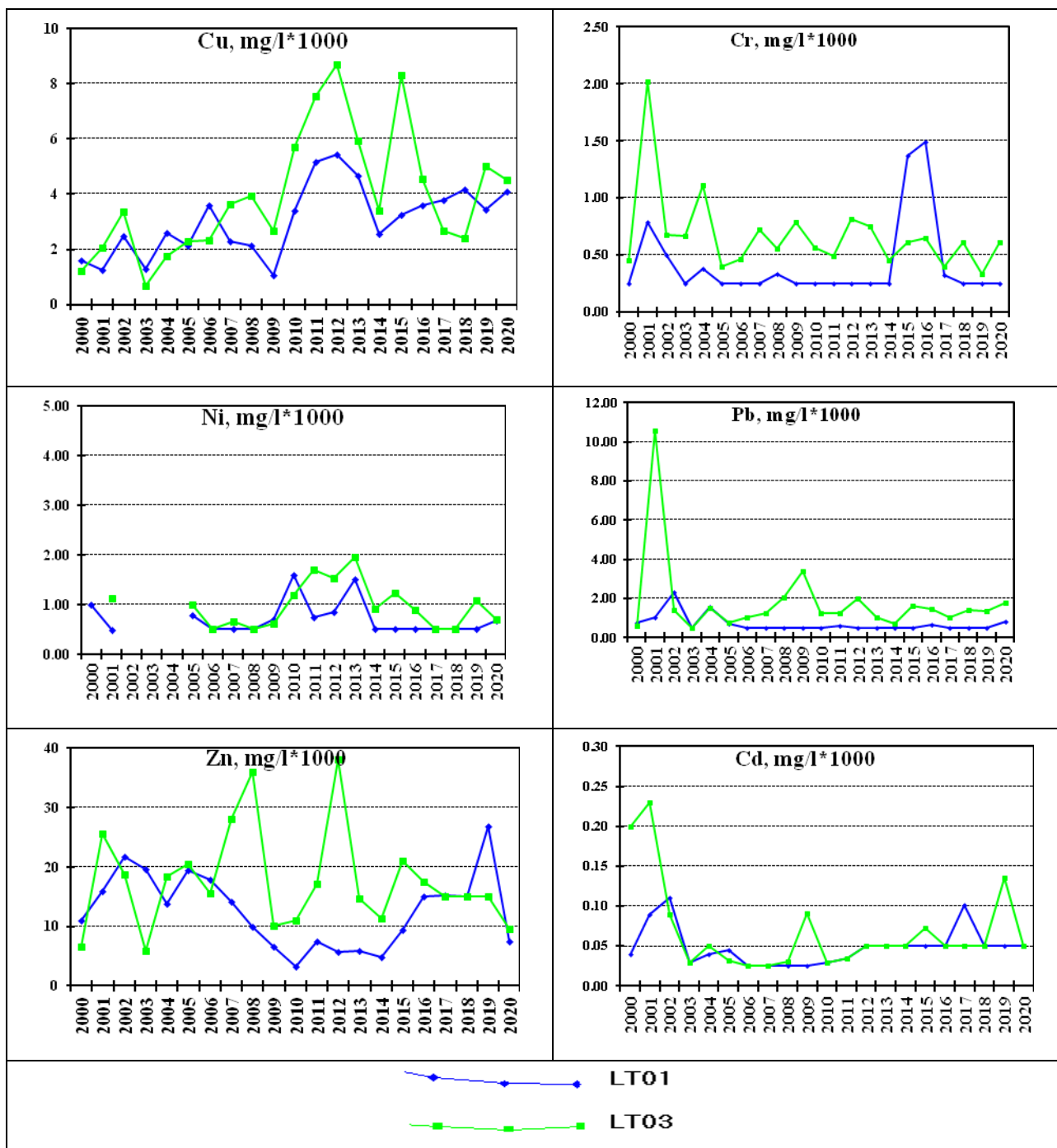
Cd koncentracijos Žemaitijos KMS baseino gręžiniuose, neviršija mažiausių nustatomų reikšmių, buvo mažesnės už 0,1 µg/l todėl, pagal metodiką rašoma pusė šio kiekio. Cd koncentracijos Aukštaitijos KMS gręžinių vandenyje 2020 metais buvo didesnės negu 2011-2019 metų laikotarpiu

Pb koncentracijos gruntiniuose vandenyse, turi tendenciją didėti. Analogiškai kito ir Zn bei Cr koncentracijos. Tik paskutiniųjų metų sausros galėjo sąlygoti šių elemento koncentracijų nežymų padidėjimą.

Apibendrinant gruntinio vandens cheminės sudėties kaitos tendencijas pažymėtinos skirtingos gruntinio vandens cirkuliacijos sąlygos: dinaminiai gruntinio vandens ištekliai Aukštaitijos KMS turi tendenciją mažėti, o Žemaitijos KMS, atvirkščiai – augti.

2017-2020 m. pažymėtinas dėsningumas - gruntinio vandens užterštumo sunkiaisiais metalais mažėjimas, sinchroniškas geležies koncentracijų mažėjimui.

8.4.3. Sunkiųjų metalų koncentracijos paviršiniame vandenyje



8.18 pav. Sunkiųjų metalų koncentracijos upelių vabdenyse.

Sunkiųjų metalų, vario (Cu), chromo (Cr), nikelio (Ni), švino (Pb), cinko (Zn) ir kadmio (Cd) koncentracijai KMS upelių vandenyje upelio debitas neturi lemiamos įtakos. Sausros įtaka per

stebėjimų laikotarpį galėjo padidinti vario, cinko ir chromo koncentraciją, bet ne kiekvienai per stebėjimų laikotarpį buvę sausringi metai darė poveikį.

Sunkiųjų metalų tirtuose upelių vandenyse tyrimų analizė parodė, Cu ir Cd koncentracijų augimo tendenciją. Cu kaitoje 2010-2012 m. registruojami šio elemento didžiausi kiekiai. Cd koncentracijų kaitoje stebima šio elementu didėjimo tendencija abiejose stotyse, tačiau priežastis gali būti ir dėl cheminių analizių atlikimo tikslumo. Paskutiniu metu laikotarpį Cd koncentracijos, kurių reikšmė yra žemesnė negu 0,1 µg/l yra nenustatomos.

Paskutiniu metu laikotarpiu Cd koncentracija upelio vandenyje, retai viršija mažiausią nustatymo ribą. 0,1 µg/l, ypač Aukštaitijos KMS upelio vandenyje.

Nuo 2014 m. registruojamas ir ženklus Zn koncentracijų augimas stebimuose upelių vandenyse. Kritulių kiekio ir nuotėkio intensyvumo pokyčiai taip pat neturėjo reikšmingesnės įtakos šio elemento kaitai vandenyse.

Ni ir Cr koncentracijos per tiriamąjį laikotarpį išlieka stabilios. Paminėtina tik kad 2015 m. sausra turėjo reikšmingos įtakos Cr koncentracijų padidėjimui Aukštaitijos KMS upelio vandenyje. Paskutiniaisiais metais Cr koncentracijos šios stoties vandenyse vėl sumažėjo iki daugiamečio vidurkio.

Paminėtina Pb koncentracijų kaita upelių vandenyse. Jei Aukštaitijos KMS upelio vandenyje šio elemento koncentracija išlieka stabili, o jo kaitą lemia cheminių analizių tikslumas, tai ***Žemaitijos KMS 2019 m. užregistruotas ženklus upelio vandens užterštumas šiuo sunkiuoju metalu.*** Priežastys, manom, kad leis atskleisti 2020 m. vykdytų tyrimų rezultatai.

Palyginus sunkiųjų metalų koncentracijų kaitą tarp KMS teritorijose nustatyta, kad sunkiaisiais metalai tirtų upelių vandenys yra užteršti tam pačiame lygmenyje, ir jų kaitos tendencijos yra analogiškos.

5.5. Sunkiųjų metalų koncentracijos dirvožemyje ir jų kaita 1994-2020 m.

Visuminiai (bendrieji) metalų kiekiai

Metalų kiekiai dirvožemyje buvo matuoti 1993/1994, 2000, 2005 ir 2020 metais. Skirtumai, atsirandantys dėl ėminio vietos yra neišvengiami, todėl vadinami sisteminėmis paklaidomis. Vengiant sisteminių paklaidų, palyginami ne absoliutūs kiekiai, bet santykiniai dydžiai, įvairūs geocheminiai koeficientai (Kadūnas et al, 1999). Išsamią mokslinę metalų kiekio analizę, paremtą išvestiniais koeficientais, planuojama atlikti ruošiant mokslines publikacijas. Dabartiniame etape, šioje ataskaitoje aprašomas metalų pasiskirstymas dirvožemio profiliuose ir koncentracijų kaitos tendencijos, detalai ir tiksliai neanalizuojant priežasčių.

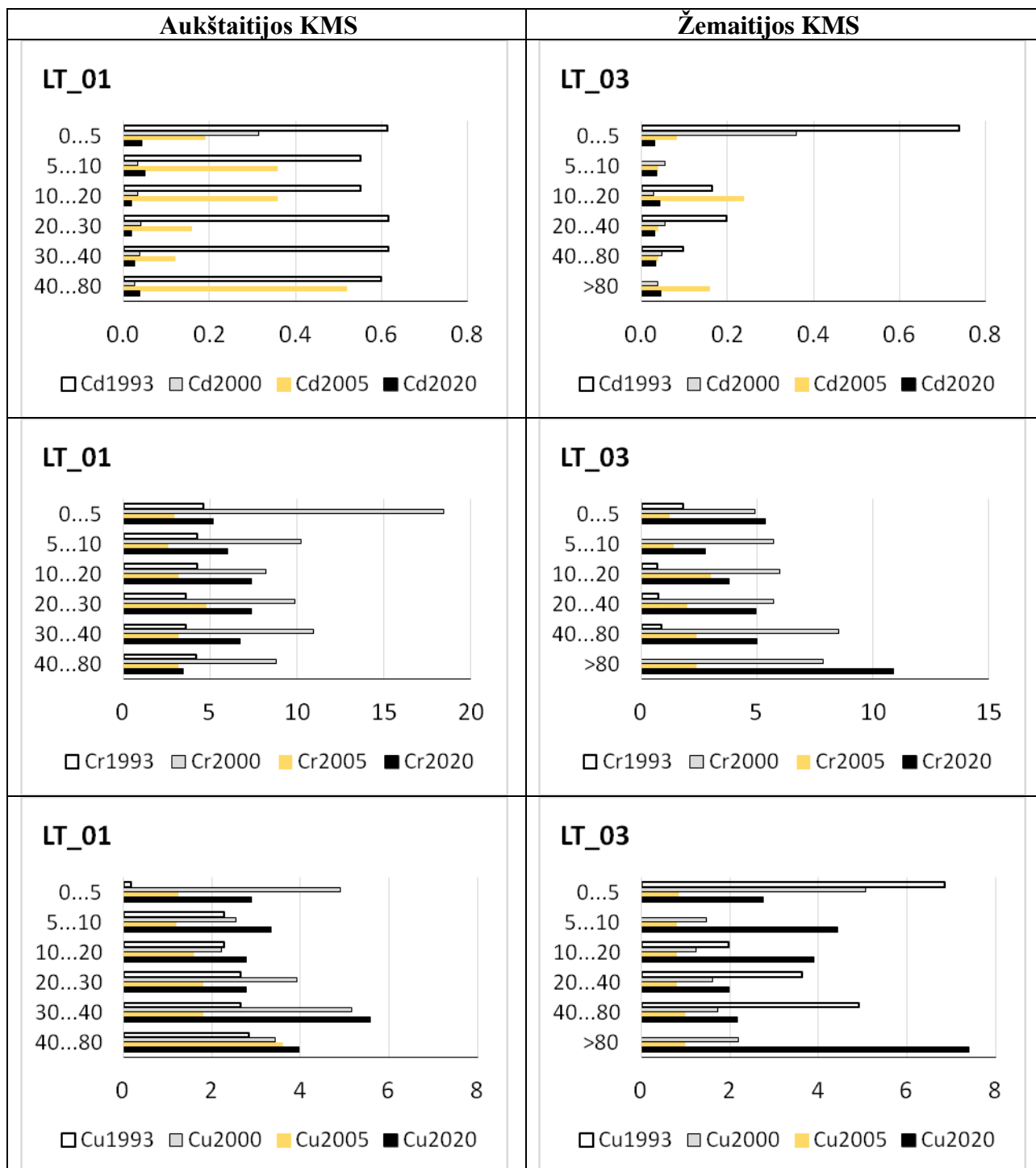
Kadmiui (Cd) ir švinui (Pb) būdinga sąsaja su dirvožemio organine medžiaga, nes didžiausi kiekiai kaupiasi paviršiniame dirvožemio horizonte (0...5 cm gylyje). Nuo 1993 iki 2020 metų, kadmio koncentracija paviršiniame dirvožemio horizonte mažėjo.

Geocheminis karbonatinis barjeras bei geležies hidroksidas dirvožemio B horizontuose kaupia chromą (Cr), varį (Cu), nikelį (Ni), manganą (Mn) ir geležį (Fe).

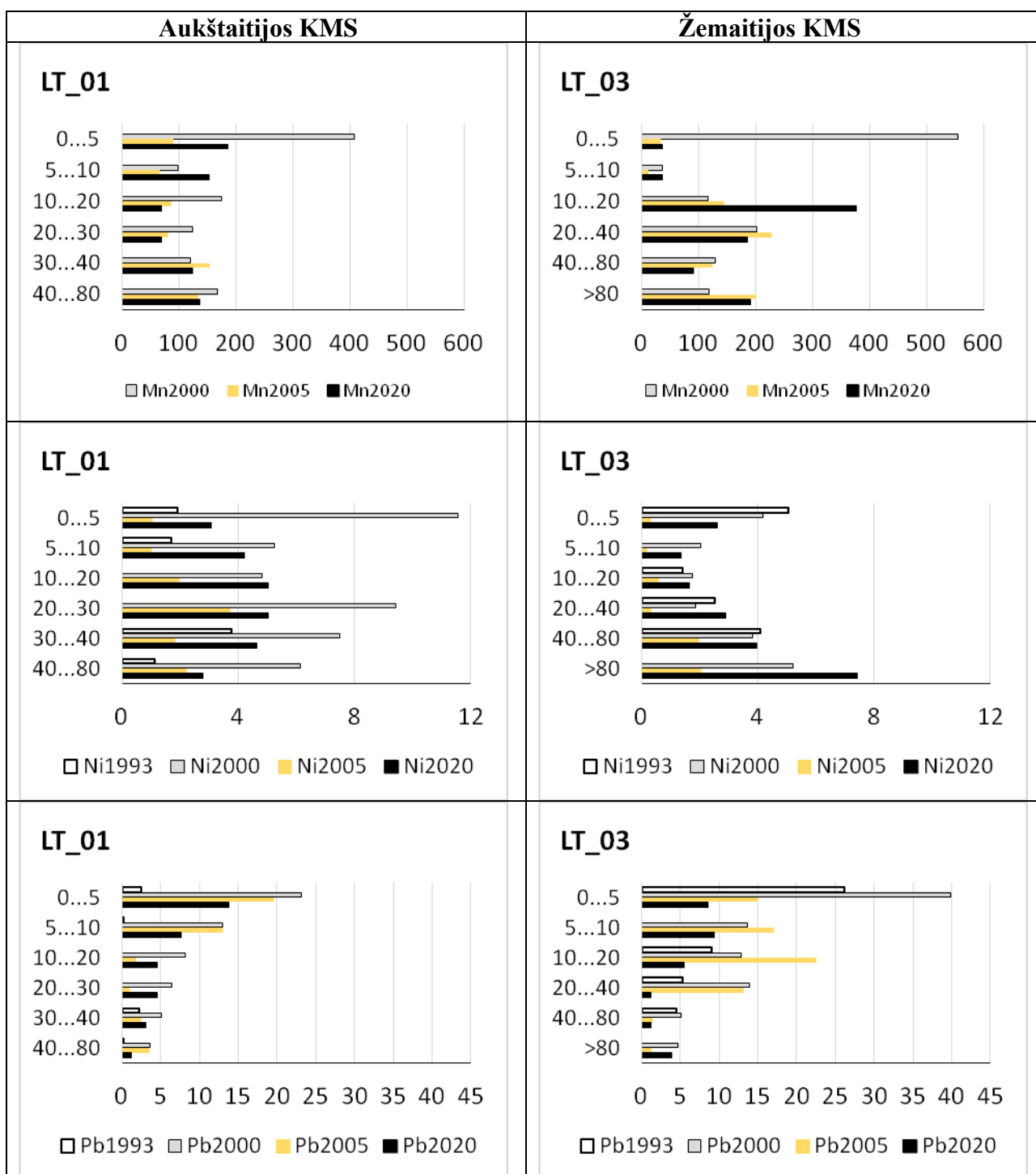
Aukštaitijos KMS dirvožemiui būdingas karbonatais pasotintas horizontas, kuriame 2020 metai nustatyti didesni šių metalų kiekiai (8.20 pav.). Tolygus koncentracijų mažėjimas būdingas visiems metalams Žemaitijos IMS dirvožemio 20-80 cm gylyje, nes dirvožemis turi geocheminį barjerą giliau 80 cm, kuriama padidėja chromo, vario, nikelio ir geležies.

Stebėsenos laikotarpiu dirvožemis darėsi mažiau rūgštus ir mažėjo sorbcinio komplekso pajėgumas. Dirvožemio elementų susijusių su organinėmis medžiagomis visuminiai kiekiai mažėjo, išskyrus sieros junginius, kurių kiekis Aukštaitijos KMS paviršiniame horizonte 2020 metais, palyginus su 2005 padidėjo, o gilesniuose horizontuose, sumažėjo.

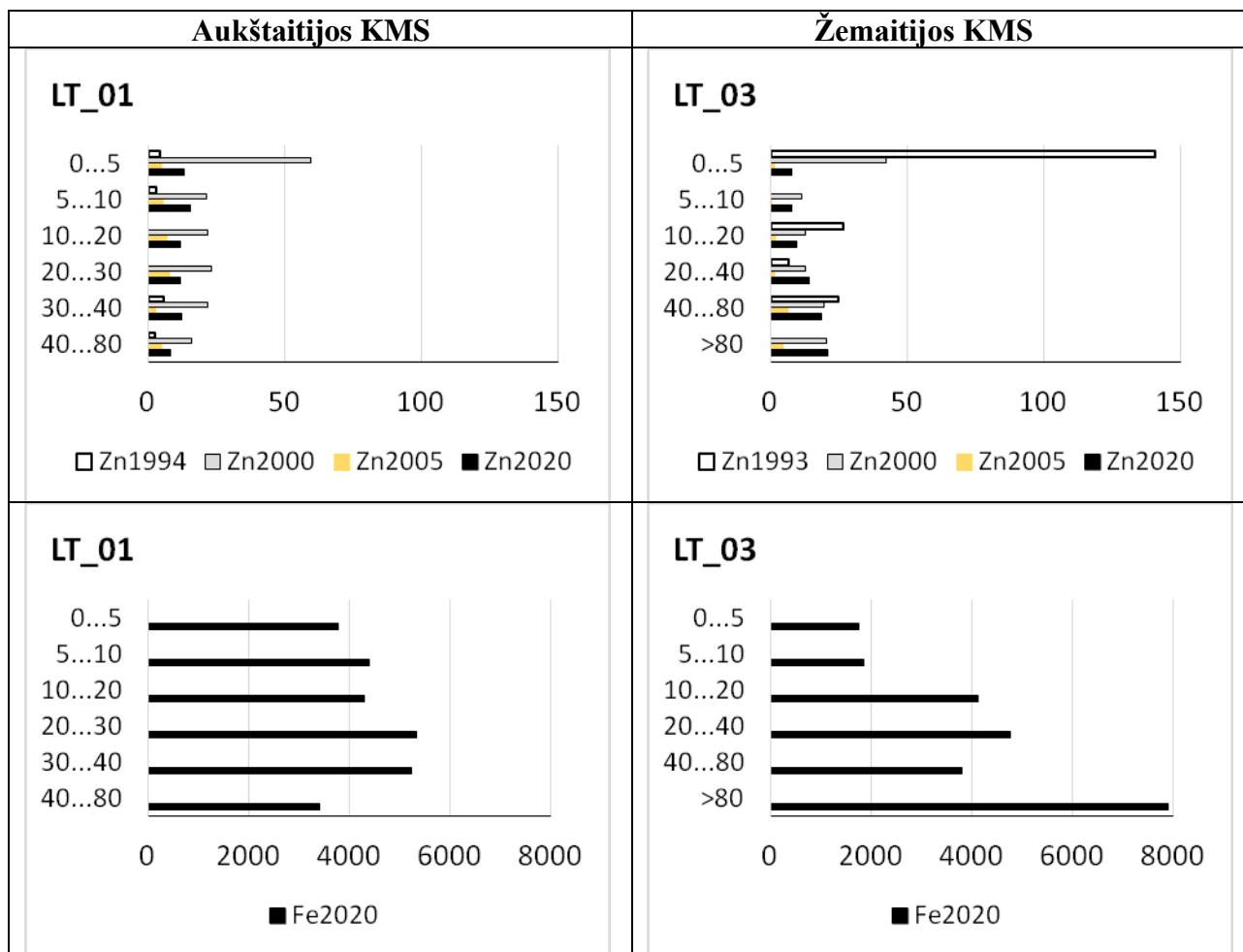
Metalų koncentracija dirvožemio paviršiniuose horizontuose (0...5 cm gylyje) mažėjo, bet padidėjo chromo, vario ir nikelio koncentracija gilesniuose dirvožemio horizontuose, geocheminiuose dirvožemio barjeruose.



8.20 pav. Kadmio, chromo ir vario koncentracijų kitimas dirvožemių profiliuose.



8.21 pav. Mangano, nikelio ir švino koncentracijų kitimas dirvožemių profiliuose.



8.22. pav. Cinko ir geležies koncentracijų kitimas dirvožemių profiliuose.

IŠVADA

Metaly koncentracija dirvožemio paviršiniuose horizontuose (0...5 cm gilyje) mažėjo, bet padidėjo chromo, vario ir nikelio koncentracija gilesniuose dirvožemio horizontuose, geocheminiuose dirvožemio barjeruose.

8.6. Sunkieji metalai samanose

Atmosferos užterštumas labai priklauso nuo kritulių režimo. Metalų koncentracija ore sumažėja lyjant lietui. Tai rodo, kad priklausomai nuo kritulių režimo, žymi dalis teršalų gali būti išplauti Lietuvos teritorijoje. Kadangi kritulių kiekis pagrindiniuose Lietuvos regionuose skiriasi iš esmės, todėl šių teritorijų užterštumui sunkiaisiais metais tirti buvo panaudotos augalų kaupiamosios savybės. Aukštesnieji augalai sulaiko ore esančius sunkiuosius metalus. Tačiau į aukštesniųjų augalų audinius šie elementai patenka ir per šaknų sistemą iš dirvožemio. Todėl vien tik lapų ar spyglių cheminės sudėties analizė, neatsižvelgiant į sunkiųjų metalų koncentraciją dirvožemyje ir šių elementų paėmimo iš dirvožemio intensyvumą, negali patikimai informuoti apie aplinkos užterštumą sunkiaisiais metalais (Мэнининг, Федер, 1985).

Sunkiųjų metalų biomonitoringui plačiai naudojamos samanos. Jų biomasė miškų ekosistemose nėra didelė, tačiau jos funkcionuoja kaip aktyvus sluoksnis, laidus dideliame kiekiui dujų ir skysčių. Kai kuriuose miško tipuose aktyvus samanų paviršiaus plotas priartėja prie medyno lapijos paviršiaus ploto (Мартин, 1984). Skirtingai negu aukštesnieji augalai, jos neturi išvystytos šaknų sistemos ir yra nuolat žaliuojantys daugiamečiai augalai. Visus cheminius elementus šie žemesnieji augalai paima tiesiai iš oro su atmosferos krituliais. Dėl visų šių savybių samanos yra nepakeičiami oro taršos bioindikatoriai, kurie įgalina nustatyti priklausomybę tarp sunkiųjų metalų kiekio samanose ir šių metalų koncentracijos ore bei jų nusėdimo intensyvumo (Rühling and Tyler, 1969; Галвонайте, Шакалис, 1984; Мартин, 1984; Мартин, Мартин, 1987; Мэннинг, Федер, 1985).

Lietuvos regionų užterštumo sunkiaisiais metalais tendencijoms išaiškinti, patikimiau remtis sunkiųjų metalų matavimo samanose duomenimis. Tokie tyrimai visoje Lietuvos teritorijoje LŽŪU ir Fizikos instituto mokslininkų pirmą kartą buvo atlikti 1990 m. 1992 m. LŽŪU mokslininkai šiuos tyrimus pakartojo Nacionalinių parkų pušynuose, o nuo 1995 Fizikos instituto mokslininkų sunkiųjų metalų tyrimai vykdomi reguliariai, kas 5 m. laikotarpį.

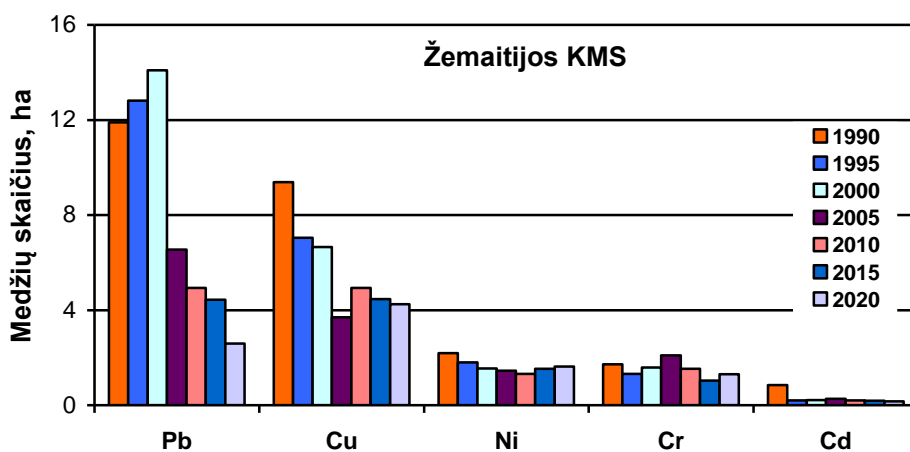
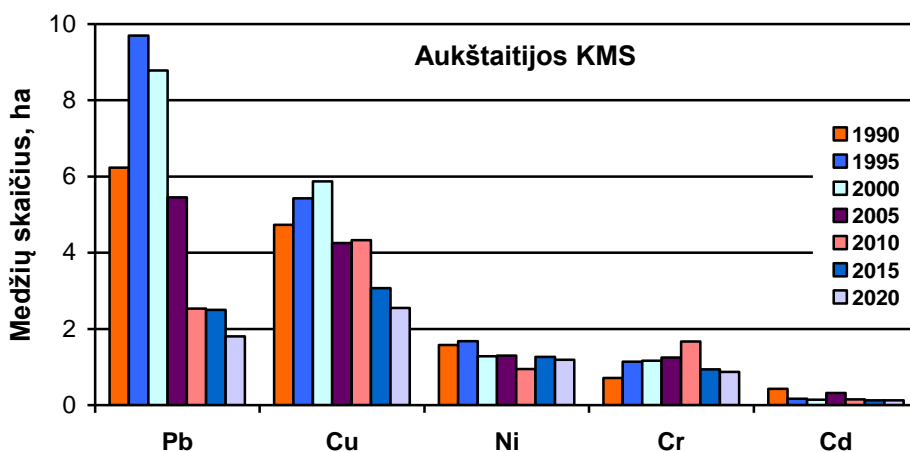
25 metų tyrimų rezultatai rodo, kad Lietuvos teritorijoje iš esmės sumažėjo sunkiųjų metalų koncentracijos samanose. 1990 m. nustatytos koncentracijos visų tirtų sunkiųjų metalų viršijo daugelio tirtų metalų vidutines koncentracijas ir 1995, 2000 ir 2010 m. Paskutiniuoju laikotarpiu (2000 – 2010) toliau iš esmės mažėja (virš 20%) Pb, Ni, Cu ir Fe koncentracijos samanose. Palaipsniškai didėjo tik Cr koncentracijos, o Zn ir Cromo svyravo savo kaitos intervale.

8.6 lentelė. Sunkiųjų metalų kaita samanose Lietuvos teritorijoje 1990-2020 m.

Met alas	Laikotarpis						Pokytis, %					
	1990	1995	2000	2010	2015*	2020*	1990 2015	1995 2015	1995 2020	2000 2015	2010 2015	2000 2020
Pb	9,90	11,40	8,54	3,73	3,47	1,80	-64.9	-69.6	-9.6	-59.4	-7	-6.74
Ni	2,03	1,75	1,39	1,14	1,40	1,41	-31	-20	-0.34	0.7	22.8	0.02
Cu	7,10	5,99	6,54	4,63	3,77	3,40	-46.9	-37.1	-2.59	-42.4	-18.6	-3.14
Cr	1,41	1,34	1,29	1,60	0,99	1,09	-29.8	-26.1	-0.25	-23.3	-41.4	-0.2
Cd	1,24	0,19	0,15	0,17	0,16	0,14	-87.1	-15.8	-0.05	6.7	-5.9	-0.01
Zn	100,8	40,20	34,50	49,00	41,3	36,25	-59	2.7	-3.95	19.7	-15.7	1.75
Fe	1720,0	596,0	636,0	176,7	141,8	228,88	-91.8	-76.2	-367.1	-77.7	-19.8	-407.1

- - tik KMS duomenys

Palyginus sunkiųjų metalų koncentracijas KMS baseinuose su Lietuvos vidutinėmis reikšmėmis, matyti, kad sunkiųjų metalų koncentracijos samanose turi reikšmingą tendenciją mažėti.



8.23 pav. Pagrindinių sunkiųjų metalų koncentracijos samanose 1990-2020 m. laikotarpiu.

2020 m. Aukštaitijos KMS sunkiųjų metalų koncentracijos buvo mažesnės negu nustatytos 2015 m. Žemaitijos KMS tirtų metalų koncentracijos, taip pat kaip ir Aukštaitijos

KMS, buvo mažesnės negu 2015 m. išskirus Ni ir Cr, o ypač reikšmingai sumažėjo samanose Pb koncentracijos.

Apibendrinus 25 m. tyrimo rezultatus nustatyta kad Aukštaitijos KMS reikšmingai mažėja švino koncentracijos samanose - po -0,24 mg/kg, Cu – po -0,09 mg/kg ir beveik reikšmingai Ni – po -0,02 mg/kg per metus. Cr ir Cd koncentracijų sekose reikšmingesnio pokyčio neįvyko.

Žemaitijos KMS per šį laikotarpį reikšmingai mažėjo Cu – po -0,16 mg/kg ir ypač Pb – po -0,39 mg/kg per metus. Arti reikšmingumo lygmens mažėjo Cd – po 0,015 mg/kg ir , Ni po -0,017 mg/kg per metus. Mažiausiai reikšminga tendencija buvo Cr, tačiau ir šio elemento koncentracijos samanose Žemaitijos KMS mažėjo po -0,013 mg/kg per metus.

Apibendrinus rezultatus galima teigti, kad Žemaitijos KMS miško ekosistemų samanose kaupiasi daugiau sunkiųjų metalų negu Aukštaitijos KMS, tačiau čia išsivalymo procesai vyksta intensyviau negu Aukštaitijos KMS.

Tokią sunkiųjų metalų koncentracijų kaitą KM miško ekosistemų samanose pagrindė lėmė sunkiųjų metalų srautai su krituliais.

8.7 lentelė. Aukštaitijos KMS sunkiųjų metalų koncentracijos samanose ir jų kaitos intensyvumas

SM	Mean	Std.Dv.	r(X,Y)	r ²	t	p	Kaita per m.
Pb	5.284	3.165	-0.827	0.684	-3.292	0.022	-0.242
Cu	4.319	1.190	-0.830	0.688	-3.322	0.021	-0.091
Ni	1.321	0.243	-0.735	0.541	-2.426	0.060	-0.017
Cr	1.107	0.312	0.143	0.021	0.324	0.759	0.004
Cd	0.210	0.118	-0.635	0.403	-1.837	0.126	-0.007

8.8 lentelė. Žemaitijos KMS sunkiųjų metalų koncentracijos samanose ir jų kaitos intensyvumas

SM	Mean	Std.Dv.	r(X,Y)	r ²	t	p	Kaita per m.
Pb	8.189	4.631	-0.897	0.804	-4.533	0.006	-0.385
Cu	5.777	2.019	-0.852	0.725	-3.632	0.015	-0.159
Ni	1.638	0.285	-0.658	0.433	-1.956	0.108	-0.017
Cr	1.515	0.342	-0.420	0.177	-1.036	0.348	-0.013
Cd	0.297	0.246	-0.660	0.435	-1.964	0.107	-0.015

Aukštaitijos KMS Ni, Pb ir Cd koncentracijų mažėjimą samanose lemia šių metalų koncentracijų kaita krituliuose, o Cr, kad ir nereikšmingą augimą, šio elemento srautas su krituliais.

Žemaitijos KMS visų tirtų sunkiųjų metalų koncentracijų mažėjimą lemia mažėjančios jų koncentracijos krituliuose išskyrus tik Cr koncentracijas, kurios, kaip ir šio elemento srautai su krituliais neturi aiškesnės tendencijos kisti.

IŠVADOS

Aukštaitijos KMS Ni, Pb ir Cd koncentracijų mažėjimą samanose lemia šių metalų koncentracijų kaita krituliuose, o Cr, kad ir nereikšmingą augimą, šio elemento srautas su krituliais.

Žemaitijos KMS visų tirtų sunkiųjų metalų koncentracijų mažėjimą lemia mažėjančios jų koncentracijos krituliuose išskyrus tik Cr koncentracijas, kurios, kaip ir šio elemento srautai su krituliais neturi aiškesnės tendencijos kįsti.

8.7. Sunkiųjų metalų koncentracijų miško ekosistemose kaita KMS teritorijose apibendrinimas.

Aukštaitijos KMS grėsmę miško ekosistemoms galėtų kelti paskutiniaisiais metais reikšmingai padidėjusios Cr koncentracijos ir šio elemento srautai su krituliais, o taip pat reikšmingai didėjanti Cu koncentracija krituliuose ir šio elemento srautas į miško paklotę. Teigiami pokyčiai, kurie galėtų skatinti atitinkamų biotos komponentų rūšių įvairovę ir gausą turėtų būti reguliariai mažėjanti vienų toksiškiausių sunkiųjų metalų Pb ir Cd koncentracijos krituliuose ir jų srautai.

Žemaitijos KMS sunkiųjų metalų koncentracijų ir jų srautų kaita neturėtų sukelti naujų grėsmių miško ekosistemos biotos komponentams. Teigiami pokyčiai ekosistoje galėtų būti siejami su reguliariumi Pb koncentracijų ir jo srautų mažėjimu, o taip pat su sumažėjusiomis Zn, Ni ir Cu koncentracijomis krituliuose ir jų srautais į miško paklotę.

Sunkiųjų metalų metinių srautų su krituliais į miško paklotę analizė parodė, kad Žemaitijos KMS krituliai labiau užteršti sunkiaisiais metalais negu Aukštaitijos KMS. Tai tolimųjų pernašų iš Vidurio ir Vakarų Europos rezultatas.

Palyginus sunkiųjų metalų srautus į miško paklotę nustatyta, kad reikšmingai mažėja abiejose stotyse Pb srautas: Aukštaitijos KMS po $-103 \mu\text{g}/\text{m}^2$ per m., o Žemaitijos KMS net 7 kartus intensyviau, po $748 \mu\text{g}/\text{m}^2$ per m. Cg srautas Aukštaitijos KMS mažėja po $3,5 \mu\text{g}/\text{m}^2$ per m., o Žemaitijos KMS – apie 4 kartus intensyviau – $13,8 \mu\text{g}/\text{m}^2$ per m. Aukštaitijos KMS nustatytas papildomai reikšmingas Cu srauto augimas po $277 \mu\text{g}/\text{m}^2$ per m.

Apibendrinus tirtų metalų koncentracijas nuokritose 1994-2020 m. laikotarpiu, nustatyta, kad Aukštaitijos KMS reikšmingiausiai didėjo Cd koncentracija nuokritose – po $0,005 \text{ mg}/\text{kg}$, ir Zn – po $1,26 \text{ mg}/\text{kg}$ per m. Reikšminga ir mažėjimo tendencija nustatyta Pb – po $-0,09 \text{ mg}/\text{kg}$ per m. ir Cr po $-0,05 \text{ mg}/\text{kg}$ per m. Na ir Cu koncentracijų sekose reikšmingos kaitos nenustatyta. Šių elementų koncentracijos svyravo apie 60 ir $2,7 \text{ mg}/\text{kg}$ atitinkamai.

1994-2020 m. laikotarpiu reikšmingai didėjo Cd srautas su nuokritomis – po 0,003 g/m² per m., Na – po 0,7 g/m² per m. ir reikšmingiausiai Zn – po 1,03 g/m² per m. Reikia pažymėti, kad Na srautą lėmė nuokritų kiekis, o ne Na koncentracija nuokritose, kuri praktiškai buvo stabili.

Per tiriamąjį laikotarpį reikšmingiausiai mažėjo tik Cr srautas, po -0,012 g/m² per m. Likusių metalų srautuose aiškesnės kaitos tendencijose nenustatyta.

2020 m. praktiškai visų tirtų sunkiųjų metalų koncentracijos Žemaitijos KMS sumažėjo lyginant su praėjusiais metais, o Cd, Cr, Ni, Cu ir Pb buvo vienos iš mažiausių per visą tiriamąjį laikotarpį. Išskirtinė padėtis susiformavo Na koncentracijų nuokritose sekoje – 2020 m. nustatyta rekordiškai didelė šio elemento koncentracija, kuri siekė net 210 mg/kg. Tai Baltijos jūros ir vyraujančių Vakarų krypties vėjų poveikio rezultatas.

1994-2020 m. laikotarpiu reikšmingiausiai didėjo tik Zn koncentracija nuokritose – po 0,8 mg/kg per m. Didėjo taip pat dėl paskutinių metų vertės ir Na koncentracija, po 1,3 mg/kg per m., tačiau ši kaita buvo dar nereikšminga.

Reikšminga mažėjimo tendencija nustatyta Pb – po -0,1 mg/kg per m. ir Cr po -0,03 mg/kg per m. Cd ir Cu koncentracijų sekose reikšmingos kaitos nenustatyta. Šių elementų koncentracijos svyravo apie 0,15 ir 3 mg/kg atitinkamai.

Per visą tiriamąjį laikotarpį stebima Cr ir Pb srautų mažėjimo tendencija, kurią reikšmingai sąlygojo šių elementų koncentracijų sumažėjimas. Per tiriamąjį laikotarpį Pb srautas mažėja po 0,1 g/m², o Cr – po -0,03 g/m². Mažėja, tačiau nereikšmingai ir Cu srautas su nuokritomis. Stabilus išlieka Cg srautas, o reikšmingiausiai mažėja Pb, po 0,1 g/m² ir Cr po -0,03 g/m².

2020 m. registruotas pakankamai intensyvus sunkiųjų metalų srautas į miško paklotę, kurį galėjo lemti vieni didžiausių nuokritų kiekiai.

Tirtų metalų koncentracijų kaitoje KM stočių dirvožemio vandenyse buvo registruojamos skirtingos tendencijos. Mn koncentracijos per visą tiriamąjį laikotarpį ženkliai mažėja ir tik paskutiniųjų metų sausros turi nežymų poveikį šio elemento koncentracijų padidėjimui, matyt, tik dėl išplovimo proceso iš dirvožemio sumažėjimo.

KM stočių dirvožemio vandenyje nustatytos šios sunkiųjų metalų koncentracijų kaitos tendencijos:

- Cu koncentracija Aukštaitijos KMS dirvožemio vandenyje turėjo tendenciją didėti nuo 2000 iki 2011 metų, o pastaruosius 10 metų tolygiai mažėja. Žemaitijos KMS dirvožemio vandenyje didžiausia vario koncentracija buvo 2005 ir 2008 metais, o 2015–2019 metais buvo mažesnė nei vidutinė. 2020 metais vidutinė reikšmė vėl buvo viršyta.

- Cd koncentracija Aukštaitijos KMS dirvožemio vandenyje nuo 2006 metų nustatomą minimalų kiekį viršijo tik 2012 ir praėjusiais, 2020 metais. Kadmio koncentracija Žemaitijos KMS dirvožemio vandenyje natūraliai yra kelis kartus didesnė nei Aukštaitijos KMS, pastruosius 10 metų turi tendenciją didėti, o buvo didžiausia 2018 metais.
- Cr koncentracija reikšmingai padidėjo Aukštaitijos KMS dirvožemio vandenyje ir paskutiniuoju laikotarpiu išlieka stabili. Po 2008 metų, kai chromo koncentracija Žemaitijos KMS dirvožemio vandenyje buvo pasiekusi didžiausią reikšmę, dvigubai sumažėjo ir 2009-2020 metais buvo stabili.
- Zn ir Ni koncentracijų kaita abiejų stočių dirvožemio vandenyje panaši į vario, didžiausias reikšmes pasiekė 2005, 2009, 2016 ir 2020 metais Aukštaitijos KMS ir 2006-2007, 2012 metais Žemaitijos stotyje.
- Pb koncentracijos dirvožemio vandenyje buvo didžiausios 2001-2002 metais, o vėliau mažėjo beveik dešimčia kartų ir liko mažos.

Gruntiniame vandenyje 2014 arba 2011 metais sunkiųjų metalų koncentracijos buvo padidėjusios iki didžiausių reikšmių per stebėsenos laikotarpį, o 2011-2014 metais stebimas koncentracijų mažėjimas. Tai atitinka Fe koncentracijos gruntiniame vandenyje dinamiką (72 pav., 5-7 iš 7). Gruntinio vandens dinaminiai ištekliai 2010 metais buvo Aukštaitijos stotyje mažiausi, o Žemaitijos stotyje tretį tarp mažiausių, o vėliau didėjo, 2011 ir 2013 metais iki vidutinių reikšmių, o 2014 vėl sumažėjo. Mažesni kritulių kiekiai lemia sunkiųjų metalų koncentracijų mažėjimą paskutiniais metais.

2017-2020 m. pažymėtinas dėsningumas - gruntinio vandens užterštumo sunkiaisiais metalais mažėjimas. Išsiskiria 2017 m. reikšmingai padidėjusios Cu koncentracijos gruntiniuose vandenyse Aukštaitijos KMS. Paskutiniais metais Cu koncentracijos abiejų stočių gruntiniuose vandenyse išlieka stabilios panašiam lygmenyje, t.y. apie 5 µg/l.

Zn koncentracijų kaitoje reikšmingų pokyčių nenustatyta. 2018-2019 m. sausros taip pat neturėjo jokios įtakos šio elemento gruntiniame vandenyje kaitai.

Išsiskiria Ni iki 10 kart stipriau užterštas Aukštaitijos gruntinis vanduo. Šio elemento koncentracijos taip pat reikšmingai viršija koncentracijas nustatytas Žemaitijos KMS dirvožemio vandenyje. Ženklaus Ni koncentracijų padidėjimas Aukštaitijos KMS buvo registruotas 2018m, greičiausiai dėl padidėjusio kritulių kiekio 2017 m. sezono pabaigoje. 2019 m. Ni koncentracijos šioje stotyje pasiekė savo įprastinį daugiamečių vidurkį. Žemaitijos KMS Ni koncentracijos jau daugiau kaip 6 m išlieka stabilios 2 µg/l lygmenyje.

Cd koncentracijos Žemaitijos KMS baseino gręžiniuose, neviršija mažiausių nustatomų reikšmių, buvo mažesnės už 0,1 µg/l todėl, pagal metodiką rašoma pusė šio kiekio. Cd

koncentracijos Aukštaitijos KMS gręžinių vandenyje 2020 metais buvo didesnės negu 2011-2019 metų laikotarpiu

Pb koncentracijos gruntiniuose vandenyse, turi tendenciją didėti. Analogiškai kito ir Zn bei Cr koncentracijos. Tik paskutiniųjų metų sausros galėjo sąlygoti šių elemento koncentracijų nežymų padidėjimą.

Apibendrinant gruntinio vandens cheminės sudėties kaitos tendencijas pažymėtinos skirtingos gruntinio vandens cirkuliacijos sąlygos: dinaminiai gruntinio vandens ištekliai Aukštaitijos KMS turi tendenciją mažėti, o Žemaitijos KMS, atvirkščiai – augti.

2017-2020 m. pažymėtinas dėsningumas - gruntinio vandens užterštumo sunkiaisiais metalais mažėjimas, sinchroniškas geležies koncentracijų mažėjimui.

Sunkiųjų metalų, vario (Cu), chromo (Cr), nikelio (Ni), švino (Pb), cinko (Zn) ir kadmio (Cd) koncentracijai KMS upelių vandenyje upelio debitas neturi lemiamos įtakos. Sausros įtaka per stebėjimų laikotarpį galėjo padidinti vario, cinko ir chromo koncentraciją, bet ne kiekvieni per stebėjimų laikotarpį buvę sausringi metai darė poveikį.

Paskutiniuoju laikotarpiu Cd koncentracija upelio vandenyje, retai viršija mažiausią nustatymo ribą. 0,1 µg/l, ypač Aukštaitijos KMS upelio vandenyje.

Metalų koncentracija dirvožemio paviršiniuose horizontuose (0...5 cm gylyje) mažėjo, bet padidėjo chromo, vario ir nikelio koncentracija gilesniuose dirvožemio horizontuose, geocheminiuose dirvožemio barjeruose.

Žemaitijos KMS yra labiau teršiama sunkiaisiais metalais negu Aukštaitijos KMS, ką patvirtina ir oro bei kritulių sunkiųjų metalų tyrimo rezultatai.

Aukštaitijos KMS Ni, Pb ir Cd koncentracijų mažėjimą samanose lemia šių metalų koncentracijų kaita krituliuose, o Cr, kad ir nereikšmingą augimą, šio elemento srautas su krituliais. Žemaitijos KMS visų tirtų sunkiųjų metalų koncentracijų mažėjimą lemia mažėjančios jų koncentracijos krituliuose išskyrus tik Cr koncentracijas, kurios, kaip ir šio elemento srautai su krituliais neturi aiškesnės tendencijos kisti.

Literatūra

1. M.L.Lee, M.V. Novotny, K.D.Bartle (1981) Analytical chemistry of polycyclic aromatic compounds. Academic Press, New York.
2. A.A. Милукаите (1989). распределение бенз(а)пирена по размерам атмосферных аэрозолей и время его пребывания в атмосфере. В сб.: Физика атмосферы. Вып. 13, Вильнюс, "Мокслас", с. 170-174.
3. Расуна J.M. et al., 1999. Technical Report. Appendix 1 to executive final summary report. Environmental cycling of selected persistent organic pollutants (POPs) in the Baltic region (Popcycling-Baltic project). Contract No ENV4-CT96-0214. CD-Rom.

4. Shatalov V., Malanichev A., Vulykh N., Berg T., Mano S., 2001. Assessment of POPs transport and accumulation in the environment. EMEP Report 2001/4. Meteorological synthesizing centre-East, Moscow.
5. A.Milukaite (2006). Long-term trends of benzo(a)pyrene concentration on the eastern coast of the Baltic Sea.. *Atmospheric Environment*, 40, 2046-2057.
6. Milukaite, A. Mikelinskiene, I. Lyulko, M. Frolova. Differences in benzo(a)pyrene concentration in atmospheric air on a regional scale. *J.Environmental and Chemical Physics*, 2004, **26**, 1, p. 14-21.
7. Milukaitė, A. Mikelinskienė B. Giedraitis (2001). Characteristics of NO₂, SO₂, benzo(a)pyrene and soot concentration variation at the eastern coast of the Baltic sea. *J. Water Air and Soil Pollution*, **130**, 1553-1558.
8. D. Čeburnis. (1997) Qualitative and quantitative estimation of atmospheric trace metal deposition. PhD thesis, Institute of Physics, Vilnius, Lithuania.
9. D.Čeburnis. (1999) Atmospheric trace metal deposition in Lithuania: methods and estimation // Ed. D. A. Lovejoy. *Heavy Metals in the Environment: an Integrated Approach*, Vilnius, Lithuania, 5-15.
10. D.Čeburnis, D.Valiulis, J.Šakalys. (1999) The influence of local processes on trace metal concentrations in long-range transported air masses. *Environmental and Chemical Physics*, (Vilnius), **21** (1), 31-36.
11. Čeburnis D., Ruhling A. and Kvietkus K. (1997) Extended study of atmospheric heavy metal deposition in Lithuania based on moss analysis. *Environmental Monitoring & Assessment*, **47**, 135-152.
12. J. Šakalys, K.Kvietkus, D.Čeburnis and D.Valiulis. (2004) The method of determination of heavy metals background concentration in the moss. *Environmental and Chemical Physics* (Vilnius), 26 (3), 109-117.
13. W. Salomons, U. Förster. (1984) *Metals in the hydrocycle*. Springer-Verlag. 352 p.
14. А.А. Милукаите. Тонкоструктурная спектрофлуориметрия. Метод добавок. В кн.: Унифицированные методы мониторинга фоновго загрязнения природной среды. Совет экономической взаимопомощи. Москва, "Гидрометеиздат", 1986, с. 103-112.
15. J.Šakalys, J.Švedkauskaitė and D.Valiulis. (2003) Estimation of heavy metal wash-out from the atmosphere. *Environmental and Chemical Physics* (Vilnius), **25** (1), 16-22.
16. J.Šakalys, K.Kvietkus, D.Valiulis. (2004) Variation tendencies of heavy metal concentrations in the air and precipitation. *Environmental and Chemical Physics*, (Vilnius), **26** (2), 61-67.
17. A. Bukantis (1994). *Lietuvos klimatas*. Vilnius, VU, 187 p.

IX ORO, KRITULIŲ, VANDENS IR KITŲ ELEMENTŲ BŪKLĖS TYRIMAI AUKŠTAITIJOS KOMPLEKSIŠKO MONITORINGO STOTYJE PAGAL ICP IM PROGRAMOS BEI ICP IM VADOVO REIKALAVIMUS *(Gintaras Pivoras)*

Darbai atlikti 2019.10.29 sutarties 28T-2019-78 techninės specifikacijos III skyriaus 4.5.1-4.5.4 punktuose numatytų paslaugų apimties pagrindu.

Darbus atliko VDU /ŽŪA/ Miškų monitoringo laboratorijos darbuotojas Gintaras Pivoras.

Darbų atlikimo laikotarpiu, Utenos rajone Rūgštėlišio kaime esančioje Aukštaitijos kompleksinio monitoringo stotyje ir Ažvinčių sengirės tyrimų poligone, buvo atlikti visi sutartyje numatyti, sąlygiškai natūralių ekosistemų kompleksinio monitoringo ICP IM ir EMEP programų reikalavimus atitinkantys, gamtinės aplinkos stebėjimai ir tyrimai; vykdyti kiti Aplinkos apsaugos agentūros inicijuoti gamtinės aplinkos stebėjimo – tyrimo darbai; atlikti reikalingi Stoties priežiūros – eksploatacijos darbai ir su tuo susiję apmokėjimai.

Sutarties vykdymo laikotarpiu buvo:

Užtikrinta ICP IM programos reikalavimus Aukštaitijos kompleksinio monitoringo stoties priežiūra ir eksploatacija, sudarant kokybiškas sąlygas efektyviam tolimųjų oro pernašų įtakos Lietuvos oro baseino kokybei tyrimui. Tai apima elektros sąnaudų, reikalingų tyrimų aparatūros darbui užtikrinti bei patalpų ir vandens šildymui, nesudarant vietinės taršos, apmokėjimą; automobilio eksploataciją; pastatų ir tyrimų įrangos eksploatavimo einamuosius darbus; privalomų mokesčių valstybei, bei administravimo mokesčio Universitetui įvykdymą. Aukščiau išvardintų Stoties priežiūros – eksploatavimo sąlygų užtikrinimas sudarė prielaidas Stotyje ir tyrimų poligone vykdyti kompleksinę ekosistemos tyrimą. Darbų vykdymo laikotarpiu Stotyje buvo sudarytos darbo sąlygos visiems kompleksinio monitoringo programos dalyviams, turintiems atlikti darbus pačioje stotyje arba šiame regione esančiuose tyrimų poligonuose. Tai Aplinkos apsaugos agentūros, Fizikinių tyrimų mokslo centro, VDU ir kiti pagal atskiras sutartis dirbantys ar paskiriamiems darbams laikinai samdomi darbuotojai.

Užtikrintas stotyje instaliuotos ir naudojamos mokslinės įrangos kvalifikuotas naudojimas, techninė priežiūra ir savalaikis gedimų šalinimas. Visu 2020 m. kalendoriniu laikotarpiu buvo saugoma ir prižiūrima stotyje, šalia jos ir tyrimų

poligone sumontuota tyrimų aparatūra - įranga. Nustatytu laiku buvo atliekami visi einamieji tyrimų aparatūros techninio aptarnavimo darbai, esant reikalui vietoje keičiami ir koreguojami aparatūros darbo režimai, šalinami gedimai.

Atlikti aplinkos būklės parametrų tyrimai (fizikiniai, meteorologiniai, oro, vandens), privalomi pagal ICP IM reikalavimus. Tuo tikslu Aukštaitijos kompleksinio monitoringo stotyje ir Ažvinčių sengirės rezervate įrengtame tyrimų poligone buvo atliekami sekantys režimo bandinių paėmimo ir aplinkos būklės parametrų matavimo -tyrimo darbai:

- nepertraukiamas aplinkos meteorologinių faktorių fiksavimas (oro ir dirvos temperatūrų, vėjo krypties ir greičio, saulės aktyvumo, santykinės oro drėgmės, kritulių kiekio, atmosferos slėgio matavimai);

- dujinių ir aerosolinių atmosferos cheminių priemaišų - SO₂-S, SO₄-S, NO₂, -HNO₃+NO₃ ir NH₃+NH₄ nustatymas;

- nepertraukiamas pažemio ozono koncentracijos ore matavimas;

- nepertraukiamas gyvsidabrio koncentracijos ore matavimas;

- mėnesinių "bendrų" ir savaitinių "šlapių" kritulių surinkimas;

- savaitinių mėginių, sunkiųjų metalų koncentracijai krituliuose nustatyti, surinkimas;

- savaitinių oro mėginių KD 2,5 /2,5 mikrono dydžio kietųjų dalelių/ analizei paėmimas;

- 72 val. oro mėginių KD 10 /10 mikrono dydžio kietųjų dalelių/ sunkiųjų metalų ir policiklinių aromatinių angliavandenilių analizei paėmimas;

- Versminio upelio vandens lygio ir fizikinių parametrų (temperatūra, rūgštingumas, laidumas, ištirpęs deguonies kiekis) matavimai;

- gruntinio vandens lygio matavimai;

- gruntinio vandens bandinių paėmimas;

- dirvožemio vandens bandinių paėmimas;

- paimti mėnesiniai polajiniai kritulių bandiniai;

- paimti mėnesiniai medžių lajų nuokritų bandiniai;

- paimti Versminio upelio vandens bandiniai;

- atlikti dirvožemio drėgnumo ir įšalo gylio matavimai.

Įvykdytas sutartyje numatytas duomenų ir bandinių pristatymas tyrimams į atitinkamas laboratorijas numatytu laiku. Kiekvieno mėnesio pradžioje paimti upelio, gruntinio ir dirvožemio vandens bandiniai, per 48 val. nuo paėmimo momento, buvo

pristatomi tyrimams į Aplinkos tyrimų departamento laboratoriją. Mėnesinių ir savaitinių kritulių bandiniai, polajiniai krituliai, oro chemijos bandinių filtrai kiekvieną mėnesį buvo pristatomi į Aplinkos tyrimų departamento laboratoriją. Bandiniai, skirti sunkiųjų metalų atmosferos krituliuose, Gyvsidabrio koncentracijai atmosferos krituliuose bei BP koncentracijai krituliuose kiekvieną mėnesį buvo pristatomi į atitinkamas Fizikinių tyrimų mokslo centro laboratorijas. Medžių nuokritų bandiniai - pristatyti į VDU Miško monitoringo laboratoriją. Meteorologiniai ir kiti duomenys pagal pareikalavimą būdavo perduodami laboratorijoms, dalyvaujančioms kompleksiško monitoringo programoje.

Detalesnis atliktų darbų aprašymas pagal atskiras kompleksinio ekosistemos monitoringo darbų paprogrames:

a) paprogramė “Meteorologija” /fizikiniai ir meteorologiniai matavimai/

Pagrindinė meteorologinė informacija buvo gaunama ir apdorojama “Campbell CR 5000” matavimo ir kontrolės modulio ir prie jo prijungtų daviklių pagalba, naudojant duomenų nuskaitymo ir pirminio jų apdorojimo kompiuterinę programą “PC 200 W”. Minėtos įrangos dėka, kas 10 sekundžių buvo matuojama: dirvožemio temperatūra 0,2 m., 0,1m. ir 0,05 m. gyliuose ; oro temperatūra 2,0 m. aukštyje; vėjo kryptis (laipsniais); vėjo greitis (m/s); kritulių kiekis (mm); santykinė oro drėgmė(%); saulės spinduliuotė (w/m²); atmosferos slėgis; oro temperatūros gradientas; sniego dangos storis.

Dirvožemio temperatūra buvo matuojama naudojant *Campbell Scientific* 107 temperatūros matavimo zondus su *BetaTherm* 100K6A termistoriais.

Oro temperatūra ir drėgmė 2,0 m. aukštyje buvo matuojama *Vaisala HUMICAP*[®] drėgmės ir temperatūros matavimo zonu HMP155 su aktyviai ventiliuojamu saulės radiacijos apsaugos skydeliu. HMP155 zondas instaliuotas šalia Stoties esančioje meteorologinėje aikštelėje, o trys dirvožemio temperatūrą matuojantys zondai - šalia Stoties esančiame miške.

Taip pat buvo matuojamas oro temperatūros gradientas. Tam reikalingi oro temperatūros matavimai buvo atliekami 2 (dviejų metrų) , 8 (aštuonių metrų) ir 22 (dvidešimt dviejų metrų) aukščiuose. Jo matavimui buvo panaudoti trys, prie

meteo. bokšto pritvirtinti, *Campbell Scientific* 43347 RTD temperatūros matavimo zondai su aktyviai ventiliuojamais saulės radiacijos apsaugos skydeliais.

Vėjo krypties ir greičio matavimui buvo naudotas *WindSonic* ultragarsinis anemometras. Šis daviklis iškeltas į 27 m aukštį ir yra apytikriai viename aukštyje su stoties pastatą supančio miško medžių viršūnėmis

Metų eigoje buvo matuojami keturi skirtingi saulės spinduliuotės parametrai. Tai bendroji saulės spinduliuotė, PAR, UVA ir UVB. Matavimai atlikti sekančiais matuokliais:

Kipp & Zonen pyranometras – bendrajai saulės spinduliuotei matuoti su matuojamo 310-2800 nm spektro intervalu;

SKU 420 sensorius - matuoja 315-380 nm (FWHM arba maksimalios reakcijos pilno pločio pusės maksimumo) UV-A spindulius pagal DIN 5031 7 dalį;

SKU 430 sensorius - matuoja 280-315 nm (FWHM arba maksimalios reakcijos pilno pločio pusės maksimumo) UV-B spindulius pagal DIN 5031 7 dalį;

SKP 215 šviesos kvantų sensorius - matuoja atsitiktinius kvantus nuo 400 iki 700 nm. Šviesa šiame bangos diapazone yra naudojama fotosintezei ir dažnai vadinama PAR (fotosintezės atžvilgiu aktyvi saulės radiacija).

Visi saulės davikliai sumontuoti meteorologinio bokšto viršuje, 26 metrų aukštyje nuo žemės paviršiaus.

Kritulių pasiskirstymas laike buvo matuotas automatiniu, tirpinančiu sniegą “LAMBRECHT” firmos (Vokietija) kritulmačiu “15189H”.

Kaip parodė eilės metų patirtis, automatinio kritulmačio parodymais negalima aklaai pasitikėti; jo teikiamuose parodymuose bet kada gali atsirasti neprognozuojamų klaidų. Kad pastebėti ir pašalinti tokias klaidas, meteorologinėje aikštelėje, šalia minėto kritulmačio, sumontuotas NovaLynx firmos (Kanada) mechaninis lietaus ir sniego kritulmatis (modelis 260-2510). Šio kritulmačio pagalba buvo pastoviai tikrinami automatinio kritulmačio teikiami duomenys; įvedamos reikalingos pataisos kritulių duomenų galutinėje suvestinėje.

Atmosferos slėgis buvo matuojamas barometriniu slėgio davikliu CS 100.

Sniego dangos storis buvo matuojamas ultragarsiniu SR50A davikliu, instaliuotu šalia Stoties esančiame miške.

Kiekvienos valandos matavimų vidutinės reikšmės buvo kaupiamos kompiuteryje “pirminiame” tekstinių failų formate. Kiekvieno mėnesio pradžioje per

praėjusį mėnesį sukaupiti meteorologiniai duomenys buvo sutvarkomi: perkeliama į excel- inio failo formatą, iš jų pašalinami nekokybiški duomenys, atliekamos reikalingos pirminių duomenų transformacijos (sutvarkytų duomenų failo iškarpa pateikiama 1 lentelėje).

Pagal pareikalavimą sukaupiti nauji duomenys būdavo persiunčiami kitiems jų naudotojams.

Duomenų kaupiklio CR5000 laikrodis visus kalendorinius metus buvo nustatytos žiemos laiku.

Pažymėtini įvykiai meteorologinės stebėjimų įrangos darbe:

- Sniego dangos storio daviklio SR50A parodymai buvo tokie netikslūs, kad į ataskaitą jie netraukti. Matant nekokybišką daviklio darbą, šalia daviklio buvo įrengta sniego dangos storio rankinio matavimo matuoklė ir kiekvienos savaitės pirmadienį fiksuojami jos parodymai /duomenys pateikiami meteorologinių duomenų bendrojoje suvestinėje/.

b) paprogramė “ Oro cheminė analizė”

Kad būtų galima atlikti dujinių medžiagų ir aerozolių tyrimus, leidžiančius įvertinti ore esančių junginių koncentracijas ir srautus, stoties teritorijoje buvo pastoviai renkami atmosferos oro bandiniai. Tam pro keturis skirtingai impregnuotus “Whatman 40 “ tipo filtrus ir porėto stiklo filtrą buvo nenutrūkstamai siurbiamas oras. Filtrai buvo eksponuojami meteo. bokšte, 26 m. aukštyje: Jie buvo keičiami kiekvienos savaitės pirmąją dieną. Tiriami parametrai: dujinės ir aerosolinės atmosferos cheminės priemaišos - SO₂-S, SO₄-S, NO₂, -HNO₃+NO₃ ir NH₃+NH₄.

Oro bandinių paėmimui buvo naudoti Horibos firmos gamybos oro mėginių paėmikliai GPS5. Vienas iš jų skirtas NO₂ bandinių surinkimui 0,5 litrų /min oro srautu, kitas - - SO₂-S, SO₄-S, -HNO₃+NO₃ ir NH₃+NH₄ bandiniams paimti 10 litrų /min oro srautu;tam tikslui naudotas vienas tripakopis filtras.

Eksponuoti oro bandinių filtrai pagal iš anksto suderintą grafiką buvo pristatomi analizavimui į Aplinkos tyrimų departamentą.

Ozono koncentracija ore matuojama 2 m aukštyje virš žemės paviršiaus elektroninio analizatoriaus pagalba. Buvo naudojamas elektroninis Horiba APOA-370 analizatorius. Matavimo duomenys buvo nuskaitomi ir apdorojami atskiro

kompiuterio pagalba. Duomenys pastovaus ryšio režimu buvo perduodami į AA Agentūrą. Reguliarūs ozono analizatoriaus patikros darbus atliko AAA specialistai.

Pastabos: metų eigoje buvo fiksuoti keli GPS5 bandinių paėmiklio gedimai; šių atvejų metu buvo panaudoti alternatyvūs mėginių paėmikliai iš senos nurašytos įrangos, kurie ir veikė visu pagrindinių bandinių paėmiklių remonto laikotarpiu; reikšmingesnių bandinių praradimų gedimo laikotarpiais išvengta.

c) paprogramės “Kritulių cheminė analizė”, “Polajinių kritulių cheminė analizė”

Šalia stoties esančioje meteorologinėje aikštelėje, 1,6 m. aukštyje buvo pastatyti du kritulių rinktuvai. Vienas iš jų - mėnesinis, vadinamas "BULK" tipo; jis būna atviras tiek lyjant, tiek sausuoju laikotarpiu. Kitas - savaitinių kritulių automatinis rinktuvas, skirtas "WET" tipo (šlapioms) iškritoms rinkti. Mėnesinių kritulių surinkimui buvo naudojami NILU plastikiniai žiemos ir vasaros kritulių rinktuvai su 200 mm. skersmens surinkimo anga. Esant aukštesnei oro temperatūrai (virš +10 laipsn.C), inde susikaupę krituliai kas savaitę būdavo paimami iš rinktuvų ir toliai laikomi šaldytuve. Automatinis “šlapių” kritulių rinktuvas NSA 181/KE veikia esant ir minusinėms temperatūroms, bei palaiko pastovią temperatūrą (apie +5 laipsn.C) surinktų kritulių kameroje.

Kritulių surinkimo efektyvumas įvertinamas automatinio kritulių kiekio matuokliu “LAMBRECHT 15189H “ .

Polajiniai krituliai buvo renkami panaudojant penkis Ažvinčių sengirės rezervate esančiame tyrimų poligone, šalia intensyvaus tyrimo barelio Nr.1, įrengtus rinktuvus. Šiltuoju metų laikotarpiu, kaip rinktuvai, buvo naudojami 5l. polietileningai indai su 160 mm. skersmens kritulių surinkimo piltuvais, o žiemos mėnesiais – polietileningai 270 mm. skersmens kibirėliai . Krituliai būdavo paimami iš miško kiekvieno mėnesio pabaigoje ir pagal iš anksto suderintą grafiką pristatomo į jų analizę atliekančią Aplinkos tyrimų departamento laboratoriją.

d) paprogramė “Dirvožeminio vandens cheminė analizė”

Versminio upelio baseine instaliuoti 6 nerūdijančio plieno lizimetrai. Trys iš jų įrengti viršutiniame dirvos sluoksnyje (eliuvinis horizontas - 20 cm.) ir trys žemiau šaknų zonos (B horizontas - 40 cm.). Bandiniai, iš visų lizimetų, buvo paimami

kiekvieno mėnesio pradžioje. Kai kuriais atvejais, dėl mažo kritulių kiekio, vandens juose neprisirinko ir bandiniai nebuvo imami (žiūr. 5 lentelę). Pirmą kartą po 2019-2020 m. žiemos vandens bandiniai iš lizimetrų buvo paimti 2020 m. vasario 02 d.; paskutinį kartą 2020 11.29 d.

Paimti vandens bandiniai buvo pristatyti į Aplinkos tyrimų departamento laboratoriją (žiūr.2 lentelė). Paimant bandinius iš lizimetrų tyrimų poligone, tuo pat metu buvo nustatoma ir dirvožemio drėgmė (žiūr. 4 lentelę).

Dirvožemio drėgmės nustatymui buvo naudotas: elektroninis Delta-T firmos HH2 dirvožemio drėgmės matuoklis ir stacionariai įrengti šeši Theta Probe ML2x dirvos drėgmės davikliai / 3vnt. 20 cm. gylyje ir 3vnt. 40 cm gylyje/. Dirvožemio drėgnumas buvo tiesiogiai matuojamas procentine išraiška.

Žiemos metu, šalia lizimetrinių įrenginių kas dvi savaitės buvo matuojamas dirvožemio įšalo gylis (žiūr. 6 lentelę).

e) paprogramė “Gruntinio vandens cheminė analizė”

Gruntinio vandens stebėjimui, tiriamos ekosistemos teritorijoje yra įrengti 4 gręžiniai. Du kartus per mėnesį buvo atliekamas gruntinio vandens lygio, tuose gręžiniuose, matavimas (žiūr. 7 lentelę). Gruntinio vandens bandiniai cheminei analizei atlikti iš gręžinių buvo imami kas antrą mėnesį. Vandens bandiniai iš gręžinių buvo imami su mechaniniu, tefloniniu vandens paėmikliu. Paimti vandens bandiniai, ne vėliau kaip per 48 valandas nuo jų paėmimo, buvo pristatomi į Aplinkos tyrimų departamento laboratoriją cheminei analizei atlikti (žiūr.2 lentelę).

Du kartus (pavasariį ir rudenį) buvo atliktas detalus gręžinių valymas, išsemiant visą juose buvusį vandenį.

Dėl neįprastai sausringų keleto pastarųjų metų, kai kuriais atvejais gruntinio vandens bandiniai nebuvo paimti, nes gruntinio vandens lygis buvo nukritęs žemiau gręžinių dugno.

f) paprogramės “Paviršinio vandens kiekis ir cheminė analizė”

Duomenys šių paprogramių vykdymui buvo gaunami, matuojant Versminio upelio debitus ir atliekant jo vandens fizikinių parametru, bei cheminės sudėties tyrimus. Tuo tikslu Ažvinčių sengirės rezervate, Versminio upelio hidrologiniame baseine įrengtas hidrotechninis įrenginys /upelio patvankos slenkstis/ su stacionariu vandens lygio matuokliu Solinst 3001. Šalia vandens lygio matuoklio, didesniai matavimų tikslumui gauti, buvo instaliuotas papildomas tos pačios Solinst firmos atmosferos oro slėgio matuoklis. Sinchroniškai su vandens lygio matuokliu dirbančio atmosferos oro slėgio matuoklio duomenys buvo naudojami tikslesniems upelio debitų skaičiavimams, eliminuojant neigiamą kintančio atmosferos slėgio įtaką matavimams. Vandens lygio matuoklis Solinst 3001 teikė ir kasvalandinius paviršinio vandens temperatūros matavimų duomenis.

Abiejų daviklių, duomenys buvo automatiškai kaupiami juose integruotuose kaupikliuose. Kas mėnesį iš kaupiklių duomenys buvo paimami Solinst „Leveloader Gold“ nuskaitytuvu ir toliau apdorojami excel. programos formate. Upelio vandens aukščio matavimų tikslumas 1 mm.; matavimų dažnumas - 1 kartą per valandą. Solinst 3001 matuoklio teikiamų duomenų kokybei užtikrinti upelio vandens lygis kas dvi savaitės buvo matuojamas ir mechaniniu – rankiniu būdu; atliekant upelio debitų skaičiavimus rankinių matavimų duomenys buvo įvedami į skaičiavimo formules kaip kontroliniai automatinų matavimų patikros elementai. Galutinėje ataskaitoje buvo pateikti apskaičiuoti kasvalandiniai upelio debitai (žiūr. 3 lentelę).

Per 2020m. laikotarpį buvo nustatytas 36439 m³ up. Versminio metinis vandens debitas.

Vieną kartą per metus buvo atlikti patvankos slenkščio niveliavimo darbai; darbui naudotas lazerinis nivelyras „AutoCros Laser 3“. Metų laike kelis kartus buvo atlikti patvankos dugno valymo ir kiti įrenginio aptarnavimo darbai.

Vieną kartą per mėnesį buvo atliekami upelio vandens fizikinių parametru /ištirpusio deguonies kiekio vandenyje, vandens temperatūros, laidumo ir rūgštingumo / matavimai; tuo pat metu paimamas ir mėginys vandens cheminės analizės atlikimui; Mėginiai, tyrimų atlikimui, buvo pristatomi į Aplinkos tyrimų departamento laboratoriją.

g) paprogramė " Nuokritų kiekis ir cheminė jų analizė "

Nuokritoms rinkti buvo naudojami 5 atviri, vieno kvadratinio metro ploto rinktuvai, įrengti tyrimų poligone. Į juos patekusios nuokritos buvo paimamos kiekvieno mėnesio pabaigoje. Kadangi žiemos metu nuokritos būna susimaišę su sniego sluoksniu, tai sniegingo laikotarpio bandinys buvo bendras keliems mėnesiams ir paimtas nutirpus sniego dangai

Mėginiai, po kiekvieno jų paėmimo, buvo išdžiovinami ir pristatomi į VDU Miškų monitoringo laboratoriją, atliekančią jų tyrimus.

Kiti 2019m. sutarties pagrindu Aukštaitijos kompleksinio monitoringo stotyje atlikti aplinkos tyrimų darbai:

1) sunkiųjų metalų atmosferos krituliuose tyrimo programa /vykdytojas Fizikinių mokslo tyrimų centras/.

Tuo tikslu meteo. bokšte buvo įrengti du kritulių rinktuvai. Kritulių rinktuvai buvo keičiami kiekvienos savaitės pirmos dienos ryte. Surinkti krituliai buvo pasveriami, apdorojami rūgšties tirpalu ir laikomi šaldytuve. Kiekvieno mėnesio pradžioje jie buvo pristatomi į atitinkamą FTMC laboratoriją.

2) gyvsidabrio koncentracijų atmosferos krituliuose programa /vykdytojas Fizikinių technologijų mokslo tyrimų centras/.

Tuo tikslu meteo. bokšte buvo įrengtas vienas kritulių rinktuvas. Jame surinkti kritulių bandiniai buvo paimami kas dvi savaitės. Surinkti krituliai buvo pasveriami, apdorojami fiksuojančiu tirpalu ir laikomi šaldytuve. Kiekvieno mėnesio pradžioje jie buvo pristatomi į atitinkamą FTMC laboratoriją.

3) gyvsidabrio koncentracijų atmosferos ore nustatymas /vykdytojas AAA/.

Tuo tikslu monitoringo stotyje buvo instaliuotas Tekran firmos gyvsidabrio garų atmosferos ore analizatorius TEKRAN 25378. Oras analizei buvo imamas 2m.aukštyje nuo žemės paviršiaus. Analizatorius veikė nenutrūkstamu darbiniu režimu, kompiuteryje fiksuojami kas pusvalandiniai vidutiniai matavimų duomenys. Matavimų duomenys kiekvieną dieną automatiškai buvo perduodami į

Aplinkos apsaugos agentūrą. Reguliarius prietaiso patikros darbus atliko AAA specialistai.

Prietaiso eksploatacijai reikalingos argono inertinės dujos buvo pastoviai perkamos 10 l. talpos balionais iš „ELME MESSER LIT“ firmos padalinio Vilniuje.

4) kietųjų dalelių KD2,5 ore bandinių paėmimas.

Tuo tikslu šalia stoties pastato esančioje meteo. aikštelėje buvo sumontuotas SEQ47/50 kietųjų dalelių bandinių paėmimo įrenginys. Jis užprogramuotas 7-ių dienų bandinių ciklui ir filtrai buvo automatiškai pakeičiami kas 7 kalendorinės dienos, kiekvieną pirmadienį. Filtrai šiam įrenginiui buvo paruošiami Aplinkos tyrimų departamento laboratorijoje; kasetės su filtrais - keičiamos kas trys mėnesiai

Prietaiso techninį aptarnavimą atliko Aplinkos apsaugos agentūros specialistai.

5) kietųjų dalelių KD10 bandinių , skirtų Sunkiųjų metalų ir policiklinių aromatinių angliavandenilių koncentracijų ore nustatymui, paėmimas.

Tuo tikslu šalia stoties pastato esančioje meteo. aikštelėje buvo sumontuotas SEQ47/50 kietųjų dalelių bandinių paėmimo įrenginys. Jis užprogramuotas 3-jų dienų bandinių ciklui ir filtrai buvo automatiškai pakeičiami kas trys kalendorinės dienos; kasetės su filtrais - keičiamos kas mėnesį

Prietaiso techninį aptarnavimą atliko Aplinkos apsaugos agentūros specialistai.

6) benzopirenų koncentracijų atmosferos krituliuose nustatymas /vykdytojas Fizikinių mokslo tyrimų centras/.

Tuo tikslu šalia stoties esančioje meteo. aikštelėje buvo sumontuotas tam skirtas kritulių rinktuvas. Šio rinktuvo pagalba buvo renkami mėnesiniai kritulių bandiniai, kurie kiekvieną mėnesį buvo pristatomi į atitinkamą FTMC laboratoriją .

7) kietųjų dalelių KD2,5 ore nenutrūkstamas matavimas / nenutrūkstamas režimas/.

Tuo tikslu šalia stoties pastato esančioje meteo. aikštelėje buvo sumontuotas kietųjų dalelių ore koncentracijų matavimo įrenginys BAM-1020. Jo teikiami duomenys buvo tiesiogiai tiekiami į AAA.

Techninį prietaiso aptarnavimą atlikdavo tiek AAA atitinkamo skyriaus darbuotojai tiek Rūgštėlišio stoties darbuotojas.

8) Radioaktyviosios spinduliuotės matavimas

Prižiūrima - aptarnaujama radioaktyviosios spinduliuotės matavimo įranga „SARA ENVINET“. Jos teikiami duomenys buvo tiesiogiai /nenutrūkstamas režimas/ tiekiami į AAA.

1 lentelė.

Sutvarkyti meteorologiniai duomenys /iškarpa/

žiemos laikas /winter time/																			
DATA	LAIKAS	KRITULIAI	DIRVOŽEMIO T			ORO T	ORO DRĖGMĖ	VĖJAS			SLĖGIS	SAULĖ				SNIEGAS	ORO T, gradientui		
date	time	precipitation	soil T			air T	air RH	wind			pressure	sun				snow	air temperature /for gradient/		
DATE	TIME	Rain	Temp_-0.05m	Temp_-0.1m	Temp_-0.2m	AirTC_2m	RH	WindDir	WS	WS	BP	Solar_Rad	SR_PAR	UVA	UVB	DBTCDT	Temp_2m	Temp_8m	Temp_22m
		mm	Deg C	Deg C	Deg C	Deg C	%	Degrees	met/sec	met/sec	mbar	W/m2	W/m2	W/m2	W/m2	m	Deg C	Deg C	Deg C
		Tot	Avg	Avg	Avg	Avg	Smp	Smp	Avg	Max	Avg	Avg	Avg	Avg	Avg	Avg	Avg	Avg	Avg
2020.01.01	00:00:00	0,0	3,2	3,4	3,6	1,0	82	100	3,0	10,6	994	0	0	0,0	0,00	—	1,0	1,1	1,1
2020.01.01	01:00:00	0,0	3,1	3,3	3,6	0,6	80	19	2,1	8,6	995	0	0	0,0	0,00	—	0,6	0,8	0,8
2020.01.01	02:00:00	0,0	3,0	3,3	3,6	-0,2	82	312	2,2	6,4	996	0	0	0,0	0,00	—	-0,2	0,0	0,0
2020.01.01	03:00:00	0,0	3,0	3,2	3,6	-0,8	83	2	2,1	8,0	998	0	0	0,0	0,00	—	-0,7	-0,6	-0,6
2020.01.01	04:00:00	0,0	2,9	3,2	3,6	-1,3	86	260	2,1	7,9	999	0	0	0,0	0,00	—	-1,2	-1,0	-1,0
2020.01.01	05:00:00	0,0	2,8	3,1	3,6	-1,7	86	292	1,5	5,3	999	0	0	0,0	0,00	—	-1,5	-1,3	-1,3
2020.01.01	06:00:00	0,0	2,7	3,0	3,5	-1,6	88	239	1,3	3,4	1000	0	0	0,0	0,00	—	-1,4	-1,3	-1,2
2020.01.01	07:00:00	0,0	2,7	3,0	3,5	-0,8	89	314	1,2	5,3	1000	0	0	0,0	0,00	—	-0,7	-0,7	-0,7
2020.01.01	08:00:00	0,0	2,6	2,9	3,5	-1,1	91	248	1,2	3,3	1001	0	0	0,0	0,00	—	-0,9	-0,8	-0,8
2020.01.01	09:00:00	0,0	2,6	2,9	3,4	-1,5	92	318	1,2	3,9	1001	1	1	0,0	0,00	—	-1,3	-1,1	-0,9
2020.01.01	10:00:00	0,0	2,5	2,9	3,4	-1,3	92	239	1,5	5,3	1001	55	23	0,3	0,01	—	-1,1	-0,9	-0,8
2020.01.01	11:00:00	0,0	2,5	2,8	3,4	-0,4	90	296	1,9	4,7	1001	114	54	1,0	0,03	—	-0,2	-0,2	-0,2
2020.01.01	12:00:00	0,0	2,5	2,8	3,4	0,3	84	270	1,7	4,6	1001	215	105	1,7	0,05	—	0,6	0,7	0,7
2020.01.01	13:00:00	0,0	2,4	2,8	3,3	1,1	79	255	2,2	5,4	1001	201	117	2,0	0,06	—	1,3	1,6	1,8
2020.01.01	14:00:00	0,0	2,4	2,7	3,3	1,5	77	193	2,3	6,0	1001	156	103	1,7	0,05	—	1,6	1,9	2,1
2020.01.01	15:00:00	0,0	2,4	2,7	3,3	1,5	80	233	2,0	7,2	1000	84	55	1,0	0,03	—	1,6	1,9	2,0
2020.01.01	16:00:00	0,0	2,4	2,7	3,3	1,4	85	227	2,2	5,9	1000	30	18	0,3	0,01	—	1,5	1,6	1,7
2020.01.01	17:00:00	0,0	2,4	2,7	3,3	1,6	86	233	2,7	7,9	1000	1	1	0,0	0,00	—	1,7	1,8	1,9
2020.01.01	18:00:00	0,0	2,4	2,7	3,3	2,0	85	253	2,8	7,2	1000	0	0	0,0	0,00	—	2,1	2,3	2,3
2020.01.01	19:00:00	0,0	2,4	2,7	3,2	2,2	85	232	2,5	10,2	999	0	0	0,0	0,00	—	2,4	2,5	2,5
2020.01.01	20:00:00	0,0	2,4	2,7	3,2	2,5	86	208	2,5	8,0	999	0	0	0,0	0,00	—	2,6	2,8	2,8

Pilna duomenų suvestinė - skaitmeninėje laikmenoje.

2 lentelė.

Up. Versminio, gruntinio ir dirvožeminio vandens mėginių paėmimo laikas ir kiekis

Mėginių paėmimo laikas	vandens mėginiai, paimti ir pristatyti į Aplinkos tyrimų departamentą				“Versminio” upelio vandens fizikiniai parametrai			
	upelio “Versminio”	gruntinis vanduo /grėžinys Nr./	dirvožeminis vanduo /lizimetras Nr./	Mėginių pristatymo į ATD laboratoriją protokolas	temperatūra, C°	deguonies kiekis, mg/l	rūgštingumas, PH	laidumas, μg/cm
2020,2,02	+	1,2,3	21,22,23,41,42,43	2020,01	6,1	1,41	-	382
2020,3,01	+	-	-	2020,02	5,7	2,43	-	384
2020,3,29	+	1,2,3	21,22,41	2020,03	5,5	2,77	-	387
2020,5,04	+	-	-	2020,04	6,6	3,26	-	380
2020,6,01	+	1,2,3,4	21,22,23,42+43	2020,05	7,7	3,67	-	376
2020,6,29	+	-	21,22,23,41	2020,06	8,9	3,23	-	384
2020,8,02	+	1,2,3	-	2020,07	9,9	3,75	-	385
2020,8,30	+	-	21+23,43	2020,08	10,0	4,11	-	389
2020,9,27	+	1,3	21,22,23,42+43	2020,09	11,0	3,95	-	392
2020,11,01	+	-	21,22,23,41,42,43	2020,10	9,1	3,73	-	405
2020,11,29	+	1,3	21,22,41	2020,11	7,6	3,53	-	412
2021,1,03	+	-	-	2020,12	6,0	3,98	-	416

3 lentelė.

upelio "Versminio" debitų skaičiavimas												vandens Temperatūra daviklio aplinkoje
data	valanda	matavimo duomenys ir pirminis jų apdorojimas				debitų skaičiavimas						
		Hd	hv	Hd-hv	hv	hv	Sv	H	H	Q1	Q2	
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	m	l/s	m ³ /val.	
		daviklio mat.	rankinis mat.	/ seka /	išskaičiuotas			hv - Sv	H x 0,001	1343 x H ^{2,47}	Q1 x 3,6	laipsn. C
2020-01-01	0	262	72	190	72	72	8	64	0,064	1,53	5,50	4,72
2020-01-01	1	263		190	73	73	8	65	0,065	1,58	5,70	4,71
2020-01-01	2	262		190	72	72	8	64	0,064	1,53	5,52	4,72
2020-01-01	3	263		190	73	73	8	65	0,065	1,58	5,70	4,72
2020-01-01	4	264		190	74	74	8	66	0,066	1,60	5,76	4,71
2020-01-01	5	266		190	76	76	8	68	0,068	1,76	6,32	4,71
2020-01-01	6	264		190	74	74	8	66	0,066	1,64	5,91	4,71
2020-01-01	7	265		190	75	75	8	67	0,067	1,69	6,07	4,71
2020-01-01	8	265		190	75	75	8	67	0,067	1,67	6,00	4,71

Pilna duomenų suvestinė - skaitmeninėje laikmenoje

4 lentelė.

Dirvožemio drėgnumo matavimų duomenys (%) gauti, naudojant Theta Probe ML2x dirvos drėgmės daviklius ir Delta-T, HH2 nuskaitytuvą

Matavimo data	Matavimo taškai					
	A21	A22	A23	A41	A42	A43
2020.2.02	12,5	14,4	11,8	9,4	16,1	11,3
2.18	12,0	14,6	12,5	10,2	15,3	12,0
3.01	12,4	14,9	12,7	10,5	15,7	12,3
3.12	12,1	15,0	12,6	10,0	15,2	12,0
3.29	11,0	13,8	11,5	9,1	14,2	10,6
4.13	10,7	13,6	9,7	8,8	14,0	9,5
5.04	8,9	11,7	6,6	7,9	12,7	7,5
5.18	11,8	14,6	9,6	10,3	15,1	9,0
6.01	9,5	12,9	6,1	8,7	13,7	7,6
6.15	12,7	15,0	10,6	10,7	15,5	10,1
6.29	8,9	11,9	5,7	8,6	13,1	7,2
7.15	9,5	11,9	6,0	8,2	11,7	6,7
8.02	7,6	10,3	5,3	7,3	10,6	6,0
8.24	7,9	11,6	6,2	5,7	9,7	6,1
8.30	6,6	9,7	5,5	5,7	9,7	5,6
9.14	9,3	13,8	9,3	8,5	14,5	9,1
9.27	8,0	12,8	7,1	7,8	13,8	7,9
10.19	10,2	14,9	12,2	9,7	14,5	12,1
11.01	10,0	14,3	12,0	9,1	14,4	11,7
11.16	9,8	14,1	11,7	8,8	14,3	11,3

5 lentelė.

Vandens kiekiai lizimetruose /mililitrais/

Data	Lizimetro Nr,					
	A21	A22	A23	A41	A42	A43
2020.2.02	4800	3050	1100	1780	150	1200
3.29	3670	370	0	400	0	0
5.04	0	0	0	0	0	0
6.01	620	1110	180	0	40	100
6.29	1340	450	390	50	0	0
8.30	20	10	250	0	0	60
9.27	550	530	620	0	30	520
11.01	4430	2650	1020	630	1080	1250
11.29	2000	620	60	420	0	30

lizimetro darbinis plotas – 0,1155 m²,

6 lentelė,

Dirvožemio įšalo gylis /centimetrais/

Matavimo data	Įšalo gylis (cm,)
2019.12.29	0
2020.1.13	0
2020.2.02	0
2020.2.18	0
-	-
-	-
-	-
-	-
2020.11.29	0
2020.12.13	1
2021.1.03	0

Pastaba: skaičius skliausteliuose rodo, kad įšalas prasideda tokiame dirvožemio gylyje

7 lentelė

Gruntinio vandens lygis gręžiniuose /centimetrais/

Matavimo data	Gręžinio numeris				Pastabos
	Nr, 1	Nr, 2	Nr, 3	Nr, 4	
2020.1.13	47	85	193	1013(S)	
2.02	45	81	193	1013(S)	
2.18	47	85	188	1013(S)	
3.01	47	83	186	1012	
3.12	47	82	185	1011	
3.29	48	83	187	1008	
4.13	50	86	188	1007	
5.04	49	90	194	1003	
5.18	48	87	192	1004	
6.01	51	92	196	1005	
6.15	46	89	195	1005	
6.29	52	97	200	1006	
7.15	54	101	204	1009	
8.02	54	106	209	1011	
8.24	55	109	215	1013(S)	
8.30	54	111	216	1013(S)	
9.14	53	110	216	1013(S)	
9.27	55	112(S)	218	1013(S)	
10.19	50	106	213	1013(S)	
11.01	50	110	216	1013(S)	
11.16	51	112(S)	219	1013(S)	
11.29	48	106	215	1013(S)	
12.13	51	112(S)	217	1013(S)	
2021.1.03	51	110	216	1013(S)	
					S – sausas gręžinys

Pastaba: S – gręžinys sausas /vandens lygis nukritęs žemiau gręžinio dugno/

X. Report to Finnish Environment Institute

Key parameter of climate warming is Sun activity. Reduction in Sunspots can result in increase of total radiation by *0.8 w/ m² per year and FAR radiation by 1.66 w/m² per year what in turn can result in significant changes not only air temperature and humidity but also in general forest ecosystem sustainability. Differently to changes in sun radiation, ozone concentrations at both IM station demonstrated trends towards decreasing by 0.15 µg/m³ per year at Aukštaitija IMS and by 0.047 µg/m³ per year at Žemaitija IMS. These changes most likely can result in better tree crown condition and higher productivity.*

Air temperature during the considered period from 1994 up to 2020 increased in Aukštaitija IMS by 0.037 °C per year while in Žemaitija IMS it was two fold higher, i.e. up to 0.063 °C higher. The most significant increase in temperature was recorded in September, November and December. In Žemaitija IMS air temperature increased significantly in May and June. Annual average of temperature at Aukštaitija IMS made 8.2 °C and at Žemaitija IMS +8.6 °C. Those were the highest values during the whole period of investigation, i.e. from 1993 up to 2020.

During this period, the precipitation amount in Aukštaitija IMS increased by 4.4 mm per year while in Žemaitija IMS it decreased by 0.4 mm per year. These changes in air temperature and precipitation amount in Aukštaitija IMS resulted in increase in runoff water temperature by 0.063 °C per year, i.e. it was by about 1.75 fold higher than increase in air temperature. In Žemaitija IMS increase in water temperature was fourfold lower than in Aukštaitija IMS and fourfold lower than increase in air temperature in Žemaitija IMS, i.e. by 0,017 °C. These changes allow for concluding that forest ecosystems in Žemaitija IMS could have experienced negative effects of climate changes, the result of which could have been lower sustainability of forest ecosystem.

In the spring and summer of 2018 drought episodes were recorded at both Integrated monitoring stations in Lithuania. In 2019 analogical situation occurred once again, i.e. at the beginning of the vegetation period one of the deepest droughts was recorded at both IM stations. *New meteorological threats for biotic components of forest ecosystem in the western part of Lithuania could be hot and dry periods from April up to June.* In the eastern part of Lithuania new threats for forest ecosystem could be destruction in water balance in ecosystem, when gradual increase in precipitation amount and increase in air temperature results in reduction of stream runoff. These meteorological events had to have a significant effect on biological and geochemical processes taking place at small catchment

of investigated rivulets. Continuous implementation of the Integrated monitoring programme in Lithuania would allow for checking if these are new threats for forest ecosystem in Aukštaitija IMS.

Meteorology in 2020 was evaluated as the most acceptable for forest ecosystem. During this year precipitation amount exceeded long term average in temperature and precipitation amount, what could result in recovery of forest ecosystem after the engrave effect of drought in 2018 and 2019.

Significant changes in precipitation amount had a significant effect on geochemical processes at both IM stations. Increase in precipitation amount in both IM stations resulted in increase in soil humidity, while changes in ground water level demonstrated continuously decrease trend and more significant in Aukštaitija IMS. It is the result of regularly repeated drought, last of them was in 2015-2016 and 2018-2019.

Long term data sets on acidity of soil water revealed neutral reactions of soil water in Aukštaitija IMS (pH 6.5) and higher acidity of soil water (pH 4.1) in Žemaitija IMS. Droughts in 2018 and 2019 resulted in increase of acidifying processes in ground water especially at Žemaitija IMS. More humid 2020 resulted in reduction of soil water acidity at Aukštaitija IMS and stabilization in Žemaitija IMS. Key factor contributing to this reduction could be reduction in Ca concentration in all considered subtracts, including foliage and litterfall. Increase in precipitation in 2020 resulted in increase in Ca concentration in soil water and reduction in acidity of ground and runoff water at both IM stations.

Implementation of international legislation in the field of transboundary air pollution reduction resulted in more than tenfold reduction of air concentrations of sulphur compounds and their deposition in both Integrated monitoring stations during the period between 1994 and 2020. During the 2018-2019 period when the precipitation amount did not reach the value of long term average, S concentration in soil water at 20 cm depth in Aukštaitija IMS was for the first time lower than 1.6 mgS/l (at 40 cm depth around 2 mgS/l) and in Žemaitija IMS twofold lower, i.e. at 20 cm depth 0.6 mgS/l and at 40 cm depth around 1,3 mgS/l. It means that during the considered period S concentration in Aukštaitija IMS decreased around 20 fold and in Žemaitija IMS around 30-50 fold. In 2020 when precipitation amount exceeded value of long term average sulphur concentration in soil water increased again.

Reduction of S compounds was registered in ground water at all considered depths in both IM stations. Droughts in 2018 and 2019 and precipitation amount in 2020 had no significant effect on changes in S concentration in ground water.

Implementation of international legislation in the field of transboundary air pollution reduction resulted also in reduction of N compounds in all considered waters. During the period of investigation total nitrogen concentration in ground water in Aukštaitija IMS decreased from 2 mgN/l up to 0.7 mgN/l, i.e. 3 fold and in Žemaitija IMS from 2 mgN/l up to 0.5 mgN/l, i.e. 4 fold

In 2020 tree crown defoliation at Aukštaitija IMS was assessed 27 times, at Žemaitija IMS 26 times. After the initial period (1994-1999), when defoliation was increasing, the condition of monitored trees improved at both IMS sites. This process continued during 2012-2015 period. At Aukštaitija IMS crown defoliation of Birch trees decreased from 22.7% to 14.5%. This improvement of crown condition was statistically significant ($p < 0.05$). Decrease in mean defoliation of spruce and pine crowns was close to the level of significance, i.e. decreased from 24.5% to 22.3% and from 16.8% to 15.8%, respectively. 2020 was evaluated as the best year for the tree crown defoliation at IMS stations. Mean value during this year decreased at Aukštaitija IMS up to 19.4% and at Žemaitija IMS up to 23.0 %.

Comparison of the data on mean defoliation of the monitored trees show significant change, i.e. increase during the drought and recovery after the high amount of precipitation.

2015-2019 period was exceptional in terms of data on precipitation amount, air temperature and flow of soil water, ground water and runoff water. These environmental conditions resulted in deterioration of forest condition in 2016 as well as in 2017 and especially in 2019. At LT-01 mean defoliation of birch trees increased most significantly: of silver birch from 13.2% to 17.5% and of downy birch from 16.1% up to 21.4%, i.e., by 4.3%. Mean defoliation of coniferous tree species: Scots pine and Norway spruce increased less significantly, and in 2018 made 16.4% and 24.8%, respectively. Drought in 2019 resulted in the increase of mean defoliation of all considered tree species: by 0.6% of birch trees, by 0.7 of spruce trees and 2.5 % of pine trees, i.e. condition of pine trees in 2019 m deteriorated most intensively.

2020 data on crown defoliation revealed that mean defoliation of all considered tree species decreased and the most significant decrease was observed for birch and spruce trees at both stations. The improved crown condition of pine trees was also observed but it was not such significant.

Outbreaks of *Ips typographus* which occurred after the episodes of droughts in 2015-2016 and 2018-2019 in mature and over mature stands could be considered as a new threat to spruce trees.

Such environmental conditions resulted in reduction of changes in sum of basal areas of monitored trees per investigated period when reduction in tree mortality was accounted for. In Aukštaitija IMS SBA of spruce and birch trees decreased by 2 m²/ha and 1 m²/ha respectively, while that of pine trees increased by 2 m²/ha. In Žemaitija IMS SBA of spruce trees decreased due to outbreaks of *Ips typographus* by 7 m²/ha and that of pine trees increased by 1 m²/ha. SBA of birch trees remained at the same level during the 26 year period.

Opposite results were obtained when analysing the increment of survived trees. Most productive tree species in Aukštaitija IMS was spruce. Its increment reached 3 m³/ha per year, followed by a little lower productivity of pine trees – 2.5 m³/ha per year and birch trees the productivity of which was 0.3 m³/ha per year. Generalised data shows that the increment of monitored trees in Aukštaitija IMS was about 6 m³/ha per year.

In Žemaitija IMS the average spruce increment made 7 m³/ha per year, followed by a little lower increment of pine trees – 0.8 m³/ha per year and the least of birch trees - 0.3 m³/ha per year. Generalising the obtained data we can state that increment of the monitored trees at average in Žemaitija IMS made about 5.1 m³/ha per year.

Climate and air pollution changes also resulted in higher annual litterfall formation by (80 kg per ha) and decrease in mean defoliation in Aukštaitija IMS. These changes indicated that increase in litterfall by 100 kg per ha per year results in decrease in crown defoliation by about 0.2 % per year. In Žemaitija IMS increase in annual litterfall formation made about 105 kg per ha what resulted in decrease in mean defoliation by about 0.1 %.

Such changes had a significant effect on chemical composition of litterfall. The obtained data revealed that increase in litterfall amount had a positive effect on concentration of heavy metals in litterfall expressed by their reduction. In 2020 litterfall amount at both IM stations exceeded long term value.

Chemical content in the needles and leaves is rather often presented as indicator of tree health. In Aukštaitija IMS a 17 year long data set revealed that N concentrations in birch leaves and pine needles had a tendency to increase, meanwhile in spruce remained quite stable. During the 2018-2019 period N concentrations in birch leaves and pine needles increased significantly and reached the maximal value over the entire considered period. During this period increase in N in spruce needles was also recorded, but the comparison of the 2019 and 2020 data revealed that N concentration in foliage was lower in 2020.

P concentration in the leaves and needles of the monitored/considered tree species demonstrated a tendency towards decreasing. The lowest values were recorded in 2017 with

exceptionally high amount of precipitation. 2018 -2019 droughts had no significant effect on changes in P concentration in needles and leaves at both IM stations. In 2020 P concentration in foliage slightly increased.

These changes in N and P concentrations in leaves and needles indicated two contrary processes: N concentration in foliage increased while P concentration decreased.

The most significant changes were found in changeability of K concentration in leaves and needles. K concentration in birch leaves and pine needles increased significantly by 0.13 and 0.11 g/kg per year respectively and least significantly in spruce needles. Due to the lack of precipitation in 2018, K concentration in needles and leaves increased up to the highest values during the entire considered period. Due to the drought effect in 2019 K concentration in foliage remained at the similar level as in 2018. In 2020 K concentration in foliage remained approximately at the same level.

Concentrations of Mg and Mn as well as Ca decreased in pine needles by 0.06 g/kg per year. In remaining foliage samples concentration of Al, Zn, Na and Fe remained stable.

In Žemaitija IMS N concentrations in the first year pine needles demonstrated tendencies towards increasing while in birch leaves and spruce needles remained quite stable. P concentrations also remained stable in needles and only in birch leaves demonstrated a tendency towards decreasing by approximately 0.07 mg/g per year. Droughts in 2015 and 2018-2019 resulted in a more significant reduction of P concentration in foliage at this IMS. In 2020 a slight increase in P concentrations in foliage was observed.

The results on K concentrations showed their increase in all foliage samples, but were found to be statistically significant only in the second year pine needles and made 0.09 g/kg per year. In 2018-2019 after the droughts K concentration in needles decreased significantly. After favorable 2020 year K concentration in foliage recovered again.

Ca concentrations in spruce needles and birch leaves demonstrated a tendency towards decreasing and were most significantly expressed in the first year pine needles, i.e. by -0.1 g/kg per year. Exceptional moisture regime in 2017 resulted in reduced Ca concentration in foliage due to its leaking. This process continued in 2018. Changes in meteorology and air concentrations of acidifying species together with their concentrations in precipitation were found to be responsible for the detected changes in leaves and needles at the considered IM sites.

Reduction of heavy metal concentration in precipitation resulted in their reduction in geological and biological compounds of forest ecosystem.

Data on abundance of green algae on spruce needles showed a more intensive pollution level by nitrogen species in Žemaitija IMS than in Aukštaitija IMS. Data on air concentrations of these species confirmed this bioindication. Variation in green algae abundance indicated that air pollution by N compounds should be reduced. However, precipitation amount could have had a significant effect on abundance of green algae, by directly reducing it. This is why the increase in green algae abundance was recorded on spruce needles in 2018. Drought in 2019 resulted in two opposite effects on green algae abundance: in Aukštaitija IMS the abundance decreased while in Žemaitija IMS it increased. Favourable 2020 resulted in adverse effect on abundance of green algae.

From 2008 up to 2019 the abundance of epiphytic lichens increased indicating the improved ecological situation at Aukštaitija IMS and quite stable at Žemaitija IMS. The total coverage of monitored tree stems by epiphytic lichens exceeded 4%, meanwhile by only *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. – by 2%. The specific composition remained stable during the entire considered period, i.e. 3 species were under investigation: *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., *Parmeliopsis ambigua* (Wulfen) Nyl., and *Cladonia* spp. (Hill.) Vain.

In Žemaitija IMS the specific composition remained stable over the entire considered period i.e. 3 species were under investigation: *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., *Platismatia glauca* (L.) W.L. Culb. & C.F. Culb., and *Cladonia* spp. (Hill.) Vain. Key parameters resulting in these changes were hard to determine because data on air concentrations of sulphur species as well as their wet deposition demonstrated a trend towards decreasing or were stable.

Detailed investigation of epiphytic lichens at IMS basins revealed that during the last 5 year species of lichens increased at both station indicating reduce amount of S and N in the air and their deposition. Based on it critical load for N deposition was lower than 3 kg N per ha and for S deposition lower than 5 kg S per ha.

Norway spruce trees demonstrated the most significant increase in annual BAI, followed by Scots pine trees, whereas silver birch and downy birch trees demonstrated, respectively, stable and decreasing rates in the BAI over investigated period.

Significant increases in air temperature in September and July increased the BAI of the considered coniferous tree species. Only heat and drought in June limited spruce growth intensity at Aukštaitija IMS. A higher moisture regime increased the sensitivity of Scots pine and Norway spruce trees to the drought effect over the vegetative stage.

Neither silver nor downy birch trees in premature and mature age stands were characterised as tree species that are tolerant to drought and heat stress. More abundant precipitation during the vegetative stage and at the beginning of autumn resulted in intensive birch tree growth, whereas a reduction in the growth rate of silver birch trees was mainly attributed to the effect of heat in July, August and September. A reduction in birch tree leaf span could be presented as the key factor in reduced tree productivity in general.

A higher moisture regime significantly increased the tolerance of considered tree species to the negative effects of air concentrations of acidifying compounds and their wet deposition, mainly of sulphur compounds.

Nitrate deposition during the vegetative stage as fertilisation compounds stimulated the tree stem BAI formation of prevailing Lithuanian tree species, especially on nutrition limited mineral soil forest site, where the C/N ratios exceeded 25 or more. On forest site where the C/N ratio did not reach 15, a positive effect from N deposition was not detected.

A negative ozone effect on tree-growth intensity was significant for spruce trees. The effect of ozone on downy and silver birch tree BAI was close to the level of significance. Norway spruce was most likely a more sensitive tree species to ozone-induced injuries compared to Scots pine and birch trees under different site conditions.

The obtained results revealed that the adaptive capacity of Norway spruce trees to recent pressures of environmental changes is well developed due to their intensive regeneration after unfavourable period. Their highest rate of growth occurring under warm and humid growth conditions should ensure their further sustainability in northeastern European forests.

XI. TYRIMŲ SANTRAUKA

Aplinkos kaita ir jos pasėkmės 1994-2020 m.

Per tiriamąjį laikotarpį reikšmingai didėjo metinė oro temperatūra abiejose KM stotyse, tik Žemaitijos KMS šis didėjimas buvo 2 kartus intensyvesnis negu Aukštaitijos KMS, t.y. Žemaitijos KMS per 27 m laikotarpį oro temperatūra didėjo po 0,63 °C per dešimtmetį, tai Aukštaitijos KMS po 0,37 °C per dešimtmetį.

Abejoms stotims būdinga tendencija temperatūros kaitoje – reikšmingai didėja rugsėjo ir lapkričio – gruodžio mėnesių vidutinės oro temperatūros. Papildomai Žemaitijos KMS didėja reikšmingai gegužės ir birželio mėnesio temperatūros, o Aukštaitijos KMS šių mėnesių temperatūrų didėjimas nėra reikšmingas.

Nauja grėsmė Žemaitijos KMS galėtų tapti karšti ir sausi gegužės ir birželio mėnesiai.

Tokius meteorologinius pokyčius Žemaitijos KMS ar apskritai visame vakariniame Lietuvos regione būtų galima vertinti kaip intensyviausią klimato kaitos scenarijų, o miško ekosistemų atskirų biotos komponentų reakcijas, kaip jų prisitaikymo prie tokių naujų sąlygų galimybes ir perspektyvas ateityje.

Atskirais metų sezonais oro temperatūra Aukštaitijos KMS tik didėjo. Rudens laikotarpiu šiltėjimo intensyvumas pasiekė maksimalią ir reikšmingą reikšmę, t.y. 0,66°C per 10 m. laikotarpį, kiek mažiau šilo žiemos ir vasaros laikotarpiai, po maždaug +0,44 ir +0,28 °C per 10 m. laikotarpį atitinkamai ir mažiausiu atšilimu pasižymėjo pavasaris, kai oro temperatūra augo tik po +0,09°C per 10 m. laikotarpį.

Žemaitijos KMS iš dalies patvirtino nustatytus trendus. Nuo tyrimų pradžios, t.y., nuo 1994 oro vidutinė temperatūra atskirais sezonais kito taip: rudenį (IX-XI) temperatūra didėjo intensyviausiai po 0,92 °C per 10 m., žiemą (XII-II) – po 0,78°C per 10 m., pavasarį (III-V) po 0,53 °C per 10 m., ir mažiausiai reikšmingai – vasarą (VI-VIII) po 0,41°C per 10 m.

Abejoms stotims būdinga tendencija temperatūros kaitoje – reikšmingai didėja rugsėjo ir lapkričio – gruodžio mėnesių vidutinės oro temperatūros. Jų intensyvumas siekia 0,1 ir 0,2 C per metus. Papildomai Žemaitijos KMS didėja reikšmingai gegužės ir birželio mėnesio temperatūros, o Aukštaitijos KMS šių mėnesių temperatūrų didėjimas nėra reikšmingas.

2020 m. išaiškinta, kad Aukštaitijos KLMS palaiapsniui pradeda mažėti sausio, balandžio, liepos mėnesių vidutinės temperatūros, nors toks intensyvumas dar nėra reikšmingas. Žemaitijos KMS mažėjimo tendencija nustatyta tik sausio mėn.

2020 m. išskirtiniai: oro temperatūra abiejose stotyse pasiekė maksimalią reikšmę per visą tiriamąjį laikotarpį. Žemaitijos KMS 8,64, o Aukštaitijos KMS 8,19 °C.

2013-2017 m laikotarpį Aukštaitijos KMS dirvožemio vidutinės temperatūros kaitoje jokių ženklesnių tendencijų nenustatyta. Tik 2018 m. išsiskyrė ne tik kritulių trūkumu, bet ir karščio epizodais. Dėl šios priežasties dirvožemio vidutinė temperatūra pasiekė vieną iš maksimalių per visą tiriamąjį laikotarpį nustatytų reikšmių, t.y. 7,8 °C, o maksimali reikšmė buvo aukščiausia per paskutinįjį 2013-2018 m. laikotarpį ir viršijo 19 °C. 2019 m. dirvožemio vidutinė temperatūra 10 cm gylyje pasiekė savo maksimalią reikšmę per visą tiriamąjį laikotarpį, t.y. 8,2 °C.

2020 m. dirvožemis buvo labiausiai išilęs per visą stebėjimo laikotarpį.

Per stebėjimo laikotarpį Aukštaitijos KMS dirvožemio temperatūra didėja panašiai kaip ir oro, po 0,04 °C per metus

Nuo 2014 m. stebimas itin reikšmingas dirvožemio įšalo mažėjimas. Jei dar 2014 m. įšalas siekdamas maksimalią reikšmę pasiekė net 28 cm, tai iki 2020 m. įšalo gylis mažėjo ir jau 2020 m. jo iš viso nebuvo registruojama.

Nuo 1999 iki 2014 m. egzistavo glaudus ryšys tarp dirvožemio vidutinio drėgnio ir įšalo gylio. Po išskirtinų 2014 m. ši priklausomybė tapo atvirkštinė, kai drėgniui didėjant įšalo gylis reikšmingai mažėjo, taip kaip ir bendra įšalo trukmė.

Gladaus tiesioginio ryšio tarp dirvožemio vidutinio drėgnio ir įšalo gylio pasikeitimas pastaruoju laikotarpiu į atvirkštinį įvardijamas kaip išskirtinis procesas geosistemoje galintis turėti reikšmingos įtakos bendrai miško ekosistemų tvariai plėtrai.

Upelio vandens temperatūros kaitos trendas Aukštaitijos stotyje yra teigiamas, temperatūra kyla vidutiniškai po 0,0062 °C per mėnesį ar 0,063 °C per metus, t.y. beveik 1,75 kartų intensyviau negu oro temperatūra, kurios kilimas siekia per paskutiniuosius 27 m. po 0,036°C per metus.

Žemaitijos stotyje 27 stebėjimo metų upelio temperatūra kyla virš 4 kartų lėčiau negu Aukštaitijos KMS upelio vandens temperatūra. Didelę reikšmę upelio vandens temperatūros kaitai turėjo 2015 m., kai vidutinė oro temperatūra viršijo 7.5°C ir 2016 m. kai upelio vasaros mėnesių temperatūra pasiekė maksimalią reikšmę per visą tiriamąjį laikotarpį, t.y. 11,5 °C. 2017 -2018 m. vandens temperatūra stabilizavosi ar net turėjo tendencija mažėti. Tokio pokyčio stebimo parametro kaitoje nebuvo registruojama nuo pat

tyrimų pradžios. Ar tai naujas klimato kaitos sąlygotas veiksnys biotos kaitai parodys ateities tyrimai. 2019 m. patvirtina išaiškinta tendenciją – vandens temperatūra neturi tolesnės tendencijos didėti, tačiau 2020 m. rezultatai rodo, kad vandens temperatūra reikšmingai pakilo ir ypač Aukštaitijos KMS.

Išskirtiniai 2020 m., kurie jau įvardinti kaip patys šilčiausi metai per visą tiriamąjį laikotarpį. Vandens temperatūros duomenų sekoje 2020 m. registruoti du priešingi rezultatai: ***Aukštaitijos KMS vandens temperatūra reikšmingai pakilo ir savo reikšme pasidarė artima 8 °C.*** Tai rekordiškai šilto vandens temperatūra.

Žemaitijos KMS, nors ir išaiškintas intensyvesnis oro temperatūros kylimo trendas negu Aukštaitijos KMS, vandens temperatūra 2020 m. pakankamai reikšmingai nukrito lyginant su 2019 m., ir tokį temperatūros pokytį, mūsų manymu, lėmė vasaros mėnesių sumažėjusi vandens temperatūra.

Aukštaitijos KMS 2015-2016 m. laikotarpiu registruojamas vienas didžiausių vandens prisotinimo deguonimi laipsnis, kuris savo maksimalią reikšmę įgavo 2015 m. liepos ir 2016 m. gegužės mėnesiais – apie 5 mg/l. Paskutiniu metu 2017-2019 m. deguonies kiekis upelio vandenyje stabilizavosi, tačiau buvo didesnis nei daugiametis vidurkis – apie 2,8 mg/l. Žemaitijos KMS jau daug metų nėra pakeistas deguonies upelio vandenyje matuoklis.

2020m. registruojamas reikšmingas deguonies kiekio padidėjimas Versminio upelio vandenyje, Aukštaitijos KMS. Panašus deguonies kiekis šio upelio vandenyje buvo registruotas tik 1999, 2009 ir 2015 m.

Paskutiniaisiais metais kritulių kiekio kaitoje nustatyti vieni reikšmingiausių pokyčių per visą tiriamąjį laikotarpį. 2015 m. susidarė tik 425 mm Aukštaitijos KMS ir 670 mm Žemaitijos KMS. 2017 m. galima būtų įvardinti kaip perteklinės drėgmės metais. Šiais metais kritulių kiekis abiejose LM stotyse viršijo 1000 mm. Tai rekordinis kritulių kiekis per paskutiniuosius 25 metus, ypač Aukštaitijos KMS. 2018 m. sausra vėl sumažino vandens kiekius ir Aukštaitijos ir Žemaitijos KMS baseinuose, bet ne taip reikšmingai kaip 2015 m. sausra. Tokia kritulių kiekio kaita turėjo esminės įtakos biogeocheminiams procesams ir vandens srautams ekosistemoje, kurie savo ruožtu sąlygojo tiriamų biotos komponentų būklę, rūšinę įvairovę, gausumą ir medžių produktyvumą.

Aukštaitijos KMS paskutiniaisiais 2019-2020 m. kritulių normą vėl viršijo daugiametį vidurkį, dėl ko ekosistemoje po bepasikartojančių sausrų vėl turėjo atsikurti vandens lygis. Tokia kritulių kiekio kaita turėjo esminės įtakos biogeocheminiams procesams ir vandens srautams ekosistemoje, kurie savo ruožtu reikšmingai sąlygojo tiriamų biotos komponentų būklę, rūšinę įvairovę, gausumą ir medžių produktyvumą.

Per tiriamąjį 1994-2020 m. laikotarpį kritulių mažėjo rudenį (rugsėjo-lapkričio mėn.) -0,20 mm per metus ir pavasarį (kovo - gegužės mėn.) -0,18 mm per metus, nereikšmingai didėjo žiemą (gruodžio-vasario mėn.) +0,02 mm per metus ir ypač reikšmingai vasarą (birželio-rugpjūčio mėn.), net po +1,33 mm per metus.

Tokiu būdu *Aukštaitijos KM stotyje kritulių intensyvumas palaipsniui mažėja, lyginant su 1994-2015 m. laikotarpiu ir tai gali informuoti apie naujai kylančią grėsmę miško ekosistemos, beprasidedantį drėgmės trūkumą, kuris gali sukelti esminius ne tik geocheminius procesus miško ekosistemoje, bet ir biotos gausumo, būklės ir atsparumo nepalankiems veiksniams pokyčius.*

2020 m. Žemaitijos KMS kritulių kiekis viršijo daugiametę normą ir viršijo 1000 mm lygį. Atskirais sezonais kritulių kiekis Žemaitijos KM stotyse kito analogiškai Aukštaitijos KMS, skyrėsi tik kaitos intensyvumas. *Jei kritulių kiekis Aukštaitijos KMS rodė intensyvumo mažėjimą, tai Žemaitijos stotyje, priešingai – kritulių kiekio intensyvumas pradėjo didėti.* Pagrindinė priežastis gausūs krituliai 2017 ir 2020 m.

Žemaitijos KM stotyje 1994-2020 m. laikotarpį kritulių mažėjo tik pavasarį (kovo - gegužės mėn.) -2,44 mm per metus. Kitais metų sezonais kritulių kiekis didėjo: rudenį (rugsėjo-lapkričio mėn.) +2,64 mm per metus, žiemą (gruodžio-vasario mėn.) +0,86 mm per metus ir skirtingai negu Aukštaitijos KMS, mažiausiai reikšmingai vasarą (birželio-rugpjūčio mėn.), tik po +0,39 mm per metus.

Aukštaitijos KMS reikšmingai didėja kritulių intensyvumą liepos mėn., kai jis pradėjęs siekti net po 2 mm per metus. Nauja grėsmė Žemaitijos KMS galėtų tapti sausi gegužės ir birželio mėnesiai.

2015-2018 m. gruntinio vandens lygį iš esmės sąlygojo kritulių kiekis, kuris kito nuo žemiausių iki didžiausių reikšmių Aukštaitijos KMS baseine. Būtent gausūs kritulių kiekiai 2017 m. ir sausra 2018 - 2019 m. sąlygojo tolesnį gruntinio vandens lygio žemėjimo procesą abiejų stočių gilesniuose ir ypač giliausiame gręžinyje.

2020 m. pasižymėjo tolesniu vandens lygio žemėjimu visuose gręžiniuose Aukštaitijos KMS, o Žemaitijos KMS gruntinio vandens lygio pokyčiai buvo nereikšmingi, nors kritulių kiekis paskutiniaisiais metais viršijo 1000 mm ribą, dėl ko kitais metais būtų tikėtinas gruntinio vandens lygio augimas visuose gręžiniuose.

Paskutiniųjų 2015-2018 m. krituliai turėjo reikšmingos įtakos upelio nuotėkiui, bet ne einamaisiais, o tik kitais ateinančiais metais. Dėl šios priežasties mažiausias nuotėkis per visą tiriamąjį laikotarpį Aukštaitijos KMS baseine buvo nustatytas 2016 m. po 2015 m. sausros, kuris nesiekė net 30 mm. Gausūs krituliai 2017 m. atkūrė upelio nuotėkį iki 80 mm

lygmens, tačiau jo reikšmingas padidėjimas ir siekis daugiametės normos (apie 120 mm) buvo registruojamas 2018 m.

2019-2020 m. upelio nuotėkis Aukštaitijos KMS reikšmingai mažėja, tai galima nauja grėsmė miško ekosistemoms.

Vandens balanso sutrikdymas, kai didėjant kritulių kiekiui mažėja upelio nuotėkis, galėtų būti vertinamas kaip naujai registruojama grėsmė ekosistemoms (ne tik miško, bet ir agro bei vandens), kurią sąlygoja pastarojo laikotarpio intensyviai kylanti oro temperatūra.

Saulės spinduliuotė paskutiniu metu 21 m. laikotarpiu didėja. Intensyviausiai ir reikšmingiausiai didėja FAR spinduliuotė, kuri per 22 m. laikotarpį didėja vidutiniškai 1,66 w/m² per metus. Bendrosios saulės spinduliuotės kaita yra kiek mažesnė ir siekia 0,38 w/ m² per metus. Spinduliuotės maksimalių reikšmių kaitoje stebimas iki 2,2 w/ m² spinduliuotės aktyvumo augimas per metus.

Bendroji saulės spinduliuotė reikšmingiausiai didėja gegužės, birželio ir rugpjūčio mėnesiais beveik siekdama 2W/ m² per metus reikšmę.

Maksimalių reikšmių sekoje išsiskiria sausio, kovo-balandžio ir liepos mėnesiai, kada maksimalios reikšmės didėja vidutiniškai po virš 3 W/ m² per metus.

Saulės spinduliuotės reikšmingas didėjimas vasaros laikotarpiu turėjo reikšmingos įtakos šių mėnesių temperatūros kilimui tirtuose KM stotyse.

Per paskutinįjį 21 m. laikotarpį reikšmingai šiltuoju laikotarpiu didėja fotosintetiškai aktyvi saulės spinduliuotė ir ypač gegužės-birželio ir rugpjūčio mėnesiais – virš 3,5 W/ m² per metus.

Didesnė santykinė drėgmė ir gausūs krituliai turi reikšmingos įtakos Saulės spinduliuotės pasiekiančios Žemės paviršių intensyvumo slopinimui.

Saulės spinduliuotės intensyvumo didėjimas gali turėti reikšmingos įtakos gerėjančiai miškų būklei ir produktyvumui, o taip pat ir kitų miško ekosistemų biotos komponentų įvairovei ir gausai.

Pažemio ozono tyrimų rezultatai parodė, kad per 27 m. laikotarpį stebima mėnesio vidutinių koncentracijų mažėjimo tendencija, kuri Dzūkijoje ir iš dalies Aukštaitijoje yra statistiškai reikšminga (p<0,05). Būtent per šį laikotarpį Dzūkijoje O₃ koncentracija mažėja po 0,02 μg/m³, Aukštaitijoje 0,015 μg/m³ ir Žemaitijoje mažiausiai po 0,011 μg/m³ per mėnesį.

Vegetacijos laikotarpiu intensyviausiai ir statistiškai reikšmingai O₃ koncentracijos mažėja Dzūkijoje ir Žemaitijoje, maždaug po 0,29 µg/m³ per metus, kiek silpniau Aukštaitijos KMS po 0,22 µg/m³ per metus.

Šaltuoju laikotarpiu vidutinės mėnesio ozono koncentracijos didėja: Aukštaitijos KMS 0,22 µg/m³, o Dzūkijoje ir Žemaitijoje po 0,18 µg/m³ per metus. Tai būtų galima vardinti, kaip naują grėsmę Lietuvos miškams.

Vidutinė metinė priežemio ozono koncentracija mažėja: intensyviausiai Aukštaitijos KMS – po 0,15 µg/m³, žymiai silpniau Dzūkijoje – po 0,06 µg/m³ ir silpniausiai Žemaitijos KMS – po 0,047 µg/m³ per metus.

Daugiametė vidutinė pažemio ozono koncentracija didžiausia Aukštaitijos KMS - 52,1 µg/m³, kiek mažesnė Žemaitijoje 49,7 µg/m³ ir mažiausia Dzūkijoje 48,8 µg/m³.

Metinių maksimalių koncentracijų kaitoje nustatyta reikšminga mažėjimo tendencija Aukštaitijos ir Dzūkijos KM stotyse, kur ji siekė apie 1,47 µg/m³ per metus. Žemaitijos KMS ši tendencija buvo žymiai mažesnė ir siekė tik 0,35 µg/m³ per metus.

Aukštaitijos KMS vidutinė mėnesio O₃ koncentracija mažėja nuo gegužės iki gruodžio mėn. imtinai ir šis mažėjimas pasiekia reikšmingumo lygmenį VII, IX, X ir ypač XI mėnesiais, svyruodami apie 0,4 µg/m³ per metus lygį.

Maksimalių koncentracijų kaitoje išryškėja vegetacijos laikotarpis, kai birželio-rugsėjo mėn. laikotarpiu maksimalios O₃ koncentracijos mažėja reikšmingiausiai viršydamos net ir 1 µg/m³ per metus lygį.

Tiek bendroji Saulės vidutiniška, tiek ir maksimalios jos reikšmės turi reikšmingos įtakos maksimalių pažemio ozono koncentracijų susidarymui, t.y. paaiškinamos beveik iki 60% šių koncentracijų kaitos.

Labai reikšmingu poveikiu ozonui susidaryti pasižymi ir santykinė oro drėgmė. Didesnė drėgmė panašiai slopina tiek vidutinių, tiek ir maksimalių koncentracijų susidarymą. Ji paaiškina atitinkamai apie 35 ir 45 % šių ozono koncentracijų kaitos.

Pažemio ozono koncentracijas taip pat mažina ir vėjas, ypač jo poveikis reikšmingas maksimalioms ozono koncentracijoms susidaryti.

Vienas iš reikšmingiausių veiksnių sąlygojančių pažemio ozono susidarymą Lietuvoje būtų galima laikyti kritulių pakankamai reikšmingą gausėjimą rugpjūčio ir ypač liepos mėnesiais.

Pažemio ozono koncentracijų mažėjimą sąlygoja nelabai intensyviai kylanti saulės bendroji spinduliuotė liepos mėnesį, pradedanti mažėti vidutinė oro temperatūra balandžio ir liepos mėnesiais, bei didėjantis kritulių kiekis rugpjūčio ir ypač liepos mėnesį.

Ozono koncentracijoms toliau mažėjant medžių lajų būklė ateityje turėtų gerėti, o prieaugis didėti.

Miško būklės tyrimo rezultatų apibendrinimas

Tiriamuoju laikotarpiu (1994-2020 m.) blogiausia medžių būkle išsiskyrė 1996-97 metai, kada lajų defoliacija viršijo 25 % Žemaitijos KMS, 30% Aukštaitijos KMS ir 35% Dzūkijos KMS. Nuo šio laikotarpio iki 2001 m. medžių lajų defoliacija reikšmingai mažėjo. 2001 - 2007 laikotarpis išsiskyrė kaip medžių lajų būklės blogėjimo laikotarpis ir ypač Žemaitijos KMS teritorijoje. 2006-2007 m. laikotarpiu padidėjusi vidutinė visų medžių defoliacija kompleksiško aplinkos veiksnių poveikio rezultatas, kur išskirtinė įtaka turėtų tekti gan akivaizdžiai padidėjusioms rūgštinančių komponentų koncentracijoms ore bei krituliuose.

Paskutiniu metu 2016-2020 m. laikotarpiu Aukštaitijos ir Žemaitijos KMS baseine augančių medžių lajų vidutinės defoliacijos augimą lėmė nepasikartojančios sausros 2015-2016 ir 2018-2019 m. Žemaitijos KMS sausros turėjo ženkliai didesnę neigiamą įtaką medžių lajų būklei. Net gausūs krituliai 2017 m. nebuvo reikšmingas veiksnys įgalinantis atsikurti medžių lajų būklei po sausros. 2018m. sausra neturėjo esminės įtakos lajų būklei ypač medžių augančių drėgnesnėse augavietėse, kokiomis ir išsiskiria Žemaitijos KMS baseinas. Medžių lajų būklės pablogėjimas, kaip buvo tikimasi 2018 m. įvyko 2019 m., po pasikartojančios vėl vienos iš intensyviausių sausrų.

Medžių atkritimo dinamika, kuri rodo medžių rūšies prisitaikymą prie sąlygiškai natūralių aplinkos sąlygų rodo, kad paprastosios pušies medžių būklė išliko stabiliausia per visą tiriamąjį 25 metų laikotarpį. Per šį laikotarpį dėl įvairių priežasčių Aukštaitijos KMS žuvo 18% , o Žemaitijos KMS 22% šiuose stotyse stebėtų pušų. Žymiai daugiau žuvo paprastųjų eglė. Per 25 m. laikotarpį jų skaičius viršijo 45% ribą Žemaitijos KMS ir 49% ribą Aukštaitijos KMS baseine. Pagrindinės priežastys brandžių ir perbrendusių eglė vėjavorta ar snieglaučų lydima žievėgraužio tipografo daroma žala.

Didžiausiu atkritimo intensyvumu pasižymėjo beržai. Žemaitijos KMS jų atkritimo intensyvumas per 25 m. laikotarpį pasiekė 48 %, o Aukštaitijos KMS viršijo net 50 %. Kadangi beržai neturi tiesioginių kenkėjų iš esmės nulemiančių jų žūtį, tai pagrindinės priežastys sąlygojančios tokį aukštą beržų mirtingumą reiktų laikyti klimatinės sąlygas, ir būtent sausras ir karščio bangas, prie kurių ši medžių rūšis yra prisitaikiusi blogiausiai, bei vėjalaūžas ir snieglankas.

2020 m. KMS baseinų teritorijose įvyko reikšmingiausi teigiami būklės pokyčiai per visą tiriamąjį laikotarpį.

Aukštaitijos KMS visų tirtų medžių lajų vidutinė defoliacija sumažėjo vidutiniškai 3,5 %, nuo 22,9% iki 19,4%. Reikšmingiausiai pagerėjo beržų lajų būklė, vidutiniškai nuo 16,7 % iki 11,1 %. Intensyvių lajų būklės gerėjimu pasižymėjo ir eglės, nepaisant pakankamai intensyvaus jų pažeidimų dėl žievėgraužio tipografo veiklos, apie 3% . Pušų lajų būklės pagerėjimo intensyvumas kiek mažesnis negu beržų bet didesnis negu eglų, apie 4 %.

Žemaitijos KMS baseine visų tirtų medžių lajų vidutinė defoliacija sumažėjo panašiai kaip ir Aukštaitijos KMS, t.y. vidutiniškai 3,8 %, nuo 26,8 % iki 23,0 %. Skirtingai negu Aukštaitijos KMS, reikšmingiausiai pagerėjo eglų lajų būklė, nepaisant pakankamai intensyvaus jų pažeidimų dėl žievėgraužio tipografo veiklos, t.y. vidutiniškai nuo 28,9 % iki 24,3 %. Intensyvių lajų būklės gerėjimu pasižymėjo ir beržai, apie 3% . Pušų lajų būklės pagerėjimo intensyvumas buvo silpniausias, vidutiniškai tik 2,6 %.

2020 m. šiltos žiemos, gausių kritulių praėjusio sezono rudens ir žiemos laikotarpiu bei padidėjusio dirvožemio drėgnio poveikio rezultatas – išskirtinai intensyvus tirtų medžių lajų būklės atsikūrimas Aukštaitijos ir Žemaitijos KMS baseino mišriuose spygliuočių su lapuočiais medynuose.

Nepaisant šių pokyčių 2020 m. Aukštaitijos KMS baseine žuvo 13 eglų ir 1 pušis; Žemaitijos KMS baseine žuvo 23 eglės ir 1 drebulė. Pagrindine eglų žuvimo priežastis buvo žievėgraužio tipografo pažeidimai.

2009-2013 m. laikotarpiu Aukštaitijos KMS baseine augančių medžių lapijos indeksas, nustatytas pagal sugertos FAR spinduliuotės kiekį toliau didėjo, kas turėjo sąlygoti gerėjančią lajų būklę, nors vidutinės defoliacijos duomenis tokią katą patvirtina tik iš dalies. Palyginus gautus indeksus tarp stočių, nustatyta, kad Žemaitijos KMS baseine augančių medžių lapijos indeksas didesnis negu Aukštaitijos KMS, ką patvirtina ir medžių lajų defoliacijos duomenys.

Palyginus gautus indeksus tarp stočių, nustatyta, kad Žemaitijos KMS baseine augančių medžių lapijos indeksas didesnis negu Aukštaitijos KMS, ką patvirtina ir medžių lajų defoliacijos duomenys. Paskutiniaisiais metais, kada lapijos indeksas Žemaitijos KMS pradėjo viršyti lapijos indeksą medžių augančių Aukštaitijos KMS, jų lajų būklė taip pat tapo geresnė. 2013 m. LAI nežymiai padidėjo Aukštaitijos KMS. 2014 m. Aukštaitijos KMS registruojamas tolesnis LAI didėjimas, kai tuo tarpu Žemaitijos KMS LAI sumažėjo. 2015

m. registruojamas vidutinės lapijos indekso reikšmės sumažėjimas ir Aukštaitijos ir Žemaitijos KMS baseinuose, kuris gali būti siejamas su medžių tankumo mažėjimu, t.y. intensyvesniu eglių žuvimu dėl eglinio tipografo daromos žalos, kuri Žemaitijos KMS baseine yra didesnė negu Aukštaitijos KMS.

2003-2014 m. duomenys, LAI nustatimui tyrimo ploteliuose naudojant fotosintetiškai aktyvios saulės spinduliuotės intensyvumą, rodo nežymų LAI augimą, ką patvirtina LAI duomenys nustatyti hemisferinio foro aparatu 2010 ir 2020 m.

2015 m. nustatytas nors ir neženklaus vidutinės lapijos indekso reikšmės sumažėjimas. Tai gali būti siejamas ir su metodikos kaita. Tęsiant šiuos tyrimus būtinas naujo FAR/LAI matuoklio įsigijimas, o kas 5 m. lajų fotografavimas hemisferiniu fotoaparatu. Tik tokiu būdu būtų galima užtikrinti gautų rezultatų kokybę ir visišką patikimumą.

Pateikti LAI nustatyti hemisferinio fotoaparatu 2010-2020 m. taip pat įrodo, kad medynų būklė KM stočių baseinų teritorijose gerėja, taip pagrįsdami išvadą, gautą nagrinėjant LAI nustatytą matuojant fotosintetiškai aktyvios saulės intensyvumą tyrimo ploteliuose.

Gauti LAI tyrimų rezultatai gerai atspindi tiriamų medynų medžių lajų būklės kaitą, todėl šiuos tyrimus tikslinga vykdyti, ypač hemisferinį lajų fotografavimą, kurį reiktų atlikti kas 5 metus. FAR tyrimus pagal galimybę rekomenduojama vykdyti kasmet, įsigijus naują FAR matuoklį.

Nustatyta, kad per visą 27 m. laikotarpį 1 ha plote gyvų medžių vidutiniškai sumažėjo nuo 651 iki 368 vnt., arba (43,5%), kas sudarytų po 1,6% visų stebimų medžių per metus.

Pušies medžių sumažėjo nuo 128 vnt iki 107 vnt/ha; medžių iškritimas siekė 16,4%; paprastosios eglės medžių sumažėjo nuo 449 vnt iki 231 vnt/ha; medžių iškritimas siekė 48,5% ir beržų – nuo 63 iki 30 vnt/ha, medžių iškritimas sudarė net 52,3%. Tai sudarytų atitinkamai po 0,61%, 1,8% ir 1,9% šių rūšių medžių per metus.

Eglių ir beržų kamienų skerspločių sumos pokytis per 27 m. laikotarpį Aukštaitijos KMS yra neigiamas, t.y. sumažėjęs daugiau negu 2 m²/ha ir 1 m²/ha atitinkamai. Pušų šio rodiklio pokytis yra teigiamas ir viršija 2 m²/ha, ypač nuo 1999 metų.

Išlikusių gyvų medžių skerspločių sumos prieaugis tarp tirtų rūšių yra priešingas. Didžiausių prieaugiu pasižymėjo išlikusios eglės, kurių šis rodiklis sudarė net 6 m²/ha per

tiriamąjį laikotarpį. Kiek silpnėsiu prieaugiu pasižymėjo pušys – apie 4 m²/ha ir silpniausių ar beveik neregistruojamu prieaugiu pasižymėjo beržai – vos 0,5 m²/ha per visą tiriamąjį laikotarpį.

Žuvusiuose medynuose buvo atkurti tyrimai, papildomai į apskaitą įtraukiant 167 medžius. Tokiu būdu 2020 m. tirtų medžių skaičius padidėjo vidutiniškai beveik 100 vnt./ha ir ypač eglių 65 vnt./ha ir beržų 27 vnt./ha.

Paprastoji eglė buvo ta pagrindinė medžių rūšis, kuri atsikūrė žuvusioje nuo žievėgraužio tipografo žalos eglynų vietoje

Aukštaitijos KMS 1 ha teritorijoje pagal skerspločių sumą vyrauja pušynai. Jų ΣG 1999-2020 m. laikotarpiu didėjo nuo 15,4 iki 17,6 m²/ha. Kiek mažesnė dalis teko eglėms. Jų skerspločių suma turėjo tendenciją mažėti. Jei tyrimų pradžioje gyvų eglių skerspločių suma Aukštaitijos KMS baseino 1 ha plote sudarė 13,8 m²/ha tai paskutiniaisiais 2020 metais – jau tik 12,0 m²/ha ir tik priskaitant naujai įkurtus tyrimo plotelius – iki 13,6 m²/ha. Pagrindinė tokios kaitos priežastis – vėjalaužos ir vėjavartos, bei besipasikartojantys eglinio tipografo pažeidimai ypač grandžiuose ir perbrendusiuose eglynuose.

Apibendrinus medžių mirtingumo, atsikūrimo ir prieaugio rezultatus matyti, kad per 27 m. laikotarpį natūraliai besivystančios miško ekosistemo produktyvumas padidėjo nuo 31,6 m²/ha iki 33,5 m²/ha, kas sudarytų 6 proc. nuo bendros visų medžių skerspločių sumos.

Aukštaitijos KMS baseine augančių medžių tūris taip pat per 27 m. padidėjo, įskaitant medžių atkritimą. Didžiausiu teigiamu tūrio pokyčiu pasižymėjo pušys, kurių tūris per 27 m. laikotarpį įskaitant ir medžių iškritimą, padidėjo nuo 225 m³/ha iki 262 m³/ha, t.y. 16,5 %, kas sudarytų po 1,4 m³/ha per metus. Didžiausiu neigiamu tūrio pokyčiu pasižymėjo beržai. Jų tūris vidutiniškai (įskaitant medžių atkritimą) mažėjo nuo 33 m³/ha iki 22 m³/ha, kas sudarytų 33 % arba po -0,4 m³/ha per metus. Eglių tūrio kaita demonstravo stabilią būseną, t.y. jų atritimas ir prieaugis praktiškai buvo lygūs.

Didžiausią tūrio prieaugį demonstravo eglės (2.9 pav.). Per 27 m. laikotarpį tik išlikusių gyvų eglių tūris padidėjo nuo 71 m³/ha iki 148 m³/ha, t.y. daugiau nei 2 kartus, ar po 2,9 m³/ha per metus. Kiek mažesniu tūrio prieaugiu pasižymėjo pušys. Jų tūris per 27 m. padidėjo nuo 195 m³/ha iki 262 m³/ha, kas sudaro daugiau negu 25 % ar po 2,5 m³/ha per metus. Beržų tūrio prieaugis padidėjo nuo 14 m³/ha iki 22 m³/ha, kas sudaro 36 %, ar po 0,3 m³/ha per metus.

Aukštaitijos KMS baseino miškų, kurie priklauso vienam seniausių Ažvinčių sengirės rezervatui, išlikusių gyvų medžių tūrio prieaugis sudarė po 5,7 m³/ha per metus.

Aukštaitijos KMS teritorijoje per 1999-2015 m laikotarpį intensyviausiai didėjo pušynų gyvoji biomasė. Padidėjimas sudarė nuo 105t/ha iki 119 t/ha.

2020 m. registruojami vieni reikšmingiausių pokyčių miško ekosistemose. Per paskutiniuosius metus, nors ir buvo registruojami eglinio tipografo pažeidimai, žuvusių medžių skaičius buvo artimas mažiausioms reikšmėms ir panašiai kaip ir 2003 m.

Pagal medžių kamienų suirimo laipsnį mort masė pasiskirstė taip: Mort 1 – 7,75%, Mort 2 – 10,56 %, Mort 3 – 14,19 %, Mort 4 – 8,06 %, Mort 5 – 24,71 % ir Mort 6 – 34,73 %. Apibendrinus gautus rezultatus galima teigti, kad *apie 30 % visų per visą stebėjimą žuvusių medžių mediena, pastaruoju laikotarpiu yra susiskaldžiusi jau be jokių likusių žymių.*

Aukštaitijos KMS gyvų medžių biomasės kaitoje per 27 m. laikotarpį taip pat ryškūs pokyčiai. Medynų biomasė vidutiniškai padidėjo iki 230 t/ha, įskaitant naujus į apskaitą įtrauktus medžius (prieaugi), o jos pokytis lyginant su 1999 m. padidėjo 25,7 t/ha, arba 1,22 t/ha per metus.

Per 1999-2020 metų laikotarpį padidėjo atitinkamai: N +45,6 kg/ha (2,17 kg/m.); P +6,04kg/ha (0,29 kg/m.); K 19,2 kg/ha (0,91 kg/m.); Ca 27,2 kg/ha (1,3 kg/m.); Mg 6,24 kg/ha (0,3 kg/m.); Fe 1,09 kg/ha (0,05 kg/m) ir Mn 6,8 kg/ha (0,32 kg/m.). Tai sudaro 12-14% šių lementų kiekio lyginant su 1999 m.

Negyvosios medienos kiekis, kuris per 27 metų laikotarpį dūlėjo bei iš dalies kaupėsi ir praturtino dirvožemį, didėjo nuo 33,4 t iki 116,8 t/ha, kas sudarė po 3,1 t/ha per metus. Ypač reikšmingai didėjo eglų mort masė – 55,9 t/ha arba po 2,1 t/ha per metus; beveik 3 kartus mažesniu intensyvumu padidėjo pušų – 14,7 t/ha arba 0,55 t/ha per metus ir kiek tai dar mažiau lapuočių medžių rūšių – 12,8 t/ha arba 0,47 t/ha per metus.

Per tiriamąjį laikotarpį nuo 1993 iki 2020 į atmosfera grįžo ar pateko į dirvožemį su krituliais 121 kg/ha azoto, 10,6 kg/ha P, 44,2 kg/ha K, 95 kg/ha Ca, 16,2 kg/ha Mg, 4,8 kg/ha Fe, 20,7 kg/ha Mn ir 27 kg/ha S/ha.

Per 26 m. laikotarpį Žemaitijos KMS tirtų medžių skaičius sumažėjo nuo 584 iki 325 vnt/ha ir tai sudarė beveik 45 % visų stebėtų medžių. Intensyviausiai sumažėjo eglų, kiek mažiau beržų ir mažiausiai pušų.

2020 m. Žemaitijos KMS žuvusiuose medynuose atsikūrus eglynams, papildomai į apskaitą buvo įtraukti vidutiniškai 55 medžiai hektare ir tik eglų.

Žemaitijos KMS eglių kamienų skerspločių suma sumažėjo nuo 23,5 iki 16,5 m²/ha arba apie 0,27 m²/ha per metus. Pušų kamienų skerspločių sumos pokytis buvo teigiamas ir siekė apie 1 m²/ha, o beržų praktiškai išliko nepakitęs.

Eglių vidutinis skerspločių sumos prieaugis per tiriamąjį laikotarpį sudarė net apie 7 m²/ha arba apie 0,33 m²/ha (1,62 %) skerspločių sumos per metus. Pušų skerspločių sumos prieaugis per tiriamąjį laikotarpį sudarė apie 1,2 m²/ha arba apie 0,06 m²/ha (1,284 %) skerspločių sumos per metus. Beržų prieaugis buvo mažiausias ir sudarė tik apie 0,6 m²/ha arba 0,03 m²/ha per m.

Žemaitijos KMS baseine augančių medžių tūris per 26 m. laikotarpį padidėjo, sumažėjo nuo 333 m³/ha iki 297 m³/ha, t.y. -36,3 m³/ha arba -1,4 m³/ha per metus. Didžiausiu tūrio sumažėjimo intensyvumu pasižymėjo eglės. Jų bendras tūris sumažėjo - 54,3 m³/ha arba 2,1 m³/ha per metus. Beržų tūrio pokytis buvo artimas 1 m³/ha, o pušų tūrio pokytis buvo teigiamas ir siekė 14,2 m³/ha arba 0,6 m³/ha per metus.

Per 26 m. laikotarpį tik išlikusių gyvų eglių tūris padidėjo nuo 110 m³/ha iki 206 m³/ha, t.y. apie 2 kartus, ar po 3,7 m³/ha per metus. Kiek mažesniu tūrio prieaugiu pasižymėjo pušys. Jų tūris per 26 m. padidėjo nuo 42,3 m³/ha iki 62,4 m³/ha, kas sudaro daugiau negu 50 % ar po 0,8 m³/ha per metus. Beržų tūrio prieaugis padidėjo nuo 5,8 m³/ha iki 12,5 m³/ha, kas sudaro daugiau negu 110 %, ar po 0,3 m³/ha per metus.

Tokiu būdu Žemaitijos KMS baseino miškų išlikusių gyvų medžių tūrio prieaugis sudarė 131 m³/ha arba po 5,1 m³/ha per metus.

Išskirtiniai 2020 m. rezultatai. Per paskutinįjį 5 m. laikotarpį gyvų medžių biomasė sumažėjo nuo 190 iki 169 t/ha, t.y. 21 t/ha arba daugiau nei 10 %. Toks intensyvus sumažėjimas buvo sąlygotas žievėgraužio tipografo pažeidimų, dėl ko paskutiniu metu laikotarpiu net 36 t/ha padidėjo negyvos medienos kiekis, pagrinde eglių medienos biomase.

Paskirsčius medieną pagal jos suirimo laipsnį nustatyta, kad ***2020 m. švieži sausuoliai sudarė Mort 1 36,5 t/ha, Mort 2 – 12,6 t/ha, Mort 3 29,1 t/ha, Mort 4 11,5 t/ha, Mort 4 11,5 t/ha, Mort 5 28,1 t/ha ir visiškai, be likusių žymių suirę Mort 6 12,5 t/ha.***

2020 m. gyvų medžių biomasė sumažėjo ir sudarė 169 t/ha. kurioje pagrindinių bioelementų kiekiai buvo tokie: azotas 312 kg/ha, fosforas 29,6 kg/ha, kalis 117,9 kg/ha, kalcis 235,3 kg/ha, mangano 55,3 kg/ha, magnio 36,1 kg/ha. Per paskutinįjį 5 metų laikotarpį 2015-2020 bioelementų kiekis Žemaitijos KMS sumažėjo apie 10%

Palyginus bioelementų kiekių mort masėje formavimosi intensyvumą tarp stočių nustatyta, kad Žemaitijos KMS mort masė formuojasi intensyviau, bei su ja į dirvožemį patenka daugiau bioelementų negu Aukštaitijos KMS baseine.

2020 m. Aukštaitijos KMS teritorijoje iš 592 atrinktų viršaujančių, vyraujančių ir iš dalies stelbiamų miško medžių 65 identifikuoti seni ir švieži pažeidimai, kurie iš esmės turėjo ar galėjo turėti įtakos jų būkle.

Daugiausiai pažeista išlieka medžių kamienų apatinė dalis (3). Pažeidimai šioje srityse jau daugelį metų beveik siekia ar viršija 50% visų užregistruotų pažeidimų. Kiek mažiau pažeistas lajos kamienas (6) – iki 27% pažeidimų. Tai stipraus vėjo padarinys. Kitoms medžio sritims tenka žymiai mažiau pažeidimų. Pažeidimai šaknų ir priekelminėje kamieno srityse indikavo vėjavartas, kurių AKMS baseine buvo užregistruota iki 5,3 % visų medžių. Visame kamiene (4), viršutiniame kamieno dalyje (5) ir šakose (7) užregistruota maždaug iki 6% visų pažeidimų.

2019 m. pradėti registruoti lapijos pažeidimai dėl pasikartojančios sausros (9). Tai menkai išsivystę ar nesuformavę lapai/spygliai, kurie didino medžių lajų defoliacijos laipsnį. Tokių medžių užregistruota virš 1,2 %. 2020 m. šių pažeidimų kiekis praktiškai liko nepakitęs

Dažniausiai pasikartojantis pažeidimas buvo: atviros žaizdos (3). Šis pažeidimas viršijo 46% visų pažeidimų (2.21 pav.). Tai įvairaus senumo bei intensyvumo elnių nulopyti eglių kamienai. 25% pažeidimų sudarė viršūninio ūglio ar viršūnės netekimas (21), kurį sąlygojo snieglauzos ir vėjalauzos. Eglinio topografo, ūglių ir lapų pažeidimai 2020 m. viršijo kaip ir 2019 m. 13 %, o vėžiniai susirgimai ir įvairūs kamieno nulenkimai dėl smarkaus vėjo sudarė apie 3 % visų pažeidimų.

2020 m. daugiausiai pažeistos buvo paprastosios eglės, kurios sudarė virš 80% visų pažeistų medžių, ar apie 30% visų stebėtų eglių. 5% visų pažeidimų teko beržams, ar 1% visų stebėtų beržų ir 10% visų pažeistų medžių pušims, ar 5% visų stebėtų pušų.

Žemaitijos KMS teritorijoje daugiausiai pažeidimų rasta viso kamieno srityje (4). Pažeidimai šioje srityje padidėjo iki 41% visų užregistruotų pažeidimų. Tai žievėgraužio tipografo medžio pažeidimo sritis. Pažeidimai lajos kamiene siekė 27 %. Padidėjo dėl pasikartojančių sausrų pažeistų lapų ar spyglių (9) – 19 % ir viršutinės kamieno dalies pažeidimų (5) – 9 %. Mažiausiai pažeidimų registruota šakų (7) srityje ir apatinėje kamieno dalyje (3). Šaknų ir priekelminėje (1-2) srityse paskutiniaisiais metais pažeidimų nerasta.

Dažniausiai pasikartojantis pažeidimas buvo po pasikartojančių sausrų eglinio tipografo pažeidimai (25). Kurių skaičius lyginant su 2019 m. sumažėjo iki 45%. Dvigubai mažiau pažeidimų registruota lajos kamieno srityje (21) ir ūglių/lapų pažeidimų (24). Jų skaičius šioje srityje sumažėjo iki 20-22 % (13 pav.). Tokį šio pažeidimo registracijų skaičių

sąlygojo vėl pasikartojančios vėjalaužos ir snieglaužos. Vos kelis procentus pažeidimų sudarė atviros žaizdos (3), sakotakių pažeidimai (4) ir nulaužtas kamienas (11).

Daugiausiai pažeistos buvo paprastosios eglės, kurios sudarė virš 80% visų pažeistų medžių ir apie 15% pušys.

Apibendrinus 16 metų pažeidimų tyrimo rezultatus Aukštaitijos KMS nustatyta, kad paskutiniuoju laikotarpiu mažėja pažeidimų priekelminėje, šaknų srityje (sumažėjo vėjavartų) ir kamieno srityje, tačiau vėl pradėjo didėti pažeidimai lajoje. Žievėgraužio tipografo pažeidimų intensyvumas Aukštaitijos KMS baseine nors dėl pasikartojančių sausrų padidėjo, bet išlieka maždaug panašiam lygmenyje kaip ir ankstesniais metais.

16 metų pažeidimų tyrimo rezultatai Žemaitijos KMS parodė, kad dėl pasikartojančių sausrų žievėgraužis tipografas dažniausiai pažeidžia visą eglės kamieną, ko pasekoje tokie medžiai žūna. Šio kenkėjo pažeidimų skaičius viršija 50 % visų registruotų miške pažeidimų ir 12,2% visų stebėtų eglų. Tai besiformuojanti nauja grėsmė brandiems ir perbrendusiems eglėms Vakarų Lietuvos regiono miškams.

Po intensyvių snieglaužų ar vėjavartų ir bepasikartojančių sausrų 2015-2016, 2018-2019 m. labai suintensyvėjo žievėgraužio tipografo veikla, kurio rezultatas papildomai žuvusios eglės. Tai būtų galima registruoti kaip naują grėsmę Vakarinio Lietuvos regiono eglėms.

Aukštaitijos KMS tyrimų stacionaruose pagrindinė medžių atkritimo priežastis: eglų – žievėgraužio tipografo pažeidimai, beržų vėjalauža ar snieglaužų. Pušys tyrimų stacionaruose išlieka stabiliausias.

Žuvusių medžių skaičiaus dinamika rodo, kad per tiriamąjį laikotarpį, kasmet vidutiniškai iškrenta apie 1,6-1,7% medžių. Tai vidutinis medžių atkritimo intensyvumas, kuris stebimas stacionaruose nuo pat tyrimų pradžios, t.y. 1993 m. 2019 m. žuvusių medžių skaičius tirtuose stacionaruose iš esmės nesiskyrė nuo daugiamečio vidurkio, nepaisant intensyvios sausras ir karščio bangų, lydimų žievėgraužio tipografo daromos žalos.

2018 ir ypač 2019 m. sausra neigiamai paveikė medžių augančių tyrimo stacionaruose būklę. Visų ir tik vyraujančių medžių vidutinė defoliacija turėjo tendencija padidėti. Tai bepasikartojančių sausrų poveikio rezultatas.

I stacionare 2015-2019 m. nepalankūs meteorologiniai veiksniai pušų, augančių natūraliai drėkinamose sąlygose būklę paveikė mažiausiai. Jų lajų būklė praktiškai nepakito

ir net paskutiniaisiais 2016 m. buvo geresnė nei eglė ir beržų, o pasikartojančios sausros 2018 ir 2019 m. neturėjo jokio reikšmingo poveikio jų lajų vidutiniai defoliacijai didėti. 2019 m. čia augančių pušų lajų vidutinė defoliacija net sumažėjo 0,6%. Eglė lajų vidutinė defoliacija paskutiniu 4 metų laikotarpiu kito nereikšmingai, nors 2019 m. jos intensyvumas beveik siekė 30%. Beržų lajų būklė buvo geriausia 2015 m. Bepasikartojančios sausros reikšmingai pablogino šiame stacionare augančių beržų būklę. Vidutinė defoliacija padidėjo nuo 13 iki 20%. Tai vienas didžiausių būklės pablogėjimo rodiklių.

II stacionare tik eglė lajų vidutinė defoliacija per visą tiriamąjį laikotarpį, su nereikšmingais svyravimais išliko stabili, t.y. apie 30%. Tačiau kaip ir I stacionare čia augančių visų išsivystymo klasių eglė lajų vidutinė defoliacija didžiausia. Pušų ir beržų lajų vidutinė defoliacija reikšmingai nesiskiria tarpusavyje. 2017 m. gausūs krituliai labiausiai buvo palankūs paprastosioms pušims. Kaip ir pirmajame stacionare jų būklė čia buvo geriausia, kuri tokia išliko ir 2018 m. 2019 m. pasikartojanti sausra padidino šiame stacionare augančių pušų defoliaciją 2,2%, iki 17,4%. 2018-2019 m. sausros reikšmingai, kaip ir I-jame stacionare, padidino ir beržų vidutinę defoliaciją.

III stacionare 2015-2019 m. nepalankūs meteorologiniai veiksniai sąlygojo reikšmingą eglė lajų būklės pablogėjimą. Smarkiai padidėjo ir beržų lajų vidutinė defoliacija. Tik 2017 m. gausūs kritulių kiekis turėjo reikšmingos įtakos eglė lajų būklei atsikurti, kai tuo tarpu beržų būklė ir toliau blogėjo. Dėl 2018-2019 m. sausros medžių lajų defoliacija padidėjo. Ši tendencija gerai atspindėjo gautus rezultatus visame Aukštaitijos KMS baseine.

Išskirtiniai 2020 m. Meteorologinės sąlygos po besikartojančių sausrų 2018-2019 m. buvo ypač palankios medžių būklei ir jų augimui. Visuose tyrimų stacionaruose augančių medžių lajų būklė gerėjo kaip ir visame upelio baseine. Jų vidutinė defoliacija atitinkamai sumažėjo iki ir 20,2 %, 22,7% ir 19,9%. Ypač reikšmingai sumažėjo aukštutinio stacionaro medžių lajų defoliacija, kuri siekė apie 5%.

2020 m. meteorologinės sąlygos ypač paskatino formotis tankiai lapijai, dėl ko pušų lajų defoliacija sumažėjo daugiau negu 5% iki 12,5 %. Palankios klimatinės sąlygos sudarė galimybę formuoti tankesnius spyglius bei padidinti prieaugį eglėms. Tokio reiškinio rezultatas sumažėjęs lajos vidutinės defoliacijos laipsnis 3,5% iki 25,5%.

Meteorologinės sąlygos, kurios buvo ypač palankios spygliuočiams medžiams, buvo mažiausiai reikšmingos beržams, nors būklės pagerėjimas 2020 m. buvo registruojamas

visuose stacionaruose, tik ne toks reikšmingas, kaip spygliuočiams. Beržų defoliacija sumažėjo 2,5% iki 14,7%

2020 m. išlikusių gyvų medžių būklė buvo analogiška kaip ir 2004 ar 2015 m. , kai tirtų medžių defoliacija svyravo apie 20 % ir tik pačių senausių medžių augančių antrajame stacionare medžių lajų defoliacija svyravo apie 23 %. Tai miškų geros būklės rodiklis.

Žemaitijos KMS 2014 m. dėl žievėgraužio topografo žuvo 3 eglės ir tik po 3 metų, 2017 m. vėl žuvo dvi eglės. 2018 m. žuvusių medžių stacionare neregistruota, tik vėl dėl šio kenkėjo pažeidimo, trijų eglų lajų būklė buvo įvertinta kaip labai prasta, t.y. defoliacija siekė 90 %. Tai potencialūs 2019 m. sausuoliai. 2019 m. žuvo 6 eglės. Nepaisant to 2020 m. žuvusių eglų tyrimo stacionare neregistruota.

Išskirtiniai 2020 m. rezultatai, kuriais Žemaitijos KMS registruotas reikšmingiausias eglų vidutinės defoliacijos sumažėjimas, net iki 17 %, t.y. beveik 10 % per metus. Tai geriausias eglų lajos būklės vidutinis parametras per visą tiriamąjį laikotarpį.

Aukštaitijos KMS I stacionare gyvų medžių tūris per 26 m. laikotarpį padidėjo nuo 388 m³/ha iki 468 m³/ha, kas sudaro 80,5 m³/ha arba 3,1 m³/ha per metus. Per tą patį laikotarpį žuvusių medžių tūris didėjo iki 110 m³/ha, t.y 4 m³/ha per metus. Didžiausiu prieaugiu pasižymėjo eglės 59 %, kiek mažesniu pušys 21 %, o beržų tūris sumažėjo 45 %.

II stacionare gyvų medžių tūris padidėjo nuo 632 m³/ha iki 784 m³/ha , t.y. 151 m³/ha arba 5,8 m³/ha per metus. Per tą patį laikotarpį žuvusių medžių tūris didėjo iki 119 m³/ha, t.y 4.6 m³/ha per metus. Didžiausiu prieaugiu pasižymėjo drebulės, kurių prieaugis per tiriamąjį laikotarpį sudarė daugiau negu 110 %, pušų prieaugis siekė 23 %, o eglų tik 13 %. Beržų prieaugis šiame stacionare buvo vienas iš didžiausių ir siekė 38 %.

III stacionare gyvų medžių tūris dėl intensyvių vėjavartų sumažėjo nuo 410 m³/ha iki 312 m³/ha , t.y. 98 m³/ha. Per tą patį laikotarpį žuvusių medžių tūris didėjo iki 245 m³/ha, t.y 9,4 m³/ha per metus. Labiausiai nukentėjo drebulės. Šios medžių rūšies stacionare neliko. 30 % sumažėjo eglų tūris ir 20 % pušų.

Tirtų medžių rūšių kamieno skersmens ir aukščio analizė parodė, kad per tiriamąjį laikotarpį intensyviausiai visuose stacionaruose į skersmenį ir aukštį augo eglės, kiek mažesniu augimo intensyvumu pasižymėjo beržai ir žemiausiu, ypač į aukštį pušys.

Žemaitijos KMS tirtų medžių stiebų tūrio analizė parodė, kad augalijos tyrimų stacionare gyvų pagrinde eglų tūris per 26 m. laikotarpį padidėjo nuo 407 m³/ha iki 622 m³/ha, kas sudaro 215,5 m³/ha arba 8,3 m³/ha per metus. Per tą patį laikotarpį žuvusių medžių tūris didėjo iki 67 m³/ha, t.y 2,6 m³/ha per metus.

Didžiausiu produktyvumu KMS baseinų teritorijose pasižymi drebulės, kiek mažesniu prieaugiu – eglės, o esminiu skirtumu tarp beržų ir pušų prieaugio nenustatyta.

Aukštaitijos KMS visų medžių defoliacijos laipsnis didėjo didėjant S ir N taršos komponentėms. Mažiausiai reikšmingi ryšiai nustatyti tarp tirtų taršos komponentių ir beržų lapų būklės. Natūraliai drėkinamoje augavietėje spygliuočių medžių rūšių prieaugį taip pat sąlygojo rūgščiosios komponentės ore ir jų iškritos. Koncentracijoms didėjant tiek medžių būklė blogėja, tiek ir metinis prieaugis mažėja.

SO_4^{2-} SO_2 ir NH_4^+ koncentracijos ore – buvo pagrindiniai veiksniai skatinantys eglų lapų išretėjimą Žemaitijos KMS baseine augančiuose miškuose.

Eglų metinis prieaugis tame pačiame mišriame medyne kelis kartus viršija kitų lydinčiųjų medžių rūšių prieaugį natūraliai drėkinamose ir perteklinio drėkinimo miško augavietėse.

Gausesni sausio-vasario mėn. krituliai kartu su krituliais vegetacijos laikotarpiu skatina eglų kamienų augimą ir natūraliai drėkinamoje, ir perteklinės drėgmės augavietėse. Aukštesnė oro temperatūra žiemos ir vegetacijos laikotarpiais taip pat tik skatina eglų augimą. Šie veiksniai paaiškina iki 67% prieaugio formavimosi kintamumą.

Metinė tirtų medžių rūšių kamieno radialiojo prieaugio analizė parodė, kad reikšmingai didėjanti rugsėjo ir liepos mėnesio vidutinė temperatūra reikšmingai sąlygojo spygliuočių medžių rūšių prieaugio didėjimą. Tik karštis ir sausra birželio mėnesį, kai intensyviausiai formuojama metinė rievė, neigiamai sąlygojo eglų prieaugį, o pušų – tik pelkinėse augavietėse.

Nei karpuotasis nei plaukuotasis beržas nebuvo atsparūs sausrui ir karščiui. Didesni kritulių kiekiai vegetacijos laikotarpiu ir ypač jo pabaigoje reikšmingai sąlygojo beržų intensyvesnį augimą abiejose miško augavietėse, o karštis leipos – rugsėjo mėnesį, priešingai slopino beržų prieaugį. Beržų lapų gyvavimo trukmės mažėjimas buvo vienas iš pagrindinių veiksnių lemiančių beržų prieaugio mažėjimą.

Mišo augavietės didenė drėgmė reikšmingai didino medžių atsparumą aplinką rūgštinančioms komponentėms, ypač sieros junginių.

Nitratų iškritos skatino medžių prieaugį, ypač skurdžioje augavietėje (Nb), kur C/N santykis viršijo 25 ir daugiau kartų. Pelkinėje derlingoje MA, kur C/N santykis siekė apie 15, teigiamas nitratų poveikis medžiams augti nenustatytas.

Reikšmingas ir neigiamas pažemio ozono poveikis buvo eglėms augti nustatytas abiejose augavietėse, o pušims – tik Nb augavietėje. Ozono neigiamas poveikis beržams augti buvo tik artimas reikšmingam ($p < 0,1$). Todėl teigiam, kad paprastoji eglė turėtų būti viena jautriausių ozono neigiamam poveikiui, kiek atsparesnės tokiam poveikiui turėtų būti pušys ir atspariausi – beržai. .

Paprastoji eglė yra viena geriausiai prisitaikiusi prie pastarojo laikotarpio aplinkos pokyčių. Teiginys, kad ši medžių rūšis šiaurės rytinėje Europos dalyje praras savo reikšmingumą yra paneigtas. Adekvačios miškininkavimo priemonės didinančios eglynų atsparumą kenkėjams ir vėjolaužai bei vėjavartai užtikrintų eglynų tvarų vystymąsi ateityje.

Rūgštinančių komponentų koncentracijų ore ir jų iškritų su krituliais trendų rezultatus, galima teigti, kad ateityje tirtų medžių rūšių lajų defoliacija turėtų mažėti at stabilizuotis labai žemame lygmenyje, kas turėtų skatinti ir medžių prieaugį ir jų bendrą atsparumą nepalankiems aplinkos veiksniams.

Miško ekosistemos skirtingų biotos komponentų kaita

Tyrimų pradžioje didžiausiu gausumu žaliadumbliai pasižymėjo Aukštaitijos KMS teritorijoje. Kiek mažesniu gausumu pasižymėjo Žemaitijos KMS teritorijoje.

2010-15 m. Aukštaitijos ir Žemaitijos KMS baseinų tarša azoto junginiais turėtų išlikti panašiam lygmenyje ar demonstruoti mažėjimo tendenciją.

2016-2017 m. Aukštaitijos KMS stebimų eglių spyglių padengimas žaliaisiais oro dumbliais iš esmės nepakito. Vyrauja labai silpnas padengimo intensyvumas. Žaliadumbliais padengiami vis senesni spygliai, o stebimų eglių būklė taip pat išlieka labai gera. Žemaitijos KMS oro užterštumas azoto junginiais išliko stabilus. Pagrindinis rodiklis indikuojantis tokią kaitą jauniausio ūglio amžius, kurio spygliai pradami apaugti žaliaisiais oro dumbliais.

Pasikartojančios sausros Aukštaitijos KMS neturėjo esminės įtakos žaliųjų oro dumblių gausos padidėjimui paskutiniaisiais 2018-2019 m. Pasitvirtino teiginys, kad šiltėjantis klimatas, dėl organinių junginių skaldimosi intensyvumo skatinimo, mažina aplinkos užterštumą N junginiais. Jauniausio eglės ūglio amžius Aukštaitijos KMS 2019 m. padidėjo vidutiniškai iki 2,8 m., kas rodo mažėjantį oro baseino užterštumą šiais junginiais. 2019 m. žaliųjų oro dumblių gausa Žemaitijos KMS didėjo, ir [priešingai negu Aukštaitijos KMS, indikavo didėjanti oro baseino užterštumą N junginiais.

2020 metais registruoti du priešingi procesai žaliųjų oro dumblių gausos rezultatuose. Aukštaitijos KMS nustatytas nors ir neženklaus šių dumblių gausos padidėjimas, koks buvo

registruojamas dar 2006 – 2007 m. Žemaitijos KMS žaliųjų oro dumblių gausos tyrimo stotyje nustatyta, kad šių dumblių gausa ant eglių spyglių sumažėjo.

Žaliųjų oro dumblių fitoindikacinei reakcijai didelės įtakos turi ir kritulių kiekis, kuris mechanškai gali nuplauti dumblius nuo spyglių paviršiaus.

2020 m. Aukštaitijos ir Žemaitijos KMS buvo atlikta 19-ta epifitinių kerpių rūšinės įvairovės, gausumo bei būklės apskaita kerpių tyrimo stotyje, bei pakartoti detalūs epifitinių kerpių rūšių įvairovės ir gausumo tyrimai visame baseine, įvertinat per 5 m laikotarpį užregistruotus pokyčius.

Aukštaitijos KMS epifitinių kerpių bendras padengimo intensyvumas jau daugelį metų praktiškai išlieka stabilus. *2016-2019 m. padengimo procentas medžio kamieno apatiniuose lygmenyse išlieka stabilus, su tendencija didėti dėl Cladonia genties ir Parmeliopsis ambigua kerpių gausumo didėjimo. Aukščiausiam lygmenyje, t.y. 150 cm aukštyje nuo 2007 m. registruojamas palaipsnis kamienų kerpėtumo didėjimas, kas indikuotų vis mažiau teršiamą aplinką sieros junginiais.*

2018 m. išsiskyrė iš likusiųjų padidėjusiu tirtų medžių kamienų kerpėtumo laipsniu. Aukštaitijos KMS kerpėtumo intensyvumas 2018 m. išliko vienas didžiausių visuose matavimo aukščiuose ir tokį rezultatą sąlygojo kamienų padengimas putliuoju plynkėžiu. *2019 m. pasikartojusi sausra neturėjo reikšmingos įtakos bendram kamienų kerpėtumo intensyvumo pokyčiui, nors padengimas putliuoju plynkėžiu demonstravo tendenciją mažėti.* 2020 m. registruojamas neženklus epifitinių kerpių gausumo sumažėjimas.

Epifitinių kerpių gausumas 2016-2019 m. laikotarpiu išlieka keliais procentiniais punktais didesnis negu 2011-2015 m. laikotarpiu. Tai vienos didžiausių padengimo epifitinėmis kerpėmis reikšmės per visą tiriamąjį laikotarpį. Tokia epifitinių kerpių reakcija į aplinkos pasikeitimus pirmiausiai turėtų indikuoti vis mažiau teršiamą Aukštaitijos regiono oro baseiną sieros junginiais.

Apibendrinant lichenologinius tyrimų rezultatus kompleksiško monitoringo stotyse, galima teigti, kad klimatiniai faktoriai bei naudojami epifitinių kerpių gausumo tyrimo metodai neleidžia patikimai nustatyti esminių kaitos skirtumų Aukštaitijos ir Žemaitijos KMS baseinuose. Tačiau gausumo nors dar ir nereikšmingas didėjimas rodo, kad oro baseino užterštumas KM stotyse sieros junginiais turėtų mažėti.

Aukštaitijos KMS epifitinių kerpių gausumas 2016-2019 m. laikotarpiu išlieka keliais procentiniais punktais didesnis negu 2011-2015 m. laikotarpiu. Tai vienos didžiausių padengimo epifitinėmis kerpėmis reikšmės per visą tiriamąjį laikotarpį. Tokia epifitinių

kerpių reakcija į aplinkos pasikeitimus pirmiausiai turėtų indikuoti vis mažiau teršiamą Aukštaitijos regiono oro baseiną sieros junginiais. Pastaruoju laikotarpiu dėl intensyvaus kamienų padengimo putliuoju plynkėžiu, bendras tirtų medžių kerpėtumas išlieka didžiausiame lygmenyje per visą tiriamąjį laikotarpį. Tokią epifitinių kerpių kaitą mūsų manymu galėjo sąlygoti papildomai ir klimatinės sąlygos, kai po pakankamai sauso 2015 m. sezono sekė labai drėgni 2017 m. Pasikartojančios sausros neturėjo reikšmingos įtakos tirtų medžių kamienų kerpėtumo laipsniui mažėti.

2020 m. registruojamas neženklus epifitinių kerpių gausumo sumažėjimas. Įdomu pažymėti, kad toks sumažėjimas buvo registruotas ir išskirtinai drėgnais ir lietingais 2017 metais. Tokie rezultatai įgalina daryti išvada, kad gausūs krituliai gali sąlygoti gausumo sumažėjimą, ypač per pušies žiauberio plokštelių atsilupimą nuo kamieno ir nukritimą kartu su ant jų esančiomis kerpėmis.

Nustatyta, kad nuo 2015 m. nitratų srautas Aukštaitijos KMS sumažėjo nuo 2 kg/ha iki 1,5 kg/ha, o amonio – nuo 3 kg/ha iki 2 kg/ha. Tokiu būdu apskaičiavus bendrą srautą matyti, kad azoto srautui sumažėjus nuo 5 kg/ha iki 3,5 kg/ha epifitinių kerpių gausumas reikšmingai padidėjo. Tai būtų galima teigti, kad kritinis srautas lemiantis epifitinių kerpių reikšmingus pokyčius nitratams būtų apie 1,5 kg/ha, o amonio jonams – apie 2 kg/ha. Bendrai tai sudarytų apie 3-4 kg/ha. Šiandieną kritinis N srautas yra 5 kg/ha. Gauti duomenys rodo, kad ši reikšmė jautriose miško ekosistemose turėtų būti mažesnė, t.y. iki 3 kg/ha., ką patvirtina pastarųjų metų tyrimai Skandinavijos šalyse.

Kaip ir Aukštaitijos KMS, Žemaitijos KMS baseine epifitinių kerpių padengimo intensyvumas 2015-2019 m. laikotarpiu yra kiek tai padidėjęs lyginant su 2009-2014 m. laikotarpiu, bet praktiškai stabilus, kas indikuotų ir mažai kintantį oro baseino užterštumo sieros junginiais lygmenį ir skirtingas epifitinių kerpių reakcijas į sausras.

2020 m. epifitinių kerpių gausumas Žemaitijos KMS padidėjo, tiek putliuoju plynkėžiu, tiek ir kitų registruotų kerpių. Pgal matavimo aukštį matyti, kad kiek tai mažėja gausumas žemiausiame 60 cm lygmenyje, o didėja aukštesniuose lygmenyse ir ypač 150 cm aukštyje.

Gauti duomenys rodo, kad azoto kritinio srauto reikšmė jautrioms miško ekosistemoms turėtų būti mažesnė negu 5 kg/ha, t.y. apie 3 kg/ha., ką patvirtina pastarųjų metų tyrimai Skandinavijos šalyse.

Tyrimai atlikti visame Aukštaitijos KMS baseine parodė, kad nuo 2015 m., 4 rūšys 2020 m. jau nebeaptiktos, tačiau 3 rūšys rastos naujai. Tarp pasikeitimų paminėtini: *Tuckermanopsis chlorophylla* neaptikimą 2020 m. ir *Xanthoria parietina* „išnykimą“.

Lyginant rūšių aptikimo dažnumo pokyčius, labiausiai išsiskiria *Bryoria capillaris* pagausėjimas (nuo 48 proc. iki 75 proc. aptikimo bareliuose), *Usnea firta* pagausėjimas (nuo 9 iki 29 proc.), *Vulpicida pinastri* pagausėjimas (nuo 14 iki 31 proc.), bei sumažėję rūšys - *Usnea subfloridana* (nuo 39 iki 14 proc.), *Cladonia chlorophaea* (nuo 43 iki 20 proc.), *Cladonia digitata* (nuo 59 iki 37 proc.).

Žemaitijos KMS 2020 m. po 5 m. laikotarpio nerastos 4 rūšys, tačiau rastos 2 naujos. Didžiausias pasikeitimas *Physcia tenella* tarpe, net penktadalyje barelių.

Vertinant atskirų rūšių aptikimo dažnį, didžiausia pasikeitimai užfiksuoti *Bryoria capillaris* (nuo 18 iki 40 proc. padidėjimas), *Cladonia chlorophaea* (sumažėjimas nuo 55 iki 26 proc.), *Evernia prunastri* (pagausėjimas nuo 3 iki 20 proc.), *Melanohalea exasperatula* (padidėjimas nuo 12 iki 26 proc.), *Parmelia saxatilis* (padidėjimas nuo 21 iki 49 proc.) ir *Vulpicida pinastri* (sumažėjimas 6 kartus – nuo 18 iki 3 proc.).

2020 m. Ažvinčių sengirės rezervate makrokerpių rūšinė įvairovė (bendras rūšių skaičius barelyje) 12 % didesnė už Plokštinės rezervato, tuo tarpu 2015 m. šis skirtumas buvo 25 %. Tokius pokyčius nulėmė rūšių gausos sumažėjimas Ažvinčių sengirėje ir rūšių pagausėjimas Plokštinės rezervate. Tokius pokyčius galima paaiškinti tuo, kad Plokštinės rezervatas, nors ir žymiai jaunesnis (pagal įsteigimo datą), tačiau laikui bėgant jame įvairovė didėja miškui senstant ir artėjant prie sengirei būdingos mozaikiškos ir sudėtingos struktūros.

Vertinant bendrai visą įvairovės pasikeitimą Žemaitijos KMS miško ekosistemose nuo 2015 m. iki 2020 m., galima pagrįstai teigti, kad sąlygos makrokerpėms stipriai gerėja, nors dar ir nepasiekę Aukštaitijos KMS Ažvinčių sengirės įvairovės lygio, tuo tarpu Ažvinčių sengirėje padėtis stabilizavusis ir didelių pokyčių bendrai vertinant teritorijoje nestebima.

Jautrių aplinkos užterštumui kerpių gausos didėjimas, ypač Aukštaitijos KMS indikuoja vis mažiau sieros, azoto ir kitais toksiškais kerpėms junginiais teršiamas miško ekosistemas šiaurės rytinėje Lietuvos dalyje.

Miško ekosistemų stabilumas priklauso nuo biodestruktorių komplekso. Oribatidinės, gamazidinės erkės ir kolembolos yra svarbiausi šių dirvožemių organinių liekanų mineralizatoriai ir humifikatoriai (Шварц, 2005). Didžiausia pedobiontų įvairovė yra sąlygiškai natūralių ekosistemų dirvožemiuose. Biosistemų stabilumas didėja priklausomai nuo jos sudėtingumo ir įvairovės (King, Pimm, 1983).

Išanalizavus tyrimų duomenis galima teigti, kad Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stočių dirvožemiuose plačiai paplitę mikroartropodai, kurių gausumas vidutiniškai yra: Aukštaitijos IM stotyje – 280 tūkst. ind./m², o Žemaitijos – 406,5 tūkst. ind./m². Mikroartropodų tarpe dominuoja oribatidinės erkės. Todėl šiuos dirvožemius galime apibūdinti kaip mikroartropodinius-oribatidinius.

Daugiamečių tyrimų, atliktų sąlyginai natūraliose ekosistemose kompleksinio monitoringo stotyse, rezultatai rodo, kad dirvožemių mikroartropodų kompleksai skiriasi gausumu, rūšine įvairove ir struktūra (Aplinkos monitoringo ataskaita, 2006).

Oribatidinių erkių gausumu išsiskiria Žemaitijos IM stoties dirvožemis, kuriame aptikta 318,2 tūkst. ind./m² oribatidinių erkių. Aukštaitijos IM stotyje - 219,9 tūkst. ind./m². Atitinkamai Žemaitijos IM stoties dirvožemio mėginiuose identifikuota daugiau oribatidinių erkių rūšių – 38. Tuo tarpu Aukštaitijos IM stotyje - 26 rūšys. Iš viso apibūdintos 48 oribatidinių erkių rūšys.

Gamazidinių erkių gausumas Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stotyse skyrėsi nežymiai: Aukštaitijos IM stotyje jų rasta 20,6 tūkst. ind./m², Aukštaitijos IM stotyje – 22,3 tūkst. ind./m². Labai panašus ir kitų neidentifikuotų erkių skaitlingumas: 10,0 ir 10,3 tūkst. ind./m² atitinkamai. Didesniu akaridinių erkių skaitlingumu išsiskyrė Aukštaitijos IM stoties dirvožemis: 9,6 tūkst. ind./m². Tuo tarpu Žemaitijos IM stotyje – 8,8 tūkst. ind./m².

Sengirųjų dirvožemiuose vykstantys biologiniai procesai mažai pažeisti antropogeninių bei klimatinių veiksnių. Atskiros mikroartropodų grupės yra patikimi bioindikatoriai, atspindintys atskirų metų aplinkos užterštumo ir klimatinių sąlygų poveikį dirvožemio biologiniams procesams. Nustatyta, kad pedobiontų gausumą ir rūšių skaičių tiesiogiai sąlygoja metinis kritulių kiekis ir vidutinė oro temperatūra vegetacijos laikotarpiu. Jautriausiai į dirvožemio drėgmės ir temperatūrų svyravimus reaguoja gamazidinės erkės, ypač jų gausumas, ir kolembolos. Kolembolos tai mikroartropodų grupė jautriausiai reaguojanti net į mikroekologinius pakitimus ekosistemose dirvožemio lygyje. Tiriant kolembolų gausumą skirtingo amžiaus pušynų dirvožemiuose nustatyta, kad drėgmės fliktacijos dirvožemyje koreliuoja su kolembolų gausumu (Jucevica, Melecis, 2002, 2006). Žemaitijos IM stoties dirvožemyje 2020 m. kolembolų rasta 2,3 kartus daugiau nei Aukštaitijos IM stotyje: atitinkamai 46,9 tūkst. ind./m² ir 19,9 tūkst. ind./m².

Tiek Aukštaitijos, tiek Žemaitijos IM stočių dirvožemyje mikroartropodų tarpe dominuoja oribatidinės erkės, sudarydamos apie 78,0%. Nustatyta, kad stabiliose ekosistemose oribatidinių erkių sukcesija vyksta labai lėtai. Tai susiję su jų ekologija ir vystymusi. Sudėtingas vystymosi ciklas leidžia rūšiai prisitaikyti prie įvairių mitybos formų,

suteikia galimybę rasti maisto tame pačiame substrate jo nepaliekant (Luxton, 1982). Ta pati rūšis iš pradžių gali maitintis grybų hifais, vėliau augalų audiniais ar grybų sporomis. Kolembolos neturi sudėtingo vystymosi ciklo ir nekeičia maisto šaltinio, todėl, sumažėjus maisto resursams, jos palieka substratą.

Daugelio gyvūnų reprodukcijos būdas koreliuoja su ekologiniais faktoriais. Esant ribotam resursų kiekiui ekosistemoje dominuoja lytiškai besidauginančios rūšys, o partenogenetinės rūšys dominuoja stabiliose ekosistemose, nes joms nereikia adaptuotis prie besikeičiančių aplinkos sąlygų (Domes et al., 2007). Kadangi miškai yra stabilios ekosistemos, partenogenetinių gyvūnų (erkių, kolembolų, enchitrėjų, nematodų) procentinis santykis miškuose yra didesnis nei kitose ekosistemose (Niklasson et al., 2000). Tai atsispindi ir išanalizavus mikroartropodų kompleksų rūšinę struktūrą Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stočių dirvožemiuose – komplekso branduolį juose sudaro smulkios dirvožeminės oribatidų rūšys, tai daugiausia partenogenetiškai besidauginančios rūšys iš Oppiidae ir Suctobelbidae šeimų. Vyrauja *Oppiella nova*, *Suctobelbella sp.* *Oppiella nova* viena plastiškiausių ekologiniu atžvilgiu oribatidinių erkių rūšių, labiausiai mėgstanti spygliuočių mišką, kur jų vidutiniškai aptinkama 41,4 tūkst. ind. m⁻² (Эйтминавичюте, 1958; 1960). 2020 m. Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stočių dirvožemiuose šių erkių buvo aptikta atitinkamai vidutiniškai 15,3 ir 25,6 tūkst. ind./m².

Palyginus du bentoso makrobestuburių imstų ėmimo būdus– gruntosėmį ir rankinį tinklą (palyginimai atlikti 2012 ir 2020 m.) paaiškėjo, kad rankiniu tinklu gaunami rezultatai yra reprezentatyvūs, todėl Versminio upelio makrobestuburių stebėseną toliau rekomenduojama vykdyti naudojant standartinį tekančių vandenų stebėsenos metodą – imstų ėmimą standartiniu rankiniu tinklu.

Dauguma Aukštaitijos IMS Versminio upelio bentofaunos įvairovės ir biotinių rodiklių 2020 m. tyrimų duomenimis buvo aukštesni nei 2012 m., tuo tarpu analogiški rodikliai Žemaitijos IMS Juodupio upelyje buvo žemesni. Akivaizdu, kad vienu metų tyrimai nėra pakankami patikimai konstatuoti monitoringo stacionarų upelių būklės pokyčius. Kiek dabar nustatyti pokyčiai atspindi ilgalaikes tendencijas gali atsakyti tik tolesni upelių makrobestuburių stebėjimai.

Žemaitijos IMS Juodupio upelyje 2020 m. stebėtas įvairovės ir ekologinės būklės rodiklių sumažėjimas buvo sąlygotas to, kad šiais metais visai neaptikta lašalų, o ankstyvių buvo tik vienas taksonas. Ar tai rodo šio upelio ekologinio statuso pakytį, parodys tolimesni tyrimai.

Pagal įprastą Lietuvoje upių ekologinės būklės vertinimo indeksą DIUF dabartinė Žemaitijos IMS Juodupio upelio ekologinė būklė nepakito ir vertintina kaip gera, Aukštaitijos IMS Versminio upelio būklė taip pat nepakito ir vertintina kaip vidutinė. Tačiau priminsime, kad Versminio upelis turi specifines ypatybes, todėl standartiniai vertinimo metodai jam ne visada tinka. Visumoje jis vertintinas, kaip labai geros ekologinės būklės upelis.

Žolinės augalijos tyrimų rezultatų apibendrinimas

Botaninio monitoringo darbai buvo atlikti naudojant metodiką, parengtą pagal FINNISH ENVIRONMENT INSTITUTE (2013) ir CANULLO R. et al. (2016). Pagal šios metodikos paprogramę VG įrengtose žolinės dangos intensyvaus tyrimo pastoviose aikštelėse (0,5 m x 0,5 m) matuoti žolių ir krūmokšnių, bei samanų ir kerpių ardu rūšių projekcinio padengimo, dažnumo, fertilumo parametrai.

Aukštaitija_100 poligone yra stebima pušyno bendrija su eglės ir karpotojo beržo priemaiša, kurioje 2020 metais medžių ardo vidutinis projekcinis padengimas buvo 70,1 %, krūmų 5,2 %, žolių ir krūmokšnių ardo 15,6 %, o samanų ir kerpių ardo 92,9 %.

Žolių ir krūmokšnių ardas stebimoje pušyno bendrijoje yra skurdus tiek rūšine sudėtimi, tiek rūšių gausumu, kuris išreiškiamas projekciniu padengimu. Bendras ardo projekcinis padengimas 2020 metais stipriai augo, ir yra didesnis nei vidutinis. Žolių ir krūmokšnių arde iš viso buvo užregistruota ir stebima 15 rūšių induočių augalų, o 2020 metais – 10 rūšių. Didesnės dalies gausių rūšių projekcinis padengimas yra sumažėjęs, ypač miškinio lendrūno, plačialapio šakio, bruknės. Stipriai išaugusiu gausumu išsiskyrė tik pievinis kupolis. Pagrindinio ir pastovaus žolių ir krūmokšnių ardo dominanto mėlynės, projekcinis padengimas po ženklaus sumažėjimo 2018 metais, sparčiai atsigauna.

Samanų ardo projekcinis padengimas poligone yra rekordiškai didelis. Samanų ir kerpių arde per visą stebėjimų laikotarpį buvo stebėta 15 rūšių, 2020 metais registruotos 7 epigėjinių samanų rūšys ir 7 epikslinės rūšys registruotos ant negyvos medienos. Samanų ardo projekcinio padengimo svyravimui ir rūšinės sudėties kaitai didžiausią įtaką turi kasmetinis drėgmės kiekis ir apšvietimas. Rūšinės įvairovės augimui – negyvos medienos kiekio didėjimas, substratų įvairovė. Esant drėgnesniems metams, samanų danga vešlesnė, joje stebimos kerpsamanės, kurios sausesniais metais neaptinkamos. Minėtus tiek induočių tiek ir samanų ardu pokyčius labiausiai veikė kritulių kiekis gegužės – birželio mėnesiais, sėkminga medyno kaita, eglių pomiškio formavimasis. Dažniausia induočių augalų rūšis per stebimąjį 2003–2020 laikotarpį ir pastaraisiais metais buvo mėlynė (*Vaccinium myrtillus*), o

iš samanų ir kerpių ardo: atžalinė gūžtvė (*Hylocomium splendens*), paprastoji šilsamanė (*Pleurozium schreberi*), šilinė plunksnė (*Ptilium crista-castrensis*). Visų minėtų rūšių dažnumas viršija 80 %. Pastaraisiais metais stipriai mažėjo tik paprastosios šilsamanės dažnumas.

Aukštaitija-100 poligono intensyvaus stebėjimo laukeliuose aptinkama mažai fertilių rūšių. Pastaraisiais metais fertiliausios: pievinis kupolis, šliaužiančioji sidabriukė, miškinė septynikė, miškinis lendrūnas. Samanų arde registruoti atžalinės gūžtvės, šilinės plunksnės ir paprastosios šilsamanės sporifikuojantys individai. Fertilumas stipriai išaugęs pievinio kupolio, miškinio lendrūno, paprastosios šilsamanės, sumažėjęs – plaukuotojo kiškiagrikio, atžalinės gūžtvės.

Aukštaitija_102 intensyvaus stebėjimo poligone stebimas mišrus miškas, kurio medyne vyrauja paprastosios eglės *Picea abies* ir karpotieji beržai *Betula pendula*. Žolių ir krūmokšnių ardas šioje miško bendrijoje išsivystęs netolygiai. Šiaurinėje poligono dalyje žolynas labai vešlus, o pietinėje – skurdus, užstelbtas eglų pomiškio. 2020 metais žolių ir krūmokšnių ardo vidutinis projekcinis padengimas buvo 37,1 %, t.y. ženkliai mažesnis negu vidutiniškai, tačiau kiek didesnis nei 2019 m. Per visą stebėjimų laikotarpį žolių ir krūmokšnių arde buvo stebimos 69, o 2020 metais – 37 induočių augalų rūšys. 2020 metais samanų ardo vidutinis projekcinis padengimas buvo 16,3 %, neženkliai didesnis nei 2019 metais, tačiau kaip ir induočių augalų, išliko gerokai mažesnis nei 1993-2019 metų vidurkis. Per visą tyrimų laikotarpį registruotos 44 samanų rūšys, o 2020 metais rekordiškai daug – 35 rūšys, iš kurių 9 augo tik ant negyvos medienos. Paprastoji plaukalapė, žalsvoji pažulnutė, mildės, upelinė, žalioji ir štalkės trumpės poligone identifikuotos pirmą sykį. Dauguma jų ant negyvos medienos. Bendrai paėmus epiksilinės samanos dengė net 2,3 % poligono, bet remiantis metodika detaliau neanalizuotos. Vyraujančios rūšys buvo: tikroji trumpė – *Brachythecium oedipodium*, gulsčioji lapūnė – *Plagiomnium affine*, papartinė tįsena – *Plagiochila asplenioides*, paprastoji šilsamanė – *Pleurozium schreberi*. Visų jų projekcinis padengimas lyginant su visų stebėjimų vidurkiu yra sumažėjęs perpus, ir pastaraisiais metais visų išskyrus papartinės tįsenos kryptingai mažėjo toliau.

2020 metais dažniausios induočių augalų rūšys, aptiktos daugiau nei pusėje laukelių, išliko tos pačios: paprastasis kiškiakopūstis (*Oxalis acetosella*), dvilapė medutė (*Maianthemum bifolium*), ožkabarzdis asiūklis (*Equisetum pratense*), geltonžiedis šalmutis (*Lamiastrum galeobdolon*). Dažniausios samanų rūšys: tikroji trumpė – *Brachythecium oedipodium* ir gulsčioji lapūnė – *Plagiomnium affine*

Aukštaitija-102 intensyvaus stebėjimo poligonas pasižymi induočių augalų ir samanų rūšių gausa, tačiau žydi ir dera tik apie ketvirtadalis jų. 2020 metais registruota 15 fertilių rūšių. Induočių augalų tarpe didesniu nei įprasta fertilumu išsiskyrė raudonstiebis snaputis, pražiangialapė blužnutė ir miškinė žliūgė ir paprastoji sprigė – visos rūšys auga mažame plote, aikštelėje šiaurinėje poligono dalyje. Iš dažnų samanų ardo rūšių sporifikavo tikroji trumpė ir šakotoji dvyndantė.

Pagrindinis veiksnys lemiantis samanų ir žolių ardo skurdimą – tankaus eglės pomiškio formavimasis. Nepaisant to, dėl augančio negyvos medienos kiekio ir išsamesnių jos tyrimų, 2020 m. poligone registruotos net 6 naujos rūšys.

Žemaitijos ITS poligone yra stebima spygliuočių miško bendrija, kurios medyne dominuoja paprastosios eglės (*Picea abies*). Šioje miško bendrijoje žolių ir krūmokšnių ardo projekcinis padengimas išsivystęs vidutiniškai, o samanų danga – vietomis ištisinė.

2020 metais žolių ir krūmokšnių dangos vidutinis projekcinis padengimas stipriai augo antrus metus iš eilės ir yra 53,9 %, kiek didesnis už daugiamečių vidurkį. Žolių ir krūmokšnių arde per visą stebėjimų laikotarpį buvo užregistruota ir stebima 21 induočių augalų rūšis, 2020 metais – 13. Žolių arde dominuojančios mėlynės (*Vaccinium myrtillus*) projekcinis padengimas gana nuosekliai augo nuo pat tyrimų pradžios ir šiuo metu yra 38,5 %, arti maksimalaus. Likusių gausesnių rūšių - lanksčiosios šluotsmilgės (*Deschampsia flexuosa*) ir dvilapės medutės (*Majanthemum bifolium*) - projekcinis padengimas išliko stipriai sumažėjęs trečius metus iš eilės. Tuo tarpu paprastojo kiškiakopūščio (*Oxalis acetosella*) gausa šiemet išaugo itin ženkliai ir beveik atsistatė po 2018 - 2019 metų nuosmukio.

Samanų ardo vidutinis projekcinis padengimas 2020 metais ženkliai augo ir yra rekordiškai aukštas 88,3 %. Per visą tyrimų laikotarpį poligone registruotos 27 samanų rūšys, 2020 metais registruota 12 epigėjinių samanų rūšių. Bendrą ardo projekcinio padengimo augimą labiausiai sąlygojo vyraujančių rūšių: atžalinės gūžtvės (*Hylocomium splendens*), šilinės plunksnės (*Ptilium crista-castrensis*), tikrosios trumpės (*Brachythecium oedipodium*) ir gulsčiosios lapūnės (*Plagiomnium affine*) pagausėjimas. Tačiau beveik visų ardo rūšių gausumas nežymiai didėjo arba išliko stabilus.

2020 metais dažniausiomis išliko tos pačios induočių augalų rūšys: mėlynė (*Vaccinium myrtillus*), dvilapė medutė (*Majanthemum bifolium*), paprastasis kiškiakopūštis (*Oxalis acetosella*), miškinė septynikė (*Trientalis europaea*) ir lanksčioji šluotsmilgė (*Deschampsia flexuosa*). Dažniausios 2020 metų samanų ardo rūšys: paprastoji šilsamanė (*Pleurozium schreberi*), tikroji trumpė (*Brachythecium oedipodium*), atžalinė gūžtvė

(*Hylocomium splendens*), didžioji dvyndantė (*Dicranum majus*) ir gulsčioji lapūnė (*Plagiomnium affine*). Visų jų dažnumas yra padidėjęs lyginant su stebėjimų vidurkiu.

2020 metais fertijos buvo net 7 induočių augalų rūšys: dvilapė medutė (*Maianthemum bifolium*), mėlynė (*Vaccinium myrtillus*), paprastasis kiškiakopūstis (*Oxalis acetosella*), lanksčioji šluotsmilgė (*Deschampsia flexuosa*), miškinė zuiksalotė (*Mycelis muralis*), pievinis kupolis (*Melampyrum pratense*) ir miškinė septynikė (*Trientalis europaeum*). Vis tik, visų rūšių išskyrus zuiksalotę ir kupolį fertilumas ne didesnis už daugiametį vidurkį. Antrus metus iš eilės nuo 2005 neaptikta fertilių plaukuotųjų kiškiagriklių. Kiškiagriklio fertilumas mažėjo kartu su gausumo ir dažnumo sumažėjimu, tai indikuoja prastą rūšies būklę. Žemaitijos ITS poligone samanų fertilumas bendrai paėmus menkas. Visų rūšių sporifikuojantys individai aptinkami ne kasmet. Pastaraisiais metais užregistruota 1 sporifikuojančių samanų ardo rūšis - šilinė plunksnė. Bendrai paėmus, dėl dauginimosi organų smulkumo ir didelio individų tankio, smulkiųjų samanų ir kerpsamanių rūšių fertumą, sąlyginai dideliame plote tiksliai įvertinti sudėtinga, tad rezultatus apibendrinančias išvadas galima daryti tik sukaupus pakankamai daug duomenų.

Žolių ir krūmokšnių bei samanų ir kerpių ardų rūšinės sudėties, projekcinio padengimo ir dažnumo svyravimai daugiausiai yra susiję su natūralia augaviečių sukcesija, meteorologiniais veiksniais (kritulių kiekis, temperatūra, vėjo intensyvumas). Ryškiausi žolinės augmenijos pokyčiai susiję su ekstremalių meteorologinių veiksnių sąlygota didelės dalies silpnų medžių žūtimi. Žuvus didesnei daliai pirmo ardo medžių, pasikeičia augaviečių mikroklimatinės ypatybės, šviesos ir drėgmės režimas, kas sukelia stebimųjų bendrijų projekcinio padengimo ir rūšių dažnumo svyravimus. Remiantis 2020 metais Aukštaitijos ir Žemaitijos ITS atliktais žolių ir krūmokšnių bei samanų ir kerpių gausumo, dažnumo ir fertilumo matavimais galima teigti, kad stebėtos bendrijos nepaisant rekordiškai aukštos vidutinės metinės temperatūros du metus iš eilės ir pastovios sniego dangos nebuvimo 2019 - 2020 metų žiemą - išliko stabilios. Aukštaitija I ir Žemaitijos tyrimų poligonuose bendras minėtų ardų rūšių projekcinis padengimas yra ženkliai padidėjęs lyginant su visų stebėjimų (1993-2019) vidurkiu ir toliau augo. Itin palankiai į dabartines aplinkos sąlygas reaguoja samanų ardas. Aukštaitijos II poligone, žolių ir samanų ardų projekcinis padengimas išliko stabiliai sumažėjęs, dėl sukcesinių procesų poligone. Aukštaitija_102 poligone ir dalyje Žemaitijos poligono, po dalies I ardo medžių žūties formuojasi tankus eglių pomiškis, išstumdamas žemesnių ardų augaliją. Senų medžių žūtis taip pat, sąlygojo skirtingų formų ir irimo stadijų negyvos medienos kiekių augimą, to pasekoje stipriai išaugo ksilofitinių samanų, kerpsamanių įvairovė ir projekcinis padengimas. Rezervato statusas šiuo metu

užtikrina sąlyginai stabilią stebimų bendrijų būklę, kuri prognozuojama ir ateityje, tačiau kasmetinė rūšinės sudėties, projekcinio padengimo kaita išlieka didelė. Kadangi ekosistema yra labai kompleksiška sistema, superorganizmas, su tolimosiomis oro pernašomis patenkančios taršos poveikis išsisklaido per visas ekosistemos komponentes, tarša paveikia visą ekosistemą. Vieno parametro kaita neišvengiamai paveikia ir kitus. Siekiant išskirti tolimųjų oro pernašų sąlygotos taršos savitąjį poveikį konkrečioms rūšims būtina ne tik darbų tąsa, bet ir detalesni analitiniai tyrimai integruojant ir kitų ekosistemų monitoringo paprogramių duomenis.

Cheminių komponentių koncentracijų kaita augalijos komponentuose

Aukštaitijos KMS bendrojo azoto (N) koncentracijų lapuose ir spygliuose analizė parodė, kad beržų lapuose šio elemento kaupiasi iki 1,5 kartų daugiau negu spygliuose, apie 18 g/kg. Mažiausios koncentracijos nustatytos eglės įvairaus amžiaus spyglių mišinyje – vidutiniškai apie 10-11 g/kg, kiek didesnės pirmų ir antrų metų pušies spygliuose, maždaug apie 12-13 g/kg. Antrų metų pušies spygliuose šio elemento išlika truputį daugiau negu pirmų metų P spygliuose.

2020 m. stebimas ženklus N koncentracijų visuose tirtuose lapijos pavyzdžiuose reikšmingas sumažėjimas.

Per 21 m. tiriamąjį laikotarpį N koncentracijos reikšmingai didėja beržo (po 0,225 g/kg per m.) ir pušies I m. spygliuose (po 0,158 g/kg per m.), nereikšmingai pušies II m. spygliuose (po 0,117 g/kg per m.) ir mažėja, nors taip pat nereikšmingai – eglės spygliuose (po -0,023 g/kg per m.). Nepaisant šio fakto, per visą tiriamąjį laikotarpį N koncentracija lapijoje vidutiniškai didėja po 0,119 g/kg per metus. Tai gerėjančios miško ekosistemos būklės rodiklis.

Didžiausi bendrojo P kiekiai nustatyti beržų lapuose – vidutiniškai apie 2,1 g/kg, kiek mažesnės eglės spyglių mišinyje (1,4 g/kg) ir pirmų metų pušies spygliuose (1,2 g/kg), o sąlyginai mažiausios – antrų metų pušies spygliuose (1,0 g/kg).

P kaitoje stebima vienareikšmė kaitos tendencija, t.y. visuose tirtuose lapų/spyglių pavyzdžiuose P koncentracija pakankamai reikšmingai mažėja: eglės ir pušies spygliuose – po 0,06g/kg ir intensyviau beržų lapuose – po 0,05 g/kg per metus. Žemiausia reikšmė buvo nustatyta perteklinio drėgnumo 2017 metais, o paskutiniaisiais 2018-2019 m. koncentracija nežymiai padidėjo. Gausesniais krituliais pasižyminčiais 2020 m., priešingai nustatytai reakcijai, P koncentracijos lapijoje padidėjo.

Tiriamuoju laikotarpiu stebimi du priešingi procesai – medžių lapijoje didėja N ir mažėja P koncentracijos, po -0,011 g/kg per metus. Tokį bendrą mažėjimą lėmė reikšmingas P koncentracijos mažėjimas beržų lapuose (po -0,033 g/kg per m.).

Kalio koncentracijų tyrimai asimiliaciniuose organuose parodė, kad didėjant lapijos amžiui K koncentracija mažėja. Jaunesniuose organuose (beržų lapuose ir pirmų metų pušies spygliuose) kalio koncentracijos viršijo 5g/kg, o senesniuose (bendras eglės spyglių mišinys ir antrų metų pušies spygliai) – apie 4 g/kg. Tai paaiškinama šio elemento išplovimu iš paviršinių ląstelių gausių kritulių metu.

Per tiriamąjį laikotarpį, analogiškai N kaitai, stebima K koncentracijų didėjimo tendencija beržų lapuose (po 0,13g/kg per m.) ir pušies spygliuose (I metų po 0,104 g/kg per m. ir II metų po 0,128 g/kg per m), o eglės spygliuose šio elemento koncentracijos išlieka praktiškai stabilios.

Kalcio koncentracijos spygliuose taip pat priklausė nuo spyglių amžiaus. Mažiausios nustatytos pirmų metų pušies spygliuose, kiek didesnės eglės spyglių mišinyje ir antrų metų pušies spygliuose. Beržų lapuose kalcio koncentracijos, kaip ir kitų tirtų elementų žymiai viršijo koncentracijas nustatytas spygliuose.

Per 15 m. tiriamąjį laikotarpį Ca koncentracija pakankamai reikšminga mažėjo beržų lapuose (po -0,259 g/kg per m.) ir pušų I metų spygliuose po 0,08 g/kg per m., o didėjo eglės spygliuose (po +0,146 g/kg per m.), tačiau šis augimas nebuvo reikšmingas. 2020 m. analizės dėl techninių kliūčių nebuvo atliktos

Didžiausios magnio koncentracijos nustatytos beržų lapuose, kur jos vidutiniškai siekė 1,8 g/kg. Mažesnės koncentracijos nustatytos I metų pušies spygliuose ir vyresniuose pavyzdžiuose, apie 0,7-0,8g/kg. Per tiriamąjį laikotarpį stebima Mg mažėjimo tendencija ir ypač beržų lapuose (po -0,124 g/kg per m.) ir pušies I m. spygliuose (po -0,08 g/kg per m.). Šio elemento pokyčiai eglės ir pušies II metų spygliuose yra nereikšmingi. 2020 m. analizės dėl techninių kliūčių nebuvo atliktos

Mažiausios Mn koncentracijos nustatytos pirmų metų pušies spygliuose (0,4 g/kg), dvigubai didesnės eglės spyglių mišinyje (0,8 g/kg) ir antrų metų pušies spygliuose (0,9 g/kg) . Beržų lapuose Mn koncentracijos, kaip ir kitų tirtų elementų žymiai viršijo koncentracijas nustatytas spygliuose (1,3 g/kg).

Mn kaitoje stebima mažėjimo tendencija tačiau ji nereikšminga ir tik eglės spygliuose Mn didėja (po 0,044g/kg per m.).

Al daugiausiai kaupiasi antrų metų pušies spygliuose, kiek mažiau pirmų metų pušies ir eglės spygliuose bei mažiausiai beržų lapuose. Per tiriamąjį laikotarpį jo

koncentracijos lapijoje vidutiniškai mažėja, o pušies I ir II metų spygliuose net reikšmingai (po -5,9 ir 8,2 mg/kg per m. atitinkamai).

Iš tirtų elementų reikšmingiausiai didėja geležies koncentracijos visuose pavyzdžiuose. Intensyviausiai eglės spygliuose (po 2,2 mg/kg per m.) kiek mažiau pušies II metų spygliuose (po 1,6 mg/kg per m.) ir beržų lapuose (po 1,34 mg/kg per m.) bei mažiausiai pušies I metų spygliuose (po 0,51 mg/kg per m.)

Žemaitijos KMS beržų lapuose šio elemento tyrimų pradžioje kaupėsi iki 1,5 karto daugiau negu spygliuose (Aukštaitijos KMS – apie 2 k.). Paskutiniu metu laikotarpiu šis santykis artėja taip pat prie 2.

Per tiriamąjį laikotarpį, nuo 2005 iki 2020 m. beržų lapuose stebima azoto koncentracijų mažėjimo tendencija. Mažėja nors ir nereikšmingai N koncentracija ir eglės bei pušies II metų spygliuose, tačiau reikšmingai (po 0,158 g/kg per m.) didėja N koncentracija pušies I metų spygliuose.

Bendrojo fosforo koncentracijų lapijoje tyrimų rezultatai parodė, kad didžiausi šio elemento kiekiai nustatyti beržų lapuose. Apie 2 kartus mažiau šio elemento tirtuose spygliuose. Mažiausiomis P koncentracijomis pasižymėjo antrų metų pušies spygliai.

Per tiriamąjį laikotarpį, nuo 2005 iki 2020 m. bendrojo fosforo koncentracija turi tendencija mažėti. Reikšmingiausiai mažėja P koncentracija beržų lapuose (po 0,07 g/kg per m.) Kituose tirtuose lapijos pavyzdžiuose reikšmingesnių kaitos tendencijų nenustatyta. 2020 m. išsiskiria tik padidėjusiomis šio elemento koncentracijomis pušies spygliuose, lyginant su paskutiniu metu 5 metų laikotarpiu.

Kalio koncentracijų lapijoje pirmiausiai priklauso nuo spyglių amžiaus. Pirmų metų pušies spygliuose ir beržų lapuose šio elemento yra daugiau negu eglės mišriame ir pušies II metų pavyzdyje.

Per tiriamąjį laikotarpį stebimos šio elemento kiekio vienareikšmės tendencijos – visuose pavyzdžiuose K koncentracijos didėja ir ypač intensyviai pušies spygliuose. Po sausrų poveikio šio elemento koncentracijos reikšmingai mažėjo. Palankios meteorologinės sąlygos turėjo reikšmingos įtakos šio elemento koncentracijų reikšmingam padidėjimui visuose tirtuose lapijos pavyzdžiuose.

Sausrų neigiamas poveikis – K koncentracijų lapijoje mažėjimas.

Kaip ir Aukštaitijos KMS, mažiausios kalcio koncentracijos Žemaitijos KMS nustatytos pirmų metų pušies spygliuose, kiek didesnės eglės spyglių mišinyje ir antrų metų pušies spygliuose. Sąlyginai didžiausios koncentracijos nustatytos beržų lapuose.

Per 2005-2019 m. laikotarpį beržų lapuose ir eglės spygliuose kalcio koncentracijos turi tendenciją mažėti, kai tuo tarpu pirmų ir antrų metų pušies spygliuose šio elemento koncentracijos praktiškai išlieka tame pačiame lygmenyje. Pažymėtinas rodiklis – 2017 m. ženkliai sumažėjusi šio elemento koncentracijos visuose tyrimo objektuose. 2019 m. Ca koncentracijos tirtuose lapijos pavyzdžiuose išliko viename žemiausių per visą tiriamąjį laikotarpį lygmenyje.

Tokiu būdu per tiriamąjį laikotarpį Ca koncentracijos lapijos pavyzdžiuose mažėja pakankamai reikšmingai ir tik pušies II metų spygliuose šio elemento kiekis neturi aiškesnės kaitos tendencijos.

Magnio ir mangano koncentracijų kaitoje buvo matomos bendrosios tendencijos. Beržų lapuose šių elementų koncentracijos net 3-4 kartus buvo didesnės negu spygliuose.

Per tiriamąjį laikotarpį Mn ir Mg koncentracijų kaitoje nustatytos reikšmingos mažėjimo ir panašaus intensyvumo tendencijos. Paskutiniųjų metų sausros galėjo turėti įtakos šių elementų koncentracijoms sumažėti, kadangi 2020 m. šių elementų koncentracijos buvo ženkliai didesnės negu 2018-2019 m.

Nepaisant palankių 2020 m. meteorologinių sąlygų, šių elementų koncentracijos mažėja beveik visuose pavyzdžiuose: Mg koncentracija neturi reikšmingesnės kaitos tendencijos tik pušies II metų spygliuose, o Mn mažėjimas pakankamai reikšmingas nustatytas visuose pavyzdžiuose.

Aluminio koncentracijų kaitoje išaiškinti tie patys esminiai pokyčiai kaip ir Aukštaitijos KMS. Mažiausios koncentracijos Al buvo nustatytos beržų lapuose, 3 kartus didesnės eglės spygliuose, apie 5 kartų – pirmų metų pušies spygliuose ir virš 8 kartų – antrų metų pušies spygliuose. Reikšmingiausiai Al mažėjo pušies spygliuose.

Didžiausios Fe koncentracijos nustatytos antrų metų pušies spygliuose, o likusiuose objektuose jos buvo 2-3 kartus mažesnės. Per tiriamąjį laikotarpį Fe koncentracijos lapijoje turėjo reikšmingos tendencijos, kaip ir Aukštaitijos KMS, Intensyviausiai didėjo Fe koncentracija beržų lapuose (po 2,45 mg/kg per m.), kiek mažiau eglės (po 1,69 mg/kg per m.) ir pušies pirmų metų spygliuose (po 0,66 mg/kg per m.) ir mažiausiai bei nereikšmingai didėjo Fe koncentracija pušies antrų metų spygliuose.

Per tiriamąjį laikotarpį, nuo 2005 iki 2020m. Žemaitijos KMS vyraujančių medžių rūšių lapijos pavyzdžiuose reikšmingai didėjo N, K ir ypač Fe koncentracijos. Kiti tirti makro elementai P, Ca, Mn, Mg ir Al turėjo tendencija mažėti. Atskiruose pavyzdžiuose ši tendencija buvo mažiau ar stipriau išreikšta.

Bepasikartojančios sauros bei intensyvūs krituliai gali turėti reikšmingos įtakos makroelementų koncentracijų kaitai, kaip ir bendrai miško ekosistemų būklei bei jos tvariai plėtrai.

Aukštaitijos KMS nuokritų tyrimų stotyje (I augalijos stacionaras) intensyviau nuokritos susidaro birželio mėnesį, o savo maksimumą pasiekia rugsėjo - spalio mėnesiais. 50% susidariusių nuokritų sudaro spygliai, 30 % pušies žievė ir maždaug po 10% kankorėžiai ir beržų lapai.

Nustatyta, kad 2017 m. nuokritų kiekis sudarė 5143 kg/ha. Tai didžiausias nuokritų kiekis surinktas per visą tiriamąjį laikotarpį. Pagrindinė priežastis gausūs krituliai ir stiprus vėjas birželio mėn., per kurį susidarė neįprastai dideli nuokritų kiekiai viršijantys daugiamečių normą keletą kartų, t.y apie 1238 kg/ha.

2018 m. nuokritų kiekis buvo pakankamai įprastas daugiamečiui paskutiniųjų metų vidurkiui ir siekė apie 4300 kg/ha. 2019 m. padidėjusį nuokritų kiekį iki 4500 kg/ha galėjo sąlygoti sausra kovo-birželio mėnesiais, dėl ko pradėjo kristi ir dalis antrų metų spyglių. Sausros registruotos 2015-2016 m. ir 2018-2019 m. atrodo, kad turėjo įtakos nuokritų kiekiams susidaryti. Šiais išskirtiniais metais mažas kritulių kiekis sąlygojo mažesnius nuokritų kiekius.

2017 m. ir 2020 m. nuokritų kiekis buvo reikšmingai didesnis nei nuokritų kiekis susidaręs sausringais metais ir viršijo net 500 g/m². Nuokritų kiekiai kurie viršijo šią ribą buvo nustatyti dar tik 2011 m., po gausių kritulių 2010 m.

Išanalizavus nuokritų kaitą per visą tiriamąjį laikotarpį nustatyta, kad nuokritų kiekis kasmet nuolat didėja po maždaug 80 kg/ha, t.y. jei tyrimų pradžioje Aukštaitijos KMS baseine vidutiniškai susidarydavo tik apie 2500 kg/ha nuokritų, tai paskutiniu metu laikotarpiu nuokritų kiekis jau artėja prie 5000 kg/ha ribos. Tai būtų aiškinama, dėl reikšmingai sumažėjusio oro užterštumo sieros junginiais ir klimato atšilimo, palaipsniui gerėjančia medžių būkle ir spyglių masės didėjimu.

Didėjantis nuokritų kiekis indikuoja ir didesnę spyglių masę ir mažėjančią defoliaciją, t.y. nuokritų kiekiui didėjant po 100 kg/ha medžių lajų vidutinė defoliacija mažėja maždaug po 0,2 %.

Žemaitijos KMS nuokritų tyrimų stotyje (augalijos tyrimų stacionare) daugiausiai nuokritų susidaro rudens-žiemos mėnesiais. Vasarą, nuokritų intensyvumas ne toks žymus, kaip Aukštaitijos KM stotyje.

Iš esmės skiriasi ir nuokritų pasiskirstymas į frakcijas. Net 77% visų nuokritų sudaro eglės spygliai. Medžių žievės nuokritose praktiškai nerasta. Žymią dalį sudaro sausos, smulkios eglės šakelės. Jos sudaro apie 14% visų nuokritų. Kankorėžių kiekis nuokritose priklausomai nuo metų, svyruoja nuo 0 iki 13%.

2015 – 2017 m. Žemaitijos KMS nuokritų kiekis žymiai sumažėjo lyginant su 2014 m. nors susidarė pakankamai įprastas nuokritų kiekis, artimas vidurkiui, t.y. 4956 t/ha.

2018 m. nuokritų kiekis pasiekė reikšmę artimą maksimaliai per visą tiriamąjį laikotarpį. Šiais metais susidarė net 7788 kg/ ha nuokritų.

2019 m. nuokritų kiekiai sumažėjo iki 5820 kg/ha, nors tai sudarė beveik 1000 kg/ha daugiau negu daugiamečiai vidurkis.

2020 m. susidarė 637 g/m² nuokritų ir tai yra 26 % daugiau negu daugiamečiai vidurkis, tačiau skirtingai negu Aukštaitijos KMS, šiais metais nuokritų kiekis nesiekė ir reikšmių artimų maksimalioms, kokios buvo registruotos 2005, 2011, 2014 ir 2018. Minėtais metais nuokritų kiekis viršydavo 700 g/ m².

Nuokritų kiekis kasmet, kaip ir Aukštaitijos KMS, nuolat didėja po maždaug 105 kg/ha, t.y. jei tyrimų pradžioje Žemaitijos KMS baseine vidutiniškai susidarydavo tik apie 3000 kg/ha nuokritų, tai paskutiniu metu laikotarpiu nuokritų kiekis jau dažnai viršija 7000 kg/ha ribą. Tai būtų aiškinama taip pat dėl reikšmingai sumažėjusio oro užterštumo sieros junginiais ir klimato atšilimo, palaipsniui gerėjančia medžių būkle (spyglių masės didėjimu) bei bendru produktyvumo augimu.

Didėjantis nuokritų kiekis indikuoja ir didesnę spyglių masę ir mažėjančią defoliaciją, t.y. nuokritų kiekiui didėjant po 100 kg/ha medžių lajų vidutinė defoliacija mažėja maždaug po 0,1 %. Silpnesnį koreliacinį ryšį tarp nuokritų kiekio ir medžių lajų defoliacijos galėjo sąlygoti faktas, kad tyrimai šioje stotyje vykdomi brandžiame eglyne, kuriame reikšmingą dalį nuokritų sudaro smulkios šakelės dažniausiai nulaužomos dėl sniego ar apledėjimo.

Nuokritose tirtų maistinių elementų kaitai įtakos turėjo ir sezoniškumas, ir nuokritų struktūros ypatumai.

Nuokritų destrukcijos greičiui didelės įtakos turi miško augavietėse drėgnumas, jam didėjant nuokritų destrukcijos greitis didėja. Todėl šylant klimatui ir didėjant kritulių kiekiui nuokritų destrukcijos greitis taip pat turėtų didėti, dėl ko į atmosferą turėtų būti išskiriami didesni CO₂ kiekiai prisidedantys prie klimato kaitos tolesnio šiltėjimo. Tai naujos grėsmės skatinantis veiksnys.

Per tiriamąjį laikotarpį bendrojo azoto kiekis nuokritose turėjo tendenciją didėti po 0,025 mg/g. N didėjo praktiškai visais metų laikais, išskyrus vegetacijos pradžią, kai buvo nustatytas N koncentracijų mažėjimas.

2020 m. N koncentracija nuokritose lyginant su 2019 m. padidėjo praktiškai visais sezonais ir vidutiniškai pakilo iki 7,4g/kg. Nepaisant išaiškintų tendencijų, N koncentracijų kaita nuokritose yra nereikšminga.

Bendrojo fosforo kiekis nuokritose per tiriamąjį laikotarpį, skirtingai negu lapijoje, taip pat didėjo tačiau tik iki 2016 m. P koncentracijų augimas nuokritose buvo registruojamas 2005-2011 m. laikotarpiu, kai jis sudarė maždaug po 0,017 g/kg per metus. 2011-2015 m. laikotarpiu P koncentracijos mažėjo nuo 0,65 iki 0,48 g/kg, kas sudarė maždaug po 0,0425 g/kg per metus.

Išsiskiria 2016 m., kai P koncentracijos nuokritose pasiekė savo didžiausią reikšmę per visą tiriamąjį laikotarpį ir ypač nuokritose surinktose per šaltąjį laikotarpį (I). Paskutiniu metu 2017-2019 m. laikotarpiu P koncentracijos nuokritose reikšmingai mažėjo nepriklausomai nuo reikšmingai besiskiriančių šiais metais meteorologinių sąlygų, o 2020 m. išliko panašiam lygyje, t.y. apie 0,47 g/kg kaip ir 2017-2019 m.

Per tiriamąjį laikotarpį bendrojo fosforo kiekis nuokritose turėjo tendenciją mažėti po -0,0025 mg/g. Kiek tai intensyviau koncentracijos mažėjo vegetacijos pradžią, kada mažėjo ir N koncentracijos. Nepaisant išaiškintų tendencijų, P koncentracijų kaita nuokritose neturi reikšmingesnės tendencijos.

Nuo 2013 iki 2016 m. Ca koncentracijos nuokritose išaugo nuo 3,6 g/kg iki virš 6 g/kg. Didžiausios Ca koncentracijos nustatytos 2015-2016 m. laikotarpiu. Paskutiniaisiais metais Ca koncentracijos nuokritose reikšmingai mažėja. Tokiu būdu Per tiriamąjį laikotarpį vidutinė kalcio koncentracija nuokritose turi pakankamai aiškia tendenciją mažėti (po -0,115 g/kg per m.) ir ypač rudens nuokritose (po -0,254 g/kg per m.).

Kalio koncentracijoms nuokritose kaip ir Ca išaiškinta mažėjimo tendencija (po 0,009 g/kg per m.). Intensyviausiai šio elemento mažėja vegetacijos laikotarpio nuokritose (po -0,022 g/kg per m.).

Kritulių stoka galėjo sąlygoti K jonų mažesnę išplovimą iš negyvųjų organų, dėl ko K koncentracijos nuokritose 2018 – 2019 m. didėjo. Gausūs krituliai žiemos ir pavasario laikotarpiu galėjo turėti reikšmingos įtakos K koncentracijų sumažėjimui 2020 m., kai šio elemento vidutinė koncentracija nuokritose pasiekė 1,39 g/kg.

Per tiriamąjį laikotarpį labai panašiai kito Mn ir Mg koncentracijos nuokritose, kurios mažėjo praktiškai visais metų laikais. Tiksliai jei Mn koncentracija mažėjo

nereikšmingai, vos po $-0,004$ g/kg per m., tai Mg koncentracijų mažėjimas buvo reikšmingas ir siekė $-0,024$ g/kg per m. Reikšmingiausiai šio elemento koncentracija mažėjo vasaros pabaigos ir rudens laikotarpio nuokritose – po $-0,05$ ir $-0,02$ g/kg per m. atitinkamai.

Per tiriamąjį laikotarpį taip pat labai panašiai kito Fe ir Al koncentracijos nuokritose, kurios didėjo ir intensyviausiai vasaros pabaigos ir rudens laikotarpių nuokritose. Šių elementų kaitos intensyvumas šiais laikotarpiais siekė maždaug $1,2-1,4$ mg/kg per metus, tačiau buvo nereikšmingi.

Aukštaitijos KMS mišriame perbrendusiame pušyne paskutiniuju laikotarpiu dėl bepasikartojančių sausrų poveikio reikšmingai nuokritose pradėjo mažėti P, Ca, K, Mn, Mg koncentracijos, didėjimo tendencijos nustatytos tik N, Fe ir Al koncentracijoms.

Žemaitijos KMS per tiriamąjį laikotarpį bendrojo azoto koncentracijos nuokritose turėjo skirtingas tendencija metų eigoje. Vasaros ir rudens laikotarpiu N koncentracijos nuokritose didėjo po $0,04-0,05$ g/kg per m., o žiemos ir pavasario laikotarpio nuokritose šio elemento aiškesnės kitimo tendencijos nustatyti nepavyko.

Vidutiniškai per 16 m. laikotarpį N koncentracijos nuokritose didėjo po $0,02$ g/kg per metus, ypač vasaros ir rudens nuokritose, nors tokia kaita buvo nereikšminga. Fosforo koncentracijos nuokritose skirtingai negu N mažėjo po $-0,007$ g/kg per m. ir tokia kaita buvo arti reikšmingo lygmens. Mažėjimas buvo registruojamas visus metus ir intensyviausiai žiemos ir rudens laikotarpiais.

2020 m. N koncentracija nuokritose toliau mažėjo iki 9 g/kg, o P jau trejetą metų išlieka stabili $0,8$ g/kg lygmenyje.

K koncentracijų daugiametėje kaitoje akivaizdi šio elemento didėjimo tendencija praktiškai visus metus. Intensyviausiai didėja šio elemento vegetacijos pradžios nuokritose, net po $0,12$ g/kg per m. ir ši kaita yra reikšminga. Po $0,03$ g/kg per m. didėja K koncentracijos ir vasaros bei rudens laikotarpiu nors ir nereikšmingai. Tokia sezoninė koncentracijų kaita sąlygojo, kad vidutiniškai K koncentracija nuokritose per tiriamąjį laikotarpį didėja po $0,042$ g/kg per m. ir ši kaita yra beveik reikšminga.

Sausros ar nepakankamas kritulių kiekis atrodo, kad turi įtakos šio elemento gausai nuokritose, dėl sumažėjusio jo išplovimo iš organinio substrato. 2020 m. padidėjus kritulių kiekiui, K koncentracija nuokritose sumažėjo iki $2,32$ g/kg, kaip ir buvo sumažėjusi 2017 m. iki $2,1$ g/kg.

Kalcio koncentracijų kaitoje sezoniškumo poveikio nustatyti nepavyko, tačiau per tiriamąjį laikotarpį, analogiškai kaip ir Aukštaitijos KMS, nustatyta šio elemento koncentracijų reikšmingas panašaus intensyvumo mažėjimas visais metų laikais (po -0,18 - 0,23 g/kg per m.)

Žemaitijos KMS nuokritose mažėja Mg tačiau didėja Mn koncentracijos praktiškai ištisus metus. Būtent Mn koncentracija nuokritose lemia kritulių kiekis, dėl ko 2017 ir 2020 m. Mn koncentracijos nuokritose buvo mažesnės už 1,5 g/kg, o sausros metais jos viršydavo 1,6-1,8 g/kg. 2020 m. šių elementų nuokritose sumažėjo: Mg iki 1,42 g/kg, o Mn iki 1,4.

Fe ir Al koncentracijos nuokritose, kurios skirtingai negu Aukštaitijos KMS nuokritose turėjo tendenciją mažėti. Šių elementų mažėjimo intensyvumas buvo panašus ir sudarė po -2,0 ir 2,7 mg/kg per metus, nors ši kaita buvo nereikšminga. 2020 m. Fe koncentracijos nuokritose nežymiai sumažėjo iki 80 mg/kg, o Al išliko panašiam lygmenyje kaip ir ankstesniais metais, apie 145 mg/kg.

Išskirtinis nuokritų cheminės analizės rezultatų bruožas - daugeliu atveju sausra sąlygojo tirtų elementų didėjimo procesą, dėl jų sumažėjusio išplovimo krituliais ir priešingai, gausūs krituliai išplaudavo elementus, dėl ko jų koncentracijos nuokritose turėjo tendenciją mažėti.

Aukštaitijos KMS mišriame ir perbrendusiame pušyne su nuokritomis į paklotę azoto vidutiniškai patenka apie 2,7 g/m², kai tuo tarpu Žemaitijos KMS bręstančiame eglyne beveik 2 kartus daugiau, apie 5,1 g/m². Per tiriamąjį laikotarpį Aukštaitijos KMS šio elemento srautas su nuokritomis didėja po 0,07 g/m² per m., o Žemaitijos KMS – po 0,12 g/m² per m.

Aukštaitijos KMS mišriame ir perbrendusiame pušyne su nuokritomis į paklotę fosforo vidutiniškai patenka apie 0,22 g/m², kai tuo tarpu Žemaitijos KMS bręstančiame eglyne taip pat beveik 2 kartus daugiau, apie 4,8 g/m². Per tiriamąjį laikotarpį Aukštaitijos KMS šio elemento srautas su nuokritomis didėja po 0,005 g/m² per m., o Žemaitijos KMS žymiau mažiau, vos po 0,002 g/m² per m.

Aukštaitijos KMS mišriame ir perbrendusiame pušyne su nuokritomis į paklotę Mg vidutiniškai patenka apie 0,18 g/m², kai tuo tarpu Žemaitijos KMS bręstančiame eglyne apie 0,25 g/m². Per tiriamąjį laikotarpį Aukštaitijos KMS šio elemento srautas su nuokritomis mažėja po 10,8 mg/m² per m., o Žemaitijos KMS intensyviau, po 14,3 mg/m² per m.

Aukštaitijos KMS mišriame ir perbrendusiame pušyne su nuokritomis į paklotę Ca vidutiniškai patenka apie 1,7 g/m², kai tuo tarpu Žemaitijos KMS bręstančiame eglyne apie

2,0 g/m². Per tiriamąjį laikotarpį Aukštaitijos KMS šio elemento srautas su nuokritomis mažėja po 0,0268 g/m² per m., o Žemaitijos KMS intensyviau, po 0,096 g/m² per m.

Aukštaitijos KMS mišriame ir perbrendusiame pušyne su nuokritomis į paklotę K vidutiniškai patenka apie 0,56 g/m², kai tuo tarpu Žemaitijos KMS bręstančiame eglyne apie 1,95 g/m². Per tiriamąjį laikotarpį Aukštaitijos KMS šio elemento srautas su nuokritomis didėja po 0,016 g/m² per m., o Žemaitijos KMS intensyviau, po 0,033 g/m² per m.

Aukštaitijos KMS mišriame ir perbrendusiame pušyne su nuokritomis į paklotę Fe vidutiniškai patenka apie 39,0 mg/m², kai tuo tarpu Žemaitijos KMS bręstančiame eglyne apie 68,5 mg/m². Per tiriamąjį laikotarpį Aukštaitijos KMS šio elemento srautas su nuokritomis didėja po 1,73 mg/m² per m., o Žemaitijos KMS kinta nereikšmingai, vos po 0,66 mg/m² per m.

Aukštaitijos KMS mišriame ir perbrendusiame pušyne su nuokritomis į paklotę Al vidutiniškai patenka apie 82,7 mg/m², kai tuo tarpu Žemaitijos KMS bręstančiame eglyne apie 85,6 mg/m², t.y. skirtingai negu kitų elementų, Al srautas su nuokritomis abiejose stotyse praktiškai yra lygus. Per tiriamąjį laikotarpį Aukštaitijos KMS šio elemento srautas su nuokritomis didėja po 2,02 mg/m² per m., o Žemaitijos KMS kinta nereikšmingai, vos po 0,48 mg/m² per m.

Aukštaitijos KMS tirtame mišriame medyje per tiriamąjį 16 m. laikotarpį su nuokritomis didėja srautai šių elementų: N, K, Al ir Fe, nereikšmingai keičiasi P ir mažėja Mg ir Ca. Žemaitijos KMS tirtame bręstančiame eglyne per tiriamąjį 16 m. laikotarpį su nuokritomis didėja srautai šių elementų: N ir K, nereikšmingai keičiasi P, Al ir Fe ir mažėja Ca ir ypač Mg.

Dirvožemio ir dirvožemio, grintinio, bei paviršinio vandens cheminės sudėties kaitos rezultatų apibendrinimas apibendrinimas

Aukštaitijos KMS geosistemos dirvožemiui būdingos mažesnės organinės medžiagos atsargos todėl vandens apykaitos pokyčiai ir įtaka ekosistemai ryškiau matyti, negu Žemaitijos KMS geosistemoje, kur organinės medžiagos, pasižyminčios buferinėmis savybėmis ir didele sorbuojančiąja galia, neutralizuoja vykstančius pokyčius.

Abiejose KMS dėl vandens apytakos sulėtėjimo, ilgesnio kontakto tarp dirvožemio skystosios ir kietosios fazių, didėja dirvožemio, grintinio ir upelio vandens rūgštumas.

2016-2020 metų laikotarpį lyginant su stebėsenos pradžia, sulfatų, kalcio ir magnio koncentracija upelio vandenyse sumažėjo apie 2 kartus. Aukštaitijos IMS tirpių medžiagų (S, Cl, Na, K, Ca ir Mg) išnešimas stebėsenos laikotarpiu mažėja.

Mažėja sunkiųjų metalų (Cd, Cu, Cr, Ni, Pb ir Zn) bei geležies koncentracija dirvožemio, gruntiniame ir upelio vandenyje. Pokyčiai ypač ryškūs 2017–2020 metais, bet 2020 metais daugumos sunkiųjų metalų koncentracijos nebuvo pačios mažiausios, taigi galima teigti, kad globalių teršalų pernašų mažėjimo 2020 metais neužfiksuota.

Geležies, mangano ir aliuminio bei silicio koncentracijos yra susijusios su organinės anglies ir azoto koncentracijomis dėl gebėjimo formuoti tirpius kompleksinius junginius. Dirvožemio vandenyje ištirpusios organinės anglies koncentracija labiausiai koreliuoja su siliciu, o gruntiniame vandenyje be silicio ryški ir koreliacija su manganu ir geležimi.

Organinės anglies, azoto ir fosforo junginių koncentracijų staigų išaugimą dirvožemio, gruntiniame ir upelio vandenyje lemia po sausrų atėjusių lietingų laikotarpių vandens srautų tirpdomoji veikla. Tų pačių metų rudenį arba kitų metų pavasarį išauga organinės anglies koncentracija, o vėliau, vykstant tolimesniam atsparių organinių junginių skilimui padidėja visuminio azoto ir nitratų bei fosforo koncentracija ir išnešimas upelio vandeniu. Sausros poveikyje organinės anglies, azoto ir fosforo koncentracija dirvožemio ir gruntiniame vandenyje padidėja du ir daugiau kartų. 2020 metais, palyginus su 2019 daugiau kaip du kartus padidėjo visuminio azoto ir fosforo koncentracija dirvožemio vandenyje.

Nors upelio nuotėkio modulis per stebėsenos laikotarpį mažėjo, bet ir organinių, ir mineralinių azoto junginių išplovimas turi tendenciją augti. Didėjanti azoto junginių išplovimą iš Aukštaitijos KMS ekosistemos patvirtina ir visuminio azoto kiekio sumažėjimas visame dirvožemio profilyje - tai gali liudyti apie nepalankią ekosistemai organinės dirvožemio dalies transformaciją, mažinančią sorbuojančią dirvožemio galią.

Sunkiųjų metalų koncentracijų miško ekosistemose kaita

Aukštaitijos KMS grėsmę miško ekosistemoms galėtų kelti paskutiniaisiais metais reikšmingai padidėjusios Cr koncentracijos ir šio elemento srautai su krituliais, o taip pat reikšmingai didėjanti Cu koncentracija krituliuose ir šio elemento srautas į miško paklotę. Teigiami pokyčiai, kurie galėtų skatinti atitinkamų biotos komponentų rūšių įvairovę ir gausą turėtų būti reguliariai mažėjanti vienu toksiškiausių sunkiųjų metalų Pb ir Cd koncentracijos krituliuose ir jų srautai.

Žemaitijos KMS sunkiųjų metalų koncentracijų ir jų srautų kaita neturėtų sukelti naujų grėsmių miško ekosistemos biotos komponentams. Teigiami pokyčiai ekosistoje galėtų būti siejami su reguliariu Pb koncentracijų ir jo srautų mažėjimu, o taip pat su sumažėjusiomis Zn, Ni ir Cu koncentracijomis krituliuose ir jų srautais į miško paklotę.

Sunkiųjų metalų metinių srautų su krituliais į miško paklotę analizė parodė, kad Žemaitijos KMS krituliai labiau užteršti sunkiaisiais metalais negu Aukštaitijos KMS. Tai tolimųjų pernašų iš Vidurio ir Vakarų Europos rezultatas.

Palyginus sunkiųjų metalų srautus į miško paklotę nustatyta, kad reikšmingai mažėja abiejose stotyse Pb srautas: Aukštaitijos KMS po $-103 \mu\text{g}/\text{m}^2$ per m., o Žemaitijos KMS net 7 kartus intensyviau, po $748 \mu\text{g}/\text{m}^2$ per m. Cg srautas Aukštaitijos KMS mažėja po $3,5 \mu\text{g}/\text{m}^2$ per m., o Žemaitijos KMS – apie 4 kartus intensyviau – $13,8 \mu\text{g}/\text{m}^2$ per m. Aukštaitijos KMS nustatytas papildomai reikšmingas Cu srauto augimas po $277 \mu\text{g}/\text{m}^2$ per m.

Apibendrinus tirtų metalų koncentracijas nuokritose 1994-2020 m. laikotarpiu, nustatyta, kad Aukštaitijos KMS reikšmingiausiai didėjo Cd koncentracija nuokritose – po $0,005 \text{ mg}/\text{kg}$, ir Zn – po $1,26 \text{ mg}/\text{kg}$ per m. Reikšminga ir mažėjimo tendencija nustatyta Pb – po $-0,09 \text{ mg}/\text{kg}$ per m. ir Cr po $-0,05 \text{ mg}/\text{kg}$ per m. Na ir Cu koncentracijų sekose reikšmingos kaitos nenustatyta. Šių elementų koncentracijos svyravo apie 60 ir $2,7 \text{ mg}/\text{kg}$ atitinkamai.

1994-2020 m. laikotarpiu reikšmingai didėjo Cd srautas su nuokritomis – po $0,003 \text{ g}/\text{m}^2$ per m., Na – po $0,7 \text{ g}/\text{m}^2$ per m. ir reikšmingiausiai Zn – po $1,03 \text{ g}/\text{m}^2$ per m. Reikia pažymėti, kad Na srautą lėmė nuokritų kiekis, o ne Na koncentracija nuokritose, kuri praktiškai buvo stabili.

Per tiriamąjį laikotarpį reikšmingiausiai mažėjo tik Cr srautas, po $-0,012 \text{ g}/\text{m}^2$ per m. Likusių metalų srautuose aiškesnės kaitos tendencijose nenustatyta.

2020 m. praktiškai visų tirtų sunkiųjų metalų koncentracijos Žemaitijos KMS sumažėjo lyginant su praėjusiais metais, o Cd, Cr, Ni, Cu ir Pb buvo vienos iš mažiausių per visą tiriamąjį laikotarpį. Išskirtinė padėtis susiformavo Na koncentracijų nuokritose sekoje – 2020 m. nustatyta rekordiška didelė šio elemento koncentracija, kuri siekė net $210 \text{ mg}/\text{kg}$. Tai Baltijos jūros ir vyraujančių Vakarų krypties vėjų poveikio rezultatas.

1994-2020 m. laikotarpiu reikšmingiausiai didėjo tik Zn koncentracija nuokritose – po $0,8 \text{ mg}/\text{kg}$ per m. Didėjo taip pat dėl paskutinių metų vertės ir Na koncentracija, po $1,3 \text{ mg}/\text{kg}$ per m., tačiau ši kaita buvo dar nereikšminga.

Reikšminga mažėjimo tendencija nustatyta Pb – po -0,1 mg/kg per m. ir Cr po -0,03 mg/kg per m. Cd ir Cu koncentracijų sekose reikšmingos kaitos nenustatyta. Šių elementų koncentracijos svyravo apie 0,15 ir 3 mg/kg atitinkamai.

Per visą tiriamąjį laikotarpį stebima Cr ir Pb srautų mažėjimo tendencija, kurią reikšmingai sąlygojo šių elementų koncentracijų sumažėjimas. Per tiriamąjį laikotarpį Pb srautas mažėja po 0,1 g/m², o Cr – po -0,03 g/m². Mažėja, tačiau nereikšmingai ir Cu srautas su nuokritomis. Stabilus išlieka Cg srautas, o reikšmingiausiai mažėja Pb, po 0,1 g/m² ir Cr po -0,03 g/m².

2020 m. registruotas pakankamai intensyvus sunkiųjų metalų srautas į miško paklotę, kuri galėjo lemti vieni didžiausių nuokritų kiekiai.

Tirtų metalų koncentracijų kaitoje KM stočių dirvožemio vandenyse buvo registruojamos skirtingos tendencijos. Mn koncentracijos per visą tiriamąjį laikotarpį ženkliai mažėja ir tik paskutiniųjų metų sausros turi nežymų poveikį šio elemento koncentracijų padidėjimui, matyt, tik dėl išplovimo proceso iš dirvožemio sumažėjimo.

KM stočių dirvožemio vandenyje nustatytos šios sunkiųjų metalų koncentracijų kaitos tendencijos:

- Cu koncentracija Aukštaitijos KMS dirvožemio vandenyje turėjo tendenciją didėti nuo 2000 iki 2011 metų, o pastaruosius 10 metų tolygiai mažėja. Žemaitijos KMS dirvožemio vandenyje didžiausia vario koncentracija buvo 2005 ir 2008 metais, o 2015–2019 metais buvo mažesnė nei vidutinė. 2020 metais vidutinė reikšmė vėl buvo viršyta.
- Cd koncentracija Aukštaitijos KMS dirvožemio vandenyje nuo 2006 metų nustatomą minimalų kiekį viršijo tik 2012 ir praėjusiais, 2020 metais. Kadmio koncentracija Žemaitijos KMS dirvožemio vandenyje natūraliai yra kelis kartus didesnė nei Aukštaitijos KMS, pastaruosius 10 metų turi tendenciją didėti, o buvo didžiausia 2018 metais.
- Cr koncentracija reikšmingai padidėjo Aukštaitijos KMS dirvožemio vandenyje ir paskutiniu metu laikotarpiu išlieka stabili. Po 2008 metų, kai chromo koncentracija Žemaitijos KMS dirvožemio vandenyje buvo pasiekusi didžiausią reikšmę, dvigubai sumažėjo ir 2009-2020 metais buvo stabili.
- Zn ir Ni koncentracijų kaita abiejų stočių dirvožemio vandenyje panaši į vario, didžiausias reikšmes pasiekė 2005, 2009, 2016 ir 2020 metais Aukštaitijos KMS ir 2006-2007, 2012 metais Žemaitijos stotyje.

- Pb koncentracijos dirvožemio vandenyje buvo didžiausios 2001-2002 metais, o vėliau mažėjo beveik dešimčia kartų ir liko mažos.

Gruntiniame vandenyje 2014 arba 2011 metais sunkiųjų metalų koncentracijos buvo padidėjusios iki didžiausių reikšmių per stebėsenos laikotarpį, o 2011-2014 metais stebimas koncentracijų mažėjimas. Tai atitinka Fe koncentracijos gruntiniame vandenyje dinamiką (72 pav., 5-7 iš 7). Gruntinio vandens dinaminiai ištekčiai 2010 metais buvo Aukštaitijos stotyje mažiausi, o Žemaitijos stotyje treči tarp mažiausių, o vėliau didėjo, 2011 ir 2013 metais iki vidutinių reikšmių, o 2014 vėl sumažėjo. Mažesni kritulių kiekiai lemia sunkiųjų metalų koncentracijų mažėjimą paskutiniaisiais metais.

2017-2020 m. pažymėtinas dėsningumas - gruntinio vandens užterštumo sunkiaisiais metalais mažėjimas. Išsiskiria 2017 m. reikšmingai padidėjusios Cu koncentracijos gruntiniuose vandenyse Aukštaitijos KMS. Paskutiniaisiais metais Cu koncentracijos abiejų stočių gruntiniuose vandenyse išlieka stabilios panašiam lygmenyje, t.y. apie 5 µg/l.

Zn koncentracijų kaitoje reikšmingų pokyčių nenustatyta. 2018-2019 m. sausros taip pat neturėjo jokios įtakos šio elemento gruntiniame vandenyje kaitai.

Išsiskiria Ni iki 10 kart stipriau užterštas Aukštaitijos gruntinis vanduo. Šio elemento koncentracijos taip pat reikšmingai viršija koncentracijas nustatytas Žemaitijos KMS dirvožemio vandenyje. Ženklus Ni koncentracijų padidėjimas Aukštaitijos KMS buvo registruotas 2018m, greičiausiai dėl padidėjusio kritulių kiekio 2017 m. sezono pabaigoje. 2019 m. Ni koncentracijos šioje stotyje pasiekė savo įprastinį daugiamečių vidurkį. Žemaitijos KMS Ni koncentracijos jau daugiau kaip 6 m išlieka stabilios 2 µg/l lygmenyje.

Cd koncentracijos Žemaitijos KMS baseino gręžiniuose, neviršija mažiausių nustatomų reikšmių, buvo mažesnės už 0,1 µg/l todėl, pagal metodiką rašoma pusė šio kiekio. Cd koncentracijos Aukštaitijos KMS gręžinių vandenyje 2020 metais buvo didesnės negu 2011-2019 metų laikotarpiu

Pb koncentracijos gruntiniuose vandenyse, turi tendenciją didėti. Analogiškai kito ir Zn bei Cr koncentracijos. Tik paskutiniųjų metų sausros galėjo sąlygoti šių elemento koncentracijų nežymų padidėjimą.

Apibendrinant gruntinio vandens cheminės sudėties kaitos tendencijas pažymėtinos skirtingos gruntinio vandens cirkuliacijos sąlygos: dinaminiai gruntinio vandens ištekčiai Aukštaitijos KMS turi tendenciją mažėti, o Žemaitijos KMS, atvirkščiai – augti.

2017-2020 m. pažymėtinas dėsningumas - gruntinio vandens užterštumo sunkiaisiais metalais mažėjimas, sinchroniškas geležies koncentracijų mažėjimui.

Sunkiųjų metalų, vario (Cu), chromo (Cr), nikelio (Ni), švino (Pb), cinko (Zn) ir kadmio (Cd) koncentracijai KMS upelių vandenyje upelio debitas neturi lemiamos įtakos. Sausros įtaka per stebėjimų laikotarpį galėjo padidinti vario, cinko ir chromo koncentraciją, bet ne kiekvienai per stebėjimų laikotarpį buvę sausringi metai darė poveikį.

Paskutiniuoju laikotarpiu Cd koncentracija upelio vandenyje, retai viršija mažiausią nustatymo ribą. 0,1 µg/l, ypač Aukštaitijos KMS upelio vandenyje.

Metalų koncentracija dirvožemio paviršiniuose horizontuose (0...5 cm gylyje) mažėjo, bet padidėjo chromo, vario ir nikelio koncentracija gilesniuose dirvožemio horizontuose, geocheminiuose dirvožemio barjeruose.

Žemaitijos KMS yra labiau teršiama sunkiaisiais metalais negu Aukštaitijos KMS, ką patvirtina ir oro bei kritulių sunkiųjų metalų tyrimo rezultatai.

Aukštaitijos KMS Ni, Pb ir Cd koncentracijų mažėjimą samanosė lemia šių metalų koncentracijų kaita krituliuose, o Cr, kad ir nereikšmingą augimą, šio elemento srautas su krituliais. Žemaitijos KMS visų tirtų sunkiųjų metalų koncentracijų mažėjimą lemia mažėjančios jų koncentracijos krituliuose išskyrus tik Cr koncentracijas, kurios, kaip ir šio elemento srautai su krituliais neturi aiškesnės tendencijos kisti.

Aukštaitijos kompleksinio monitoringo stoties veikla (Vadovas G.Pivoras)

Darbų atlikimo laikotarpiu, Utenos rajone Rūgštėlišio kaime esančioje Aukštaitijos kompleksinio monitoringo stotyje ir Ažvinčių sengirės tyrimų poligone, buvo atlikti visi sutartyje numatyti, sąlygiškai natūralių ekosistemų kompleksinio monitoringo ICP IM ir EMEP programų reikalavimus atitinkantys, gamtinės aplinkos stebėjimai ir tyrimai; vykdyti kiti Aplinkos apsaugos agentūros inicijuoti gamtinės aplinkos stebėjimo – tyrimo darbai; atlikti reikalingi Stoties priežiūros – eksploatacijos darbai ir su tuo susiję apmokėjimai.

Sutarties vykdymo laikotarpiu buvo:

Užtikrinta ICP IM programos reikalavimus Aukštaitijos kompleksinio monitoringo stoties priežiūra ir eksploatacija, sudarant kokybiškas sąlygas efektyviam tolimųjų oro pernašų įtakos Lietuvos oro baseino kokybei tyrimui. Tai apima elektros sąnaudų, reikalingų tyrimų aparatūros darbui užtikrinti bei patalpų ir vandens šildymui, nesudarant vietinės

taršos, apmokėjimą; automobilio eksploataciją; pastatų ir tyrimų įrangos eksploatavimo einamuosius darbus; privalomų mokesčių valstybei, bei administravimo mokesčio Universitetui įvykdymą. Aukščiau išvardintų Stoties priežiūros – eksploatavimo sąlygų užtikrinimas sudarė prielaidas Stotyje ir tyrimų poligone vykdyti kompleksinę ekosistemos tyrimą. Darbų vykdymo laikotarpiu Stotyje buvo sudarytos darbo sąlygos visiems kompleksinio monitoringo programos dalyviams, turintiems atlikti darbus pačioje stotyje arba šiame regione esančiuose tyrimų poligonuose. Tai Aplinkos apsaugos agentūros, Fizikinių tyrimų mokslo centro, VDU ir kiti pagal atskiras sutartis dirbantys ar paskiriami darbams laikinai samdomi darbuotojai.

Užtikrintas stotyje instaliuotos ir naudojamos mokslinės įrangos kvalifikuotas naudojimas, techninė priežiūra ir savalaikis gedimų šalinimas. Visu 2020 m. kalendoriniu laikotarpiu buvo saugoma ir prižiūrima stotyje, šalia jos ir tyrimų poligone sumontuota tyrimų aparatūra - įranga. Nustatytu laiku buvo atliekami visi einamieji tyrimų aparatūros techninio aptarnavimo darbai, esant reikalui vietoje keičiami ir koreguojami aparatūros darbo režimai, šalinami gedimai.

Atlikti aplinkos būklės parametrų tyrimai (fizikiniai, meteorologiniai, oro, vandens), privalomi pagal ICP IM reikalavimus. Tuo tikslu Aukštaitijos kompleksinio monitoringo stotyje ir Ažvinčių sengirės rezervate įrengtame tyrimų poligone buvo atliekami sekantys režimo bandinių paėmimo ir aplinkos būklės parametrų matavimo -tyrimo darbai:

- nepertraukiamas aplinkos meteorologinių faktorių fiksavimas (oro ir dirvos temperatūrų, vėjo krypties ir greičio, saulės aktyvumo, santykinės oro drėgmės, kritulių kiekio, atmosferos slėgio matavimai);

- dujinių ir aerosolinių atmosferos cheminių priemaišų - SO₂-S, SO₄-S, NO₂, - HNO₃+NO₃ ir NH₃+NH₄ nustatymas;

- nepertraukiamas pažemio ozono koncentracijos ore matavimas;

- nepertraukiamas gyvsidabrio koncentracijos ore matavimas;

- mėnesinių "bendrų" ir savaitinių "šlapių" kritulių surinkimas;

- savaitinių mėginių, sunkiųjų metalų koncentracijai krituliuose nustatyti, surinkimas;

- savaitinių oro mėginių KD 2,5 /2,5 mikrono dydžio kietųjų dalelių/ analizei paėmimas;

- 72 val. oro mėginių KD 10 /10 mikrono dydžio kietųjų dalelių/ sunkiųjų metalų ir policiklinių aromatinių angliavandenilių analizei paėmimas;

- Versminio upelio vandens lygio ir fizikinių parametru (temperatūra, rūgštingumas, laidumas, ištirpęs deguonies kiekis) matavimai;
- gruntinio vandens lygio matavimai;
- gruntinio vandens bandinių paėmimas;
- dirvožemio vandens bandinių paėmimas;
- paimti mėnesiniai polajiniai kritulių bandiniai;
- paimti mėnesiniai medžių lajų nuokritų bandiniai;
- paimti Versminio upelio vandens bandiniai;
- atlikti dirvožemio drėgnumo ir įšalo gylio matavimai.

Įvykdytas sutartyje numatytas duomenų ir bandinių pristatymas tyrimams į atitinkamas laboratorijas numatytu laiku. Kiekvieno mėnesio pradžioje paimti upelio, gruntinio ir dirvožemio vandens bandiniai, per 48 val. nuo paėmimo momento, buvo pristatomi tyrimams į Aplinkos tyrimų departamento laboratoriją. Mėnesinių ir savaitinių kritulių bandiniai, polajiniai krituliai, oro chemijos bandinių filtrai kiekvieną mėnesį buvo pristatomi į Aplinkos tyrimų departamento laboratoriją. Bandiniai, skirti sunkiųjų metalų atmosferos krituliuose, Gyvsidabrio koncentracijai atmosferos krituliuose bei BP koncentracijai krituliuose kiekvieną mėnesį buvo pristatomi į atitinkamas Fizikinių tyrimų mokslo centro laboratorijas. Medžių nuokritų bandiniai - pristatyti į VDU Miško monitoringo laboratoriją. Meteorologiniai ir kiti duomenys pagal pareikalavimą būdavo perduodami laboratorijoms, dalyvaujančioms kompleksiško monitoringo programoje.

Kiti 2019m. sutarties pagrindu Aukštaitijos kompleksinio monitoringo stotyje atlikti aplinkos tyrimų darbai:

1) sunkiųjų metalų atmosferos krituliuose tyrimo programa /vykdytojas Fizikinių mokslo tyrimų centras/.

Tuo tikslu meteo. bokšte buvo įrengti du kritulių rinktuvai. Kritulių rinktuvai buvo keičiami kiekvienos savaitės pirmos dienos ryte. Surinkti krituliai buvo pasveriami, apdorojami rūgšties tirpalu ir laikomi šaldytuve. Kiekvieno mėnesio pradžioje jie buvo pristatomi į atitinkamą FTMC laboratoriją.

2) gyvsidabrio koncentracijų atmosferos krituliuose programa /vykdytojas Fizikinių technologijų mokslo tyrimų centras/.

Tuo tikslu meteo. bokšte buvo įrengtas vienas kritulių rinktuvas. Jame surinkti kritulių bandiniai buvo paimami kas dvi savaitės. Surinkti krituliai buvo pasveriami,

apdorojami fiksuojančiu tirpalu ir laikomi šaldytuve. Kiekvieno mėnesio pradžioje jie buvo pristatomi į atitinkamą FTMC laboratoriją.

3) gyvsidabrio koncentracijų atmosferos ore nustatymas /vykdytojas AAA/.

Tuo tikslu monitoringo stotyje buvo instaliuotas Tekran firmos gyvsidabrio garų atmosferos ore analizatorius TEKTRAN 25378. Oras analizei buvo imamas 2m.aukštyje nuo žemės paviršiaus. Analizatorius veikė nenutrūkstamu darbiniu režimu, kompiuteryje fiksuojami kas pusvalandiniai vidutiniai matavimų duomenys. Matavimų duomenys kiekvieną dieną automatiškai buvo perduodami į Aplinkos apsaugos agentūrą. Reguliarius prietaiso patikros darbus atliko AAA specialistai.

Prietaiso eksploatacijai reikalingos argono inertinės dujos buvo pastoviai perkamos 10 l. talpos balionais iš „ELME MESSER LIT“ firmos padalinio Vilniuje.

4) kietųjų dalelių KD2,5 ore bandinių paėmimas.

Tuo tikslu šalia stoties pastato esančioje meteo. aikštelėje buvo sumontuotas SEQ47/50 kietųjų dalelių bandinių paėmimo įrenginys. Jis užprogramuotas 7-ių dienų bandinių ciklui ir filtrai buvo automatiškai pakeičiami kas 7 kalendorinės dienos, kiekvieną pirmadienį. Filtrai šiam įrenginiui buvo paruošiami Aplinkos tyrimų departamento laboratorijoje; kasetės su filtrais - keičiamos kas trys mėnesiai

Prietaiso techninį aptarnavimą atliko Aplinkos apsaugos agentūros specialistai.

5) kietųjų dalelių KD10 bandinių , skirtų Sunkiųjų metalų ir policiklinių aromatinių angliavandenilių koncentracijų ore nustatymui, paėmimas.

Tuo tikslu šalia stoties pastato esančioje meteo. aikštelėje buvo sumontuotas SEQ47/50 kietųjų dalelių bandinių paėmimo įrenginys. Jis užprogramuotas 3-jų dienų bandinių ciklui ir filtrai buvo automatiškai pakeičiami kas trys kalendorinės dienos; kasetės su filtrais - keičiamos kas mėnesį

Prietaiso techninį aptarnavimą atliko Aplinkos apsaugos agentūros specialistai.

6) benzopirenų koncentracijų atmosferos krituliuose nustatymas /vykdytojas Fizikinių mokslo tyrimų centras/.

Tuo tikslu šalia stoties esančioje meteo. aikštelėje buvo sumontuotas tam skirtas kritulių rinktuvas. Šio rinktuvo pagalba buvo renkami mėnesiniai kritulių bandiniai, kurie kiekvieną mėnesį buvo pristatomi į atitinkamą FTMC laboratoriją .

7) kietųjų dalelių KD2,5 ore nenutrūkstamas matavimas / nenutrūkstamas režimas/.

Tuo tikslu šalia stoties pastato esančioje meteo. aikštelėje buvo sumontuotas kietųjų dalelių ore koncentracijų matavimo įrenginys BAM-1020. Jo teikiami duomenys buvo tiesiogiai tiekiami į AAA.

Techninį prietaiso aptarnavimą atlikdavo tiek AAA atitinkamo skyriaus darbuotojai tiek Rūgštėlišio stoties darbuotojas.

8) Radioaktyviosios spinduliuotės matavimas

Prižiūrima - aptarnaujama radioaktyviosios spinduliuotės matavimo įranga „SARA ENVINET“. Jos teikiami duomenys buvo tiesiogiai /nenutrūkstamas režimas/ tiekiami į AAA.

**TRŪKUMAI, kuriuos pašalinus būtų gaunami reikalingi ir patikimi duomenys
kompleksiško monitoringo programos tikslams įgyvendinti:**

Žemaitijos KM stotis:

Neveikia ir reikia pakeisti nauju upelio debito matuoklį - limnigrafą

Taip pat deguonies daviklis upelio vandenyje neveikia jau daug metų.