

## PĀRSKATS

PĒTĪJUMA OTRĀ LĪMEŅA GAISA PIESĀRŅOJUMA  
NOSAUKUMS: IETEKMES NOVĒRTĒŠANAS MONITORINGA  
PROGRAMMA

PĀRSKATS PAR 2019. GADA REZULTĀTIEM

IZPILDES LAIKS: 01.01.2019.–31.12.2019.

IZPILDĪTĀJS: LATVIJAS VALSTS MEŽZINĀTNES INSTITŪTS  
“SILAVA”

PĒTĪJUMA ANDIS LAZDIŅŠ, MEŽZINĀTŅU DOKTORS,  
VADĪTĀJS: LVMI SILAVA VADOŠAIS PĒTNIĒKS

# Saturs

---

---

<b>Saturs.....</b>	<b>2</b>
<b>Ievads.....</b>	<b>3</b>
Otrā līmeņa meža monitoringa organizācija.....	3
Otrā līmeņa meža monitoringa parauglaukumu raksturojums.....	4
<b>Metodika .....</b>	<b>9</b>
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
<b>Rezultāti un to analīze.....</b>	<b>19</b>
Koku vainagu stāvokļa novērtējums.....	19
Skuju paraugu ievākšana un ķīmiskā sastāva novērtēšana .....	22
Meža nobiru apjoma un ķīmiskā sastāva novērtēšana .....	25
Nokrišņu ūdeņu uzskaitē.....	32
Augsnes ūdeņu uzskaitē.....	33
Nokrišņu un augsnēs ūdeņu ķīmiskās analīzes.....	34
Nokrišņu ūdeņi .....	34
Augsnes ūdeņi .....	38
Gaisa kvalitātes mērījumi .....	42
Koku pieauguma mērījumi .....	45
Ozona bojājumu noteikšana.....	47
<b>Literatūra.....</b>	<b>48</b>

# 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 ieguvī 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 (ICP Forests, 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 Vecpiebalgas novada Dzērbenes pagastā un Rucavas 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

2019. 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, kā arī skuju 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
Vainaga stāvokļa novērtējums	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Augsnes analīzes	x											x				
Skuju/lapu ķīmiskās analīzes	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

## Ievads

Novērojuma veids	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Augsnes ūdeņu ķīmiskās analīzes	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Nokrišņu ķīmiskās analīzes	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Veģētācijas uzskaite	x					x	x				x					x
Gaisa kvalitātes mērījumi	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

Visintensīvāk mērījumu un apsekojumu tiek veikts Valgundes parauglaukumā. Valgundē tiek īstenotas visas Tab. 1 minētās apakšprogrammas, kuras ir atzīmētas attiecīgajos gados. Taurenē un Rucavas parauglaukumā netiek veikti gaisa kvalitātes mērījumi.

## Otrā līmeņa meža monitoringa parauglaukumu raksturojums

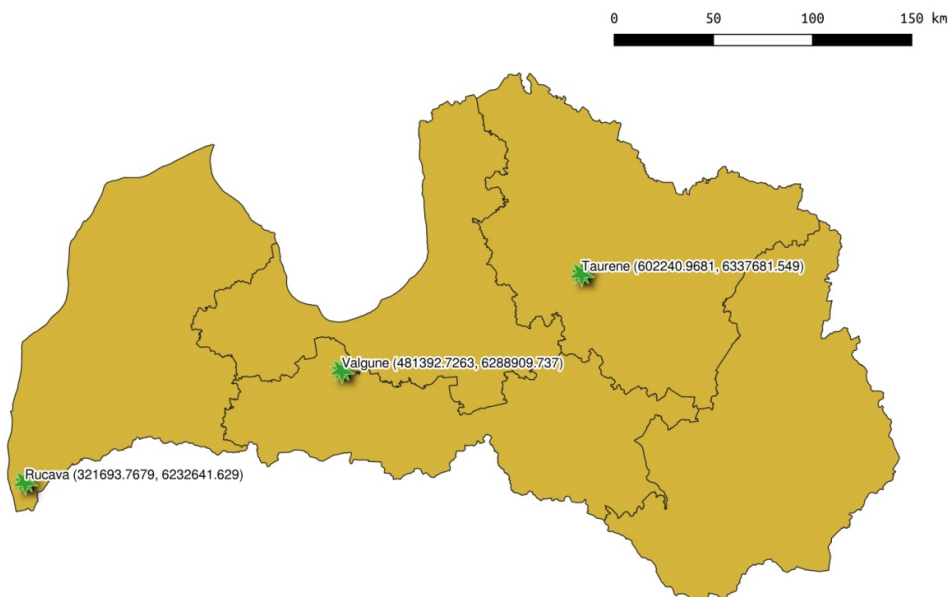
Uz doto brīdī Latvijā funkcionē trīs otrā līmeņa monitoringa parauglaukumi – Valgundē, Taurenē un Rucavā. Valgundes parauglaukums ir ierīkots 2004. gadā Jelgavas novadā, Valgundes pagastā, Meža pētīšanas stacijas Jelgavas meža novadā. Taurenē un Rucavas parauglaukumi ir ierīkoti 2015. gadā un mērījumi uzsākti maijā. Parauglaukumi atrodas Vecpiebalgas novada Dzērbenes pagastā un Rucavas novada Rucavas pagastā (Tab. 2, Att. 1).

**Tab. 2: Mežaudžu raksturojums otrā līmeņa meža monitoringa parauglaukumos<sup>1</sup>**

Mežaudzes atslēga	Meža tips	Platība, ha	Audzes formula	Centra koordinātes		Objekts
				x	y	
69-02-43-021 <sup>-1-1</sup>	Ln	6,7	10P 94	481392.7263	6288909.737	Rucava
85-32-43-012-224-23	Ln	2,2	8P1E1B 94	602240.9681	6337681.549	Taurene
73-01-43-024 <sup>-18-4</sup> 2	Dm	2,0	7B2E1P 67	321693.7679	6232641.629	Valgunde

<sup>1</sup> Datu avots – Valsts meža dienests.

<sup>2</sup> Audzes vidējie rādītāji neraksturo neraksturo mežaudzes taksācijas rādītājus parauglaukumā.



**Att. 1: Otrā līmeņa monitoringa parauglaukumu izvietojums.**

Visos trīs otrā līmeņa meža monitoringa parauglaukumos dominējošā kokus 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 rūsaine, 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.



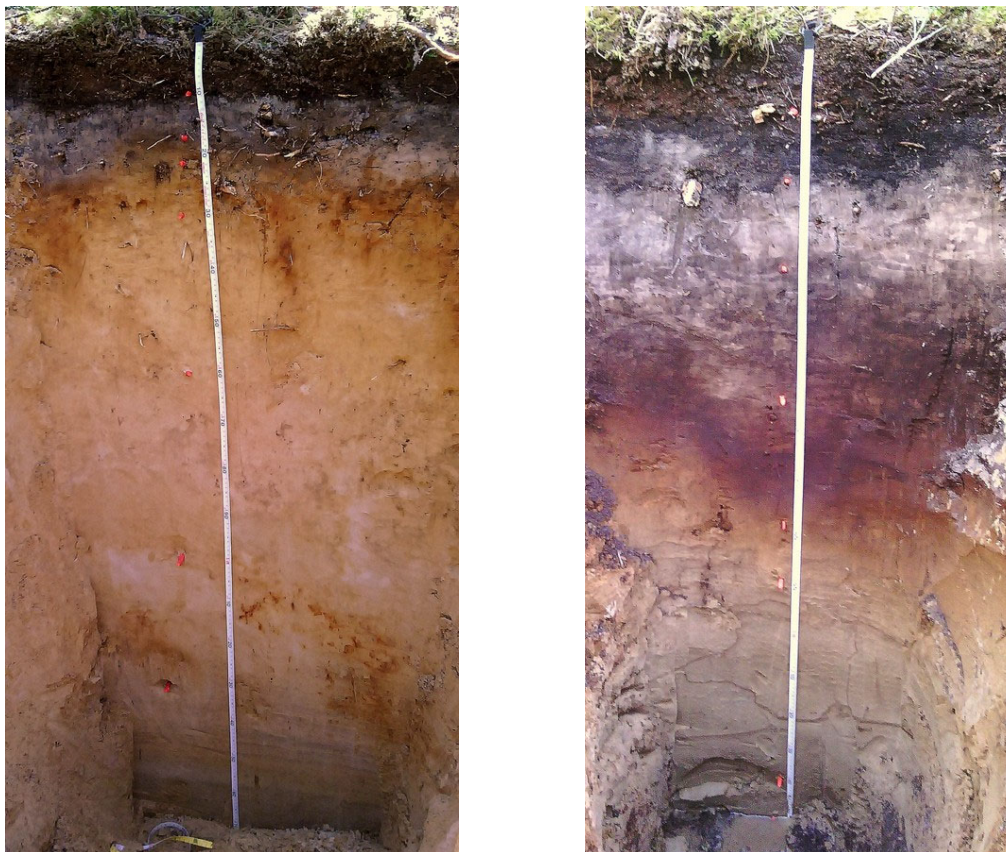
Att. 2: Otrā līmeņa meža monitoringa Valgundes parauglaukums<sup>3</sup>.

Otrā līmeņa meža monitoringa parauglaukumi ir ierīkots taisnstūra formas veidā (40 x 60 m) ar kopējo platību 2400 m<sup>2</sup>. 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 ( $\pm 5$  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 sacementējis *Spodic* horizonts – ortšteins. Zem ortšteina slāņa augsnē novērojamas reducēšanās pazīmes, kas dziļāk pāriet Br un Cr horizontos.

<sup>3</sup> Foto – A. Bārdulis





**Att. 3: Augsnes profili Valgundes parauglaukumā, pa kreisi reljefa paaugstinājumā, pa labi reljefa pazeminājumā<sup>4</sup>.**

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 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.

<sup>4</sup> Foto – A. Lupiķis.



Att. 4: Augsnes profils Taurenes parauglaukumā<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> Foto – A. Lupiķis.



## Metodika

---

---

Novērojumi veikti saskaņā ar starptautiskās sadarbības programmas ICP Forests metodiku<sup>6</sup>.

### Gaisa kvalitātes mērījumi

Otrā līmeņa meža monitoringa ietvaros noteikti šādi gaisa kvalitātes parametri - NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> un O<sub>3</sub>. Darbs veikts atbilstoši starptautiski pieņemtai metodikai (Schaub et al., 2016).

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



Att. 5: Membrānas tipa pasīvie gaisa paraugu savācēji<sup>7</sup>.

Tā kā pasīvie gaisa savācēji ir mazi, viegli un tiem nav vajadzīga elektrība, to izvietošanas 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 tiek veikti veģetācijas perioda laikā (maijs – oktobris). Savācēju maiņa veikta reizi divās nedēļās O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> un NH<sub>3</sub> paraugiem.

Pasīvo savācēju sagatavošanu veic IVL atbilstoši ICP Forests un EMEP rokasgrāmatu prasībām. IVL piedalās ICP Forests gaisa kvalitātes starplaboratoriju salīdzinošā testēšanā. Savācēju uzstādīšanu nodrošina LVMI Silava Meža vides laboratorijas speciālisti atbilstoši IVL norādījumiem.

<sup>6</sup> <http://icp-forests.net/page/icp-forests-manual>

<sup>7</sup> Foto – A. Bārdulis.

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, 2010).



Att. 6: UMS koku pieauguma lente<sup>8</sup>.

### Ozona bojājumu vizuāla noteikšana

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

Parauglaukums zemesdzes 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.

<sup>8</sup> Foto – A. Bārdulis.

## **Koku vainagu stāvokļa novērtējums**

Koku vainaga stāvokļa novērtēšana veikta atbilstoši ICP Forests rekomendētajai metodikai (Eichhorn et al., 2016). 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 paraugkopa. 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 ( $\pm 2$  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 ICP Forests metodikai (Pitman et al., 2010; Ukonmaanaho et al., 2016).

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



**Att. 7: Meža nobiru savācējkonteiners<sup>9</sup>.**

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 skujuas;
- dominējošās koku sugas augļi (čiekuri, sēklas);
- cita biomasa (insekti, fekālijas u.c.).

2018. gadā nobiru paraugus pirms analīžu veikšanas sašķiroja šādās frakcijās:

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

Savukārt 2019. gadā nobiru frakcija, ko veido dominējošās koku sugas augļi, iedalīta divās šādās papildus frakcijās:

- dominējošās koku sugas čiekuri;

<sup>9</sup> Foto – K. Polmanis.

- dominējošās koku sugas sēklas.

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 ICP Forests rekomendētajai metodikai (Pitman et al., 2010; Ukonmaanaho et al., 2016).

**Tab. 3: Nobiru frakciju paraugu ķīmisko analīžu metodika**

Parametrs, mērvienība	Parauga sagatavošana	Metodika	Metodes princips
S, mg g <sup>-1</sup>	-	LVS ISO 10694:2006	Elementanalīze
C, g 100 g <sup>-1</sup>	-	LVS ISO 10694:2006	Elementanalīze
N, mg g <sup>-1</sup>	-	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 <sup>-1</sup>	Mineralizēšana konc. HNO <sub>3</sub>	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 <sup>-1</sup>	Mineralizēšana konc. HNO <sub>3</sub>	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 <sup>-1</sup>	Mineralizēšana konc. HNO <sub>3</sub>	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 <sup>-1</sup>	Mineralizēšana konc. HNO <sub>3</sub>	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., 2016).

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 tiek uzglabāti noslēgtos papīra maisos (Rautio et al., 2016).

Skuju paraugu sagatavošanu ķīmiskajām analīzēm (šķirošana, 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 <sup>-1</sup>	-	LVS ISO 10694:2006	Elementanalīze
C, g 100 g <sup>-1</sup>	-	LVS ISO 10694:2006	Elementanalīze
N, mg g <sup>-1</sup>	-	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 <sup>-1</sup>	Mineralizēšana konc. HNO <sub>3</sub>	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 <sup>-1</sup>	Mineralizēšana konc. HNO <sub>3</sub>	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 <sup>-1</sup>	Mineralizēšana	LVS ISO 11466	Līdz 2019. gadam atomu emisija ar



Parametrs, mērvienība	Parauga sagatavošana	Metodika	Metodes princips
	konc. HNO <sub>3</sub>		atomabsorbcijas spektrometriju (AAS)
			Kopš 2019. gada inductīvi 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 bezsala 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 izsūkņēšanai izmantoti Meža vides laboratorijā izgatavoti instrumenti.



Att. 8: Nulles spiediena lizimetri pirms uzstādīšanas<sup>10</sup>.

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,

<sup>10</sup> Foto – A. Bārdulis.

kas jāanalizē 24 stundu laikā pēc paraugu ievākšanas, piemēram, augsnes ūdens konduktivitāti. 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 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, $\text{mg L}^{-1}$	LVS EN 1484:2000 LVS EN 12260:2004	Katalītiskā sadedzināšana, infrasarkanā detektēšana
K, Mg, Ca, Na, $\text{mg L}^{-1}$	LVS EN ISO 7980: 2000 LVS ISO 9964-3:2000	Liesmas atomabsorbcijas spektrometrija, atomemisijas spektrometrija
$\text{Al}_{\text{kop.}}$ , $\text{mg L}^{-1}$	LVS EN ISO 12020:2005	Liesmas atomabsorbcijas spektrometrija
N-NO <sub>3</sub> , $\text{mg L}^{-1}$	LVS EN 12260, LVS EN ISO 10304-1:2009	Katalītiskā sadedzināšana, hemiluminiscences detektēšana, jonu hromatogrāfija
N-NH <sub>4</sub> , $\text{mg L}^{-1}$	LVS ISO 7150/1:1984 (1998)	Spektrofotometrija
S-SO <sub>4</sub> , Cl, $\text{mg L}^{-1}$	LVS EN ISO 10304-1:2009	Jonu hromatogrāfija
Sārmainība, $\mu\text{molc L}^{-1}$	LVS EN ISO 9963-1:1995	Potenciometriskā titrimetrija
$\text{N}_{\text{kop.}}$ , $\text{mg L}^{-1}$	LVS EN 1484:2000 LVS EN 12260:2004	Katalītiskā sadedzināšana, hemiluminiscences detektēšana
Fe, Mn, $\text{mg L}^{-1}$	-	Liesmas atomabsorbcijas spektrometrija
P-PO <sub>4</sub> , $\text{mg L}^{-1}$	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). Pareiz uzstādīto piltuvju virsmas laukums ir 471  $\text{cm}^2$ , 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 savācēji<sup>11</sup>.**

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 un LVGMC 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, $\text{mg L}^{-1}$	LVS EN 1484:2000	Katalītiskā sadedzināšana, infrasarkanā detektēšana
K, Mg, Ca, Na, $\text{mg L}^{-1}$	LVS EN ISO 7980:2000 LVS ISO 9964-3:2000	Liesmas atomabsorbcijas spektrometrija, atomemisijas spektrometrija
N-NO <sub>3</sub> , $\text{mg L}^{-1}$	LVS EN 12260,	Katalītiskā sadedzināšana, hemiluminiscences detektēšana, jonu hromatogrāfija

<sup>11</sup> Foto – A. Bārdulis.

Parametrs, mērvienība	Metodika	Metodes princips
	LVS EN ISO 10304 <sup>-1</sup> :2009	
N-NH <sub>4</sub> , mg L <sup>-1</sup>	LVS ISO 7150/1:1984 (1998)	Spektrofotometrija
S-SO <sub>4</sub> , Cl, mg L <sup>-1</sup>	LVS EN ISO 10304 <sup>-1</sup> :2009	Jonu hromatogrāfija
Sārmainība, μmolc L <sup>-1</sup>	LVS EN ISO 9963 <sup>-1</sup> :1995	Potenciometriskā titrimetrija
N <sub>kop.</sub> mg L <sup>-1</sup>	LVS EN 1484:2000 LVS EN 12260:2004	Katalītiskā sadedzināšana, hemiluminiscences detektēšana
P-PO <sub>4</sub> , mg L <sup>-1</sup>	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, analizēti LVĢMC Vides laboratorijā. Kopš 2019. gada 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

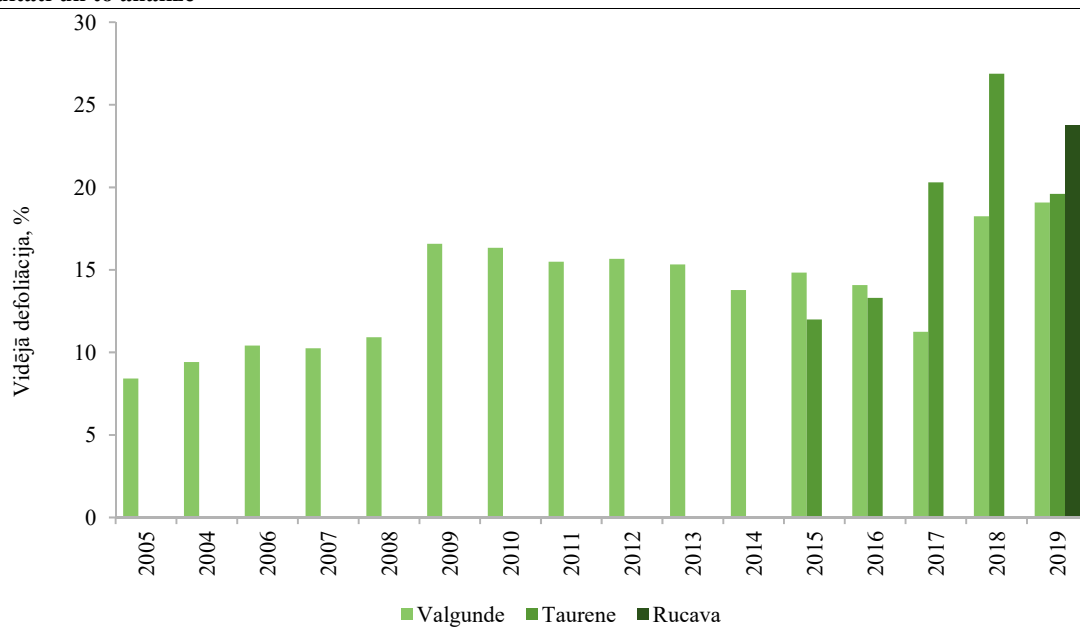
Koku vainaga stāvoklis tiek novērtēts 60 kokiem parauglaukumā. Katru gadu tiek apsekoti vieni un tie paši koki. Kokam ejot bojā, vai nonākot 4. krafta klasē, tas vairs netiek izmantots vainaga stāvokļa vērtēšanai. Tādā gadījumā, šī koka vietā vērtēšanai izmanto citu koku. Šāda metodika pamatojama ar to, ka objektīva koku stāvokļa novērtēšana iespējama tikai tiem kokiem, kuri netiek būtiski apēnoti un nomākti no apkārtējo koku puses. 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 priedes vainagu vidējā defoliācija 2017. gadā bija  $11,3 \pm 1,0\%$ , 2018. gadā –  $18,3 \pm 1,4\%$ , bet 2019. gadā –  $19,1 \pm 1,1\%$  (Att. 10). 2017. gadā nebojāti vai nedaudz bojāti koki (defoliācija robežās no 0 līdz 10%) bija 70%, viegli bojāti koki (defoliācija robežās no 11 līdz 25%) – 22%, bet vidēji bojāti koki (defoliācija robežās no 26 līdz 60%) – 8% (Att. 10). Salīdzinot ar 2017. gadu, 2018. gadā konstatēts mazāks nebojātu vai nedaudz bojātu koku skaits (35%) un lielāks viegli bojātu (47%) un vidēji bojātu koku skaits (18% no kopējā koku skaita). 2019. gadā saglabājas 2018. gada tendence – samazinās nebojātu vai nedaudz bojātu koku skaits (27%) un palielinās viegli bojātu (53%) un vidēji bojātu koku skaits (20% no kopējā koku skaita). Kopumā Valgundes parauglaukumā koku veselības stāvoklis ir labs ar lielu nebojātu un viegli bojātu koku īpatsvaru (80% no kopējā koku skaita).

Otrā līmeņa meža monitoringa Tauresnes parauglaukumā priedes vainagu vidējā defoliācija 2017. gadā bija  $20,3 \pm 1,4\%$ , 2018. gadā –  $26,9 \pm 1,6\%$ , bet 2019. gadā –  $19,6 \pm 1,3\%$  (Att. 10). Salīdzinoši krasā koku defoliācijas palielināšanās 2017. un 2018. gadā varētu būt saistīta ar meža kaitēkļu savairošanos parauglaukuma apkārtnē. 2018. gadā Tauresnes parauglaukumā konstatēts viens stipri bojāts koks ar defoliāciju virs 60%. Turklāt 2018. gadā veiktie apsekojumi Tauresnes parauglaukumā uzrāda ievērojami lielāku defoliāciju nekā Valgundes parauglaukumā. Tas ir pretēji laika posmam no 2015. līdz 2016. gadam, kad Tauresnes parauglaukumā situācija kopumā bija labāka. Salīdzinot ar 2018. gada vidējiem rādītājiem, 2019. gadā vidējā defoliācija ir samazinājusies – nebojāti vai nedaudz bojāti koki (defoliācija robežās no 0 līdz 10%) bija 25%, viegli bojāti koki (defoliācija robežās no 11 līdz 25%) – 60%, bet vidēji bojāti koki (defoliācija robežās no 26 līdz 60%) – 15%.

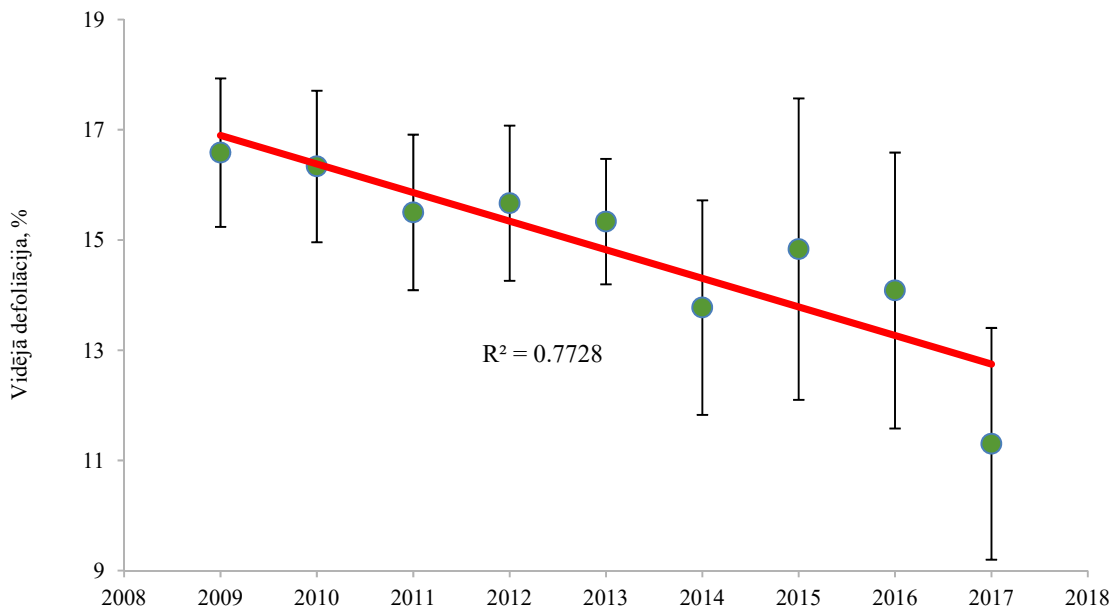
Otrā līmeņa meža monitoringa Rucavas parauglaukumā priedes vainagu vidējā defoliācija 2019. gadā bija  $23,8 \pm 1,6\%$ , kas ir augstāka kā vidēji Valgundes un Tauresnes parauglaukumos. 2019. gadā nebojāti vai nedaudz bojāti koki (defoliācija robežās no 0 līdz 10%) bija 13%, viegli bojāti koki (defoliācija robežās no 11 līdz 25%) – 60%, vidēji bojāti koki (defoliācija robežās no 26 līdz 60%) – 25%, bet stipri bojāts koks (defoliācija virs 60%) – 2%.

## Rezultāti un to analīze



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

Laika posmā no 2009. līdz 2017. gadam Valgundes parauglaukumā konstatēta pakāpeniskās vidējās vainaga defoliācijas samazināšanās Att. 11.



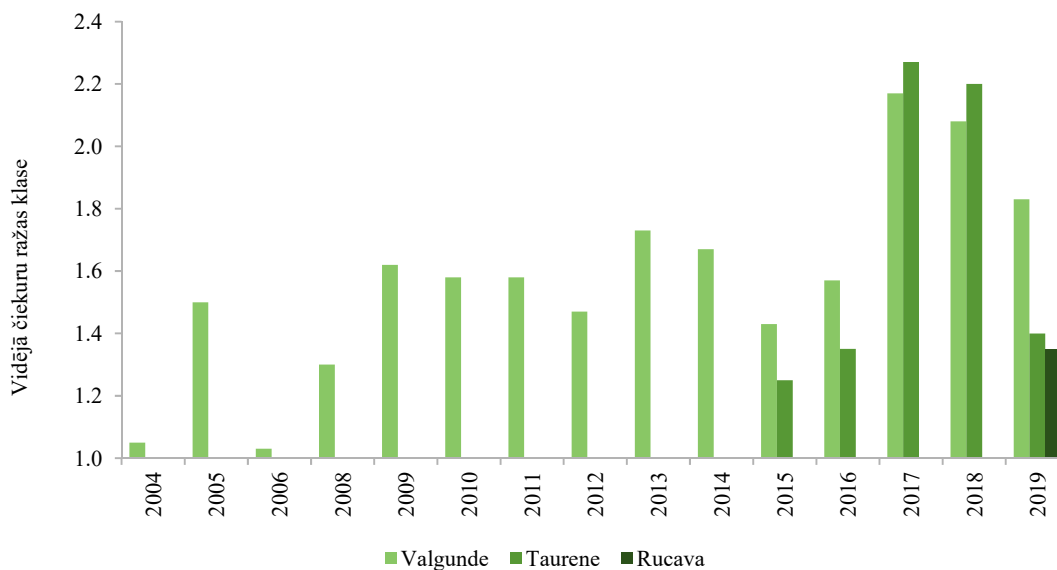
**Att. 11: Koku vainagu vidējā defoliācijas dinamika Valgundes parauglaukumā laika posmā no 2009. gada līdz 2017. gadam.**

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. Tā kā līdz 2014. gadam 1. klase netika izdalīta 2 apakšklasēs, tad Att. 12 attēlots koku iedalījums pēc čiekuru ražas 3 klasēs. Zemākās čiekuru ražas konstatētas



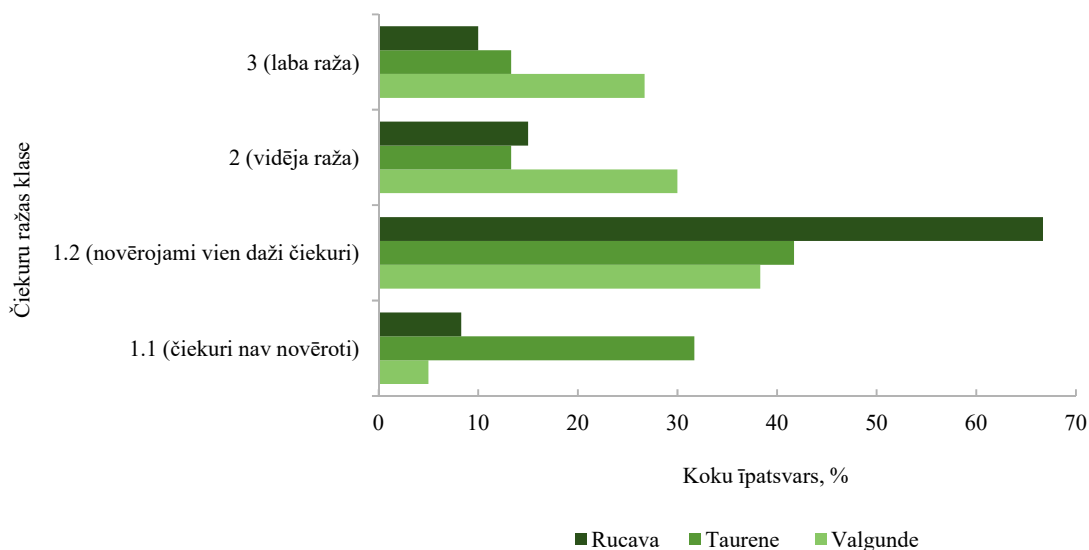
## Rezultāti un to analīze

2004. un 2006. gadā Valgundes parauglaukumā, pēc tam līdz 2009. gadam Valgundes parauglaukumā ražas ir uzlabojušās un tās ir bijušas stabilas līdz 2016. gadam. 2017. un 2018. gadā čiekuru raža ir bijusi ievērojami lielāka nekā citus gadus līdz šim gan Valgundes, gan Taurenes parauglaukumā.



**Att. 12: Čiekuru raža Valgundes, Taurenes un Rucavas parauglaukumā.**

2019. gadā koku, kuriem čiekuru raža vērtējama kā zema vai čiekuru nav vispār, īpatsvars attiecīgi ir 43% Valgundes parauglaukumā, 73% Taurenes parauglaukumā un 75% Rucavas parauglaukumā (Att. 13). Savukārt koku, kuriem čiekuru raža novērtēta kā augsta, īpatsvars attiecīgi ir 45% Valgundes parauglaukumā, 22% Taurenes parauglaukumā un 17% Rucavas parauglaukumā.

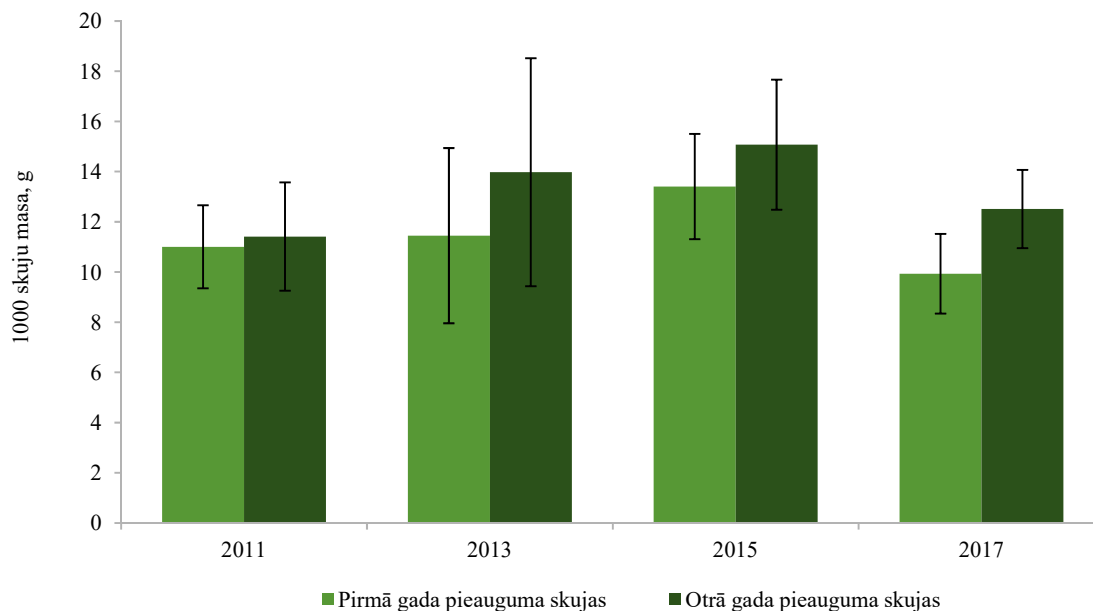


**Att. 13: Čiekuru ražas salīdzinājums Valgundes, Taurenes un Rucavas parauglaukumos 2019. gadā.**

## Skuju paraugu ievākšana un ķīmiskā sastāva novērtēšana

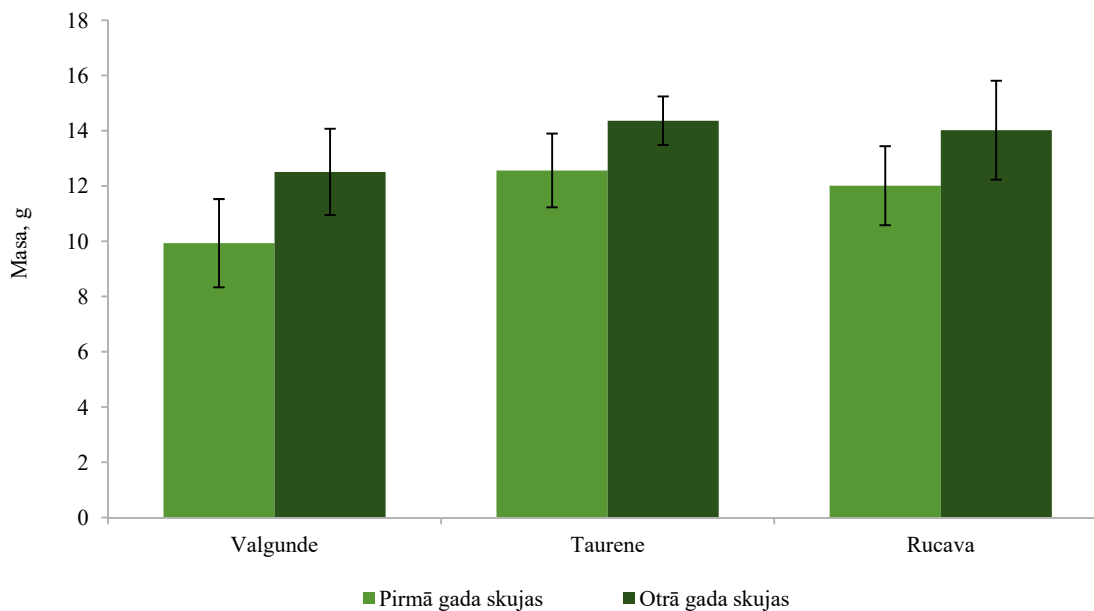
Skuju paraugu ievākšanu masas un ķīmiskā sastāva noteikšanai veic katru otro gadu. Iepriekšējo reizi skujas tika ievāktas 2018. gada februārī, kad ievāktas skujas par 2017. gadu. Par 2019. gada periodu skujas ievāktas 2020. gada sākumā.

Viens no audzes veselības un augšanas apstākļus raksturojošajiem kvantitatīvajiem rādītājiem ir 1000 skuju masa. Valgundes parauglaukumā pirmā gada pieauguma 1000 skuju masa 2017. gadā bijusi 10,0 g, un tā ir ievērojami sarukusi, salīdzinot ar 2015. gadu, kad pirmā gada pieauguma skuju masa bija 13,4 g (Att. 14). Līdzīgi ir ar otrā gada pieauguma skujām, kuru 1000 skuju masa ir samazinājusies no 15,1 g 2015. gadā līdz 12,4 g 2017. gadā. Visos periodos otrā gada pieauguma 1000 skuju masa ir lielāka nekā pirmā gada skujām.



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

Kopš 2017. gada skuju paraugu ievākšana tiek veikta visos trīs parauglaukumos. Vidējā 1000 skuju masa Taurenē un Rucavas parauglaukumos ir nedaudz lielāka nekā Valgundes parauglaukumā. Atšķirības gan ir nelielas un tās nevar vērtēt kā statistiski būtiskas (Att. 15). Taurenē parauglaukumā vidējā pirmā gada 1000 skuju masa ir 12,6 g, Rucavas parauglaukumā 12,0 g, bet Valgundē – 9,9 g, kamēr otrā gada 1000 skujām attiecīgi ir 14,4 g Taurenē, 14,0 g Rucavā un 12,5 g Valgundē.



**Att. 15: Pirmā un otrā gada pieauguma 1000 skuju vidējā masa Valgundes, Taurenes un Rucavas parauglaukumos 2017. gadā.**

Skuju paraugus izmanto kā bioindikātorus 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 kociem konstatēšanai, kā arī skuju virsmas pētījumiem, jo dažiem elementiem vairāk kā 90% no kopējā satura var atrasties uz skuju virsmas. Skujkoku minerālās barošanās stāvokli vislabāk ir noteikt pēc barības elementu satura skujās, tādēļ svarīgi ir 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 Tab. 8. Skuju paraugi analizēm ņemti pēc veģetācijas perioda beigām. 2019. gada priežu skuju, kas ņemtas Valgundes, Taurenes un Rucavas parauglaukumos, fizikāli ķīmiskās analīzes tiks veiktas 2020. gadā.

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

Salīdzinot pirmā un otrā gada skujas, konstatēts, ka otrā gada skujās Ca saturs ir ievērojami lielāks (aptuveni divas reizes). Savukārt Mg un K saturs galvenokārt ir lielāks pirmā gada skujās.

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

Elements, g kg <sup>-1</sup>	Gads	Pirmā gada pieauguma skuju	Otrā gada pieauguma skuju
C, g kg <sup>-1</sup>	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

**Rezultāti un to analīze**

Elements, g kg <sup>-1</sup>	Gads	Pirmā gada pieauguma skujas	Otrā gada pieauguma skujas
N, g kg <sup>-1</sup>	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
S, g kg <sup>-1</sup>	2009	1,30	1,44
	2011	1,10	0,98
	2013	1,18	1,25
	2015	-	-
	2017	1,20	1,29
P, g kg <sup>-1</sup>	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
Ca, g kg <sup>-1</sup>	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
Mg, g kg <sup>-1</sup>	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
K, g kg <sup>-1</sup>	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

**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 <sup>-1</sup>	Taurene	2015	566,9	542,7
		2017	521,0	522,6
	Rucava	2017	516,2	515,3
N, g kg <sup>-1</sup>	Taurene	2015	14,7	13,7
		2017	13,2	12,3
	Rucava	2017	13,0	13,4
S, g kg <sup>-1</sup>	Taurene	2015	-	-
		2017	1,36	1,52
	Rucava	2017	1,33	1,37

## Rezultāti un to analīze

Elements, mērvienība	Parauglaukums	Gads	Pirmā gada pieauguma skujas	Otrā gada pieauguma skujas
P, g kg <sup>-1</sup>	Taurene	2015	0,90	0,69
		2017	1,09	1,08
	Rucava	2017	0,25	0,22
Ca, g kg <sup>-1</sup>	Taurene	2015	1,92	3,64
		2017	2,81	2,99
	Rucava	2017	1,83	4,79
Mg, g kg <sup>-1</sup>	Taurene	2015	1,12	0,84
		2017	0,98	0,94
	Rucava	2017	1,04	0,84
K, g kg <sup>-1</sup>	Taurene	2015	5,28	4,59
		2017	4,80	5,04
	Rucava	2017	4,72	3,99

## 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 (Heljä-Sisko, 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 (Heljä-Sisko, 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 parauglaukumā kopš 2009. gada parādīta Tab. 9.

**Tab. 9: Meža nobiru frakciju biomasas no 2009. līdz 2019. gadam Valgundes parauglaukumā**

Nobiru frakcija	Sausa biomasas, kg ha <sup>-1</sup>										
	2009. gads	2010. gads	2011. gads	2012. gads	2013. gads	2014. gads	2015. gads	2016. gads	2017. gads	2018. gads	2019. gads
Zari (Ø < 2 cm) un mizas	1580	1531	752	797	772	525	732	693	740	969	1431
Dominējošās koku sugas skujas	1827	2116	1691	1809	1532	1723	1511	1020	1159	1961	1680
Citu koku sugu skujas un lapas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	56
Augļi (čiekuri, sēklas)	618	591	342	571	432	492	565	736	1178	-	-
Dominējošās koku	-	-	-	-	-	-	-	-	-	404	240

## Rezultāti un to analīze

Nobiru frakcija	Sausa biomasa, kg ha <sup>-1</sup>										
	2009. gads	2010. gads	2011. gads	2012. gads	2013. gads	2014. gads	2015. gads	2016. gads	2017. gads	2018. gads	2019. gads
sugas augļi (čiekuri, sēklas)											
Citu koku sugas augļi (čiekuri, sēklas)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	150	162
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	191
Kopējā biomasa	4048	4266	2808	3274	2833	2809	2947	2528	3295	3555	3758

Valgundes parauglaukumā laika posmā no 2009. līdz 2019. gadam vislielākā kopējā meža nobiru biomasa konstatēta 2010. gadā – 4266 kg ha<sup>-1</sup>, savukārt pēdējo piecu gadu laikā (kopš 2015. gada) lielākā kopējā meža nobiru biomasa konstatēta 2019. gadā, kad īpaši liels noiru biomasas apjoms veidojies tieši oktobra mēnesī – 918 kg ha<sup>-1</sup> jeb 24% no gada kopējās nobiru biomasas. Vismazākā kopējā nobiru biomasa konstatēta 2016. gada novērojumu periodā, attiecīgi 2528 kg ha<sup>-1</sup>.

Kopš 2015. gada 1. maija nobiras tiek ievāktas arī Taurenēs un Rucavas parauglaukumos. Rezultāti par laika posmu no 2017. līdz 2019. gadam apkopoti Tab. 10.

2017. un 2018. gadā kopējais nobiru daudzums Rucavas parauglaukumā ir aptuveni divas reizes lielāks (attiecīgi, 6869 kg ha<sup>-1</sup> un 6085 kg ha<sup>-1</sup>), salīdzinot ar Valgundes parauglaukumu (attiecīgi, 3295 kg ha<sup>-1</sup> un 3555 kg ha<sup>-1</sup>). Būtisko atšķirību veido ievērojami lielāks skuju nobiru apjoms Rucavas parauglaukumā, kur skuju nobiras ir bijušas 2-4 reizes vairāk nekā pārējos parauglaukumos. Informācija par nobiru apjomu Rucavas parauglaukumā 2019. gadā tiks pievienota pēc laboratorisko analīžu pabeigšanas, bet salīdzinot nobiru apjomu 2019. gadā Valgundes un Taurenēs parauglaukumos, lielāks nobiru apjoms ir konstatēts Valgundes parauglaukumā (3758 kg ha<sup>-1</sup>).

**Tab. 10: Meža nobiru frakciju biomasa Taurenēs un Rucavas parauglaukumos laika posmā no 2017. līdz 2019. gadam**

Nobiru frakcija	Sausa biomasa, kg ha <sup>-1</sup>					
	2017. gads		2018. gads		2019. gads	
	Taurene	Rucava	Taurene	Rucava	Taurene	Rucava <sup>12</sup>
Zari (Ø < 2 cm) un mizas	1497	1550	866	2775	636	*
Dominējošās koku sugas skuju	2090	4111	1681	2668	722	*
Citas skuju un lapas	1070	59	1243	28	502	*
Augļi (čiekuri,	579	1123	-	-	-	-

<sup>12</sup> “\*” apzīmē rādītājus, kuros informācija tiks pievienota pēc laboratorisko analīžu pabeigšanas.



## Rezultāti un to analīze

Nobiru frakcija	Sausa biomasa, kg ha <sup>-1</sup>					
	2017. gads		2018. gads		2019. gads	
	Taurene	Rucava	Taurene	Rucava	Taurene	Rucava <sup>12</sup>
sēklas)						
Dominējošās koku sugas augļi (čiekuri, sēklas)	-	-	110	465	112	*
Citu koku sugu augļi (čiekuri, sēklas)	-	-	62	111	89	*
Cita biomasa (insekti, fekālijas, citu sugu skuju u.c.)	175	25	-	-	-	-
Cita biomasa (insekti, fekālijas u.c.)	-	-	154	38	137	*
Kopējā biomasa	5410	6869	4115	6085	2198	*

Vidējā nobiru biomasa Rucavas integrālā monitoringa stacijā priežu audzē pētījumu periodā no 1997. līdz 2006. gadam bija  $3621 \pm 462$  kg ha<sup>-1</sup> gadā, bet Taurenes integrālā monitoringa stacijā priežu audzē –  $2869 \pm 388$  kg ha<sup>-1</sup> gadā (Tērauda, 2008). Somijā veiktajos pētījumos priežu audzēs dažādos pētījumos konstatētas atšķirīgas vidējās nobiru biomasas – no 1100 kg ha<sup>-1</sup> gadā (Starr et al., 2005) līdz 995 kg ha<sup>-1</sup> gadā (Finér, 1996) un 2225 kg ha<sup>-1</sup> gadā (Ukonmaanaho et al., 2008). Zviedrijā veiktajos pētījumos konstatētās meža nobiru biomasas priežu audzēs variē no 590 līdz 4200 kg ha<sup>-1</sup> 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 biomasa 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,  $19 \pm 1$  g N kg<sup>-1</sup>,  $1,5 \pm 0,2$  g S kg<sup>-1</sup>,  $1,3 \pm 0,2$  g P kg<sup>-1</sup>,  $1,3 \pm 0,2$  g Mg kg<sup>-1</sup> un  $2,2 \pm 0,2$  g K kg<sup>-1</sup>) konstatēts nobiru frakcijā, ko veido cita biomasa (fekālijas, insekti u.c.). Savukārt vidēji lielākais Ca saturs ( $8,4 \pm 0,9$  g Ca kg<sup>-1</sup>) konstatēts nobiru frakcijā, ko veido skuju.

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

Elements, mērvienība	Gads	Nobiru frakcija							
		Skuju			Augļi			Vainaga zari, mizas	Cita biomasa
		Visas skuju	Dominējošās koku sugas skuju	Citu koku sugu skuju un lapas	Visi augļi	Dominējošās koku sugas augļi	Citu koku sugu augļi		
C, g 100 g <sup>-1</sup>	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

**Rezultāti un to analīze**

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		
	2014	56,0	-	-	54,2	-	-	53,5	53,8
	2015	57,4	-	-	54,00	-	-	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
N, g kg <sup>-1</sup>	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
	2017	7,0	-	-	8,1	-	-	11,1	15,9
2018	-	6,8	9,1	-	5,0	13,3	5,5	19,5	
S, g kg <sup>-1</sup>	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	
P, g kg <sup>-1</sup>	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	
Ca, g kg <sup>-1</sup>	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

**Rezultāti un to analīze**

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		
	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
Mg, g kg <sup>-1</sup>	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
K, g kg <sup>-1</sup>	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
	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

Kopš 2016. gada Tauresnes 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 Tauresnes parauglaukumā vidēji lielākais N, S, P, Mg un K saturs (attiecīgi,  $15,8 \pm 0,4$  g N kg<sup>-1</sup>,  $1,6 \pm 0,2$  g S kg<sup>-1</sup>,  $1,42 \pm 0,05$  g P kg<sup>-1</sup>,  $1,4 \pm 0,3$  g Mg kg<sup>-1</sup> un  $2,4 \pm 0,1$  g K kg<sup>-1</sup>) konstatēts nobiru frakcijā, ko veido cita biomasa (galvenokārt fekālijas un insekti), bet vidēji lielākais Ca saturs ( $6,4 \pm 1,0$  g Ca kg<sup>-1</sup>) konstatēts nobiru frakcijā, ko veido skujas. Arī Rucavas parauglaukumā vidēji lielākais N, S, P un K saturs (attiecīgi,  $18,6 \pm 1,3$  g N kg<sup>-1</sup>,  $1,6 \pm 0,3$  g S kg<sup>-1</sup>,  $1,6 \pm 0,4$  g P kg<sup>-1</sup> un  $2,3 \pm 0,4$  g K kg<sup>-1</sup>) konstatēts nobiru frakcijā, ko veido cita biomasa, bet vidēji lielākais Ca un Mg saturs (attiecīgi,  $8,2 \pm 1,3$  g Ca kg<sup>-1</sup> un  $1,0 \pm 0,5$  g Mg kg<sup>-1</sup>) konstatēts nobiru frakcijā, ko veido skujas.

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

Elements, mērvienība	Gads	Parauglaukums	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		
C, g 100 g <sup>-1</sup>	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
N, g kg <sup>-1</sup>	2016	Taurene	7,1	-	-	7,6	-	-	6,0	15,2
		Rucava	6,8	-	-	11,9	-	-	6,1	16,7
	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
S, g kg <sup>-1</sup>	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
P, g kg <sup>-1</sup>	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
		Rucava	-	0,34	0,68	-	0,67	1,52	0,46	2,27
Ca, g kg <sup>-1</sup>	2016	Taurene	6,45	-	-	1,05	-	-	4,74	5,31
		Rucava	8,38	-	-	1,66	-	-	5,64	3,15
	2017	Taurene	5,4	-	-	1,7	-	-	4,70	4,3
		Rucava	6,8	-	-	1,5	-	-	4,80	6,1
	2018	Taurene	-	4,82	9,12	-	1,05	3,40	5,41	7,16
		Rucava	-	5,85	11,70	-	0,90	3,73	5,22	11,87
Mg, g kg <sup>-1</sup>	2016	Taurene	0,62	-	-	0,51	-	-	0,50	1,96
		Rucava	0,49	-	-	0,66	-	-	0,41	0,57
	2017	Taurene	0,72	-	-	0,74	-	-	0,66	1,01
		Rucava	0,56	-	-	0,68	-	-	0,55	0,82
	2018	Taurene	-	0,77	1,49	-	0,58	1,15	0,62	1,07

**Rezultāti un to analīze**

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		
		Rucava	-	0,58	2,45	-	0,57	1,29	0,46	1,25
K, g kg <sup>-1</sup>	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

2018. 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, Tauresnes un Rucavas parauglaukumā 2018. gadā<sup>13</sup>**

Elements, mērvienība	Paraug-laukums	Vainaga zari, mizas	Dominējošās koku sugas skujas	Citu koku sugu skujas un lapas	Dominējošās koku sugas augļi	Citu koku sugu augļi	Cita biomasa
Cd, mg kg <sup>-1</sup>	Valgunde	0,30	0,08	0,12	0,06	0,12	0,19
	Taurene	0,33	0,10	0,08	0,07	0,17	0,32
	Rucava	0,42	0,13	0,41	0,10	0,28	0,48
Mn, g kg <sup>-1</sup>	Valgunde	0,11	0,40	0,57	0,03	0,12	0,21
	Taurene	0,27	0,54	1,03	0,09	0,41	0,39
	Rucava	0,29	0,87	1,79	0,11	0,46	0,44
Zn, g kg <sup>-1</sup>	Valgunde	0,03	0,06	0,10	0,01	0,03	0,08
	Taurene	0,04	0,03	0,04	0,02	0,04	0,07
	Rucava	0,04	0,05	0,16	0,02	0,05	0,07
Ni, mg kg <sup>-1</sup>	Valgunde	1,99	0,82	3,89	0,90	2,63	1,01
	Taurene	1,37	0,89	1,80	3,66	2,80	2,61
	Rucava	0,98	0,73	1,35	1,43	2,07	2,11
Cr, mg kg <sup>-1</sup>	Valgunde	2,48	0,75	5,75	0,98	1,58	4,01
	Taurene	0,81	0,67	0,79	3,04	1,51	1,68
	Rucava	1,22	0,78	1,52	2,55	2,15	3,23
Fe, g kg <sup>-1</sup>	Valgunde	0,32	0,09	0,15	0,04	0,19	0,95
	Taurene	0,17	0,09	0,07	0,07	0,51	0,55
	Rucava	0,27	0,09	0,21	0,07	0,53	0,84
Pb, mg kg <sup>-1</sup>	Valgunde	3,07	1,89	4,82	2,39	3,65	3,15
	Taurene	4,47	6,84	0,63	1,69	3,61	4,49
	Rucava	6,22	1,42	4,40	<NR	4,18	6,25

<sup>13</sup> < NR – zem noteikšanas robežas.

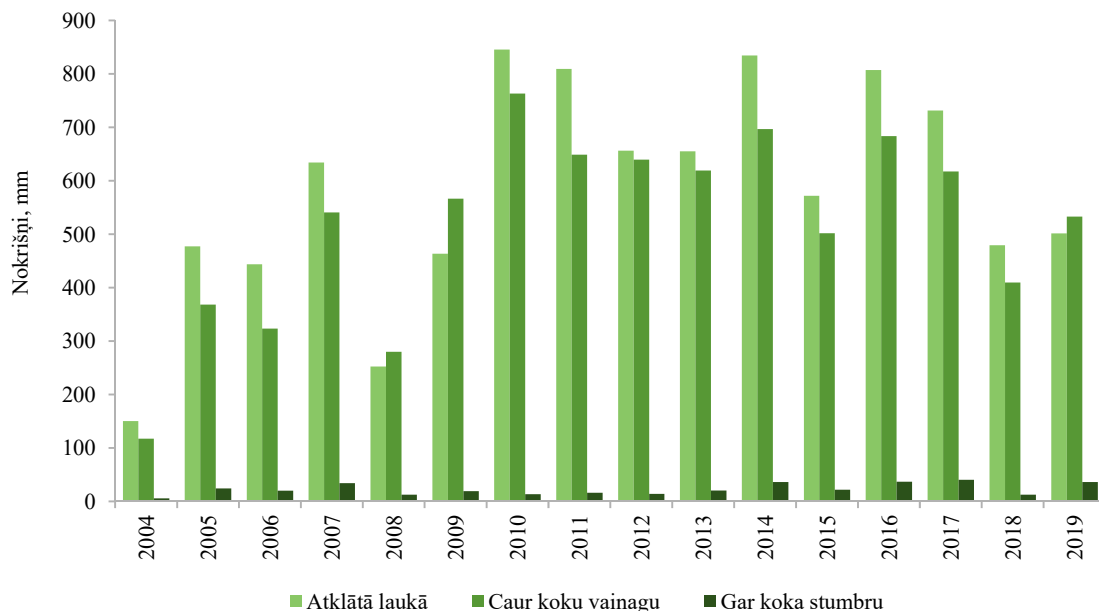
## Nokrišņu ūdeņu uzskaitē

LVMi Silava 2009. gadā Valgundes parauglaukumā realizēja pirmo pilno nokrišņu ūdeņu novērojumu uzskaites gadu (no 1. janvāra līdz 31. decembrim), un savākti 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 savākti vidēji 845 mm nokrišņu atklātā vietā un 763 mm nokrišņu kokaudzē. 2011. gada novērojumu periodā kokaudzē savākti vidēji 649 mm nokrišņu, bet atklātā laukā – 809 mm. Savukārt 2012. gada novērojumu periodā vidēji kokaudzē savākti 639 mm, bet atklātā laukā 656 mm. 2014. gadā visā novērojuma periodā (no janvāra līdz decembrim) atklātā laukā vidēji savākti 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 nokrituši 572 mm nokrišņu, caur vainagu – 502 mm un gar stumbru notecējuši 22 mm. Vidējais nokrišņu daudzums 2016. gadā ir bijis lielāks nekā 2015. gadā. Nokrišņu daudzums atklātā laukā ir bijis 807 mm, caur koku vainagu 684 mm, bet gar stumbru 37 mm. Kaut arī lielākajā daļā Latvijas nokrišņu daudzums 2017. gadā ir bijis lielāks par normu, Valgundes parauglaukumā nav novērots palielināts nokrišņu daudzums, un nokrišņu daudzums atklātā laukā ir bijis mazāks nekā 2016. gadā – 731 mm, bet caur koku vainagiem 617 mm. 2018. gadā visā novērojuma periodā (no janvāra līdz decembrim) atklātā laukā vidēji savākti 479 mm nokrišņu, caur vainagiem kokaudzē nokrituši 410 mm, bet gar stumbru notecējuši 13 mm. 2019. gada novērojumu periodā atklātā laukā vidēji nokrituši 501 mm nokrišņu, caur vainagiem kokaudzē nokrituši 533 mm, bet gar stumbru notecējuši 36 mm (Att. 16).

Pēdējo desmit gadu laikā (2009.-2019. gads), spriežot pēc nokrišņu daudzuma atklātā laukā, sausākais gads Valgundes parauglaukumā ir bijis 2009. gads, kad nokrituši 463 mm, bet, spriežot pēc nokrišņu daudzuma kokaudzē – vainaga caurteces nokrišņiem, sausākais gads ir bijis 2018. gads, kad nokrituši 410 mm.

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 2017. gadā koku vainagi kopumā uztvēruši un no tiem iztvaikojis ~ 73 mm nokrišņu, bet gar stumbru notecējis ~ 41 mm nokrišņu. 2018. gadā koku vainagi uztvēruši 657 mm nokrišņu (vainaga caurteces un stumbra noteces summa) un no tiem iztvaikojis ~ 30 mm. 2019. gadā atklātā laukā nokritis nedaudz mazāks nokrišņu apjoms kā kokaudzē, kas skaidrojams ar lokālām nokrišņu intensitātes atšķirībām.



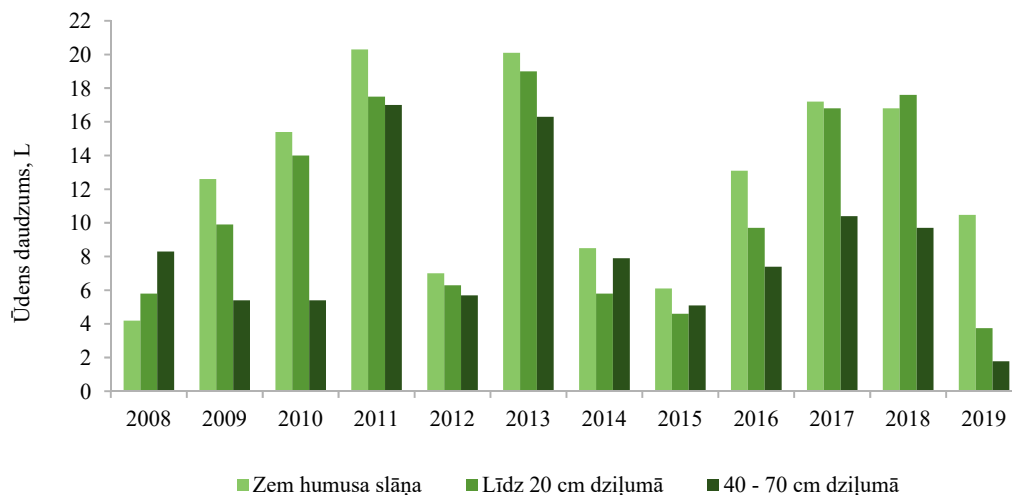


Att. 16: Nokrišņu daudzuma dinamika Valgundes parauglaukumā.

## Augsnes ūdeņu uzskaitē

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 dziļumos, 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 augšējās augsnes slāņos tūlīt zem humusa slāņa, attiecīgi 20,1 L (500 mm) un samazinās dziļākos augsnes slāņos – 20 cm dziļumā 19,0 L (475 mm), un 40-70 cm dziļumā 16,25 L (400 mm). Savukārt 2014. gada novērojumu periodā 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 arī ar mazāku nokrišņu daudzumu 2015. gadā. Gan 2016. gan 2017. gadā ievāktā augsnes ūdens apjoms ir lielāks nekā 2015. gadā. Tas sakrīt arī ar kopējo nokrišņu izmaiņām. 2019. gadā visos izdalītajos augsnes slāņos konstatēts mazāks

augšnes ūdeņu daudzums, salīdzinot gan ar 2017. gadu, gan ar 2018. gadu.



Att. 17: Augšnes ūdeņu daudzuma izmaiņas no 2008. līdz 2019. gadam Valgundes parauglaukumā.

Analizējot augšnes ūdeņu daudzumu, redzama ikgadēja nokrišņu apjoma ietekme, ko raksturo cieša pozitīva korelācija, attiecīgi, zem humusa slāņa  $r$  ir 0,71, līdz 20 cm dziļumā  $r$  ir 0,60, un vāja korelācija 40-70 cm dziļumā –  $r$  ir 0,23. Ūdens daudzums virsējās augšnes slāņos ir atkarīgs no attiecīga gada nokrišņu apjoma, savukārt 40-70 cm dziļumā ūdens daudzuma izmaiņas nav tieši atkarīgs no ikgadējā nokrišņu daudzuma.

## Nokrišņu un augšnes 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 tiek ienests Ca, vidēji  $7,4 \text{ kg ha}^{-1}$  (no  $3,3 \text{ kg ha}^{-1}$  līdz  $16,0 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Pārējo katjonu daudzums ir vairāk kā divas reizes mazāks – vidējā K ienese ir  $2,5 \text{ kg ha}^{-1}$ , vidējā Mg ienese ir  $1,8 \text{ kg ha}^{-1}$  un vidējā Na ienese ir  $3,0 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Laika gaitā ievērojami ir samazinājies kopējā slāpekļa ienese ar nokrišņu ūdeņiem. Ja 2009. un 2010. gadā kopējais ienestais slāpekļa daudzums bija no  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  līdz  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  gadā, tad laika posmā no 2013. līdz 2019. gadam kopējais ienestais slāpekļa daudzums bija no 3 līdz  $5 \text{ kg ha}^{-1}$  gadā.

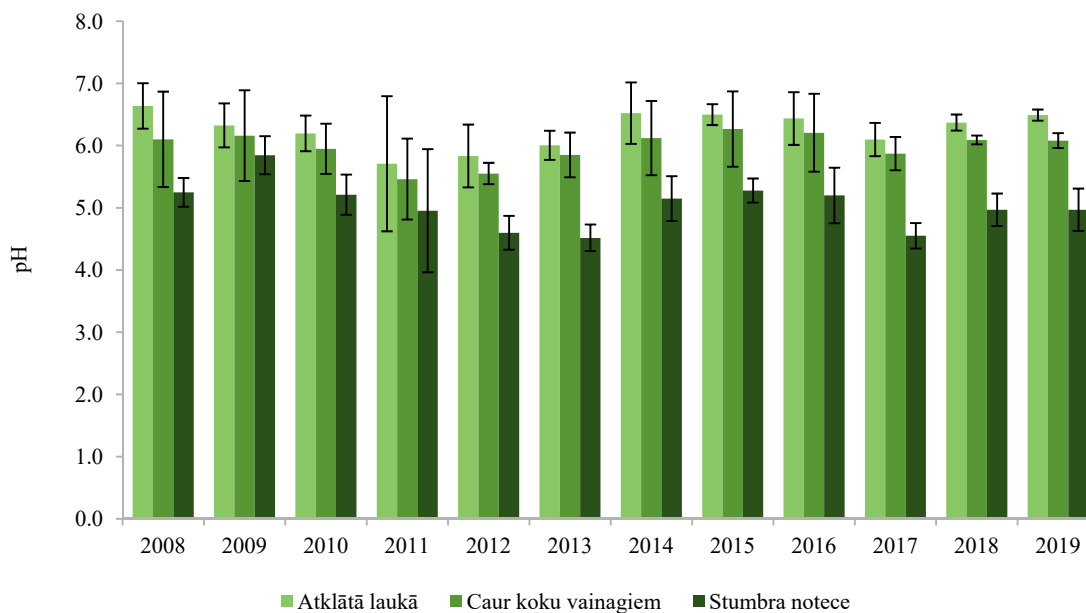
## Rezultāti un to analīze

**Tab. 14: Dažādu elementu ienese ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) meža ekosistēmā ar nokrišņiem Valgundes parauglaukumā**

Elements	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Vidēji
K	5,50	3,35	2,48	2,33	1,21	1,31	2,47	1,05	1,19	3,98	2,57	2,49
Ca	6,15	5,27	5,39	3,31	7,93	6,39	5,05	7,49	3,73	16,03	14,14	7,35
Mg	2,36	1,51	2,21	1,36	2,03	1,86	1,80	1,43	1,34	2,09	1,62	1,78
Na	2,81	2,13	2,56	1,86	3,27	2,88	3,40	3,38	4,58	3,04	3,40	3,03
N-NH <sub>4</sub>	7,31	4,15	2,64	4,05	0,73	1,86	2,17	1,17	1,49	1,58	1,58	2,61
Cl	4,71	4,74	6,24	3,63	3,67	3,53	5,29	4,55	3,14	9,99	9,56	5,37
N-NO <sub>3</sub>	2,14	3,77	1,94	1,29	1,27	1,48	2,43	0,98	2,04	1,64	1,24	1,84
S-SO <sub>4</sub>	3,92	3,61	2,76	2,18	2,88	14,46	2,36	1,52	1,69	2,25	4,05	3,79
DTN	29,92	40,23	18,58	12,79	3,12	4,34	5,18	3,40	4,59	5,20	3,42	11,89

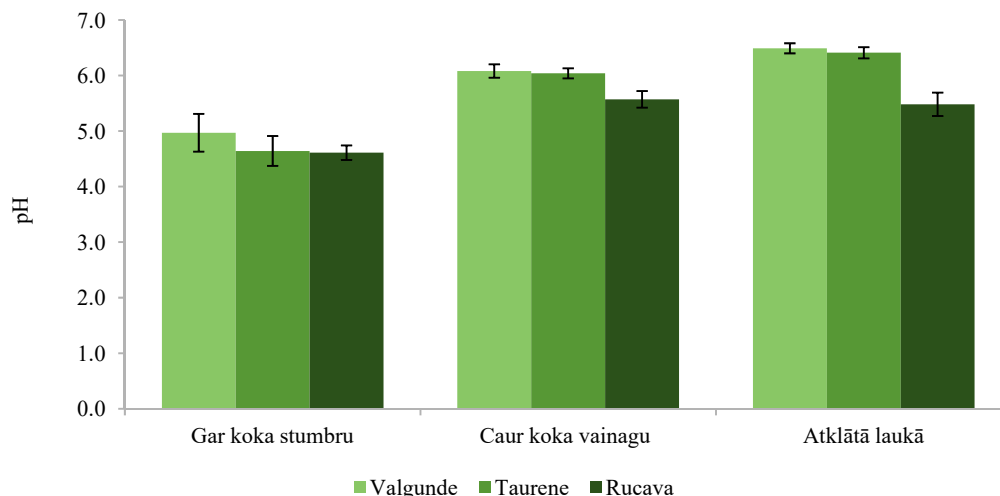
Slāpekļa un sēra savienojumi atmosfērā būtiski ietekmē nokrišņu pH. Gada griezumā atklāta lauka nokrišņu vidējā pH vērtība laika periodā no 2004. līdz 2019. gadam Valgundes parauglaukumā svārstījies robežās no  $5,7 \pm 0,2$  2011. gadā līdz  $6,6 \pm 0,2$  2008. gadā (Att. 18). Koku vainagu caurteces vidējais pH svārstījies no  $5,5 \pm 0,2$  2011. gadā līdz  $6,3 \pm 0,2$  2015. 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 iezīmē tendenci – nokrišņu pH piemīt periodisks raksturs, kur pēc pH vidējo rādītāju krituma seko kāpums. Perioda ilgums ir aptuveni 4-7 gadi, kura laikā no viena minimuma/maksimuma rādītāji nonāk līdz nākamajam minimumam/maksimumam.

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 ilgstošāku ūdens saskari ar kokiem, kuras laikā ūdenī nonāk vairāk organisko skābju un citu organisko un neorganisko vielu.



**Att. 18: Atklātā lauka, koku vainagu caurteces un stumbru noteces nokrišņu vidējais pH laika posmā no 2008. līdz 2019. gadam Valgundes parauglaukumā.**

Kopš 2015. gada 1. maija nokrišņu paraugu ņemšana un analizēšana uzsākta arī Tauresnes un Rucavas parauglaukumos. Vērtējot nokrišņu ūdeņu vidējo pH atklātā laukā, 2018. gadā netika konstatētas būtiskas atšķirības starp Tauresnes, Rucavas un Valgundes parauglaukumiem, bet 2019. gadā nedaudz skābāks nokrišņu vidējais pH konstatēts Rucavas parauglaukumā (Att. 19). Visos parauglaukumos visskābākais nokrišņu ūdeņu pH konstatēts koku stumbru noteces nokrišņos. Valgundes un Tauresnes parauglaukumos visaugstākās vidējās pH vērtības ir konstatētas atklātā laukā, bet Rucavas parauglaukumā nav konstatētas vidējo pH vērtību atšķirības starp atklātā lauka nokrišņiem un vainaga caurteces nokrišņiem.

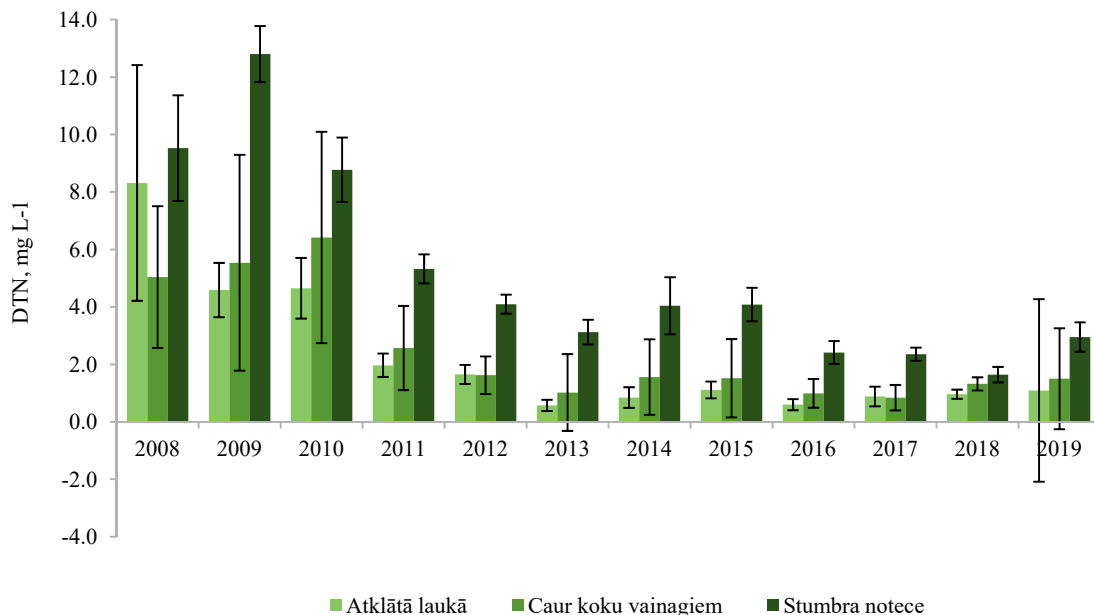


**Att. 19: Vidējais nokrišņu ūdeņu pH Valgundes, Tauresnes un Rucavas parauglaukumos 2019. gadā.**

Viens no gaisā esošā ūdens kvalitātes kritērijiem un piesārņojuma indikatoriem ir slāpekļa daudzums. Valgundes parauglaukumā izteikts kopējā slāpekļa satura pieaugums

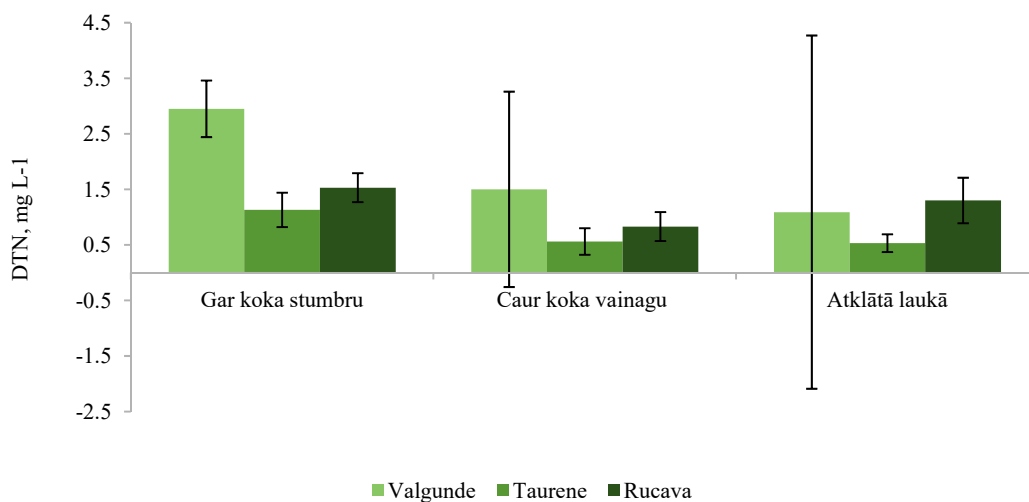
## Rezultāti un to analīze

nokrišņu ūdeņos konstatēts laika posmā no 2008. līdz 2010. gadam (Att. 20), kad slāpekļa saturs nokrišņos svārstījies no 4,4 mg L<sup>-1</sup> atklāta lauka nokrišņos līdz 12,8 mg L<sup>-1</sup> stumbra noteces ūdeņos. Šajā laikā arī konstatēts lielāks slāpekļa saturs nobiru augļu frakcijā. Kopš 2011. gada kopējais slāpekļa 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 slāpekļa satura salīdzinājums nokrišņu ūdenī 2019. gadā Valgundes, Taurenē un Rucavas parauglaukumos. Visos parauglaukumos lielākais kopējā slāpekļa saturs konstatēts stumbra noteces nokrišņos (vidēji 1,87 mg L<sup>-1</sup>). Kopumā mazākais vidējais kopējā slāpekļa saturs nokrišņos konstatēts Taurenē parauglaukumos (Att. 21).



Att. 21: Vidējais kopējā slāpekļa (DTN) saturs nokrišņu ūdeņos Valgundes, Taurenē un Rucavas parauglaukumos 2019. gadā.

## Rezultāti un to analīze

Koku augšanai nozīmīga ir bāzisko katjonu pieejamība augsnē. Viens no bāzisko katjonu ieneses avotiem ekosistēmā ir nokrišņu ūdeņi. Nokrišņu ūdens elektrovadītspēja un bāzisko katjonu saturs apkopots Tab. 15. Ja salīdzina nokrišņu elektrovadītspēju, kas raksturo kopējo izšķīdušo sāļi daudzumu ūdenī, un bāzisko katjonu saturu nokrišņos, kas izskalojušies caur koku vainagiem un noskalojušies gar koku stumbriem, redzams, ka visos parauglaukumos elektrovadītspēja un bāzisko katjonu saturs nokrišņos, kas noskalojušies gar koku stumbriem, ir būtiski lielāks nekā nokrišņos, kuri izskalojušies caur koku vainagiem.

**Tab. 15: Nokrišņu ūdeņu ķīmiskais sastāvs Valgundes, Taurenes un Rucavas parauglaukumos 2019. gada novērojumu periodā**

Elements	Parauglaukums	Atklātā laukā	Caur koku vainagu	Stumbra notece
Elektrovadītspēja, $\mu\text{S cm}^{-1}$	Rucava	31,7±9,1	36,4±6,9	87,9±9,7
	Taurene	16,1±4,0	20,4±4,5	53,3±8,0
	Valgunde	37,2±11,4	31,6±6,9	82,3±10,7
Ca, $\text{mg L}^{-1}$	Rucava	0,8±0,3	1,1±0,4	5,4±1,4
	Taurene	1,5±0,3	1,9±0,5	4,1±0,8
	Valgunde	3,7±1,6	2,0±0,5	7,2±1,3
Mg, $\text{mg L}^{-1}$	Rucava	0,38±0,10	0,57±0,11	1,38±0,27
	Taurene	0,27±0,06	0,43±0,08	0,84±0,15
	Valgunde	0,43±0,16	0,52±0,09	1,99±0,47
K, $\text{mg L}^{-1}$	Rucava	0,88±0,18	1,47±0,34	4,11±0,18
	Taurene	0,34±0,07	1,32±0,23	3,68±0,57
	Valgunde	0,82±0,34	1,66±0,42	6,84±1,11

## Augsnes ūdeņi

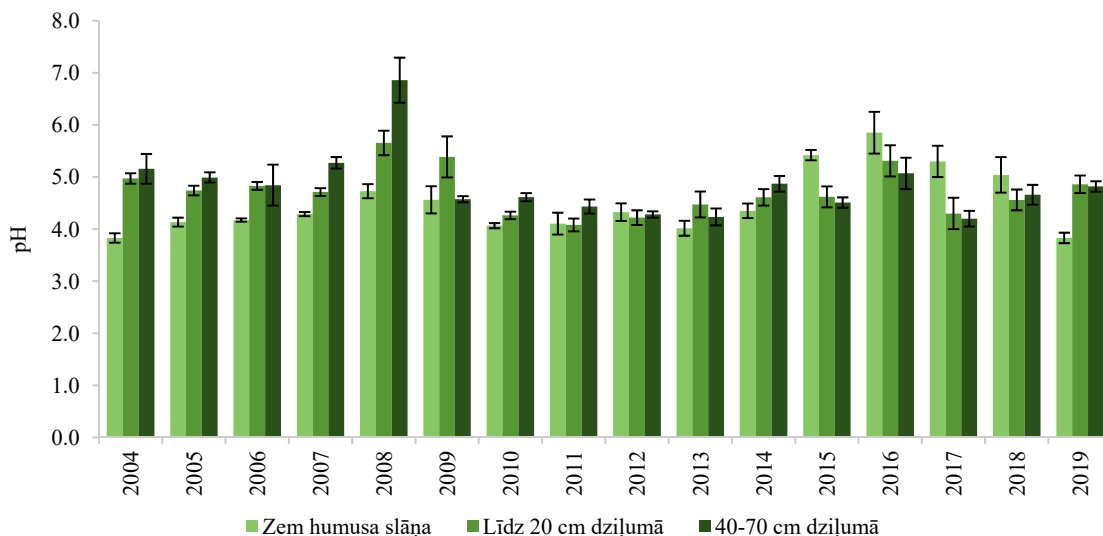
Ķīmisko vielu iznese no priežu mežu ekosistēmām notiek galvenokārt ar augsnes ūdeni. Meža ekosistēmā, nokrišņiem nonākot uz augsnes un sūcoties cauri augsnes slāņiem, ūdens daudzums mainās un tā ķīmiskais sastāvs tiek pārveidots. Procesī, kas pārveido augsnes ūdeni, ietver barības elementu uzņemšanu, mikroorganismu darbību, adsorbciju/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. 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.

Valgundes parauglaukumā 2017. gada novērojumu periodā vidējā augsnes ūdens pH vērtība zem humusa slāņa bija  $5,3 \pm 0,3$ , līdz 20 cm dziļumā –  $4,3 \pm 0,4$  un 40-70 cm dziļumā –  $4,2 \pm 0,2$ . 2018. gada novērojumu periodā vidējā augsnes ūdens pH vērtība zem humusa slāņa bija  $5,1 \pm 0,4$ , līdz 20 cm dziļumā –  $4,5 \pm 0,2$  un 40-70 cm dziļumā –  $4,6 \pm 0,2$ . Salīdzinot ar 2017. un 2018. gadu, 2019. gadā vidējā augsnes ūdens pH vērtība

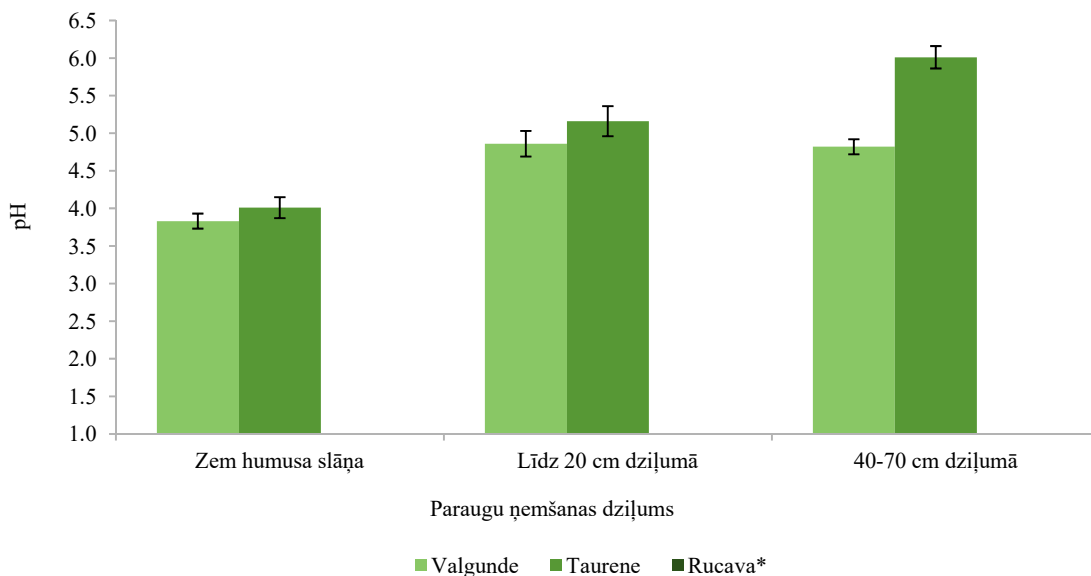
## Rezultāti un to analīze

Valgundes parauglaukumā zem humusa slāņa ir ievērojami samazinājusies, vidējais augsnes ūdens pH bija  $3,8 \pm 0,1$ . Savukārt vidējais augsnes ūdens pH līdz 20 cm dziļumā un 40-70 cm dziļumā ir saglabājies 2018. gada līmenī, attiecīgi, pH  $4,9 \pm 0,2$  un  $4,8 \pm 0,1$ .



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

2019. gadā Valgundes un Taurenes parauglaukumos zemākā augsnes ūdens vidējā pH vērtība konstatēta zem humusa slāņa, bet līdz ar augsnes slāņa padziļināšanos augsnes ūdens vidējais pH kļūst bāziskāks, sasniedzot vidējo pH vērtību  $6,0 \pm 0,2$  40-70 cm dziļumā Taurenes parauglaukumā (Att. 23). Informācija par augsnes ūdens pH Rucavas parauglaukumā nav pieejama, jo augsnes ūdens paraugu pieejamība 2019. gadā bija ierobežota ilgstoša sausuma dēļ.

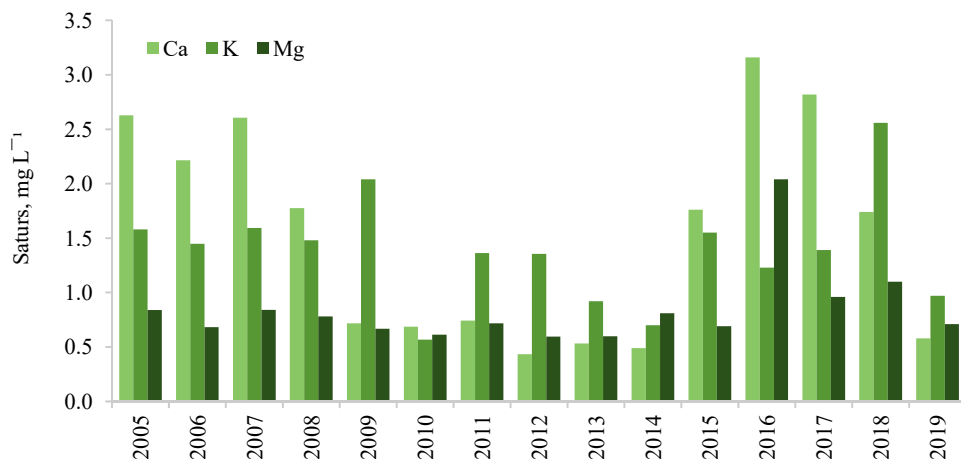


Att. 23: Augsnes ūdens vidējās pH vērtības Valgundes, Taurenes un Rucavas parauglaukumā 2019. gada novērojumu periodā; \* - informācija nav pieejama, jo augsnes ūdens paraugu pieejamība bija ierobežota ilgstoša sausuma dēļ.

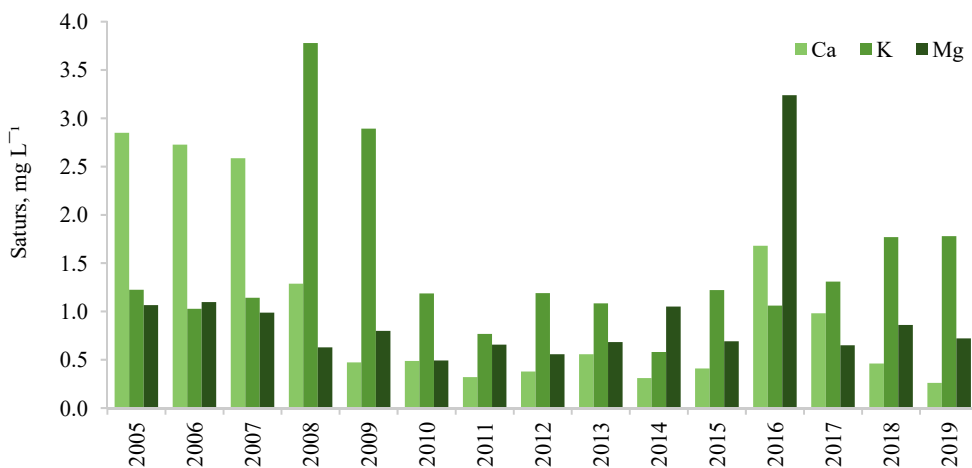
Minerālu dēdēšana ir būtisks process, kas augsnei piegādā bāziskos katjonu. Šos katjonus

## Rezultāti un to analīze

augi uzņem ar saknēm, vai arī tie tiek izskaloši. Att. 24-26 parādīts vidējais bāzisko katjonu saturs augsnes ūdeņos dažādos dziļumos otrā līmeņa meža monitoringa Valgundes parauglaukumā laika posmā no 2004. gada līdz 2019. gadam. Salīdzinot ar 2018. gadu, 2019. gadā bāzisko katjonu saturs augsnes ūdenī zem humusa slāņa ir samazinājies, bet augsnes dziļākajos slāņos palicis nemainīgs.



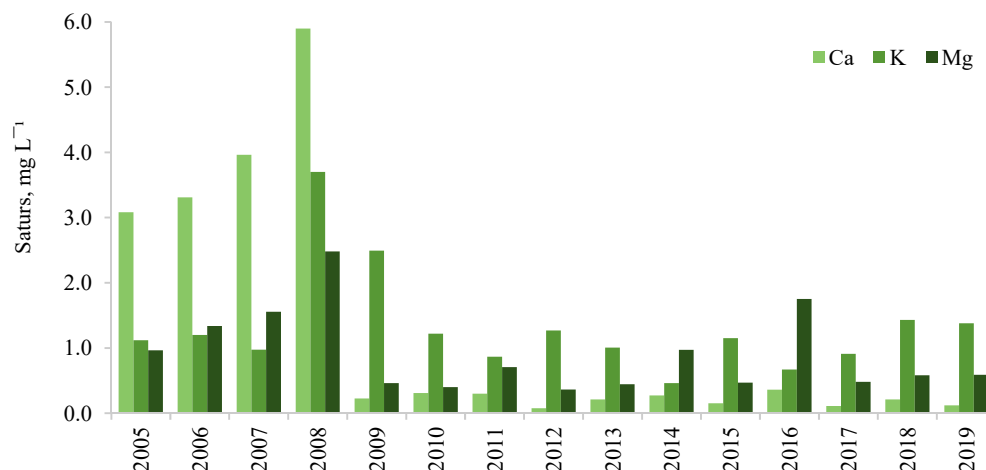
**Att. 24: Bāzisko katjonu saturs augsnes ūdenī zem humusa slāņa laika posmā no 2004. līdz 2019. gadam Valgundes parauglaukumā.**



**Att. 25: Bāzisko katjonu saturs augsnes ūdenī līdz 20 cm dziļumam laika posmā no 2004. līdz 2019. gadam Valgundes parauglaukumā.**

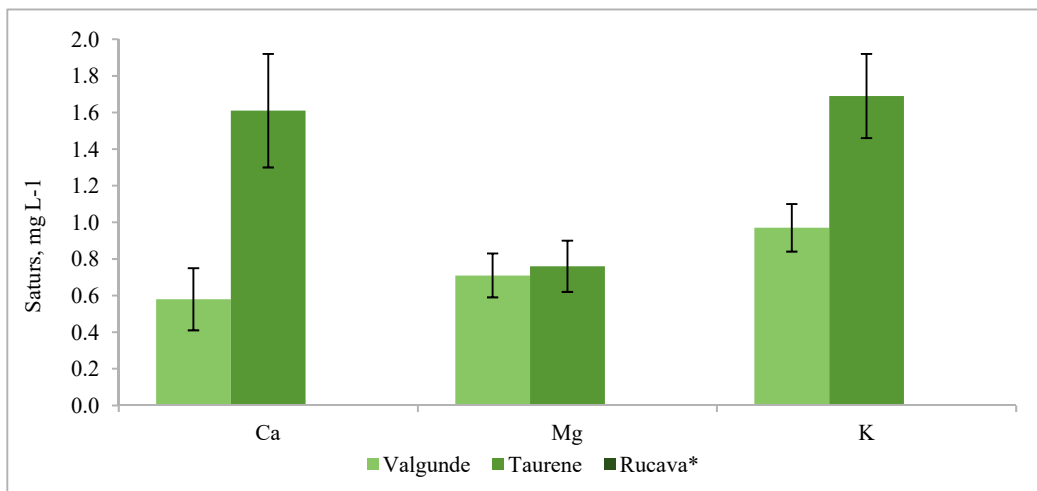


## Rezultāti un to analīze



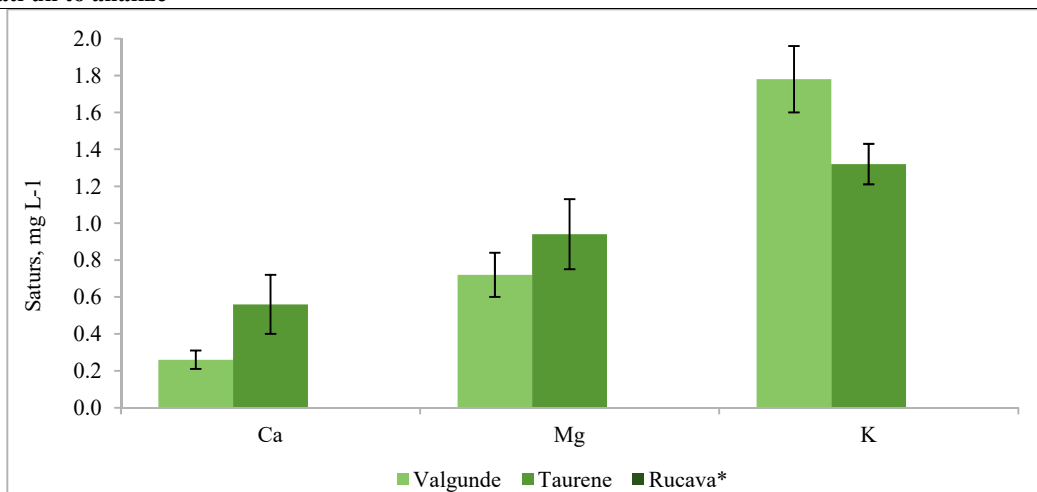
Att. 26: Bāzisko katjonu saturs augsnes ūdenos 40-70 cm dziļumā laika posmā no 2004. līdz 2019. gadam Valgundes parauglaukumā.

Bāzisko katjonu saturs augsnes ūdenī 2019. gada novērojumu periodā Valgundes un Taurenes parauglaukumos parādīts Att. 27, 28 un 29. Informācija par bāzisko katjonu saturu augsnes ūdenī Rucavas parauglaukumā nav pieejama, jo augsnes ūdens paraugu pieejamība 2019. gadā bija ierobežota ilgstoša sausuma dēļ. Kopumā lielāks bāzisko katjonu saturs augsnes ūdenī konstatēts Taurenes parauglaukumā, salīdzinot ar vidējiem rādītājiem Valgundes parauglaukumā.

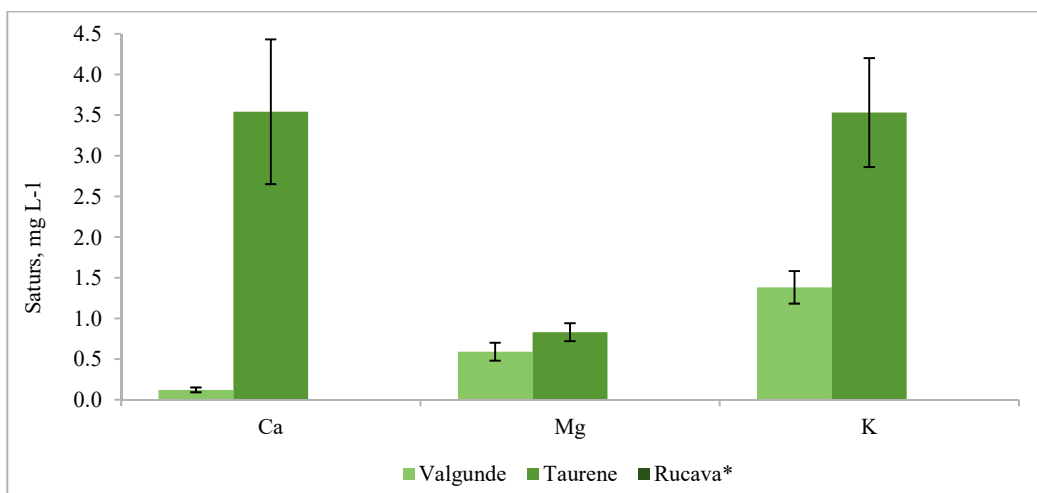


Att. 27: Bāzisko katjonu saturs augsnes ūdenī zem humusa slāņa 2019. gada novērojumu periodā Valgundes, Taurenes un Rucavas parauglaukumos; \* - informācija nav pieejama, jo augsnes ūdens paraugu pieejamība bija ierobežota ilgstoša sausuma dēļ.

## Rezultāti un to analīze



Att. 28: Bāzisko katjonu saturs augsnes ūdenī līdz 20 cm dziļumam 2019. gada novērojumu periodā Valgundes, Taurenes un Rucavas parauglaukumos; \* - informācija nav pieejama, jo augsnes ūdens paraugu pieejamība bija ierobežota ilgstoša sausuma dēļ.



Att. 29: Bāzisko katjonu saturs augsnes ūdenī 40-70 cm dziļumā 2019. gada novērojumu periodā Valgundes, Taurenes un Rucavas parauglaukumos; \* - informācija nav pieejama, jo augsnes ūdens paraugu pieejamība bija ierobežota ilgstoša sausuma dēļ.

## 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;

## Rezultāti un to analīze

- no 2014. gada maija līdz augustam;
- no 2015. gada jūnija līdz oktobrim;
- no 2016. gada maija līdz septembrim;
- no 2017., 2018. un 2019. gada jūnija līdz oktobrim.

Tab. 16 redzamas analīžu rezultātu skaitliskās vērtībās par laika posmu no 2004. līdz 2018. gadam. Informācija par 2019. gadu tiks pievienota pēc laboratorisko analīžu rezultātu saņemšanas.

Gaisa kvalitātes mērījumu rezultāti rāda, ka kopumā novērojumu periodā no 2009. gada līdz 2018. gadam sēra dioksīda, slāpekļa dioksīda un amonjaka koncentrācijas ir relatīvi zemas un nevienā no novērojumu periodiem nepārsniedz cilvēka veselībai kaitīgās devas, kas noteiktas ministru kabineta noteikumos par gaisa kvalitāti, kā tas ir raksturīgs lauku apvidiem.

SO<sub>2</sub> koncentrācija gaisā uzrāda stabilas vērtības un kopš 2009. gada ir robežās no 0,25 līdz 0,9 μg m<sup>-3</sup>. Viszemākā SO<sub>2</sub> koncentrācija gaisā bijusi 2016. gadā, kad tikai augusta mēnesī SO<sub>2</sub> koncentrācija ir pārsniegusi 0,3 μg m<sup>-3</sup>. Tabulā iekļautas vērtības arī no 2004. un 2005. gada, kad rādītāji ir būtiski augstāki, nekā sākot no 2009. gada. Tas ir skaidrojams ar metodoloģiskām izmaiņām, nevis ārēju faktoru ietekmi.

NO<sub>2</sub> koncentrācija gaisā ir no 0,8 līdz 3,4 μg m<sup>-3</sup>. Līdzīgi kā SO<sub>2</sub> gadījumā, nav novērojamas patstāvīgas tendences palielināties vai samazināties NO<sub>2</sub> koncentrācijai gaisā. Veicot Kruskala-Vallisa testu konstatētas būtiskas atšķirības (Kruskall-Wallis test, p<0,05), salīdzinot datus pa mēnešiem. Visaugstākā koncentrācija ir oktobra mēnesī, bet viszemākā vasaras mēnešos – jūlijā augustā, kas varētu būt saistīts ar veģetācijas sezonas beigšanos.

NH<sub>3</sub> koncentrācija ir robežās no 0,6 līdz 13,9 μg m<sup>-3</sup>. No 2011. gada līdz 2014. gadam (izņemot 2013. gadu, kad bija nepietiekams analīžu rezultātu skaits) konstatēta būtiski (Kruskall-Wallis test, p<0,05) paaugstināta NH<sub>3</sub> koncentrācija gaisā. Sākot ar 2015. gadu koncentrācija ir samazinājusies. Analizējot NH<sub>3</sub> koncentrācijas izmaiņas pa mēnešiem, būtiskas atšķirības nav konstatētas, izmaiņas nav sistemātiskas.

Ozona (O<sub>3</sub>) koncentrācija gaisā variē robežās no 22 līdz 72 μg m<sup>-3</sup>, kas norāda uz salīdzinoši zemu 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 μg m<sup>-3</sup> (Fuhrer et al., 1997; Heagle, 1989). Ozona koncentrācija gadu griezumā būtiski nemainās, taču būtiskas atšķirības konstatētas (Kruskall-Wallis test, p < 0,05) starp koncentrācijām dažādos mēnešos. Vislielākā ozona koncentrācija konstatēta jūnijā.

**Tab. 16: Vidējais SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> un O<sub>3</sub> saturs gaisā Valgundes parauglaukumā**

Gads	Parametrs	Mēnesis											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<b>SO<sub>2</sub> saturs gaisā</b>													
2004	SO <sub>2</sub> , μg m <sup>-3</sup>									6,5	3,5	2,9	2,0
2005	SO <sub>2</sub> , μg m <sup>-3</sup>	1,5	2,0	1,5	2,5		1,5	1,5	2,5	1,0	2,0		
2009	SO <sub>2</sub> , μg m <sup>-3</sup>				0,9	0,6	0,5	0,5	0,3		0,6		
2010	SO <sub>2</sub> , μg m <sup>-3</sup>					0,7							

**Rezultāti un to analīze**

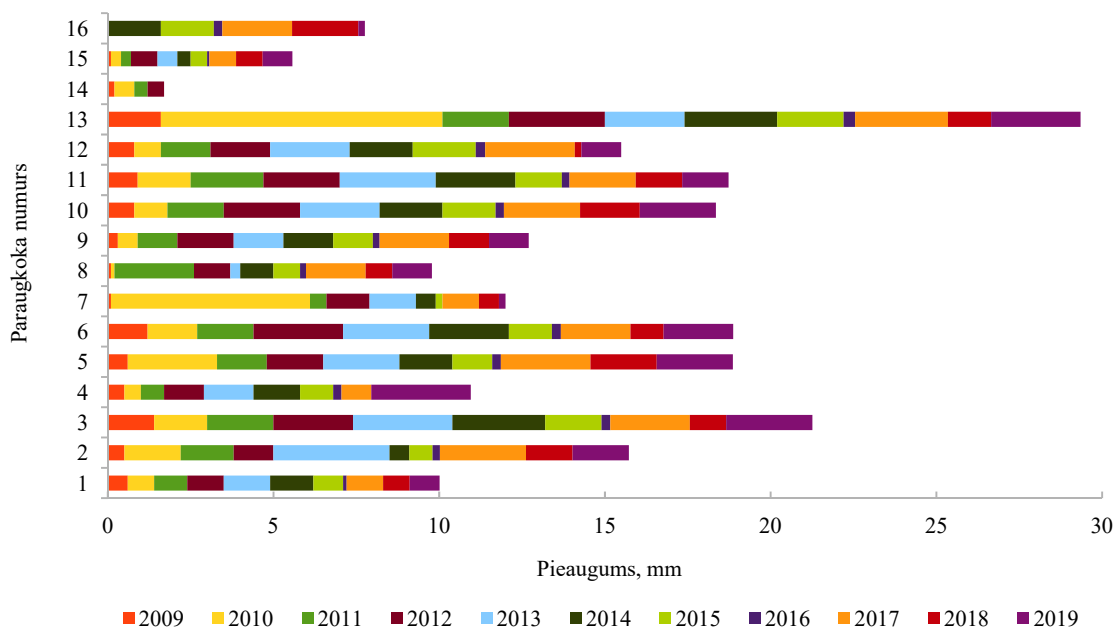
Gads	Parametrs	Mēnesis											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2011	SO <sub>2</sub> , μg m <sup>-3</sup>						0,8			0,5	0,5		
2012	SO <sub>2</sub> , μg m <sup>-3</sup>						0,4	0,4	0,4	0,5	0,6		
2013	SO <sub>2</sub> , μg m <sup>-3</sup>					0,3	0,3						
2014	SO <sub>2</sub> , μg m <sup>-3</sup>					0,3	0,5	0,6	0,6				
2015	SO <sub>2</sub> , μg m <sup>-3</sup>						0,6	0,5	0,4	0,4	0,5		
2016	SO <sub>2</sub> , μg m <sup>-3</sup>					0,29	0,29	0,29	0,38	0,25			
2017	SO <sub>2</sub> , μg m <sup>-3</sup>						0,54	0,48	0,58	0,56	0,72		
2018	SO <sub>2</sub> , μg m <sup>-3</sup>						0,56	0,42	0,38	0,47	0,63		
<b>NO<sub>2</sub> saturs gaisā</b>													
2004	NO <sub>2</sub> , μg m <sup>-3</sup>									1,6	3,2	3,5	5,2
2005	NO <sub>2</sub> , μg m <sup>-3</sup>	4,8	7,4	6,6	7,3		3,0	1,9	3,1	1,5	1,2		
2009	NO <sub>2</sub> , μg m <sup>-3</sup>				1,9	1,6	2,1	1,2	1,6	1,6	2,4		
2010	NO <sub>2</sub> , μg m <sup>-3</sup>					2,4	1,1	1,0	1,2	2,1	2,6		
2011	NO <sub>2</sub> , μg m <sup>-3</sup>						2,1	0,8	1,8	1,9	2,3		
2012	NO <sub>2</sub> , μg m <sup>-3</sup>					1,2	1,2	1,3	1,5	3,4	2,4		
2013	NO <sub>2</sub> , μg m <sup>-3</sup>					1,8	1,4						
2014	NO <sub>2</sub> , μg m <sup>-3</sup>						1,4	1,1	1,3	1,9			
2015	NO <sub>2</sub> , μg m <sup>-3</sup>						1,5	2,0	1,4	1,7	2,3		
2016	NO <sub>2</sub> , μg m <sup>-3</sup>					1,5	1,6	1,2	1,7	1,7			
2017	NO <sub>2</sub> , μg m <sup>-3</sup>						1,6	1,3	2,0	1,9	2,1		
2018	NO <sub>2</sub> , μg m <sup>-3</sup>						1,8	2,2	2,7	2,7	3,6		
<b>NH<sub>3</sub> saturs gaisā</b>													
2004	NH <sub>3</sub> , μg m <sup>-3</sup>									0,7	0,1	0,6	0,4
2009	NH <sub>3</sub> , μg m <sup>-3</sup>				1,6	1,4	1,0	1,6	0,6	1,3	1,2		
2010	NH <sub>3</sub> , μg m <sup>-3</sup>					1,7	1,3	1,8	1,8	2,0	4,0		
2011	NH <sub>3</sub> , μg m <sup>-3</sup>						13,9	1,6	8,5	3,4	5,7		
2012	NH <sub>3</sub> , μg m <sup>-3</sup>					0,9	2,1	8,5	5,8		8,2		
2013	NH <sub>3</sub> , μg m <sup>-3</sup>					1,8	3,9						
2014	NH <sub>3</sub> , μg m <sup>-3</sup>						0,7	2,0	3,4	10,0			
2015	NH <sub>3</sub> , μg m <sup>-3</sup>						1,9	2,4	1,7	1,9	2,7		
2016	NH <sub>3</sub> , μg m <sup>-3</sup>					1,1	1,5	1,0	2,0	1,1			
2017	NH <sub>3</sub> , μg m <sup>-3</sup>						1,3	1,9	1,8	1,7	2,1		
2018	NH <sub>3</sub> , μg m <sup>-3</sup>						2,2	1,5	1,6	2,1	3,2		
<b>O<sub>3</sub> saturs gaisā</b>													
2009	O <sub>3</sub> , μg m <sup>-3</sup>				64	60	56	41	38	36	25		

## Rezultāti un to analīze

Gads	Parametrs	Mēnesis											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2010	O <sub>3</sub> , µg m <sup>-3</sup>						62	43	32	34	29	49	
2011	O <sub>3</sub> , µg m <sup>-3</sup>						62	34	37	54	44		
2012	O <sub>3</sub> , µg m <sup>-3</sup>					50	54	50	29	29	24		
2013	O <sub>3</sub> , µg m <sup>-3</sup>					57	72	38	39	22	28	29	42
2014	O <sub>3</sub> , µg m <sup>-3</sup>						43	42	41	25	43		
2015	O <sub>3</sub> , µg m <sup>-3</sup>						53	42	45	27	25		
2016	O <sub>3</sub> , µg m <sup>-3</sup>						51	42	39	26			
2017	O <sub>3</sub> , µg m <sup>-3</sup>						48	33	46	29	36		
2018	O <sub>3</sub> , µg m <sup>-3</sup>						54	44	44	48	41		

## Koku pieauguma mērījumi

Koku pieauguma lentu mērījumi Valgundes parauglaukumā laika posmā no 2009. līdz 2019. 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.

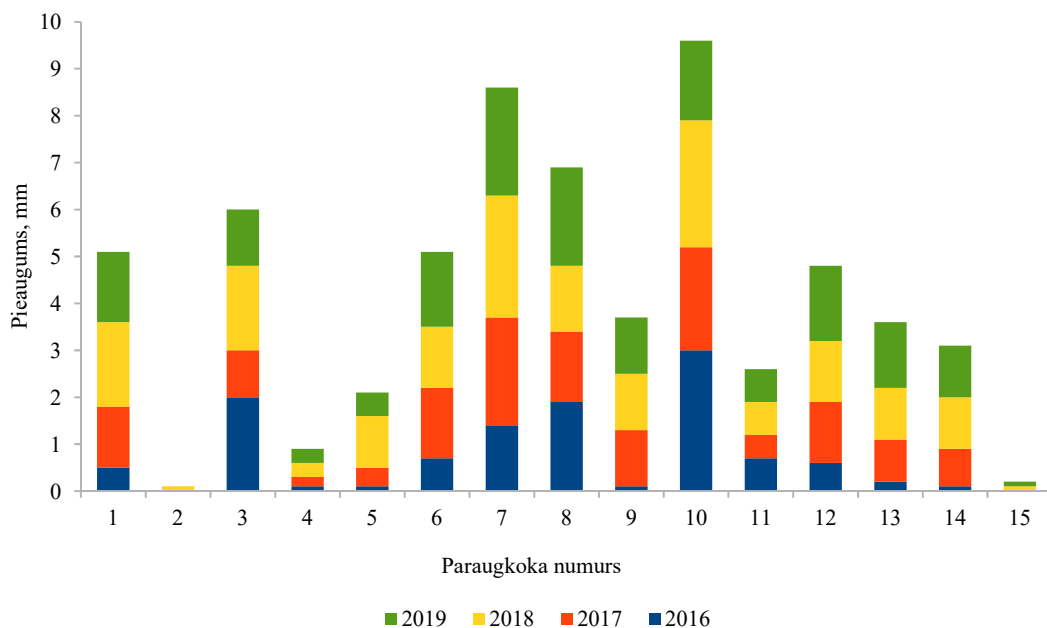


**Att. 30: Koku pieauguma lentas mērījumi laika posmā no 2009. gada līdz 2019. gadam Valgundes parauglaukumā.**

Koku pieauguma lentu mērījumi Taurenē parauglaukumā laika posmā no 2016. līdz 2019. gadam parādīti Att. 31. Laika posmā no 2016. gada lielākais vidējais koku

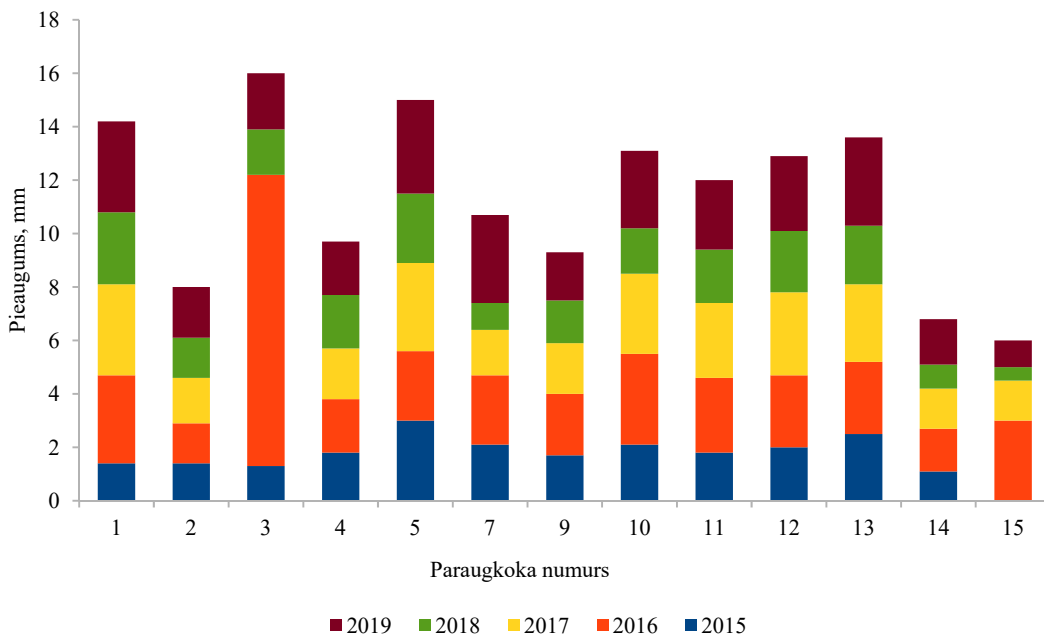
**Rezultāti un to analīze**

caurmēra pieaugums konstatēts 2018. un 2019. gadā – 0,12 cm.



**Att. 31: Koku pieauguma lentas mērījumi laika posmā no 2016. gada līdz 2019. gadam Taurenes parauglaukumā.**

Koku pieauguma lentu mērījumi Rucavas parauglaukumā laika posmā no 2015. līdz 2019. gadam parādīti Att. 32. Laika posmā no 2015. gada lielākais vidējais koku caurmēra pieaugums konstatēts 2019. gadā – 0,25 cm.



**Att. 32: Koku pieauguma lentas mērījumi laika posmā no 2015. gada līdz 2019. gadam Rucavas parauglaukumā.**

## Ozona bojājumu noteikšana

Parauglaukumā veikta veģetācijas uzskaitē un noteikts ozona bojājumu simptomu sastopamības biežums uz augiem pa sugām. Uzskaitītie ozona bojājumi uz zemesdzies augiem atklātā vietā atspoguļoti tabulā (Tab. 17).

**Tab. 17: Uzskaitītie ozona bojājumi uz zemesdzies augiem atklātā vietā Valgundes parauglaukumā**

Latviskais nosaukums	Latīniskais nosaukums	Ozona pazīme (augu skaits)		Piezīmes
		ir	nav	
Kaulene	<i>Rubus saxatilis</i>			
Āra bērzs	<i>Betula pendula</i>			
Avene	<i>Rubus idea</i>	5		
Kļava	<i>Acer platanoides</i>			Biotiskie
Parastais pīlādzis	<i>Sorbus aucuparia</i>			Biotiskie
Parastā apse	<i>Populus tremula</i>			Biotiskie
Parastā lazda	<i>Corylus avellana</i>			
Ciņu smilgas	<i>Calamagrostis arundinacea</i>			
Parastā egle	<i>Picea abies</i>			
Ērgļpārde	<i>Pteridium aquilinum</i>			
Parastais ozols	<i>Quercus robur</i>			Abiotiskie
Vijolīte	<i>Viola sp.</i>			
Upene	<i>Ribes nigra</i>			
Veronika	<i>Veronica sp.</i>			
Zaķskābenes	<i>Oxalis acetosella</i>			

Redzams, ka ozona bojājumi konstatēti nelielā daudzumā tikai uz avenēm. Uz atsevišķiem citiem augiem atrasti citi – biotiski vai abiotiski bojājumi. Kopumā parauglaukumā nav vērojami ozona bojājumi, kā arī ozona bojājumi netika konstatēti skujām.

# 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., 2010. Part V Tree growth, 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. 29.
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., 2016. Part IV: Visual Assessment of Crown Condition and Damaging AgentsPart 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. 49.
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. 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>
7. Heagle, A.S., 1989. Ozone and Crop Yield\*. *Annual Review of Phytopathology* 27, 397–423. <https://doi.org/10/cjdkcc>
8. Heljä-Sisko, H., 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)
9. International Organization for Standardization, 2003. ISO 5667-3:2003 Water quality – Sampling – Part 3: Guidance on the preservation and handling of water samples.
10. 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.
11. 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>
12. 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.
13. Pitman, R., Bastrup-Birk, A., Breda, N., Rautio, P., 2010. Part XIII Sampling and Analysis of Litterfall, 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. 16.
14. 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>
15. Rautio, P., Fürst, a., Stefan, K., Raitio, H., Bartels, U., 2016. 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. 19.
16. 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>
  17. 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.
  18. 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>
  19. Tērauda, E., 2008. Ķīmisko vielu plūsmas Latvijas priežu mežu ekosistēmās (Promocijas darbs). Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes Vides zinātnes nodaļa, Rīga.
  20. 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.
  21. 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.
  22. 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)