

PĀRSKATS

PAR PĒTĪJUMA 2018. GADA REZULTĀTIEM

PĒTĪJUMA NOSAUKUMS: Mežsaimniecības ietekme uz meža un saistīto ekosistēmu pakalpojumiem

IZPILDĪTĀJS: Latvijas Valsts mežzinātnes institūts „Silava”

PASŪTĪTĀJS: AKCIJU SABIEDRĪBA “LATVIJAS valsts meži”

Līguma Nr. 5-5.5_006_101_16_6

PĒTĪJUMA ZINĀTNISKĀ

VADĪTĀJA: Dr. Zane Lībiete, LVMI Silava vadošā pētniece

Salaspils, 2019

Saturs

Kopsavilkums	4
Summary.....	5
2018. gada darba uzdevumi un to izpildes statuss.....	6
1. Mežsaimniecības ietekmes ainavu mēroga novērtējums uz meža un saistīto ekosistēmu regulējošo un uzturošo ekosistēmu pakalpojumu kvalitāti - barības vielu apriti, ūdeņu ekoloģisko kvalitāti, bioloģiskajai daudzveidībai nozīmīgiem meža un ainavas struktūras elementiem	8
1.1. Dati un paraugi modeļteritorijās	8
1.1.1. Meteoroloģiskie dati Zalvītes modeļteritorijā 2018. gadā	10
1.1.2. Noteces apjoms un virszemes ūdens kvalitātes rādītāji	11
1.1.3. Gruntsūdens līmenis un ķīmiskais sastāvs.....	36
1.1.4. Aerētā augsnes virskārtas slāņa biezums	51
1.1.5. Veģetācija	55
1.2. Mežsaimniecības un meža un saistīto ekosistēmu pakalpojumu vērtējuma sistēmas izveide.....	62
1.2.1. Ekosistēmu pakalpojumu jēdziens un klasifikācija	62
1.2.2. Pētījumā pielietotās metodes - matricas modeļa - īss raksturojums	63
1.2.3. Ekosistēmu pakalpojumu kartēšana modeļteritorijās.....	64
Literatūra	70
1.3. Demonstrācijas objektu aprakstu sagatavošana.....	71
1.3.1. Meža meliorācijas sistēmu renovācijas un meža autoceļu būves ietekme uz ūdens kvalitāti raksturojošajiem parametriem sateces baseina mērogā	71
1.3.2. Meža meliorācijas sistēmu renovācijas un meža autoceļu būves ietekme uz veģetācijas attīstību, tajā skaitā uz invazīvo un potenciāli invazīvo augu sugu izplatību	72
1.3.3. Mežizstrādes ietekme uz augsnes aerāciju (gruntsūdens līmeņa un aerētā augsnes virskārtas biezuma izmaiņas)	73
1.4. Monitorings 2011.gadā ierīkotajos objektos	74
1.4.1. Objekti un metodika	74
1.4.2. Barības vielu aprites izmaiņas	75
1.4.3. Koku uzskaitē jaunaudzē	107
Publicitāte.....	113
Publikācijas	113
Konferences.....	113
2. Ilgtspējīgi intensificētas mežsaimniecības īstermiņa un ilgtermiņa ietekmes uz nodrošinošo, regulējošo un uzturošo meža ekosistēmu pakalpojumu kvalitāti novērtējums.....	114
2.1. Celmu izstrādes vidēja termiņa ietekme	114
2.1.1. Objekti	114
2.1.2. Ūdens ķīmiskais sastāvs.....	115
2.1.3. Augsnes profils un ķīmiskais sastāvs	126

2.1.4. Jaunaudzes attīstība	134
2.1.5. Celmus kolonizējošo sēņu daudzveidība	139
2.1.6. Ķērpju un sūnu daudzveidība	143
2.2. Celmu izstrādes ilgtermiņa ietekme.....	147
2.2.1. Objekti un metodika	147
2.2.2. Rezultāti.....	148
Secinājums.....	150
Publicitāte.....	151
2.3. Liela mēroga mežizstrādes ietekme	151
2.3.1. Jaunjelgavas objekts	151
2.3.2. Slīteres objekti	155
Secinājumi	163
Literatūra	164
Publicitāte.....	164
3. Mežsaimniecības un nodrošinošo meža ekosistēmu pakalpojumu mijiedarbība - nekoksnes produktu pieejamības un kvalitātes izmaiņas	165
3.1. Ogulāju, dekoratīvo materiālu un nektāraugu grupu novērtējums MSI parauglaukumos	165
3.1.1. Materiāls un metodika	165
3.1.2. Rezultāti.....	166
3.2. Ogu ražas (mellenes, brūklenes) vērtējums testa teritorijās.....	172
3.2.1. Materiāls un metodika	172
3.2.2. Rezultāti.....	174
3.3. Ogu ražas (mellenes, brūklenes) vērtējums kopšanas ciršu parauglaukumos	181
3.3.1. Materiāls un metodika	181
3.3.2. Rezultāti.....	183
Secinājumi	188
3.4. Ēdamo sēņu ražas vērtējums testa teritorijās	188
3.4.1. Objekti un metodika	188
3.4.2. Rezultāti.....	189
Secinājumi	195
4. Mežsaimniecības un meža estētisko un rekreācijas pakalpojumu mijiedarbība (kultūras EP)	196
4.1. Demonstrācijas objekts Zalvītes modeļteritorijā.....	196
4.2. Rekreācijas preferences dažādos gadalaikos	200
4.2.1. Materiāls un metodika	200
4.2.2. Rezultāti.....	200
Secinājumi	203

Kopsavilkums

Pētījumu programmas trešajā etapā turpināts darbs pie mežsaimniecības ietekmes uz meža un saistīto ekosistēmu pakalpojumiem izpēti dažādos telpiskos un laika mērogos četrās aktivitātēs.

1. Mežsaimniecības ietekmes ainavu mēroga novērtējums uz meža un saistīto ekosistēmu regulējošo un uzturošo ekosistēmu pakalpojumu kvalitāti. Turpināta datu un paraugu ievākšana atbilstoši pētījumu programmas pirmajā gadā sagatavotajam grafikam. Veikta veģetācijas uzskaitē 8 maršrutos gar renovējamajiem grāvjiem un ceļiem. Sagatavoti apraksti demonstrācijas objektiem Zalvītes modeļteritorijā. Turpināts darbs pie ekosistēmu pakalpojumu vērtējuma indikatoru izstrādes. Pabeigta 2018.gada veģetācijas sezonas paraugu ievākšana (augšnes ūdens, gruntsūdens, virszemes notece, nobiras) 2011.gadā ierīkotajos monitoringa objektos zinātniskajos mežos Kalsnavas mežu novadā, šajos objektos maijā veikta jaunaudžu uzskaitē, bet jūlijā – veģetācijas uzskaitē.

2. Ilgtspējīgi intensificētas mežsaimniecības īstermiņa un ilgtermiņa ietekmes uz nodrošinošo, regulējošo un uzturošo meža ekosistēmu pakalpojumu kvalitāti novērtējums. Veikts celmus kolonizējošo sēņu daudzveidības novērtējums piecos celmu izstrādes vidēja termiņa ietekmes vērtēšanas objektos. Turpināta augšnes ūdens un nokrišņu paraugu ievākšana celmu izstrādes vidēja termiņa ietekmes vērtēšanas objektos. Šajos objektos veikts ķērpju un sūnu sugu sastopamības novērtējums, kā arī veikta jaunaudžu uzskaitē. Turpināta pētījumu objektu ierīkošana un uzmērīšana celmu izstrādes ilgtermiņa ietekmes vērtēšanai (veģetācijas uzskaites un oglekļa uzkrājuma novērtējums augsnē). Veikti papildu mērījumi liela mēroga mežizstrādes novērtēšanai Jaunjelgavas apkārtnē un Slīterē.

3. Mežsaimniecības un nodrošinošo meža ekosistēmu pakalpojumu mijiedarbība - nekoksnes produktu pieejamības un kvalitātes izmaiņas. Veikta meža nekoksnes produktu uzskaitē Meža statistiskās inventarizācijas parauglaukumos, kā arī regulāra ogu (brūklenes, mellenes) un sēņu uzskaitē īpaši ierīktos maršrutos Vidusdaugavas un Ziemeļkurzemes reģionos, kā arī kopšanas ciršu parauglaukumos.

4. Mežsaimniecības un meža estētisko un rekreācijas pakalpojumu mijiedarbība (kultūras EP). Organizēta iedzīvotāju aptauja par rekreācijas preferencēm dažādos gadalaikos, apkopota informācija par visām gada sezonām. Sagatavots demonstrācijas objektiem apmācībām par ainavas vizuālo kvalitāti izraudzīto potenciālo skatu punktu apraksts.

Pārskata apjoms ir 203 lappuses, tajā iekļauti 203 attēli un 72 tabulas, pārskatam pievienoti 5 pielikumi.

Summary

Activity 1. Assessment of landscape-level impact of forest management on the quality of regulating and provisioning forest ecosystem services. Sampling according to the sampling schedule has been continued in the model areas of Zalvite and Slitere – soil solution, groundwater, runoff. Repeated vegetation survey along 8 reconstructed ditches and forest roads was conducted. Description of demonstration objects in Zalvite model area has been prepared. Mapping of forest ecosystem services in the model areas has been carried out, by developing new indicators. Sampling in the biomass removal objects has been continued for the 6th season – soil solution, groundwater, runoff, litter. Second survey of the young stand has been carried out in these objects.

Activity 2. Assessment of sustainably intensified forest management short- and long-term impact on the quality of provisioning, regulating and supporting forest ecosystem services. Occurrence of stump-colonizing fungi has been assessed in trial objects established to evaluate stump removal mid-term effects. Sampling of soil solution and precipitation has been continued in these objects. Assessment of lichen and moss occurrence and measurement of the young stand has been carried out in these plots. Establishment and measurement of sample plots for the evaluation of stump removal long term effects and large scale logging was being continued.

Activity 3. Interaction between forest management and provisioning forest ecosystem services – accessibility and quality of non-wood forest products (NWFPs). Analysis of non-wood forest products has been conducted on National forest inventory plots and on a regular basis (forest berries and mushrooms) – in special routes established in Northern Kurzeme and Vidusdaugava regions, as well as forest thinning plots.

Activity 4. Interaction between forest management and aesthetic and recreational forest ecosystem services. Survey of inhabitants about their recreational preferences in different seasons has been carried out, results about all four seasons are included in the report. Description of the demonstration object for forest landscape visual quality issues has been prepared.

2018. gada darba uzdevumi un to izpildes statuss

N.p.k.	Darba uzdevums	Izpildes termiņš	Statuss
1.	<p>Mežsaimniecības ietekmes ainavu mēroga novērtējums uz meža un saistīto ekosistēmu regulējošo un uzturošo ekosistēmu pakalpojumu kvalitāti - barības vielu apriti, ūdeņu ekoloģisko kvalitāti, bioloģiskajai daudzveidībai nozīmīgiem meža un ainavas struktūras elementiem:</p> <p>1.1. Datu/paraugu ievākšana modeļteritorijās atbilstoši plānotajai un veiktajai saimnieciskajai darbībai – Zalvītes modeļteritorijā (noteces apjoms un ūdens kvalitātes parametri grāvjos un Zalvītes strautā – 8 paraugu ņemšanas vietas, gruntsūdens līmenis un ķīmiskais sastāvs - 5 objekti, aerētā augsnes slāņa biezums – 33 objekti, veģetācijas, t.sk. invazīvo augu sugu uzskaitē – 8 uzskaites maršruti) un Slīteres modeļteritorijā (noteces apjoms un ūdens kvalitātes parametri 1 paraugu ņemšanas vietā);</p> <p>1.2. Ainavas līmeņa novērtējums – ekosistēmu pakalpojumu vērtēšanas metodikas tālāka izstrāde (jau atlasīto nodrošinošo un regulējošo EP indikatoru pilnveidošana, novērtējuma skalu precizēšana, papildu indikatoru izvēle regulējošo un kultūras EP vērtēšanai), indikatoru telpiska analīze modeļteritorijās;</p> <p>1.3. Demonstrācijas objektu aprakstu sagatavošana</p> <p>1.4. Ūdeņu un nobiru paraugu ievākšana un analīze – 3 objekti Zinātniskajos mežos Kalsnavas meža novadā;</p> <p>Nodevumi: pārskats par pētījuma virzienā paveikto 2018.gadā, EP pakalpojumu apraksts un telpisks attēlojums modeļteritorijā, sagatavoti apraksti 3 demonstrācijas objektiem Zalvītes modeļteritorijā, sagatavota 1 zinātniskā publikācija.</p>	<p>10.09.2018. (veģetācijas uzskaitē)</p> <p>15.01.2019. (pārējiem darbiem)</p> <p>15.01.2019.</p> <p>30.08.2018.</p> <p>15.01.2019.</p>	<p>Paveikts</p> <p>Paveikts</p> <p>Paveikts</p> <p>Paveikts</p> <p>Paveikts</p>
2.	<p>Ilgspējīgi intensificētas mežsaimniecības īstermiņa un ilgtermiņa ietekmes uz nodrošinošo, regulējošo un uzturošo meža ekosistēmu pakalpojumu kvalitāti novērtējums:</p> <p>2.1. Celmus kolonizējošo sēņu daudzveidības novērtējums celmu izstrādes objektos - pieci objekti (Jaunpils, Stende, Dursupe, Nītaure, Rembate);</p> <p>2.2. Augsnes ūdens un nokrišņu ūdens paraugu ievākšana un analīze celmu izstrādes objektos – 3 objekti (Dursupe, Nītaure, Rembate);</p> <p>2.4. Sūnu un ķērpju sastopamības novērtējums celmu izstrādes vidēja termiņa ietekmes novērtēšanas objektos – 5 objekti (Jaunpils, Stende, Dursupe, Nītaure, Rembate);</p>	<p>15.01.2019.</p> <p>15.01.2019.</p> <p>15.01.2019.</p>	<p>Paveikts</p> <p>Paveikts</p> <p>Paveikts</p>

	<p>2.5. Parauglaukumu uzmērīšana (augšnes analīzes, profils) platībās ar celmu izstrādi un kontroles platībās – 3 objekti (Dursupe, Nītaure, Rembate);</p> <p>2.6. Parauglaukumu uzmērīšana (augšnes profils, veģetācijas segums, audžu taksācijas rādītāji) platībās ar celmu izstrādi un kontroles platībās – 1 objektā (Kalnciems);</p> <p>2.7. Parauglaukumu ierīkošana platībās pēc liela mēroga mežizstrādes (1970-1992. gads) un kontroles platībās, uzmērīšana (augšnes profils, veģetācijas segums, audžu taksācijas rādītāji) – papildus parametri (gaisma) 5 jau identificētajās platībās (Pope, Priedaine) un 2 papildus (kontroles) objektos (Slītere); 1 jauna objekta ierīkošana (veģetācija, kokaudze, gaisma) (Jaunjelgava).</p> <p>Nodevumi: pārskats par pētījuma virzienā paveikto 2018. gadā, 2 publikācijas.</p>	<p>15.06.2018.</p> <p>10.09.2018. (lauka darbiem)</p> <p>10.09.2018. (lauka darbiem)</p>	<p>Paveikts</p> <p>Paveikts</p> <p>Paveikts</p>
3.	<p>Mežsaimniecības un nodrošinošo meža ekosistēmu pakalpojumu mijiedarbība - nekoksnes produktu pieejamības un kvalitātes izmaiņas:</p> <p>3.1.Meža nekoksnes produktu (resursu) apjoma un kvalitātes novērtēšana – MSI parauglaukumos (~ 500 PL), kā arī īpaši ierīkotos ogu un sēņu ražas monitoringa maršrutos (2018. gadā sēņu raža tiks uzskaitīta 2 teritorijās – Ziemeļkurzemes, Vidusdaugavas mežsaimniecībās - katrā mežsaimniecībā 20 objekti dažādos meža tipos; ogu raža tiks uzskaitīta 2 teritorijās – Ziemeļkurzemes, Vidusdaugavas mežsaimniecībās - katrā mežsaimniecībā 16 objekti -, kā arī kopšanas ciršu laukumos – 15 objekti).</p> <p>Nodevumi: pārskats par pētījuma virzienā paveikto 2018. gadā.</p>	<p>10.09.2018. (lauka darbiem ogu ražas uzskaitē)</p> <p>15.01.2019. (pārējiem darbiem)</p>	<p>Paveikts</p> <p>Paveikts</p>
4.	<p>Mežsaimniecības un meža estētisko un rekreācijas pakalpojumu mijiedarbība (kultūras EP):</p> <p>4.1. Demonstrācijas objekta izveide – 2018. gadā plānota demonstrācijas objekta apraksta sagatavošana.</p> <p>4.2. Aptauja par iedzīvotāju rekreācijas preferencēm ziemā - iegūto rezultātu apkopošana un analīze.</p> <p>Nodevumi: pārskats par pētījuma virzienā paveikto 2018. gadā.</p>	<p>30.08.2019.</p> <p>15.06.2018.</p>	<p>Paveikts</p> <p>Paveikts</p>
5.	Starpziņojuma sagatavošana	10.09.2018.	Paveikts
6.	Otrā etapa pārskata sagatavošana	01.02.2019.	Paveikts

1. Mežsaimniecības ietekmes ainavu mēroga novērtējums uz meža un saistīto ekosistēmu regulējošo un uzturošo ekosistēmu pakalpojumu kvalitāti - barības vielu apriti, ūdeņu ekoloģisko kvalitāti, bioloģiskajai daudzveidībai nozīmīgiem meža un ainavas struktūras elementiem

Šīs aktivitātes ietvaros pētījumi 2018.gadā īstenoti trijos virzienos: 1) komplekss mežsaimniecības ietekmes novērtējums uz dažādiem vides komponentiem modeļteritorijā (sateces baseina mērogā); 2) metodes izstrāde meža un saistīto ekosistēmu pakalpojumu kartēšanai, metodes aprobācija modeļteritorijā; 3) 2012.gadā uzsākta monitoringa turpināšana dažādas intensitātes kailcirtes vidēja termiņa ietekmes novērtēšanai.

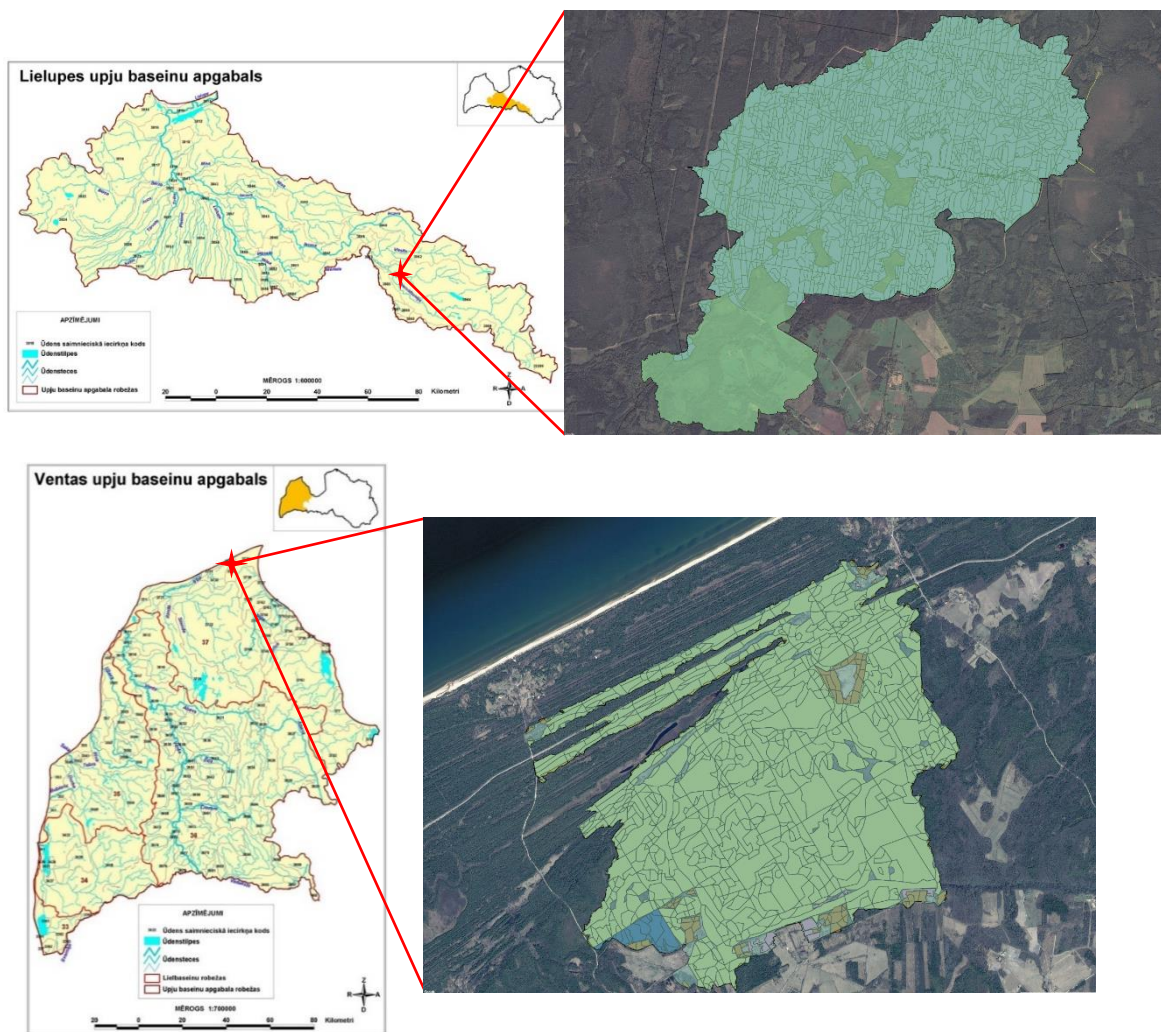
Nodaļu sagatavoja: Z. Lībiete, A. Bārdule, E. Jūrmalis, I. Kļaviņš, Z. Kalvīte, L. Gerra-Inohosa un I. Pauliņa.

1.1. Dati un paraugi modeļteritorijās

Apakšnodaļa attiecas uz 1.1. darba uzdevumu. Pētījums tiek veikts, lai noskaidrotu, kāda ir mežsaimniecības un meža infrastruktūras renovācijas ietekme uz meža un saistīto ekosistēmu nodrošinātajiem regulējošajiem pakalpojumiem ainavas mērogā. Šim nolūkam AS "LVM" apsaimniekotā meža masīvā 2016.gadā tika identificēts neliels (2762.1 ha) mežains sateces baseins (>95% meža, >90% apsaimnieko AS "LVM") Lielupes upju baseinu apgabalā (Zalvītes strauts), kurā pētījuma periodā plānota daudzveidīga saimnieciskā darbība: meža ceļu izbūve un rekonstrukcija, mežizstrāde, gadā pirms pētījuma uzsākšanas – arī meža meliorācijas sistēmu renovācija.

Pētījumā ir izmantota arī otra līdzīga izmēra modeļteritorija (2152 ha) Slīteres Nacionālajā parkā Ventas upju baseinu apgabalā (Mazirbes upe), tomēr rezultāti no abām modeļteritorijām netiek savstarpēji salīdzināti, jo platības atrodas atšķirīgos hidroģeoloģiskos un meteoroloģiskos apstākļos, tajās ir atšķirīgs meža ekosistēmu tipu sadalījums un sugu sastāvs, un ekosistēmu funkcijas un sniegtos pakalpojumus tajās ietekmē virkne faktoru bez saimnieciskās darbības. Papildus informācija par Mazirbes upes sateces baseinu ir izmantojama, lai demonstrētu meža un saistīto ekosistēmu pakalpojumu daudzveidību.

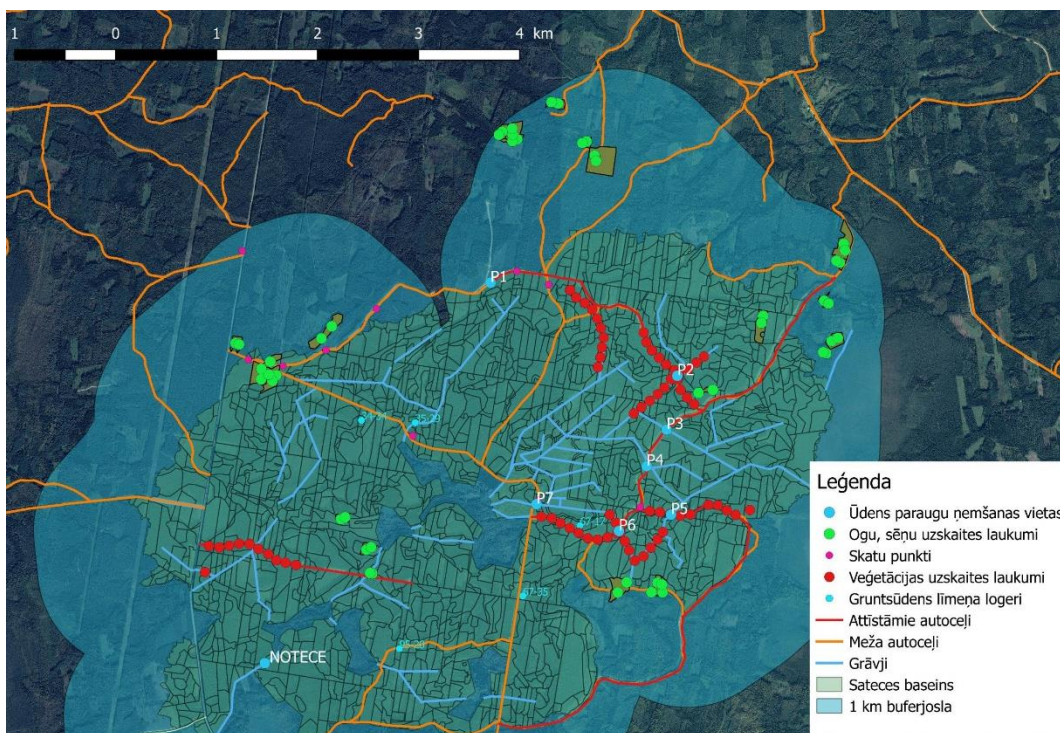
Mērījumu un apsekojumu biežums Zalvītes un Slīteres modeļteritorijās (Attēls 1) pētījumu programmas periodam parādīts 1.tabulā, mērījumu un paraugu ņemšanas vietas attēlotas 2.attēlā.



Attēls 1. Zalvītes (augšā) un Slīteres (apakšā) modeļteritoriju atrašanās vietas un robežas

Tabula 1. Mērījumu un apsekojumu biežums Zalvītes un Slīteres modeļteritorijās un pētījuma objektos zinātniskās izpētes mežos Kalsnavas mežu novadā

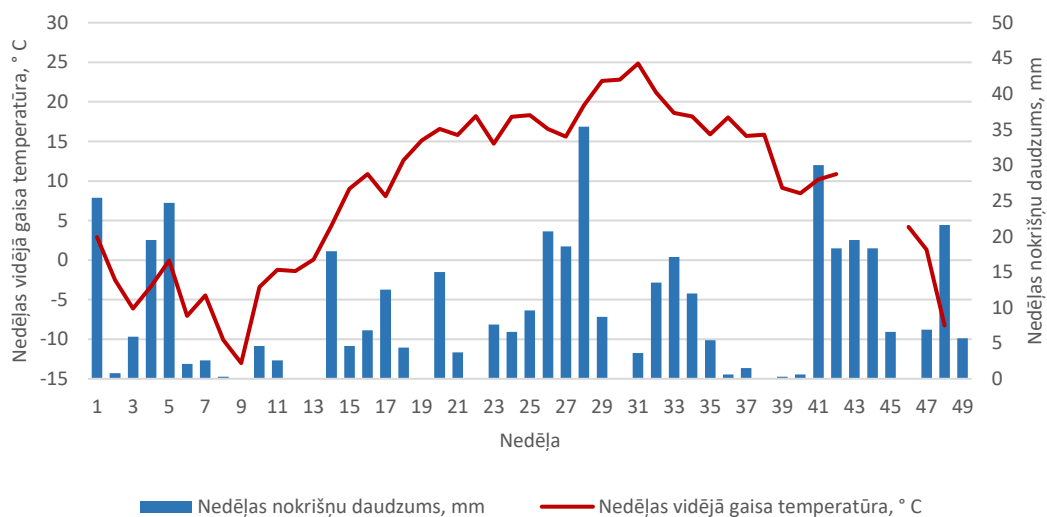
Mērījumu veids	Vietu/ nogabalu/ maršrutu skaits	Objekts (Z – Zalvīte; S – Slītere, K – Kalsnava)	Biežums	2016	2017	2018	2019	2020
Noteces apjoms	2	Z, S	Nepārtraukti	x	x	x	x	x
Ūdens kvalitātes rādītāji grāvjos un ūdenstecē	9 (2)	Z, S, (K)	1x mēnesī	x	x	x	x	x
Gruntsūdens līmenis	5 (3)	Z (K)	1x mēnesī*	x	x	x	x	x
Gruntsūdens ķīmiskais sastāvs	5 (3)	Z (K)	1x mēnesī	x	x	x	x	x
Augsnes ūdens ķīmiskais sastāvs	3	K	1xmēnesī	x	x	x	x	x
Nobiru ķīmiskais sastāvs	3	K	1xmēnesī	x	x	x	x	x
Aerētais augsnes dziļums	33	Z	Intensīvās veģetācijas sezonā (jūlijs-oktobris)	x	x	x	x	x
Veģetācija gar grāvjiem un ceļiem	8	Z	Vienu reizi veģetācijas sezonā	x	x	x	x	
Veģetācija jaunaudzēs	3	K	Vienu reizi veģetācijas sezonā		x		x	
Jaunaudžu uzskaitē	3	K	Vienu reizi veģetācijas sezonā	x	x	x		



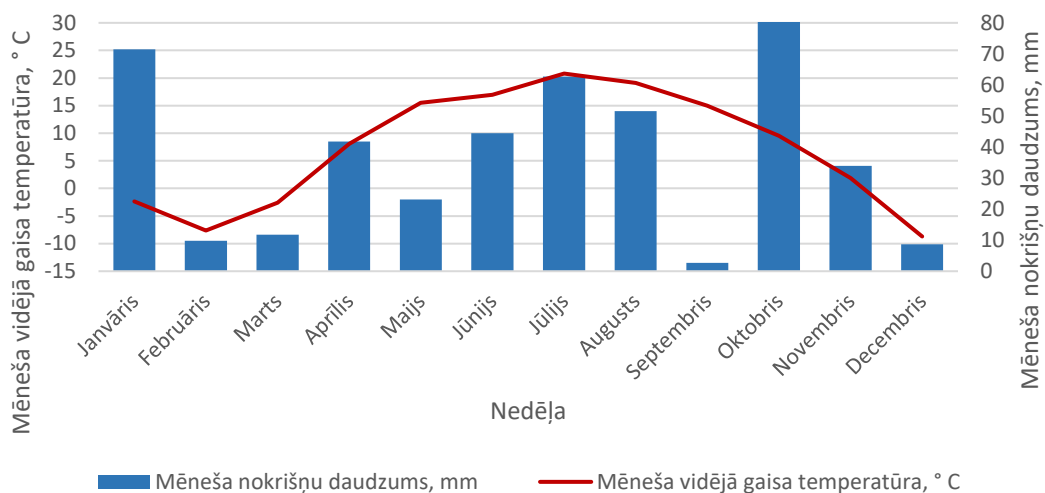
Attēls 2. Mērījumu un paraugu ņemšanas vietas Zalvītes modeļteritorijā

1.1.1. Meteoroloģiskie dati Zalvītes modeļteritorijā 2018. gadā

Zalves modeļteritorijā ir uzstādīta meteostacija, kas pastāvīgi veic gaisa temperatūras, gaisa spiediena, gaisa mitruma, vēja ātruma un nokrišņu daudzuma mērījumus. Iztrūkstošo laika periodu datu rindas iespēju robežās aizpildītas ar tuvākās LVĢMC meteostācijas - Skrīveru datiem. Turpmāk atainoti dati no 2018. gada 1. janvāra līdz 2018. gada 3. decembrim (nesenākais datums, līdz kuram pieejami dati to analizēšanas brīdī).



Attēls 3. Nedēļas vidējā gaisa temperatūra un nedēļas nokrišņu daudzums Zalvītes modeļteritorijā



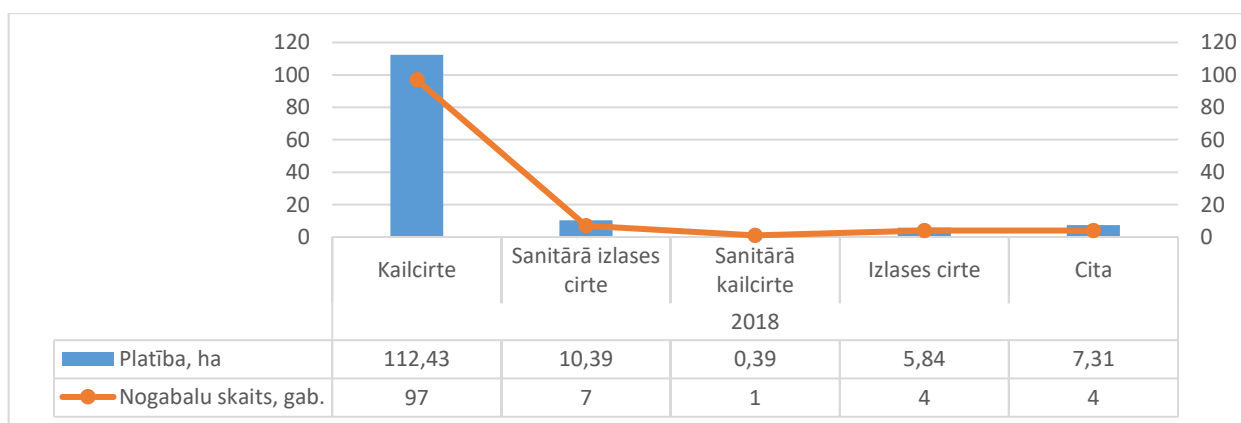
Attēls 4. Mēneša vidējā gaisa temperatūra un mēneša nokrišņu daudzums Zalvītes modeļteritorijā

Vidējais nokrišņu daudzums Latvijā gadā ir 667 mm, visvairāk nokrišņu izkrīt jūlijā un augustā. Zalvītes modeļteritorijā no 2018. gada sākuma līdz 3. decembrim nokrišņu apjoms ir sasniedzis vien 447 mm, kas liecina par izteikti sausu gadu. Jūlijā un augustā nokrišņu daudzums ir mazāks (attiecīgi 63 un 52 mm) nekā ilgtermiņā vidēji Latvijā novērots (78 mm), turpretim oktobrī nokrišņu apjoms sasniedz 85 mm, kamēr ilgtermiņā novērotais ir 67 mm. Arī maijā un septembrī novērots izteikti neliels nokrišņu daudzums.

Gada vidējā gaisa temperatūra Latvijā ir 5.9 °C, vissiltākais mēnesis – jūlijs ar vidējo gaisa temperatūru 17.0 °C, turpretim visaukstākie mēneši ir janvāris un februāris ar vidējo temperatūru -4.6 un -4.7 °C. 2018. gadā Zalvē janvāris bijis nedaudz siltāks (-2.3 °C) un februāris nedaudz vēsāks (-7.6 °C) nekā Latvijā ilgtermiņa vidējie novērojumi. Gada siltākais mēnesis 2018. gadā bija siltāks (20.8 °C) nekā Latvijā ilgtermiņā vidēji (LVĢMC).

1.1.2. Noteces apjoms un virszemes ūdens kvalitātes rādītāji

Zalvītes modeļteritorijā 2015. gadā veikta meža meliorācijas sistēmu renovācija, bet 2017. gadā – vairāku meža autoceļu posmu rekonstrukcija un izbūve. Šīs ir nozīmīgas mežsaimniecību atbalstošas darbības, kas tiek veiktas, lai nodrošinātu kvalitatīvu mežaudžu attīstību, pieeju meža resursiem, kā arī virknei citu meža ekosistēmu pakalpojumu. Tomēr meža infrastruktūras renovācija palielina ūdensobjektu eutrofikācijas un sedimentācijas risku, jo zemes darbu rezultātā meliorācijas sistēmās un ūdenstecēs var nonākt gan cietās daļiņas, gan ķīmiskie elementi. 2018.gadā modeļteritorijā 113 nogabalos veikta mežizstrāde; izstrādātās platības kopā veido 181.7 ha (Attēls 5). Mežizstrāde visvairāk notikusi saīsiņu mežos: damaksnī, lānā un mētrājā, šajos trijos meža tipos lokalizējas 55% visu cirsmu. Vismazākajos apjomos mežizstrāde notikusi silā un vērī. Lielākajā daļā platību veikta kailcirte (Tabula 2).



Attēls 5. 2018. gadā izstrādāto nogabalu skaits un platība Zalvītes modeļteritorijā

Tabula 2. 2018.gadā veikto ciršu veidu sadalījums pa meža tipiem Zalvītes modeļteritorijā

Meža tips	Platība, ha					
	Kailcirte	Sanitārā izlases cirte	Sanitārā kopšanas cirte	Izlases cirte	Cita	Kopā
Sl	1.08	-	-	-	-	1.08
Mr	15.9	-	-	2.7	5.99	24.59
Ln	4.5	-	-	0.66	22.24	27.4
Dm	28.1	5.36	-	2.48	12.62	48.56
Vr	1.76	-	-	-	-	1.76
Dms	9.37	0.3	-	-	11.4	21.07
Grs	2.78	-	-	-	-	2.78
Nd	13.07	-	-	-	-	13.07
Db	10.16	3.52	-	-	-	13.68
As	3.33	-	-	-	0.67	4
Ap	3.47	1.21	-	-	-	4.68
Ks	7.63	-	0.39	-	-	8.02
Kp	11.28	-	-	-	-	11.28
Kopā	112.43	10.39	0.39	5.84	52.92	181.97

Objekti un metodika

Ūdens kvalitātes rādītāju izmaiņu novērtēšanai pēc meža infrastruktūras objektu izbūves un renovācijas 2018.gadā Zalvītes modeļteritorijā tika turpināta ūdens paraugu ņemšana un ūdens kvalitātes parametru mērījumi astoņās mērījumu vietās meža meliorācijas sistēmās un Zalvītes strautā. Paraugu ņemšana un mērījumu veikšana turpināta arī Mazirbes upes noteces mērīšanas punktā Slīteres modeļteritorijā (Tabula 3).

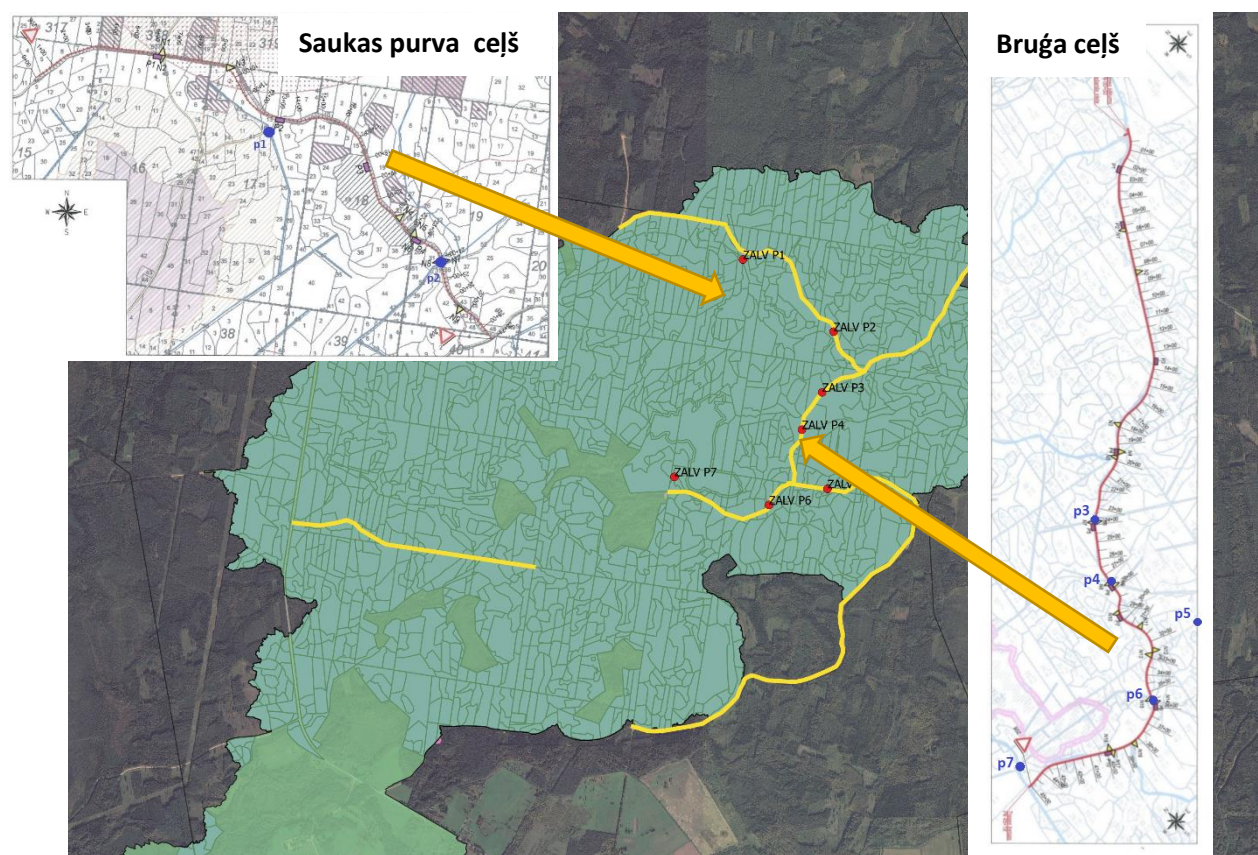
Tabula 3. Ūdens kvalitātes parametru mērījumu punkti zalvītes un Slīteres modeļteritorijās

Mērījumu punkta nosaukums	Mērījumu punkta apraksts	Paraugošanas/ mērījumu biežums
zalv p1	Nerenovēts meža ceļš šķērso nerenovētu grāvi	1x mēnesī
zalv p2	Meža ceļš šķērso 2015.gadā renovētu grāvi, 2017.gada veikta ceļa rekonstrukcija	1x mēnesī
zalv p3	Meža ceļš šķērso 2015.gadā renovētu grāvi, 2017.gada veikta ceļa rekonstrukcija	1x mēnesī
zalv p4	Meža ceļš šķērso 2015.gadā renovētu grāvi, 2017.gada veikta ceļa rekonstrukcija	1x mēnesī
zalv p5	2015.gadā renovēts meža ceļš šķērso Zalvītes strautu, 2017.gada veikta ceļa rekonstrukcija	1x mēnesī
zalv p6	Meža ceļš šķērso Zalvītes strautu, 2017.gada veikta ceļa rekonstrukcija	1x mēnesī
zalv p7	Nerenovēts meža ceļš šķērso Zalvītes strautu	1x mēnesī
zalv notece	Noteces mērīšanas punkts Zalvītes strautā	1x mēnesī
slitere	Noteces mērīšanas punkts Mazirbes upē	1x mēnesī

Ceļu būves darbi Zalvītes modeļteritorijā tika uzsākti 2016.gada 19. septembrī objektā “Bruģa ceļš”, 2016.gada 27.oktobrī uzsākta meža ceļa posma “Šoseja-Mežmuiža” izbūve, bet 2016.gada 1.decembrī tika uzsākta arī Saukas purva ceļa rekonstrukcija. Atbilstoši informācijai no būvdarbu žurnāliem, visos objektos būvdarbi tika pabeigti 2017. gada septembra sākumā. Ūdens kvalitātes mērījumu vietas atrodas divos objektos – “Bruģa ceļš” un “Saukas purva ceļš” (Attēls 1Attēls 6). Analizējot 2017.gada datus, tika identificētas tās paraugu ņemšanas vietas, kuru tiešā tuvumā konkrētos paraugošanas datumos vai īsi pirms tiem (līdz divām diennaktīm) tika veikti būvdarbi, - P2, P3, P4, P6.

Tabula 4. Paraugu ņemšanas punkti, kuru tiešā tuvumā paraugu ņemšanas datumos vai īsi pirms tiem veikti būvdarbi

Darbu veikšanas datums	Parauga ņemšanas datums	Paraugu ņemšanas punkts
26.10.2016.	28.10.2016.	P6
29.11.2016.	01.12.2016.	P3, P4
01.12.2016.	01.12.2016.	P3, P4
30.01.2017.	31.01.2017.	P3
31.01.2017.	31.01.2017.	P2
26.04.2017.	28.04.2017.	P2



Attēls 6. Rekonstruējamie ceļa posmi un ūdens paraugu ņemšanas vietas Zalvītes modeļteritorijā

Virszemes ūdens kvalitātes rādītāji Zalvītes modeļteritorijā

Virszemes ūdens kvalitātes raksturošanai Zalvītes modeļteritorijā noteikti sekojoši parametri: izšķīdušā skābekļa saturs, duļķainība, suspendēto daļiņu saturs, pH, elektrovadītspēja (EVS), biogēno elementu saturs (NO_3^- -N, NH_4^+ -N, PO_4^{3-} -P), bāzisko katjonu (Ca, Mg, K) saturs, kopējā slāpekļa un izšķīdušā organiskā oglekļa saturs.

Ūdenī izšķīdušais skābeklis ir viens no dzīvības procesus limitējošajiem faktoriem ūdens ekosistēmās. Lai dzīvības procesi noritētu normāli, izšķīdušā skābekļa saturs nedrīkst būt mazāks par 5 mg L^{-1} (Melecis, 2011; Kļaviņš, Cimdiņš, 2004). 7. attēlā parādīts vidējais izšķīdušā skābekļa saturs virszemes ūdeņos objektā Zalvīte 2016., 2017. un 2018. gadā. 8. attēlā atspoguļots pa mēnešiem izvērstais izšķīdušā skābekļa saturs virszemes ūdeņos objektā Zalvīte 2018. gada pētījumu periodā. 2016. gada pētījuma periodā izšķīdušā skābekļa saturs virszemes ūdeņos svārstījās amplitūdā no 2.4 mg L^{-1} paraugu ņemšanas vietā P1 līdz 11.8 mg L^{-1} paraugu ņemšanas vietā P7, 2017. gada pētījuma periodā izšķīdušā skābekļa saturs svārstījās amplitūdā no 2.7 mg L^{-1} paraugu ņemšanas vietā P1 līdz 11.5 mg L^{-1} Zalvītes strauta noteces mērīšanas punktā. Līdzīgi arī 2018. gada

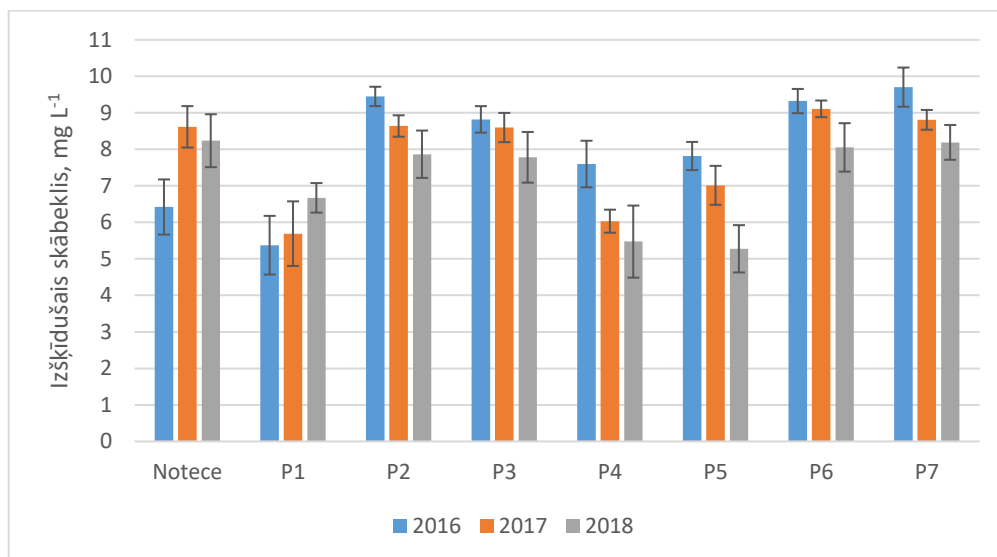
pētījuma periodā izšķīdušā skābekļa saturs svārstījās amplitūdā no 1.7 mg L⁻¹ paraugu ņemšanas vietā P4 līdz 12.1 mg L⁻¹ paraugu ņemšanas vietā P6. 2016. un 2017. gada pētījumu periodā vidēji mazākais izšķīdušā skābekļa saturs (5.4 mg L⁻¹) konstatēts paraugu ņemšanas vietā P1, kas ierīkota nerenovētā grāvī, kur skābekļa trūkuma dēļ dzīvības procesi var būt ierobežoti. Turklāt 2016. gadā paraugu ņemšanas vietā P1 ir būtiskas skābekļa satura atšķirības pētījumu perioda griezumā ar paraugu ņemšanas vietām P2, P3, P6 un P7 ($p < 0.005$). Nerenovētā, aizaugušā grāvī notiek organiskās vielas sadalīšanās, kas prasa lielu skābekļa patēriņu; šajā punktā konstatēts arī salīdzinoši augsts ūdenī izšķīdušā organiskā oglekļa saturs. 2018. gada pētījumu periodā vidēji mazākais izšķīdušā skābekļa saturs konstatēts paraugu ņemšanas vietās P5 un P4 (attiecīgi 5.3 un 5.5 mg L⁻¹), kas ierīkotas renovētajos grāvjos. Izvērtējot izšķīdušā skābekļa satura vidējās vērtības, jāņem vērā, ka 2018. gadā nelielā nokrišņu daudzuma rezultātā paraugu ņemšanas vietās ūdens apjoms nereti bija nepietiekams ūdens paraugu ņemšanai un analīzei, piemēram, paraugu ņemšanas vietā P1, kas ierīkota nerenovētā grāvī, ūdens paraugu analīzes veiktas tikai gada pirmajos četros mēnešos (no janvāra līdz aprīlim) nepietiekama ūdens apjoma dēļ, kas būtiski ietekmē gada vidējo vērtību.

2016. gadā izšķīdušā skābekļa saturs Zalvītes strauta noteces mērīšanas punktā svārstījās amplitūdā no 3.1 mg L⁻¹ līdz 10.3 mg L⁻¹, 2017. gadā – no 5.9 mg L⁻¹ līdz 11.5 mg L⁻¹, bet 2018. gadā - no 4.8 mg L⁻¹ līdz 10.5 mg L⁻¹ (Attēls 8). Tas liecina, ka dzīvības procesi skābekļa trūkuma dēļ atsevišķos periodos varēja būt ierobežoti. Šajā gadījumā tas visdrīzāk skaidrojams ar paraugu ņemšanas vietas spēcīgo noēnojumu. Noteces mērīšanas punktā praktiski nav ūdensaugu veģetācijas, kas fotosintēzes rezultātā varētu papildināt ūdenstecē izšķīdušā skābekļa krājumus.

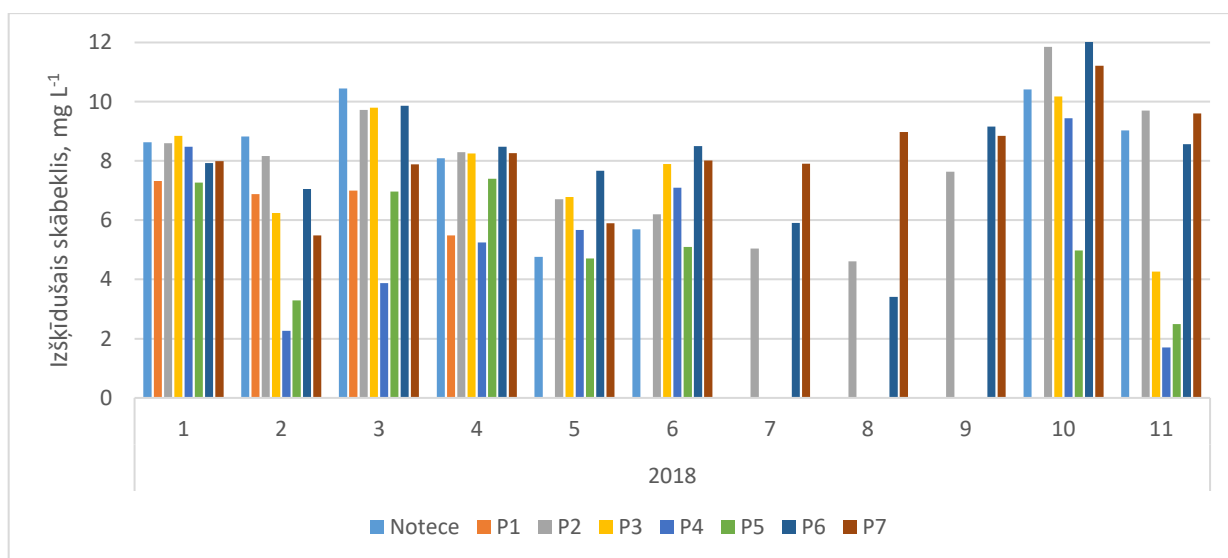
Renovētajos grāvjos 2016. gada pētījuma periodā vidējais izšķīdušā skābekļa saturs bija > 7.6 mg L⁻¹ un dzīvības procesi skābekļa trūkuma dēļ netika ietekmēti. 2017. gada pētījuma periodā renovētajos grāvjos vidējais izšķīdušā skābekļa saturs bija > 6.0 mg L⁻¹, turklāt 2017. gadā visās paraugu ņemšanas vietās, kas ierīkotas renovētajos grāvjos, konstatēts mazāks vidējais izšķīdušā skābekļa saturs kā vidēji 2016. gadā. Līdzīga tendence saglabājas arī 2018. gadā (vidējais izšķīdušā skābekļa saturs bija > 5.3 mg L⁻¹), kad visās paraugu ņemšanas vietās, kas ierīkotas renovētajos grāvjos, konstatēts mazāks vidējais izšķīdušā skābekļa saturs kā vidēji 2017. gadā.

2016. gadā pēc ceļu būves darbu uzsākšanas (oktobrī un novembrī) nav novērojama izšķīdušā skābekļa satura samazināšanās paraugu ņemšanas punktos, kas atrodas darbu veikšanas tiešā tuvumā (P3, P4 un P6), izņemot P4, kur izšķīdušā skābekļa saturs samazinājies no 8.09 mg L⁻¹ oktobrī līdz 5.24 mg L⁻¹ novembrī. Tomēr arī šajā gadījumā nevar apgalvot, ka samazināšanās saistāma tieši ar ceļu būves darbiem, jo līdzīga izšķīdušā skābekļa koncentrācija šajā punktā konstatēta arī augustā un septembrī. Līdzīgi arī 2017. gada pētījuma periodā vidējā izšķīdušā skābekļa satura samazināšanās paraugu ņemšanas punktos nav saistāma ar ceļu būves darbu veikšanu, jo izšķīdušā skābekļa satura izmaiņas konstatētas gan punktos, kas atrodas darbu veikšanas tiešā tuvumā (P2, P3, P4 un P6), gan punktos, kas neatrodas darbu veikšanas tiešā tuvumā (P5 un P7).

2018. gadā izšķīdušā skābekļa saturs vidēji ir samazinājies visos paraugu ņemšanas punktos, izņemot P1, kurā, kā jau minēts iepriekš, bija iespējams paņemt paraugus tikai pirmajos četros gada mēnešos. Izšķīdušā skābekļa koncentrācijas samazināšanās visticamāk ir saistāma ar meteoroloģiskajiem apstākļiem – sauso un karsto vasaru, jo skābekļa šķīdība samazinās, palielinoties ūdens temperatūrai. Izšķīdušā skābekļa saturu ietekmē arī organiskās vielas veidošanās un sadalīšanās procesi ūdensobjektos – jo intensīvāk noris, piemēram, ūdensaugu atmiršana, jo vairāk pieejamā izšķīdušā skābekļa tiek patērēts organiskās vielas sadalīšanās procesos. Turklāt jāņem vērā, ka 2018. gadā gaisa temperatūras arī rudens mēnešos bija visai augstas, tādējādi saglabājot augstu bioloģisko aktivitāti ūdensobjektos.



Attēls 7. Vidējais izšķīdušais skābekļa saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016., 2017. un 2018. gadā



Attēls 8. Izšķīdušais skābekļa saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2018. gada pētījumu periodā (janvāris – novembris)

Ūdens duļķainību ietekmē suspendēto daļiņu, koloīdu, izšķīdušo vielu un mikroorganismu saturs ūdenī; dabas ūdeņos to rada suspendētais materiāls (māla, smiltis un putekļu daļiņas, neorganiskās un organiskās vielas), aļģes, planktons vai citi mikroskopiski organismi, kas kavē gaismas caurlaidību ūdenī. Ūdens duļķainību rada arī krāsaina un fluorescējoša organiskā matērija (piemēram, humīnskābes). Liela ūdens duļķainība samazina saules gaismas caurlaidību ūdens vidē, un līdz ar to negatīvi ietekmē fotosintēzes norisi.

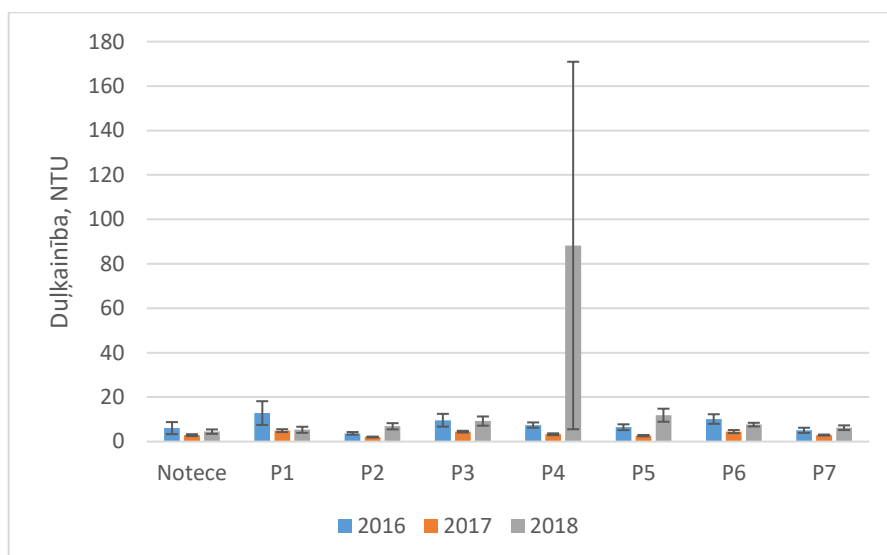
9. attēlā atspoguļota virszemes ūdeņu vidējā duļķainība Zalvītes modeļteritorijā 2016., 2017. un 2018. gada pētījumu periodā, savukārt 10. attēlā parādīta pa mēnešiem izvērsta virszemes ūdeņu duļķainība Zalvītes modeļteritorijā 2018. gada pētījumu periodā. 2016. gada pētījuma periodā duļķainība virszemes ūdeņos svārstījās amplitūdā no 1.4 NTU (nephelometriskās duļķainības vienības – *nephelometric turbidity units*) Zalvītes strauta noteces mērīšanas punktā līdz 32.8 NTU paraugu ņemšanas vietā P1, kas ierīkota nerenovētā grāvī. 2017. gada pētījuma periodā duļķainība virszemes ūdeņos svārstījās amplitūdā no 1.4 NTU paraugu ņemšanas vietā P2 līdz 9.8 NTU paraugu ņemšanas vietā P6, turklāt 2017. gada pētījuma periodā visās paraugu ņemšanas vietās vidējie ūdens duļķainības rādītāji ir samazinājušies, salīdzinot ar 2016. gadu. 2018. gada pētījuma periodā vidējie duļķainības rādītāji virszemes ūdeņos atkal ir palielinājušies, salīdzinot ar 2017. gadu, un svārstījās amplitūdā no < NR (noteikšanas robeža) paraugu ņemšanas vietā P2 un Zalvītes strauta noteces mērīšanas punktā līdz 667.1 NTU paraugu ņemšanas vietā P4. 2018. gada februārī paraugu ņemšanas vietā P4 tika novērota ekstremāli

augsta duļķainības vērtība (667.1 NTU), kas skaidrojama ar lokāla traucējuma ietekmi (piemēram, mežu dzīvnieku veikts saduļķojums vai cits mehānisks traucējums).

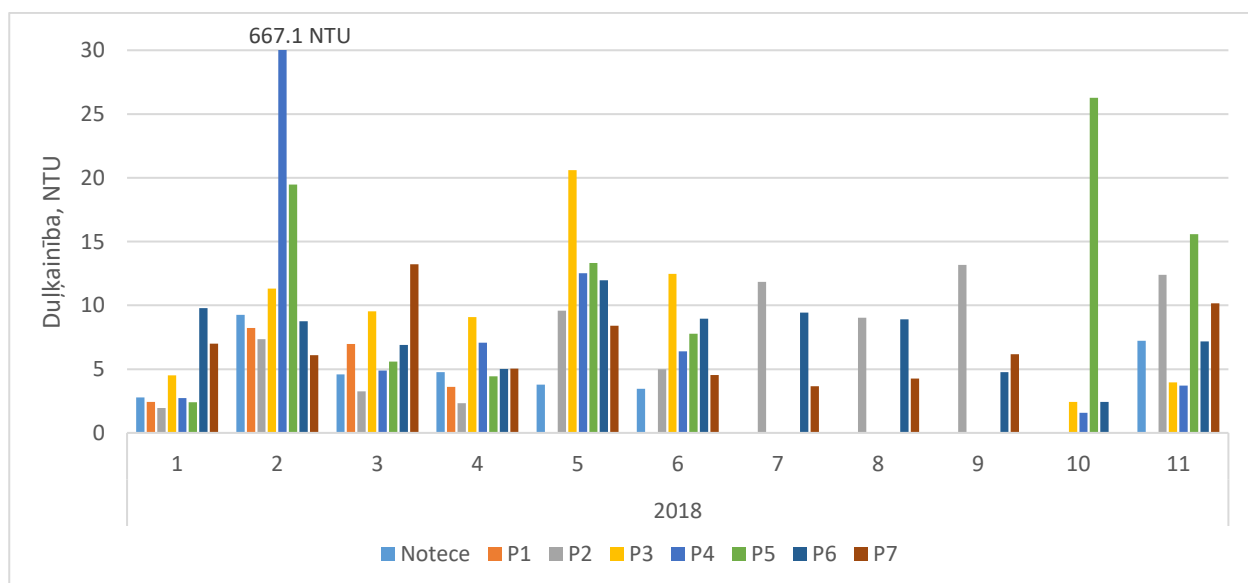
Renovētos grāvjos un Zalvītes strautā, kur 2015. gadā veikta gultnes tīrīšana (pirms noteces mērīšanas punkta), 2016. gada pētījuma periodā vidējā duļķainība bija 7.0 NTU, 2017. gada pētījuma periodā – 3.3 NTU, bet 2018. gada pētījuma periodā – 7.4 NTU (neieskaitot paraugu ņemšanas vietu P4, kur 2018. gada februārī vērojama ekstremāli augsta duļķainība). Jāņem vērā, ka 2018. gadā nelielā nokrišņu daudzuma rezultātā paraugu ņemšanas vietās ūdens apjoms nereti bija nepietiekams ūdens paraugu ņemšanai un analīzei, kas būtiski ietekmē gada vidējo vērtību.

2016. un 2017. gada pētījumu periodā lielākā vidējā duļķainība konstatēta paraugu ņemšanas vietā P1, kas ierīkota nerenovētā grāvī. Analizētajos paraugos 2017. gadā, kad pētījuma objektā tika veikta meža autoceļu izbūve, duļķainības rādītāji nepārsniedz 6 NTU. Attiecīgi var secināt, ka Zalvītes modeļteritorijā veiktā pietiekami intensīvā meža infrastruktūras izbūve nav negatīvi ietekmējusi šī ūdens kvalitātes rādītāja vērtības.

2018. gadā duļķainības rādītāji paraugu ņemšanas punktos (izņemot punktu P4 atsevišķās ekstremālās vērtības dēļ) vairumā gadījumu ir bijuši līdzīgi kā 2016.gadā (references periods pirms saimnieciskās darbības uzsākšanas). Noteces mērījumu punktā duļķainība 2018. gadā vidēji bijusi nedaudz lielāka nekā iepriekšējā pētījuma periodā, bet mazāka nekā 2016.gada sezonā.



Attēls 9. Vidējā virszemes ūdeņu duļķainība Zalvītes modeļteritorijā 2016., 2017. un 2018. gada pētījumu periodā



Attēls 10. Virszemes ūdeņu duļķainība Zalvītes modeļteritorijā 2018. gada pētījumu periodā (janvāris –novembris)

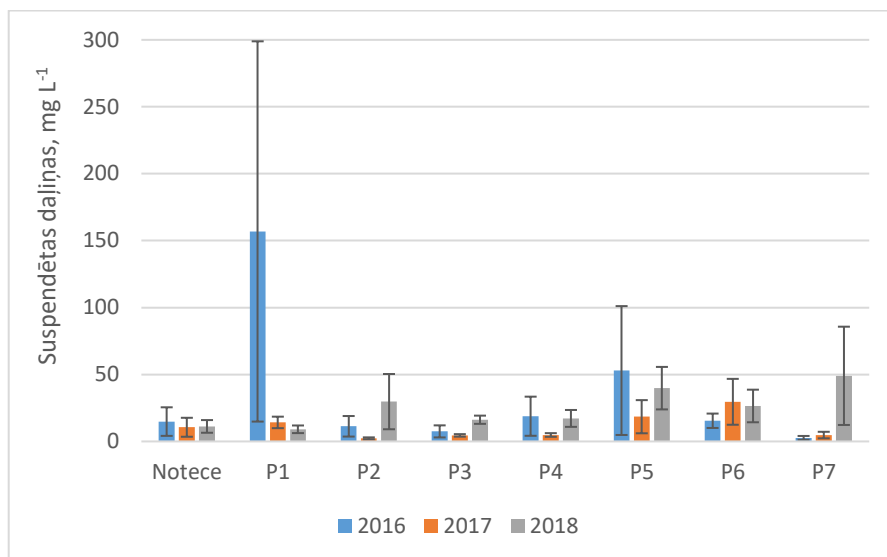
Suspendētās jeb koloidālās daļiņas ir daļiņas, kuru diametrs ir lielāks par 2 μm ; lielāko to daļu dabas ūdeņos veido neorganiskā viela. Saules siltuma absorbcijas rezultātā liels suspendēto daļiņu saturs ūdenī var veicināt ūdens temperatūras paaugstināšanos un izšķīdušā skābekļa satura samazināšanos.

Kopējais suspendēto daļiņu saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016., 2017. un 2018. gada pētījumu periodā svārstījās amplitūdā no $< 1 \text{ mg L}^{-1}$ renovētos grāvjos un Zalvītes strautā, kur 2015. gadā veikta gultnes tīrīšana, līdz 867 mg L^{-1} paraugu ņemšanas vietā P1, kas ierīkota nerenovētā grāvī (Attēls 11). Zalvītes strauta noteces mērīšanas punktā nav vērojamas būtiskas atšķirības starp kopējo suspendēto daļiņu saturu 2016., 2017. un 2018. gada pētījuma periodā, vidējais kopējais suspendēto daļiņu saturs bija $12 \pm 5 \text{ mg L}^{-1}$. 2016. gada pētījuma periodā renovētajos grāvjos un Zalvītes strautā visaugstākais suspendēto daļiņu saturs konstatēts jūlijā – vidēji 119 mg L^{-1} , 2017. gada pētījumu periodā visaugstākais vidējais suspendēto daļiņu saturs konstatēts janvārī – 53 mg L^{-1} , savukārt 2018. gada pētījumu periodā visaugstākais vidējais suspendēto daļiņu saturs konstatēts martā (76 mg L^{-1}), ko nosaka ekstremāli augstā vērtība paraugu ņemšanas vietā P7 (415 mg L^{-1} , Attēls 12). 2017. gada pētījumu periodā vislielākais suspendēto daļiņu saturs konstatēts paraugu ņemšanas vietā P6, kur būtiski palielināts suspendēto daļiņu saturs konstatēts 2017. gada janvārī un februārī, bet 2018. gada pētījumu periodā vislielākais suspendēto daļiņu saturs konstatēts paraugu ņemšanas vietā P7, kur būtiski palielināts suspendēto daļiņu saturs konstatēts 2018. gada martā (Attēls 12).

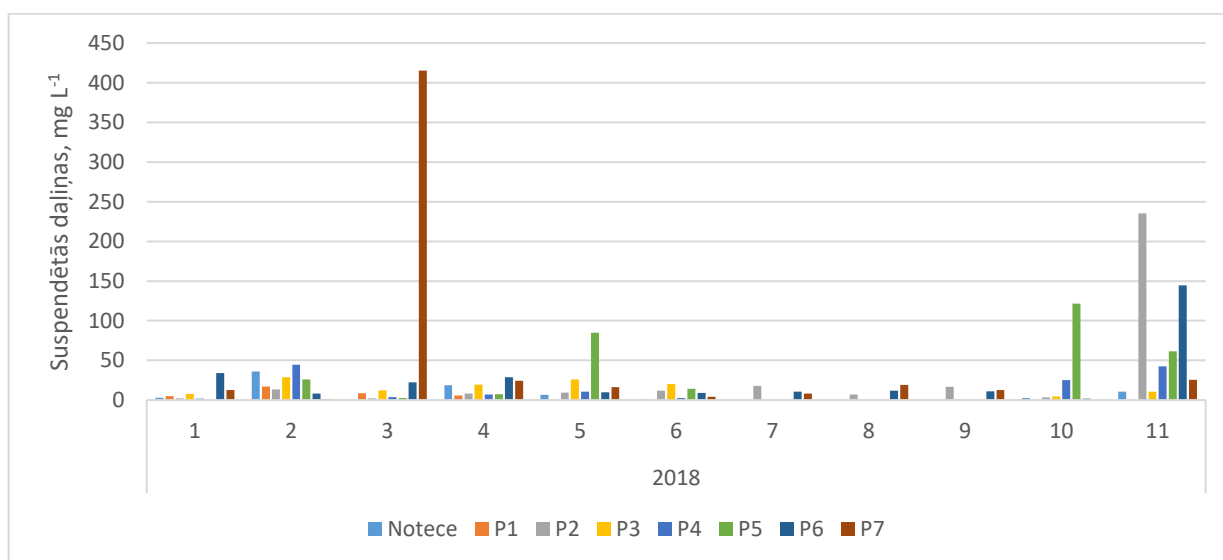
Paraugu ņemšanas vietā P1, kas ierīkota nerenovētā grāvī, 2017. un 2018. gada pētījuma periodā vērojams ievērojami mazāks vidējais suspendēto daļiņu saturs (vidēji 12 mg L^{-1}), salīdzinot ar 2016. gadu, kad vidējais suspendēto daļiņu saturs bija 157 mg L^{-1} . Turklāt 2018. gada pētījuma periodā paraugu ņemšanas vietā P1 konstatēts mazākais vidējais suspendēto daļiņu saturs, salīdzinot ar citām paraugu ņemšanas vietām, kas ierīkotas Zalvītes strautā un renovētos grāvjos (P2-P7).

MK noteikumu Nr. 118 "Noteikumi par virszemes un pazemes ūdeņu kvalitāti" 3.pielikumā "Ūdens kvalitātes normatīvi prioritārajiem zivju ūdeņiem" dotais mērķlielums suspendētajām daļiņām gan lašveidīgo, gan karpveidīgo zivju ūdeņos ir $\leq 25 \text{ mg L}^{-1}$, turklāt šis rādītājs var tikt pārsniegts neraksturīgu hidroloģisku vai meteoroloģisku apstākļu dēļ. Zalvītes modeļteritorijā 2017. gadā, kad objektā veikti ceļu būves darbi, šī rādītāja gada vidējā vērtība ir pārsniegta mērījumu punktā P6. Analizējot datus pa mēnešiem, konstatēts, ka šo rezultātu ietekmējusi suspendēto daļiņu koncentrācija janvāra un februāra paraugos, bet pārējos mēnešos suspendēto daļiņu koncentrācija nav pārsniegusi 15 mg L^{-1} , turklāt noteces mērīšanas punktā Zalvītes strautā arī gada vidējā koncentrācija 2017.gadā ir bijusi 11.1 mg L^{-1} . Tātad pētījuma objektā meža autoceļu būve nav palielinājusi suspendēto daļiņu koncentrācijas ūdenī līdz tādām līmenim, kas varētu pasliktināt promtekas – Zalvītes strauta – ekoloģisko kvalitāti un apdraudēt dzīvības procesus tajā.

2018.gadā suspendēto daļiņu vidējā koncentrācija ir palielinājusies lielākajā daļā paraugošanas punktu, bet ne noteces mērīšanas punktā. Vairākos punktos novērojama visai liela vērtību izkliede (sevišķi mērījumu punktā P7). Vidēji zemākā suspendēto daļiņu koncentrācija konstatēta mērījumu punktā P1, taču jāņem vērā, ka tur paraugi pieejami tikai no pirmajiem četriem gada mēnešiem; pārējo daļu gada šis grāvis bija sauss.



Attēls 11. Vidējais kopējais suspendēto daļiņu saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016., 2017. un 2018. gada pētījumu periodā

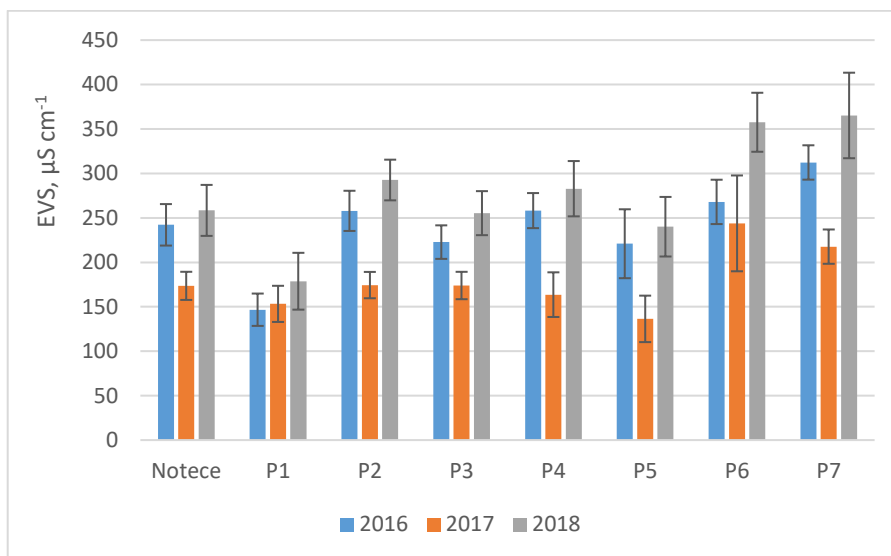


Attēls 12. Kopējais suspendēto daļiņu saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2018. gada pētījumu periodā (janvāris – novembris)

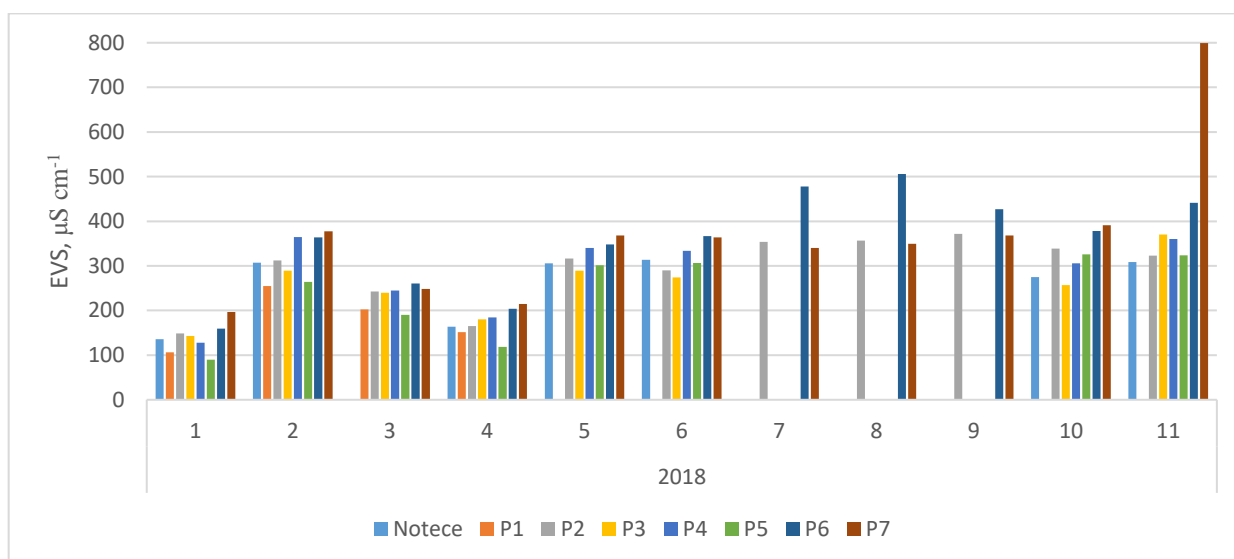
Ūdens elektrovadītspēja (EVS) tieši raksturo ūdenī izšķīdušo kopējo sāļu daudzumu. Elektrovadītspēju ietekmē ūdens temperatūra – jo tā augstāka, jo lielāka arī elektrovadītspēja. 13. attēlā atspoguļota virszemes ūdeņu vidējā elektrovadītspēja Zalvītes modeļteritorijā 2016., 2017. un 2018. gada pētījumu periodā. 14. attēlā parādīta pa mēnešiem izvērstā virszemes ūdeņu elektrovadītspēja Zalvītes modeļteritorijā 2018. gada pētījumu periodā. Visā pētījuma periodā (2016.-2018. gads) virszemes ūdeņu elektrovadītspēja svārstījās amplitūdā no $28.8 \mu\text{S cm}^{-1}$ (paraugu ņemšanas vietā P4, 2017. gada jūlijā) līdz $810.0 \mu\text{S cm}^{-1}$ (paraugu ņemšanas vietā P6, 2017. gada jūlijā), turklāt 2018. gadā visās paraugu ņemšanas vietās konstatēts augstākās gada vidējās elektrovadītspējas vērtības, salīdzinot ar 2016. un 2017. gadu (Attēls 13). Renovētos grāvjos un Zalvītes strautā pētījuma periodā vidējā elektrovadītspēja bija $240.0 \mu\text{S cm}^{-1}$, bet mazākā vidējā elektrovadītspēja konstatēta nerenovētā grāvī – $156.2 \mu\text{S cm}^{-1}$. Analizējot virszemes ūdens elektrovadītspējas rādītājus 2017. gada griezumā, vidēji lielākā elektrovadītspēja ($293.4 \mu\text{S cm}^{-1}$) konstatēta maija mēnesī, kaut gan paraugu ņemšanas vietā P5 un P6 lielākās virszemes ūdens elektrovadītspējas vērtības konstatētas jūlija mēnesī. 2018. gada griezumā lielākā gada vidējā elektrovadītspēja ($293.4 \mu\text{S cm}^{-1}$) konstatēta novembra mēnesī, ko būtiski ietekmējusi paaugstinātā elektrovadītspējas vērtība paraugu ņemšanas vietā P7 ($799.0 \mu\text{S cm}^{-1}$).

Atbilstoši Behar (1997) ūdenstecēs, lai tās spētu uzturēt daudzveidīgas dzīvo organismu populācijas, elektrovadītspējai ideālā gadījumā būtu jābūt robežās no 150 līdz $500 \mu\text{S cm}^{-1}$. Zalvītes modeļteritorijā ūdens

elektrovadītspēja vidēji 2016. gadā paraugu ņemšanas punktos variēja no 147 līdz 312 $\mu\text{S cm}^{-1}$, 2017. gadā vidēji no 136 līdz 244 $\mu\text{S cm}^{-1}$, bet 2018. gadā vidēji no 179 līdz 365 $\mu\text{S cm}^{-1}$, tātad visai tuvu šim intervālam. Vidēji lielākās EVS vērtības, salīdzinot ar iepriekšējiem pētījuma gadiem, saistāmas ar ekstremāli sauso un karsto vasaru, jo, kā minēts iepriekš, EVS tieši ietekmē ūdens temperatūra. Atsevišķos gadījumos elektrovadītspēja ūdens paraugos bija mazāka par 100 $\mu\text{S cm}^{-1}$. Tomēr zema EVS nedod pamatu bažām par ūdens kvalitātes samazināšanos.



Attēls 13. Vidējā virszemes ūdeņu elektrovadītspēja Zalvītes modeļteritorijā 2016., 2017. un 2018. gada pētījumu periodā

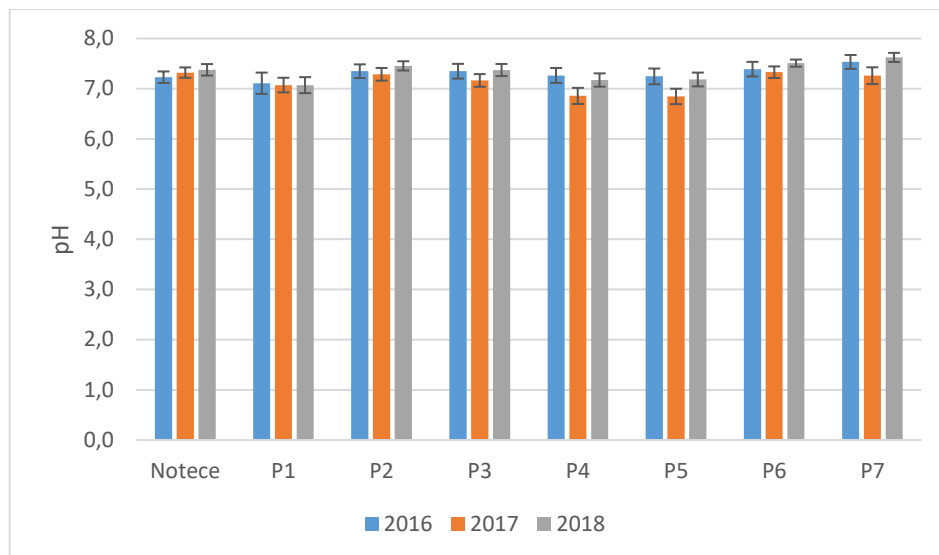


Attēls 14. Virszemes ūdeņu elektrovadītspēja Zalvītes modeļteritorijā 2018. gada pētījumu periodā (janvāris –novembris)

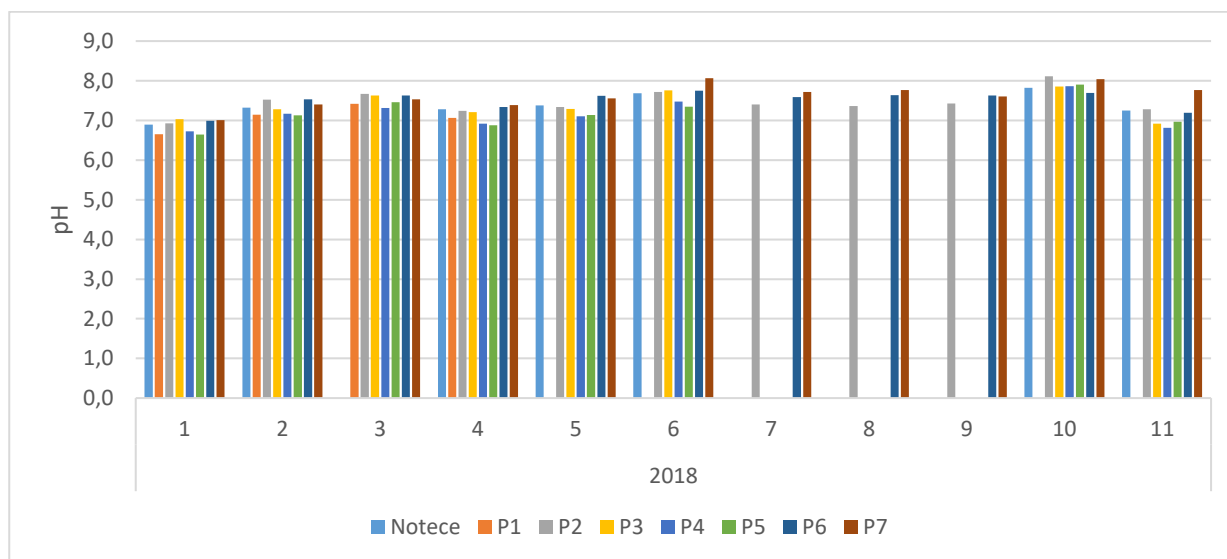
pH vērtība nosaka, cik skābs vai bāzisks ir ūdens. Tas ir nozīmīgs ūdens kvalitāti raksturojošs rādītājs, jo nosaka gan barības vielu un citu ķīmisko elementu šķīdību ūdenī, gan šo vielu bioloģisko pieejamību (vai smago metālu gadījumā – to toksiskuma līmeni). Metāli ir toksiskāki pie zemākām pH vērtībām, jo šādos apstākļos tie ir vairāk šķīstoši. pH izmaiņas par vienu vienību nozīmē to, ka skābums ir mainījies desmit reizes.

15. attēlā atspoguļots vidējais virszemes ūdeņu pH Zalvītes modeļteritorijā 2016., 2017. un 2018. gada pētījumu periodā. Virszemes ūdeņu pH svārstījās amplitūdā no 5.9 paraugu ņemšanas vietā P7 līdz 8.4 paraugu ņemšanas vietās P2, P6 un P7, bet visā pētījumu periodā vidējais virszemes ūdeņu pH bija 7.26 ± 0.03 . Dabiskās ūdenstecēs un ūdentilpēs pH vērtība ir diapazonā no 6-8, bet izteikti negatīva ietekme uz ūdens organismiem sāk izpausties tad, kad ūdens pH samazinās zem 5 vai palielinās virs 9.6. Mūsu pētījuma objektā analīžu rezultāti neliecina par virszemes ūdeņu paskābināšanas problēmu, kaut gan 2017. gada pētījumu periodā vērojama

neliela virszemes ūdeņu vidējās pH vērtības samazināšanās, salīdzinot ar 2016. gadu. Ūdenstecēs pH samazināšanos izraisa virkne dabisku faktoru, piemēram, skujkoku nobiru nokļūšana un sadalīšanās tajās, kā arī organiskās skābes. 2017. gadā palielinātā nokrišņu daudzuma dēļ bija lielāka virszemes notece, attiecīgi ūdenī nokļuva lielāks daudzums organiskās vielas, no kuras lielu daļu veido organiskās skābes. Par šo dabisko procesu tieši liecina izšķīdušā organiskā oglekļa satura palielināšanās mērījumu punktos (Attēls 23). Tomēr būtiskas pH atšķirības starp paraugu ņemšanas vietām 2017.gada pētījuma periodā netika konstatētas, un nav pamata apgalvot, ka nelielās izmaiņas būtu izraisījusi meža autoceļu būve. 2018. gadā pH vērtības visos paraugu ņemšanas punktos atkal ir palielinājušās, tomēr šis palielinājums nav uzskatāms par būtisku.



Attēls 15. Vidējais virszemes ūdeņu pH Zālītes modeļteritorijā 2016., 2017. un 2018. gada pētījuma periodā

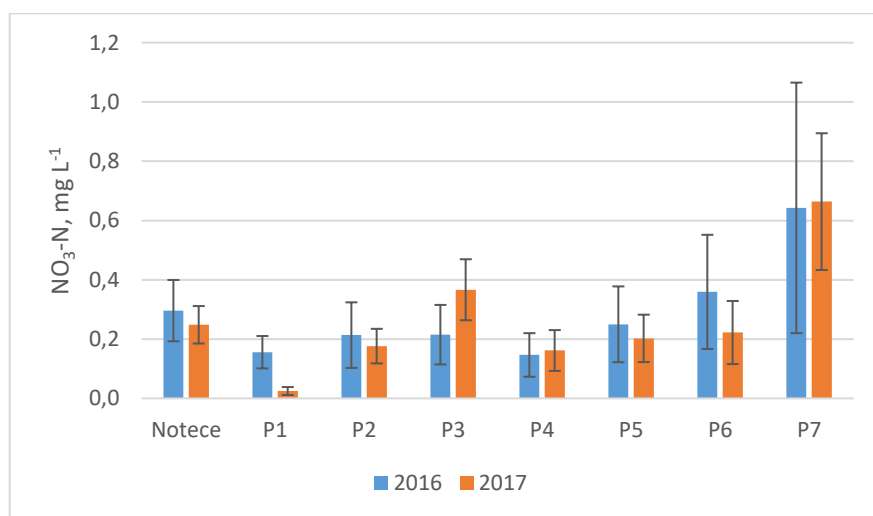


Attēls 16. Virszemes ūdeņu pH Zālītes modeļteritorijā 2018. gada pētījuma periodā (janvāris –novembris)

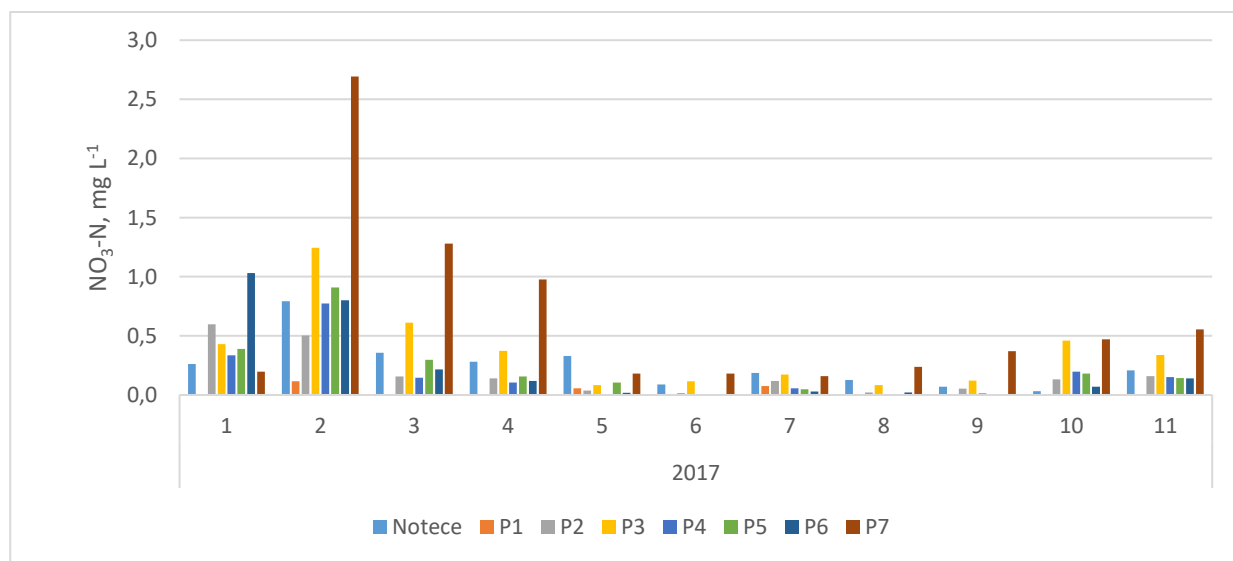
Tiros virszemes ūdeņos nitrātu koncentrācija parasti ir līdz $0.4-8 \text{ mg L}^{-1}$, bet piesārņotos ūdeņos – pat līdz 50 mg L^{-1} , kas ir ES Nitrātu direktīvā noteiktā nitrātu satura robežvērtība. Nitrātu sezonālās mainības raksturu ietekmē atšķirības starp nitrātjonu pieplūdes un patēriņa avotiem. Galvenie nitrātu avoti meža ekosistēmās ir organisko un neorganisko vielu pārvērtības un transformācijas procesi. Slāpekļa savienojumu apriti nosaka mikroorganismu darbība (Kļaviņš, Cimdiņš, 2004).

17. attēlā atspoguļots vidējais nitrātu saturs virszemes ūdeņos Zālītes modeļteritorijā 2016. un 2017. gada pētījumu periodā. 18. attēlā parādīts pa mēnešiem izvērstais nitrātu saturs virszemes ūdeņos Zālītes modeļteritorijā 2017. gada pētījumu periodā. Informācija par nitrātu saturu virszemes ūdeņos Zālītes modeļteritorijā 2018. gadā tiks pievienota pēc laboratorisko analīžu pabeigšanas. Slāpekļa galvenā neorganisko savienojumu forma virszemes ūdeņos pētījuma objektā ir nitrātu forma – vidēji 17% no kopējā slāpekļa satura

virszemes ūdeņos ir nitrātu formā. 2016. gada pētījuma periodā nitrātu saturs virszemes ūdeņos mūsu pētījumu objektā svārstījās amplitūdā no $<0.01 \text{ mg NO}_3\text{-N L}^{-1}$ līdz $3.92 \text{ mg NO}_3\text{-N L}^{-1}$, bet 2016. gada pētījuma periodā vidējais nitrātu saturs virszemes ūdeņos bija $0.29 \text{ mg NO}_3\text{-N L}^{-1}$. 2017. gada pētījuma periodā nitrātu saturs virszemes ūdeņos svārstījās amplitūdā no $<0.01 \text{ mg NO}_3\text{-N L}^{-1}$ līdz $2.69 \text{ mg NO}_3\text{-N L}^{-1}$, bet 2017. gada pētījuma periodā vidējais nitrātu saturs virszemes ūdeņos līdzīgi kā 2016. gada pētījuma periodā bija $0.26 \text{ mg NO}_3\text{-N L}^{-1}$. Būtiskas nitrātu satura atšķirības starp paraugu ņemšanas vietām pētījuma periodā netika konstatētas, kaut gan lielākais vidējais nitrātu saturs gan 2016. gada, gan 2017. gada pētījuma periodā konstatēts paraugu ņemšanas vietā P7, kas neatrodas ceļu būves darbu veikšanas tiešā tuvumā. 2017. gada pētījuma periodā lielāks nitrātu saturs virszemes ūdeņos konstatēts ziemas mēnešos (janvārī un februārī) – vidēji $0.74 \text{ mg NO}_3\text{-N L}^{-1}$. Objekts Zalvīte atrodas Lielupes upju baseinu apgabalā. 2015. gada vidējā $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācija Lielupes baseina ūdenstīlpēs bija $0.09 - 4.28 \text{ mg NO}_3\text{-N L}^{-1}$, bet maksimālā – $14.9 \text{ mg NO}_3\text{-N L}^{-1}$ (LVĢMC, 2016), kas ir ievērojami vairāk kā mūsu pētītajos virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā. 2016. gada vidējā $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācija Lielupes baseina ūdenstīlpēs bija $0.03 - 9.50 \text{ mg L}^{-1}$, bet maksimālā koncentrācija – 20.40 mg L^{-1} (konstatēta Svitenes grīvā; LVĢMC, 2017), savukārt 2017. gada vidējā $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācija Lielupes baseina ūdenstīlpēs bija $0.04 - 4.61 \text{ mg L}^{-1}$, bet maksimālā koncentrācija – 13.00 mg L^{-1} (konstatēta Tērvetē augšpus Tērvetes ciema; LVĢMC, 2018). Informācija par gada vidējām nitrātu vērtībām virszemes ūdeņos 2018. gadā vēl nav pieejama.



Attēls 17. Vidējais nitrātu saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016. un 2017. gada pētījuma periodā¹



Attēls 18. Nitrātu saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2017. gada pētījuma periodā (janvāris –novembris)

Amonija joni dabas ūdeņos veidojas, sadaloties organiskajām slāpekli saturošajām vielām heterotrofo baktēriju darbības rezultātā. Sadaloties organiskajām vielām, kā starpprodukti veidojas relatīvi daudz dažādu

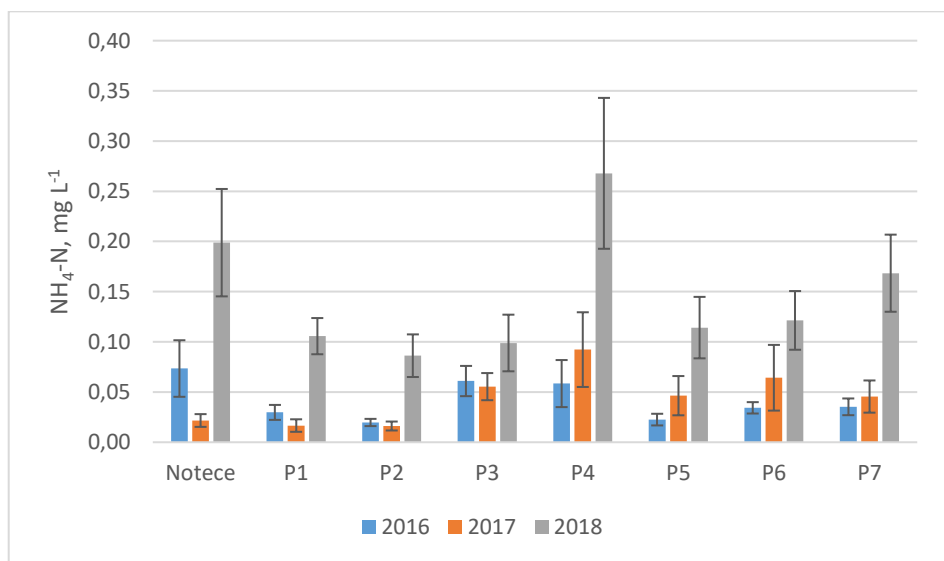
¹ Informācija par nitrātiem tiks pievienota pēc laboratorisko analīžu pabeigšanas

slāpekļa savienojumu, tomēr to akumulācija ūdeņos nenotiek, jo to bioloģiskā stabilitāte ir zema. Atkarībā no vides pH, amonjaks ūdens vidē pastāv kā NH_4^+ jons (tipiski, ja ūdens $\text{pH} < 7$) vai nedisociētā NH_4OH . Amonija joni sorbējas uz suspendētām daļiņām ūdens vidē, bet purvu ūdeņos tie var būt saistīti humīnskābju un fulvoskābju sāļu veidā. Saistišanās ar organiskām vai suspendētām vielām samazina jonu bioloģisko pieejamību. Amonija jonu saturs dabas ūdeņos ir atkarīgs no bioloģisko procesu rakstura tajos, un tāpēc sezonālie procesi ietekmē amonija jonu koncentrācijas. Tipiski vasaras sezonā notiek to intensīva asimilācija, bet ziemas laikā to koncentrācija ūdeņos pieaug (Kļaviņš, Cimdiņš, 2004).

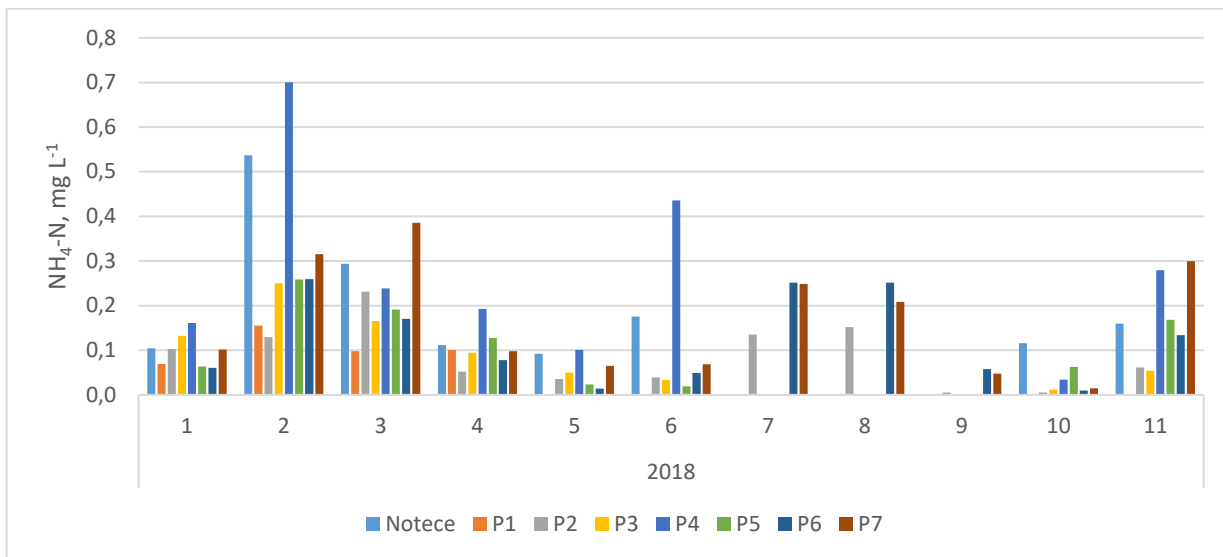
Amonija jonu saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016. gada pētījumu periodā svārstījās amplitūdā līdz $0.25 \text{ mg NH}_4^+-\text{N L}^{-1}$, bet 2016. gada pētījuma periodā vidējais amonija jonu saturs virszemes ūdeņos bija $0.04 \text{ mg NH}_4^+-\text{N L}^{-1}$. 2017. gada pētījumu periodā amoniju jonu saturs virszemes ūdeņos svārstījās amplitūdā līdz $0.46 \text{ mg NH}_4^+-\text{N L}^{-1}$, bet pētījuma periodā vidējais amonija jonu saturs virszemes ūdeņos bija $0.05 \text{ mg NH}_4^+-\text{N L}^{-1}$. Savukārt 2018. gada pētījumu periodā amoniju jonu saturs virszemes ūdeņos svārstījās amplitūdā līdz $0.70 \text{ mg NH}_4^+-\text{N L}^{-1}$, bet pētījuma periodā vidējais amonija jonu saturs virszemes ūdeņos bija $0.14 \text{ mg NH}_4^+-\text{N L}^{-1}$, kas ir būtiski lielāks kā vidēji 2016. un 2017. gadā (Attēls 19, Attēls 20). 2016. un 2017. gadā pētījumu objektā tikai vidēji 3.6% no kopējā slāpekļa satura virszemes ūdeņos ir amonija jonu formā, bet 2018. gadā (janvāris – augusts) vidēji 13.2% no kopējā slāpekļa satura virszemes ūdeņos ir amonija jonu formā. Salīdzinot pētījuma perioda vidējo amonija jonu saturu virszemes ūdeņos dažādās paraugu ņemšanas vietās, lielāks vidējais amonija jonu saturs 2016. gada pētījuma periodā konstatēts Zalvītes strautes noteces mērīšanas punktā ($0.07 \text{ mg NH}_4-\text{N L}^{-1}$), bet 2017. un 2018. gada pētījuma periodā – paraugu ņemšanas vietā P4 (attiecīgi $0.09 \text{ mg NH}_4-\text{N L}^{-1}$ un $0.27 \text{ mg NH}_4-\text{N L}^{-1}$).

Gan nitrātu, gan amonija jonu koncentrācijas dabas ūdeņos veģetācijas sezonas laikā stipri variē. Amonija joni dabas ūdeņos veidojas heterotrofisku baktēriju darbības rezultātā kā organiskās matērijas sadalīšanās primārais galaprodukts. Slāpekļa nitrifikācijas procesu rezultātā amonija jonu koncentrācijas parasti ir zemas ūdeņos ar lielu izšķīdušā skābekļa saturu. Ja izšķīdušā skābekļa koncentrācijas dabas ūdeņos ir zemas, tiek pārtraukta amonija jonu nitrifikācija, samazinās sedimentu absorbcijas kapacitāte un palielinās amonija jonu atbrīvošana no sedimentiem. Rezultātā amonija jonu koncentrācijas var pieaugt (Quirós 2003). Visticamāk amonija jonu koncentrācijas pieaugums mūsu pētījuma objekta ūdeņos skaidrojams tieši ar šiem procesiem, ko izraisījuši klimatiski apstākļi.

Atbilstoši MK noteikumiem Nr.118 “Noteikumi par virszemes un pazemes ūdeņu kvalitāti” 3.pielikumam “Ūdens kvalitātes normatīvi prioritārajiem zivju ūdeņiem”, amonija jonu koncentrācijas robežlielums abu tipu ūdensobjektiem ir 0.78 mg L^{-1} (attiecīgi NH_4-N koncentrācijas robežlielums ir 0.61 mg L^{-1}), šis robežlielums pārsniegts vienu reizi mērījumu punktā P4 2018. gada februārī (Attēls 20).



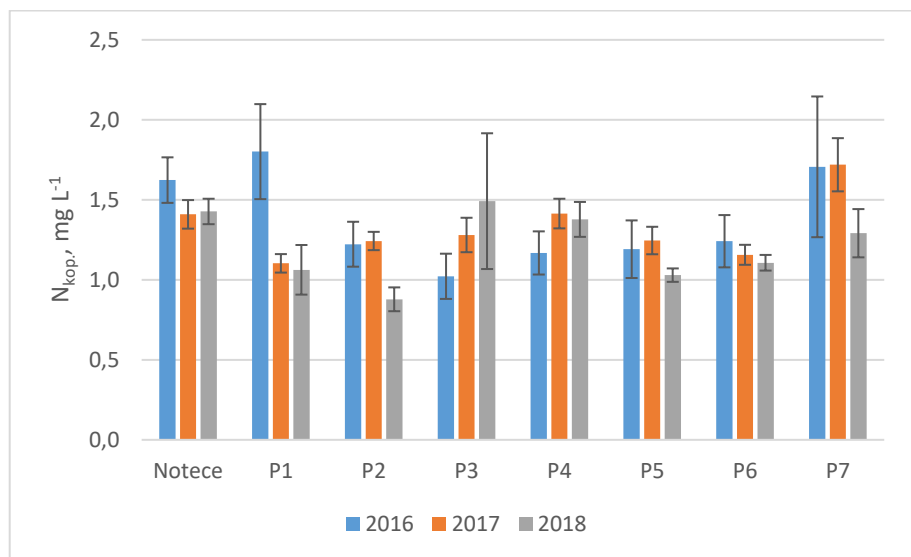
Attēls 19. Vidējais amonija jonu saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016., 2017. un 2018. gada pētījuma periodā



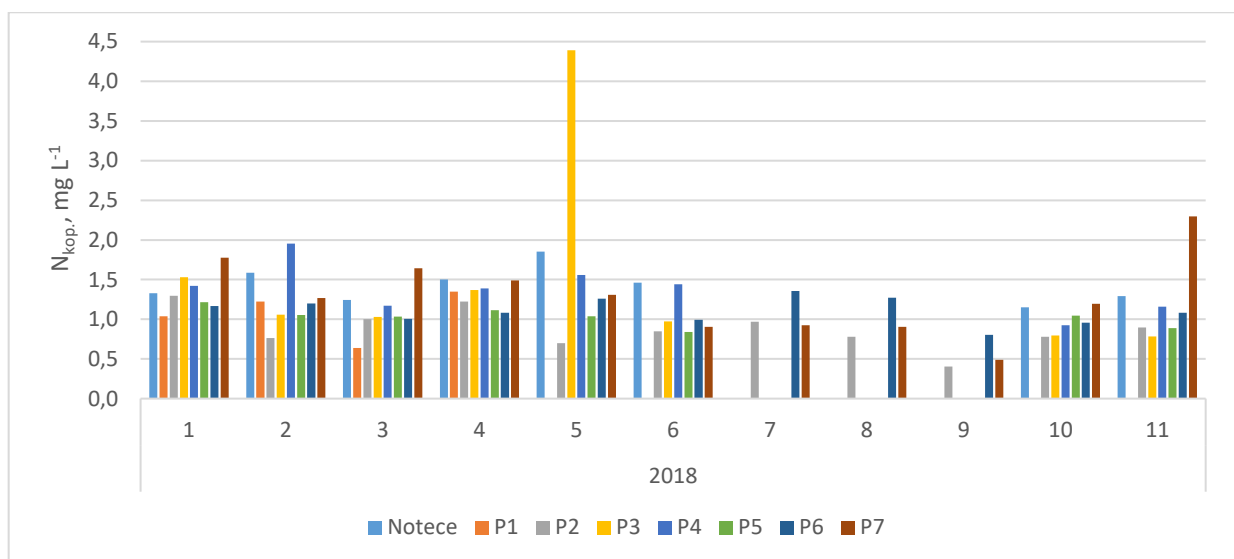
Attēls 20. Amonija jonu saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2018. gada pētījumu periodā (janvāris – novembris)

21. attēlā parādīts vidējais kopējā slāpekļa saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016., 2017. un 2018. gada pētījumu periodā. 22. attēlā atspoguļots pa mēnešiem izvērstais kopējā slāpekļa saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2018. gada pētījumu periodā (janvāris - novembris). Savukārt 23. un 24. attēlā parādīts izšķīdušā organiskā oglekļa saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016., 2017. un 2018. gadā. Pētījumu objektā vidēji 83% no kopējā slāpekļa satura virszemes ūdeņos ir organisko savienojumu formā. 2016. gada pētījuma periodā starp kopējā slāpekļa un izšķīdušā organiskā oglekļa saturu virszemes ūdeņos konstatēta vidēji cieša pozitīva korelācija (korelācijas koeficients r ir 0.53), bet 2017. un 2018. gada pētījuma periodā konstatēta vāja korelācija (korelācijas koeficients r attiecīgi ir 0.31 un 0.14). Salīdzinot kopējā slāpekļa un izšķīdušā organiskā oglekļa saturu dažādās paraugu ņemšanas vietās pētījuma objektā, 2016. gada pētījuma periodā lielākais vidējais kopējā slāpekļa un izšķīdušā organiskā oglekļa saturs (1.9 mg N L^{-1} un 66.5 mg C L^{-1}) konstatēts paraugu ņemšanas vietā P1, kas ierīkota nerenovētā grāvī. 2017. gada pētījuma periodā lielākais vidējais kopējā slāpekļa saturs konstatēts paraugu ņemšanas vietā P7 (1.7 mg N L^{-1}), kur 2017. gada pētījuma periodā konstatēts arī lielākais nitrātu saturs virszemes ūdenī (Attēls 17), bet lielākais izšķīdušā organiskā oglekļa saturs konstatēts paraugu ņemšanas vietā P4 (58.4 mg C L^{-1}). 2018. gada pētījuma periodā (janvāris - novembris) lielākais vidējais kopējā slāpekļa saturs konstatēts paraugu ņemšanas vietā P3 (1.5 mg N L^{-1}), bet lielākais izšķīdušā organiskā oglekļa saturs konstatēts paraugu ņemšanas vietā P4 (59.0 mg C L^{-1}), līdzīgi kā 2017. gadā. Salīdzinot kopējā slāpekļa saturu virszemes ūdeņos sezonālā griezumā, 2017. gadā lielākais kopējā slāpekļa saturs, līdzīgi kā analizējot nitrātu saturu virszemes ūdeņos, tika konstatēts februārī (attiecīgi, 1.8 mg N L^{-1}), bet 2018. gadā – maijā (attiecīgi, 1.7 mg N L^{-1} , Attēls 22). Lielākais vidējais izšķīdušā oglekļa saturs virszemes ūdeņos 2017. gada pētījuma periodā konstatēts oktobrī – 74.7 mg C L^{-1} , bet 2018. gada pētījuma periodā (janvāris-novembris) – janvārī (attiecīgi, 62.7 mg C L^{-1} , Attēls 24).

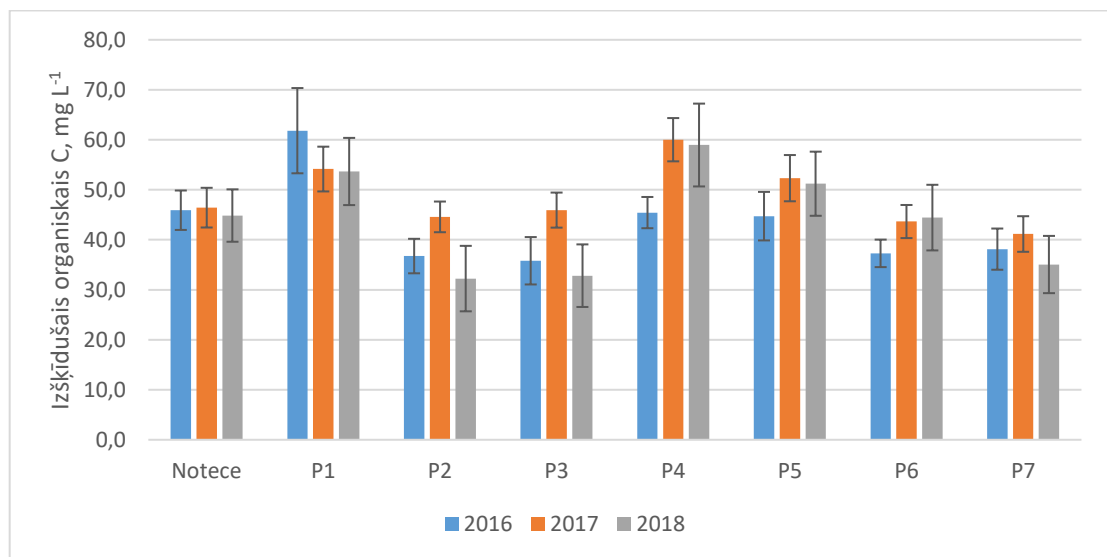
Atbilstoši modeļteritorijā iegūtajiem datiem, rudens un ziemas mēnešos palielinās nitrātu un amonija koncentrācija ūdens paraugos, kā arī pieaug šo savienojumu īpatsvars kopējā slāpekļa saturā, tajā pašā laikā samazinoties organiskā slāpekļa īpatsvaram. Atkarībā no dažādu dabisku faktoru ietekmes slāpekļis ūdensobjektos var atrasties amonija, nitrātu un organisko savienojumu veidā, un slāpekļa savienojumiem dabā ir raksturīga izteikta sezonālā dinamika, ar ko skaidrojamas slāpekļa un tā savienojumu koncentrācijas izmaiņas arī mūsu pētījuma objektā. Līdzīgas izmaiņu tendences novērotas arī otrā pētījuma modeļteritorijā Slīterē, kur mežā netiek veikta nekāda saimnieciskā darbība.



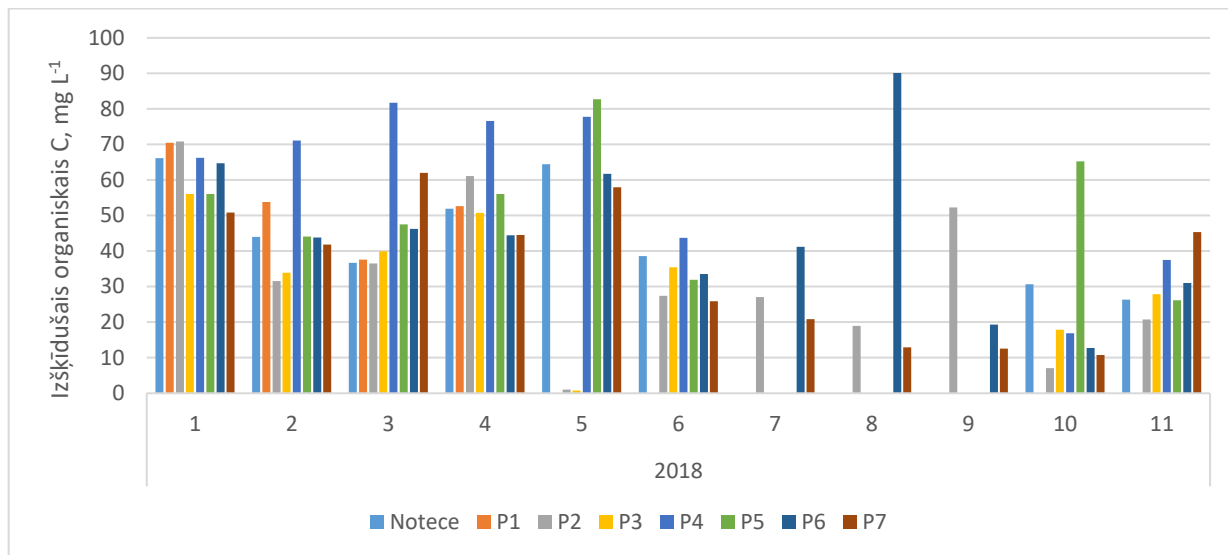
Attēls 21. Vidējais kopējā slāpekļa saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016., 2017. un 2018. gada pētījuma periodā



Attēls 22. Kopējā slāpekļa saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2017. gada pētījumu periodā (janvāris – augusts)



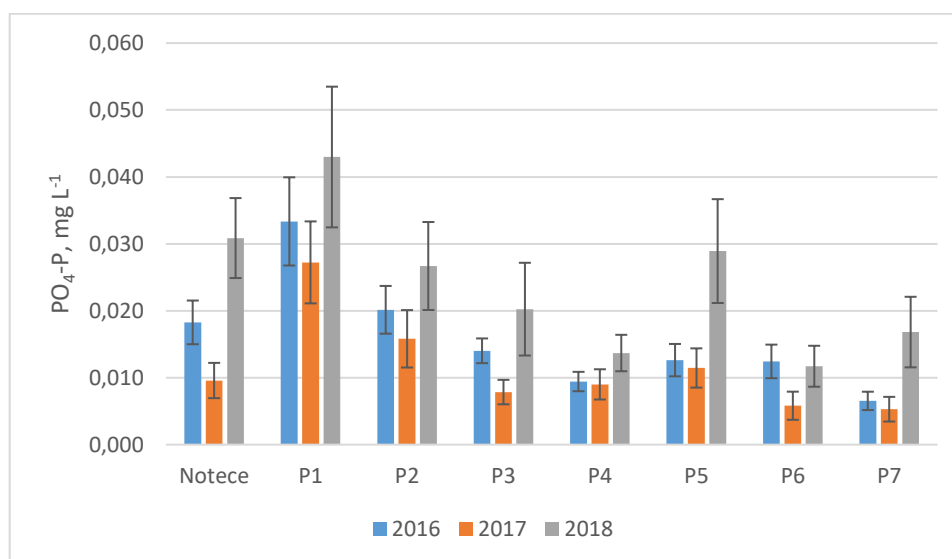
Attēls 23. Vidējais izšķīdušā organiskā oglekļa saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016., 2017. un 2018. gada pētījuma periodā



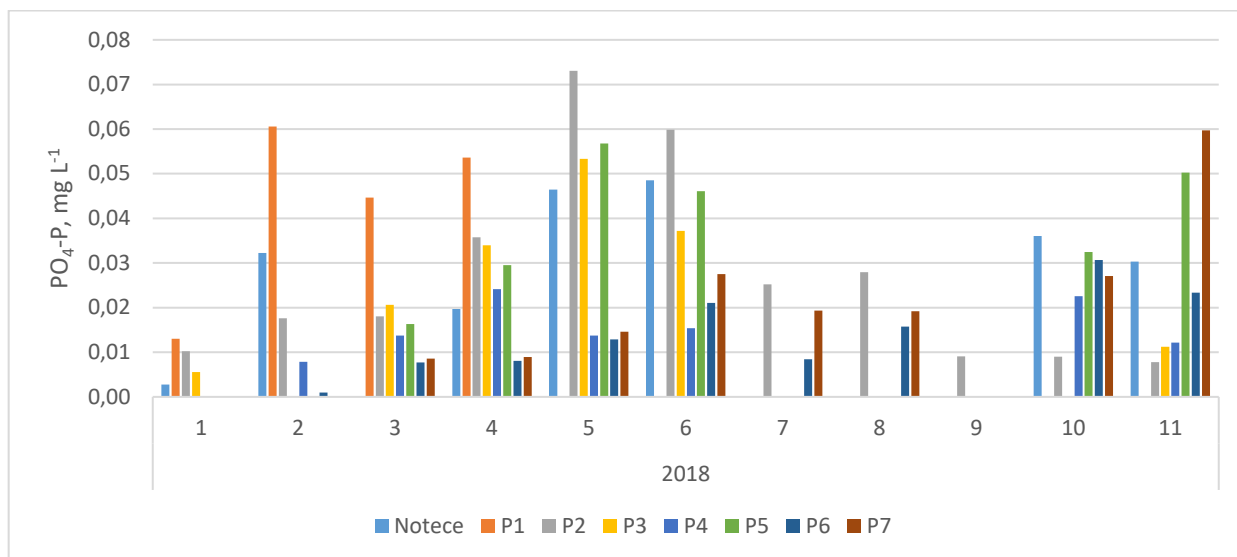
Attēls 24. Izšķīdušā organiskā oglekļa saturs virszemes ūdeņos Zālītes modeļteritorijā 2018. gada pētījuma periodā (janvāris –novembris)

25. attēlā atspoguļots vidējais fosfātu saturs virszemes ūdeņos Zālītes modeļteritorijā 2016., 2017. un 2018. gada pētījuma periodā. Fosfora savienojumiem ir liela nozīme ūdenskrātuvju eitrofikācijas procesos. Salīdzinot fosfātu saturu dažādās paraugu ņemšanas vietās pētījuma objektā, lielākais vidējais fosfātu saturs gan 2016. gada, gan 2017. gada, gan arī 2018. gada pētījuma periodā (vidēji $0.03 \text{ mg PO}_4^{3-}\text{-P L}^{-1}$) konstatēts paraugu ņemšanas vietā P1, kas ierīkota nerenovētā grāvī. Ziemeļkarolīnas Štata universitātes publikācijā (2016) kā fosfātu satura robežvērtība tekošos ūdeņos ir minēti $0.03 \text{ mg PO}_4^{3-}\text{-P L}^{-1}$, M. Kļaviņa (2004) dotā koncentrācijas robežvērtība fosfātiem ir 0.05 mg L^{-1} , tātad teorētiski var uzskatīt, ka šajā paraugu ņemšanas vietā (P1) pastāv eitrofikācijas draudi. Starp P1 un pārējām paraugu ņemšanas vietām arī tika konstatētas būtiskas atšķirības, salīdzinot vidējās vērtības visā pētījuma periodā kopā ($p < 0.005$). Analizējot fosfātu saturu virszemes ūdenī sezonālā griezumā, 2017. gadā lielākais fosfātu saturs virszemes ūdenī konstatēts jūnija mēnesī ($0.03 \text{ mg PO}_4^{3-}\text{-P L}^{-1}$), bet 2018. gadā – maija mēnesī (vidēji $0.04 \text{ mg PO}_4^{3-}\text{-P L}^{-1}$) (Attēls 26).

2018. gadā konstatēta tendence fosfātu koncentrācijai visās paraugu ņemšanas vietās paaugstināties, kas atkal skaidrojama ar gaisa un ūdens temperatūras atšķirībām starp pētījuma periodiem un paātrinātiem organiskās vielas mineralizācijas procesiem 2018. gadā pie paaugstinātas ūdens temperatūras. Koncentrācijas robežvērtība $0.05 \text{ mg PO}_4^{3-}\text{-P L}^{-1}$ šajā pētījuma periodā ir pārsniegta vairākas reizes mērījumu punktos P1, P2, P3 un P5, taču ne noteses mērīšanas punktā.



Attēls 25. Vidējais fosfātu saturs virszemes ūdeņos Zālītes modeļteritorijā 2016., 2017. un 2018. gada pētījuma periodā



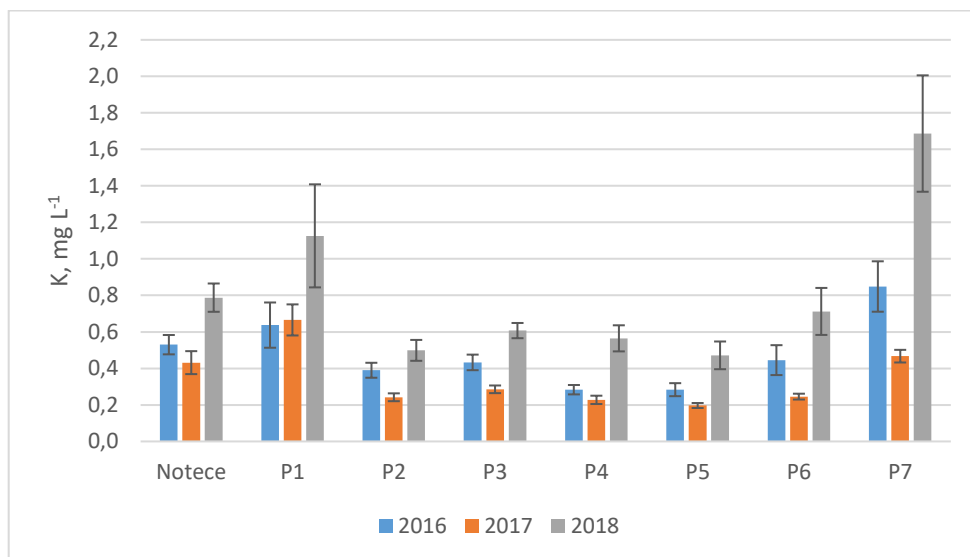
Attēls 26. Fosfātu saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2018. gada pētījuma periodā (janvāris –novembris)

Līdzīgi kā gruntsūdeņos, arī virszemes ūdeņos pētījuma objektā katjonu saturs samazinās sekojošā secībā: $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$. Kalcijš dabas ūdeņos nokļūst galvenokārt kalcija sulfātu saturošu iežu dēdēšanas rezultātā, kā arī karbonātiežu mijiedarbības rezultātā ar oglekļa dioksīdu un ūdeni, veidojoties viegli šķīstošiem hidroģēnkarbonātiem. Magnija avoti ūdeņos ir karbonātu un silikātu dēdēšanas procesi. Magnija nozīmi dabas vidē nosaka tas, ka magnijs ietilpst hlorofila sastāvā. Savukārt kālijs dabas ūdeņos meža ekosistēmās galvenokārt nokļūst, sadēdot tādiem minerāliem kā ortoklāzam, biotītam, laukšpatam un silvinītam. Kālija jonu saturu ūdeņos ietekmē paaugstināta kālija jonu asimilācija augsnē, īpaši kālija joni spēj sorbēties uz minerālu daļiņām un iekļauties to struktūrā. Latvijas apstākļos paaugstināti kālija daudzumi var nokļūt ūdeņos, izskalojoties no augsnēm, kas nabadzīgas ar humusu (Kļaviņš, Cimdiņš, 2004).

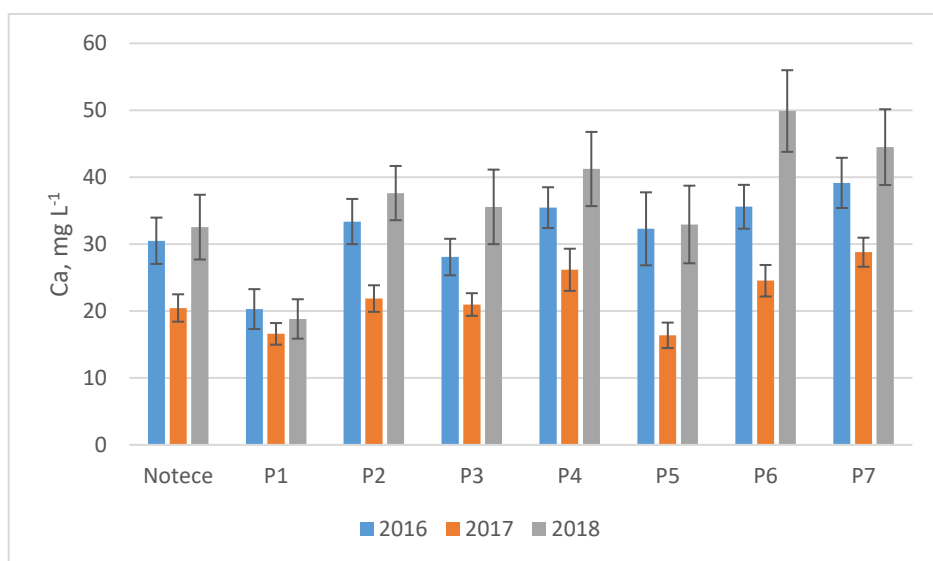
27., 28. un 29. attēlā parādīts vidējais kālija, kalcija un magnija saturs virszemes ūdeņos objektā Zalvīte 2016., 2017. un 2018. gada pētījumu periodā. Kālija saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektā svārstījās amplitūdā no 0.13 mg K L^{-1} līdz 3.61 mg K L^{-1} . Kalcija saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektā svārstījās amplitūdā no 9.6 mg Ca L^{-1} līdz $90.7 \text{ mg Ca L}^{-1}$, bet magnija saturs virszemes ūdeņos svārstījās amplitūdā no 2.2 mg Mg L^{-1} līdz $27.5 \text{ mg Mg L}^{-1}$. Salīdzinot katjonu saturu dažādās paraugu ņemšanas vietās pētījuma objektā 2016. gada pētījuma periodā, būtiski lielāks kālija (salīdzinot ar P2, P3, P4 un P5; $p < 0.005$) un magnija saturs (salīdzinot ar P1; $p = 0.044$) konstatēts paraugu ņemšanas vietā P7, kas zīmīga ar to, ka Zalvītes strauts vairāku simtu metru garumā tek cauri pārplūstošam klajumam, kur potenciāli iespējama ar bāziskiem katjoniem bagātu pazemes ūdeņu izplūde. Līdzīgi arī 2017. gada pētījuma periodā lielākais kalcija un magnija saturs ir konstatēts paraugu ņemšanas vietā P7, bet lielākais kālija saturs ir konstatēts paraugu ņemšanas vietā P1, kas ierīkota nerenovētā grāvī. Savukārt 2018. gada pētījuma periodā lielākais kalcija un magnija saturs ir konstatēts paraugu ņemšanas vietā P6, bet lielākais kālija saturs ir konstatēts paraugu ņemšanas vietā P7.

Lielupes un tās baseina ūdeņos ir konstatētas visaugstākās bāzisko katjonu koncentrācijas Latvijā: vidējā kālija jonu koncentrācija gadā ir 4.8 mg L^{-1} , vidējā kalcija jonu koncentrācija – 100 mg L^{-1} , bet magnija jonu koncentrācija – 23 mg L^{-1} (Kļaviņš, Cimdiņš, 2004). Pētījuma gaitā ņemto ūdens paraugu analīzes rezultāti neliecina par pastiprinātu bāzisko katjonu izizskalošanos saistībā ar meža autoceļu izbūvi.

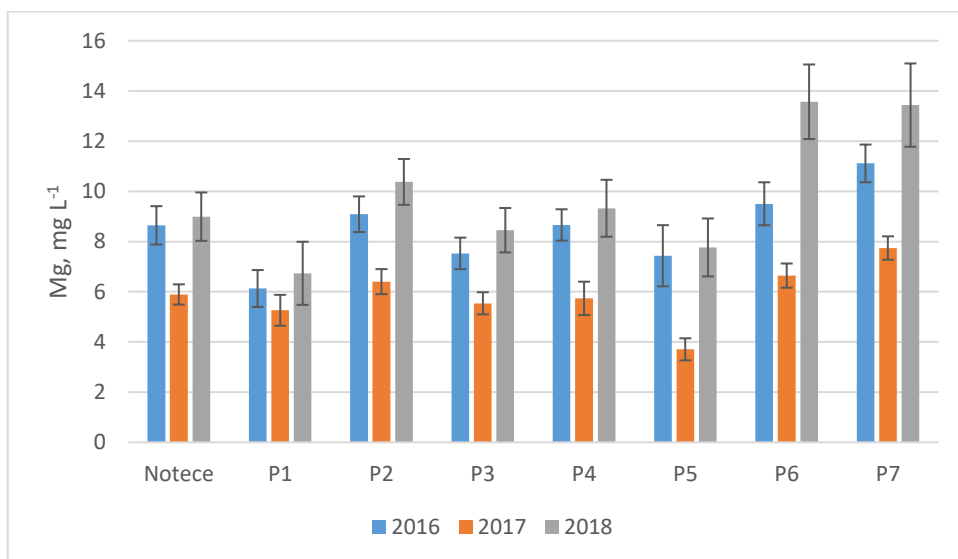
2018. gada pētījuma periodā ir palielinājušās bāzisko katjonu koncentrācijas, salīdzinājumā ar iepriekšējo gadu, taču, salīdzinot ar references periodu, nozīmīgs koncentrācijas pieaugums novērojams tikai kālijam, kura koncentrācija palielinājusies arī noteces mērīšanas punktā. Koncentrācijas palielinājums novērojams arī kalcija un magnija joniem, taču tas ir nebūtisks.



Attēls 27. Vidējais kālija saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016., 2017. un 2018. gada pētījuma periodā



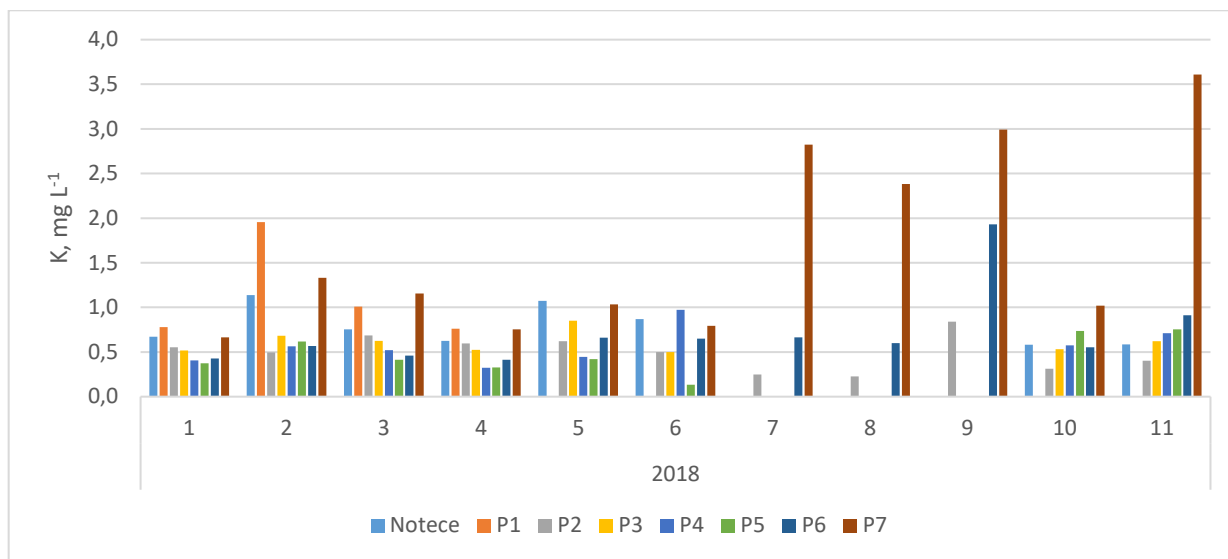
Attēls 28. Vidējais kalcija saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016., 2017. un 2018. gada pētījuma periodā



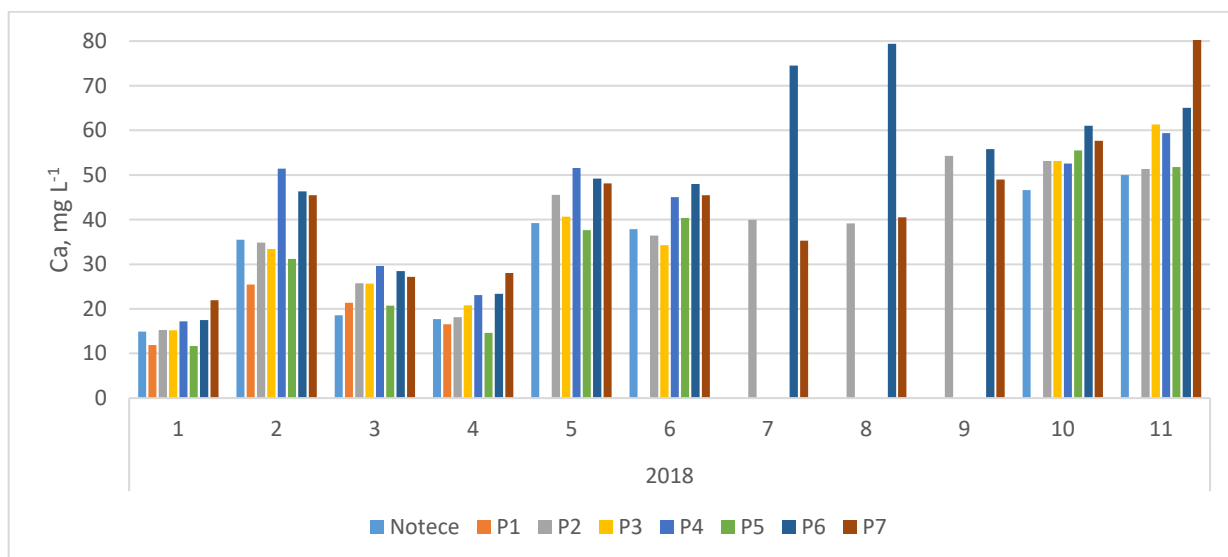
Attēls 29. Vidējais magnija saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016., 2017. un 2018. gada pētījuma periodā

30., 31. un 32. attēlā parādīts pa mēnešiem izvērstis kālija, kalcija un magnija saturs virszemes ūdeņos objektā Zalvīte 2018. gada pētījumu periodā (janvāris – augusts). Analizējot bāzisko katjonu saturu virszemes ūdenī sezonālā griezumā, 2017. gadā lielākais kalcija un magnija saturs virszemes ūdenī konstatēts maija mēnesī ($37.6 \text{ mg Ca L}^{-1}$ un 8.7 mg Mg L^{-1} , attiecīgi), bet lielākais kālija saturs virszemes ūdenī konstatēts jūlija mēnesī

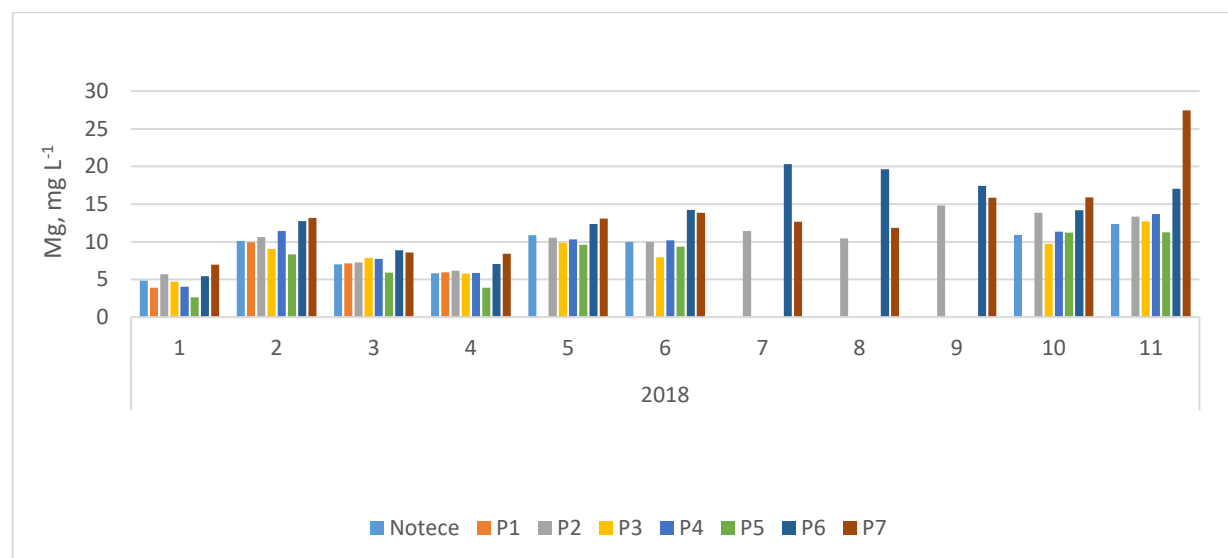
(0.47 mg K L⁻¹). Līdzīgi arī 2018. gada pētījuma periodā lielākais vidējais kālija, kalcija un magnija saturs virszemes ūdenī konstatēts vasaras un rudens mēnešos, bet jāņem vērā, ka jūlijā, augustā un septembrī paraugus laboratorisko analīžu veikšanai bija iespējams paņemt tikai trijās paraugu ņemšanas vietās (P2, P6 un P7) nepietiekama ūdens daudzuma dēļ.



Attēls 30. Kālija saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2018. gada pētījumu periodā



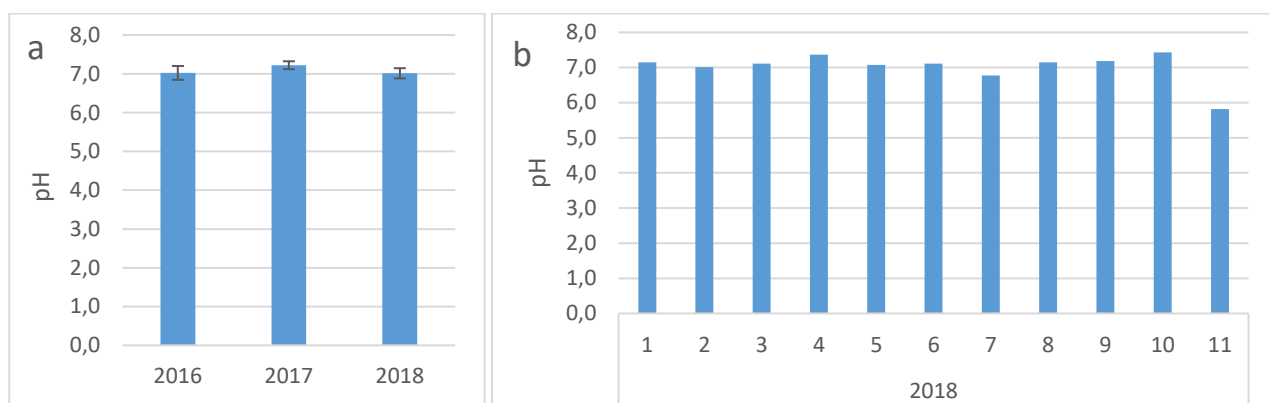
Attēls 31. Kalcija saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2018. gada pētījumu periodā



Attēls 32. Magnija saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2018. gada pētījumu periodā

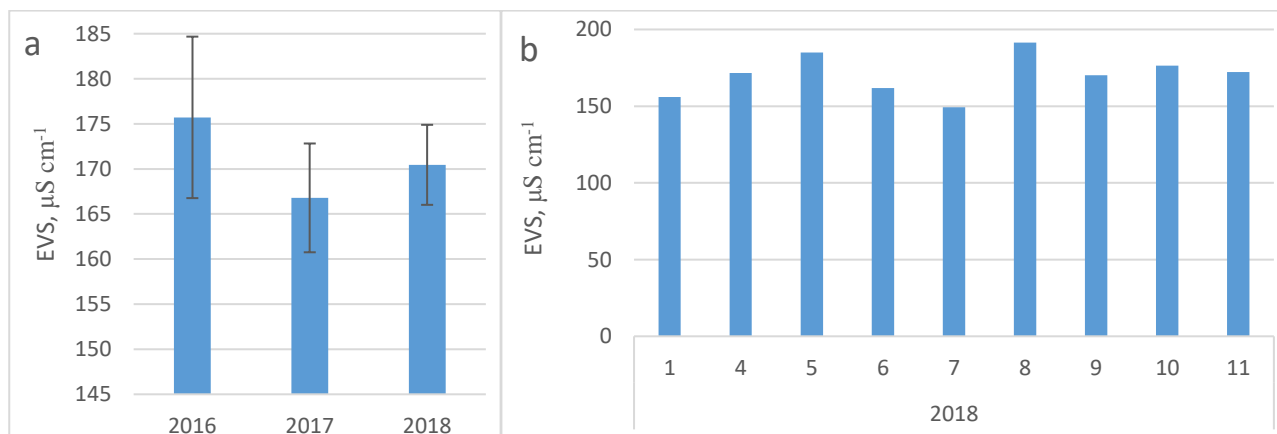
Ūdens ķīmiskā sastāva raksturošanai Mazirbes upē Slīteres modeļteritorijā ūdens paraugos noteikti sekojoši parametri: pH, elektrovadītspēja (EVS), biogēno elementu (NO_3^- -N, NH_4^+ -N, PO_4^{3-} -P) saturs, kopējā slāpekļa saturs, bāzisko katjonu (Ca, Mg, K) saturs, izšķīdušā organiskā oglekļa saturs (DOC), suspendēto daļiņu saturs, izšķīdušā skābekļa saturs un ūdens duļķainība. Salīdzinot Mazirbes upes (Piejūras mazo upju baseins) un Zalvītes straucha (Lielupes baseins) ūdens ķīmisko sastāvu, vērojamas būtiskas atšķirības. Mazirbes upē vērojams mazāks gan izšķīdušo neorganisko sāļu saturs (izņemot K^+), gan mazāks izšķīdušo organisko vielu saturs, kā arī mazāks vidējais suspendēto daļiņu saturs un ūdens duļķainība. Starp Lielupes un tā baseina ūdeņu ķīmisko sastāvu un ūdeņu sastāvu citos Latvijas reģionos pastāv ievērojamas atšķirības (LVĢMC, 2017), ko apstiprina arī šī pētījuma rezultāti. Būtiskākās atšķirības vērojamas vidējā Ca saturā – Zalvītes straucha ūdeņos vidējais Ca saturs ir par 37% lielāks nekā Mazirbes upes ūdenī, kas izskaidrojams ar kalcija sulfātu saturošu iežu dēdēšanu un ūdeņu bagātināšanu ar Ca Lielupes baseina teritorijā, jo Lielupes baseina ūdeņi iezīmējas ar relatīvi paaugstinātu Ca un sulfātu jonu koncentrāciju (Kļaviņš, Cimdiņš, 2004). Jāpiezīmē, ka 2018.gada pētījuma periodā Mazirbes upes mērījumu punktā konstatēta intensīva bebru darbība, kas visticamāk ir ietekmējusi rezultātus.

Lielākoties dabas ūdeņu pH ir robežās no pH 6 līdz pH 8 un saglabājas konkrētajam ūdens tipam stabils (Kļaviņš, Cimdiņš, 2004). 33. attēlā atspoguļots ūdens pH Mazirbes upē objektā Slītere 2016., 2017. un 2018. gada pētījuma periodā. Ūdens pH Mazirbes upē svārstījās amplitūdā no pH 5.8 līdz 8.1, bet vidējais ūdens pH bija 7.1 ± 0.1 . 2018.gadā vidējais ūdens pH, salīdzinot ar iepriekšējo pētījuma periodu, nedaudz samazinājies.



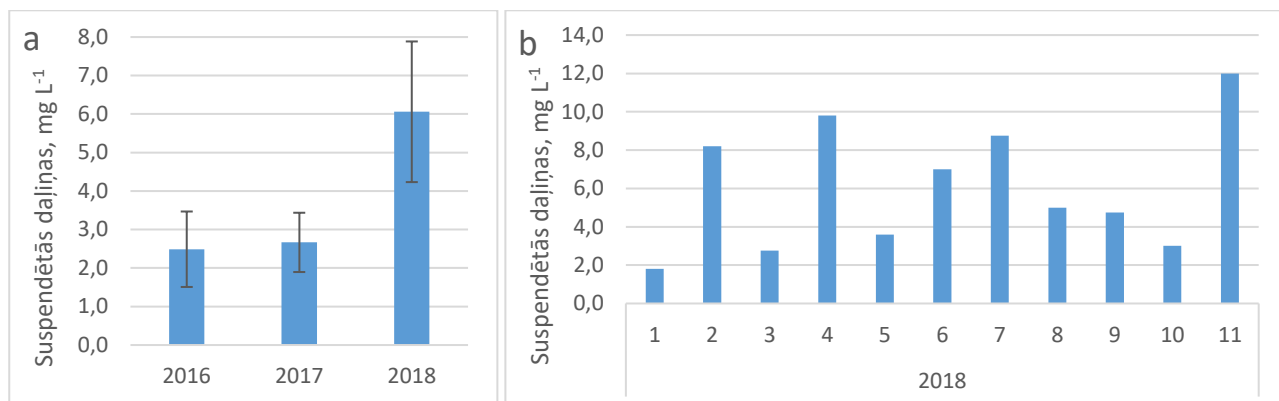
Attēls 33. Ūdens pH Mazirbes upē; a- vidējās vērtībās 2016., 2017. un 2018. gada pētījuma periodā, b – pa mēnešiem izvērtas pH vērtības 2018. gada pētījuma periodā

Ūdens elektrovadītspēja Mazirbes upē pētījuma periodā bija salīdzinoši stabila - svārstījās šaurā amplitūdā no $132.4 \mu\text{S cm}^{-1}$ līdz $191.5 \mu\text{S cm}^{-1}$, bet pētījuma perioda vidējā ūdens elektrovadītspēja bija $170 \pm 5 \mu\text{S cm}^{-1}$, kas ir optimāla vērtība daudzveidīgu dzīvo organismu dzīves apstākļiem (Attēls 34).



Attēls 34. Ūdens elektrovadītspēja Mazirbes upē; a- vidējās vērtībās 2016., 2017. un 2018. gada pētījuma periodā, b – pa mēnešiem izvērtas EVS vērtības 2018. gada pētījuma periodā

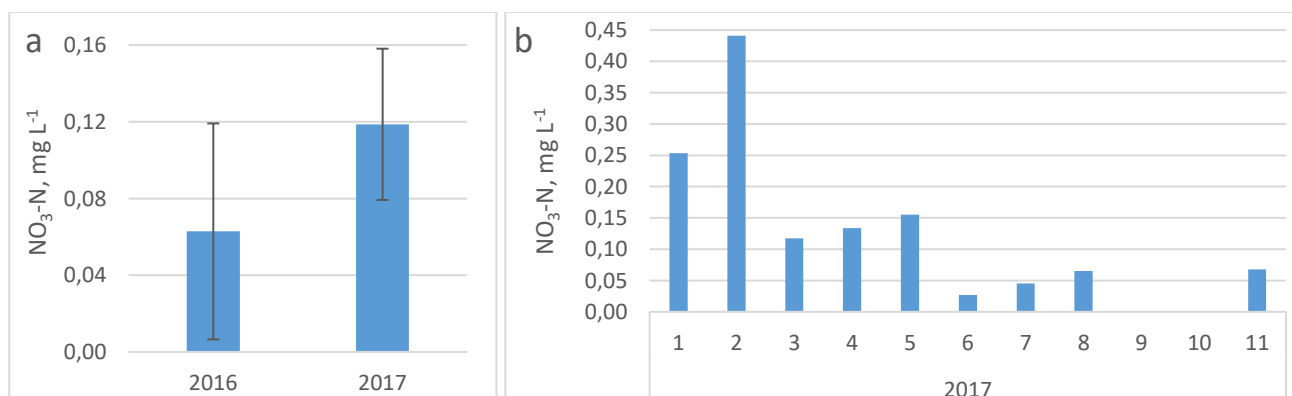
35. attēlā atspoguļots kopējais suspendēto daļiņu saturs Mazirbes upē. Kopējais suspendēto daļiņu saturs Mazirbes upē svārstās amplitūdā līdz 12.0 mg L^{-1} , bet pētījuma perioda vidējais suspendēto daļiņu saturs ir $3.9 \pm 0.7 \text{ mg L}^{-1}$. 2018. gadā kopējais suspendēto daļiņu saturs ievērojami palielinājies, salīdzinot ar iepriekšējiem gadiem, kas visticamāk saistāms ar aktīvu bebru darbību mērījumu punkta tuvumā.



Attēls 35. Kopējais suspendēto daļiņu saturs Mazirbes upē; a- vidējās vērtībās 2016., 2017. un 2018. gada pētījuma periodā, b – pa mēnešiem izvērtas vērtības 2018. gada pētījuma periodā

Nitrātjonu saturam raksturīga sezonāla mainība visos Latvijas upju baseinu apgabalos. Iekšzemes ūdeņu monitoringa ietvaros, ko veic VSIA „Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs”, gan 2016., gan 2017. gadā maksimālās nitrātu koncentrācijas vērtības novērotas paraugos, kas ņemti rudens un ziemas mēnešos. Vasarā konstatējama viszemākā nitrātjonu koncentrācija, kas daudzos gadījumos ir zem izmantoto analītisko metožu kvantificēšanas vai detektēšanas robežām (LVĢMC, 2016, 2017).

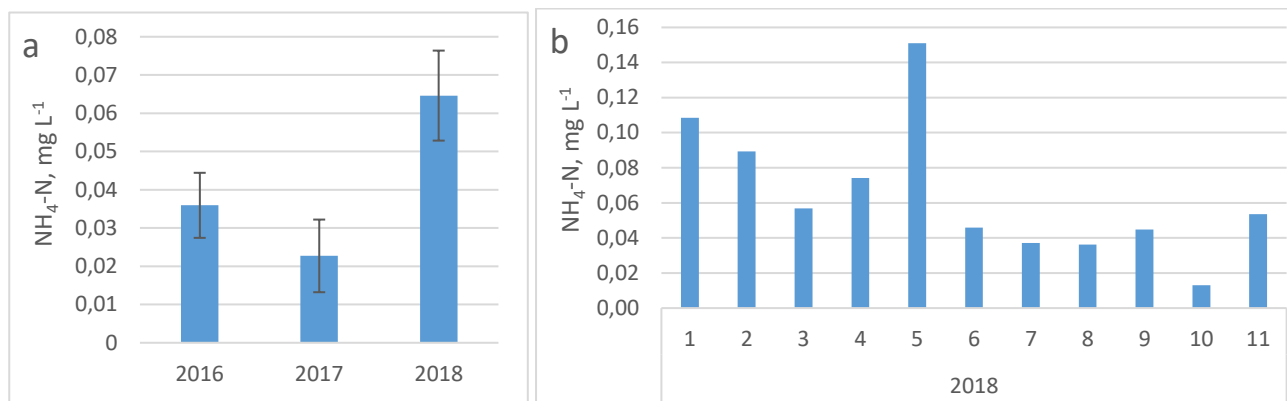
Nitrātu saturs Mazirbes upē 2016. un 2017. gada pētījumu periodā svārstījās amplitūdā līdz $0.44 \text{ mg NO}_3^- \text{ N L}^{-1}$, bet pētījuma perioda vidējais nitrātu saturs bija $0.10 \pm 0.03 \text{ mg NO}_3^- \text{ N L}^{-1}$ (Attēls 36). Informācija par nitrātu saturu 2018. gadā tiks pievienota pēc laboratorisko analīžu pabeigšanas. Mazirbes upē Nitrātu direktīvā noteiktais nitrātu slāpekļa robežlielums $11.3 \text{ mg NO}_3^- \text{ N L}^{-1}$ nav ticis sasniegts. Salīdzinājumam - gada vidējā $\text{NO}_3^- \text{ N}$ koncentrācija Ventas baseina ūdenstilpēs 2016. gadā bijusi $0.03 - 2.91 \text{ mg L}^{-1}$, bet maksimālā – 8.90 mg L^{-1} (LVĢMC, 2017), savukārt 2017. gada vidējā $\text{NO}_3^- \text{ N}$ koncentrācija Ventas baseina ūdenstilpēs bija $0.01 - 1.83 \text{ mg L}^{-1}$, bet maksimālā koncentrācija – 5.12 mg L^{-1} (novērota Ventā, 0.5 km augšpus Nīgrandes; LVĢMC, 2018), kas ir ievērojami vairāk nekā Mazirbes upē pētījuma periodā.



Attēls 36. Nitrātjonu saturs Mazirbes upē; a- vidējās vērtībās 2016. un 2017. gada pētījuma periodā, b – pa mēnešiem izvērtas vērtības 2017. gada pētījuma periodā²

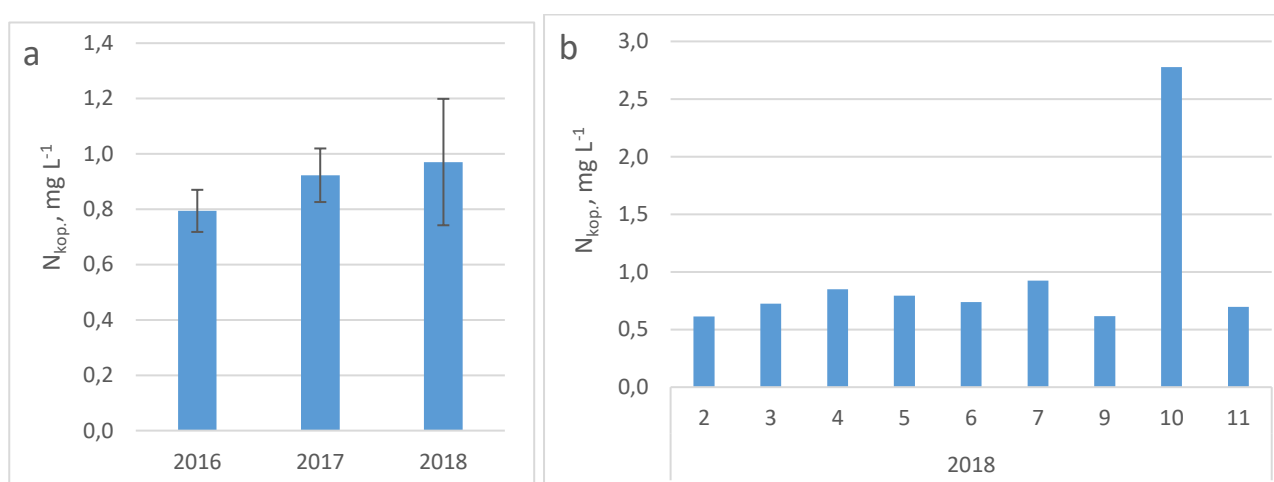
Amonija jonu saturs Mazirbes upē 2016., 2017. un 2018. gada pētījumu periodā svārstījās amplitūdā līdz $0.15 \text{ mg NH}_4^+ \text{ N L}^{-1}$, bet pētījuma perioda vidējais amonija jonu saturs bija $0.04 \pm 0.01 \text{ mg NH}_4^+ \text{ N L}^{-1}$ (Attēls 37). Arī amonija jonu koncentrācija šajā paraugu ņemšanas punktā 2018. gada pētījuma periodā ir būtiski augstāka par iepriekšējos gados novēroto koncentrāciju.

² Informācija par nitrātiem tiks pievienota pēc laboratorisko analīžu pabeigšanas



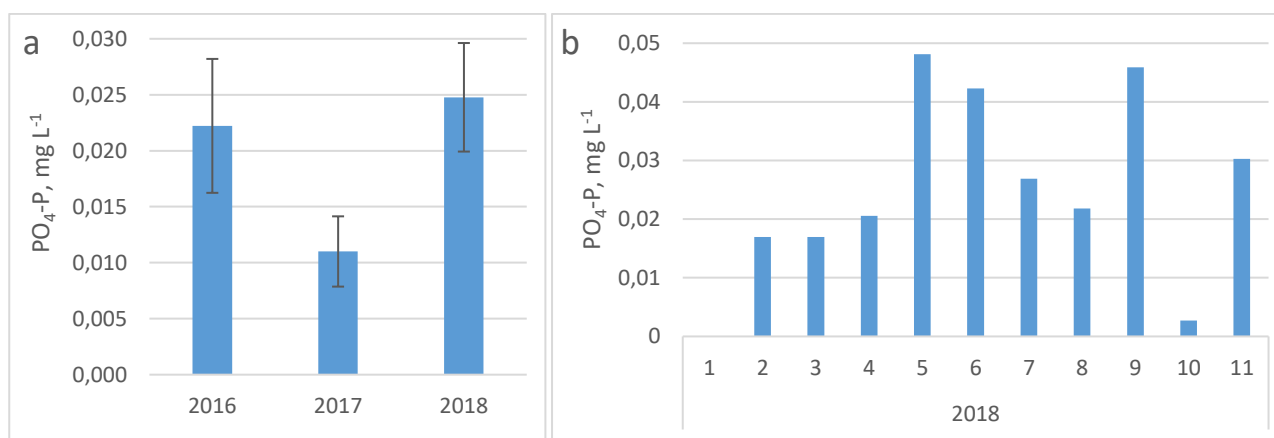
Attēls 37. Amonija jonu saturs Mazirbes upē; a- vidējās vērtībās 2016., 2017. un 2018. gada pētījuma periodā, b – pa mēnešiem izvērstas vērtības 2018. gada pētījuma periodā

Kopējais slāpekļa saturs Mazirbes upē svārstījās amplitūdā no 0.58 mg N L^{-1} līdz 2.78 mg N L^{-1} , bet pētījuma perioda vidējais kopējā slāpekļa saturs bija $0.91 \pm 0.07 \text{ mg N L}^{-1}$ (Attēls 38).



Attēls 38. Kopējā slāpekļa saturs Mazirbes upē; a- vidējās vērtībās 2016., 2017. un 2018. gada pētījuma periodā, b – pa mēnešiem izvērstas vērtības 2018. gada pētījuma periodā

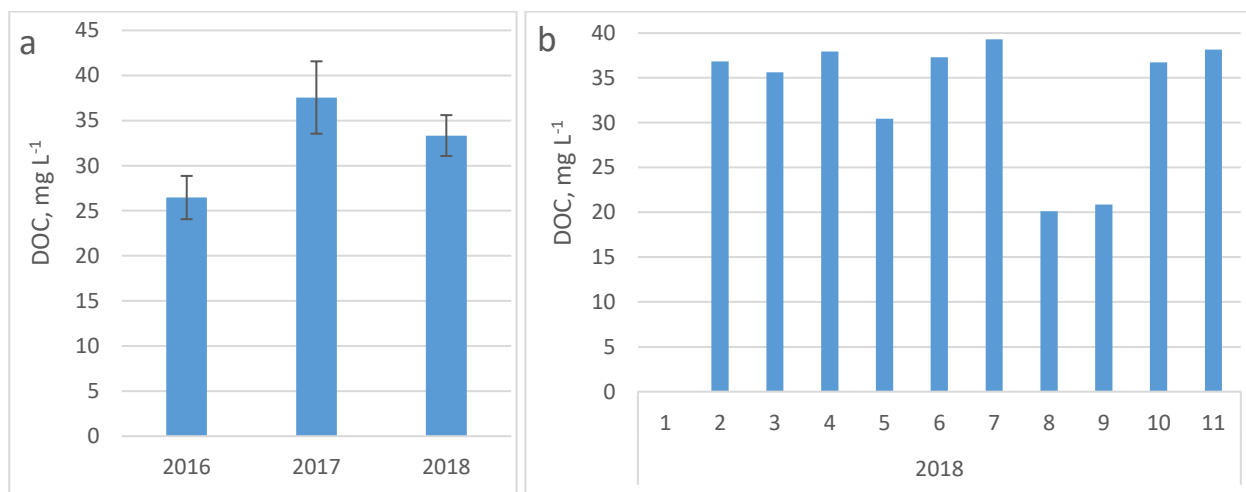
39. attēlā atspoguļots fosfātu saturs Mazirbes upē 2016., 2017. un 2018. gada pētījuma periodā. Fosfātu saturs Mazirbes upē svārstījās amplitūdā līdz $0.048 \text{ mg PO}_4^{+}\text{-P L}^{-1}$, bet pētījuma perioda vidējais fosfātu saturs bija $0.019 \pm 0.003 \text{ mg PO}_4^{+}\text{-P L}^{-1}$. 2018.gada pētījumu periodā vidējais fosfātjonu saturs, salīdzinot ar iepriekšējo gadu, ir būtiski palielinājies, taču, salīdzinot ar 2016. gadu, palielinājums nav būtisks.



Attēls 39. Fosfātjonu saturs Mazirbes upē; a- vidējās vērtībās 2016., 2017. un 2018. gada pētījuma periodā, b – pa mēnešiem izvērstas vērtības 2018. gada pētījuma periodā

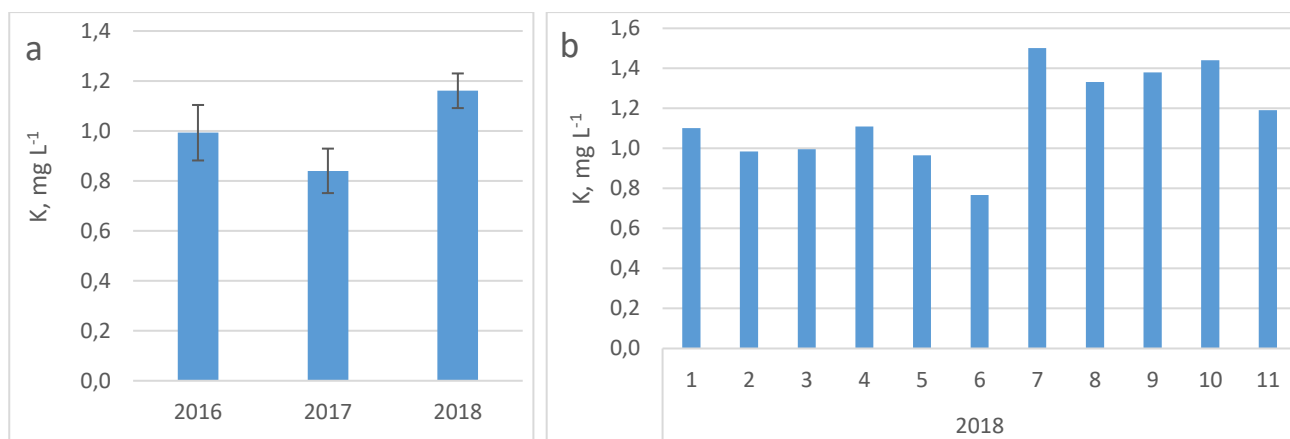
40. attēlā atspoguļots izšķīdušā organiskā oglekļa (DOC) saturs Mazirbes upē objektā Slītere 2016. , 2017. un 2018. gada pētījumu periodā. Pētījuma periodā izšķīdušā organiskā oglekļa saturs Mazirbes upē svārstījās

amplitūdā no 17.7 mg C L^{-1} līdz 58.8 mg C L^{-1} , bet pētījuma perioda vidējais izšķīdušā organiskā oglekļa saturs bija $33.7 \pm 2.7 \text{ mg C L}^{-1}$. 2016. un 2017. gadā, līdzīgi kā virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā, starp kopējā slāpekļa un izšķīdušā organiskā oglekļa saturu Mazirbes upē tika konstatēta cieša, pozitīva korelācija (korelācijas koeficients r ir 0.82); minētā korelācija starp kopējā slāpekļa un izšķīdušā organiskā oglekļa saturu Mazirbes upē nav novērota 2018. gadā.

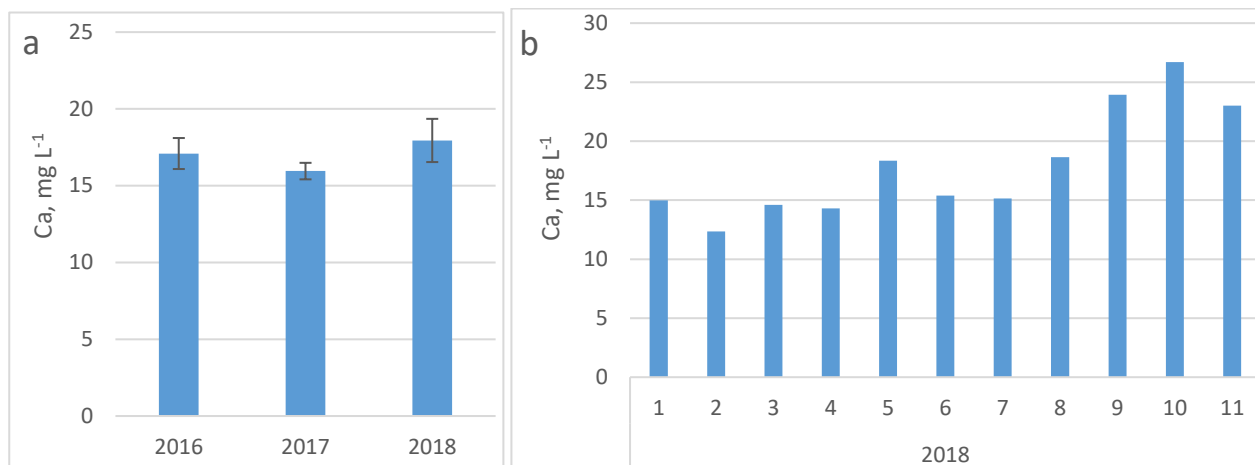


Attēls 40. Izšķīdušā organiskā oglekļa saturs Mazirbes upē; a- vidējās vērtībās 2016., 2017. un 2018. gada pētījuma periodā, b – pa mēnešiem izvērtas vērtības 2018. gada pētījuma periodā

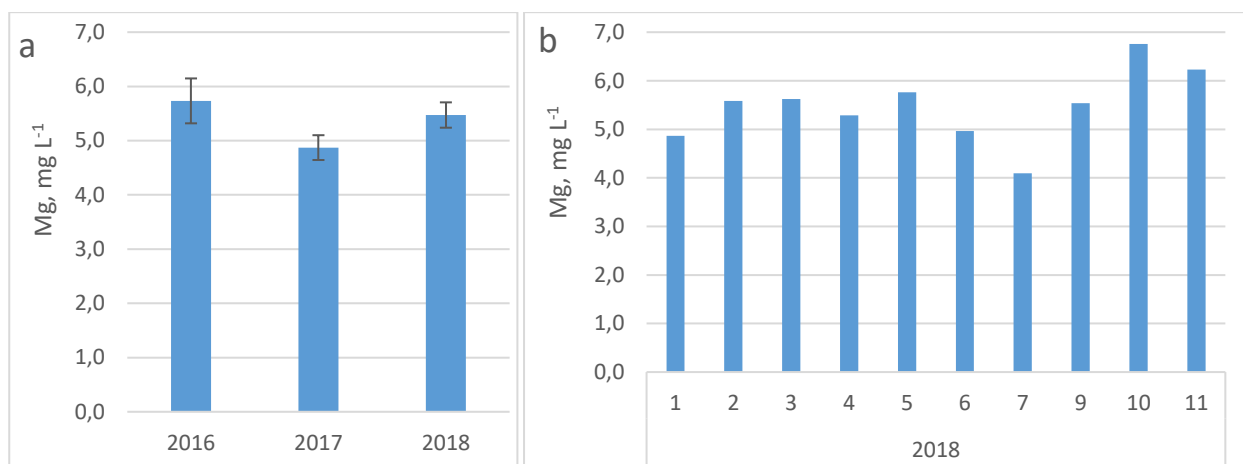
41., 42. un 43. attēlā parādīts kālija, kalcija un magnija saturs ūdenī Mazirbes upē 2016., 2017. un 2018. gada pētījumu periodā. Kālija saturs Mazirbes upē pētījuma periodā svārstījās amplitūdā no 0.25 mg K L^{-1} līdz 1.50 mg K L^{-1} , bet pētījuma perioda vidējais kālija saturs bija $0.99 \pm 0.07 \text{ mg K L}^{-1}$. Kalcija saturs Mazirbes upē pētījuma periodā svārstījās amplitūdā no $12.4 \text{ mg Ca L}^{-1}$ līdz $26.7 \text{ mg Ca L}^{-1}$, bet pētījuma perioda vidējais kalcija saturs bija $16.9 \pm 0.5 \text{ mg Ca L}^{-1}$. Magnija saturs Mazirbes upē svārstījās amplitūdā no 3.2 mg Mg L^{-1} līdz 6.8 mg Mg L^{-1} , bet pētījuma perioda vidējais magnija saturs bija $5.3 \pm 0.2 \text{ mg Mg L}^{-1}$. Līdzīgi kā otrā pētījuma modeļteritorijā, arī šeit, salīdzinot ar iepriekšējo gadu, ir palielinājusies gada vidējā bāzisko katjonu, īpaši kālija, koncentrācija Mazirbes upē.



Attēls 41. Kālija saturs Mazirbes upē; a- vidējās vērtībās 2016., 2017. un 2018. gada pētījuma periodā, b – pa mēnešiem izvērtas vērtības 2018. gada pētījuma periodā

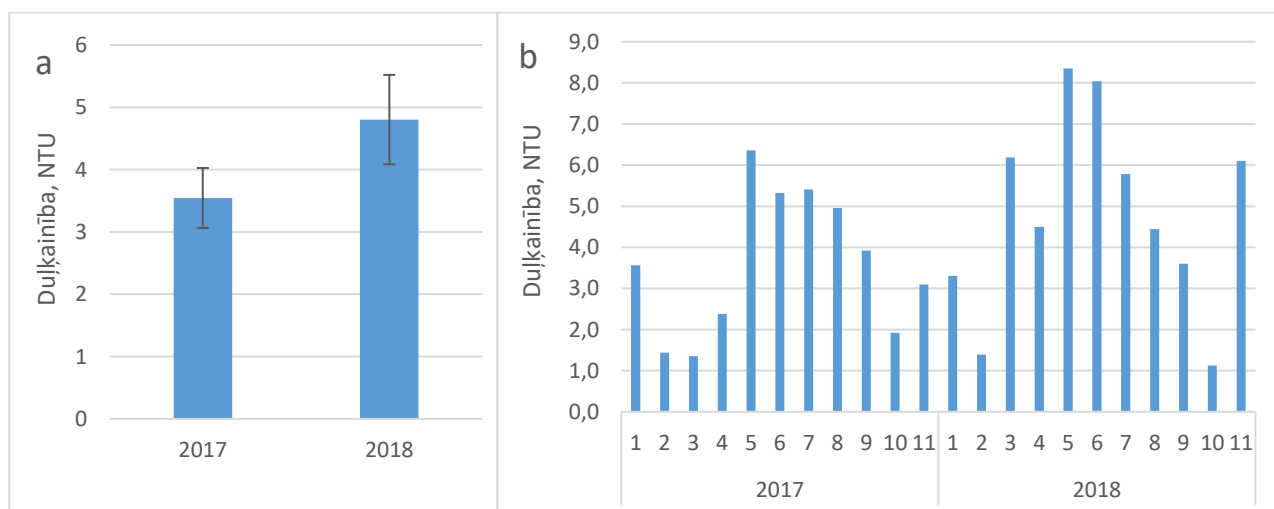


Attēls 42. Kalcija saturs Mazirbes upē; a- vidējās vērtībās 2016., 2017. un 2018. gada pētījuma periodā, b – pa mēnešiem izvērstas vērtības 2018. gada pētījuma periodā



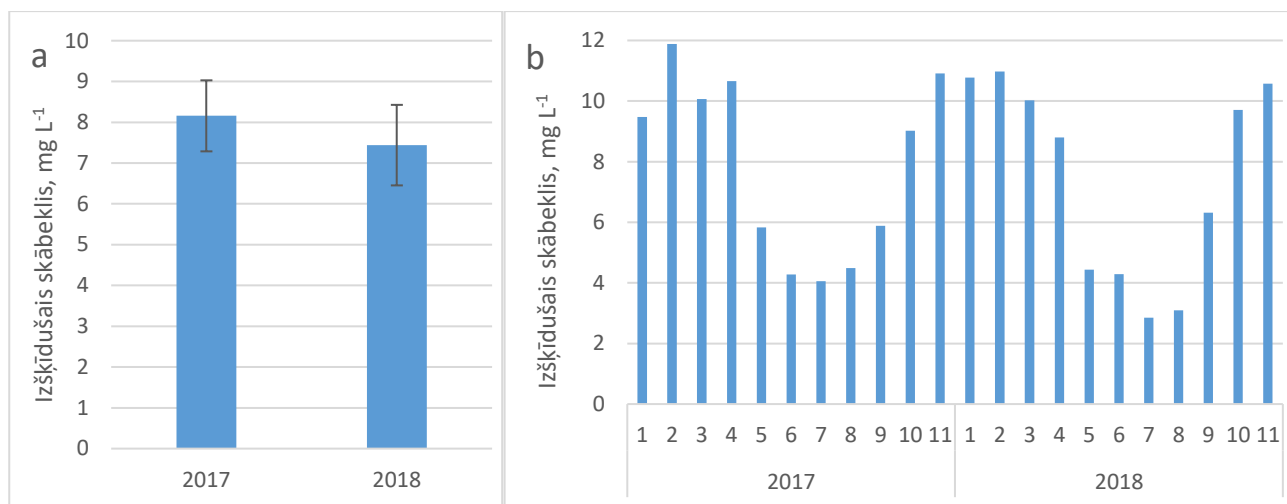
Attēls 43. Magnija saturs Mazirbes upē; a- vidējās vērtībās 2016., 2017. un 2018. gada pētījuma periodā, b – pa mēnešiem izvērstas vērtības 2017. gada pētījuma periodā

44. attēlā atspoguļota ūdens duļķainība Mazirbes upē 2017. un 2018. gada pētījumu periodā. 2017. gada pētījuma periodā ūdens duļķainība Mazirbes upē svārstījās amplitūdā no 1.4 NTU marta mēnesī līdz 6.4 NTU maija mēnesī, bet pētījuma perioda vidējā duļķainība bija 3.6 NTU. Līdzīgi arī 2018. gada pētījuma periodā ūdens duļķainība Mazirbes upē svārstījās amplitūdā no 1.1 NTU oktobra mēnesī līdz 8.4 NTU maija mēnesī, bet pētījuma perioda vidējā duļķainība bija nedaudz lielāka kā 2017. gadā – 4.8 NTU. Salīdzinot ar iepriekšējo gadu, duļķainības vidējā vērtība ir palielinājusies, kas visticamāk saistīts ar jau iepriekš minēto bebru aktivitāti.



Attēls 44. Ūdens duļķainība Mazirbes upē 2017. un 2018. gada pētījuma periodā; a- vidējās vērtībās 2017. un 2018. gada pētījuma periodā, b – pa mēnešiem izvērstas vērtības 2017. un 2018. gada pētījuma periodā

45. attēlā atspoguļots izšķīdušā skābekļa saturs Mazirbes upē 2017. un 2018. gada pētījumu periodā. 2017. gada pētījuma periodā izšķīdušā skābekļa saturs Mazirbes upē svārstījās amplitūdā no 4.1 mg L⁻¹ jūlija mēnesī līdz 11.9 mg L⁻¹ februāra mēnesī, bet vidējais izšķīdušā skābekļa saturs pētījuma periodā bija 8.2 mg L⁻¹. Līdzīgi arī 2018. gada pētījuma periodā izšķīdušā skābekļa saturs Mazirbes upē svārstījās amplitūdā no 2.9 mg L⁻¹ jūlija mēnesī līdz 11.0 mg L⁻¹ februāra mēnesī, bet vidējais izšķīdušā skābekļa saturs pētījuma periodā bija 7.4 mg L⁻¹. Gan 2017. gada pētījumu periodā, gan 2018. gada pētījumu periodā vērojama tendence izšķīdušā skābekļa saturam Mazirbes upē samazināties vasaras mēnešos (Attēls 45, b), un laika periodā no maija līdz augustam izšķīdušā skābekļa koncentrācijas pazeminājušās zem 5 mg L⁻¹.



Attēls 45. Izšķīdušā skābekļa saturs Mazirbes upē 2017. un 2018. gada pētījuma periodā; a- vidējās vērtībās 2017. un 2018. gada pētījuma periodā, b – pa mēnešiem izvērtētas vērtības 2017. un 2018. gada pētījuma periodā

4.tabulā parādīta elementu summārā iznese no viena sateces baseina hektāra Slīteres un Zalvītes modeļteritorijās trijos periodos (no 2016.gada maija līdz decembrim, no 2017.gada janvāra līdz decembrim un no 2018.gada janvāra līdz novembrim). Pirmajā periodā gan no Slīteres, gan no Zalvītes modeļteritorijas visvairāk tiek iznests izšķīdušais organiskais ogleklis (DOC), kalcijs un magnijs, savukārt 2017.gada periodā abās modeļteritorijās vislielākās ir izšķīdušā organiskā oglekļa izneses. Zalvītes modeļteritorijā tas skaidrojams tikai ar ievērojamo noteces daudzuma palielināšanos nokrišņu rezultātā, jo DOC vidējās koncentrācijas abos pētījumu periodos neatšķiras, bet kalcija koncentrācija notecē otrajā periodā ir samazinājusies. Savukārt Mazirbes upes notecē 2017.gadā ir palielinājusies ne vien noteces apjoms, bet arī DOC vidējā koncentrācija, pretēja tendence vērojama kalcija koncentrācijai. Salīdzinot ar 2017.gadu, Slīteres teritorijā vairāk nekā divas reizes ir pieaugusi fosfātu iznese, kas Zalvītes teritorijā ir saglabājusies iepriekšējā gada līmenī. Abās teritorijās ir samazinājusies Ca un Mg iznese, kā arī kopējā slāpekļa un izšķīdušā organiskā oglekļa iznese, savukārt palielinājusies suspendēto daļiņu un amonija iznese.

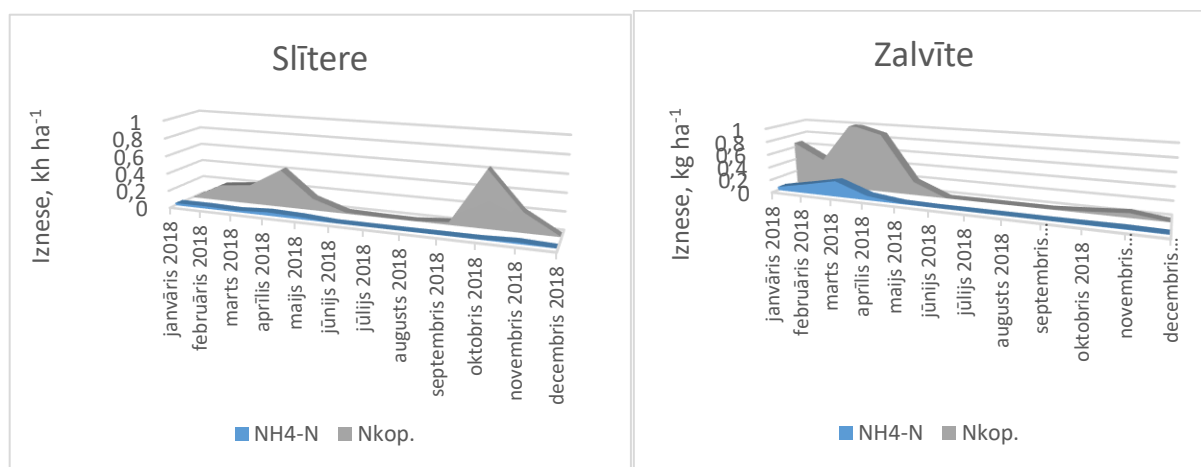
Tabula 5. Dažādu elementu iznese no Zalvītes strauta un Mazirbes upes sateces baseina 2016., 2017. un 2018. gada pētījumu periodā*

Elements	Iznese kg ha ⁻¹ (2016.gada maijs-decembris)		Iznese kg ha ⁻¹ (2017.gada janvāris-decembris)		Iznese kg ha ⁻¹ (2018.gada janvāris-novembris)	
	Mazirbes upe	Zalvītes strauts	Mazirbes upe	Zalvītes strauts	Mazirbes upe	Zalvītes strauts
NO ₃ ⁻ -N	0.059	0.606	0.245	0.955
PO ₄ ³⁻ -P	0.008	0.017	0.019	0.029	0.042	0.030
NH ₄ ⁺ -N	0.015	0.065	0.103	0.098	0.156	0.527
K	0.521	0.565	3.067	1.788	2.390	1.806
Ca	9.074	29.586	50.912	79.561	37.150	51.144
Mg	3.009	9.028	15.975	23.066	10.110	16.573
N _{kop.}	0.463	1.996	3.032	6.202	1.881	3.324

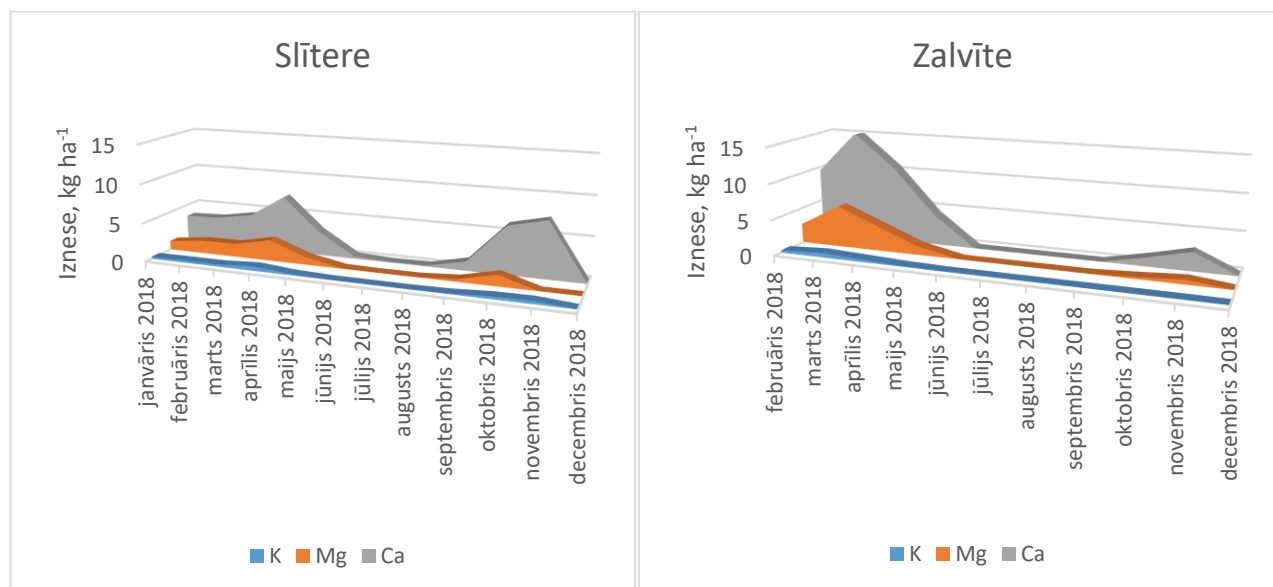
Elements	Iznese kg ha ⁻¹ (2016.gada maijs-decembris)		Iznese kg ha ⁻¹ (2017.gada janvāris-decembris)		Iznese kg ha ⁻¹ (2018.gada janvāris-novembris)	
	Mazirbes upe	Zalvītes strauts	Mazirbes upe	Zalvītes strauts	Mazirbes upe	Zalvītes strauts
TSS	1.838	13.161	9.473	19.472	14.224	23.574
DOC	10.949	58.239	101.262	181.909	68.910	115.813

*trūkstošie 2018.gada dati tiks pievienoti pēc laboratorisko analīžu pabeigšanas.

Slāpekļa savienojumu iznese izmaiņām ir izteikti sezonāls raksturs. Slāpekļa iznese pieaug ziemas mēnešos, kas saistīts gan ar palielinātu noteces apjomu, gan koncentrācijas paaugstināšanos virszemes ūdenī pēc veģetācijas sezonas beigām. Līdzīgas tendences vērojamas saistībā ar bāziskajiem katjoniem, šajā gadījumā to iznesei ir tendence samazināties vasarā (Attēls 46 un Attēls 47). Tas saistīts gan ar koncentrāciju atšķirībām, gan ar noteces apjomu, kas 2018.gada pētījuma periodā meteoroloģisko apstākļu rezultātā vasaras mēnešos bija izteikti neliels.



Attēls 46. Slāpekļa savienojumu iznese no modeļteritorijām 2018.gada pētījuma periodā



Attēls 47. Bāzisko katjonu iznese no modeļteritorijām 2018.gada pētījuma periodā

Secinājumi

1. 2018.gada pētījuma periodā nevienā no modeļteritorijām nav vērojamas būtiskas kopējā slāpekļa un izšķīdušā organiskā oglekļa koncentrāciju izmaiņas notecē, salīdzinot ar 2017. gadu. Šo elementu iznese no platības vienības (kg ha^{-1}) abās teritorijās trešajā pētījumu periodā ir būtiski zemāka nekā otrajā pētījumu periodā.
2. Gan Zalvītes, gan Slīteres modeļteritorijā vērojama tendence samazināties izšķīdušā skābekļa koncentrācijai mērījumu punktos, kas saistāma ar meteoroloģisko apstākļu ietekmi – netipiski sauso un karsto vasaru, kā rezultātā pie augstākas ūdens temperatūras gan samazinājusies skābekļa šķīdība, gan arī intensificējušies organiskās vielas sadalīšanās procesi, kuros skābeklis tiek patērēts.
3. Abās teritorijās notecē ir palielinājušās amonija, fosfātu un bāzisko katjonu koncentrācijas. Amonija koncentrācijas palielināšanās skaidrojama ar mazāku izšķīdušā skābekļa saturu, kā rezultātā var tikt pārtraukta amonija jonu nitrifikācija un samazināties sedimentu absorbcijas kapacitāte, veicinot amonija jonu atbrīvošanu no sedimentiem. Palielinātais fosfātu un bāzisko katjonu saturs skaidrojams ar mazāku ūdens daudzumu grāvjos un ūdenstecēs un vielu koncentrēšanos. Bāzisko katjonu iznese no platības vienības (kg ha^{-1}) abās teritorijās, salīdzinot ar iepriekšējo pētījuma periodu, ir samazinājusies.
4. Līdzīgās izmaiņu tendences abās teritorijās liecina par būtisku meteoroloģisko apstākļu ietekmi un neapstiprina pieņēmumu, ka sateces baseina mērogā fiksēto izmaiņu cēlonis Zalvītes modeļteritorijā varētu būt 2018.gadā veiktā mežsaimnieciskā darbība.

Literatūra

1. Behar S. 1997. Testing the Waters: Chemical and Physical Vital Signs of a River. Montpelier, VT: River Watch Network, 211 p.
2. Graham P., Baker A. and Andersen M. 2015. Dissolved Organic Carbon Mobilisation in a Groundwater System Stressed by Pumping. Scientific reports 5:18487.
3. Kļaviņš, M., Cimdiņš, P. 2004. Ūdeņu kvalitāte un tās aizsardzība. Rīga, LU Akadēmiskais apgāds, 208 lpp.
4. LVĢMC. 2017. Pārskats par virszemes un pazemes ūdeņu stāvokli 2016.gadā. Rīga, 113 lpp.
5. LVĢMC. 2018. Pārskats par virszemes un pazemes ūdeņu stāvokli 2017.gadā. Rīga, 123 lpp.
6. Noteikumi par virszemes un pazemes ūdeņu kvalitāti. 2002. LR Ministru Kabinets, "Latvijas Vēstnesis", 50 (2625)
7. Noteikumi par virszemes ūdensobjektu tipu raksturojumu, klasifikāciju, kvalitātes kritērijiem un antropogēno slodžu noteikšanas kārtību. 2004. "Latvijas Vēstnesis", 168 (3116)
8. Quirós R (2003) The relationship between nitrate and ammonia concentrations in the pelagic zone of lakes. Limnetica 22: 37–50

1.1.3. Gruntsūdens līmenis un ķīmiskais sastāvs

Gruntsūdens ķīmiskais sastāvs ir viens no faktoriem, kas ietekmē koku sakņu nodrošinājumu ar barības vielām, savukārt gruntsūdens līmenis ietekmē koku spējas uzņemt un izmantot šīs barības vielas. Ja gruntsūdens līmenis paaugstinās līdz aktīvajam koku sakņu horizontam, tiek traucēta uzsūcošo sakņu normāla darbība.

Objekti un metodika

Lai detalizētāk analizētu gruntsūdens līmeņa izmaiņas pēc mežizstrādes (kailcirtes) veikšanas, Zalvītes modeļteritorijā piecos nogabalos, kuros 2018. gadā plānota mežizstrāde (katrā augšanas apstākļu rindā izvēloties vienu visvairāk pārstāvēto meža tipu), ir ierīkotas gruntsūdens akas, un tajās uzsākts regulārs ūdens līmeņa un ķīmiskā sastāva monitorings (Tabula 6), 2016. gada veģetācijas sezonas otrajā pusē veicot mērījumus ar ūdens līmeņa sensoru vairākas reizes mēnesī, bet, sākot no 2017. gada jūnija vidus, - nepārtraukti ar ūdens līmeņa automātiskajiem logeriem *Van Essen TD-Diver*, kas ievietoti gruntsūdens akās katrā objektā. Automātiskais gruntsūdens līmeņa nolasītājs darbojas nepārtraukti, fiksējot līmeņa svārstības reizi stundā. No 2017. gada jūnija ir iespējams iegūt datus par katra objekta gruntsūdens līmeņa izmaiņām diennakts, nedēļas vai mēneša griezumā. Šajā pārskatā dati apkopoti pa mēnešiem, lai būtu salīdzināmi ar iepriekšējā perioda mērījumiem.

Tabula 6. Nogabalu saraksts ar ierīkotām gruntsūdens akām

Nr.p.k.	Kvartāls	Nogabals	Meža tips	Platība, ha	Meža tips	Valdošā suga	Gruntsūdens aku (logeru) skaits	Mērījumi uzsākti	Automātiskie logeri ievietoti	Mežizstrāde veikta*
1	34	34	Dms	0.7	Dms	B	3 (1)	28.07.2016	14.06.2017	
2	35	29	Db	0.3	Db	B	3 (1)	28.07.2016	14.06.2017	
3	67	17	Ks	0.4	Ks	P	3 (1)	29.06.2016	14.06.2017	
4	67	35	As	2.6	As	B	3 (1)	18.07.2016	14.06.2017	
5	95	20	Dm	1.1	Dm	P	3 (1)	18.07.2016	14.06.2017	

*Informācija tiks pievienota un papildu analīze veikta pēc informācijas saņemšanas no AS "Latvijas valsts meži" par precīziem darbu veikšanas termiņiem.

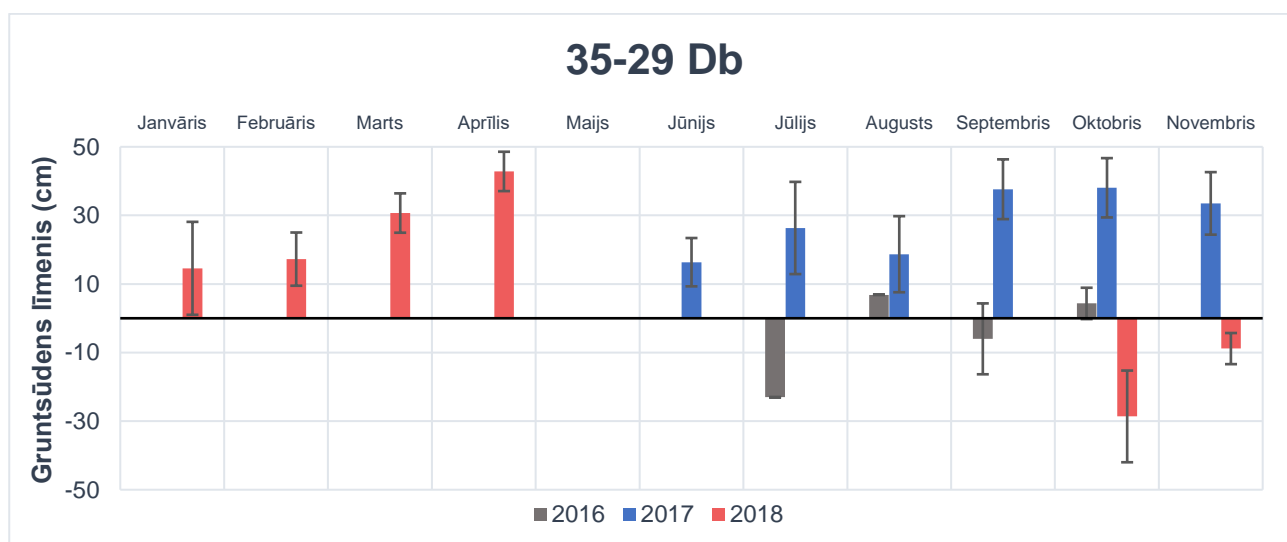
Gruntsūdens paraugi ņemti reizi mēnesī līdz veģetācijas sezonas beigām oktobrī (2016. gads) vai novembrī (2017. un 2018. gads). Gruntsūdenī analizēti sekojoši parametri: līmenis no zemes virsmas, pH, NO₃⁻-N, PO₄³⁻-P, NH₄⁺-N, K, Ca, Mg, N_{kop.}, izšķīdušā C_{org.} saturs un elektrovadītspēja (EVS).

Rezultāti

Gruntsūdens līmenis

Salīdzinot ar iepriekšējo periodu, kopumā gruntsūdens līmenis pētījuma objektos ir pazeminājies, sevišķi vasaras/rudens periodā. Tas skaidrojams ar 2018. gada meteoroloģiskajiem apstākļiem Latvijā (izteikti sausa vasara). Būtisks faktors, kas ļauj precīzi vērtēt gruntsūdens līmeņa svārstības un izmaiņu tendences, ir automātiskie gruntsūdens logeri. 2016. gada jeb pirmā perioda mērījumos var novērot lielas standartnovirzes, kas saistīts ar mērījumu manuālu veikšanu tikai dažas reizes mēnesī. Automātiskie mērījumi sniedz būtiski lielāku datu rindu, kas daudz ticamāk atspoguļo vidējās mēneša vērtības. Gada sākumā un pavasarī četros objektos no pieciem tika veikta mežizstrāde; informācija par precīziem mežizstrādes termiņiem kombinācijā ar nepārtrauktu datu rindu, kas iegūta, izmantojot logerus, ļaus izdarīt secinājumu par mežizstrādes tūlītēju ietekmi uz gruntsūdens līmeņa izmaiņām.

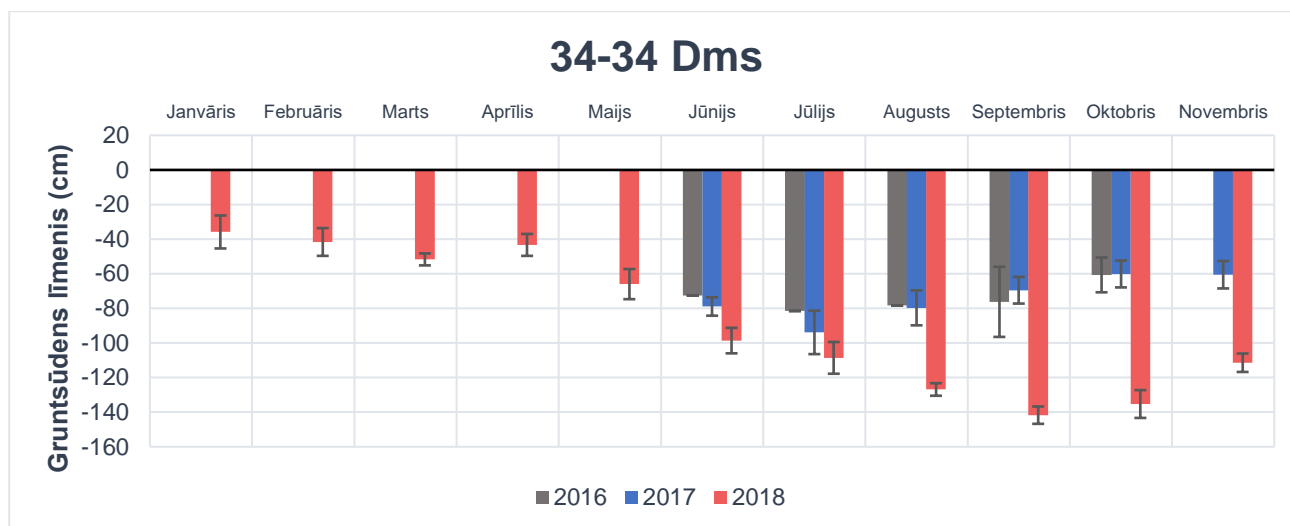
Viskrasākās pārmaiņas novērojamas dumbrāja objektā (35-29 Db), kur tipiski augstais gruntsūdens līmenis 2018. gadā ievērojami pazeminājies. Diemžēl šajā objektā mežizstrādes darbu laikā gruntsūdens aka cieta tehniskus bojājumus, kas neļāva iegūt pilnu datu rindu par vasaras periodu. Pieejamie dati par 2018. gada pavasari un rudens periodu liecina, ka gruntsūdens līmenis rudens mēnešos ir bijis zemāks par zemes virsmas līmeni (pretstatā iepriekšējam gadam), ar tendenci paaugstināties novembra mēnesī.



Attēls 48. Gruntsūdens līmeņa ikmēneša svārstības dumbrājā pētījumu periodā

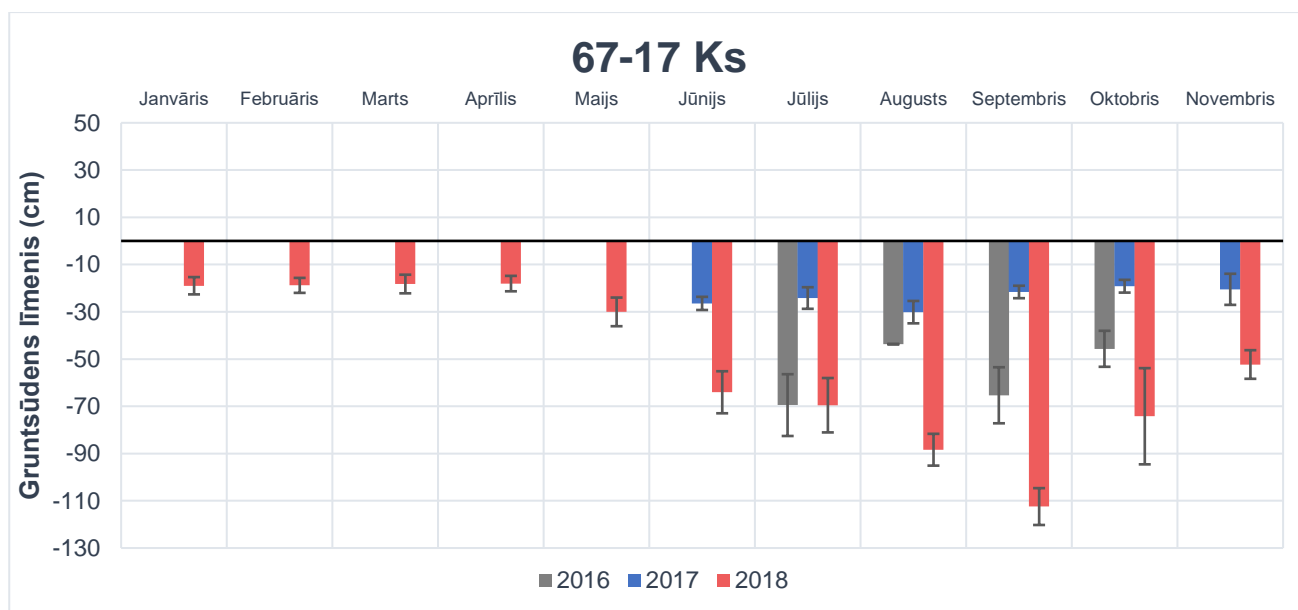
Slapjajā damaksnī (34-34 Dms) gruntsūdens līmenis, salīdzinot ar 2016. un 2017. gada datiem, ir zemāks nekā iepriekšējos periodos. Aktīva mežizstrāde konkrētajā nogabalā netika veikta, taču zemo gruntsūdens līmeni

visticamāk raksturo sezonālais nokrišņu daudzums. Augstākais līmenis 2018. gadā novērots janvārī (vidējais līmenis 36 cm), zemākais – septembrī (vidējais līmenis 141 cm no zemes virsmas).



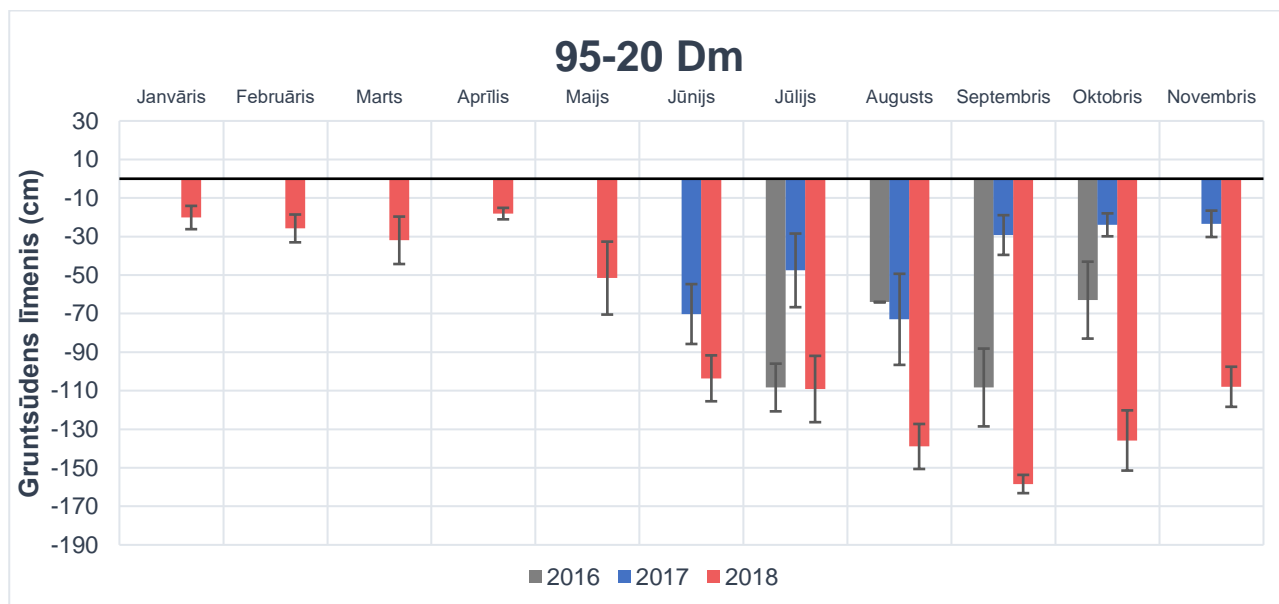
Attēls 49. Gruntsūdens līmeņa ikmēneša svārstības slapjajā damaksnī pētījumu periodā

Kūdrenī (65-17 Ks) gruntsūdens līmenis būtiski pazeminājies visā novērojumu periodā, salīdzinot ar iepriekšējo periodu. Šajā objektā tika veikta mežizstrādes darbība. Augstākais gruntsūdens līmenis novērots aprīlī (vidējais līmenis 18 cm), zemākais – septembrī (vidējais līmenis 112 cm).



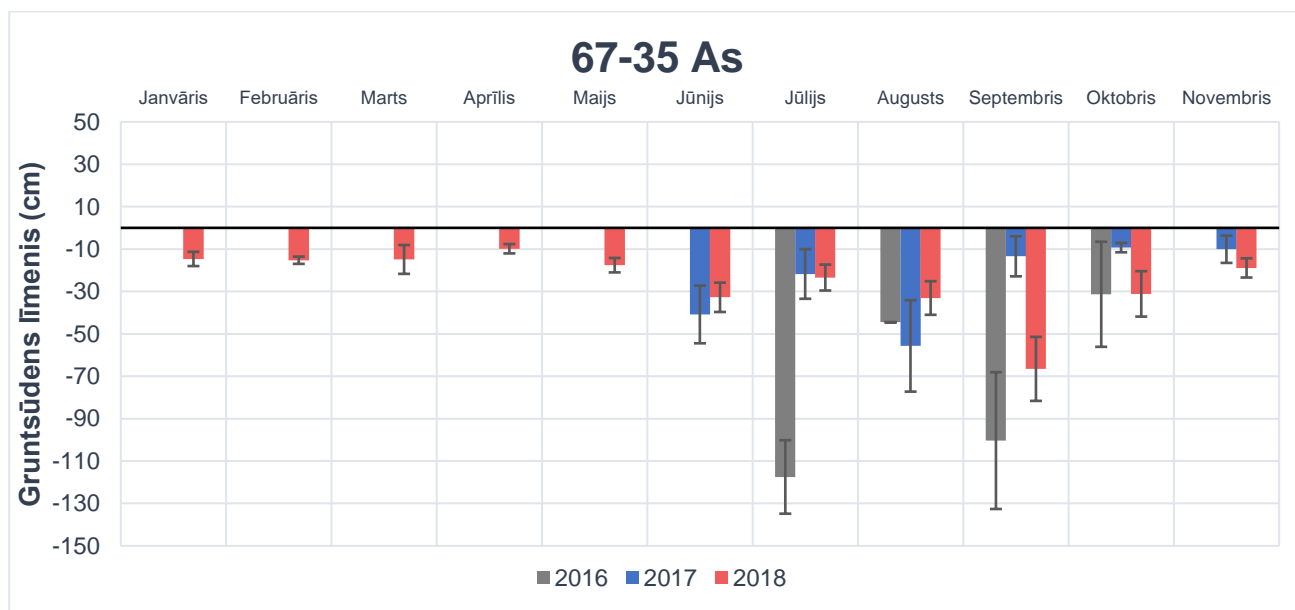
Attēls 50. Gruntsūdens līmeņa ikmēneša svārstības šaurlapju kūdrenī pētījumu periodā

Damaksnī (95-20 Dm) tika veikti mežizstrādes darbi, taču arī šeit novērota sausuma perioda izpausme. Pavasarī, pēc aktīvā mežizstrādes perioda objektā, gruntsūdens līmenis bija samērā augsts (augstākais aprīlī, 18 cm). Taču vasaras un rudens periodā gruntsūdens līmenis bez lielām svārstībām ir krities līdz pat 158 cm (vidējā vērtība septembrī). Oktobra un novembra novērojumos gruntsūdens līmenis pakāpeniski paaugstinās. Šāda tendence objektā novērota arī 2017.gadā.



Attēls 51. Gruntsūdens līmeņa ikmēneša svārstības damaksnī pētījumu periodā

Ārenī (67-35 As) 2018.gadā arī tika veikta mežizstrāde. Augsts gruntsūdens līmenis fiksēts pavasara periodā (augstākais aprīlī, 9 cm), taču vasaras un rudens sezonā līmenis ir krities – zemākais fiksēts septembrī, kad vidējais gruntsūdens līmenis bija 67 cm no zemes virsmas.



Attēls 52. Gruntsūdens līmeņa ikmēneša svārstības šaurlapju ārenī pētījumu periodā

Novērojumi jāturpina turpmākajos pētījuma periodos, lai izsekotu gruntsūdens līmeņa svārstībām nākamajos periodos uzreiz pēc mežizstrādes.

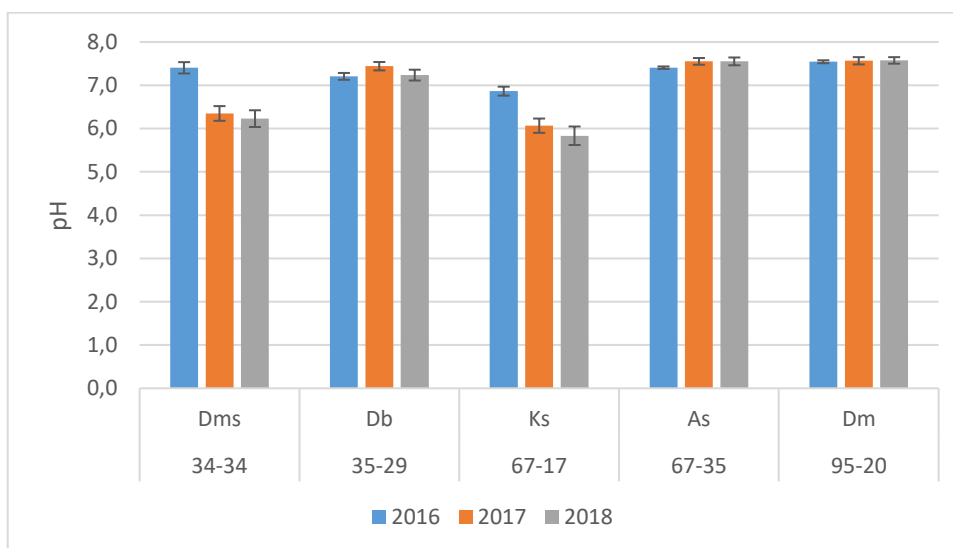
Gruntsūdens ķīmiskais sastāvs

Gruntsūdens ķīmiskais sastāvs (pH, elektovadītspēja, biogēno elementu saturs, izšķīdušā organiskā oglekļa saturs un katjonu saturs) Zalvītes modeļteritorijas pētījuma objektos 2016., 2017. un 2018. gada pētījumu periodā atspoguļots 53.-72. attēlā.

Atkarībā no jonu sastāva un koncentrācijas, ūdens vide var būt skāba vai bāziska. Vides reakcija ir viena no būtiskākajām īpašībām, kas ietekmē augu augšanu. To raksturo ar pH skaitli, kas ir ūdeņraža jonu negatīvais logaritms ($\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$). Gruntsūdeņi ir komplicēti dažādu sāļu un skābju šķīdumi, un to pH ir atkarīgs galvenokārt no šajos ūdeņos esošās ogļskābes, kā arī no organisko skābju, gāzu un citu vielu daudzuma. No pH ir atkarīgi

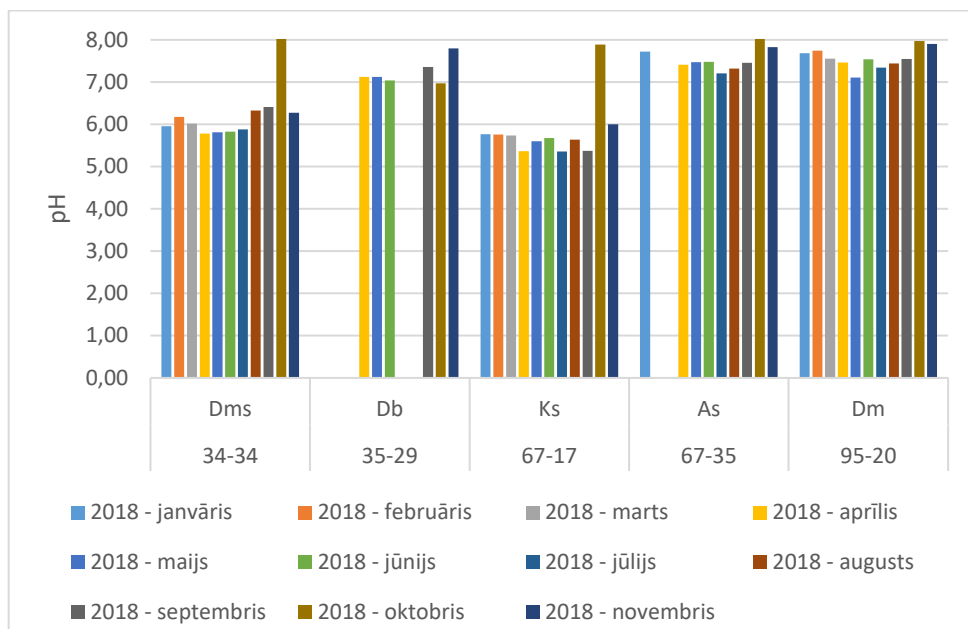
daudzi ūdeņu ķīmiskie procesi un dažādo komponentu daudzums tajos. Dažādos literatūras avotos minēti atšķirīgi pazemes ūdeņu pH svārstību intervāli amplitūdā no pH 5.5 līdz pH 9 (Maldavs, 1964; Zīverts, 2001).

Zalvītes modeļteritorijas objektos 2016. gada pētījumu periodā (no jūlija līdz oktobrim) gruntsūdens vidējais pH svārstījās robežās no 6.9 objektā, kas ierīkots Ks meža tipā, līdz pH 7.5 objektā, kas ierīkots Dm meža tipā. 2017. gada pētījumu periodā (no aprīļa līdz decembrim) gruntsūdens vidējais pH svārstījās robežās no 6.1 objektā, kas ierīkots Ks meža tipā, līdz pH 7.6 objektā, kas ierīkots Dm meža tipā. Savukārt 2018. gada pētījumu periodā (no janvāra līdz novembrim) gruntsūdens vidējais pH svārstījās robežās no 5.8 objektā, kas ierīkots Ks meža tipā, līdz pH 7.6 objektā, kas ierīkots Dm meža tipā (Attēls 53). Pētījumu periodā vidēji skābākie gruntsūdeņi novēroti objektā, kas ierīkots Ks meža tipā, kas liecina par palielinātu organisko skābju daudzumu gruntsūdeņos, bet bāziskākie - objektos, kas ierīkoti Dm, As un Db meža tipos. Pētījuma periodā novērota negatīva, vidēji cieša korelācija starp pētījuma objekta vidējo gruntsūdens pH un izšķīdušā organiskā C saturu ūdenī (korelācijas koeficients -0.73), kas norāda uz ūdens pH tiešu atkarību no organisko skābju daudzuma gruntsūdeņos. Salīdzinot gruntsūdens vidējo pH pētījuma objektos 2016., 2017. un 2018. gadā, konstatēts, ka objektos, kas ierīkots Dms un Ks meža tipā, 2017. un 2018. gada pētījuma periodā vērojama ūdens pH vērtības samazināšanās. 2016. gada pētījuma periodā visos objektos vērojama tendence gruntsūdens pH vērtībai palielināties rudens mēnešos (septembrī un oktobrī). 2017. gada pētījuma periodā augstākās vidējās pH vērtības tika novērotas jūnijā, jūlijā un septembra mēnesī, bet 2018. gada pētījuma periodā augstākā vidējā pH vērtība tika novērota oktobra mēnesī (Attēls 54). Trijos no pieciem pētījuma objektiem 2018. gada pētījuma periodā gruntsūdenī novērojama neliela paskābināšanās tendence, taču izmaiņas, salīdzinot ar iepriekšējo gadu, nav būtiskas. Šīs izmaiņas patlaban nav skaidrojamas ar mežizstrādes ietekmi, jo objektā slapjajā damaksnī mežizstrāde nav veikta.



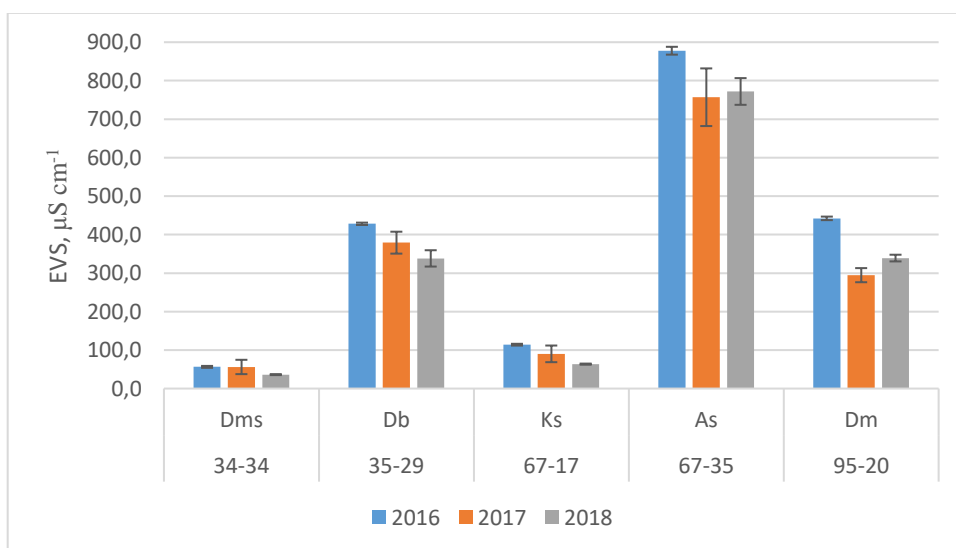
Attēls 53. Gruntsūdens vidējais pH objektos Zalvītes modeļteritorijā 2016., 2017. un 2018. gada pētījumu periodā³

³ Uz x ass zem meža tipa norādīts konkrētā pētījuma objekta kvartāla un nogabala numurs

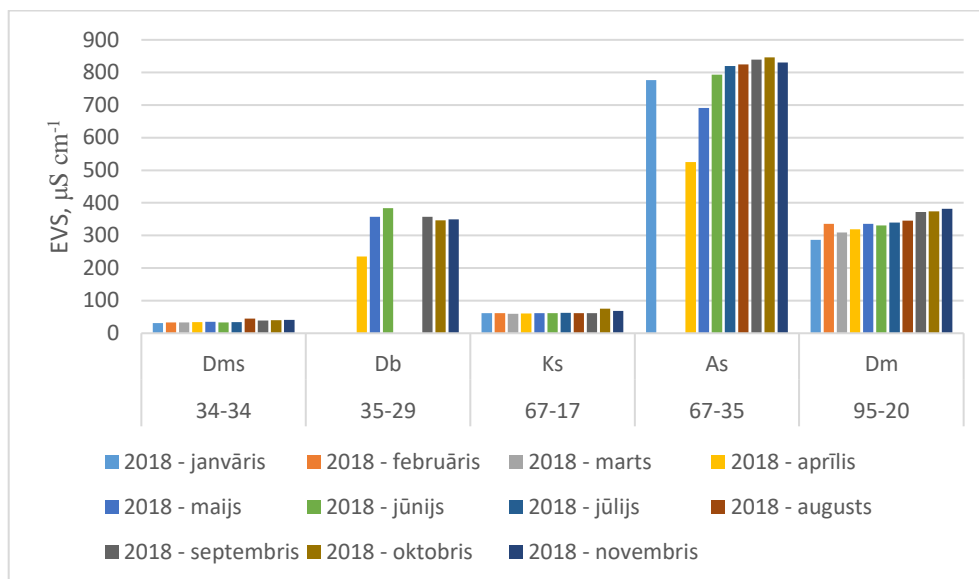


Attēls 54. Gruntsūdens pH objektos Zalvītes modeļteritorijā 2018. gada pētījumu periodā

55. attēlā parādīta vidējā gruntsūdens elektrovadītspēja (EVS) dažādos meža tipos Zalvītes modeļteritorijā 2016., 2017. un 2018. gada pētījumu periodā. Gruntsūdens elektrovadītspēja raksturo gruntsūdenī izšķīdušo sāļu daudzumu. 2016. gadā gruntsūdens vidējā elektrovadītspēja pētījuma periodā svārstījās robežās no $56.4 \mu\text{S cm}^{-1}$ objektā, kas ierīkots Dms meža tipā, līdz $877.9 \mu\text{S cm}^{-1}$ objektā, kas ierīkots As meža tipā. Līdzīgi arī 2017. un 2018. gada pētījuma periodā gruntsūdens vidējā elektrovadītspēja svārstījās robežās no, attiecīgi, 56.1 un $36.2 \mu\text{S cm}^{-1}$ objektā, kas ierīkots Dms meža tipā, līdz, attiecīgi, 757 un $772 \mu\text{S cm}^{-1}$ objektā, kas ierīkots As meža tipā. Starp objektiem, kas ierīkoti dažādos meža tipos, pastāv ievērojamas gruntsūdens elektrovadītspējas jeb izšķīdušo sāļu satura atšķirības, bet viena objekta (meža tipa) ietvaros elektrovadītspējas svārstības pētījuma periodā bija nelielas (Attēls 56), izņemot 2017. gada jūlija mēnesi, kad visos objektos gruntsūdens elektrovadītspēja variē salīdzinoši šaurā amplitūdā no $176.4 \mu\text{S cm}^{-1}$ līdz $250.0 \mu\text{S cm}^{-1}$ (skat. 53. attēlu pārskatā par pētījuma 2017. gada rezultātiem).



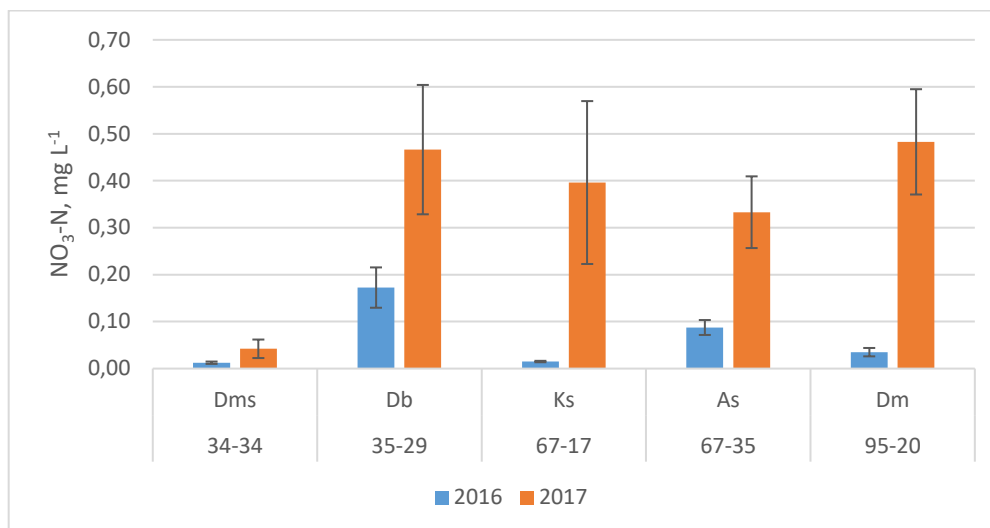
Attēls 55. Gruntsūdens vidējā elektrovadītspēja objektos Zalvītes modeļteritorijā 2016., 2017. un 2018. gada pētījumu periodā



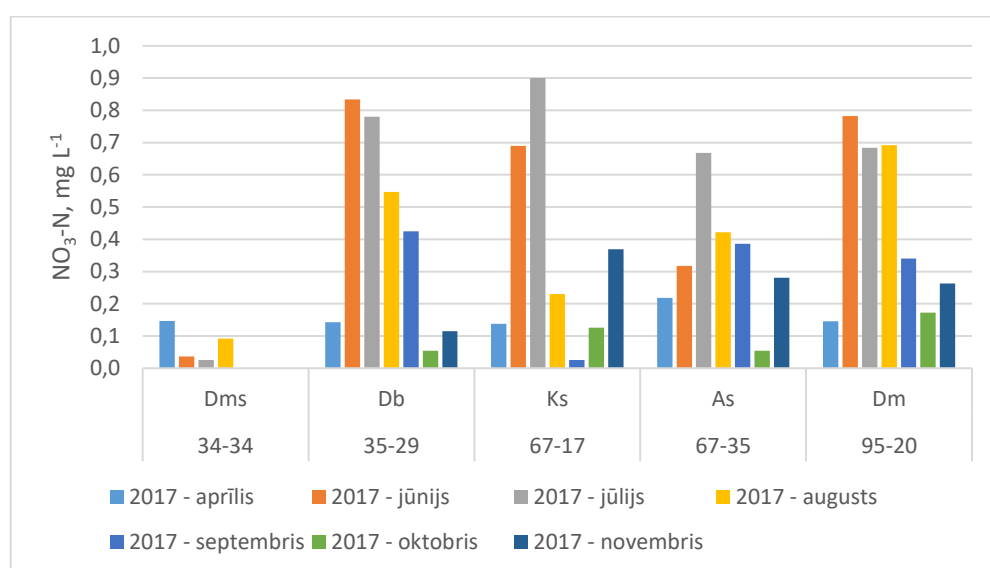
Attēls 56. Gruntsūdens elektrovadītspēja objektos Zalvītes modeļteritorijā 2018. gada pētījumu periodā

Ņemot vērā lielo nozīmību dzīvības procesu nodrošināšanā, par biogēniem elementiem ūdeņos uzskata slāpekli un fosforu neorganiskajos jonos un organiskos savienojumos (Kļaviņš, Cimdiņš, 2004). Zalvītes modeļteritorijas objektos 2016. gada pētījumu periodā gruntsūdeņos slāpekļis nitrātu formā bija vidēji $7.6 \pm 1.6\%$ no kopējā slāpekļa satura, bet amonija jonu formā – $19.5 \pm 3.0\%$ no kopējā slāpekļa satura. 2017. gada pētījuma periodā gruntsūdeņos slāpekļis nitrātu formā bija ievērojami vairāk nekā 2016. gadā – vidēji $36.3 \pm 4.6\%$ no kopējā slāpekļa satura, bet amonija jonu formā – $16.1 \pm 2.7\%$ no kopējā slāpekļa satura. Savukārt 2016. un 2017. gada pētījuma periodā vidēji $62.8 \pm 3.6\%$ no kopējā slāpekļa satura gruntsūdeņos atradās organisko savienojumu veidā. 2016. un 2017. gada pētījuma periodā starp kopējā N saturu un izšķīdušā organiskā C saturu gruntsūdenī novērota cieša, pozitīva korelācija (korelācijas koeficients 0.87), kas ir normāla situācija nepiesārņotās ekosistēmās. Gruntsūdens ķīmiskais sastāvs tieši atspoguļo augsnē notiekošos procesus, un slāpekļa savienojumu formas nosaka mikroorganismu darbība. Nitrāti veidojas nitrifikācijas procesā aerobos apstākļos, bet amonijs – amonifikācijas rezultātā no organiskajiem slāpekļa savienojumiem anaerobos apstākļos. No iegūtajiem rezultātiem mūsu pētījuma objektos varam netieši secināt, ka otrajā pētījuma periodā, neskatoties uz lielo nokrišņu daudzumu, sakņu horizontā, pat gruntsūdens līmenim periodiski paaugstinoties, joprojām dominē aerobi apstākļi. Iespējams, vertikālā ūdens plūsma zināmā mērā pat veicina augsnē aerāciju, bet, lai izdarītu konkrētākus secinājumus, nepieciešami ilgstošāki novērojumi.

Vidējais nitrātu saturs 2016. gada pētījuma periodā svārstījās robežās no $0.01 \text{ mg NO}_3^- \text{ N L}^{-1}$ līdz $0.17 \text{ mg NO}_3^- \text{ N L}^{-1}$, bet 2017. gada pētījuma periodā vidējais nitrātu saturs svārstījās robežās no $0.04 \text{ mg NO}_3^- \text{ N L}^{-1}$ līdz $0.48 \text{ mg NO}_3^- \text{ N L}^{-1}$, pie tam 2017. gada pētījuma periodā visos objektos vidējais nitrātu saturs gruntsūdenī ir ievērojami lielāks nekā vidēji 2016. gadā (Attēls 57). Visā pētījuma periodā lielākā nitrātu satura gruntsūdeņos vērtība ($1.38 \text{ mg NO}_3^- \text{ N L}^{-1}$) konstatēta objektā, kas ierīkots Ks meža tipā, 2017. gada jūnijā (Attēls 58), bet ES Nitrātu direktīvā noteiktā nitrātu satura robežvērtība ($50 \text{ mg NO}_3^- \text{ L}^{-1}$ vai tam ekvivalents $11.3 \text{ mg NO}_3^- \text{ N L}^{-1}$) pētījumu periodā nav pārsniegta. Informācija par nitrātu saturu gruntsūdeņos pētījuma objektā 2018. gadā tiks pievienota pēc laboratorisko analīžu pabeigšanas.



Attēls 57. Vidējais nitrātu saturs gruntsūdeņos objektos Zalvītes modeļteritorijā 2016. un 2017. gada pētījumu periodā⁴

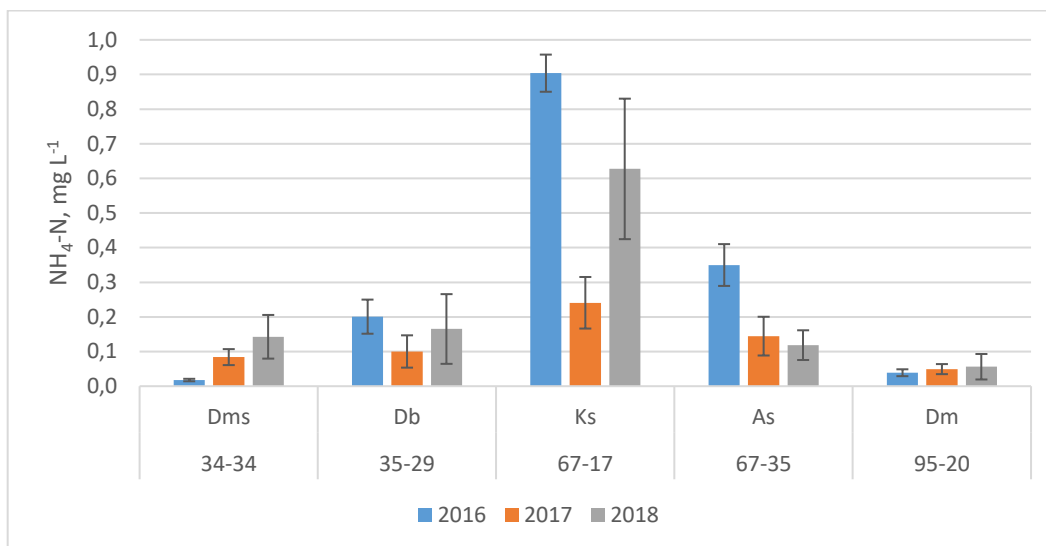


Attēls 58. Nitrātu saturs gruntsūdeņos objektos Zalvītes modeļteritorijā 2017. gada pētījumu periodā

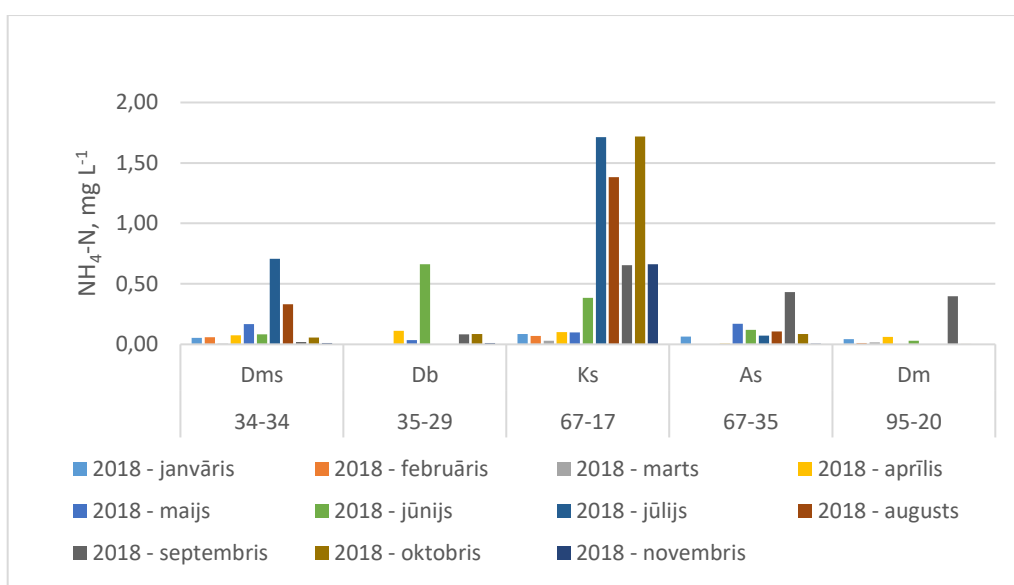
Amonijs kā galvenā slāpekļa minerālā forma dominē purvainajās (kūdras) augsnēs (Яншевска, 1977). Vidējais amonija jonu saturs Zalvītes pētījuma objektu gruntsūdeņos 2016.gada pētījuma periodā svārstījās robežās līdz $0.90 \text{ mg NH}_4^+-\text{N L}^{-1}$, 2017. gada pētījuma periodā - līdz $0.24 \text{ mg NH}_4^+-\text{N L}^{-1}$, bet 2018. gada pētījuma periodā – līdz $0.63 \text{ mg NH}_4^+-\text{N L}^{-1}$. Ievērojami augstāks (īpaši 2016. un 2018. gada pētījuma periodā) amonija jonu saturs gruntsūdenī konstatēts objektā, kas ierīkots Ks meža tipā (Attēls 59).

2018.gada pētījuma periodā amonija vidējā koncentrācijai gruntsūdeņos ir bijusi tendence pieaugt, bet būtisks palielinājums novērots tikai objektā, kas ierīkots Ks meža tipā, tomēr tajā pašā laikā nepārsniedzot 2016.gada (references perioda) vidējo vērtību.

⁴ Informācija par nitrātiem tiks pievienota pēc visu laboratorisko analīžu pabeigšanas

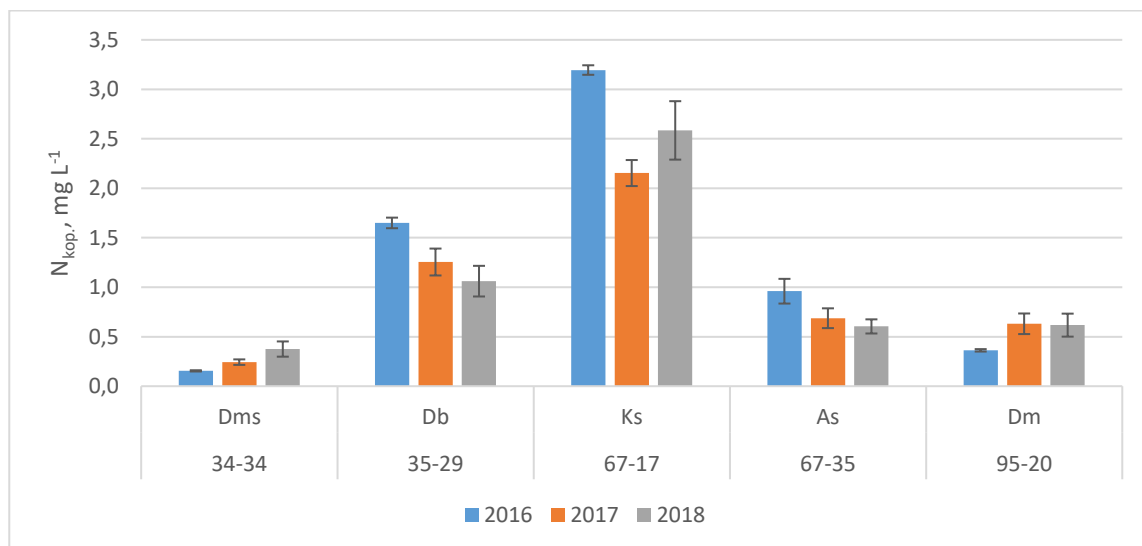


Attēls 59. Vidējais amonija jonu saturs gruntsūdeņos objektos Zalvītes modeļteritorijā 2016., 2017. un 2018. gada pētījumu periodā

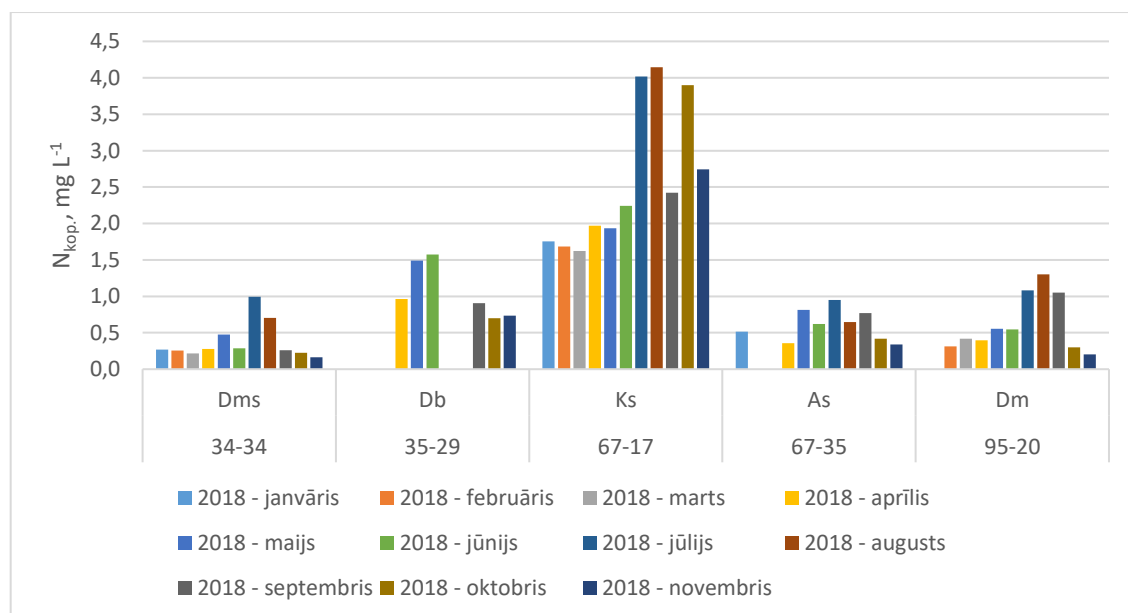


Attēls 60. Amonija jonu saturs gruntsūdeņos objektos Zalvītes modeļteritorijā 2018. gada pētījumu periodā

Organiskās augsnes ir bagātas ar slāpekli, bet tas atrodas grūti šķīstošu savienojumu veidā (Яншевска, 1977). Pētījuma perioda vidējais kopējā slāpekļa saturs gruntsūdeņos Zalvītes modeļteritorijā ierīkotajos pētījuma objektos svārstījās robežās no 0.16 mg N L⁻¹ objektā, kas ierīkots Dms meža tipā, līdz 3.20 mg N L⁻¹ objektā, kas ierīkots Ks meža tipā. Gan 2016. gada, gan 2017. gada, gan arī 2018. gada pētījuma periodā būtiski lielāks vidējais kopējā slāpekļa saturs gruntsūdenī konstatēts mežaudzēs uz organiskām augsnēm (Ks un Db), bet mazākais vidējais kopējā slāpekļa saturs pētījuma periodā konstatēts objektā, kas ierīkots Dms meža tipā (Attēls 61, Attēls 62). Tas ir tieši atkarīgs no augsnes sastāva, jo, kā minēts jau iepriekš, lielākā daļa no kopējā slāpekļa satura ir organiskā formā. Dms un Ks meža tipos kopējai slāpekļa koncentrācijai gruntsūdenī, salīdzinot ar iepriekšējo gadu, ir novērota pieaugoša tendence.

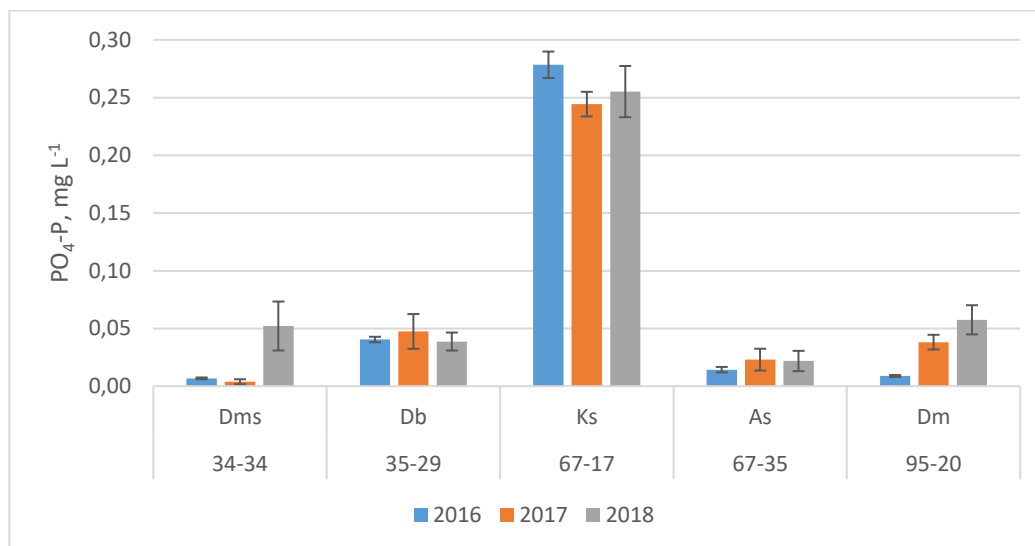


Attēls 61. Vidējais kopējā slāpekļa saturs gruntsūdeņos objektos Zalvītes modeļteritorijā 2016., 2017. un 2018. gada pētījumu periodā

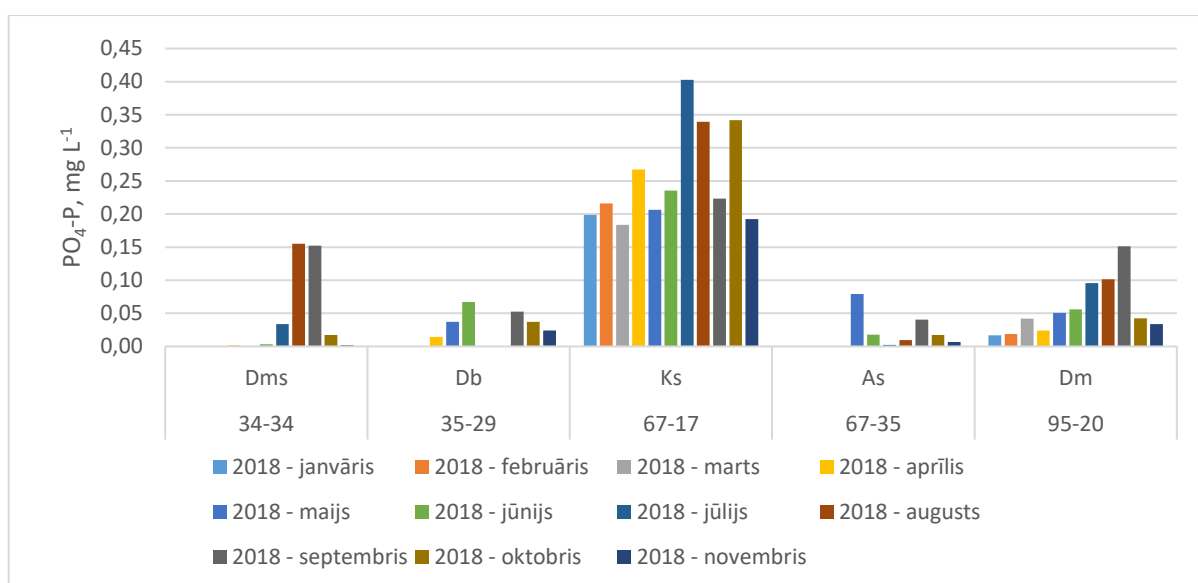


Attēls 62. Kopējā slāpekļa saturs gruntsūdeņos objektos Zalvītes modeļteritorijā 2018. gada pētījumu periodā

Fosforam ir svarīga nozīme visu organismu dzīvības procesos. Fosfāti, tāpat kā amonija sāļi un nitrāti, ir nozīmīgi augu barošanās procesā. Fosfātu minerāli ir ūdenī mazšķīstoši. Fosfors augos tiek uzņemts fosforskābes sāļu anjonu veidā, visbiežāk kā ortofosfāts (HPO_4^{2-} resp., H_2PO_4^-) (Lyr, Fiedler, Tranquillini, 1992). Neorganiskie fosforskābes sāļi visbiežāk atbrīvojas, sadaloties augu atliekām. 63. attēlā parādīts vidējais fosfātu saturs gruntsūdenī dažādos meža tipos Zalvītes modeļteritorijā 2016., 2017. un 2018. gada pētījumu periodā. Vidējais fosfātu saturs gruntsūdeņos pētījuma periodā svārstījās robežās līdz $0.28 \text{ mg PO}_4^{3-}\text{-P L}^{-1}$. Būtiski lielāks vidējais fosfātu saturs gruntsūdenī konstatēts mežaudzēs uz organiskām augsnēm (Ks un Db, Attēls 63 un Attēls 64). Būtisks fosfātu koncentrācijas palielinājums konstatēts objektā, kas ierīkots slapjajā damaksnī.

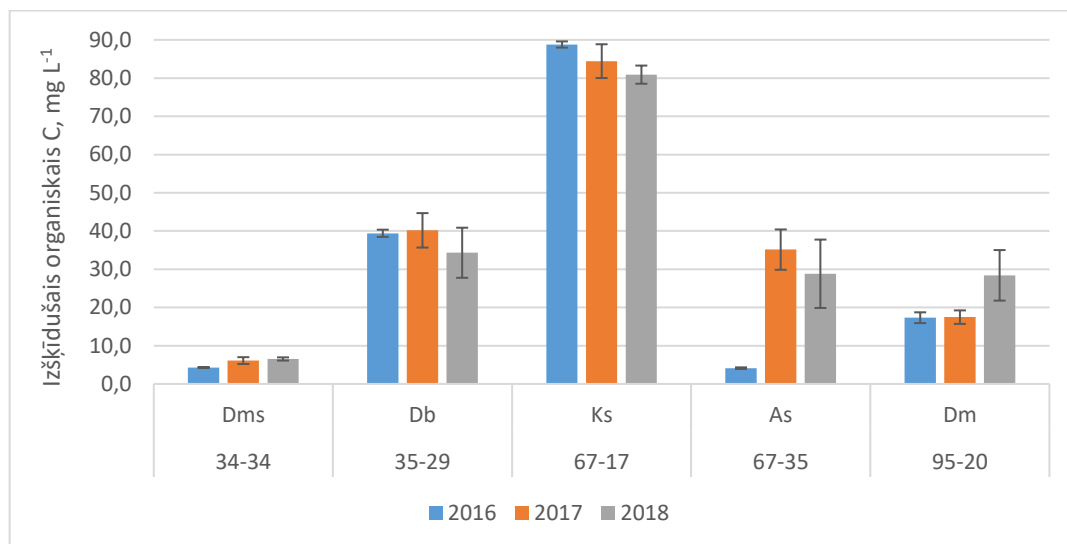


Attēls 63. Vidējais fosfātu saturs gruntsūdeņos objektos Zalvītes modeļteritorijā 2016., 2017. un 2018. gada pētījumu periodā

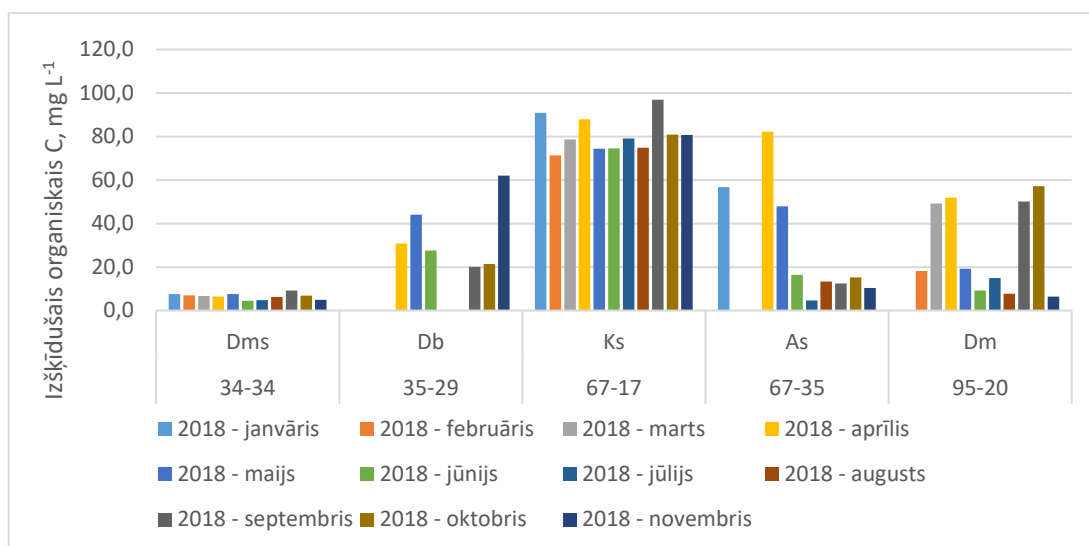


Attēls 64. Fosfātu saturs gruntsūdeņos objektos Zalvītes modeļteritorijā 2018. gada pētījumu periodā

2016., 2017. un 2018. gada pētījuma perioda vidējais izšķīdušā organiskā oglekļa saturs gruntsūdeņos dažādos meža tipos Zalvītes modeļteritorijā (Attēls 65) svārstījās plašā amplitūdā no 4.1 mg L⁻¹ objektā, kas ierīkots As meža tipā (2016. gads), līdz 88.8 mg L⁻¹ objektā, kas ierīkots Ks meža tipā (2016. gads). Visā pētījuma periodā objektos, kas ierīkoti mežaudzēs uz organiskām augsnēm (Ks, Db), bija vērojams būtiski lielāks izšķīdušā organiskā oglekļa saturs gruntsūdeņos nekā objektos, kas ierīkoti mežaudzēs uz minerālaugsnēm (Dms, As, Dm). Tas norāda uz tiešu un būtisku augsnes sastāva ietekmi uz gruntsūdens ķīmiskajām īpašībām. Izvērtējot izšķīdušā organiskā oglekļa saturu gruntsūdeņos 2017. un 2018. gada pētījuma perioda griezumā, konstatēts, ka visos objektos palielināts izšķīdušā organiskā oglekļa saturs gruntsūdeņos galvenokārt ir bijis rudens mēnešos (septembrī – novembrī, Attēls 66). Izšķīdušā organiskā oglekļa satura palielināšanos rudenī izraisa palielināts nobiru saturs un to sadalīšanās procesi. Kopumā izšķīdušā organiskā oglekļa saturs gruntsūdeņos ir ļoti mainīgs lielums, ko ietekmē kompleksi vides procesi (Graham et al. 2015).



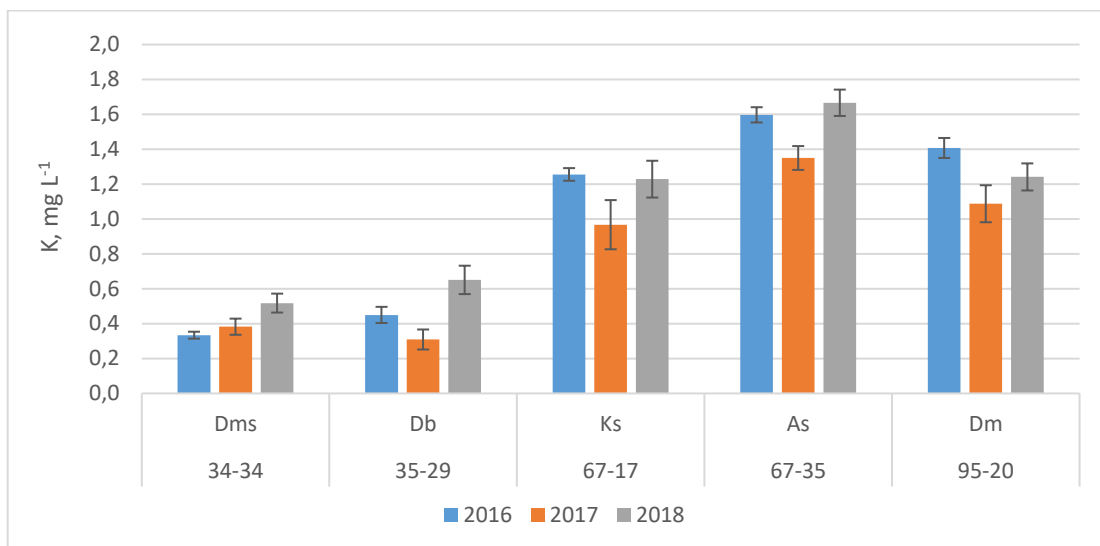
Attēls 65. Vidējais izšķīdušā organiskā oglekļa saturs gruntsūdeņos objektos Zalvītes modeļteritorijā 2016., 2017. un 2018. gada pētījumu periodā



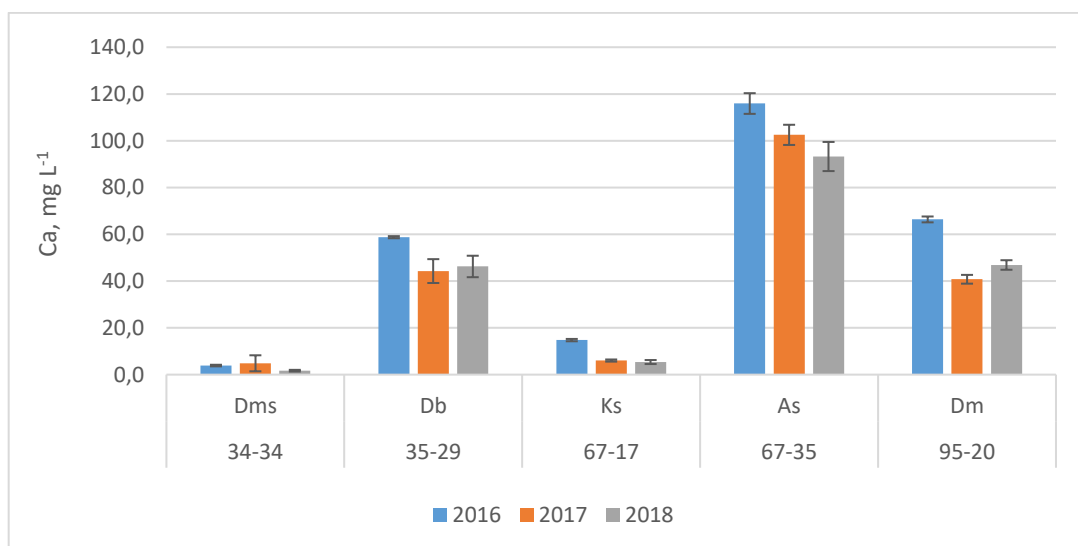
Attēls 66. Izšķīdušā organiskā oglekļa saturs gruntsūdeņos objektos Zalvītes modeļteritorijā 2018. gada pētījumu periodā

67.-69. attēlā atspoguļots vidējais kālija, kalcija un magnija saturs gruntsūdeņos dažādos meža tipos Zalvītes modeļteritorijā 2016., 2017. un 2018. gada pētījumu periodā. Pētījuma objektā minēto katjonu saturs gruntsūdeņos samazinās sekojošā secībā: $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$. Pētījuma perioda vidējais kālija saturs gruntsūdeņos dažādos meža tipos svārstījās amplitūdā no 0.31 mg L^{-1} objektā, kas ierīkots Db meža tipā, līdz 1.67 mg L^{-1} objektā, kas ierīkots As meža tipā. Vidējais kalcija saturs gruntsūdeņos dažādos meža tipos svārstījās amplitūdā no 1.68 mg L^{-1} objektā, kas ierīkots Dms meža tipā, līdz 115.9 mg L^{-1} objektā, kas ierīkots As meža tipā. Savukārt magnija saturs gruntsūdeņos dažādos meža tipos svārstījās amplitūdā no 0.54 mg L^{-1} objektā, kas ierīkots Dms meža tipā, līdz 34.4 mg L^{-1} objektā, kas ierīkots As meža tipā. Vislielākā Ca, Mg un K katjonu summa gruntsūdenī konstatēta mežaudzēs uz nosusinātām un sausām minerālaugsnēm (objektos, kas ierīkoti As un Dm meža tipos), savukārt mazākā katjonu summa gruntsūdenī konstatēta mežaudzē uz slapjas minerālaugsnes (objektā, kas ierīkots Dms meža tipā). Līdz ar to vērojama mežsaimnieciskās darbības – minerālaugšņu nosusināšanas ietekme uz gruntsūdeņu ķīmisko sastāvu.

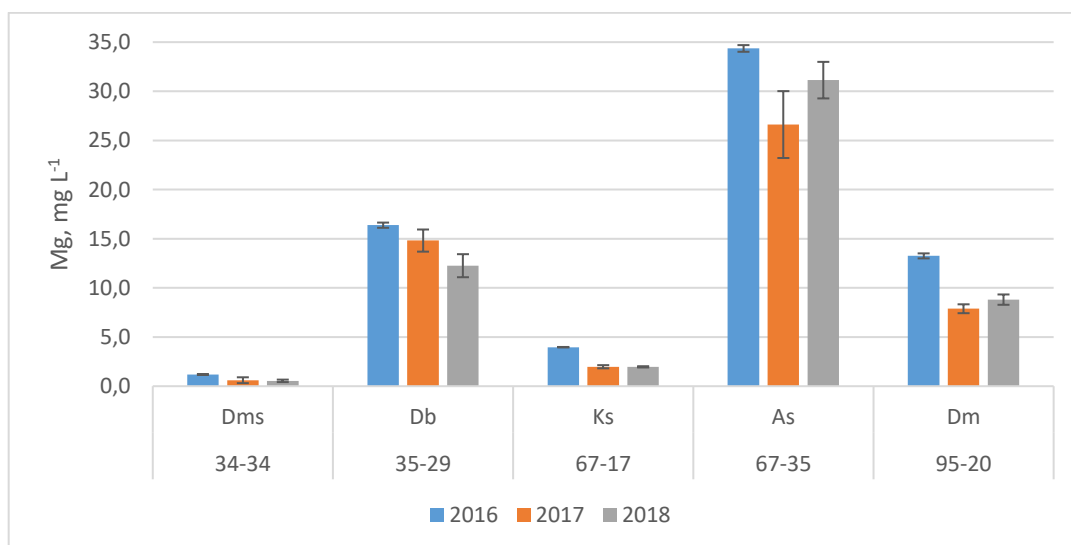
Kālija vidējā koncentrācija, salīdzinot ar iepriekšējo gadu, ir paaugstinājusies visos piecos pētījuma objektos, un trijos no tiem tā ir augstāka nekā 2016. gadā (references periodā). Iepriekšējās nodaļās minēts, ka līdzīga tendence novērota arī paraugu ņemšanas punktos modeļteritoriju grāvjos un ūdenstecēs. Šī tendence skaidrojama ar nelielo nokrišņu daudzumu, nelielo noteci un ūdens daudzumu ūdenstecēs, kā rezultātā varētu būt novērojama bāzisko katjonu sakoncentrēšanās dabas ūdeņos.



Attēls 67. Vidējais kālija saturs gruntsūdeņos objektos Zalvītes modeļteritorijā 2016., 2017. un 2018. gada pētījumu periodā

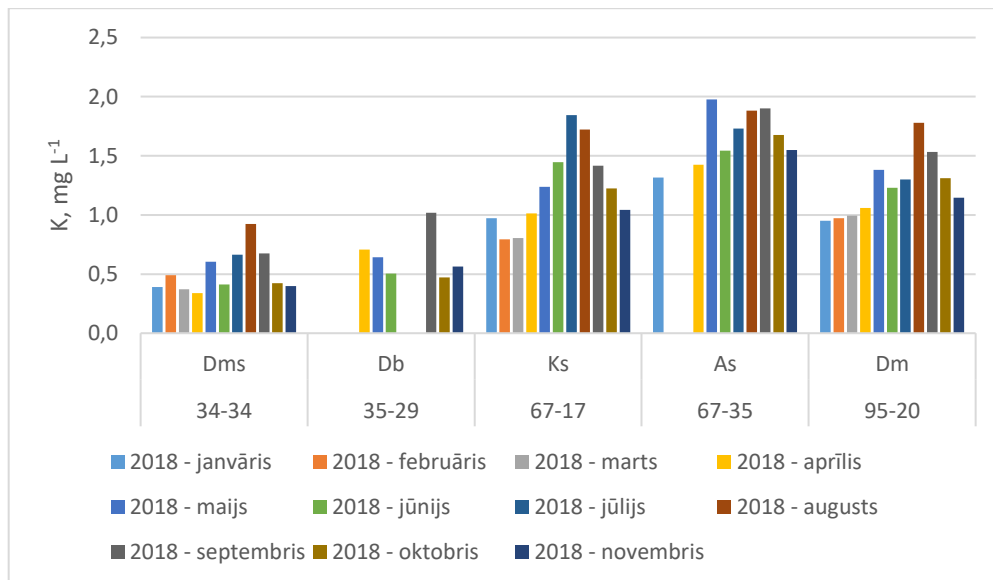


Attēls 68. Vidējais kalcija saturs gruntsūdeņos objektos Zalvītes modeļteritorijā 2016., 2017. un 2018. gada pētījumu periodā

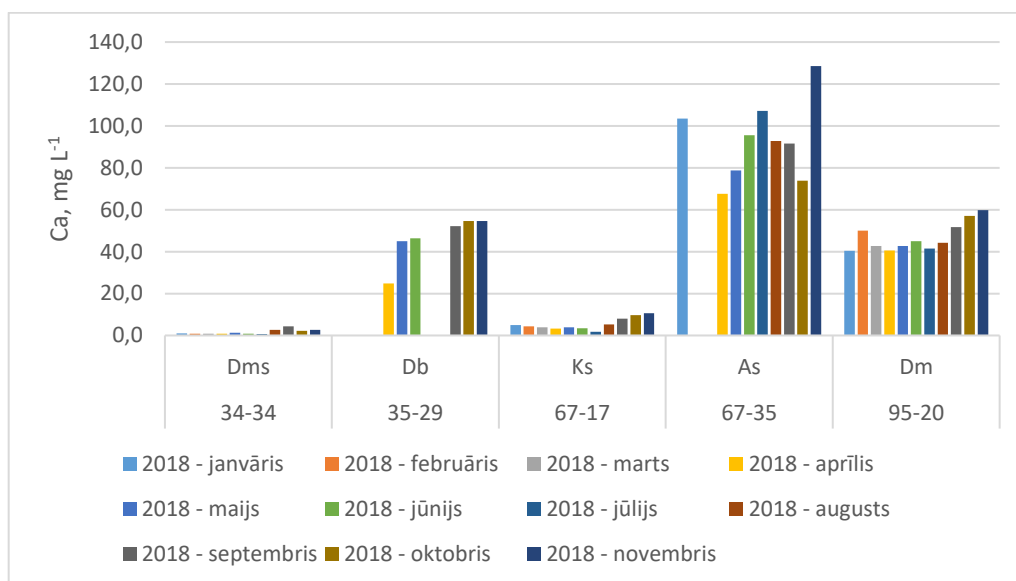


Attēls 69. Vidējais magnija saturs gruntsūdeņos objektos Zalvītes modeļteritorijā 2016., 2017. un 2018. gada pētījumu periodā

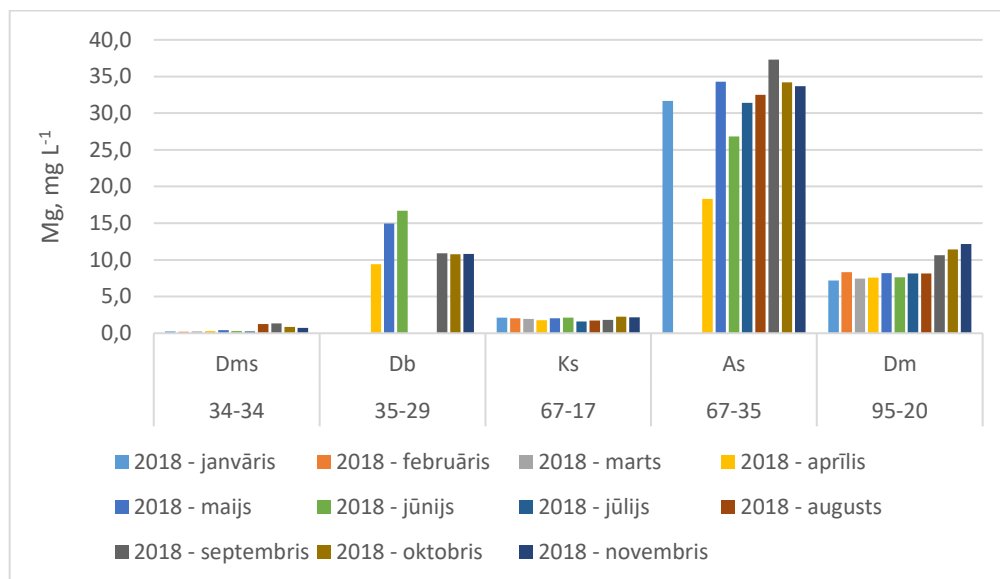
70.-72. attēlā atspoguļots pa mēnešiem izvērstais kālija, kalcija un magnija saturs gruntsūdeņos 2018. gada pētījuma periodā dažādos meža tipos Zalvītes modeļteritorijā. Vērojamas būtiskas atšķirības bāzisko katjonu saturā starp dažādiem pētījuma objektiem, kā arī objektu līmenī vērojamas svārstības bāzisko katjonu saturā gruntsūdeņos pētījuma perioda griezumā, kaut gan vienotas sezonālas tendences nav novērotas. Mūsu rezultātos iezīmējās arī citos pētījumos un cita veida ekosistēmās konstatētā likumsakarība, ka paaugstināts izšķīdušā oglekļa saturs auglīgās augsnēs negatīvi ietekmē magnija koncentrācijas (Sapek 2013). Mūsu pētījumā šo likumsakarību ilustrē Mg koncentrācijas atšķirības ārenī un kūdrenī.



Attēls 70. Kālija saturs gruntsūdeņos objektos Zalvītes modeļteritorijā 2018. gada pētījumu periodā



Attēls 71. Kalcija saturs gruntsūdeņos objektos Zalvītes modeļteritorijā 2018. gada pētījumu periodā



Attēls 72. Magnija saturs gruntsūdeņos objektos Zalvītes modeļteritorijā 2018. gada pētījumu periodā

Turpmākajos pētījuma gados gruntsūdens līmeņa un ķīmiskā sastāva mērījumi pētījuma objektos tiks turpināti, lai identificētu un novērtētu mežsaimniecisko darbību ietekmi.

Secinājumi

1. 2018.gada ķīmisko analīžu rezultāti apstiprina meteoroloģisko apstākļu būtisko ietekmi uz virszemes ūdeņu kvalitāti raksturojošajiem rādītājiem. Ūdens ekoloģiskās kvalitātes parametru izmaiņas galvenkārt ir saistāmas tieši ar netipiski sauso un nokrišņiem nabadzīgo veģetācijas sezonu, nevis ar modeļteritorijā veikto saimniecisko darbību. Novērojumi turpināmi, lai šo secinājumu precizētu.
2. 2018. gadā pētījuma objektos fiksētais vidējais gruntsūdens līmenis ir ievērojami zemāks nekā iepriekšējā pētījuma periodā, un vasaras otrajā pusē (intensīvas augšanas periodā no jūnija līdz septembrim) tas vidēji nav augstāks par 30 cm no zemes virsmas. Izcirtumu pārpurvošanās patlaban nav novērota nevienā no četriem objektiem, kuros veikta mežizstrāde.
3. Trīs gadus ilgi novērojumi norāda uz tiešu gruntsūdens ķīmiskā sastāva atkarību no edafiskiem faktoriem. Objektā, kas ierīkots uz nosusinātas kūdras augsnes (Ks), vērojams palielināts gruntsūdens skābums, palielināts amonija jonu, fosfātjonu, kopējā slāpekļa un izšķīdušā organiskā oglekļa saturs. Savukārt objektā, kas ierīkots uz nosusinātas minerālaugsnes (As), vērojams palielināts kālija, kalcija un magnija saturs gruntsūdeņos, kā arī palielināta gruntsūdeņu elektrovadītspēja. Mazākā pētījuma perioda vidējā nitrātu, kopējā slāpekļa, izšķīdušā organiskā oglekļa un bāzisko katjonu koncentrācija konstatēta objektā, kas ierīkots uz slapjas minerālaugsnes (Dms).
4. No pirmo triju pētījuma gadu datiem indikatīvi secināms, ka, lai arī dažādu apstākļu (saimnieciskā darbība, dabiski traucējumi, meteoroloģiski apstākļi) izraisīta lokāla ietekme uz ūdens kvalitāti var būt būtiska, plašākā telpiskā mērogā (sateces baseina mērogā) tā īstermiņā visbiežāk nav konstatējama. Pagarinot novērojumu datu rindu, secinājumu būs iespējams precizēt.

Literatūra

1. Bamberg K. 1993. Ģeoloģija un hidroģeoloģija. Rīga: Zvaigzne, 328 lpp.
2. Graham P., Baker A. and Andersen M. 2015. Dissolved Organic Carbon Mobilisation in a Groundwater System Stressed by Pumping. Scientific reports 5:18487
3. Kļaviņš, M., Cimdiņš, P. 2004. Ūdeņu kvalitāte un tās aizsardzība. Rīga, LU Akadēmiskais apgāds, 208 lpp.
4. Maldavs Z. 1964. Pazemes ūdens. Rīga: Latvijas Valsts izdevniecība. 238 lpp.

5. Sapek B. 2013. Relationship between dissolved organic carbon and calcium and magnesium in soil water phase and their uptake by meadow vegetation. *Journal of Water and Land Development* 19 (7–12): 69–76
6. Zīverts A. 2001. Pazemes ūdeņu hidroloģija: mācību palīgīdzeklis vides un ūdenssaimniecības specialitātes studentiem. Latvijas Lauksaimniecības universitāte. Jelgava : LLU. 81 lpp.
7. Яншевска З. Я. 1977. Изменение количества питательных веществ в удобренных почвах осушенных верховых болот. В кн.: Торф в лесном хозяйстве : сборник статей. Ред. С.К. Салинь. Рига: Зинатне, с.45-52.

1.1.4. Aerētā augsnes virskārtas slāņa biezums

Augsnes aerācija ir gaisa, kā arī to veidojošo gāzu apmaiņas process starp augsni un atmosfēru. Pietiekama augsnes aerācija ir svarīgs faktors veselīgas mežaudzes attīstībai. Starp augsnes cietajām daļiņām un agregātiem jeb porās atrodas augsnes gaiss un ūdens. Augsnes porozitāte ietekmē augsnes aerāciju tiešā veidā, ko raksturo poru sadalījums, daudzums un izmēri. Ar organiskajām vielām bagātākām augsnēm ir raksturīga augstāka porozitāte (Melecis, 2011; Nikodemus et al., 2008; Osman, 2013). Skābekļa saturs ir ierobežots sablīvētās smaga granulometriskā sastāva, kā arī applūstošu teritoriju augsnēs.

Koziem augsnē ir nepieciešams ne tikai ūdens un barības vielas, bet arī pietiekama gaisa cirkulācija. Sakņu elpošanai ir nepieciešams skābeklis no atmosfēras, kā arī iespēja izvadīt oglekļa dioksīdu. Ilgstoši aerētās augsnes poras ir vienīgā saikne starp saknēm un atmosfēru, kuru tilpums un nepārtrauktība nosaka augsnes aerācijas efektivitāti. Ja poru tilpums tiek samazināts vai poras tiek aizsprostotas, saknes netiek apgādātas ar skābekli, izdalītais oglekļa dioksīds tiek iesprostots augsnē (Herbauts et al., 1996; Hildebrand, 1983; Horn et al., 2007), kā rezultātā mazākās saknes pārstāj funkcionēt. Reducēta sakņu sistēma var būt nepietiekama, lai apgādātu koku ar pietiekamu ūdens un barības vielu daudzumu, samazinot kokauga spēju augt un attīstīties, kā arī ietekmē koka vainaga veselību (Weltecke and Gaertig, 2012).

Objekti un metodika

Lai novērtētu minimālā aerētā augsnes slāņa dziļuma izmaiņas mežsaimniecisko aktivitāšu rezultātā, dažādu meža tipu nogabalos augsnē tika ievietoti 70 cm gari 5-10 (atbilstoši meža nogabalu platībai un konfigurācijai) tērauda stieņi. Stieņa daļa, kas atrodas aerētajā augsnes slānī, aprūsē, turpretim daļa, kas atrodas anaerobos apstākļos, neaprūsē, ļaujot noteikt minimālo aerētā slāņa dziļumu no augsnes virskārtas. Šāda metode ir piemērota augsnes aerētā slāņa biezuma noteikšanai plašākā teritorijā, jo ir pietiekami vienkārša, lai aptvertu lielu objektu skaitu - mazāk laikietilpīga un lētāka metode nekā gruntsūdens līmeņa novērošana gruntsūdens akās (McKee 1977; Carnell & Andersson 1986, Sajedi et al. 2012). Aerācijas stieņi nogabalos izvietoti pa diagonāli, izvairoties no neraksturīgām vietām, līdz ar augsnes virskārtu, noņemot nedzīvās zemsegas slāni. Stieņu atrašanās vietas tika atzīmētas dabā ar krāsainiem mietiņiem, un GPS ierīcē tika fiksētas to atrašanās vietu koordinātas. Nogabali tika izvēlēti atbilstoši AS "LVM" sniegtajai informācijai par plānoto mežizstrādi 2018. gadā.

Pirmajā novērojumu periodā aerācijas stieņi izvietoti 21 nogabalā 2016. gada jūnija beigās/jūlija sākumā un izņemti pēc veģetācijas sezonas beigām – 2. novembrī. 2017. gadā periodā izveidoti 5 papildus objekti, kuros ciršana nav plānota (19-46, 39-46, 68-4, 68-17, 68-25), 4 papildus objekti slapjainos, 3 papildus objekti purvainos, 1 papildus objekts ārenī un 4 papildus objekti kūdreņos, attiecīgi otrajā novērojumu periodā aerācijas stieņi izvietoti 38 nogabalos. Otrajā novērojumu periodā 2017. gadā stieņi ievietoti augsnē jūlija sākumā un izņemti pēc veģetācijas sezonas beigām – 12. decembrī. 2018. gada veģetācijas sezonā stieņi ievietoti augsnē 38 iepriekšējos nogabalos un papildus 1 nogabalā ārenī (17-17) jūlija sākumā, izņemti pēc veģetācijas sezonas beigām – 30. novembrī (Tabula 7).

Tabula 7. Nogabalu saraksts ar ievietotiem stieņiem augsnes virskārtas aerētā dziļuma novērtēšanai 2018. gadā

Nr.p.k.	Kvartāls	Nogabals	Meža tips	Koku suga	Edafiskā rinda	Nogabala platība, ha	Stieņu skaits	Nocirsts/nenocirsts
1	36	30	Dm	P	sausieņi	3	6	Nocirsts
2	35	29	Db	B	purvaini	0.3	5	Nocirsts
3	35	30	Db	B	purvaini	0.8	5	Nocirsts
4	35	26	Mr	P	sausieņi	0.6	5	Nocirsts
5	34	31	Mr	P	sausieņi	0.4	5	Nocirsts
6	34	40	Pv	P	purvaini	1	5	
7	34	27	Sl	P	sausieņi	1.2	7	Nocirsts
8	34	34	Dms	B	slapjaini	0.7	5	Nocirsts
9	34	29	Dms	B	slapjaini	0.7	5	
10	33	18	Dm	B	sausieņi	0.8	5	
11	33	8	Ln	P	sausieņi	0.4	5	
12	37	12	Mr	P	sausieņi	1.7	7	
13	37	13	Ks	P, E	kūdreņi	0.5	5	
14	37	15	Kp	B	kūdreņi	0.8	5	Nocirsts
15	38	3	Ks	B	kūdreņi	0.6	5	
16	17	17	As	B	āreņi	1	5	
17	17	6	Ks	P	kūdreņi	1.5	6	
18	61	32	Mr	P	sausieņi	5.2	10	Nocirsts
19	119	4	Db	B	purvaini	2.4	10	Nocirsts
20	95	28	Db	B	purvaini	2.8	10	
21	95	20	Dm	P	sausieņi	1.1	5	Nocirsts
22	96	18	Vrs	M	slapjaini	1.4	7	
23	96	19	Dm	B	sausieni	1.1	5	
24	96	33	Dms	B	slapjaini	1.6	7	
25	97	18	Dm	B	sausieņi	0.4	5	
26	67	35	As	B	āreņi	2.6	10	
27	19	45	As	P	āreņi	0.8	5	
28	19	46	Pv		purvaini	2.1	10	
29	40	33	Dms	B	slapjaini	1.1	6	Nocirsts
30	39	46	Pv		purvaini	1	5	
31	39	45	Db	B	purvaini	0.4	5	Nocirsts
32	68	6	Grs	B	slapjaini	1	5	Nocirsts
33	68	4	Kp		kūdreņi	0.6	5	Nocirsts
34	68	17	As		āreņi	1	5	
35	68	26	As	B	āreņi	0.7	5	Nocirsts
36	68	25	Grs		slapjaini	2	10	
37	69	28	Dm	E	sausieņi	0.4	5	
38	67	17	Ks	P	kūdreņi	0.4	5	Nocirsts
39	69	32	Dm	P	sausieņi	0.8	6	Nocirsts

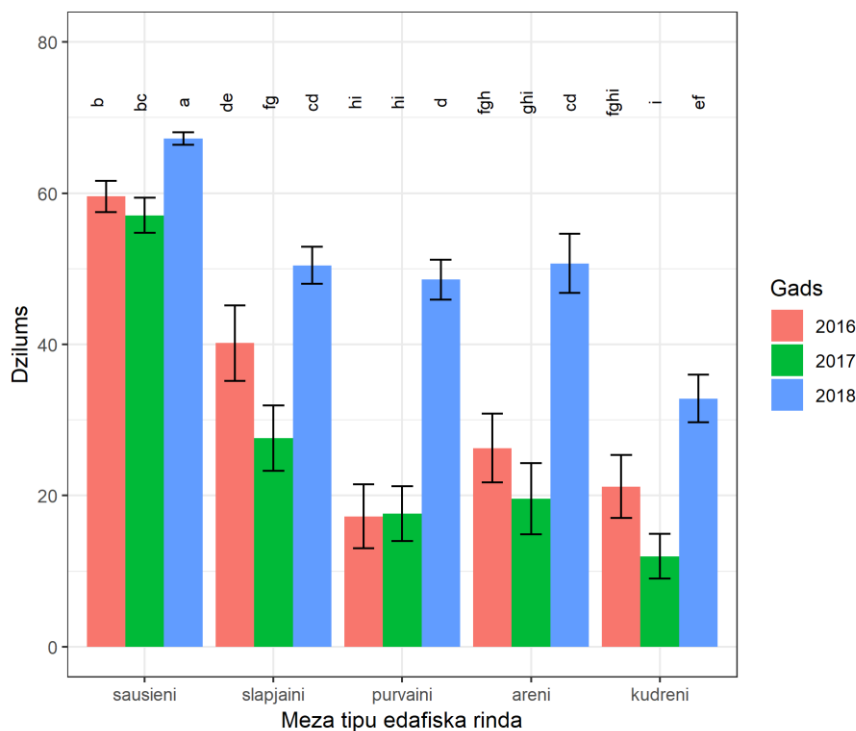
Nesarūsējušās daļas sākums tiek uzskatīts par indikatoru dziļumam, no kura sākot, veģetācijas sezonā dominējuši anaerobi apstākļi. Lai mērījumus varētu matemātiski apstrādāt, gadījumos, kad bija sarūsējis viss stienis, tika pieņemts, ka aerētā augsnes slāņa biezums ir 70 cm, kaut arī tas, iespējams, bija lielāks. Lielākā daļa koku sakņu izvietojas 30-40 cm biezā augsnes virsējā slānī (Zālītis, 2006; Zālītis, 2012), tādēļ šāda pieņēmuma izmantošana ļauj iegūt reprezentatīvus rezultātus.

Datu statistiskā apstrāde veikta, izmantojot *R* programmu. Datu dispersiju analīze veikta, izmantojot *ANOVA* dispersiju analīzi un paraugkopu salīdzināšana veikta, izmantojot *LSD (Least Significant Difference) post-hoc* testu. Lai novērtētu kailcirtes ietekmi uz aerācijas slāņa biezuma izmaiņām, izcirstajiem nogabaliem tika aprēķināts vidējais aerācijas slāņa biezums pētījuma pirmajos divos gados, kas tika salīdzināts ar pēc-mežizstrādes vērtībām (2018. gada rezultāti) kā starpība.

Rezultāti

Nokrišņu daudzums Latvijā ir vidēji 667 mm gadā, 2016. gadā nokrišņu daudzums Latvijā sasniedza 740 mm, taču 2017. gadā sasniedza 800 mm. Zalvītes modeļteritorijai tuvākajā meteoroloģiskajā stacijā Skrīveros 2016. gadā reģistrēti 894 mm un 2017. gadā 874 mm nokrišņu, kas abos gados ir ievērojami vairāk virs Latvijas ilgtermiņa vidējā rādītāja, kā arī ir lielāks, nekā vidēji Latvijā attiecīgajā gadā. No 2018. gada sākumā līdz 3. decembrim nokrišņu apjoms Zalves modeļteritorijā ir sasniedzis vien 447 mm, kas liecina par izteikti sausu gadu. Nokrišņu trūkums ir būtiski palielinājis augsnes aerētā slāņa biezumu 2018. gada pētījumu sezonā, par ko liecina iegūtie rezultāti, kas attēloti 73., 74. un 75. attēlā.

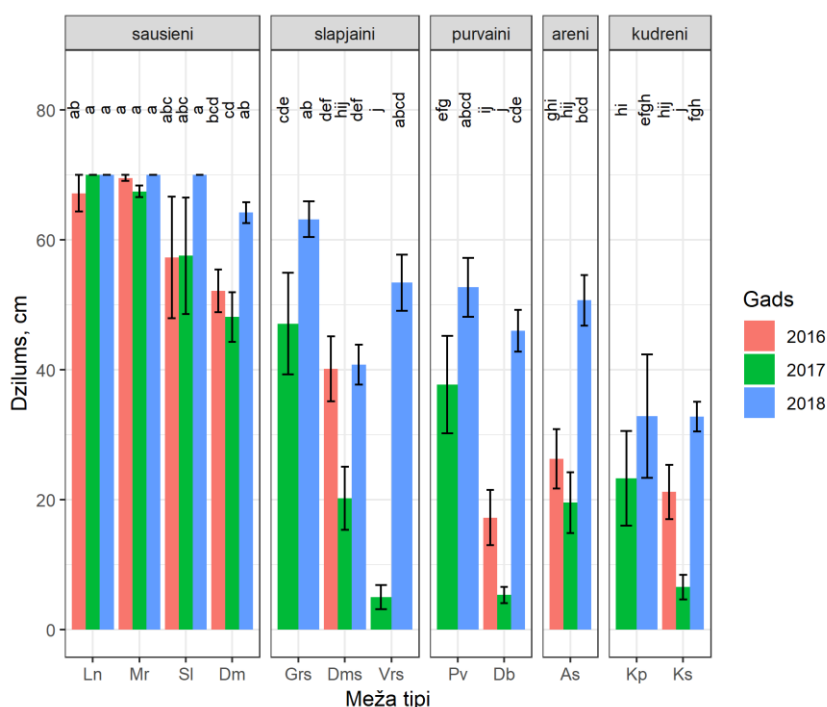
2017. gada pētījuma periodā augsnes aerētā slāņa biezums vidēji visās meža tipu edafiskajās rindās (Attēls 73) ir samazinājies, salīdzinot ar 2016. gadu, izņemot purvainus, kur novērotās vērtības ir saglabājušās līdzīgas. 2018. gadā savukārt fiksēts ievērojams augsnes virskārtas aerētā slāņa biezuma palielinājums. Šīs izmaiņu tendences saistāmas ar meteoroloģisko apstākļu atšķirībām starp paaugstināta nokrišņu daudzuma gadiem (2016. un 2017. gads) un izteikti sausu gadu (2018. gads). Salīdzinot 2016. un 2017. gadu, izmaiņas nav statistiski būtiskas nevienā edafiskajā rindā, izņemot slapjainus, taču, salīdzinot 2016. un 2017. gada datus ar 2018. pētījuma gada datiem, pilnīgi visās edafiskajās rindās novērojama statistiski būtiska aerācijas slāņa biezuma palielināšanās.



Attēls 73. Aerētā augsnes slāņa dziļums dažādās meža tipu edafiskajās rindās no 2016. līdz 2018. gadam Zalvītes modeļteritorijā (ar nogriežņiem attēlotas standartklūdas; dažādi burti norāda uz statistiski būtiskām atšķirībām)

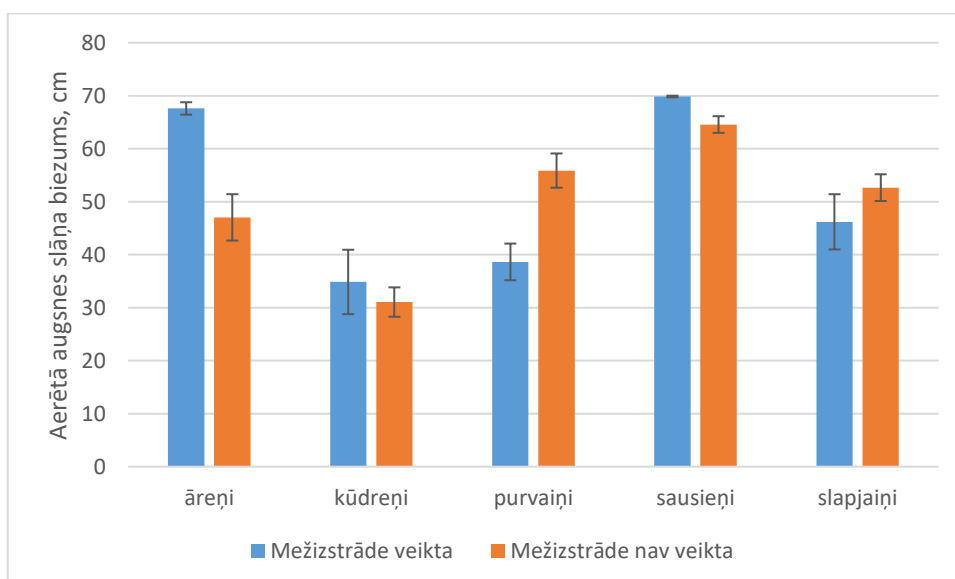
Augsnes aerētā slāņa dziļuma atšķirības starp meža tipi attēlotas 74. attēlā. Sausieņu meža tipos lānā, mētrājā un silā nav novērotas statistiski būtiskas atšķirības starp trijiem pētījuma gadiem. Šajos meža tipos augsnes aerētā slāņa biezums ir salīdzinoši liels un tas netiek būtiski ietekmēts arī pārmitros gados. Mitruma apstākļu ziņā nedaudz mitrākajā damaksnī ir novērotas jau statistiski būtiskas atšķirības, salīdzinot ar lānu un

mētrāju 2016. un 2017. gadā. Pārējos meža tipos slapjajņos, purvainņos, āreņos un kūdreņos aerētā slāņa biezums ir ievērojami mainīgāks. Slapjajā damaksnī, slapjajā vērī, dumbrājā, šaurlapju ārenī un šaurlapju kūdrenī izteikti pārmitrajā 2017. gadā aerācijas slāņa biezums bija statistiski būtiski mazāks nekā sausajā 2018. gadā. Platlapju kūdrenī novērotais aerācijas slāņa biezums, salīdzinot datus starp šiem gadiem, nebija būtiski atšķirīgs.



Attēls 74. Aerētās augsnes dziļums dažādos mežu tipos no 2016. un 2018. gadam Zalvītes modeļteritorijā (ar nogriežņiem attēlotas standartkļūdas; dažādi burti norāda uz statistiski būtiskām atšķirībām)

Salīdzinot 2018. gada datus par aerētā augsnes virskārtas slāņa biezumu pa edafiskajām rindām tajos nogabalos, kuros ir veikta mežizstrāde, un tajos, kur tā nav veikta, konstatēts, ka vienīgi purvainos izstrādātajos nogabalos aerētā augsnes virskārtas slāņa biezums ir mazāks nekā nogabalos, kuros mežizstrāde nav veikta. Pārējās edafiskajās rindās vērojama vai nu pretēja tendence (sausieņi, āreņi), vai arī novērotās atšķirības nav būtiskas (Attēls 75).



Attēls 75. Aerētā augsnes virskārtas slāņa biezums pa edafiskajām rindām 2018. gada pētījuma periodā

Secinājumi

1. Meteoroloģisko faktoru izraisītā mitruma apstākļu mainība pētījuma periodā ir ievērojami un arī vairākumā gadījumu statistiski būtiski ietekmējusi augsnes aerētā slāņa biezumu Zalvītes modeļteritorijā, kas redzams, gan salīdzinot meža tipus, gan to edafiskās rindas.
2. Aerētā augsnes virskārtas slāņa biezums pēc mežizstrādes (salīdzinot ar neizstrādātajiem nogabaliem) ir samazinājies vienīgi purvainos, pārējās edafiskajās rindās vērojama pretēja tendence vai arī konstatētās izmaiņas nav būtiskas.
3. 2018.gada pētījuma periodā nevienā meža tipā aerētās augsnes virskārtas biezums vidēji nebija mazāks par 30 cm, tādējādi gan izstrādātajos, gan neizstrādātajos nogabalos saglabājot optimālus aerācijas apstākļus koku sakņu horizontā.

Literatūra

1. Carnell, R. & Anderson M.A. 1986. A technique for extensive field measurement of soil anaerobism by rusting of steel rods. *Forestry* 59 (2), 129-140
2. Herbauts, J., El Bayad, J., Gruber, W., 1996. Influence of logging traffic on the hydromorphic degradation of acid forest soils developed on loessic loam in middle Belgium. *For. Ecol. Manage.* 87, 193–207. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(96\)03826-1](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(96)03826-1)
3. Hildebrand, E.E., 1983. Der Einfluß der Bodenverdichtung auf die Bodenfunktionen im forstlichen Standort. *Forstwissenschaftliches Cent.* 102, 111–125. <https://doi.org/10.1007/BF02741844>
4. Horn, R., Vossbrink, J., Peth, S., Becker, S., 2007. Impact of modern forest vehicles on soil physical properties. *For. Ecol. Manage.* 248, 56–63. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.02.037>
5. LVGMC. 2017. Meteoroloģiskie dati. <https://www.meteo.lv/meteorologija-datu-meklesana/?nid=461>
6. McKee W.H. 1977. Rust on iron rods indicates depth of soil moisture. In: Balmer W.E.(Ed.) Soil moisture-site productivity symposium, November 1-3, Myrtle Beach, USA, 286-291
7. Melecis, V. 2011. Ekoloģija. Rīga: LU Akadēmiskais apgāds. 352 lpp.
8. Nikodemus, O., Kārklīšs, A., Kļaviņš, M., Melecis, V. 2008. Augsnes ilgtspējīga izmantošana un aizsardzība. Rīga: LU Akadēmiskais apgāds. 256 lpp.
9. Osman K. T., *Forest Soils*, DOI 10.1007/978-3-319-02541-4_2, © Springer International Publishing Switzerland 2013
10. Sajedi T., Prescottt. E, Seely B, Lavkulich L. 2012. Relationships among soil moisture, aeration and plant communities in natural and harvested coniferous forests in coastal British Columbia, Canada. *Journal of Ecology*, 100, 605–618
11. Weltecke, K., Gaertig, T., 2012. Influence of soil aeration on rooting and growth of the Beuys-trees in Kassel, Germany. *Urban For. Urban Green.* 11, 329–338. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2012.02.001>
12. Zālītis P. 2006. Mežkopības priekšnosacījumi. Rīga, et cetera, 217 lpp.
13. Zālītis P. 2012. Mežs un ūdens. Salaspils, LVMI "Silava", 356 lpp.

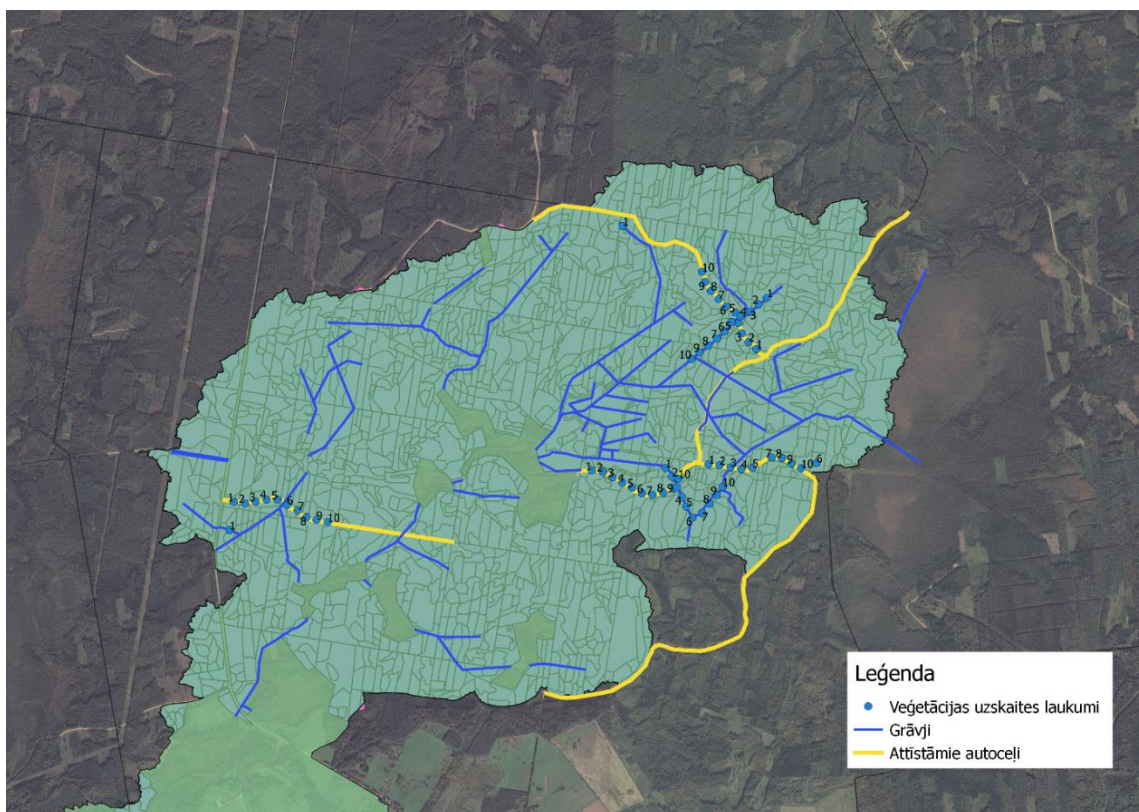
1.1.5. Veģetācija

levads

Pieaugošā antropogēnā slodze uz dabiskajām ekosistēmām un klimata izmaiņas veicina sugām dabisko biotopu degradāciju. Lai arī meža ceļu izstrāde, grāvju renovācija palielina meža apsaimniekošanas efektivitāti, šādi traucējumi var izmainīt meža ekosistēmas funkcijas, tajā skaitā vietējo sugu sastāvu un svešzemju sugu izplatību. Svešzemju sugu ekspansijai visvairāk pakļautas traucētas vietas un cilvēka darbības rezultātā radīti biotopi, kuriem raksturīgi mēreni augšanas apstākļi (Chytrý et al., 2008). Līdz ar to biotopu fragmentācija, meža ceļi un ūdens koridori, kas raksturo apsaimniekotu mežu platības, var veidot galvenās invazīvo un citu biotopam neraksturīgo sugu izplatīšanās trajektorijas (Priede, 2009). Šī pētījuma mērķis ir noskaidrot, kā meža infrastruktūras objektu (meža meliorācijas sistēmu, meža autoceļu) renovācija un izbūve ietekmē veģetācijas attīstību, īpašu uzmanību pievēršot invazīvo un potenciāli invazīvo sugu izplatībai.

Materiāls un metodika

Pētījumam izvēlēta 2762 ha liela AS "Latvijas valsts meži" apsaimniekota teritorija, kas atrodas Zālītes upes sateces baseinā. 2018.gada vasarā trešo reizi pētījuma gaitā pēc vienotas metodikas veikta atkārtota veģetācijas uzskaites objekti, kas izvietoti uz četriem šajā teritorijā ietilpstošiem jaunizbūvētiem meža ceļiem un četriem meliorācijas grāvjiem (Attēls 76). Objektu stāvoklis veģetācijas uzskaites laikā, kā arī līdz tam veiktā saimnieciskā darbība katram objektam aprakstīta 8. tabulā.



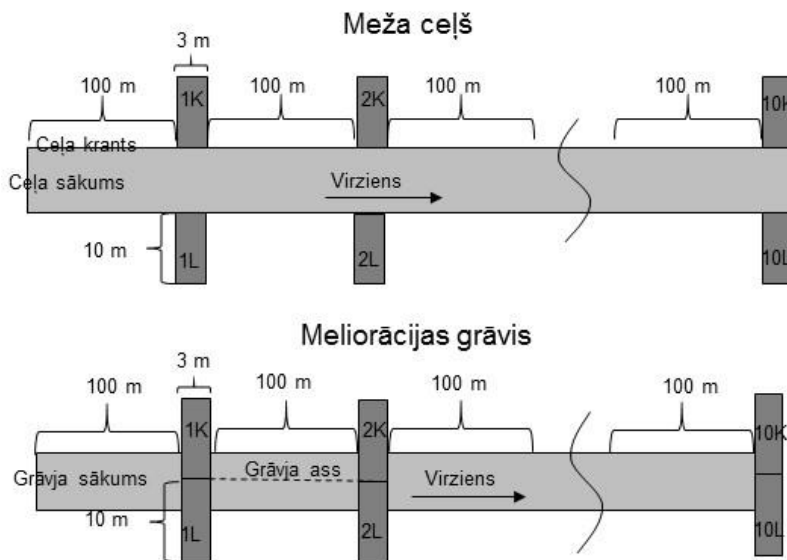
Attēls 76. Veģetācijas uzskaites maršrutu izvietojums Zālītes modelīteritorijā

Tabula 8. Objektu stāvoklis un veiktās saimnieciskās darbības 2016., 2017. un 2018. gadā.

Objekta nosaukums	Stāvoklis līdz veģetācijas uzskaitē		
	2016. gads	2017. gads	2018. gads
Apaļais ceļš	izbūvēts 2015. gadā	izbūvēts 2015. gadā	izbūvēts 2015. gadā
Bruģa ceļš	esošs/dabiska brauktuve	rekonstrukcija pabeigta 2017. gada jūnijā	rekonstruēts 2017. gadā
Saukas purva ceļš	esošs/dabiska brauktuve	rekonstrukcija pabeigta 2017. gada maijā	rekonstruēts 2017. gadā
Mežmuižas ceļš	mežā atsprasta trase	būvdarbi pilnībā pabeigti 2017. gada maijā	rekonstruēts 2017. gadā
Grāvis Nr. 598	renovēts 2015. gadā	renovēts 2015. gadā	renovēts 2015. gadā
Grāvis Nr. 586	renovēts 2015. gadā	daļa grāvja rekonstruēta 2017. gada maijā	renovēts 2015. g., daļa grāvja rekonstruēta 2017. gadā
Grāvis Nr. 812/987/832	sen izbūvēts, sekls	daļa grāvja rekonstruēta 2017. gada maijā	daļa grāvja rekonstruēta 2017. gadā
Grāvis Nr. 626	sen izbūvēts, sekls	daļa grāvja rekonstruēta 2017. gada maijā	daļa grāvja rekonstruēta 2017. gadā

Katrā vietā (meliorācijas grāvis, izbūvēts meža ceļš) veģetācijas uzskaitē veikta 1 km garā posmā. Uz katra posma ar 100 m intervālu ierīkotas 10 transektes, kas šķērso ceļa vai grāvja viduslīniju (2. attēls). Šīs transektes sadalīts divos (labā (L) un kreisā (K) ceļa vai grāvja puse iešanas virzienā) 3 × 10 m lielos parauglaukumos, kas

ceļam sākas līdz ar ceļa kranti, bet grāvim, grāvja gultnes centru (Attēls 77), un to garākā mala ir vērsta paralēli novilktajam transektei (2. attēls). Pirmā uzskaites transekte ierīkota 100 m no ceļa vai grāvja trases sākuma. Kopā apsekoti 160 parauglaukumi, 20 uz katra izvēlēta posma. Katrā parauglaukumā pēc Brauna-Blankē metodes (Braun-Blanquet, 1964) piecu balļu skalā (1. balle - sugas kopējais segums parauglaukumā < 5%; 2. 5 - 25%; 3. 25 - 50%; 4. 50 - 75%; 5. 75 - 100%) uzskaitītas visas lakstaugu un sūnu stāva sugas, ieskaitot ķērpju sugas. Vaskulāro augu sugu nomenklatūra veidota pēc Gavrilovas un Šulca (1999) un izmantota sūnu un ķērpju nomenklatūra saskaņā ar Latvijas ķērpju un sūnu taksonu sarakstu (Āboliņa et al., 2015).



Attēls 77. Veģetācijas uzskaites shēma uz meža ceļiem un meliorācijas grāvju posmiem

Datu analīzē izmantots vispārinātais lineārais modelis jeb GLM, lai noteiktu sugu skaita atšķirības starp ceļiem un meliorācijas grāvjiem, kā arī viena objekta veida ietvaros – starp nesen renovētiem un sen izbūvētiem grāvjiem; starp visiem rekonstruētajiem ceļiem savā starpā 2018. gadā. Tādejādi ar GLM modeli novērtēta arī objekta veida ietekme uz sugu bagātību. Tā kā analizēti skaita dati, tad izvēlēts Puasona atlikuma sadalījums un logaritmiskā saistības funkcija (Zuur et al., 2007). Sugu skaita atšķirības starp gadiem (2017. un 2018. gadu), starp ceļiem un grāvjiem, kā arī šo objektu veidiem visām sugām kopā, kā arī lakstaugiem un sūnām atsevišķi analizētas, izmantojot atkarīgu paraugkopu *t*-testu. Sugu sastāva atšķirības salīdzinātas, izmantojot līdzības analīzi ANOSIM, kur līdzības indekss $R=1$ nozīmē, ka teritorijas ir pilnīgi atšķirīgas, savukārt $R=0$ – vienādas. Visas analīzes veiktas pie $\alpha = 0.05$. Datu statistiskā analīze veikta datorprogrammā R (R Core Team 2014) and PC-ORD 6 (Peck, 2010). Datu statistiskajā analīzē izmantota arī programma PC-ORD, kurā veikta sugu daudzveidības analīze detrendētajā korespondentanalīzē (DCA). Ordinācijā iekļauti sugu projektīvā seguma dati un to saistība ar Ellenberga indikatorvērtībām (Ellenberg et. al., 1992), kas rēķinātas katram parauglaukumam.

Rezultāti

Sugu skaits apsekotajos objektos

Kopumā 2018. gadā uzskaitītas 266 (2017. gadā – 218) lakstaugu sugas (ieskaitot lakstaugu stāvā konstatētās kokaugu sugas), 37 (2017. gadā – 34) sūnu sugas un 4 ķērpju sugas (1. pielikums). Vislielākais lakstaugu sugu skaits 2018. gadā noteikts gar renovētiem meliorācijas grāvjiem (203 sugas), bet parauglaukumos gar veciem meliorācijas grāvjiem konstatēts lielākais sūnu sugu skaits (31 suga) (Tabula 9).

Rezultāti rāda, ka kopējais sugu skaits gada laikā ir būtiski pieaudzis gar rekonstruētajiem meža ceļiem un gar meliorācijas grāvjiem ($p < 0.001$), kas varētu liecināt par saimnieciskās darbības intensitātes samazināšanos. Savukārt sugu skaita izmaiņas viena gada ietvaros gar veciem meliorācijas grāvjiem un gar Apaļo ceļu, kas ticis izbūvēts vissenāk, proti, pirms pētījuma uzsākšanas 2015. gadā, nav būtiski nozīmīgas. Tas varētu norādīt, ka augu sabiedrības šajos objektos jau ir nostabilizējušās. Visos pārējos apsekotajos objektos – 2015. gadā renovētajos meliorācijas grāvjos, 2016. un 2017. gadā izbūvētajos meža ceļos kopējais sugu skaits pēdējā gada laikā būtiski palielinājies (Tabula 9).

Tabula 9. Sugu skaits un to atšķirības apsektajos objektos 2017. un 2018. gadā

Objekta veids	Lakstaugi			Sūnas			Kopā		
	2017	2018	t-testa p-vērtība	2017	2018	t-testa p-vērtība	2017	2018	t-testa p-vērtība
Rekonstruēts meža ceļš	185	212	<0.001	24	22	0.004	209	234	<0.001
Meliorācijas grāvis	165	197	<0.001	29	34	0.002	194	231	<0.001
Vecs meliorācijas grāvis	110	114	<0.001	26	31	0.288	136	145	0.039
Renovēts meliorācijas grāvis	152	203	<0.001	24	22	<0.001	156	181	0.0001
Bruģa ceļš	77	141	<0.001	2	8	<0.001	79	149	<0.001
Mežmuižas ceļš	51	94	<0.001	16	13	0.107	67	107	<0.001
Saukas purva ceļš	48	57	<0.001	11	10	0.1342	59	67	<0.001
Apaļais ceļš	113	115	0.823	16	16	0.923	129	131	0.811

2018. gadā vidējais sugu skaits gar veciem meliorācijas grāvjiem un renovētiem meliorācijas grāvjiem ir pieaudzis (Tabula 10). Svarīgi atzīmēt, ka sugu skaita pieaugums veciem renovētiem grāvjiem gada laikā (2017 – 2018) nav bijis būtisks (Tabula 9), kas varētu būt saistīts ar stabilajiem vides apstākļiem un zemo saimnieciskās darbības ietekmi. Vislielākais sugu skaits parauglaukumā, līdzīgi kā 2017. gadā, konstatēts gar renovētiem meliorācijas grāvjiem (Tabula 10). Būtiskas sugu skaita atšķirības starp grāvjiem pēc to apsaimniekošanas intensitātes (veci vai renovēti) saglabājās arī 2018. pētījuma gadā ($p=0.001$).

Vidējais sugu skaits, salīdzinot ar 2017. gada datiem, ir palicis nemainīgs gar Apaļo ceļu, norādot, ka trīs gadus pēc traucējuma sugu skaits var stabilizēties. Visos pārējos ceļu objektos sugu skaits ir gandrīz divkāršojies (Tabula 10), tādējādi liecinot par sugu strauju izplatīšanos no apkārt esošajiem biotopiem vienu līdz divus gadus pēc traucējuma. Lai arī visu ceļu rekonstrukcija tika pabeigta līdz 2017. gada uzskaitē, redzams, ka sugu skaits būtiski atšķīrās starp visiem apsektajiem objektiem arī 2018. gadā. Sugu skaits vienā parauglaukumā viena objekta ietvaros var būt ļoti mainīgs - no divām līdz pat 41 sugai -, un rezultāti viena objekta (viena rekonstruētā ceļa) ietvaros var atšķirties, ko ietekmē apkārt esošās meža ekosistēmas un to apsaimniekošanas intensitāte.

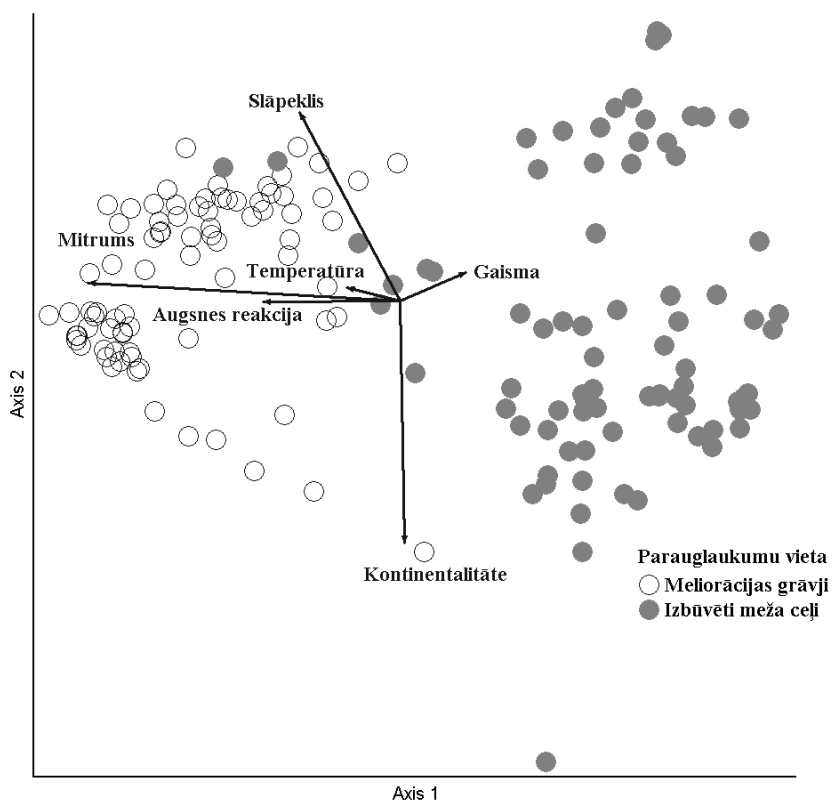
Tabula 10. Sugu skaita atšķirības parauglaukumos starp dažādiem meliorācijas grāvjiem un starp izbūvētajiem meža ceļiem 2018. gadā. Apzīmējumi: Vid – vidējā vērtība; Min – minimālā vērtība; Max – maksimālā vērtība; Std. – standartkļūda; GLM – vispārinātais lineārais modelis

Objekta veids	Vid	Min	Max	Std	GLM p-vērtība	Vid	Min	Max	Std	GLM p-vērtība
Meliorācijas grāvji	2017. gads					2018. gads				
Vecs meliorācijas grāvis (references līmenis)	33	17	53	1.41		35	18	54	1.26	
Renovēts meliorācijas grāvis	41	7	58	1.45	0.001	46	32	57	1.03	0.001
Izbūvēti meža ceļi	2017. gads					2018. gads				
Apaļais ceļš (references līmenis)	28	16	42	1.52		28	17	43	1.35	
Bruģa ceļš	16	9	23	0.96	0.001	34	15	45	1.89	0.001
Mežmuižas ceļš	7	1	26	1.35	0.001	23	2	41	2.22	0.01
Saukas purva ceļš	10	3	29	1.29	0.001	19	13	26	0.94	0.001

Sugu sastāvs apsektajos objektos

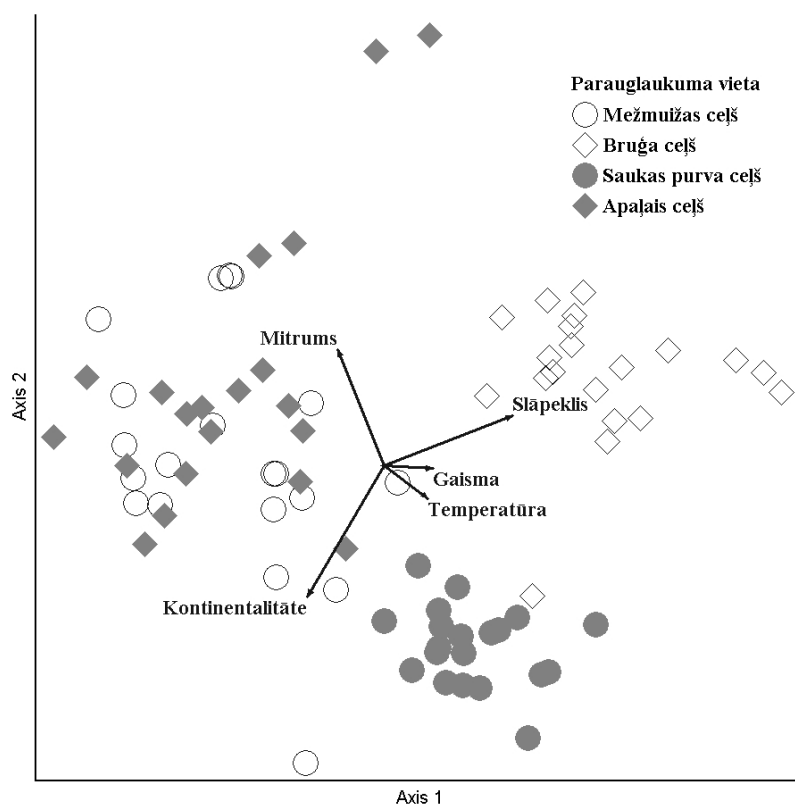
Rezultāti rādīja, ka sugu sastāvs būtiski atšķīrās starp apsektajiem grāvjiem un izbūvētajiem meža ceļiem ($R=0.80$, $p=0.001$). Līdzīgi rezultāti tika iegūti 2017. gadā. Veicot DCA ordināciju, noskaidrots, ka galvenie ietekmējošie faktori 2018. gadā bija mitrums (Pīrsona korelācijas koeficients starp pirmo asi un Ellenberga skalas

mitrumu bija 0.93), augsnes reakcija (0.61), slāpeklis (0.52) un gaisma (0.43) (Attēls 78). Tas norāda, ka meliorācijas grāvjiem raksturīgākas vairāk mitrumu un slāpekli bagātāku augsni mīlošas sugas, savukārt izbūvētie meža ceļi raksturojas ar sugām, kuru ekoloģiskās prasības saistītas ar lielāku gaismas pieejamību un skābāku augsnes reakciju, salīdzinājumā ar grāvju parauglaukumiem.



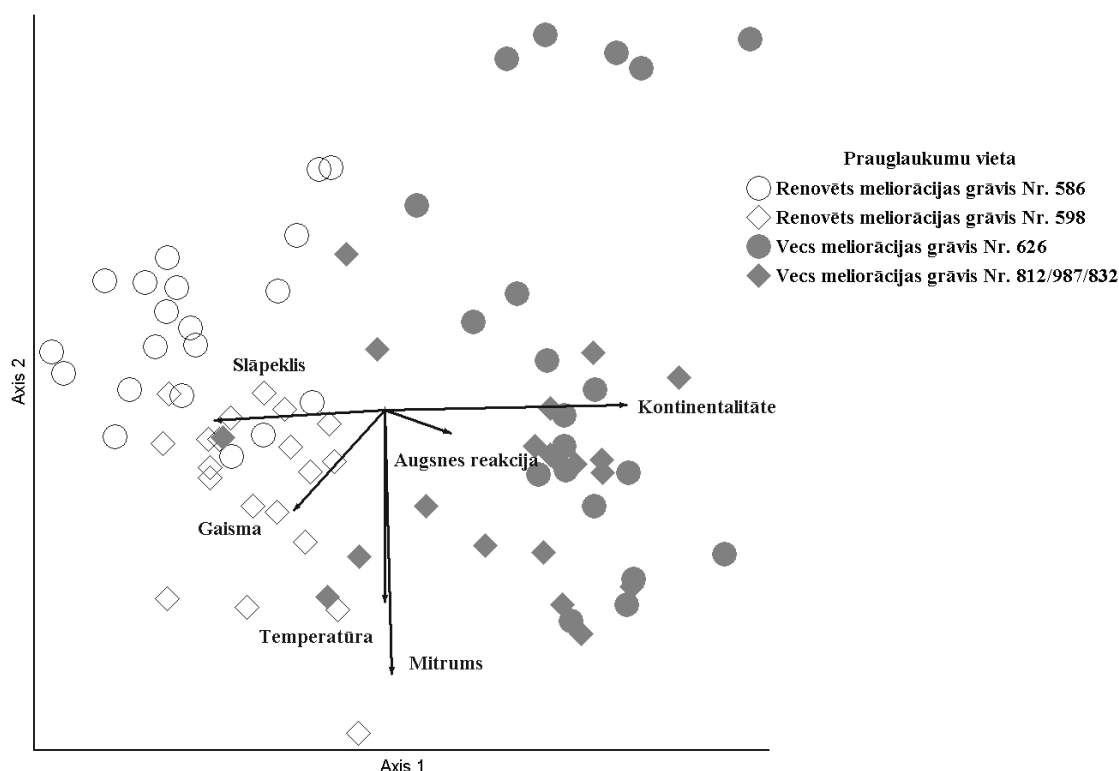
Attēls 78. DCA ordinācija visiem apsekotajiem parauglaukumiem

Iegūtie rezultāti norāda, ka sugu sastāvs visos četros izbūvētajos meža ceļos ir atšķirīgs ($R=0.61$, $p=0.001$). Veicot DCA ordinācijas analīzi izbūvētajiem meža ceļiem, atsevišķi nodalās divi izbūvētie meža ceļi, savukārt divos pārējos apsekotajos ceļos sugu sastāvs bija līdzīgs. Salīdzinot datus ar 2017. gada rezultātiem, redzams, ka parauglaukumi, kuri atradās uz Bruģa ceļa, DCA ordinācijā turpina nedalīties no visiem pārējiem parauglaukumiem, veidojot atsevišķu sugu grupu (Attēls 79). To lielākoties nosaka sugas, kuras raksturīgas vietām ar slāpekli bagātu augsni, ko skārusi cilvēku saimnieciskā darbība – *Aegopodium podagraria*, *Chenopodium album*, *Cirsium arvense*, *Elytrigia repens*, *Plantago major*, *Poa annua*, *Trifolium repens*, *Urtica dioica*. Pīrsona korelācijas koeficients starp pirmo asi un Ellenberga skalas slāpekli bija 0.59.



Attēls 79. DCA ordinācija apsekotajiem izbūvēto ceļu parauglaukumiem

Saukas purva ceļš veido atsevišķu sugu grupu DCA ordinācijā, kurai raksturīgas kontinentālās sugas līdzīgi kā 2017. gadā. Kā piemērus var minēt vairākas sūnu sugas – *Aulacomnium palustre*, *Dicranum polysetum*, *Ptilium crista-castrensis*, kā arī lakstaugu sugas *Melampyrum pratense*, *Vaccinium myrtillus*. Svarīgi atzīmēt, ka 2018. gadā uz Saukas purva ceļa konstatēts vismazākais sugu skaits (gan kopējais sugu skaits, gan vidējais sugu skaits parauglaukumā), ko varētu saistīt ar meža apsaimniekošanas lielo intensitāti gar doto objektu. Daļa no apsekotajiem Saukas purva ceļa parauglaukumiem atradās izcirtuma malās. Otrās ass Pīrsona korelācijas koeficients ar Ellenberga skalas kontinentalitāti bija 0.6. Iegūtie rezultāti rādīja, ka gan 2017. gadā, gan 2018. gadā Apaļajam ceļam raksturīgas mitrumu mīlošas augu sugas – *Carex cinerea*, *Carex nigra*, *Comarum palustre*, *Juncus filiformis*, *Juncus articulatus*, *Sphagnum angustifolium*, *Phragmites australis*. Otrās ass Pīrsona korelācijas koeficients ar Ellenberga skalas mitruma vērtību bija 0.57. Savukārt Mežmuižas ceļa parauglaukumiem raksturīgas gan kontinentālas, gan mitruma mīlošas sugas – tās atsevišķu grupu neveido (Attēls 79). Tas norāda, ka parauglaukumi viena ceļa ietvaros var būt ar atšķirīgiem lokāliem vides apstākļiem, kas nosaka dažādo sugu sastāvu.



Attēls 80. DCA ordinācija apsekotajiem meliorācijas grāvjiem

Meliorācijas grāvju objektu grupā sugu sastāvs starp sen renovētiem grāvjiem un 2015. gadā renovētiem grāvjiem bija atšķirīgs ($R=0.60$, $p=0.001$). Arī DCA ordinācijā meliorācijas grāvji izdalīja divas lielas grupas – renovēti un veci grāvji (Attēls 80), līdzīgi kā 2016. un 2017. gadā. Pēc Ellenberga vērtībām redzams, ka grāvju atšķirīgo parauglaukumu novietojumu lielākoties nosaka kontinentalitātes (Pīrsona korelācijas koeficients ar Ellenberga skalas kontinentalitāti un pirmo asi bija 0.83), slāpekļa (0.70) un gaismas (0.50) rādītāji (Attēls 80). Nesen renovētājiem meliorācijas grāvjiem raksturīgs lielāks gaismas un slāpekļa daudzums. Tas nosaka tādu sugu kā *Cirsium arvense*, *Galeopsis sp.*, *Taraxacum officinale*, *Plantago major* dominanci dotajos parauglaukumos. Tās ir sugas, kuras raksturo ruderālas augu sabiedrības. Savukārt sen meliorētos grāvjos, kuros parauglaukumi lielākoties atrodas meža biotopos, aug kontinentālās sugas – *Maianthemum bifolium*, *Angelica sylvestris*, *Sphagnum squarrosum* un meža sugas kā *Oxalis acetosella* un citas.

Visos apsekotajos parauglaukumos 2018. gadā uzskaitītas trīs potenciāli invazīvās sugas (Priēde, 2009) – *Erigeron canadensis*, *Lupinus polyphyllus* un *Solidago canadensis*. Potenciāli invazīvā suga *Rumex confertus*, kas konstatēta divos grāvjos 2016. un 2017. gadā, 2018. gadā netika atrasta. Rezultāti rādīja, ka šīs sugas segums un sastopamība parauglaukumos pētījuma laikā samazinājies, līdz potenciāli invazīvā suga pilnībā izzudusi. Savukārt pārējo konstatēto potenciāli invazīvo sugu *Erigeron canadensis*, *Lupinus polyphyllus* un *Solidago canadensis* kopējam segumam un atradņu skaitam ir tendence palielināties (Tabula 11). Dotie rezultāti rāda, ka invazīvās sugas pārsvarā ir sastopamas vietās, kur nesen veikta saimnieciskā darbība kā grāvju renovācija un meža ceļu izbūve, kas veicina invazīvo sugu izplatīšanos (Priēde, 2009).

Tabula 11. Potenciāli invazīvo sugu raksturojums 2016., 2017. un 2018. gadā. Apzīmējumi: RG – renovēts grāvis, RC – rekonstruēts ceļš, DIB – dabiski iebraukta brauktuve, VG – vecs grāvis

	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017		2016	2017	2018
	<i>Erigeron canadensis</i>			<i>Lupinus polyphyllus</i>			<i>Rumex confertus</i>			<i>Solidago canadensis</i>		
Kopējais segums	2	6.5	17.5	11	3.5	8	4.5	3	-	2.5	0.5	2
Maksimālais segums parauglaukumā	1	1	1	3	0.5	1	1	0.5	-	1	0.5	0.5
Sastopama objektos	2	3	6	1	1	1	2	2	-	1	1	2

	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017		2016	2017	2018
	<i>Erigeron canadensis</i>			<i>Lupinus polyphyllus</i>			<i>Rumex confertus</i>			<i>Solidago canadensis</i>		
Sastopama parauglaukums	3	9	33	9	7	15	8	6	-	3	1	4
Objekta veids	RG RG	RG RG RC	RC RG	DIB	RC	RC	RG VG	RG VG RG	-	RG	RC	RC RG

Secinājumi

1. Iegūtie rezultāti rāda, ka trīs gadu posms pēc grāvju rekonstrukcijas nav pietiekams laiks, lai sugu skaits nostabilizētos. Savukārt sugu skaits uz veciem meliorācijas grāvjiem būtiski nemainās, veidojot stabilas augu sabiedrības.
2. Sugu skaits turpina strauji palielināties uz ceļiem, kuru rekonstrukcija pabeigta 2017. gadā. Laika posms (1-2 gadi) pēc traucējuma nav pietiekams, lai veidotos nemainīgas augu sugu sabiedrības.
3. Sugu sastāvs būtiski atšķiras starp grāvjiem ar dažādu apsaimniekošanas intensitāti un starp izbūvētiem meža ceļiem, kas saistīts ar tādiem lokālajiem vides apstākļiem kā slāpekļa daudzums augsnē, mitrums, gaismas pieejamība.
4. Grāvju renovācija un meža ceļu izbūve var būt labvēlīgi traucējumi potenciāli invazīvo sugu – *Erigeron canadensis*, *Lupinus polyphyllus* un *Solidago canadensis* ekspansijai. Turpmākā pētījuma gaita varētu parādīt uzskaitīto potenciāli invazīvo sugu iespējamo negatīvo ietekmi uz citu sugu sastopamību.

Literatūra

1. Āboliņa, A., Piterāns, A., Bambe, B. 2015. Latvijas ķērpji un sūnas. Taksonu saraksts. DU AA "Saule", Salaspils: Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava", 213. lpp.
2. Braun-Blanquet J. 1964. Pflanzensoziologie. Grundzuge der Vegetationskunde. Wien, New York, Springer Verlag, 865 S.
3. Chytrý, M., Jarošík, V., Pyšek, P., Hájek, O., Knollová, I., Tichý, L., Danihelka, J. 2008. Separating habitat invasibility by alien plants from the actual level of invasion. *Ecology* 89: 1541–1553.
4. Ellenberg, H., Ruprecht, D., Volkmar, W., Willy, W., Dirk, P. 1992. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scripta Geobotanica* 18, 258 S.
5. Gavrilova, G., Šulcs, V. 1999. Latvijas vaskulāro augu flora. Taksonu saraksts. Latvijas Akadēmiskā bibliotēka, Rīga, 136 lpp.
6. Peck J. E. 2010. Multivariate Analysis for Community Ecologists: Step-by-Step using PC-ORD. MjM Software Design, Gleneden Beach, OR. 162 pp.
7. Priede, A. 2009. Invazīvie neofīti Latvijas florā: izplatība un dinamika. Promocijas darbs. Latvijas Universitāte Ģeogrāfijas un Zemes Zinātņu fakultāte.
8. R Core Team, 2014. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <http://www.R-project.org/>. Accessed 22.10.2017.
9. Zuor A. F., Ieno E. N., Smith G. M. 2007. Introduction to mixed modelling. Chapter 8. - Gail M., Krickeberg K., Samet J., Tsiatis A., Wong W. (eds.). *Statistics for Biology and Health. Analysing Ecological Data*. Springer Science + Business Media, LLC, United States of America, 125-142.

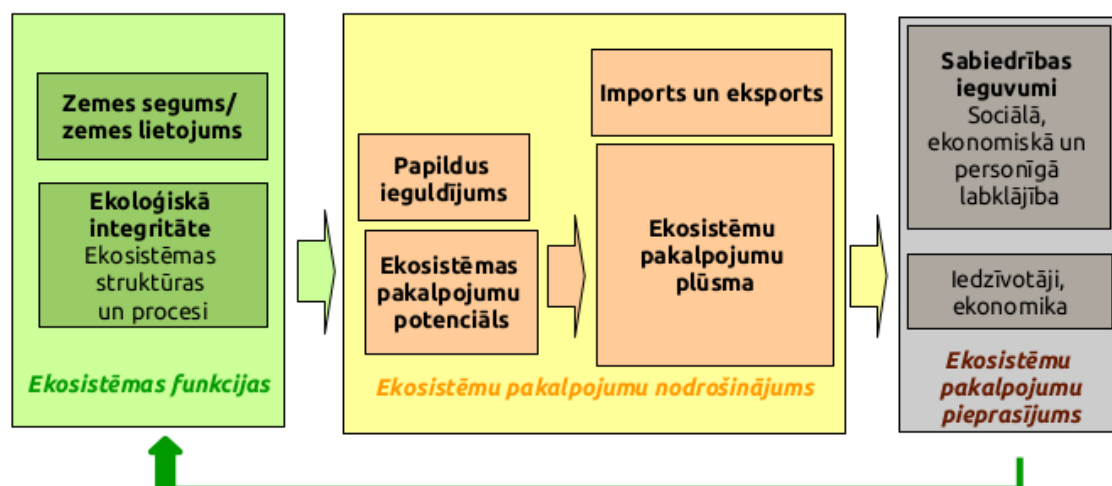
1.2. Mezsaimniecības un meža un saistīto ekosistēmu pakalpojumu vērtējuma sistēmas izveide

1.2.1. Ekosistēmu pakalpojumu jēdziens un klasifikācija

Ekosistēmas sniedz virkni pakalpojumu, kas ir būtiski cilvēku labklājībai, veselībai, iztikai un izdzīvošanai (Costanza *et al.*, 2014). Ar ekosistēmu pakalpojumiem saprot ekosistēmas struktūru un funkciju ieguldījumus cilvēku labklājībā, kas veidojas kombinācijā ar cilvēku darbības ieguldījumu ekosistēmā (Burkhard *et al.*, 2012a). Tātad ekosistēmu pakalpojumi ir vērtējami arī kontekstā ar cilvēka pārveidotām un ietekmētām ekosistēmām.

Zemes segums un lietojuma veids būtiski ietekmē ekosistēmas funkcijas. Ekosistēmu pakalpojumu nodrošinājums ir balstīts uz specifisku ekosistēmu pakalpojumu potenciālu, kas, mijiedarbībā ar cilvēka

saimniecisko darbību vai ietekmi, rada reāli (*de facto*) izmantoto ekosistēmu pakalpojumu apjomu, un tādējādi rada ieguvumus sabiedrībai (Burkhard *et al.*, 2014).



Attēls 81. Ekosistēmu funkciju, pakalpojumu nodrošinājuma un pieprasījuma savstarpējo attiecību konceptuālais modelis (Burkhard *et al.*, 2014)

Pēdējos gados ekosistēmu pakalpojumu novērtēšanā un kartēšanā biežāk tiek izmantotas trīs kategorijas – apgādes, vidi regulējošie un kultūras pakalpojumi, kas veido arī Eiropas Savienībā pieņemto CICES klasifikāciju. Nereti EP klasifikācijai tiek pievienotas ekosistēmu funkcijas (struktūras un procesi, kas ir būtiski ekosistēmas pašorganizācijai) (Burkhard *et al.*, 2014; Müller & Burkhard, 2012). Šī vai tai pielāgota klasifikācijas shēma pēdējos gados ir izmantota virknē Eiropas Savienības valstu, piemēram, EP nacionālajos novērtējumos Vācijā un Beļģijā, kā arī boreālo mežu EP novērtējumā Somijā (Albert *et al.*, 2014; Turkelboom *et al.*, 2013; Saastaimonen *et al.*, 2014).

Ekosistēmu pakalpojumu pieeja un CICES klasifikācija izmantota arī vairākos Latvijā īstenotos projektos: piekrastes ekosistēmu pakalpojumu vērtēšanas metodes izstrādē projektā “LIFE Ekosistēmu pakalpojumi” (<http://ekosistemas.daba.gov.lv>), zālāju apsaimniekošanas modeļu izstrādē projektos “Integrēta plānošanas pieeja zālāju dzīvotspējai” (<http://vivagrass.eu>) un “Alternatīvas biomasas izmantošanas iespējas zālāju bioloģiskās daudzveidības un ekosistēmu pakalpojumu uzturēšanai” (<http://grassservice.balticgrasslands.eu>). CICES klasifikācija izmantota arī šajā pētījumā meža un saistīto ekosistēmu pakalpojumu identifikācijai un novērtēšanai. Pilns ekosistēmu pakalpojumu uzskaitījums atbilstoši CICES klasifikācijai pieejams www.cices.eu. CICES klasifikācijas sistēma tiek periodiski uzlabota un papildināta, kopš 2018. gada sākuma spēkā ir CICES 5.1.versija.

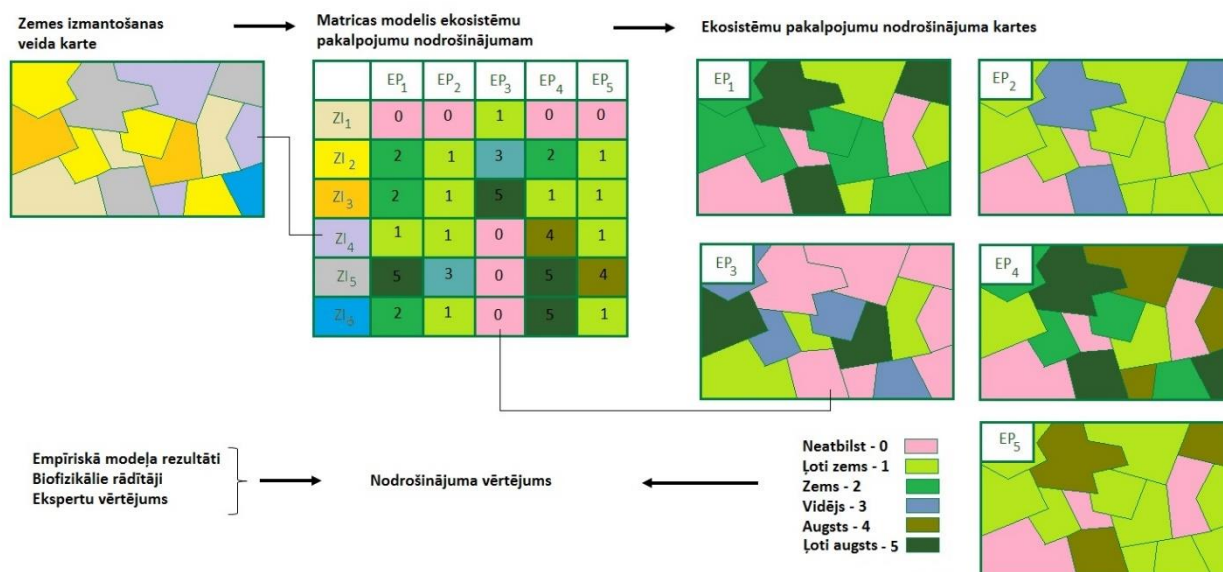
Detalizēts pārskats par ekosistēmu pakalpojumu pieeju un izmantotajām klasifikācijas sistēmām iekļauts pētījumu programmas 2016.gada rezultātu pārskatā.

1.2.2. Pētījumā pielietotās metodes - matricas modeļa - īss raksturojums

Viena no populārākajām EP novērtēšanas tehnikām ir “matricas modelis” EP nodrošinājuma novērtējumam dažādām zemes seguma vai izmantošanas veida klasēm (**Error! Reference source not found.**). EP novērtējums, kas balstīts uz zemes izmantošanas veida klasēm, ir galvenokārt balstīts uz vairākiem datu avotiem, piemēram, statistikas datiem, modeļu rezultātiem, ekspertu zināšanām, interviju rezultātiem, monitoringa u.c. datiem. Novērtējumam tiek izmantotas salīdzināmas daļēji kvantitatīvas vienības, lai varētu veikt salīdzināšanu un analīzi visās EP un zemes izmantošanas veida klasēs (Jacobs *et al.*, 2015).

Modeļa matricas kolonnas raksturo EP klasi, bet rindas – ģeotelpiskās vienības. Attiecīgās telpiskās vienības spēja nodrošināt ekosistēmu pakalpojumus tiek izvērtēta katrā matricas šūnā jeb krustojumā. EP kapacitātes novērtējums sākas ar ekspertu hipotēžu izvirzīšanu. Nākamais solis ir hipotēžu testēšana, izmantojot

datorizētu modeļu rezultātus, statistikas datus, padziļinātas intervijas un praktisku mērījumu datus. Rezultātā EP, kas kvantificējami gan fizikālās, gan sociālās vienībās, ir salīdzināmi (Jacobs et al., 2015).

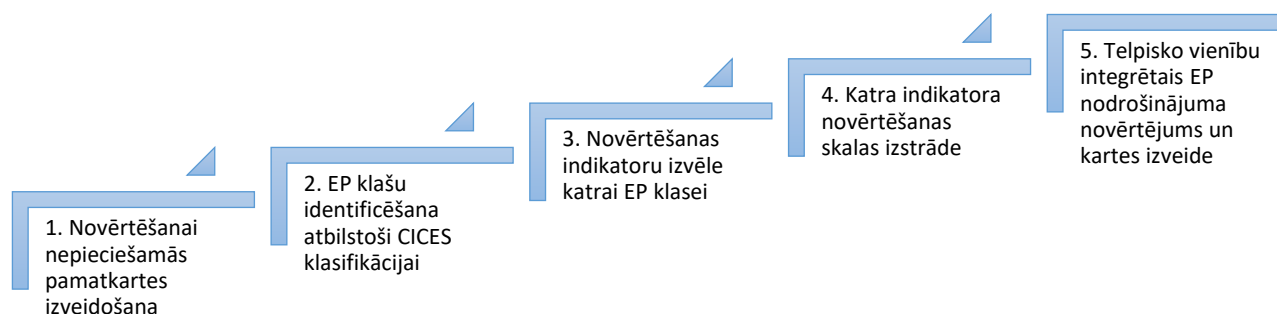


Attēls 82. Ekosistēmu pakalpojumu matricas modeļa shematiskais koncepts (Jacobs et al., 2015)

Šī pētījuma ietvaros atsevišķu ekosistēmu pakalpojumu indikatoru izstrādes procesā iesaistīti nozares eksperti, izmantoti telpiski attiecināmi dati (*spatial proxy data*) un loģisko pieņēmumu modeļi par procesu savstarpējo saistību un cēloņsakarībām.

1.2.3. Ekosistēmu pakalpojumu kartēšana modeļteritorijās

Ekosistēmu pakalpojumu vērtēšanas soli atspoguļoti 79.attēlā. Pētījuma trešajā etapā turpināta potenciāli izmantojamo ekosistēmu pakalpojumu vērtēšanas indikatoru izstrāde, kā arī veikta iepriekšējā etapā izstrādāto indikatoru un to skalu precizēšana (3.un 4.novērtēšanas solis, Attēls 83).



Attēls 83. Ekosistēmu pakalpojumu novērtēšanas soli

Atbilstoši CICES klasifikācijas 5.1. versijai pētījuma ietvaros identificētas 34 uz meža un saistītajām ekosistēmām attiecināmas ekosistēmu pakalpojumu klases (2.pielikums). Katrā EP klasē definēti vairāki potenciālie indikatoru, to mērvienības un norādīts potenciāli izmantojamais datu avots. Tiešās novērtēšanas indikatoru raksturo tieši iegūstamos ekosistēmu pakalpojumus (pārsvarā attiecināmi uz nodrošinājuma EP), bet netiešās novērtēšanas indikatoru raksturo apstākļus, kas ietekmē ekosistēmas funkcijas konkrēta EP sniegšanas kontekstā.

2018. gadā turpināts darbs pie ekosistēmu pakalpojumu vērtējuma indikatoru izstrādes. Definētas vairāku jaunu indikatoru pirmās versijas regulējošo ekosistēmu pakalpojumu klasē (Tabula 12).

Tabula 12. Potenciālie indikatori meža ekosistēmu nodrošinošo un regulējošo pakalpojumu sākotnējai kartēšanai

EP kategorija	EP klase	Indikatori	Mērvienība	Indikatora versija, izstrādes gads	Piezīmes
Nodrošinošie EP	Savvaļas augi lietošanai uzturā	Potenciālā brūkleņu raža	kg ha ⁻¹ gadā	v2, 2017	Indikators korigēts ar nogabala pieejamības koeficientu
		Potenciālā melleņu raža	kg ha ⁻¹ gadā	v2, 2017	Indikators korigēts ar nogabala pieejamības koeficientu
		Pārtikā izmantojamu augu sastopamība	Skaitlisks indekss	v1, 2017	
		Nektāraugu sastopamība	Skaitlisks indekss	v1, 2017	
	Savvaļas augi enerģijas ieguvei	Galvenajā cirtē potenciāli iegūstamās enerģētiskās koksnes apjoms (malka un ciršanas atliekas)	m ³ ha ⁻¹	v1, 2016	Atbilstoši galvenās cirtes vecumam
	Šķiedras un citi materiāli no savvaļas augiem tiešai izmantošanai vai pārstrādei (neskaitot ģenētisko materiālu)	Galvenajā cirtē iegūstamās koksnes apjoms (izņemot enerģētisko koksni)	m ³ ha ⁻¹	v1, 2016	Atbilstoši galvenās cirtes vecumam
		Ārstniecības augu sastopamība	Skaitlisks indekss	v1, 2017	
		Dekoratīvu augu sastopamība	Skaitlisks indekss	v1, 2017	
		Kosmētikā izmantojamu augu sastopamība	Skaitlisks indekss	v1, 2017	
	Savvaļas dzīvnieki lietošanai uzturā	Medījamie dzīvnieki - platību piemērotība alnim	Medību platību bonitāte*uzskaitīto dzīvnieku blīvums	v2, 2017	
		Medījamie dzīvnieki - platību piemērotība staltbriedim	Medību platību bonitāte*uzskaitīto dzīvnieku blīvums	v2, 2017	
		Medījamie dzīvnieki - platību piemērotība stirnai	Medību platību bonitāte*uzskaitīto dzīvnieku blīvums	v2, 2017	
		Medījamie dzīvnieki - platību piemērotība mežacūkai	Medību platību bonitāte*uzskaitīto dzīvnieku blīvums	v2, 2017	
Regulējošie EP	Cits - piemērotas dzīvotnes un vairošanās vieta augiem un dzīvniekiem	Ekosistēmu (meža) tipu daudzveidība	Daudzveidības indeksi apvienotās telpiskās vienībās	v1, 2016	
		Ekosistēmas saglabāšanās ilglaicības potenciāls	Laiks līdz galvenajai cirtei	v1, 2016	

EP kategorija	EP klase	Indikatori	Mērvienība	Indikatora versija, izstrādes gads	Piezīmes
	Trokšņu mazināšana	Trokšņa mazināšanas potenciāls	Skaitlisks indekss	v1, 2016	
	Antropogēnas izcelsmes atkritumu un toksisku vielu bioremediācija ar mikroorganismiem, aļģēm, augiem un dzīvniekiem	Koku veiktā fitoremediācija	Skaitlisks indekss	v1, 2016	
		Zemsedzes augu veiktā fitoremediācija	Skaitlisks indekss	v1, 2016	
	Atmosfēras un okeāna ķīmiskā sastāva regulācija	Mežaudzes saražotais skābekļa daudzums	t ha ⁻¹	v1, 2016	
		C piesaistes potenciāls	Skaitlisks indekss	v1, 2017	
	Erozijas kontrole	Augsnes erozijas novēršanas potenciāls	Skaitlisks indekss	v1, 2018	
	Augsnes veidošanās procesi un to ietekme uz augsnes kvalitāti	K uzkrājums augsnē	kg ha ⁻¹	v1, 2018	
	Sadališanās un fiksācijas procesi un to ietekme uz augsnes kvalitāti	C/N attiecība	Skaitlisks indekss	v1, 2018	
		C uzkrājums augsnē	kg ha ⁻¹	v1, 2018	
		C uzkrājums zemsegā	kg ha ⁻¹	v1, 2018	
		N uzkrājums augsnē	kg ha ⁻¹	v1, 2018	
	Mediācija ar citiem ķīmiskiem un fizikāliem procesiem (piemēram, filtrācija, piesaistīšana, uzkrāšana, akumulēšana)	Toksisko smago metālu stabilizācijas potenciāls augsnes virskārtā	mg kg ⁻¹	v1, 2018	
		Toksisko smago metālu stabilizācijas potenciāls zemsegā	mg kg ⁻¹	v1, 2018	

Katram indikatoram sastādīta individuālā novērtēšanas skala (relatīva skala no 0 līdz 5), izmantojot pieejamos datus no dažādiem avotiem - literatūru, pētījumu rezultātus, dažādu monitoringa programmu rezultātus, personisku komunikāciju ar jomas ekspertiem u.c. (Tabula 13). Modeļteritorijās indikatori vērtēti telpisko vienību dalījuma līmenī: zemes lietošanas veids, kur tas iespējams, dalot sīkāk. Meža zemes kategorijām 10 (mežaudze) un 14 (izcirtums) sīkākā dalījuma vienība, kam piešķirta individuāla ekosistēmu pakalpojuma nodrošinājuma vērtība, ir meža nogabals.

Tabula 13. Ekosistēmu pakalpojumu nodrošinājuma relatīvā skala atsevišķam indikatoram

Skala	Paskaidrojums
0	EP netiek sniegts
1	EP ļoti zema vērtība
2	EP zema vērtība
3	EP vidēja vērtība

Skala	Paskaidrojums
4	EP augsta vērtība
5	EP ļoti augsta vērtība

Šī etapa pārskatā iekļauts to indikatoru apraksts, kuri izstrādāti no jauna (v1, 2018). Ekosistēmu pakalpojumu novērtējuma kartes modeļteritorijām pievienotas **3.pielikumā**. Pārējo indikatoru skalas atrodamas pētījumu programmas 2016. un 2017. gada etapa pārskatā.

Augsnes erozijas novēršanas potenciāls

Indikators attiecināms uz EP klasi “Erozijas kontrole”. Indikatora pirmā versija izstrādāta, izmantojot USLE modeli, kas aprēķinos ņem vērā sekojošus parametrus: reljefa faktoru (augstums, nogāžu slīpums), zemes lietojuma veidu (meža zemes kategorija) un augsnes faktoru (granulometriskais sastāvs). Pašreizējā indikatora versijā netiek ņemti vērā nokrišņu un cilvēka darbības faktori. Nokrišņu faktors tiek pieņemts kā konstants uz visu teritoriju, un cilvēka darbības faktors jeb pasākumi, kas veicina eroziju, nav būtiski konkrētājā vērtējumā un pieņemti kā konstanti. Iegūtie erozijas draudu indeksi koriģēti ar informāciju par augsnes granulometriskā sastāvu, kas potenciāli varētu būt dominējošais konkrētajā meža tipā (modificējot Donis, 2012, piedāvāto pieeju). Tomēr, ņemot vērā faktu, ka Latvijas apstākļos viena meža tipa ietvaros sastopamo augšņu dažādība ir ļoti augsta, izstrādātā indikatora absolūtās vērtības patlaban ir uzskatāmas par visai aptuvenām. Visaptverošas, detalizētas datu kopas ieguve par meža augsnēm pavērtu ļoti labas iespējas šī indikatora tālākai attīstībai.

K uzkrājums augsnē

Indikators attiecināms uz EP klasi “Augsnes veidošanās procesi un to ietekme uz augsnes kvalitāti”. Augsnes kvalitāte tiek definēta kā specifisku augsnes funkciju kapacitāte nodrošināt augu un dzīvnieku produktivitāti, uzturēt un uzlabot ūdens un gaisa kvalitāti, uzturēt cilvēku veselību un labklājību dabisku vai apsaimniekotu ekosistēmu ietvaros (Karlen *et al.*, 1997).

Kālijs augsnes procesiem un augiem ir ļoti nozīmīgs. Tas augsnē atrodas primārajos un sekundārajos minerālos augiem neuzņemamā vai grūti uzņemamā formā. Augsnē 98% kālija ir augsnes minerālu sastāvā, bet tikai 2% – augsnes šķīdumā vai apmaināmā formā. Kālijs, kas atrodas saistītā vai adsorbētā stāvoklī, kā arī šķīstošo kālija sāļu veidā, var būt pieejams augiem. Daudz kālija ir māla augsnēs, kas satur vairāk vizlas un laukšpatu, bet maz kāpu smiltāju augsnēs, kam mazs sekundāro māla minerālu saturs (Mežals *et al.*, 1970; Mežals, 1980; Nikodemus *et al.*, 2008). Galvenais kālija avots augiem ir apmaiņas kālijs (Kim, 1998). Neapmaināmais kālijs augiem ir grūti pieejams. Taču starp apmaiņas un neapmaināmo kāliju augsnē eksistē zināms līdzsvars. Samazinoties apmaiņas kālija rezervēm, tie ātri papildinās ar kāliju no minerālu kristāliskā režģa. Līdz ar mitruma procenta palielināšanos augsnē pieaug arī šķīstošā kālija daudzums, jo norisinās apmaiņas kālija hidrolīze. Kālijs atrodas augsnē termiskās difūzijas ietekmē. Ūdenī šķīstošais kālijs atrodas augsnes šķīdumā ogļskābes, slāpekļskābes un fosforskābes sāļu veidā relatīvi nesaistīts augsnes adsorbcijas kompleksā. K₂O daudzums smilšmāla augsnēs ir 2.4-3.2%, māla augsnēs 3.5-5.0%, bet smagos mālos tuvu 6.0%. Mālsmilts un smilts augsnēs K₂O daudzums parasti ir mazāks par 2.2%. Mežu augsnēs viegli šķīstošā K₂O ir maz. Māla un smilšmāla augšņu trūda kārtās K₂O ir līdz 0.12 mg kg⁻¹, bet smilts augsnēs 0.4-0.6 mg kg⁻¹ augsnes. Kālija trūkums augsnē rada apstākļus radioaktīvā cēzija uzņemšanai augos (Mežals *et al.*, 1970; Mežals, 1980). Kālija saturs Eiropas mežu augsnēs variē no 100 līdz 25000 mg kg⁻¹ organisko vielu horizontos, bet lielākā daļa satur no 1000 līdz 3000 mg K kg⁻¹. Minerālaugsnēs K saturs stipri variē no mazāk kā 400 mg K kg⁻¹ līdz 6500 mg K kg⁻¹. Organiskās augsnēs ir salīdzinoši zems K saturs, jo tās satur niecīgu minerālaugsnis piejaukumu (Vanmechelen *et al.*, 1997).

Kālijs aktīvi piedalās augu vielmaiņas procesos, ogļhidrātu un olbaltumvielu sintēzē. Tas regulē ūdens izmantošanu un palielina augu izturību pret sausumu un salnām. Kālijam ir arī netieša ietekme uz augiem, tas augsnē neitralizē organiskās skābes, uztur katjonu un anjonu līdzsvaru (Nikodemus *et al.*, 2008).

Tabulā pārādīta ekosistēmu pakalpojumu nodrošinājuma relatīvā skala karaļūdenī ekstrahējamā K uzkrājumam meža augsnē. Tā izstrādei izmantota informācija par ķīmisko elementu koncentrācijām un uzkrājumu dažādos meža tipos, kas iegūta BioSiol⁵ projekta, kas uzsākts 2004. gadā, ietvaros. Tā kā šajā pētījumā netika pārstāvēti visi meža tipi, datu robi aizpildīti ar informāciju par meža tipi, kas ir salīdzināmi pēc auglības apstākļiem.

EP vērtība	K uzkrājums augsnē 0-80 cm dziļumā, kg ha ⁻¹
1	< 1
2	1-17
3	17-34
4	34-51
5	>51

C/N attiecība

Indikators attiecināms uz EP klasi “Sadalīšanās un fiksācijas procesi un to ietekme uz augsnes kvalitāti”.

C/N attiecība augos vidēji ir 20-30, bet var sasniegt pat 100 (piemēram, salmos). Augsnes mikroorganismos C/N attiecība ir 5-10. Tā kā augsne satur augu materiālus, dažādu nobiru sadalīšanās starpproduktus un mikroorganismus, C/N attiecība augsnē ir robežās starp augstāko augu un mikroorganismu C/N attiecību, bet nobiru sadalīšanās laikā C/N attiecība pakāpeniski samazinās (Vanmechelen *et al.*, 1997). Organiskās matērijas sadalīšanos ietekmē klimatiskie apstākļi un līdz ar to C/N attiecība reģionāli mainās. Ir pierādīts, ka C/N attiecība dažādu koku sugu nobirās un līdz ar to arī minerālaugsnē būtiski atšķiras (Cools *et al.*, 2014). Mežu augsnēs C/N attiecība parasti ir lielāka organiskajos augsnes horizontos, bet zemāka ir minerālaugsnes zemākajos horizontos. Organiskajos augsnes horizontos Eiropas mežu augsnēs C/N attiecība var variēt no 10 līdz 100, bet vairākums gadījumu C/N attiecība ir 20-40. C/N attiecība virsējos minerālaugsnes horizontos ir lielāka nekā minerālaugsnes pamatmateriālā. 80% augšņu C/N attiecība minerālaugsnes virsējos horizontos ir 12-33, bet 10 un 90% gadījumu C/N attiecība minerālaugsnes pamatmateriālā ir, attiecīgi, 10 un 30 (Vanmechelen *et al.*, 1997). Zema C/N attiecība augsnē norāda uz auglīgu augsni un potenciāli netraucētu augu augšanu (Rytter, 2016).

Tabulā pārādīta ekosistēmu pakalpojumu nodrošinājuma relatīvā skala C/N attiecībai meža augsnē. Indikatora izstrādei izmantota informācija par ķīmisko elementu koncentrācijām un uzkrājumu dažādos meža tipos, kas iegūta BioSiol projekta ietvaros. Tā kā šajā pētījumā netika pārstāvēti visi meža tipi, datu robi aizpildīti ar informāciju par meža tipi, kas ir salīdzināmi pēc auglības apstākļiem.

EP vērtība	C/N attiecība augsnē 0-80 cm dziļumā, kg ha ⁻¹
1	>41
2	34-41
3	27-34
4	20-27
5	<20

C uzkrājums augsnē un zemsegā

Mežiem ir nozīmīga loma globālā oglekļa apritē, jo tie fotosintēzes procesā spēj piesaistīt atmosfēras ogleki, pārveidot organisko vielu sastāvā (biomasā) un emitēt atpakaļ atmosfērā vai fiksēt augsnes organiskā matērijā. Augsnes C uzkrājuma lielumu nosaka neto līdzsvars starp organiskā C ienesi ar koku nobirām (skujas, lapas, mizas, plēksnes) un sakņu biomasu un organiskās matērijas mineralizāciju. C uzkrājums meža augsnēs ir

⁵ Projekta BioSoil galvenie uzdevumi bija statistiski ticamas informācijas iegūšana par Eiropas meža augšņu ķīmiskajām un fizikālajām īpašībām. Latvijā “BioSoil” projekts īstenots 95 pirmā līmeņa meža monitoringa parauglaukumos, kas izklaidēti visā valsts teritorijā, 16 x 16 km tīklā. “BioSoil” projekta ietvaros augsnes un zemsegas paraugi ņemti un analizēti atbilstoši ICP Forests (International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests) prasībām un rekomendētai metodoloģijai.

atkarīgs no augsnes īpašībām, klimata un antropogēnām darbībām, īpaši meža ekosistēmu apsaimniekošanas prakses. Augsnes spēja stabilizēt organisko matēriju un augsnes struktūra ir augsnes C dinamikas galvenie elementi. Tiek uzskatīts, ka fizikālās īpašības (piemēram, putekļu un māla saturs augsnē) un augsnes mikroagregācija aizsargā organiskās vielas no mikroorganismiem, kas veic organiskās matērijas noārdīšanu (Grüneberg et al., 2014). Latvijas meža augšņu O horizontā noteiktais vidējais organiskā C saturs ir 21 t ha^{-1} , bet meža augšņu minerālajos horizontos 0...80 cm dziļumā tas ir 195 t C ha^{-1} (Bārdule et al., 2009).

Tabulā pārādīta ekosistēmu pakalpojumu nodrošinājuma relatīvā skala C uzkrājumam meža augsnē un nedzīvajā zemsegā. Zemsega ir augsnes virsējais slānis, ko mežā veido koku noboras (skulas, lapas, mizas, plēksnes) un citu augu nesadalījušās vai vāji sadalījušās atliekas. Tā ir mežaudzes galvenā barības vielu rezerve. Indikatoru izstrādei izmantota informācija par ķīmisko elementu koncentrācijām un uzkrājumu dažādos meža tipos, kas iegūta BioSiol projekta ietvaros. Tā kā šajā pētījumā netika pārstāvēti visi meža tipi, datu robi aizpildīti ar informāciju par meža tipiem, kas ir salīdzināmi pēc auglības apstākļiem.

EP vērtība	C uzkrājums augsnē 0-80 cm dziļumā, kg ha^{-1}	C uzkrājums zemsegā 0-80 cm dziļumā, kg ha^{-1}
1	<100	<20
2	100-200	20-30
3	200-300	30-40
4	300-400	40-50
5	>400	>50

N uzkrājums augsnē

Indikators attiecināms uz EP klasi "Sadalīšanās un fiksācijas procesi un to ietekme uz augsnes kvalitāti". Slāpeklis augsnē galvenokārt atrodas tās organiskajā materiālā. Trūdvielu akumulācijas horizonts satur 93-99% no augsnes kopējā slāpekļa daudzuma. Dziļāk esošajos horizontos organiskā slāpekļa daudzums strauji samazinās. Minerālajos horizontos, kas nesatur humusu, slāpeklis sastopams galvenokārt fiksēta neapmaināmā amonjaka veidā. Bez amonjaka un amonija jonu slāpeklis augsnes minerālajā daļā atrodas arī nitrātu un nitrīciju veidā. Augiem nozīmīgāko slāpekļa rezervi veido organiskajās vielās esošais slāpeklis. Organisko vielu bioķīmisko un ķīmisko transformācijas procesu rezultātā veidojas augiem izmantojamās slāpekļa formas. Šo procesu sauc par slāpekļa mobilizāciju (Nikodemus et al., 2008).

Tabulā pārādīta ekosistēmu pakalpojumu nodrošinājuma relatīvā skala N uzkrājumam meža augsnē. Tā izstrādei izmantota informācija par ķīmisko elementu koncentrācijām un uzkrājumu dažādos meža tipos, kas iegūta BioSiol projekta ietvaros. Tā kā šajā pētījumā netika pārstāvēti visi meža tipi, datu robi aizpildīti ar informāciju par meža tipiem, kas ir salīdzināmi pēc auglības apstākļiem.

EP vērtība	N uzkrājums augsnē 0-80 cm dziļumā, kg ha^{-1}
1	<2
2	2-11
3	11-20
4	20-29
5	>29

Toksisko smago metālu stabilizācijas potenciāls augsnes virskārtā un zemsegā

Indikatori attiecināms uz EP klasi "Mediācija ar citiem ķīmiskiem un fizikāliem procesiem (piemēram, filtrācija, piesaistīšana, uzkrāšana, akumulēšana)".

Meža ekosistēmu veģetācija ir efektīvs atmosfēras piesārņojuma filtrs. Meža ekosistēmās smago metālu ienesi augsnē nodrošina atmosfēras nosēdumi, meža nobiras un kokaugu stumbru notece. Līdz ar to meža ekosistēmas tiek uzskatītas par smago metālu, tai skaitā toksisko smago metālu, krātuvēm, jo smagie metāli tiek akumulēti gan veģetācijā, gan augsnē (Smidt et al., 2012; Frausto da Silva & Williams, 2001).

Smagie metāli augsnē tiek adsorbēti uz māla minerāliem, sekundārie minerāliem, koloīdiem un organiskās matērijas (humusa) (Smidt et al., 2012; Frausto da Silva & Williams, 2001; Melecis, 2011), ko apstiprina dažādu pētījumu ietvaros noteiktā ciešā korelācija starp smago metālu saturu un māla daļiņu un organiskās matērijas saturu augsnē gan lauksaimniecības zemē, gan meža zemē. Organiskā matērija (humuss) ir ļoti stabils savienojumu komplekss, kas var saglabāties augsnē neskarts pat simtiem un tūkstošiem gadu. Pārmērīga mitruma un skābekļa trūkuma apstākļos, kādi ir, piemēram, purvos, organisās matērijas mineralizācija notiek ļoti lēni, līdz ar novērojama smago metālu pastiprināta akumulācija (Melecis, 2011).

Attiecībā uz smago metālu lomu bioloģiskās sistēmās, tie tiek klasificēti kā būtiskie un nebūtiskie. Būtiskie smagie metāli ir tie, kas vajadzīgi dzīvajiem organismiem minimālos daudzumos fizioloģisko un bioloģisko funkciju nodrošināšanai (piemēram, Fe, Mn, Cu, Zn, Cr, Ni). Nebūtiskie smagie metāli ir tie, kas nav nepieciešami dzīvajiem organismiem fizioloģisko un bioķīmisko funkciju nodrošināšanai, piemēram, Cd, Pb un Hg. Attiecībā uz toksiskumu, vislielākās problēmas rada Hg, Cd, Pb, Cu, Zn, Sn un Cr (Valujeva et al., 2016), bet Pasaules Veselības organizācija (World Health Organization – WHO) 10 kaitīgāko ķīmisko vielu sarakstā ir iekļāvuši sekojošus toksiskos smagos metālus: Hg, Cd un Pb (Pasaules Veselības organizācija, 2016). Minēto elementu izslēgšana no ekoloģiskās barības ķēdes un piesaistīšana un uzkrāšana, piemēram, augsnē ir būtisks ekosistēmas pakalpojums.

Attiecīgā regulējošā ekosistēmas pakalpojuma novērtēšanai izstrādāti divi indikatori:

- vidējais toksisko smago metālu (Hg, Cd un Pb) saturs nedzīvā zemsegā dažādos meža tipos;
- vidējais toksisko smago metālu (Hg, Cd un Pb) saturs augsnes virskārtā dažādos meža tipos.

Indikatori izstrādāti, balstoties uz Latvijas Valsts mežzinātnes institūta “Silava” īstenotā starptautiskā demonstrācijas projekta BioSoil rezultātiem. Novērtēšanas indikatora skalas izveidošanai aprēķināts vidējais kumulatīvais toksisko smago metālu (Hg, Cd un Pb) saturs zemsegā un augsnes virskārtā pētījumā iekļautos meža tipos). Turklāt starp kumulatīvo toksisko smago metālu saturu augsnes virskārtā un organiskā oglekļa saturu konstatēta cieša korelācija ($r = 0.81$), savukārt starp kumulatīvo toksisko smago metālu saturu augsnes virskārtā un māla daļiņu saturu konstatēta vidēji cieša korelācija ($r = 0.57$). Tā kā šajā pētījumā netika pārstāvēti visi meža tipi, datu robi aizpildīti ar informāciju par meža tipiem, kas ir salīdzināmi pēc auglības apstākļiem.

EP vērtība	Kumulatīvais toksisko smago metālu (Hg, Cd un Pb) saturs augsnes virskārtā, mg kg ⁻¹	Kumulatīvais toksisko smago metālu (Hg, Cd un Pb) saturs zemsegā, mg kg ⁻¹
1	< 10	< 25
2	10-15	25-30
3	16-20	31-35
4	21-25	36-40
5	> 25	> 40

Literatūra

1. Bārdule, A., Bāders, E., Stola, J., Lazdiņš, A. (2009). Forest soil characteristic in Latvia according results of the demonstration project BioSoil. *Mežzinātne / Forest Science* 20(53): 105-124
2. Grüneberg E., Ziche D. and Wellbrock N. 2014. Organic carbon stocks and sequestration rates of forest soils in Germany. *Glob Chang Biol.* 2014 Aug; 20(8): 2644–2662
3. Rytter R.M. 2016. Afforestation of former agricultural land with Salicaceae species – Initial effects on soil organic carbon, mineral nutrients, C:N and pH. *Forest Ecology and Management*, 363, 21–30
4. Cools N., Vesterdal L., De Vos B., Vanguelova E. & Hansen K. 2014. Tree species is the major factor explaining C:N ratios in European forest soils. *Forest Ecology and Management*, 311, 3–16
5. Vanmechelen L., Groenemans R., Van Ranst E. Forest soil condition in Europe, Results of a Large-Scale Soil Survey, Belgium, Forest Soil Co-ordinating Centre, 1997, 261 p.
6. Mežals G. Meža augsnes zinātne, Rīga, Zvaigzne, 1980, 173 lpp.
7. Mežals G., Skujāns R., Freivalds V., Bambergers K. Augsnes zinātne, Rīga, Zvaigzne, 1970, 523 lpp.
8. Kim H. T. Principles of Soil Chemistry, Athens, Georgia, The University of Georgia, 1998, 521 p.

9. Karlen D.L., Mausbach M.J., Doran J.W., Cline R.G., Harris R.F. & Schuman G.E. 1997. Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 61, 4–10.
10. Frausto da Silva, J. J. R. & Williams, R. J. P. (2001). The biological chemistry of the elements. The inorganic chemistry of life. 2. Oxford University Press.
11. Melecis, V. (2011). *Ekoloģija*. Rīga: LU Akadēmiskais apgāds. 352 lpp.
12. Smidt, S., Jandl, R., Bauer, H., Frst, A., Mutsch, F., Zechmeister, H. & Seidel, C. (2012). Trace Metals and Radionuclides in Austrian Forest Ecosystems. In: Ishwaran, N. (Ed) *The Biosphere*. InTech. ISBN 978-953-51-0292-2.
13. Pasaules Veselības organizācija (2016). Ten chemicals of major public health concern. Pieejams: http://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/chemicals_phc/en/
14. Valujeva, K., Grīnfelde, I. & Straupe, I. (2016). *Fitoremediācija. Izmantošanas iespējas Latvijā*. Jelgava: Latvijas Lauksaimniecības Universitāte. ISBN 978-9984-48-205-7.

1.3. Demonstrācijas objektu aprakstu sagatavošana

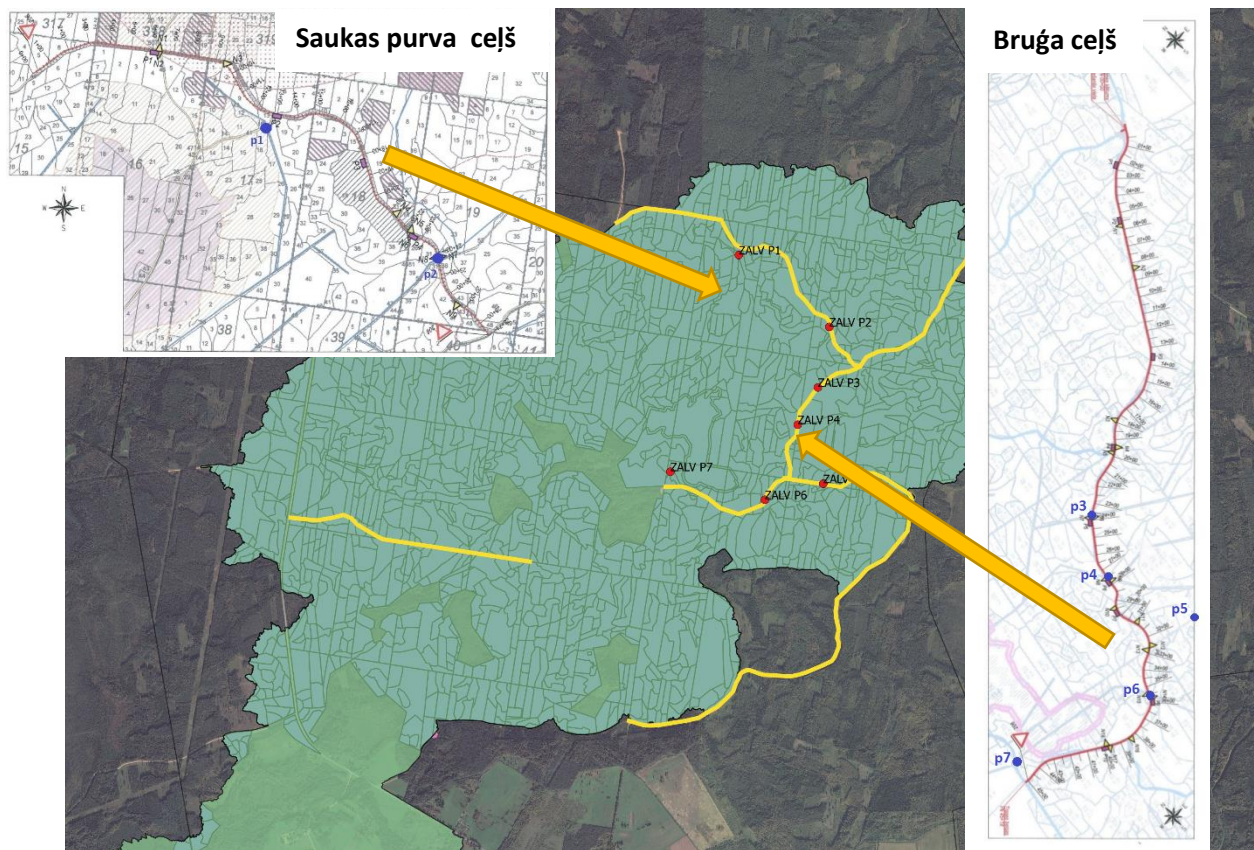
Demonstrācijas objekti Zalvītes modeļteritorijā ierīkoti saistībā ar trijiem pētījumā analizētajiem mežsaimniecības ietekmes uz vidi aspektiem. Šajā pārskatā sniegts pašu objektu apraksts, bet pētījuma noslēdzošajā etapā paredzēts sagatavot materiālu, kas iekļaus gan objektu raksturojumu, gan piecu pētījuma gadu laikā iegūtos galvenos rezultātus. Šo materiālu būs iespējams tālāk izmantot demonstrācijas un apmācību vajadzībām.

1.3.1. Meža meliorācijas sistēmu renovācijas un meža autoceļu būves ietekme uz ūdens kvalitāti raksturojošajiem parametriem sateces baseina mērogā

Demonstrācijas objekti ir astoņas ūdens paraugu ņemšanas vietas Zalvītes strauta seteces baseinā (Tabula 14), kuros kopš 2016.gada veikti ūdens kvalitātes parametru mērījumi gan ar zondi, gan, ņemot paraugus ķīmisko parametru laboratoriskām analīzēm. Objektos ir pieejami mērījumu dati par sekojošiem ūdens ekoloģisko kvalitāti raksturojošiem rādītājiem: izšķīdušā skābekļa saturu, duļainību, suspendēto daļiņu saturu, pH, elektrovadītspēju (EVS), biogēno elementu saturu (NO_3^- -N, NH_4^+ -N, PO_4^{3-} -P), bāzisko katjonu (Ca, Mg, K) saturu, kopējā slāpekļa un izšķīdušā organiskā oglekļa saturu. Saistībā ar teritorijā veiktajiem ceļu būves darbiem ir pieejami ceļu būves darbu žurnāli, no kuriem iegūta informācija par to, kādi darbi veikti konkrētās vietās konkrētos laika posmos, lai varētu izdarīt secinājumus par ūdens kvalitātes parametru izmaiņām infrastruktūras attīstības darbu rezultātā (Attēls 84).

Tabula 14. Ūdens kvalitātes parametru mērījumu punkti Zalvītes modeļteritorijā – demonstrācijas objekti MMS renovācijas un meža autoceļu būves ietekmes novērtēšanai

Mērījumu punkta nosaukums	Mērījumu punkta apraksts	Paraugošanas/ mērījumu biežums
zalv p1	Nerenovēts meža ceļš šķērso nerenovētu grāvi	1x mēnesī
zalv p2	Meža ceļš šķērso 2015.gadā renovētu grāvi, 2017.gada veikta ceļa rekonstrukcija	1x mēnesī
zalv p3	Meža ceļš šķērso 2015.gadā renovētu grāvi, 2017.gada veikta ceļa rekonstrukcija	1x mēnesī
zalv p4	Meža ceļš šķērso 2015.gadā renovētu grāvi, 2017.gada veikta ceļa rekonstrukcija	1x mēnesī
zalv p5	2015.gadā renovēts meža ceļš šķērso Zalvītes strautu, 2017.gada veikta ceļa rekonstrukcija	1x mēnesī
zalv p6	Meža ceļš šķērso Zalvītes strautu, 2017.gada veikta ceļa rekonstrukcija	1x mēnesī
zalv p7	Nerenovēts meža ceļš šķērso Zalvītes strautu	1x mēnesī
zalv notece	Noteces mērīšanas punkts Zalvītes strautā	1x mēnesī



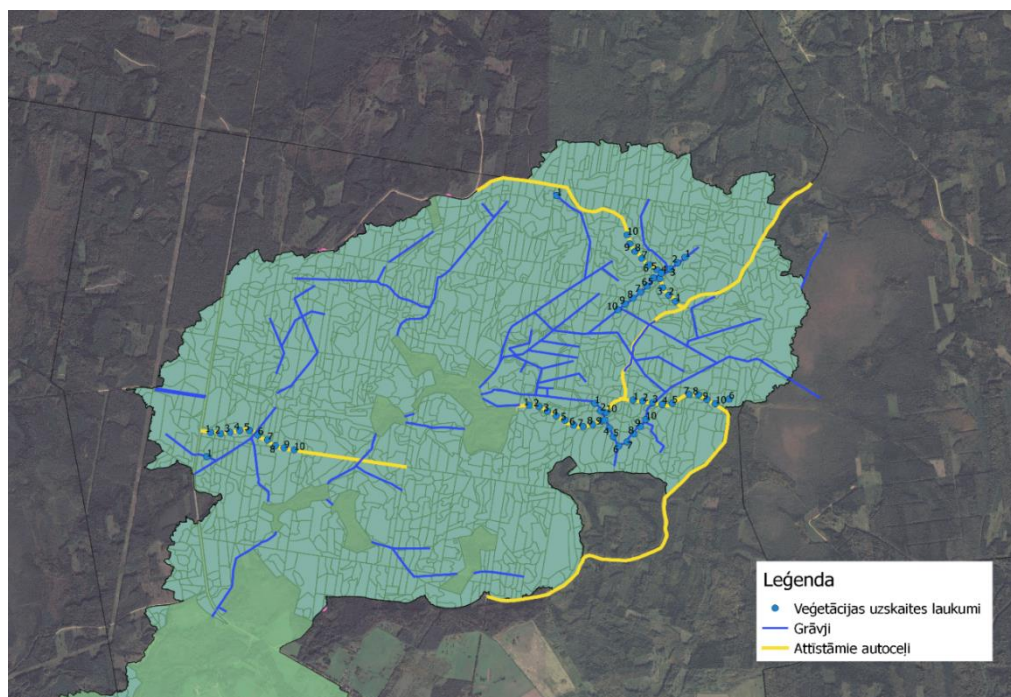
Attēls 84. Ūdens kvalitātes parametru mērījumu punkti Zalvītes modeļteritorijā saistībā ar veikto meža infrastruktūras izbūvi

1.3.2. Meža meliorācijas sistēmu renovācijas un meža autoceļu būves ietekme uz veģetācijas attīstību, tajā skaitā uz invazīvo un potenciāli invazīvo augu sugu izplatību

Demonstrācijas objekti ir astoņi veģetācijas uzskaites maršruti, kuros kopš 2016.gada veiktas regulāras veģetācijas uzskaites 1 km garā posmā mērījumu punktus ik pa 100 m abās ceļa/grāvja pusēs, fiksējot visalakstaugu un sūnu stāva sugu segumu pēc Braun-Blanquet skalas. Šie maršruti izvietoti vietās, kur vai nu jau iepriekš, vai arī pētījuma laikā veikta meža infrastruktūras (meža meliorācijas sistēmu, meža autoceļu) renovācija vai izbūve (Tabula 15). Demonstrācijas objektu izvietojums Zalvītes modeļteritorijā parādīts 85.attēlā.

Tabula 15. Uzskaites maršruti veģetācijas novērtējumam saistībā ar meža infrastruktūras izbūvi

Objekta nosaukums vai Nr.	Stāvoklis līdz veģetācijas uzskaiti	
	2016. g.	2017.g.
Apaļais ceļš no krustojuma ar Bruģa ceļu	izbūvēts 2015. g.	izbūvēts 2015. g.
Bruģa ceļš no krustojuma ar Mežmuižas ceļu	esošs/dabiska brauktuve	rekonstrukcija pabeigta 2017.g. jūnijā
Saukas purva ceļš no krustojuma ar Bruģa ceļu	esošs/dabiska brauktuve	rekonstrukcija pabeigta 2017.g. maijā
Šoseja Mežmuižas ceļš	plānots (mežā atsprausta trase)	būvdarbi pilnībā pabeigti 2017. g. maijā
Grāvis Nr. 598	renovēts 2015. g.	renovēts 2015. g.
Grāvis Nr. 586	renovēts 2015. g.	parauglaukumi 1L, 2L, 3L, 3K atkārtoti skarti grāvja rekonstrukcijā 2017. g. maijā
Grāvis Nr. 812/987/832	sen izbūvēts, sekls	ceļa izbūvē 2017. g. skarti parauglaukumi 8L, 8K
Grāvis Nr. 626	sen izbūvēts, sekls	ceļa izbūvē 2017. g. skarti parauglaukumi 5L, 5K



Attēls 85. Veģetācijas uzskaites maršrutu izvietojums Zalvītes modeļteritorijā - demonstrācijas objekti meža infrastruktūras izbūves ietekmes novērtēšanai

1.3.3. Mežizstrādes ietekme uz augsnes aerāciju (gruntsūdens līmeņa un aerētā augsnes virskārtas biezuma izmaiņas)

Mežizstrādes ietekmes uz augsnes aerāciju novērtējuma demonstrācijai izveidotas divas objektu sērijas. Pirmajā sērijā piecos nogabalos 2016.gadā ierīkotas seklās gruntsūdens akas augsnes gruntsūdens līmeņa un ķīmiskā sastāva monitoringam (Tabula 16). Gruntsūdens līmeņa un ķīmisko parametru mērījumi uzsākti 2016.gada vasarā; līmeņa mērījumi sākotnēji veikti manuāli, bet 2016.gada vasarā līmeņu fiksācijai akās ievietoti Van Essen automātiskie līmeņa fiksācijas logeri nepārtrauktas datu rindas iegūšanai.

Tabula 16. Gruntsūdens līmeņa un ķīmiskā sastāva monitoringa objekti – demonstrācijas objekti mežizstrādes ietekmes uz augsnes aerāciju novērtējumam

Nr.p.k.	Kvartāls	Nogabals	Meža tips	Platība, ha	Meža tips	Valdošā suga	Gruntsūdens aku (logeru) skaits	Mērījumi uzsākti	Automātiskie logeri ievietoti
1	34	34	Dms	0.7	Dms	B	3 (1)	28.07.2016	14.06.2017
2	35	29	Db	0.3	Db	B	3 (1)	28.07.2016	14.06.2017
3	67	17	Ks	0.4	Ks	P	3 (1)	29.06.2016	14.06.2017
4	67	35	As	2.6	As	B	3 (1)	18.07.2016	14.06.2017
5	95	20	Dm	1.1	Dm	P	3 (1)	18.07.2016	14.06.2017

Papildus pieciem gruntsūdens līmeņa un kvalitātes monitoringa objektiem 39 nogabalos ievietoti tērauda stieņi augsnes virskārtas aerētā slāņa biezuma mērījumiem (Tabula 17). Stieņi augsnē katru gadu tiek ievietoti vasaras vidū un izņemti rudenī, lai fiksētu aerētās augsnes virskārtas biezuma izmaiņas. 2018. gadā daļā no objektiem veikta mežizstrāde.

Tabula 17. Nogabali augsnes virskārtas aerētā slāņa biezuma mērījumiem - demonstrācijas objekti mežizstrādes ietekmes uz augsnes aerāciju novērtējumam

Nr.p.k.	Kvartāls	Nogabals	Meža tips	Koku suga	Edafiskā rinda	Nogabala platība, ha	Stieņu skaits	2018.g. veikta mežizstrāde: Jā/Nē
1	36	30	Dm	P	sausieņi	3	6	Jā
2	35	29	Db	B	purvaini	0.3	5	Jā

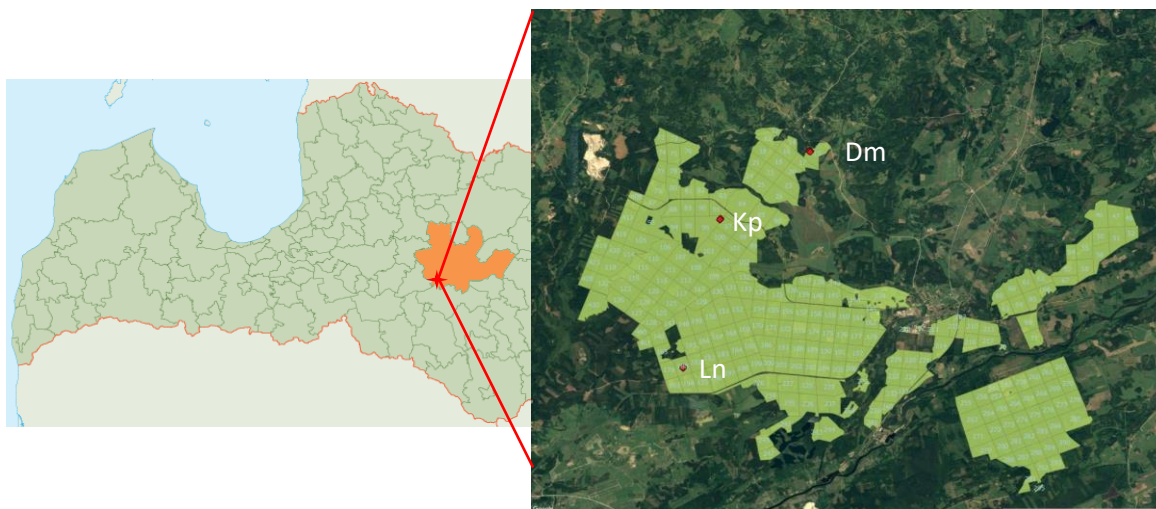
Nr.p.k.	Kvartāls	Nogabals	Meža tips	Koku suga	Edafiskā rinda	Nogabala platība, ha	Stieņu skaits	2018.g. veikta mežizstrāde: Jā/Nē
3	35	30	Db	B	purvaini	0.8	5	Jā
4	35	26	Mr	P	sausieņi	0.6	5	Jā
5	34	31	Mr	P	sausieņi	0.4	5	Jā
6	34	40	Pv	P	purvaini	1	5	Nē
7	34	27	Sl	P	sausieņi	1.2	7	Jā
8	34	34	Dms	B	slapjaini	0.7	5	Jā
9	34	29	Dms	B	slapjaini	0.7	5	Nē
10	33	18	Dm	B	sausieņi	0.8	5	Nē
11	33	8	Ln	P	sausieņi	0.4	5	Nē
12	37	12	Mr	P	sausieņi	1.7	7	Nē
13	37	13	Ks	P, E	kūdreņi	0.5	5	Nē
14	37	15	Kp	B	kūdreņi	0.8	5	Jā
15	38	3	Ks	B	kūdreņi	0.6	5	Nē
16	17	17	As	B	āreņi	1	5	Nē
17	17	6	Ks	P	kūdreņi	1.5	6	Nē
18	61	32	Mr	P	sausieņi	5.2	10	Jā
19	119	4	Db	B	purvaini	2.4	10	Jā
20	95	28	Db	B	purvaini	2.8	10	Nē
21	95	20	Dm	P	sausieņi	1.1	5	Jā
22	96	18	Vrs	M	slapjaini	1.4	7	Nē
23	96	19	Dm	B	sausieni	1.1	5	Nē
24	96	33	Dms	B	slapjaini	1.6	7	Nē
25	97	18	Dm	B	sausieņi	0.4	5	Nē
26	67	35	As	B	āreņi	2.6	10	Nē
27	19	45	As	P	āreņi	0.8	5	Nē
28	19	46	Pv		purvaini	2.1	10	Nē
29	40	33	Dms	B	slapjaini	1.1	6	Jā
30	39	46	Pv		purvaini	1	5	Nē
31	39	45	Db	B	purvaini	0.4	5	Jā
32	68	6	Grs	B	slapjaini	1	5	Jā
33	68	4	Kp		kūdreņi	0.6	5	Jā
34	68	17	As		āreņi	1	5	Nē
35	68	26	As	B	āreņi	0.7	5	Jā
36	68	25	Grs		slapjaini	2	10	Nē
37	69	28	Dm	E	sausieņi	0.4	5	Nē
38	67	17	Ks	P	kūdreņi	0.4	5	Jā
39	69	32	Dm	P	sausieņi	0.8	6	Jā

1.4. Monitorings 2011.gadā ierīkotajos objektos

1.4.1. Objekti un metodika

Pētījuma ietvaros arī 2018. gada veģetācijas sezonā no maija līdz oktobrim tiek turpināts monitorings trijos 2011. gadā ierīkotajos objektos Meža pētīšanas stacijas mežos Kalsnavas mežu novadā, kuros tiek analizēta dažādas intensitātes mežizstrādes ietekme uz barības vielu apriti (Attēls 86). Pētījuma objekti ierīkoti Dm, Kp un Ln meža tipos, katrā no tiem ir trīs parauglaukumi: izcirtums, kur izvākta visa virszemes biomasa (VB parauglaukums), izcirtums, kur izvākta stumbru biomasa (SB parauglaukums) un nenocirsta mežaudze jeb

kontrole (K parauglaukums). Mežizstrāde objektos veikta 2013.gada sākumā. Objekti, darbu organizācija un mērījumu metodika ir detalizēti aprakstīti no 2011. līdz 2015. gadam īstenotā Meža nozares kompetences centra pētījuma “Metodes un tehnoloģijas meža kapitālvērtības palielināšanai” virziena “Mežsaimniecisko darbību ietekmes uz vidi un bioloģisko daudzveidību izpēte” pārskatos (Lībiete, 2015).



Attēls 86. Objekti kailcirtes ar stumbra biomasas izvākšanu un ar visas biomasas izvākšanu ietekmes novērtēšanai

Barības vielu aprīte

2018. gadā visos trijos objektos turpināta gruntsūdeņu, augsnes ūdeņu, virszemes ūdeņu un nobiru paraugu ņemšana. Ūdens un nobiru paraugi tika ņemti reizi mēnesī veģetācijas sezonas laikā, laboratoriski noteikti sekojoši ķīmiskie parametri: $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$, $\text{N}_{\text{kop.}}$, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$, K, Ca un Mg joni, pH augsnes ūdenī, gruntsūdenī un notecē, kā arī N, P, K, Ca, Mg ienese ar nobirām. 2017.gada paraugu ņemšana pabeigta oktobrī.

Koku uzskaitē jaunaudzē

Lai noskaidrotu, vai pastāv kādas atšķirības starp meža atjaunošanās sekmēm platībā, kur izvākta stumbra biomas, un platībā, kur izvākta visa virszemes biomas, 2016. gada maijā, 2017. gada aprīlī un 2018.gada maijā šajos pētījuma objektos tika veikta koku uzskaitē, katrā parauglaukumā (VB – izvākta visa biomas; SB – izvākta stumbru biomas) ierīkojot četrus vienmērīgi izvietotus aplveida uzskaites laukumus ar rādiusu 5.64 m (platība 100 m²) un uzskaitot gan stādītus, gan dabiski ieaugušos kociņus 10 cm augstuma klasēs. Objektos Damaksnis un Lāns, kur meža atjaunošana veikta ar priedi, atsevišķi uzskaitīti dzīvie, bojātie un bojāgājušie kociņi. Objektā Kūdrenis, kur atjaunošana veikta ar egli, liela daļa no kokiem ir pārnadžu bojāti (sānu un galotnes dzinumu apkodumi), tādēļ tur atsevišķi uzskaitīti dzīvie nebojātie koki, dzīvie koki ar bojātiem sānu dzinumiem, dzīvie koki ar bojātu galotnes dzinumu un bojāgājušie koki, kā arī dabiski ieaugušie (paaugas) koki. Savukārt 2018. gadā bojāto kociņu stāvoklis bija uzlabojies un jaunu bojājumu bija maz, tādēļ kociņi ar bojātiem sāniem un bojātām galotnēm tika uzskaitīti kā bojātie kociņi (neizdalot galotnes vai sānu dzinumu bojājumus). Parauglaukumi dabā marķēti ar metāla mietiņiem, lai nākamajos gados uzskaiti varētu atkārtot.

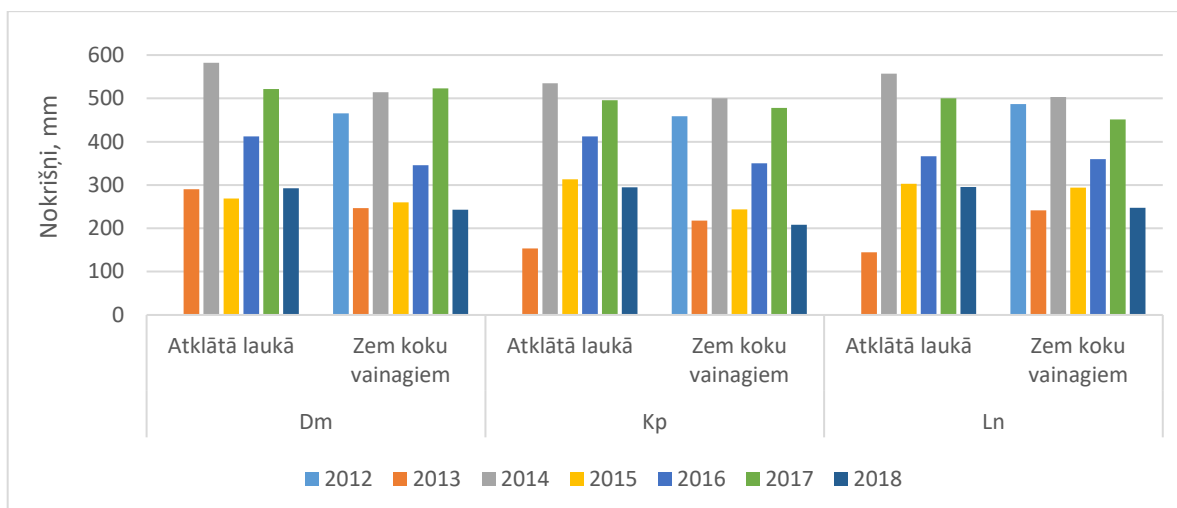
Datu analīze veikta, izmantojot ANOVA dispersiju analīzi, un paraugkopu salīdzināšana veikta, izmantojot LSD (*Least Significant Difference*) post-hoc testu.

1.4.2. Barības vielu aprītes izmaiņas

Barības vielu ienese ar nokrišņiem

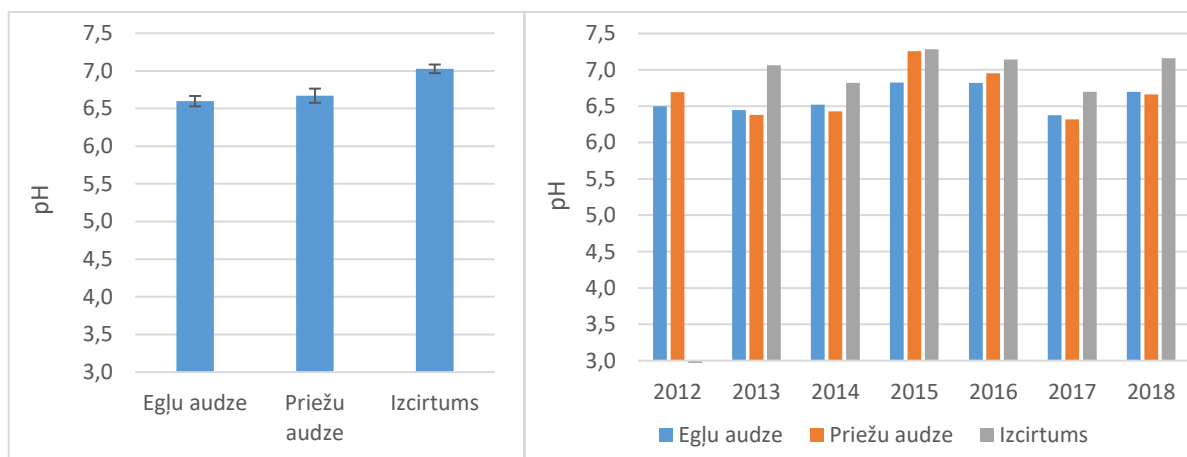
87. attēlā parādīts vidējais nokrišņu daudzums veģetācijas sezonā (maijs-oktobris) pētījuma objektos laika posmā no 2012. līdz 2018. gadam. Zem koku vainagiem kopējais nokrišņu daudzums ir vidēji par 28 mm

mazāks kā atklātā laukā. Lielākās atšķirības starp nokrišņu daudzumu atklātā laukā un zem koku vainagiem vērojamas objektā Dm, kur kopējais nokrišņu daudzums atklātā laukā ir vidēji par 39 mm lielāks.

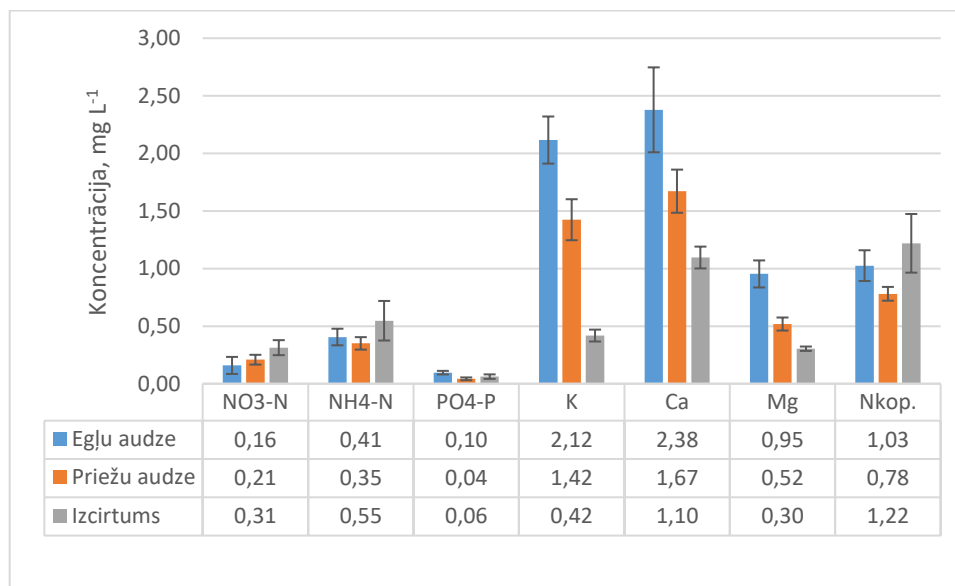


Attēls 87. Vidējais nokrišņu daudzums veģetācijas sezonā (maijs-oktobris) laika posmā no 2012. līdz 2018.gadam

88. attēlā parādīts vidējais nokrišņu ūdens pH laika posmā no 2012. līdz 2018. gadam, bet vidējās ķīmisko elementu koncentrācijas nokrišņos izcirtumā un zem koku vainagiem laika periodā no 2012. līdz 2018. gadam parādītas 89. attēlā. Zinātnieki ir konstatējuši, ka skuju koku lapotnes tiecas nokrišņus paskābināt, un tas norāda, ka skābju pārtveršanas apjomi ir daudz lielāki nekā koku vainagu virsmas buferkapacitāte vai bāzisko vielu sausā izsēšanās kokaudzē (Tērauda, 2008). Šāda tendence konstatēta arī šī pētījuma ietvaros, jo zem koku vainagiem nokrišņu ūdens pH ir vidēji par 0.4 pH vienībām skābāks kā atklātā laukā. Gandrīz visu elementu (izņemot N savienojumus) koncentrācijas atklātas platības nokrišņos ir zemākas nekā mežaudzē, jo mežaudzē, izkrītot caur koku vainagiem, nokrišņi uztver uz skuju vai lapu virsmas esošos savienojumus (Attēls 89). Egļu audzēs gandrīz visu analizēto elementu koncentrācijas vainagu caurtecē ir augstākas nekā priežu audzēs, kas visticamāk skaidrojams ar lapu laukuma indeksa atšķirībām – egļu vainagi ir blīvāki, un tajos izsēžas vairāk daļiņu no atmosfēras, kas pēc tam nonāk nokrišņu ūdeņos.

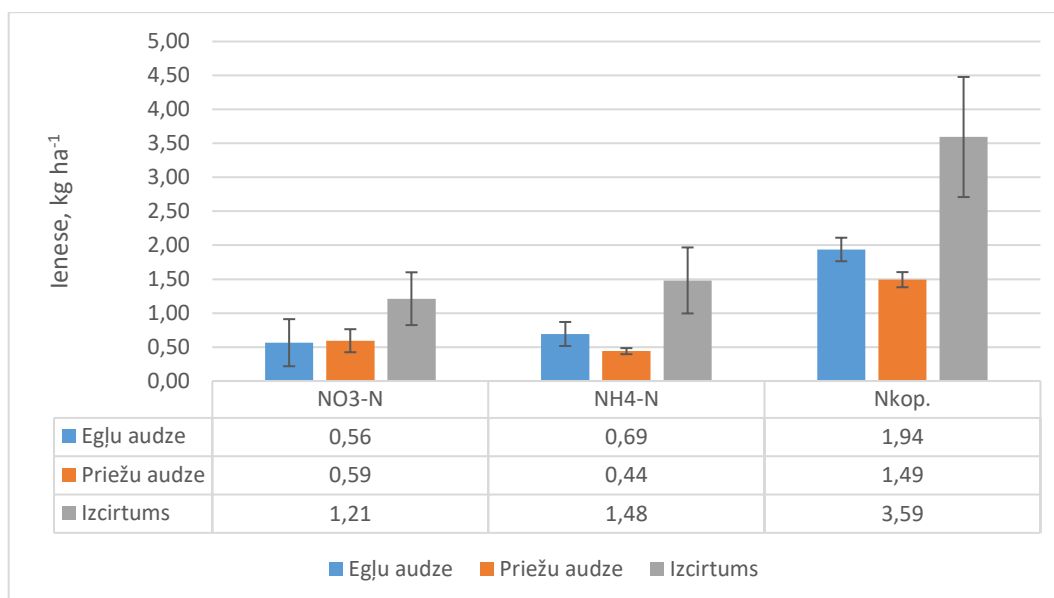


Attēls 88. Vidējais nokrišņu ūdens pH laika posmā no 2012. līdz 2018. gadam (izcirtumā no 2013. līdz 2018. gadam)

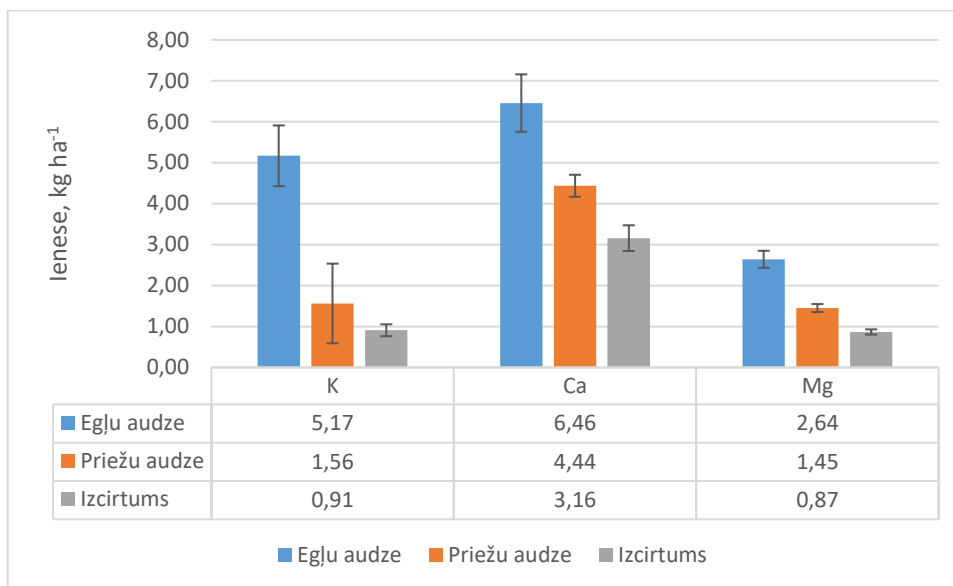


Attēls 89. Vidējās ķīmisko elementu koncentrācijas nokrišņos no 2012. līdz 2018.gadam (izcirtumā no 2013. līdz 2018.gadam)

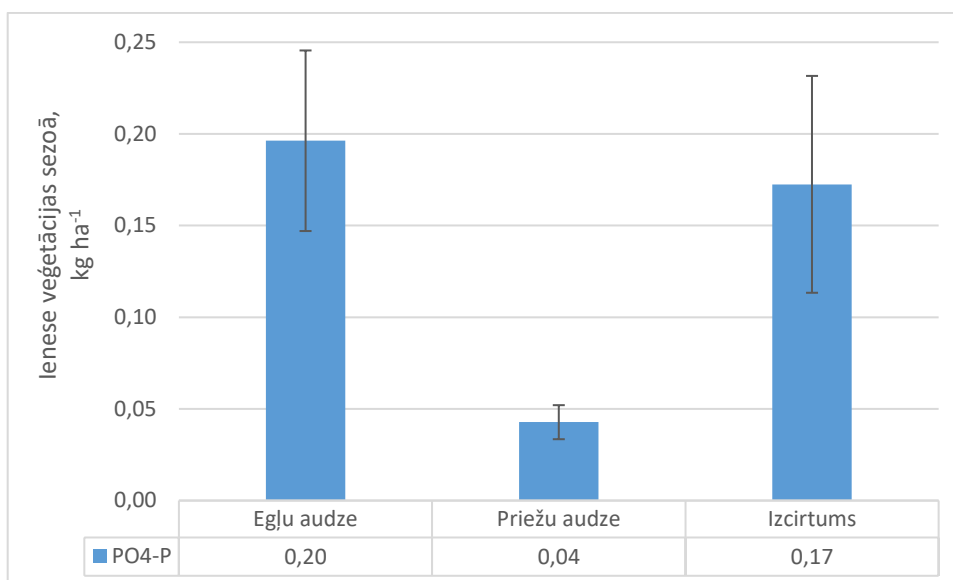
Vidējās veģetācijas perioda (maijs – oktobris) ķīmisko elementu ieneses ar nokrišņiem no 2012. līdz 2018. gadam parādītas 90.-92. attēlā. Izcirtumos veģetācijas sezonas laikā (maijs – oktobris) ar nokrišņiem ienestais nitrātu, amonija un kopējā slāpekļa apjoms ir attiecīgi $1.21 \pm 0.39 \text{ kg NO}_3\text{-N ha}^{-1}$, $1.48 \pm 0.49 \text{ kg NH}_4\text{-N ha}^{-1}$ un $3.59 \pm 0.88 \text{ kg N}_{\text{kop. ha}^{-1}}$. Priežu un egļu audzēs zem vainagiem ienestais slāpekļa savienojumu apjoms ir apmēram 2 reizes mazāks kā izcirtumā. Vismazākā bāzisko katjonu vidējā ienese veģetācijas periodā laika posmā no 2012. līdz 2018. gadam konstatēta izcirtumā – $0.91 \pm 0.18 \text{ kg K ha}^{-1}$, $3.16 \pm 0.33 \text{ kg Ca ha}^{-1}$ un $0.87 \pm 0.07 \text{ kg Mg ha}^{-1}$. Vislielākās kālija, kalcija un magnija ieneses aprēķinātas egļu audzēs – attiecīgi $5.17 \pm 0.71 \text{ kg K ha}^{-1}$, $6.46 \pm 0.69 \text{ kg Ca ha}^{-1}$ un $2.64 \pm 0.16 \text{ kg Mg ha}^{-1}$. Vidējā fosfora ienese vislielākā bija egļu audzē, bet vismazākā – priežu audzē (attiecīgi $0.20 \pm 0.05 \text{ kg PO}_4^{3-}\text{-P ha}^{-1}$ un $0.04 \pm 0.01 \text{ kg PO}_4^{3-}\text{-P ha}^{-1}$).



Attēls 90. Vidējā slāpekļa savienojumu ienese ar nokrišņiem veģetācijas sezonā (maijs-oktobris), 2012.-2018. gada vidējās vērtības



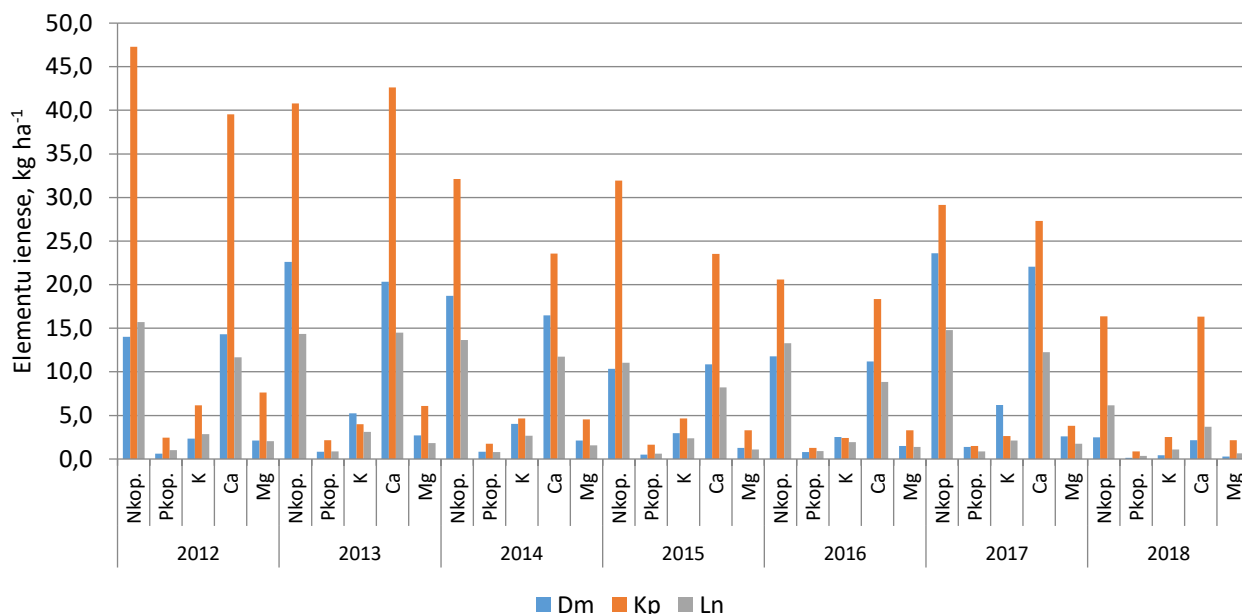
Attēls 91. Vidējā bāzisko katjonu ienese ar nokrišņiem veģetācijas sezonā (maijs-oktobris), 2012.-2018. gada vidējās vērtības



Attēls 92. Vidējā fosfāciju ienese ar nokrišņiem veģetācijas sezonā (maijs-oktobris), 2012.-2018. gada vidējās vērtības

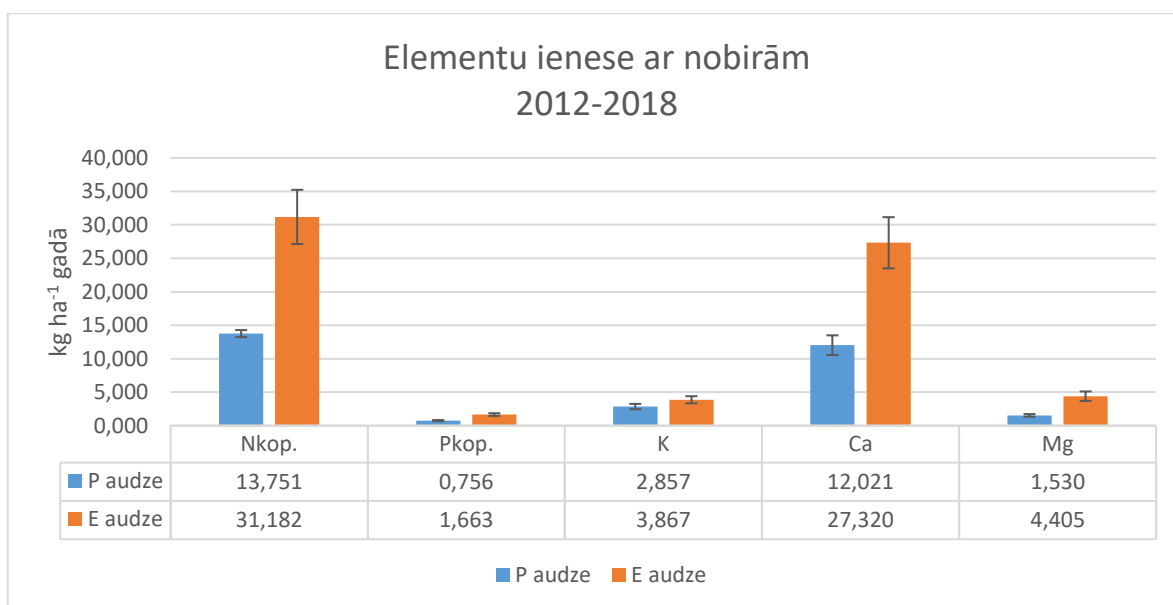
Barības vielu ienese ar nobirām

Barības vielu ieneses ar nobirām izmaiņas pa gadiem parādītas 93.attēlā. Kūdrēnī visā pētījuma periodā saglabājas lielākā barības vielu ienese, tomēr laika posmā no 2012. līdz 2016. gadam tā ir samazinājusies. Priežu mežos ierīkotajos objektos šāda tendence nav vērojama. Kūdrēnī pētījuma īstenošanas laikā vairākas reizes ir izgāzti koki, tajā skaitā nobiru savācēju tuvumā esošie, kas varētu būt ietekmējis kopējo nobiru apjomu un līdz ar to arī summāro barības vielu ienesi. 2017.gadā ar nobirām ienesto barības vielu apjoms palielinājies, bet 2018.gadā visos objektos konstatēta mazāka barības vielu ienese nekā iepriekšējos gados (Attēls 93).

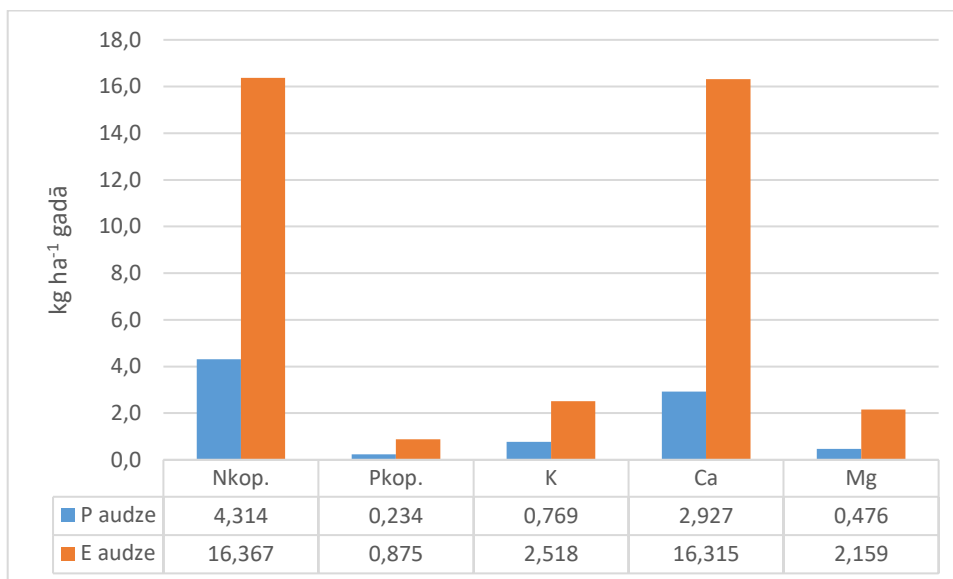


Attēls 93. Barības vielu ienese ar nobirām pētījuma objektos veģetācijas sezonā pa gadiem

Izvērtējot vidējās veģetācijas perioda ķīmisko elementu ieneses septiņu gadu periodā (2012. – 2018. gads), konstatēts, ka ikgadējā visu elementu ienese ar nobirām ievērojami lielāka bijusi egļu audzē (Attēls 94). Kopējā slāpekļa ienese bija $31.18 \pm 4.05 \text{ kg ha}^{-1}$, kopējā fosfora ienese – $1.66 \pm 0.20 \text{ kg ha}^{-1}$, kālija, kalcija un magnija ieneses attiecīgi – 3.87 ± 0.53 , 27.32 ± 3.82 un $4.41 \pm 0.71 \text{ kg ha}^{-1}$. Tajā pašā laikā priežu audzēs kopējā slāpekļa ienese ar nobirām veģetācijas sezonā bija $13.75 \pm 0.53 \text{ kg ha}^{-1}$, kopējā fosfora ienese bija $0.76 \pm 0.08 \text{ kg ha}^{-1}$, bet kālija, kalcija un magnija ieneses attiecīgi – 2.86 ± 0.40 , 12.02 ± 1.48 un $1.53 \pm 0.20 \text{ kg ha}^{-1}$. Salīdzinājumam – E. Tērauda Integrālā monitoringa priežu parauglaukumā Taurenē konstatējusi sekojošus ķīmisko elementu ieneses apjomus gada laikā ar nobirām: $15.1 \pm 2.6 \text{ kg ha}^{-1}$ kalcija, $2.2 \pm 0.3 \text{ kg ha}^{-1}$ magnija, $3.8 \pm 0.8 \text{ kg ha}^{-1}$ kālija un $21 \pm 3.4 \text{ kg ha}^{-1}$ kopējā slāpekļa. 2018.gada pētījuma periodā gan priežu audzēs, gan egļu audzē elementu ieneses ir bijušas mazākas nekā visā pētījuma periodā vidēji kopumā (Attēls 95).



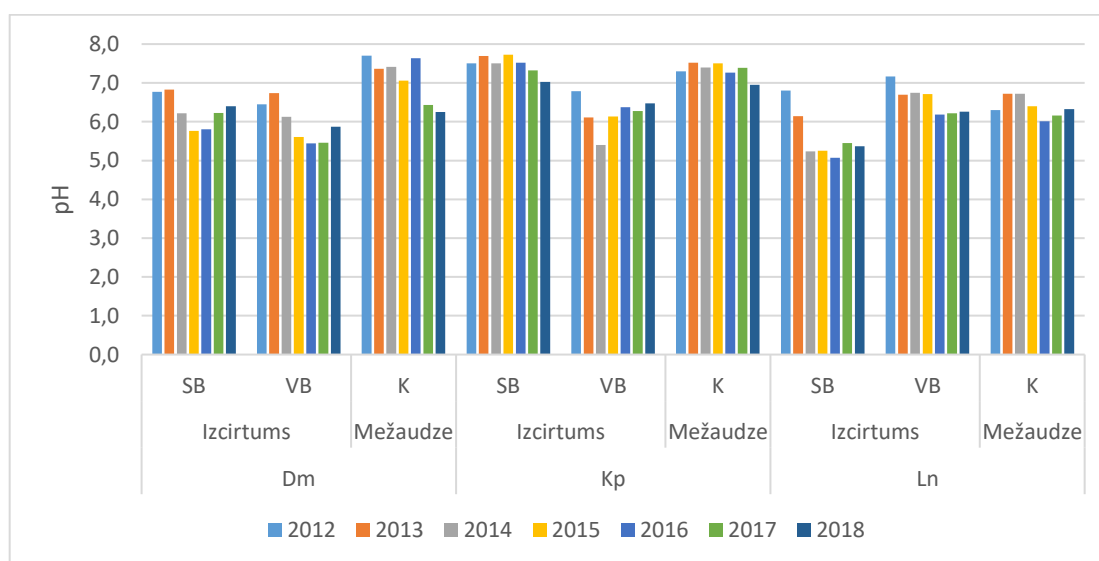
Attēls 94. Vidējā barības vielu ienese ar nobirām priežu un egļu audzēs veģetācijas periodā laika posmā no 2012. līdz 2018. gadam



Attēls 95. Barības vielu ienese ar nobirām priežu un egļu audzēs veģetācijas periodā 2018. gada pētījuma periodā

Barības vielu koncentrācija augsnes ūdenī

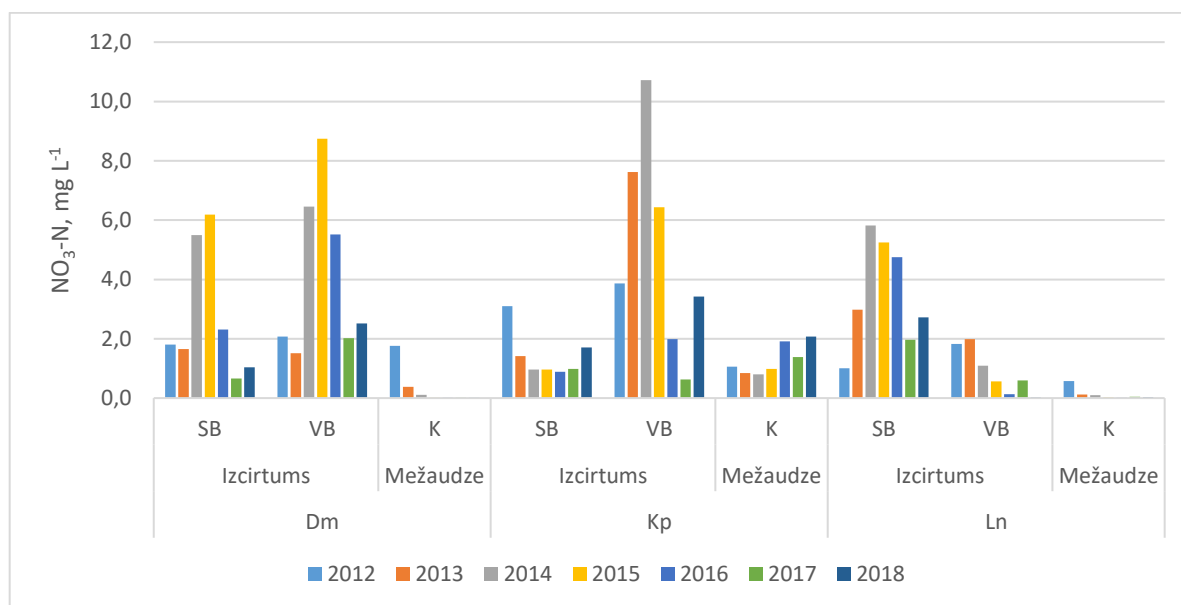
96. attēlā parādīts augsnes ūdens vidējais pH pētījuma objektu parauglaukumos, kur veikta mežizstrāde, un kontroles parauglaukumos, kur mežaudze ir saglabāta. Lai novērtētu mežizstrādes ietekmi uz augsnes ūdens ķīmisko sastāvu, pētījums uzsākts gadu pirms mežizstrādes veikšanas (2012. gadā) un pētījums turpināts sešus gadus pēc mežizstrādes darbu veikšanas (2013.-2018. gads). Augsnes ūdens vidējais pH mežaudzē, kur nav veikta mežizstrāde, pētījuma periodā variē no pH 6.0 (Ln meža tips, 2016. gads) līdz 7.7 (Dm meža tips, 2012. gads). Savukārt parauglaukumos, kur veikta mežizstrāde, pētījuma perioda vidējais augsnes ūdens pH svārstās no pH 5.6 (Dm un Ln meža tips, 2016. gads) līdz pH 7.3 (Kp meža tips, 2012. gads). Izvērtējot septiņus gadus ilga pētījuma rezultātus, konstatēta tendence augsnes ūdens pH samazināties pēc mežizstrādes veikšanas, īpaši otrajā līdz ceturtajā gadā (2014. - 2016. gads) pēc mežizstrādes veikšanas. Samazinājums ir būtisks Kp objektā parauglaukumā, kur izvēkta visa biomasa, salīdzinot 2012. gadu ar 2014. gadu ($p=0.011$), kā arī Ln objektā parauglaukumā, kur izvēkta visa biomasa, salīdzinot 2012. gadu ar 2016. gadu ($p=0.009$) un parauglaukumā, kur izvēkta stumbru biomasa, salīdzinot 2012. gadu ar 2014.-2016. gadu ($p<0.001$). Objektos, kas ierīkoti Dm un Ln meža tipos, 2017. un 2018. gadā vērojama tendence augsnes ūdens skābumam atkal samazināties (pH vērtība palielinās).



Attēls 96. Augsnes ūdens vidējais pH pētījumu objektos

97.-99. attēlā atspoguļots vidējais nitrātu, amonija jonu un kopējā slāpekļa saturs augsnes ūdenī pētījuma objektu parauglaukumos, kur veikta mežizstrāde, un kontroles parauglaukumos, kur mežaudze ir saglabāta. Vidējais nitrātu saturs augsnes ūdenī parauglaukumos, kur nav veikta mežizstrāde, pētījuma periodā variē no $<0.01 \text{ mg NO}_3^- \text{ N L}^{-1}$ (Dm meža tips, 2018. gads) līdz $2.08 \text{ mg NO}_3^- \text{ N L}^{-1}$ (Kp meža tips, 2018. gads). Savukārt parauglaukumos, kur veikta mežizstrāde, pētījuma perioda vidējais nitrātu saturs augsnes ūdenī svārstās no $0.86 \text{ mg NO}_3^- \text{ N L}^{-1}$ (Kp meža tips, 2017. gads) līdz $7.41 \text{ mg NO}_3^- \text{ N L}^{-1}$ (Dm meža tips, 2015. gads). Salīdzinot septiņu gadu ilga pētījuma perioda (2012. – 2018. gads) vidējo nitrātu saturu augsnes ūdenī starp parauglaukumiem, kas ierīkoti dažādos meža tipos un kur mežaudze ir saglabāta, vidēji lielākais nitrātu saturs konstatēts Kp meža tipā ($1.33 \text{ mg NO}_3^- \text{ N L}^{-1}$), bet salīdzinot nitrātu saturu augsnes ūdenī starp parauglaukumiem, kur veikta mežizstrāde, lielākais nitrātu saturs konstatēts Dm meža tipā ($4.13 \text{ mg NO}_3^- \text{ N L}^{-1}$).

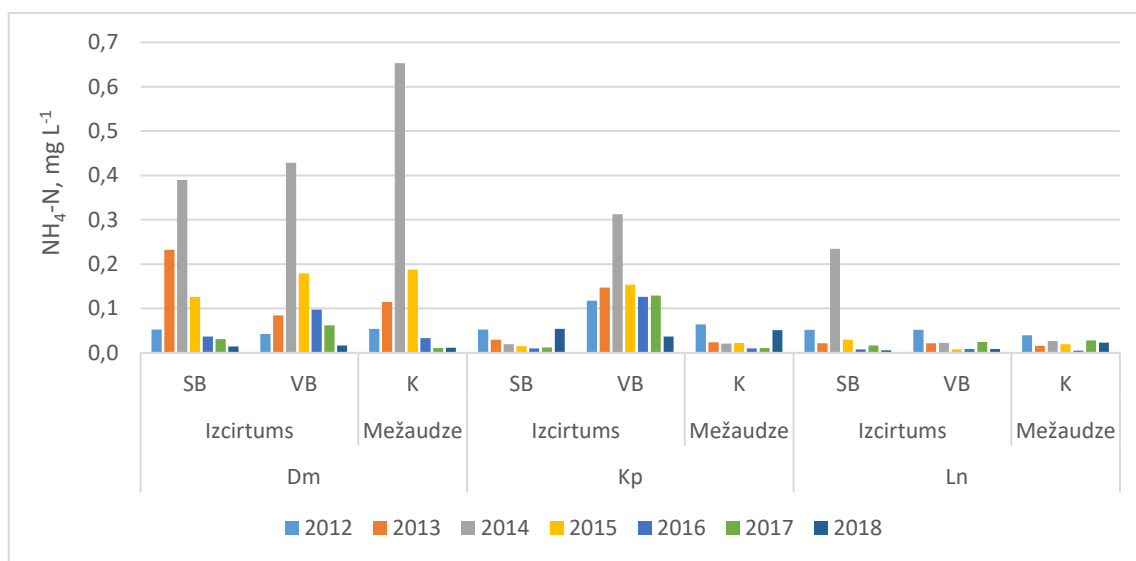
Būtisks nitrātu satura palielinājums augsnes ūdenī, salīdzinot ar retrospekcijas periodu, Dm objektā konstatēts VB parauglaukumā 2014. ($p=0.039$) un 2015. ($p<0.001$) gadā un SB parauglaukumā 2015. gadā ($p=0.014$). Kontroles parauglaukumā šajā pašā objektā, salīdzinot ar retrospekcijas periodu, konstatēts būtisks nitrātu koncentrācijas samazinājums visos turpmākajos gados ($p<0.05$). 2017. gadā Dm objektā (gan SB, gan VB parauglaukumā) vidējā nitrātu koncentrācija augsnes ūdenī ir mazāka kā vidēji retrospekcijas periodā. 2018. gadā abos parauglaukumos (Dm objekts, SB un VB parauglaukums) vidējā nitrātu koncentrācija ir pieaugusi, salīdzinot ar 2017. gadu, un VB parauglaukumā pat pārsniedz vidējo nitrātu koncentrācijas vērtību retrospekcijas periodā. Savukārt Kp objekta SB parauglaukumā nitrātu koncentrācija augsnes ūdenī laika posmā no 2013.-2018. gadam ir būtiski zemāka nekā 2012. gadā ($p<0.05$). Arī Ln objekta VB parauglaukumā nitrātu saturs augsnes ūdenī laika posmā no 2014. līdz 2018. gadam bija būtiski mazāks nekā 2012. gadā. Šī paša objekta SB parauglaukumā konstatēts būtisks nitrātu satura palielinājums 2013.-2018. gadā, salīdzinot ar references periodu ($p<0.05$).



Attēls 97. Nitrātu saturs augsnes ūdeņos pētījuma objektos

Vidējais amonija jonu saturs augsnes ūdenī parauglaukumos, kur nav veikta mežizstrāde, pētījuma periodā variē no $0.01 \text{ mg NH}_4^+ \text{ N L}^{-1}$ (Kp un Ln meža tips, 2016. gads; Dm un Kp meža tips, 2017. gads; Dm meža tips, 2018. gads) līdz $0.65 \text{ mg NH}_4^+ \text{ N L}^{-1}$ (Dm meža tips, 2014. gads). Savukārt parauglaukumos, kur veikta mežizstrāde, pētījuma perioda vidējais amonija jonu saturs augsnes ūdenī svārstās no $0.01 \text{ mg NH}_4^+ \text{ N L}^{-1}$ (Ln meža tips, 2016. un 2018. gads) līdz $0.41 \text{ mg NH}_4^+ \text{ N L}^{-1}$ (Dm meža tips, 2014. gads). Salīdzinot septiņu gadu ilga pētījuma perioda (2012. – 2017. gads) vidējo amonija jonu saturu augsnes ūdenī starp parauglaukumiem, kas ierīkoti dažādos meža tipos, lielākais amonija jonu saturs gan parauglaukumos, kur mežaudze ir saglabāta, gan parauglaukumos, kur veikta mežizstrāde, ir Dm meža tipā (attiecīgi, $0.21 \text{ mg NH}_4^+ \text{ N L}^{-1}$ un $0.16 \text{ mg NH}_4^+ \text{ N L}^{-1}$).

Dm objektā nevienā parauglaukumā netika konstatētas statistiski būtiskas amonija satura atšķirības, salīdzinot gadus pēc kailcirtes ar retrospekcijas periodu, kaut gan ievērojams amonija jonu satura palielinājums konstatēts SB parauglaukumā 2013. gadā un VB parauglaukumā 2015. gadā. Kp objektā amonija saturs augsnes ūdenī SB un kontroles parauglaukumos nākamajos gados pēc kailcirtes ir būtiski samazinājies ($p < 0.05$), līdzīga likumsakarība novērota Ln objekta VB parauglaukumā, salīdzinot 2015. un 2016. gadu ar retrospekcijas periodu ($p = 0.001$) un kontroles parauglaukumā, salīdzinot 2016. gadu ar retrospekcijas periodu ($p = 0.036$). 2017. gadā vidējais amonija saturs augsnes ūdenī visos parauglaukumos izņemot VB parauglaukumu objektā Dm un kontroles parauglaukumu objektā Kp ir nedaudz palielinājies salīdzinot ar vidējo saturu augsnes ūdenī 2016. gadā, bet salīdzinot ar retrospekcijas periodu visos parauglaukumos izņemot VB parauglaukumu objektā Kp 2017. gadā konstatēts mazāks amonija jonu saturs. Līdzīgi arī 2018. gadā visos parauglaukumos izņemot SB parauglaukumu objektā Kp vidējais amonija saturs augsnes ūdenī ir mazāks kā vidēji retrospekcijas periodā. Izvērtējot visa pētījuma perioda vidējās amonija jonu satura vērtības, konstatēts, ka būtiskākās atšķirības vērojamas starp kontroles parauglaukumu un VB parauglaukumu objektā Kp.

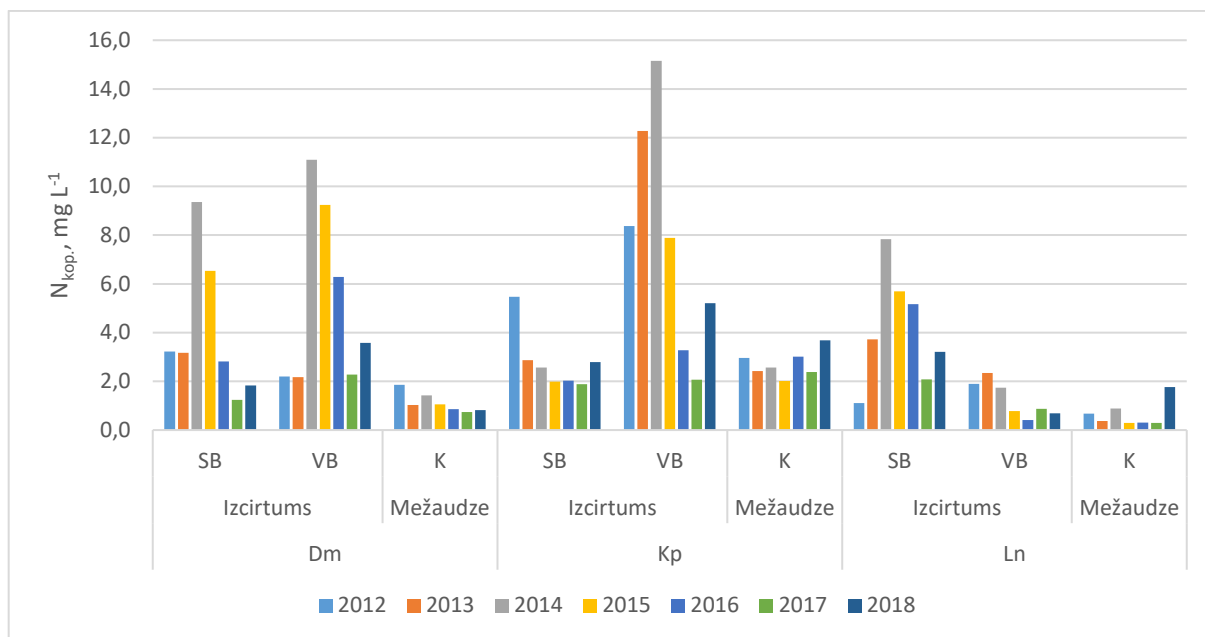


Attēls 98. Amonija jonu saturs augsnes ūdeņos pētījuma objektos

Vidējais kopējā slāpekļa saturs augsnes ūdenī parauglaukumos, kur nav veikta mežizstrāde, pētījuma periodā variē no $\sim 0.3 \text{ mg N L}^{-1}$ (Ln meža tips, 2015.-2017. gads) līdz 3.69 mg N L^{-1} (Kp meža tips, 2018. gads). Savukārt parauglaukumos, kur veikta mežizstrāde, pētījuma perioda vidējais kopējā slāpekļa saturs augsnes ūdenī variē no 1.45 mg N L^{-1} (Ln meža tips, 2012. gads) līdz $10.20 \text{ mg N L}^{-1}$ (Dm meža tips, 2014. gads). Salīdzinot septiņus gadu ilga pētījuma perioda vidējo kopējo slāpekļa saturu augsnes ūdenī starp parauglaukumiem, kas ierīkoti dažādos meža tipos un kur mežaudze ir saglabāta, vidēji lielākais kopējā slāpekļa saturs konstatēts Kp meža tipā (2.71 mg N L^{-1}), bet salīdzinot kopējā slāpekļa saturu augsnes ūdenī starp parauglaukumiem, kur veikta mežizstrāde, lielākais kopējā slāpekļa saturs konstatēts Dm meža tipā (5.46 mg N L^{-1}).

Būtisks kopējā slāpekļa satura palielinājums augsnes ūdenī, salīdzinot ar retrospekcijas periodu, konstatēts tikai 2014. gadā Dm objekta VB ($p = 0.005$) un SB ($p = 0.004$) parauglaukumos un Ln objekta SB parauglaukumā 2014. ($p < 0.01$), 2015. ($p = 0.013$) un 2016. ($p = 0.040$) gadā. Kp objekta SB parauglaukumā nākamajos gados pēc mežizstrādes konstatēts būtisks kopējā slāpekļa satura samazinājums ($p < 0.05$), bet VB parauglaukumā vērojams kopējā slāpekļa satura palielinājums pirmajā un otrajā gadā pēc mežizstrādes veikšanas. Būtisks kopējā slāpekļa satura augsnes ūdenī samazinājums konstatēts arī Ln objekta VB parauglaukumā 2016. gadā ($p = 0.025$). 2017. gadā visos parauglaukumos, izņemot SB parauglaukumu objektā Ln, vērojams kopējā slāpekļa satura samazinājums, ja salīdzina ar retrospekcijas periodu (2012. gads). Savukārt 2018. gadā visos parauglaukumos, izņemot kontroles parauglaukumu objektā Dm un VB parauglaukumu objektā Ln, vērojams kopējā slāpekļa satura palielinājums, ja salīdzina ar 2017. gadu. Šāda tendence varētu liecināt par lielāka izmēra ciršanas atlieku mineralizāciju. Tomēr nevar izslēgt arī citu faktoru (piemēram, meteoroloģisko

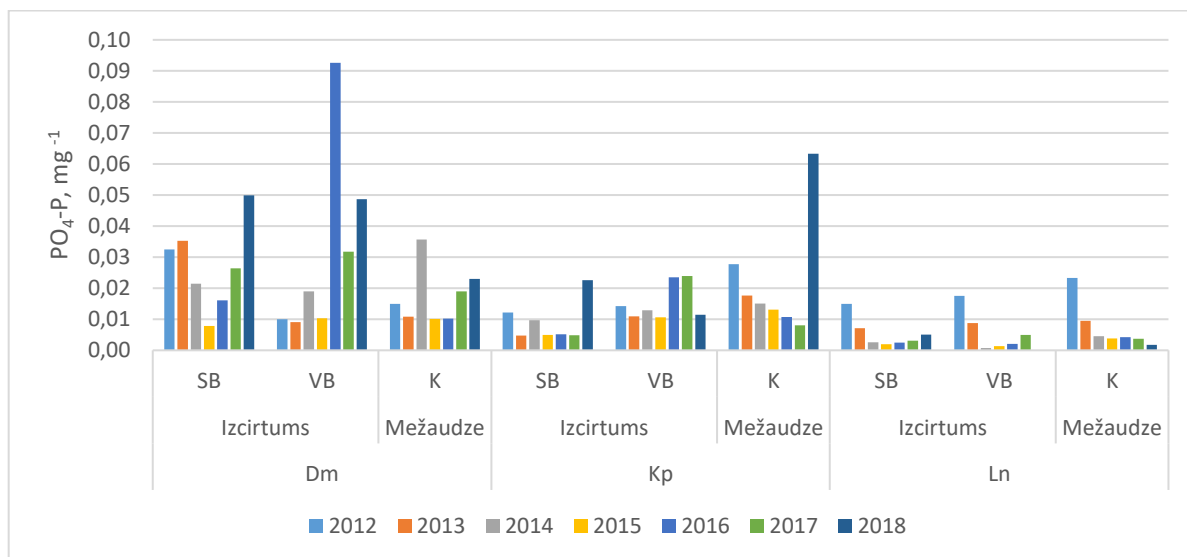
apstākļu) ietekmi, jo kopējā slāpekļa saturs ir palielinājies arī parauglaukumos, kur izvēkta visa virszemes biomasa, kā arī objektu Kp un Ln kontroles parauglaukumos.



Attēls 99. Kopējā slāpekļa saturs augsnes ūdeņos pētījuma objektos

Septiņus gadus ilga pētījuma rezultāti liecina, ka atsevišķos gadījumos izcirtumos augsnes ūdenī ir palielinājies izšķīdušo slāpekļa savienojumu saturs, īpaši otrajā un trešajā gadā pēc mežizstrādes veikšanas. Palielinātam slāpekļa savienojumu saturam augsnes ūdenī, ir duāla ekoloģiska ietekme – pirmkārt, tiek palielināts barības elementu izskalošanās risks no meža ekosistēmas un, otrkārt, tiek palielināta barības vielu pieejamība jaunaudzei. Tomēr no mūsu datiem nevar viennozīmīgi secināt, ka slāpekļa savienojumu satura palielināšanos augsnes ūdenī ir izraisījusi tieši kailcirte, jo dažos gadījumos slāpekļa saturs ir palielinājies arī kontroles platībās, savukārt citos tas ir samazinājies, tajā skaitā arī izcirtumos. Slāpekļa savienojumu satura palielināšanās augsnes ūdenī periodā pēc kailcirtes nedaudz izteiktāka ir parauglaukumā, kur izvēkta stumbru biomasa un zari atstāti izklaidus.

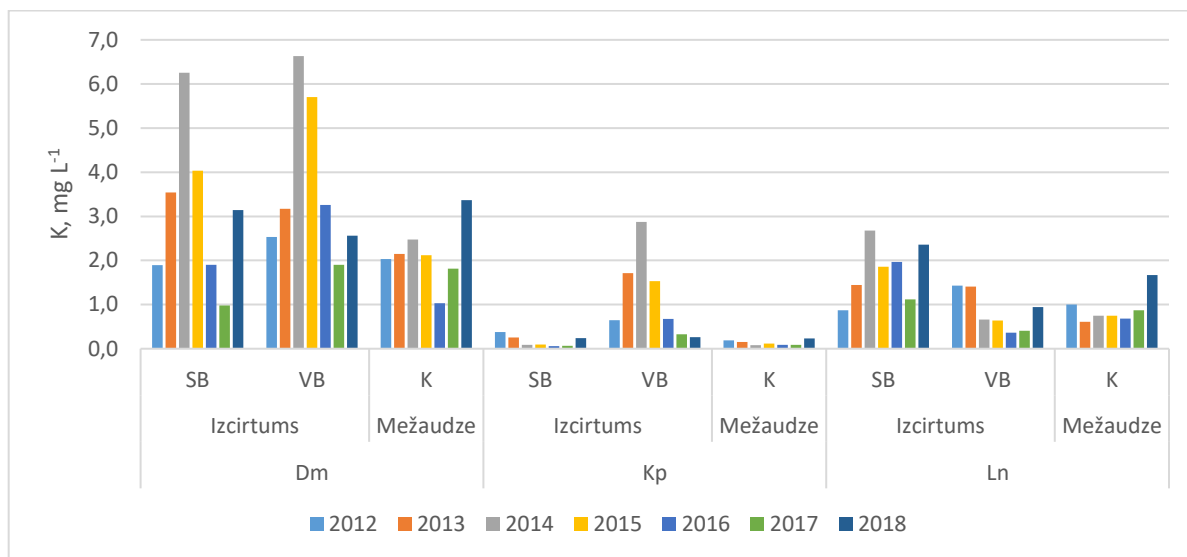
100. attēlā atspoguļots vidējais fosfātjonu saturs augsnes ūdenī pētījuma objektu parauglaukumos, kur veikta mežizstrāde, un kontroles parauglaukumos, kur mežaudze ir saglabāta. Vidējais fosfātjonu saturs augsnes ūdenī parauglaukumos, kur nav veikta mežizstrāde, pētījuma periodā variē no $<0.01 \text{ mg PO}_4^{3-}\text{-P L}^{-1}$ līdz $0.063 \text{ mg PO}_4^{3-}\text{-P L}^{-1}$ (Kp meža tips, 2018. gads). Savukārt parauglaukumos, kur veikta mežizstrāde, pētījuma perioda vidējais fosfātjonu saturs augsnes ūdenī svārstās no $<0.01 \text{ mg PO}_4^{3-}\text{-P L}^{-1}$ līdz $0.054 \text{ mg PO}_4^{3-}\text{-P L}^{-1}$ (Dm meža tips, 2016. gads). Salīdzinot septiņus gadu ilga pētījuma perioda vidējo fosfātjonu saturu augsnes ūdenī starp parauglaukumiem, kas ierīkoti dažādos meža tipos, lielākais fosfātjonu saturs parauglaukumos, kur mežaudze ir saglabāta, ir Kp meža tipā ($0.022 \text{ mg PO}_4^{3-}\text{-P L}^{-1}$), bet parauglaukumos, kur veikta mežizstrāde, lielākais fosfātjonu saturs ir Dm meža tipā ($0.029 \text{ mg PO}_4^{3-}\text{-P L}^{-1}$). Pētījuma ietvaros fosfātjonu satura palielināšanās augsnes ūdenī pēc mežizstrādes veikšanas, salīdzinot ar 2012. gadu, tika konstatēta tikai Dm objekta VB parauglaukumā (2016.-2018. gads) un Kp objekta VB parauglaukumā (2016.-2017. gads). Kp objekta SB un kontroles parauglaukumos laika posmā no 2013. līdz 2017. gadam un Ln objektā visos parauglaukumos pēc mežizstrādes, salīdzinot ar 2012. gadu, vērojams būtisks fosfātu satura samazinājums augsnes ūdenī. 2018. gadā vairākos parauglaukumos (SB parauglaukumos objektos Dm un Kp, kontroles parauglaukumā objektā Kp) vērojamas pētījuma perioda lielākās gada vidējās fosfātjonu satura vērtības augsnes ūdeņos. Tomēr šī tendence nav viennozīmīgi skaidrojama, jo fosfātjonu koncentrācijas palielinājušās ne vien SB parauglaukumos, kur šis process teorētiski varētu tikt skaidrots ar lielāka izmēra mežizstrādes atlieku sadalīšanos, bet arī objekta Kp parauglaukumā, kur izvēkta visa virszemes biomasa, un Dm un Kp objektu kontroles parauglaukumos.



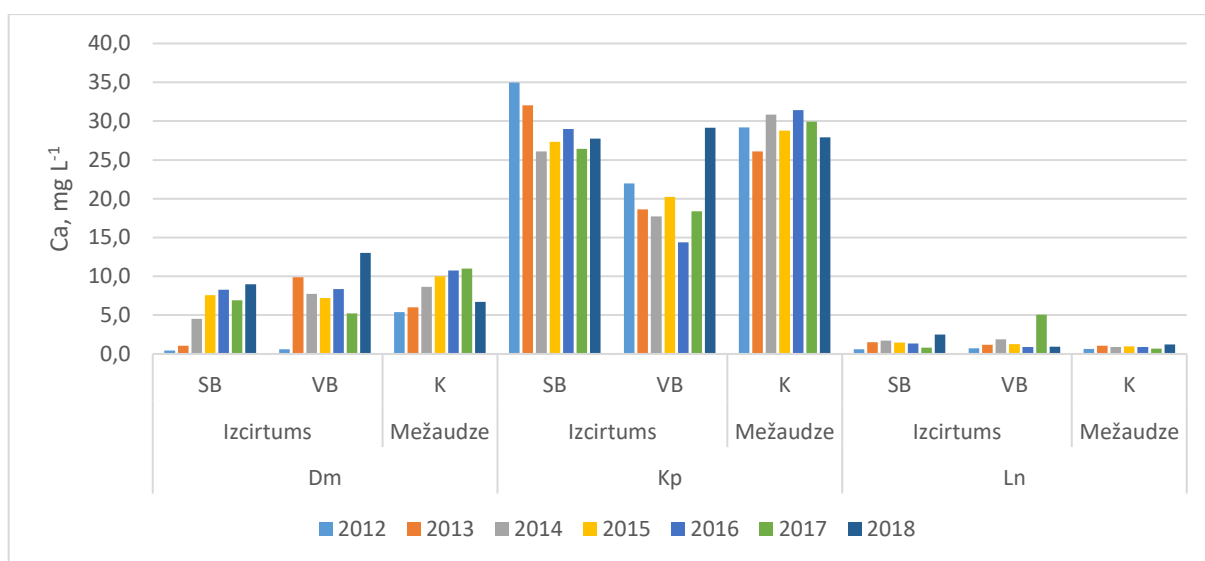
Attēls 100. Fosfātu saturs augsnes ūdeņos pētījuma objektos

101.-103. attēlā atspoguļots vidējais bāzisko katjonu (K, Ca un Mg) saturs augsnes ūdenī pētījuma objektu parauglaukumos, kur veikta mežizstrāde, un kontroles parauglaukumos, kur mežaudze ir saglabāta. Vidējais kālija saturs augsnes ūdenī parauglaukumos pētījuma periodā variē no 0.08 mg K L⁻¹ (Kp meža tips, mežaudze, 2014. gads) līdz 6.43 mg K L⁻¹ (Dm meža tips, izcirtums, 2014. gads), vidējais kalcija saturs augsnes ūdenī variē no 0.52 mg Ca L⁻¹ (Dm meža tips, mežaudze, 2012. gads) līdz 31.4 mg Ca L⁻¹ (Kp meža tips, mežaudze, 2016. gads), bet vidējais magnija saturs augsnes ūdenī variē no 0.40 mg Mg L⁻¹ (Ln meža tips, mežaudze, 2012. gads) līdz 8.26 mg Mg L⁻¹ (Kp meža tips, mežaudze, 2012. gads). Salīdzinot pētījuma perioda vidējo bāzisko katjonu saturu augsnes ūdenī starp parauglaukumiem, kas ierīkoti dažādos meža tipos, vērojamas atšķirības. Lielāks vidējais K saturs augsnes ūdenī konstatēts parauglaukumos (gan kontroles mežaudzē, gan izcirtumā), kas ierīkoti Dm meža tipā, savukārt lielāks Ca un Mg saturs augsnes ūdenī konstatēts Kp meža tipā.

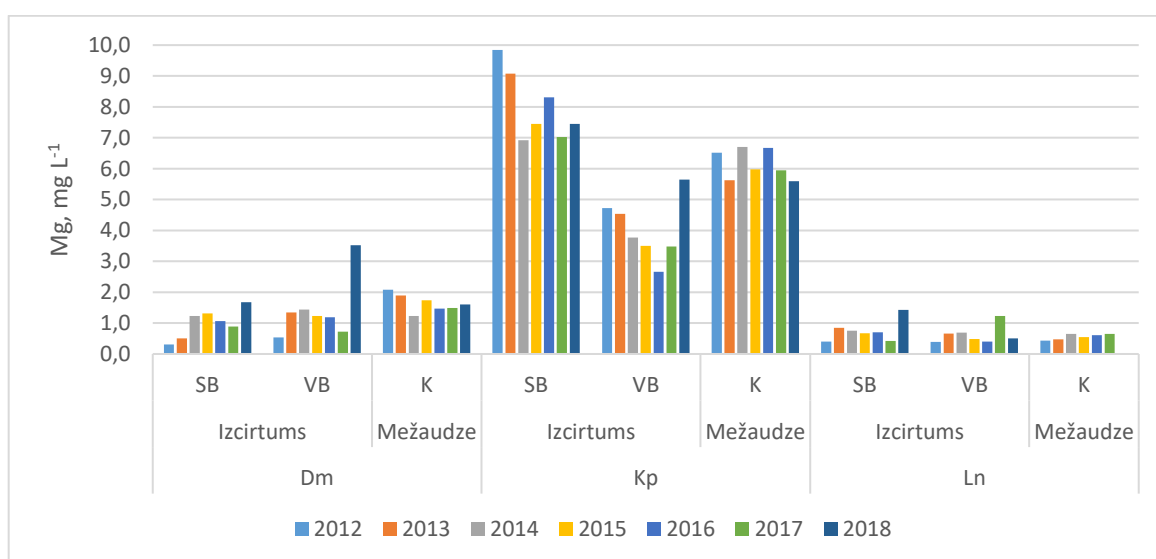
Salīdzinot bāzisko katjonu saturu augsnes ūdenī pirms un pēc mežizstrādes, konstatēts, ka Dm objektā tas ir būtiski palielinājies 2014. gadā (attiecīgi VB parauglaukumā $p=0.07$ un SB parauglaukumā $p=0.002$). Kālija saturs augsnes ūdenī, salīdzinot ar 2012. gadu, 2014. gadā ir palielinājies arī Ln objekta SB parauglaukumā un Kp objekta VB parauglaukumā (attiecīgi $p=0.007$ un $p=0.006$), bet magnija saturs - 2013. gadā Ln objekta SB parauglaukumā ($p=0.024$). Tajā pašā laikā šī objekta VB parauglaukumā 2016. gadā augsnes ūdenī konstatēta būtiski zemāka kālija koncentrācija, salīdzinot ar 2012. gadu ($p=0.003$). Kālija saturs augsnes ūdenī Kp objekta SB un kontroles parauglaukumā no 2014. līdz 2017. gadam bijis būtiski mazāks nekā 2012. gadā ($p<0.001$). Kopumā 2017. gadā visos SB un VB parauglaukumos, izņemot SB parauglaukumu Ln objektā, vērojams mazāks vidējais kālija saturs augsnes ūdenī salīdzinot ar 2012. gadu, bet 2018. gada pētījuma periodā vērojama tendence augsnes ūdenī palielināties bāzisko katjonu koncentrācijām. Tomēr tendence nav viennozīmīga, un neizpaužas visiem elementiem vienādi, kā arī tā nav kopīga kādam vienam apsaimniekošanas veidam, tādēļ uzskatām, ka šādi galvenokārt izpaužas 2018. gada vasaras krasi atšķirīgo meteoroloģisko apstākļu ietekme. Kaut gan organiskās vielas sadalīšanās var nedaudz palielināt K, Ca un Mg koncentrācijas, nozīmīgākais bāzisko katjonu avots ir augsnes procesi.



Attēls 101. Kālija saturs augsnes ūdeņos pētījuma objektos



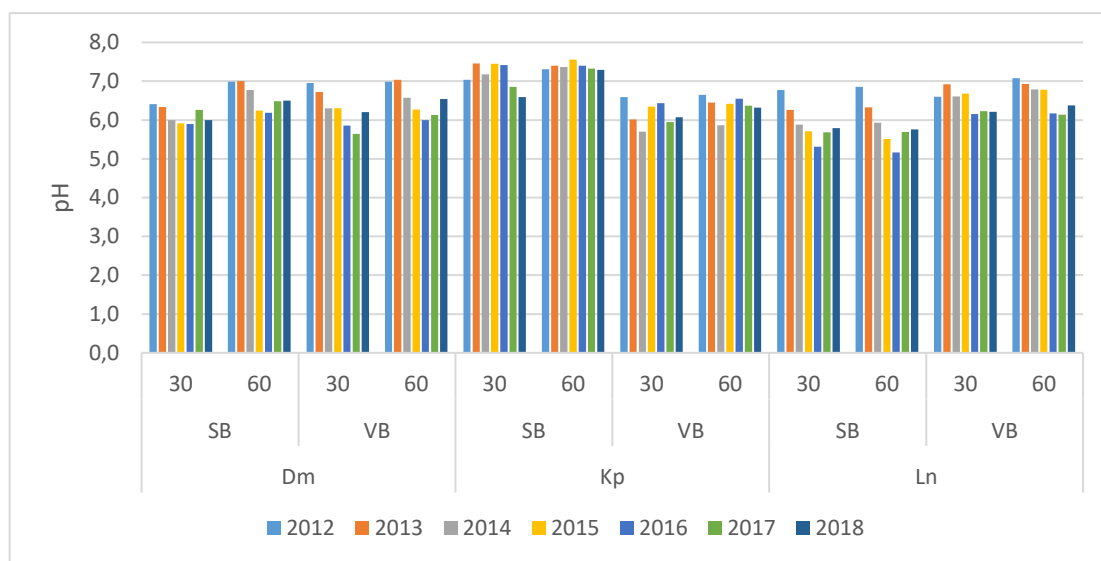
Attēls 102. Kalcija saturs augsnes ūdeņos pētījuma objektos



Attēls 103. Magnija saturs augsnes ūdeņos pētījuma objektos

104. attēlā atspoguļots augsnes ūdens skābums 30 cm un 60 cm dziļumā pētījuma objektos, kas ierīkoti Dm, Kp un Ln meža tipā, atkarībā no mežizstrādes intensitātes – kailcirte ar visas biomasas izvākšanu (VB) vai

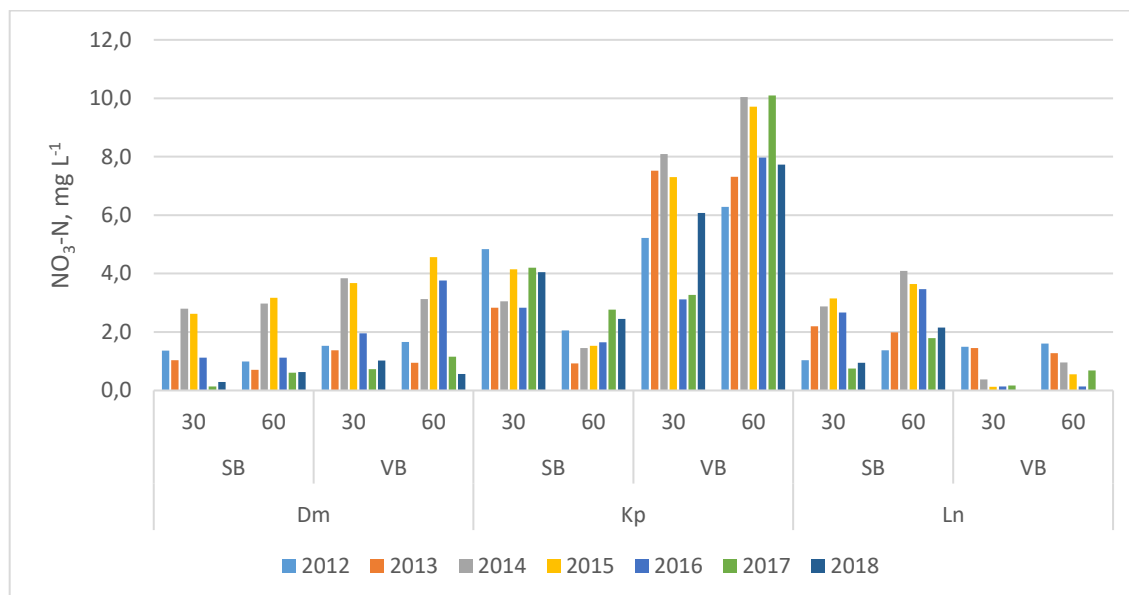
kailcirte ar stumbra biomasas izvākšanu (SB). Pētījuma perioda vidējais augsnes ūdens pH svārstās no pH 5.2 (2016. gads, Ln meža tips, parauglaukums, kur veikta stumbra biomasas izvākšana, 60 cm dziļums) līdz pH 7.6 (2015. gads, Kp meža tips, parauglaukums, kur veikta stumbra biomasas izvākšana, 60 cm dziļums). Salīdzinot augsnes ūdens pētījuma perioda vidējo pH starp parauglaukumiem, kas ierīkoti dažādos meža tipos, bāziskākie augsnes ūdeņi gan 30 cm, gan 60 cm dziļumā konstatēti Kp meža tipā, kas norāda uz ar karbonātiem bagātu pazemes spiedes ūdeni pieplūdi pētījuma objektā. Skābākie augsnes ūdeņi konstatēti parauglaukumā Ln meža tipā, kur veikta stumbra biomasas izvākšana. Dm un Ln meža tipā ierīkotos parauglaukumos vērojama tendence mežizstrādes rezultātā augsnes ūdeņiem paskābināties gan 30 cm, gan 60 cm dziļumā. Būtiskas augsnes ūdens skābuma atšķirības starp mežizstrādes variantiem konstatētas Kp objektā laika posmā no 2013. līdz 2018. gadam ($p < 0.001$), visos gadījumos augsnes ūdens bija skābāks parauglaukumā, kur izvākta visa biomasas. Pretēja sakarība konstatēta Ln objektā, kur laika posmā no 2013. līdz 2018. gadam augsnes ūdens bija būtiski skābāks parauglaukumos, kur izvākta stumbru biomasas ($p < 0.001$). Kopumā, ar atsevišķiem izņēmumiem (piemēram, Dm objekta VB parauglaukums), pH vērtības augsnes ūdenī, salīdzinot ar iepriekšējo gadu, saglabājas visai stabilas.



Attēls 104. Augsnes ūdens pH pētījuma objektos atkarībā no mežizstrādes intensitātes

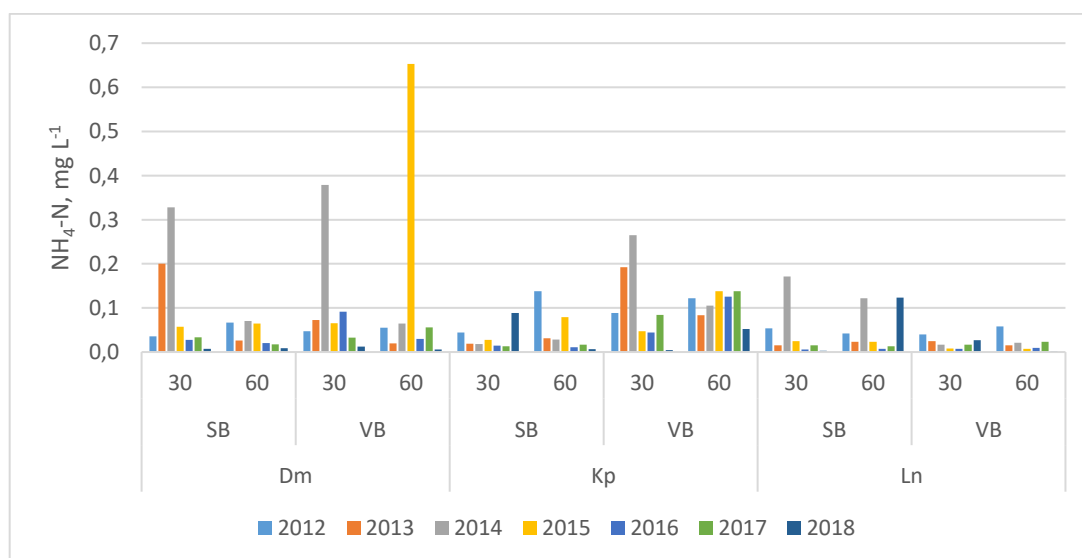
Pētījuma perioda vidējais nitrātu saturs augsnes ūdenī variē no 0.01 mg $\text{NO}_3^- \text{N L}^{-1}$ (2018. gads, Ln meža tips, parauglaukums, kur veikta visa biomasas izvākšana, 60 cm dziļumā) līdz 10.09 mg $\text{NO}_3^- \text{N L}^{-1}$ (2017. gads, Kp meža tips, parauglaukums, kur veikta visa biomasas izvākšana, 60 cm dziļumā) (Attēls 105). Atsevišķos parauglaukumos mežizstrādes rezultātā vērojama tendence palielināties nitrātu saturam augsnes ūdeņos, īpaši otrajā un trešajā gadā pēc mežizstrādes veikšanas, savukārt ceturtajā gadā pēc mežizstrādes veikšanas atkal vērojama nitrātu satura augsnes ūdeņos samazināšanās. Vislabāk šī tendence saskatāma parauglaukumos, kas ierīkoti Dm meža tipā, kur tendence saglabājas arī 2017. gadā. Viennozīmīga mežizstrādes intensitātes ietekme uz nitrātu saturu augsnes ūdenī nav novērota.

Būtiskas nitrātu satura augsnes ūdenī atšķirības starp mežizstrādes variantiem Dm objektā konstatētas tikai 2015. gadā ($p < 0.001$), VB parauglaukuma augsnes ūdenī nitrātu saturs bija augstāks. Kp objektā līdzīga sakarība novērota pirmajos trijos gados pēc mežizstrādes ($p < 0.001$) un arī 2018. gadā. Ln objektā būtiskas augsnes ūdens nitrātu satura atšķirības starp izcirtumiem konstatētas 2014. – 2018. gadā, bet šajā objektā augstāks nitrātu saturs augsnes ūdenī bija SB parauglaukumā ($p < 0.001$).



Attēls 105. Nitrātu saturs augsnes ūdenī atkarībā no mežizstrādes intensitātes

Pētījuma perioda vidējais amonija jonu saturs augsnes ūdenī variē no $<0.01 \text{ mg NH}_4^+-\text{N L}^{-1}$ līdz $0.65 \text{ mg NH}_4^+-\text{N L}^{-1}$ (2015. gads, Dm meža tips, parauglaukums, kur veikta visa biomasas izvākšana, 60 cm dziļumā). Atsevišķos parauglaukumos mežizstrādes rezultātā vērojama tendence palielināties amonija jonu saturam augsnes ūdeņos, īpaši otrajā un trešajā gadā pēc mežizstrādes veikšanas (Attēls 106). Būtiskas atšķirības starp augsnes ūdens amonija jonu saturu parauglaukumā, kur izvākta stumbra biomas un visa virszemes biomas, konstatētas Kp objektā piecus gadus pēc mežizstrādes (2013. – 2017. gads; $p < 0.05$), lielāks augsnes ūdens amonija jonu saturs konstatēts VB parauglaukumā. Ln objektā būtiskas atšķirības starp VB un SB parauglaukumiem novērotas tikai 2014. gadā ($p = 0.012$), bet šajā gadījumā augstāks amonija jonu saturs augsnes ūdenī bija parauglaukumā, kur izvākta stumbru biomas. Attiecīgi viennozīmīga mežizstrādes intensitātes ietekme uz amonija jonu saturu augsnes ūdenī nav novērota. 2018. gadā novērota amonija jonu koncentrācijas palielināšanās atsevišķos parauglaukumos, taču šajā tendencē netika konstatētas kādas konkrētas likumsakarības.

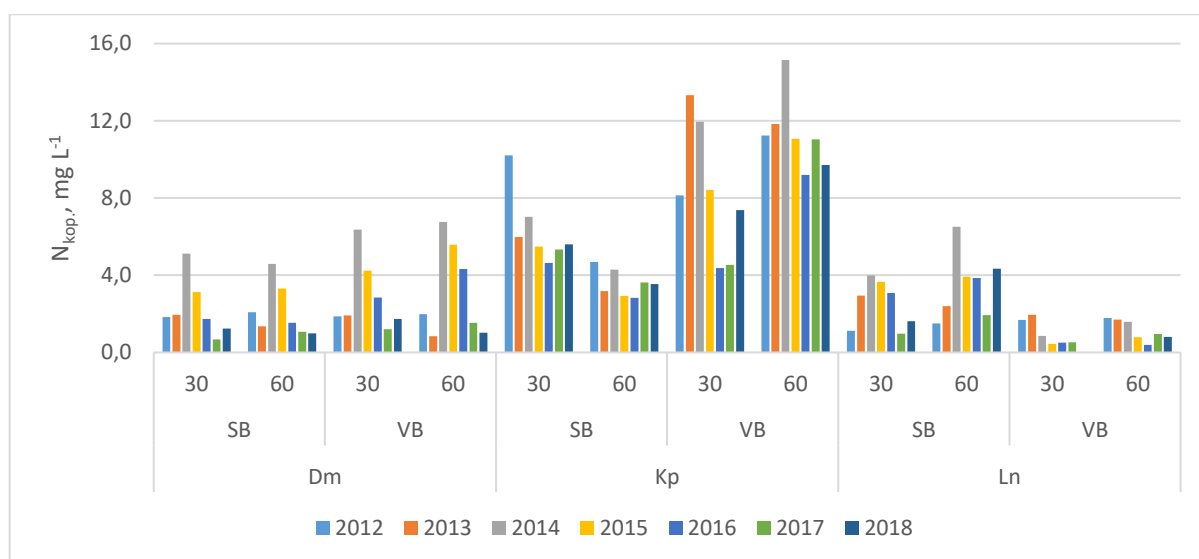


Attēls 106. Amonija jonu saturs augsnes ūdenī atkarībā no mežizstrādes intensitātes

107. attēlā atspoguļots vidējais kopējā slāpekļa saturs augsnes ūdenī 30 cm un 60 cm dziļumā pētījuma objektos atkarībā no mežizstrādes intensitātes. Pētījuma perioda vidējais kopējā slāpekļa saturs augsnes ūdenī variē no 0.39 mg N L^{-1} (2016. gads, Ln meža tips, parauglaukums, kur veikta visa biomasas izvākšana, 60 cm dziļumā) līdz $15.15 \text{ mg N L}^{-1}$ (2014. gads, Dm meža tips, parauglaukums, kur veikta visa biomasas izvākšana, 60

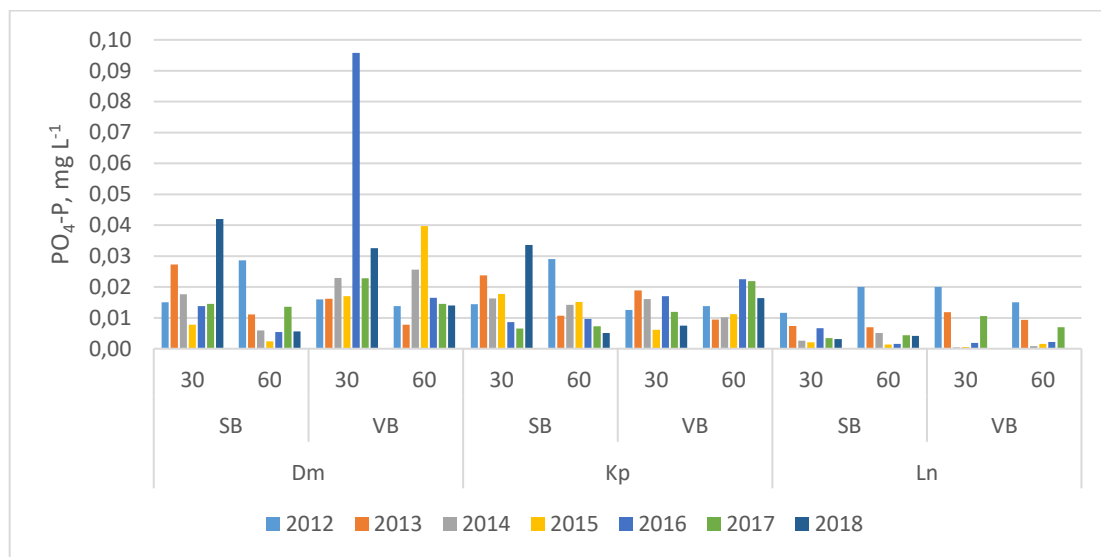
cm dziļumā). Galvenokārt parauglaukumos mežizstrādes rezultātā vērojama tendence palielināties kopējā slāpekļa saturam augsnes ūdeņos, īpaši otrajā un trešajā gadā pēc mežizstrādes veikšanas, savukārt ceturtajā gadā pēc mežizstrādes veikšanas atkal vērojama kopējā slāpekļa satura augsnes ūdeņos samazināšanās, kas Dm objektā turpinās arī piektajā un sestajā gadā pēc mežizstrādes veikšanas (2017. un 2018. gadā). Šāda tendence nav saskatāma parauglaukumos, kas ierīkoti Kp meža tipā, kur vērojama pazemes spiedes ūdeņu pieplūde. 2018. gadā nav vērojamas viennozīmīgas kopējā slāpekļa satura augsnes ūdenī tendences (vidējās kopējā slāpekļa satura vērtības ir iepriekšējo gadu līmenī).

Būtiskas augsnes ūdens kopējā slāpekļa atšķirības starp VB un SB parauglaukumu konstatētas Dm objektā 2015. ($p=0.004$) un 2016. ($p<0.001$) gadā, šī elementa saturs augstāks bijis VB parauglaukumā. Līdzīga sakarība konstatēta Kp objektā 2013., 2014. un 2015. gadā ($p<0.001$), bet Ln objektā augsnes ūdens kopējā slāpekļa saturs 2014., 2015. un 2016. gadā būtiski augstāks bijis SB parauglaukumā ($p<0.001$). Viennozīmīga mežizstrādes intensitātes ietekme uz kopējā slāpekļa saturu augsnes ūdenī nav novērota. 2018. gadā vērojamā kopējā slāpekļa koncentrācijas palielināšanās tendence tieši augsnes ūdens seklākajos slāņos teorētiski varētu norādīt uz barības vielu atbrīvošanas lielāko mežizstrādes atlieku un celmu sadalīšanās rezultātā.



Attēls 107. Kopējais slāpekļa saturs augsnes ūdenī atkarībā no mežizstrādes intensitātes

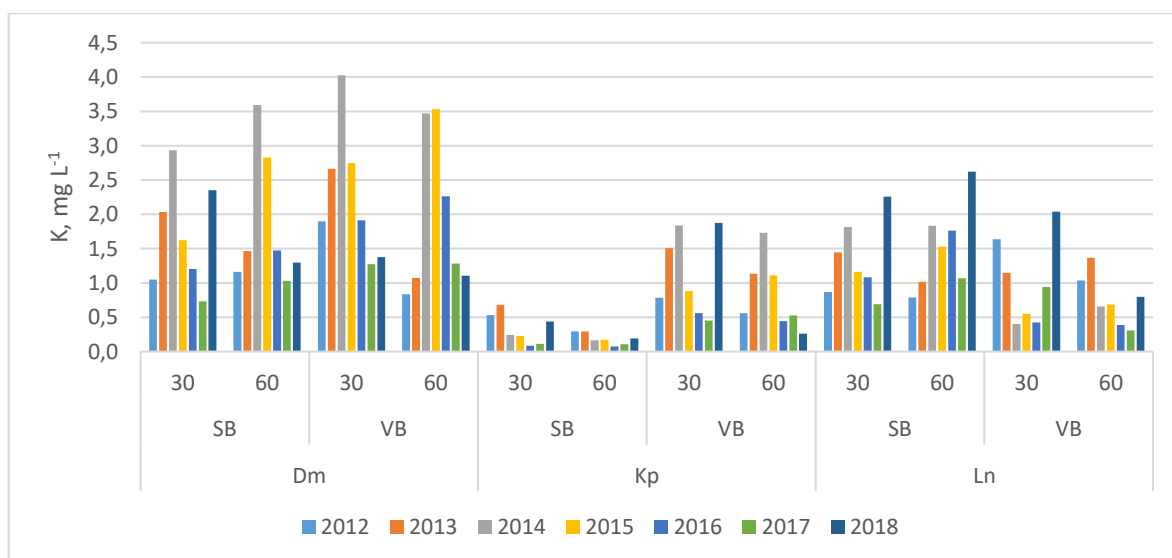
108. attēlā atspoguļots vidējais fosfātjonu saturs augsnes ūdenī 30 cm un 60 cm dziļumā pētījuma objektos atkarībā no mežizstrādes intensitātes. Pētījuma perioda vidējais fosfātjonu saturs augsnes ūdenī variē līdz $0.096 \text{ mg PO}_4^{3-}\text{-P L}^{-1}$ (2016. gads, Dm meža tips, parauglaukums, kur veikta visa biomasas izvākšana, 30 cm dziļumā). Pētījuma ietvaros nav novērota būtiska mežizstrādes vai mežizstrādes paņēmiena ietekme uz fosfātjonu saturu augsnes ūdenī. Vienīgā būtiskā fosfātjonu satura augsnes ūdenī atšķirība starp izcirtumiem konstatēta Kp objektā 2016. gadā ($p<0.001$), augstāks fosfātu saturs bijis VB parauglaukumā. 2018. gadā vairākos parauglaukumos 30 cm dziļumā novērotas pētījuma perioda lielākās vidējās fosfātjonu satura vērtības augsnes ūdenī (SB parauglaukumi objektos Dm un Kp), kas, līdzīgi kā slāpekļa savienojumu gadījumā, varētu norādīt uz elementu atbrīvošanas, sadaloties organiskajai vielai.



Attēls 108. Fosfātu saturs augsnes ūdenī atkarībā no mežizstrādes intensitātes

Pētījuma perioda vidējais kālija saturs augsnes ūdenī variē salīdzinoši plašā amplitūdā no 0.07 mg K L⁻¹ (2016. gads, Kp meža tips, parauglaukums, kur veikta stumbra biomasas izvākšana, 60 cm dziļumā) līdz 4.02 mg K L⁻¹ (2014. gads, Dm meža tips, parauglaukums, kur veikta visa biomasas izvākšana, 30 cm dziļumā) (Attēls 109). Salīdzinot pētījuma perioda vidējo K saturu augsnes ūdeņos starp parauglaukumiem, kas ierīkoti dažādos meža tipos, būtiski lielāks K saturs augsnes ūdeņos konstatēts Dm meža tipā. Vismazākais K saturs augsnes ūdeņos konstatēts SB parauglaukumā, kas ierīkots Kp meža tipā, kur vērojama pazemes spiedes ūdeņu pieplūde. Galvenokārt parauglaukumos mežizstrādes rezultātā vērojama tendence palielināties kālija saturam augsnes ūdeņos, īpaši otrajā un trešajā gadā pēc mežizstrādes veikšanas, savukārt ceturtajā un piektajā gadā pēc mežizstrādes veikšanas atkal vērojama kālija satura augsnes ūdeņos samazināšanās. Šāda tendence nav saskatāma SB parauglaukumā, kas ierīkots Kp meža tipā, kur vērojama pazemes spiedes ūdeņu pieplūde.

Dm objektā 2016. gadā VB parauglaukumā konstatēts būtiski lielāks kālija saturs augsnes ūdenī nekā SB parauglaukumā ($p=0.012$). Kp objektā šāda likumsakarība novērota pirmos piecus gadus pēc mežizstrādes (2013. – 2017. gads; $p<0.001$), bet Ln objektā 2014., 2015., 2016. un 2018. gadā augsnes ūdens kālija saturs SB parauglaukumā bija būtiski augstāks nekā VB parauglaukumā ($p<0.001$).

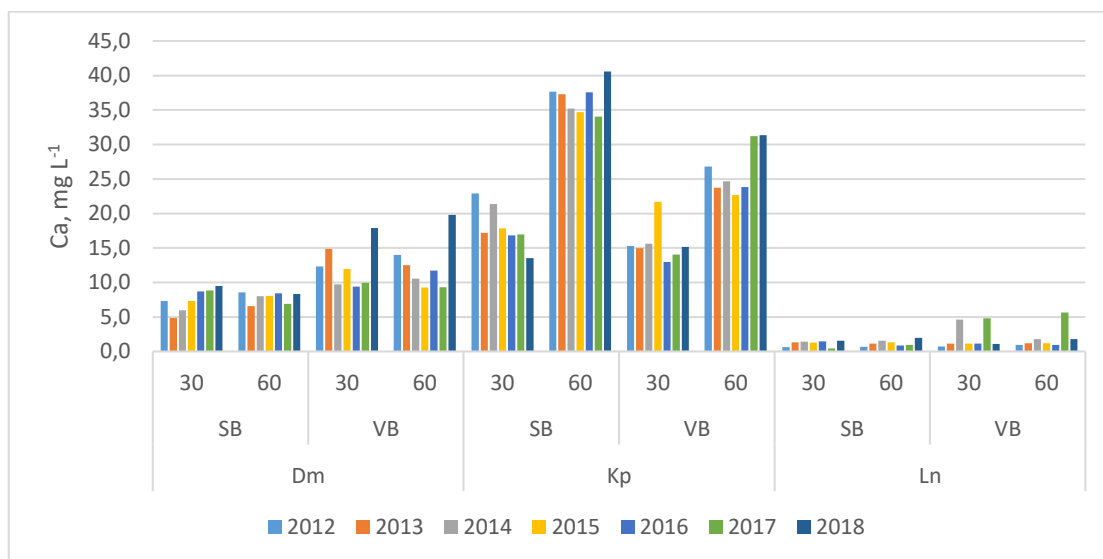


Attēls 109. Kālija saturs augsnes ūdenī atkarībā no mežizstrādes intensitātes

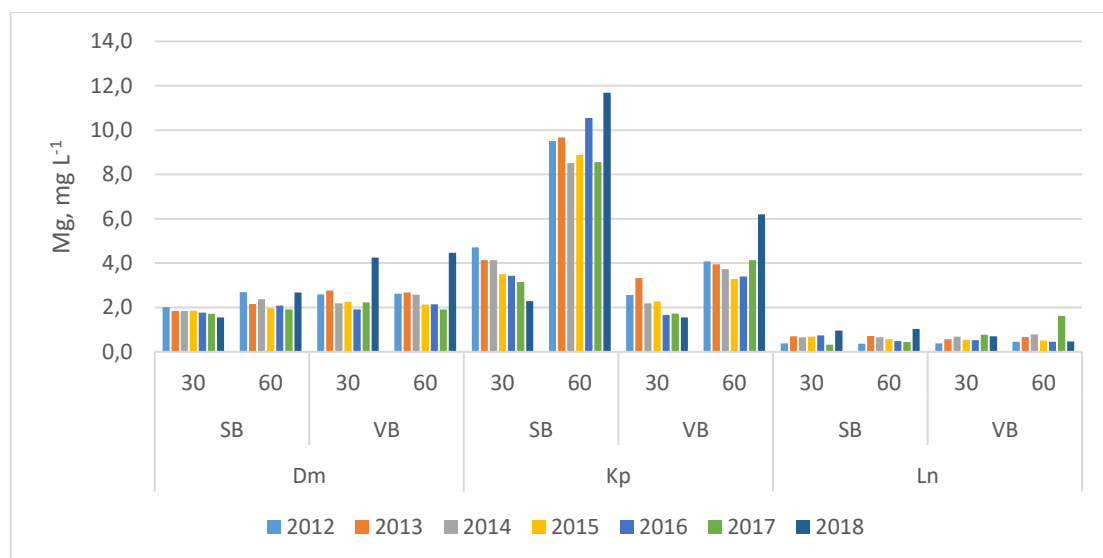
110. un 111. attēlā parādīts vidējais Ca un Mg saturs augsnes ūdenī 30 cm un 60 cm dziļumā pētījuma objektos atkarībā no mežizstrādes intensitātes. Pētījuma perioda vidējais kalcija saturs augsnes ūdenī variē no 0.45 mg Ca L⁻¹ (2017. gads, Ln meža tips, parauglaukums, kur veikta stumbra biomasas izvākšana, 30 cm dziļumā)

līdz 37.66 mg Ca L⁻¹ (2012. gads, Kp meža tips, parauglaukums, kur veikta stumbra biomasas izvākšana, 60 cm dziļumā), bet vidējais Mg saturs augsnes ūdenī variē no 0.33 mg Mg L⁻¹ (2017. gads, Ln meža tips, parauglaukums, kur veikta stumbra biomasas izvākšana, 30 cm dziļumā) līdz 11.25 mg Mg L⁻¹ (2018. gads, Kp meža tips, parauglaukums, kur veikta stumbra biomasas izvākšana, 60 cm dziļumā). Salīdzinot pētījuma perioda vidējo Ca un Mg saturu augsnes ūdeņos starp parauglaukumiem, kas ierīkoti dažādos meža tipos, būtiski lielāks Ca un Mg saturs augsnes ūdeņos 60 cm dziļumā konstatēts Kp meža tipā, kur vērojama pazemes spiedes ūdeņu pieplūde. Vismazākais Ca un Mg saturs augsnes ūdeņos konstatēts parauglaukumos, kas ierīkoti Ln meža tipā.

Dm objektā netika konstatētas būtiskas kalcija vai magnija satura atšķirības augsnes ūdenī izcirtumā, kur izvākta stumbru biomas, un izcirtumā, kur izvākta visa biomas. Kp objektā savukārt parauglaukumā, kur izvākta stumbru biomas, 2013.-2018. gadā bija būtiski augstāks kalcija un magnija saturs augsnes ūdenī, salīdzinot ar otru izcirtumu ($p < 0.005$).



Attēls 110. Kalcija saturs augsnes ūdenī atkarībā no mežizstrādes intensitātes

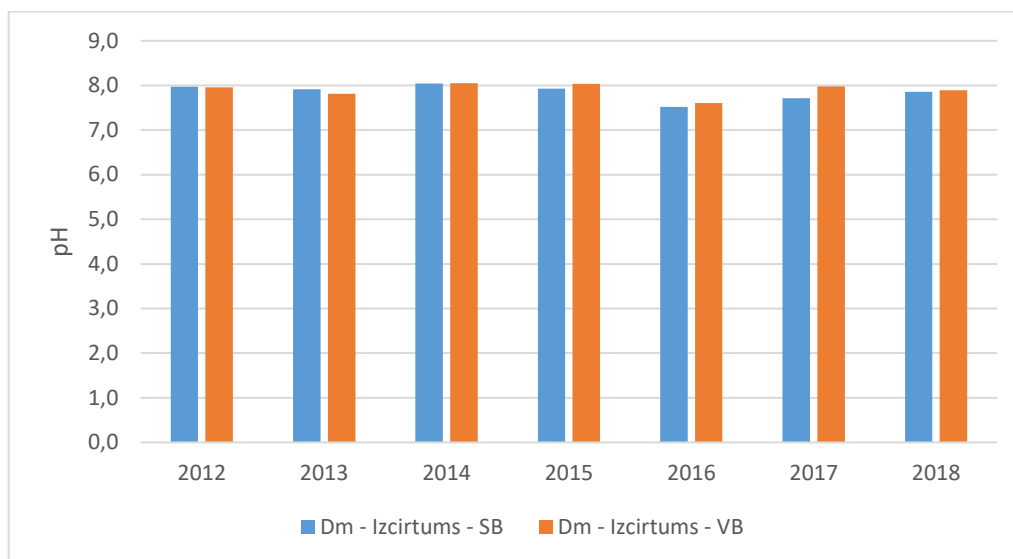


Attēls 111. Magnija saturs augsnes ūdenī atkarībā no mežizstrādes intensitātes

Barības vielu koncentrācija gruntsūdenī

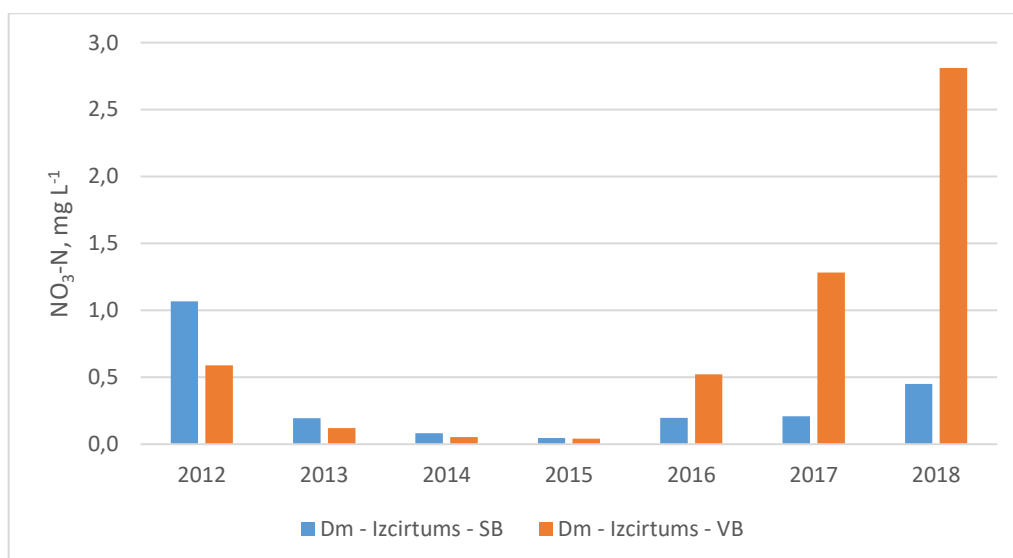
112.-119. attēlā atspoguļots gruntsūdens ķīmiskais sastāvs Dm pētījuma objekta SB un VB parauglaukumos. 112. attēlā parādīts gruntsūdens pH Dm pētījuma objektā, izcirtumos ar dažādu mežizstrādes intensitāti. Pētījuma ietvaros gruntsūdens ķīmiskais sastāvs pētīts atsevišķi parauglaukumā, kur veikta tikai

stumbra biomasas izvākšana, un parauglaukumā, kur veikta visas biomasas izvākšana. Gruntsūdeņu vidējais pH septiņu gadus ilga pētījuma periodā ir salīdzinoši stabils un gadu griezumā nesvārstās vairāk par 0.5 pH vienībām. Gan parauglaukumā, kur veikta tikai stumbra biomasas izvākšana, gan parauglaukumā, kur veikta visas biomasas izvākšana, neliela gruntsūdeņu paskābināšanās novērota 2016. gadā, SB parauglaukumā tā, salīdzinot ar 2012. gadu, bijusi būtiska ($p=0.013$).



Attēls 112. Gruntsūdeņu pH Dm pētījuma objektā

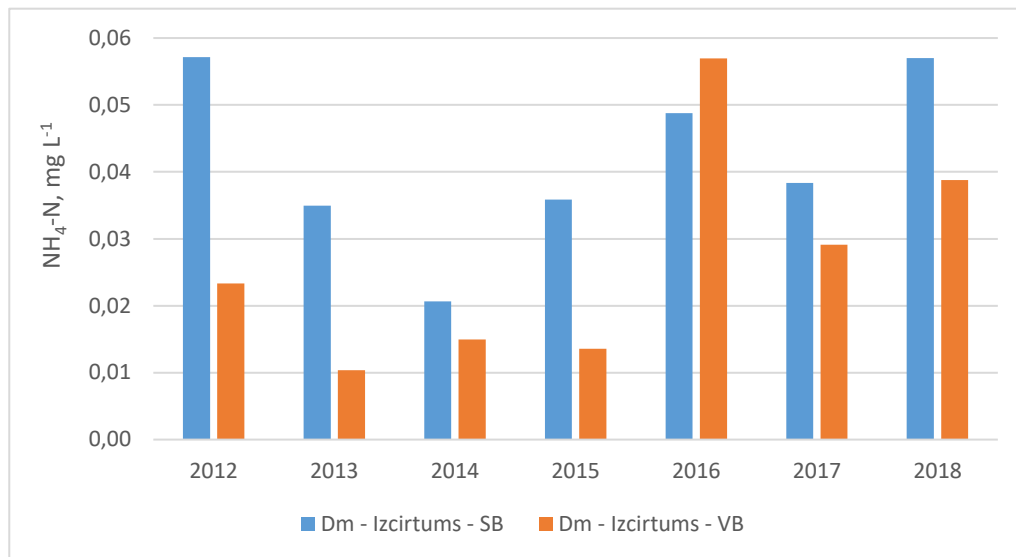
113. attēlā parādīts nitrātu, kas ir galvenā slāpekli saturošā neorganiskā savienojumu forma, saturs gruntsūdeņos objektā, kas ierīkoti Dm meža tipā, atkarībā no mežizstrādes intensitātes. Nitrātu saturs gruntsūdeņos pētījuma objektā variēja līdz $4.61 \text{ mg NO}_3^- \text{N L}^{-1}$, bet pētījuma perioda vidējās vērtības nepārsniedza $2.81 \text{ mg NO}_3^- \text{N L}^{-1}$. Augstākais vidējais nitrātu saturs gruntsūdeņos parauglaukumā, kur veikta tikai stumbra biomasas izvākšana, konstatēts 2012. gadā, pēc tam līdz 2015. gadam nitrātu saturs gruntsūdeņos samazinājies, sasniedzot būtisku samazinājuma līmeni ($p < 0.05$). Parauglaukumā, kur veikta visas biomasas izvākšana, augstākais nitrātu saturs konstatēts 2018. gadā (sestais gads pēc mežizstrādes veikšanas), bet, lai novērtētu mežizstrādes teorētiski iespējamo ietekmi uz nitrātu satura paaugstināšanos gruntsūdeņos, ir jāturpina pētījums. ES Nitrātu direktīvā (1991) noteiktā nitrātu satura robežvērtība ($50 \text{ mg NO}_3^- \text{L}^{-1}$ vai tam ekvivalents $11.3 \text{ mg NO}_3^- \text{N L}^{-1}$) pētījumu periodā nav pārsniegta.



Attēls 113. Nitrātu saturs gruntsūdeņos Dm pētījuma objektā

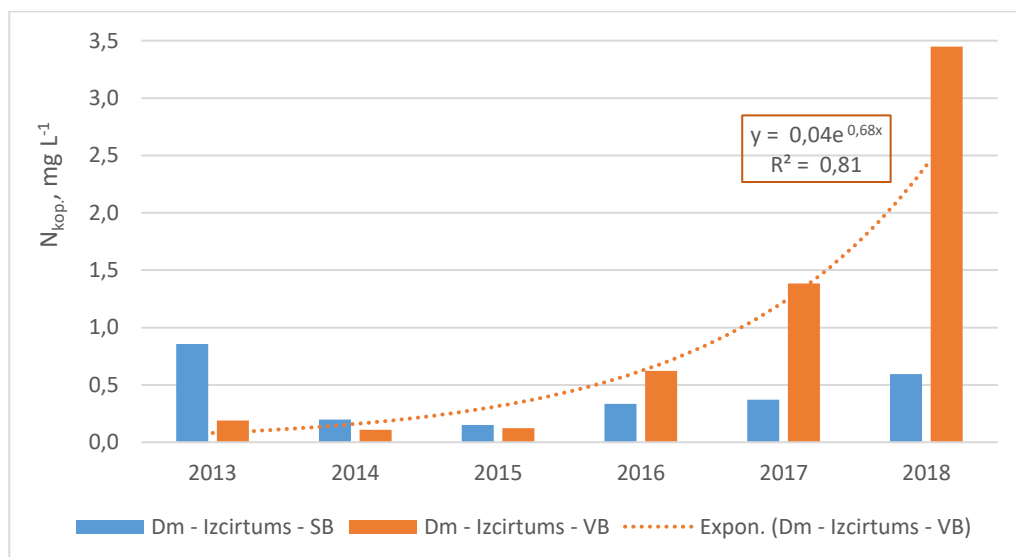
114. attēlā atspoguļots amonija jonu saturs gruntsūdeņos objektā, kas ierīkoti Dm meža tipā, atkarībā no mežizstrādes intensitātes. Amonija jonu saturs gruntsūdeņos pētījuma objektā variē līdz $0.20 \text{ mg NH}_4^+ \text{N L}^{-1}$,

bet pētījuma perioda vidējās vērtības nepārsniedz $0.057 \text{ mg NH}_4^+-\text{N L}^{-1}$. Parauglaukumā, kur izvēkta stumbru biomasa, amonija saturs gruntsūdenī līdz 2014. gadam samazinājies, bet 2018. gadā atkal sasniegta 2012. gada vidējā vērtība. VB parauglaukumā vidējais amonija saturs diezgan ievērojami pieaudzis 2016. gadā, bet 2017. gadā vidējās amonija satura vērtības, salīdzinot ar 2016. gadu, atkal samazinājušās gan VB, gan SB parauglaukumā. 2018. gadā amonija koncentrācija gruntsūdenī palielinājusies arī VB parauglaukumā, joprojām saglabājas koncentrāciju atšķirības starp abiem izcirtumiem.



Attēls 114. Amonija jonu saturs gruntsūdeņos Dm pētījuma objektā

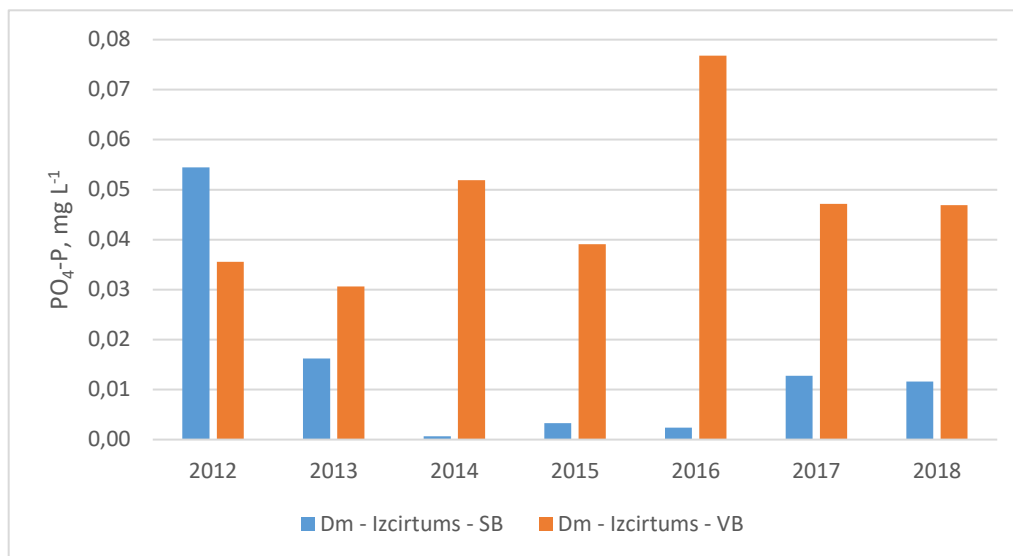
115. attēlā atspoguļots kopējā slāpekļa saturs gruntsūdeņos objektā, kas ierīkoti Dm meža tipā, atkarībā no mežizstrādes intensitātes. Kopējā slāpekļa saturs gruntsūdeņos pētījuma objektā variē no 0.04 mg N L^{-1} līdz 6.03 mg N L^{-1} . 2013. gadā (pirmais gads pēc mežizstrādes veikšanas) ievērojami lielāks kopējā slāpekļa saturs gruntsūdeņos konstatēts SB parauglaukumā, bet 2016., 2017. un 2018. gadā ievērojami lielāks kopējā slāpekļa saturs gruntsūdeņos konstatēts VB parauglaukumā. Turklāt VB parauglaukumā kopš 2015. gada vērojams eksponenciāls kopējā slāpekļa satura gruntsūdeņos pieaugums, eksponenciālas funkcijas determinācijas koeficients R^2 ir 0.81.



Attēls 115. Kopējā slāpekļa saturs gruntsūdeņos Dm pētījuma objektā

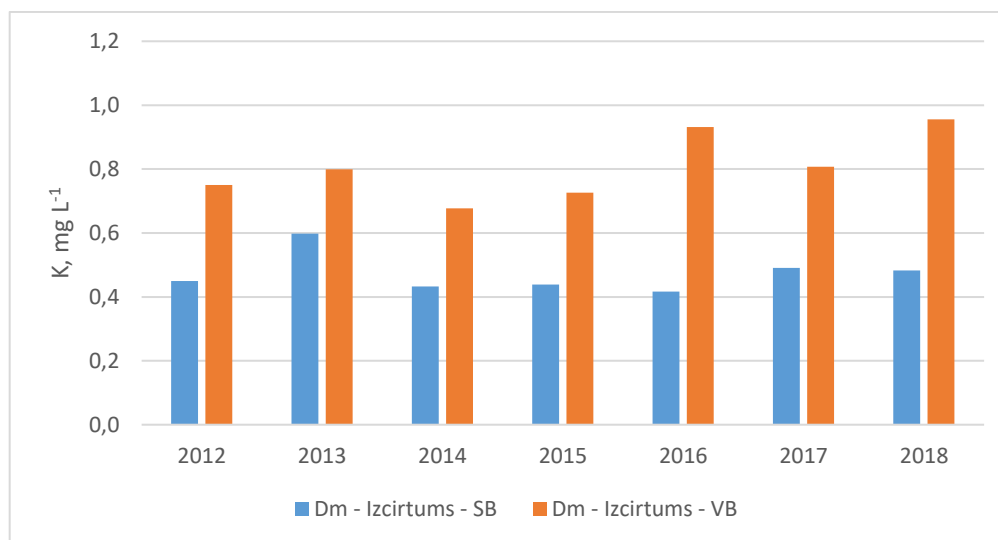
116. attēlā parādīts fosfātu saturs gruntsūdeņos objektā, kas ierīkoti Dm meža tipā, atkarībā no mežizstrādes intensitātes. Fosfātu saturs gruntsūdeņos pētījuma objektā variē līdz $0.19 \text{ mg PO}_4^{3-}-\text{P L}^{-1}$, bet pētījuma perioda vidējās vērtības nepārsniedz $0.077 \text{ mg PO}_4^{3-}-\text{P L}^{-1}$. Kopš 2013. gada ievērojami lielāks vidējais fosfātu saturs konstatēts VB parauglaukumā, salīdzinot ar SB parauglaukumu, turklāt kopš 2014. gada

vērojamas būtiskas atšķirības ($p < 0.001$). Izvērtējot vidējo fosfātjonu saturu gruntsūdenī laika posmā no 2012. līdz 2018. gadam, ievērojams vidējā fosfātjonu satura palielinājums konstatēts VB parauglaukumā 2016. gadā. 2018. gadā novērotās fosfātjonu koncentrācijas gruntsūdenī abos parauglaukumos ir līdzīgas iepriekšējā gada koncentrācijām.

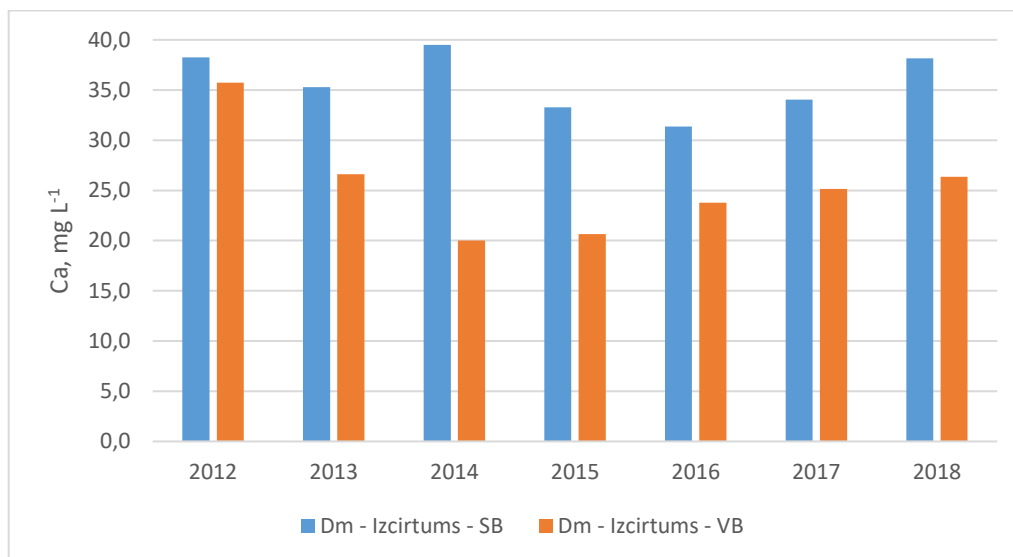


Attēls 116. Fosfātjonu saturs gruntsūdeņos Dm pētījuma objektā

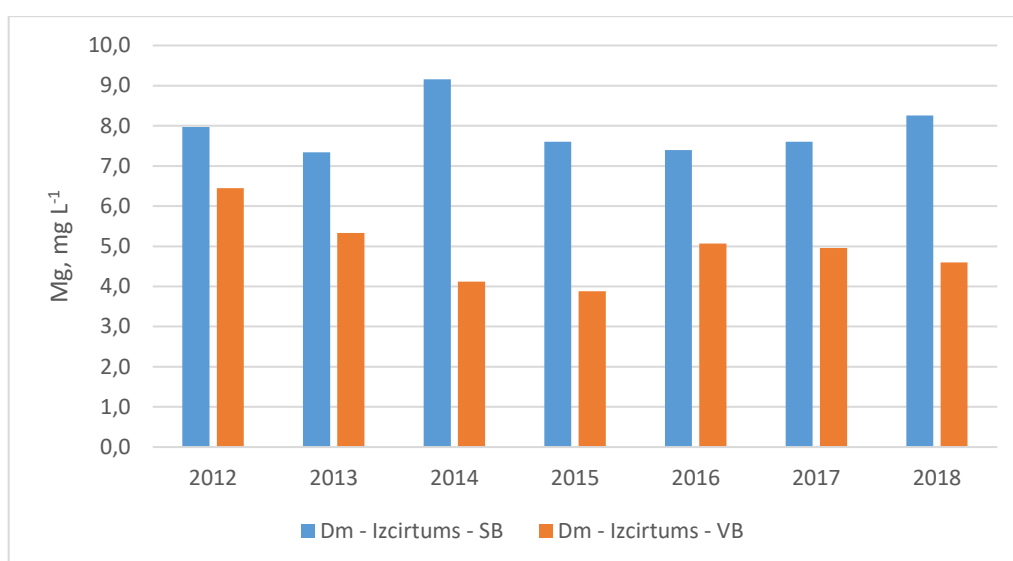
Kālija saturs gruntsūdeņos pētījuma objektos variē no 0.26 mg K L^{-1} līdz 1.17 mg K L^{-1} , bet pētījuma perioda vidējais kālija saturs nepārsniedz 0.96 mg K L^{-1} (Attēls 117). Kalcija saturs gruntsūdeņos pētījuma objektos variē no $14.79 \text{ mg Ca L}^{-1}$ līdz $59.08 \text{ mg Ca L}^{-1}$, bet pētījuma perioda vidējais kalcija saturs nepārsniedz $39.51 \text{ mg Ca L}^{-1}$ (Attēls 118). Savukārt magnija saturs gruntsūdeņos pētījuma objektos variē no $0.56 \text{ mg Mg L}^{-1}$ līdz $11.98 \text{ mg Mg L}^{-1}$, bet pētījuma perioda vidējais magnija saturs nepārsniedz $9.16 \text{ mg Mg L}^{-1}$ (Attēls 119). Līdzīgi kā virsūdeņos, arī gruntsūdeņos bāzisko katjonu saturs samazinās sekojošā secībā: $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^{+}$. VB parauglaukumā gruntsūdeņos visus sešus gadus pēc mežizstrādes (2013.-2018. gads) konstatēta būtiski mazāka kalcija un magnija koncentrācija ($p < 0.001$), salīdzinot ar 2012. gadu. Visos pētījuma gados pēc mežizstrādes novērotas arī būtiskas bāzisko katjonu koncentrācijas atšķirības starp abiem šī objekta parauglaukumiem ($p < 0.05$). Kālija saturs augstāks bijis VB parauglaukumā, bet kalcija un magnija saturs – SB parauglaukumā. 2018.gadā kālija saturs nedaudz ir palielinājies VB parauglaukuma gruntsūdeņos, bet kalcija un magnija saturs, salīdzinot ar iepriekšējā gada līmeni, ir mainījies nedaudz.



Attēls 117. Kālija saturs gruntsūdeņos Dm pētījuma objektā

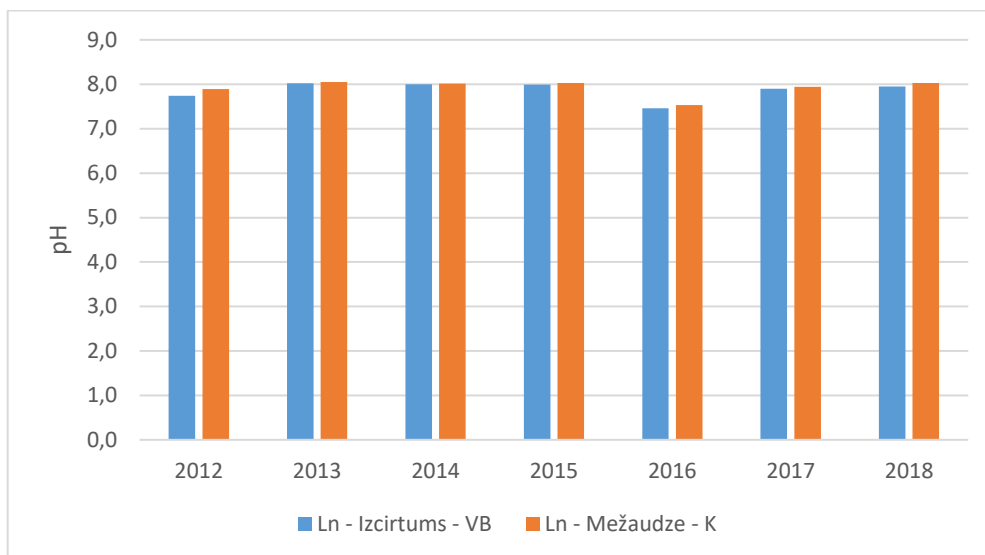


Attēls 118. Kalcija saturs gruntsūdeņos Dm pētījuma objektā



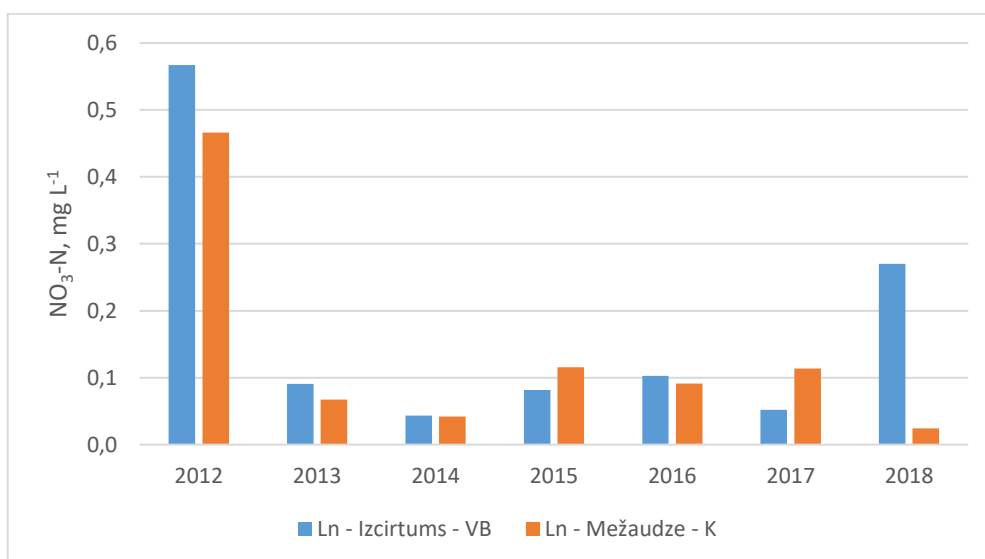
Attēls 119. Magnija saturs gruntsūdeņos Dm pētījuma objektā

120. attēlā parādīts gruntsūdens pH pētījuma objektā, kas ierīkots Ln meža tipā. Pētījuma ietvaros gruntsūdens ķīmiskais sastāvs pētīts atsevišķi parauglaukumā, kur veikta visas biomasas izvākšana, un kontroles parauglaukumā. Līdzīgi kā liecina gruntsūdeņu pētījumu rezultāti objektā Dm, arī objektā Ln gruntsūdeņu pH septiņus gadus ilga pētījuma periodā ir salīdzinoši stabils un gadu griezumā nesvārstās vairāk par 0.6 pH vienībām. Gan parauglaukumā, kur veikta biomasas izvākšana, gan kontroles parauglaukumā neliela gruntsūdeņu paskābināšanās novērota 2016 gadā, taču tā nav būtiska.



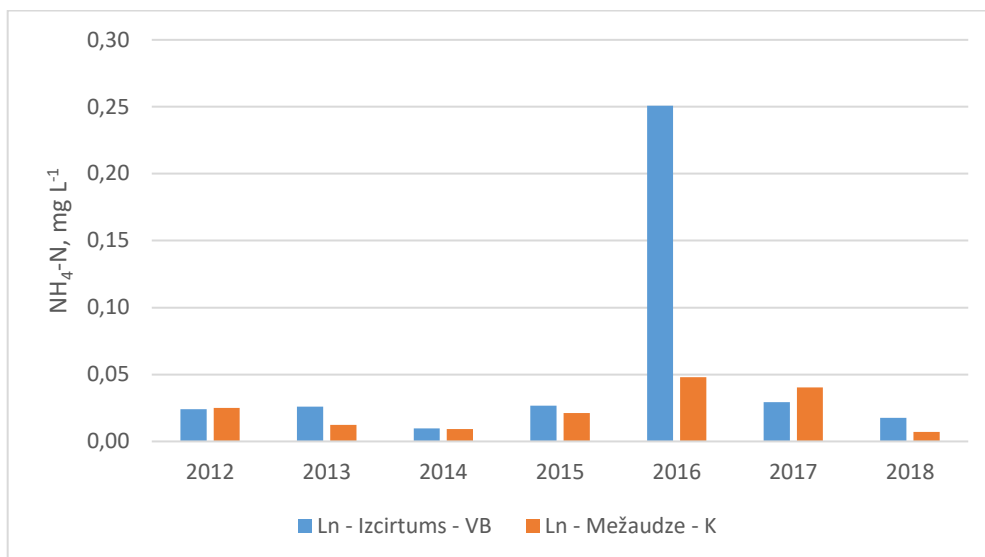
Attēls 120. Gruntsūdeņu pH Ln pētījuma objektā

Pētījuma periodā nitrātu saturs gruntsūdeņos variē līdz $0.95 \text{ mg NO}_3^- \text{ N L}^{-1}$ (Attēls 121), bet pētījuma perioda vidējais nitrātu saturs nepārsniedz $0.57 \text{ mg NO}_3^- \text{ N L}^{-1}$. Augstākais nitrātu saturs gruntsūdeņos gan parauglaukumā, kur veikta biomasas izvākšana, gan kontroles parauglaukumā, konstatētas 2012. gadā. Turklāt salīdzinot nākamo gadu koncentrācijas ar 2012. gada koncentrācijām, abos parauglaukumos vērojams būtisks samazinājums ($p < 0.001$). Pētījuma ietvaros nav novērota būtiska mežizstrādes ietekme uz nitrātu saturu gruntsūdeņos, jo samazinājums vienlīdz izteikti vērojams arī kontroles parauglaukumā. Starp abiem parauglaukumiem būtiskas atšķirības netika konstatētas. ES Nitrātu direktīvā noteiktā nitrātu satura robežvērtība ($50 \text{ mg NO}_3^- \text{ L}^{-1}$ vai tam ekvivalents $11.3 \text{ mg NO}_3^- \text{ N L}^{-1}$) pētījumu periodā nav pārsniegta.



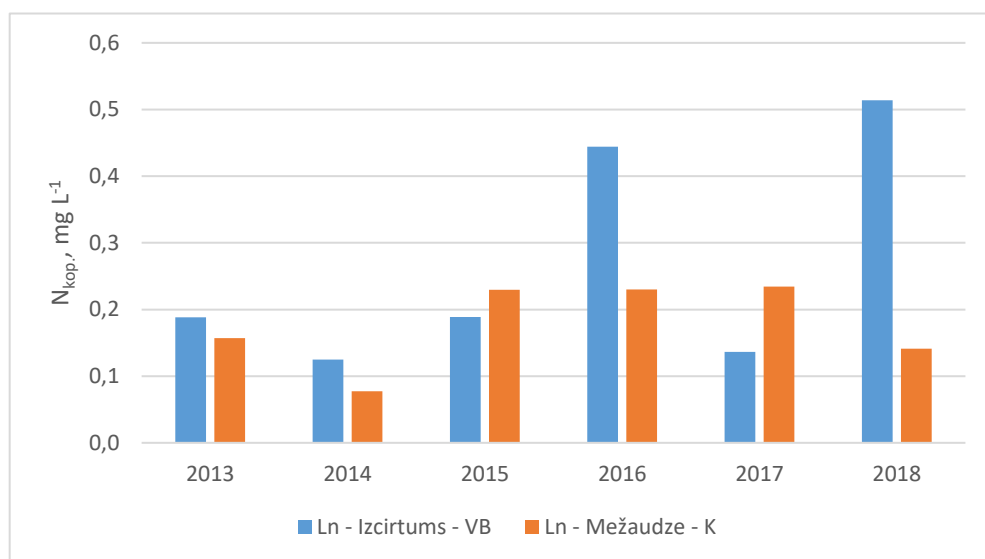
Attēls 121. Nitrātu saturs gruntsūdeņos Ln pētījuma objektā

Pētījuma perioda vidējais amonija jonu saturs gruntsūdeņos Ln objektā variē līdz $1.35 \text{ mg NH}_4^+ \text{ N L}^{-1}$ (Attēls 122), bet pētījuma perioda vidējais amonija jonu saturs nepārsniedz $0.25 \text{ mg NH}_4^+ \text{ N L}^{-1}$. Augstākais amonija jonu saturs gruntsūdeņos parauglaukumā, kur veikta biomasas izvākšana, konstatēts 2016. gadā, kas teorētiski varētu norādīt uz mežizstrādes ietekmi, taču tas nav viennozīmīgi, jo amonija saturs 2016. gadā nedaudz palielinājies arī kontroles parauglaukuma gruntsūdeņos. 2018. gadā amonija saturs gruntsūdenī abos parauglaukumos samazinājies.



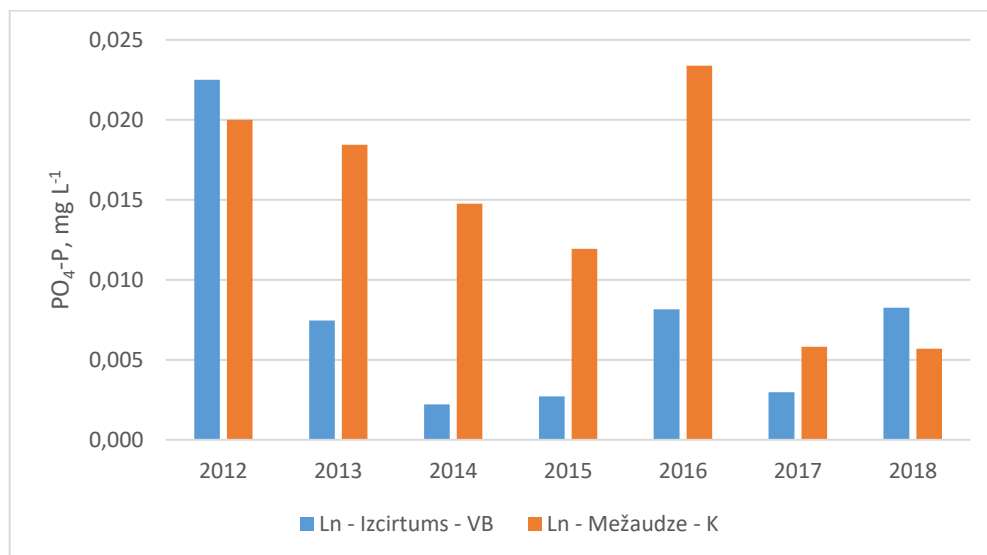
Attēls 122. Amonija jonu saturs gruntsūdeņos Ln pētījuma objektā

Pētījuma periodā kopējā slāpekļa saturs gruntsūdeņos Ln objektā variē no 0.02 mg N L⁻¹ līdz 1.52 mg N L⁻¹ (Attēls 123), bet pētījuma perioda vidējais kopējā slāpekļa saturs nepārsniedz 0.51 mg N L⁻¹. Augstākais kopējā slāpekļa saturs gruntsūdeņos parauglaukumā, kur veikta visas biomasas izvākšana, konstatēts 2018. gadā, bet kontroles parauglaukumā - 2017. gadā. Kopējā slāpekļa koncentrācijas palielināšanās VB parauglaukuma gruntsūdenī 2016. un 2018. gadā teorētiski varētu norādīt uz mežizstrādes ietekmi un minerālvielu atbrīvošanos, sadaloties celmiem.



Attēls 123. Kopējais slāpekļa saturs gruntsūdeņos Ln pētījuma objektā

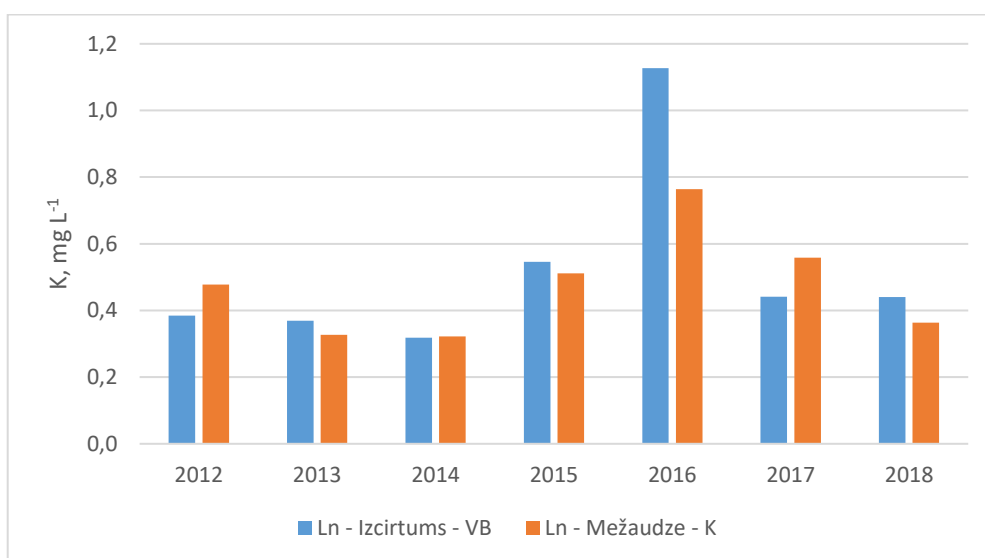
124. attēlā atspoguļots fosfātjonu saturs gruntsūdeņos pētījuma objektā, kas ierīkoti Ln meža tipā. Pētījuma periodā fosfātjonu saturs gruntsūdeņos variē līdz 0.125 mg PO₄³⁻-P L⁻¹, bet pētījuma perioda vidējais fosfātjonu saturs nepārsniedz 0.023 mg PO₄³⁻-P L⁻¹. Salīdzinot fosfātjonu saturu gruntsūdeņos parauglaukumā, kur veikta mežizstrāde ar visas virszemes biomasas izvākšanu, un kontroles parauglaukumā, vērojama tendence fosfātjonu saturam gruntsūdeņos samazināties pēc mežizstrādes veikšanas (VB parauglaukumā atšķirības no 2012. gada līmeņa nākamajos gados pēc kailcirtes ir būtiskas, p<0.001). 2018. gadā fosfātjonu koncentrācija gruntsūdenī ir palielinājusies parauglaukumā, kur izvākta stumbru biomasas, salīdzinot ar kontroles parauglaukumu, bet references perioda vērtības nav sasniegtas nevienā gadījumā.



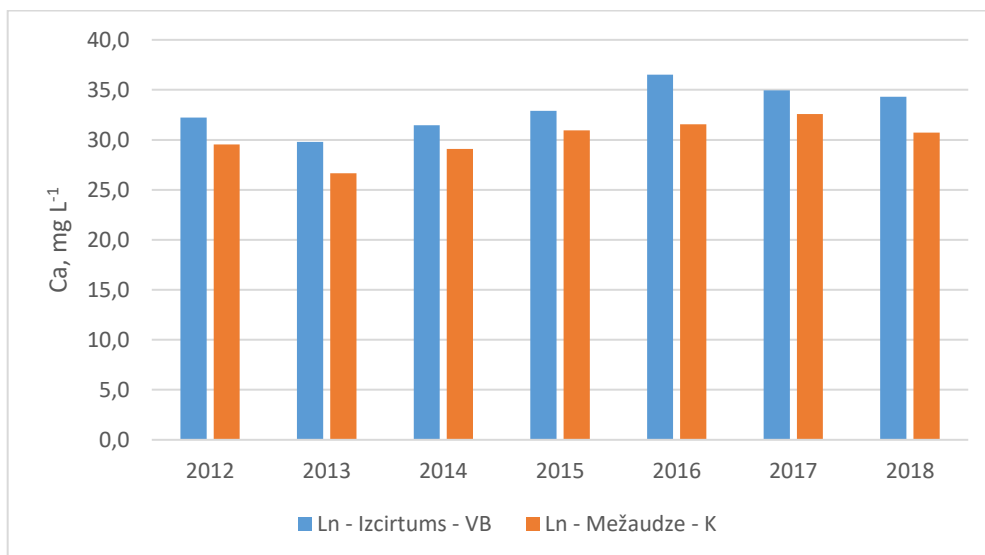
Attēls 124. Fosfātu saturs gruntsūdeņos Ln pētījuma objektā

125.-127. attēlā parādīts bāzisko katjonu (K, Ca, Mg) saturs gruntsūdeņos pētījuma objektā, kas ierīkoti Ln meža tipā. Pētījuma periodā kālija saturs gruntsūdeņos variē no 0.12 mg K L⁻¹ līdz 3.23 mg K L⁻¹, bet pētījuma perioda vidējais kālija saturs gruntsūdeņos nepārsniedz 1.13 mg K L⁻¹. Augstākais kālija saturs gruntsūdeņos gan parauglaukumā, kur veikta biomasas izvākšana, gan kontroles parauglaukumā konstatētas 2016. gadā, būtisks palielinājums, salīdzinot ar gadu pirms mežizstrādes, vērojams VB parauglaukumā ($p=0.004$).

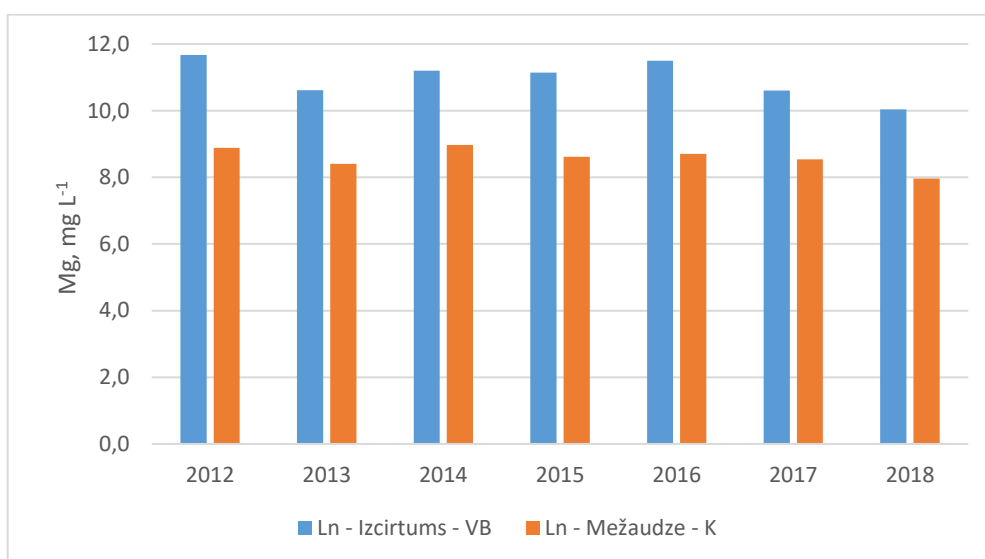
Ca un Mg saturs gruntsūdeņos septiņus gadus ilga pētījuma periodā ir salīdzinoši stabils un gadu griezumā svārstās salīdzinoši šaurā amplitūdā – Ca saturs gruntsūdeņos variē no 23.3 mg Ca L⁻¹ līdz 45.2 mg Ca L⁻¹, bet Mg saturs variē no 0.94 mg Mg L⁻¹ līdz 12.89 mg Mg L⁻¹. Gan 2012.gadā, gan visos turpmākajos gados pēc mežizstrādes kalcijs un magnijs koncentrācija gruntsūdenī augstāka bijusi parauglaukumā, kur veikta mežizstrāde ar visas virszemes biomasas izvākšanu ($p<0.05$), salīdzinot ar kontroles parauglaukumu. 2018. gadā bāzisko katjonu koncentrācija gruntsūdenī, salīdzinot ar iepriekšējo gadu, ir samazinājusies, un visu trīs elementu koncentrācijas augstākas ir bijušas parauglaukumā, kur veikta mežizstrāde.



Attēls 125. Kālija saturs gruntsūdeņos Ln pētījuma objektā



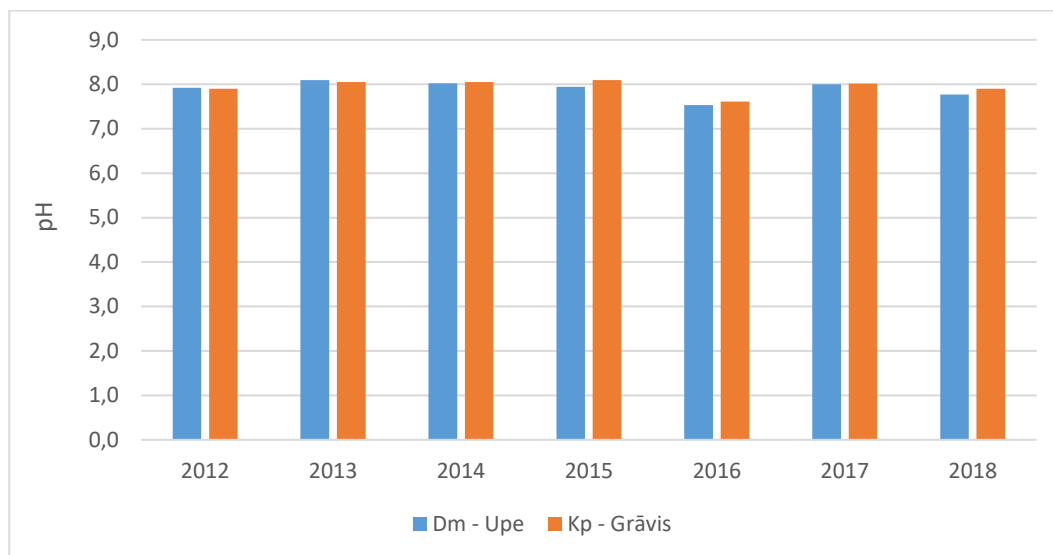
Attēls 126. Kalcija saturs gruntsūdeņos Ln pētījuma objektā



Attēls 127. Magnija saturs gruntsūdeņos Ln pētījuma objektā

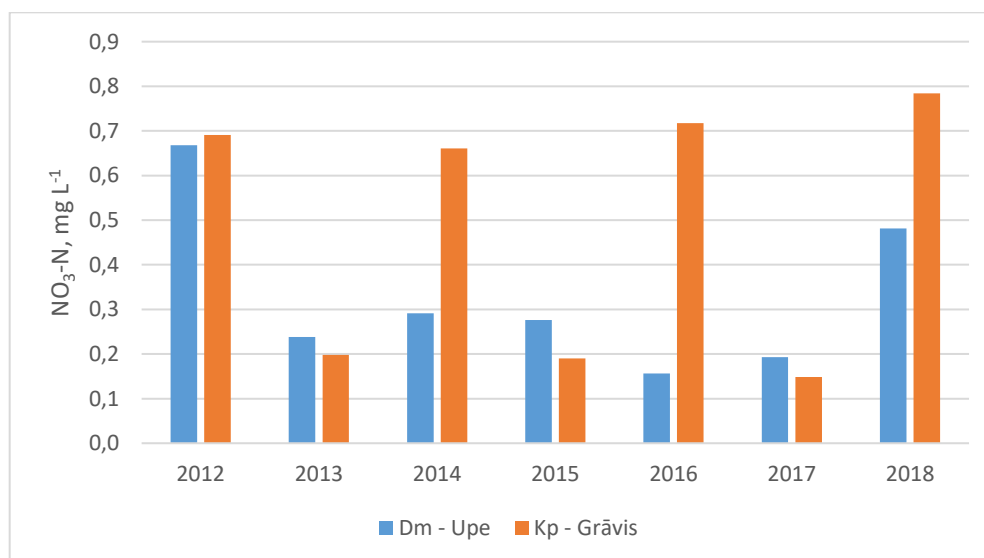
Virszemes ūdeņi

128. attēlā parādīts virszemes ūdens pH pētījuma objektos, kas ierīkoti Dm un Kp meža tipā. Pētījumā ietvertajos objektos virszemes ūdeņu pH sešu gadu ilga pētījuma periodā ir salīdzinoši stabils un gadu griezumā nesvārstās vairāk par 0.6 pH vienībām. Vērtības ir nedaudz zemākas 2016. gadā. Viens no teorētiski ietekmējošiem faktoriem varētu būt 2016.gadā īstenotā meliorācijas sistēmu renovācija, kas varētu būt ietekmējusi virszemes ūdeņus Kp meža tipā, tomēr meliorācija neskaidro ūdens pH samazināšanos Svirējas upē, kas tek gar Dm objektu.



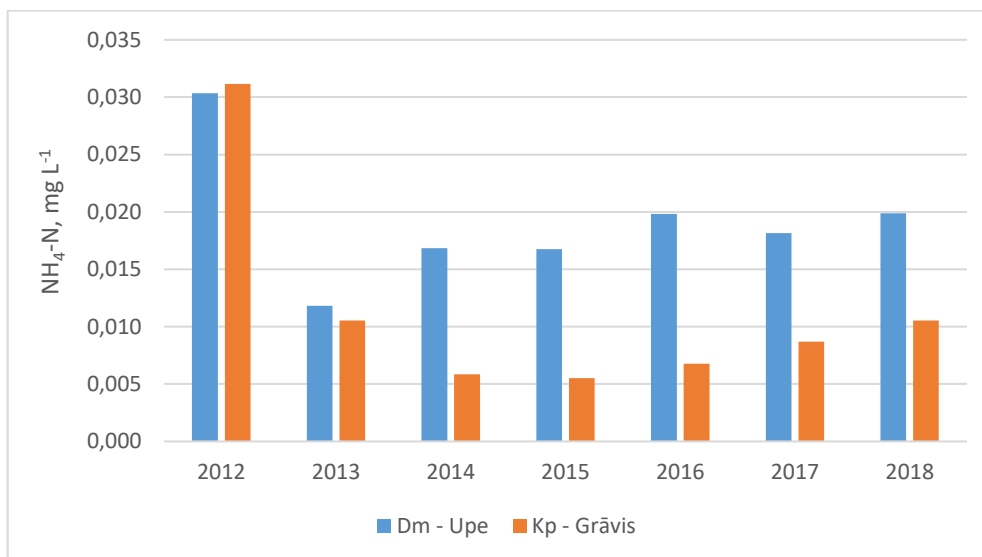
Attēls 128. Virszemes ūdeņu pH pētījuma objektos

129. attēlā parādīts nitrātu, kas ir galvenā slāpekli saturošā neorganiskā savienojumu forma, saturs virszemes ūdeņos objektos, kas ierīkoti Dm un Kp meža tipā. Nitrātu saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektos variē līdz $5,36 \text{ mg NO}_3^- \text{ N L}^{-1}$, bet pētījuma perioda vidējās vērtības nepārsniedz $0.78 \text{ mg NO}_3^- \text{ N L}^{-1}$. ES Nitrātu direktīvā noteiktā nitrātu satura robežvērtība ($50 \text{ mg NO}_3^- \text{ L}^{-1}$ vai tam ekvalents $11.3 \text{ mg NO}_3^- \text{ N L}^{-1}$) pētījumu periodā nav pārsniegta.



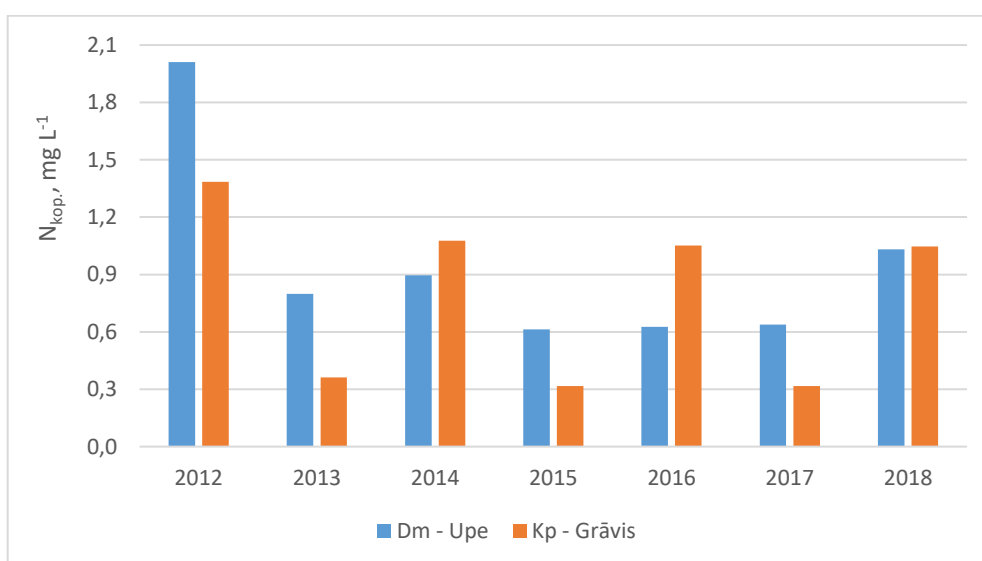
Attēls 129. Nitrātu saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektos

130. attēlā parādīts amonija jonu saturs virszemes ūdeņos objektos, kas ierīkoti Dm un Kp meža tipā. Amonija jonu saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektos variē līdz $0.060 \text{ mg NH}_4^+ \text{ N L}^{-1}$, bet pētījuma perioda vidējās vērtības nepārsniedz $0.031 \text{ mg NH}_4^+ \text{ N L}^{-1}$. Augstākās amonija jonu koncentrācijas virszemes ūdeņos gan objektā Dm, gan objektā Kp konstatētas 2012. gadā. 2018. gadā novērojama neliela tendence amonija koncentrācijai virszemes ūdeņos pieaugt, taču nevienā gadījumā nav sasniegtas references perioda vērtības.



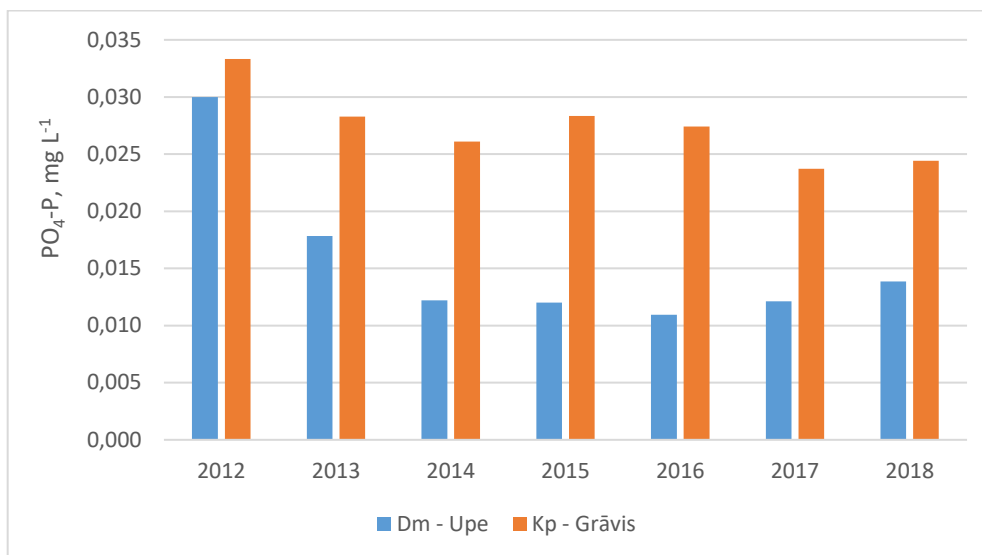
Attēls 130. Amonija jonu saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektos

Kopējā slāpekļa saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektos variē no 0.11 mg N L⁻¹ līdz 6.16 mg N L⁻¹, bet pētījuma perioda vidējās vērtības nepārsniedz 2.01 mg N L⁻¹ (Attēls 131). Līdzīgi kā amonija jonu gadījumā, augstākās kopējā slāpekļa koncentrācijas virszemes ūdeņos gan objektā Dm, gan objektā Kp konstatētas 2012. gadā. Pētījuma ietvaros konstatēta vidēji cieša korelācija starp pētījuma perioda vidējo kopējā slāpekļa saturu virszemes ūdeņos objektā Dm un objektā Kp, korelācijas koeficients r ir 0.69. Šāda sakarība netieši norāda uz gada griezumā meteoroloģisko faktoru ietekmi uz virszemes ūdeņu kvalitāti un to ietekmējošajiem faktoriem. Kopējā slāpekļa saturs 2018. gadā ir palielinājies abās paraugu ņemšanas vietās, taču nevienā gadījumā tas nav pietuvojis references perioda līmenim.



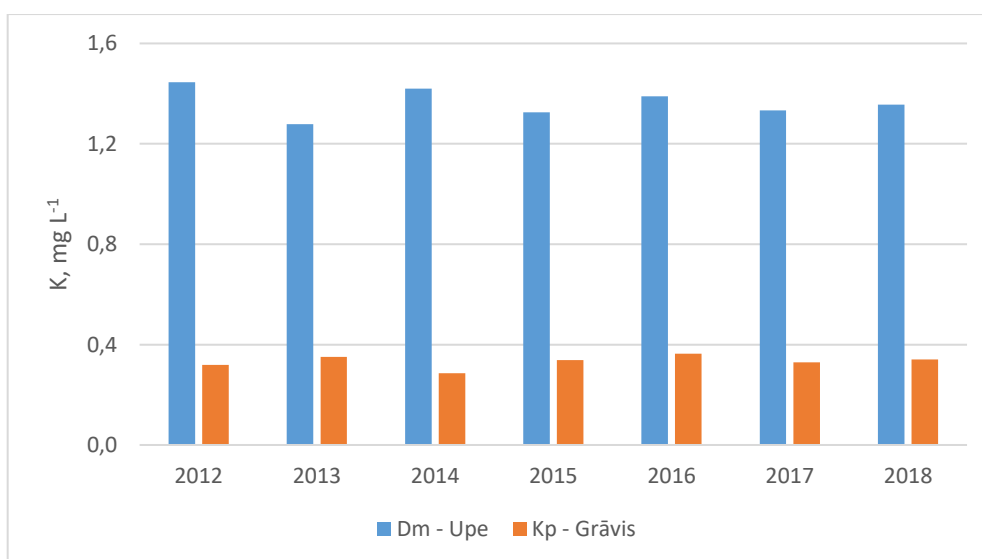
Attēls 131. Kopējais slāpekļa saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektos

132. attēlā parādīts fosfātjonu saturs virszemes ūdeņos objektos, kas ierīkoti Dm un Kp meža tipā. Fosfātjonu saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektos variē līdz 0.090 mg PO₄³⁻-P L⁻¹, bet pētījuma perioda vidējās vērtības nepārsniedz 0.033 mg PO₄³⁻-P L⁻¹. Līdzīgi kā amonija jonu un kopējā slāpekļa gadījumā, augstākās fosfātjonu saturs virszemes ūdeņos gan objektā Dm, gan objektā Kp konstatētas 2012. gadā. 2018. gadā fosfātu saturam virszemes ūdeņos novērojama ļoti neliela pieaugoša tendence.

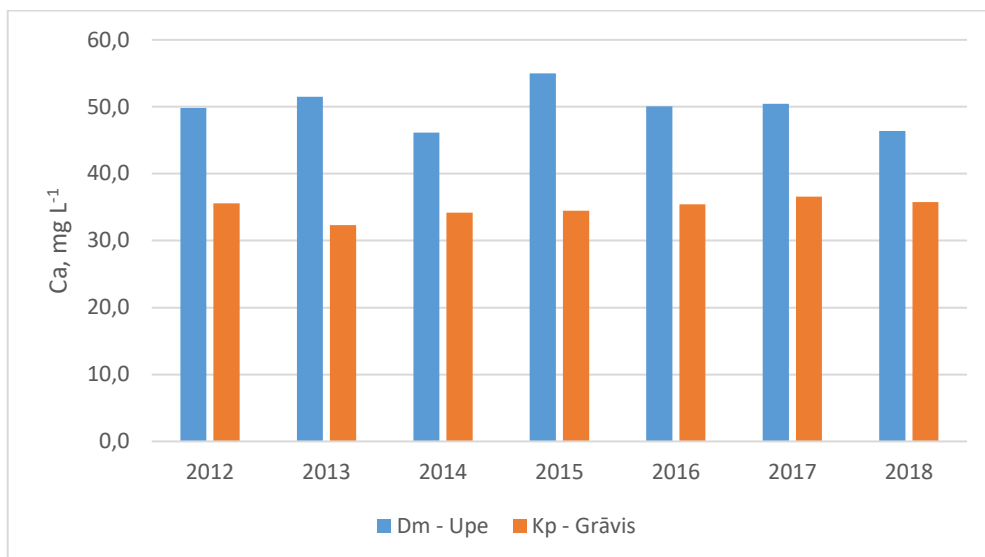


Attēls 132. Fosfātu saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektos

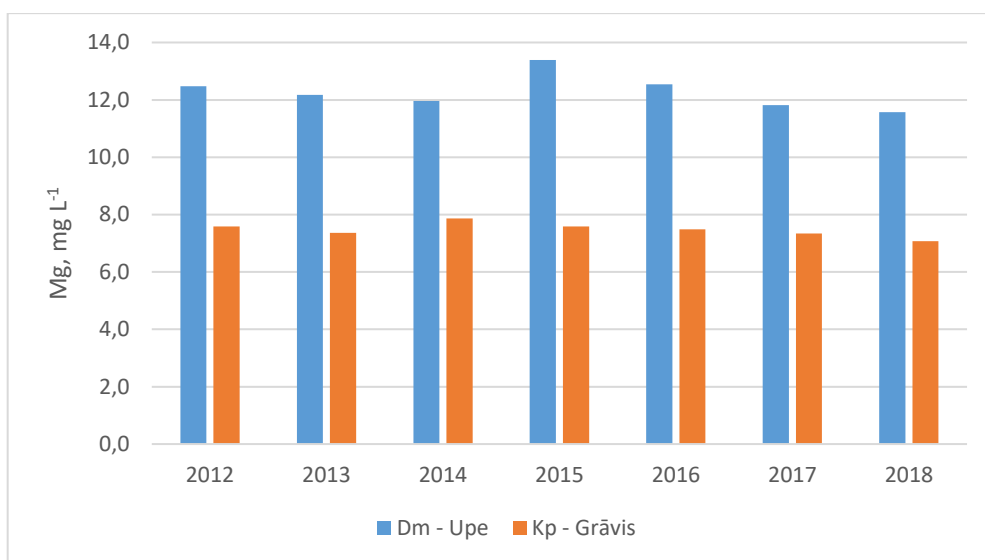
Pētījumā ietvertajos objektos bāzisko katjonu saturs virszemes ūdeņos septiņus gadus ilgā pētījuma periodā objektu ietvaros ir salīdzinoši stabils (133.-135. attēls). Kālija saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektos variē no 0.13 mg K L⁻¹ līdz 2.41 mg K L⁻¹, vidējais kalcija saturs virszemes ūdeņos variē no 5.8 mg Ca L⁻¹ līdz 78.4 mg Ca L⁻¹, bet vidējais magnija saturs virszemes ūdeņos variē no 0.9 mg Mg L⁻¹ līdz 17.5 mg Mg L⁻¹. Līdzīgi kā objektos Zālīte un Slītere, arī šī pētījuma objektos bāzisko katjonu saturs virszemes ūdeņos samazinās sekojošā secībā: Ca²⁺ > Mg²⁺ > K⁺. Kālija saturs pētījuma griezumā saglabājas nemainīgs abās paraugu ņemšanas vietās, bet kalcija un magnija saturam ir tendence nedaudz samazināties.



Attēls 133. Kālija saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektos



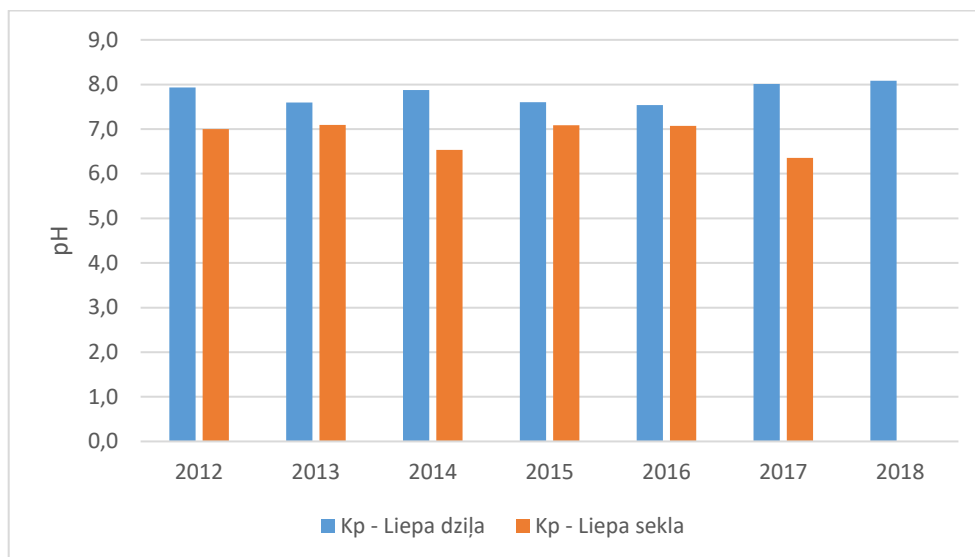
Attēls 134. Kalcija saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektos



Attēls 135. Magnija saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektos

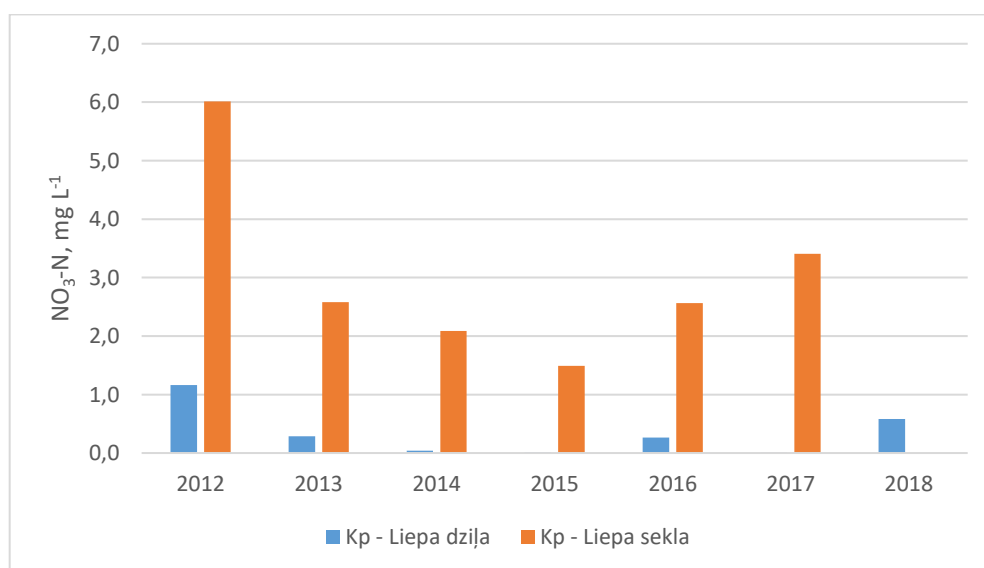
Barības vielu saturs salīdzinājums gruntsūdeņos un pazemes spiedes ūdeņos

Šajā apakšnodaļā salīdzināts augsnes gruntsūdeņu (Liepa sekla) un pazemes spiedes ūdeņu (Liepa dziļa) ķīmiskais sastāvs, paraugi ņemti divās vienas otrai blakus esošās akās netālu no Kp objekta. Augsnes gruntsūdeņu pH pētījumu periodā variē no pH 5.9 līdz pH 8.3, savukārt pazemes spiedes ūdeņu pH visā pētījumu periodā ir nedaudz bāziskāki – variē no pH 6.4 līdz pH 8.7 (Attēls 136).



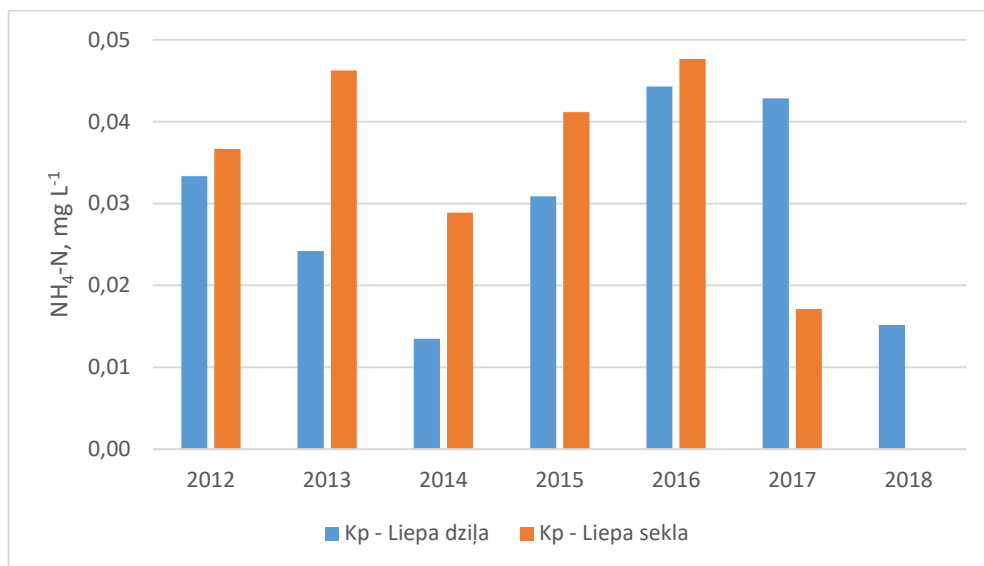
Attēls 136. Augsnes gruntsūdeņu un pazemes spiedes ūdeņu pH Kp objektā⁶

Visā pētījuma periodā augstāks nitrātu saturs bija augsnes gruntsūdeņos, sasniedzot būtiskas atšķirības līmeni (Attēls 137). Salīdzinot amonija jonu saturu augsnes gruntsūdeņos un pazemes spiedes ūdeņos, līdzīgi kā nitrātu satura gadījumā, konstatēts, ka gandrīz visā pētījuma periodā (izņemot 2017. gadu) augstāks amonija jonu saturs bija augsnes gruntsūdeņos. Augstākā vidējā amonija jonu satura vērtība augsnes gruntsūdeņos ($0.048 \text{ mg NH}_4^+-\text{N L}^{-1}$) konstatēta 2016. gadā (Attēls 138). Salīdzinot kopējā slāpekļa saturu augsnes gruntsūdeņos un pazemes spiedes ūdeņos, līdzīgi kā nitrātu un amonija jonu satura gadījumā, konstatēts, ka visā pētījuma periodā augstāks kopējā slāpekļa saturs bija augsnes gruntsūdeņos. Augstākā vidējā kopējā slāpekļa satura vērtība augsnes gruntsūdeņos (13.2 mg N L^{-1}) konstatēta 2012. gadā (Attēls 139). 2018. gadā pazemes spiedes ūdeņos samazinājies amonija jonu saturs, bet palielinājies nitrātu un kopējā slāpekļa saturs.

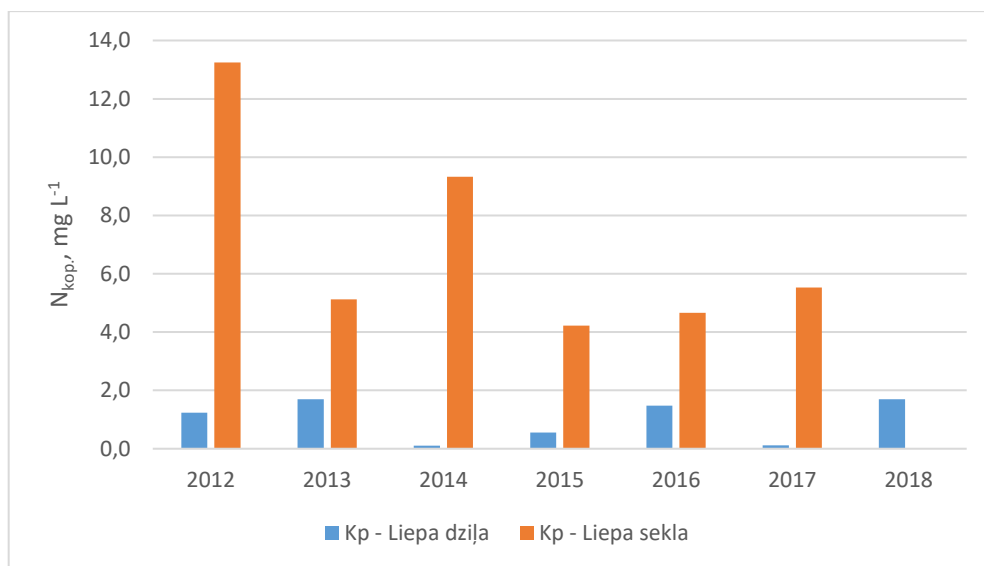


Attēls 137. Nitrātu saturs augsnes gruntsūdeņos un pazemes spiedes ūdeņos Kp objektā

⁶ 2018. gada pētījuma periodā augsnes gruntsūdeņu (Liepa sekla) daudzums bija nepietiekošs ūdens paraugu ņemšanai.

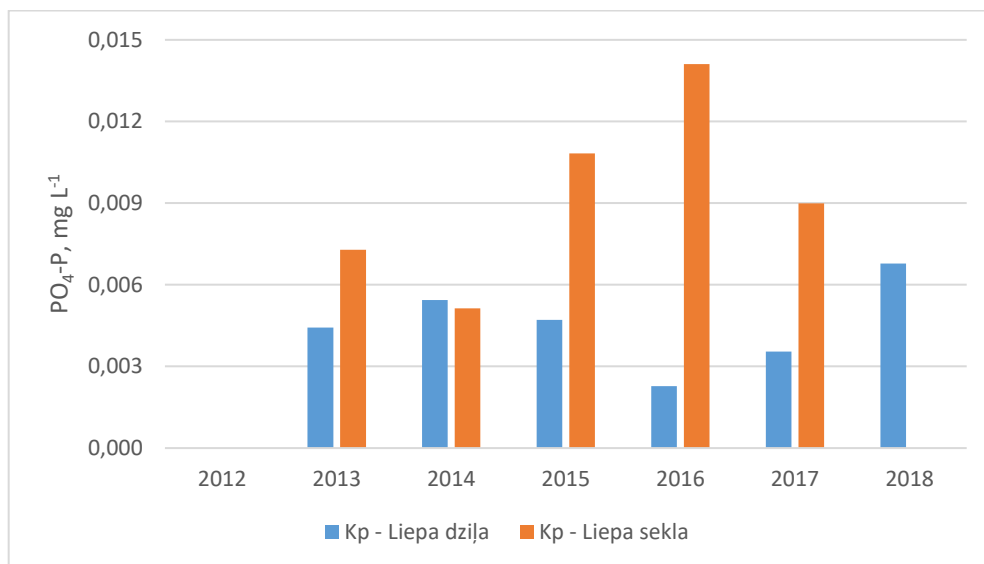


Attēls 138. Amonija jonu saturs augsnes gruntsūdeņos un pazemes spiedes ūdeņos Kp objektā



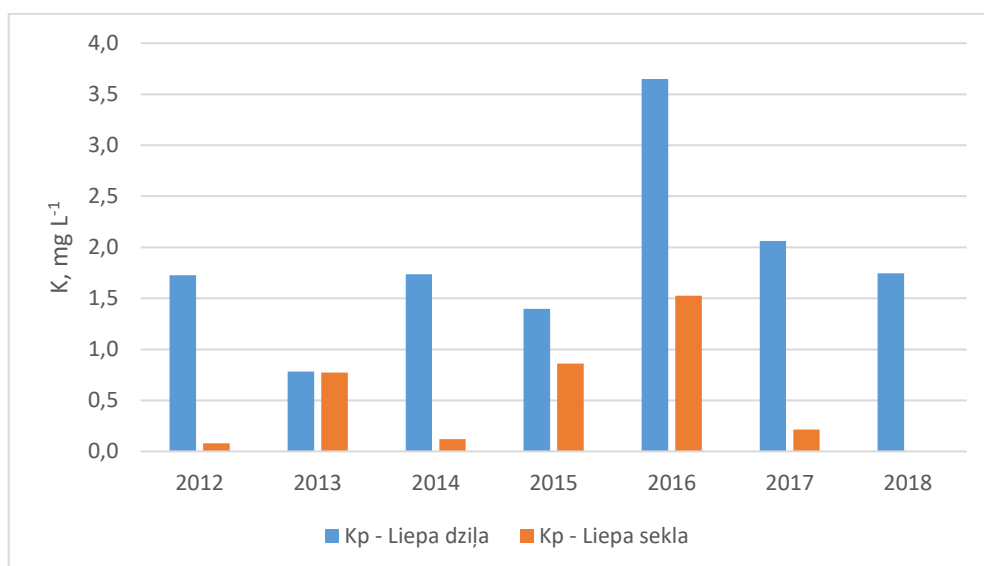
Attēls 139. Kopējā slāpekļa saturs augsnes gruntsūdeņos un pazemes spiedes ūdeņos Kp objektā

Pētījuma periodā vidējais fosfātu saturs gruntsūdeņos variē amplitūdā līdz $0.014 \text{ mg PO}_4^{3-}\text{-P L}^{-1}$. Salīdzinot vidējo fosfātu saturu augsnes gruntsūdeņos un pazemes spiedes ūdeņos, lielāks pētījuma perioda vidējais fosfātu saturs konstatēts augsnes gruntsūdeņos (Attēls 140). Laika posmā no 2016. līdz 2018. gadam fosfātu saturam pazemes spiedes ūdeņos ir tendence palielināties.

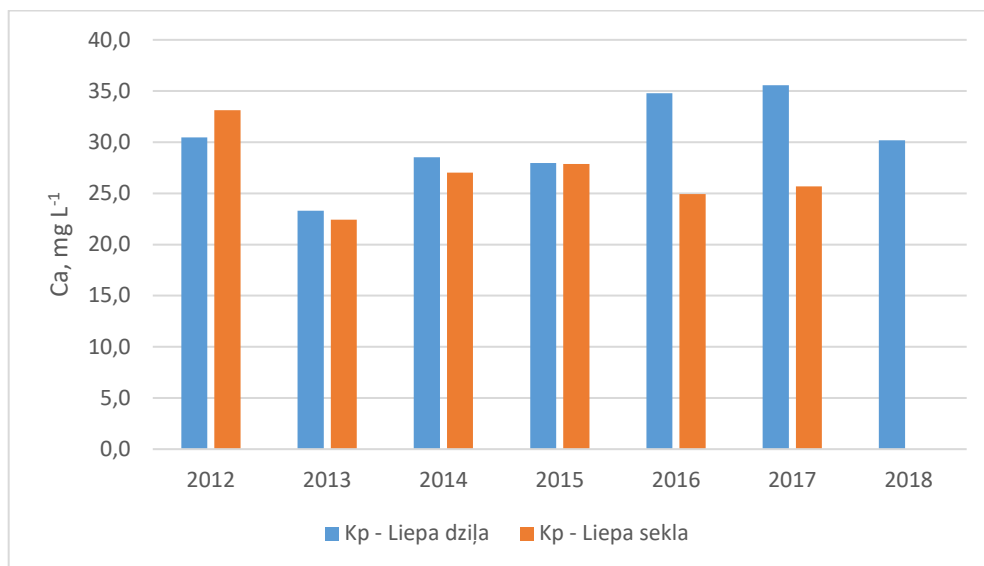


Attēls 140. Fosfātjonu saturs augsnes gruntsūdeņos un pazemes spiedes ūdeņos Kp pētījuma objektā

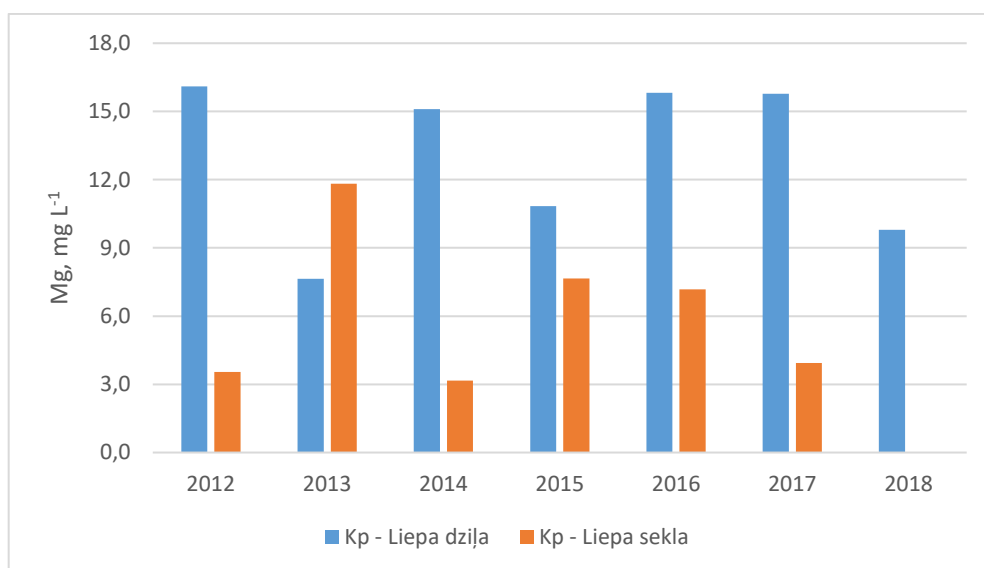
141.-143. attēlā parādīts vidējais bāzisko katjonu (K, Ca un Mg) saturs gruntsūdeņos pētījuma objektā Kp. Vidējais kālija saturs gruntsūdeņos variē amplitūdā no 0.08 mg K L⁻¹ līdz 3.65 mg K L⁻¹, vidējais kalcija saturs gruntsūdeņos variē amplitūdā no 22.4 mg Ca L⁻¹ līdz 35.6 mg Ca L⁻¹, bet vidējais Mg saturs variē amplitūdā no 3.17 mg Mg L⁻¹ līdz 16.10 mg Mg L⁻¹. Bāzisko katjonu saturs nozīmīgi variē pa gadiem, un atsevišķos gadījumos ir konstatēta būtiska atšķirība starp akām, piemēram, 2014. gadā kālija un magnija koncentrācija, bet 2016. gadā kalcija koncentrācija dziļajos gruntsūdeņos bija būtiski augstāka nekā augsnes gruntsūdeņos ($p < 0.001$). Visu bāzisko katjonu koncentrācijas 2018. gadā, salīdzinot ar 2017. gadu, ir samazinājušās.



Attēls 141. Kālija saturs augsnes gruntsūdeņos un pazemes spiedes ūdeņos Kp pētījuma objektā



Attēls 142. Kalcija saturs augsnes gruntsūdeņos un pazemes spiedes ūdeņos Kp pētījuma objektā



Attēls 143. Magnija saturs augsnes gruntsūdeņos un pazemes spiedes ūdeņos Kp pētījuma objektā

Šāda veida pētījumos pamatotos secinājumus ir iespējams izdarīt no 7-10 gadus garas datu rindas, jo mežizstrādes atlieku sadalīšanās un barības vielu atbrīvošanās notiek pakāpeniski. Gala secinājumi saistībā ar visas virszemes biomasas/stumbru biomasas izvākšanu kailcirtē tiks izdarīti un rekomendācijas apsaimniekošanai tiks sniegtas pēc pilnas datu rindas iegūšanas un analīzes kopsakarībā ar citiem pētījuma objektos analizētajiem rādītājiem (veģetāciju, jaunaudžu uzskaiti, atkārtotu augsnes analīžu rezultātiem), kas tiks veikta pētījuma pēdējā etapā 2020.gadā.

Secinājumi

1. Pētījuma ietvaros izvērtēts augsnes ūdens, virszemes ūdens un gruntsūdens ķīmiskais sastāvs un tā mainība septiņus gadus ilgā pētījuma periodā trijos objektos, kas ierīkoti Dm, Kp un Ln meža tipā. Pēc mežizstrādes izcirtumos vērojama tendence augsnes ūdeņos palielināties biogēno elementu (slāpekļa savienojumu un kālija) saturam, kā arī vērojama tendence augsnes ūdeņiem nedaudz paskābināties. Nozīmīgākā mežizstrādes ietekme uz augsnes ūdeņu ķīmisko sastāvu vērojama otrajā un trešajā gadā pēc mežizstrādes veikšanas, bet ceturtajā un piektajā pētījuma gadā biogēno elementu saturs augsnes ūdeņos un ūdens pH pietuvojas sākotnējiem mežaudzes rādītājiem.
2. 2018. gada pētījuma periodā (sešus gadus pēc mežizstrādes) novērojama tendence kopējā slāpekļa, fosfātjonu, kālija un magnija koncentrācijai atkal pieaugt. Tā kā šī tendence ir novērojama gan

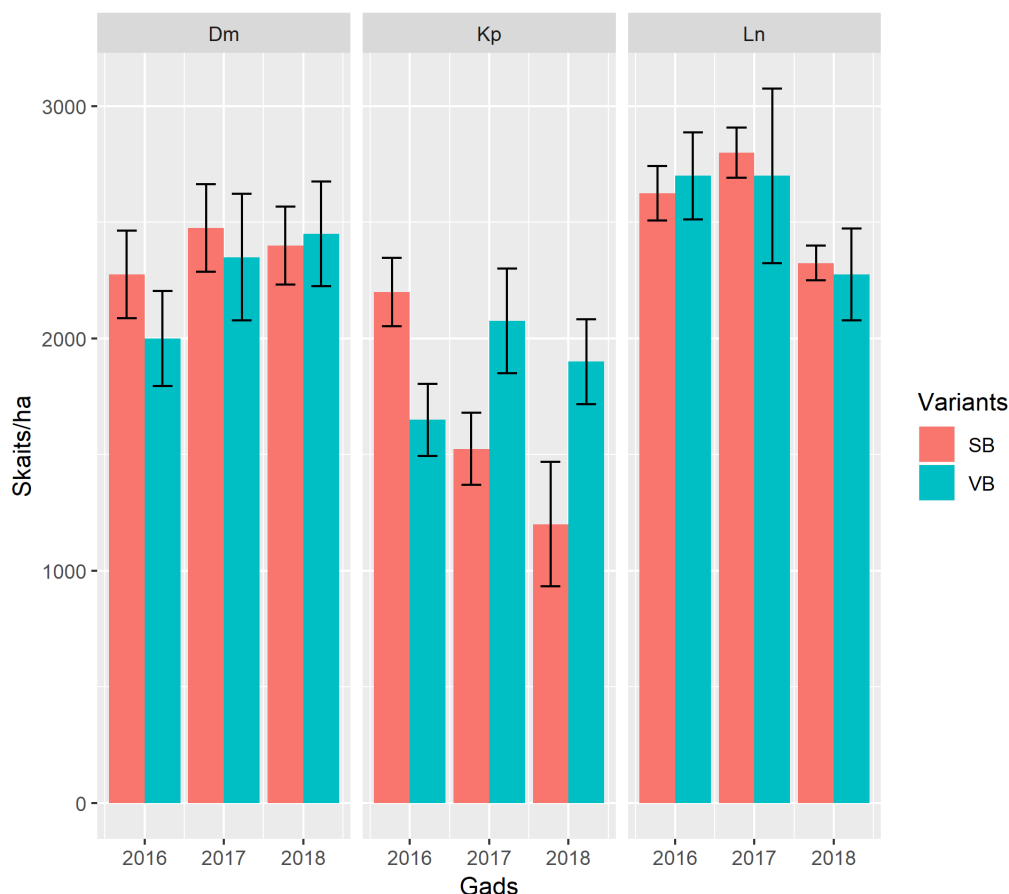
ietekmētajos, gan kontroles parauglaukumos, to nav iespējams viennozīmīgi skaidrot ar teorētiski iespējamu barības vielu atbrīvošanas lielāko ciršanas atlieku un celmu sadalīšanās rezultātā, bet jāņem vērā arī pēdējā pētījuma perioda krasi atšķirīgie meteoroloģiskie apstākļi (ievērojami samazinātais nokrišņu daudzums - vidēji par 57% salīdzinot ar 2017. gadu-, un paaugstinātā gaisa temperatūra).

3. Objektos sausieņu mežos (Dm un Ln) nitrātu un kopējā slāpekļa saturs augsnes ūdenī 60 cm dziļumā ir nedaudz lielāks nekā 30 cm dziļumā, kas varētu liecināt gan par to, ka uzsūcošo sakņu lokalizācijas zonā barības vielas tiek intensīvi patērētas jauno koku augšanai, gan arī par to, ka notiek šo vielu ieskalošanās dziļākos augsnes slāņos. Šī tendence nesaglabājas 2018. gadā, kas varētu liecināt par organiskās vielas (celmu un lielāka izmēra ciršanas atlieku) sadalīšanās rezultātā atbrīvoto papildu barības vielu ieskalošanos augsnes virsējā slānī, bet tendences attīstība jāizvērtē turpmākajos pētījuma gados. Kūdrenī šāda likumsakarība nav novērota. Platībās, kurās izķīlējas pazemes spiedes ūdeņi, to pieplūdei ir ievērojami lielāka ietekme uz augsnes ūdens ķīmisko sastāvu nekā mežizstrādei, un šādās platībās visticamāk nepastāv risks, ka intensīvas mežsaimniecības apstākļos varētu nozīmīgi samazināties nākamajai meža paaudzei pieejamie barības resursi.
4. Pētījuma ietvaros nav konstatēta viennozīmīga mežizstrādes veida (visas virszemes biomasas vai stumbru biomasas izvākšana) ietekme uz augsnes ūdens ķīmisko sastāvu, atšķirīgu ķīmisko elementu gadījumā un atšķirīgos meža tipos vērojamās sakarības nereti ir pretējas.
5. Visos objektos visa pētījuma garumā nitrātu koncentrācijas gruntsūdeņos un virszemes ūdeņos ir niecīgas, salīdzinot ar Nitrātu direktīvā noteikto robežvērtību. 2016. un 2017. gadā Dm meža tipā nitrātu koncentrācija gruntsūdenī ir ar pieaugošu tendenci izcirtumā, kur izvākta visa biomasas; 2018. gada sezonā nitrātu koncentrācijas augsnes ūdenī šajā objektā konstatētas abas izcirtumos. Arī Ln meža tipā 2018. gadā novērota tendence izcirtumā (SB) palielināties nitrātu koncentrācijai. Pētījuma rezultāti Ln meža tipā liecina, ka mežizstrāde neietekmē gruntsūdens pH, amonija un bāzisko katjonu saturu gruntsūdeņos, savukārt piecus gadus pēc mežizstrādes ir pieaudzis kopējā slāpekļa saturs gruntsūdenī izcirtumā; šī tendence jāturpina novērot turpmākajos pētījuma gados. Fosfātjonu saturs nevienā no pētījuma gadiem nav sasniedzis references perioda līmeni.

1.4.3. Koku uzskaitē jaunaudzē

Stādīto kociņu biezums

Visos objektos, izņemot Dm VB laukumā 2018. gadā, salīdzinot ar iepriekšējiem uzskaites gadiem, kociņu skaits ir samazinājies (Attēls 144) dabiskās konkurences un atmiruma dēļ. Damaksnī koku skaita pieaugums ir standartklūdu robežās, un koku skaits statistiski būtiski neatšķiras no iepriekšējā gadā konstatētā skaita.



Attēls 144. Stādīto kociņu biezums biomasas izvākšanas objektos (nogriežņi attēlo standartklūdas)

Stādīto kociņu augstums

145. attēlā atspoguļots stādīto kociņu augstums biomasas izvākšanas objektos. Objektos Dm un Ln stādītie kociņi 2018. gadā vidēji sasniedzuši 81-90 cm augstumu klasi, savukārt objektā Kp kociņi vidēji sasniedzuši 101-110 cm augstuma klasi. 2018. gada augstuma rādītāji visos objektos ir statistiski būtiski atšķirīgi no iepriekšējo gadu augstumu rādītājiem katra parauglaukuma ietvaros.

Lānā kociņu augstums 2018. gadā ir straujāk pieaudzis parauglaukumā, kur izvākta tikai stumbru biomasas. Savukārt Kūdrenī, kur stādītā suga ir egle, kociņu augstums ir straujāk pieaudzis parauglaukumā, kur izvākta visa virszemes biomasas. Zviedru pētījumā par biomasas izvākšanas ietekmi uz mežaudžu produktivitāti pēc galvenās cirtes parastās priedes un parastās egles audzēs netika viennozīmīgi apstiprināta konkrētās metodes ietekme uz iepriekš minēto sugu jaunaudžu augšanas gaitu. Šajā pētījumā tika konstatētas tendences, ka pēc visas biomasas izvākšanas samazinās egļu audžu produktivitāte, un priežu audžu produktivitāte pieaug (Egnell 2016), kas savukārt ir pretēji konstatētajam mūsu objektos 2017. un 2018. gadā Kp un Ln meža tipā. Damaksnī nav novērotas būtiskas kociņu augstumu atšķirības starp variantiem, tomēr 2018. gadā nedaudz lielāks bijis vidējais koku augstums parauglaukumā, kur izvākta visa biomasas.

Dispersiju salīdzināšana ar ANOVA un *post-hoc* LSD (*Least Significant Difference*) veikta visiem objektiem kopā. Veicot šo salīdzināšanu, līdz 2018. gadam netika konstatētas būtiskas atšķirības starp variantiem katrā objektā, izņemot Lānā 2017. gadā. Savukārt 2018. gadā konstatētas būtiskas atšķirības Kūdrenī un Lānā starp variantiem. Lānā lielāks koku vidējais augstums konstatēts parauglaukumā, kur izvākta stumbru biomasas, kas teorētiski varētu liecināt par ciršanas atlieku nozīmi barības vielu nodrošināšanā jaunajai meža paaudzei oligotrofos augšanas apstākļos. Mērījumi jāturpina arī nākamajos pētījuma gados, lai novērtētu mežizstrādes intensitātes ietekmi uz tālāku jaunaudžu attīstību.



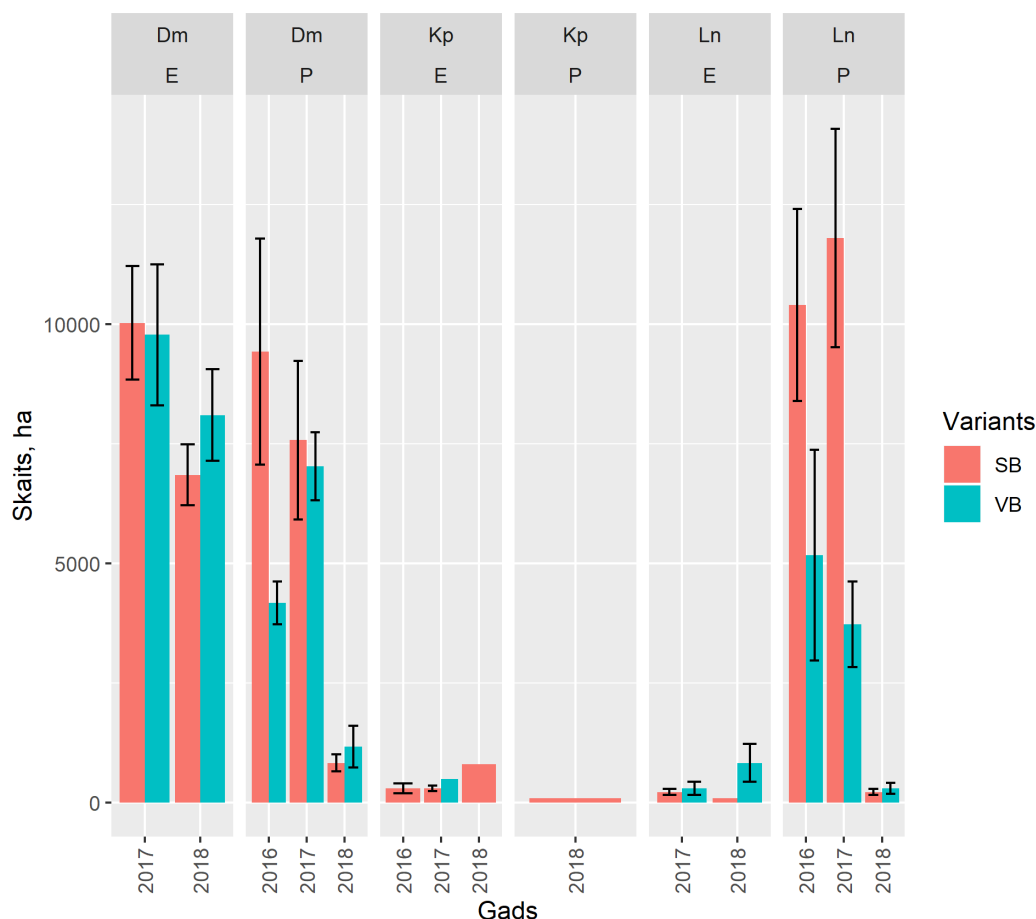
Attēls 145. Stādīto kociņu augstums biomasas izvākšanas objektos (ar nogriežņiem attēlotas standartkļūdas; dažādi burti norāda uz statistiski būtiskām atšķirībām)

Dabiski izaugušo kociņu biezums

2017. gadā objekta Dm parauglaukumu abos variantos konstatēts liels skaits dabiski izaugušo eglīšu, savukārt 2018. gadā to skaits ir samazinājies (Attēls 146). Dabiski izaugušo priežu skaits 2016. gadā ir bijis lielāks SB laukumā, 2017. gadā SB laukumā kociņu skaits ir sarucis, bet VB laukumā – pieaudzis. Savukārt 2018. gadā dabiski izaugušo priedīšu skaits ir krasi samazinājies objekta Dm parauglaukumu abos variantos.

2016. gadā objekta Ln parauglaukumu abos variantos dabiski izaugušās eglītes nav konstatētas. Tās ir konstatētas nelielā skaitā 2017. un 2018. gados. Dabiski izaugušo priedīšu skaits 2016. un 2017. gadā bijis lielāks SB laukumā, tomēr, līdzīgi kā objektā Dm, arī objektā Ln 2018. gadā konstatēts ļoti neliels skaits priedīšu. Iespējams, ka cīsmā atstātie zari un galotnes veido daudzveidīgākus apstākļus, kas ir labvēlīgi koku dabiskai atjaunošanai, turklāt SB laukumos ir mazāks zemsedzes veģetācijas segums un līdz ar to arī mazāka konkurence koku sugām.

Objektā Kp, salīdzinot ar citiem objektiem, konstatēts neliels dabiski izaugušo kociņu skaits, kā arī to augstums parauglaukumos ir ļoti atšķirīgs (Attēls 147).



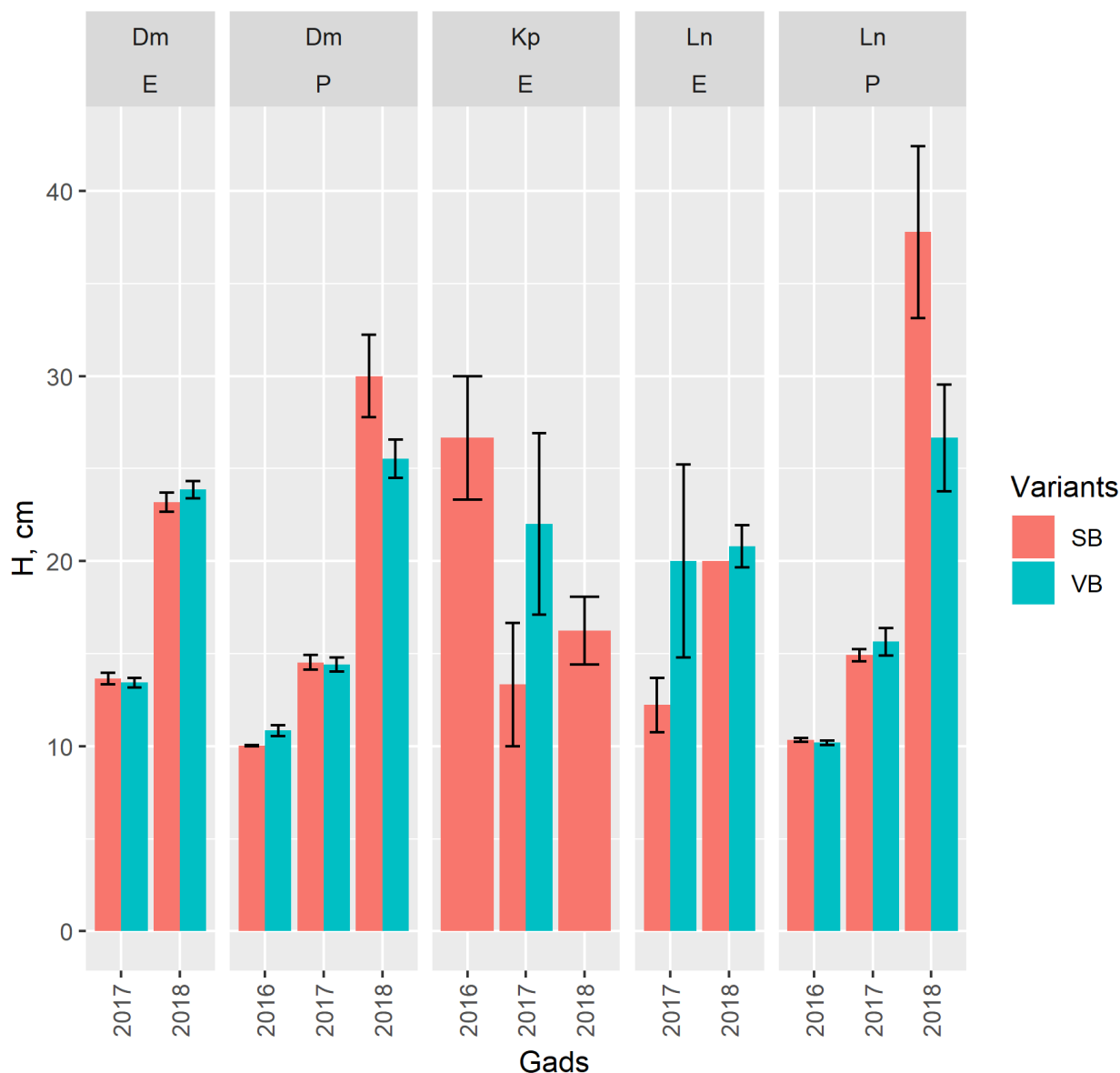
Attēls 146. Dabiski ieaugušo kociņu biezums biomasas izvākšanas objektos (nogriežņi attēlo standartklūdas)

Dabiski ieaugušo kociņu augstums

Objektā Dm abos parauglaukuma variantos 2018. gadā dabiski ieaugušo eglīšu augstums pieaudzis par ~10 cm un priedīšu augstums 2018. gadā VB laukumā pieaudzis par ~10 cm, savukārt SB laukumā par ~15 cm (Attēls 147).

Kūdrenī, salīdzinot 2017. un 2018. gadu SB laukumā, novērots dabiski ieaugušo eglu augstumu palielinājums, turpretim VB laukumā dabiski ieaugušās eglītes nav izdzīvojušas. Jāpiebilst, ka dabiski ieaugušo kociņu skaits Kūdrenī ir ļoti mazs (Attēls 147).

Lānā dabiski ieaugušo eglīšu augstums SB laukumā ir pieaudzis, turpretim VB laukumā nav novērots to augstuma pieaugums. Dabiski ieaugušo eglīšu skaits Lānā ir ļoti mazs. Dabisko priedīšu produktivitāte Lānā 2016. un 2017. gadā nav bijusi būtiski atšķirīga starp variantiem, savukārt 2018. gadā priedītes vidēji ir garākas SB laukumā. Pēdējā uzskaites gadā Lāna SB laukumā dabisko priedīšu augstums pieaudzis par ~22 cm, savukārt VB laukumā par ~11 cm. Lāna SB laukumā 2018. gadā arī stādītie kociņi ir augstāki, salīdzinot ar VB laukumu.



Attēls 147. Dabiski izaugušo kociņu augstums biomasas izvēšanas objektos (nogriežņi attēlo standartklūdas)

2018. gadā nevienā no objektiem netika konstatēti bojā gājuši kociņi, tomēr šajā uzskaitē tika konstatēts lielāks skaits pārnadžu bojājumu objektos Dm un Ln, salīdzinot ar iepriekšējiem uzskaites gadiem. Pirmajās uzskaitēs (2016. un 2017. gadā) bojāto kociņu bija ievērojami vairāk objektā Kp (Tabula 18, Tabula 19, Tabula 20).

Lielāks skaits dabiski izaugušo kociņu pirmajos uzskaites gados galvenokārt ir laukumos, kur izvēta tikai stumbra biomasu. Tomēr 2018. gadā šāda sakarība nav izteikta, kā arī dabiski izaugušo kociņu skaits gandrīz visu objektu abos variantos ir sarucis, salīdzinot ar 2017. gadu.

Kopumā 2018. gadā vairāk dzīvu stādīto kociņu ir priežu jaunaudzumu objektos – Dm un Ln, pēc tam seko Kp.

Tabula 18. 2016. gada koku uzskaites rezultāti jaunaudzē pētījuma objektos Kalsnavā (SB - izvēta stumbru biomasu; VB - izvēta visa virszemes biomasu), koki ha⁻¹

Objekts	Nebojāti		Bojāti		Gājuši bojā		Dabiski izauguši		Kopā dzīvi stādīti	
	SB	VB	SB	VB	SB	VB	SB	VB	SB	VB
Ln	2250	2500	300	150	75	50	10400	5175	2550	2650
Dm	2125	1425	300	50	50	525	9425	4175	2425	1475
Kp	725	925	1375	575	100	200	225	25	2100	1500

Tabula 19. 2017. gada koku uzskaites rezultāti jaunaudzē pētījuma objektos Kalsnavā (SB - izvākta stumbru biomasa; VB - izvākta visa virszemes biomasa), koki ha⁻¹

Obj.	Nebojāti		Bojāti				Gājuši bojā		Dabiski ieauguši (P)		Dabiski ieauguši (E)		Kopā dzīvi stādīti	
	SB	VB	SB	VB		SB	VB	SB	VB	SB	VB	SB	VB	
Ln	2725	2550	75	150		0	0	11850	3725	225	300	2800	2700	
Dm	2150	2225	325	100		0	0	7575	7025	10025	9775	2475	2325	
			Sāni	Gal.	Sāni	Gal.								
Kp	850	250	325	250	875	900	100	50	0	0	250	125	1425	2025

Tabula 20. 2018. gada koku uzskaites rezultāti jaunaudzē pētījuma objektos Kalsnavā (SB - izvākta stumbru biomasa; VB - izvākta visa virszemes biomasa), koki ha⁻¹

Objekts	Nebojāti		Bojāti		Gājuši bojā		Dabiski izauguši (P)		Dabiski izauguši (E)		Kopā dzīvi stādīti	
	SB	VB	SB	VB	SB	VB	SB	VB	SB	VB	SB	VB
Ln	1725	1675	600	600	0	0	225	225	25	625	2325	2275
Dm	600	625	1800	1825	0	0	625	1175	6850	8100	2400	2450
Kp	775	950	425	950	0	0	25	0	200	0	1200	1900

Turpmākajās tabulās atspoguļots nebojāto, bojāto un bojā gājušo kociņu īpatsvars (Tabula 21, Tabula 22, Tabula 23). Pirmajos uzskaites gados liels bojāto kociņu īpatsvars tika konstatēts objektā Kp, kas skaidrojams ar to, ka šajā objekta netika veikta jauno kociņu apstrāde pret pārnadžu bojājumiem atšķirībā no priežu jaunaudžu objektiem. Tomēr 2018. gada uzskaitē objekta Dm abos variantos ir samērā liels bojāto kociņu īpatsvars (74.2% un 73.6%). Arī objektā Ln, salīdzinot ar pirmajiem uzskaites gadiem, ir liels bojāto kociņu īpatsvars (25.8 % un 26.4%). Lānā stādīto nebojāto kociņu īpatsvars līdz 2017. gadam bija pieaudzis, kas skaidrojams ar stādījuma papildinājumu, tomēr 2018. gadā tas ir sarucis, jo 2018. gadā par vairāk nekā 20% ir pieaudzis bojāto kociņu īpatsvars, salīdzinot ar 2017. gadu. Damaksnī pirmajos uzskaites gados bija liels nebojāto kociņu īpatsvars, tomēr 2018. gadā, salīdzinot ar 2017. gada uzskaiti, bojāto kociņu īpatsvars ir pieaudzis par vairāk nekā 60% (par 61.1% un 69.3%).

2018. gadā nav konstatēti bojā gājuši kociņi. 2018. gadā nav konstatētas bojāto un nebojāto kociņu īpatsvara atšķirības pa objektu variantiem. Kopumā 2018. gadā visu objektu visos variantos tika konstatēts liels īpatsvars pārnadžu darbības skarto kociņu. Kūdreņī jāņem vērā, ka kociņi vēl nav atkopušies no 2017. gada bojājumiem.

Tabula 21. Stādīto bojāto, nebojāto un bojā gājušo koku īpatsvars (%) 2016. gadā

Objekts	Nebojātie (%)		Bojātie (%)		Bojā gājušie (%)	
	SB	VB	SB	VB	SB	VB
Ln	85.7	92.6	11.4	5.6	2.9	1.9
Dm	85.9	71.3	12.1	2.5	2.0	26.3
Kp	33.0	54.4	62.5	33.8	4.5	11.8

Tabula 22. Stādīto bojāto, nebojāto un bojā gājušo koku īpatsvars (%) 2017. gadā

Objekts	Nebojātie (%)		Bojātie (%)		Bojā gājušie (%)	
	SB	VB	SB	VB	SB	VB
Ln	97.3	94.4	2.7	5.6	0.0	0.0
Dm	86.9	95.7	13.1	4.3	0.0	0.0
Kp	55.7	12.0	37.7	85.5	6.6	2.4

Tabula 23. Stādīto bojāto, nebojāto un bojā gājušo koku īpatsvars (%) 2018. gadā

Objekts	Nebojātie (%)		Bojātie (%)		Bojā gājušie (%)	
	SB	VB	SB	VB	SB	VB
Ln	74.2	73.6	25.8	26.4	0.0	0.0
Dm	25.8	26.4	74.2	73.6	0.0	0.0
Kp	64.6	50.0	35.4	50.0	0.0	0.0

Secinājumi

1. Būtiski lielāks stādīto koku augstums konstatēts objekta Ln parauglaukumā, kur izvākta stumbra biomasa, salīdzinot ar parauglaukumu, kur izvākta visa biomasa. Kūdreņī tendence ir pretēja, bet damaksnī būtiskas atšķirības nav konstatētas. Rezultāti patlaban netieši norāda uz mežizstrādes atlieku sadalīšanās rezultātā atbrīvoto barības vielu nozīmi jaunaudzies attīstībā mazauglīgos meža tipos.
2. Lielāks skaits dabiski izaugušo kociņu pirmajos uzskaites gados galvenokārt ir laukumos, kur izvākta tikai stumbra biomasa. Tomēr 2018. gadā šāda sakarība nav izteikta, un dabiski izaugušo kociņu skaits gandrīz visu objektu abos variantos ir ievērojami sarucis, salīdzinot ar 2017. gadu. Tomēr ievērojamā dabiski izaugušo priežu augstuma atšķirība (garākas SB parauglaukumā) apstiprina iepriekšējo secinājumu.
3. Pirmajos gados pēc mežizstrādes ciršanas atliekas veido daudzveidīgākus apstākļus un samazina zemsedzes veģetācijas konkurenci, kas labvēlīgi ietekmē koku dabisko atjaunošanos. Turpmāk, ciršanas atliekām sadaloties, atšķirības starp variantiem kļūst mazāk izteiktas.

Izmantotā literatūra:

Egnell, Gustaf. 2016. "Effects of Slash and Stump Harvesting after Final Felling on Stand and Site Productivity in Scots Pine and Norway Spruce." *Forest Ecology and Management* 371: 42–49.

Publicitāte

Publikācijas

- Klavins I., Bardule A., Libiete Z. 2018. Changes in macronutrient concentrations in soil solution following regeneration felling in pine and spruce stands: whole-tree harvesting versus stem-only harvesting. *Proceedings of the 8th International Scientific Conference Rural Development 2017*, DOI: <http://doi.org/10.15544/RD.2017.172>
- Kalvite Z., Libiete Z., Bardule A. 2018. Forest management and water quality in Latvia: identifying challenges and seeking solutions. *Changes in macronutrient concentrations in soil solution following regeneration felling in pine and spruce stands: whole-tree harvesting versus stem-only harvesting. Proceedings of the 8th International Scientific Conference Rural Development 2017*, DOI: <http://doi.org/10.15544/RD.2017.146>
- Matisone I., Zumberga A., Libiete Z., Gerra-Inohosa L., Jansons J. 2018. The impact of forest infrastructure reconstruction on expansion of potentially invasive plant species: First results from a study in Latvia. *Journal of forest science*, 64, 2018 (8): 353–357

Konferences

- Libiete Z., Bardule A., Donis J., Paulina I., Jurmalis E. Price and flows of non-wood forest products in the retail market in 2017 in Latvia. "ESP EUROPE 2018 REGIONAL CONFERENCE", San-Sebastian, Spānija, 15.-19.10.2018. Stenda ziņojums.
- Donis J., Volkinsteine D., Libiete Z., Bardule A., What lies at the core? – Understanding the cultural patterns defining the extraction and use habits of non-wood forest products in Latvia for better planning of multi-purpose forestry. "ESP EUROPE 2018 REGIONAL CONFERENCE", San-Sebastian, Spānija, 15.-19.10.2018. Stenda ziņojums.
- Paulina I., Libiete Z., Bardule A. Forest ecosystems and their elements as inspiration for art. "ESP EUROPE 2018 REGIONAL CONFERENCE", San-Sebastian, Spānija, 15.-19.10.2018. Stenda ziņojums.

2. Ilgtspējīgi intensificētas mežsaimniecības īstermiņa un ilgtermiņa ietekmes uz nodrošinošo, regulējošo un uzturošo meža ekosistēmu pakalpojumu kvalitāti novērtējums

Šīs aktivitātes ietvaros pētījumi 2018.gadā īstenoti divos virzienos: 1) celmu izstrādes ietekme uz meža ekosistēmas komponentiem dažādos laika mērogos; 2) liela izmēra mežizstrādes/dabisko traucējumu ietekme uz meža ekosistēmas komponentiem.

Nodaļu sagatavoja: Z. Lībiete, A. Bārdule, I. Kļaviņš, Z. Kalvīte, L. Gerra-Inohosa, N. Burņeviča, Ā. Jansons, R. Čakšs, L. Jansone, A. Kārklīņa, D. Jansone, M. Kitenberga, L. Robalte.

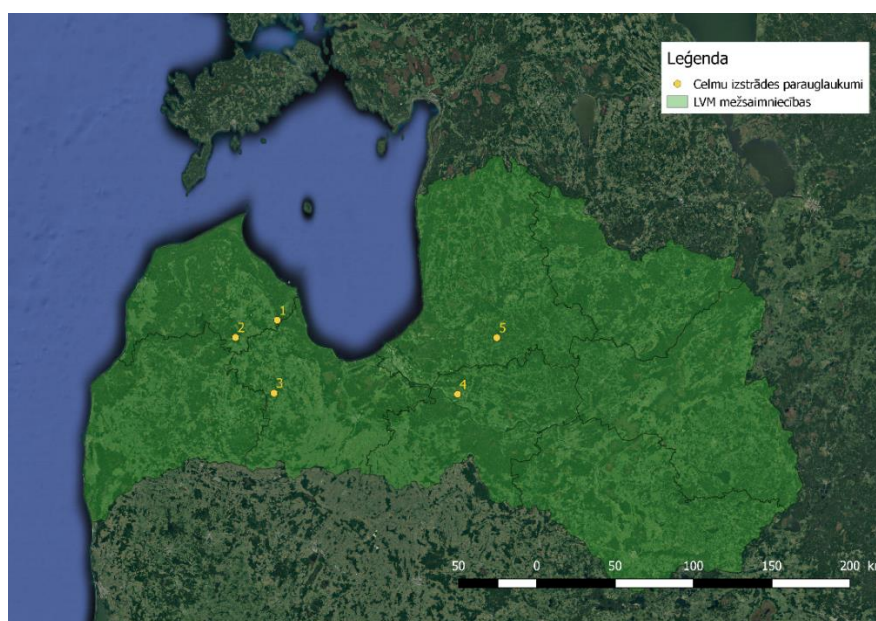
2.1. Celmu izstrādes vidēja termiņa ietekme

2.1.1. Objekti

Pētījums veikts piecos objektos (Tabula 24, Attēls 148) Rietumvidzemes, Ziemeļkurzemes, Zemgales un Vidusdaugavas mežsaimniecībās. Katrā objektā ierīkoti divi parauglaukumi izmēģinājumu veikšanai, tajā skaitā viens parauglaukums kontrolei (izvākta tikai virszemes biomas) un viens – atcelmošanas ietekmes izpētei. Parauglaukuma platība ir vismaz 0.5 ha. Starp atcelmoto un kontroles parauglaukumu meža atjaunošanas izmēģinājumos atstāta buferjosla, ko veido vismaz 10 m plata atcelmota un 10 m plata neatcelmota josla.

Tabula 24. Celmu izstrādes ietekmes pētījuma objektu raksturojums

Nr.p.k.	Pētījuma objekta nosaukums	Kods	Platība, ha	Mežsaimniecība/ iecirknis	Meža tips	Audzes sastāva formula/ vecums
1	Rembate	80-29-07-501-360-9	3	Vidusdaugavas/ Ogres	Dm	6E3P1B ₉₈
2	Jaunpils	83-05-07-603-326-7	1.4; 1.7	Zemgales / Kandavas	Vr	5B4E1P ₈₇ ; 6E3B1P ₈₇
3	Stende	82-04-07-714-188-9	2	Ziemeļkurzemes/ Vanemas	Vr	-
4	Dursupe	82-05-07-712-437-8	3.4	Ziemeļkurzemes/ Mērsraga	Dm	6E4P ₉₇
5	Nītaure	65-03-07-410-58-34	1.7	Rietumvidzemes / Vēru	Dm	8E ₁₀₃ 1B ₈₃ 1P ₈₃



Attēls 148. Pētījuma objekti celmu izstrādes vidēja termiņa ietekmes novērtēšanai (1 – Dursupe, 2 – Stende, 3 – Jaunpils, 4 – Rembate, 5 – Nītaure)

Celmu izstrāde veikta 2012. gada nogalē, izmantojot divu veidu celmu raušanas un plēšanas kausus – CBI celmu izstrādes kausu, kas montēts uz kāpurķēžu ekskavatora Komatsu PC210LC, un Latvijā izveidota kausa MCR-500 prototipu uz New Holland E215B ekskavatora. Kopā visos izmēģinājumu objektos sagatavotas 149 tonnas celmu saunas (aptuveni 890 ber. m³, pārrēķinot uz biokurināmā tilpuma mērvienībām). Celmi pievesti uz augšgala krautuvi 2013. gadā, 3-6 mēnešus pēc izstrādes. Pēc tam veikta augsnes apstrāde (ar aktīvo disku arklu); un platības apstādītas ar egles ietvarstādiem un melnalkšņa (2 objektos) un egles kailsakņu stādiem ar uzlabotu sakņu sistēmu.

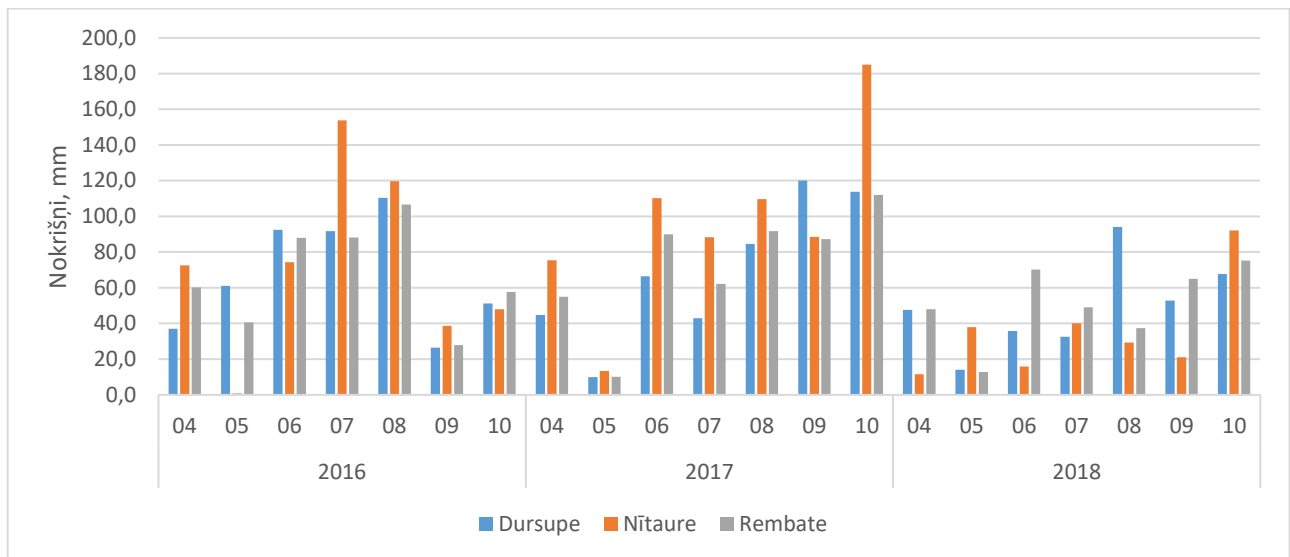
Veicot celmu izstrādi, augsnes īpašības un līdz ar to potenciāli arī augsnes ūdens īpašības tiek ietekmētas vairākos veidos. Pārvietojoties smagajai tehnikai, augsne tiek sablīvēta, tiek mehāniski sajaukti augsnes horizonti, kā arī no ekosistēmas tiek iznestas barības vielas, kas citādi atbrīvotos celmu un sakņu pakāpeniskas sadalīšanās rezultātā. Lai noskaidrotu, vai celmu izstrāde būtiski ietekmē augu saknēm tieši pieejamā augsnes ūdens ķīmisko sastāvu, trijos no 2012. gadā ierīkotajiem pētījuma objektiem – Dursupē, Nītaurē un Rembatē - 2016. gadā tika atsākta augsnes ūdens paraugu ņemšana un analīze. Metodika augsnes ūdens un nokrišņu ūdens paraugu ievākšanai un analīzei aprakstīta Pārskata par pētījuma “Mežsaimniecības ietekme uz meža un saistīto ekosistēmu pakalpojumiem” 2016.gada rezultātiem 2.2. sadaļā.

2.1.2. Ūdens ķīmiskais sastāvs

Nokrišņu daudzums un elementu ienese

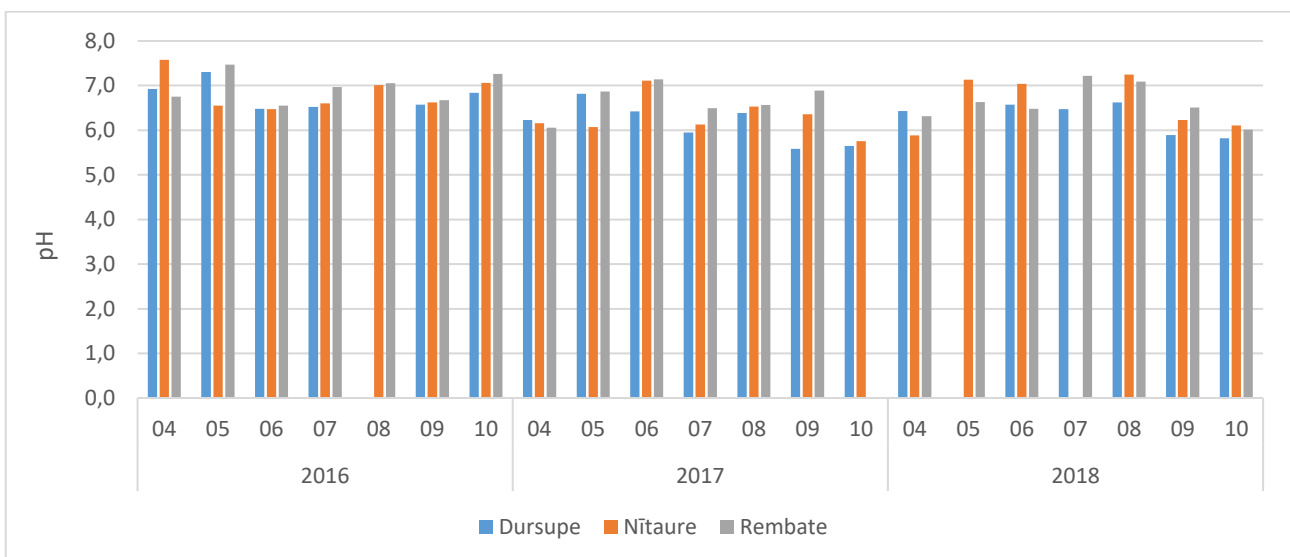
Nokrišņu daudzums dažādos Latvijas novados visai ievērojami atšķiras, un tā ilgtermiņa mainības raksturs uzrāda visai izteiktu Latvijas teritorijā izkritušā nokrišņu daudzuma pieauguma tendenci (Kļaviņš, Cimdiņš, 2004). 2016. gada pētījuma periodā (no aprīļa līdz oktobrim) vismazākais kopējais nokrišņu daudzums konstatēts objektā Rembate – 469 mm, bet vislielākais – objektā Nītaure - 508 mm. 2017. gada pētījumu periodā (no aprīļa līdz oktobrim) vismazākais kopējais nokrišņu daudzums konstatēts objektā Dursupe – 482 mm, bet vislielākais – objektā Nītaure - 670 mm. Turklāt objektā Nītaure kopējais nokrišņu daudzums laika posmā no aprīļa līdz oktobrim 2017. gadā ir par 32% lielāks nekā kopējais nokrišņu daudzums attiecīgajā laika posmā 2016. gadā. 2018. gadā visos pētījuma objektos vērojams ievērojami mazāks kopējais nokrišņu daudzums, salīdzinot ar 2016. un 2017. gada pētījuma periodu. Kopējais nokrišņu daudzums 2018. gada pētījuma periodā (no aprīļa līdz oktobrim) objektā Dursupe bija 345 mm (par 29% mazāk kā vidēji 2016. un 2017. gadā), objektā Nītaure – 248 mm (par 59% mazāk kā vidēji 2016. un 2017. gadā), bet objektā Rembate – 358 mm (par 29% mazāk kā vidēji 2016. un 2017. gadā).

Latvijā izkritušo nokrišņu daudzums ir ievērojami atkarīgs no sezonas: ap 30% nokrišņu izkrīt gada aukstajā daļā, bet 70% - gada siltākajos mēnešos (no aprīļa līdz oktobrim)(Kļaviņš, Cimdiņš, 2004). Pētījuma objektos nokrišņiem bagātākie mēneši 2016. gadā bija jūnijs, jūlijs un augusts, 2017. gadā – augusts, septembris un oktobris, bet 2018. gadā - oktobris (Attēls 149).



Attēls 149. Nokrišņu sadalījums pa mēnešiem pētījuma objektos 2016., 2017. un 2018. gada pētījuma periodā

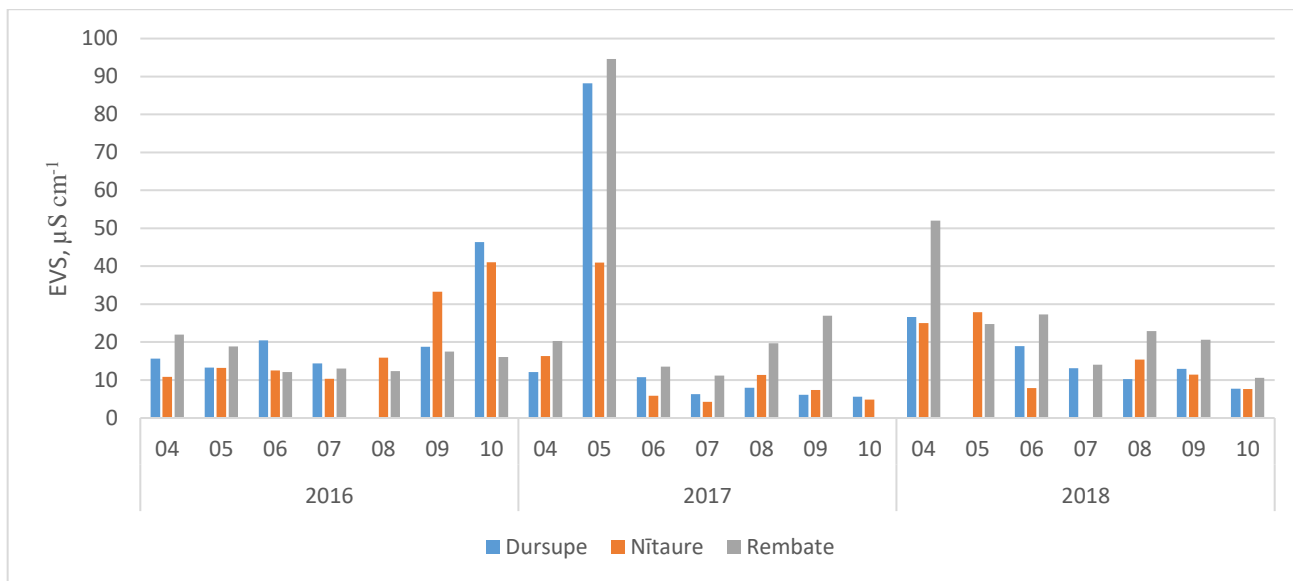
Nozīmīgākie faktori, kas ietekmē atmosfēras nokrišņu sastāvu, ir atmosfērā esošie putekļi un aerosoli, kā arī gāzveida vielas (Kļaviņš, Cimdiņš, 2004). Nokrišņu ķīmijas pētījumos tradicionāli galvenokārt pēta sēra un slāpekļa savienojumus, kuriem ir vidi paskābinoša ietekme, un bāziskos katjonus (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+}), kam ir vidi neitralizējoša ietekme (Tērauda, 2008). 150.attēlā parādīts nokrišņu ūdens pH pētījuma objektos 2016., 2017. un 2018. gada pētījuma periodā. 2016. gadā nokrišņu ūdens pH svārstījās no 6.5 objektos Dursupe un Nītaure līdz 7.6 objektā Nītaure, bet vidējais nokrišņu ūdens pH pētījuma objektos bija 6.9 ± 0.1 . 2017. gadā nokrišņu ūdens pH svārstījās no 5.6 objektā Dursupe līdz 7.1 objektā Rembate, bet vidējā nokrišņu ūdens pH vērtība pētījuma objektos 2017. gadā bija nedaudz zemāka salīdzinot ar 2016. gadu - $\text{pH } 6.4 \pm 0.1$. Līdzīgi arī 2018. gadā nokrišņu ūdens pH svārstījās no 5.8 objektā Dursupe līdz 7.3 objektā Nītaure, bet vidējā nokrišņu ūdens pH vērtība pētījuma objektos 2018. gadā bija 6.5 ± 0.1 .



Attēls 150. Nokrišņu ūdens pH pētījuma objektos 2016., 2017. un 2018. gada pētījuma periodā

Nokrišņu ūdens elektrovadītspēja (EVS) raksturo augsnes ūdenī izšķīdušo sāļu daudzumu. 151.attēlā parādīta nokrišņu ūdens elektrovadītspēja pētījuma objektos 2016., 2017. un 2018. gada pētījuma periodā.

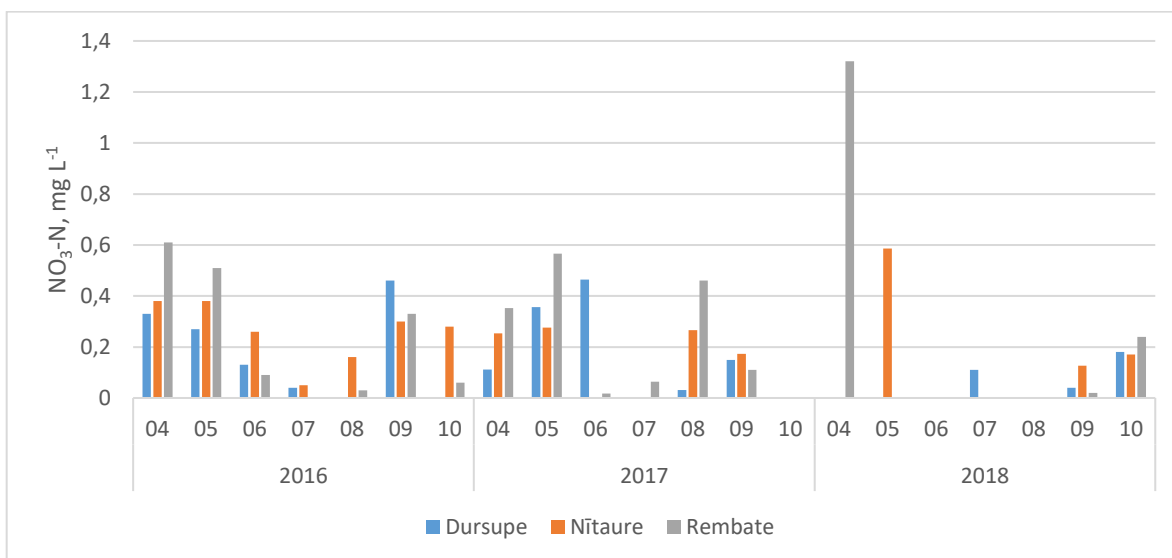
Vidējā nokrišņu ūdens elektrovadītspēja pētījuma objektos 2016. gadā bija $18 \pm 2 \mu\text{S cm}^{-1}$, 2017. gadā - $21 \pm 6 \mu\text{S cm}^{-1}$, bet 2018. gadā - $19 \pm 2 \mu\text{S cm}^{-1}$.



Attēls 151. Nokrišņu ūdens elektrovadītspēja pētījuma objektos 2016., 2017. un 2018. gada pētījuma periodā

Pēdējā laikā interese par slāpekļa saturu nokrišņos un iespējamo jutīgo ekosistēmu (gan jūras, gan sauszemes) eutrofikāciju ir pieaugusi, tomēr, kā norāda zinātnieki, lielākoties uzmanība tiek pievērsta neorganiskajam slāpeklim, ignorējot organisko slāpekli. Izšķīdušais organiskais slāpeklis nokrišņos (lietū) var sasniegt 70% no kopējā slāpekļa satura. Slāpekļa savienojumiem ir divkārtīga ietekme uz zemsedzes veģetāciju – gan barības elementu bagātināšanās, gan paskābināšanās ziņā. Zemsedzes veģetācija (graudzāles, briofīti, ķērpji u.c.) bieži ir daudz jutīgāki pret šādiem efektiem nekā koki (Tērauda, 2008).

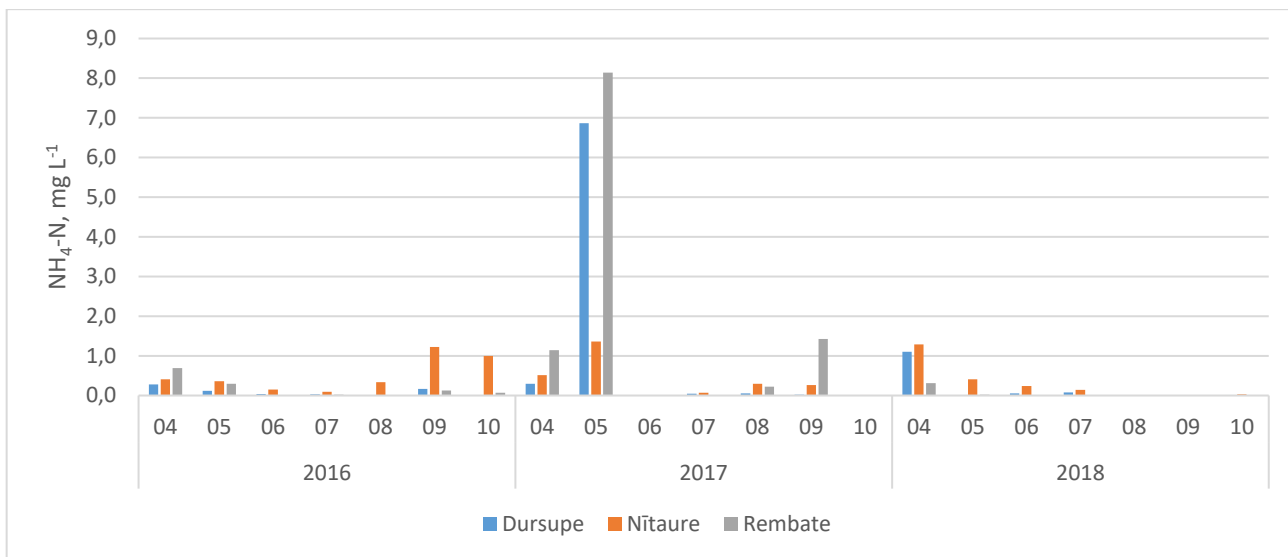
152.attēlā atspoguļots nitrātu (NO_3^- -N) saturs nokrišņu ūdenī pētījuma objektos 2016., 2017. un 2018. gadā. Pētījuma objektos slāpeklis nokrišņu ūdenī nitrātu jonu formā bija vidēji $34 \pm 4\%$ 2016. gadā, $21 \pm 5\%$ 2017. gadā un $17 \pm 6\%$ 2018. gadā no kopējā izšķīdušā slāpekļa satura. 2016. gadā nitrātu jonu saturs nokrišņu ūdenī pētījuma objektos svārstījās amplitūdā līdz $0.61 \text{ mg NO}_3^- \text{ N L}^{-1}$, 2017. gadā – līdz $0.57 \text{ mg NO}_3^- \text{ N L}^{-1}$, bet 2018. gadā – līdz $1.32 \text{ mg NO}_3^- \text{ N L}^{-1}$.



Attēls 152. Nitrātu saturs nokrišņu ūdenī pētījuma objektos 2016., 2017. un 2018. gada pētījuma periodā

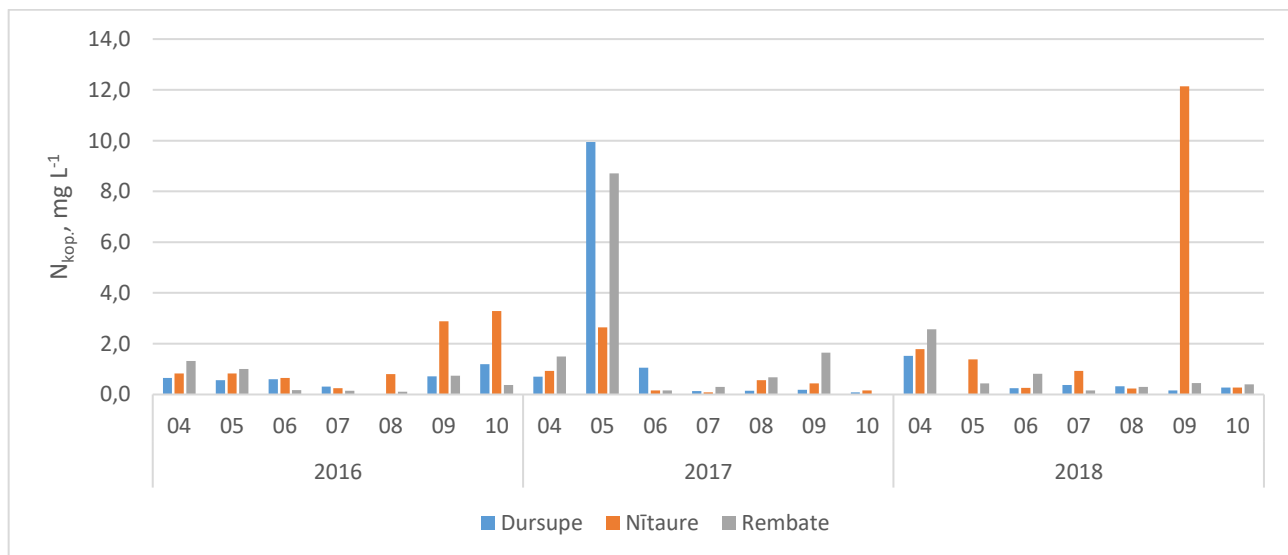
153.attēlā atspoguļots amonija jonu (NH_4^+ -N) saturs nokrišņu ūdenī pētījuma objektos 2016., 2017. un 2018. gada pētījuma periodā. Pētījuma objektos slāpeklis nokrišņu ūdenī amonija jonu formā bija vidēji $31 \pm 4\%$ 2016. gadā, $39 \pm 7\%$ 2017. gadā un $21 \pm 2\%$ 2018. gadā no kopējā izšķīdušā slāpekļa satura. 2016. gadā amonija

jonu saturs nokrišņu ūdenī pētījuma objektos svārstījās amplitūdā līdz $1.23 \text{ mg NH}_4^+-\text{N L}^{-1}$, 2017. gadā – līdz $8.14 \text{ mg NH}_4^+-\text{N L}^{-1}$, bet 2018. gadā – līdz $1.29 \text{ mg NH}_4^+-\text{N L}^{-1}$.



Attēls 153. Amonija jonu saturs nokrišņu ūdenī pētījuma objektos 2016. un 2017. gada pētījuma periodā

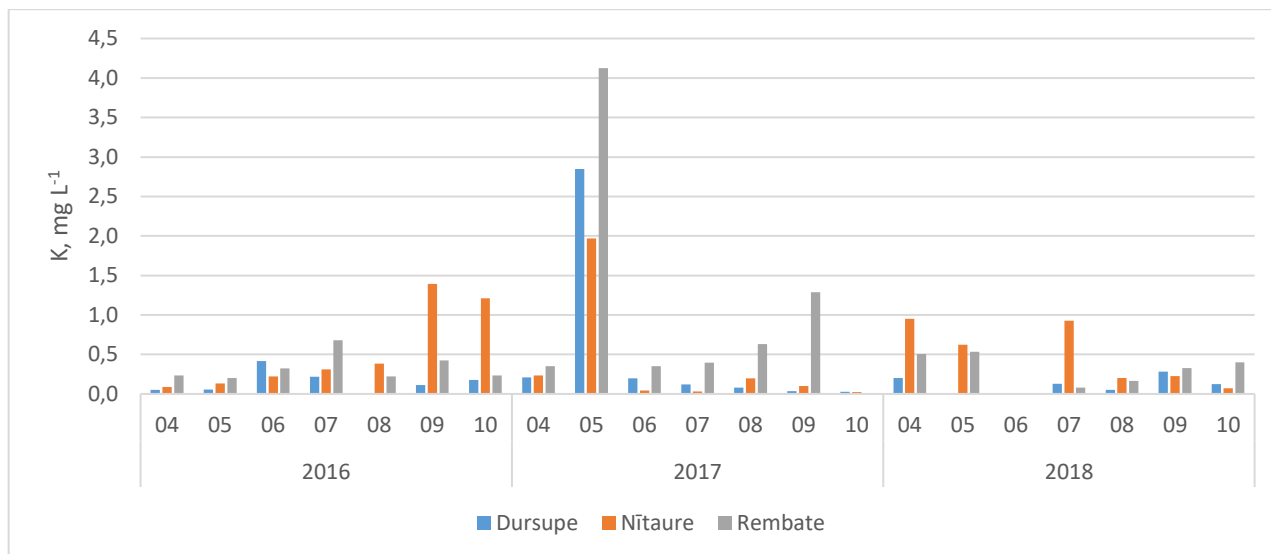
154. attēlā atspoguļots kopējais slāpekļa ($N_{\text{kop.}}$) saturs nokrišņu ūdenī pētījuma objektos 2016., 2017. un 2018. gadā. 2016. gadā kopējais slāpekļa saturs nokrišņu ūdenī pētījuma objektos svārstījās amplitūdā līdz 3.29 mg N L^{-1} . 2017. gadā maksimālās kopējā slāpekļa satura vērtība nokrišņu ūdenī konstatētas pētījuma objektos Dursupe un Rembate maija mēnesī ($N_{\text{kop.}}$ saturs 9.94 mg N L^{-1} un 8.71 mg N L^{-1} , attiecīgi), kas galvenokārt skaidrojams ar būtiski palielinātām amonija jonu satura vērtībām (Attēls 153). Savukārt 2018. gadā maksimālā kopējā slāpekļa satura vērtība nokrišņu ūdenī konstatēta pētījuma objektā Nītaure septembra mēnesī ($N_{\text{kop.}}$ saturs 12.1 mg N L^{-1}).



Attēls 154. Kopējā slāpekļa saturs nokrišņu ūdenī pētījuma objektos 2016., 2017. un 2018. gadā

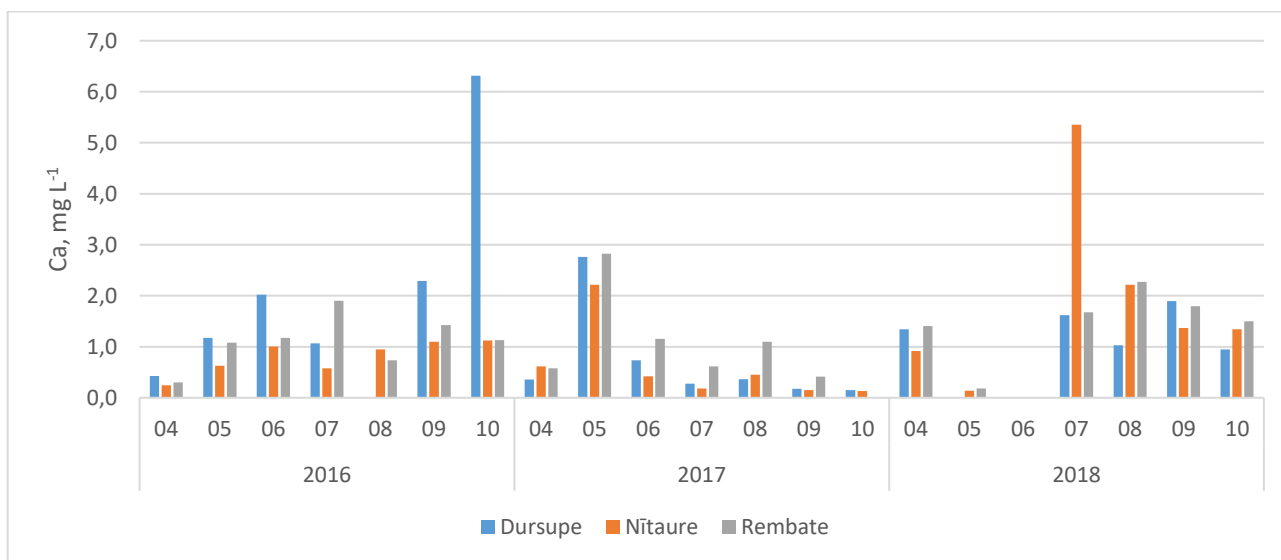
Lietus un sniega ūdenī galvenais bāzisko katjonu avots ir putekļi un aerosoli (Kļaviņš, Cimdiņš, 2004). 155.attēlā atspoguļots kālija saturs (K , mg L^{-1}) nokrišņu ūdenī pētījuma objektos 2016., 2017. un 2018. gadā. 2016. gadā K saturs nokrišņu ūdenī pētījuma objektos svārstījās amplitūdā līdz 1.39 mg L^{-1} , bet vidējais K saturs nokrišņu ūdenī pētījuma periodā bija $0.35 \pm 0.08 \text{ mg L}^{-1}$. 2017. gadā augstākās K satura vērtības visos pētījuma objektos novērotas maija mēnesī, maksimālā vērtība (4.12 mg L^{-1}) konstatēta pētījuma objektā Rembate. Vidējais K saturs nokrišņu ūdenī 2017. gada pētījuma periodā bija $0.66 \pm 0.25 \text{ mg L}^{-1}$. 2018. gadā K saturs nokrišņu ūdenī pētījuma objektos svārstījās amplitūdā līdz 0.95 mg L^{-1} , bet vidējais K saturs nokrišņu ūdenī pētījuma periodā bija $0.34 \pm 0.08 \text{ mg L}^{-1}$. Gada vidējais K saturs atklāta lauka nokrišņu ūdenī laika periodā no 1994. līdz

2004. gadam integrālā meža monitoringa stacijā Rucava bija $0.6 \pm 0.4 \text{ mg L}^{-1}$, bet stacijā Taurene – $0.3 \pm 0.1 \text{ mg L}^{-1}$ (Tērauda, 2008).



Attēls 155. Kālija koncentrācija nokrišņu ūdenī pētījuma objektos 2016., 2017. un 2018. gadā

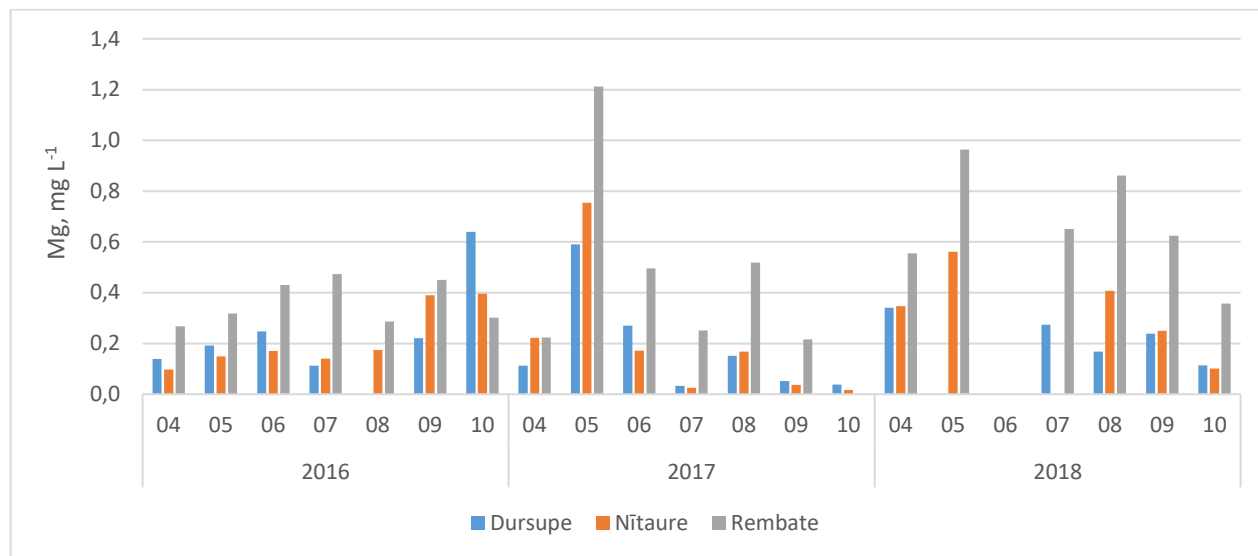
156.attēlā atspoguļots kalcija saturs (Ca , mg L^{-1}) nokrišņu ūdenī pētījuma objektos 2016., 2017. un 2018. gadā. 2016. gadā Ca saturs nokrišņu ūdenī pētījuma objektos svārstījās amplitūdā līdz 6.3 mg L^{-1} , bet vidējais Ca saturs nokrišņu ūdenī pētījuma periodā bija $1.3 \pm 0.3 \text{ mg L}^{-1}$. 2017. gadā Ca saturs nokrišņu ūdenī pētījuma objektos svārstījās amplitūdā līdz 2.8 mg L^{-1} , bet vidējais Ca saturs nokrišņu ūdenī pētījuma periodā bija $0.78 \pm 0.19 \text{ mg L}^{-1}$. 2018. gadā maksimālā kalcija satura vērtība nokrišņu ūdenī konstatēta pētījuma objektā Nītaure jūlija mēnesī (Ca saturs 5.4 mg N L^{-1}), bet vidējais Ca saturs nokrišņu ūdenī pētījuma periodā bija $1.6 \pm 0.3 \text{ mg L}^{-1}$. Gada vidējais Ca saturs atklāta lauka nokrišņu ūdenī laika periodā no 1994. līdz 2004. gadam integrālā meža monitoringa stacijā Rucava bija $0.8 \pm 0.5 \text{ mg L}^{-1}$, bet stacijā Taurene – $0.6 \pm 0. \text{ mg L}^{-1}$ (Tērauda, 2008).



Attēls 156. Kalcija koncentrācija nokrišņu ūdenī pētījuma objektos 2016., 2017. un 2018. gadā

157.attēlā atspoguļots magnija saturs (Mg , mg L^{-1}) nokrišņu ūdenī pētījuma objektos 2016., 2017. un 2018. gadā. 2016. gadā Mg saturs nokrišņu ūdenī pētījuma objektos svārstījās amplitūdā līdz 0.64 mg L^{-1} , bet vidējais Mg saturs nokrišņu ūdenī pētījuma periodā bija $0.28 \pm 0.03 \text{ mg L}^{-1}$. 2017. gadā Mg saturs nokrišņu ūdenī pētījuma objektos svārstījās amplitūdā līdz 1.21 mg L^{-1} , turklāt visos pētījuma objektos augstākās Mg satura vērtības konstatētas maija mēnesī. Vidējais Mg saturs nokrišņu ūdenī 2017. gada pētījuma periodā bija $0.28 \pm 0.07 \text{ mg L}^{-1}$. Līdzīgi kā 2017. gadā, arī 2018. gadā maksimālā magnija satura vērtība nokrišņu ūdenī konstatēta pētījuma objektā Nītaure maija mēnesī (Mg saturs 0.96 mg N L^{-1}), bet vidējais Mg saturs nokrišņu ūdenī pētījuma periodā bija $0.43 \pm 0.07 \text{ mg L}^{-1}$. Gada vidējais Mg saturs atklāta lauka nokrišņu ūdenī laika periodā no 1996. līdz

2004. gadam integrālā meža monitoringa stacijās Rucava un Taurene bija $0.2 \pm 0.1 \text{ mg L}^{-1}$ (Tērauda, 2008). Pētījuma objektos novērota vidēji cieša un cieša korelācija (korelācijas koeficients r 2016. gadā bija 0.77, bet 2017. gadā - 0.97) starp nokrišņu ūdeņu elektrovadītspēju, kas raksturo izšķīdušo sāļu daudzumu, un bāzisko katjonu kumulatīvo saturu. 2018. gada pētījuma periodā šāda sakarība netika novērota.



Attēls 157. Magnija koncentrācija nokrišņu ūdenī pētījuma objektos 2016., 2017. un 2018. gadā

Ķīmisko elementu un savienojumu izsēšanās no atmosfēras ir process, kurā nokrišņi (lietus, sniegs, migla), cietās daļiņas, aerosoli un gāzes no atmosfēras gravitācijas spēku ietekmē izsēžas uz augsnes virsmas. Kopējo vielu izsēšanos veido mitrā un sausā izsēšanās, kā arī dažos pasaules reģionos (piemēram, kalnu apvidos) izsēšanās ar miglu un mākoņos esošiem ūdens aerosoliem (Tērauda, 2008). 2016. gada pētījuma periodā vislielākais kopējais ar nokrišņiem ienestais N saturošu savienojumu, $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ un K daudzums uz platības vienību konstatēts objektā Nītaure, bet vismazākā minēto elementu ienese – objektā Dursupe (Tabula 25). Savukārt 2017. gadā vislielākais ar nokrišņiem ienestais barības elementu daudzums uz platības vienību konstatēts objektā Rembate, bet vismazākais – objektā Dursupe (līdzīgi kā 2016. gada pētījuma periodā). 2018. gadā vislielākais kopējais ar nokrišņiem ienestais N saturošu savienojumu un $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ daudzums uz platības vienību konstatēts objektā Nītaure, bet vismazākais – objektā Dursupe, savukārt vislielākais kopējais ar nokrišņiem ienestais bāzisko katjonu daudzums uz platības vienību konstatēts objektā Rembate.

Tabula 25. Kopējais ar nokrišņiem ienestais ķīmisko elementu daudzums pētījuma objektos 2016., 2017. un 2018. gada pētījuma periodā (aprīlis-oktobris)

Objekts/ elements	$\text{NO}_3^-\text{-N}$, kg ha^{-1}	$\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$, kg ha^{-1}	$\text{NH}_4^+\text{-N}$, kg ha^{-1}	K, kg ha^{-1}	Ca, kg ha^{-1}	Mg, kg ha^{-1}	$\text{N}_{\text{kop.}}$, kg ha^{-1}
2016. gada pētījuma periods							
Dursupe	0.57	0.000	0.28	0.76	7.55	0.89	2.22
Nītaure	0.99	0.005	1.91	2.29	3.92	0.96	5.13
Rembate	0.81	0.004	0.64	1.60	5.16	1.69	2.02
2017. gada pētījuma periods							
Dursupe	0.60	0.18	0.91	0.70	1.73	0.54	2.51
Nītaure	0.67	0.03	1.20	0.86	2.25	0.73	2.60
Rembate	1.04	0.75	4.12	3.65	4.31	1.84	5.87
2018. gada pētījuma periods							
Dursupe	0.18	0.002	0.61	0.61	4.60	0.85	1.72
Nītaure	0.41	0.035	0.43	0.95	4.74	0.79	4.03
Rembate	0.83	0.006	0.17	1.18	5.83	2.04	2.65

Barības vielu koncentrācija augsnes ūdenī

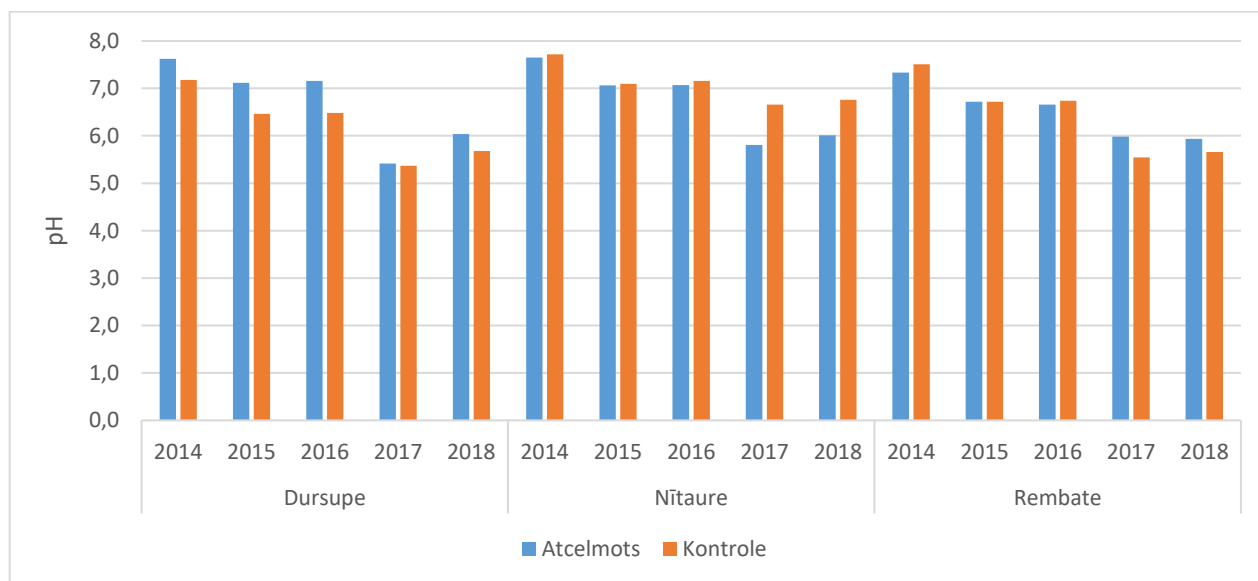
Augsnes ūdens ķīmija atspoguļo vielu ievadi no atmosfēras un vairākus procesus augsnē, kā jonu apmaiņu, mineralizāciju un imobilizāciju. Zināšanas par augsnes ūdens ķīmiju ir īpaši svarīgas, lai novērtētu augsnes ekoloģisko stāvokli, augu augšanas apstākļus un iespējamo vielu izskalošanos gruntsūdeņos un virszemes ūdeņos (Tērauda, 2008).

Augsnes reakcijai ir liela nozīme augstāko augu un augsnes mikroorganismu dzīvības procesos. Palielināts skābums pilnīgi nomāc derīgo mikroorganismu, it īpaši nitrifikatoru un slāpekļa saistītāju baktēriju darbību. Tāpat kā palielināts augsnes skābums, arī izteikts sārmainums izraisa nevēlamas parādības, kuru rezultātā pasliktinās gan bioloģiskie augu augšanas apstākļi, gan arī pašu augšņu fizikālās īpašības. Augsnes skābums vai sārmainums lielā mērā nosaka arī barības elementu uzņemšanu augos.

Visos pētījuma objektos gan kontroles, gan atcelmotajās platībās laika posmā no 2014. līdz 2017. gadam vērojama tendence paskābināties augsnes ūdenim. 2016. gada pētījuma periodā vidējais augsnes ūdens pH svārstījās no pH 6.5 līdz 7.2. Pētījuma objektos Nītaure un Rembate augsnes ūdens reakcija atcelmotajā un kontroles platībā praktiski neatšķīrās, bet objektā Dursupe atcelmotajā platībā augsnes ūdens bija bāziskāks nekā kontroles platībā ($p=0.015$) (Attēls 158). Pētījuma objektos, nokrišņu ūdeņiem skalojoties cauri augsnes slāņiem, ūdeņu paskābināšanās netika novērota.

2017. gadā pētījumu objektos vidējais augsnes ūdens pH svārstījās no 5.4 līdz 6.7 (Attēls 158). Kopumā 2017. gadā vērojama augsnes ūdens paskābināšanās gan atcelmotajās, gan kontroles platībās, salīdzinot ar laika periodu no 2014. līdz 2016. gadam. Pētījuma objektā Dursupe 2017. gadā augsnes ūdens reakcija atcelmotajā un kontroles platībā praktiski neatšķīrās. Objektā Nītaure 2017. gadā atcelmotajā platībā konstatēts vidēji par 0.85 pH vienībām skābāks augsnes ūdens salīdzinot ar kontroles platībām, bet objektā Rembate konstatēta pretēja situācija – kontroles platībā konstatēts vidēji par 0.44 pH vienībām skābāks augsnes ūdens salīdzinot ar atcelmotām platībām.

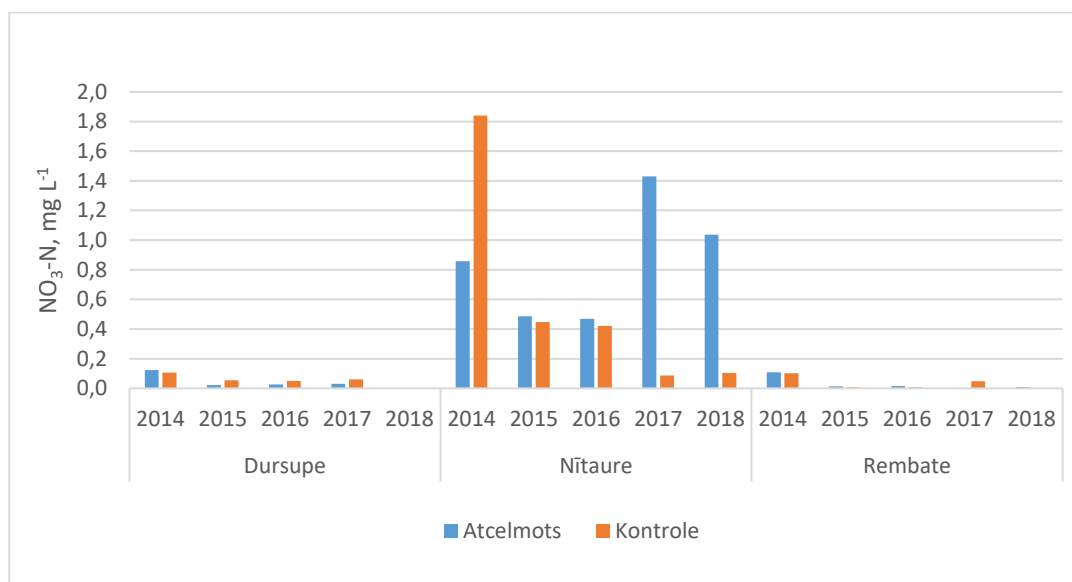
2018. gadā visos pētījuma objektos vērojama tendence augsnes ūdens pH vērtībai atkal nedaudz palielināties, salīdzinot ar 2017. gadu. Līdzīgi kā 2017. gadā, arī 2018. gadā objektos Dursupe un Rembate kontroles platībās konstatēts nedaudz skābāks augsnes ūdens salīdzinot ar atcelmotajām platībām (vidēji par 0.14 pH vienībām), bet objektā Nītaure konstatēta pretēja situācija – atcelmotajā platībā konstatēts vidēji par 0.75 pH vienībām skābāks augsnes ūdens salīdzinot ar kontroles platību.



Attēls 158. Augsnes ūdens pH pētījuma objektos 2016., 2017. un 2018. gadā

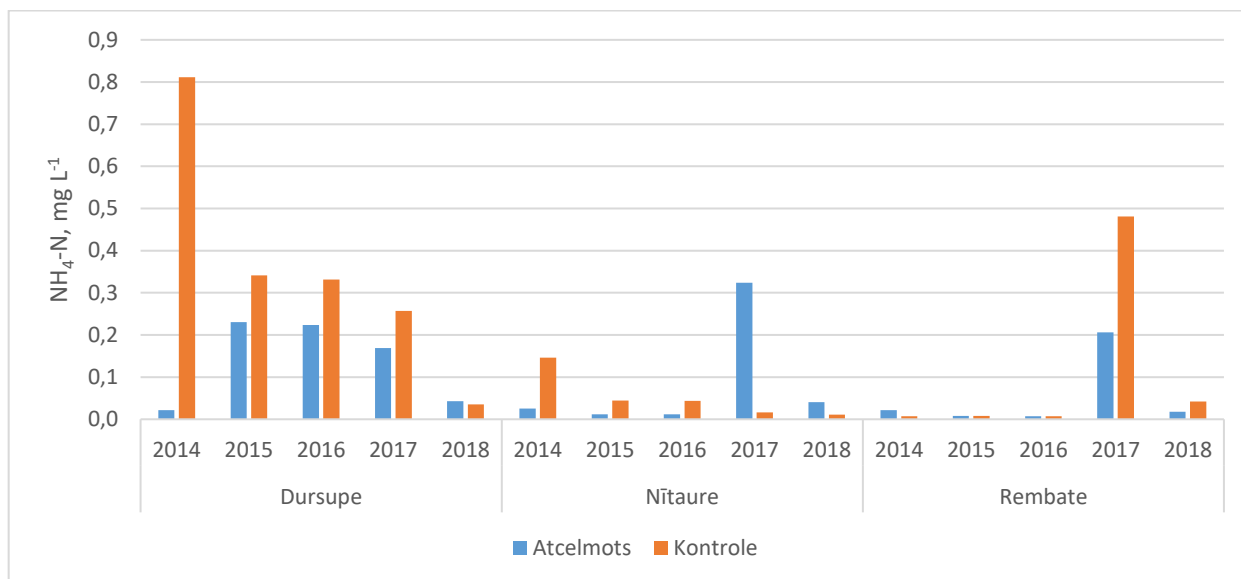
159. attēlā atspoguļots vidējais nitrātu jonu saturs augsnes ūdenī pētījuma objektos laika posmā no 2014. līdz 2018. gadam. Salīdzinot vidējo nitrātu jonu saturu augsnes ūdenī dažādos pētījuma objektos,

ievērojami lielāks nitrātu jonu saturs gan kontroles, gan atcelmotajos parauglaukumos tika konstatēts objektā Nītaure. 2016. gada pētījuma periodā nitrātu jonu saturs augsnes ūdenī svārstījās līdz vidēji $0.47 \text{ mg NO}_3\text{-N L}^{-1}$ (objektā Nītaure). 2016. gada pētījuma periodā nitrātu jonu saturs augsnes ūdenī objektos Nītaure un Rembate lielāks bija atcelmotajos parauglaukumos, bet objektā Dursupe sakarība bija pretēja, taču nitrātu jonu satura atšķirības nebija būtiskas. 2017. un 2018. gada pētījuma periodā lielākais vidējais nitrātu jonu saturs augsnes ūdenī (attiecīgi $1.43 \text{ mg NO}_3\text{-N L}^{-1}$ un $1.04 \text{ mg NO}_3\text{-N L}^{-1}$) tika konstatēts atcelmotajā platībā objektā Nītaure, kas ir būtiski lielāks nekā vidējais nitrātu jonu saturs augsnes ūdenī kontroles platībā objektā Nītaure un arī citos pētījuma objektos. Pretēji situācijai objektā Nītaure, pētījuma objektos Dursupe (2017. un 2018. gada pētījuma periodā) un Rembate (2017. gada pētījuma periodā) atcelmotajās platībās tika konstatēts mazāks vidējais nitrātu jonu saturs augsnes ūdenī salīdzinot ar kontroles platībām.



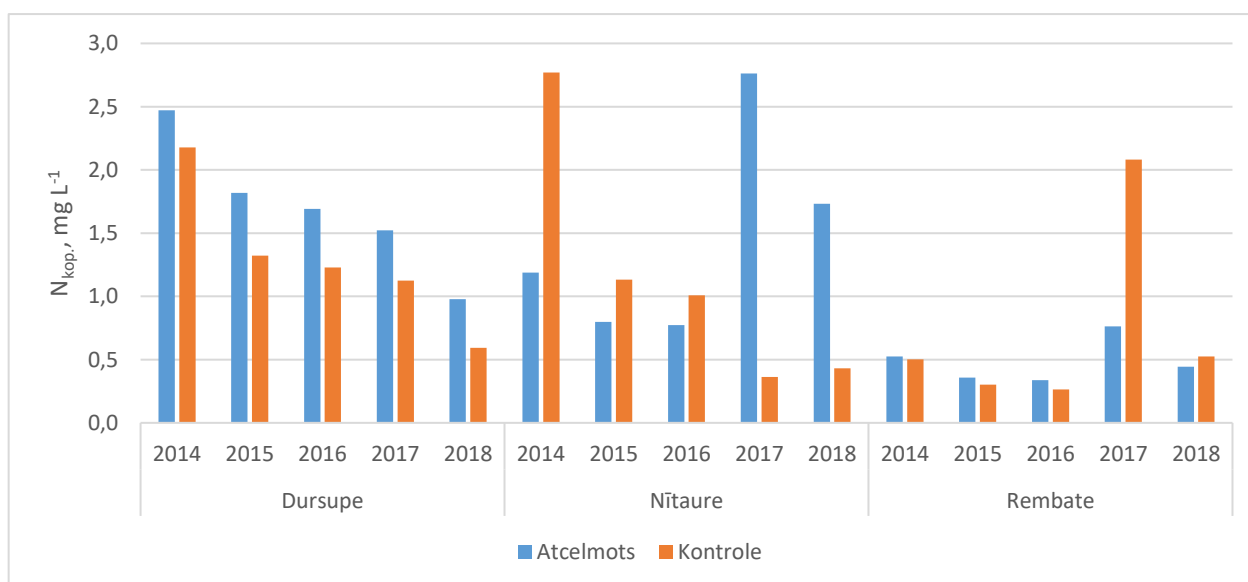
Attēls 159. Nitrātu saturs augsnes ūdenī pētījuma objektos 2016., 2017. un 2018. gadā

160. attēlā atspoguļots vidējais amonija jonu saturs augsnes ūdenī pētījuma objektos laika posmā no 2014. līdz 2018. gadam. 2016. gada pētījuma periodā vidējais amonija jonu saturs augsnes ūdenī svārstījās amplitūdā līdz $0.33 \text{ mg NH}_4\text{-N L}^{-1}$, būtiski lielāks amonija jonu saturs augsnes ūdenī tika konstatēts objektā Dursupe. 2016. gada pētījuma periodā amonija jonu saturs augsnes ūdenī atcelmotajos un kontroles parauglaukumos būtiski neatšķīrās nevienā pētījuma objektā, vidējais amonija jonu saturs augsnes ūdenī bija $0.09 \pm 0.03 \text{ mg NH}_4\text{-N L}^{-1}$, kas ir būtiski mazāk nekā vidēji nokrišņu ūdeņos. 2017. gada pētījuma periodā būtiski palielinājies amonija jonu vidējais saturs augsnes ūdenī gan atcelmotajā platībā, gan kontroles platībā objektā Rembate un atcelmotajā platībā objektā Nītaure salīdzinot ar vidējo amonija jonu saturu augsnes ūdenī laika posmā no 2014. līdz 2016. gadam. Savukārt objektā Dursupe 2017. gada pētījuma periodā gan atcelmotajā, gan kontroles platībā vidējais amonija jonu saturs nedaudz samazinājies, salīdzinot ar 2016. gada pētījuma periodu, bet saglabājas tendence, ka atcelmotajā platībā amonija jonu saturs augsnes ūdenī ir mazāks, salīdzinot ar kontroles platībām. 2018. gada pētījuma periodā visos objektos vidējais amonija jonu saturs augsnes ūdenī ir samazinājies, salīdzinot ar vidējiem rādītājiem 2017. gadā. Vidējais amonija jonu saturs augsnes ūdenī 2018. gada pētījuma periodā bija $0.03 \pm 0.01 \text{ mg NH}_4\text{-N L}^{-1}$. Objektos Dursupe un Nītaure 2018. gada pētījuma periodā nedaudz lielāks amonija jonu saturs augsnes ūdenī konstatēts atcelmotajās platībās, bet objektā Rembate pretēji – nedaudz lielāks vidējais amonija jonu saturs konstatēts kontroles platībā.



Attēls 160. Amonija jonu saturs augšnes ūdenī pētījuma objektos 2016., 2017. un 2018. gadā

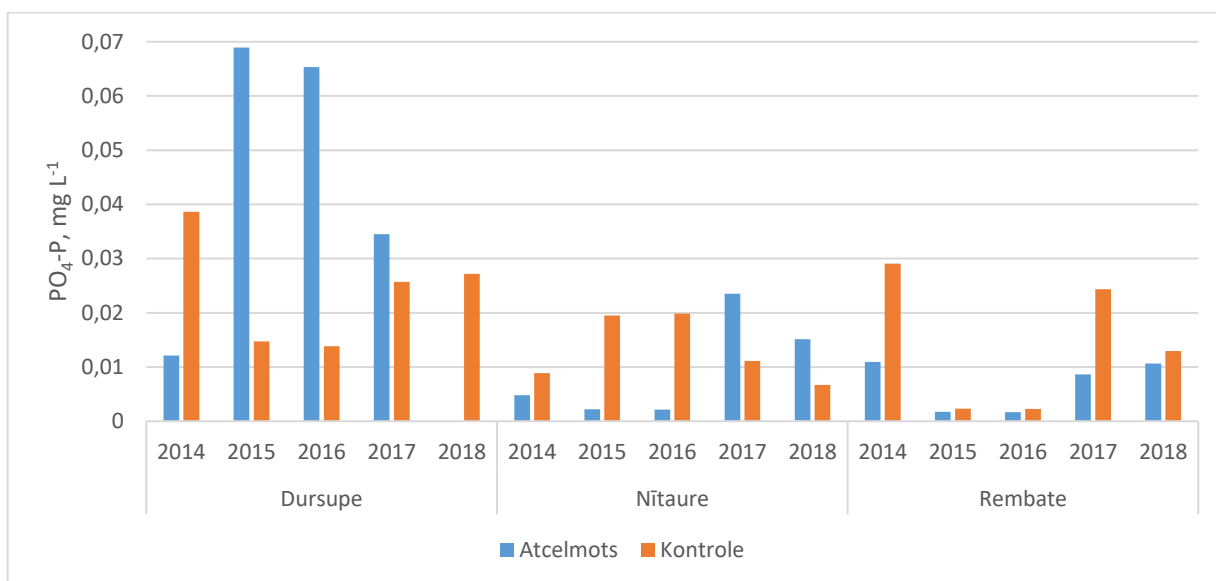
161. attēlā atspoguļots vidējais kopējā slāpekļa saturs augšnes ūdenī pētījuma objektos laika posmā no 2014. līdz 2018. gadam. Visā pētījuma periodā gada vidējais kopējā slāpekļa saturs augšnes ūdenī svārstījās amplitūdā no 0.26 mg N L⁻¹ līdz 2.77 mg N L⁻¹. Objektā Dursupe visā pētījuma periodā vidējais kopējā slāpekļa saturs būtiski lielāks bija objekta atcelmotajā daļā, turklāt vērojama tendence kopējā slāpekļa saturam augšnes ūdenī samazināties gan atcelmotajās, gan kontroles platībās. Atcelmotajā platībā objektā Nītaure 2017. un 2018. gada pētījuma periodā vērojams būtiski lielāks kopējā slāpekļa saturs augšnes ūdenī salīdzinot ar laika posmu no 2014. gada līdz 2016. gadam, kā arī salīdzinot ar vidējo kopējā slāpekļa saturu augšnes ūdenī kontroles platībā 2017. un 2018. gada pētījuma periodā. Savukārt objektā Rembate (gan kontroles, gan atcelmotās platībās) 2017. gada pētījuma periodā vērojams palielināts vidējais kopējā slāpekļa saturs augšnes ūdenī, salīdzinot ar laika posmu no 2014. gada līdz 2016. gadam un salīdzinot ar 2018. gada vidējiem rādītājiem.



Attēls 161. Kopējais slāpekļa saturs augšnes ūdenī pētījuma objektos 2016., 2017. un 2018. gadā

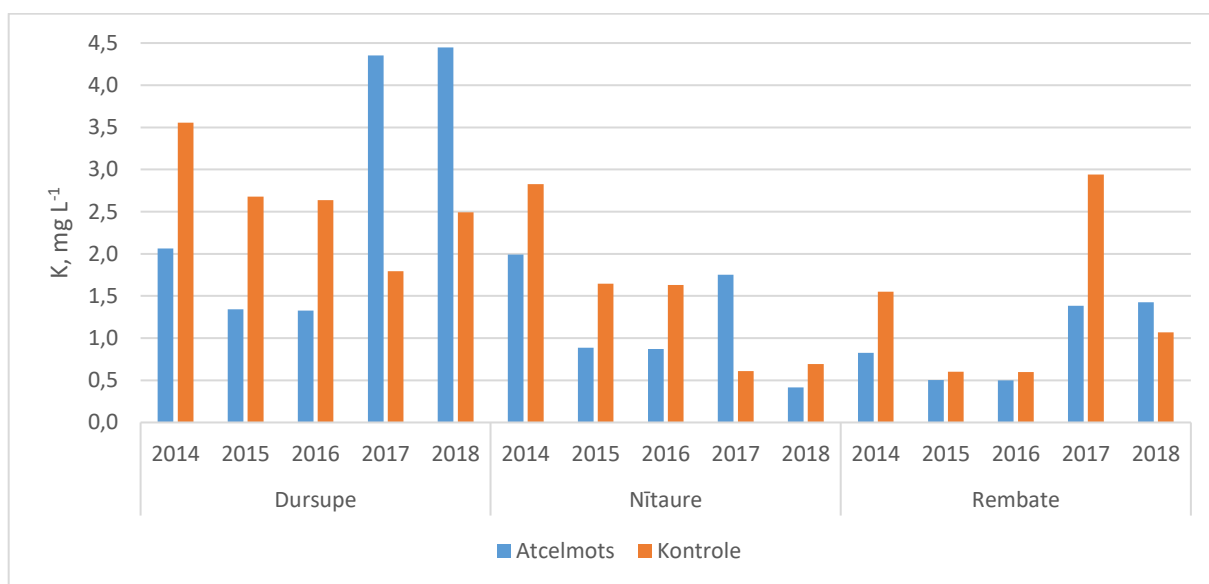
162. attēlā atspoguļots vidējais fosfātjonu saturs augšnes ūdenī pētījuma objektos laika posmā no 2014. līdz 2018. gadam. Pētījuma objektos vidējais fosfātjonu saturs augšnes ūdenī svārstījās amplitūdā līdz 0.069 mg PO₄³⁻-P L⁻¹. 2016. gada pētījuma periodā būtiskas fosfātjonu satura augšnes ūdenī atšķirības starp atcelmoto un kontroles parauglaurumu tika konstatētas tikai objektā Dursupe. Šajā objektā atcelmotajā parauglaurumā fosfātjonu saturs augšnes ūdenī bija būtiski augstāks ($p=0.012$). Līdzīga tendence objektā Dursupe saglabājās arī 2017. gada pētījuma periodā, bet atšķirība starp vidējo fosfātjonu saturu augšnes ūdenī atcelmotajā un kontroles platībā ir samazinājusies salīdzinot ar 2015. un 2016. gadu. Objektā Nītaure 2017. un 2018. gada

pētījuma periodā atcelmotajā platībā konstatēts lielāks vidējais fosfātjonu saturs augsnes ūdenī salīdzinot ar kontroles platību, savukārt objektā Rembate 2017. un 2018. gada pētījuma periodā saglabājas tendence, ka lielāks vidējais fosfātjonu saturs augsnes ūdenī ir kontroles platībās.



Attēls 162. Fosfātjonu saturs augsnes ūdenī pētījuma objektos 2016., 2017. un 2018. gadā

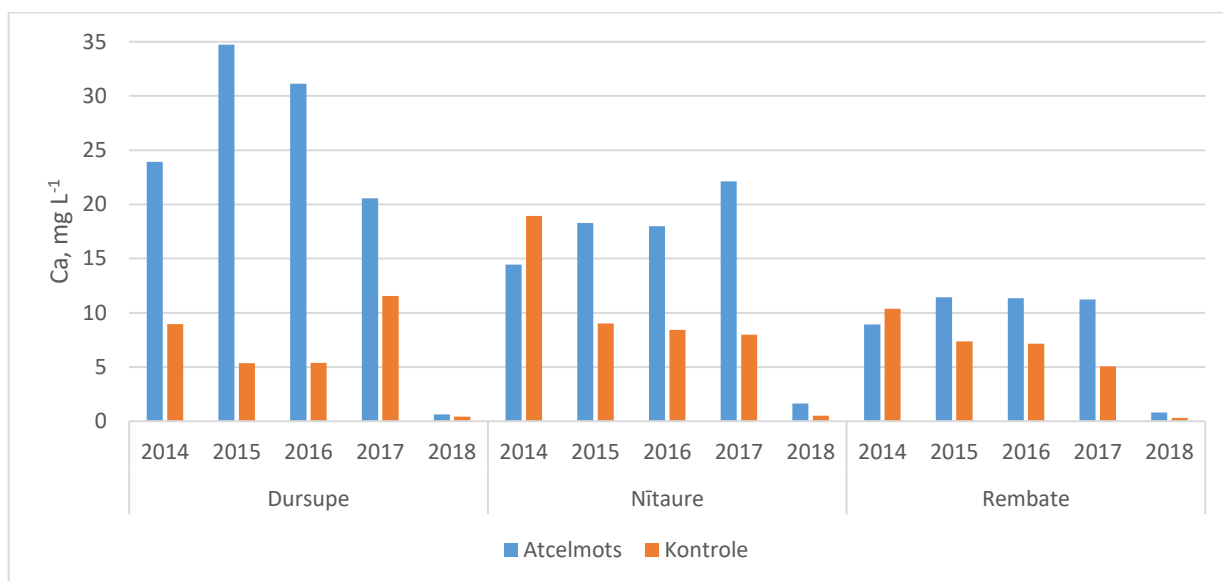
Pētījuma objektos, nokrišņu ūdeņiem skalojoties cauri augsnes slāņiem, novērota ūdeņu bagātināšanās ar bāziskajiem katjoniem, kas atbrīvojas minerālu dēdēšanas procesos. Pētījuma objektos visā pētījuma periodā gada vidējais kālija saturs augsnes ūdenī svārstījās amplitūdā līdz 4.4 mg K L^{-1} (Attēls 1633). Laika posmā no 2014. gada līdz 2016. gadam kālija saturs augsnes ūdenī visos trijos objektos bija lielāks kontroles parauglaukumā, taču būtiskas atšķirības tika konstatētas Dursupes ($p=0.018$) un Nītaures ($p=0.010$) objektos. 2017. gada pētījuma periodā objektā Rembate saglabājas tendence, ka kontroles platībā kālija saturs augsnes ūdenī ir lielāks, bet 2018. gada pētījuma periodā tendence ir pretēja – lielāks kālija saturs augsnes ūdenī konstatēts atcelmotajā platībā. Tāpat arī 2017. un 2018. gada pētījuma periodā objektā Dursupe un 2017. gada pētījuma periodā objektā Nītaure lielāks kālija saturs augsnes ūdenī konstatēts atcelmotajās platībās.



Attēls 163. Kālija saturs augsnes ūdenī pētījuma objektos 2016., 2017. un 2018. gadā

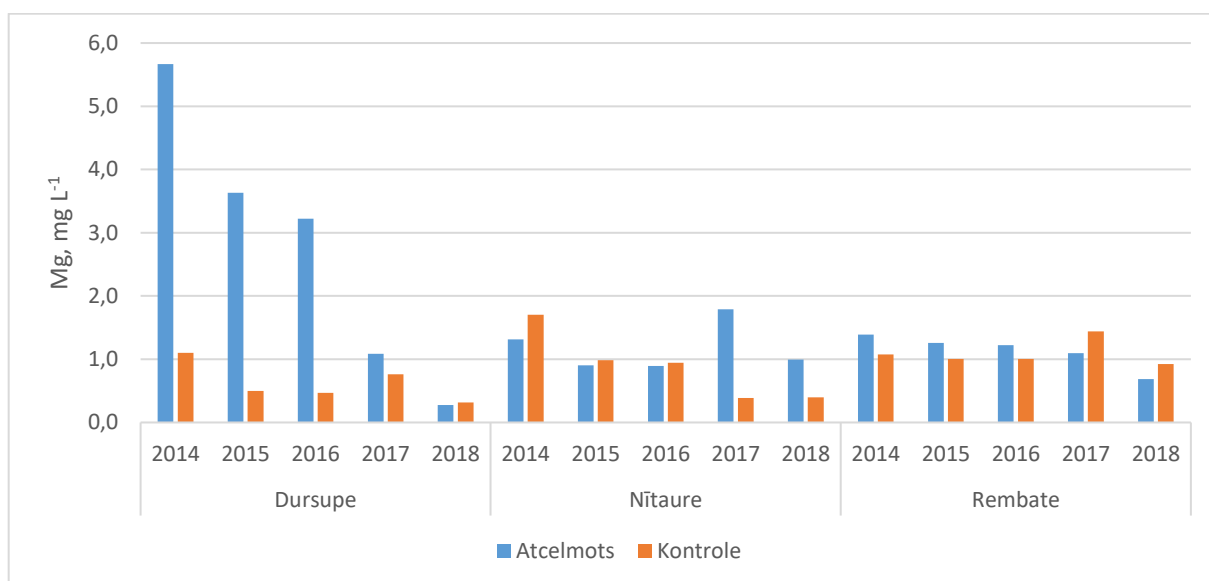
164. attēlā atspoguļots vidējais kalcija saturs augsnes ūdenī pētījuma objektos laika posmā no 2014. līdz 2018. gadam. Pētījuma objektos vidējais kalcija saturs augsnes ūdenī svārstījās amplitūdā līdz 34.7 mg L^{-1} . Laika posmā no 2015. gada līdz 2018. gadam vidējais kalcija saturs augsnes ūdenī visos trijos objektos bija lielāks

atcelmotajos parauglājumos, konstatētas statistiski būtiskas atšķirības. 2018. gada pētījuma periodā visos trijos objektos vērojams būtisks kalcija satura samazinājums gan atcelmotajās, gan kontroles platībās, salīdzinot ar laika periodu no 2014. līdz 2017. gadam.



Attēls 164. Kalcija saturs augsnes ūdenī pētījuma objektos 2016., 2017. un 2018. gadā

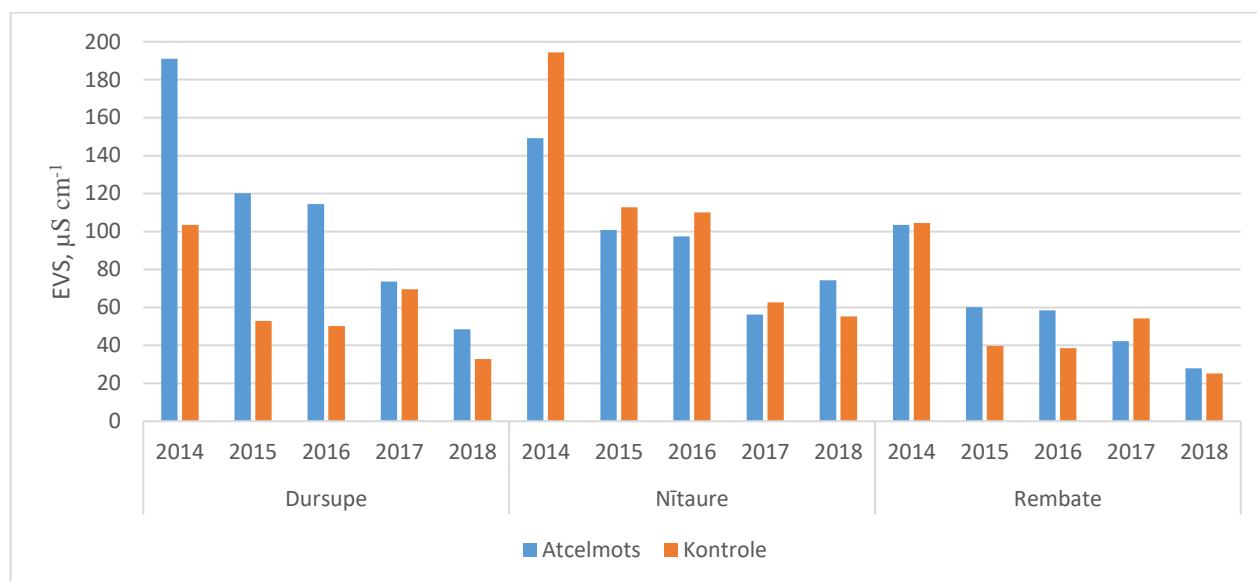
165. attēlā atspoguļots vidējais magnija saturs augsnes ūdenī pētījuma objektos laika posmā no 2014. līdz 2018. gadam. Pētījuma objektos vidējais magnija saturs augsnes ūdenī svārstījās amplitūdā līdz 5.7 mg L⁻¹. Laika posmā no 2014. līdz 2017. gadam objektā Dursupe vidējais magnija saturs augsnes ūdenī bija lielāks atcelmotajos parauglājumos, bet 2017. gadā vidējā magnija satura atšķirība kontroles un atcelmotajās platībās ir samazinājusies. Savukārt 2018. gada pētījuma periodā objektā Dursupe nav vērojamas atšķirības starp magnija saturu augsnes ūdenī atcelmotajās un kontroles platībās. 2017. un 2018. gada pētījuma periodā objektā Nītaure atcelmotajās platībās konstatēts lielāks vidējais magnija saturs augsnes ūdenī salīdzinot ar kontroles platībām, bet pretēja situācija novērota objektā Rembate, kur 2017. un 2018. gada pētījuma periodā lielāks vidējais magnija saturs konstatēts kontroles platībā pretēji tendencēm laika posmā no 2014. gada līdz 2016. gadam.



Attēls 165. Magnija saturs augsnes ūdenī pētījuma objektos 2016., 2017. un 2018. gadā

Augsnes ūdens elektrovadītspēja (EVS) raksturo augsnes ūdenī izšķīdušo sāļu daudzumu. 166. attēlā atspoguļota vidējā augsnes ūdens EVS pētījuma objektos laika posmā no 2014. līdz 2018. gadam. Objektā Dursupe visā pētījuma periodā lielāka augsne ūdens EVS konstatēta atcelmotajās platībās, bet 2017. un 2018.

gadā vidējās augsnes ūdens EVS atšķirība kontroles un atcelmotajās platībās ir samazinājusies. Pretēja situācija ir vērojama objektā Nītaure, kur laika posmā no 2014. līdz 2017. gadam lielāka augsne ūdens EVS konstatēta kontroles platībās.



Attēls 166. Augsnes ūdens elektrovadītspēja pētījuma objektos 2016., 2017. un 2018. gadā

Secinājumi

1. Mikro- un makroelementu ienese ar nokrišņiem un to aprīte pētījumu objektos ir tieši atkarīga no kopējā nokrišņu daudzuma, kas 2018. gada pētījuma periodā bija būtiski mazāks kā 2016. un 2017. gada pētījuma periodā. Kopējais nokrišņu daudzums 2018. gada pētījuma periodā (no aprīļa līdz oktobrim) objektā Dursupe bija 345 mm (par 29% mazāk kā vidēji 2016. un 2017. gadā), objektā Nītaure – 248 mm (par 59% mazāk kā vidēji 2016. un 2017. gadā), bet objektā Rembate – 358 mm (par 29% mazāk kā vidēji 2016. un 2017. gadā).
2. Visos pētījuma objektos gan kontroles, gan atcelmotajās platībās laika posmā no 2014. līdz 2017. gadam vērojama tendence paskābināties augsnes ūdenim. Paskābināšanos izraisa gan dabiski faktori (nokrišņu ūdens paskābināšanās), gan organiskās vielas sadalīšanās un organisko skābju atbrīvošanās, par ko liecina izteiktāka augsnes ūdens paskābināšanās tieši kontroles parauglaukumos, kur ir lielāks organiskās vielas daudzums. 2018. gadā vērojama pretēja tendence – pētījuma perioda vidējie augsnes ūdens pH rādītāji liecina, ka augsnes ūdens kļuvis nedaudz bāziskāks, salīdzinot ar 2017. gadu.
3. 2018. gada pētījuma periodā visos objektos un visos variantos ir samazinājusies nitrātu, amonija un kopējā slāpekļa koncentrācija augsnes ūdenī. Tas pamatā saistāms ar mazāku šo elementu ienesi meteoroloģisko apstākļu rezultātā (mazāks nokrišņu daudzums).
4. Pētījuma periodā (2014. -2018. gads) nav konstatēta viennozīmīga jeb visiem pētījuma objektiem raksturīga atcelmošanas ietekme uz augsnes ūdens ķīmisko sastāvu, bet vērojamas būtiskas tendences pētījuma objektu līmenī. Tas liecina par vietai specifisku faktoru (piemēram, augsnes sastāva, mikrolieljefa u.c.) ietekmi uz biogēno elementu un citu savienojumu saturu augsnes ūdenī.

2.1.3. Augsnes profils un ķīmiskais sastāvs

Augsne mežā ir viens no galvenajiem faktoriem, kas ietekmē koku augšanu un attīstību. Dažādu augsnes parametru kopums kā, piemēram, augsnes granulometriskais sastāvs, ūdens pieejamība augiem, gruntsūdens līmenis, aerācijas slāņa biezums, pH, ķīmiskais sastāvs un trūdvielu daudzums, būtiski ietekmē gan koku sugu sastāvu, gan meža veģetācijas veidu, attīstību, izdzīvošanu, kā arī ekoloģisko sukcesiju.

Materiāls un metodes

Augsnes tipu noteikšana veikta 3 celmu objektos 4 rakumos 2017. gada 27.-28. novembrī. Nītaurē un Dursupē augsnes tips noteikts vienā rakumā, jo gan kontroles, gan atcelmotais parauglaukums atrodas blakus. Rembatē veikti 2 rakumi, jo parauglaukumi atrodas attālāk viens no otra. Augsnes rakumi veikti parauglaukumu centros pēc iespējas raksturīgākā vietā. Augsnes tips noteikts atbilstoši Latvijas augšņu klasifikācijai.

Augsnes paraugi ķīmiskajām analīzēm un organisko vielu satura noteikšanai ņemti 2018. gadā katrā pētījuma objekta variantā parauglaukuma centrā. Augsnes paraugi katrā paraugu ņemšanas vietā ievākti 1 atkārtojumā – viena sērija augsnes fizikālo īpašību (blīvums un minerālaugšņu horizontu granulometriskais sastāvs) un otra paraugu sērija agroķīmisko rādītāju noteikšanai, nodrošinot paraugu sēriju atbilstību LVS ISO 11464:2006 standarta prasībām (Latvijas Valsts standarts, 2006). Augsnes paraugi fizikālo īpašību noteikšanai (100 cm³ augsnes ar neizmainītu struktūru) ievākti ar zondi 0-10, 10-20, 20-40 un 40-80 cm dziļumā attiecīgā slāņa vidusdaļā. Augsnes paraugi agroķīmisko īpašību noteikšanai ievākti ar sajauktu paraugu augsnes zondi visā attiecīgā slāņa biezumā. Papildus ņemti arī nedzīvās zemsegas paraugi ar 10x10x10 cm kausu. Paraugu ievākšanas metodika izraudzīta atbilstoši Eiropas meža augšņu monitoringa prasībām (ICP Forests, 2010), lai iegūtie dati būtu salīdzināmi ar augšņu monitoringa datiem (Bārdule et al., 2009; Komorovska et al., 2009; Bārdule & Lazdiņš, 2010).

Augsnes analīzes ievāktajiem paraugiem veiktas LVMI Silava Meža vides laboratorijā. Augsnes paraugu sagatavošana fizikāli ķīmiskajām analīzēm veikta atbilstoši LVS ISO 11464:2005 standartam. 2018. gadā ņemtajiem augsnes paraugiem noteikti sekojoši parametri: augsnes blīvums atbilstoši LVS ISO 11272:2017 standartam (augšnes cilindra metode); apmaiņas skābums (pH CaCl₂) atbilstoši LVS ISO 10390:2006 standartam; kopējā un organiskā oglekļa saturs atbilstoši LVS ISO 10694:2006 standartam, izmantojot elementanalīzi; kopējā slāpekļa saturs atbilstoši LVS ISO 11261:2002 L standartam (modificēta Kjeldāla metode).

Augšņu tipi un horizonti pētījumu objektos

Nītaure – Velēnu podzolaugsne

- Ah (0-9 cm)
- E (9-15 cm)
- B (15-34 cm)
- Bc (34-48 cm)
- C (48-100 cm)

2 dziļākajos horizontos redzamas “dzelzs līnijas”. Viscaur smalka, irdena smilts.

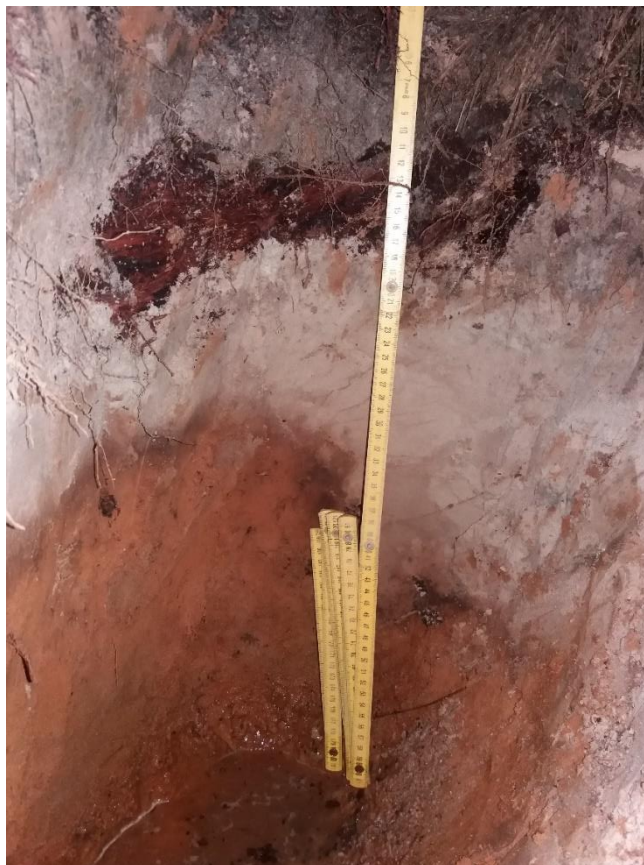


Dursupe – Tipiskais podzols

- O (0-5 cm)
- Ah (5-12 cm); koku saknes
- E (15-36 cm)
- Bs (36-41 cm); ortšteina podzola pazīmes
- B (41-70 cm)

Pie 70 cm sasniegts gruntsūdens līmenis – rakums aplūst.

Viscaur smalka līdz vidēji smalka smilts.



Rembate 1 – tipiskais podzols

- O (0-4 cm)
- Ah (4-15 cm); tumši pelēkbrūna organika
- E (15-29 cm); ļoti smalka/smalka, gaiši smilšpelēka smilts
- B (29-45 cm); smilšmāls, piena šokolādes krāsa, ortšteina pazīmes, mangāna ieslēgumi B horizonta apakšā
- C1 (45-71 cm); smalka smilts, rūsas krāsa
- C2 (71-76 cm)

Gruntsūdens sākas no B horizonta vidus, viscaur augu, koku saknes C horizontā vairs nav.



Rembate 2 – Velēnu podzolaugsne

- Ah (0-12 cm) tumšpelēks, virsējos horizontos smilšains māls
- E (12-20 cm) gaiši smilšpelēks
- Bt (20-55 cm) gaiša rūsas krāsa, iespējama lesivēšanās
- Bc (55-71 cm)



Augsnes ķīmiskais sastāvs pētījuma objektos

Minerālaugšņu un meža nedzīvās zemsegas sajaukšana mežizstrādes rezultātā ilgtermiņā var samazināt augsnes produktivitāti (Orlander et al., 1990). Meža augsnes mehāniska apstrāde ietekmē organisko vielu saturu augsnē, augsnes ķīmiskās īpašības (barības elementu zudumi, vides apstākļu iedarbībai tiek pakļautas lielas minerālaugšņu platības), augsnes fizikālās īpašības (gan pozitīvs, gan negatīvs efekts, augsnes sablīvēšanās), augsnes bioloģiskos parametrus (Hope, 2007, Saana et al., 2011). Mežizstrādes, kas ietver atcelmošanu, ietekme uz augsni ir atkarīga no mežizstrādes darbu intensitātes, koku sugas, vietas un mežizstrādes tehnikas (Weber et al., 1985, Smith, Wass, 1991, Miller et al., 1996). Kanādā veiktajos atcelmošanas ietekmes uz augsnes īpašībām pētījumos noskaidrots, ka izmaiņas minerālaugšņu ķīmiskajā sastāvā, kas konstatētas vienu gadu pēc atcelmošanas darbu veikšanas, nav vairs konstatētas pēc 10 gadus ilga perioda, un augsnes ķīmiskais sastāvs 10 gadus pēc atcelmošanas darbu veikšanas ir ievērojami uzlabojies, salīdzinot ar augsnes ķīmisko sastāvu 1 gadu pēc atcelmošanas darbu veikšanas. Barības elementu saturs meža nedzīvajā zemsegā, protams, ir ievērojami mazāks arī 10 gadus pēc atcelmošanas darbu veikšanas, kaut gan veikta meža atjaunošana, bet tas galvenokārt izskaidrojams ar mazāku meža nobiru slāni (Hope, 2007).

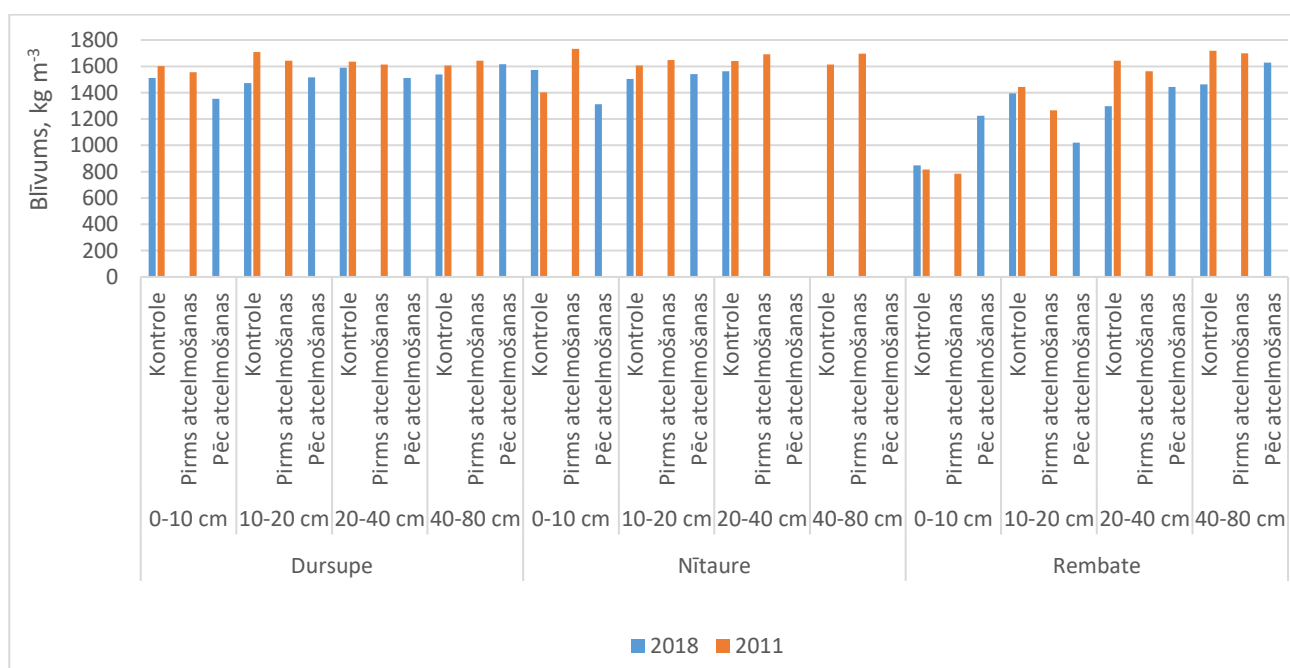
Koku sakņu sistēmas attīstība ir atkarīga no augsnes tipa, savukārt sakņu sistēmas dziļums tipiski ir atkarīgs no gruntsūdens līmeņa. Atcelmošanas laikā augsnes struktūra tiek mehāniski izjaukta līdz dziļumam, kur notrūkst saknes, kas savukārt ir atkarīgs no sakņu diametra un stiepes izturības. Augsne no dziļākajiem slāņiem, tajā skaitā pamatmateriāls, tiek uznesta virspusē, kas nereti nelabvēlīgi ietekmē augšanas apstākļus. Turklāt atcelmošanas laikā augsne tiek sajaukta līdz dziļumam, kas ievērojami pārsniedz dziļumu, kas tiek sasniegts klasiskās augsnes apstrādes laikā, piemēram, veicot augsnes skarificēšanu. Jāatzīmē, ka Skotijā veiktajos pētījumos noteikts, ka līdz pat 17% no kopējās izrautās celmu masas veido augsnes daļiņas, t.i., augsnes zudumi atcelmošanas laikā ir līdz 22 t ha⁻¹ (pētījumā tiek izrauti 70% celmu). Augsnes zudumu apjomu ietekmē augsnes tips un mežizstrādes tehnika (Moffat et al., 2011).

Atcelmošanas rezultātā tiek sajaukta augsnes struktūra (cieto augsnes agregātu un poru izkārtojums), sagrauta viengabalainība, samazināta augsnes porainība (īpaši lielās poras, kas nodrošina vertikālo ūdens transportu). Poru izmēra sadalījuma izmaiņas un augsnes sablīvēšanās ietekmē augiem pieejamā ūdens

daudzumu. Augsnes blīvuma izmaiņas atcelmošanas rezultātā ir plaši pētītas, bet nav viennozīmīga secinājuma par pozitīvu vai negatīvu efektu, kas ir atkarīgs no augsnes tipa un apstākļiem laikā, kad tiek veikta atcelmošana (Moffat et al., 2011).

167. attēlā atspoguļots augsnes blīvums pētījuma objektos (Dursupe, Nītaure un Rembate) pirms atcelmošanas (2011. gadā) un 6 gadus pēc atcelmošanas darbu veikšanas (2018. gadā). Kontroles parauglaukumos, kur nav veiktas atcelmošanas darbības, augsnes blīvums nav būtiski mainījies laika posmā no 2011. līdz 2018. gadam, izņemot objektā Dursupe 10-20 cm dziļumā un objektā Rembate 20-80 cm dziļumā, kur augsnes blīvums ir nedaudz samazinājies. Visos objektos parauglaukumos, kur veikta atcelmošana, izņemot objektu Rembate 0-10 cm dziļumā, 6 gadus pēc atcelmošanas novērota augsnes blīvuma neliela samazināšanās. Lielākais augsnes blīvuma samazinājums (augšņu blīvuma starpība 421 kg m^{-3}) 6 gadus pēc atcelmošanas vērojams objektā Nītaure 0-10 cm dziļumā.

Kanādā veiktajos pētījumos noskaidrots, ka vienu gadu pēc atcelmošanas darbu veikšanas minerālaugsnes blīvums ir lielāks atcelmotās platībās salīdzinot ar platībām, kur atcelmošana nav veikta, savukārt 10 gadus pēc atcelmošanas darbu veikšanas augsnes blīvums ir samazinājies un vairs nav konstatēta atcelmošanas ietekme, kas ir izskaidrojams ar ievērojamu organiskā C satura palielināšanos augsnē (Hope, 2007). Arī ASV veiktajos pētījumos 20 gadus pēc atcelmošanas darbu veikšanas un N saturoša mēslojuma iestrādes (336 kg N ha^{-1} – $1345 \text{ kg N ha}^{-1}$), nav konstatētas būtiskas augsnes blīvuma izmaiņas (Zabowski et al., 2008).

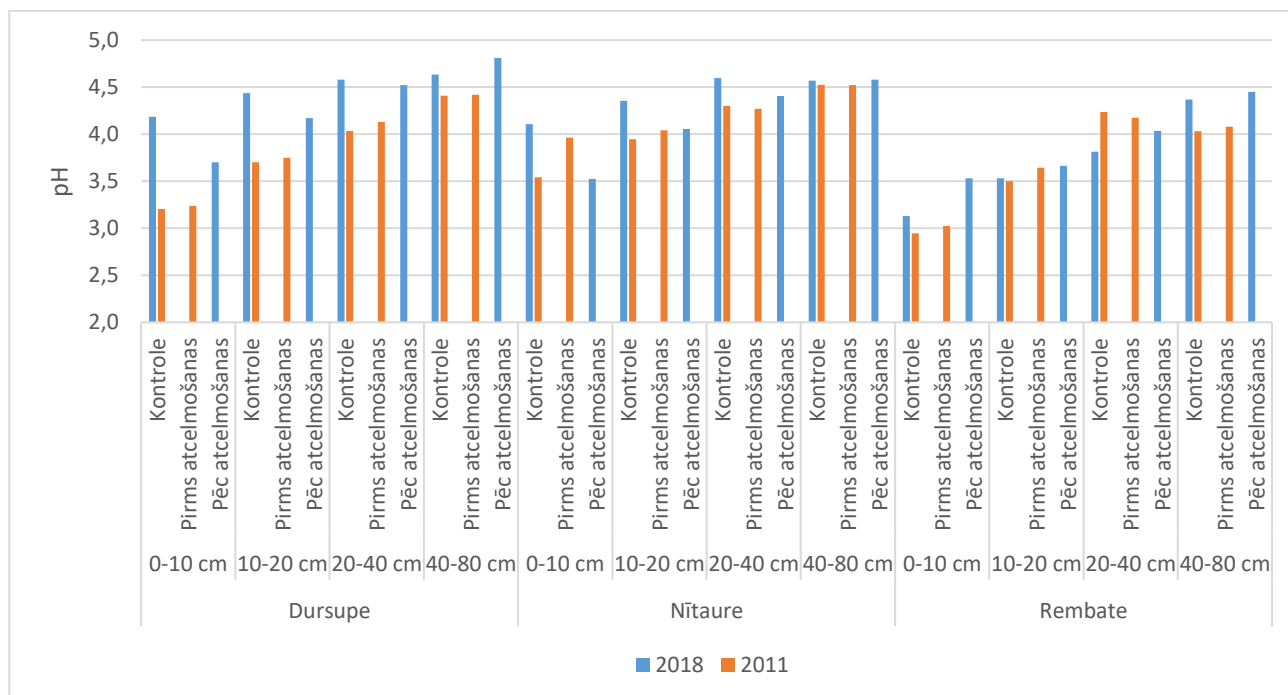


Attēls 167. Augsnes blīvums pētījuma objektos pirms atcelmošanas (2011. gads) un 6 gadus pēc atcelmošanas darbu veikšanas (2018. gads)

Atcelmošanas laikā no augsnes tiek iznesti bāziskie katjoni un mehāniskas iedarbības uz augsni rezultātā tiek veicināti nitrifikācijas procesi, kam seko augsnes paskābināšanās (Moffat et al., 2011). Kopumā atcelmošanai kā daļai no kopējās mežizstrādes (stumbrs, mežizstrādes atliekas, celms) ir salīdzinoši maza ietekme uz augsnes paskābināšanās procesiem, kā arī atcelmošanas ietekmei uz augsnes paskābināšanos ir liela reģionāla variācija. Skandināvijā veiktajos pētījumos konstatēts, ka atkarībā no mežizstrādes intensitātes un koku sugas, atcelmošanas ietekme ir 13-24% no kopējās bioloģiskās paskābināšanās procesiem augsnē, ko izraisa mežizstrāde. Veicot mežizstrādi, kurā iekļauta arī platības atcelmošana, augsnes bioloģiskā paskābināšanās samazinās atkarībā no valdošās koku sugas sekojošā secībā: egles > bērzs > priede (Iwald et al., 2013).

168. attēlā atspoguļots augsnes apmaiņas skābums pētījuma objektos (Dursupe, Nītaure un Rembate) pirms atcelmošanas (2011. gadā) un 6 gadus pēc atcelmošanas darbu veikšanas (2018. gadā). Visos pētījuma objektos kontroles parauglaukumos, izņemot objektu Rembate 20-40 cm dziļumā, 6 gadus pēc atcelmošanas darbu veikšanas vērojams augsnes skābuma samazināšanās (augšņu pH vērtības palielināšanās), īpaši liels augsnes skābuma samazinājums vērojams augsnes virskārtā objektā Dursupe un Nītaure. Tas var liecināt par

virszemes biomasas izstrādes rezultātā radīto augsnes paskābināšanās procesu mazināšanos. Visos augsnes slāņos objektā Dursupe un augsnes virsējos slāņos (0-20 cm) un dziļākos slāņos (40-80 cm) objektā Rembate parauglaukumos, kur veikta atcelmošana, vērojama augsnes apmaiņas skābuma samazināšanās. Tas, līdzīgi kā kontroles parauglaukumos, varētu būt skaidrojams ar virszemes biomasas izstrādes rezultātā radīto augsnes paskābināšanās procesu mazināšanos. Savukārt objektā Nītaure augsnes virskārtā (0-10 cm dziļumā) vērojams augsnes apmaiņas skābuma neliela palielināšanās (par 0.4 pH vienībām).

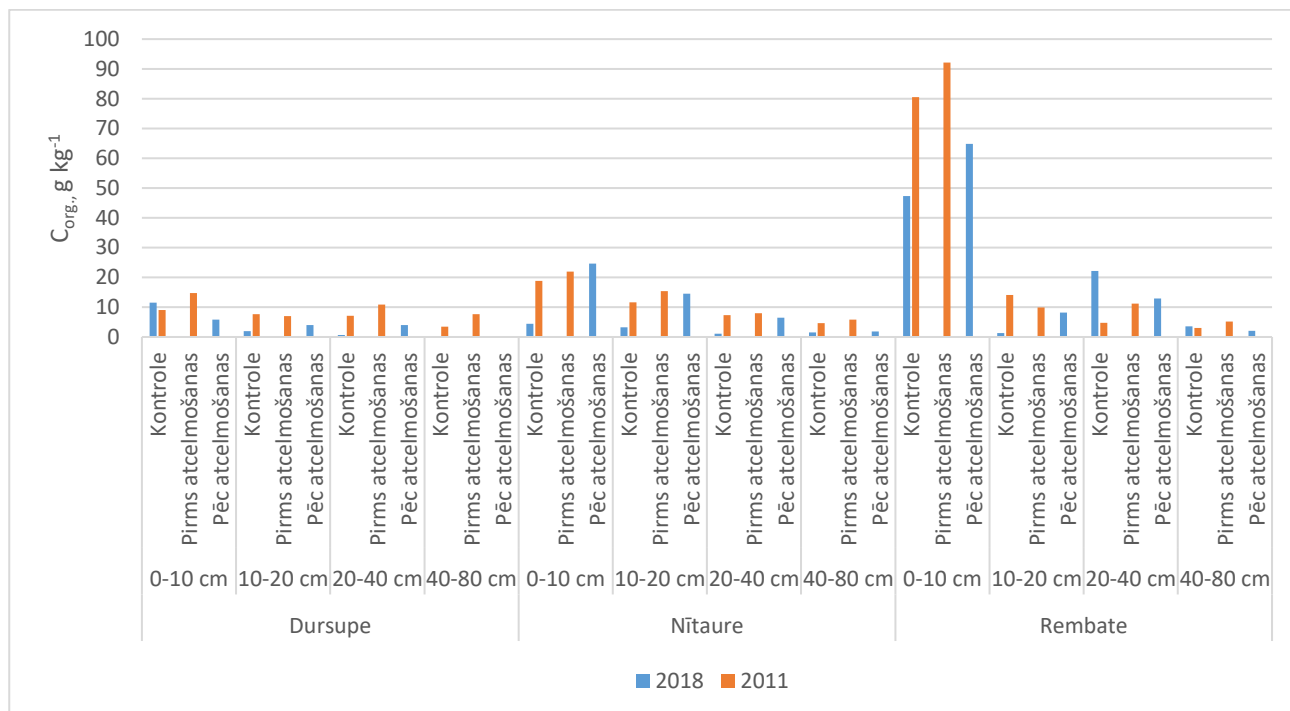


Attēls 168. Augsnes apmaiņas skābums ($\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$) pētījuma objektos pirms atcelmošanas (2011. gads) un 6 gadus pēc atcelmošanas darbu veikšanas (2018. gads)

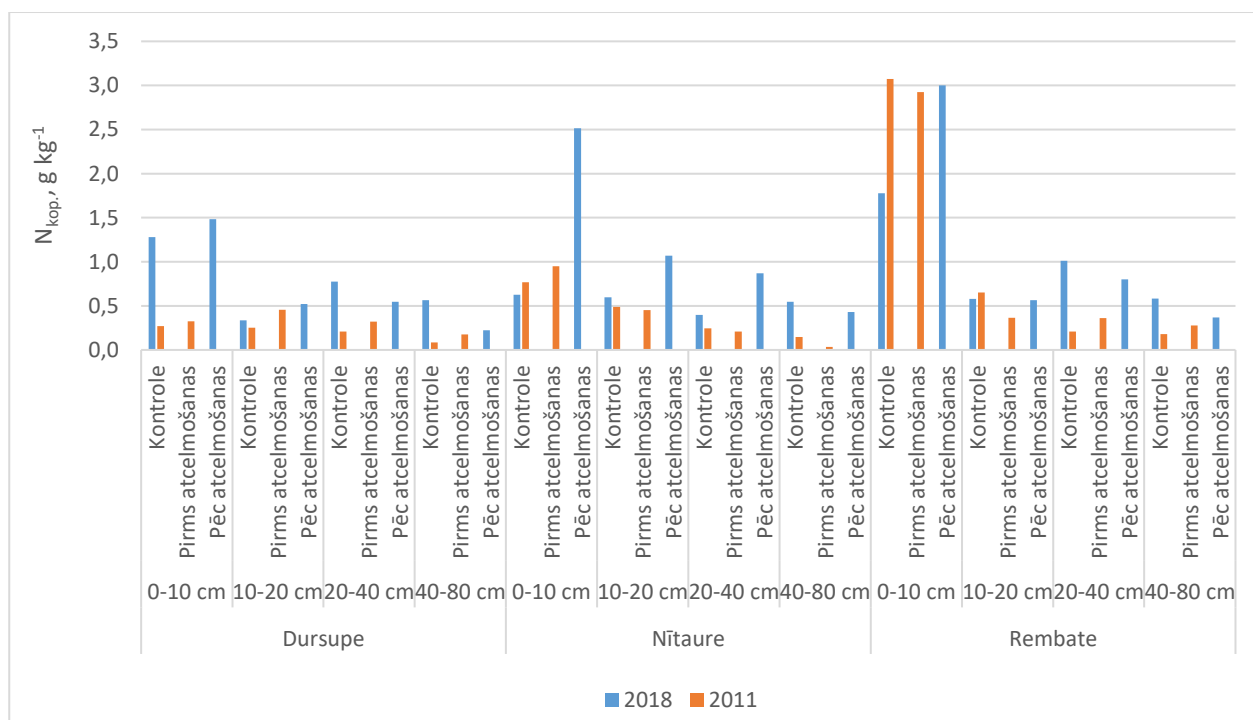
Koka celms un saknes sastāv no organiskā materiāla, kas sekmē oglekļa biokīmiskās aprites ciklu biosfērā un atmosfērā. Ja koka celmu un saknes atstāj mežaudzē, materiāls lēnām noārdās fizikālu, ķīmisku un bioloģisku procesu rezultātā. Minētie procesi nodrošina organisko savienojumu un barības elementu uzkrājumu augsnē un gāzveida savienojumu – galvenokārt, ūdens un oglekļa dioksīda molekulu - nonākšanu atmosfērā. Atcelmošanas rezultātā daļa minēto procesu tiek traucēti vai nenorisinās, kā arī zūd nozīmīgs barības avots un dabiskā vide meža faunai un mikroflorai (Moffat et al., 2011).

Nepieciešami plaši pētījumi, lai apzinātu faktorus, kas tieši ietekmē augsnes oglekļa uzkrājuma veidošanos pēc atcelmošanas darbu veikšanas, jo atcelmošanas ietekme uz augsnes oglekļa uzkrājumu ir būtiski atkarīga no vietas un laika. Zviedrijā veiktajos pētījumos priežu (*Pinus sylvestris*) un egļu (*Picea abies*) mežaudzēs konstatēts, ka 25 gadus pēc mežizstrādes darbu veikšanas augsnes oglekļa uzkrājums organiskās augsnes slāņos ir mazāks par vidēji 17% objektos, kur veikta mežizstrāde un atcelmošana, salīdzinot ar objektiem, kur veikta tikai virszemes biomasas izstrāde. Minerālaugsnēs 0...20 cm dziļumā nav konstatētas būtiskas oglekļa uzkrājuma atšķirības, bet oglekļa uzkrājuma bilanci vislabāk raksturot pēc vismaz viena rotācijas perioda (Strömgrena et al., 2013). Citā pētījumā Zviedrijā noskaidrots, ka pēc mežizstrādes, kas ietver atcelmošanu un augsnes dziļo apstrādi, C un N uzkrājums augsnē, protams, samazināsies, salīdzinot ar tradicionālo mežizstrādi un manuālo skarifikāciju laukumiņos, bet C un N uzkrājuma augsnē samazināšanos daļēji kompensē C un N uzkrājuma palielināšanās kokos, uzlabojot augšanas apstākļus dziļās augsnes apstrādes rezultātā (Egnell et al., 2015). ASV veiktajos pētījumos noskaidrots, ka 20 gadus pēc atcelmošanas darbu veikšanas un N saturoša mēslojuma ienešanas (336 kg N ha^{-1} – $1345 \text{ kg N ha}^{-1}$) minerālaugsnē (piecos dažādos augsnes tipos) C saturs platībās, kur veikta atcelmošana, ir statistiski būtiski mazāks – vidēji par 24% (Zabowski et al., 2008). Igaunijā veiktajos atcelmošanas pētījumos *Picea abies* mežaudzēs auglīgā meža tipā secināts, ka oglekļa zudumi ir 11-33% no kopējā augsnē uzkrātā C (Uri et al., 2015).

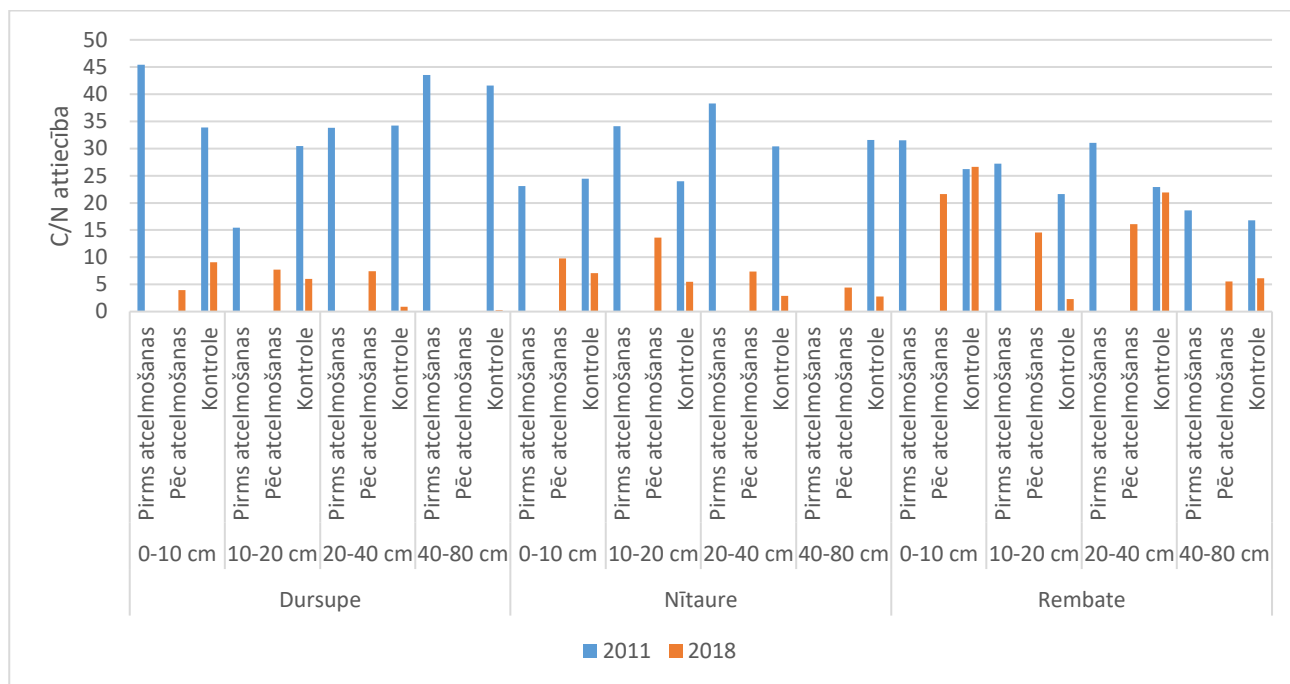
169. attēlā atspoguļot organiskā oglekļa saturs pētījuma objektos (Dursupe, Nītaure un Rembate) pirms atcelmošanas (2011. gadā) un 6 gadus pēc atcelmošanas darbu veikšanas (2018. gadā), bet 170. attēlā atspoguļots kopējā slāpekļa saturs pētījuma objektos. Gan kontroles, gan atcelmotajos parauglaukumos (īpaši augsnes virskārtā objektos Dursupe un Rembate) galvenokārt vērojams organiskā oglekļa satura samazinājums. Turpretī kopējā slāpekļa saturs augsnē gan kontroles (izņemot augsnes virskārtu objektā Rembate), gan atcelmotajos parauglaukumos (īpaši augsnes virskārtā objektos Dursupe un Nītaure) galvenokārt ir palielinājies. Minēto apstākļu rezultātā gan kontroles, gan atcelmotajos parauglaukumos 2018. gadā ir arī ievērojami samazinājusies augsnes C/N attiecība (Attēls 171), salīdzinot ar 2011. gadu, kas norāda uz augsnes N rezervju palielināšanos.



Attēls 169. Organiskā oglekļa saturs augsnē pētījuma objektos pirms atcelmošanas (2011. gads) un 6 gadus pēc atcelmošanas darbu veikšanas (2018. gads)

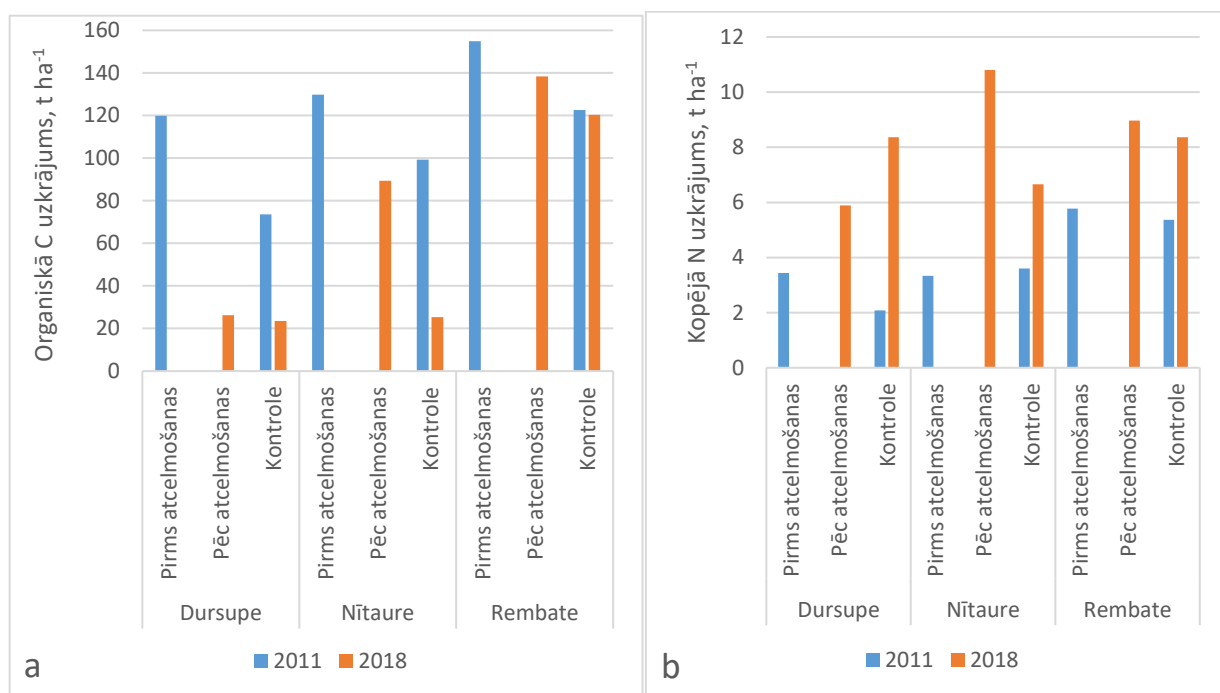


Attēls 170. Kopējā slāpekļa saturs augsnē pētījuma objektos pirms atcelmošanas (2011. gads) un 6 gadus pēc atcelmošanas darbu veikšanas (2018. gads)



Attēls 171. C/N attiecība augsnē pētījuma objektos pirms atcelmošanas (2011. gads) un 6 gadus pēc atcelmošanas darbu veikšanas (2018. gads)

172. attēlā atspoguļots organiskā oglekļa un kopējā slāpekļa uzkrājums augsnē 0-80 cm dziļumā pētījuma objektos (Dursupe, Nītaure un Rembate) pirms atcelmošanas (2011. gadā) un 6 gadus pēc atcelmošanas darbu veikšanas (2018. gadā). Visos pētījuma objektos gan kontroles, gan atcelmotajās platībās vērojamas līdzīgas tendences – organiskā oglekļa uzkrājums 2018. gadā ir samazinājies, salīdzinot ar 2011. gadu, bet kopējā slāpekļa uzkrājums 2018. gadā ir palielinājies, salīdzinot ar 2011. gadu. Līdzīgās tendences gan kontroles, gan atcelmotajās platībās norāda uz to, ka augsnes procesus galvekokārt ietekmē virszemes biomasas izstrāde, bet celmu biomasas izvākšanai ir salīdzinoši maza ietekme uz apskatītajiem augsnes parametriem.



Attēls 172. Organiskā C (a) un kopējā N (b) uzkrājums augsnē 0-80 cm dziļumā pētījuma objektos pirms atcelmošanas (2011. gads) un 6 gadus pēc atcelmošanas darbu veikšanas (2018. gads)

Secinājumi

Līdzīgas augsnes īpašību tendences gan kontroles parauglaukumos, kur atcelmošana nav veikta, gan atcelmotājās platībās norāda uz to, ka augsnes procesus galvekokārt ietekmē dabiskie augsnes procesi un/ vai virszemes biomasas izstrāde, bet celmu biomasas izvākšanai 6 gadus pēc atcelmošanas darbu veikšanas ir salīdzinoši maza ietekme uz apskatītajiem augsnes parametriem.

Literatūra

1. Bārdule, A. & Lazdiņš, A. (2010). Accumulation of carbon and nitrogen in mineral soils in grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) stands on naturally afforested farmlands. *Mežzinātne | Forest Science* 21(54), 95–109.
2. Bārdule, A., Bāders, E., Stola, J. & Lazdiņš, A. (2009). Forest soil characteristic in Latvia according results of the demonstration project BioSoil (Latvijas meža augsņu īpašību raksturojums demonstrācijas projekta BioSoil rezultātu skatījumā). *Mežzinātne | Forest Science* 20 (53), 105–124.
3. Egnell G., Jurevics A., Peichl M., 2015, Negative effects of stem and stump harvest and deep soil cultivation on the soil carbon and nitrogen pools are mitigated by enhanced tree growth, *Forest Ecology and Management*, 338, 57–67.
4. Hope G. D., 2007, Changes in soil properties, tree growth, and nutrition over a period of 10 years after stump removal and scarification on moderately coarse soils in interior British Columbia, *Forest Ecology and Management*, 242, 625–635.
5. ICP Forests. ICP Forests Manual. [online] (2010) (ICP Forests). Available from: <http://icp-forests.net/page/icp-forests-manual>. [Accessed 2011-10-04].
6. Iwalda J., Löfgrenb S., Stendahla J., Karltona E., 2013, Acidifying effect of removal of tree stumps and logging residues as compared to atmospheric deposition, *Forest Ecology and Management*, 290, 49–58.
7. Komorovska, A., Lazdiņš, A., Bāders, E. & Martinsone, K. (2009). International programme "Forest Focus 2006" demonstration project BioSoil in Latvia. Proceedings of Adaptive Forest Management to Maintain the Environmental Services: Carbon Sequestration, Biodiversity and Water, Finland, 2009. pp 70–71. Finland: METLA.
8. Miller R. E., Scott W., Hazard J. W., 1996, Soil compaction and conifer growth after tractor yarding at three coastal Washington locations, *Can. J. For. Res.*, 26, 225–236.
9. Moffat A., Nisbet T., Nicoll B., 2011, Environmental effects of stump and root harvesting, Forestry Commission, 12 lpp.
10. Orlander G., Gemmel P., Hunt J., 1990, Site preparation - a Swedish overview. FRDA Rep. 105.
11. Saana K., Hannu F., Jari H., 2011, Short-term responses of soil decomposer and plant communities to stump harvesting in boreal forests, *Forest Ecology and Management*, 262, 379–388.
12. Smith R. B., Wass E. F., 1991, Impacts of two stumping operations on site productivity in interior British Columbia, Forestry Canada, Info. Rep BC-X-327.
13. Strömgrena M., Egnellb G., Olssonc B.A., 2013, Carbon stocks in four forest stands in Sweden 25 years after harvesting of slash and stumps, *Forest Ecology and Management*, 290, 15, 59–66.
14. Uri V., Aosaar J., Varik M., Becker H., Kukumägi M., Ligi K., Pärn L., Kanal A., 2015, Biomass resource and environmental effects of Norway spruce (*Picea abies*) stump harvesting: An Estonian case study, *Forest Ecology and Management*, 335, 207–215.
15. Weber M. G., Methven I. R., van Wagner C. E., 1985, The effect of forest floor manipulation on nitrogen status and tree growth in an eastern Ontario jackpine ecosystem, *Can. J. For. Res.*, 15, 313–318.
16. Zabowski D., Chambreau D., Rotramel N., Thies W.G., 2008, Long-term effects of stump removal to control root rot on forest soil bulk density, soil carbon and nitrogen content, *Forest Ecology and Management*, 255, 720–727.

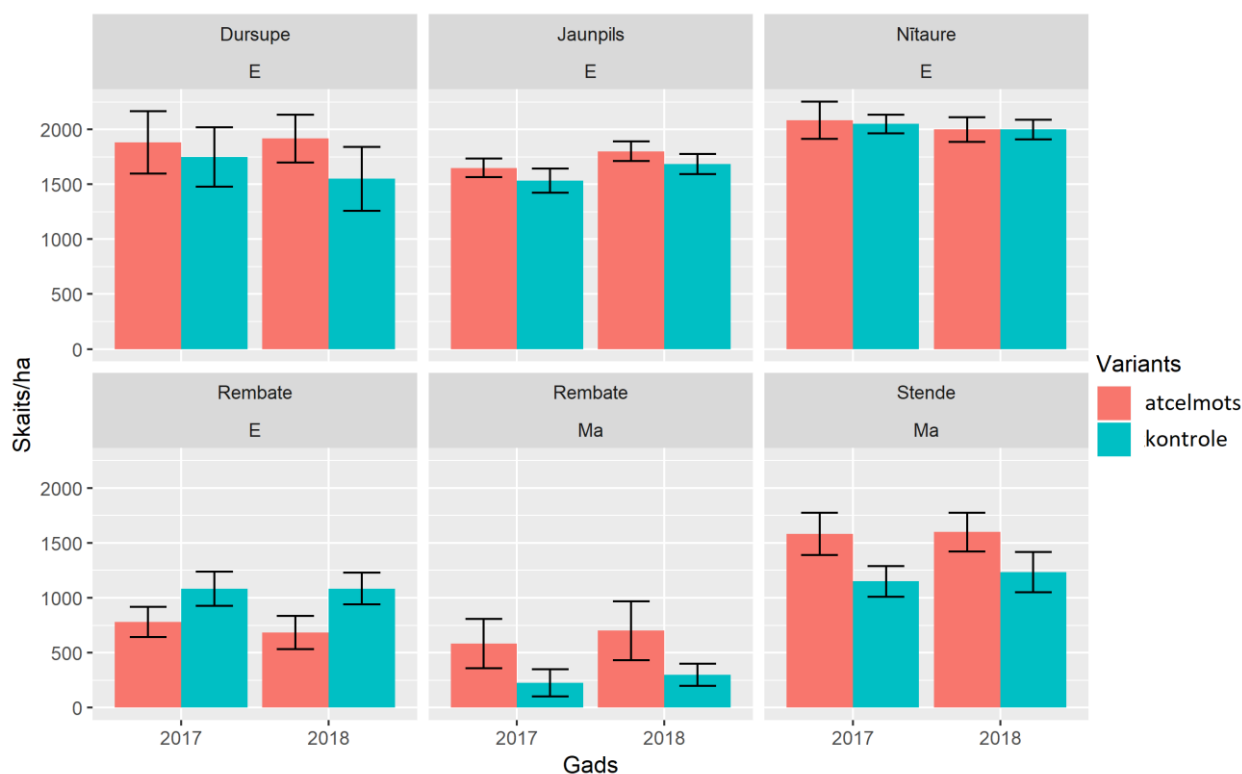
2.1.4. Jaunaudzes attīstība

Pēc kailcirtēm damakšņa meža tipā 2012. gadā pētījumu objektos Nītaurē, Jaunpilī, Dursupē, Rembatē un Stendē tika ierīkoti parauglaukumi, kur izvākta virszemes biomasā (stumbri, zari un galotnes) un pazemes biomasā (celmi) ("1" – ietekmētie jeb atcelmotie parauglaukumi), un parauglaukumi, kur izvākta tikai virszemes biomasā (stumbri, zari un galotnes) ("2" – kontroles parauglaukumi). Objektos Nītaure, Jaunpils un Dursupe meža atjaunošana veikta ar egli, objektā Rembate ar egli un melnalksni, bet objektā Stende – ar melnalksni.

Lai noskaidrotu, vai pastāv koku augšanas gaitas atšķirības starp mežizstrādes variantiem, 2017. gada jūnijā un 2018. gada maijā veikta jaunaudžu uzskaitē. Katrā pētījumu objektā katrā parauglaukumā ierīkoti seši vienmērīgi izvietoti aplveida uzskaites laukumi ar rādiusu 5.64 m (platība 100 m²). Parauglaukumos uzskaitīti stādītie nebojātie, bojātie, bojā gājušie un dabiski izaugušie kociņi 10 cm augstuma klasēs. Vidējo rādītāju statistiskā salīdzināšana veikta, izmantojot dispersijas analīzi ANOVA un *post-hoc* LSD (*Least Significant Difference*) testu.

Stādīto kociņu skaits

Stādīto kociņu skaits ir lielāks visu objektu ietekmētajos jeb atcelmotajos parauglaukumos, izņemot pētījumu objektā Rembatē, kur egļu skaits ir lielāks kontroles parauglaukumā, salīdzinot ar atcelmoto parauglaukumu un Nītaures parauglaukumā, kur 2018. gadā egļu skaits būtiski neatšķiras gan kontroles, gan atcelmotajā parauglaukumā (Attēls 173). Kopumā visos objektos laikā no 2017. gada līdz 2018. gadam nav būtiski izmainījies kociņu skaits parauglaukumos.



Attēls 173. Stādīto kociņu biežums celmu izstrādes objektos; ar nogriežņiem attēlotas standartklūdas

Stādīto kociņu augstums

Vidējais stādīto kociņu augstums starp parauglaukumu variantiem 2018. gadā ir statistiski būtiski atšķirīgs, izņemot egļu vidējo augstumu Rembates parauglaukumos (Attēls 174). Gandrīz visos objektos, izņemot objektu Rembate, stādītie kociņi vidēji ir sasnieguši lielāku augstumu kontroles parauglaukumos.



Attēls 174. Stādīto kociņu augstums celmu izstrādes objektos (ar nogriežņiem attēlotas standartklūdas; dažādi burti norāda uz statistiski būtiskām atšķirībām)

Dabiski izaugušo kociņu biezums

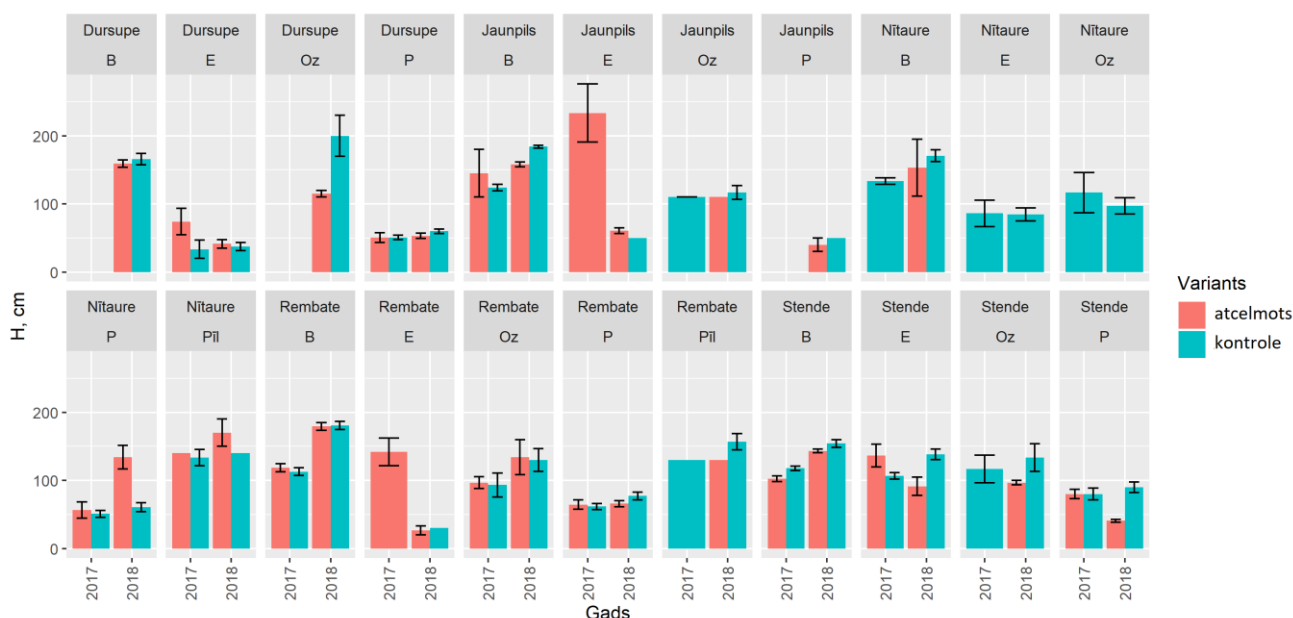
Lielākā dabiski izaugušo kociņu sugu dažādība konstatēta Rembatē un Nītaurē (Attēls 175). Visvairāk pārstāvētās dabiski izaugušo kociņu sugas ir priele un bērzs. Citu sugu dabiski izaugušo kociņu skaits ir neliels.



Attēls 175. Dabiski izaugušo kociņu biezums celmu izstrādes objektos; ar nogriežņiem attēlotas standartklūdas

Dabiski ieaugušo kociņu augstums

Salīdzinot dabiski ieaugušo kociņu augstumu ietekmētajos un kontroles parauglaukumos pēc divām jaunaudzū uzskaitēm, nevar viennozīmīgi apgalvot par lielāku produktivitāti kādā no variantiem. Tomēr ir iespējams salīdzināt katras sugas produktivitāti parauglaukumu variantos. Bērzu sējeņi starp parauglaukumiem būtiski atšķiras tikai Jaunpils parauglaukumos – kociņi ir augstāki kontroles laukumā. Egļu augstums ir būtiski atšķirīgs Dursupē 2017. gadā, tomēr 2018. gadā to augstums starp variantiem nav būtiski atšķirīgs. Jaunpilī un Rembatē egļu sējeņi ir augstāki atcelmotajā laukumā 2017. gadā. Stendē abos uzskaites gados egļu augstums ir būtiski atšķirīgs pa variantiem – 2017. gada uzskaitē egles salīdzinoši augstākas bija atcelmotajā laukumā, savukārt 2018. gada uzskaitē tās ir būtiski augstākas kontroles laukumā. Arī Dursupē 2017. gada uzskaitē egles bija būtiski augstākas atcelmotajā laukumā, tomēr 2018. gadā būtiskas atšķirības nav. Priežu sējeņu augstumā nav būtisku atšķirību starp parauglaukumiem Dursupes un Rembates objektos, taču Stendē un Nītaurē parādījās būtiskas atšķirības 2018. gadā – Nītaurē priedes ir augstākas atcelmotajā laukumā, savukārt Stendē – kontroles laukumā. Jaunpilī konstatētas vien pāris dabiski ieaugušas priedes, tāpēc par to vidējo augstumu atšķirībām starp variantiem nevar spriest. Ozolu sējeņu augstums 2018. gadā ir būtiski atšķirīgs Dursupes un Stendes objektos – kociņi ir augstāki kontroles laukumos. Nītaurē ozoli ieauguši tikai kontroles laukumā – to augstums 2 uzskaišu laikā nav būtiski mainījies (Attēls 176).



Attēls 176. Dabiski ieaugušo kociņu augstums celmu izstrādes objektos; ar nogriežņiem attēlotas standartklūdas

26. tabulā redzams, ka kopumā dzīvo stādīto (tajā skaitā bojāto) kociņu ir vairāk atcelmotajos parauglaukumos, izņemot objektā Nītaure, kur 2017. gadā kociņu skaits ir lielāks atcelmotajā laukumā, bet 2018. gadā kociņu skaits abos laukumos sakrīt. Arī nebojāto kociņu ir vairāk atcelmotajos parauglaukumos, izņemot objektu Nītaure, kur 2017. gadā nedaudz vairāk kociņu ir kontroles laukumā, un objektā Rembate, kur egļu skaits ir būtiski mazāks nekā kontroles parauglaukumā. 2018. gadā nebojāto kociņu ir vairāk atcelmotajā laukumā. Nevienā no parauglaukumiem netika konstatēti bojā gājušie kociņi.

Nītaurē, Jaunpilī un Rembatē dabiski atjaunojušos kociņu skaits ir lielāks kontroles laukumos, savukārt Stendē 2017. gadā vairāk šādu kociņu ir kontroles, bet 2018. gadā – atcelmotajos laukumos. Rembatē atjaunojušos kociņu skaits ir lielāks atcelmotajos laukumos.

Tabula 26. 2017. un 2018. gada koku uzskaites rezultāti jaunaudzē celmu izstrādes pētījuma objektos (1 - ietekmētie (atcelmotie) parauglaukumi; 2 - kontroles parauglaukumi), koki ha⁻¹

Gads	Objekts	Nebojāti		Bojāti		Dab. Atj. (P)	Dab. Atj. (E)	Dab. Atj. (B)	Dab. Atj. (O)	Dab. Atj. (Pīl)	Dab. Atj. (kopā)	Kopā dzīvi stādīti
2017	Nītaure 1	2017		67		50	0	0	0	17	67	2083
2018	Nītaure 1	2000		0		167	0	50	0	50	267	2000
2017	Nītaure 2	2033		17		167	83	100	50	50	450	2050
2018	Nītaure 2	1950		50		317	117	233	117	17	801	2000
2017	Jaunpils 1	1650		0		0	50	33	0	0	83	1650
2018	Jaunpils 1	1800		0		33	350	1183	17	0	1583	1800
2017	Jaunpils 2	1533		0		0	0	217	33	0	250	1533
2018	Jaunpils 2	1683		0		17	17	3417	100	0	3551	1683
2017	Stende 1	1567		17		133	50	267	0	0	450	1584
2018	Stende 1	1600		0		1150	283	300	50	0	1783	1600
2017	Stende 2	1150		0		167	350	233	50	0	800	1150
2018	Stende 2	1233		0		433	783	233	50	0	1499	1233
2017	Dursupe 1	1850		33		433	167	0	0	0	600	1883
2018	Dursupe 1	1917		0		1117	133	167	33	0	1450	1917
2017	Dursupe 2	1733		17		1417	50	0	0	0	1467	1750
2018	Dursupe 2	1550		0		2167	183	117	33	0	2500	1550
		E	Ma	E	Ma							
2017	Rembate 1	650	583	0	0	183	100	733	50	0	1066	1233
2018	Rembate 1	683	583	0	0	550	50	1050	117	17	1784	1266
2017	Rembate 2	1083	150	0	0	200	0	350	50	17	617	1233
2018	Rembate 2	1083	100	0	0	367	17	700	67	50	1201	1183

27. tabulā atspoguļots stādīto bojāto un nebojāto kociņu īpatsvars 2017. un 2018. gadā. Kopumā gan atcelmotajos, gan kontroles laukumos nebojāto kociņu īpatsvars pārsniedz 95%. Tā kā kociņi šajos objektos ir stādīti 2013. gadā, līdz jaunaudžu uzskaitēm tie ir jau sasnieguši konkurētspējīgus izmērus, kā arī pārnadžu radītie bojājumi tos ietekmē ievērojami mazāk.

Tabula 27. Stādīto bojāto, nebojāto un bojā gājušo koku īpatsvars 2017. un 2018. gadā (1 – ietekmētie (atcelmotie) parauglaukumi; 2 – kontroles parauglaukumi)

Gads	Objekts	Nebojātie (%)		Bojātie (%)	
		1	2	1	2
2017	Nītaure	96.8	99.2	3.2	0.8
2018	Nītaure	100	97.5	0	2.5
2017	Jaunpils	100	100	0	0
2018	Jaunpils	100	100	0	0
2017	Stende	98.9	100	1.1	0
2018	Stende	100	100	0	0
2017	Dursupe	98.2	99	1.8	1
2018	Dursupe	100	100	0	0
2017	Rembate (M)	100	100	0	0
2018	Rembate (M)	100	100	0	0
2017	Rembate (E)	100	100	0	0
2018	Rembate (E)	100	100	0	0

Secinājumi

1. Atcelmotajās platībās ir lielāks stādīto koku skaits, ko varētu būt ietekmējusi labāka kociņu saglabāšanās pēc iestādīšanas labāku stādīšanas apstākļu dēļ. Tajā pašā laikā atcelmotajā platībā ir mazāks koku vidējais augstums (gan stādītu, gan dabiski ieaugušu), kas varētu liecināt par mazāku pieejamo barības vielu apjomu pēc intensīvas mežizstrādes.
2. Stādīto koku vidējais augstums visos objektos, izņemot Rembati, ir būtiski lielāks kontroles parauglaukumos, kur atcelmošana nav veikta.

Izmantotā literatūra

Persson, T., 2016. Stump harvesting - impact on climate and environment. For. Ecol. Manage. 371, 1–4.

2.1.5. Celmus kolonizējošo sēņu daudzveidība

Pētījums par sakņu piepes *Heterobasidion* spp. un celmenes *Armillaria* spp. sastopamību celmu izstrādes parauglaukumos uzsākts 2011. gadā ar mērķi noskaidrot atcelmošanas ietekmi uz *Armillaria* spp. un *Heterobasidion* spp. sastopamību, ka arī citu celmus kolonizējošo sēņu sugu daudzveidību.

Pētījuma objektu raksturojums

2011. gadā tika izvēlēti pieci pētījumu objekti (Tabula 28) Rietumvidzemes, Ziemeļkurzemes, Zemgales un Vidusdaugavas mežsaimniecībās. Katrā objektā pēc galvenās cirtes (veikta 2010. gadā) ierīkoti divi parauglaukumi (0,5 ha katrs): viens atcelmošanas parauglaukums un viens kontroles laukums, kur celmi netika izstrādāti.

Tabula 28. Pētījumu objekti

Parauglaukums	Kods	Mežsaimniecība / iecirknis	Meža tips
Rembate	80-29-07-501-360-9	Vidusdaugavas/Ogres	Dm
Nītaure	65-03-07-410-58-34	Rietumvidzemes /Vēru	Dm
Stende	82-04-07-714-188-9	Ziemeļkurzemes/Vanemas	Vr
Jaunpils	83-05-07-603-326-7	Zemgales /Kandavas	Vr
Dursupe	82-05-07-712-437-8	Ziemeļkurzemes/Mērsraga	Dm

Laika posmā no 2011. līdz 2012. gadam visos parauglaukumos veikta celmu kartēšana, uzmērīšana un koksnes paraugu ievākšana. Celmi novērtēti vizuāli (trupējis/vesels), novērtēta *Armillaria* spp. rizomorfu sastopamība, kā arī ar Preslera urbi paņemti koksnes paraugi, lai konstatētu sakņu piepes *Heterobasidion* spp. infekciju. Paraugi ievākti no visiem parauglaukumos esošajiem priežu un egļu celmiem, kuru diametrs pārsniedza 10 cm. Kopā 2011. un 2012. gadā no 1208 celmiem ievākti 4832 koksnes paraugi. Sakņu piepe konstatēta 167 celmos (Tabula 29), savukārt *Armillaria* rizomorfas uz 234 celmiem.

Tabula 29. Sakņu piepes sastopamība (%) pētījuma objektos 2011./2012. gadā pirms celmu izstrādes

Pētījumu objektu vieta	Celmu raušanas parauglaukums	Kontroles parauglaukums
Rembate	26,3%	23,5%
Nītaure	23,5%	20,5%
Stende	5,7%	5,2%
Jaunpils	9,8%	15,3%
Dursupe	6,1%	3,3%

Atcelmošana veikta 2012. gada novembrī un decembrī. Uzreiz pēc atcelmošanas no 20 veseliem un 20 trupējušiem celmiem katrā atcelmošanas parauglaukumā (kur veikta celmu izstrāde), izmantojot motorzāģi vai cirvi (atkarībā no saknes resnuma un sadalīšanas pakāpes), paņemti sakņu fragmenti no 5 resnākajām saknēm (kopā 1003 paraugi). *Heterobasidion parvaporum* izdalīts no 10,8% trupējušo un 2% veselo celmu saknēm, savukārt *Armillaria* spp. konstatēta 26,7% trupējušo un 29,9% veselo celmu sakņu paraugos.

Audzū atjaunošana ar egles un melnalkšņa stādmateriālu veikta 2013. gadā. Pusotru gadu pēc celmu izstrādes (2014. gadā) tika ievākti 45 sakņu paraugi Ogres parauglaukumā, lai noteiktu sakņu piepes micēlija saglabāšanos sakņu fragmentos, kas palikuši pēc atcelmošanas darbu veikšanas. *H. parvaporum* atrasts tikai vienā analizētajā paraugā. Konsultējoties ar ārzemju kolēģi (R. Vasaitis, Zviedrija), nolemts paraugus neievākt visos parauglaukumos, jo 1-2 gadi varētu būt nepietiekams laika periods, lai kvalitatīvi novērtētu *Heterobasidion* saglabāšanās ilgumu sakņu fragmentos. Plašāks metožu un rezultātu apraksts atrodams LVMI Silava veiktā pētījuma "Sakņu trupes izplatību un ierobežojošo faktoru izpēti" 2015. gada pārskatu kopsavilkumā.

Materiāls un metodes

Sakņu paraugi *Heterobasidion* spp. un *Armillaria* spp. sastopamības novērtējumam atkārtoti ievākti 2017. gada novembrī jeb piecus gadus pēc atcelmošanas un 2018. gada jūlijā-augustā jeb sešus gadus pēc atcelmošanas. Paraugi ievākti visos piecos pētījumu objektos no parauglaukiem, kur veikta celmu izstrāde. Mūsu iepriekšējie pētījumi liecina, ka egļu celmos *Heterobasidion* spp. spēj saglabāties pat 45 gadus (T. Gaitnieks, nepubl. dati), tādēļ paraugi kontroles parauglaukumos netika ievākti.

Sakņu fragmenti ievākti randomizēti, no 0-20 cm dziļuma. Ja pēc celmu izstrādes palikušo sakņu daļas bija garākas par 50 cm, ar cirvi vai zāģi tika paņemts to fragments. Parauglaukumos kopā ievākti 162 sakņu fragmenti 2017. gadā (no 31 līdz 35 vienā parauglaukumā) un 182 sakņu fragmenti 2018. gadā (no 37 līdz 41 vienā parauglaukumā). Parauglaukumos konstatēti arī pusizlauzti celmi un celmu fragmenti.

Ievāktie sakņu fragmenti nogādāti LVMI Silava, kur tie uzglabāti aukstuma kamerā +4 C temperatūrā līdz turpmākai apstrādei. Laboratorijā katram sakņu fragmentam izmērīts diametrs, kā arī vizuāli novērtēta *Armillaria* spp. rizomorfu (Attēls 177) un 2018. gadā arī citu sēņu augļķermeņu sastopamība (Attēls 178). Katrs saknes fragments tika nomazgāts zem tekoša ūdens, un atstāts istabas temperatūrā 20-24 stundas.



Attēls 177. Sakņu fragments ar *Armillaria* spp. rizomorfām.



Attēls 178. Sakņu fragments ar brūnās pagrabsēnes *Coniophora puteana* augļķermeņi

No katra sakņu fragmenta vidusdaļas ar cirvi tika izcirsti koksnes paraugi, sterilizēti liesmā un ielikti Petri traukā uz Hagma agara barotnes. Petri plates glabātas istabas temperatūrā un regulāri pārbaudītas zem mikroskopa. No koksnes paraugiem izaugušais sēnes micēlijs tika izgriezts kopā ar agara bloku un pārlikts atsevišķā Petri platē ar Hagma agara barotni. Visas iegūtas sēņu tīrkultūras tika apsekotas zem mikroskopa un sadalītas morfortipos pēc kultūru morfoloģiskām pazīmēm. Sēņu sugu noteikšanai izmantotas morfoloģiskās metodes. Sēņu morfoloģiskai noteikšanai izmantoti noteicēji: sēņu augļķermeņu noteikšanai (Breitenbach and

Kränzlin, 1986; Lesoe, 1998) un sēņu tīrkultūru noteikšanai vismaz līdz ģints līmenim (Watanabe 2002; Robert et al., 2013). Izdalīto sēņu sugu noteikšanai līdz sugu līmenim tiks izmantotas molekulāras metodes pēc protokola, kas aprakstīts Arhipova et al, 2012.

Rezultāti

2018. gadā ievāktajiem paraugiem konstatēta samērā liela sēņu auglķermeņu daudzveidība. Ja 2017. gadā uz sakņu paraugiem konstatēti tikai divi *Heterobasidion* sp. auglķermeņi, tad uz 2018. gadā ievāktajiem paraugiem kopumā konstatētas 10 dažādas sēņu sugas. Vislielākā sugu daudzveidība novērota Rembates parauglaukumā – 8 sugas (5 bazīdijsēnes: parastā sētaspiepe *Gloeophyllum sepiarium*, pelēkā dūmaine *Bjerkandera adusta*, brūnā pagrabsēne *Coniophora puteana*, *Peniophora incarnata* un *Tomentella* sp., kā arī 3 asku sēnes: *Nemania serpens*, *Trichoderma* sp., ragveidīgā kalocera *Calocera cornea*). Stendes parauglaukumā uz ievāktiem sakņu fragmentiem atrastas tikai divas asku sēņu sugas – *Trichoderma* sp. un kausveida purpurlāsene *Ascocoryne cylichnium*, bet Jaunpils parauglaukumā – viena bazīdijsēņu suga (dūmainā sērsēne *Hypholoma capnoides*). Neviena auglķermenis netika konstatēts uz paraugiem no Dursupes un Nītaures parauglaukumiem. Visas novērotās sēnes ir bieži sastopamas uz atmirušas koksnes, tai skaitā ciršanas atliekām un celmiem. 2017. - 2018. gadā ievāktu sakņu fragmentu parametri un rizomorfu sastopamība ir apkopoti 30. tabulā.

Tabula 30. 2017. un 2018. gadā ievāktu sakņu fragmentu raksturojums pa parauglaukumiem

Parauglaukums	2017. gads			2018. gadā		
	Paraugu skaits	Diametrs (cm) ± SD	Rizomorfu sastopamība	Paraugu skaits	Diametrs (cm) ± SD	Rizomorfu sastopamība
Rembate	35	7,7±2,3	14%	38	4,3±1,9	3%
Nītaure	33	7,0±2,4	3%	32	3,3±1,2	3%
Stende	31	7,8±3,4	26%	41	4,6±1,2	15%
Jaunpils	31	7,1±2,8	29%	39	4,0±1,6	16%
Dursupe	32	6,9±2,5	6%	38	4,6±1,9	-
Kopā	132			182		

2017. gadā ievāktajiem paraugiem visbiežāk sakņu piepe atrasta Nītaures parauglaukumā – trīs sakņu fragmentos, savukārt netika atrasta Stendes un Jaunpils parauglaukumos. Sakņu fragmentu vidējais diametrs, kuros konstatēti *Heterobasidion* spp., bija no 4,5 cm līdz 10 cm. Savukārt, no 2018. gadā ievāktajiem paraugiem *Heterobasidion* izdalīts tikai Jaunpils (no sakņu fragmenta ar diametru 4,9 cm) un Nītaures (no sakņu fragmenta ar diametru 5,8 cm (Attēls 179)) parauglaukumos. Tas liecina, ka *Heterobasidion* ilgāk saglabājas sakņu fragmentos ar diametru, lielāku par 4 cm. Tā kā sakņu paraugu ievākšana notika randomizēti, jo pēc 5-6 gadiem nebija iespējams noteikt, kurā tieši vietā atrodas trupējušie celmi, nākamreiz būtu jāievāc apmērām 40 paraugus katrā parauglaukumā, rudens sezonā (septembrī – novembrī), kad uz sakņu fragmentiem var novērot sakņu piepes auglķermeņus. Abi 2018. gadā izdalītie izolāti ir *Heterobasidion annosum* s.s.

Celmene *Armillaria* spp. 2017. gadā konstatēta 15,4% paraugu. Ar *Armillaria* spp. inficētu sakņu fragmentu vidējais diametrs variēja no 4,5 cm līdz 16 cm. 2018. gadā *Armillaria* spp. rizomorfas konstatētas uz 8% ievāktu sakņu fragmentu (diametrs svārstījās no 3,0 cm līdz 7,5 cm), bet micēlijs tika izdalīts vēl no 3% sakņu fragmentu bez vizuāli novērotām rizomorfām (ar diametru no 2,6 līdz 6,4 cm) (Attēls 180). Visi no koksnes izdalītie *Armillaria* izolāti identificēti kā ziemeļu celmene *Armillaria borealis*.



Attēls 179. Sakņu fragments, no kura izdalīts *Heterobasidion annosum*. micēlijs



Attēls 180. Sakņu fragments, no kura izdalīts *Armillaria borealis* micēlijs. Rizomorfas netika konstatētas.

No sakņu fragmentiem tika izdalīti 104 dažādi morfortipi, kas tika identificētas kā 72 sēņu sugas (4. pielikums). Lielākā daļa no izdalītajām sēņu tīrkultūrām ir askusēnes un nepilnīgi pazīstamas sēnes, tādas kā *Trichoderma* spp., *Penicillium* spp., *Gliocladium viride*. Šīs sēnes ir bieži sastopamas augsnē un trupējušā koksņē. Izdalītas vairākas sēņu sugas, kas ir bieži sastopamas uz atmiruša augu substrāta - *Alternaria infectoria*, *Epicoccum nigrum*, *Chaetomium globosum*, *Mariannaea elegans*. Bieži konstatētas sugas, kas iepriekšējos pētījumos tika izdalītas kā no atmirušas, tā arī no dzīvas koksnes, bet neizraisa koksnes trupēšanu – *Phyalopezphala* spp., *Ascocoryne cylichnium*, *Corinecktria fuckeliana* (Arhipova et al., 2011). No bazīdijsēnēm visbiežāk tika izdalīta divkrāsu sveksēne *Resinicium bicolor* (tā tika konstatēta 17 % sakņu fragmentu; diametrs no 1,4 cm līdz 8,7 cm). Divkrāsu sveksēne bija sastopama visos parauglaukumos. Citas biežāk sastopamās sugas bija raiblapīņu liesmene *Gymnopilus penetrans* (3% paraugu), parastā sētaspiepe *Gloeophyllum sepiarium* (2% paraugu), rūgtā sērsēne *Hypholoma fasciculare* (2%) un rūgtā mīkstpiepe *Postia stiptica* (2%). Tika izdalītas arī reti sastopamas sēņu sugas - divas ir ļoti reti sastopamas Latvijā – sārtā mīkstpiepe *Postia placenta* (izdalīta Nītaures parauglaukumā), un pūkainā mīkstpiepe *Postia pythogaster* (izdalīta Stendes parauglaukumā), turpretī sēntiņu suga *Mycena alnetorum* Latvijā iepriekš nav aprakstīta.

Sēņu daudzveidība sakņu paraugos bija samērā liela. No sakņu fragmentiem tika izdalītas 17 bazīdijsēņu sugas, 48 askusēņu un nepilnīgi pazīstamo sēņu sugas, un 7 zigomicētu sugas. Izdalīto bazīdijsēņu skaits varētu būt augstāks, bet sakņu fragmenti 6 gadus pēc celmu izstrādes bija jau stipri sadalījušies, kas apgrūtināja lēnāk augošo sēņu izdalīšanu, jo to augšanu inhibēja *Trichoderma* sugas (izdalītas 7 dažādas sugas), kas ir ātri augošas un bieži sastopamas trupējušā koksņē. Daudzos sakņu paraugos (10% no visiem ievāktiem) tika atrastas melnās skudras (*Formicidae*) un daudzas skudru ejas trupējušā koksņē vēl vairāk apgrūtināja bazīdijsēņu izdalīšanu – no šādas koksnes pārsvarā tika izdalītas pelējuma sēnes.

Secinājumi

1. Sakņu piepes *Heterobasidion* spp. micēlijs sastopams 4,5-10 cm lielos egļu sakņu fragmentos piecus - sešus gadus pēc celmu izraušanas.
2. Sakņu fragmentos var attīstīties un producēt augļķermeņus vairākas sēņu sugas, kas ir bieži sastopamas arī uz celmiem un mežizstrādes atliekām, tai skaitā arī sakņu piepe *Heterobasidion* spp.
3. Celmu raušana stipri trapes skartās platībās nav 100 % efektīva, jo platībā palikušie trupējušās koksnes fragmenti, kuru diametrs ir lielāks par 4 cm diametrā, rada sakņu trapes infekcijas risku nākamajai egļu paaudzei.
4. Celmu raušana vismaz īstermiņā būtiski neietekmē sēņu daudzveidību. Sakņu fragmentos atrastās 72 sēņu sugas, 17 no tiem bija bazīdijsēnes (3 reti sastopamas).
5. Lielākā daļa izdalīto sēņu sugu ir bieži sastopamas celmos un mežizstrādes atliekās, turklāt uz sakņu fragmentiem daudzas sugas spēj veidot arī augļķermeņus.

Literatūra

1. Arhipova, N. 2012. Heart rot of spruce and alder in forests of Latvia. Impact and possibilities for silvicultural control. Doctoral Thesis No. 2012:49, Faculty of Natural Resources and Agricultural Sciences, SLU, Uppsala, Sweden, pp. 24-26.
2. Arhipova, N, Gaitnieks, T., Donis, J, Stenlid, J and Vasaitis, R. 2011. Butt rot incidence, causal fungi, and related loss in *Picea abies* stands of Latvija. Canadian Journal of Forest Research, Vol. 41: 2337-2345.
3. Breitenbach, J., Kränzlin, F. 1986. Fungi of Switzerland. Volume 2. Non gilled fungi. Heterobasidiomycetes, Aphyllophorales, Gastromycetes. Verlag Mycologia, CH-6000 Lucerne 9, Switzerland, 412 p.
4. Lesoe, T. 1998. Sēnes. Zvaigzne ABC, 303 lpp.
5. Watanabe, T. 2002. Pictorial atlas of soil and seed fungi. Morphologies of cultured fungi and key to species. Second edition. CRC Press LLC, 484 p.
6. Robert, V., Vu, D., Amor, A.B.H., van de Wiele, N., Brouwer, C., Jabas, B., Szoke, S., Dridi, A., Triki, M., ben Daoud, S., Chouchen, O., Vaas, L., de Cock, A., Stalpers, J.A., Stalpers, D., Verkley, G.J.M., Groenewald, M., dos Santos, F.B., Stegehuis, G., Li, W., Wu, L., Zhang, R., Ma, J., Zhou, M., Gorjón, S.P., Eurwilaichitr, L., Ingriswang, S., Hansen, K., Schoch, C., Robbertse, B., Irinyi, L., Meyer, W., Cardinali, G., Hawksworth, D.L., Taylor, J.W., Crous P.W. (2013). [MycoBank gearing up for new horizons](#). IMA Fungus, volume 4, no 2: 371–379.

2.1.6. Ķērpju un sūnu daudzveidība

Mūsdienās celmu raušana un to izstrāde ir viens no biomasas ieguves veidiem atjaunojamo energoresursu produktu ražošanā. Tajā pašā laikā celmi veido substrātu organismiem, kas saistīti ar trupējošu koksni jeb epiksīlajām sugām (Svensson et al., 2013). Lai arī celmus nevar uzskatīt par dabiski atmirušu koksni, apsaimniekotos mežos tie veido lielu daļu no mirušās koksnes (Pedlar et al., 2002). Šī pētījuma mērķis bija raksturot sūnu un ķērpju sugu daudzveidību uz celmiem, kas atstāti pēc kailcirtes.

Materiāls un metode

Sūnu un ķērpju uzskaitēi izvēlētas piecas jaunaudzes: Rembate, Dursupe, Stende, Jaunpils, Nītaure, kurās 2012. gada ziemā veikta kailcirte un daļā nogabala arī celmu izstrāde. Katrā nogabalā tika ierīkoti divi parauglaukumi – viens no tiem daļā, kur celmi izstrādāti, un otrs daļā, kur tie atstāti. Priekšizpētē konstatēts, ka noteikts skaits celmu atstāti arī parauglaukumos, kuros veikta celmu raušana. Lai novērtētu sūnu un ķērpju sugu skaitu uz celmiem, 2018. gada rudenī objektos ierīkotas 50 metru garas transektes. Kopumā katrā jaunaudzē ierīkotas piecas transektes: trīs – parauglaukumos, kuros celmi atstāti; divas – parauglaukumos, kuros veikta celmu izstrāde. Izņēmums bija Nītaures objekts, kurā piecas ierīkotās transektes šķērsoja abus parauglaukumus; atšķirības metodikā saistītas ar šī nogabala nelielo platību. Pētījumā uzskaitīti visi celmi, kuri atradās uz transektes, kā arī viena metra attālumā uz abām pusēm no novilktais transektes, veidojot 2x50 m lielu parauglaukumu. Katram celmam noteikta koku suga (ja tas bija iespējams), augstums, diametrs un sadalīšanās pakāpe. Sadalīšanās pakāpe noteikta piecu pakāpju sistēmā: 1. pakāpei raksturīgās pazīmes ir mizas un zaru klātbūtne, kas cieši saistīti ar koksni; 2. pakāpei – atdalījusies miza, zari, kas nav cieši saistīti ar koksni, koksne cieta; 3. pakāpei miza nav raksturīga, koksne ir mīksta; 4. pakāpei – koksne ir “pulveraina”, 5. sadalīšanās pakāpē koksne ir brīvos kopumos, atmirusī koksne ir zaudējusi pirmatnējo formu un to grūti atšķirt no zemsedzes (Pyle, Brown, 1998). Uz apsekotajiem celmiem noteiktas visas sūnu un ķērpju sugas. Izmantota sūnu un ķērpju nomenklatūra saskaņā ar Latvijas ķērpju un sūnu taksonu sarakstu (Āboliņa et al., 2015).

Rezultāti

Sūnu un ķērpju sugas uzskaitītas uz 192 celmiem, no kuriem lielākā daļa bija parastās egles *Picea abies* celmi (172 celmi). Septiņiem no celmiem identificēti kā parastā priele *Pinus sylvestris*, viens - kā bērzs *Betula spp.* 12 celmiem sugu nebija iespējams noteikt. Lielākai daļai celmu diametrs bija robežās no 30 līdz 50 cm, dominēja 2. un 3. sadalīšanās pakāpe. Vismazāk bija celmu 5. sadalīšanās pakāpē, kas saistīts ar relatīvi nelielu laika posmu kopš mežizstrādes un apkārtējiem vides apstākļiem (Tabula 31).

Tabula 31. Pētītos celmus raksturojošie lielumi

Vieta	Celmu skaits	Diametrs (cm)			Sadalīšanās pakāpe			
		10-30	30-50	≥50	II	III	IV	V
Dursupe	41	16	20	5	34	-	6	1
Jaunpils	45	16	19	10	26	16	2	1
Nītaure	38	4	22	12	21	11	4	2
Rembate	30	2	17	11	15	6	6	3
Stende	38	20	17	1	-	34	4	-

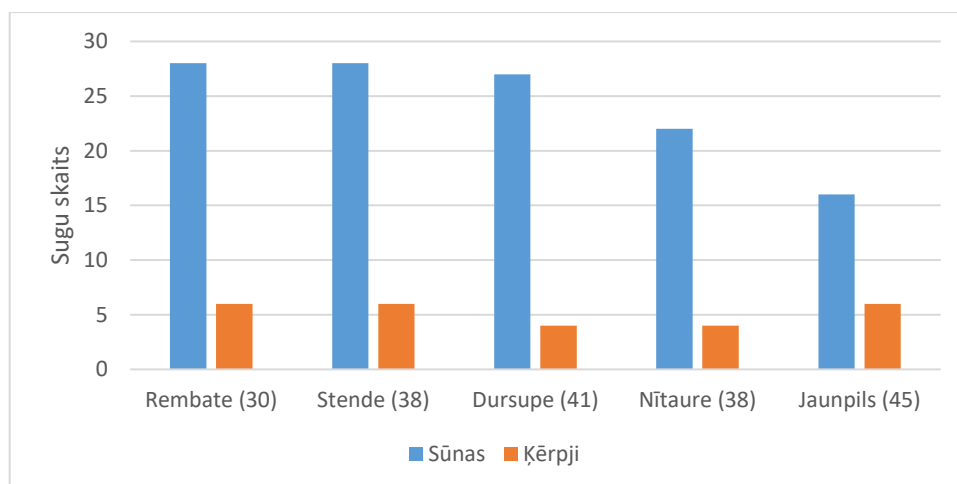
Kopumā uzskaitītas 50 epiksīlās sugas, no kurām 41 sūnu suga un 9 ķērpju sugas (Tabula 32). Biežāk sastopamās sugas bija lapu sūnas: *Pleurozium schreberi* (konstatēta uz 114 celmiem), *Dicranum scoparium* (uz 105 celmiem), *Dicranum montanum* (uz 91 celma) un *Brachythecium rutabulum* (uz 89 celmiem). Visas piecas pētījumā uzskaitītās aknu sūnu sugas – *Chiloschyphus pallescens*, *Lophocolea heterophylla*, *Plagiochila asplenoides*, *Radula complanata* un *Riccardia palmata* – noteiktas uz mazāk nekā 10 apsekotajiem substrātiem. Visbiežāk sastopamā ķērpju suga bija *Cladonia fimbriata* (uz 124 celmiem) (Tabula 32). Deviņas epiksīlās sugas konstatētas tikai vienu reizi uz viena celma, no tiem astoņas sūnu sugas un divas ķērpju sugas (Tabula 32). Uz apskatītajiem celmiem noteikta viena īpaši aizsargājama suga – *Riccardia palmata* (Ministru Kabineta 14.11.2000. noteikumi Nr.396 "Noteikumi par īpaši aizsargājamo sugu un ierobežoti izmantojamo īpaši aizsargājamo sugu sarakstu").

Tabula 32. Sūnu un ķērpju sugu saraksts un to sastopamība uz apsekotajiem celmiem (n=192)

Nosaukums	Sastopamība	Nosaukums	Sastopamība
SŪNAS			
<i>Amblystegium serpens</i>	1	<i>Lophocolea heterophylla</i>	9
<i>Amblystegium subtile</i>	3	<i>Plagiochila asplenoides</i>	1
<i>Atrichum undulatum</i>	9	<i>Plagiomnium affine</i>	49
<i>Aulacomnium palustre</i>	5	<i>Plagiomnium cuspidatum</i>	24
<i>Brachytheciastrum velutinum</i>	1	<i>Plagiomnium undulatum</i>	6
<i>Brachythecium albicans</i>	4	<i>Plagiothecium laetum</i>	12
<i>Brachythecium rutabulum</i>	89	<i>Pleurozium schreberi</i>	114
<i>Brachythecium salebrosum</i>	23	<i>Pohlia nutans</i>	20
<i>Bryum pseudotriquetrum</i>	7	<i>Polytrichum formosum</i>	1
<i>Calliergonella cuspidata</i>	1	<i>Polytrichum commune</i>	25
<i>Chiloschyphus pallescens</i>	4	<i>Polytrichum juniperinum</i>	39
<i>Cirriphyllum piliferum</i>	5	<i>Ptilium pulcherrimum</i>	20
<i>Dicranum montanum</i>	91	<i>Radula complanata</i>	3
<i>Dicranum polysetum</i>	21	<i>Rhodobryum roseum</i>	27
<i>Dicranum scoparium</i>	105	<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>	18
<i>Eurhynchium angustirete</i>	11	<i>Riccardia palmata</i>	1
<i>Eurhynchium hians</i>	4	<i>Sanionia uncinata</i>	3
<i>Funaria hygrometrica</i>	24	<i>Sphagnum angustifolium</i>	5
<i>Herzogiella seligeri</i>	1	<i>Tetraphis pellucida</i>	22
<i>Hylocomium splendens</i>	62	<i>Thuidium tamariscinum</i>	4
<i>Hypnum cupressiforme</i>	33		
ĶĒRPJI			
<i>Cladonia cenotea</i>	2	<i>Cladonia rangiferina</i>	10
<i>Cladonia chlorophaea</i>	1	<i>Lepraria sp.</i>	8

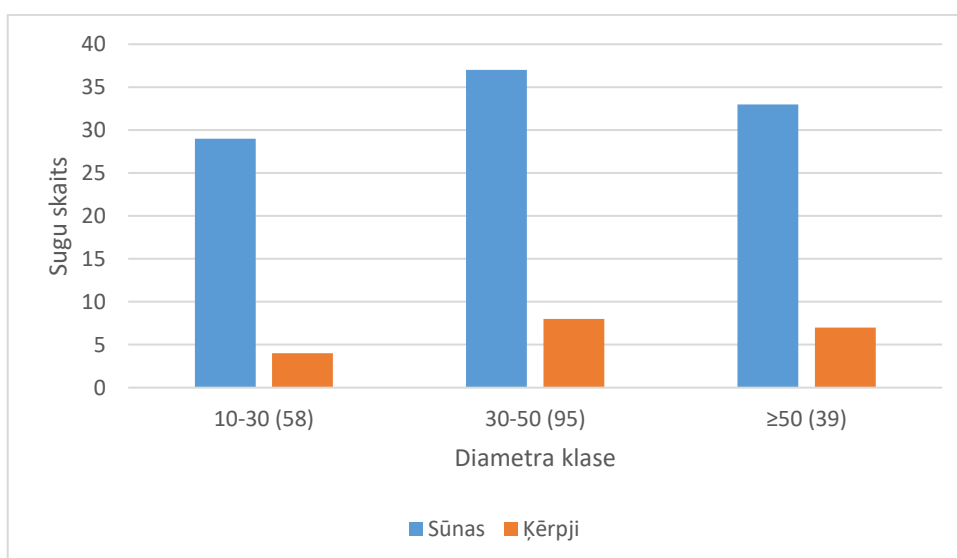
Nosaukums	Sastopamība	Nosaukums	Sastopamība
<i>Cladonia coniocraea</i>	24	<i>Peltigera canina</i>	6
<i>Cladonia digitata</i>	6	<i>Vulpicida pinastri</i>	1
<i>Cladonia fimbriata</i>	124		

Lielākais kopējais sugu skaits (34 epiksīlās sugas) noteikts Rembates un Stendes objektos. Šie parauglaukumi bija bagātāki gan ar sūnu sugām (katrā 28 sugas), gan ar ķērpju sugām (katrā 6 sugas) (Attēls 181).

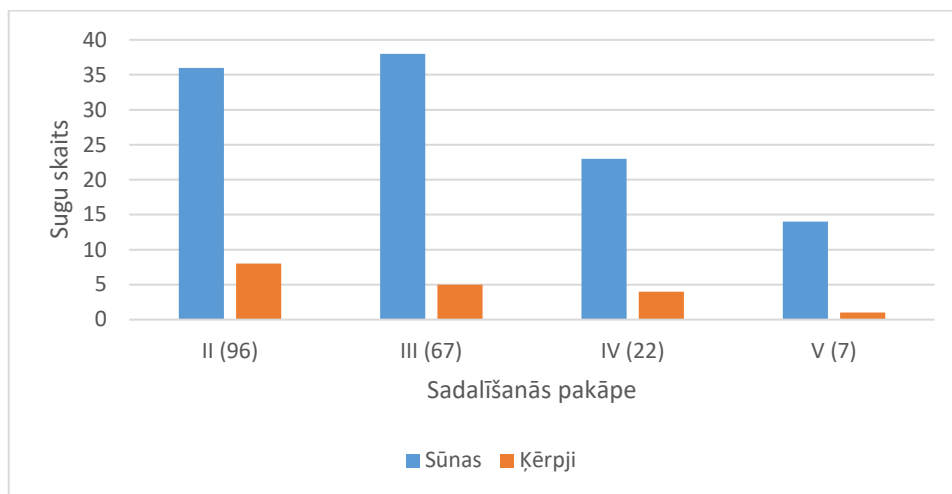


Attēls 181. Sūnu un ķērpju sugu skaits pētītajos parauglaukumos. Katram parauglaukumam norādīts celmu skaits

Rezultāti parādīja, ka lielākais skaits sugu (gan sūnu sugas, gan ķērpju sugas) konstatētas celmu diametra klasē no 30 līdz 50 cm (Attēls 182). Analizējot sugu skaitu dažādās substrāta sadalīšanās pakāpēs, novērots, ka lielāka ķērpju daudzveidība apsekotajās audzēs bija uz celmiem 2. sadalīšanās pakāpē, savukārt vairāk sūnu sugu konstatēts uz celmiem 3. sadalīšanās pakāpē (Attēls 183).



Attēls 182. Sūnu un ķērpju sugu skaits dažādās diametra klasēs. Katram parauglaukumam norādīts celmu skaits



Attēls 183. Sūnu un ķērpju sugu skaits dažādās sadalīšanās pakāpēs. Katram parauglaukumam norādīts celmu skaits

Vispārīgi kopīgie secinājumi

Pētījuma objektos jaunaudzēs, kurās pirms sešiem gadiem veikta kailcirte, pārsvarā dominē egļu celmi lielākoties 2. un 3. sadalīšanās pakāpē no 30 līdz 50 cm diametrā, kas daļēji skaidro lielo epiksīlo sugu skaitu uz tiem. Analizējot sugu sastāvu uz celmiem, redzams, ka lielākā daļa no konstatētajām sūnu sugām ir ar plašu ekoloģisko amplitūdu, proti, tās var augt ne tikai uz mirušas koksnes, bet arī uz citiem substrātiem (uz augsnes, uz dzīva koka mizas) (Atherton et al., 2010; Smith et al., 2009). Celmi veido maza izmēra atmirušo koksni, kas atrodas tuvu zemsedzei un var tikt kolonizēta ar ātri augošām zemsedzes sūnu sugām (Ódor 2006 et al.). Aptuveni 12% no visām noteiktajām sūnaugu sugām bija aknu sūnas, kurām mirusī koksne ir nozīmīgs substrāts to izplatībai (Suško 1998). Viena no noteiktajām aknu sūnu sugām iekļauta reto un aizsargājamo sugu sarakstā. Tātad noteiktos apkārtējās vides apstākļos – pie noteikta gaisa, augsnes mitruma, noēnojuma, noturīga mikroklimats – celmi var būt nozīmīgs substrāts arī sūnu sugām ar šauru ekoloģisko nišu. Ķērpju sugu skaits salīdzinājumā ar noteikto sūnu sugu skaitu bija neliels, turklāt neviena no ķērpju sugām nebija obligātais epiksīls, kas varētu būt saistīts ar sūnu un ķērpju savstarpējo konkurenci, kurā sūnu sugu segums negatīvi ietekmējis ķērpju sugu skaitu (Svensson et al., 2013).

Kopumā pētījumā konstatēts sekojošais.

1. Jaunos apsaimniekotos mežos uz egļu celmiem lielākoties aug bieži sastopamas sūnu un ķērpju sugas, kuras nav specifiski saistītas tikai ar mirušo koksni, taču atsevišķos gadījumos celmi var būt nozīmīgs substrāts arī sūnu sugām ar šauru ekoloģisko nišu.
2. Lielāks ir sūnaugu sugu skaits, savukārt ķērpju sugu skaits uz celmiem ir neliels.

Lai varētu veikt precīzākus secinājumus par to, cik nozīmīgi ir celmi kā trupējošas koksnes sastāvdaļa ķērpju un sūnu sugu daudzveidības saglabāšanā, nepieciešams veikt plašākus pētījumus, kas ietvertu lielāku meža tipu, audžu vecuma, substrātu (dabiski vai mežizstrādes laikā veidojušies celmi), mikroklimatu daudzveidību.

Literatūra

1. Atherton I., Bosanquet S., Lawley M. 2010. Mosses and liverworts of Britain and Ireland a field guide. British Bryological Society, Great Britain, 848 pp.
2. Āboliņa A., Piterāns A., Bambe B. 2015. Latvijas ķērpji un sūnas. Taksonu saraksts. Salaspils: DU AA "Saule", LVMI Silava, 213 pp.
3. Ódor P., Heilmann-Clausen J., Christenen M., Aude E., Dort K.W., Piltaver A., Siller I., Veerkamp M.T., Walley R., Standovár T., Hees A.F.M., Kosec J., Matočec N., Kraigher H., Grebenc T. 2006. Diversity of dead wood inhabiting fungi and bryophytes in semi-natural beech forests in Europe, 131, 58 – 71.
4. Pedlar J.H., Pearce J.L., Venier L.A., McKenney D.W. 2000. Coarse woody debris in relation to disturbance and forest type in boreal Canada. Forest Ecology and Management, 158, 189 – 194.
5. Pyle C., Brown M. M. 1998. A rapid system of decay classification for hardwood logs of the eastern deciduous forest floor. Journal of the Torrey Botanical Society, 125 (3), 237 – 245.
6. Smith C., Aptroot A., Coppins B., Fletcher A., Gilbert O., James P., Wolseley P. 2009. The Lichens of Great Britain and Ireland edited by British Lichen Society. MPG Books Group, Great Britain, 1046 pp.

7. Suško U. 1998. Latvijas dabiskie meži. Pētījums par bioloģiskās daudzveidības struktūrām, atkarīgajām sugām un meža vēsturi. WWF, Rīga, 186 pp.
8. Svensson M., Dahlberg A., Ranius T., Thor G. 2013. Occurrence patterns of lichens on stumps in young managed forests. PLoS ONE, 8 (4), e62825.

2.2. Celmu izstrādes ilgtermiņa ietekme

2.2.1. Objekti un metodika

Koku celmu kopā ar lielākajām saknēm izmantošana nodrošina iespēju iegūt ievērojamus enerģētiskās koksnes resursus. Tomēr, pirms rekomendēt šādu darbību, nozīmīgi novērtēt ne tikai tās ekonomisko, bet arī ekoloģisko ietekmi. Ilgtermiņa ietekmes analīzei iepriekšējos pētījuma etapos (skatīt 2016. un 2017. gada starpatskaiti) ierīkoti parauglaukumi parastās priedes audzēs dažādos meža tipos, taču egles audzēs – tikai vienā meža tipā. Tādēļ šajā gadā saskaņā ar pētījuma darba uzdevumu ierīkoti papildus parauglaukumi parastās egles audzēs, kuras atjaunotas pēc visa koka biomasas (gan stumbra, gan zaru, celma, sakņu) izvešanas (turpmāk tekstā – WTH) un audzēs, kuras atjaunotas pēc kailcirtes (tātad izvesta tikai stumbra koksne; turpmāk tekstā – kontrole, KON).

Pētījuma objektu sākotnēji bija plānots ierīkot pie Kalnciema, tomēr šajā teritorijā bija svaigas krājas kopšanas cirtes, kas padarīja neiespējamu zemsedzes veģetācijas raksturošanu. Tādēļ objekti ierīkoti MPS Kalsnavas MN 111. un 112. kvartālā (Attēls 184).



Attēls 184. Objekta, kurā veikta visa koku biomasas izvākšana (WTH), zemes virsmas karte (avots: MPS, GEO)

Pētījuma objekti (sākotnēji plānotā vieta – divi) ierīkoti netālu esošās egļu audzēs šaurlapju ārenī (As) un slapajā damaksnī (Dms), šo meža tipu raksturošanai ierīkojot augsnes profilbedres un ievācot augsnes paraugus. Katrā meža tipā katrā no audzēm (WTH un kontroles – Tabula 33) izvēlēta viena 50 m gara transekte, uz kuras kur ik pēc diviem metriem izvietots 1x1 m liels parauglaukums, kopā uz transektes veidojot 17 parauglaukumus. Parauglaukumā noteikts zemsedzes veģetācijas procentuālais segums pa stāviem: lakstaugu, sīkrūmu stāvs un sūnu, ķērpju stāvs.

Tabula 33. Izvēlēto mežaudžu taksācijas dati

Variants	Kvartāls	Nogabals	Nogabala platība ha	Nogabala kopējā krāja m ³	Sugu sastāvs	Meža tips	Bonitāte
WTH	66	3	0,2	26	10E47	Dms	III
WTH	111	14	0,99	264	10E46	As	II
WTH	111	15	3,22	989	10E47	As	I
Kontrole	61	15	0,69	255	10E48	Dms	I
Kontrole	93	22	1,62	494	10E46	Dms	II
Kontrole	113	9	1,26	398	10E47	As	I

2.2.2. Rezultāti

Vislielākā zemsedzes veģetācijas sugu daudzveidība tika konstatēta WTH mežaudzē As – 1,49 un 0.67 (attiecīgi Šenona un Simpsona indekss), taču vismazākā daudzveidība bija kontroles audzē Dms – 1,02 un 0,51 (Tabula 34). Vislielākais kopējais zemsedzes sugu procentuālais segums bija WTH mežaudzē Dms (~ 99.76%), bet vismazākais procentuālais segums kontroles audzē As (~77.52%) (Tabula 34). Vaskulārie augi kopumā visās teritorijās bija maz sastopami un no kopējā seguma neaizņēma vairāk kā 15%, taču sūnu un ķērpju stāvā esošās sugas aizņēma lielāko daļu no parauglaukuma kopējās platības. Visvairāk sūnas un ķērpji bija WTH mežaudzē Dms, bet vismazāk kontroles audzē As.

Tabula 34. Izvēlēto mežaudžu zemsedzes veģetācijas vispārīgs raksturojums

Rādītājs	WTH		Kontrole	
	Dms	As	Dms	As
Šenona indekss	1.13	1.49	1.02	1.32
Simpsona indekss	0.57	0.67	0.51	0.62
Kopējais procentuālais segums (%)	99.76	94.20	98.61	77.52
Vaskulāro augu segums (%)	9.47	12.23	14.20	5.52
Sūnu un ķērpju segums (%)	90.29	81.97	85.14	72.11

*Pētāmās teritorijas egļu mežaudžu Šenona un Simpsona daudzveidības indeksi aprēķināti zemsedzes segumam. Kopējais procentuālais segums aprēķināts apvienojot vaskulāro augu, sūnu un ķērpju stāvu procentuālo segumu. Procentuālais segums vaskulārajiem augiem un sūnām un ķērpjiem atsevišķi.

WTH teritorijās biežāk satopamākās sugas bija *Oxalis acetosella*, *Vaccinium myrtillis* un *Luzula pilosa* (9.24%, 5.24% un 2.06%), taču kontroles teritorijās biežāk satopamās vaskulāro augu sugas bija *Vaccinium myrtillis*, *Oxalis acetosella* un *Vaccinium vitis-idea* (21.12%, 4.82% un 6%) (Tabula 35). Sugām bagātāka audze bija WTH As, kur kopā bija 32 vaskulāro augu sugas un 13 sūnu sugas, nabadzīgākā mežaudze bija WTH Dms, kur kopā bija 5 vaskulāro augu sugas un 7 sūnu sugas. Visbiežāk sastopamās sūnas bija *Brachytecium rutabulum*, *Dicranum polysetum*, *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi* un *Plagiomnium affine* (Tabula 36)

Tabula 35. Vaskulāro augu procentuālie segumi vērtētajās mežaudzēs

Latīniskais nosaukums	Latviskais nosaukums	WTH_Dms	WTH_As	Kontrole_Dms	Kontrole_As
<i>Anemone ranunculoides</i>	Dzeltenais vizbulis	0	0.12	0	0
<i>Angelica sylvestris</i>	Meža zirdzene	0	0.18	0	0
<i>Calamagrostis arundinacea</i>	Niedru ciesa	0	0	0	0
<i>Calluna vulgaris</i>	Sila virsis	0.29	0	0.29	0
<i>Campanula sp.</i>	Pulkstenīte	0	0.06	0	0
<i>Carex digitata</i>	Pirkstainais grīslis	1.56	0.06	0.06	0
<i>Carex sylvatica</i>	Meža grīslis	0	0.18	0	0
<i>Deschampsia flexuosa</i>	Liektā ciņusmilga	0	1.12	0	0
<i>Deschampsia cespitosa</i>	Parastā ciņusmilga	0	0.71	0	0
<i>Dryopteris carthusiana</i>	Dzelonainā ozolpāpārde	0	0.24	0	0.06
<i>Equisetum sylvaticum</i>	Meža kosa	0	0.06	0	0
<i>Filipendula ulmaria</i>	Parastā vīgrieze	0	0.12	0	0
<i>Fragaria vesca</i>	Meža zemene	0	0.18	0	0
<i>Galeopsis sp.</i>	Aklis	0	0.12	0	0
<i>Galium borealis</i>	Ziemeļu madara	0	0.35	0	0
<i>Galium palustre</i>	Purva madara	0	0.18	0	0
<i>Glechoma hederacea</i>	Efeju sētložņa	0	0.12	0	0

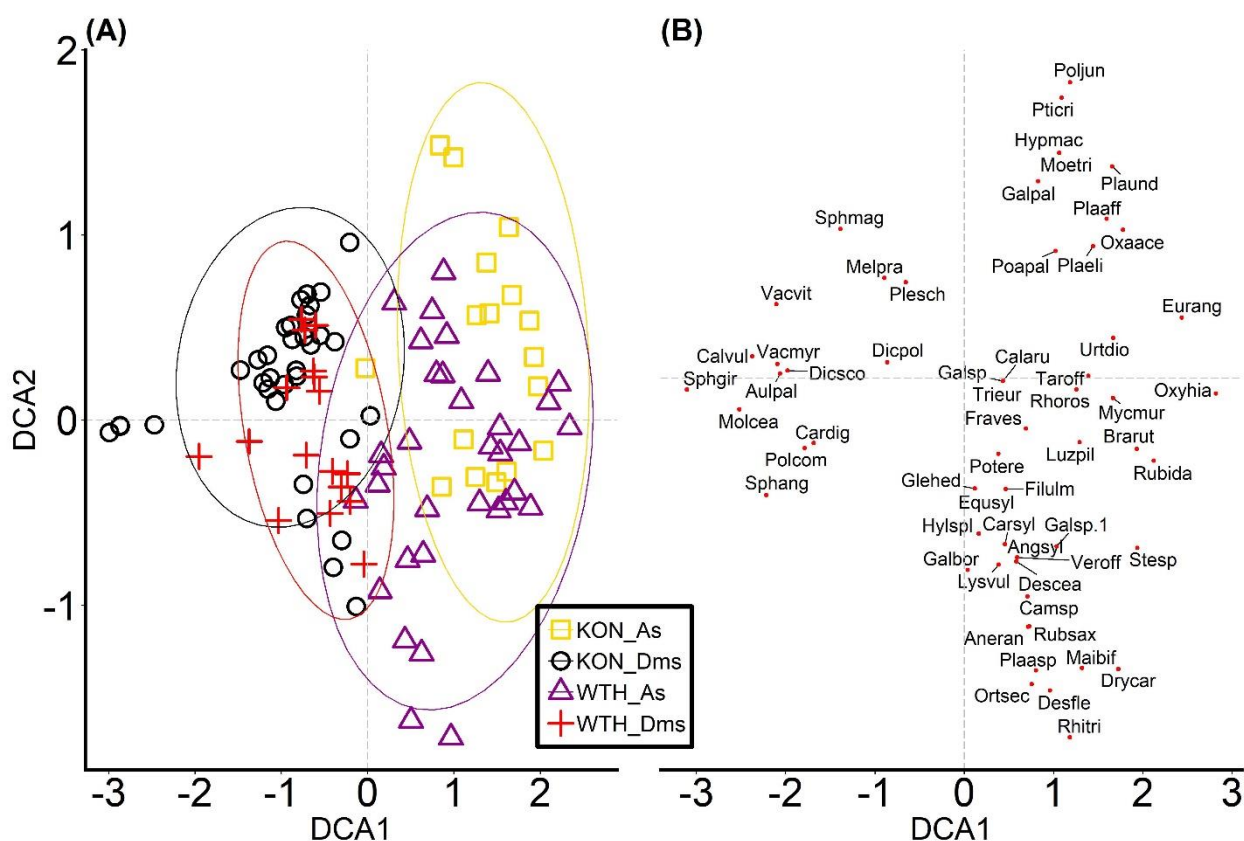
Latīniskais nosaukums	Latviskais nosaukums	WTH_Dms	WTH_As	Kontrole_Dms	Kontrole_As
<i>Hypericum maculatum</i>	Plankumainā asinszāle	0	0.18	0	0
<i>Luzula pilosa</i>	Pūkainā zemzālīte	0	2.05	0.59	0
<i>Lysimachia vulgaris</i>	Parastā zeltene	0	0.76	0	0.06
<i>Maianthemum bifolium</i>	Divlapu žagatiņa	0	1.12	0.18	0.41
<i>Melampyrum pratense</i>	Pļavas nārbulis	0	0	0.12	0
<i>Moehringia trinervia</i>	Trejdzīslu meringija	0	0.59	0	0
<i>Molinia cearulea</i>	Zilganā molīnija	1.76	0	0	0
<i>Mycelis muralis</i>	Mūra mežsalāts	0	2	0	0
<i>Orthilia secunda</i>	Laimes palēcīte	0	0.41	0	0
<i>Oxalis acetosella</i>	Meža zaķskābene	0	9.24	0	4.82
<i>Poa palustris</i>	Purva skarene	0	0.47	0	0
<i>Potentilla erecta</i>	Stāvais retējs	0	0.18	0.06	0
<i>Rubus idaeus</i>	Meža avene	0	0.41	0	0.06
<i>Rubus saxatilis</i>	Klinšu kaulene	0	1.24	0	0
<i>Stellaria sp.</i>	Virza	0	0.29	0	0
<i>Taraxacum officinale</i>	Ārstniecības pienene	0	0.18	0	0
<i>Urtica dioica</i>	Lielā nātre	0	0.06	0	0.06
<i>Vaccinium myrtillus</i>	Mellene	5.24	0.47	21.12	0.06
<i>Vaccinium vitis-idea</i>	Brūklene	0.59	0	6	0
<i>Veronica officinalis</i>	Zemteka	0	1.06	0	0

Tabula 36. Sūnu un ķērpju procentuālie segumi vērtētajās mežaudzēs

Latīniskais nosaukums	WTH_Dms	WTH_As	Kontrole_Dms	Kontrole_As
<i>Aulacomnium palustre</i>	0.88	0	1.18	0
<i>Brachytecium rutabulum</i>	0	33.71	0.29	18.59
<i>Dicranum polysetum</i>	6.94	11.65	32.65	0.82
<i>Dicranum scoparium</i>	0	0	1	0
<i>Eurhynchium angustirete</i>	0	2.94	0	7.88
<i>Hylocomium splendens</i>	31.05	39.65	32.88	7.41
<i>Oxyrinchium hians</i>	0	8.24	0	0
<i>Plagiochila asplenoides</i>	0	12.12	0	0
<i>Plagiomnium affine</i>	0	11.76	0.29	16.06
<i>Plagiomnium elipticum</i>	0	10.59	0.29	2.94
<i>Plagiomnium undulatum</i>	0	1.18	0	0
<i>Pleurozium schreberi</i>	41.71	21	75.24	7.35
<i>Polytrichum commune</i>	2.82	0	0.88	0
<i>Polytrichum juniperinum</i>	0	0	0	0.12
<i>Ptilium crista-castrensis</i>	0	1.59	3.53	8.06
<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>	0	1.71	0	0
<i>Rhodobryum roseum</i>	0	7.82	0	2.88
<i>Sphagnum angustifolium</i>	3.35	0	0.29	0
<i>Sphagnum girgensohnii</i>	3.53	0	21.29	0
<i>Sphagnum magellanicum</i>	0	0	0.47	0

Veicot ANOSIM (*Analysis of similarities*) analīzi, WTH ilgtermiņa ietekme nebija statistiski būtiska As ($R=0.06$; $p=0.135$) un bija neliela, taču statistiski būtiska Dms ($R=0.365$; $p<0.001$). Atšķirības Dms lielā mērā noteica četru parauglaukumu, kuros bija liels *Sphagnum girgensohnii* procentuālais segums, ietekme – tālāk faktiski izveidojusies mikroieplaka. Iespējams, kā tā ir saistīta ar vēsturiski veikto koku celmu nostumšanu ar buldozeru – tehnoloģiju, kāda šobrīd vairs netiek praktizēta gan darbu apjoma (izmaksu), gan lietderības dēļ – šādi, sastumjot celmus kaudzēs, ir ļoti liels smiltis piejaukums, ko vēlāk nav iespējams attīrīt.

Detrendētās korespondences analīzes (DCA) rezultāti rāda, ka parauglaukumi grupējas pa meža tipiem, nevis iepriekš veiktās saimnieciskās darbības (WTH un kontrole) ietekmē (Attēls 185). Konstatējami arī ANOSIM analīzē atšķirības starp WTH un kontroles audzēm noteikušie parauglaukumi, kas būtiski atšķiras no visiem pārējiem arī konkrētajā situācijā (Dms). DCA pirmā ass (x-ass) saistīta ar augsnes auglību (no kreisās uz labo – sugas ar aizvien pieaugošu prasību pēc barības vielām) un DCA otrā ass (y-ass) – ar gaismas daudzumu (tātad mežaudzi raksturojošu vērtību; no apakša uz augšu – sugas ar aizvien pieaugošu gaismas prasību).



Attēls 185. Parauglaukumu dažādās egles audzēs līdzība saskaņā ar DCA analīzes rezultātiem

WTH_Dms vai WTH_As: audze ar izvāktu koku biomasu attiecīgi slapjajā damaksnī vai šaurlapju ārenī
KON_Dms vai KON_As: kontroles audze attiecīgi slapjajā damaksnī vai šaurlapju ārenī

Secinājums

Līdzīgi kā iepriekšējo gadu analīzēs par priežu audzēm, arī šajā gadā veiktajās analīzēs egļu audzēs nav konstatēta visas koku biomasas (ieskaitot celmus celmu) vienreizējas izmantošanas ilgstoša (paliekoša) negatīva ietekme.

Publicitāte

Manuskripts "Understorey vegetation composition and diversity in drained Norway spruce stands 50 years after whole tree harvesting management: case study in Latvia" – iesniegts žurnālam *Silva Fennica*, noraidīts, labots, iesniegts žurnālam *Forestry Studies*. Šobrīd stadijā iesniegts, vēl redakcijas viedoklis nav saņemts.

2.3. Liela mēroga mežizstrādes ietekme

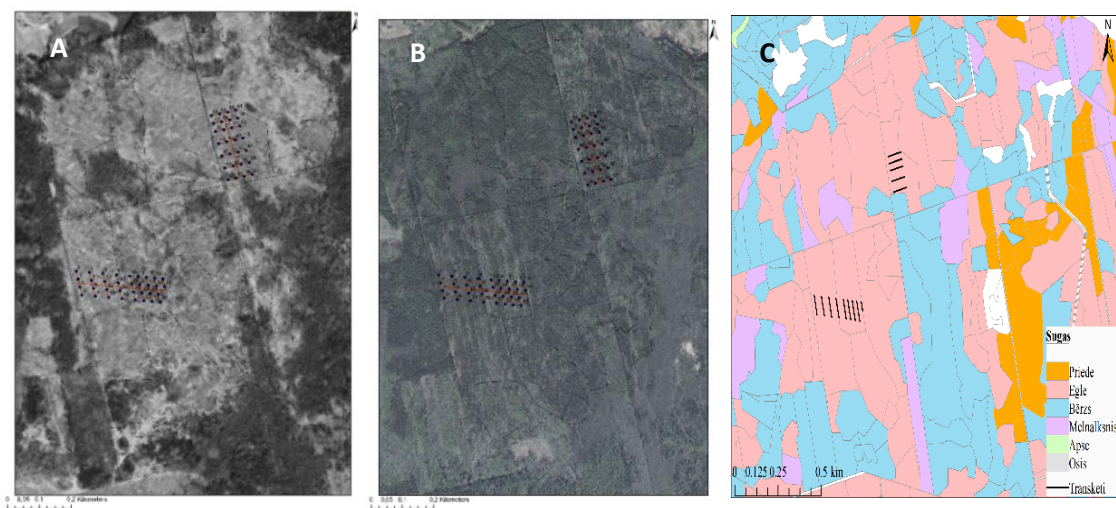
Apakšnodaļa attiecas uz 2.6. darba uzdevumu. Liela izmēra izcirtumi, kas Latvijā veidojas, izstrādājot vējgāžu, ugunsgrēku skartās platības, kā arī retākos gadījumos biotisko faktoru (kaitēkļu vai slimību) ietekmē bojā gājušas mežaudzes, potenciāli var atstāt negatīvu ietekmi uz meža ekosistēmas attīstību. Šai ietekmei vajadzētu būt lielākai, nekā šādā pašā kopējā platībā tuvu citu citam ievietojot mazāka izmēra izcirtumus. Viens no veidiem, kā šo ietekmi novērtēt, raksturojot tās apjomu un saglabāšanās ilgumu, ir zemsedzes veģetācijas monitorings.

2.3.1. Jaunjelgavas objekts

Metodika

Pētāmais objekts atrodas Jaunjelgavas novadā, kur 1967.gadā notika spēcīga vētra, kā rezultātā tika nolauzti un izgāzti 1,0 milj. m³ koksnes. Toreizējie mežizstrādes saimniecības meži (MRS) stipri cieta no vējgāzēm, jo zeme vēl bija pietiekami mitra, lai vētrā ciestu gan lapkoki, gan skujkoki (Saliņš 2005). Lai vētras nopostītajā platībā un tālāk esošajos mazāk cietušajos mežos neizplatītos astoņzobu mizgrauzis (*Ips typographus*), teritorijā tika veikta kailcirte jeb visas koksnes izvākšana, un vēlākajos gados, sākot ar 1969.gadu, teritorija tika atjaunota ar egli (*Picea abies*).

Pētījums veikts damakšņa meža tipā, kur teritorija ir veiksmīgi atjaunojusies ar egli. Mežaudzes vidējais vecums ir 42 gadi ar vidējo caurmēru 21 cm un augstumu 20,3 m; laika gaitā mežaudzē ir iesējušies arī bērzi, kuru vidējais vecums ir 36 gadi. 2013.gadā teritorijā veikta krājas kopšanas cirte.



Attēls 186. A – Corona satelītattēls pēc 1967.gada vējgāzes un kailcirtes; B – 2013.gada mežaudzes ortofoto; C – Mežaudzes plāns

Teritorijā 2018.gada vasarā tika izveidotas 10 transektes, un katrā transektē ielikti četri lieli punkti ik pēc 25 metriem, kas tika apzīmēti kā parauglaukumu centri. No katra lielā punkta ziemeļu un dienvidu virzienā tika izvietoti 14 1x1 m lieli parauglaukumi (vienā virzienā septiņi), kopā veidojot 462 parauglaukumus. Lai novērtētu, vai malas efektam jeb attālumam no malas pret kailcirtes platību ir būtiska ietekme uz sugu sastāva nomaiņu, pētāmajā teritorijā izveidotās transektes tika sadalītas četrās daļās: 0 – 20m, 20 – 100m, 100 – 150 m un >150 m. Katrā parauglaukumā tika noteikts procentuālais zemsedzes veģetācijas segums un pa stāviem izdalīts lakstaugu, sīkrūmu, krūmu un sūnu stāvs, kā arī atsevišķi novērtēta koksne. Katrai sugai aprēķināts

vidējais procentuālais segums, daudzveidības indeksi, un novērtēts, vai malas efektam ir ietekme uz sugu nomaiņu. Tā kā katrai sugai tika aprēķināts vidējais procentuālais segums, un katram izveidotajam parauglaukumam ir savas koordinātas, programmā R (3.2.4) izmantota permutācijas multivariācijas analīze (*adonis2*), kas ļauj statistiski novērtēt, vai malas efekts ietekmē sugu procentuālās izmaiņas. Lai vizuāli novērtētu sugu grupēšanos, veikta DCA (*Detrended corespondance analysis*).

Veģetācijas segums un sastāvs

Iegūtie rezultāti liecina, ka malas efektam ir būtiska ietekme uz veģetācijas procentuālo segumu ($p < 0,001$). Teritorijas kopējais veģetācijas segums ir 127,04%, tomēr vidēji lielāks segums ir sūnām 81,83%, kamēr lakstaugu vidējais segums ir 45,22%. Lai arī ievērojami dominē sūnu segums, teritorijā sastopama 21 sūnu suga un 106 vaskulāro augu sugas. Pēc Simpsona (*Simpson's*) un Šenona-Vīnera (*Shannon-Wiener*) daudzveidības indeksiem, teritorija ir sugām bagāta ar vienlaidus izplatījušos veģetāciju (Tabula 37).

Tabula 37. Šenona-Vīnera (*Shannon-Wiener*) un Simpsona (*Simpson's*) daudzveidības indeksi pētāmajā teritorijā, $N =$ parauglaukumu skaits

Rādītājs	Pētāmā teritorija N= 462
Simpsona indekss (<i>Simpson's index</i>)	0,09
Šenona-Vīnera indekss (<i>Shannon-Wiener index</i>)	3,20
Kopējais procentuālais segums (%)	127,04
Lakstaugu kopējais segums (%)	45,22
Sūnu kopējais segums (%)	81,83
Koksne (%)	18,94
Kailā augsne (%)	0,30
Nobiras (%)	0,31
Vidējais kokaugu daudzums (skaits)	3,89

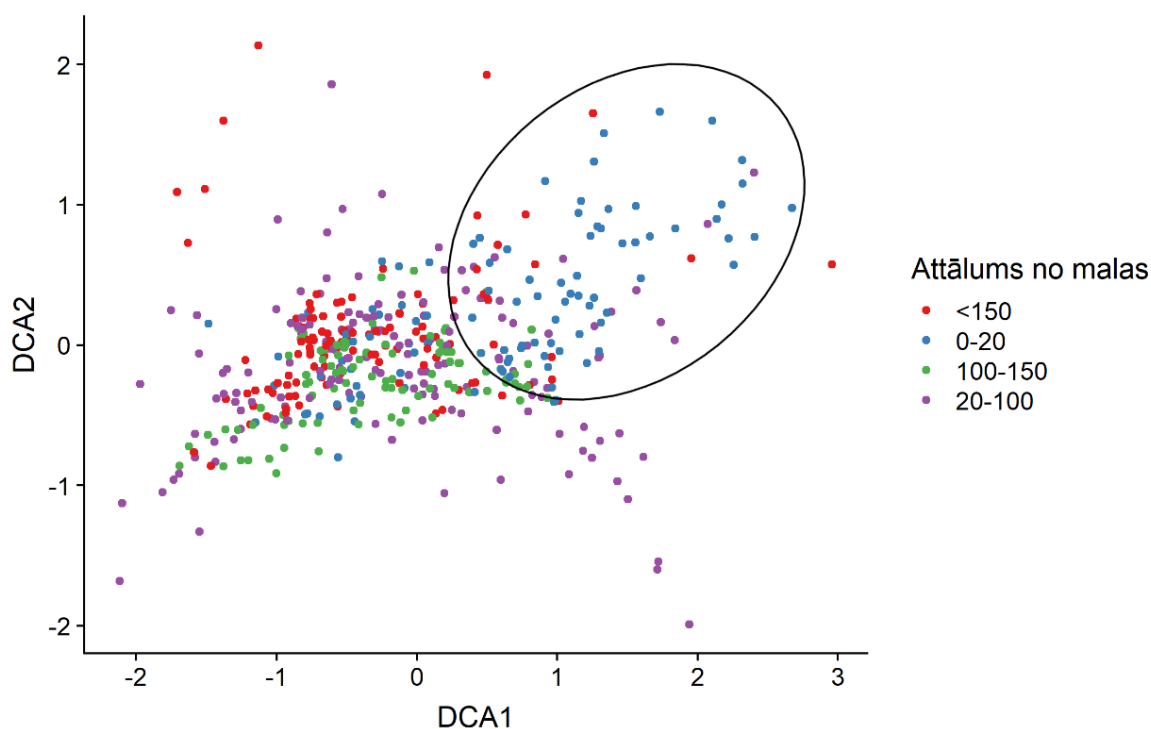
Vaskulāro augu procentuālais segums no 0 līdz 100 metru attālumam krasi nemainās, tomēr, sākot no 101 metra, vaskulāro augu segums samazinās par 15%, kas varētu būt saistīts ar 2013.gada krājas kopšanas darbiem un treilēšanas ceļiem, jo pētāmajā teritorijā bieži bija sastopama koksne, kas traucē attīstīties lakstaugiem. Savukārt sūnu segums no 0 līdz 20 metru attālumam ir par 20% mazāks nekā visā teritorijā kopumā, jo teritorijas pirmajos metros ir iesējušies bērzi un apses, kas rada lapu nobiras un traucē veģetācijas attīstībai (Tabula 38).

Tabula 38. Malas ietekme uz zemesdzes procentuālo segumu un sugu daudzveidības indeksu pētāmajā teritorijā

Attālums no malas (m)	Vaskulāro augu procentuālais segums	Sūnu procentuālais segums	Simpsona indekss (<i>Simpson's index</i>)	Šenona-Vīnera indekss (<i>Shannon-Wiener index</i>)
0-20	51,35	66,08	0,06	3,42
20-100	52,12	87,31	0,07	3,27
100-150	37,65	86,86	0,14	2,60
>150	39,74	87,04	0,12	2,77

Uzskaites punktos, kas izvietoti no 0 līdz 20 metru attālumā ir sastopamas 81 dažādas vaskulāro augu sugas un 18 dažādas sūnu sugas. Šajos punktos (parauglaukumos) vidējais vaskulāro augu segums ir 51,35%, bet sūnu segums - 66,08%. Atbilstoši daudzveidības indeksu vērtībām, šie parauglaukumi ir sugām bagāti ar vielaidus klājumu (Tabula 38). Šajos transektes punktos sastopamākās sugas ir parastā ciņusmilga (*Deschampsia caespitosa*) 1,50%, divas grīšļu sugas: meža grīslis (*Carex sylvatica*) 1,07% un pirkstainais grīslis (*Carex digitata*) 0,55%, savukārt no lakstaugiem sastopamākie augi ir lēdzerkste (*Cirsium oleraceum*) 1,41%, parastā vīgrīze (*Filipendula ulmaria*) 1,50%, un madaru dzimtas augi (*Galium sp.*). Šāds augu sugu sastāvs norāda uz to, ka 0-20 metru attālumā ir izteikti mitri augšanas apstākļi. Lai arī ir salīdzinoši zems sūnu segums, transektes punktos

dominē četras sūnu segas: Šrēbera rūšaine (*Pleurozium schreberi*) 16,56%, platlapu knābīte (*Eurhynchium angustirete*) 10,90%, spīdīgā stāvaine (*Hylocomium splendens*) 9,13% un lielā spuraine (*Rhytidiadelphus triquetrus*) 6,40%. Parauglaukumos 20–100 metru attālumā arī ir sastopama 81 vaskulāro augu suga un 17 sūnu sugas, un vidējais lakstaugu segums ir 52,12%, bet sūnu 87,31%. Tāpat kā transekšu pirmajos punktos, arī šajos parauglaukumos dominē graudzāles un grīšļi: niedru ciesa (*Calamagrostis arudinacea*) 1,87%, purvāja ciesa (*Calamagrostis canescens*) 1,18% un pirkstainais grīslis (*Carex digitata*) 2,58%. Salīdzinot ar pirmo transekšu punktiem, šeit sāk parādīties damaksnim tipiskas lakstaugu sugas: dzeltenā zeltņātrīte (*Galeobdolon luteum*) 2,34%, pūkainā zemzālīte (*Luzula pilosa*) 2,03% un divlapu žagatiņa (*Maianthemum bifolium*) 2,58%. Tomēr treilēšanas ceļu vietās ir agresīvi izplatījušās meža avenes (*Rubus idaeus*) 2,05%, kā arī tādas potenciāli invazīvas sugas kā sīkziedu sprigane (*Impatiens parviflora*) 1,62%, kas nākotnē var negatīvi ietekmēt veģetācijas dinamiku un daudzveidību (Eldegard et al. 2015). Šajos parauglaukumos nemainās dominantās sūnu sugas, tomēr to vidējais procentuālais segums ir būtiski lielāks. Punktos, kas atrodas 100-150 metrus no malas, vaskulāro augu skaits samazinās uz pusi, salīdzinot ar transekšu punktiem attālumos 0–20 un 20–100 m. Šajos punktos sastopamas 40 vaskulāro augu sugas, un to vidējais segums ir 37,65%, bet sūnu skaits un vidējais segums būtiski nemainās (Tabula 38). Lai arī šajos punktos samazinās vidējais vaskulāro augu segums, daudzveidības indeksi rāda, ka veģetācija ir daudzveidīga un vienlaidus izkļiedēta. Neskatoties uz mazo sugu skaitu un segumu, šajos parauglaukumos galvenokārt dominē tādas pašas lakstaugu sugas kā punktos 20–100 metru attālumā, piemēram, dzeltenā zeltņātrīte (*Galeobdolon luteum*) 1,30%, pūkainā zemzālītē (*Luzula pilosa*) 1,90%, meža zaķskābene (*Oxalis acetosella*) 14,03%, kā arī mellenes (*Vaccinium myrtillus*) 7,43%. Tomēr šajos punktos pieaug arī meža avenu (*Rubus idaeus*) 4,21% procentuālais segums, kas visticamāk ierobežo citu lakstaugu attīstību. Tālākajos transektes punktos (>150m) ir atrodamas 68 vaskulāro augu sugas un 17 sūnu sugas. Vidējais vaskulāro augu segums ir 39,74%, bet sūnu segums - 87,04%. Arī šajos punktos dominē parastā smilga (*Agrostis tenuis*) 1,34%, pūkainā zemzālītē (*Luzula pilosa*) 2,60%, divlapu žagatiņa (*Maianthemum bifolium*) 1,45% un mellenes (*Vaccinium myrtillus*) 7,15%. No DCA rezultātiem redzams, ka punkti, kas atrodas n 0-20 metru attālumā, izdalās (Attēls 187), kamēr tālākie punkti pārklājas.



Attēls 187. Zemsedzes projektīvā seguma grupēšanās pētāmajā teritorijā

Tabula 39. Biežāk sastopamākās augu sugas un to procentuālais segums pētāmajā teritorijā

Sugu nosaukums	Procentuālais segums (%)
Vaskulārie augi (%)	
<i>Aegopodium podagraria</i> (Podagras gārša)	0,79
<i>Agrostis tennuis</i> (Parastā smilga)	0,67
<i>Anemone ranunculoides</i> (Dzeltenais vizbulis)	0,32
<i>Asarum europaeum</i> (Parastā kumelpēda)	0,25
<i>Athyrium filix-femina</i> (Parastā sievpaparde)	0,27
<i>Calamagrostis arudinacea</i> (Niedru ciesa)	0,69
<i>Calamagrostis canescens</i> (Purvāja ciesa)	0,39
<i>Carex cinerea</i> (Iesirmais grīslis)	0,13
<i>Carex digitata</i> (Pirkstainais grīslis)	1,48
<i>Carex hostiana</i> (Hosta grīslis)	0,34
<i>Carex flava</i> (Dzeltenais grīslis)	0,24
<i>Carex remota</i> (Attālvārpu grīslis)	0,11
<i>Carex pilulifera</i> (Lodvārpu grīslis)	0,38
<i>Carex sylvatica</i> (Meža grīslis)	0,55
<i>Circaea alpina</i> (Alpu raganzālīte)	0,17
<i>Cirsium oleraceum</i> (Lēdzerkste)	0,73
<i>Deschampsia caespitosa</i> (Parastā ciņusmilga)	0,61
<i>Dryopteris carthusiana</i> (Dzelonainā ozolpaparde)	0,32
<i>Equisetum sylvaticum</i> (Meža kosa)	0,47
<i>Filipendula ulmaria</i> (Parastā vīgrieze)	0,42
<i>Fragaria vesca</i> (Meža zemene)	0,19
<i>Galeobdolon luteum</i> (Dzeltenā zeltņātrīte)	1,70
<i>Galium aparine</i> (Ķeraiņu madara)	0,13
<i>Galium palustre</i> (Purva madara)	0,42
<i>Galium uliginosum</i> (Dūkstu madara)	0,21
<i>Geum rivale</i> (Pļavas bitene)	0,11
<i>Hepatica nobilis</i> (Zilā vizbulīte)	0,13
<i>Impatiens parviflora</i> (Sīkziedu sprigane)	0,55
<i>Juncus effusus</i> (Izplestais donis)	0,25
<i>Lathyrus vernus</i> (Pavasara dedestiņa)	0,15
<i>Luzula pilosa</i> (Pūkainā zemzālīte)	2,30
<i>Lycopodium annotinum</i> (Gada staipeknis)	0,14
<i>Lysimachia vulgaris</i> (Parastā zeltene)	0,92
<i>Maianthemum bifolium</i> (Divlapu žagatiņa)	1,80
<i>Mycelis muralis</i> (Mūru mežsalāts)	0,73
<i>Oxalis acetosella</i> (Meža zaķskābene)	11,12
<i>Poa nemoralis</i> (Birttālas skarene)	0,70
<i>Potentilla erecta</i> (Stāvais retējs)	0,11
<i>Prunella vulgaris</i> (Parastā brūngalvīte)	0,27
<i>Ranunculus flammula</i> (Rāvas gundega)	0,11
<i>Ranunculus repens</i> (Ložņu gundega)	0,33
<i>Rubus idaeus</i> (Meža avene)	2,73

Sugu nosaukums	Procentuālais segums (%)
<i>Rubus saxatilis</i> (Klinšu kaulene)	0,85
<i>Solidago virgaurea</i> (Dzeltenā zeltgalvīte)	0,26
<i>Sorbus aucuparia</i> (Parastais pīlādzis)	0,11
<i>Stellaria graminea</i> (Zāļlapu virza)	0,29
<i>Stellaria nemorum</i> (Birztales virza)	0,45
<i>Trientalis europea</i> (Eiropas septiņstarīte)	0,59
<i>Vaccinium myrtillus</i> (Mellene)	5,14
<i>Vaccinium vitis-idaea</i> (Brūklene)	0,49
<i>Viola sp.</i> (Vijolīte)	1,14
Sūnas (%)	
<i>Aulacomnium palustre</i> (Purva krokvācelīte)	0,28
<i>Calliergon cordifolium</i> (Mīkstā dumbrene)	0,14
<i>Cirriphyllum piliferum</i> (Parastā ūsaine)	1,01
<i>Dicranum polysetum</i> (Viļņainā divzobe)	4,87
<i>Eurhynchium angustirete</i> (Platlapu knābīte)	8,51
<i>Hylocomium splendens</i> (Spīdīgā stāvaine)	15,68
<i>Oxyrrhynchium hians</i> (Nemanāmā knābīte)	1,00
<i>Plagiochila asplenoides</i> (Lielā greizkausiņe)	4,09
<i>Plagiomnium affine</i> (Sausienes skrajlape)	2,00
<i>Plagiomnium elipticum</i> (Dumbra skrajene)	5,09
<i>Plagiomnium undulatum</i> (Viļņainā skrajlape)	0,39
<i>Pleurozium schreberi</i> (Šrēbera rūsaine)	28,28
<i>Polytrichum commune</i> (Parastais dzegužlins)	2,05
<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i> (Lielā spuraine)	5,20
<i>Rhodobryum roseum</i> (Parastā rožgalvīte)	0,47
<i>Sphagnum girgensohnii</i> (Girgensoņa sfagns)	1,0
<i>Thuidium tamariscinum</i> (Dižā ežlape)	2,40

2.3.2. Slīteres objekti

Metodika

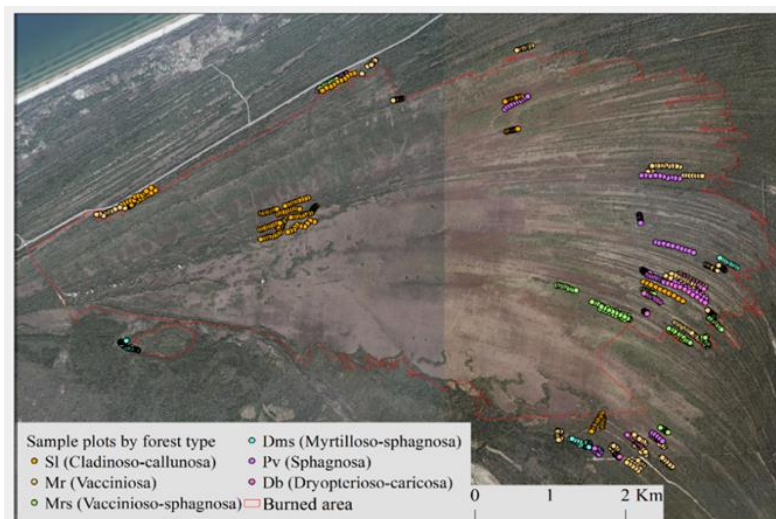
Ņemot vērā, ka veģetācijas datu analīze par Popes un Priedaines objektiem (5 gab.) ietverta jau 2017. gada pārskatā, un šajā pētījuma periodā veikti tikai papildus mērījumi vainagu atvēruma – gaismas - raksturojumam, galvenā vērībā šī gada rezultātu aprakstā veltīta 2 kontroles objektiem, kas ierīkoti Slīteres Nacionālajā parkā ar diviem dažādiem atjaunošanas paņēmieniem: atjaunojoties pašsējas ceļā un stādot. Abu šo objektu dati iekļauti vienotā analizē.

Pētāmie objekti atrodas Slīteres Nacionālā parka (SNP) Bažu purvā un tam blakus esošajos mežos, kur 1992.gada vasarā izcēlās ugunsgrēks, kā rezultātā nodega aptuveni 3300 ha liela teritorija. Ugunsgrēks, kas ilga 49 dienas, atstāja lielu ietekmi uz Bažu purva ekosistēmu un tam blakus esošajiem biotopiem. Tādas vietas kā purvaini meži, pārejas purvi un vigas ar zāļu purviem cieta mazāk, jo notika ātra uguns izplatīšanās, kas neveicināja kūdras slāņu degšanu, bet kangarus un sausos priežu mežus skāra postoša skrejuguns (Straziņa 2015). Saskaņā ar 1996.gada taksācijas datiem, pēc ugunsgrēka no 34 ha lielas teritorijas izvāca izdegušos kokus (kailcirte), atlikušo teritoriju atstāja dabiskajai atjaunošanai. Ugunsgrēkā cieta arī blakus esošie saimnieciskie meži, kurus 1993.gadā pēc kailcirtes atjaunoja ar priedi (stādīts).

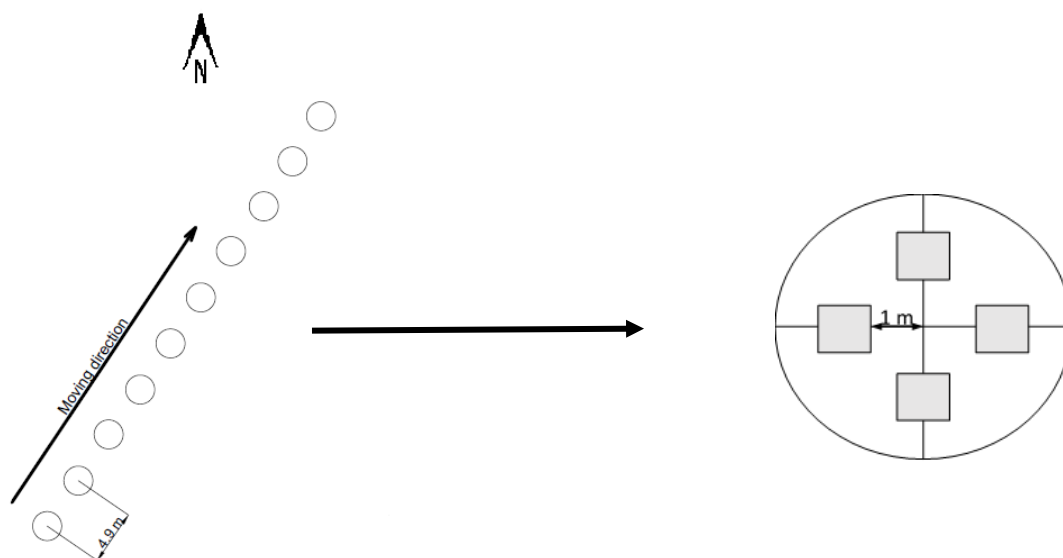
Datu ievākšana norisinājās 2017. un 2018. gada vasarā SNP deguma teritorijā, kur kopā tika izveidoti 480 parauglaukumi četros meža tipos (silā, mētrājā, slapjajā damaksnī un purvājā). Pēc nejaušības principa izvēlētajos meža tipa nogabalos katrā no trim apsaimniekošanas kategorijām (kailcirte, dabiskā atjaunošanās, stādīts) sistemātiskā tīklā izvietoti desmit punkti un katrā no tiem ierīkoti četri 1x1m lieli veģetācijas parauglaukumi (Tabula 40, Attēls 188, Attēls 189).

Tabula 40. Parauglaukumu izvietojums deguma teritorijā

Ierīkoto parauglaukumu skaits				
Meža tips	Slīteres Nacionālais parks (SNP)		Saimnieciskais mežs	Kopā
	Kailcirte	Dabiskā atjaunošanās	Stādīts	
Sils (SI)	40	40	40	120
Mētrājs (Mr)	40	40	40	120
Slapjais damaksnis (Dms)	40	40	40	120
Purvājs (Pv)	40	40	40	120



Attēls 188. Nogabalu un parauglaukumu centru (punktu) izvietojums 1992. gada Bažu purva un meža ugunsgrēka skartajā teritorijā



Attēls 189. Veģetācijas uzskaites laukumu izvietojuma shēma katrā no punktiem

2017.gada vasarā katrā izveidotajā parauglaukumā tika noteikta veģetācija un pa stāviem izdalīts lakstaugu, sīkkrūmu, krūmu (koki līdz metram iedalīti krūmu stāvā) un sūnu-ķērpju stāvs. Katrai sugai aprēķināts vidējais procentuālais segums, kā arī Šenona-Vīnera (*Shannon-Wiener*) un Simpsona (*Simpson's*) daudzveidības indeksi, kas ļauj novērtēt kā liela mēroga ugunsgrēks un trīs dažādi apsaimniekošanas veidi ir ietekmējuši veģetācijas atjaunošanos. Tā kā tika aprēķināts vidējais procentuālais segums, un katram izveidotajam parauglaukuma ir

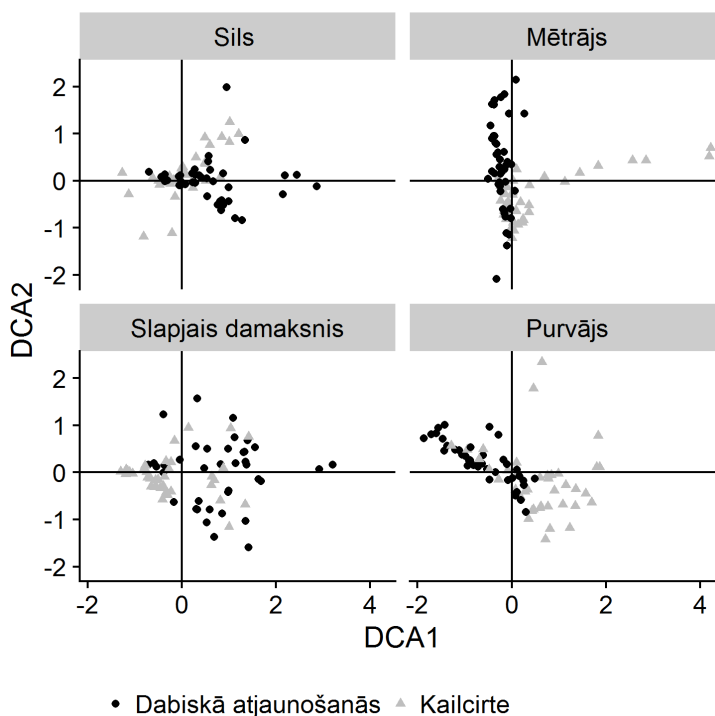
savas koordinātas, programmā R (3.2.4) izmantota permutācijas multivariācijas analīze (*adonis2*), un DCA (*Detrended correspondance analysis*) analīze, lai vizuāli novērtētu sugu grupēšanos. Savukārt 2018.gada vasarā izveidoto parauglaukumu centros fotogrāfēti kokaudzes vainagu atvērumi. Hemisfēriskās fotogrāfijas iegūtas izmantojot platleņķa jeb *fish-eye* foto objektīvu un statīvu, kas atradās 1,3 metru augstumā. Iegūtās fotogrāfijas analizētas WinSCANOPY programmā.

Veģetācijas segums un sugu sastāvs

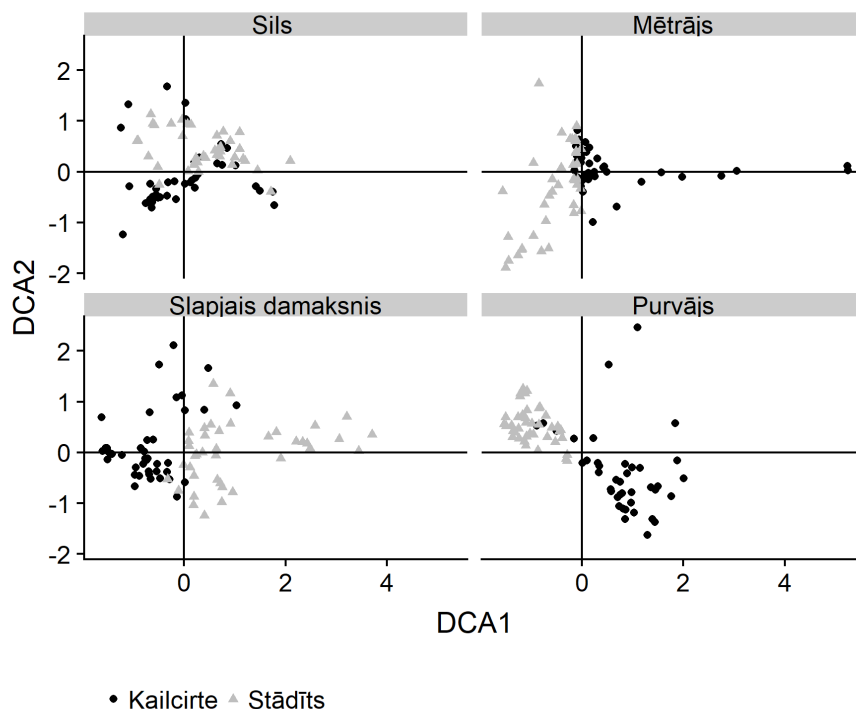
Adonis2 un DCA ordinācija uzrādīja statistiski būtisku veģetācijas procentuālo segumu atšķirības starp apsaimniekošanas veidiem Slīteres Nacionālā parka teritorijā (Tabula 41; Attēls 190 un Attēls 191).

Tabula 41. *Adonis2* statistikas testā iegūtās *p*-vērtības Slīteres Nacionālā parka deguma teritorijā

Meža tipi	Slīteres Nacionālais parks		Saimnieciskais mežs
	Kailcirte	Dabiskā atjaunošanās	Stādīts
	p vērtības		
Sils (Sl)	0,0017		<0,0001
Mētrājs (Mr)	<0,0001		<0,0001
Slapjais damaksnis (Dms)	<0,0001		<0,0001
Purvājs (Pv)	<0,0001		<0,0001



Attēls 190. Sugu (%) seguma grupēšanās Slīteres Nacionālajā parkā pēc izdegušo koku izvākšanas (kailcirtes) un dabiskās atjaunošanās



Attēls 191. Sugu (%) seguma grupēšanās pēc izdegušo koku izvākšanas (kailcirtes) un stādīšanas Slīteres Nacionālā parka teritorijā

Šenona-Vīnera (*Shannon-Wiener*) un Simpsona (*Simpson's*) daudzveidības indeksi ļauj saprast veģetācijas izvietojumu (vienlaidus vai mozaīkvieda), kā arī sugu daudzveidību degušajā teritorijā. Sausieņu mežu tipos ir raksturīga mozaīkveida veģetācija, tomēr abos meža tipos pēc dabiskās atjaunošanās sugu daudzveidība ir lielāka nekā pēc kailcirtes vai stādīšanas (Tabula 42). Savukārt slapjajos meža tipos sugas izvietotas vienlaidus, uz ko arī norāda Šenona-Vīnera un Simpsona indeksi, tomēr pēc dabiskā traucējuma un mežsaimniecības ietekmes slapjais damaksnis pēc dabiskās atjaunošanās un stādīšanas ir sugām bagātāks (abos 0,15), bet purvājā lielākā sugu daudzveidība ir pēc kailcirtes.

Tabula 42. Šenona-Vīnera un Simpsona daudzveidības indeksi Slīteres Nacionālā parka deguma teritorijā

Šenona-Vīnera / Simpsona indeksi (<i>Shannon-Wiener</i> / <i>Simpson's diversity index</i>) SNP deguma teritorijās			
Meža tips	Kailcirte	Dabiskā atjaunošanās	Stādīts
Sils (SI)	1,52/0,33	1,89/0,23	1,84/0,27
Mētrājs (Mr)	1,77/0,26	1,79/0,23	1,66/0,25
Slapjais damaksnis (Dms)	1,89/0,22	2,23/0,15	2,40/0,15
Purvājs (Pv)	2,42/0,12	1,99/0,20	2,11/0,16

Tabula 43. Slīteres Nacionālā parka deguma teritorijas zemsedzes segumu raksturojošie lielumi

Slīteres Nacionālais parks (SNP)					Saimnieciskais mežs	
Meža tips	Kailcirte		Dabiskā atjaunošanās		Stādīts	
Sugu skaits (gab)						
	vaskulārie augi	sūnas- ķērpji	vaskulārie augi	sūnas- ķērpji	vaskulārie augi	sūnas- ķērpji
Sils (SI)	12	14	10	14	9	13
Mētrājs (Mr)	29	14	18	13	11	15
Slapjais damaksnis (Dms)	14	9	18	11	38	11
Purvājs (Pv)	18	14	12	9	14	8

Slīteres Nacionālais parks (SNP)					Saimnieciskais mežs	
Meža tips	Kailcirte		Dabiskā atjaunošanās		Stādīts	
Vidējais procentuālais segums (%)						
	vaskulārie augi	sūnas- ķērpji	vaskulārie augi	sūnas- ķērpji	vaskulārie augi	sūnas- ķērpji
Sils (SI)	74,78	71,63	36,15	33,53	75,78	69,39
Mētrājs (Mr)	52,93	40,10	52,51	41,61	30,45	45,25
Slapjais damaksnis (Dms)	60,36	61,51	40,66	42,61	54,74	34,91
Purvājs (Pv)	54,43	75,64	61,30	54,56	75,03	35,20

Dominējošās sugas un to procentuālie segumi katrā meža tipā un apsaimniekošanas veidā būtiski atšķiras (Tabula 43), jo atšķirīgie meža tipi un apsaimniekošanas veidi pēc ugunsgrēka dažādi ietekmē sugu sastāvu un to segumu. Pēc ugunsgrēka, kur mežaudzē kā apsaimniekošanas veids izmantota kailcirte, var būtiski tikt sekmēta augsnes erozijas veidošanās, kā arī dabiskā traucējuma dēļ izzust koku sugas, kas var būtiski samazināt kopējo mežaudzes zemsedzes daudzveidību (Dale et.al 2001). Silā pēc kailcirtes veikšanas dominē sila virsis (*Calluna vulgaris*) 63,46% un brūklene (*Vaccinium vitis-idaea*) 6,41 %, bet no sūnām Šrēbera rūšaine (*Pleurozium schreberi*) 54,32%. Arī pēc dabiskās atjaunošanās silā dominē sila virsis 25,04% un brūklene 5,21%, bet no sūnām slotiņu divzobe (*Dicranum scoparium*) 9,53% un Šrēbera rūšaine (*Pleurozium shreberi*) 18,43%. Stādītajos mežos arī dominē sila virsis, kas vidēji bija sastopams 70,83%, bet no sūnām dominēja Šrēbera rūšaine (*Pleurozium schreberi*) 10,24% un kadiķu dzegužlins (*Polytrichum juniperinum*) 13,20%.

Mētrāja (Mr) punktā, kuros tika veikta kailcirte, dominē sila virsis 33,34%, kā arī sāk parādīties tādas sugas kā parastā ērgļpārpde (*Pteridium aquilinum*) 6,63% un zilene (*Vaccinium uliginosum*). Savukārt no sūnām dominē spīdīgā stāvaine (*Hylocomium splendens*) 6,31% un Šrēbera rūšaine (*Pleurozium schreberi*) 31,79%. Pēc dabiskās atjaunošanās arī dominē sila virsis (13,43%), bet sastopamas arī tādas sugas kā purva dedestīņa (*Lathyrus palustris*) 2,34% un tādas sīkrūmu sugas kā mellenes (*Vaccinium myrtillus*) 27,30% un brūklenes 8,08%. No sūnām sastopamākās sugas ir purva krokvēcelīte (*Aulacomnium palustre*) 2,38%, viļņainā divzobe (*Dicranum polysetum*) 2,36%, Šrēbera rūšaine 32,17% un parastais dzegužlins (*Polytrichum commune*) 1,60%. Stādītajos mežos nemainīgi dominē sila virsis 22,56% un brūklenes 5,33%, arī no sūnām turpina dominēt Šrēbera rūšaine 24,44%, parastais dzegužlins 16,38% un viļņainā divzobe 2,65%.

Sausie mežu tipi ir sugām nabadzīgāki, un iegūtie rezultāti liecina, ka pēc ugunsgrēka šajos meža tipos ir izveidojušās monodominantas augu sabiedrības. Kaut gan ka sausie tipi pēc traucējumiem atjaunojas lēnāk, desmit gadus pēc ugunsgrēka šajās mežaudzēs vajadzēja pārliecinoši dominēt mellenēm un brūklenēm, kas ir nākamais solis atjaunošanās procesā (Parro et al. 2009; Marozas et al 2007). Viens no iespējamajiem iemesliem, kādēļ teritorijā dominē tieši sila virši, ir tas, ka tieši šī suga pēc ugunsgrēka atjaunojas ar sēklu palīdzību un pie labiem apstākļiem var ātri izplatīties. Ja suga ir veiksmīgi iesējusies, augu stumbri un sakņu sistēma, kā arī lapu īpašības kavē citu sugu iesēšanos un attīstību, kas pēc lieliem traucējumiem var novest mežaudzi ne tikai pie samazināta sugu sastāva, bet arī pie daudzveidības samazināšanās (Nilsson and Wardle 2005).

Slapajā damaksnī (Dms) pēc kailcirtes arī dominē sila virsis 49,19%, mellenes 3,20% un brūklenes 4,93%. Savukārt no sūnām dominē sfagnu sūnas: Girgensonas sfagns (*Sphagnum girgensohnii*) 23,20% un krasta sfagns (*Sphagnum riparium*) 5,10%. Pēc dabiskās atjaunošanās slapajā damaksnī dominē sila virsis 19,89% un purva vaivariņš 0,63%, bet no sūnām dominē iepriekš minētās Šrēbera rūšaine 13,11% un parastais dzegužlins 18,39%. Saimnieciskajos mežos dominē bērzu sējeņi (*Betula pendula*) 17,2% un makstainā spilve (*Eriophorum vaginatum*) 9,70%. No sūnām biežāk sastopamākās ir purva krokvēcelīte 2,08%, Šrēbera rūšaine 26,75% un krasta sfagns 1,63%. Tā kā sila virsis šajā meža tipā ir viena no visvairāk dominējošajām sugām un viršu procentuālais segums ir pietiekami augsts, var secināt, ka šajā meža tipā pēc ugunsgrēka ir mainīties augsnes mitrums un barības vielu sastāvs, kas ļāvis šai sugai izplatīties neraksturīgā mežaudzē.

Purvājā (Pv) pēc kailcirtes dominē purva vaivariņš (*Ledum palustre*) 14,70%, sila virsis 8,94% un makstainā spilve 9,85%, savukārt no sūnām dominē girgensonas sfagns 31,16%. Uzskaites punktā, kas ierīkoti purvājā (Pv), pēc dabiskās atjaunošanās dominē sila virsis 32,21%, makstainā spilve 7,66% un purva vaivariņš 5,61%, bet no sūnām girgensonas sfagns 36,39% un Šrēbera rūšaine 13,36%. Stādītajos mežos dominē iepriekš minētās lakstaugu sugas un to procentuālie segumi būtiski neatšķiras, tomēr sastopamās sūnu sugas un to procentuālie segumi ir mainījušies. Šajos punktos dominē purva krokvēcelīte 7,93%, viļņainā divzobe 5,10%, Šrēbera rūšaine 13,14% un Girgensonas sfagns 8,00%. Atbilstoši uzskaitītajām biežāk sastopamākajām sugām, purvājs pēc ugunsgrēka un dažādajiem apsaimniekošanas veidiem ir atjaunojies ar šim meža tipam raksturīgajām sugām.

Vainagu atvērums ietekme uz zemsedzes veģetācijas segumu

Pēc apstrādes WinSCANOPY programmā iegūtie vainagu atvērumi kopā ar zemsedzes veģetācijas datiem analizēti programmā R (3.2.4) ar permutācija multivariācija analīzi *adonis2* un vizuālai attēlošanai izmanta DCA analīze.



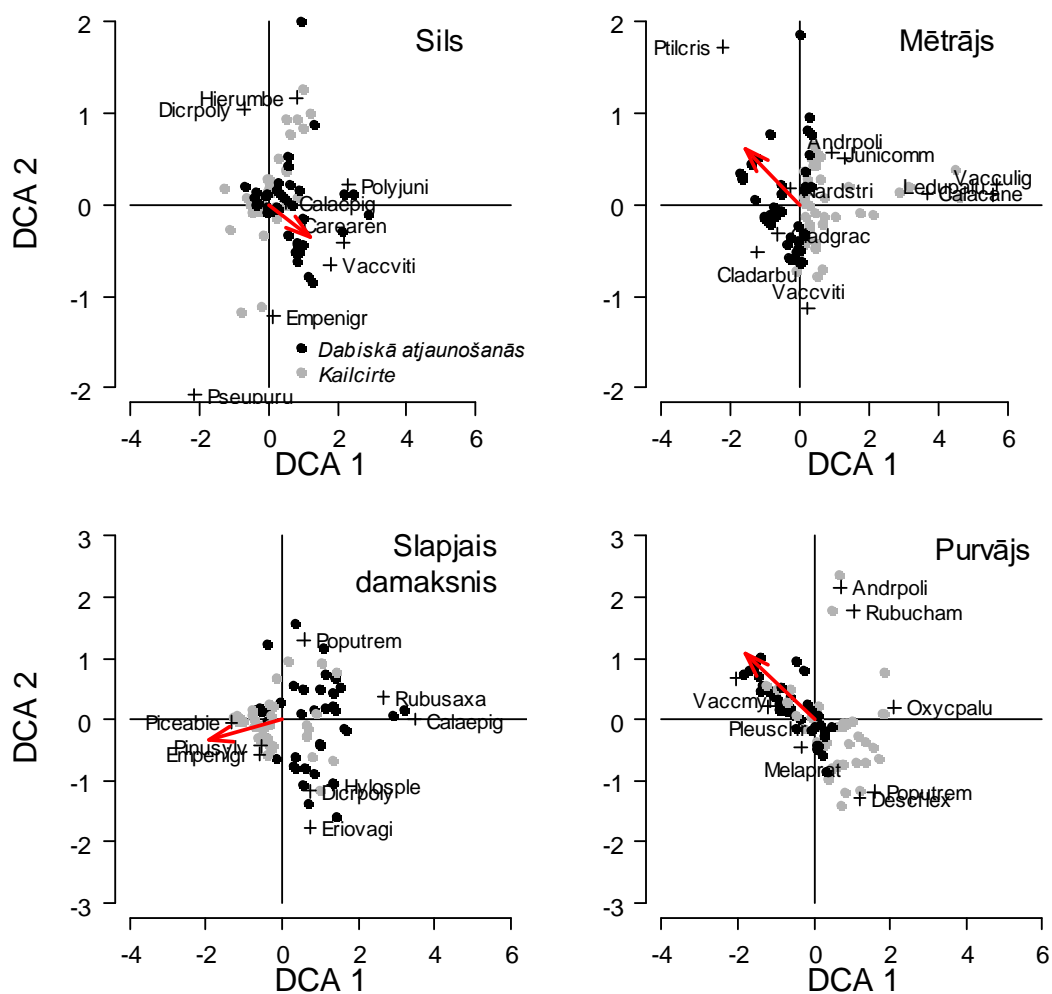
Attēls 192. Hemisfēriskā fotogrāfija no pētījuma vietas Slīteres Nacionālajā parkā un pētījuma vietā izliktais fotoobjektīvs un statīvs 1,3 metru augstumā

Rezultāti rāda, ka veģetācijas segumu un vainaga atvērums ietekmē gan meža tips, gan mežsaimniecības veids pēc ugunsgrēka (Tabula 44). Vienīgi silā (SI) zemsedzes segumu neietekmē meža tips, bet kopšanas veids. Pārējos pētījuma vietas objektos (mētrājā, slapajā damaksnī un purvājā) gan meža tips, gan kopšana ir ietekmējusi vainaga atvērums un zemsedzes veģetācijas attīstību.

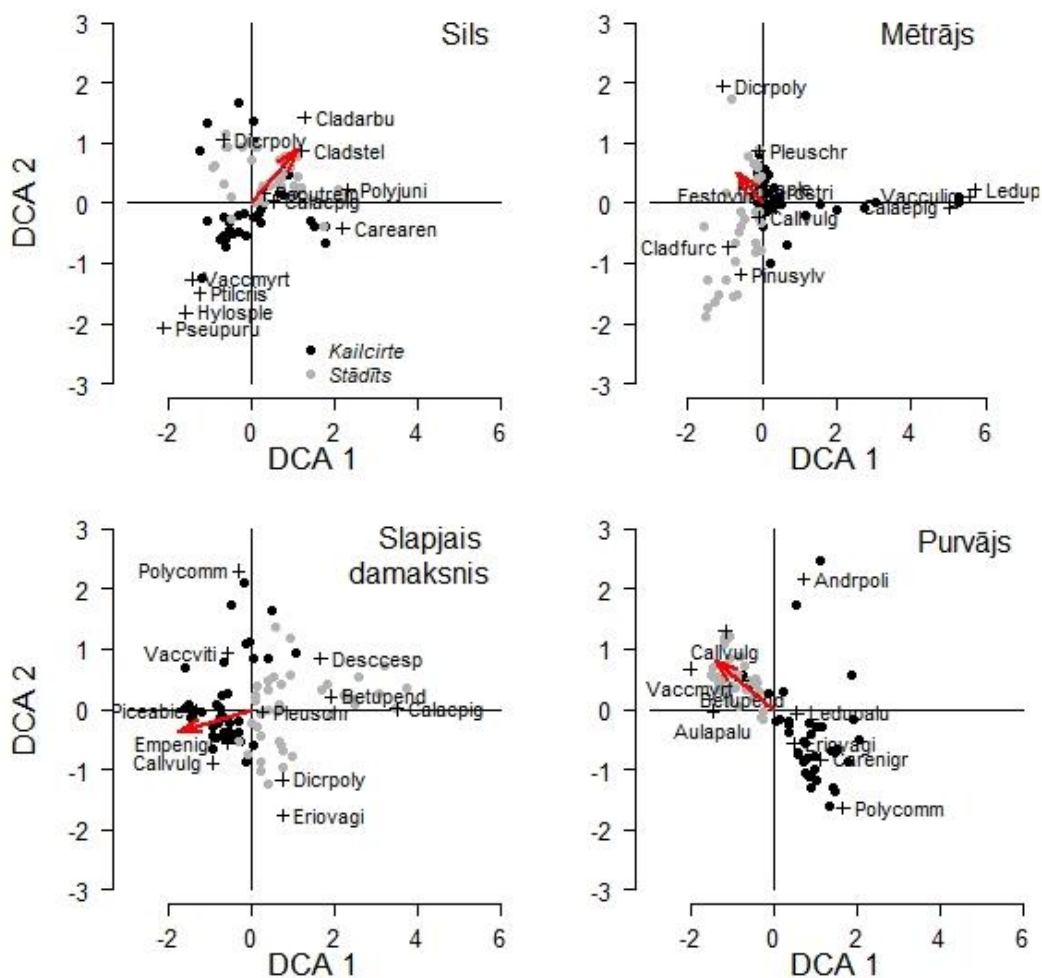
Tabula 44. Vidējais procentuālais (%) vainaga atvērums SNP pētījuma objektos; meža tipa un kopšanas ietekme uz vainagu atvērums

	Vidējais vainagu atvērums (%)			Meža tipa ietekme	Kopšanas ietekme
Meža tips	Kailcirte	Dabiskā atjaunošanās	Stādīts	P vērtības	
Sils (SI)	20,28	45,53	47,92	0,77	0,002
Mētrājs (Mr)	25,90	33,70	24,85	0,0002	0,003
Slapjais damaksnis (Dms)	53,57	24,65	23,85	0,0021	0,0001
Purvājs (Pv)	27,48	61,96	47,92	0,04	0,0001

Katrā meža tipā un apsaimniekošanas veidā vidējais vainagu atvērums variē (Tabula 44). Ar DCA analīzi tika attēlota sugu grupēšanās un vainagu atvērums (kā vektora) ietekme uz dominanto sugu izplatīšanos. Pēc gradientu asīm var secināt, ka silā (dabiski atjaunotajās un stādītajās) teritorijās aug sausumu mīlošas sugas - kladonijas, smiltāju grīši un slotiņu cīses (Attēls 193), savukārt otra gradientu ass (Attēls 194) norāda, ka sils pēc kailcirtes ir kļuvis mitrāks, ko attiecīgi indicē tādas sugas ka mellenes, viļņainā divzobe un spīdīgā stāvaine. Mētrājs pēc kailcirtes ir kļuvis mitrāks, kamēr pēc dabiskās atjaunošanās vai stādīšanas uzskaites punkti ir kļuvuši sausāki, uz ko atkārtoti norāda sausumu mīlošas sugas. Savukārt slapjais damaksnis pēc kailcirtes ir kļuvis izteikti sausāks, un šajos uzskaites punktos aug tādas šim meža tipam netipiskas augu sugas kā sila virsis un melnā vistene, kamēr pēc dabiskās atjaunošanās un stādītajos punktos aug tipiskas damakšņa augu sugas. Purvājs ir vienīgais meža tips, kas pēc visiem apsaimniekošanas veidiem ir atjaunojies ar tam raksturīgām sugām.



Attēls 193. Sugu grupēšanās pēc kailcirtes un dabiskās atjaunošanās; sarkanā bultā apzīmē asu korelāciju ar vainaga atvērumu



Attēls 194. Sugu grupēšanās pēc kailcirtes un stādīšanas; sarkanā bultā apzīmē asu korelāciju ar vainaga atvērumu

Tabula 45. Sugu saīsinājumu atšifrējumi 192. un 193.attēlam

Sugu saraksts	Sugu saīsinājums
Vaskulāro augu sugas	
<i>Andromeda polifolia</i> /Polijlapu andromēda	Andrpoli
<i>Betula pendula</i> /Āra bērzs	Betupend
<i>Calamagrostis epigeios</i> /Slotiņu ciesa	Calaepig
<i>Calluna vulgaris</i> /Sila virsis	Callvulg
<i>Carex arenaria</i> /Smiltāja grīslis	Carearen
<i>Carex nigra</i> /Dzelzszāle	Carenigr
<i>Deschampsia flexuosa</i> /Liektā ciņusmilga	Descflex
<i>Empetrum nigrum</i> /Melnā vistene	Empenigr
<i>Eriophorum vaginatum</i> /Makstainā spilve	Eriovagi
<i>Festuca ovina</i> /Aitu auzene	Festovin
<i>Hieracium umbellatum</i> /Čemurainā mauraga	Hierumbe

Sugu saraksts	Sugu saīsinājums
<i>Juniperus communis</i> /Zviedrijas kadiķis	Junicomm
<i>Ledums palustre</i> /Purva vaivariņš	Ledupalu
<i>Melampyrum pratense</i> /Pļavas nārbulis	Melaprat
<i>Nardus stricta</i> /Stāvā vilkakūla	Nardstri
<i>Oxycoccus palustris</i> /Lielā dzērvene	Oxycpalu
<i>Picea abies</i> /Parastā egle	Piceabie
<i>Pinus sylvestris</i> /Parastā priede	Pinusylv
<i>Populus tremula</i> /Parastā apse	Poputrem
<i>Rubus chamaemorus</i> /Lācene	Rubucham
<i>Rubus saxatilis</i> /Klinšu kaulene	Rubusaxa
<i>Vaccinium myrtillus</i> /Mellene	Vaccmyrt
<i>Vaccinium uliginosum</i> /Zilene	Vacculig
<i>Vaccinium vitis-ideae</i> /Brūklene	Vaccviti
Sūnu un ķērpju sugas	
<i>Aulacomnium palustre</i> /Purva krokvēcelīte	Aulapalu
<i>Cladonia arbuscula</i> /Meža kladīna	Cladarbu
<i>Cladonia furcata</i> /	Cladfurc
<i>Cladonia gracilis</i> /Slaidā kladonija	Cladgrac
<i>Cladonia stellaris</i> /Zvaigžņveida kladīna	Cladstel
<i>Dicranum polysetum</i> /Viļņainā divzobe	Dicrpoly
<i>Hylocomium splendens</i> /Spīdīgā stāvaine	Hylosple
<i>Pleurozium schreberi</i> /Šrēbera rūsaie	Pleuschr
<i>Polytrichum juniperinum</i> /Kadiķu dzegužlins	Polyjuni
<i>Pseudoscleropodium purum</i> /Tīrā zalkāte	Pseupuru
<i>Ptilium crista-castrensis</i> /Parastā straussūna	Ptilcris

Secinājumi

Vērtējot veģetāciju platībā, kur veikta liela mēroga vienlaidus sanitārā cirte, 50 gadus pēc traucējuma konstatēts, ka:

- 1) ir novērojama malas efekta ietekme pirmajos 20 metros no bijušā izcirtuma sienas, šajā joslā veģetācija būtiski atšķiras no tālāk esošās;
- 2) nav novērojama izcirtuma platības lieluma ietekme uz veģetāciju – tās parametri 20-100 un 100-250m no bijušās izcirtuma malas būtiski neatšķiras. Kā indikatoru izmantojot zemsedzes augu veģetāciju, netika konstatēta liela mēroga dabiskā traucējuma un tam sekojošās saimnieciskās darbības paliekoša negatīva ietekme uz meža ekosistēmu.

Pēc liela mēroga traucējuma (ugunsgrēka vai vētras) atjaunojot kokaudzi, tā būtiski ietekmē gaismas apstākļus zemsedzes veģetācijai, un šī ietekme ir ievērojami nozīmīgāka, nekā attāluma no dabiskā traucējuma dēļ izveidojušās malas ietekme. Tātad nav iemesla uzskatīt, ka saimnieciskās darbības dēļ veidojot lielākus

atvērumus audzes vainagu klājā, varētu raksties ilgstoši paliekošas negatīvas sekas meža ekosistēmai, ciktāl to indicē zemsedzes veģetācija.

Literatūra

1. Dale V.H., Joyce L.A., McNulty S., Neilson R.P., Ayres M.P., Flannigan M.D., Hanson P.J., Irland L.C., Lugo A.E., Peterson C.J., Simberloff D., Swanson F.J., Stock B.J., Wotton M. 2001. Climate Change and Forest Disturbances: Climate change can affect forests by altering the frequency, intensity, duration, and timing of fire, drought, introduced species, insect and pathogen outbreaks, hurricanes, windstorms, ice storms, or landslides. *BioScience* 51 (9), 723–734.
2. Eldegard K., Totland Ø., Moe S.R. 2015. Edge effects on plant communities along power line clearings. *Journal of Applied Ecology* 52, 871-880.
3. Marozas V., Racinskas J., Bartkevicius E. 2007. Dynamics of ground vegetation after surface fire in hemiboreal *Pinus sylvestris* forests. *Forest Ecology and Management* 250(1), 47-55.
4. Nilsson M.C and Wardle D.A. 2005. Understory vegetation as a forest ecosystem driver: evidence from the northern Swedish boreal forest. *Frontiers in Ecology and the Environment* 3, 127-138.
5. Parro K., Köster K., Jogiste K., Vodde F. 2009. Vegetation Dynamics in a Fire Damaged Forest Areas: the Response of Major Ground Vegetation Species. *Baltic Forestry* 15 (2), 206-215.
6. Saliņš Z. 2005. Latvijas Valsts meži (LVM) gada pārskats. https://www.lvm.lv/images/lvm/Par_mums/fin_faili/LVM_GP_2005_lv-6.pdf.
7. Strazdiņa L., Pakalne M., Aleksāns O., Kalniņa L., Čunčulis E., Libauers K. 2015. Slīteres Nacionāla parka purvu apsaimniekošanas plāns: Bažu purvs, Pēterezera viga, Kukšupes viga un Jušu avots Cirstu apkārtnē. Plāna izstrādātājs: Latvijas Universitāte.

Publicitāte

Impact of post-fire silvicultural treatments on natural regeneration in hemiboreal forests, Latvia. IUFRO conferences “XI International Workshop on Uneven-aged Silviculture: Challenges for increasing adaptability”, Valdivia, Chile, kopsavilkumu krājums

3. Mežsaimniecības un nodrošinošo meža ekosistēmu pakalpojumu mijiedarbība - nekoksnes produktu pieejamības un kvalitātes izmaiņas

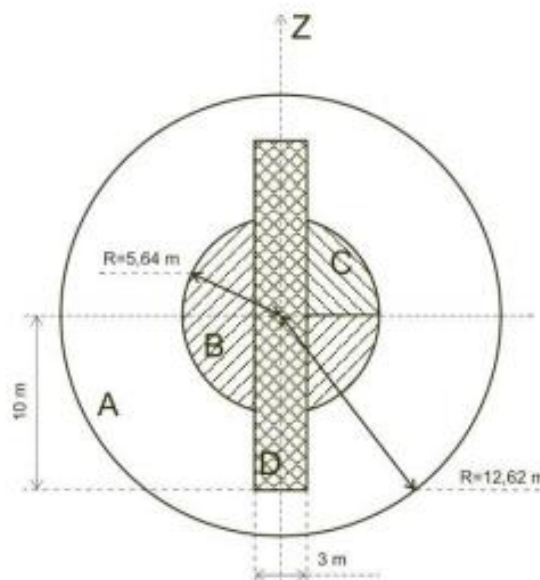
Aktivitāte 2018.gadā tiek īstenota vienā virzienā: fiziska meža nekoksnes resursu apjoma un kvalitātes novērtēšana parauglaukumos.

Nodaļu sagatavoja J.Donis, A. Treimane, Z. Kalvīte.

3.1. Ogulāju, dekoratīvo materiālu un nektāraugu grupu novērtējums MSI parauglaukumos

3.1.1. Materiāls un metodika

Lai iegūtu reprezentatīvu informāciju par nekoksnes resursiem - ogulāju, dekoratīvo materiālu un nektāraugu sastopamību un potenciālo ražu dažādos meža tipos, pastāvīgajos Meža statistiskās inventarizācijas (MSI) parauglaukumos 2017. un 2018. gadā ierīkoti parauglaukumi datu ieguvei. MSI parauglaukuma C uzskaites laukumā (ja vien tas netiek dalīts sektoros) ierīkots 9 m² liels kvadrātveida (3x3m) uzskaites laukums (Attēls 195). Ogulāju novērtējums veikts pēc parauglaukumu un sektoru ierīkošanas, bet pirms koku uzskaites veikšanas C parauglaukumā.



Attēls 195. MSI parauglaukumu shēma (A – 500 m² parauglaukums, B – 100 m² parauglaukums, C – 25 m² parauglaukums, D – pameža un paaugas uzskaites laukums)

MSI parauglaukumos novērtēts sekojošu ogulāju projektīvais segums:

- brūklenes (*Vaccinium vitis-idaea*),
- mellenes (*Vaccinium myrtillus*),
- zilenes (*Vaccinium uliginosum*)
- dzērvenes (*Oxycoccus palustris*, *O. microcarpus*),
- miltenes (*Arctostaphylos uva-ursi*);
- lācenes (*Rubus chamaemorus*),
- avenes (*Rubus idaeus*),
- klinšu kaulenes (*Rubus saxatilis*),
- kazenēs (*Rubus caesius*),

- melnās cūcenes (*Rubus nessensis*), krokainās cūcenes (*Rubus plicatus*), smaržīgās avenes (*Rubus odoratus*);
- meža zemenes (*Fragaria vesca*), spradzenes (*Fragaria viridis*);
- melnās vistenes (*Empetrum nigrum*);
- virši (*Calluna vulgaris*);
- ķērpji (*Cladina* sp., *Cetraria* sp.).

Katras sarakstā minētās sugas/sugu grupas projektīvais segums novērtēts 12 klasēs:

Segums	Klase	Segums	Klase
0%	nav	46-55%	7
<5%	1	56-65%	8
5-15%	2	66-75%	9
16-25%	3	76-85%	10
26-35%	4	86-95%	11
36-45%	5	>95%	12
46-55%	6		

999 – ja suga ir sastopama uzskaites laukumā, bet tās projektīvais segums nav vērtēts.

Aveņu, lāceņu, zemeņu, kazeņu, cūceņu un kaulēņu projektīvais segums tiek novērtēts tikai lapotā stāvoklī.

Vidējais augstums novērtēts kā projektīvā seguma modālais (biežāk sastopamais) augstums. Uz ciņiem augošu ogulāju gadījumā augstums noteikts no ciņa virsotnes. Augstums noteikts ar 0.05 m precizitāti.

Ogulājiem, tos uzmērot, atkarībā no sezonas, piefiksēta informācija par ziedu, "ogu" vai "bijušu ogu" esamību. Precizējot, iepriekš minētajiem augiem augļi ir gan ogas (mellenēm, zilenēm, brūklenēm, dzērvenēm, miltenēm), gan kaulēni (vistenēm), gan kaulēņu kopaugļi (avenēm, kaulenēm, kazenēm, cūcenēm), gan sulīgie riekstiņu kopaugļi (zemenēm, spradzenēm), savukārt viršiem - augļi ir pogaļas. Ogu vai to pazīmju esamība kodēta grupās:

- 1 – ir ziedi (ziedi vai ziedaizmetņi);
- 2 - ir ogas (ir ogas vai ir redzams, ka bijušas ogas šajā sezonā);
- 3 - nav ogu (nav nedz ziedaizmetņu, nedz ziedu, nedz ogu un nav pazīmju, kas liecinātu, ka ogas šajā sezonā ir bijušas);
- 99 - nav vērtēts (sezonas sākumā pavasarī pirms ziedaizmetņu veidošanās vai sezonas beigās, kad nobirušas lapas un to nav iespējams pateikt).

Sugām, kurām novērtē kopējo projektīvo segumu, ogu „ražošanu” novērtē visiem ogulājiem, izņemot viršus. Datu analizē par ogulāju ziedēšanu/ogām iekļauti dati, kuros ir novērtēts šis parametrs. MSI laukumos, kur uzmērīšana nav tikusi veikta veģetācijas sezonas laikā, dati ir reprezentatīvi, sniedzot informāciju par konkrētās sugas sastopamību noteiktā meža tipā.

3.1.2. Rezultāti

Kopējais ogulāju, dekoratīvo materiālu un nektāraugu grupu novērtējums

Ogulāju, dekoratīvo materiālu un nektāraugu sastopamība novērtēta 2776 MSI parauglaukumos. Pirmajā uzskaites gadā – 2017. gadā, uzskaitē veikta 1386 parauglaukumos, bet 2018. gadā – 1390. Visbiežāk sastopamie ogulāji MSI uzskaites laukumos ir mellenāji – sastopami 31% laukumu, brūklenāji sastopami 20%, bet avenes sastopamas 19% laukumu. Savukārt cūcenes netika konstatētas nevienā no MSI uzskaites laukumiem (Tabula 46).

Divu gadu posmā apkopotā informācija par nekoksnes resursiem MSI parauglaukumos nesniedz pilnīgu ieskatu visos meža tipos, piemēram, Vr ierīkoti 613 parauglaukumi, bet Lk un Av četri parauglaukumi un Gs tikai viens parauglaukums (Tabula 46). Līdz ar to pašreiz iegūtie rezultāti par katru no meža tipiemi atspoguļo katras sugas tendences noteiktā meža tipā, ne absolūtās skaitliskās vērtības.

Tabula 46. Parauglaukumu skaits pa meža tipiem un ogulāju sastopamība (procentuālais parauglaukumu skaits meža tipa ietvaros, kurā konstatēta attiecīgā grupa)

Meža tips	Brūklene	Mellene	Avene	Zilene	Lācene	Dzērvene	Vistene	Miltene	Zemene	Kaulene	Kazene	Cūcene	Virši	Ķērpji	Parauglaukumu skaits
Sl	80,6	48,4	3,2	3,2	0	3,2	16,1	0	0	0	0	0	74,2	35,5	31
Mr	71,9	64	2,2	9,0	0	0	3,4	0	0	0	0	0	31,5	23,6	89
Ln	59,6	68,1	5,3	4,3	0	0	1,1	0	7,4	1,1	0	0	25,5	7,4	94
Dm	21,1	40,8	23,3	0,4	0	0,2	0,6	0,2	16,0	4,9	1,4	0	2	0	493
Vr	2,0	9,1	19,7	0,5	0	0	0	0	10,6	3,1	0,7	0	0	0	613
Gr	1,4	0	11,6	0	0	0	0	0	1,4	0	2,9	0	0	0	69
Gs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Mrs	71,4	83,3	4,8	52,4	2,4	4,8	0	2,4	0	0	0	0	19,0	0	42
Dms	36,8	50,9	20,2	3,5	0	0	0,9	0	8,8	3,5	1,8	0	2,6	0	114
Vrs	5,3	12,8	14,9	1,1	0	0	0	0	3,2	2,1	0	0	0	0	94
Grs	0	11,1	22,2	0	0	0	0	0	11,1	0	0	0	11,1	0	9
Pv	38,5	28,6	2,2	38,5	26,4	51,6	16,5	1,1	0	0	0	0	25,3	2,2	91
Nd	42,4	47,1	9,4	10,6	3,5	11,8	1,2	0	4,7	9,4	0	0	4,7	2,4	85
Db	2,8	14,0	15,0	0,9	0	0	0	0	3,7	6,5	0	0	0	0	107
Lk	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Av	100	100	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Am	68,2	79,5	9,1	15,9	2,3	2,3	0	0	4,5	0	2,3	0	4,5	2,3	44
As	13,5	34,5	27,4	1,29	0,6	0	0	0	7,1	4,2	0,6	0	2,6	0,6	311
Ap	0,7	2,2	20,7	0	0	0	0	0	2,2	3,7	0	0	0	0	135
Kv	50	41,7	0	25	41,7	50	8,3	0	0	0	0	0	75	8,3	12
Km	65,4	84,6	9,6	19,2	3,8	1,9	1,9	0	0	3,8	1,9	0	9,6	0	52
Ks	16,5	34,5	31,4	1,0	0	0	0	0	5,7	7,2	0,5	0	0,5	0	194
Kp	2,3	3,4	34,1	1,1	0	0	0	0	0	5,7	1,1	0	0	0	88
KOPĀ	20,3	30,5	19,2	4,3	1,4	2,5	1,1	0,1	7,7	3,7	0,8	0	5,4	1,7	2776

Brūkleņu un melleņu sastopamība lielā mērā saistīta ar sugas ekoloģiju. Brūklenes biežāk sastopamas nabadzīgākos augšanas apstākļos, bet mellenes - auglīgākos. Pašreiz pieejamie dati par potenciālo brūkleņu sastopamību dažādos meža tipos 2017. un 2018. gada sezonās apstiprinās saistību – Sl, Mr, Mrs, Av, vērojama vislielākā sastopamība (>70%) (Tabula 46) kā arī projektīvais segums (Tabula 47). Vidējās projektīvās segumu vērtības, augu augstumu vērtības atspoguļotas tikai biežāk sastopamākajām sugām sekojošās tabulās - mellenes (Tabula 48), avenes (Tabula 49), zilenes (Tabula 50.) un virši (Tabula 51).

Ja mellenāji sastopami katrā trešajā MSI laukumā, tad vidējā projektīvā seguma vērtība variē no 28% Mrs, līdz mētru neesamībai Gr, Gs un Lk. Brūklenes sastopamības biežums MSI laukumos ir gandrīz identisks avenāju sastopamībai, bet vidējais projektīvais segums brūklenēm ir trīs reizes augstāks. Līdz ar to sastopamība nenorāda saistību ar lielu kopējo projektīvo segumu parauglaukumos.

Tabula 47. Brūklenes projektīvais segums, vidējais augstums un potenciālais ogu (ziedēšanas) sastopamības īpatsvars dažādos meža tipos

MT	Vidējais projektīvais segums, %	Standartklūda	Parauglaukumu skaits	Vidējais ogulāju augstums, m	Standartklūda	Ziedēšanas īpatsvars, %	Pazīmes īpatsvara reprezentācijas klūda	Parauglaukumu skaits, kur vērtēta ogulāju ziedēšana
Sl	19,5	4,0	31	0,11	0,01	47,4	9	19
Mr	11,4	1,4	89	0,10	0,00	58,9	5,2	56
Ln	8,7	1,2	94	0,11	0,01	58,5	5,1	41
Dm	2,1	0,2	493	0,12		30	2,1	70
Vr	0,2	0,1	613	0,12	0,01	44,4	2,0	9
Gr	0,1	0,1	69	0,10		0		1
Gs	0		1					
Mrs	9,9	1,6	42	0,13	0,01	50	7,7	24
Dms	4,2	0,8	114	0,12	0,01	39,3	4,6	28
Vrs	0,6	0,3	94	0,10	0,00	0		2
Grs	0	0	9					
Pv	5,1	0,9	91	0,12	0,01	59,4	5,1	32
Nd	5,3	0,9	85	0,14	0,01	56,7	5,4	30
Db	0,2	0,1	107	0,13	0,01	50	4,8	2
Lk	0	0,0	4			0	0	0
Av	20	4,1	4	0,18	0,01	100	0	3
Am	10	2,2	44	0,13	0,01	40	7,4	15
As	1,4	0,2	311	0,11		34,5	2,7	29
Ap	0	0,0	135	0,07		0	0	1
Kv	10,8	5,5	12	0,11	0,02	66,7	13,6	6
Km	8,8	1,8	52	0,12	0,01	40,0	6,8	20
Ks	2,1	0,5	194	0,12	0,01	21,4	2,9	14
Kp	0,1	0,1	88	0,20	0,00	0	0	1

Tabula 48. Mellenes projektīvais segums, vidējais augstums un potenciālais ogu (ziedēšanas) sastopamības īpatsvars dažādos meža tipos

MT	Vidējais projektīvais segums, %	Standart-klūda	Paraug-laukumu skaits	Vidējais ogulāju augstums, m	Standart-klūda	Ziedēšanas īpatsvars, %	Pazīmes īpatsvara reprezentācijas klūda	Parauglaukumu skaits, kur vērtēta ogulāju ziedēšana
Sl	10,4	3,3	31	0,21	0,02	47,4	9	19
Mr	17,7	2,4	89	0,19	0,01	58,9	5,2	56
Ln	20,0	2,6	94	0,20	0,01	58,5	5,1	41
Dm	9,3	0,8	493	0,20	0,00	30	2,1	70
Vr	1,5	0,3	613	0,20	0,01	44,4	2,0	9
Gr	0		69					1
Gs	0		1					
Mrs	28,3	3,9	42	0,24	0,01	50	7,7	24
Dms	12,5	1,7	114	0,21	0,01	39,3	4,6	28
Vrs	2,1	0,7	94	0,18	0,01	0	0	2
Grs	0,6	1	9	0,20		0	0	0
Pv	8,9	2	91	0,21	0,01	59,4	5,1	32
Nd	10,5	1,8	85	0,23	0,01	56,7	5,4	30
Db	1,6	0,7	107	0,19	0,01	50	4,8	2
Lk	0		4					
Av	25	5	4	0,30	0,04	100	0	3
Am	25,1	3,7	44	0,28	0,03	40	7,4	15
As	6,4	0,7	311	0,19	0,01	34,5	2,7	29
Ap	0,2	0,1	135	0,13	0,01	0	0	1
Kv	11,7	5,1	12	0,22	0,03	66,7	13,6	6
Km	24,7	3,1	52	0,23	0,01	40	6,8	20
Ks	6,7	1	194	0,20	0,01	21,4	2,9	14
Kp	0,2	0,1	88	0,17	0,01	0	0	1

Tabula 49. Avenes projektīvais segums, vidējais augstums un potenciālais ogu (ziedēšanas) sastopamības īpatsvars dažādos meža tipos

MT	Vidējais projektīvais segums, %	Standart-klūda	Paraug-laukumu skaits	Vidējais avenu augstums, m	Standart-klūda	Ziedēšanas īpatsvars, %	Pazīmes īpatsvara reprezentācijas klūda	Parauglaukumu skaits, kur vērtēta ogulāju ziedēšana
Sl	0,2	0,2	31	0,2	0	0		1
Mr	0,5	0,4	89	0,2	0,5	50	35,4	2
Ln	0,4	0,2	94	0,4	0			4
Dm	3,1	0,4	493	0,66	0,05	55,2	6,5	58
Vr	2,9	0,4	613	0,85	0,05	48	4,9	102

MT	Vidējais projektīvais segums, %	Standart-klūda	Paraug-laukumu skaits	Vidējais aveņu augstums, m	Standart-klūda	Ziedēšanas īpatsvars, %	Pazīmes īpatsvara reprezentācijas klūda	Parauglaukumu skaits, kur vērtēta ogulāju ziedēšana
Gr	0,6	0,2	69	0,80	0,20	37,5	17,1	8
Gs	0		1					
Mrs	0,5	0,3	42	0,55	0,50	50	35,4	2
Dms	3,7	1	114	0,68	0,11	63,6	14,5	11
Vrs	1,8	0,8	94	0,81	0,15	20	12,6	10
Grs	2,8	2,2	9	0,73	0	100	0	1
Pv	0,5	0,5	91	0,38	0,50	50	35,36	2
Nd	1,2	0,6	85	0,76	0,18	66,7	19,2	6
Db	1,2	0,4	107	0,84	0,13	63,6	14,5	11
Lk	0		4					
Av	0		4					
Am	0,1	0,1	44	0,43	0,00			
As	3,5	0,6	311	0,62	0,1	53,6	6,7	56
Ap	2,6	0,9	135	0,81	0,1	42,9	10,8	21
Kv	0	0	12					
Km	1	0,5	52	0,41	0	0	0	2
Ks	3,8	0,7	194	0,58	0,1	43,2	7,5	44
Kp	4,9	1,2	88	0,80	0,1	48,1	9,6	27

Tabula 50. Zīlenes projektīvais segums, vidējais augstums un potenciālais ogu (ziedēšanas) sastopamības īpatsvars dažādos meža tipos

MT	Vidējais projektīvais segums, %	Standart-klūda	Paraug-laukumu skaits	Vidējais ogulāju augstums, m	Standart-klūda	Ziedēšanas īpatsvars, %	Pazīmes īpatsvara reprezentācijas klūda	Parauglaukumu skaits, kur vērtēta ogulāju ziedēšana
Sl	0,32	0,32	31	0,27	0,03	100	0	1
Mr	0,73	0,29	89	0,23	0,02	63	0,22	8
Ln	0,69	0,45	94	0,23	0,01	1	0	4
Dm	0,03	0,02	493	0,20	0,02			2
Vr	0,03	0,02	613	0,20	0,02	33	0,47	3
Gr	0		69					
Gs	0		1					
Mrs	12,02	2,75	42	0,26	0,03	63	0,15	16
Dms	0,44	0,28	114	0,27	0,04	67	0,33	3
Vrs	0,11	0,11	94	0,27	0,03	0		1
Grs	0	0	9					
Pv	9,23	1,64	91	0,25	0,01	73	0,09	30
Nd	2,59	1,22	85	0,24	0,05	78	0,16	9
Db	0,28	0,28	107	0,60	0	0		1

MT	Vidējais projektīvais segums, %	Standart-klūda	Paraug-laukumu skaits	Vidējais ogulāju augstums, m	Standart-klūda	Ziedēšanas īpatsvars, %	Pazīmes īpatsvara reprezentācijas klūda	Parauglaukumu skaits, kur vērtēta ogulāju ziedēšana
Lk	0		4					
Av	5	2,89	4	0,15	0	2	0	2
Am	2,05	0,88	44	0,48	0,03	0,33	0,47	3
As	0,06	0,03	311	0,19	0,02	0,5	0,5	2
Ap	0		135					
Kv	4,17	2,29	12	0,19	0,02	1		2
Km	1,44	0,44	52	0,21	0,03	0,40	0,35	5
Ks	0,08	0,06	194	0,10	0	0		1
Kp	0,11	0,11	88			1		1

Tabula 51. Viršu projektīvais segums, vidējais augstums dažādos meža tipos

MT	Vidējais projektīvais segums, %	Standartklūda	Parauglaukumu skaits	Vidējais viršu augstums, m	Standartklūda
Sl	9,52	0,03	31	0,27	0,03
Mr	5,00	0,01	89	0,23	0,02
Ln	4,63	0,01	94	0,23	0,01
Dm	0,28	0,00	493	0,20	0,02
Vr	0		613		
Gr	0		69		
Gs	0		1		
Mrs	1,905	0,017	42	0,26	0,03
Dms	0,833	0,012	114	0,27	0,04
Vrs	0		94		
Grs	0,56		9	0,15	
Pv	6,15	0,01	91	0,25	0,01
Nd	0,35	0,01	85	0,24	0,05
Db	0		107		
Lk	0		4		
Av	0		4		
Am	2,05	0,04	44	0,48	0,03
As	0,31	0,00	311	0,19	0,02
Ap	0		135		
Kv	12,50	0,02	12	0,19	0,02
Km	0,77	0,02	52	0,21	0,03
Ks	0,05	0,00	194	0,1	
Kp	0		88		

3.2. Ogu ražas (mellenes, brūklenes) vērtējums testa teritorijās

3.2.1. Materiāls un metodika

Ogu ražas novērtēšanai testa teritorijās Ziemeļkurzemē (705. un 710. kvartālapgabalos) jeb Ugāles testa teritorijā un Vidusdaugavā (303.,507.,511. kvartālapgabalos) – Zalvītes testa teritorijā 2017. gada vasaras sezonā ierīkoti un 2018. gada sezonā pārmērīti, attiecīgi, 52 parauglaukumi 26 objektos (Tabula 52) un 46 parauglaukumi 23 objektos (Tabula 53). Ogu ražas novērtēšanai parauglaukumi ierīkoti sekojošos meža tipos un audžu vecumgrupās: Mr, Ln, Dm, Vr, Dms, Mrs, Vrs, Am, As jaunaudzēs, vidēja vecuma audzēs, briestaudzēs, pieaugušās/pāraugušās audzēs.

Tabula 52. Ierīkoto parauglaukumu skaits pa meža tipi un vecumgrupām Ugāles testa teritorijā

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Parauglaukumu skaits	Kopā
Priede	Mr	Jaunaudze	2	12
		Vid.vec.audze	2	
		Briestaudze	2	
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	6	
	Ln	Jaunaudze	2	6
		Vid.vec.audze	2	
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	2	
	Dm	Jaunaudze	2	8
		Vid.vec.audze	2	
		Briestaudze	2	
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	2	
	Dms	Vid.vec.audze	4	4
	Mrs	Jaunaudze	6	8
		Vid.vec.audze	2	
	Am	Jaunaudze	2	8
		Briestaudze	2	
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	4	
	As	Briestaudze	2	2
Egle	As	Jaunaudze	2	4
		Vid.vec.audze	2	

Tabula 53. Ierīkoto parauglaukumu skaits pa meža tipi un vecumgrupām Zalvītes testa teritorijā

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Parauglaukumu skaits	Kopā
Priede	Mr	Jaunaudze	2	6
		Briestaudze	2	
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	2	
	Mrs	Jaunaudze	2	6
		Vid.vec.audze	2	
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	2	
	Ln	Jaunaudze	2	6
		Vid.vec.audze	2	
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	2	
	Dm	Jaunaudze	2	6
		Briestaudze	2	

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Parauglaukumu skaits	Kopā
	Am	Pieaug.audze un pāraugusi audze	2	6
		Vid.vec.audze	2	
		Briestaudze	2	
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	2	
	As	Jaunaudze	2	6
		Vid.vec.audze	2	
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	2	
Egle	Vr	Briestaudze	2	2
Bērzs	Vr	Vid.vec.audze	2	2
	Vrs	Vid.vec.audze	2	4
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	2	
Melnalksnis	Vrs	Vid.vec.audze	2	2

Katrā no audzēm divās to homogēnākajās vietās mežaudzes raksturošanai, identiski kā MSI koku uzmērīšanas metodikā, ierīkoti 500m² lieli laukumi kokaudzes raksturošanai. Ogulāju novērtēšanai ierīkoti divi pastāvīgi parauglaukumi deviņu m² lielumā. Katrs parauglaukums sadalīts deviņos 1 m² lielos uzskaites laukumos, kur noteikts gan ogulāju (mellenes un brūklenes) projektīvais segums, gan vidējais modālais augstums. Uz ciņiem augošu ogulāju gadījumā augstums noteikts no ciņa virsotnes. Augstums noteikts 5 cm gradācijas klasēs: <5cm, 6-10cm, 11-15cm, 16-20cm utt.

Melleņu un brūkleņu projektīvais segums, identiski kā MSI uzskaites laukumos, tiek novērtēts 12 klasēs:

Segums	Klase	Segums	Klase
0%	nav	46-55%	7
<5%	1	56-65%	8
5-15%	2	66-75%	9
16-25%	3	76-85%	10
26-35%	4	86-95%	11
36-45%	5	>95%	12
46-55%	6		

Ogu skaits novērtēts katra parauglaukuma piecos no deviņiem uzskaites laukumiem, katra uzskaites laukuma 0.25m² lielā daļā, kurā bija vislielākais projektīvais segums (Attēls 196). Ogulājiem, tos uzmērot, pierēģistrēja vai ir "ogas" vai šajā sezonā ir bijušas "ogas". Ogu vai to pazīmju esamība kodēta grupās:

- 1 – ir ziedi (ziedi vai ziedaizmetņi);
- 2 - ir ogas (ir ogas vai ir redzams, ka bijušas ogas šajā sezonā);
- 3 - nav ogu (nav nedz ziedaizmetņu, nedz ziedu, nedz ogu un nav pazīmju, kas liecinātu, ka ogas šajā sezonā ir bijušas);

7-3	7-4	8-3	8-4	9-3	9-4		
7-1	7-2	8-1	8-2	9-1	9-2		
4-3	4-4	5-3	5-4	6-3	6-4		
4-1	4-2	5-1	5-2	6-1	6-2		
1-3	1-4	2-3	2-4	3-3	3-4		
1-1	1-2	2-1	2-2	3-1	3-2		

7	8	9
4	5	6
1	2	3

Attēls 196. Uzskaites laukumu un uzskaites kvadrātu numerācija

Ogu ražas noteikšanai nepieciešamais ogu svars iegūts, nolasot ogas visos četros nejauši izvēlētos uzskaites kvadrātos, un 30 (50) gatavās ogas nosverot. 2017. un 2018. gada ogu uzskaites laukumi var nebūt identiski.

Nolasot un nosverot ogas ar laboratorijas svāriem (0,01g), aprēķināts vidējais ogas svars parauglaukumā. Ja parauglaukumu uzmērīšana notikusi pirms ogas ir nogatavojušās, tad ogas nolasītas tajos uzskaites laukumos, kur tās netika lasītas pirmajā uzskaites reizē. Parauglaukumos, kur ogu skaits bija minimāls vai arī ogas novērtētas kā bojātas (sažuvušas, negatavas, kukaiņu kāpuru bojātas), tās netika svērtas, bet ogu ražas aprēķiniem izmantotas katras ogulāju sugas vidējās vērtības testa teritorijā.

3.2.2. Rezultāti

2017. gada un 2018. gada Ugāles testa teritoriju datus nav vērojamas krasas izmaiņas projektīvā seguma un sastopamības ziņā. Parauglaukumi ierīkoti kā pastāvīgie laukumi, līdz ar to izmaiņas norāda tikai uz vērtību svārstībām starp gadiem vai arī uz subjektīvo kļūdu kādā no novērtēšanas gadiem (Tabula 54 un Tabula 55). Zalvītes testa teritorijā 2018. gada sezonā novērtēts tikai ogu svars un skaits, kā arī ogu sastopamība parauglaukumos, pieņemot, ka neietekmētā teritorijā gada laikā būtiskas ogulāju sastopamības/seguma izmaiņas nav notikušas.

Tabula 54. Brūklenes sastopamība un vidējais projektīvais segums 2017. un 2018. gadā dažādos meža tipos un vecumgrupās Ugāles testa teritorijā

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Ogulāju sastopamība, %, 2017	Standart-klūda	Ogulāju sastopamība, %, 2018	Standart-klūda	Vidējais projektīvais segums, %, 2017	Standart-klūda	Vidējais projektīvais segums, %, 2018	Standart-klūda
Priede	Mr	Jaunaudze	100	0	94,4	5,6	13,3	3,9	13,3	8,9
		Vid.vec.audze	100	0	100	0	8,9	0,6	7,5	1,9
		Briestaudze	100	0	100	0	31,1	2,2	20,6	0,6
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	100	0	96,3	2,3	22,2	5,9	15,7	4,5
	Ln	Jaunaudze	100	0	100	0	23,1	10,8	21,9	10,3
		Vid.vec.audze	50	50	55,6	22,2	2,5	2,5	2,8	1,1
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	83,3	16,7	66,7	33,3	8,3	5	3,9	2,2
	Dm	Jaunaudze	66,7	33,3	50	50	3,6	1,9	2,5	2,5
		Vid.vec.audze	94,4	5,6	100	0	25,3	19,2	26,1	18,3
		Briestaudze	0		0		0		0	
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	55,6	33,3	55,6	44,4	3,6	2,5	2,8	2,2
	Mrs	Jaunaudze	50	16,7	31,5	18,5	13,3	7,4	11,5	9,6
		Vid.vec.audze	5,6	5,6	11,1	0	0,3	0,3	0,6	0,0
	Dms	Vid.vec.audze	41,7	18,4	13,9	8,3	2,4	1,1	0,7	0,4
	Am	Jaunaudze	94,4	5,6	100	0	41,5	10,9	50	15,6
		Briestaudze	88,9	0	77,8	22,2	4,4	0	3,9	1,1
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	5,6	5,6	10,7	10,7	0,3	0,3	0,5	0,5
	As	Briestaudze	77,8	11,1	77,8	22,2	5,8	1,9	7,8	5
Egle	As	Jaunaudze	11,1	11,1	5,6	5,6	0,6	0,6	0,3	0,3
		Vid.vec.audze	55,6	11,1	55,6	11,1	2,8	0,6	2,8	0,6

Tabula 55. Brūklenes sastopamība, projektīvais segums un vidējais modālais augstums dažādos meža tipos un vecumgrupās Zalvītes testa teritorijā

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Ogulāju sastopamība, %	Standart-klūda	Vidējais projektīvais segums, %	Standart-klūda	Vidējais ogulāju augstums, m	Standart-klūda
Priede	Mr	Jaunaudze	50	50	23,3	23,33	0,09	0
		Briestaudze	100	0	49,4	3,89	0,10	0
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	94,4	5,6	4,17	4,17	0,11	0,03
	Ln	Jaunaudze	100	0	30,8	7,50	0,08	0,01
		Vid.vec.audze	50	50	16,7	16,7	0,12	0
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	50	50	3,1	3,1	0,14	0
	Dm	Jaunaudze	0					
		Briestaudze	50	50	3,1	3,1	0,14	0
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	77,8	11,1	7,5	1,9	0,12	0
	Mrs	Jaunaudze	50	50	3,6	3,6	0,18	0
		Vid.vec.audze	55,6	44,4	16,4	15,8	0,13	0,03
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	50	50	6,1	6,1	0,09	0
	Am	Vid.vec.audze	55,6	44,4	16,4	15,8	0,13	0,03
		Briestaudze	22,2	22,22	1,1	1,1	0,14	0
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	0					
	As	Jaunaudze	94,4	5,6	23,1	5,8	0,13	0,01
		Vid.vec.audze	27,8	27,8	2,5	2,5	0,10	0
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	66,7	22,2	10,6	8,3	0,13	0,01
Egle	Vr	Briestaudze	0					
Bērzs	Vr	Vid.vec.audze	0					
	Vrs	Vid.vec.audze	0					
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	0					
Melnalksnis	Vrs	Vid.vec.audze	0					

Tabula 56. Mellenes sastopamība un projektīvais segums 2017. un 2018. gadā dažādos meža tipos un vecumgrupās Ugāles testa teritorijā

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Ogulāju sastopamība, %, 2017	Standart-klūda	Ogulāju sastopamība, %, 2018	Standart-klūda	Vidējais projektīvais segums, %, 2017	Standart-klūda	Vidējais projektīvais segums, %, 2018	Standart-klūda
Priede	Mr	Jaunaudze	50	50	0	0	6,9	6,9	0	0
		Vid.vec.audze	100	0	100	0	40,8	26,9	32,8	22,8
		Briestaudze	66,7	33,3	66,7	33,3	15,8	11,9	17,5	12,5
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	55,6	19,5	61,1	20	21,9	10,8	23,1	12,0
	Ln	Jaunaudze	33,3	11,1	27,8	27,7	1,9	0,8	1,7	1,7
		Vid.vec.audze	100	0	100	0	48,9	24,4	40	23,3
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	100	0,0	100	0	41,1	17,8	41,7	22,8
	Dm	Jaunaudze	66,7	33,3	66,7	33,3	24,4	16,7	17,2	15
		Vid.vec.audze	100	0,0	100	0	60	16,7	58,9	15,6
		Briestaudze	100	0	100	0	20,3	7,5	20,3	11,9
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	100	0,0	100	0	22,2	12,2	13,3	4,4
	Mrs	Jaunaudze	61,1	15,1	79,6	16,3	25,6	11,2	37,7	14,1
		Vid.vec.audze	72,2	27,8	66,7	33,3	27,2	22,8	29,7	28,1
	Dms	Vid.vec.audze	72,2	13,2	63,9	21	16,9	13,3	18,0	15,1
	Am	Jaunaudze	22,2	11,1	16,7	16	1,1	0,6	0,8	0,8
		Briestaudze	100	0	100	0	55	5	39,4	2,8
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	83,3	16,7	100	0	17,5	7,8	26,4	3,6
	As	Briestaudze	100	0	100	0	36,9	9,7	28,6	2,5
Egle	As	Jaunaudze	50	50,0	50	50	23	23	22,8	22,8
		Vid.vec.audze	100	0	100	0	22,2	3,9	18,3	1,1

Tabula 57. Mellenes sastopamība, projektīvais segums un vidējais modālais augstums dažādos meža tipos un vecumgrupās Zalvītes testa teritorijā

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Ogulāju sastopamība, %	Standart-klūda	Vidējais projektīvais segums, %	Standart-klūda	Vidējais ogulāju augstums, m	Standart-klūda
Priede	Mr	Jaunaudze	50	50	9,7	9,7	0,21	
		Briestaudze	16,7	5,56	48,9	11,1	0,24	0,01
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	72,2	16,67	7,9	0,8	0,06	0,01
	Ln	Jaunaudze	22,2	22,22	1,1	1,1	0,11	0
		Vid.vec.audze	100	0	38,9	2,2	0,20	0,04
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	100	0	48,9	11,1	0,24	0,01
	Dm	Jaunaudze	55,6	0	4,4	1,7	0,09	0,04
		Briestaudze	100	0	68,9	2,2	0,28	0,04
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	100	0	63,3	14,4	0,20	0,04
	Mrs	Jaunaudze	100	0	56,1	13,9	0,31	0,02
		Vid.vec.audze	100	0	51,1	16,7	0,27	0,07
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	100	0	29,7	10,8	0,23	0,03
	Am	Vid.vec.audze	83,3	16,67	23,9	9,4	0,23	0,02
		Briestaudze	100	0	44,4	12,2	0,24	0,04
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	100	0	49,4	13,9	0,26	0,05
	As	Jaunaudze	66,7	0	6,7	1,1	0,20	0,02
		Vid.vec.audze	88,9	11,11	11,4	0,3	0,13	0,01
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	100	0	20,8	0,3	0,19	0,03
Egle	Vr	Briestaudze	0					
Bērzs	Vr	Vid.vec.audze	0					
	Vrs	Vid.vec.audze	88,9	11,11	11,4	0,3	0,13	0,01
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	100	0	14,44	1,7	0,17	0,04
Melnalksnis	Vrs	Vid.vec.audze	0					

Tabula 58. Brūkleņu ogu raža 2017. un 2018. gadā, kg ha⁻¹ Zalvītes testa teritorijā

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Potenciālais ogu svars pie 100% ogulāju seguma, kg/ha, 2017	Standart-klūda	Potenciālais ogu svars pie 100% ogulāju seguma, kg/ha, 2018	Standart-klūda
Priede	Mr	Briestaudze	385,1	130,3	108	108
	Ln	Jaunaudze	67,3		nav ogu	
		Vid.vec.audze	524,1		nav ogu	
	Am	Vid.vec.audze	66,6		72,3	72,3
	As	Jaunaudze	72,5	14,5	nav ogu	

Zalvītes testa teritorijā rezultāti par potenciālo brūkleņu (Tabula 58) un melleņu (Tabula 59) ogu ražu kg ha⁻¹ dažādos meža tipos un vecumgrupās 2017. un 2018. gadā pie 100% projektīvā seguma norāda, ka brūklenēm potenciāli lielākā iespējamā raža novērojama Mr briestaudzē (attiecīgi, 385,1±130,3 un 108±108 kg ha⁻¹), bet mellenēm - Mrs (attiecīgi, 586,8 ± 527,9 un 749 ± 384,5 kg ha⁻¹). Ogu raža brūklenēm starp gadiem variē, neuzrādot vienotu tendenci dažādos meža tipos un vecumgrupās, bet melleņu ogu raža visos meža tipos ir palielinājusies.

Tabula 59. Melleņu ogu raža 2017. un 2018. gadā, kg ha⁻¹ Zalvītes testa teritorijā

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Potenciālais ogu svars pie 100% ogulāju seguma, kg/ha, 2017	Standart-klūda	Potenciālais ogu svars pie 100% ogulāju seguma, kg/ha, 2018	Standart-klūda
Priede	Mr	Jaunaudze	nav ogu		5,4	
		Briestaudze	nav ogu		179,9	10,3
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	13,1	2,2	nav ogu	
	Ln	Jaunaudze	nav ogu		nav ogu	
		Vid.vec.audze	118,2	76,9	210,2	
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	139,8	67,7	804,3	121,3
	Dm	Jaunaudze	nav ogu		nav ogu	
		Briestaudze	192,1	132,2	114,9	40,4
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	122,8	0,6	321,2	76,4
	Mrs	Jaunaudze	71,1	0,3	794,0	384,5
		Vid.vec.audze	586,8	527,9	746,1	212,2
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	107,3		nav ogu	
	Am	Briestaudze	76,4	53,6	291,8	101,7
		Briestaudze	76,4	53,6	291,8	101,7
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	84,3	42,0	135,6	39,3
	As	Vid.vec.audze	23,5	0,2	9,9	
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	nav ogu		nav ogu	
		Vid.vec.audze	nav ogu		nav ogu	
Egle	Vr	Briestaudze	nav ogu		nav ogu	
Bērzs	Vr	Vid.vec.audze	nav ogu		nav ogu	
	Vrs	Vid.vec.audze	23,5	0,2	9,9	
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	21,8		1,3	
Meln-alksnis	Vrs	Vid.vec.audze	nav ogu		nav ogu	

Tajā pašā laikā Ugāles testa teritorijā 2018. gadā novērots būtisks ogu ražas samazinājums, piemēram, ja 2017. gadā Ln jaunaudzē brūkleņu prognozētā raža sasniedza 285,2 ±102,2 kg ha⁻¹, tad 2018. gadā ogas šajā meža tipā netika konstatētas (Tabula 60) Mellenēm, līdzīgi kā Zalvītes testa teritorijā, neparādījās vienotas tendences, daļā meža tipu ogu potenciālā raža ir paaugstinājusies (Mr, Mrs), daļā - samazinājusies.

Tabula 60. Brūkleņu ogu raža 2017. un 2018. gadā, kg ha⁻¹ Ugāles testa teritorijā

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Potenciālais ogu svars pie 100% ogulāju seguma, kg/ha, 2017	Standart-klūda	Potenciālais ogu svars pie 100% ogulāju seguma, kg/ha, 2018	Standart-klūda
Priede	Mr	Jaunaudze	8,2	8,2	nav ogu	0
		Vid.vec.audze	7,9	7,9	nav ogu	
		Briestaudze	223,4	223,4	38,6	0
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	115,5	68,2	45,3	21,8
	Ln	Jaunaudze	285,2	102,2	nav ogu	
		Vid.vec.audze	nav ogu		nav ogu	
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	60	60	nav ogu	
	Dm	Jaunaudze	nav ogu		nav ogu	
		Vid.vec.audze	243	219,7	62,3	0
		Briestaudze	nav ogu		nav ogu	
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	nav ogu		nav ogu	
	Mrs	Jaunaudze	218,7	137,8	66,2	42,5
		Vid.vec.audze	nav ogu		nav ogu	
	Dms	Vid.vec.audze	nav ogu		nav ogu	
	Am	Jaunaudze	413,3	262,3	91,1	
		Briestaudze	nav ogu		nav ogu	
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	nav ogu		nav ogu	
	As	Briestaudze	41,1	41,1	nav ogu	
Egle	As	Jaunaudze	nav ogu		nav ogu	
		Vid.vec.audze	nav ogu		nav ogu	

Tabula 61. Melleņu ogu raža 2017. un 2018. gadā, kg ha⁻¹ Ugāles testa teritorijā

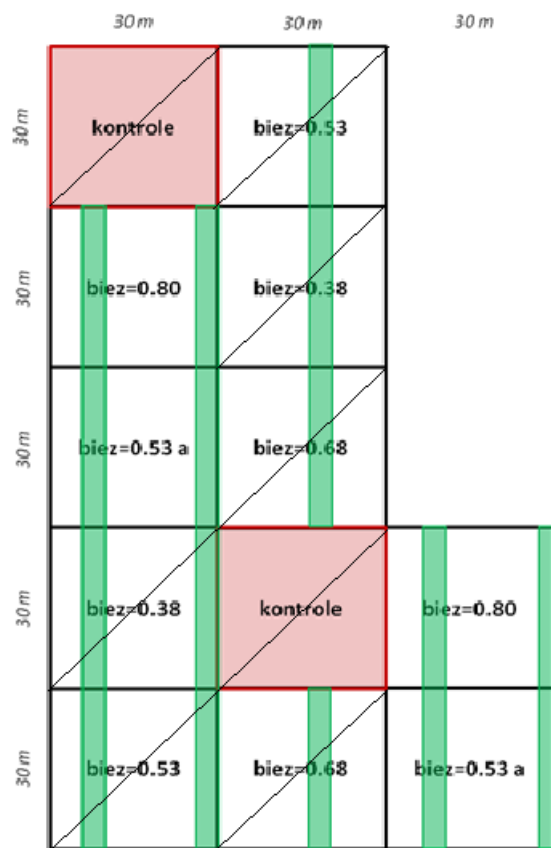
Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Potenciālais ogu svars pie 100% ogulāju seguma, kg/ha, 2017	Standart-klūda	Potenciālais ogu svars pie 100% ogulāju seguma, kg/ha, 2018	Standart-klūda
Priede	Mr	Jaunaudze	nav ogu		nav ogu	
		Vid.vec.audze	nav ogu		63,3	56,9
		Briestaudze	nav ogu		86,5	36,7
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	79	71,2	159,1	86
	Ln	Jaunaudze	nav ogu		nav ogu	

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Potenciālais ogu svars pie 100% ogulāju seguma, kg/ha, 2017	Standart-klūda	Potenciālais ogu svars pie 100% ogulāju seguma, kg/ha, 2018	Standart-klūda
		Vid.vec.audze	8,5	8,5	nav ogu	59,9
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	65,9	48,9	69,5	59,9
	Dm	Jaunaudze	17	17	nav ogu	
		Vid.vec.audze	648,7	384,8	315,7	6,2
		Briestaudze	nav ogu		nav ogu	
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	8,8	4,4	5,1	3,4
	Mrs	Jaunaudze	31,6	16,7	103,3	42,7
		Vid.vec.audze	43,3	35,9	nav ogu	
	Dms	Vid.vec.audze	9,4	9,4	34,5	32,7
	Am	Jaunaudze	nav ogu		nav ogu	
		Briestaudze	118	61,9	26,5	1,7
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	8	4,9	12,1	0
	As	Briestaudze	182,7	148,8	35,6	21,4
Egle	As	Jaunaudze	13,9	13,9	52,9	
		Vid.vec.audze	nav ogu	0	4,6	

3.3. Ogu ražas (mellenes, brūklenes) vērtējums kopšanas ciršu parauglaukumos

3.3.1. Materiāls un metodika

Parauglaukumu ierīkošana ogulāju projektīvā seguma izmaiņu saimnieciskās darbības rezultātā un ogu ražas (mellenes, brūklenes) novērtēšanai veikta krājas kopšanas parauglaukumu teritorijās. Metode balstīta uz BACI tipa eksperimenta dizainu (*Before-After-Control-Impact*). Parauglaukumos pirms krājas kopšanas cirtes izveidoti parauglaukumi ar noteiktu biezību (~0.38, ~0.53, ~0.68 un kontrole) divos atkārtojumos, līdz ar to nodrošinot iespēju aplūkot ogulāju projektīvā seguma, augstuma un ogu ražas izmaiņas pirms un pēc mežsaimnieciskās darbības. Katrā no parauglaukumiem katru gadu ierīko 42 m garas R-A diagonāles transektes, uz tām vienmērīgi izvietojot 36 sīkrūmu uzskaites laukumus (0,25m²) melleņu un brūkleņu projektīvā seguma un vidējā augstuma novērtēšanai (Attēls 197 un Attēls 198.). Savukārt piecos uzskaites laukumos ar lielāko mētru projektīvo segumu noteikts ogu skaits (gan gatavas, gan negatavas ogas).



Attēls 197. Kopšanas ciršu shēma ar transektēm parauglaukumos



Attēls 198. Kopšanas ciršu parauglaukumu ierīkošana ar uzskaites laukumiem ogulāju novērtēšanai

Ogu ražas noteikšanai nepieciešamais ogu svars iegūts, nolasot visas ogas vismaz piecos uzskaites laukumos ar lielāko mētru projektīvo segumu, un 30 (50 vai 100) gatavās ogas nosverot. Rezultātā gan 2017., gan 2018. gadā aprēķināta potenciālā ogu raža katrā no parauglaukumiem un objektiem. Ja ogu skaits parauglaukumos bija nepietiekams (viena līdz piecas ogas), tad ogas ievāktas ārpus uzskaites laukumu robežām.

Salīdzinot 2017. un 2018. gada ogulāju projektīvā seguma izmaiņas, izmantots jaukta tipa lineārais modelis, salīdzinot katra gada dažādas biežības parauglaukumus (2017. gada parauglaukumi pirms mežistrādes, bet 2018. gadā- pēc) ar kontroles laukumiem viena meža tipa un vecumgrupas ietvaros.

Ar jaukta tipa lineāro modeli savā starpā salīdzinātas arī konkrēta meža tipa un vecumgrupas sīkkrūmu projektīvais segums starp gadiem, kur starpības indekss (pozitīvs vai negatīvs) atspoguļo izmaiņas konkrētajā biežības grupā.

Savukārt sastopamības datu aprēķiniem, izmantojot vispārināto lineāro modeli, noskaidrotas statistiski būtiskās izmaiņas gan starp gadiem, gan starp biežībām identiski kā projektīvā seguma datiem.

3.3.2. Rezultāti

Krājas kopšanas ciršu ietekme uz ogulāju sastopamību, projektīvo segumu un ogu ražu

Pastāvīgie parauglaukumi ierīkoti Ziemeļkurzemes, Vidusdaugavas un Austrumvidzemes mežsaimniecības Sl, Mr, Ln, Dm, Mrs, Km, Am, As priežu un egļu jaunaudzēs un vidēja vecuma audzēs. 2017. gadā ierīkoti 17 objekti ar 8 – 10 30x30m lieliem kvadrātveida parauglaukumiem, pavisam kopā 143 parauglaukumi (Tabula 62). 2018. gadā ierīkotie objekti atkārtoti pārmērīti, bet papildus esošajiem objektiem ierīkoti seši jauni objekti ar 55 parauglaukumiem (Tabula 63).

Tabula 62. 2017. gada krājas kopšanas cirtēs ierīkoto un 2018. gadā pārmērīto parauglaukumu skaits dažādos meža tipos un vecumgrupās

MT	Vecuma grupa	Parauglaukumu skaits	Kopā
Sl	Vid.vec.audze	10	10
Mr	Jaunaudze	8	40
	Vid.vec.audze	32	
Ln	Jaunaudze	8	30
	Vid.vec.audze	22	
Dm	Jaunaudze	9	17
	Vid.vec.audze	8	
Dms	Vid.vec.audze	14	14
Km	Vid.vec.audze	8	8
Am	Jaunaudze	6	6
As	Jaunaudze	10	18
	Vid.vec.audze	8	

Tabula 63. 2018. gada krājas kopšanas cirtēs ierīkoto parauglaukumu skaits dažādos meža tipos un vecumgrupās

MT	Vecuma grupa	Parauglaukumu skaits	Kopā
Sl	Vid.vec.audze	9	9
Mr	Jaunaudze	8	44
	Vid.vec.audze	38	

BACI tipa pētījumā aplūkojot, vai un kā mainās mētru sastopamība un produktivitāte audzēs pēc mežizstrādes, pēc pirmā gada rezultātiem iespējams prognozēt, cik strauji un kā (samazināsies/palielināsies) mainīsies ogulāju projektīvais segums un sastopamība.

Savstarpēji salīdzinot 2017. gada datus un noskaidrojot, vai pastāv statistiski būtiska atšķirība starp ierīkotajiem dažādas krājas kopšanas ciršu biežības parauglaukumiem un kontroli, noskaidrots, ka brūkleņu sastopamībai ir būtiska negatīva saistība ($p < 0,05$) starp kontroles laukumiem jaunaudžu grupā un Mr visās biežībās, Ln un Am pie 0.38 biežības, bet As statistiski būtiska atšķirība pastāv ar 0.68 biežību. Salīdzinot 2017.

gada projektīvā seguma izmaiņas, noskaidrots, ka būtiska negatīva saistība ($p < 0,05$) vairs tikai pastāv tikai Ln jaunaudzē starp visām biežības grupām un kontroli.

Mellenāju sastopamība 2017. gadā starp kontroles laukumiem un kopšanas ciršu laukumiem statistiski būtiski neatšķirās. Savukārt projektīvā seguma atšķirības novērotas As un Dm jaunaudžu grupās ar biežību 0.53, kā arī Km vidēja vecuma audžu grupā ar 0.68 biežību. Zinot starpības indeksu vērtības viena meža tipa un vecumgrupas ietvaros, turpmākajos gados pētījumā varēs novērtēt krājas kopšanas cirtes ietekmi uz mētru sastopamības un seguma izmaiņām.

Salīdzinot ogulāju sastopamību vērtību un projektīvā seguma izmaiņas starp gadiem, iegūti rezultāti, ka brūklenes pēc krājas kopšanas cirtes ir statistiski būtiski samazinājušas (gan sastopamība, gan vidējais mētru segums) tikai Mr, vidēja vecuma grupā pie biežības 0.38, bet statistiski būtiska pozitīva ietekme konstatēta As vidēja vecuma grupu audzēs un Dm jaunaudzēs ar biežību 0.38 (Tabula 64 un Tabula 65).

Mellenājiem, atšķirībā no brūklenājiem, pirmajā gadā pēc krājas kopšanas cirtes konstatēta statistiski būtiska negatīva saistība ar sastopamību un seguma izmaiņām. Būtisks vidējo vērtību samazinājums ir vidēja vecuma Km ar biežību 0.38 un vidēja vecuma As grupā ar biežību 0.38. Statistiski būtiskas negatīvas seguma izmaiņas, novērotas Dm jaunaudzē ar biežībām 0.38, 0.53, kā arī būtiskais izmaiņas notikušas kontrolē. Jāuzsver, ka būtiska kopšanas ietekme Dm izskaidrojama ar mazo datu apjomu – reprezentatīvās vērtības Dm atspoguļo tikai viena objekta izmaiņas. Arī vidēja vecuma Ln (0.53 un 0.68) un Mr (0.38 un 0.68) grupās konstatēts statistiski būtisks mētru projektīvā seguma samazinājums (Tabula 64 un Tabula 65).

Šobrīd, pirmajā gadā pēc mežizstrādes, mellenes un brūklenes kopējās sastopamības un vidējo vērtību seguma straujas izmaiņas nav novērotas.

Tabula 64. Brūklenes un mellenes sastopamība dažādos meža tipos, vecumgrupās un biežībās pirms un pēc kopšanas cirtes (iezīmētas tās izmaiņas, kas būtiski atšķiras starp gadiem)

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Biezība	Brūklenes sastopamība, %		Mellenes sastopamība, %	
				2017	2018	2017	2018
Priede	Sl	Vid.vec.audze	0,38	0	0	0	1,39
			0,53	0,46	0,46	0,46	0,46
			kontrole	1,39	0,00	2,78	2,78
	Mr	Jaunaudze	0,38	58,33	65,28	0	1,39
			0,53	47,22	55,56	1,39	2,78
			0,68	34,72	43,06	4,17	4,17
			kontrole	87,50	93,06	4,17	6,94
		Vid.vec.audze	0,38	93,05	75*	81,25	70,00
			0,53	89,68	87,50	76,19	73,26
			0,68	97,16	90,08	76,11	62,70
			kontrole	94,44	92,13	68,75	60,19
		Jaunaudze	0,38	34,72	45,83	38,89	48,61
			0,53	48,61	56,94	30,56	41,67
			0,68	68,06	72,22	52,78	61,11
			kontrole	68,06	73,61	58,33	62,50
	Ln	Vid.vec.audze	0,38	63,49	73,57	79,76	80,38
			0,53	74,60	69,10	78,57	82,29
			0,68	70,14	75,69	81,25	86,11
			kontrole	65,56	67,78	74,44	77,22
		Jaunaudze	0,38	21,30	33,33	85,19	97,22
			0,53	19,44	50*	95,37	88,89
			0,68	47,22	41,67	63,89	63,89

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Biezība	Brūklenes sastopamība, %		Mellenes sastopamība,%	
				2017	2018	2017	2018
			kontrole	25,00	66,67*	73,61	75,00
		Vid.vec.audze	0,38	38,89	41,67	97,22	97,22
			0,53	23,61	22,22	94,44	93,06
			0,68	12,50	12,50	95,83	93,06
			kontrole	22,22	19,44	97,22	95,83
			0,38	20,83	26,39	87,50	94,44
	Dms	Vid.vec.audze	0,53	47,22	48,61	68,06	77,78
			0,68	40,28	47,22	84,72	87,50
			kontrole	16,67	25,00	95,83	100,00
			0,38	97,22	97,22	58,33	62,50
	Am	Jaunaudze	0,53	93,06	93,06	44,44	48,61
			0,68	88,89	86,11	80,56	75,00
			kontrole	80,56	83,33	80,56	88,89
			0,68	5,56	5,56	36,11	30,56
	As	Jaunaudze	kontrole	44,44	47,22	19,44	25,00
			0,38	56,94	93,06*	90,28	75,00
	Km	Vid.vec.audze	0,53	66,67	75,93	84,72	80,56
			0,68	76,39	81,94	81,94	87,50
			kontrole	75,00	75,00	94,44	81,94
			0,38	1,39	1,39	2,78	2,78
Egle	As	Jaunaudze	0,53	0	0	4,17	2,78
			0,68	0	0	0,00	0,00
			kontrole	0	0	2,78	4,17
			0,38	1,39	0,00	23,61	1,39*
		Vid.vec.audze	0,53	8,33	8,33	41,67	47,22
			0,68	0,00	0,00	1,39	1,39
			kontrole	13,89	15,28	37,50	38,89
			0,38	1,39	1,39	2,78	2,78

Tabula 65. Brūklenes un mellenes projektīvais segums dažādos meža tipos, vecumgrupās un biezībās pirms un pēc kopšanas cirtes (iezīmētas tās izmaiņas, kas būtiski atšķiras starp gadiem)

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Biezība	Brūklenes projektīvais segums, %		Mellenes projektīvais segums,%	
				2017	2018	2017	2018
Priede	Sl	Vid.vec.audze	0,38	0,00	0,00	0,00	0,01
			0,53	0,00	0,00	0,00	0,00
			kontrole	0,04	0,00	0,02	0,01
	Mr	Jaunaudze	0,38	2,85	3,54	0,00	0,00
			0,53	2,31	2,30	0,00	0,01
			0,68	0,39	0,44	0,09	0,10
			kontrole	3,54	3,52	0,11	0,16
		Vid.vec.audze	0,38	3,97	2*	14,7	7,13*
			0,53	2,50	2,75	10,80	10,74

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Biezība	Brūklenes projektīvais segums, %		Mellenes projektīvais segums,%	
				2017	2018	2017	2018
			0,68	3,74	3,21	9,2	5,76*
			kontrole	3,15	4,09	11,50	8,14
		Jaunaudze	0,38	0,44	0,47	0,94	1,06
			0,53	0,59	0,75	0,94	1,31
			0,68	0,53	0,68	2,61	3,29
			kontrole	1,22	1,08	3,47	3,35
	Ln	Vid.vec.audze	0,38	4,03	4,97	14,21	8,79*
			0,53	6,96	6,31	11,79	8,92*
			0,68	1,75	1,80	19,69	11,85*
			kontrole	3,23	2,98	9,32	9,26
		Jaunaudze	0,38	0,24	0,23	7,62	5,44*
			0,53	0,31	4,86*	19,27	4,36*
			0,68	0,79	0,26	6,52	2,94*
			kontrole	1,24	0,97	11,22	4,27*
	Dm	Vid.vec.audze	0,38	0,49	0,61	8,31	9,83
			0,53	0,16	0,16	8,90	9,66
			0,68	0,08	0,13	6,47	7,74
			kontrole	0,12	0,14	7,81	8,85
		Vid.vec.audze	0,38	0,16	0,27	10,58	13,02
			0,53	1,40	1,67	11,00	11,83
			0,68	0,86	1,16	17,25	13,22
			kontrole	0,15	0,20	22,91	21,08
	Dms	Jaunaudze	0,38	7,26	7,13	5,25	4,16
			0,53	3,86	3,76	2,56	3,20
			0,68	3,22	3,31	8,03	4,72
			kontrole	2,13	1,60	6,74	6,99
	Am	Jaunaudze	0,68	0,11	0,08	1,60	1,31
			kontrole	0,52	0,91	0,56	0,87
	As	Jaunaudze	0,38	1,76	3,13	6,59	6,11
			0,53	1,76	4,12	5,82	4,73
			0,68	3,14	3,28	5,51	7,44
			kontrole	2,40	2,89	11,31	6,26
Egle	As	Jaunaudze	0,38	0,00	0,01	0,08	0,14
			0,53	0,00	0,00	0,09	0,11
			0,68	0,00	0,00	0,00	0,00
			kontrole	0,00	0,00	0,03	0,06
		Vid.vec.audze	0,38	0,00	0,00	0,66	0,01*
			0,53	0,08	0,13	1,07	1,61
			0,68	0,00	0,00	0,01	0,03
			kontrole	0,15	0,16	4,65	5,78

Svarīgi noskaidrot, vai mežizstrāde ar dažādu intensitāti ietekmē arī potenciālo brūkleņu un melleņu ražu ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), kā arī novērtēt kopējo potenciālo melleņu un brūkleņu ogu ražu ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) pirms/pēc mežizstrādes. Šobrīd iegūtie rezultāti attiecināmi uz 2017. un 2018. gada kopējām tendencēm.

Pašreiz apkopoti rezultāti par 2017.gada potenciālo brūkleņu (Tabula 66) un 2017., 2018. gada melleņu (Tabula 67) ogu ražu $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ dažādos meža tipos un to vecumgrupās kopšanas ciršu laukumos pie 100% projektīvā seguma. Pēc krājas kopšanas cirtes nav novērots straujš ogu ražas kritums vai kāpums (ogu raža vērtēta gan ietekmētajos, gan kontroles laukumos). Ir tikai viens meža tips, kur pieaug melleņu raža – Mrs, bet lielākā kopšanas ciršu laukumos novērots kritums. Jāpiemin, ka gan 2017. gads, gan 2018. gads novērojamas daudz ekstrēmi klimatiskie apstākļi - vēlas salnas 2017. gadā, bet 2018. – sausa, karsta vasara, kas ietekmē potenciāli sekmīgu ogu ražu.

Tabula 66. Brūkleņu ogu raža $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ 2017. gadā neatkarīgi no valdošās sugas audzē un vecumgrupas

MT	Potenciālais ogu svars pie 100% ogulāju seguma, $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$	Standartklūda
Sl	nav ogu	
Mr	10	3
Ln	15	7
Dm	nav ogu	
Mrs	6	5
Am	1	1
As	nav ogu	
Km	4	2

Tabula 67. Melleņu ogu raža $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ pirms un pēc kopšanas, dažādos meža tipos un vecumgrupās

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Potenciālais ogu svars pie 100% ogulāju seguma, kg/ha , 2017	Standartklūda	Potenciālais ogu svars pie 100% ogulāju seguma, kg/ha , 2018	Standartklūda
Priede	Sl	Vid.vec.audzē	nav ogu		nav ogu	nav ogu
	Mr	Jaunaudzē	nav ogu		nav ogu	nav ogu
		Vid.vec.audzē	43,2	12	39,2	12,8
	Ln	Jaunaudzē	nav ogu		10,2	
		Vid.vec.audzē	41,1	12,7	19,8	5,36
	Dm	Jaunaudzē	40,1	7,1	20,9	1,24
		Vid,vec,audzē	7,8		nav ogu	nav ogu
	Mrs	Vid.vec.audzē	18,6	3,3	70,9	25,1
	Am	Jaunaudzē	36,4	20,5	5,6	1,7
	As	Jaunaudzē	1		nav ogu	nav ogu
Egle	Km	Vid.vec.audzē	48,3	36,5	41	7,1
		Jaunaudzē	nav ogu		nav ogu	nav ogu
	As	Vid.vec.audzē	6	3,6	nav ogu	nav ogu

Secinājumi

1. Apkopojot datus no 2776 MSI parauglaukumiem, pašreizējie rezultāti liecina, ka $\sim 1/3$ no parauglaukumiem sastopamas mellenes, $\sim 1/5$ brūklenes un avenes. Taču sastopamība nenorāda saistību ar lielu kopējo ogulāju projektīvo segumu parauglaukumos.
2. Mežsaimnieciskās darbības ietekmes vērtēšanai uz ogulāju projektīvā seguma un potenciālās ogu ražas izmaiņām ierīkotajos krājas kopšanas ciršu laukumos ar BACI tipa eksperimenta dizainu (*Before-After-Control-Impact*) novērotas salīdzinoši maz statistiski būtisku izmaiņu. Krājas kopšanas ciršu parauglaukumos izmaiņas tiks novērotas turpmākajās veģetācijas sezonās.
3. Pašreiz salīdzinot datus par potenciālo brūkleņu un melleņu ogu ražu pie 100% ogulāju seguma (kg ha^{-1}) dažādos meža tipos, vērojama pat desmit reizes liela atšķirība. Šādas atšķirības viena tipa ietvaros, vērojamas arī starp divām veģetācijas sezonām, norādot – lai iegūtu objektīvus rezultātus par potenciālo ražu katrā no meža tipiēm, nepieciešams gan pietiekami liels paraugkopas apjoms, gan ilglaicīga ražas novērtēšana.
4. Turpmākajos pētījuma posmos par potenciālo ogu ražu jāierīko papildu parauglaukumi dažādos meža tipos un vecumgrupās, izklaidēti, lai iegūtu objektīvus rezultātus par reģionālām atšķirībām, kā arī atšķirībām starp gadiem, jo pašreiz iegūtie aprēķini par ogulāju sastopamību, projektīvo segumu un potenciālo ogu ražu atspoguļo katras sīkrūmu sugas tendences, ne absolūtās skaitliskās vērtības.

3.4. Ēdamo sēņu ražas vērtējums testa teritorijās

3.4.1. Objekti un metodika

2017. gadā tika ierīkoti uzskaites maršruti ēdamo sēņu sugu novērtējumam testa teritorijās Ugāles pagastā un Zalvītes testa teritorijā. Uzskaites maršruts Ugāles pagastā teritorijā 2017. gadā un 2018. gadā tika apsekots ik pa 7 dienām no jūnija līdz oktobra beigām, savukārt Zalvītes testa teritorijā apsekošana 2017. gadā un 2018. gadā veikta ik pa 14 dienām no jūnija līdz oktobra beigām.

Maršrutos iekļautas Mr, Ln, Dm, Vr, Mrs, Dms, Vrs, Am, As jaunaudzēs, vidēja vecuma audzes, pieaugušas/pāraugušas audzes (Tabula 68, Tabula 69).

Tabula 68. Parauglaukumu skaits mežu tipos un meža augšanas apstākļu tipos Zalvītes testa teritorijā

Meža tipi	Am	As	Dm	Ln	Mr	Vr	Mrs	Vrs
Skaits	3	3	3	3	3	3	3	1
Meža augšanas apstākļu tipi	Āreņi		Sausieņi				Slapjaini	
Skaits	6		12				4	

Tabula 69. Parauglaukumu skaits mežu tipos un meža augšanas apstākļu tipos testa teritorijā Ugāles pagastā

Meža tipi	Am	As	Dm	Ln	Mr	Dms	Mrs
Skaits	3	4	4	3	5	2	4
Meža augšanas apstākļu tipi	Āreņi		Sausieņi			Slapjaini	
Skaits	7		12			6	

Katrā nogabalā ierīkoti 2 parauglaukumi. Katrā parauglaukumā (12.62 m rādiusā ap centru) ievākti (nolaužot) visi konstatētie augļķermeņi atbilstoši sugu grupām un noteikts to skaits un svars dabiski mitrā stāvoklī.

Sēņu raža tiek vērtēta sekojošām ēdamo sēņu sugām un sugu grupām:

1. Gailenes (*Cantharellus cibarius*),
2. Baravikas (*Boletus* spp.),
3. Bekas: lācīšu ģints (*Leccinum* spp.) bekas (apšu bekas, bērzu bekas, lācīši, sviestbeku ģints (*Suillus* spp.), samtbeku ģints (*Xerocomus* spp.),
4. Bērزلapes (*Russula* spp.),
5. Alksnenes, cūcenes, vilnītis, krimildes (*Lactarius* spp.).

Ugāles pagasta testa teritorijā uzskaitē veikta 25 vietās (katrā 1000 m²) un Zalvītes testa teritorijā uzskaitē veikta 22 vietās (katrā 1000 m²) kopā 4.7 ha platībā.

Objektos katrā parauglaukumā (12.62m rādiusā ap centru), rūpīgi to apsekojot, katru ceturtdaļu atsevišķi: ZA, DA, DR un ZR, zig-zagā no centra uz perimetru, ievāc visu sēņu augļķermeņus, atbilstoši sugu grupām ievāc (nolaužot) visus konstatētos augļķermeņus. Uzreiz mežā nosaka augļķermeņu skaitu un kopējo svaru dabiski mitrā stāvoklī, izmantojot rokas svarus.

Sēņu noteikšanai izmanto senes.lv dotos aprakstus
http://www.senes.lv/Labakas_edamas_senes.htm.

Abu uzskaites gadu laikā testa teritorijās novēroti ļoti dažādi meteoroloģiskie apstākļi. Zalvē 2017. gada vasara un rudens bija sēņu augšanai ļoti piemērota ar lielu nokrišņu daudzumu (gada nokrišņu daudzums 874 mm), turpretim 2018. gadā nokrišņu bija ļoti maz (gada nokrišņu daudzums līdz 03.12.2018. – 447 mm). Ugāles pagasta testa teritorijai netālaļā Kuldīgas meteoroloģiskajā stacijā 2017. gadā konstatēti 635 mm nokrišņu un 2018. gadā 509 mm nokrišņu (LVGMC). Ugāles testa teritorijā nokrišņu daudzuma atšķirība starp gadiem nav tik ievērojama kā Zalvītes testa teritorijā, taču mitruma režīms ir bijis ļoti mainīgs abās testa teritorijās, ievērojami ietekmējot sēņu ražu starp uzskaites gadiem.

3.4.2. Rezultāti

2017. gadā apjomīgākā gailēņu raža konstatēta mētrāja parauglaukumos, kā arī vienā no lāna parauglaukumiem (Tabula 70). Baraviku lielākā raža konstatēta vienā no damakšņa parauglaukumiem. Kopumā gailenes un baravikas fiksētas tikai pāris parauglaukumos, savukārt bekas plaši pārstāvētas gandrīz visos parauglaukumos, izņemot vēra parauglaukumos un vienā damakšņa parauglaukumā. Lielas beku ražas bijušas gan mētru ārenī, gan šaurlapju ārenī, gan damaksnī, gan lānā, arī slapjajā mētrājā, turklāt slapjā mētrāja parauglaukumā konstatēta vislielākā beku raža. Mazākas beku ražas bijušas mētrājā un vērī. Bērزلapes ir bijusi plaši pārstāvēta suga gandrīz visos parauglaukumos. Lielākā bērزلapju raža konstatēta parauglaukumos lānā un vienā no parauglaukumiem šaurlapju ārenī. Arī *Lactarius* spp. sēnes plaši pārstāvētas gandrīz visos laukumos, lielākā to raža bijusi sausieņu parauglaukumos.

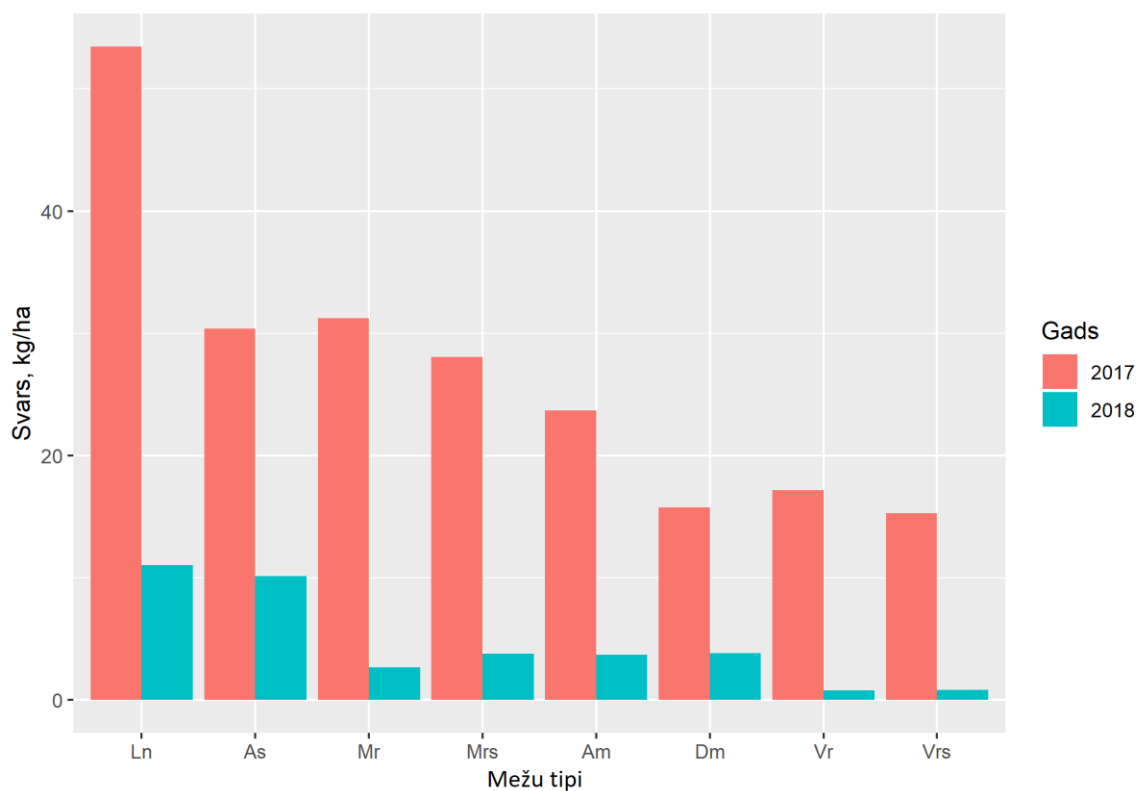
2018. gadā apjomīgāka sēņu raža konstatēta lāna, šaurlapju āreņa un slapjā mētrāja parauglaukumos. Gailenes konstatētas mētrāja, lāna, damakšņa, mētru āreņa un šaurlapju āreņa parauglaukumos ļoti nelielā daudzumā. Baravikas šajā uzskaites gadā netika konstatētas vispār. Bekas arī tika konstatētas nelielā daudzumā un daudzos parauglaukumos netika konstatētas vispār – arī vietās, kur pagājušā gadā tās tika konstatētas. Lielākā beku raža konstatēta slapjā mētrāja, lāna, šaurlapju āreņa un mētru āreņa parauglaukumos. Bērزلapes tika konstatētas gandrīz visos parauglaukumos. Lielākā bērزلapju raža uzskaites gadā bijusi lāna, šaurlapju āreņa un damakšņa parauglaukumos. *Lactarius* spp. arī tika konstatētas vairumā parauglaukumu – vislielākā raža konstatēta mētru āreņa, lāna, vēra parauglaukumos.

Tabula 70. Kopējais sēņu svars sezonā uz hektāru Zalvītes testa teritorijā 2017. gadā un 2018. gadā

Gads	AAT	MT	Kvartāls	Nogabals	Svars, kg					Kopējais svars, kg
					Gailenes	Baravikas	Bekas	Bērslapes	Lactarius	
2017	Āreņi	Am	12	27	0.0	0.0	17.3	2.4	9.6	29.2
2018	Āreņi	Am	12	27	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.9
2017	Āreņi	Am	32	1	0.0	0.0	2.5	9.9	2.7	15.0
2018	Āreņi	Am	32	1	0.0	0.0	0.2	0.6	4.8	5.5
2017	Āreņi	Am	53	5	1.1	0.0	7.4	7.5	10.9	26.9
2018	Āreņi	Am	53	5	0.1	0.0	1.1	2.3	1.3	4.7
2017	Āreņi	As	19	45	0.0	0.0	4.9	24.9	6.5	36.3
2018	Āreņi	As	19	45	0.0	0.0	0.5	11.3	1.1	12.9
2017	Āreņi	As	77	8	0.0	0.0	2.1	4.4	3.7	10.2
2018	Āreņi	As	77	8	0.0	0.0	1.3	0.8	0.7	2.8
2017	Āreņi	As	77	13	0.0	0.8	9.2	18.4	16.4	44.7
2018	Āreņi	As	77	13	0.1	0.0	0.0	14.4	0.3	14.8
2017	Sausieņi	Dm	68	37	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2018	Sausieņi	Dm	68	37	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2017	Sausieņi	Dm	69	31	0.6	8.3	5.3	4.9	2.7	21.7
2018	Sausieņi	Dm	69	31	0.3	0.0	0.0	5.9	0.9	7.0
2017	Sausieņi	Dm	69	32	0.0	0.2	14.0	6.5	5.1	25.6
2018	Sausieņi	Dm	69	32	0.1	0.0	0.8	3.5	0.1	4.5
2017	Sausieņi	Ln	20	5	0.0	0.0	12.0	36.2	10.9	59.1
2018	Sausieņi	Ln	20	5	0.0	0.0	1.0	20.4	1.1	22.4
2017	Sausieņi	Ln	323	10	0.0	0.0	5.2	20.6	8.7	34.4
2018	Sausieņi	Ln	323	10	0.0	0.0	0.0	3.8	2.5	6.3
2017	Sausieņi	Ln	323	20	3.1	0.4	8.7	9.9	45.0	67.0
2018	Sausieņi	Ln	323	20	0.5	0.0	1.4	1.6	1.1	4.5
2017	Sausieņi	Mr	32	8	2.4	0.0	2.4	19.1	5.2	29.1
2018	Sausieņi	Mr	32	8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2017	Sausieņi	Mr	32	10	2.4	0.0	3.7	5.4	14.5	26.0
2018	Sausieņi	Mr	32	10	0.2	0.0	0.0	4.1	1.0	5.3
2017	Sausieņi	Mr	32	11	10.9	0.0	4.5	5.1	18.4	38.8
2018	Sausieņi	Mr	32	11	0.7	0.0	0.3	0.2	1.5	2.7
2017	Sausieņi	Vr	307	22	0.0	0.0	0.0	4.1	7.6	11.6
2018	Sausieņi	Vr	307	22	0.0	0.0	0.2	0.3	1.9	2.3
2017	Sausieņi	Vr	307	36	0.0	0.5	0.0	18.5	19.1	38.0
2018	Sausieņi	Vr	307	36	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2017	Sausieņi	Vr	307	41	0.0	0.0	0.0	0.2	1.8	1.9
2018	Sausieņi	Vr	307	41	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2017	Slapjaini	Mrs	298	18	0.0	0.0	3.7	5.9	11.1	20.6
2018	Slapjaini	Mrs	298	18	0.0	0.0	0.1	1.1	0.1	1.3
2017	Slapjaini	Mrs	298	33	0.0	1.3	0.2	8.0	9.0	18.4

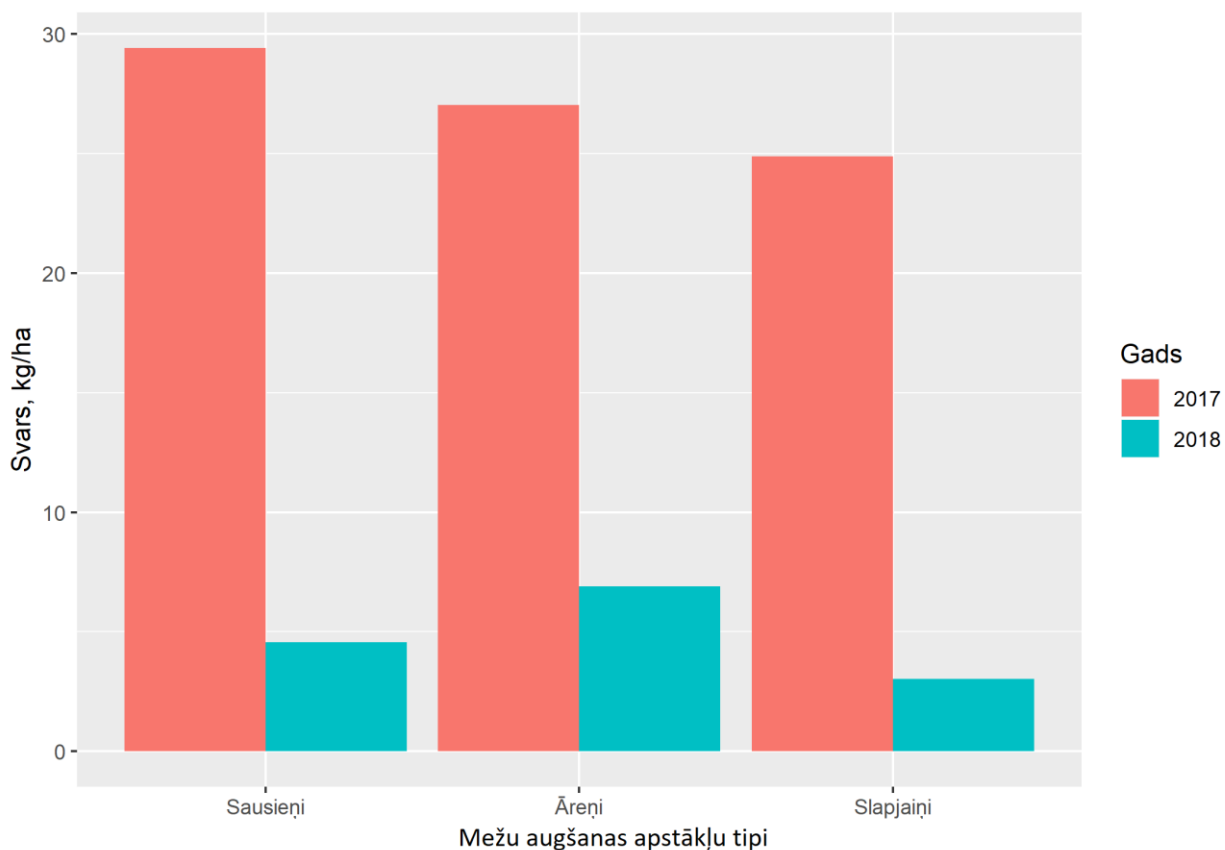
Gads	AAT	MT	Kvartāls	Nogabals	Svars, kg					Kopējais svars, kg
					Gailenes	Baravikas	Bekas	Bērslapes	Lactarius	
2018	Slapjaini	Mrs	298	33	0.0	0.0	2.0	5.2	0.5	7.7
2017	Slapjaini	Mrs	299	25	0.0	0.4	23.7	11.2	10.0	45.3
2018	Slapjaini	Mrs	299	25	0.0	0.0	0.0	1.4	1.0	2.4
2017	Slapjaini	Vrs	297	25	0.0	0.0	3.7	5.6	6.1	15.3
2018	Slapjaini	Vrs	297	25	0.0	0.0	0.0	0.6	0.3	0.9

Salīdzinot sēņu ražu pa mežu tipiem, lielākā sēņu raža Zalvītes testa teritorijā gan 2017. gadā, gan 2018. gadā bijusi parauglaukumos, kas ierīkoti lānā, savukārt mazākā sēņu raža 2017. gadā bijusi parauglaukumos damaksnī un slapajā vērī, bet 2018. gadā mazākā sēņu raža bijusi parauglaukumos vērī un slapajā vērī (Attēls 199). Salīdzinot ar 2017. gadu, 2018. gadā parauglaukumos ir krietni mazāka raža salīdzinoši mazā nokrišņu apjoma dēļ.



Attēls 199. Vidējā sēņu raža sezonā pa mežu tipiem Zalvītes testa teritorijā 2017. gadā un 2018. gadā

Pēc mežu augšanas apstākļu tipiem lielākā vidējā sēņu raža sezonā Zalvītes testa teritorijā 2017. gadā konstatēta sausienos, savukārt 2018. gadā – āreņos (Attēls 200). 2017. gadā, kad nokrišņu bija ievērojami vairāk, sausienos bija labi mitruma apstākļi sēņu attīstībai.



Attēls 200. Vidējā sēņu raža sezonā pa mežu augšanas apstākļu tipiem Zalvītes testa teritorijā 2017. gadā un 2018. gadā

2017. gadā testa teritorijā Ugāles pagasta testa teritorijā ar sēnēm bagātākie parauglaurkumi ir mētrājā, šaurlapju ārenī un damakšnī (Tabula 71). Apjomīgākā gailēņu raža konstatēta šaurlapju āreņa, mētru āreņa un damakšņa parauglaurkumos. Pārējos parauglaurkumos gailenes konstatētas ļoti nelielos daudzumos vai nav konstatētas vispār. Baravikas konstatētas pāris parauglaurkumos, lielāka raža bijusi šaurlapju āreņa un mētrāja parauglaurkumos. Bekas konstatētas lielā daļā parauglaurkumu, lielākā to raža bijusi mētrāju, šaurlapju āreņu un damakšņa parauglaurkumos. Bērslapes konstatētas lielā daļā parauglaurkumu, lielākā raža bijusi mētrāja, šaurlapju āreņa un slapjā mētrāja parauglaurkumos. *Lactarius spp.* sēnes plaši pārstāvētas lielā daļā parauglaurkumu. Lielākā raža bijusi damakšņa un slapjā mētrāja parauglaurkumos.

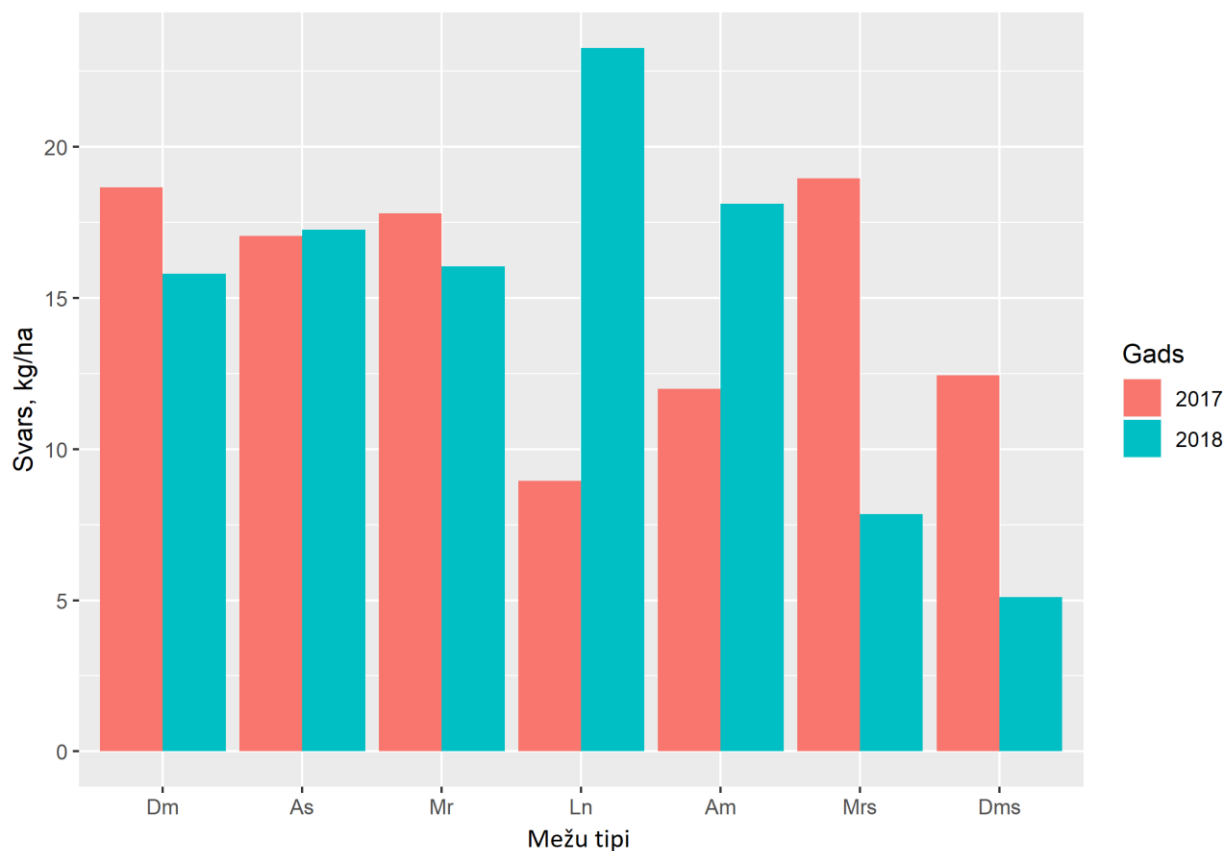
2018. gadā lielākā sēņu raža konstatēta lāna, mētrāja, mētru āreņa un damakšņa parauglaurkumos. Šajā uzskaites sezonā gailenes konstatētas nelielos daudzumos tikai daļā parauglaurkumu. Lielākā gailēņu raža bijusi damakšņa, šaurlapju āreņa un mētru āreņa parauglaurkumos. Baravikas konstatētas tikai 6 parauglaurkumos ar lielāko ražu mētrāja parauglaurkumos. Bekas konstatētas aptuveni pusē parauglaurkumu un ievērojami mazākos daudzumos kā iepriekšējā uzskaites gadā. Vislielākā raža konstatēta mētrāja, šaurlapju āreņa un mētru āreņa parauglaurkumos. Bērslapju raža Ugāles testa teritorijā salīdzinoši ar Zalves testa teritoriju ir ievērojami lielāka. Vislielākā bērslapju raža konstatēta lāna, mētrāja, mētru āreņa un damakšņa parauglaurkumos. *Lactarius spp.* konstatētas ievērojami mazāk, nekā iepriekšējā sēņu uzskaites sezonā. Lielākā raža bija damakšņa, mētru āreņa un šaurlapju āreņa parauglaurkumos.

Tabula 71. Kopējais sēņu svars sezonā uz hektāru testa teritorijā Ugāles pagastā 2017. gadā un 2018 gadā

Gads	AAT	MT	Kvartāls	Nogabals	Svars, kg					Kopējais svars, kg
					Gailenes	Baravikas	Bekas	Bērslapes	Lactarius	
2017	Āreņi	Am	276	6	2.8	0.0	9.4	9.9	2.2	24.2
2018	Āreņi	Am	276	6	2.2	0.0	4.1	35.6	0.5	42.3
2017	Āreņi	Am	277	10	0.0	0.0	3.5	0.7	0.5	4.6
2018	Āreņi	Am	277	10	0.0	3.2	0.0	1.5	0.0	4.7
2017	Āreņi	Am	279	14	0.0	0.0	1.7	0.0	5.6	7.3
2018	Āreņi	Am	279	14	0.0	0.0	0.0	4.5	2.8	7.3
2017	Āreņi	As	275	13	0.0	2.1	13.7	14.1	5.3	35.2
2018	Āreņi	As	275	13	0.0	0.6	4.8	18.7	2.5	26.5
2017	Āreņi	As	276	11	0.0	0.0	1.2	1.4	0.6	3.1
2018	Āreņi	As	276	11	0.0	0.0	1.0	20.3	1.6	22.8
2017	Āreņi	As	277	18	3.0	0.0	0.0	15.8	0.0	18.8
2018	Āreņi	As	277	18	2.7	0.0	0.0	17.0	0.0	19.7
2017	Āreņi	As	304	20	0.0	1.5	0.0	3.0	6.7	11.2
2018	Āreņi	As	304	20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2017	Sausieņi	Dm	138	6	2.6	0.0	2.3	13.1	0.0	17.9
2018	Sausieņi	Dm	138	6	1.2	0.0	0.6	32.1	0.0	33.9
2017	Sausieņi	Dm	139	21	0.1	0.0	13.0	5.0	8.4	26.4
2018	Sausieņi	Dm	139	21	3.0	0.4	0.4	13.5	0.6	17.9
2017	Sausieņi	Dm	275	10	0.0	0.0	0.0	3.6	0.3	3.9
2018	Sausieņi	Dm	275	10	0.0	0.0	0.0	5.4	0.0	5.4
2017	Sausieņi	Dm	303	12	0.0	0.0	0.4	0.0	26.2	26.6
2018	Sausieņi	Dm	303	12	0.0	0.0	0.8	0.4	4.8	6.0
2017	Sausieņi	Ln	137	24	0.0	0.0	5.6	9.4	4.2	19.1
2018	Sausieņi	Ln	137	24	0.0	0.0	1.8	50.5	1.5	53.8
2017	Sausieņi	Ln	310	16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2018	Sausieņi	Ln	310	16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2017	Sausieņi	Ln	310	17	0.0	0.0	0.8	6.4	0.7	7.8
2018	Sausieņi	Ln	310	17	0.0	0.0	0.0	16.1	0.0	16.1
2017	Sausieņi	Mr	119	15	0.0	0.0	10.7	12.0	0.0	22.6
2018	Sausieņi	Mr	119	15	0.2	0.0	1.3	13.0	0.0	14.5
2017	Sausieņi	Mr	119	28	0.2	1.6	7.8	1.8	0.0	11.3
2018	Sausieņi	Mr	119	28	0.5	6.9	1.4	1.5	0.6	10.9
2017	Sausieņi	Mr	137	21	0.1	0.0	0.0	0.0	0.9	0.9
2018	Sausieņi	Mr	137	21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2017	Sausieņi	Mr	137	22	0.1	1.8	15.9	20.4	0.6	38.6
2018	Sausieņi	Mr	137	22	0.4	0.0	8.3	36.8	0.7	46.2
2017	Sausieņi	Mr	137	32	0.2	0.5	11.9	1.6	1.7	15.7
2018	Sausieņi	Mr	137	32	0.0	6.7	0.6	0.8	0.6	8.7
2017	Slapjaini	Dms	310	4	0.2	0.0	0.7	3.3	6.3	10.4

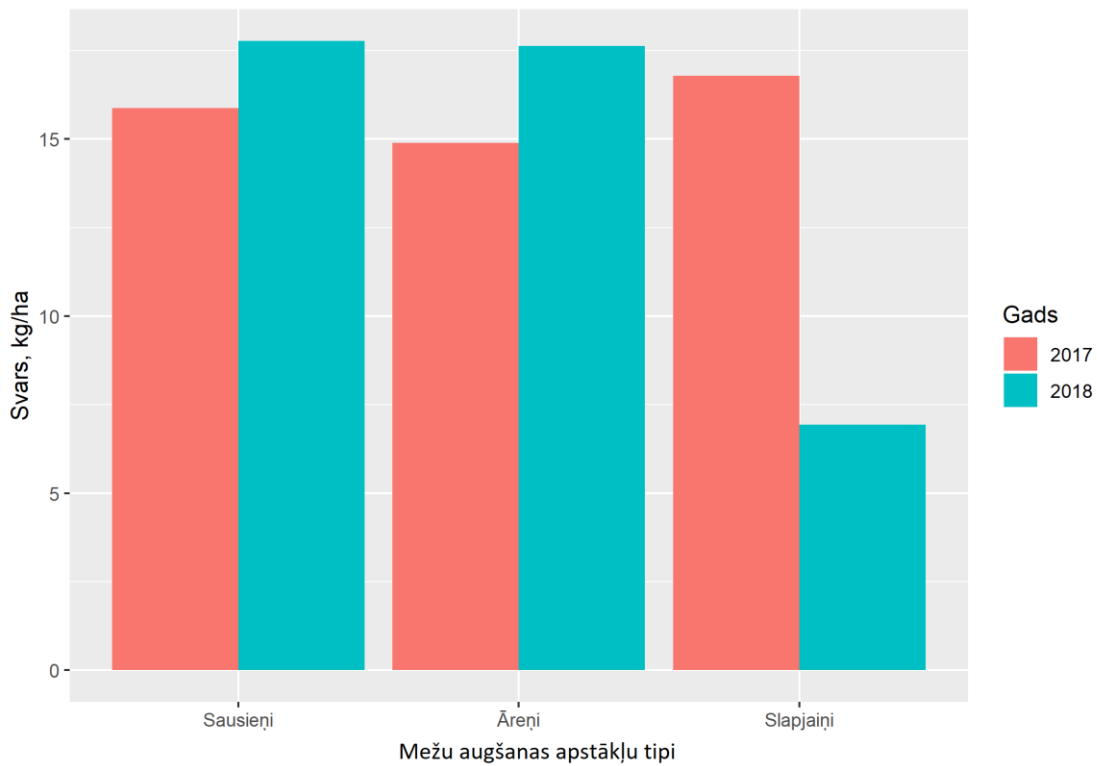
Gads	AAT	MT	Kvartāls	Nogabals	Svars, kg					Kopējais svars, kg
					Gailenes	Baravikas	Bekas	Bērslapes	Lactarius	
2018	Slapjaiņi	Dms	310	4	0.0	0.0	0.6	0.7	0.0	1.2
2017	Slapjaiņi	Dms	310	11	0.0	0.0	0.0	9.1	5.4	14.5
2018	Slapjaiņi	Dms	310	11	0.0	0.0	0.0	9.0	0.0	9.0
2017	Slapjaiņi	Mrs	264	17	0.0	0.0	0.0	7.1	16.3	23.4
2018	Slapjaiņi	Mrs	264	17	0.0	0.0	0.0	14.5	1.2	15.7
2017	Slapjaiņi	Mrs	287	2	0.0	0.0	0.0	2.7	10.5	13.2
2018	Slapjaiņi	Mrs	287	2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2017	Slapjaiņi	Mrs	310	21	0.0	0.0	1.2	14.7	9.2	25.1
2018	Slapjaiņi	Mrs	310	21	0.0	0.0	0.0	7.9	0.0	7.9
2017	Slapjaiņi	Mrs	310	29	0.0	0.0	2.2	8.4	3.7	14.3
2018	Slapjaiņi	Mrs	310	29	0.0	0.0	0.8	6.9	0.0	7.8

Salīdzinot sēņu ražu pa mežu tipiem Ugāles pagasta testa teritorijā, 2017. gadā lielākā raža konstatēta parauglaukumos, kas ierīkoti slapjajā mētrājā, damaksnī un mētrājā, savukārt 2018. gadā ievērojami lielāka raža bijusi parauglaukumos lānā (Attēls 201).



Attēls 201. Vidējā sēņu raža sezonā pa mežu tipiem testa teritorijā Ugāles pagastā 2017. gadā un 2018. gadā

Salīdzinot sēņu ražu pa mežu augšanas apstākļu tiem, lielākā raža 2017. gadā konstatēta slapjainu meža tipos, savukārt 2018. gadā – sausieņu, arī āreņu mežu augšanas apstākļu tipos (Attēls 202). Slapjainos, kur 2017. gadā sēņu raža bijusi vislielākā, 2018. gadā konstatēta vismazākā sēņu raža.



Attēls 202. Vidējā sēņu raža sezonā pa mežu augšanas apstākļu tiem testa teritorijā Ugāles pagastā 2017. gadā un 2018. gadā

Secinājumi

1. Zalvītes testa teritorijā 2017. gadā kopējie sēņu ražas apjomi bija ievērojami lielāki, salīdzinot ar Ugāles testa teritoriju. Savukārt 2018. gadā Ugāles testa teritorijā sēņu ražas apjoms sausieņos un āreņos ir lielāks, salīdzinot ar 2017. gadu, tomēr slapjainos sēņu ražas apjomi ir ievērojami samazinājušies.
2. Kopumā Zalvītes testa teritorijas vidējie sēņu ražas apjomi ir lielāki parauglaukumos lānā, šaurlapju ārenī un mētrājā. Ugālē lielākie ražas apjomi ir parauglaukumos damaksnī, šaurlapju ārenī un mētrājā, tomēr jāpiemin arī 2018. gada ražas apjomi lānā un mētru ārenī, kas ir ievērojami lielāki, salīdzinot ar iepriekšējo gadu. Ir vērojama tendence saistībā ar lielākajiem sēņu ražas apjomiem – abās testa teritorijās lielas ražas ir šaurlapju ārenī un mētrājā.
3. Salīdzinot abu teritoriju sēņu ražas pa mežu augšanas apstākļu tiem pēc 2 uzskaitēm nav vērojama kopīga tendence, ko var skaidrot ar atšķirīgajiem nokrišņu apjomiem gan teritorijās, gan pa gadiem.
4. 2017. gada ievērojami lielākās sēņu ražas Zalvītes testa teritorijā daļēji var skaidrot ar ierobežoto piekļuvi sezonas laikā, kad sēņu vietām bija liegta piebraukšana, jo notika meža ceļu izbūve un renovācija. Iespējams, ka cilvēki izvēlējās citas vietas, kur doties sēņot un parauglaukumos esošās sēnes netika nolasītas starp uzskaites reizēm.

Sēņu ražas apjoma tendenču dažādos meža augšanas apstākļu tipos un dažādos meža tipos novērtēšanai jāturpina uzskaites, lai izvērtētu, kādā mērā iepriekšējo uzskaites rezultātus ietekmējuši laikapstākļi.

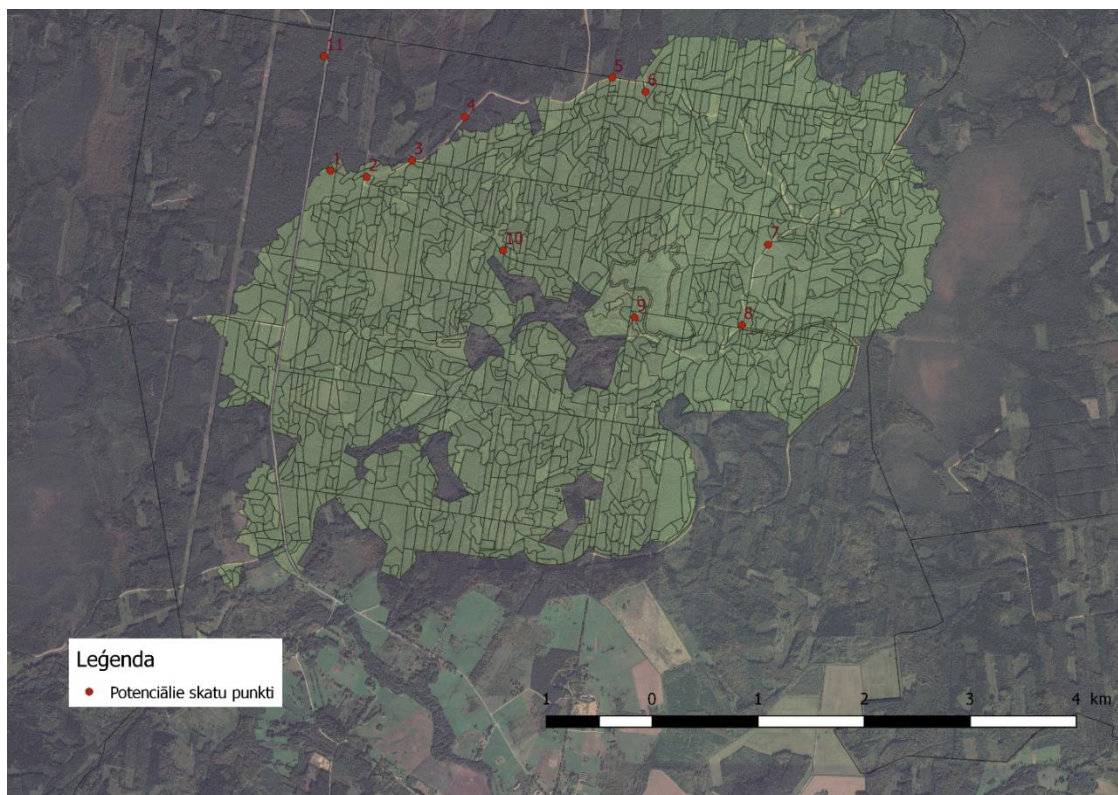
4. Mežsaimniecības un meža estētisko un rekreācijas pakalpojumu mijiedarbība (kultūras EP)

Šīs aktivitātes ietvaros pētījumi 2018. gadā veikti divos virzienos: 1) sabiedrības attieksmes noskaidrošana pret dažādiem rekreācijas veidiem; 2) demonstrācijas objekta izveide mežsaimniecības ietekmes uz ainavas vizuālo kvalitāti novērtēšanai.

Nodaļu sagatavoja J.Donis, Z. Lībiete.

4.1. Demonstrācijas objekts Zalvītes modeļteritorijā

Apakšnodaļa attiecas uz 4.1. darba uzdevumu. 2018. gada pētījuma periodā sagatavots apraksts demonstrācijas objektam Zalvītes modeļteritorijā, kurā 2017.gadā tika atlasīti 11 potenciālie skatu punkti, kas būtu izmantojami uzņēmuma darbinieku semināriem un apmācībām saistībā ar meža ainavas plānošanu (Attēls 189). Skatu punkti ietver dažādas meža ainavas/skatus. Aprakstā iekļauti skatu punktiem blakus esošo mežaudžu taksācijas dati, redzamās meža ainavas vārdiskais raksturojums (Tabula 72) ar iepriekšējā gadā piešķirto vizuālās kvalitātes vērtējumu un skatu punktu fotofiksācijas ziemā un vasarā (pievienotas 5.pielikumā).



Attēls 203. Potenciālo skatu punktu atrašanās vietas

Turpmākajos pētījuma etapos plānota skatu punktiem piegušo nogabalu rekreācijas vērtības analīze atbilstoši J.Doņa (2012) izstrādātajai metodikai.

Tabula 72. Skatu punktiem blakus esošo nogabalu taksācijas rādītāji un apraksts

SP Nr.	Kv.	Nog.	Platība	Z.kat	MT	Bonitāte	Suga	Vecums	D, cm	H, m	G, m ²	V, m ³ ha ⁻¹	Apraksts	Provizorisks vizuālais kvalitātes vērtējums
1	32	2	10	10	Ln	1	P	86	27	26	28	330	Renovēts meža ceļš. Kreisajā pusē vidēja vecuma priežu audze ar attīrītu ceļa joslu. Lielākā daļa ciršanas atlieku izvāktas, bet saimnieciskās darbības pēdas joprojām labi saskatāmas. Nedaudz tālāk redzama priežu jaunaudze. Vēl tālāk ceļa malā kaudzē ciršanas atliekas. Kreisajā pusē vidēja vecuma priežu audze, kur pirms >10 gadiem veikta kopšana. Zemsedzē sūnas, sīkrūmi.	6,2
2	32	9	0.4	10	Mr	2	P	82	25	24	29	319	Renovēts meža ceļš. Apkārt redzamas izteiktas saimnieciskās darbības pēdas: izcirtumi, divas ciršanas atlieku kaudzes. Ainava fragmentēta, mozaīkveida. Ir ceļa grāvji. Dažāda vecuma mežaudzes. Nelielā platībā jaunaudze ar stādītu priedi un dabiski atjaunojošus bērzu.	6,0
2	32	11	1.9	10	Mr	1	P	25	15	10	18	103		
2	33	5	3.3	10	Mr	2	P	84	26	25	28	319		
2	33	7	1.2	10	Mr	3	P	11	2	2		8		
3	12	26	1	10	Mr	3	P	7	1.3	1.3		4	Renovēts meža ceļš. Priežu jaunaudzes ar ekoloģiskajiem kokiem, kas izvietoti grupās (priedes, egles). Nogabalu malas izteikti neregulāras. Apkārt vidēja un briestaudžu vecuma priežu audzes. Redzama ciršanas atlieku kaudze. Priežu jaunaudzes ar bērza piemistojumu.	8,0
3	33	3	0.5	10	Mr	1	P	60	21	22	18	185		
							E	60	22	21	5	53		
3	33	4	1.6	10	Mr	3	P	7	1.3	1.3		4		
4	13	18	2	10	Mr	1	P	59	26	21	16	158	Renovēts meža ceļš. Labajā pusē ~30 gadus veca priežu jaunaudze, Ln, samērā liela biežība, zemsedzē sūnas. Kreisajā pusē vidēja vecuma priežu audze, pamežā bērziņi, eglītes, zemsedzē sūnas, ķērpji (kladīnas), sīkrūmi. Uz priekšu labajā pusē vēl viena priežu jaunaudze.	5,8
							E	59	28	24	3	34		
4	13	23	3	10	Mr	2	P	35	16	13	20	139		
4	13	26	3.4	10	Mr	2	P	59	21	20	22	209		
4	13	27	0.5	10	Mr	0	P	27	12	13	20	139	Renovēts meža ceļš. Kreisajā pusē bieža priežu jaunaudze. Mazliet uz priekšu veca priežu audze ar atsveķošanas pēdām uz stumbriem. Tālāk uz priekšu atkal jaunaudze. Labajā pusē priežu jaunaudzes, tālāk ar ekoloģiskajiem kokiem un to grupām, zemsedzē virši, graudzāles, sūnas.	8,5
5	15	7	1	10	Mr	3	P	23	13	10	18	103		
5	16	1	0.8	10	Mr	3	P	8	2	2		9		
5	317	28	3.3	10	Ln	2	P	16	3	3		16		
5	318	13	4.7	10	Ln	2	P	161	35	27	20	243		8,5
6	16	4	1.6	10	Mr	3	P	19	8	6		24		

SP Nr.	Kv.	Nog.	Platība	Z.kat	MT	Bonitāte	Suga	Vecums	D, cm	H, m	G, m²	V, m³ ha⁻¹	Apraksts	Provizorisks vizuālais kvalitātes vērtējums
6	16	5	0.9	10	Mr	2	P	97	27	25	27	308	Nerenovēts meža ceļš. Iepriekš krustojums ar nesen renovētu meža ceļu, Kreisajā pusē vidēji skraja priežu briestaudze, tālāk jaunāka audze, kurā vairāk II stāva koku (egles). Zemsedzē kladīnas, sīkrūmi. Labajā pusē bieža priežu jaunaudze, zemsedzē sīkrūmi, graudzāles.	
7	40	8	5.9	10	Nd	3	B	52	15	16	14	105	Renovēta meža ceļa krustojums ar nesen renovētu grāvi. Krustojumā medību tornītis. Grāvja trase aizzēlusi ar lakstaugiem. Abās pusēs ceļam uz priekšu jaunaudžu vecuma un vidēja vecuma bērzu audzes, pamežā krūklī. Atpakaļ abās pusēs ceļam ļoti biezas egļu jaunaudzes, redzami izgāzti koki, spēcīgs aizzēlums ar lakstaugiem gar grāvja malām.	5,0
							E	62	19	16	11	96		
7	40	9	1	10	Nd	2	E	62	21	20	20	204		
							B	47	21	20	9	82		
7	40	15	5.9	10	Db	3	E	72	20	19	14	138		
							B	62	20	19	9	78		
8	39	40	0.8	10	Dm	1	P	89	30	29	26	355	Renovētu meža ceļu krustojums, grāvjos graudzāles un lupīnas. Uz stūra vidēja vecuma priežu audze, ar egli otrajā stāvā, pāri ceļam bieža egļu jaunaudze ar bērza piemistrojumu, tālāk nedaudz vecāka egļu audze. Pa labi neliels izcirtums, stādīta priede, bet aizzēlis ar bērzu. Aiz izcirtuma priežu briestaudze ar egles un bērza piemistrojumu.	6,3
8	40	30	1.2	10	Dm	1	P	92	31	30	25	332		
							B	92	31	28	3	37		
8	68	9	0.6	10	Dm	1	P	6	1.2	0.6		4		
8	68	10	1	10	Dms	0	E	40	23	22	34	366		
8	68	11	1.2	10	Db	1	M	21	13	13	11	73		
							B	21	12	11	7	39		
8	69	1	0.4	10	As	2	E	15	10	8		45		
							B	15	9	9		5		
9	38	33	1.4	32									Renovēts meža ceļš, kas tālāk šķērso Zalvītes strautu. Aizaugušas pļavas un lauces ar cilvēku uzturēšanās pēdām (mežam neraksturīgas koku un krūmu sugas – spirejas, valrieksts, ābeles), otrā pusē aizaugušas pļavas (kārkli, blīgzņas, arī lupīnas), tālāk vidēja/briestaudzes vecuma jaukts lapu koku mežs.	7,3
9	67	1	2	31										
9	67	51	0.25	75										
10	35	36	0.9	10	Dm	0	E	46	24	24	24	273	Renovēts meža ceļš. Kreisajā pusē vidēja vecuma egļu audze ar nelielu mikroreljefu, zemsedzē sūnas, lakstaugi. Tālāk redzama melnalkšņu/bērzu audze, pamežā lazdas, pīlādži, krūklī. Labajā pusē jaunaudze, ļoti	7,1
10	35	37	0.4	10	Dm	1	P	107	32	30	23	305		
							E	107	33	29	4	54		
							B	107	42	29	3	39		

SP Nr.	Kv.	Nog.	Platība	Z.kat	MT	Bonitāte	Suga	Vecums	D, cm	H, m	G, m ²	V, m ³ ha ⁻¹	Apraksts	Provizorisks vizuālais kvalitātes vērtējums
2.stāvs:							3	87	17	15	7	58	aizzēlusi ar bērzu, dažas egles, ekoloģiskie koki (apses, melnalkšņi, daļa miruši). Blakus izcirtumam egļu/priežu briestaudze, gar ceļa malu redzamas ciršanas atliekas.	
11	10	4	2	10	Mr	1	P	68	23	23	25	265	Labiekārtota tpūtas vieta autoceļa malā, vidēja vecuma skraja priežu audze, otrajā stāvā egles, zemsedzē sūnas un sīkkrūmi. Redzami vairāki meža ceļi ar dabisku klātni. Ierīkota lapene.	9,2
11	10	9	3.3	10	Mr	2	P	97	29	26	24	283		
11	10	10	2.4	10	Mr	2	P	84	25	23	23	244		

4.2. Rekreatīcijas preferences dažādos gadalaikos

4.2.1. Materiāls un metodika

Apakšnodaļa attiecas uz 4.2. darba uzdevumu. Aptaujas veica pētījumu centrs SKDS 2017.g. jūnijā, septembrī un decembrī un 2018.g. martā. Katrā no posmiem aptaujāti vairāk nekā 1000 respondenti. Aptaujāti Latvijas pastāvīgie iedzīvotāji vecumā no 15 līdz 74 gadiem.

ĢENERĀLAIS KOPUMS Latvijas pastāvīgie iedzīvotāji vecumā no 15 līdz 74 gadiem

PLĀNOTĀS IZLASES APJOMS 1036 respondenti (ģenerālajam kopumam reprezentatīva izlase)

SASNIEGTĀS IZLASES APJOMS 1043 respondenti (jūnijā); 1043 respondenti (septembrī); 1040 respondenti decembrī un 1041 respondents martā.

IZLASES METODE Stratificētā nejaušā izlase

STRATIFIKĀCIJAS PAZĪMES Administratīvi teritoriālā

APTAUJAS VEIKŠANAS METODE Tiešās intervijas respondentu dzīvesvietās

ĢEOGRĀFISKAIS PĀRKLĀJUMS Visi Latvijas reģioni (129 izlases punkti) jūnijā; 123 izlases punkti –septembrī un 123 izlases punkti decembrī, 123 izlases punkti martā.

APTAUJAS VEIKŠANAS LAIKS No 09.06.2017. līdz 20.06.2017.; No 08.09.2017. līdz 19.09.2017. No 01.12.2017. līdz 14.12.2017. un no 10.03.2018. līdz 20.03.2018.

Galvenie jautājumu bloki:

Cik bieži apmeklē mežu darba dienās, nedēļas nogalēs un atvaļinājuma/ brīvlaika laikā?

Cik ilgi uzturas mežā?

Cik tālu no pastāvīgās dzīves vietas dodas uz mežu?

Kā nokļūst līdz mežam?

Kā pavada brīvo laiku mežā (ko dara)?

Kādā sabiedrībā atpūšas mežā?

Vai apmeklē meža teritorijas, kur par rekreāciju jāmaksā?

Cik daudz tiek maksāts par apmeklējumu?

Kādas ir vēlamā meža ainava atpūtai?

Kāds ir vēlamais labiekārtojuma līmenis?

Vai piekrist, ka tiek maksāta kompensācija meža īpašniekiem?

4.2.2. Rezultāti

Atpūtas biežums un ilgums mežā

Darba dienās mežu ziemā kaut vienu reizi ir apmeklējuši 35% respondentu, pavasarī 40% respondentu, vasarā 53% respondentu, bet rudenī 43% respondentu. Pieņemot, ka 3-5 dienas nedēļā atbilst vidēji 48 reizēm ceturksnī, 1-2 reizes nedēļā 18 reizēm ceturksnī utt., vidēji viens Latvijas iedzīvotājs mežu darba dienās ziemā apmeklē 5.5 reizes, pavasarī apmeklē 7.2 reizes, vasarā 8.8 reizes un rudenī 7.7 reizes.

Nedēļas nogalēs mežu ziemā kaut vienu reizi ir apmeklējuši 48% respondentu, pavasarī – 55%, vasarā 69% respondentu, bet rudenī 60% respondentu. Visbiežāk mežu nedēļas nogalēs apmeklē vai nu katru nedēļas nogali vai 1-2 reizes mēnesī. Pieņemot, ka 1-2 dienas nedēļā atbilst vidēji 18 reizēm ceturksnī, 3-5 reizes

mēnesī 12 reizes ceturksnī utt., vidēji viens Latvijas iedzīvotājs mežu nedēļas nogalēs ziemā apmeklē 4.6 reizes, pavasarī 5.5 reizei, vasarā 7.3 reizi un rudenī, identiski kā pavasarī, 5.5 reizi.

3 mēnešus pirms aptaujas atvaļinājums/ mācību brīvlaiks ziemā ir bijis 14%, pavasarī 22%, vasarā 39% un rudenī 19% respondentu (vidēji 24% respondentu). No respondentiem, kuriem attiecīgajā ceturksnī ir bijis atvaļinājums vai brīvlaiks, kaut vienu dienu ziemā mežā ir bijuši 48% respondentu, pavasarī mežā ir bijuši 73% respondentu, vasarā 70% respondentu un rudenī 57% respondentu. Vidēji ziemā atvaļinājuma/ brīvlaika laikā mežā respondenti atpūtušies 1.5 dienas, pavasarī 2.8 dienas, vasarā 4.3 dienas, bet rudenī 2.7 dienas.

Ziemā darba dienās vidēji vienā apmeklējuma reizē iedzīvotāji mežā uzturas 1 stundu līdz pusotru stundu (1 h 20 minūtes), pavasarī - 1h 40m, vasarā nedaudz ilgāk nekā 2 stundas (2 h 10 minūtes), bet rudenī nedaudz mazāk par 2 stundām (1h 50 minūtes).

Ziemā viens meža apmeklējums nedēļas nogalēs vidēji ilgst 1h 30min, pavasarī un rudenī – pusotru stundu – līdz 2 stundas (2 h 00 min), bet vasarā vidēji 2-4 stundas (2h 15min).

Ziemā atvaļinājuma laikā vidēji vienā apmeklējuma reizē mežā respondenti uzturējušies pusotru stundu līdz 2 stundas (1 h 45 minūtes), pavasarī pusotru stundu līdz 2 stundas (2 h 00 minūtes), vasarā un rudenī nedaudz ilgāk nekā 2 stundas attiecīgi 2 h 30 minūtes un 2h 10 minūtes.

Attālums līdz atpūtas vietai mežā un nokļūšanas veids

Ziemā darba dienās līdz atpūtas vietai mežā respondenti dodas vidēji 5.4 km, pavasarī 9.2 km, vasarā 11.2 km, bet rudenī 9.2 km no pastāvīgās dzīves vietas. 25% no atpūtniekiem darba dienās dodas uz mežu, kas atrodas ne tālāk kā 500 m no to pastāvīgās dzīves vietas, puse ne tālāk par 2km, bet 80% ne tālāk par 10 km.

Ziemā nedēļas nogalēs iedzīvotāji līdz atpūtas vietai mežā dodas vidēji 8.6 km, pavasarī un vasarā 17.3 km, bet rudenī 13.9 km no pastāvīgās dzīves vietas. Trešdaļa no atpūtniekiem nedēļas nogalēs dodas uz mežu, kas atrodas ne tālāk kā 1 km no to pastāvīgās dzīves vietas, puse ne tālāk par 5 km, bet 80% ne tālāk par 20 km.

Ziemā atvaļinājuma vai brīvlaika laikā iedzīvotāji, lai atpūstos mežā, vidēji mēro 11.7 km, pavasarī 20.4 km, vasarā 23.5 km, bet rudenī 20.9 km no pastāvīgās dzīves vietas. Trešdaļa no atpūtniekiem atvaļinājuma/brīvlaika laikā dodas uz mežu, kas atrodas ne tālāk kā 2 km no to pastāvīgās dzīves vietas, puse ne tālāk par 5 km, bet 80% ne tālāk par 50 km.

No visiem respondentiem, kas darba dienās apmeklējuši mežu, ziemā, pavasarī un rudenī tur visbiežāk nokļūst kājām – attiecīgi 67%, 50% un 47%, bet vasarā visbiežāk ar automašīnu - 43%. Ziemā, pavasarī un rudenī automašīna ir otrs galvenais pārvietošanās veids, lai nokļūtu mežā - attiecīgi 26%, 33% un 37%.

No visiem respondentiem, kas apmeklējuši mežu nedēļas nogalēs gan pavasarī, gan vasarā, gan rudenī lielākā daļa līdz atpūtas vietai mežā visbiežāk nokļūst ar automašīnu – attiecīgi 44%, 48% un 48%. Savukārt ziemā – ar kājām (59 %). Visos trijos gadalaikos otrs galvenais veids, kā nokļūt līdz mežam, ir kājām - 33-36% gadījumu.

No visiem respondentiem, kas apmeklējuši mežu atvaļinājuma laikā, lielākā daļa gan ziemā, gan pavasarī, gan vasarā, gan rudenī līdz galamērķim visbiežāk nokļūst ar automašīnu – attiecīgi 41%, 43%, 53% un 51%. Visos trijos gadalaikos otrs galvenais veids, kā nokļūt līdz mežam, ir kājām (27-53% gadījumu).

Atpūtas aktivitātes mežā

Darba dienās kā biežākā aktivitāte, atpūšoties mežā gan ziemā, gan pavasarī, gan rudenī, minētas pastaigas (27%, 30% un 26% respondentu). Vasarā kā biežākā aktivitāte ir minēta sēņošana – 39% respondentu. Otra biežāk minētā aktivitāte vasarā ir pastaiga, bet trešā populārākā aktivitāte – ogošana. Ogošana arī rudenī ir trešā biežāk minētā aktivitāte - 15%. Ceturtajā vietā ir pastaiga ar suni – 9%, bet piektā biežāk minētā aktivitāte ir dabas vērošana un fotografēšana - 8.5%. Pavasarī relatīvi daudzi respondenti (6.5%) piemin arī braukšanu ar velosipēdu. Apkopojot visas “dabas resursus iegūstošās” atpūtas aktivitātes, ar vismaz vienu no tām ir nodarbojušies vasarā 42% respondentu, bet rudenī 28% respondentu.

Nedēļas nogalēs kā biežākā aktivitāte, atpūšoties mežā gan pavasarī, gan rudenī un ziemā minētas pastaigas (43%, 38% un 43% respondentu), taču vasarā kā biežākā aktivitāte ir minēta sēņošana – 54% respondentu. Kā otra biežāk minētā aktivitāte pavasarī ir dabas vērošana un pastaiga ar suni - 13% un 11%, rudenī sēņošana (29%), bet ziemā, pastaiga ar suni – 12%. Gan vasarā, gan rudenī trešā populārākā aktivitāte ir ogošana – 33% un 18%. Pavasarī diezgan liels respondentu skaits (7.7%) min arī braukšanu ar velosipēdu. Apkopojot visas “dabas resursus iegūstošās” atpūtas aktivitātes, ar vismaz vienu no tām vasarā ir nodarbojušies 54% respondentu, bet rudenī - 37% respondentu, savukārt ziemā - tikai 7%.

Atvaļinājuma laikā kā biežākā aktivitāte, atpūšoties mežā gan ziemā, gan pavasarī, gan vasarā, un rudenī, ir minētas pastaigas (6%, 11%, 17%, un 7% respondentu). Vasarā otra populārākā aktivitāte ir sēņošana – 15% respondentu. Trešā biežāk minētā aktivitāte vasarā un rudenī ir ogošana - 12% un 3% respondentu. Pavasarī otra biežākā atpūtas aktivitāte ir dabas vērošana - 5%. Apkopojot visas “dabas resursus iegūstošās” atpūtas aktivitātes, vasarā ar vismaz vienu no tām ir nodarbojušies 18% respondentu, bet ziemā nepilns 1% respondentu.

Sabiedrība atpūtai mežā

Visos gadalaikos visbiežāk respondenti, kas darba dienās atpūtušies mežā, to darījuši kopā ar citiem ģimenes locekļiem 46-53% gadījumu. Otra biežākā alternatīva ir atpūsties vienatnē.

Visās gadalaiku sezonās visbiežāk respondenti, kas nedēļas nogalēs atpūtušies mežā, to darījuši kopā ar citiem ģimenes locekļiem (54-57% gadījumu). Otra biežākā alternatīva ir ar draugiem vai kolēģiem.

Gan ziemā, gan pavasarī, gan vasarā, gan rudenī visbiežāk respondenti, kas atvaļinājumā/brīvlaikā atpūtušies mežā, to darījuši kopā ar citiem ģimenes locekļiem (46-60% gadījumu). Otra biežākā alternatīva - kopā ar draugiem vai kolēģiem.

Apmeklējumi mežos, kur par apmeklēšanas iespējām jāmaksā

Respondentiem tika uzdots jautājums, vai pēdējo trīs mēnešu laikā viņi atpūtas nolūkos ir apmeklējuši meža teritorijas, kur, piemēram, par ieeju, par telts vietu, iebraukšanu ar auto vai tā novietošanu ir noteikta maksa (piem., dabas parki, privātpašnieku izveidotās atpūtas vietas mežā u.tml.)

Mežus, par kuru apmeklēšanu jāmaksā, ziemā ir apmeklējuši 3% respondentu, pavasarī – 7%, vasarā 9% respondentu un rudenī 4% respondentu.

Tika uzdots jautājums, cik lielu naudas summu konkrētā māsaimniecība pēdējo triju mēnešu laikā ir samaksājusi par rekreācijas iespējām tādās teritorijās, kur par to izmantošanu ir noteikta samaksa.

No tiem respondentiem, kas ir apmeklējuši maksas teritorijas mežā, par šiem apmeklējumiem ziemā vidēji ir maksājuši 8.7 eiro, pavasarī 11.7 eiro, vasarā 14.4 eiro, bet rudenī 10.6 eiro.

Atpūtai piemērotākās meža ainavas un vēlamo labiekārtojuma līmenis

Lai noskaidrotu, kāda iedzīvotāju ieskatā ir viņu atpūtai piemērotākā meža struktūra, tika uzdots jautājums, kurā lūgts sarunāt pēc piemērotības sekojošas meža ainavas: mežs, kuru veido skrajas (caurredzamas) audzes, mežs, kuru veido biezas (necurredzamas) audzes. Mežs, kurā mijas skrajas audzes ar biežām audzēm, mežs, kurā mežaudzes mijas ar izcirtumiem.

Izvērtējot vietas piemērotību respondentu atpūtas vēlmēm, kā vispiemērotākais visās sezonās novērtēts mežs, kuru veido skrajas (caurredzamas) audzes. Savukārt par visnepiemērotāko atpūtai tiek uzskatīts mežs, kuru veido biezas (necurredzamas) audzes. Savukārt mežs, kurā mijas skrajas audzes ar biežām audzēm tiek uzskatīts par tikpat piemērotu kā tāds mežs, kurā mežaudzes mijas ar izcirtumiem, saņemot relatīvi līdzīgu vērtējumu.

Līdzīgi, lai noskaidrotu, kāds meža infrastruktūras labiekārtojuma līmenis tiek uzskatīts par piemērotu rekreācijas vajadzībām, respondentiem tika lūgts atzīmēt rekreācijas infrastruktūras veidus, ko viņi gribētu redzēt mežā (pieļaujot vairākas atbildes).

Vidēji tikai 14 % iedzīvotāju uzskata, ka mežā rekreācijas vajadzībām nav nepieciešama papildu infrastruktūra, 55% respondentu uzskata, ka ir nepieciešams ierīkot dabas takas, izvietot atkritumu urnas (56%), labiekārtot atpūtas vietas (51%) vai piknika vietas (42%), 27% respondentu uzskata, ka nepieciešami veloceliņi. Jāatgādina, ka tikai 5-10% no respondentiem, atbildot uz jautājumu par atpūtas aktivitātēm mežā, ir teikuši, ka, atpūšoties mežā, izmanto velosipēdus. Šīs atbildes norāda uz to, ka cilvēki sagaida, ka mežā būs attīstīta atpūtas infrastruktūra.

Secinājumi

1. Mežu atpūtas nolūkā darba dienās atkarībā no sezonas apmeklē 35-53% respondentu. Visvairāk iedzīvotāju mežu apmeklē vasarā. Nedēļas nogalēs vasarā kaut vienu reizi mežā ir bijuši 69% respondentu, bet vidēji Latvijas iedzīvotājs mežu apmeklē 7 reizes sezonā.
2. Mežā gan darba dienās, gan nedēļas nogalēs iedzīvotāji vidēji uzturas 1.5 līdz 2 stundas.
3. Atpūsties uz mežu darba dienās iedzīvotāji dodas vidēji līdz 9km attālumā no pastāvīgās dzīves vietas, bet ~50% no atpūtniekiem dodas ne tālāk par 2km. Nedēļas nogalēs tālāk, 15 km attālumā no pastāvīgās dzīves vietas, bet 50% dodas ne tālāk par 5km. Atvaļinājuma/brīvlaika laikā iedzīvotāji atpūsties uz mežu vidēji dodas tālāk par 21 km, bet ~50% no atpūtniekiem ne tālāk par 5km.
4. Nedēļas nogalēs un atvaļinājuma laikā iedzīvotāji uz mežu visbiežāk dodas ar automašīnu - 40-50% gadījumu, savukārt darba dienās - kājām - 37-67%, tajā pašā laikā otrs populārākais pārvietošanās veids ir ar automašīnu – 26-43%.
5. Ziemā, pavasarī un rudenī galvenā atpūtas aktivitāte mežā ir pastaigas, savukārt vasarā tā ir sēņošana un ogošana (40-50%)
6. Neatkarīgi no sezonas un nedēļas dienas iedzīvotāji mežā parasti atpūšas kopā ar citiem ģimenes locekļiem.
7. Sezonas laikā meža teritorijas, kur par rekreāciju ir jāmaksā, apmeklē 6% respondentu, vidēji maksājot 10-14 eiro par vienu apmeklējuma reizi (no mājsaimniecības).
8. 55% respondentu uzskata, ka mežā ir vajadzīgas dabas takas un atpūtas vai piknika vietas, lai nodrošinātu apstākļus, kas piemēroti rekreācijas vajadzībām.