



PĒTĪJUMA NOSAUKUMS:

**OTRĀ LĪMEŅA GAISA PIESĀRŅOJUMA
IETEKMES NOVĒRTĒŠANAS
MONITORINGA PROGRAMMA**

Latvijas Valsts mežzinātnes institūts “Silava”

PĒTĪJUMA VADĪTĀJS:

Andis Lazdiņš, LVMI “Silava” vadošais pētnieks

Salaspils, 2025

SATURS

Saturs	2
Ievads	3
Otrā līmeņa meža monitoringa organizācija	3
Otrā līmeņa meža monitoringa parauglaukumu raksturojums	4
Metodika	9
Gaisa kvalitātes mērījumi	9
Koku pieaugumu mērījumi.....	10
Ozona bojājumu vizuāla noteikšana.....	10
Koku vainagu stāvokļa novērtējums	11
Nobiru frakciju paraugu ņemšana un analīze.....	11
Skuju parauga ņemšana un analīze.....	13
Augsnes ūdens parauga ņemšana un analīze.....	15
Nokrišņu ūdens parauga ņemšana un analīze.....	16
Ķīmisko analīžu rezultātu validēšana un kvalitātes nodrošināšana	18
Rezultāti un to analīze	19
Koku vainagu stāvokļa novērtējums	19
Skuju paraugu ievākšana un ķīmiskā sastāva novērtēšana.....	22
Meža nobiru apjoma un ķīmiskā sastāva novērtēšana	28
Nokrišņu ūdeņu uzskaitē	40
Augsnes ūdeņu uzskaitē	42
Nokrišņu un augsnes ūdeņu ķīmiskās analīzes	43
Nokrišņu ūdeņi	43
Augsnes ūdeņi	48
Gaisa kvalitātes mērījumi.....	55
Koku pieauguma mērījumi.....	58
Literatūra.....	61

IEVADS

Starptautiskā sadarbības programma gaisa piesārņojuma ietekmes uz mežiem novērtēšanai un uzraudzībai (*The International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests*, ICP Forests) ir starpvalstu meža ekosistēmu monitoringa un izpētes tīkls, kas izveidots 1985. gadā saskaņā ar Apvienoto Nāciju Organizācijas Eiropas Ekonomikas komisijas (UNECE) Konvenciju par pārrobežu gaisa piesārņojumu lielos attālumos (Gaisa konvencija, iepriekš CLRTAP).

ICP Forests programmas ietvaros meža ekosistēmu monitoringu Eiropā veic divos monitoringa intensitātes līmeņos. Otrā līmeņa gaisa piesārņojuma ietekmes novērtēšanas monitoringa mērķis ir nodrošināt valstī pastāvīgas novērojumu sistēmas funkcionēšanu un attīstību, lai sniegtu informāciju par meža veselības stāvokli, meža un vides faktoru mijiedarbību un meža augšņu stāvokli, kā arī nodrošināt informācijas ieguvu par gaisa piesārņojuma ietekmi un citu vides (biotisko un abiotisko, kā arī antropogēnas izcelsmes) faktoru iedarbību uz meža ekosistēmām. Otrā līmeņa meža monitoringa ietvaros novērojumus veicot harmonizētā veidā, iegūstot salīdzināmu informāciju par mežu stāvokli un meža ekosistēmās notiekošajiem procesiem visās Eiropas valstīs. ICP Forests programmas dalībvalstīs Eiropā ir izveidoti ap 800 otrā līmeņa meža monitoringa parauglaukumi, kas reprezentē galvenos meža tipus Eiropā (Michel et al., 2020).

Latvijā otrā līmeņa meža monitorings uzsākts 2004. gadā vienā parauglaukumā Valgundes pagastā Meža pētīšanas stacijas Jelgavas meža novada 1. kvartālā. 2015. gadā papildus uzsākts otrā līmeņa meža monitorings vēl divos parauglaukumos, kas ierīkoti Cēsu novada Dzērbenes pagastā un Dienvidkurzemes novada Rucavas pagastā. Parauglaukumi nerepresentē stāvokli Latvijas mežos kopumā, bet dod priekšstatu par procesiem priežu mežaudzēs, kā arī dod ieguldījumu šo ekosistēmu izpētē Baltijas – Ziemeļvalstu reģionā.

OTRĀ LĪMEŅA MEŽA MONITORINGA ORGANIZĀCIJA

2024. gadā turpināta vainaga stāvokļa vērtēšana, koku pieaugumu mērījumi ar manuāli nolasāmām koku pieaugumu lentām, augsnes ūdeņu ķīmiskās analīzes, nokrišņu ķīmiskās analīzes, gaisa kvalitātes mērījumi, nobiru ievākšana un analīze (Tab. 1).

Tab. 1: Monitoringa apakšprogrammu īstenošanas grafiks

Novērojuma veids	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
Vainaga stāvokļa novērtējums	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Augsnes analīzes	x																					
Skuju/lapu ķīmiskās analīzes	x	x		x		x		x		x	x	x		x		x		x		x		
Koku pieauguma mērījumi	x					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Augsnes ūdeņu ķīmiskās	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Novērojuma veids	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
analīzes																						
Nokrišņu ķīmiskās analīzes	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Veģētācijas uzskaitē	x					x	x				x					x						
Gaisa kvalitātes mērījumi	x					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
Ozona bojājumu noteikšana	x										x											
Nobiru analīzes						x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Visintensīvāk mērījumi un apsekojumi notiek Valgundes parauglaukumā, kur īstenotas visas Tab. 1 minētās apakšprogrammas. Taurenē un Rucavas parauglaukumā nenotiek gaisa kvalitātes mērījumi, kas ir viena no finansiāli ietilpīgākajām mērījumu programmām. 2023. gada monitoringa ciklā veikts vainaga stāvokļa novērtējums, koku pieauguma mērījumi, augsnes ūdeņu, nokrišņu, nobiru paraugu ievākšana un analīzes.

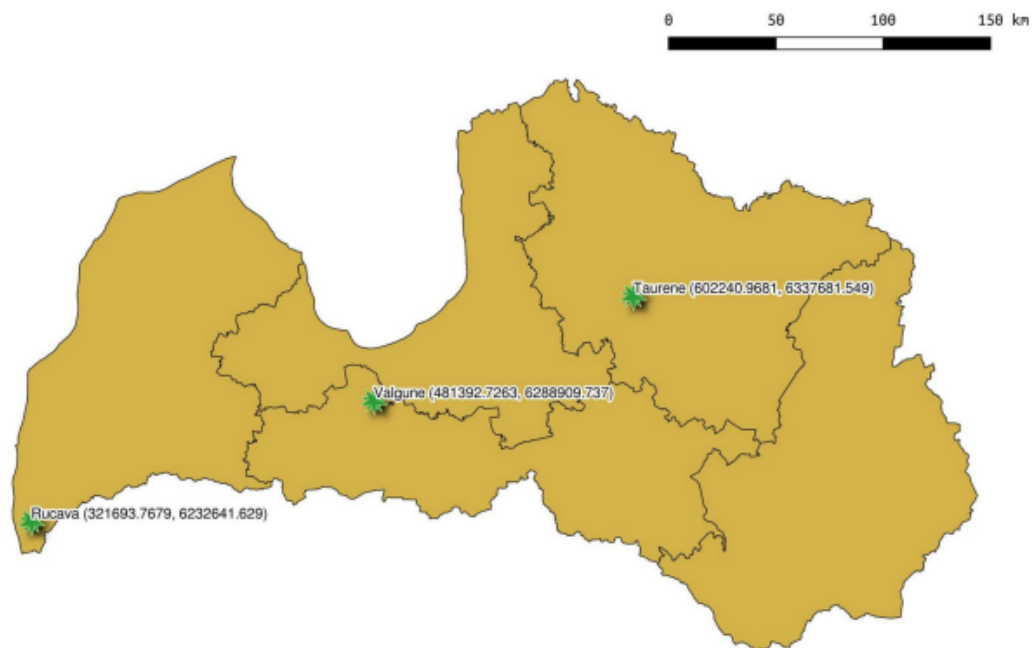
OTRĀ LĪMEŅA MEŽA MONITORINGA PARAUGLAUKUMU RAKSTUROJUMS

Šobrīd Latvijā funkcionē trīs otrā līmeņa monitoringa parauglaukumi – Valgundē, Taurenē un Rucavā. Valgundes parauglaukums ir ierīkots 2004. gadā Jelgavas novadā, Valgundes pagastā, Meža pētīšanas stacijas Jelgavas novada 1. kvartāla 10. nogabalā (Tab. 2). Taurenē un Rucavas parauglaukumi ir ierīkoti 2015. gadā un mērījumi uzsākti tā paša gada maijā. Parauglaukumi atrodas Cēsu novada Dzērbenes pagastā un Dienvidkurzemes novada Rucavas pagastā (Att. 1).

Tab. 2: Otrā līmeņa meža monitoringa mežaudžu raksturojums¹

Vieta	Platība, ha	Valdošā suga	Meža tips	Mežaudzes vecuma desmitgade	Krāja, m ³ ha ⁻¹	Šķērslaukums, m ² ha ⁻¹	Bonitāte	Sastāva formula
Valgunde	0,8	Priede	Lāns	10	384	32	I	5P3E2B91
Taurene	2,2	Priede	Lāns	10	221	21	I	8P1E1B93
Rucava	7,8	Priede	Lāns	8	250	24	I	10P73

¹ Datu avots – Valsts meža dienests.



Att. 1: Otrā līmeņa meža monitoringa parauglaukumu izvietojums Latvijā.

Visos trīs otrā līmeņa meža monitoringa parauglaukumos dominējošā koku suga ir priede (*Pinus sylvestris* L.) ar nelielu egles (*Picea abies* (L.) H.Karst.) piemistrojumu, galvenokārt 2. stāvā (Att. 2). Zemsedzē, sūnu stāvā dominē spīdīgā stāvaine un Šrēbera rūšaine, lakstaugu stāvā – mellene. Otrā līmeņa meža monitoringa parauglaukumi ierīkoti lāna (*Myrtillosa*) meža tipā.

Gan Valgundes, gan Taurenes parauglaukumos audzes vecums ir robežās no 90 līdz 100 gadiem. Rucavas parauglaukumā audze ir jaunāka, no 70 līdz 80 gadiem. Audzes ir samērā produktīvas ar augstu bonitāti. Visos parauglaukumos ir I bonitātes priežu audzes.



Att. 2: Otrā līmeņa meža monitoringa Valgundes parauglaukums².

Otrā līmeņa meža monitoringa parauglaukumi ir ierīkots taisnstūra formas veidā (40 x 60 m) ar kopējo platību 2400 m². Parauglaukumi augsnes veģetācijas raksturošanai sadalīts 10 x 10 m sekcijās. Šajos parauglaukumos izvietoti arī laukumi veģetācijas novērtēšanai. Ap parauglaukumu izveidota nenorobežota 10 m plata buferzona, kur ņem paraugus dažādām apakšprogrammām – nokrišņi, koku pieaugumi u.c. Blakus kokaudzes parauglaukumam ierīkots 40 x 30 m liels augsnes parauglaukums.

Valgundes parauglaukumos ir vidējas smilts augsne, ar zemu pH un piesātinājumu ar bāzēm. Augsnē dominējošie ir podzolēšanās procesi, ko veicina skujkoku nobiru organiskā materiāla sadalīšanās. Kaut arī reljefa svārstības parauglaukumā ir nelielas (± 5 m), tomēr ir vērojamas atšķirības starp augsni reljefa paaugstinājumos un pazeminājumos. Augsnes tips reljefa paaugstinājumos atbilstoši Latvijas augsnes klasifikācijai reljefa paaugstinājumos ir iluviālā humusa podzola augsne. Atbilstoši WRB 2014 augšņu klasifikācijas sistēmai - *Folic Arenosol (dystric)*. Augsne ir samērā vāji attīstīta, atsevišķās vietās ir *Spodic* horizonta veidošanās pazīmes. Reljefa pazeminājumos – kūdrainā podzolētā glejaugsne. Atbilstoši FAO klasifikācijas sistēmai - *Ortsteinic Albic Folic Podzol (dystric)*. Reljefa pazeminājumos podzolēšanās procesu ietekmē izveidojies sacementējais *Spodic* horizonts – ortšteins. Zem ortšteina slāņa augsnē novērojamas reducēšanās pazīmes, kas dziļāk pāriet Br un Cr horizontos.

² Foto – A. Bārdulis



Att. 3: Augsnes profili Valgundes parauglaukumā, pa kreisi reljefa paaugstinājumā, pa labi reljefa pazeminājumā³.

Tauresnes parauglaukumā augsnes pamatmateriālu veido vidēja un smalka smilts (Att. 4). Augsne ir skāba un augsnē dominē podzolēšanās procesi. Daļa no parauglaukuma atrodas reljefa paaugstinājumā un daļa uz nogāzes, tomēr augsne ir samērā viendabīga visā parauglaukuma teritorijā. Augsnes tips atbilstoši Latvijas augsnes klasifikācijas sistēmai ir iluviālā humusa podzols. Atbilstoši WRB 2014 klasifikācijas sistēmai (Food and Agriculture Organization, 2014) augsne atbilst *Podzols* augšņu pamatgrupai. Precīzs augsnes nosaukums ir *Albic, Podzols (novic)*. Augsnes virskārtā ir 7 cm biezs O horizonts, kas uzguļ EA horizontam. Podzolēšanās rezultātā zem EA horizonta izveidojies *spodic* horizonts. Aptuveni 65 cm dziļumā mainās augsnes granulometriskais sastāvs no vidējas uz smalku smilts frakciju.

³ Foto – A. Lupiķis.



Att. 4: Augšnes profils Taurenes parauglaukumā⁴.

⁴ Foto – A. Lupiķis.

METODIKA

Novērojumi veikti saskaņā ar starptautiskās sadarbības programmas ICP Forests metodiku⁵.

GAISA KVALITĀTES MĒRĪJUMI

Otrā līmeņa meža monitoringa ietvaros noteikti šādi gaisa kvalitātes parametri - NO₂, SO₂, NH₃ un O₃. Darbs veikts atbilstoši starptautiski pieņemtai metodikai (Schaub et al., 2016).

Gaisa kvalitātes mērījumi veikti, izmantojot Zviedrijas Vides zinātnes institūta (IVL) membrānas tipa pasīvos gaisa paraugu savācējus (Att. 5).



Att. 5: Membrānas tipa pasīvie gaisa paraugu savācēji⁶.

Tā kā pasīvie gaisa savācēji ir mazi, viegli un tiem nav vajadzīga elektrība, to izvietojuma vieta ir viegli maināma. Savācējus var izmantot piesārņojošo vielu ilggadīgam monitoringam.

Gaisa kvalitātes mērījumi veikti ārpus kokaudzes (200 m attālumā) atklātā vietā, netālu no parauglaukuma esošā izcirtumā, mērījumu stacija ir uzstādīta 3 m augstumā. Atbilstoši metodikas rekomendācijai mērījumi veikti veģetācijas perioda laikā (maijs – oktobris). Savācēju maiņa veikta reizi divās nedēļās O₃, NO₂, SO₂ un NH₃ paraugiem.

Pasīvo savācēju sagatavošanu veic IVL atbilstoši ICP Forests un EMEP rokasgrāmatu prasībām. IVL piedalās ICP Forests gaisa kvalitātes starplaboratoriju salīdzinošā

⁵ <http://icp-forests.net/page/icp-forests-manual>

⁶ Foto – A. Bārdulis.

testēšanā. Savācēju uzstādīšanu nodrošina LVMI Silava Meža vides laboratorijas speciālisti atbilstoši IVL norādījumiem.

Gaisa paraugu savācējus transportē aukstuma kastē un uzglabā ledusskapī LVMI Silava Meža vides laboratorijā līdz katra noslēdzošā mēneša beigām. Pēc tam atbilstoši IVL norādījumiem paraugus iepakoj un nosūta analizēšanai uz Zviedriju.

Gaisa kvalitātes parametru aprēķināšanai izmanto pasīvo uztvērēju koeficientus, kā arī diennakts vidējās gaisa temperatūras. Parametrus protokolē īpašās veidlapās, norādot savācēju uzstādīšanas un noņemšanas datumus un laiku. Precīzus diennakts vidējās gaisa temperatūras mērījumus iegūst no blakus esošās meteoroloģisko novērojumu stacijas.

KOKU PIEAUGUMU MĒRĪJUMI

Koku pieaugumu mērījumiem uzstādītas 15 manuāli nolasāmas koku pieauguma lentes (Att. 6). Lentas uzstādītas randomizēti visā parauglaukuma teritorijā, iekļaujot 1., 2. un 3. Krafta klases kokus. Koku pieauguma lentu rādījumus sistemātiski nolasa ik pēc divām nedēļām. Mērījumi veikti atbilstoši ICP Forests rekomendētajai metodikai (Dobbertin and Neumann, 2020).



Att. 6: UMS koku pieauguma lente⁷.

OZONA BOJĀJUMU VIZUĀLA NOTEIKŠANA

Ozona bojājumu vizuālu noteikšanu veica LVMI Silava eksperti atbilstoši starptautiski akceptētai metodikai (Schaub et al., 2016).

Parauglaukums zemsedzes veģetācijas ozona bojājumu noteikšanai ierīkots atklātā vietā, izcirtuma malā, saules ekspozīcijas pusē. Parauglaukumā veikta veģetācijas uzskaitē un noteikts ozona bojājumu simptomu sastopamības biežums attiecīgām augu sugām.

⁷ Foto – A. Bārdulis.

KOKU VAINAGU STĀVOKĻA NOVĒRTĒJUMS

Koku vainaga stāvokļa novērtēšana veikta atbilstoši ICP Forests rekomendētajai metodikai (Eichhorn et al., 2020). Koku vainaga stāvokļa novērtējumam tika atlasīti un novērtēti 60 1., 2., un 3. Krafta klases parauglaukuma koki. Koku atlase veikta pēc nejaušības principa, sadalot parauglaukumu 24 kvadrātos un katrā no tiem izvēloties 2-3 minēto Krafta klašu kokus. Nākamajos gados, kādam no kokiem aizejot bojā, vietā tiks izvēlēti jauni parauglaukuma koki, lai gadu gaitā nesamazinātos vērtējamo koku paraugkopu. Ja nepieciešams, vērtējamo koku paraugkopu iespējams palielināt.

Saskaņā ar metodiku, kurā norādīts, ka koku vainagu vērtēšana ik gadu veicama aptuveni vienā un tajā pašā laikā, otrā līmeņa meža monitoringa parauglaukumā to veic augusta beigās vai septembra sākumā (± 2 nedēļas). Atbilstoši metodikai galvenais rādītājs koku veselības stāvokļa analīzē ir vainaga kopējā defoliācija (skuju vai lapu zudums). Parauglaukuma kokiem tiek vērtēts arī vainaga noēnojums, vainaga redzamība, defoliācija vainaga augšējā trešdaļā un visā vainagā, dehromācija, koka bojājumi un čiekuru raža, kā arī noteikta Krafta klase.

NOBIRU FRAKCIJU PARAUGU ŅEMŠANA UN ANALĪZE

Nobiru paraugi ievākti un to ķīmiskais sastāvs noteikts atbilstoši 2016. gadā aktualizētajai ICP Forests metodikai (Ukonmaanaho et al., 2016).

Parauglaukumā zem dominējošo koku vainagiem ierīkoti 10 nobiru savācējkonteineri, ar virsmas uztveres laukumu 0,42 m² (laika posmā līdz 2018. gadam virsmas uztveres laukum bija 0,25 m²) Valgundes parauglaukumā un 0,50 m² Tauresnes un Rucavas parauglaukumos (Att. 7). Kontainers izgatavots no sintētiska polimēru audekla, tā lejasdaļā piestiprināts stingrāka materiāla gredzens, pie kura piesiets polimēru materiāla tīkliņš ar tīkla acs izmēru 0,2 mm. Šāds polietilēna kontainers lietus laikā aizvada ūdeni. Nobiru savācējkonteineru dziļums ir 0,7 m, kas pasargā nobiru materiāla izpūšanu no konteineru vējainā laikā. Nobiru paraugi ievākti katra mēneša pēdējā datumā.



Att. 7: Meža nobiru savācējkonteiners⁸.

Nobiras savākšanai konteineru lejasdaļā piestiprinātos maisiņus noņem, uzvelkot rokās cimodus. Tad to saturu pārber papīra maisos un nogādā LVMI Silava Meža vides laboratorijā. Tīkliņus piestiprina atpakaļ pie savācējiem. Laika posmā no 2009. līdz 2017. gadam nobiru paraugus pirms analīžu veikšanas sašķiroja šādās frakcijās:

- zari un mizas;
- dominējošās koku sugas skujas;
- dominējošās koku sugas augļi (čiekuri, sēklas);
- cita biomasa (insekti, fekālijas u.c.).

No 2018. gada nobiru paraugus pirms analīžu veikšanas sašķiroja šādās frakcijās:

- zari un mizas;
- dominējošās koku sugas skujas;
- citu koku sugu skujas un lapas;
- dominējošās koku sugas augļi (čiekuri, sēklas);
- citu koku sugu augļi (čiekuri, sēklas);
- cita biomasa (insekti, fekālijas u.c.).

Savukārt no 2019. gada nobiru frakcija, ko veido dominējošās koku sugas augļi, iedalīta divās šādās papildus frakcijās:

- dominējošās koku sugas čiekuri;
- dominējošās koku sugas sēklas.

⁸ Foto – K. Polmanis.

Pēc tam nobiru frakcijas žāvētas 48 h 80 °C temperatūrā līdz nemainīgai masai un nosvērtas ar precizitāti ± 0,1 mg. Pēc nobiru frakciju apvienošanas gada griezumā atlasītas 1000 skuju un noteikta 105 °C temperatūrā izžāvētu 1000 skuju masa. Nobiru frakciju paraugiem noteikti šādi obligāti nosakāmie parametri: Ca, K, Mg, C, N, P un S saturs un šādi izvēles parametri (kopš 2018. gada): Zn, Mn, Fe, Cu, Cr un Ni saturs (Tab. 3) atbilstoši 2016. gadā aktualizētajai ICP Forests rekomendētajai metodikai (Ukonmaanaho et al., 2016).

Tab. 3: Nobiru frakciju paraugu ķīmisko analīžu metodika

Parametrs, mērvienība	Parauga sagatavošana	Metodika	Metodes princips
S, mg g ⁻¹	-	LVS ISO 10694:2006	Elementanalīze
C, g 100 g ⁻¹	-	LVS ISO 10694:2006	Elementanalīze
N, mg g ⁻¹	-	Līdz 2019. gadam: LVS ISO 11261	Līdz 2019. gadam modificēta Kjeldāla metode
		Kopš 2019. gada: LVS ISO 10694:2006	Kopš 2019. gada elementanalīze
P, mg g ⁻¹	Mineralizēšana konc. HNO ₃	Līdz 2019. gadam: LVS ISO 11466, LVS EN 14672	Līdz 2019. gadam amonija molibdata spektrofotometriska metode
		Kopš 2019. gada: LVS ISO 11466	Kopš 2019. gada induktīvi saistītās plazmas optiskās emisijas spektrometrija (ICP-OES)
Ca, Mg, mg g ⁻¹	Mineralizēšana konc. HNO ₃	LVS ISO 11466	Līdz 2019. gadam atomabsorbcijas spektrometrija ar liesmas atomizāciju
			Kopš 2019. gada induktīvi saistītās plazmas optiskās emisijas spektrometrija (ICP-OES)
K, mg g ⁻¹	Mineralizēšana konc. HNO ₃	LVS ISO 11466	Līdz 2019. gadam atomu emisija ar atomabsorbcijas spektrometriju
			Kopš 2019. gada induktīvi saistītās plazmas optiskās emisijas spektrometrija (ICP-OES)
Zn, Mn, Fe, Cu, Cr, Ni, µg g ⁻¹	Mineralizēšana konc. HNO ₃	LVS ISO 11466	Kopš 2019. gada induktīvi saistītās plazmas optiskās emisijas spektrometrija (ICP-OES)

SKUJU PARAUGA ŅEMŠANA UN ANALĪZE

Skuju paraugu ņemšanu un ķīmiskās analīzes nodrošina LVMI Silava atbilstoši ICP Forests metodikai (Rautio et al., 2020).

Skuju paraugi jāievāc laikā, kad beigusies veģetācijas sezona, tas ir no oktobra līdz martam. Attiecīgi, piemēram, 2015./2016. gadā ziemā ievāktie skuju paraugi reprezentē 2015. un 2014. gadu. Paraugi ņemti, izmantojot zāģēšanas metodi, ievērojot metodikas nosacījumus par paraugu ievākšanu:

- paraugu ņemšana nerada paraugu piesārņojumu;
- nerada smagus bojājumus ne paraugkokam, ne kokaudzē esošajiem kokiem;
- tiek ievēroti drošības pasākumi.

Skuju paraugu ņemšanai parauglaukumā atlasīti 8 dominējošās koku sugas (priedes) paraugkoki. Paraugkoku atlases kritēriji:

- izvietojums pa parauglaukuma buferzonu;
- 1., 2. vai 3. Krafta klases koki;

- atrašanās tuvums augsnes parauglaukumam (jānodrošina, lai ņemot augsnes paraugus, netiktu bojātas koku saknes);
- paraugu ņemšanai nedrīkst izmantot kokus, kuri atlasīti vainaga aprakstīšanai;
- kokiem jābūt reprezentatīviem attiecībā pret vidējo defoliācijas līmeni parauglaukumā ($\pm 5\%$ defoliācija);
- paraugkoka bojāejas gadījumā (biotisku, abiotisku vai antropogēnu faktoru ietekmē), tas ir jāaizstāj ar jaunu, ņemot vērā iepriekš norādītos kritērijus.

Lai mazinātu apkārtējās vides faktoru ietekmi uz paraugiem, paraugu transportēšana uz LVMI Silava Meža vides laboratoriju notiek individuāli, katru paraugu ievietojot papīra maisā. Paraugu uzglabāšana pirms paraugu sagatavošanas ķīmiskajām analīzēm notiek ievērojot starptautiski akceptētās ekspertu rekomendācijas – paraugi uzglabāti noslēgtos papīra maisos (Rautio et al., 2020).

Skuju paraugu sagatavošanu ķīmiskajām analīzēm (šķīrošana, žāvēšana, svēršana un malšana) veic LVMI Silava Meža vides laboratorijā.

Katram reprezentatīvajam paraugkokam no zariem atdala 1000 pirmā un 1000 otrā gada pieauguma skujuas, žāvē 105 °C temperatūrā līdz nemainīgai masai un nosver ar precizitāti $\pm 0,1$ mg. Ķīmiskajām analīzēm paralēli katra paraugkoka atdalītās gadskārtējās skuju frakcijas nosver, nomazgā ar dejonizētu ūdeni un pēc tam 24 stundas žāvē 80 °C temperatūrā. Pēc izžāvēšanas skuju paraugus samaļ un homogenizē, izmantojot laboratorijas dzirnaviņas.

Laboratorijā pirmā un otrā gada pieauguma skuju paraugiem nosaka obligāti analizējamos ķīmiskos parametrus (Tab. 4).

Tab. 4: Skuju paraugu ķīmisko analīžu metodika

Parametrs, mērvienība	Parauga sagatavošana	Metodika	Metodes princips
S, mg g ⁻¹	-	LVS ISO 10694:2006	Elementanalīze
C, g 100 g ⁻¹	-	LVS ISO 10694:2006	Elementanalīze
N, mg g ⁻¹	-	Līdz 2019. gadam: LVS ISO 11261	Līdz 2019. gadam modificēta Kjeldāla metode
		Kopš 2019. gada: LVS ISO 10694:2006	Kopš 2019. gada elementanalīze
P, mg g ⁻¹	Mineralizēšana konc. HNO ₃	Līdz 2019. gadam: LVS ISO 11466, LVS EN 14672	Līdz 2019. gadam amonija molibdāta spektrofotometriskā metode
		Kopš 2019. gada: LVS ISO 11466	Kopš 2019. gada induktīvi saistītās plazmas optiskās emisijas spektrometrija (ICP-OES)
Ca, Mg, mg g ⁻¹	Mineralizēšana konc. HNO ₃	LVS ISO 11466	Līdz 2019. gadam atomabsorbcijas spektrometrija (AAS) ar liesmas atomizāciju
			Kopš 2019. gada induktīvi saistītās plazmas optiskās emisijas spektrometrija (ICP-OES)
K, mg g ⁻¹	Mineralizēšana konc. HNO ₃	LVS ISO 11466	Līdz 2019. gadam atomu emisija ar atomabsorbcijas spektrometriju (AAS)
			Kopš 2019. gada induktīvi saistītās plazmas optiskās emisijas spektrometrija (ICP-OES)

AUGSNES ŪDENS PARAUGA ŅEMŠANA UN ANALĪZE

Augsnes ūdeņu paraugu ievākšana, uzglabāšana un analīzes veiktas saskaņā ar starptautiski pieņemto metodiku (Nieminen et al., 2016), ievērojot tās prasības un rekomendācijas kvalitātes nodrošināšanai.

Augsnes ūdeņu paraugu ievākšanai uzstādīti 7 paralēlie lizimetri 3 dažādos augsnes slāņos – zem humusa slāņa 0-10 cm dziļumā, sakņu zonā (10-20 cm dziļumā) un zem sakņu zonas (40-70 cm dziļumā, Att. 8). Paraugus ņem bez sala periodā trīs reizes mēnesī, attiecīgi, mēneša pirmajā datumā, pēc divām nedēļām un mēneša pēdējā datumā. Atsūknējot lizimetrus, ievāc paraugus analīzēm un nosaka katrā lizimetrā savākto ūdens tilpumu, tā iegūstot kalendārā mēneša faktiskos augsnes ūdens tilpumus attiecīgajos augsnes slāņos. Paraugu izsūknēšanai izmantoti Meža vides laboratorijā izgatavoti instrumenti.



Att. 8: Nulles spiediena lizimetri pirms uzstādīšanas⁹.

Augsnes ūdens daudzums ir atkarīgs no gaisa temperatūras un nokrišņu daudzuma. Tāpēc, lai palielinātu ievāktā augsnes ūdens tilpumu ķīmiskā satura analīzēm, Valgundes parauglaukumā 2012. gada vasarā 20 un 60 cm dziļumā trīs atkārtojumos uzstādīti vakuuma tipa lizimetri, kuros uzkrātā ūdens analīzes veiktas, sākot ar 2013. gadu.

Ievāktie paraugi aukstuma kastē transportēti uz LVMI Silava Meža vides laboratoriju uzglabāšanai. Paraugu konservēšanai izmantots atdzesēšanas paņēmiens no 1 °C līdz 5 °C (International Organization for Standardization, 2003).

Pēc ievākšanas visus ūdens paraugus validē LVMI Silava Meža vides laboratorijā, lai konstatētu antropogēnā piesārņojuma klātbūtni, kā arī nosaka tos parametrus, kas jāanalizē 24 stundu laikā pēc paraugu ievākšanas, piemēram, augsnes ūdens elektrovadītspēju. Validēšanas kritērijiem atbilstošie ūdens paraugi proporcionāli apvienoti pa slāņiem, iegūstot reprezentatīvu vidējo paraugu. Dažkārt meteoroloģisku apstākļu dēļ paraugu daudzums kādā no slāņiem ķīmisko analīžu veikšanai nav pietiekams, tāpēc tiek apvienoti vairāku mēnešu paraugi. Paraugus apvieno, ņemot vienādu tilpumu no dažādos periodos iegūtajiem paraugiem; individuālo paraugu

⁹ Foto – A. Bārdulis.

tilpumu nosaka atbilstoši vismazākajam paraugam. Pavisam mazus paraugus (daži mililitri) vidējā parauga sagatavošanai neizmanto.

Tab. 5 parādīti ķīmiskie parametri, kuri augsnes ūdens paraugos saskaņā ar ICP Forests metodiku ir obligāti analizējami (Nieminen et al., 2016). Monitoringa ietvaros veikti visi obligāti nosakāmie parametri.

Tab. 5: Obligāti analizējamie augsnes ūdeņu ķīmiskie parametri

Parametrs, mērvienība	Metodika	Metodes princips
Elektrovadītspēja, $\mu\text{S cm}^{-1}$	LVS EN 27888:1993	Konduktometrija
pH	LVS ISO 10523:2012	Potenciometrija
DOC, mg L^{-1}	LVS EN 1484:2000 LVS EN 12260:2004	Katalītiskā sadedzināšana, infrasarkanā detektēšana
K, Mg, Ca, Na, mg L^{-1}	LVS EN ISO 7980: 2000 LVS ISO 9964-3:2000	Liesmas atomabsorbcijas spektrometrija, atomemisijas spektrometrija
Al_{kop} , mg L^{-1}	LVS EN ISO 12020:2005	Liesmas atomabsorbcijas spektrometrija
N-NO_3 , mg L^{-1}	LVS EN 12260, LVS EN ISO 10304-1:2009	Katalītiskā sadedzināšana, hemiluminiscences detektēšana, jonu hromatogrāfija
N-NH_4 , mg L^{-1}	LVS ISO 7150/1:1984 (1998)	Spektrofotometrija
S-SO_4 , Cl, mg L^{-1}	LVS EN ISO 10304-1:2009	Jonu hromatogrāfija
Sārmainība, $\mu\text{molc L}^{-1}$	LVS EN ISO 9963-1:1995	Potenciometriskā titrimetrija
N_{kop} , mg L^{-1}	LVS EN 1484:2000 LVS EN 12260:2004	Katalītiskā sadedzināšana, hemiluminiscences detektēšana
Fe, Mn, mg L^{-1}	-	Liesmas atomabsorbcijas spektrometrija
P-PO_4 , mg L^{-1}	LVS EN ISO 6878:2005	Amonija molibdāta spektrofotometrija

NOKRIŠŅU ŪDENS PARAUGA ŅEMŠANA UN ANALĪZE

Nokrišņu ūdens paraugu ievākšana, uzglabāšana un ķīmisko analīžu veikšana veikta atbilstoši starptautiski akceptētai ICP Forests metodikai (Clarke et al., 2016), ievērojot tās prasības un rekomendācijas kvalitātes nodrošināšanai (König et al., 2016). Novērojumu periodā kopš 2004. gada metodika nav mainīta, izņemot nelielas korekcijas nokrišņu uztvērēju izvietojumā un uztvērēju piltuvju parametros (izmantotas piltuves ar lielāku diametru). Piltuvēm uzstādīti putnu atbaidīšanas gredzeni (Att. 9). Patreiz uzstādīto piltuvju virsmas laukums ir 471 cm^2 , savācējvertņu tilpums – 5 L.

Nokrišņu paraugu ievākšanai atklātā laukā blakus mežaudzei uzstādīti 2 atklātā tipa nokrišņu savācēji ar tādu nosacījumu, lai piltuves apmale atrastos 1,5 m augstumā virs zemes. Nokrišņu, kas izskalojas caur koku vainagiem, savākšanai parauglaukumā uzstādīti 10 nokrišņu savācēji siltajiem gadalaikiem. Stumbra noteces nokrišņu savākšanai 10 kokiem 1,3 m augstumā ir uzlikti apkakles tipa nokrišņu savācēji, kuri darbojas tikai siltajā periodā (Att. 9). Katra mēneša pirmajā datumā uzstāda tukšas savācējvertnes. Savācējvertnes iztukšo divas reizes mēnesī, vidēji ik pēc 15 dienām.



Nokrišņu savācēji atklātā laukā



Nokrišņu savākšana no stumbra



Nokrišņu savākšana caur koku vainagiem

Att. 9: Nokrišņu savācēji¹⁰.

Ievāktos paraugus aukstuma kastē transportē uz LVMI Silava Meža vides laboratoriju uzglabāšanai. Ķīmisko analīžu veikšanai katra mēneša beigās ievāktos paraugus proporcionāli to tilpumam apvieno reprezentatīvos paraugos, kuri veido mēneša vidējo paraugu. Paraugu ķīmiskās analīzes veic LVMI Silava Meža vides laboratorijā (Tab. 6).

Tab. 6: Obligāti analizējamie nokrišņu ūdeņu ķīmiskie parametri

Parametrs, mērvienība	Metodika	Metodes princips
Elektrovadītspēja, $\mu\text{S cm}^{-1}$	LVS EN 27888:1993	Konduktometrija
pH	LVS ISO 10523	Potenciometrija
DOC, mg L^{-1}	LVS EN 1484:2000	Katalītiskā sadedzināšana, infrasarkanā detektēšana
K, Mg, Ca, Na, mg L^{-1}	LVS EN ISO 7980:2000 LVS ISO 9964-3:2000	Liesmas atomabsorbcijas spektrometrija, atomemisijas spektrometrija
N-NO ₃ , mg L^{-1}	LVS EN 12260, LVS EN ISO 10304-1:2009	Katalītiskā sadedzināšana, hemiluminiscences detektēšana, jonu hromatogrāfija
N-NH ₄ , mg L^{-1}	LVS ISO 7150/1:1984 (1998)	Spektrofotometrija
S-SO ₄ , Cl, mg L^{-1}	LVS EN ISO 10304-1:2009	Jonu hromatogrāfija

¹⁰ Foto – A. Bārdulis.

Parametrs, mērvienība	Metodika	Metodes princips
Sārmainība, $\mu\text{molc L}^{-1}$	LVS EN ISO 9963-1:1995	Potenciometriskā titrimetrija
$N_{\text{kop.}} \text{mg L}^{-1}$	LVS EN 1484:2000 LVS EN 12260:2004	Katalītiskā sadedzināšana, hemiluminiscences detektēšana
P- PO_4 , mg L^{-1}	LVS EN ISO 6878:2005	Amonija molibdāta spektrofotometrija

ĶĪMISKO ANALĪŽU REZULTĀTU VALIDĒŠANA UN KVALITĀTES NODROŠINĀŠANA

Analīžu veikšanai izmantotas starptautiski akceptētas un ICP Forests rekomendētas standartmetodes (Clarke et al., 2016; König et al., 2016; Nieminen et al., 2016). Obligātie parametri, kurus LVMI Silava Meža vides laboratorijā nav bijis iespējams noteikt, līdz 2019. gadam analizēti LVĢMC Vides laboratorijā. Sākot ar 2019. gadu, visi parametri analizēti LVMI Silava Meža vides laboratorijā. Lai nodrošinātu laboratorijas kvalitātes kontroli un rezultātu ticamību, visi iegūtie rezultāti validēti uzreiz pēc ķīmisko analīžu veikšanas atbilstoši ICP Forests rekomendācijām un algoritmiem (König et al., 2016).

Kopš 2007. gada LVMI Silava Meža vides laboratorija ir iesaistījusies 23 starptautiskās augsnes, augu materiāla (skujas, lapas) un ūdens paraugu starplaboratoriju salīdzinošās testēšanās, sekmīgi nokārtojot obligāto parametru noteikšanas kvalitātes kritērijus.

Dalība ņemta 22 starplaboratoriju salīdzinošās testēšanās, kas tiek organizēts sadarbībā ar ICP-Forests:

- augsnes paraugu starplaboratoriju salīdzinošā testēšana (*Soil Interlaboratory Test Programme*) Nr. 5, 6, 8 un 9;
- skuju/lapu paraugu starplaboratoriju salīdzinošā testēšan (*Needle/Leaf Interlaboratory Comparison Test*) Nr. 11-22;
- atmosfēras nokrišņu un augsnes ūdens paraugu starplaboratoriju salīdzinošā testēšan (*Atmospheric deposition and soil solution Working Ringtest*) Nr. 3, 4, 5, 7, 8 un 9.

2019. gadā LVMI Silava Meža vides laboratorija pievienojās Globālajam augsnes laboratoriju tīklam GLOSOLAN (*Global Soil Laboratory Network*) un saņēma pozitīvu novērtējumu GLOSOLAN organizētajā starplaboratoriju salīdzinošā testēšanā *Proficiency testing 2019*.

REZULTĀTI UN TO ANALĪZE

KOKU VAINAGU STĀVOKĻA NOVĒRTĒJUMS

Koku vainaga stāvoklis tiek novērtēts 60 kokiem parauglaukumā. Katru gadu tiek apsekoti vieni un tie paši koki. Kokam ejot bojā, vai nonākot 4. Krafta klasē, tas vairs netiek izmantots vainaga stāvokļa vērtēšanai. Tādā gadījumā, šī koka vietā vērtēšanai izmanto citu koku. Šāda metodika pamatojama ar to, ka objektīva koku stāvokļa novērtēšana iespējama tikai tiem kokiem, kuri netiek būtiski apēnoti un nomākti no apkārtējo koku pusēs. Monitoringa mērķis ir novērtēt apkārtējās vides, piemēram, gaisa piesārņojuma, ietekmi uz koku stāvokli, cenšoties izvairīties no koku savstarpējās konkurences iekļaušanas vērtējumā.

Otrā līmeņa meža monitoringa Valgundes parauglaukumā laika posmā no 2004. līdz 2024. gadam priedes vainagu vidējā defoliācija bijusi svārstīga, kopumā uzrādot tendenci pieaugt, kas liecina par koku veselības stāvokļa pasliktināšanos. 2004. gadā defoliācija bija vismazākā jeb 8% (Att. 10), kam sekojis vienmērīgs, pakāpenisks pieaugums, kas beidzies 2008. gadā, sasniedzot 11%. Pēc tam noticis straujš kāpums – 2009. gadā vidējā defoliācija bija 17%. Pēc šī perioda novērojama pakāpeniska vidējās defoliācijas samazināšanās, 2017. gadā sasniedzot 11%. Visstraujākais defoliācijas pieaugums noticis 2018. gadā, kad tā kāpusi par 7%, sasniedzot 18%. 2020. gadā defoliācija samazinājusies līdz 16%, tādā līmenī paliekot līdz 2022. gadam. 2023. gadā noticis kāpums līdz 21%, kas ir vislielākā novērotā vidējās defoliācijas vērtība. 2024. gadā tā atkal nokritusies līdz 16%.

Otrā līmeņa meža monitoringa Taurenē parauglaukumā laika posmā no 2015. līdz 2024. gadam priedes vainagu vidējā defoliācija bijusi svārstīga, kopumā uzrādot tendenci pieaugt, kas liecina par koku veselības stāvokļa pasliktināšanos. 2015. gadā defoliācija bija vismazākā jeb 12% (Att. 10), kam sekojis salīdzinoši straujš, pakāpenisks pieaugums, sasniedzot visaugstāko vērtību 2018. gadā jeb 27%. 2019. gadā vidējā defoliācija strauji nokritusies līdz 20%. No 2019. līdz 2024. gadam vidējā defoliācija praktiski nav uzrādījusi izmaiņas, norādot uz tendenci saglabāties nemainīgā līmenī.

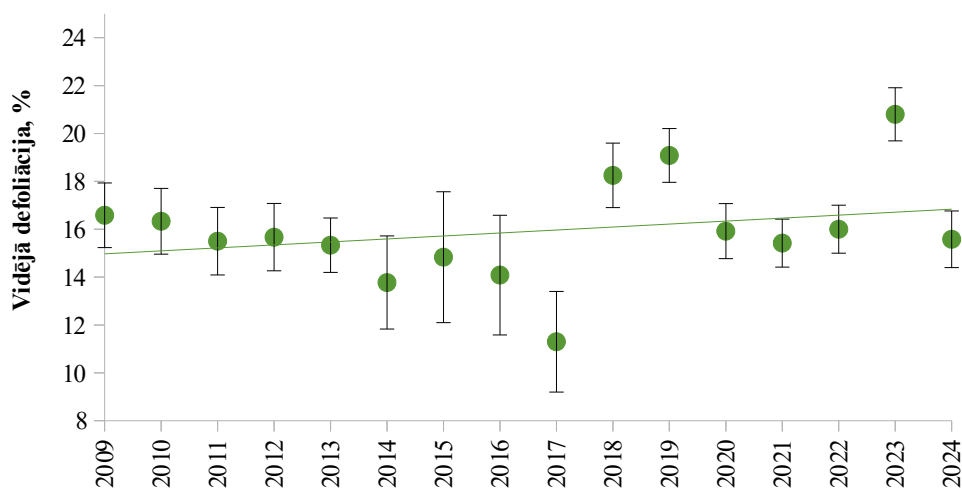
Otrā līmeņa meža monitoringa Rucavas parauglaukumā 2019. gadā defoliācija bija vislielākā jeb 24% (Att. 10), kam sekojis straujš kritums 2020. gadā, sasniedzot 16%. Kopš 2020. gada defoliācija katru gadu bijusi gandrīz identiska, kas liecina par stabilu koku veselības stāvokli pēdējos novērojumu gados, un par uzlabošanos visā mērījumu laika posmā kopumā.

Salīdzinot visus otrā līmeņa meža monitoringa parauglaukumus, vidējā defoliācija vislielākā 2024. gadā bija Taurenē ($20,1 \pm 1,2\%$), kam seko Rucava ($16,1 \pm 1,5\%$) un Valgunde ($15,6 \pm 0,9\%$). Tendence vidējai defoliācijai pieaugt novērojama Valgundē un Taurenē, savukārt samazināties – Rucavā.



Att. 10: Vidējā koku defoliācija Valgundes, Tauresnes un Rucavas parauglaukumos.

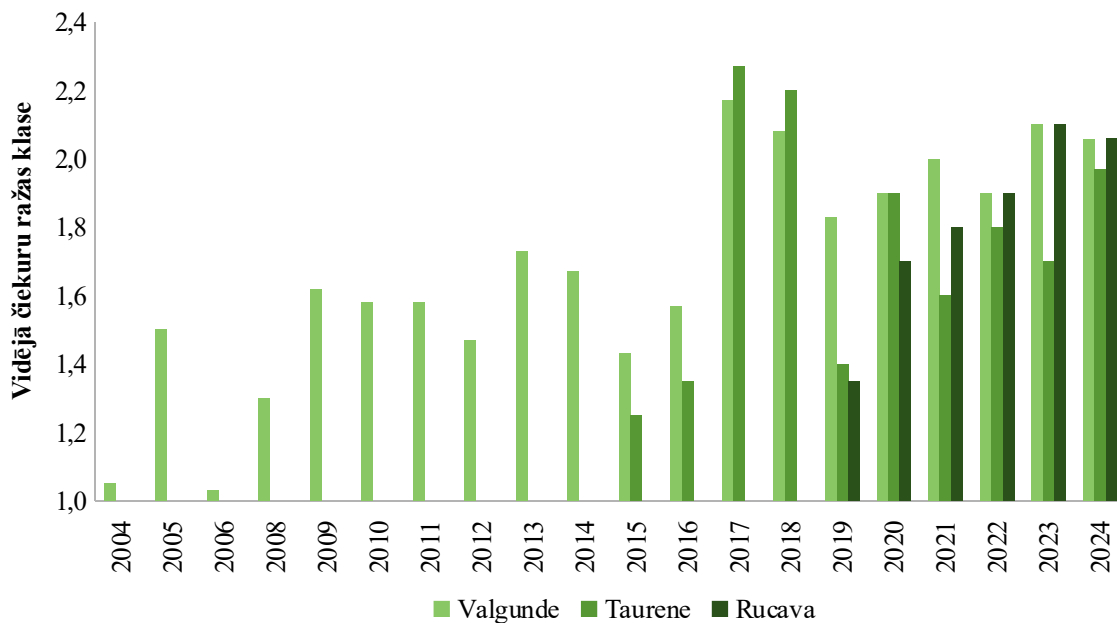
Laika posmā no 2009. līdz 2017. gadam Valgundes parauglaukumā konstatēta pakāpeniskās vidējās vainaga defoliācijas samazināšanās. Taču, no 2018. gada līdz 2020. gadam novērots vidējās vainaga defoliācijas pieaugums (Att. 11). 2021. gadā Valgundes parauglaukumā turpinās jau 2020. gadā novērotā tendence vidējam defoliācijas rādītājam samazināties, salīdzinot ar 2018. un 2019. gadu, kad vērtības bija vēsturiski lielākās kopš novērojumu uzsākšanas (Att. 11). Salīdzinot ar laika periodu no 2018. gada līdz 2019. gadam, 2020.-2022. gadu datus novērojama vidējo defoliācijas rādītāju samazināšanās un stabilizācija 15% līdz 17% līmenī. Tikmēr 2023. gadā Valgundes parauglaukumā novērojams koku vainagu vidējās defoliācijas vērtības kāpums, salīdzinot ar 3 iepriekšējiem gadiem – no 16% līdz 21%. Turpretim 2024. gadā vidējā defoliācija atkal samazinājusies līdz 16%, kas ir līdzīga 2020.-2022. gada vērtībām.



Att. 11: Koku vainagu vidējā defoliācijas dinamika Valgundes parauglaukumā laika posmā no 2009. gada līdz 2024. gadam.

Katru gadu kokiem tiek novērtēta arī čiekuru raža. Vērtējums tiek veikts 3 klasēs (1 – ražas nav, 2 – vidēja raža, 3 – laba raža) un 1. klase tiek iedalīta 2 apakšklasēs (1.1 – čiekuri nav novēroti, 1.2 – novērojami vien daži čiekuri) un tajā ietver tikai pašreizējā gada čiekurus. Līdz 2014. gadam 1. klase netika izdalīta 2 apakšklasēs, un Att. 12 attēlots koku iedalījums pēc čiekuru ražas 3 klasēs.

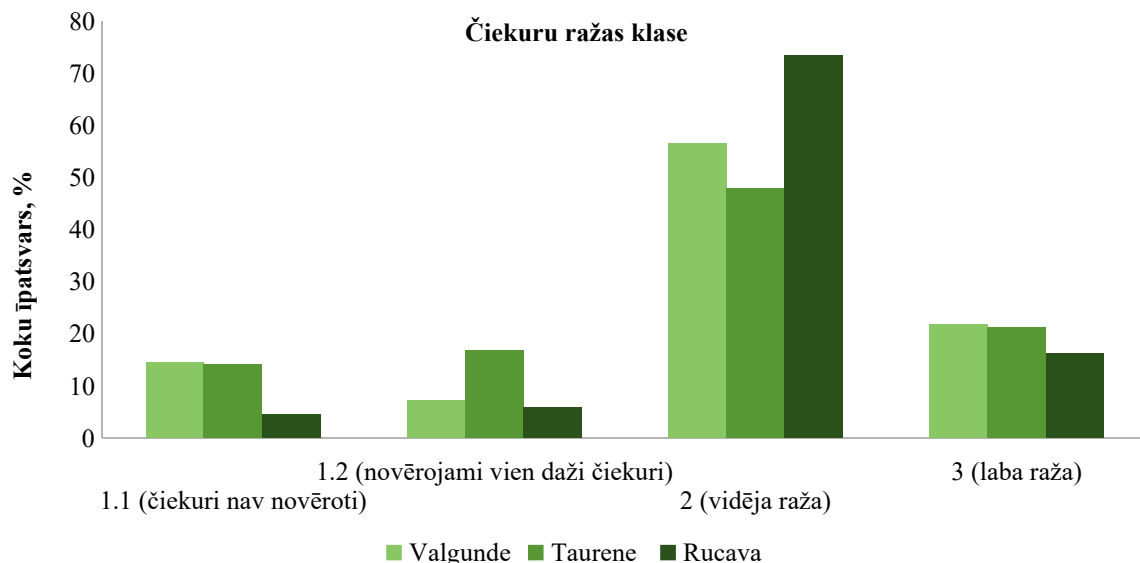
Valgundes parauglaukumā laika posmā no 2004. līdz 2024. gadam vidējās čiekuru ražas klases vērtības ir svārstīgas, taču kopumā novērojama tendence palielināties (Att. 12). Vismazākās vidējās čiekuru ražas klases novērojamas 2004. un 2006. gadā, tām attiecīgi esot 1,1 un 1, kas padara šos gadus par vismazāk ražīgajiem visu trīs parauglaukumu monitoringa laikā. Vislielākās čiekuru ražas klases vērtības novērojamas bija 2017. gadā, sasniedzot 2,2, kā arī 2018., 2023. un 2024. gadā, sasniedzot 2,1. Tauresnes parauglaukumā laika posmā no 2004. līdz 2024. gadam vidējās čiekuru ražas klases vērtības ir svārstīgas (Att. 12). Tām kopumā novērojama tendence nedaudz palielināties. Vismazākā vidējā čiekuru raža novērojama 2015., 2016. un 2019. gadā, sasniedzot, attiecīgi, 1,3, 1,4 un 1,4 vērtību. Vislielākā vidējā čiekuru raža novērojama 2017. un 2018. gadā, attiecīgi, sasniedzot 2,3 un 2,2 vērtību, kas padara 2017. gadu par visražīgāko visu trīs parauglaukumu monitoringa laikā. Rucavas parauglaukumā laika posmā no 2019. līdz 2024. gadam vidējai čiekuru ražai kopumā novērojama tendence pakāpeniski palielināties (Att. 12). Vismazākā vērtība novērojama 2019. gadā (1,4), bet vislielākā – 2023. un 2024. gadā (2,1). Kopumā visos parauglaukumos konstatēts čiekuru ražu pieaugums.



Att. 12: Čiekuru raža Valgundes, Tauresnes un Rucavas parauglaukumā.

2019. gadā koku, kuriem čiekuru raža vērtējama kā zema vai čiekuru nav vispār, īpatsvars, attiecīgi, ir 43% Valgundes parauglaukumā, 73% Tauresnes parauglaukumā un 75% Rucavas parauglaukumā. Savukārt koku, kuriem čiekuru raža novērtēta kā liela, īpatsvars, attiecīgi, ir 45% Valgundes parauglaukumā, 22% Tauresnes parauglaukumā un

17% Rucavas parauglaukumā. 2020. gadā koku, kuriem čiekuru raža vērtējama kā vidēja īpatsvars, attiecīgi, ir 52% Valgundes parauglaukumā, 70% Tauresnes parauglaukumā. Rucavas parauglaukumā 2020. gadā koku, kuriem čiekuru raža vērtējama kā zema vai čiekuru nav vispār, īpatsvars ir 50% (Att. 12 un 13). 2022. gadā novērojams, ka visos monitoringa parauglaukumos čiekuru raža visbiežāk novērtēta ar 2. klasi, kas atbilst vidējai ražai. Valgundes parauglaukumā šādu koku īpatsvars ir 42%, Tauresnes – 57%, Rucavas – 58%. Valgundes parauglaukumā ievērojamam koku skaitam čiekuru raža vērtējama ar 3. klasi, jeb laba raža ir 23% no kopējā koku skaita parauglaukumā (Att. 13). Koku īpatsvars, kur čiekuri nav novērojami, ir ļoti mazs; Taurenē – 12%, Rucavā – 2%, Valgundē 5%. 2023. un 2024. gadā visos parauglaukumos vērojama izteikta 2. čiekuru ražas klases (vidēja raža) dominance. 2023. gadā Valgundē šādu koku bija 53%, Taurenē 42%, Rucavā 77%. 2024. gadā tā turpinājusi palielināties Valgundē un Taurenē, sasniedzot, attiecīgi, 57% un 48%, turpretim Rucavā vidējas ražas īpatsvars samazinājies līdz 74% (Att. 13).



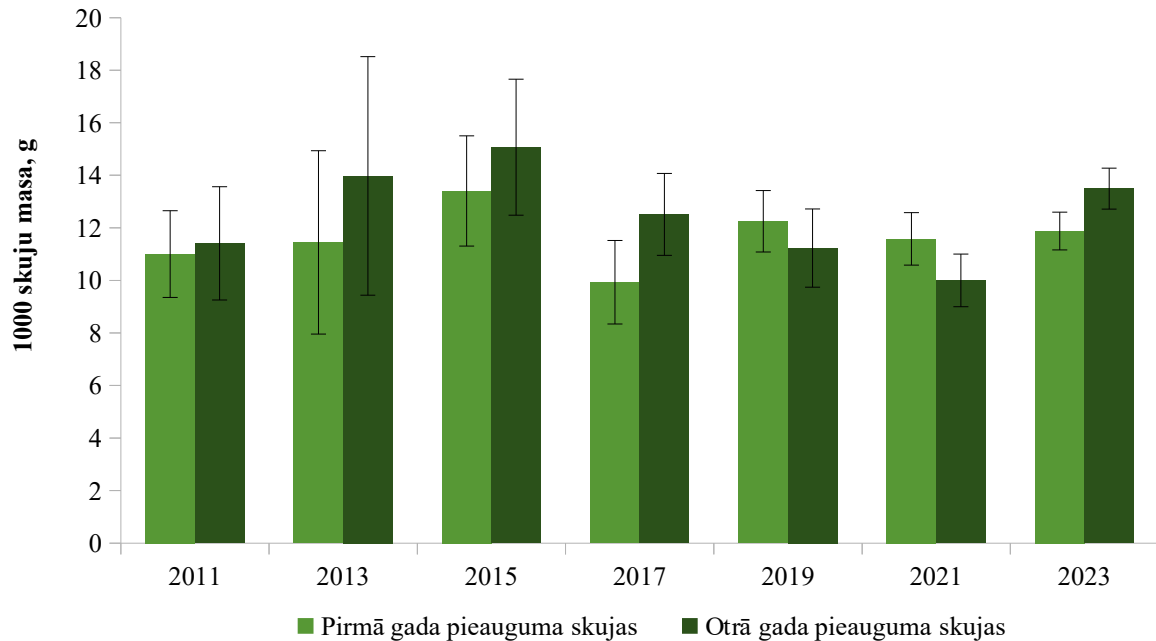
Att. 13: Čiekuru ražas salīdzinājums Valgundes, Tauresnes un Rucavas parauglaukumos 2024. gadā.

SKUJU PARAUGU IEVĀKŠANA UN ĶĪMISKĀ SASTĀVA NOVĒRTĒŠANA

Skuju paraugu ievākšanu masas un ķīmiskā sastāva noteikšanai veic katru otro gadu. Iepriekšējo reizi skuju masa tika ievākta 2023. gadā. Nākošreiz skuju masu ievāksim 2025. gada rudenī.

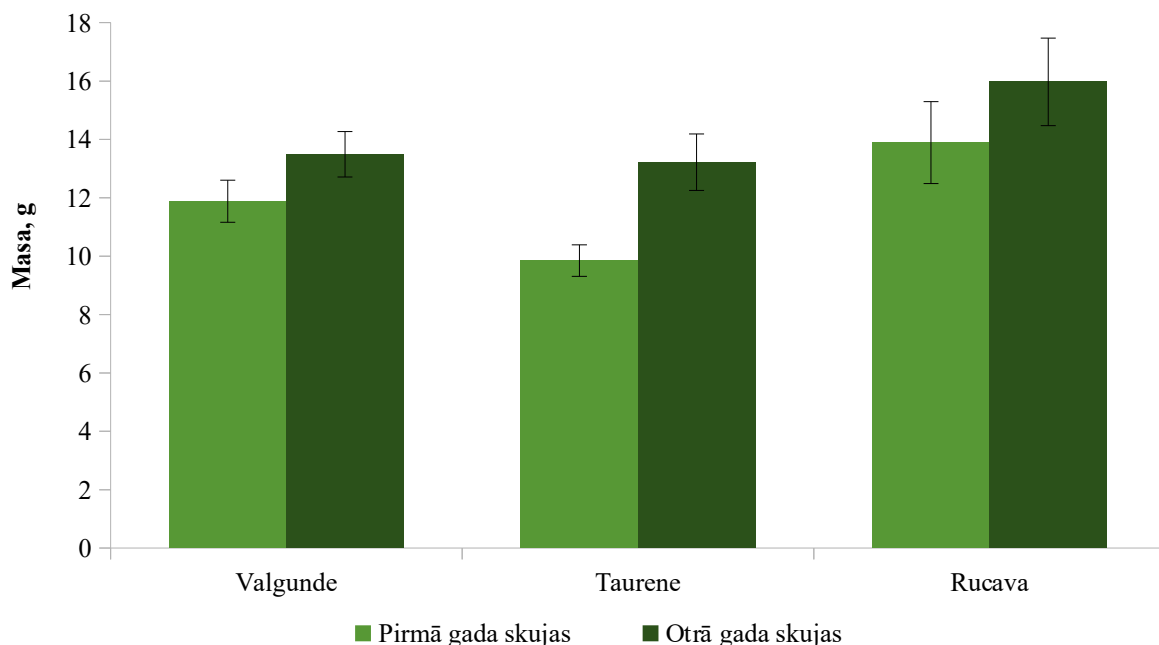
Viens no audzes veselības un augšanas apstākļus raksturojošajiem kvantitatīvajiem rādītājiem ir 1000 skuju masa. Valgundes parauglaukumā pirmā gada pieauguma 1000 skuju masa 2017. gadā bija 10,0 g, un tā ir ievērojami sarukusi, salīdzinot ar 2015. gadu, kad pirmā gada pieauguma skuju masa bija 13,4 g. Līdzīgi ir ar otrā gada pieauguma skujām – 1000 skuju masa ir samazinājusies no 15,1 g 2015. gadā līdz 12,4 g 2017. gadā. 2019. gadā Valgundes parauglaukumā pirmā gada pieauguma 1000 skuju masa 2017.

gadā bija 12,3 g, kas, salīdzinot ar 2017. gadu, ir neliels pieaugums (Att. 14). 2023. gadā 1000 otrā gada skuju masa ir lielāka nekā pirmā gada skujām. Otrā gada skuju masa 2023. gadā uzrāda vislielāko rādītāju no pēdējiem četriem paraugu ievākšanas periodiem.



Att. 14: Pirmā un otrā gada pieauguma 1000 skuju vidējā masa Valgundes parauglaukumā.

Kopš 2017. gada skuju paraugu ievākšana tiek veikta visos trīs parauglaukumos. 2017. gadā vidējā 1000 skuju masa Taurenē un Rucavā parauglaukumos ir nedaudz lielāka nekā Valgundes parauglaukumā, atšķirības gan ir nelielas un tās nevar vērtēt kā statistiski būtiskas. Taurenē parauglaukumā vidējā pirmā gada 1000 skuju masa ir 12,6 g, Rucavā parauglaukumā 12,0 g, bet Valgundē – 9,9 g, kamēr otrā gada 1000 skujām, attiecīgi, 14,4 g Taurenē, 14,0 g Rucavā un 12,5 g Valgundē. 2019. gada periodā Taurenē parauglaukumā vidējā pirmā gada 1000 skuju masa ir 12,8 g, Rucavā parauglaukumā bija 13,2 g, bet Valgundē – 12,3 g, kamēr otrā gada 1000 skujām, attiecīgi, 13,2 g Taurenē, 13,7 g Rucavā un 11,2 g Valgundē (Att. 15). Atšķirības starp 2017. un 2019. gada rezultātiem ir nelielas un tās nevar vērtēt kā statistiski būtiskas. Arī 2021. gadā, salīdzinot ar iepriekšējo ziņošanas periodu, 2019. gadā 1000 skuju masas izmaiņas vērtējamas kā nebūtiskas. Jaunākajā ievākšanas periodā, 2023. gadā, vislielākā skuju masa abos gados novērojama Rucavā parauglaukumā. Pirmā gada skujas 13,89 g, bet otrā gada skujas 15,97 g.



Att. 15: Pirmā un otrā gada pieauguma 1000 skuju vidējā masa Valgundes, Tauresnes un Rucavas parauglaukumos 2023. gadā.

Skujas izmanto kā bioindikatoru galvenokārt īslaicīga vides piesārņojuma konstatēšanai un atmosfēras nosēdumu pētījumos. Īpaša uzmanība tiek pievērsta antioksidantu, fotosintēzes pigmentu un kopējā sēra satura noteikšanai skujās abiotisku un biotisku stresa faktoru kokiem konstatēšanai, kā arī skuju virsmas pētījumiem, jo dažiem elementiem vairāk nekā 90% no kopējā satura var atrasties uz skuju virsmas. Skujkoku minerālās barošanās stāvokli vislabāk noteikt ar barības elementu saturu skujās, tādēļ svarīgi noteikt kopējā N, P, K, Ca un Mg saturu. Nemazgātu priežu (*Pinus sylvestris* L.) skuju ķīmiskais sastāvs otrā līmeņa meža monitoringa parauglaukumos parādīts Tab. 7 un 8. Skuju paraugi analīzēm ņemti pēc veģetācijas perioda beigām. 2019. gada priežu skuju paraugu, kas ņemti Valgundes, Tauresnes un Rucavas parauglaukumos, fizikāli ķīmiskās analīzes veiktas 2020. gadā.

Rezultāti uzrāda oglekļa satura pieaugumu gan pirmā, gan otrā gada skujās laika posmā no 2009. līdz 2015. gadam, bet 2017. un 2019. gadā vērojams neliels oglekļa satura samazinājums skujās. Laika posmā no 2009. līdz 2015. gadam palielinājies ir arī P saturs gan pirmā, gan otrā gada skujās; 2017. gadā P saturs gan pirmā, gan otrā gada skujās samazinājies. 2019. gadā P saturs pirmā gada skujās turpina samazināties, taču otrā gada skujās tas ir pieaudzis. Savukārt K saturam gadu no gada ir tendence samazināties. Pārējo elementu saturs skujās laika gaitā ir bijis samērā stabils un variācijas ir drīzāk nejaušas.

Salīdzinot pirmā un otrā gada skuju, konstatēts, ka otrā gada skujās Ca saturs ir ievērojami lielāks (aptuveni divas reizes); izņēmums ir 2019. gadā iegūtie rezultāti, kuros Ca saturs pirmā gada skujās ir lielāks, kā otrā gada skujās. Savukārt Mg un K saturs galvenokārt ir lielāks pirmā gada skujās.

2023. gadā izteiktas novirzes no normām skuju ķīmiskajā sastāvā, Valgundes parauglaukumā, nav iespējams novērot, ne pirmā gada skujās, ne otrā gada skujās. Ja tiek salīdzināti 2021. un 2023. gada rezultāti, novirzes ir aptuvenās standartnovirzes ietvaros, kas nozīmē, ka ievērojamas izmaiņas starp abiem laika periodiem nav norisinājušās. Līdzīga aina novērojama arī Rucavas parauglaukumā. Tikmēr Taurenē parauglaukumā izteiktākās izmaiņas novērojamas K rādītājā, kurš salīdzinot ar 2021. gada datiem, pirmā gada skujās pieaudzis par 1,41 g kg⁻¹, no 5,25 g kg⁻¹ līdz 6,66 g kg⁻¹. Otrā gada skujās novērojams lielāks palielinājums, no 4,67 g kg⁻¹ līdz 5,93 g kg⁻¹.

Tab. 7: Priežu (*Pinus sylvestris* L.) skuju ķīmiskais sastāvs Valgundes parauglaukumā

Elements, g kg ⁻¹	Gads	Pirmā gada pieauguma skujas	Otrā gada pieauguma skujas
C, g kg ⁻¹	2009	484,5	508,3
	2011	521,0	526,9
	2013	540,9	542,0
	2015	539,8	543,1
	2017	530,0	525,2
	2019	526,0	524,7
	2021	532,4	544,9
	2023	524,9	532,4
N, g kg ⁻¹	2009	13,4	15,5
	2011	13,9	14,6
	2013	16,6	16,0
	2015	14,3	14,3
	2017	12,47	12,95
	2019	12,12	12,26
	2021	12,92	14,75
	2023	12,4	13,6
S, g kg ⁻¹	2009	1,30	1,44
	2011	1,10	0,98
	2013	1,18	1,25
	2015	-	-
	2017	1,20	1,29
	2019	1,79	1,46
	2021	0,89	1,06
	2023	0,79	0,85
P, g kg ⁻¹	2009	1,16	1,10
	2011	1,33	1,37
	2013	1,63	1,38
	2015	1,56	1,53
	2017	0,99	0,90
	2019	0,95	1,71
	2021	1,40	1,31
	2023	1,39	1,23

Elements, g kg ⁻¹	Gads	Pirmā gada pieauguma skujas	Otrā gada pieauguma skujas
Ca, g kg ⁻¹	2009	2,54	4,47
	2011	1,96	3,81
	2013	1,52	3,34
	2015	2,17	4,01
	2017	2,10	4,18
	2019	3,59	2,56
	2021	2,49	5,01
	2023	2,71	4,76
Mg, g kg ⁻¹	2009	1,68	1,62
	2011	1,00	0,93
	2013	1,31	1,18
	2015	1,23	0,95
	2017	0,82	0,85
	2019	0,93	0,95
	2021	1,15	1,08
	2023	1,44	1,16
K, g kg ⁻¹	2009	6,72	6,01
	2011	6,50	5,97
	2013	6,98	5,99
	2015	5,61	5,17
	2017	5,28	5,04
	2019	4,06	4,50
	2021	6,02	5,49
	2023	6,44	5,71

Tab. 8: Priežu (*Pinus sylvestris* L.) skuju ķīmiskais sastāvs Taurenes un Rucavas parauglaukumā

Elements, mērvienība	Parauglaukums	Gads	Pirmā gada pieauguma skujas	Otrā gada pieauguma skujas
C, g kg ⁻¹	Taurene	2015	566,9	542,7
		2017	521,0	522,6
		2019	534,5	526,9
		2021	526,8	540,2
		2023	536,6	540,4
	Rucava	2017	516,2	515,3
		2019	529,3	527,6
		2021	534,5	543,3
2023		530	539,5	
N, g kg ⁻¹	Taurene	2015	14,7	13,7
		2017	13,2	12,3
		2019	12,8	12,2
		2021	13,3	14,2

Elements, mērvienība	Parauglaukums	Gads	Pirmā gada pieauguma skujas	Otrā gada pieauguma skujas
	Rucava	2023	14	13,3
		2017	13,0	13,4
		2019	12,8	13,5
		2021	13,8	14,8
		2023	14,4	14,2
S, g kg ⁻¹	Taurene	2015	-	-
		2017	1,36	1,52
		2019	1,49	1,59
		2021	0,87	0,97
		2023	0,76	0,83
	Rucava	2017	1,33	1,37
		2019	1,49	1,62
		2021	0,88	0,99
2023		0,85	0,86	
P, g kg ⁻¹	Taurene	2015	0,90	0,69
		2017	1,09	1,08
		2019	1,26	1,75
		2021	1,44	1,29
		2023	1,52	1,32
	Rucava	2017	0,25	0,22
		2019	0,97	1,62
		2021	1,15	1,08
2023		1,55	1,39	
Ca, g kg ⁻¹	Taurene	2015	1,92	3,64
		2017	2,81	2,99
		2019	3,48	2,58
		2021	2,46	4,68
		2023	2,74	4,10
	Rucava	2017	1,83	4,79
		2019	4,16	2,75
		2021	2,30	4,95
2023		3,06	4,43	
Mg, g kg ⁻¹	Taurene	2015	1,12	0,84
		2017	0,98	0,94
		2019	0,91	0,90
		2021	1,21	1,12
		2023	1,38	0,96
	Rucava	2017	1,04	0,84
		2019	0,56	0,88
		2021	0,94	0,69
2023		1,25	0,81	
K, g kg ⁻¹	Taurene	2015	5,28	4,59

Elements, mērvienība	Parauglaukums	Gads	Pirmā gada pieauguma skujas	Otrā gada pieauguma skujas
		2017	4,80	5,04
		2019	5,15	4,58
		2021	5,25	4,67
		2023	6,66	5,93
	Rucava	2017	4,72	3,99
		2019	4,08	4,06
		2021	5,52	4,93
		2023	5,86	5,39

MEŽA NOBIRU APJOMA UN ĶĪMISKĀ SASTĀVA NOVĒRTĒŠANA

Meža nobiru ķīmisko sastāvu ietekmē dažādi faktori, no kuriem galvenie ir mežaudzes koku sugu sastāvs un augsnes īpašības (Helmisaari, 1992; Ukonmaanaho et al., 2008). Barības elementu saturu meža nobirās var būtiski ietekmēt arī klimatiskie apstākļi (Saarsalmi et al., 2007), piemēram, vētras un sausuma periodi, kas izraisa priekšlaicīgu skuju nobiršanu un līdz ar to lielāku “kustīgo” elementu (N, P un K) un mazāku “nekustīgo” elementu (Ca un Mn) saturu nobirās (Ukonmaanaho et al., 2008). Barības elementu koncentrācija variē dažādās virszemes koka frakcijās (skujas, miza, zari) atkarībā no barības vielu uzņemšanas intensitātes, veģetācijas perioda un koka vecuma (Helmisaari, 1992; Ukonmaanaho et al., 2008).

Skujas un zari priežu vainagā ir galvenie barības vielu uzkrājēji, kas nodrošina šo vielu saglabāšanos ekosistēmā. Kaut arī zari un vainags ietver tikai mazu daļu no kopējās koku biomasas, to audi ir barības vielām relatīvi bagāti un var saturēt vairāk kā pusi no N, P, Mg, K un Ca, kas akumulējušies koka biomasā (Prescott, 2002; Tērauda, 2008).

Meža nobiru frakciju biomasas dinamika otrā līmeņa meža monitoringa Valgundes parauglukumā kopš 2009. gada parādīta Tab. 9.

Tab. 9: Meža nobiru frakciju biomasas no 2009. līdz 2024. gadam Valgundes parauglukumā

Nobiru frakcija	Sausa biomasas, kg ha ⁻¹															
	2009. gads	2010. gads	2011. gads	2012. gads	2013. gads	2014. gads	2015. gads	2016. gads	2017. gads	2018. gads	2019. gads	2020. gads	2021. gads	2022. gads	2023. gads	2024. gads
Zari (Ø < 2 cm) un mizas	1580	1531	752	797	772	525	732	693	740	969	1506	1525	725	1736	1020	2116
Dominējošās koku sugas skujas	1827	2116	1691	1809	1532	1723	1511	1020	1159	1961	1773	1782	1465	1940	1840	980
Citu koku sugu skujas un lapas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	63	25	27	39	53	29
Augļi (čiekuri, sēklas)	618	591	342	571	432	492	565	736	1178	-	-	-	-	-	-	-
Dominējošās koku sugas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	404	175	-	-	-	-	-

Nobiru frakcija	Sausa biomasa, kg ha ⁻¹															
	2009. gads	2010. gads	2011. gads	2012. gads	2013. gads	2014. gads	2015. gads	2016. gads	2017. gads	2018. gads	2019. gads	2020. gads	2021. gads	2022. gads	2023. gads	2024. gads
augļi (čiekuri, sēklas)																
Dominējošās koku sugas augļi, sēklas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	121	110	8	112	68
Dominējošās koku sugas čiekuri	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	366	260	1226	385	1678
Citu koku sugas augļi (čiekuri, sēklas)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	150	326	4	13	70	158	0
Cita biomasa (insekti, fekālijas, citu sugu skuju u.c.)	24	28	22	97	96	68	73	79	218	-	-	-	-	-	-	-
Cita biomasa (insekti, fekālijas u.c.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	52	201	79	19	40	8	9
Kopējā biomasa	4048	4266	2808	3274	2833	2809	2947	2528	3295	3555	4044	3902	2618	5059	3576	4880

Valgundes parauglaukumā laika posmā no 2009. līdz 2024. gadam vislielākā kopējā meža nobiru masa bijusi 2022. gadā, turpretim vismazākā kopējā nobiru masa konstatēta 2016. gadā, attiecīgi 2528 kg ha⁻¹. Kopumā kopējā nobiru masa novērojumu laikā bijusi mainīga ar vislielākajām svārstībām iepriekšējo četru gadu laikā. Salīdzinot 2020. un 2021. gadu, kopējā meža nobiru biomasa kritusies no 3902 uz 2618 kg ha⁻¹, kam sekojis ievērojams kāpums 2022. gadā līdz 5059 kg ha⁻¹, ko noteicis zaru un mizas (1736 kg ha⁻¹) un dominējošo koku sugu skuju un čiekuru (attiecīgi, 1940 kg ha⁻¹ un 1226 kg ha⁻¹) biomasas pieaugums. Vislielākā atšķirība bijusi tieši čiekuru biomasai, kura pieaugusi 4-6 reizes kopš tās monitoringa sākuma 2020. gadā. Šis rādītājs gan var ļoti atšķirties dažādos gados. 2023. gadā kopējā biomasa atkal samazinājusies līdz 3576 kg ha⁻¹, bet 2024. gadā biomasas daudzums bijis salīdzinoši liels – 4880 kg ha⁻¹, veidojot otro lielāko vērtību novērojumu periodā Valgundē.

Kopš 2015. gada 1. maija nobiras tiek ievāktas arī Tauresnes un Rucavas parauglaukumos. Rezultāti par laika posmu no 2017. līdz 2024. gadam apkopoti Tab. 10. Tauresnes parauglaukumā laika posmā no 2017. līdz 2024. gadam vislielākā meža nobiru biomasa konstatēta 2017. gadā (5410 kg ha⁻¹), kam sekojusi tālāka kopējo nobiru masas samazināšanās līdz 2019. gadam (2178 kg ha⁻¹). Bet līdz 2021. gadam nobiru masa palielinājās (līdz 3849 kg ha⁻¹), bet pēc tam kopējā nobiru masa katru gadu atkal samazinājusies, sasniedzot vismazāko rādītāju 2023. gadā (1166 kg ha⁻¹). Nobiru

biomasa Tauresnes parauglaukumā 2024. gadā palielinājusies gandrīz trīs reizes (3424 kg ha⁻¹).

Kopējā nobiru biomasa Rucavas parauglaukumā 2017. gadā bija vislielākā (6869 kg ha⁻¹), divas reizes pārsniedzot Valgundē novēroto biomasu (3295 kg ha⁻¹, Tab. 10). Šādu atšķirību galvenokārt ietekmējis ievērojami lielāks skuju nobiru daudzums Rucavā, kur tās bija 2-4 reizes vairāk nekā pārējos parauglaukumos, ko, visticamāk, izraisījis meža ugunsgrēks, kas skāra daļu no parauglaukuma. Arī 2018. gadā nobiru daudzums Rucavā saglabājies liels (6085 kg ha⁻¹), ko šajā gadā būtiski ietekmējis dominējošās koku sugas čiekuru nobiru daudzums. 2019. gadā novērojams straujš kopējās nobiru biomasas kritums līdz 2476 kg ha⁻¹. 2020. gadā nobiru masa bija nedaudz lielāka (3246 kg ha⁻¹), taču tai sekojis pakāpenisks kritums, 2023. gadā sasniedzot vismazāko Rucavā novēroto vērtību – 1717 kg ha⁻¹. 2024. gadā kopējā nobiru masa palielinājās vairāk nekā divas reizes (4266 kg ha⁻¹), kas 2024. gadā bijusi kopīga tendence visos parauglaukumos, ko visos gadījumos ietekmējis, galvenokārt, pieaugums dominējošās koku sugas čiekuru nobiru masā, kā arī zaru un mizas nobiru masas palielināšanās.

Tab. 10: Meža nobiru frakciju biomasa Tauresnes un Rucavas parauglaukumos laika posmā no 2017. līdz 2024. gadam

Nobiru frakcija	Sausa biomasa, kg ha ⁻¹															
	2017. gads		2018. gads		2019. gads		2020. gads		2021. gads		2022. gads		2023. gads		2024. gads	
	Taurene	Rucava	Taurene	Rucava	Taurene	Rucava	Taurene	Rucava	Taurene	Rucava	Taurene	Rucava	Taurene	Rucava	Taurene	Rucava
Zari (Ø < 2 cm) un mizas	1497	1550	866	2775	641	1133	998	1780	1013	791	504	1034	308	558	880	1568
Dominējošās koku sugas skujas	2090	4111	1681	2668	690	915	843	880	1404	1549	668	1086	534	914	416	772
Citas skujas un lapas	1070	59	1243	28	505	205	573	3	889	25	348	24	148	19	732	10
Augļi (čiekuri, sēklas)	579	1123	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dominējošās koku sugas augļi (čiekuri, sēklas)	-	-	110	465	114	109	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dominējošās koku sugas augļi, sēklas	-	-	-	-	-	-	70	113	67	115	9	8	26	25	110	69
Dominējošās koku sugas	-	-	-	-	-	-	225	449	328	313	257	425	109	195	669	1838

Nobiru frakcija	Sausa biomasa, kg ha ⁻¹															
	2017. gads		2018. gads		2019. gads		2020. gads		2021. gads		2022. gads		2023. gads		2024. gads	
	Taurene	Rucava	Taurene	Rucava	Taurene	Rucava	Taurene	Rucava	Taurene	Rucava	Taurene	Rucava	Taurene	Rucava	Taurene	Rucava
čiekuri																
Citu koku sugu augļi (čiekuri, sēklas)	-	-	62	111	90	65	11	2	43	4	47	38	10	0	520	1
Cita biomasa (insekti, fekālijas, citu sugu skujas u.c.)	175	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cita biomasa (insekti, fekālijas u.c.)	-	-	154	38	138	49	131	19	105	11	78	12	31	5	97	8
Kopējā biomasa	5410	6869	4115	6085	2178	2476	2851	3246	3849	2809	1910	2627	1166	1717	3424	4266

Vidējā nobiru masa Rucavas integrālā monitoringa stacijā priežu audzē pētījumu periodā no 1997. līdz 2006. gadam bija 3621 ± 462 kg ha⁻¹ gadā, bet Tauresnes integrālā monitoringa stacijā priežu audzē – 2869 ± 388 kg ha⁻¹ gadā (Tērauda, 2008). Somijā veiktajos pētījumos priežu audzēs dažādos pētījumos konstatētas atšķirīgas vidējās nobiru biomasas – no 1100 kg ha⁻¹ gadā (Starr et al., 2005) līdz 995 kg ha⁻¹ gadā (Finér, 1996) un 2225 kg ha⁻¹ gadā (Ukonmaanaho et al., 2008). Zviedrijā veiktajos pētījumos konstatētas meža nobiru biomasas priežu audzēs variē no 590 līdz 4200 kg ha⁻¹ gadā (Breymer, 1996; Ukonmaanaho et al., 2008). Atšķirības skaidrotas ar pētīto parauglaukumu ģeogrāfisko novietojumu, jo nobiru daudzums meža ekosistēmās nelineāri samazinās, pieaugot vietas atrašanās ģeogrāfiskajam platumam (Vucetich et al., 2000) un augiem nepieciešamo barības vielu satura atšķirībām augsnē. Jāatzīmē, ka nobiru kopējā masa mainās ik gadu, atkarībā no meteoroloģiskiem apstākļiem un veģetācijas perioda ilguma (Martínez-Alonso et al., 2007).

Kopš 2009. gada Valgundes parauglaukumā ievākto meža nobiru frakciju ķīmiskais sastāvs parādīts Tab. 11. 2019. gadā veiktas 2018. gadā ievākto meža nobiru paraugu analīzes. Vidēji lielākais N, S, P, Mg un K saturs (attiecīgi, 19 ± 1 g N kg⁻¹, $1,5 \pm 0,2$ g S kg⁻¹, $1,3 \pm 0,2$ g P kg⁻¹, $1,3 \pm 0,2$ g Mg kg⁻¹ un $2,2 \pm 0,2$ g K kg⁻¹) konstatēts nobiru frakcijā, ko veido cita biomasa (fekālijas, insekti u.c.). Savukārt lielākais Ca saturs ($8,4 \pm 0,9$ g Ca kg⁻¹) konstatēts nobiru frakcijā, ko veido skujas. 2019. gadā ievākto meža nobiru paraugu analīžu rezultāti, kas iegūti 2020. gadā, parāda, ka vidēji lielākais N, S, P, Mg un K saturs ir nobiru frakcijā – citu koku sugu augļi (attiecīgi $23,4$ g kg⁻¹ N, $2,4$ g kg⁻¹ S, $3,1$ g kg⁻¹ P, $2,1$ g kg⁻¹ Mg un $2,4$ g kg⁻¹ K). Vidēji lielākais Ca saturs ($12,8$ g kg⁻¹) konstatēts nobiru frakcijā – citu koku sugas un lapas.

2023. gadā Valgundes parauglaukuma datos citu koku sugu augļu frakcijā novērojams elementu satura samazinājums, salīdzinot ar iepriekšējo ziņošanas periodu. N samazinājums ir no 17,3 g kg⁻¹ uz 2,4 g kg⁻¹, S – no 1,18 g kg⁻¹ uz 0,17 g kg⁻¹, Ca – no 3,96 g kg⁻¹ uz 0,39g kg⁻¹. Vienīgais pieaugums šajā frakcijā novērojams K saturam, kas pieaudzis par 1,74 g kg⁻¹, no 1,72 g kg⁻¹ uz 3,46 g kg⁻¹. K saturs samazinājies citā biomasā, no 2,53 g kg⁻¹ uz 1,63 g kg⁻¹. Ņemot vērā, ka citas biomasas frakcijā ietilpst kukaiņi, fekālijas un citās sadaļās neiekļaujamā biomasā, šāda izmaiņu iespējamība ir liela, un var izteikti mainīties no gada uz gadu.

2024. gadā citu koku sugu augļu frakcijā lielākajai daļai ķīmisko elementu nepietika iesvars ķīmisko analīžu veikšanai, kas liecina par šīs frakcijas būtisku samazināšanos. N saturs citu koku sugu augļos Valgundē palielinājies no netipiski zemās iepriekšējā gada vērtības, 2,4 g kg⁻¹, līdz 13,4 g kg⁻¹, kas ir līdzīga iepriekšējos gados novērotajām vērtībām (Tab. 11). Pārējiem elementiem nav novērojamas būtiskas atšķirības no iepriekšējos gados noteiktās koncentrācijas, neiezīmējot jaunas tendences.

Tab. 11: Meža nobiru frakciju ķīmiskais sastāvs Valgundes parauglaukumā kopš 2009. gada

Elements, mērvienība	Gads	Nobiru frakcija							
		Skujas			Augļi			vainaga zari, mizas	cita biomasā
		visas skujas	dominējošās koku sugas skujas	citu koku sugu skujas un lapas	visi augļi	dominējošās koku sugas augļi	citu koku sugu augļi		
C, g 100 g ⁻¹	2009	53,1	-	-	53,0	-	-	52,5	53,1
	2010	56,4	-	-	55,5	-	-	55,6	56,2
	2011	56,9	-	-	55,4	-	-	57,2	55,9
	2012	54,8	-	-	54,2	-	-	55,4	53,5
	2013	54,5	-	-	57,2	-	-	55,5	53,9
	2014	56,0	-	-	54,2	-	-	53,5	53,8
	2015	57,4	-	-	54,0	-	-	55,4	54,0
	2016	56,5	-	-	53,4	-	-	54,5	52,0
	2017	52,7	-	-	59,4	-	-	58,7	57,5
	2018	-	50,7	47,7	-	48,9	51,0	50,3	50,3
	2019	-	53,6	50,8	-	55,5	52,6	52,6	52,4
	2020	-	54	49,3	-	55,1	54,7	52,8	51,9
	2021	-	53,3	50,3	-	53,8	54,6	53	52
	2022	-	54,1	51,4	-	50,6	54,8	53,4	50,9
	2023	-	53,8	49,4	-	54,4	52,8	53	53,3
2024	-	55,8	51,7	-	58,0	55,6	54,7	53,9	
N, g kg ⁻¹	2009	5,1	-	-	11,8	-	-	6,2	16,1
	2010	7,4	-	-	12,3	-	-	6,1	17,2
	2011	5,7	-	-	5,5	-	-	5,5	26,7
	2012	5,4	-	-	8,2	-	-	5,6	17,1
	2013	12,4	-	-	6,3	-	-	5,8	17,0
	2014	4,8	-	-	7,5	-	-	6,7	19,7
	2015	5,4	-	-	7,7	-	-	6,7	20,3
	2016	7,5	-	-	9,8	-	-	6,2	20,9

Elements, mērvienība	Gads	Nobiru frakcija							
		Skujas			Augļi			vainaga zari, mizas	cita biomasa
		visas skujas	dominējošās koku sugas skujas	citu koku sugu skujas un lapas	visi augļi	dominējošās koku sugas augļi	citu koku sugu augļi		
	2017	7,0	-	-	8,1	-	-	11,1	15,9
	2018	-	6,8	9,1	-	5,0	13,3	5,5	19,5
	2019	-	6,4	13,4	-	19,3	23,4	5,7	14,8
	2020	-	5,6	10,6	-	20,8	14,7	7,3	14,2
	2021	-	6,6	9,6	-	16,2	17,9	5,4	18,5
	2022	-	5,7	7,9	-	24,4	17,3	6,6	20,7
	2023	-	5,4	9	-	21,5	2,4	5,7	5,6
	2024	-	6,0	10,6	-	20,7	13,4	3,9	21,4
S, g kg ⁻¹	2009	0,54	-	-	1,38	-	-	0,74	1,04
	2010	0,59	-	-	0,71	-	-	0,62	1,22
	2011	0,67	-	-	0,63	-	-	0,59	2,19
	2012	0,58	-	-	0,34	-	-	0,58	1,23
	2013	0,90	-	-	0,43	-	-	0,45	1,27
	2014	0,49	-	-	0,69	-	-	0,76	2,44
	2015	0,09	-	-	0,28	-	-	0,22	1,12
	2016	0,42	-	-	0,73	-	-	0,20	2,27
	2017	0,66	-	-	0,47	-	-	0,41	0,98
	2018	-	0,64	0,63	-	0,35	1,19	0,53	1,35
	2019	-	0,61	1,53	-	2,22	2,44	0,63	1,70
	2020	-	0,59	0,99	-	2,12	1,32	0,69	1,19
	2021	-	0,65	0,94	-	1,37	1,28	0,41	1,54
	2022	-	0,29	0,57	-	1,35	1,18	0,32	1,07
	2023	-	0,42	0,51	-	1,38	0,17	0,39	0,42
	2024	-	0,48	0,75	-	1,28	-	0,36	1,42
P, g kg ⁻¹	2009	0,35	-	-	1,27	-	-	0,27	1,59
	2010	0,47	-	-	0,60	-	-	0,30	0,75
	2011	0,99	-	-	0,90	-	-	0,89	1,85
	2012	0,37	-	-	0,34	-	-	0,30	0,98
	2013	0,34	-	-	0,55	-	-	0,31	1,16
	2014	0,30	-	-	0,55	-	-	0,32	2,71
	2015	0,22	-	-	0,64	-	-	0,35	1,04
	2016	0,40	-	-	0,89	-	-	0,29	1,11
	2017	0,30	-	-	0,49	-	-	0,33	0,77
	2018	-	0,48	0,85	-	0,32	1,05	0,31	1,25
	2019	-	0,53	1,34	-	1,82	3,13	0,34	1,25
	2020	-	0,40	0,91	-	2,89	1,08	0,40	1,01
	2021	-	0,63	1,02	-	1,45	3,22	0,26	1,90
	2022	-	0,47	0,90	-	3,10	1,13	0,28	0,97
	2023	-	0,41	0,68	-	1,81	0,27	0,34	0,44

Elements, mērvienība	Gads	Nobiru frakcija							
		Skujas			Augļi			vainaga zari, mizas	cita biomasa
		visas skujas	dominējošās koku sugas skujas	citu koku sugu skujas un lapas	visi augļi	dominējošās koku sugas augļi	citu koku sugu augļi		
	2024	-	0,47	0,75	-	1,50	-	0,21	2,00
Ca, g kg ⁻¹	2009	6,95	-	-	2,38	-	-	6,38	6,53
	2010	7,36	-	-	0,61	-	-	8,65	8,09
	2011	11,16	-	-	4,62	-	-	11,29	11,51
	2012	5,09	-	-	0,95	-	-	6,67	3,50
	2013	8,39	-	-	2,34	-	-	8,50	6,12
	2014	7,82	-	-	1,42	-	-	7,31	7,06
	2015	6,13	-	-	1,31	-	-	5,76	3,81
	2016	8,04	-	-	1,26	-	-	7,59	4,48
	2017	8,69	-	-	1,34	-	-	8,99	3,68
	2018	-	6,09	16,24	-	0,98	3,58	6,60	6,95
	2019	-	5,94	12,78	-	4,16	6,77	7,13	7,18
	2020	-	8,01	22,45	-	4,19	7,10	8,54	11,23
	2021	-	5,50	15,19	-	3,67	1,14	6,29	11,72
	2022	-	6,34	16,02	-	2,69	3,96	7,38	19,13
	2023	-	7,02	17,71	-	3,66	0,39	7,23	6,18
2024	-	5,25	15,02	-	3,05	-	2,98	15,11	
Mg, g kg ⁻¹	2009	1,39	-	-	1,09	-	-	0,85	2,67
	2010	0,67	-	-	0,59	-	-	0,45	1,10
	2011	0,89	-	-	0,64	-	-	0,66	1,79
	2012	0,79	-	-	0,64	-	-	0,56	0,93
	2013	0,80	-	-	0,80	-	-	0,51	1,09
	2014	0,86	-	-	0,82	-	-	0,63	1,02
	2015	0,74	-	-	0,78	-	-	0,51	0,91
	2016	0,77	-	-	0,62	-	-	0,79	0,87
	2017	0,81	-	-	0,76	-	-	0,66	0,94
	2018	-	0,89	2,32	-	0,48	1,19	0,66	1,24
	2019	-	0,87	1,64	-	1,12	2,09	0,59	0,73
	2020	-	0,93	2,14	-	1,75	0,98	0,84-	1,00
	2021	-	0,90	2,31	-	1,13	1,19	0,56	1,09
	2022	-	0,86	3,09	-	1,97	0,97	0,60	1,04
	2023	-	0,85	1,55	-	1,28	0,88	0,67	0,83
2024	-	0,84	2,09	-	1,08	-	0,38	1,30	
K, g kg ⁻¹	2009	1,42	-	-	1,37	-	-	0,59	2,63
	2010	1,39	-	-	1,04	-	-	0,80	1,65
	2011	1,55	-	-	1,27	-	-	0,64	3,16
	2012	1,51	-	-	1,24	-	-	0,86	1,62
	2013	1,39	-	-	1,39	-	-	0,73	1,66
	2014	1,28	-	-	1,48	-	-	0,63	2,01

Elements, mērvienība	Gads	Nobiru frakcija							
		Skujas			Augļi			vainaga zari, mizas	cita biomasa
		visas skujas	dominējošās koku sugas skujas	citu koku sugu skujas un lapas	visi augļi	dominējošās koku sugas augļi	citu koku sugu augļi		
2015	1,58	-	-	1,94	-	-	0,65	2,14	
2016	2,10	-	-	2,17	-	-	1,40	2,42	
2017	1,50	-	-	1,41	-	-	0,96	1,82	
2018	-	1,72	2,26	-	0,98	2,70	0,83	3,00	
2019	-	1,33	1,90	-	1,45	2,35	0,53	1,03	
2020	-	2,02	2,25	-	2,65	1,40	1,05	1,63	
2021	-	2,35	2,32	-	2,46	10,51	0,62	2,57	
2022	-	1,93	3,17	-	2,80	1,72	0,67	2,53	
2023	-	1,52	1,50	-	2,56	3,46	0,74	1,61	
2024	-	2,26	2,31	-	2,87	-	0,47	3,31	

Kopš 2016. gada Taurenes un Rucavas parauglaukumos ievākto meža nobiru frakciju ķīmiskais sastāvs parādīts Tab. 12. 2019. gadā veiktas 2018. gadā ievākto meža nobiru paraugu analīzes. Līdzīgi kā Valgundes parauglaukumā, arī Taurenes parauglaukumā vidēji lielākais N, S, P, Mg un K saturs (attiecīgi, $15,8 \pm 0,4$ g N kg^{-1} , $1,6 \pm 0,2$ g S kg^{-1} , $1,42 \pm 0,05$ g P kg^{-1} , $1,4 \pm 0,3$ g Mg kg^{-1} un $2,4 \pm 0,1$ g K kg^{-1}) konstatēts nobiru frakcijā, ko veido cita biomasa (galvenokārt fekālijas un insekti), bet vidēji lielākais Ca saturs ($6,4 \pm 1,0$ g Ca kg^{-1}) konstatēts nobiru frakcijā, ko veido skujas. Taurenē 2019. gadā ievākto meža nobiru paraugu analīžu rezultāti parāda, ka vidēji lielākais N saturs ($16,7$ g N kg^{-1}) konstatēts nobiru frakcijā dominējošās koku sugas augļi. Savukārt vidēji lielākais S saturs $2,3$ g S kg^{-1} konstatēts divās nobiru frakcijās - dominējošās koku sugas augļi un cita biomasa, ko galvenokārt veido fekālijas. Vidēji lielākais Ca un Mg saturs (attiecīgi, $9,1$ g Ca kg^{-1} , $1,7$ g Mg kg^{-1}) konstatēts nobiru frakcijā – citu koku sugas un lapas, bet P un K saturs (attiecīgi, $2,2$ g P kg^{-1} , $2,5$ g K kg^{-1}) konstatēts nobiru frakcijā, ko veido citu koku sugu augļi. Rucavas parauglaukumā ievākto meža nobiru paraugu analīzes rezultāti par 2018. gadu parāda, ka vidēji lielākais N, S, P un K saturs (attiecīgi, $18,6 \pm 1,3$ g N kg^{-1} , $1,6 \pm 0,3$ g S kg^{-1} , $1,6 \pm 0,4$ g P kg^{-1} un $2,3 \pm 0,4$ g K kg^{-1}) konstatēts nobiru frakcijā, ko veido cita biomasa, bet vidēji lielākais Ca un Mg saturs (attiecīgi, $8,2 \pm 1,3$ g Ca kg^{-1} un $1,0 \pm 0,5$ g Mg kg^{-1}) konstatēts nobiru frakcijā, ko veido skujas. Rucavā 2019. gadā ievākto meža nobiru paraugu analīžu rezultāti, kuri analizēti 2020. gadā parāda, ka vidēji lielākais N, P, un K saturs konstatēts nobiru frakcijā – citu koku sugu augļi (attiecīgi, $21,7$ g N kg^{-1} , $2,0$ g P kg^{-1} , $4,8$ g K kg^{-1}), bet vidēji lielākais Ca un Mg saturs (attiecīgi, $9,8$ g Ca kg^{-1} , $3,1$ g Mg kg^{-1}) konstatēts nobiru frakcijā – citu koku sugas un lapas. Savukārt vidēji lielākais S saturs ($2,6$ g S kg^{-1}) konstatēts nobiru frakcijā – dominējošās koku sugas augļi. 2021. gada Rucavas parauglaukuma datus novērojams, ka vislielākais slāpekļa un oglekļa daudzums novērojams citu koku sugu augļos – N $19,5$ g kg^{-1} , C $54,5$ g 100 g $^{-1}$. Vislielākais Ca saturs novērojams citu koku sugu skujās un lapās, kas ir ievērojami palielinājies salīdzinot ar iepriekšējā perioda novērojumiem, no $9,76$ g kg^{-1} uz $15,02$ g kg^{-1} , kas ir pieaugums par $5,26$ g kg^{-1} . Ņemot vērā iespējamo paraugu

daudzveidību, šajā iedalījumā ir grūti noteikt cēloni šīm izmaiņām. Pārējos rādītājos izteiktas būtiskas izmaiņas vai novirzes nav novērojamas.

2023. gadā meža nobiru frakcijas ķīmiskajā sastāvā Taurenes parauglaukumos novērojamas krasas izmaiņas K, g kg⁻¹, attiecībā pret iepriekšējo ziņošanas periodu 2022. gadā (Tab. 12). Taurenes krasa šī elementa samazinājums novērojams citu koku sugu skuļās un lapās, no 2,65 g kg⁻¹ uz 0,12 g kg⁻¹. Tāpat, samazinājums šī elementa saturā novērojams citā biomasā, no 2,28 g kg⁻¹ uz 1,57 g kg⁻¹. 2024. gadā K saturs minētājās frakcijās atkal palielinājās, būtiski neatšķiroties no iepriekšējo gadu novērojumiem, taču citu koku sugu augļu saturā būtiski samazinājies N, S, P, Ca un Mg daudzums, šiem rādītājiem nereti esot vairākas reizes mazākiem nekā iepriekšējos novērojumu gados. Šīs izmaiņas, iespējams, izskaidrojamas ar atšķirībām citu koku augļu biomasas sastāvā, kā arī ievērojami lielāku kopējo biomasu, kas varēja novest pie elementu atšķaidīšanās.

2023. gadā Rucavas parauglaukumā citas biomasas saturā novērojama būtiska N, S, P, Ca un Mg samazināšanās (Tab. 12). N saturs nokrities no 53,2 g kg⁻¹ uz 7,1 g kg⁻¹, taču 2024. gadā tas atkal palielinājies līdz 49,4 g kg⁻¹. Pārējo analizēto frakciju ķīmisko elementu saturā būtiskas izmaiņas 2024. gadā neiezīmējas.

Tab. 12: Meža nobiru frakciju ķīmiskais sastāvs Taurenes un Rucavas parauglaukumā kopš 2016. gada

Elements, mērvienība	Gads	Paraug- laukums	Nobiru frakcija								
			Skuļās			Augļi			vainaga zari, mizas	cita biomasa	
			visas skuļās	dominējošās koku sugas skuļās	citu koku sugu skuļās un lapas	visi augļi	dominējošās koku sugas augļi	citu koku sugu augļi			
C, g 100 g ⁻¹	2016	Taurene	54,3	-	-	52,4	-	-	53,2	52,1	
		Rucava	57,3	-	-	54,2	-	-	54,6	55,2	
	2017	Taurene	55,0	-	-	58,3	-	-	56,3	49,9	
		Rucava	57,8	-	-	57,6	-	-	56,7	57,3	
	2018	Taurene	-	51,0	49,0	-	50,7	49,9	50,3	46,6	
		Rucava	-	57,5	57,9	-	57,6	58,4	57,8	58,0	
	2019	Taurene	-	51,6	49,7	-	49,6	51,2	50,0	46,3	
		Rucava	-	53,9	51,4	-	53,1	54,4	53,1	50,0	
	2020	Taurene	-	53,9	53,1	-	53,8	55,6	51,9	49,2	
		Rucava	-	53,9	52,2	-	54,1	54,5	52,8	52,1	
	2021	Taurene	-	53,7	52,3	-	54,1	53,6	54,2	48,8	
		Rucava	-	53,8	52,5	-	54	53	53	51,8	
	2022	Taurene	-	54,2	54,5	-	55,3	54,4	53,4	49,4	
		Rucava	-	55,1	51,5	-	50,8	55,1	53	53,2	
	2023	Taurene	-	54,2	52,4	-	53,4	-	54	53,6	
		Rucava	-	53,8	52,4	-	54,5	-	53,5	53,9	
	2024	Taurene	-	55,7	52,7	-	57,0	57,1	55,1	52,3	
		Rucava	-	55,7	53,4	-	56,6	54,7	54,4	43,3	
	N, g kg ⁻¹	2016	Taurene	7,1	-	-	7,6	-	-	6,0	15,2
			Rucava	6,8	-	-	11,9	-	-	6,1	16,7

Elements, mērvienība	Gads	Paraug- laukums	Nobiru frakcija								
			Skujas			Augļi			vainaga zari, mizas	cita biomasa	
			visas skujas	dominējošās koku sugas skujas	citu koku sugu skujas un lapas	visi augļi	dominējošās koku sugas augļi	citu koku sugu augļi			
	2017	Taurene	9,6	-	-	11,3	-	-	8,7	16,5	
		Rucava	6,9	-	-	9,3	-	-	5,6	18,1	
	2018	Taurene	-	7,6	8,3	-	7,6	16,9	6,6	15,7	
		Rucava	-	6,1	10,8	-	7,0	18,6	6,4	21,1	
	2019	Taurene	-	6,3	8,6	-	16,7	15,0	6,6	15,4	
		Rucava	-	5,9	11,4	-	18,7	21,7	6,9	20,6	
	2020	Taurene	-	5,6	11,3	-	17,5	18,1	15,3	18,5	
		Rucava	-	6,7	12,6	-	19,2	19,5	9,9	26,8	
	2021	Taurene	-	10,2	12,1	-	16,1	12,6	9	15,4	
		Rucava	-	9,3	10,6	-	19,1	15,9	8	25,9	
	2022	Taurene	-	7	10,1	-	41,4	15,5	10,7	13,7	
		Rucava	-	7,6	10,6	-	44	18,3	7	53,2	
	2023	Taurene	-	6,1	9,5	-	17,6	16,2	6,6	8,8	
		Rucava	-	7,3	13,1	-	26,6	-	6,3	7,1	
	2024	Taurene	-	6,2	9,3	-	18,6	4,1	10,5	15,1	
		Rucava	-	6,6	9,0	-	23,2	12,0	9,3	49,4	
	S, g kg ⁻¹	2016	Taurene	0,38	-	-	0,73	-	-	0,61	1,66
			Rucava	0,50	-	-	1,01	-	-	0,29	1,16
		2017	Taurene	0,82	-	-	1,23	-	-	0,87	1,99
			Rucava	0,56	-	-	0,78	-	-	0,48	1,59
2018		Taurene	-	0,37	0,58	-	0,59	1,45	0,47	1,26	
		Rucava	-	0,41	0,83	-	0,49	1,88	0,47	2,15	
2019		Taurene	-	0,74	0,85	-	2,34	1,49	0,81	2,34	
		Rucava	-	1,58	1,14	-	2,57	2,07	0,75	2,03	
2020		Taurene	-	0,62	0,98	-	1,67	1,31	1,22	1,59	
		Rucava	-	0,70	1,17	-	1,85	1,63	0,93	2,54	
2021		Taurene	-	0,72	1,01	-	1,34	1,05	0,70	1,43	
		Rucava	-	0,86	1,01	-	1,70	1,28	0,51	2,15	
2022		Taurene	-	0,43	0,32	-	3	1,29	0,75	0,97	
		Rucava	-	0,14	0,86	-	3,08	1,28	0,55	3,06	
2023		Taurene	-	0,42	< NR	-	1,18	0,99	0,45	0,50	
		Rucava	-	0,53	0,88	-	1,90	-	0,50	0,54	
2024		Taurene	-	0,51	0,59	-	1,24	0,39	0,86	1,00	
		Rucava	-	0,54	-	-	1,52	-	0,71	-	
P, g kg ⁻¹		2016	Taurene	0,57	-	-	0,58	-	-	0,60	1,50
			Rucava	0,36	-	-	0,83	-	-	0,35	1,21
	2017	Taurene	0,59	-	-	0,80	-	-	0,51	1,44	
		Rucava	0,36	-	-	0,55	-	-	0,69	1,21	
	2018	Taurene	-	0,70	1,16	-	0,66	1,78	0,55	1,33	

Elements, mērvienība	Gads	Paraug- laukums	Nobiru frakcija								
			Skujas			Augļi			vainaga zari, mizas	cita biomasa	
			visas skujas	dominējošās koku sugas skujas	citu koku sugu skujas un lapas	visi augļi	dominējošās koku sugas augļi	citu koku sugu augļi			
	2019	Rucava	-	0,34	0,68	-	0,67	1,52	0,46	2,27	
		Taurene	-	0,69	1,35	-	2,07	2,16	0,57	1,92	
	2020	Rucava	-	0,46	1,63	-	1,30		0,49	1,35	
		Taurene	-	0,54	1,98	-	2,42	1,66	6,39	1,70	
	2021	Rucava	-	0,50	0,97	-	2,31	2,14	0,80	3,10	
		Taurene	-	0,94	1,80	-	1,78	1,33	0,63	1,83	
	2022	Rucava	-	0,87	0,87	-	1,68	1,63	0,39	3,79	
		Taurene	-	0,63	1,27	-	5,87	1,24	0,93	1,05	
	2023	Rucava	-	0,39	0,47	-	5,56	1,24	0,62	6,54	
		Taurene	-	0,49	0,01	-	1,61	1,84	0,52	0,74	
	2024	Rucava	-	0,44	0,74	-	3,03	-	0,47	0,57	
		Taurene	-	0,58	1,10	-	1,54	0,37	1,12	1,35	
	Ca, g kg ⁻¹	2016	Rucava	-	0,49	-	-	1,92	-	0,78	-
			Taurene	6,45	-	-	1,05	-	-	4,74	5,31
2017		Rucava	8,38	-	-	1,66	-	-	5,64	3,15	
		Taurene	5,4	-	-	1,7	-	-	4,70	4,3	
2018		Rucava	6,8	-	-	1,5	-	-	4,80	6,1	
		Taurene	-	4,82	9,12	-	1,05	3,40	5,41	7,16	
2019		Rucava	-	5,85	11,70	-	0,90	3,73	5,22	11,87	
		Taurene	-	5,35	9,12	-	3,70	3,91	5,66	8,20	
2020		Rucava	-	5,88	9,76	-	3,12	4,47	4,80	8,49	
		Taurene	-	6,27	10,76	-	3,51	4,62	6,39	12,87	
2021		Rucava	-	6,76	15,02	-	3,21	4,54	7,28	16,21	
		Taurene	-	4,63	8,33	-	2,64	2,57	3,86	7,48	
2022		Rucava	-	4,54	11,90	-	3,20	4,87	4,87	20,33	
		Taurene	-	4,87	8,90	-	1,35	3,23	4,84	8,95	
2023		Rucava	-	5,03	13,18	-	1,34	3,23	5,59	33,22	
		Taurene	-	4,89	< NR	-	3,49	3,66	5,03	5,65	
2024		Rucava	-	5,14	13,27	-	3,49	-	5,23	4,63	
		Taurene	-	4,26	8,34	-	2,37	0,43	4,44	6,39	
Mg, g kg ⁻¹	2016	Rucava	-	3,98	-	-	2,93	-	3,43	-	
		Taurene	0,62	-	-	0,51	-	-	0,50	1,96	
	2017	Rucava	0,49	-	-	0,66	-	-	0,41	0,57	
		Taurene	0,72	-	-	0,74	-	-	0,66	1,01	
	2018	Rucava	0,56	-	-	0,68	-	-	0,55	0,82	
		Taurene	-	0,77	1,49	-	0,58	1,15	0,62	1,07	
		Rucava	-	0,58	2,45	-	0,57	1,29	0,46	1,25	

Elements, mērvienība	Gads	Paraug- laukums	Nobiru frakcija							vainaga zari, mizas	cita biomasa
			Skujas			Augļi					
			visas skujas	dominējošās koku sugas skujas	citu koku sugu skujas un lapas	visi augļi	dominējošās koku sugas augļi	citu koku sugu augļi			
	2019	Taurene	-	0,59	1,66	-	1,02	1,35	0,54	1,16	
		Rucava	-	0,66	3,11	-	0,96	1,80	0,62	1,41	
	2020	Taurene	-	0,81	2,89	-	1,47	1,66	1,09	1,43	
		Rucava	-	0,73	2,99	-	1,41	1,03	0,79	1,49	
	2021	Taurene	-	0,72	2,14	-	1,04	1,05	0,53	1,20	
		Rucava	-	0,65	2,45	-	1,11	0,83	0,49	1,27	
	2022	Taurene	-	0,73	2,59	-	3,37	1,07	0,82	1	
		Rucava	-	0,56	2,33	-	2,82	0,91	0,66	2	
	2023	Taurene	-	0,61	< NR	-	1,29	1,37	0,62	0,82	
		Rucava	-	0,62	2,50	-	1,65	-	0,66	0,63	
	2024	Taurene	-	0,75	1,34	-	0,85	0,67	0,84	1,02	
		Rucava	-	0,59	-	-	1,32	-	0,56	-	
	K, g kg ⁻¹	2016	Taurene	1,55	-	-	1,22	-	-	0,95	2,28
			Rucava	1,05	-	-	1,83	-	-	0,73	1,76
		2017	Taurene	1,49	-	-	1,24	-	-	0,88	2,31
			Rucava	1,07	-	-	1,46	-	-	0,93	2,07
2018		Taurene	-	1,94	1,78	-	1,66	3,23	0,99	2,65	
		Rucava	-	1,17	2,71	-	1,67	3,91	0,93	3,09	
2019		Taurene	-	0,93	1,32	-	1,50	2,50	0,59	2,16	
		Rucava	-	1,61	3,41	-	1,75	4,76	1,21	3,53	
2020		Taurene	-	1,21	3,14	-	2,35	3,75	1,79	3,15	
		Rucava	-	1,68	3,60	-	2,81	3,31	1,26	3,59	
2021		Taurene	-	2,07	3,31	-	2,07	2,62	1,11	3,17	
		Rucava	-	2,54	2,35	-	2,08	1,93	1,19	3,01	
2022		Taurene	-	1,78	2,65	-	5,40	1,83	1,28	2,28	
		Rucava	-	1,61	2,33	-	2,82	0,91	0,66	2	
2023		Taurene	-	1,22	0,12	-	2,78	3,07	0,82	1,57	
		Rucava	-	1,53	2,39	-	3,96	-	0,94	1,49	
2024	Taurene	-	1,61	1,99	-	1,80	3,04	1,64	2,71		
	Rucava	-	2,01	-	-	4,36	-	1,19	-		

2023. gada meža nobiru frakcijās noteikts smago metālu saturs (Tab. 13), kas atbilstoši ICP Forests metodikai ir definēti kā izvēles parametri (ne obligāti nosakāmi).

Tab. 13: Smago metālu saturs meža nobiru frakcijās Valgundes, Taurenes un Rucavas parauglaukumā 2024. gadā

Elements, mērvienība	Parauglaukums	Vainaga zari, mizas	Dominējošās koku sugas skuļas	Citu koku sugu skuļas un lapas	Dominējošās koku sugas augļi	Citu koku sugu augļi	Cita biomasa
Cd, mg kg ⁻¹	Valgunde	0,14	<NR	0,15	<NR	-	<NR
	Taurene	0,27	0,55	0,45	0,71	<NR	<NR
	Rucava	0,36	<NR	-	<NR	-	-
Mn, g kg ⁻¹	Valgunde	0,05	0,33	0,68	0,11	-	0,17
	Taurene	0,27	0,48	0,99	0,19	0,06	0,32
	Rucava	0,22	0,60	-	0,27	-	-
Zn, g kg ⁻¹	Valgunde	0,03	0,07	0,11	0,05	-	0,11
	Taurene	0,11	0,06	0,05	0,04	0,03	0,07
	Rucava	0,05	0,07	-	0,06	-	-
Ni, mg kg ⁻¹	Valgunde	6,05	3,36	<NR	1,57	-	3,17
	Taurene	7,34	2,79	0,70	5,83	0,14	2,33
	Rucava	2,51	<NR	-	4,35	-	-
Cr, mg kg ⁻¹	Valgunde	0,81	2,47	2,39	<NR	-	0,96
	Taurene	0,17	<NR	<NR	1,02	<NR	2,56
	Rucava	<NR	2,45	-	0,36	-	-
Fe, g kg ⁻¹	Valgunde	0,22	0,04	<NR	0,08	-	0,44
	Taurene	0,49	0,06	0,07	0,16	<NR	0,62
	Rucava	0,42	0,09	-	0,20	-	-
Pb, mg kg ⁻¹	Valgunde	25,79	15,21	7,88	<NR	-	21,15
	Taurene	17,86	3,82	16,59	16,43	19,75	10,56
	Rucava	4,14	4,43	-	<NR	-	-

< NR – zem noteikšanas robežas

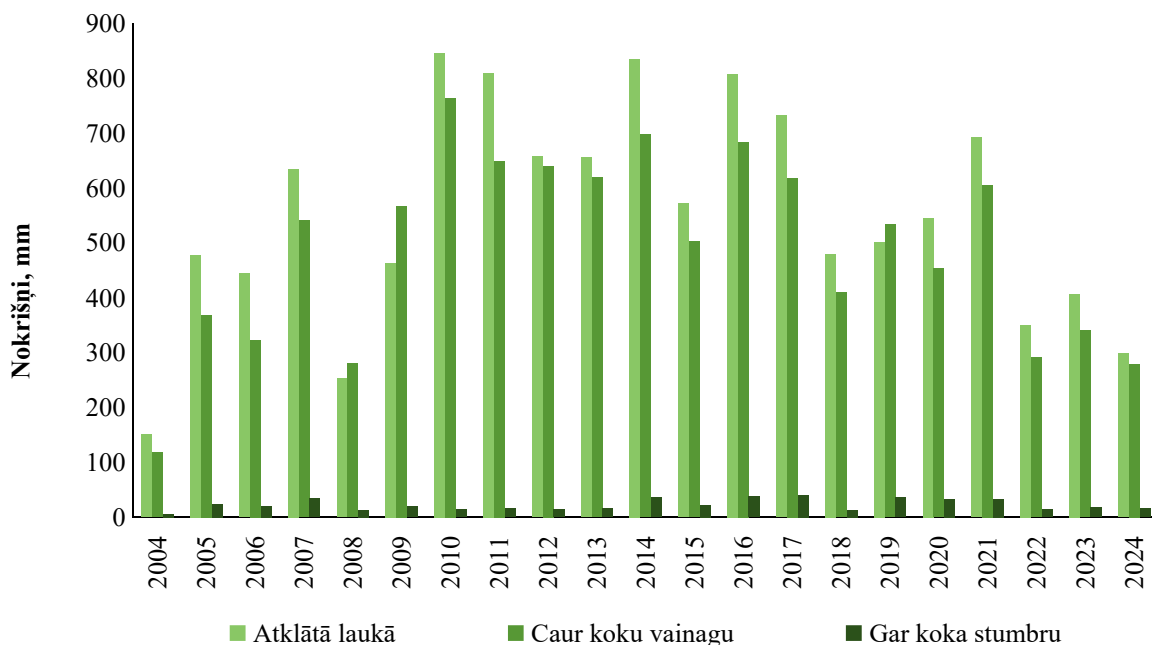
NOKRIŠŅU ŪDEŅU UZSKAITE

LVMI Silava 2009. gadā Valgundes parauglaukumā realizēja pirmo pilno nokrišņu ūdeņu novērojumu uzskaites gadu (no 1. janvāra līdz 31. decembrim), un savākts vidēji 463 mm nokrišņu atklātā vietā un vidēji 585 mm nokrišņu kokaudzē, t.i., nokrišņi, kas izskalojušies caur vainagu un notecējuši gar stumbru. 2010. gada novērojumu periodā savākts vidēji 845 mm nokrišņu atklātā vietā un 763 mm nokrišņu kokaudzē. 2011. gada novērojumu periodā kokaudzē savākts vidēji 649 mm nokrišņu, bet atklātā laukā – 809 mm. Savukārt 2012. gada novērojumu periodā vidēji kokaudzē savākts 639 mm, bet atklātā laukā 656 mm. 2014. gadā visā novērojuma periodā (no janvāra līdz decembrim) atklātā laukā vidēji savākts 834 mm nokrišņu, caur vainagiem kokaudzē nokrituši 697 mm, bet gar stumbru notecējuši 36 mm. 2015. gadā vidējais nokrišņu daudzums ir nedaudz samazinājies. Atklātā laukā bija 572 mm nokrišņu, caur vainagu – 502 mm un gar stumbru – 22 mm. Vidējais nokrišņu daudzums 2016. gadā bija lielāks nekā 2015. gadā. Nokrišņu daudzums atklātā laukā bija 807 mm, caur koku vainagu – 684 mm, bet gar stumbru – 37 mm. Kaut arī lielākajā daļā Latvijas nokrišņu daudzums 2017. gadā

bija lielāks par normu, Valgundes parauglaukumā nav novērots nokrišņu pieaugums, un nokrišņu daudzums atklātā laukā bija mazāks nekā 2016. gadā (731 mm). 2018. gadā visā novērojuma periodā (no janvāra līdz decembrim) atklātā laukā vidēji savākts 479 mm nokrišņu, caur vainagiem kokaudzē nonāca 410 mm, bet gar stumbru notecēja 13 mm. 2019. gadā atklātā laukā vidēji nokrituši 501 mm nokrišņu, caur vainagiem kokaudzē – 533 mm, bet gar stumbru – 36 mm. 2020. gada novērojumu periodā atklātā laukā vidēji bija 545 mm nokrišņu, caur vainagiem kokaudzē nonāca 452 mm, bet gar stumbru – 33 mm (Att. 16). Salīdzinot ar iepriekšējo ziņošanas periodu, 2021. gadā nokrišņu daudzums Valgundes parauglaukumā palielinājies atklātā laukā un caur koka vainagu kokaudzē nonākošajos nokrišņos. 2021. gadā atklāta lauka nokrišņi sasniedz 692 mm, kas ir par 147 mm vairāk nekā 2020. gadā, bet caur koka vainagu – 605 mm, kas ir par 153 mm vairāk nekā iepriekšējā periodā. Nokrišņi gar koka stumbru palikuši gandrīz identiski, 2021. gadā tie bija 33 mm, bet 2020. gadā – 33,1 m.

Laika posmā no 2009. līdz 2019. gadam, spriežot pēc nokrišņu daudzuma atklātā laukā, sausākais gads Valgundes parauglaukumā bijis 2009. gads, kad bija 463 mm nokrišņu, bet, vērtējot pēc nokrišņu daudzuma kokaudzē – vainaga caurteces nokrišņiem – sausākais gads bija 2018. gads, kad bija 410 mm nokrišņu.

Caur koka vainagu uz augsnes nonāk vidēji 80-95% no atklātā laukā izkritušo nokrišņu daudzuma, bet pārējie 5-20%, atkarībā no nokrišņu intensitātes, noplūst gar koku stumbru vai iztvaiko no koku vainaga virsmas. Valgundes parauglaukumā 2019. gadā atklātā laukā bija nedaudz mazāks nokrišņu daudzums nekā kokaudzē, kas skaidrojams ar lokālām nokrišņu intensitātes atšķirībām. Valgundes parauglaukumā 2020. gadā koku vainagi uztvēruši ap 485 mm nokrišņu (vainaga caurteces un stumbra noteces summa), no tiem iztvaikoja ap 60 mm nokrišņu. Iepriekšējo trīs gadu laikā (2018.-2020. gads) nokrišņu apjomam atklātā laukā ir tendence pieaugt. Turpretī, sākot ar 2022. gadu, vidējais nokrišņu daudzums Valgundes parauglaukumā ir ievērojami samazinājies, salīdzinot ar iepriekšējiem gadiem (Att. 16). 2022. gadā kopējie nokrišņi atklātā laukā bija 350 mm, caur koka vainagiem – 291 mm, gar koka stumbriem – 14 mm. Kopējais samazinājums, salīdzinot ar iepriekšējos ziņošanas periodu 2021. gadā bija 342 mm atklātā laukā, 314 mm caur koku vainagiem un 19 mm gar koka stumbriem. 2023. gadā atsevišķos laika periodos ūdens ievākšanas trauki bija tukši un paraugu ievākšana nebija iespējama. Kopējais nokrišņu daudzums Valgundes parauglaukumā 2023. gadā bija 406 mm atklātā laukā, 340 mm caur koka vainagiem un tikai 18 mm gar koka stumbru. Pēdējos novērojumu gados vismazāk nokrišņu bijis 2024. gadā – atklātā laukā bija 298 mm, caur koka vainagiem – 279 mm un gar koka stumbru – 16 mm.

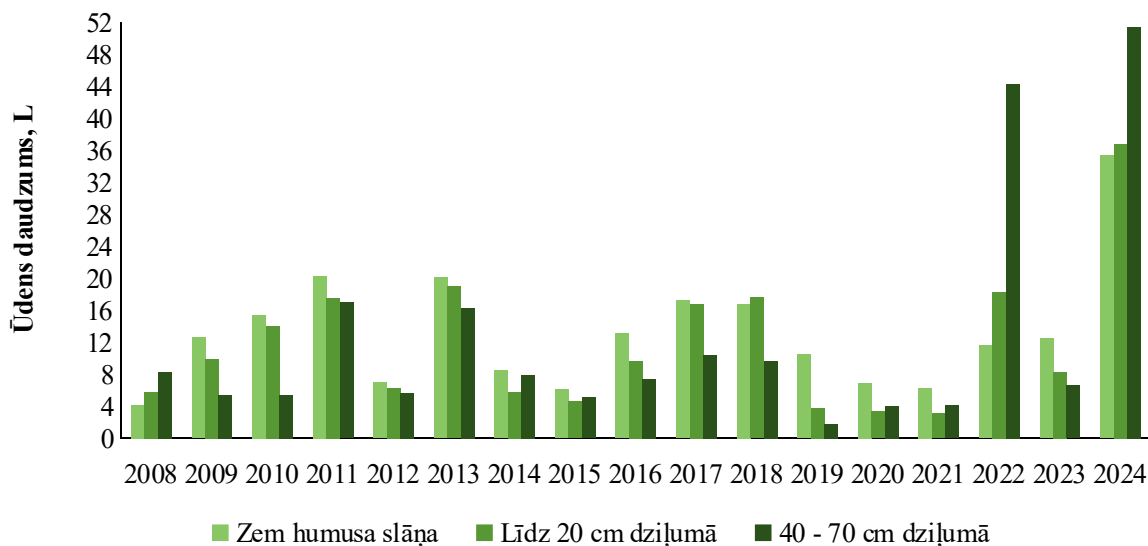


Att. 16: Nokrišņu daudzuma dinamika Valgundes parauglaukumā.

AUGSNES ŪDEŅU UZSKAITE

Salīdzinot augsnes ūdeņu daudzumu no 2008. līdz 2019. gadam, dažādos augsnes slāņos vērojamas atšķirīgas tendences (Att. 17). Vislielākā ūdeņu pieplūde 2008. gadā notikusi 40-70 cm dziļumā, tas ir 8,3 L (207 mm), savukārt, zem humusa slāņa 2008. gadā novērojama vismazākā ūdeņu pieplūde – 4,2 L (105 mm). 2009. gadā zem humusa slāņa konstatēta vislielākā ūdeņu pieplūde – 12,6 L (315 mm); bet 40-70 cm dziļumā vismazākā – 5,4 L (135 mm). 2010. gadā novērota vislielākā ūdens pieplūde zem humusa slāņa – 15,4 L (385 mm), 20 cm dziļumam 14,0 L (350 mm) un 40-70 dziļumā – 12,8 L (320 mm). 2011. gads bijis lietavām ražīgs, kas atspoguļojas arī augsnes ūdens caurplūdē dažādos augsnes slāņos. Visintensīvāk augsnes ūdens pieplūdis zem humusa slāņa – 20,3 L (507 mm, kas ir arī lielākā pieplūde visā novērojumu periodā), un pakāpeniski samazinājies dziļākajos augsnes slāņos, attiecīgi, līdz 20 cm dziļumā 17,5 L (437 mm) un 40-70 cm dziļumā 17,0 L (425 mm). Salīdzinot augsnes ūdeņu daudzuma datus 2008., 2009., 2010., un 2011. gada novērojumu periodos dažādos augsnes slāņos, vērojama tendence, ka šajos gados ūdens daudzums dažādos dziļumos pakāpeniski palielinājies. Savukārt 2012. gada novērojumu periodā redzama pretēja tendence, un ūdens daudzums ir statistiski būtiski samazinājies, attiecīgi, zem humusa slāņa 7,0 L (175 mm), līdz 20 cm dziļumā 6,3 L (157 mm) un 40-70 cm dziļumā 5,7 L (143 mm). 2013. gadā redzams, ka augsnes ūdens pieplūdums lizimetros ir sasniedzis 2011. gada apjomu. 2013. gadā lielākā ūdens pieplūde ir augšējos augsnes slāņos tūlīt zem humusa slāņa, attiecīgi 20,1 L (500 mm), kas samazinās dziļākos augsnes slāņos – 20 cm dziļumā 19,0 L (475 mm) un 40-70 cm dziļumā 16,25 L (400 mm). Savukārt 2014. gadā ir vērojamas nelielas atšķirības starp virsējo augsnes slāni zem humusa slāņa un 40-70 cm dziļumā, attiecīgi

8,5 L (212 mm) un 7,9 L (198 mm). Līdzīgi kā 2014. gadā, arī 2015. gadā lielākais ūdens daudzums bijis zem humusa slāņa un mazākais – 20 cm dziļumā. Salīdzinot ar 2014. gadu, 2015. gadā kopējais augsnes ūdeņu daudzums ir mazliet samazinājies, kas sakrīt ar mazāku nokrišņu daudzumu 2015. gadā. Gan 2016., gan 2017. gadā ievāktā augsnes ūdens daudzums ir lielāks nekā 2015. gadā. Tas sakrīt ar kopējo nokrišņu izmaiņām. 2019. gadā visos augsnes slāņos konstatēts mazāks augsnes ūdeņu daudzums, salīdzinot gan ar 2017., gan 2018. gadu. 2020. gadā vislielākā ūdeņu pieplūde notikusi zem humusa slāņa (9,6 L), bet vismazākā ūdeņu pieplūde – 3,3 L novērota slānī līdz 20 cm dziļumam. Tas, savukārt, sakrīt ar mazāku nokrišņu daudzumu, kas izkritis caur koku vainagiem 2020. gadā. 2021. gadā kopējais ūdens daudzums bija aptuveni tāds pats kā 2020. gadā. Zem humusa slāņa ievākti 6,3 L, līdz 20 cm dziļumam 3,1 L, līdz 70cm dziļumam 4,1 L. Ņemot vērā mazo nokrišņu ūdens daudzumu 2023. gadā, novērojams arī mazāks augsnes ūdeņu daudzums. Zem humusa slāņa kopējais ievāktā ūdens daudzums no lizimetriem bija 12,5 L, 20 cm dziļumā 8,3 L, bet 40-70 cm dziļumā 6,6 L. 2024. gadā konstatēts novērojumu periodā vislielākais augsnes ūdeņu daudzums visos slāņos. Zem humusa slāņa tas bija 35,3 L, 20 cm dziļumā – 36,7 L, taču 40-70 cm dziļumā – 51,3 L (Att. 17). Lielais augsnes ūdeņu daudzums šajā gadā skaidrojams ar jūlijā notikušajiem plūdiem.



Att. 17: Augsnes ūdeņu daudzuma izmaiņas no 2008. līdz 2024. gadam Valgundes parauglaukumā.

NOKRIŠŅU UN AUGSNES ŪDEŅU ĶĪMISKĀS ANALĪZES

Nokrišņu ūdeņi

Nokrišņu sastāvā ietilpst ne tikai ūdens, bet arī dažādi ķīmiskie elementi. Elementu sastāvs, kas nonāk līdz meža ekosistēmai, ir atkarīgs no gaisā esošo putekļu koncentrācijas un sastāva. Gaisā esošo putekļu daudzums var būt kā indikators gaisa kvalitātes novērtēšanai. Virs apdzīvotām vietām un rūpniecisko kompleksu tuvumā parasti ir lielāka putekļu koncentrācija gaisā, savukārt lauku rajonos tā ir mazāka. Šie

putekļi satur ķīmiskos elementus, kas pasliktina gaisa kvalitāti, taču šie elementi var bagātināt meža augsni ar augiem nepieciešamām barības vielām.

Katru gadu caur nokrišņiem augsnē nonāk vairāki desmiti kilogramu dažādu ķīmisko elementu (Tab. 14). Ķīmisko elementu ieneses aprēķināšanai izmantoti dati par ienesi no nokrišņu ūdeņiem atklātā laukā.

No bāziskajiem katjoniem, augsnē visvairāk ienes Ca, vidēji 7,3 kg ha⁻¹ (no 3,3 kg ha⁻¹ līdz 16,0 kg ha⁻¹). Pārējo katjonu daudzums ir vairāk nekā divas reizes mazāks – vidējā K ienese ir 2,5 kg ha⁻¹, Mg ienese ir 1,8 kg ha⁻¹ un Na ienese ir 3,1 kg ha⁻¹.

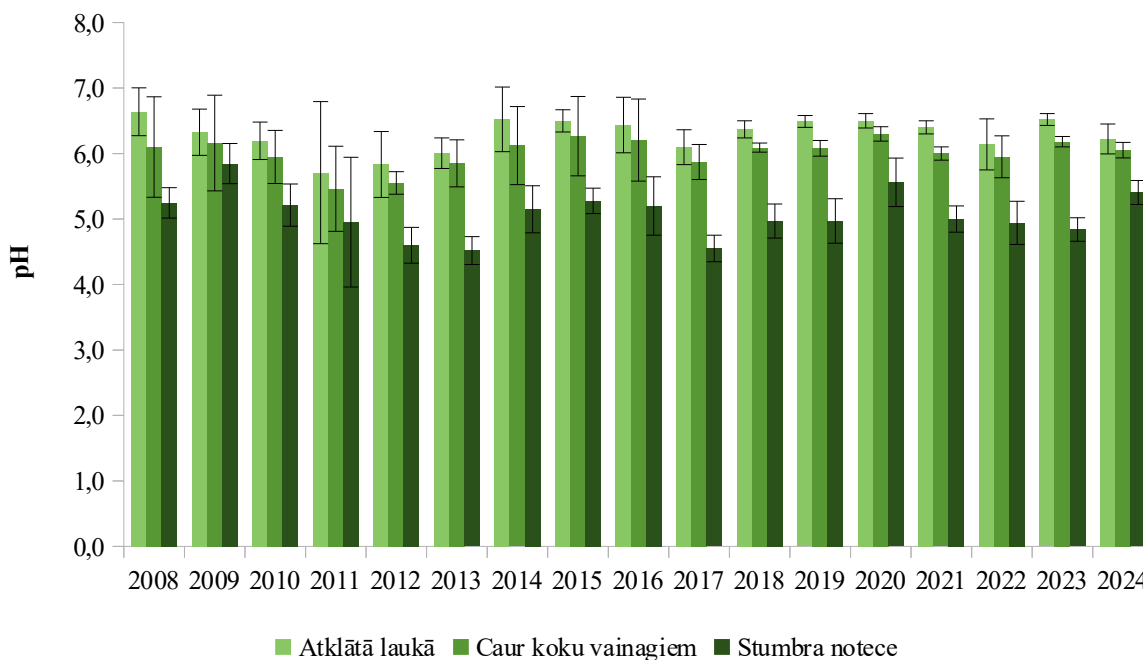
Laika gaitā ievērojami samazinājusies kopējā slāpekļa ienese ar nokrišņu ūdeņiem. Ja 2009. un 2010. gadā kopējais ienestais slāpekļa daudzums bija no 30 kg ha⁻¹ līdz 40 kg ha⁻¹ gadā, tad laika posmā no 2013. līdz 2020. gadam kopējais ienestais slāpekļa daudzums bija no 3 līdz 5 kg ha⁻¹ gadā (Tab. 14). 2021. gadā ievērojami palielinājusies slāpekļa ienese meža ekosistēmā no nokrišņiem Valgundes parauglaukumā. Ja iepriekšējos periodos laika posmā no 2013. līdz 2020. gadam tas nepārsniedza 5 kg ha⁻¹, tad 2021. gadā tas palielinājās līdz vēsturiski vecāko gadu rādītājiem un sasniedza 13,82 kg ha⁻¹. Tāpat novērots vēsturiski lielākais K rādītājs visā novērojumu periodā, sasniedzot 5,86 kg ha⁻¹. Tīkmēr, salīdzinot ar iepriekšējo ziņošanas gadu, Cl ienese meža ekosistēmā samazinājusies no 8,91 kg ha⁻¹ līdz 2,89 kg ha⁻¹, tīkmēr 2022. gadā Cl ienese palielinājusies līdz 7,94 kg ha⁻¹. Attiecīgajā laika periodā ievērojami krities DTN saturs, no 13,82 kg ha⁻¹ uz 2,64 kg ha⁻¹. 2024. gadā K ienese ar nokrišņu ūdeņiem bija apmēram divas reizes lielāka (9,07 kg ha⁻¹) nekā 2023. gadā (4,48 kg ha⁻¹), kā arī vislielākā visā novērojumu periodā. Turpretim N-NO₃ ienese bijusi vismazākā novērojumu periodā – 0,49 kg ha⁻¹.

Tab. 14: Dažādu elementu ienese (kg ha⁻¹) meža ekosistēmā ar nokrišņiem Valgundes parauglaukumā

Elements	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Vidēji
K	5,50	3,35	2,48	2,33	1,21	1,31	2,47	1,05	1,19	3,98	2,57	2,65	5,86	3,04	4,48	9,07	3,28
Ca	6,15	5,27	5,39	3,31	7,93	6,39	5,05	7,49	3,73	16,03	14,14	6,48	4,70	6,02	4,53	3,89	6,66
Mg	2,36	1,51	2,21	1,36	2,03	1,86	1,80	1,43	1,34	2,09	1,62	1,68	1,81	1,24	1,75	1,41	1,72
Na	2,81	2,13	2,56	1,86	3,27	2,88	3,40	3,38	4,58	3,04	3,40	3,78	4,26	2,82	3,13	2,85	3,13
N-NH ₄	7,31	4,15	2,64	4,05	0,73	1,86	2,17	1,17	1,49	1,58	1,58	1,38	4,03	1,56	2,96	2,02	2,54
Cl	4,71	4,74	6,24	3,63	3,67	3,53	5,29	4,55	3,14	9,99	9,56	8,91	2,89	7,94	4,70	4,98	5,53
N-NO ₃	2,14	3,77	1,94	1,29	1,27	1,48	2,43	0,98	2,04	1,64	1,24	1,27	1,56	1,33	0,80	0,49	1,60
S-SO ₄	3,92	3,61	2,76	2,18	2,88	14,46	2,36	1,52	1,69	2,25	4,05	0,76	2,12	0,77	0,86	0,84	2,94
DTN	29,92	40,23	18,58	12,79	3,12	4,34	5,18	3,40	4,59	5,20	3,42	3,60	13,82	2,64	4,31	3,43	9,91

Slāpekļa un sēra savienojumi atmosfērā būtiski ietekmē nokrišņu pH. Gada griezumā atklāta lauka nokrišņu vidējā pH vērtība laika periodā no 2004. līdz 2024. gadam Valgundes parauglaukumā svārstījies no 5,7±0,2 2011. gadā līdz 6,6±0,2 2008. gadā (Att. 18). Koku vainagu caurteces vidējais pH svārstījies no 5,5 ±0,2 2011. gadā līdz 6,3 ±0,2. 2015. un 2020. gadā, bet koku stumbru noteces nokrišņu vidējā pH vērtība

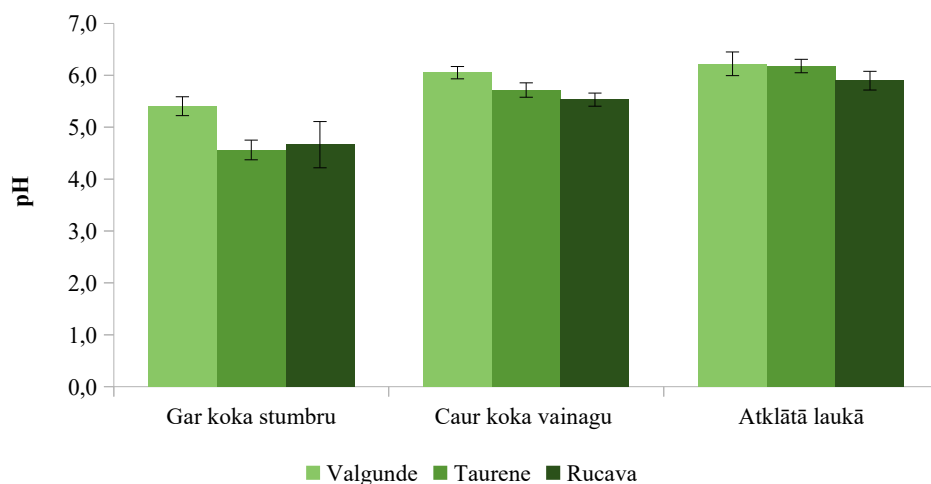
bijusi robežās no $4,5 \pm 0,1$ 2013. gadā līdz $5,9 \pm 0,7$ 2009. gadā. Rezultāti, sevišķi novērojumu perioda pirmajā pusē, iezīmē tendenci – nokrišņu pH piemīt periodisks raksturs, kur pēc pH vidējo rādītāju krituma seko kāpums. Perioda ilgums ir 4-7 gadi, kura laikā no viena minimuma/maksimuma rādītāji nonāk līdz nākamajam minimumam/maksimumam. Šī tendence gan pēdējos gados izteikti neiezīmējas, vidējām nokrišņu pH vērtībām kļūstot stabilākām un samazinoties ikgadējām svārstībām.



Att. 18: Atklātā lauka, koku vainagu caurteces un stumbru noteces nokrišņu vidējais pH laika posmā no 2008. līdz 2024. gadam Valgundes parauglaukumā.

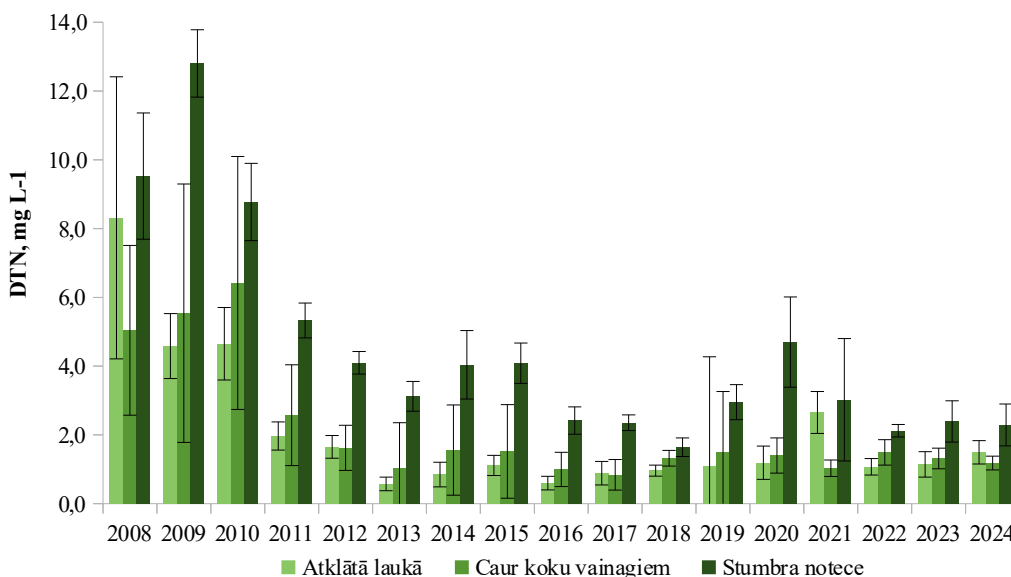
Kopumā secināms, ka visskābākie ir nokrišņu ūdeņi, kas notek gar koku stumbriem. Nokrišņi caur koku vainagiem galvenokārt ir skābāki par nokrišņiem atklātā laukā. Tas saistīts ar organisko skābju nokļūšanu nokrišņu ūdeņos, tiem saskaroties ar augiem. Pastāv stipra un būtiska pozitīva korelācija ($r = 0,89$) starp atklātā lauka nokrišņu pH un koku vainagu caurteces nokrišņu pH. Vāja, bet joprojām būtiska pozitīva korelācija ($r = 0,65$) pastāv arī starp atklātā lauka nokrišņu pH un stumbru noteces nokrišņu pH. Vājāka korelācija starp atklātā lauka nokrišņu pH un stumbru noteces nokrišņu pH skaidrojama ar ilgspēlējotāju ūdens saskari ar kokiem, kuras laikā ūdenī nonāk vairāk organisko skābju un citu organisko un neorganisko vielu.

Kopš 2015. gada 1. maija nokrišņu paraugu ņemšana un analizēšana uzsākta arī Taurenē un Rucavas parauglaukumos. Visos parauglaukumos visskābākais nokrišņu ūdeņu pH konstatēts koku stumbru noteces nokrišņos, Valgundē – $5,4 \pm 0,2$, Taurenē – $4,6 \pm 0,2$ un Rucavā - $4,7 \pm 0,4$ (Att. 19). Savukārt, vislielākās vidējās pH vērtības Valgundes ($6,2 \pm 0,2$), Taurenē ($6,2 \pm 0,1$) un Rucavas ($5,9 \pm 0,2$) parauglaukumos ir konstatētas nokrišņos atklātā laukā (Att. 19).



Att. 19: Vidējais nokrišņu ūdeņu pH Valgundes, Taurenes un Rucavas parauglaukumos 2024. gadā.

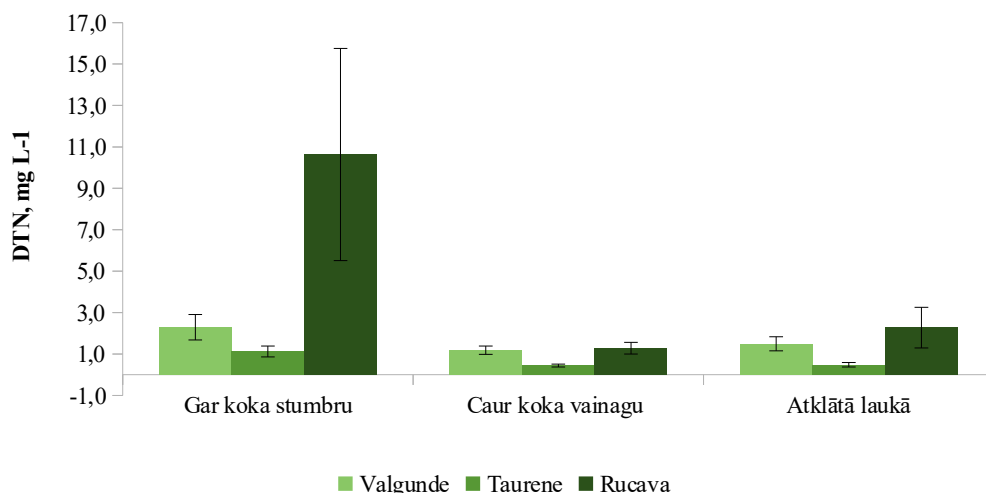
Viens no gaisā esošā ūdens kvalitātes kritērijiem un piesārņojuma indikatoriem ir slāpekļa daudzums. Valgundes parauglaukumā izteikts kopējā slāpekļa satura pieaugums nokrišņu ūdeņos konstatēts laika posmā no 2008. līdz 2010. gadam (Att. 20), kad slāpekļa saturs nokrišņos svārstījies no 4,4 mg L⁻¹ atklāta lauka nokrišņos līdz 12,8 mg L⁻¹ stumbra noteces ūdeņos. Šajā laikā konstatēts arī lielāks N saturs nobiru augļu frakcijā. Kopš 2011. gada kopējais N saturs nokrišņos ir ievērojami samazinājies un būtiski nemainās pa gadiem.



Att. 20: Vidējais kopējā slāpekļa (DTN) saturs nokrišņu ūdeņos Valgundes parauglaukumā kopš 2008. gada.

Att. 21 parādīts vidējā kopējā N satura salīdzinājums nokrišņu ūdenī 2023. gadā Valgundes, Taurenes un Rucavas parauglaukumos. Visos parauglaukumos lielākais kopējā slāpekļa saturs konstatēts stumbra noteces nokrišņos. Vislielākais rādītājs

novērojams Rucavas parauglaukumā, kur tas sasniedz 10,6 mg L⁻¹, stumbra noteces nokrišņu ūdeņos (Att. 21). Vismazākais DTN saturs novērojams Taurenes parauglaukuma atklātā lauka nokrišņu ūdeņos – 0,4 mg L⁻¹.



Att. 21: Vidējais kopējā slāpekļa (DTN) saturs nokrišņu ūdeņos Valgundes, Taurenes un Rucavas parauglaukumos 2024. gadā.

Koku augšanai nozīmīga ir bāzisko katjonu pieejamība augsnē. Viens no bāzisko katjonu ieneses avotiem ekosistēmā ir nokrišņu ūdeņi. Nokrišņu ūdens elektrovadītspēja, kas raksturo kopējo izšķīdušo sāļu daudzumu ūdenī, un bāzisko katjonu saturs par 2024. gadu apkopots Tab. 15. Salīdzinoši vislielākā elektrovadītspēja un bāzisko katjonu saturs visos parauglaukumos novērojams stumbra noteces ūdeņos. Vismazākā elektrovadītspēja un bāzisko katjonu saturs Rucavā un Taurenē novērojams nokrišņu ūdeņos atklātā laukā, turpretim Valgundē vismazākās šīs vērtības ir nokrišņos, kas izskalojušies caur koku vainagiem, kas varētu liecināt par lielāku bāzisko katjonu aizturi vai organisko skābju izdalīšanos Valgundes koku vainagos.

Tab. 15: Nokrišņu ūdeņu ķīmiskais sastāvs Valgundes, Taurenes un Rucavas parauglaukumos 2024. gada novērojumu periodā

Elements	Parauglaukums	Atklātā laukā	Caur koku vainagu	Stumbra notece
Elektrovadītspēja, $\mu\text{S cm}^{-1}$	Rucava	29,22±8,70	31,53±4,33	136,50±34,94
	Taurene	10,74±1,56	15,60±1,92	47,41±4,85
	Valgunde	31,88±6,37	23,85±2,87	59,78±5,08
Ca, mg L ⁻¹	Rucava	1,25±0,34	1,48±0,22	6,96±1,33
	Taurene	0,85±0,15	1,13±0,16	3,33±0,44
	Valgunde	1,69±0,41	1,39±0,16	4,88±0,57
Mg, mg L ⁻¹	Rucava	0,32±0,07	0,58±0,10	1,72±0,26
	Taurene	0,21±0,03	0,38±0,05	1,03±0,15
	Valgunde	0,60±0,13	0,65±0,08	1,67±0,20
K, mg L ⁻¹	Rucava	1,33±0,61	2,28±0,59	5,70±1,09
	Taurene	0,39±0,10	1,58±0,35	3,92±0,40

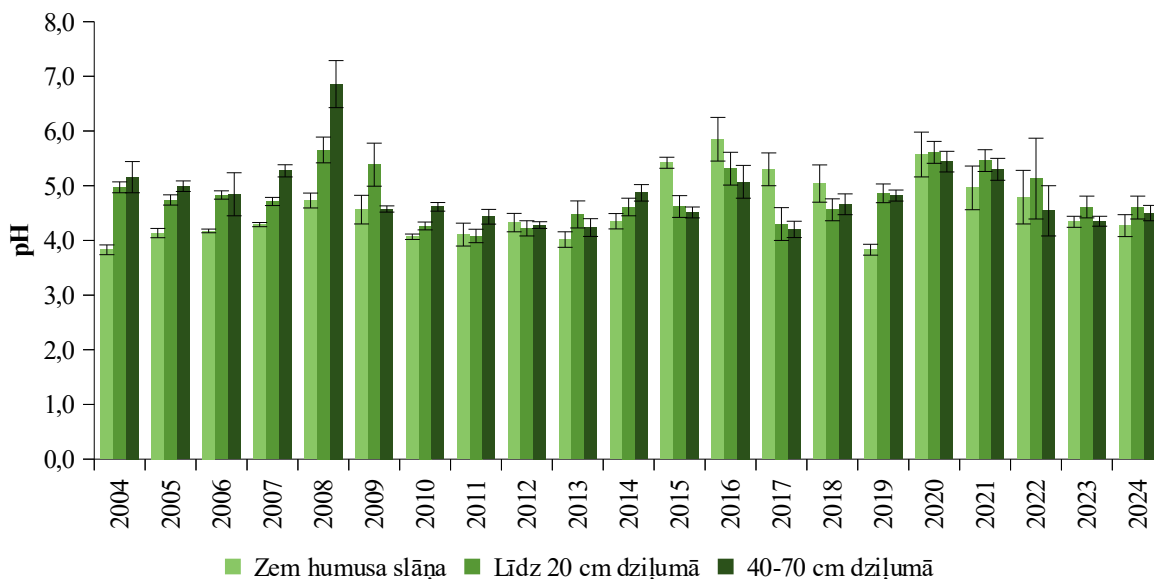
Elements	Parauglaukums	Atklātā laukā	Caur koku vainagu	Stumbra notece
	Valgunde	3,44±1,11	1,81±0,44	5,08±0,42

Augsnes ūdeņi

Ķīmisko vielu iznese no priežu mežu ekosistēmām notiek galvenokārt ar augsnes ūdeni. Meža ekosistēmā, nokrišņiem nonākot uz augsnes un sūcoties cauri augsnes slāņiem, ūdens daudzums mainās un tā ķīmiskais sastāvs tiek pārveidots. Procesi, kas pārveido augsnes ūdeni, ietver barības elementu uzņemšanu, mikroorganismu darbību, adsorbciju un desorbciju, jonu apmaiņu un dēdēšanu. Katjonu apmaiņa, kurā protoni tiek adsorbēti un citi katjoni atbrīvoti augsnes šķīdumā, boreālo mežu augsnēs ir cieši saistīta ar organisko vielu daudzumu un pH.

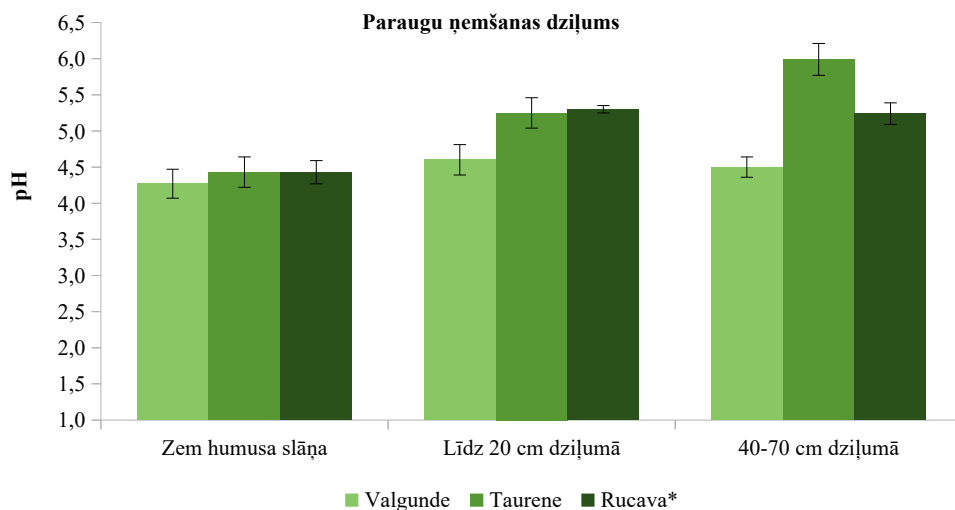
Viens no galvenajiem augsnes ūdens ķīmiskajiem parametriem ir pH. Augsnes ūdens analīžu rezultāti Valgundes parauglaukumā liecina, ka augsnes ūdens pH mainās atkarībā no augsnes slāņa (Att. 22). Laika posmā no 2004. gada līdz 2014. gadam un 2019. un gadā vērojama tendence, ka palielinoties augsnes dziļumam, augsnes ūdens pH vērtība galvenokārt palielinās – vide kļūst bāziskāka. To galvenokārt veicina protona buferizācijas un neitralizācijas procesi, ko izraisa citu katjonu satura palielināšanās. Laika posmā no 2015. gada līdz 2018. gadam vērojama pretēja tendence – palielinoties augsnes dziļumam, augsnes ūdens pH vērtība samazinās jeb augsnes ūdens kļūst skābāks. Kopš 2019. gada šādas tendences vairs neiezīmējas un ikgadējos novērojumos redzams, ka palielinoties augsnes dziļumam līdz 20 cm, palielinās pH jeb augsnes ūdens kļūst bāziskāks, turpretim dziļākos slāņos ūdens atkal kļūst skābāks, pH samazinoties.

Valgundes parauglaukumā 2017. gada novērojumu periodā vidējā augsnes ūdens pH vērtība zem humusa slāņa bija 5,3±0,3, līdz 20 cm dziļumā – 4,3±0,4 un 40-70 cm dziļumā – 4,2±0,2. 2018. gada novērojumu periodā vidējā augsnes ūdens pH vērtība zem humusa slāņa bija 5,1±0,4, līdz 20 cm dziļumā – 4,5±0,2 un 40-70 cm dziļumā – 4,6±0,2. Salīdzinot ar 2017. un 2018. gadu, 2019. gadā vidējā augsnes ūdens pH vērtība Valgundes parauglaukumā zem humusa slāņa ir ievērojami samazinājusies, vidējais augsnes ūdens pH bija 3,8±0,1 (Att. 22). Savukārt vidējais augsnes ūdens pH līdz 20 cm dziļumā un 40-70 cm dziļumā ir saglabājies 2018. gada līmenī, attiecīgi, pH 4,9±0,2 un 4,8±0,1. 2021. gada novērojumu periodā vidējā augsnes ūdens pH vērtība zem humusa slāņa bija 4,96±0,4, līdz 20 cm dziļumā – 5,46±0,2 un 40-70 cm dziļumā – 5,3±0,2. 2022. gadā vienīgās ievērojamās pH vērtību izmaiņas vērojamas augsnes ūdeņos 40-70 cm dziļumā, kur pH vērtība kritusies par 0,8 vienībām. Pārējos slāņos ievākto paraugu pH vērtībās ievērojamas izmaiņas, salīdzinot ar iepriekš ziņotajiem datiem, nav novērotas. Valgundes parauglaukuma augsnes ūdens pH vērtības zem humusa slāņa ir – 4,8±0,5, līdz 20 cm dziļumam – 5,1±0,7, 40-70 cm dziļumā – 4,5±0,5. 2023. gadā turpinās tendence, kas novērota iepriekšējos 3 gados – visos augsnes ūdeņu dziļuma paraugos gadu no gada samazinās pH līmenis. 2023. gadā augsnes pH līmenis zem humusa slāņa ir 4,3±0,1; līdz 20 cm dziļumam 4,6±0,2; bet 40-70 cm dziļumā – 4,4±0,1. 2024. gadā visos dziļumos augsnes ūdens pH līmenis saglabājies tuvu 2023. gada vērtībām – 4,3±0,2 zem humusa slāņa, 4,6±0,2 līdz 20 cm dziļumā un 4,5±0,1 40-70 cm dziļumā (Att. 22).



Att. 22: Vidējās augsnes ūdens pH vērtības Valgundes parauglaukumā.

2024. gadā visos parauglaukumos vismazākās augsnes ūdens vidējās pH vērtības konstatētas zem humusa slāņa (Att. 23), Valgundē tām esot $4,3 \pm 0,2$, savukārt Taurenē un Rucavā – $4,4 \pm 0,2$. Attiecīgi, pH vērtības zem humusa slāņa visos parauglaukumos bijušas ļoti līdzīgas, ko nevar teikt par dziļākiem slāņiem. Līdz 20 cm dziļumam pH visos parauglaukumos ir palielinājies. Valgundē pH vērtība pieaugusi nedaudz, sasniedzot $4,6 \pm 0,2$, taču Taurenē un Rucavā pieaugums bijis izteiktāks, sasniedzot, attiecīgi, $5,3 \pm 0,2$ un $5,3 \pm 0,1$. Dziļākajā slānī jeb 40-70 cm dziļumā vidējās augsnes ūdens pH vērtības, salīdzinājumā ar augsnes ūdeņiem līdz 20 cm dziļumā, Valgundes un Rucavas parauglaukumos saglabājušās praktiski nemainīgas, tām tikai nedaudz samazinoties – līdz $4,5 \pm 0,1$ Valgundē un $5,2 \pm 0,2$ Rucavā. Taurenē parauglaukumā 40-70 cm dziļumā ievākto ūdens paraugu vidējās pH vērtības turpinājušas palielināties, salīdzinājumā ar augstāk esošajiem augsnes slāņiem, sasniedzot $6,0 \pm 0,2$.



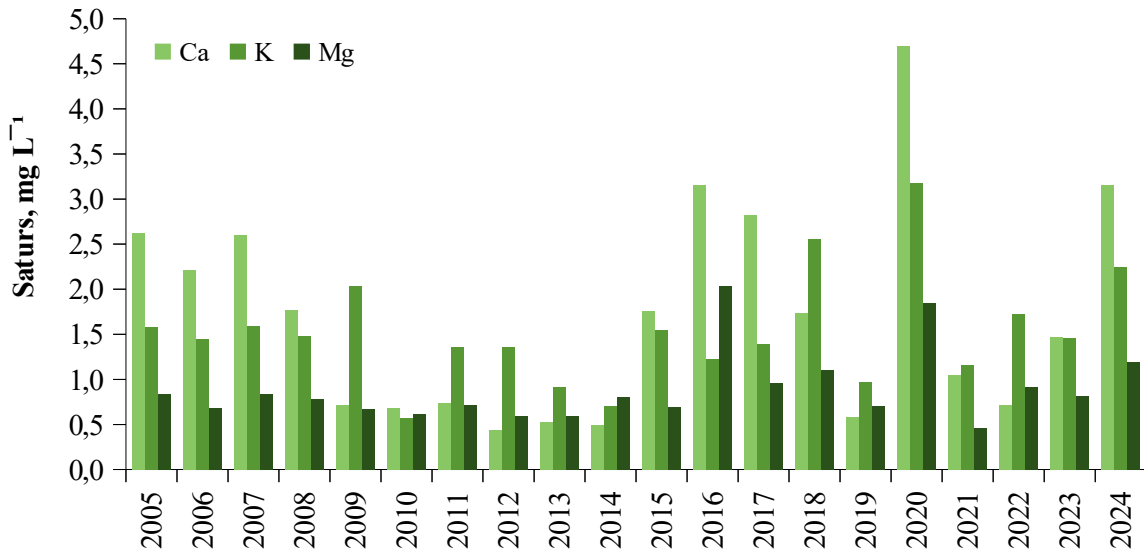
Att. 23: Augsnes ūdens vidējās pH vērtības Valgundes, Taurenes un Rucavas parauglaukumā 2024. gada novērojumu periodā.

Minerālu dēdēšana ir būtisks process, kas augsnei piegādā bāziskos katjonus. Šos katjonus augi uzņem ar saknēm, vai arī tie izskalojas. Att. 24, 25 un 26 parādīts vidējais bāzisko katjonu saturs augsnes ūdeņos dažādos dziļumos otrā līmeņa meža monitoringa Valgundes parauglaukumā laika posmā no 2005. līdz 2024. gadam. Ca saturs augsnes ūdeņos zem humusa slāņa līdz 2008. gadam bijis robežās no 1,8 līdz 2,6 mg L⁻¹ (Att. 24). 2009. gadā Ca saturs būtiski samazinājies līdz 0,7 mg L⁻¹, saglabājot līdzīgas vērtības līdz 2015. gadam, kad sākās īslaicīgs pieaugums, kas noslēdzās 2016. gadā, sasniedzot 3,2 mg L⁻¹. No 2017. līdz 2019. gadam Ca saturs katru gadu samazinājies, sasniedzot 0,6 mg L⁻¹. 2020. gadā Ca saturs sasniedzis novērojumu periodā vislielāko vērtību jeb 4,7 mg L⁻¹, kam sekojis straujš kritums līdz 0,7 mg L⁻¹ 2022. gadā. 2023. gadā Ca saturs augsnes ūdeņos zem humusa slāņa atsāka pieaugt, 2024. gadā sasniedzot 3,2 mg L⁻¹. Kopumā Ca satura izmaiņas novērojumu laikā bijušas ļoti dinamiskas, to vērtību diapazonam būtiski pārsniedzot K un Mg koncentrāciju izmaiņas, taču konkrētas tendences nav iezīmējušās.

K saturs augsnes ūdeņos zem humusa slāņa līdz 2009. gadam bijis robežās no 1,4 līdz 2,0 mg L⁻¹ (Att. 24). 2010. gadā K saturs nokrities līdz 0,6 mg L⁻¹, taču 2011. un 2012. gadā atgriezies iepriekšējos gados novēroto vērtību robežās. 2013. un 2014. gadā K saturs samazinājies līdz 0,7-0,9 mg L⁻¹, taču 2015. gadā noticis pieaugums līdz 1,6 mg L⁻¹. Līdz 2017. gadam būtiskas izmaiņas K saturā nav novērojamas, taču 2018. gadā tas būtiski palielinājies, sasniedzot visā novērojumu periodā otru lielāko vērtību jeb 2,6 mg L⁻¹. 2019. gadā sekojis būtisks K satura samazinājums līdz 1 mg L⁻¹. 2020. gadā sasniegts vislielākais K saturs novērojumu periodā – 3,2 mg L⁻¹. 2021. gadā K saturs samazinājies līdz 1,2 mg L⁻¹, kam sekojis pakāpenisks pieaugums, kas turpinājās līdz līdz 2024. gadam, kad K saturs ūdenī bija 2,3 mg L⁻¹.

Mg saturs augsnes ūdeņos, salīdzinājumā ar Ca un K saturu, novērojumu periodā kopumā bijis vismazākais. No 2005. līdz 2015. gadam tas saglabājies vienmērīgs, robežās no 0,6 līdz 0,8 mg L⁻¹ (Att. 24). Sākot ar 2016. gadu, Mg satura ikgadējo vērtību izmaiņas

ķļuvušas dinamiskākas. 2016. gadā tās sasniegušas novērojumu periodā vislielāko vērtību – 2,0 mg L⁻¹. 2017.-2019. gadā Mg saturs atkal samazinājies, paliekot robežās no 1,0 līdz 1,4 mg L⁻¹. 2020. gadā Mg saturs sasniedzis otru lielāko vērtību novērojumu periodā – 1,9 mg L⁻¹, turpretī sekojošajā 2021. gadā Mg saturs ūdenī sasniedzis vismazāko vērtību novērojumu periodā jeb 0,5 mg L⁻¹. Kopš 2022. gada Mg saturs saglabājies relatīvi nemainīgas, taču lielāks nekā novērojumu perioda sākumā – robežās no 0,8 līdz 1,2 mg L⁻¹.

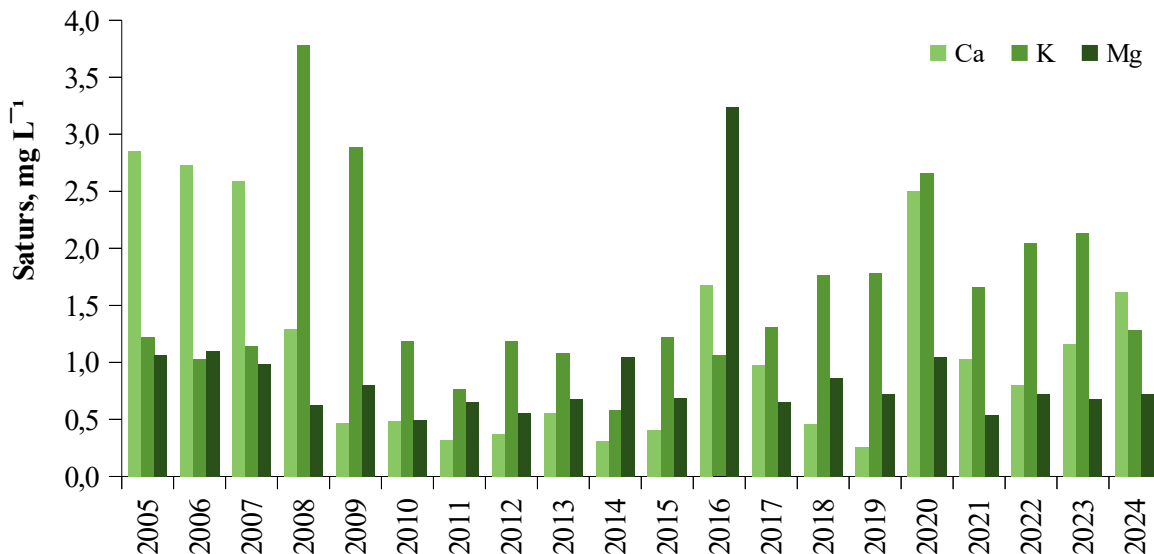


Att. 24: Bāzisko katjonu saturs augsnes ūdenī zem humusa slāņa laika posmā no 2005. līdz 2024. gadam Valgundes parauglaukumā.

Ca saturs augsnes ūdenī līdz 20 cm dziļumam novērojumu perioda sākumā bijis visaugstākais, 2005. gadā sasniedzot 2,9 mg L⁻¹ (Att. 25). Līdz 2007. gadam Ca saturs vērtības saglabājušās līdzīgas, taču 2008. gadā sācies straujš kritums, Ca saturam samazinoties līdz 0,5 mg L⁻¹ 2009. gadā. Līdz 2015. gadam ikgadējais Ca saturs saglabājies mazs, tam esot robežās no 0,3 līdz 0,6 mg L⁻¹. 2016. gadā Ca koncentrācija augsnes ūdenī līdz 20 cm dziļumam strauji palielinājusies līdz 1,7 mg L⁻¹, kam sekojis pakāpenisks kritums, 2019. gadā sasniedzot vienu no vismazākajām novērotajām vērtībām jeb 0,3 mg L⁻¹. 2020. gadā Ca saturs palielinājies līdz 2,5 mg L⁻¹, kas ir novērojumu perioda iepriekšējo gadu vislielākā vērtība. Sākot ar 2021. gadu Ca saturs samazinājies, sasniedzot 0,8 mg L⁻¹ 2022. gadā, kam turpmākajos gados sekojis pakāpenisks pieaugums, sasniedzot 1,6 mg L⁻¹ 2024. gadā. Salīdzinājumā ar izmaiņām zem humusa slāņa, Ca saturs augsnes ūdenī līdz 20 cm dziļumam bijis stabilāks, ikgadējām vērtību izmaiņām esot zemākām.

K saturs augsnes ūdenī līdz 20 cm dziļumam līdz 2017. gadam lielākoties bija 0,6-1,3 mg L⁻¹ robežās, ar izņēmumiem 2008. un 2009. gadā (Att. 25), kad tas ievērojami palielinājies – līdz 3,8 un 2,9 mg L⁻¹. No 2018. līdz 2023. gadam K saturs vērtību diapazons kopumā palielinājies līdz 1,7-2,7 mg L⁻¹, taču 2024. gadā nokrities līdz 1,3 mg L⁻¹, kas ir iepriekšējo gadu laikā vismazākā novērotā K saturs vērtība konkrētajā dziļumā.

Mg saturs augsnes ūdenī līdz 20 cm dziļumam novērojumu periodā bijis salīdzinoši stabils, iezīmējot nedaudz svārstīgas tendences. Vienīgais gads, kas izceļas uz novērojumu fona, bija 2016. gads, kad Mg koncentrācija sasniegusi visaugstāko vērtību jeb 3,2 mg L⁻¹ (Att. 25), kas vairākas reizes pārsniedz citos gados novēroto Mg saturu. Neskaitot šo izlecošo vērtību, Mg saturs augsnes ūdenī līdz 20 cm dziļumam novērojumu periodā bijis līdzīgs zem humusa slāņa novērotajām vērtībām.



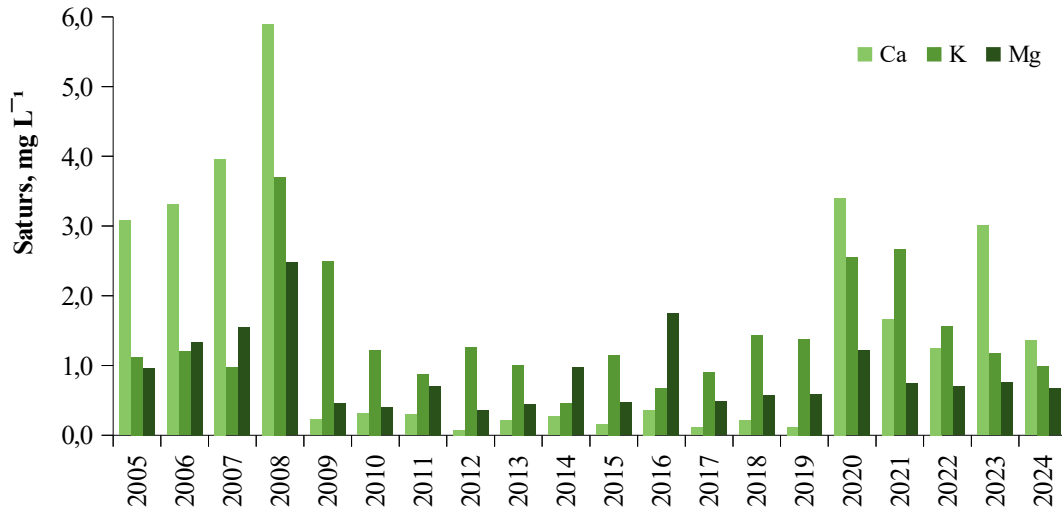
Att. 25: Bāzisko katjonu saturs augsnes ūdenī līdz 20 cm dziļumam laika posmā no 2005. līdz 2024. gadam Valgundes parauglaukumā.

Ca saturs 40-70 cm dziļumā pirmajos gados iezīmē līdzīgas tendences ar abiem augstāk esošajiem slāņiem, vērtībām esot lielākām. Vislielākais Ca saturs konstatēts 2008. gadā, kad tas sasniedzis 5,9 mg L⁻¹, kas ir arī vislielākā bāzisko katjonu vērtība visos apskatītajos dziļumos (Att. 26). Laika periodā no 2009. līdz 2019. gadam Ca saturs 40-70 cm dziļumā bijis vismazākais no visiem apskatītajiem dziļumiem, esot robežās no 0,1 līdz 0,4 mg L⁻¹. 2020. gadā tas palielinājies līdz 3,4 mg L⁻¹, bet 2021. un 2022. gadā samazinājies līdz 1,7 un 1,3 mg L⁻¹. 2023. gadā atkal notika ievērojama Ca satura palielināšanās – līdz 3,0 mg L⁻¹, taču 2024. gadā tas nokrities līdz 1,4 mg L⁻¹. Kopumā, līdz 2008. gadam Ca saturs bijis izteikti liels, bet 2009.-2019. gadā izteikti mazs, bet, sākot ar 2020. gadu – svārstīgs, neuzrādot noteiktas tendences.

K saturs, līdzīgi kā augsnes slānī līdz 20 cm dziļumam, līdz 2017. gadam lielākoties bijis vienmērīgs, saglabājoties 0,9-1,3 mg L⁻¹ robežās, taču ar izņēmumiem 2008. un 2009. gadā, kad tas sasniedza 3,7 un 2,5 mg L⁻¹ (Att. 26). Sākot ar 2018. gadu, K satura vērtību diapazons ir palielinājies, izceļoties ar lielām vērtībām 2020. un 2021. gadā, kad tās, attiecīgi, bija 2,6 un 2,7 mg L⁻¹. Sākot ar 2022. gadu, K saturam novērojama tendence pakāpeniski samazināties, 2024. gadā sasniedzot 1,0 mg L⁻¹. Kopumā K satura dinamika 40-70 cm dziļumā bijusi līdzīga līdz 20 cm novērotajām K satura izmaiņām.

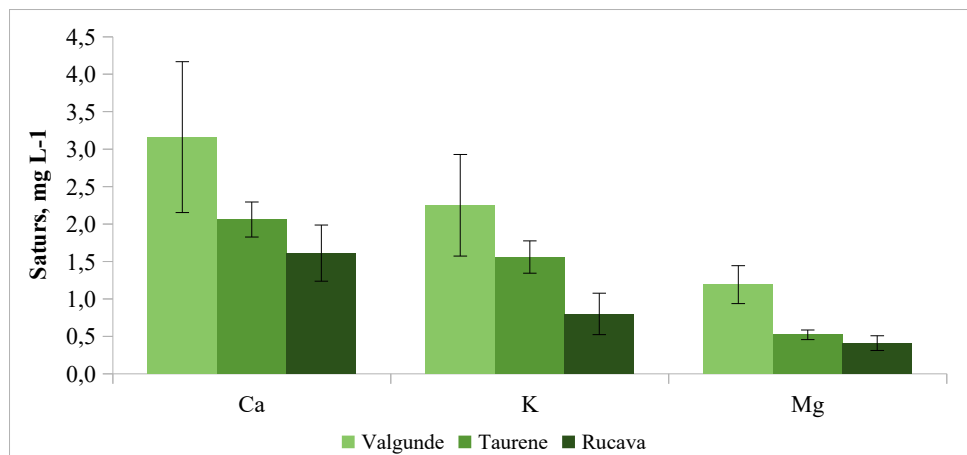
Mg saturs augsnes ūdeņos 40-70 cm slānī novērojumu sākumā katru gadu pakāpeniski palielinājies no 1,0 mg L⁻¹ 2005. gadā līdz 2,5 mg L⁻¹ 2008. gadā, kas ir vislielākā

novērojumu periodā konstatētā Mg koncentrācijas šajā dziļumā (Att. 26). 2009. gadā Mg saturs samazinājies līdz $0,5 \text{ mg L}^{-1}$, turpmākajos gados saglabājoties relatīvi mazam Mg saturam ar nelielu tendenci pieaugt. Kā izņēmumi minami 2016. un 2020. gads, kad Mg saturs palielinājies līdz $1,8$ un $1,2 \text{ mg L}^{-1}$, sekojošajos gados atkal samazinoties.



Att. 26: Bāzisko katjonu saturs augsnes ūdeņos 40-70 cm dziļumā laika posmā no 2005. līdz 2024. gadam Valgundes parauglaukumā.

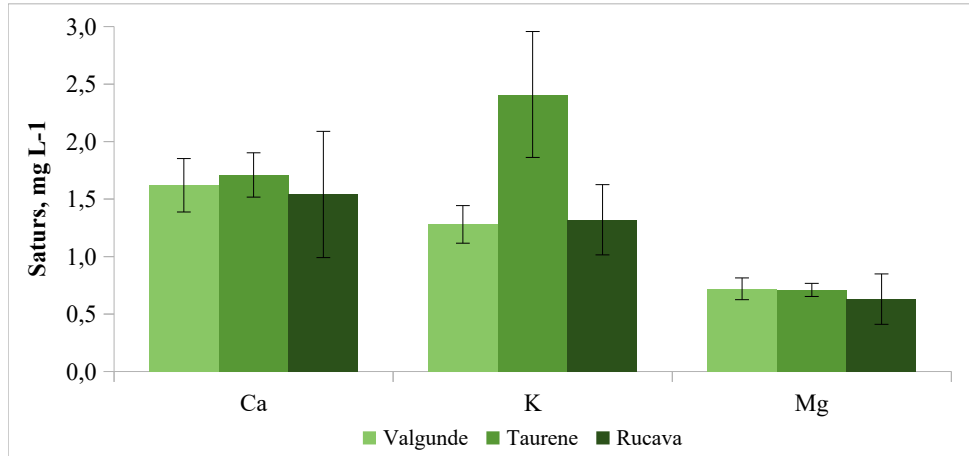
Bāzisko katjonu saturs augsnes ūdenī zem humusa slāņa 2024. gada novērojumu periodā Valgundes, Taurenē un Rucavas parauglaukumos parādīts Att. 27. Vislielākais bāzisko katjonu saturs 2024. gadā konstatēts Valgundē (Ca – $3,2 \pm 1,0 \text{ mg L}^{-1}$, K – $2,3 \pm 0,7 \text{ mg L}^{-1}$, Mg – $1,2 \pm 0,3 \text{ mg L}^{-1}$), turpretim vismazākais – Rucavā (Ca – $1,6 \pm 0,4 \text{ mg L}^{-1}$, K – $0,8 \pm 0,3 \text{ mg L}^{-1}$, Mg – $0,4 \pm 0,1 \text{ mg L}^{-1}$). Taurenē Ca saturs 2024. gadā bija $2,1 \pm 0,2 \text{ mg L}^{-1}$, K saturs bija $1,6 \pm 0,2 \text{ mg L}^{-1}$ un Mg saturs bijis $0,5 \pm 0,1 \text{ mg L}^{-1}$.



Att. 27: Bāzisko katjonu saturs augsnes ūdenī zem humusa slāņa 2024. gada novērojumu periodā Valgundes, Taurenē un Rucavas parauglaukumos.

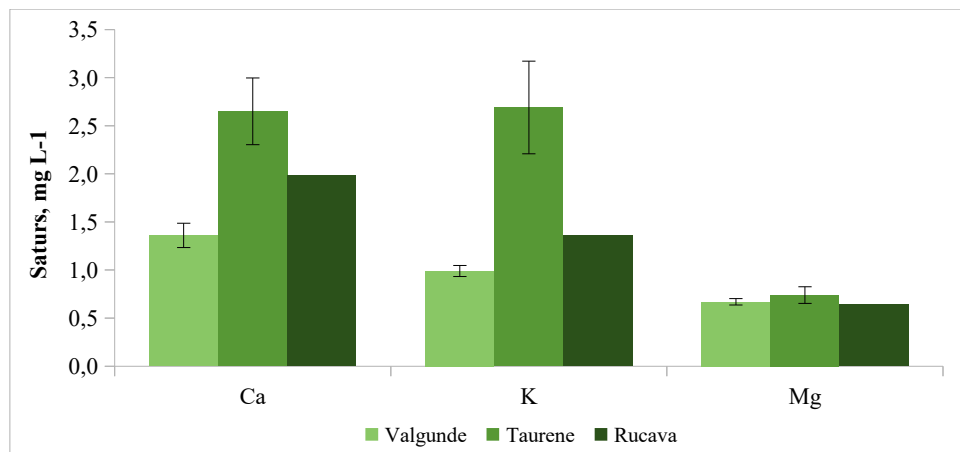
Bāzisko katjonu saturs augsnes ūdenī līdz 20 cm dziļumam 2024. gada novērojumu periodā Valgundes, Taurenē un Rucavas parauglaukumos parādīts Att. 28. Ca saturs visos objektos bijis līdzīgs, taču Taurenē tas bijis vislielākais ($1,7 \pm 0,2 \text{ mg L}^{-1}$), kam seko

Valgunde ($1,6 \pm 0,2 \text{ mg L}^{-1}$) un Rucava ($1,5 \pm 0,5 \text{ mg L}^{-1}$). K saturs ievērojami lielāks bija Taurenē ($2,4 \pm 0,5 \text{ mg L}^{-1}$), kamēr Valgundē un Rucavā tas bija līdzīgs (attiecīgi, $1,3 \pm 0,2 \text{ mg L}^{-1}$ un $1,3 \pm 0,3 \text{ mg L}^{-1}$). Tāpat kā Ca, arī Mg saturs visos parauglaukumos bijis līdzīgs. Valgundē un Taurenē tas bija $0,7 \pm 0,1 \text{ mg L}^{-1}$, Rucavā – $0,6 \pm 0,2 \text{ mg L}^{-1}$.



Att. 28: Bāzisko katjonu saturs augsnes ūdenī līdz 20 cm dziļumam 2024. gada novērojumu periodā Valgundes, Tauresnes un Rucavas parauglaukumos.

Bāzisko katjonu saturs augsnes ūdenī 40-70 cm dziļumā 2024. gada novērojumu periodā Valgundes, Tauresnes un Rucavas parauglaukumos parādīts Att. 29. Taurenē konstatētas vislielākās bāzisko katjonu vērtība – Ca saturs bija $2,7 \pm 0,3 \text{ mg L}^{-1}$, K $2,7 \pm 0,5 \text{ mg L}^{-1}$ un Mg $0,7 \pm 0,1 \text{ mg L}^{-1}$. Valgundē Ca saturs bija $1,4 \pm 0,1 \text{ mg L}^{-1}$, K $1,0 \pm 0,1 \text{ mg L}^{-1}$ un Mg $0,7 \pm 0,0 \text{ mg L}^{-1}$. Rucavā Ca saturs bija $2,0 \pm 0,1 \text{ mg L}^{-1}$, K $1,4 \pm 0,1 \text{ mg L}^{-1}$ un Mg $0,6 \pm 0,0 \text{ mg L}^{-1}$. Jāpiemin, ka Rucavā šajā gadā dati par augsnes ūdeni 40-70 cm dziļumā ievākti tikai jūnija mēnesī, jo pārējos mēnešos lizimetri bija tukši vai nepietika ūdens daudzums analīzēm.



Att. 29: Bāzisko katjonu saturs augsnes ūdenī 40-70 cm dziļumā 2024. gada novērojumu periodā Valgundes, Tauresnes un Rucavas parauglaukumos.

GAISA KVALITĀTES MĒRĪJUMI

Augu un citu dzīvo organismu bojājumus, kuri rodas vides faktoru ietekmē, saista ar gaisa piesārņojumu un paaugstinātām sārņvielu koncentrācijām atmosfērā.

Gaisa kvalitātes mērījumu pētījumi otrā līmeņa meža monitoringa parauglaukumā atklātā laukā veikti šādos laika periodos:

- no 2009. gada aprīļa līdz oktobrim;
- no 2010. gada maija līdz oktobrim;
- no 2011. gada jūnija līdz oktobrim;
- no 2012. gada maija līdz oktobrim;
- no 2013. gada maija līdz jūnijam;
- no 2014. gada maija līdz augustam;
- no 2015. gada jūnija līdz oktobrim;
- no 2016. gada maija līdz septembrim;
- no 2017., 2018., 2019., 2020. un 2021. gada jūnija līdz oktobrim;
- 2022. gadā gaisa kvalitātes mērījumi nav veikti;
- no 2023. gada jūnija līdz oktobrim;
- no 2024. gada jūnija līdz oktobrim.

Tab. 16 redzamas analīžu rezultātu skaitliskās vērtībās par laika posmu no 2004. līdz 2024. gadam.

Gaisa kvalitātes mērījumu rezultāti rāda, ka kopumā novērojumu periodā no 2009. gada līdz 2024. gadam sēra dioksīda (SO₂), slāpekļa dioksīda (NO₂) un amonjaka (NH₃) koncentrācijas ir relatīvi nelielas un nevienā no novērojumu periodiem nepārsniedz cilvēka veselībai kaitīgās devas, kas noteiktas ministru kabineta noteikumos par gaisa kvalitāti.

SO₂ koncentrācija gaisā uzrāda stabilas vērtības un kopš 2009. gada ir robežās no 0,18 μg m⁻³, kas konstatēta 2023. gadā, līdz 0,9 μg m⁻³, kas konstatēta 2009. gadā. Tabulā iekļautas vērtības arī no 2004. un 2005. gada, kad rādītāji ir būtiski lielāki nekā no 2009. gada. Tas ir skaidrojams ar metodoloģiskām izmaiņām nevis ārēju faktoru ietekmi.

NO₂ koncentrācija gaisā ir no 0,8 līdz 3,6 μg m⁻³. Līdzīgi kā SO₂ gadījumā, nav novērojamas noturīgas NO₂ koncentrācijas gaisā palielināšanās vai samazināšanās tendences. Veicot Kruskala-Vallisa testu, konstatētas būtiskas atšķirības (Kruskall-Wallis test, p<0,05), salīdzinot datus mēnešu griezumā. Vismazākā NO₂ koncentrācija ir vasaras mēnešos – jūnijā un jūlijā, turpretim vislielākā tā ir oktobra mēnesī, kas varētu būt saistīts ar veģetācijas sezonas beigām.

NH₃ koncentrācija ir robežās no 0,6 līdz 13,9 μg m⁻³. No 2011. gada līdz 2014. gadam (izņemot 2013. gadu, kad bija nepietiekams analīžu rezultātu skaits) konstatēta būtiski

(Kruskall-Wallis test, $p < 0,05$) palielināta NH_3 koncentrācija gaisā. Sākot ar 2015. gadu, NH_3 koncentrācija ir samazinājusies. Analizējot NH_3 koncentrācijas izmaiņas mēnešu griezumā, būtiskas atšķirības nav konstatētas. Izmaiņas nav sistemātiskas.

Ozona (O_3) koncentrācija gaisā ir robežās no 22 līdz $73 \mu\text{g m}^{-3}$, kas norāda uz salīdzinoši mazu ozona koncentrāciju. Šāda koncentrācija netiek uzskatīta par bīstamu vai kaitīgu augu attīstībai. Literatūrā pieejamā informācija liecina, ka augu bojājumi un ražu samazināšanās konstatēta, ozona koncentrācijai pārsniedzot $80 \mu\text{g m}^{-3}$ (Fuhrer et al., 1997; Heagle, 1989). Ozona koncentrācija gadu griezumā mainās šaurās robežās, taču būtiskas atšķirības konstatētas (Kruskall-Wallis test, $p < 0,05$) starp koncentrācijām dažādos mēnešos. Vislielākā ozona koncentrācija konstatēta jūlijā.

Tab. 16: Vidējais SO_2 , NH_3 , NO_2 un O_3 saturs gaisā Valgundes parauglaukumā

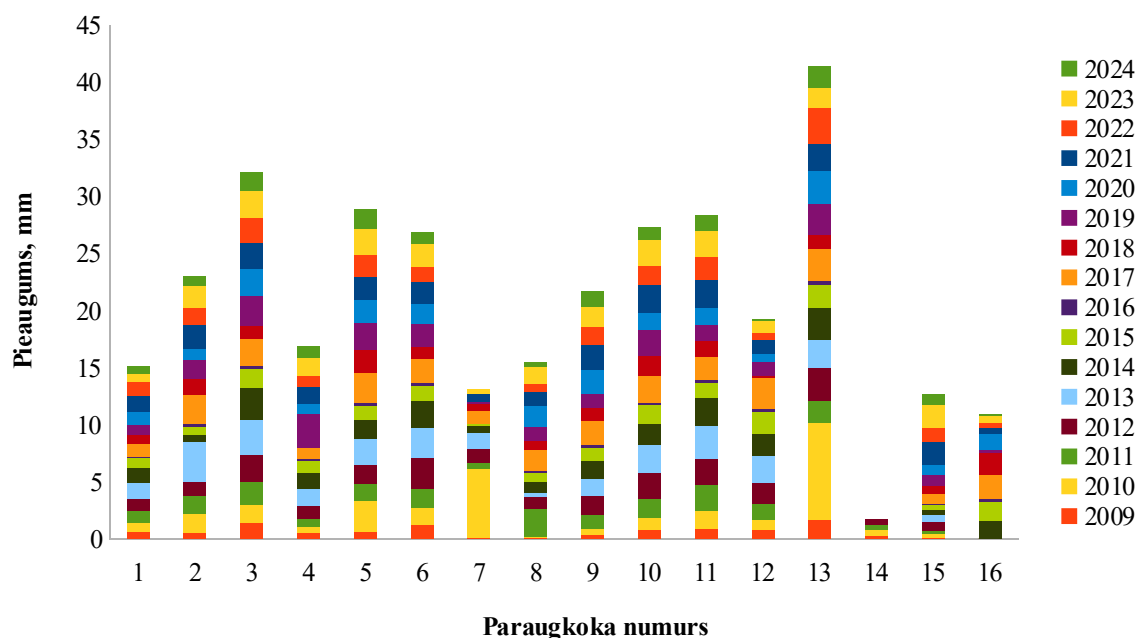
Gads	Parametrs	Mēnesis											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
SO_2 saturs gaisā													
2004	$\text{SO}_2, \mu\text{g m}^{-3}$									6,5	3,5	2,9	2,0
2005	$\text{SO}_2, \mu\text{g m}^{-3}$	1,5	2,0	1,5	2,5		1,5	1,5	2,5	1,0	2,0		
2009	$\text{SO}_2, \mu\text{g m}^{-3}$				0,9	0,6	0,5	0,5	0,3		0,6		
2010	$\text{SO}_2, \mu\text{g m}^{-3}$					0,7							
2011	$\text{SO}_2, \mu\text{g m}^{-3}$						0,8			0,5	0,5		
2012	$\text{SO}_2, \mu\text{g m}^{-3}$						0,4	0,4	0,4	0,5	0,6		
2013	$\text{SO}_2, \mu\text{g m}^{-3}$					0,3	0,3						
2014	$\text{SO}_2, \mu\text{g m}^{-3}$					0,3	0,5	0,6	0,6				
2015	$\text{SO}_2, \mu\text{g m}^{-3}$						0,6	0,5	0,4	0,4	0,5		
2016	$\text{SO}_2, \mu\text{g m}^{-3}$					0,29	0,29	0,29	0,38	0,25			
2017	$\text{SO}_2, \mu\text{g m}^{-3}$						0,54	0,48	0,58	0,56	0,72		
2018	$\text{SO}_2, \mu\text{g m}^{-3}$						0,56	0,42	0,38	0,47	0,63		
2019	$\text{SO}_2, \mu\text{g m}^{-3}$					0,33	0,37	0,28	0,36	0,5			
2020	$\text{SO}_2, \mu\text{g m}^{-3}$						0,27	0,58	0,24	0,44			
2021	$\text{SO}_2, \mu\text{g m}^{-3}$						0,35	0,25	0,60	0,45			
2022	$\text{SO}_2, \mu\text{g m}^{-3}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2023	$\text{SO}_2, \mu\text{g m}^{-3}$						0,35	0,35	0,30	0,18			
2024	$\text{SO}_2, \mu\text{g m}^{-3}$						0,5	0,5	0,4	0,5			
NO_2 saturs gaisā													
2004	$\text{NO}_2, \mu\text{g m}^{-3}$									1,6	3,2	3,5	5,2
2005	$\text{NO}_2, \mu\text{g m}^{-3}$	4,8	7,4	6,6	7,3		3,0	1,9	3,1	1,5	1,2		
2009	$\text{NO}_2, \mu\text{g m}^{-3}$				1,9	1,6	2,1	1,2	1,6	1,6	2,4		
2010	$\text{NO}_2, \mu\text{g m}^{-3}$					2,4	1,1	1,0	1,2	2,1	2,6		
2011	$\text{NO}_2, \mu\text{g m}^{-3}$						2,1	0,8	1,8	1,9	2,3		

Gads	Parametrs	Mēnesis											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2012	NO ₂ , µg m ⁻³					1,2	1,2	1,3	1,5	3,4	2,4		
2013	NO ₂ , µg m ⁻³					1,8	1,4						
2014	NO ₂ , µg m ⁻³						1,4	1,1	1,3	1,9			
2015	NO ₂ , µg m ⁻³						1,5	2,0	1,4	1,7	2,3		
2016	NO ₂ , µg m ⁻³					1,5	1,6	1,2	1,7	1,7			
2017	NO ₂ , µg m ⁻³						1,6	1,3	2,0	1,9	2,1		
2018	NO ₂ , µg m ⁻³						1,8	2,2	2,7	2,7	3,6		
2019	NO ₂ , µg m ⁻³						2,1	1,6	2,1	2,1			
2020	NO ₂ , µg m ⁻³						1,8	2,6	1,8	2,2			
2021	NO ₂ , µg m ⁻³						1,5	1,7	1,8	1,6			
2022	NO ₂ , µg m ⁻³	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2023	NO ₂ , µg m ⁻³						1,5	1,6	1,6	2,2			
2024	NO ₂ , µg m ⁻³						1,1	1,1	1,2	1,7			
NH₃ saturs gaisā													
2004	NH ₃ , µg m ⁻³									0,7	0,1	0,6	0,4
2009	NH ₃ , µg m ⁻³				1,6	1,4	1,0	1,6	0,6	1,3	1,2		
2010	NH ₃ , µg m ⁻³					1,7	1,3	1,8	1,8	2,0	4,0		
2011	NH ₃ , µg m ⁻³						13,9	1,6	8,5	3,4	5,7		
2012	NH ₃ , µg m ⁻³					0,9	2,1	8,5	5,8		8,2		
2013	NH ₃ , µg m ⁻³					1,8	3,9						
2014	NH ₃ , µg m ⁻³						0,7	2,0	3,4	10,0			
2015	NH ₃ , µg m ⁻³						1,9	2,4	1,7	1,9	2,7		
2016	NH ₃ , µg m ⁻³					1,1	1,5	1,0	2,0	1,1			
2017	NH ₃ , µg m ⁻³						1,3	1,9	1,8	1,7	2,1		
2018	NH ₃ , µg m ⁻³						2,2	1,5	1,6	2,1	3,2		
2019	NH ₃ , µg m ⁻³						1,6	1,2	1,4				
2020	NH ₃ , µg m ⁻³						1,1	3,1	1,9	1,9			
2021	NH ₃ , µg m ⁻³						1,8	1,6	0,9	8,8			
2022	NH ₃ , µg m ⁻³	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2023	NH ₃ , µg m ⁻³						1,1	1,6	1,9	1,8			
2024	NH ₃ , µg m ⁻³						1,3	0,9	1,4	1,3			
O₃ saturs gaisā													
2009	O ₃ , µg m ⁻³				64	60	56	41	38	36	25		
2010	O ₃ , µg m ⁻³						62	43	32	34	29	49	
2011	O ₃ , µg m ⁻³						62	34	37	54	44		

Gads	Parametrs	Mēnesis											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2012	O ₃ , µg m ⁻³					50	54	50	29	29	24		
2013	O ₃ , µg m ⁻³					57	72	38	39	22	28	29	42
2014	O ₃ , µg m ⁻³						43	42	41	25	43		
2015	O ₃ , µg m ⁻³						53	42	45	27	25		
2016	O ₃ , µg m ⁻³						51	42	39	26			
2017	O ₃ , µg m ⁻³						48	33	46	29	36		
2018	O ₃ , µg m ⁻³						54	44	44	48	41		
2019	O ₃ , µg m ⁻³						57	43	52	41			
2020	O ₃ , µg m ⁻³						46	73	34	40			
2021	O ₃ , µg m ⁻³						53	48	40	33			
2022	O ₃ , µg m ⁻³	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2023	O ₃ , µg m ⁻³						70	45	36	40			
2024	O ₃ , µg m ⁻³						44	42	37	36			

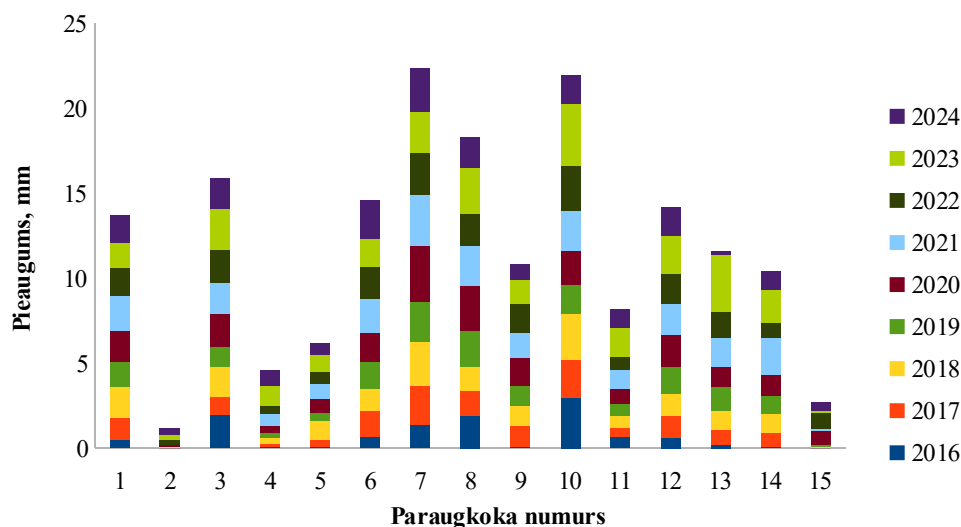
KOKU PIEAUGUMA MĒRĪJUMI

Koku pieauguma lentu mērījumi Valgundes parauglaukumā laika posmā no 2009. līdz 2024. gadam parādīti Att. 30. Izvērtējot ikgadējos pieauguma datus, iezīmējas tendence, ka lielākais pieaugums veidojas augusta un septembra mēnešos. Ziemas mēnešos nav vērojamas izmaiņas, jo koks atrodas miera periodā. Pirmās izmaiņas paraugkokiem iezīmējas marta beigās un aprīļa sākumā atkarībā no gaisa temperatūras. 2012. gada novērojuma perioda dati parāda, ka pieauguma lentas ir pieņēmušas koka stumbra formu, un caurmēra pieaugums ir lielākais visā novērojumu periodā. Valgundes parauglaukumā laika posmā no 2009. gada lielākais vidējais koku caurmēra pieaugums konstatēts 2013. un 2017. gadā – 0,20 cm, bet 2019. gadā vidējais koku caurmēra pieaugums bija 0,16 cm, 2020. gada vidējais koku caurmēra pieaugums bija 0,15 cm, bet 2021. gadā vidējais koku caurmēra pieaugums bija 0,18 cm. 2022. gadā vidējais koku pieaugums Valgundes parauglaukumā bija 0,13 cm. Vislielākais pieaugums sasniedz 0,31 cm, bet vismazākais 0,04 cm. 2023. gadā kopējais visu 15 koku lentu pieaugums Valgundes parauglaukumā sasniedza 24,5 mm, un pieaugumu dinamika starp kokiem variēja vērtībās no 0,4 mm līdz 2,3 mm. 2024. gadā pieaugums lielākajai daļai koku bija mazāks nekā 2023. gadā, kopējam pieaugumam sasniedzot vien 13,8 mm un vidējam pieaugumam 0,92 mm, taču pieaugumu variācija bijusi robežās no 0,1 līdz 1,9 mm.



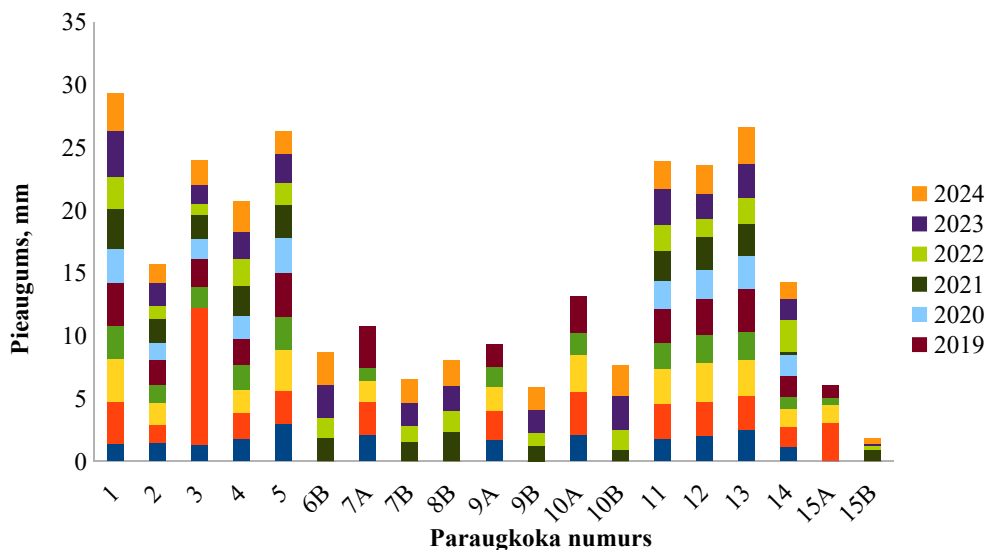
Att. 30: Koku pieauguma lentas mērījumi laika posmā no 2009. gada līdz 2024. gadam Valgundes parauglaukumā.

Att. 31 norādīti koku pieaugumu mērījumi Taurenē parauglaukumā no 2016. līdz 2024. gadam. Koku pieaugumu mērījumi attiecīgajā parauglaukumā uzsākti vēlāk nekā Valgundes un Rucavas parauglaukumos, ar mērķi paplašināt otrā līmeņa monitoringa novērojumus Latvijā, kā arī sniegt iespēju salīdzināt dažādus ģeogrāfiskos rajonus Latvijā. 2022. gadā vidējais koku pieaugums Taurenē parauglaukumā bija 0,15 cm. Vislielākais pieaugums sasniedza 0,26 cm, bet vismazākais 0,05 cm. 2023. gadā kopējais visu 15 koku lentu pieaugums Taurenē parauglaukumā sasniedza 27,5 mm, un pieaugums dažādiem kokiem variēja no 0,1 mm līdz 3,7 mm. 2024. gadā kopējais koku pieaugums bija 19,3 mm, vidējais pieaugums 1,29 mm, taču vērtības variēja robežās no 0,2 līdz 2,6 mm. Tāpat kā Valgundē, 2024. gadā Taurenē pieaugums bija mazāks nekā 2023. gadā.



Att. 31: Koku pieauguma lentas mērijumi laika posmā no 2016. gada līdz 2024. gadam Tauresnes parauglaukumā.

Koku pieauguma lentu mērijumi Rucavas parauglaukumā laika posmā no 2015. līdz 2021. gadam parādīti Att. 32. Laika posmā no 2015. gada lielākais vidējais koku caurmēra pieaugums bija 2019. gadā – 0,25 cm, 2021. gadā šis pieaugums bija 0,19 cm. 2022. gadā vidējais koku pieaugums Rucavas parauglaukumā bija 0,14 cm. Vislielākais pieaugums sasniedz 0,26 cm, bet vismazākais – 0,04 cm. 2023. gadā kopējais visu 15 koku lentu pieaugums Rucavas parauglaukumā sasniedza 31,9 mm, un pieaugumu dinamika starp kokiem variēja no 0,2 mm līdz 3,6 mm. Arī Rucavā 2024. gada pieaugumi bijuši mazāki nekā 2023. gadā. Kopējais pieaugums bija 30,5 mm, vidējais – 2,03 mm, pieaugumu variācija bija robežās no 0,4 līdz 3,0 mm.



Att. 32: Koku pieauguma lentas mērijumi laika posmā no 2015. gada līdz 2024. gadam Rucavas parauglaukumā.

LITERATŪRA

1. Breymeyer, et al., 1996. Global change : effects on coniferous forests and grasslands. John Wiley Sons.
2. Clarke, N., Žlindra, D., Ulrich, E., Mosello, R., Derome, J., Derome, K., König, L., Draaijers, G.P.J., Hansen, K., Thimonier, A., Waldner, P., 2016. Part XIV Sampling and Analysis of Deposition, in: UNECE ICP Forests Programme Co-Ordinating Centre: 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, Germany, p. 32.
3. Dobbertin, M., Neumann, M., 2020. Part V Tree growth Level II, in: Manual on Methods and Criteria for Harmonized Sampling, Assessment, Monitoring and Analysis of the Effects of Air Pollution on Forests. UNECE ICP Forests Programme Co-ordinating Centre, Hamburg, p. 31.
4. Eichhorn, J., Roskams, J., Potočić, N., Timmermann, V., Ferretti, M., Mues, V., Szepesi, A., Durrant, D., Seletković, I., Schröck, H.W., Nevalainen, S., Bussotti, F., Garcia, P., Wulff, S., 2020. Part IV: Visual Assessment of Crown Condition and Damaging Agents, in: UNECE ICP Forests Programme Co-Ordinating Centre: 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, Germany, p. 55.
5. Finér, L., 1996. Variation in the amount and quality of litterfall in a *Pinus sylvestris* L. stand growing on a bog. *Forest Ecology and Management* 80, 1–11. <https://doi.org/10/b8czd3>
6. Food and Agriculture Organization, 2014. World reference base for soil resources 2014 international soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. FAO, Rome.
7. Fuhrer, J., Skärby, L., Ashmore, M.R., 1997. Critical levels for ozone effects on vegetation in Europe. *Environmental Pollution* 97, 91–106. <https://doi.org/10/d2ww4m>
8. Heagle, A.S., 1989. Ozone and Crop Yield*. *Annual Review of Phytopathology* 27, 397–423. <https://doi.org/10/cjdkcc>
9. Helmisaari, H.-S., 1992. Nutrient retranslocation in three *Pinus sylvestris* stands. *Forest Ecology and Management* 51, 347–367. [https://doi.org/10.1016/0378-1127\(92\)90334-6](https://doi.org/10.1016/0378-1127(92)90334-6)
10. International Organization for Standardization, 2003. ISO 5667-3:2003 Water quality – Sampling – Part 3: Guidance on the preservation and handling of water samples.
11. König, N., Kowalska, A., Brunialti, G., Ferretti, M., Clarke, N., Cools, N., Derome, K., Derome, J., De Vos, B., Fuerst, A., Jakovljevič, T., Marchetto, A., Mosello, R., O’Dea, P., Tartari, G.A., Ultich, E., 2016. Part XVI Quality Assurance and Control in Laboratories, in: UNECE, ICP Forests Programme Co-Ordinating Centre: 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, Germany, p. 46.
12. Martínez-Alonso, C., Valladares, F., Camarero, J.J., Arias, M.L., Serrano, M., Rodríguez, y J.A., 2007. The uncoupling of secondary growth, cone and litter production by intradecadal climatic variability in a mediterranean scots pine forest. *Forest Ecology and Management* 253, 19–29. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.06.043>
13. Michel, A.K., Prescher, A.-K., Schwärzel, K., 2020. Forest Condition in Europe : The 2020 Assessment ; ICP Forests Technical Report under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (Air Convention). Johann Heinrich von Thünen-Institut, DE.
14. Nieminen, T.M., De Vos, B., Cools, N., König, N., Fischer, R., Iost, S., Meesenburg, H., Nicolas, M., O’Dea, P., Cecchini, G., Ferretti, M., De La Cruz, A., Derome, K., Lindroos, A.J., Graf Pannatier, E., 2016. Part XI Soil Solution Collection and Analysis, in: UNECE ICP Forests Programme Co-Ordinating Centre: 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, Germany, p. 20.
15. Prescott, C.E., 2002. The influence of the forest canopy on nutrient cycling. *Tree Physiology* 22, 1193–1200. <https://doi.org/10.1093/treephys/22.15-16.1193>
16. Rautio, P., Fürst, a., Stefan, K., Raitio, H., Bartels, U., 2020. Part XII Sampling and Analysis of Leaves and Needles, in: UNECE ICP Forests Programme Co-Ordinating Centre: 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, Germany, p. 20.
17. Saarsalmi, A., Starr, M., Hokkanen, T., Ukonmaanaho, L., Kukkola, M., Nöjd, P., Sievänen, R., 2007. Predicting annual canopy litterfall production for Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) stands. *Forest Ecology and Management* 242, 578–586. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.01.071>
 18. Schaub, M., Calatayud, V., Ferretti, M., Brunialti, G., Lövblad, G., Krause, G., Sanz, M.J., 2016. Part XV: Monitoring of Air Quality, in: UNECE ICP Forests Programme Co-Ordinating 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, Germany, p. 11.
 19. Starr, M., Saarsalmi, A., Hokkanen, T., Merilä, P., Helmisaari, H.-S., 2005. Models of litterfall production for Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in Finland using stand, site and climate factors. *Forest Ecology and Management* 205, 215–225. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.10.047>
 20. Tērauda, E., 2008. Ķīmisko vielu plūsmas Latvijas priežu mežu ekosistēmās (Promocijas darbs). Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes Vides zinātnes nodaļa, Rīga.
 21. Ukonmaanaho, L., Merila, P., Nojd, P., Nieminen, T.M., 2008. Litterfall production and nutrient return to the forest floor in Scots pine and Norway spruce stands in Finland. *Boreal environment research* 13, 67–91.
 22. Ukonmaanaho, L., Pitman, R., Bastrup-Birk, A., Breda, N., Rautio, P., 2016. Part XIII Sampling and Analysis of Litterfall, in: UNECE ICP Forests Programme Co-Ordinating Centre: *Manual on Methods and Criteria for Harmonized Sampling, Assessment, Monitoring and Analysis of the Effects of Air Pollution on Forests*. Thünen Institute for Forests Ecosystems, Eberswalde, Germany, p. 14.
 23. Vucetich, J.A., Reed, D.D., Breymeyer, A., Degórski, M., Mroz, G.D., Solon, J., Roo-Zielinska, E., Noble, R., 2000. Carbon pools and ecosystem properties along a latitudinal gradient in northern Scots pine (*Pinus sylvestris*) forests. *Forest Ecology and Management* 136, 135–145. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00288-1](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00288-1)