PĀRSKATS

PAR PĒTĪJUMA 2021. GADA REZULTĀTIEM

PĒTĪJUMA NOSAUKUMS: Koku augšanas apstākļu uzlabošanas programma 2016.-2021. gadam

IZPILDĪTĀJS: Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava"

PASŪTĪTĀJS: AKCIJU SABIEDRĪBA "LATVIJAS Valsts meži"

Līguma Nr. 5-5.5_000z_101_16_31

PĒTĪJUMA ZINĀTNISKAIS VADĪTĀJS: Dr. ANDIS LAZDIŅŠ, LVMI Silava vadošais pētnieks

Salaspils 2021

KOPSAVILKUMS

Pētījumu programmas mērķis nodrošināt maksimālo saimniecisko efektu, atjaunojot koku augšanas apstākļu uzlabošanas praksi Latvijas mežsaimniecībā, un veidot pozitīvu un atbildīgu sabiedrības attieksmi pret koku augšanas apstākļu uzlabošanas pasākumiem.

2021. gadā pabeigtas 2019. un 2020. gadā ievākto zemsegas un augsnes paraugu analīzes, nosakot augsnes blīvuma un granulometrisko sastāvu, pH, $CaCO_3$, $C_{org.}$, $N_{kop.}$, slāpekļskābē ekstrahējamais P, K, Ca un Mg. Veikta ievākto ūdens, skuju, lapu, augsnes un zemsegas paraugu ķīmisko analīžu, augsnes granulometriskā sastāva un augsnes blīvuma datu apstrāde, statistisko datu analīze un korelatīvo saišu analīze, kā arī sagatavoti secinājumi par šo parametru korelāciju ar augšanas gaitas izmaiņām.2019. un 2020. gadā iegūtos mežaudžu taksācijas rādītājus apkopojām datu masīvā, veicām datu statistisku analīzi un sagatavojam secinājumus un pagaidu rekomendācijas mēslošanas līdzekļu (koksnes pelnu un slāpekļa mēslojuma) izmantošanai. Papildus līgumā paredzētajiem darba uzdevumiem veicām ar tālizpētes metodēm iegūto datu statistisko analīzi, vērtējot attālās izpētes metožu pielietošanas iespējas augšanas gaitas un dažādu veģetācijas indeksu sakarību analīzi, veicot augsnes ielabošanas ietekmes monitoringu. 2018.-2021. gadā veikto LLI mērījumu datiem veicām padziļinātu funkcionālo un statistisko analīzi, lai novērtētu koku vainagu izmaiņas pēc augsnes ielabošanas, noskaidrojot, vai pastāv statistiski būtiskas atšķirības starp LLI vērtībām kontroles platībās un parauglaukumos, kur izkliedēti augsnes ielabošanas līdzekļi, kā arī novērtētu šī parametra izmantošanas iespējas attālās izpētes metožu pilnveidošanai, lai noteiktu mēslošanai piemērotās platības un veiktu mēslošanas līdzekļu ietekmes monitoringu. Papildus pētījumu programmā sākotnēji plānotajiem darbiem novērtējām arī mēslojuma ietekmi uz kokaugu fotosintētisko aktivitāti, veicot fotosintētiskās CO_2 piesaistes mērījumus, vērtējumā integrējot arī augsnes ķīmiskā sastāva parametrus un radiālā pieauguma mērījumus. Pētījumā novērtējām izstrādāto kūdras atradņu rekultivācijas sekmes, tajā skaitā papeļu stādījumu ieaugšanās sekmes un augšanas gaitu, atkarībā no ienestās koksnes pelnu pamatmēslojuma devas. LIFE REstore ierīkotajos izstrādāto kūdras atradņu apmežojumu izmēģinājumos novērtējām koku augšanas gaitu un veģetācijas attīstību, kā arī koksnes pelnu ietekmi uz SEG emisijām un CO_2 piesaisti. Noslēdzot lauka darbu programmu, sagatavoti pētījuma programmā iekļauto izmēģinājuma objektu telpiskie dati, kas ietver Valsts meža dienesta datubāzes datus, kā arī informāciju par pētījuma programmā veiktajiem pasākumiem mežaudzēs, kā arī sagatavots informatīvs video par pētījuma programmu. 2021. gada 2. pusgadā rudens un ziemas periodā pabeigta mežaudžu taksācijas rādītāju kopsakarību analīze un sagatavoti secinājumi par radiālā pieauguma veidošanos pēc mēslošanas, atkarībā no mēslojuma veida, valdošās sugas un citiem parametriem. Taksācijas un radiālā pieauguma mērījumu dati apkopoti datu masīvā, pabeigta datu statistiskā analīze un iegūtās atziņas iekļautas rekomendācijas meža mēslošanas pasākumu ieviešanai praksē.

Pētījumu īsteno atbilstoši AS “Latvijas valsts meži” (LVM) pasūtījumam Latvijas Valsts mežzinātnes institūts “Silava” (LVMI Silava) sadarbībā ar aģentūru “Meža pētīšanas stacija”. Empīrisko datu analīzi un starpziņojuma sagatavošanu 2021. gadā nodrošināja LVMI Silava autoru kolektīvs.

SUMMARY

The aim of the research program is to maximize economic effect of the forest fertilization practice in Latvian forestry, and to create positive and responsible attitude towards the improvement of the tree growth conditions.

In 2021, the analyzes of ground cover and soil samples collected in 2019 and 2020 were completed, determining the soil density and texture, pH, $CaCO_3$, $C_{org.}$, $N_{tot.}$, Nitric acid (HNO_3) extractable P, K, Ca and Mg. Chemical analysis, soil granulometric composition and soil density data, statistical data analysis and correlation analysis of the collected water, needles, leaves, soil and ground cover samples were performed, as well as conclusions on the correlation of these parameters with changes in the growth rate were done. We compiled the forest stand indicators obtained in 2019 and 2020, performed a statistical analysis of the data and elaborated conclusions and preliminary recommendations for the use of fertilizers (wood ash and nitrogen fertilizers). In addition to the tasks considered in the contract, we performed a statistical analysis of the data obtained by remote sensing methods, evaluating the relationship between the growth rate and various vegetation indices to assess usefulness of the remote sensing methods for monitoring of the impact of fertilization. We performed an in-depth functional and statistical analysis of the LLI measurements performed in 2018-2021 to assess the changes in tree crowns after fertilization and to find out whether there is statistically significant differences between LLI values in control areas and fertilized plots, as well as to improve research methods determining the areas suitable for fertilization and to monitor the impact of fertilizers. In addition to the work initially planned in the research program, we also evaluated the effect of fertilizer on the photosynthetic activity of woody plants by performing photosynthetic CO_2 uptake measurements, integrating soil chemical parameters and radial growth measurements into the evaluation. In the study we evaluated the success of the restoration of the extracted peat deposits, including the ingrowth success and growth rate of poplar plantations, depending on the dose of the wood ash. In the afforestation experiments implemented by LIFE REstore project, we assessed the growth of trees and the development of vegetation, as well as the impact of wood ash on GHG emissions and CO_2 removals. At the end of the fieldworks, the spatial data of the study sites included in the research program were prepared, which include the data of the State Forest Service, as well as information on the measures performed within the scope of the research program in forest stands, as well as an informative video on the research program. In the second half of 2021, the analysis of correlations of forest stand indicators was completed in the autumn and winter period and conclusions on the formation of radial growth after fertilization were prepared, depending on the type of fertilizer, the dominant species and other parameters. The stand and radial increment data are summarized in the data array, the statistical analysis of the data is completed and the obtained findings are included in the recommendations for the implementation of forest fertilization in practice.

Research is being conducted by Latvian State Forest Research Institute “Silava” (LSFRI Silava) in a collaboration with agency “Forest research station”. Empirical data analysis and preparation of the interim report in 2021 were implemented by LSFRI Silava expert team.

SAĪSINĀJUMI UN SIMBOLI

Al - alumīnijs
Am – mētru ārenis
As – šaurlapju ārenis
AN – amonija nitrāts
B - bors
C - ogleklis
Ca - kalcijs
$CaCO_3$ - kalcija karbonāts
Cl - hlors
Co - kobalts
CO_2 - oglekļa dioksīds
$C_{org.}$ - organiskais ogleklis
Cr - hroms
Cu - varš
D - koka diametrs 1,3 m augstumā no sakņu kakla
DCA - netiešā gradientu analīze
Dm - damaksnis
Dms - slapjais damaksnis
DOC - izšķīdušais organiskais ogleklis
Fe - dzelzs
G - koka stumbra šķērslaukums 1,3 m augstumā
H - koka augstums
HNO_3 - slāpekļskābe
K - kālijs
KAAU - koku augšanas apstākļu uzlabošana
KAAUP - koku augšanas apstākļu uzlabošanas pētījuma programma
Km - mētru kūdrenis
Kp - platlapju kūdrenis
Ks - šaurlapju kūdrenis
KPe - koksnes pelni
LLI - lapu laukuma indekss
Ln - lāns
LVM - AS "Latvijas valsts meži"
LVMI Silava - Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava"
Mg - magnijs
Mn - mangāns
Mo - molibdēns
Mr - mētrājs
N - slāpeklis
Na - nātrijs
ND - nav datu
Ni - niķelis
$N_{kop.}$ - kopējais slāpeklis
P - fosfors
pH - negatīvais logaritms no ūdeņraža jonu koncentrācijas
PO_4^{3-} - fosfātjoni
SEG - siltumnīcefekta gāzes
Vr – vēris
Zn - cinks

SATURS

Pētījuma rezultāti 2021. gadā 11
1.1. Ķīmisko elementu saturs koku skujās un lapās 19
1.1.1. Oglekļa saturs skujās un lapās 19
1.1.2. Slāpekļa saturs skujās un lapās 19
1.1.3. Kālija, fosfora, kalcija un magnija saturs 20
1.1.4. Kopsavilkums par mēslojuma ietekmi uz elementu saturu skujās un lapās 24
1.2. Ķīmisko elementu saturs zemsegā 25
1.2.1. $C_{kop.}$ un $N_{kop.}$ uzkrājums zemsegā 25
1.2.2. Zemsegas pH, $C_{kop.}$, $N_{kop.}$, HNO_3 ekstrahējamo metālu K, Ca, Mg un P saturs 26
1.2.3. Mikroelementu saturs zemsegā 30
1.2.4. Kopsavilkums par mēslojuma ietekmi uz ķīmisko elementu saturu zemsegā 36
1.3. Augsnes ķīmiskās un fizikālās īpašības 37
1.3.1. Augsnes blīvums 37
1.3.2. $C_{kop.}$, $N_{kop.}$, K, P, Ca un Mg koncentrācija augsnē 38
1.3.3. Relatīvā C_{ORG} un $N_{kop.}$ koncentrācija augsnē 50
1.3.4. C/N attiecība augsnē 51
1.3.5. Kopsavilkums par mēslojuma ietekmi uz augsnes fizikālajām un ķīmiskajām īpašībām 53
1.4. Augsnes ūdens ķīmiskās īpašības 53
1.4.1. Skābums 53
1.4.2. Slāpekļa savienojumu saturs ūdenī 54
1.4.3. Izšķīdušais organiskais ogleklis 56
1.4.4. Kālija, fosfora, kalcija un magnija saturs ūdenī 57
1.4.5. Kopsavilkums par mēslojuma ietekmi uz augsnes ūdeni 60
1.5. Mēslojuma ietekme uz zemsedzes veģetāciju 61
1.5.1. Ietekmes novērtējums āreņos 61
1.5.2. Ietekmes novērtējums kūdreņos 64
1.5.3. Ietekmes novērtējums sausieņos 67
1.5.4. Ietekmes novērtējums slapjaiņos 72
1.5.5. Ietekmes novērtējums Ķeipenes plantācijā (apmežota platība ar minerālaugsni) 74
1.5.6. Kopsavilkums 78
1.6. Lapu laukuma indeksa mērījumi 79
1.6.1. Ietekmes novērtējums āreņos 79
1.6.2. Ietekmes novērtējums kūdreņos 80
1.6.3. Ietekmes novērtējums sausieņos 81
1.6.4. Kopsavilkums 82
1.6.5. Ietekmes novērtējums mežaudzēs 82
1.6.6. Ietekmes novērtējums Ķeipenes plantācijā 84
1.6.7. Kopsavilkums 85
1.7. Radiālā pieauguma mērījumu rezultāti 85
1.7.1. Koksnes pelnu izmantošana briestaudzēs 90
1.7.2. Slāpekļa mēslojuma izmantošana briestaudzēs 91
1.7.3. Slāpekļa mēslojuma izmantošana jaunaudzēs un briestaudzēs 94
1.7.4. Slāpekļa mēslojuma un koksnes pelnu izmantošana meža mēslošanā 98
1.7.5. Selekcijas izmēģinājumu stādījumi ar N un koksnes pelnu mēslojumu 101
1.7.6. Kopsavilkums 104
1.8. Publicitātes darbības 2021. gadā 105
2. Nākotnes pētījumu nepieciešamība 115
3. secinājumi un novērojumi 117

Attēli

Attēls 1. Kopējā slāpekļa koncentrācija ($N_{kop.}$, g kg^{-1}) egles un priedes skujās pēc augsnes ielabošanas līdzekļu

izkliedēšanas 20
Attēls 2. Kopējā slāpekļa koncentrācija ($N_{kop.}$, g kg^{-1}) bērza lapās pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas 20
Attēls 3. HNO_3 ekstrahējamā kālija koncentrācija (K, g kg^{-1}) egles un priedes skujās pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas 21
Attēls 4. HNO_3 ekstrahējamā kālija koncentrācija (K, g kg^{-1}) bērza lapās pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas 21
Attēls 5. HNO_3 ekstrahējamā fosfora koncentrācija (P, g kg^{-1}) egles un priedes skujās pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas 22
Attēls 6. HNO_3 ekstrahējamā fosfora koncentrācija (P, g kg^{-1}) bērza lapās pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas 22
Attēls 7. HNO_3 ekstrahējamā kalcija koncentrācija (Ca, g kg^{-1}) egles un priedes skujās pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas 23
Attēls 8. HNO_3 ekstrahējamā kalcija koncentrācija (Ca, g kg^{-1}) bērza lapās pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas 23
Attēls 9. HNO_3 ekstrahējamā magnija koncentrācija (Mg, g kg^{-1}) egles un priedes skujās pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas.....23
Attēls 10. HNO_3 ekstrahējamā magnija koncentrācija (Mg, g kg^{-1}) bērza lapās pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas 24
Attēls 11. Zemsegas vidējā pH vērtība 1-5 gadus pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas 27
Attēls 12. Vidējā kopējā oglekļa koncentrācija ($C_{kop.}$, g kg^{-1}) zemsegā 1-5 gadus pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas 27
Attēls 13. Vidējā kopējā slāpekļa koncentrācija ($N_{kop.}$, g kg^{-1}) zemsegā 1-5 gadus pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas 28
Attēls 14. Vidējā HNO_3 ekstrahējamā kālija koncentrācija (K, mg g^{-1}) zemsegā 1-5 gadus pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas.....29
Attēls 15. Vidējā HNO_3 ekstrahējamā fosfora koncentrācija (P, mg g^{-1}) zemsegā 1-5 gadus pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas.....29
Attēls 16. Vidējā HNO_3 ekstrahējamā kalcija koncentrācija (Ca, mg g^{-1}) zemsegā 1-5 gadus pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas.....30
Attēls 17. Vidējā HNO_3 ekstrahējamā magnija koncentrācija (Mg, mg g^{-1}) zemsegā 1-5 gadus pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas 30
Attēls 18. Vidējā HNO_3 ekstrahējamā dzelzs koncentrācija (Fe, mg g^{-1}) zemsegā 1-5 gadus pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas.....32
Attēls 19. Vidējā HNO_3 ekstrahējamā mangāna koncentrācija (Mn, mg g^{-1}) zemsegā 1-5 gadus pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas 32
Attēls 20. Vidējā HNO_3 ekstrahējamā vara koncentrācija (Cu, ug g^{-1}) zemsegā 1-5 gadus pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas.....33
Attēls 21. Vidējā HNO_3 ekstrahējamā cinka koncentrācija (Zn, mg g^{-1}) zemsegā 1-5 gadus pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas.....33
Attēls 22. Vidējā HNO_3 ekstrahējamā hroma koncentrācija (Cr, ug g^{-1}) zemsegā 1-5 gadus pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas.....34
Attēls 23. Vidējā HNO_3 ekstrahējamā niķeļa koncentrācija (Ni, ug g^{-1}) zemsegā 1-5 gadus pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas.....34
Attēls 24. Vidējā HNO_3 ekstrahējamā kobalta koncentrācija (Co, ug g^{-1}) zemsegā 1-5 gadus pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas.....35
Attēls 25. Vidējā HNO_3 ekstrahējamā bora koncentrācija (B, ug g^{-1}) zemsegā 1-5 gadus pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas.....35
Attēls 26. Vidējā HNO_3 ekstrahējamā alumīnija koncentrācija (Al, mg g^{-1}) zemsegā 1-5 gadus pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas 36
Attēls 27. Vidējā HNO_3 ekstrahējamā nātrija koncentrācija (Na, mg g^{-1}) zemsegā 1-5 gadus pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas.....36
Attēls 28. Vidējā organiskā oglekļa koncentrācija (C_{ORG}, g kg^{-1}) dažādos augsnes slāņos koksnes pelnu izmēģinājumu objektos pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas.....38
Attēls 29. Vidējā organiskā oglekļa koncentrācija (C_{ORG}, g kg^{-1}) dažādos augsnes slāņos kombinētu augsnes ielabošanas līdzekļu izmēģinājumu objektos pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas 39
Attēls 30. Vidējā organiskā oglekļa koncentrācija (C_{ORG}, g kg^{-1}) dažādos augsnes slāņos slāpekļa minerālmēslojuma izmēģinājumu objektos pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas 40
Attēls 31. Vidējā kopējā slāpekļa koncentrācija ($N_{kop.}$, g kg^{-1}) dažādos augsnes slāņos koksnes pelnu izmēģinājumu objektos pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas.....41
Attēls 32. Vidējā kopējā slāpekļa koncentrācija ($N_{kop.}$, g kg^{-1}) dažādos augsnes slāņos kombinētu augsnes ielabošanas

līdzekļu izmēģinājumu objektos pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas 41
Attēls 33. Vidējā kopējā slāpekļa koncentrācija ($N_{kop.}$, g kg^{-1}) dažādos augsnes slāņos slāpekļa minerālmēslojuma izmēģinājumu objektos pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas 42
Attēls 34. Vidējā kālija koncentrācija (K, mg g^{-1}) dažādos augsnes slāņos koksnes pelnu izmēģinājumu objektos pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas 43
Attēls 35. Vidējā kālija koncentrācija (K, mg g^{-1}) dažādos augsnes slāņos kombinētu augsnes ielabošanas līdzekļu izmēģinājumu objektos pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas 43
Attēls 36. Vidējā kālija koncentrācija (K, mg g^{-1}) dažādos augsnes slāņos slāpekļa minerālmēslojuma izmēģinājumu objektos pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas 44
Attēls 37. Vidējā fosfora koncentrācija (P, mg g^{-1}) dažādos augsnes slāņos koksnes pelnu izmēģinājumu objektos pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas 45
Attēls 38. Vidējā fosfora koncentrācija (P, mg g^{-1}) dažādos augsnes slāņos kombinētu augsnes ielabošanas līdzekļu izmēģinājumu objektos pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas 45
Attēls 39. Vidējā fosfora koncentrācija (P, mg g^{-1}) dažādos augsnes slāņos slāpekļa minerālmēslojuma izmēģinājumu objektos pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas 46
Attēls 40. Vidējā kalcija koncentrācija (Ca, mg g^{-1}) dažādos augsnes slāņos koksnes pelnu izmēģinājumu objektos pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas 47
Attēls 41. Vidējā kalcija koncentrācija (Ca, mg g^{-1}) dažādos augsnes slāņos kombinētu augsnes ielabošanas līdzekļu izmēģinājumu objektos pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas 47
Attēls 42. Vidējā kalcija koncentrācija (Ca, mg g^{-1}) dažādos augsnes slāņos slāpekļa minerālmēslojuma izmēģinājumu objektos pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas 48
Attēls 43. Vidējā magnija koncentrācija (Mg, mg g^{-1}) dažādos augsnes slāņos koksnes pelnu izmēģinājumu objektos pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas 49
Attēls 44. Vidējā magnija koncentrācija (Mg, mg g^{-1}) dažādos augsnes slāņos kombinētu augsnes ielabošanas līdzekļu izmēģinājumu objektos pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas 49
Attēls 45. Vidējā magnija koncentrācija (Mg, mg g^{-1}) dažādos augsnes slāņos slāpekļa minerālmēslojuma izmēģinājumu objektos pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas 50
Attēls 46. Vidējā C/N attiecība dažādos augsnes slāņos koksnes pelnu izmēģinājumu objektos pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas.....51
Attēls 47. Vidējā C/N attiecība dažādos augsnes slāņos kombinētu augsnes ielabošanas līdzekļu izmēģinājumu objektos pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas 52
Attēls 48. Vidējā C/N attiecība dažādos augsnes slāņos slāpekļa minerālmēslojuma izmēģinājumu objektos pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas 52
Attēls 49. Augsnes ūdens vidējā pH vērtība laika posmam 2017.-2020. gads 54
Attēls 50. Vidējā kopējā slāpekļa ($N_{kop.}$, mg L^{-1}) koncentrācija augsnes ūdenī laika posmā 2017.-2020. gads 55
Attēls 51. Vidējā nitrātjonu (NO_3^-, mg L^{-1}) koncentrācija augsnes ūdenī laika posmā 2017.-2020. gads 56
Attēls 52. Vidējā izšķīdušā organiskā oglekļa (DOC, mg L^{-1}) koncentrācija augsnes ūdenī laika posmā 2017.-2020. gads 57
Attēls 53. Vidējā kālija (K, mg L^{-1}) koncentrācija augsnes ūdenī laika posmā 2017.-2020. gads.....58
Attēls 54. Vidējā fosfātjonu (PO_4^{3-}, mg L^{-1}) koncentrācija augsnes ūdenī laika posmā 2017.-2020. gads.....58
Attēls 55. Vidējā kalcija (Ca, mg L^{-1}) koncentrācija augsnes ūdenī laika posmā 2017.-2020. gads 59
Attēls 56. Vidējā magnija (Mg, mg L^{-1}) koncentrācija augsnes ūdenī laika posmā 2017.-2020. gads 60
Attēls 57. DCA diagramma sugu sastāva atšķirību raksturošanai āreņos kontroles parauglaukumos un platībās, kur ienests amonija nitrāts 62
Att. 58. Šenona daudzveidības indeksa vērtību salīdzinājums āreņos sūnu un lakstaugu stāvā 63
Att. 59: Sugu skaita salīdzinājums āreņos sūnu un lakstaugu stāvā 64
Attēls 60. DCA diagramma sugu sastāva atšķirību raksturošanai kūdreņos kontroles parauglaukumos un platībās, kur ienests amonija nitrāts vai amonija nitrāts kopā ar koksnes pelniem 65
Att. 61. Šenona daudzveidības indeksa vērtību salīdzinājums kūdreņos sūnu un lakstaugu stāvā.....66
Att. 62. Sugu skaita salīdzinājums kūdreņos sūnu un lakstaugu stāvā 67
Attēls 63. DCA diagramma sugu sastāva atšķirību raksturošanai sausieņos kontroles parauglaukumos un platībās, kur ienests amonija nitrāts vai koksnes pelni 68
Att. 64. Šenona daudzveidības indeksa vērtību salīdzinājums mētrāja un lāna audzēs sūnu un lakstaugu stāvā 69
Att. 65. Sugu skaita salīdzinājums mētrāja un lāna audzēs sūnu un lakstaugu stāvā 69
Att. 66. Šenona daudzveidības indeksa vērtību salīdzinājums damakšņa audzēs sūnu un lakstaugu stāvā 70
Att. 67. Sugu skaita salīdzinājums damakšņa audzēs sūnu un lakstaugu stāvā.....71
Att. 68. Šenona daudzveidības indeksa vērtības vēra audzē sūnu un lakstaugu stāvā.....72
Att. 69. Sugu skaits Vr audzēs sūnu un lakstaugu stāvā.....72
Attēls 70. DCA diagramma sugu sastāva atšķirību raksturošanai slapjaiņos kontroles parauglaukumos un platībās, kur

ienests amonija nitrāts 73
Att. 71. Šenona daudzveidības indeksa vērtības slapjā damakšņa audzē sūnu un lakstaugu stāvā 74
Att. 72. Sugu skaits Dms audzēs sūnu un lakstaugu stāvā 74
Attēls 73. DCA diagramma sugu sastāva atšķirību raksturošanai Ķeipenes plantācijā kontroles parcelēs un parcelēs, kur ienests amonija nitrāts vai kombinētie mēslošanas līdzekļi 76
Attēls 74. Šenona daudzveidības indeksa vērtības Ķeipenes plantācijā lakstaugu stāvā 77
Attēls 75. Sugu skaita salīdzinājums Ķeipenes plantācijā lakstaugu stāvā 78
Attēls 76. LLI vērtības āreņos valdošās koku sugas un vecuma griezumā....80
Attēls 77. LLI vērtības kūdreņos meža tipa, valdošās koku sugas un vecuma griezumā 81
Attēls 78. LLI vērtības sausieņos meža tipa, valdošās koku sugas un vecuma griezumā 82
Attēls 79. Vidējie fotosintētiskās aktivitātes rādītāji meža tipa, vadošas sugas un audžu vecuma griezumā 84
Attēls 80. Vidējie fotosintētiskās aktivitātes rādītāji sugu griezumā Ķeipenes plantācijā....85
Attēls 81. Relatīvās koku augstuma atšķirības kontroles un mēslotajos parauglaukumos darba uzdevumu griezumā 87
Attēls 82. Relatīvās koku caurmēra atšķirības kontroles un mēslotajos parauglaukumos darba uzdevumu griezumā 88
Attēls 83. Krājas pieauguma palielinājums mēslotajos parauglaukumos, salīdzinot ar kontroles parauglaukumiem 89
Attēls 84. Krājas pieauguma palielinājums E audzēs ar koksnes pelniem mēslotajos parauglaukumos, salīdzinot ar kontroles parauglaukumiem 90
Attēls 85. Krājas pieauguma palielinājuma un koku caurmēra sakarība ar koksnes pelniem mēslotajos parauglaukumos E audzēs 91
Attēls 86. Krājas pieauguma palielinājums B audzēs parauglaukumos, kur ienests N mēslojums, salīdzinot ar kontroles parauglaukumiem....92
Attēls 87. Krājas pieauguma palielinājums E audzēs mēslotajos parauglaukumos, salīdzinot ar kontroles parauglaukumiem....93
Attēls 88. Krājas pieauguma palielinājums P audzēs mēslotajos parauglaukumos, salīdzinot ar kontroles parauglaukumiem....93
Attēls 89. Krājas pieauguma palielinājuma un koku caurmēra sakarība ar slāpekli mēslotajos parauglaukumos briestaudzēs....94
Attēls 90. Krājas pieauguma palielinājums B audzēs mēslotajos parauglaukumos, salīdzinot ar kontroles parauglaukumiem....95
Attēls 91. Krājas pieauguma palielinājums E audzēs mēslotajos parauglaukumos, salīdzinot ar kontroles parauglaukumiem....96
Attēls 92. Krājas pieauguma palielinājums P audzēs mēslotajos parauglaukumos, salīdzinot ar kontroles parauglaukumiem....96
Attēls 93. Krājas pieauguma palielinājuma un koku caurmēra sakarība jaunaudzēs un vidēja vecuma audzēs mēslotajos parauglaukumos 97
Attēls 94. Krājas papildpieaugums dažāda vecuma priedes audzēs. 98
Attēls 95. Krājas papildpieaugums dažāda vecuma egļu audzēs.....98
Attēls 96. Krājas pieauguma palielinājums B audzēs mēslotajos parauglaukumos, salīdzinot ar kontroles parauglaukumiem....99
Attēls 97. Krājas pieauguma palielinājums E audzēs mēslotajos parauglaukumos, salīdzinot ar kontroles parauglaukumiem....100
Attēls 98. Krājas pieauguma palielinājums P audzēs mēslotajos parauglaukumos, salīdzinot ar kontroles parauglaukumiem....100
Attēls 99. Krājas pieauguma palielinājuma un koku caurmēra sakarība ar slāpekļa minerālmēslojumu un koksnes pelniem mēslotajos parauglaukumos....101
Attēls 100. Krājas pieauguma palielinājums B audzēs mēslotajos parauglaukumos, salīdzinot ar kontroles parauglaukumiem....102
Attēls 101. Krājas pieauguma palielinājums E audzēs mēslotajos parauglaukumos, salīdzinot ar kontroles parauglaukumiem....103
Attēls 102. Krājas pieauguma palielinājums P audzēs mēslotajos parauglaukumos, salīdzinot ar kontroles parauglaukumiem....103
Attēls 103. Krājas pieauguma palielinājuma un koku caurmēra sakarība selekcijas stādījumos 104
Attēls 104. Prezentācijas zinātniski praktiskās konferencēs 106
Attēls 105. Radio raidieraksta ekrānšāviņš 107
Attēls 106. Video materiāls par koku augšanas apstākļu uzlabošanu....108
Attēls 107. Video sižeti par koku augšanas apstākļu uzlabošanu....109
Attēls 108. LVMI Silava LVM Sarunu teltī – Sajūtu piedzīvojums "Mežs ir terapija"....110
Attēls 109. Dalība TV 24 raidījumā "Saimnieks. Zeme. Valsts." tēma Koku atjaunotne un meža augšanas apstākļu

uzlabošana, ēters 2021.gada 23.oktobrī ; 111
Attēls 110. Virtuālais materiāls – ekskursija: Koksne enerģijas ieguvei – Latvijas stāsts, 10.2021 112
Attēls 111. LVMI Silava pētnieki ir sagatavojuši informatīvu video materiālu par pētījuma programmas norisi 112
Attēls 112. Raksts Meža gada grāmatā 2022 113
Attēls 113. LVMI Silava podkāsta ieraksts 114

Tabulas

Tabula 1. 2021. darba uzdevumu izpildes kopsavilkums 11
Tabula 2. Kopējā oglekļa ($C_{kop.}$, t ha^{-1}) un kopējā slāpekļa ($N_{kop.}$, kg ha^{-1}) uzkrājums zemsegā 25
Tabula 3. Mikroelementi un to nozīme augos (Foth, 1990) 31
Tabula 4. Vidējais augsnes blīvums dažādos augsnes slāņos 37
Tabula 5. Taksācijas rādītāju kopsavilkums izpētes objektos darba uzdevumu, meža tipu un valdošo koku sugu griezumā 86
Tabula 6. Krājas papildpieaugums (m^3 ha^{-1} gadā) pēc mēslojuma izkliedēšanas darba uzdevumu un valdošo koku sugu griezumā 89

Pielikumi

1. Pielikums: Relatīvā C_{ORG} un $N_{kop.}$ koncentrācija augsnes paraugos
2. Pielikums: Pētījumā "Koku augšanas apstākļu uzlabošanas pētījumu programma 2016.-2021. gadam" iekļauto audžu saraksts

IEVADS

Meža sektoram ir būtiska loma ietekmes uz klimata pārmaiņām samazināšanā. Nozīmīgākie mežsaimniecības pasākumi ietekmes uz klimata pārmaiņām mazināšanai ir atmežošanas ierobežošana un kompensējošā apmežošana, CO_2 piesaistes veicināšana meža zemēs un koksnes produktu izmantošana fosilā kurināmā un energoietilpīgu materiālu aizstāšanai. Meža apsaimniekošanas ilgtspējīga intensifikācija, tajā skaitā augsnes ielabošanas pasākumi, var būtiski palielināt mežu lomu ietekmes uz klimata pārmaiņām mazināšanā (Sathre u.c., 2010).

Lielāks krājas pieaugums intensīvi apsaimniekotos mežos ļauj izmantot pārējās meža zemes citiem mērķiem – medību saimniecībai, bioloģiskās daudzveidības un vides resursu aizsardzībai, kā arī rekreācijai. Saskaņā ar Zviedrijā veiktiem pētījumiem meža apsaimniekošanas intensifikācija līdz 2050. gadam ļauj palielināt krājas pieaugumu Zviedrijas mežos par 20%, tajā pašā laikā nenodarot kaitējumu aizsargājamām dabas teritorijām un neradot negatīvu ietekmi uz citu meža ekosistēmu pakalpojumu īstenošanu (Nohrstedt, 2001).

Augsnes ielabošana ir viens no mežsaimniecības intensifikācijas paņēmieniem, kas var nodrošināt īpaši lielu krājas pieauguma palielinājumu boreālās klimatiskās joslas mežos (Saarsalmi & Mälkönen, 2001). Meža augšanu boreālajos mežos nereti ierobežo slāpekļa trūkums augsnē, un pagājušā gadsimta 20-jos gados uzsāktie meža mēslošanas izmēģinājumi pierāda, ka slāpekļa minerālmēslojums var pat dubultot apaļo kokmateriālu iznākumu, neradot būtisku negatīvu ietekmi uz vides kvalitāti. Zviedrijas centrālajā daļā veiktos izmēģinājumos, kur eglēm ļāva augt pietiekoša mitruma un praktiski neierobežotas barības vielu pieejamības apstākļos, ko panāca veicot mēslojuma izkliedēšanu, 10 gadus pēc izmēģinājumu uzsākšanas, mēslojums palielināja ikgadējo krājas pieaugumu no 3 $m^3\ ha^{-1}$ gadā kontroles parauglaukumos līdz 14 $m^3\ ha^{-1}$ gadā mēslotajos parauglaukumos; bet Zviedrijas dienvidos ierīkotajos izmēģinājumos ikgadējais krājas pieaugums pieauga no 12 $m^3\ ha^{-1}$ gadā kontroles parauglaukumos līdz 29 $m^3\ ha^{-1}$ gadā mēslotajos parauglaukumos. Mēslojuma deva šajā pētījumā koriģēta katru gadu atbilstoši prognozējamam barības vielu patēriņam, tāpēc meža mēslošana neradīja negatīvu ietekmi uz gruntsūdeņu kvalitāti (Bergh u.c., 1999). Pētījums pierādīja arī nepieciešamību veikt ilgstošu vides parametru (ķīmisko elementu saturs skujās, ūdenī un augsnē, veģetācijas sastāvs, oglekļa aprite) un koku augšanas gaitas monitoringu izmēģinājumu platībās, jo mēslojuma efekta kulminācija iestājas pakāpeniski un pirmajos gados iegūtie dati neraksturo mēslojuma kumulatīvo efektu, kā arī iespējamo ilgtermiņa ietekmi uz vidi. Sausieņu audzēs ieteicams arī gruntsūdens līmeņa monitoringu, tā kā Bergh u.c. (1999) norādījuši, ka periodisks sausums samazina mežaudzes produktivitāti Dienvidzviedrijā.

Latvijā, veicot mežaudžu mēslošanu, mežsaimniecība var sniegt būtisku ieguldījumu Valts klimata mērķu sasniegšanā 2030. gadā (saskaņā ar ES regulas 2018/841 2021. gada 14. jūlija grozījumu projektu -0,644 milj. tonnas CO_2 ekv. visam zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības sektoram kopā, t.i. 2026.-2030. gadā par aptuveni 12 milj. tonnām mazāk nekā atbilstoši ziņojumam "Par siltumnīcefekta gāzu emisiju samazināšanas un oglekļa dioksīda piesaistes saistību izpildi", kas sagatavots 2020. gadā saskaņā ar Eiropas Parlamenta un Padomes 2013. gada 21. maija regulu Nr. 525/2013), bet līdz 2050. gadam zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības sektoram jānodrošina SEG emisiju samazinājums par vidēji 7 milj. tonnu $CO_{2\ ekv.}$ gadā, kas ietver SEG emisiju samazinājumu pašā zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības sektorā, lauksaimniecības sektora

radīto emisiju aizstāšanu un līdz 10% no pašreizējām pārējo tautsaimniecības sektoru radītajām SEG emisijām. Aplēses rāda, ka mēslošanu, tajā skaitā ar koksnes pelniem, veicot vien audzēs, kas šobrīd izmantojamas saimnieciskās darbības veikšanai, varam samazināt SEG emisijas par vidēji 5 milj. tonnām $CO_{2\ ekv.}$ gadā, kas atbilst 70% no Latvijai izvirzītajiem SEG emisiju samazināšanas mērķiem, protams, ja vienlaicīgi šajās platībās ir nodrošināta savlaicīga kopšana, atjaunošana, meliorācijas sistēmu uzturēšana un nesamazinās koksnes izmantošanas efektivitāte (koksnes produktu ar ilgu kalpošanas laiku iznākums).

PĒTĪJUMA REZULTĀTI 2021. GADĀ

Darba uzdevumi 2021. gadā īstenoti atbilstoši plānam. Darba plānā veiktās izmaiņas saistītas ar ārkārtas situācijas noteiktajiem ierobežojumiem un pētījuma atziņām. Darba uzdevumu izpildes kopsavilkums dots tab. 1. Turpmākajās nodaļās dots detalizēts pētījuma rezultātu apraksts.

Tabula 1. 2021. darba uzdevumu izpildes kopsavilkums

N.p.k.	Darba uzdevums	Izpildes progress
1	Koksnes pelnu pielietošanas koku augšanas apstākļu uzlabošanā tehnisko risinājumu, saimnieciskā efekta un ietekmes uz vidi vērtējums.	
1.1	Papildināt 2018. gadā izstrādātās AS "Latvijas valsts meži" darbiniekiem adresētas vadlīnijas koksnes pelnu izmantošanai augšanas apstākļu uzlabošanā.	Vadlīnijas papildinātas un nodotas pasūtītājam.
1.2	Pabeigt 2019. un 2020. gadā ievākto zemsegas un augsnes paraugu analīzes, nosakot: augsnes blīvumu; granulometrisko sastāvu; pH; $CaCO_3$; Corg.; $N_{kop.}$; slāpekļskābē ekstrahējamais P, K, Ca un Mg.	Augsnes analīžu rezultāti apkopoti etapa pārskata nodaļā "Augsnes ķīmiskās un fizikālās īpašības" un pārskata pielikumos.
1.3	Veikt ievākto ūdens paraugu, skuju, lapu, augsnes un zemsegas ķīmisko analīžu, augsnes granulometriskā sastāva un blīvuma datu apstrādi, statistisku datu analīzi un korelatīvo saišu analīzi un sagatavot secinājumus.	Rezultāti apkopoti etapa pārskata nodaļās "Ķīmisko elementu saturs koku skujās un lapās", "Ķīmisko elementu saturs zemsegā", "Augsnes ķīmiskās un fizikālās īpašības" un "Augsnes ūdens ķīmiskās īpašības".
1.4	Veikt 2019. un 2020. gada taksācijas datu apkopojumu datu masīvā, veikt datu statistisku analīzi un sagatavot secinājumus.	Rezultāti apkopoti etapa pārskata nodaļā "Radiālā pieauguma mērījumu rezultāti".
1.5	Novērtēt atšķirības starp mežaudzēm kontroles platībās un parauglaukumos, kur izkliedēti augsnes ielabošanas līdzekļi, izmantojot tālizpētes metodes .Datu masīva sagatavošana, datu statistiska analīze un attālās izpētes metožu pielietošanas iespēju izvērtējums, veicot augsnes ielabošanas ietekmes monitoringu.	Darbs veikts plānotajā apjomā, raksturojot dažādu veģetācijas indeksu un mēslojuma ietekmes sakarību analīzi. Rezultāti apkopoti noslēguma pārskatā.
1.6	2018. un 2019. gadā veikto LLI mērījumu datu padziļināta funkcionāla un statistiska analīze, nepieciešamības gadījumā veicot papildus LLI uzmērījumus, lai novērtētu koku vainagu izmaiņas pēc augsnes ielabošanas, noskaidrojot, vai pastāv statistiski būtiskas atšķirības starp LLI vērtībām kontroles platībās un parauglaukumos, kur izkliedēti augsnes ielabošanas līdzekļi.	Pētījuma rezultāti apkopoti pārskata nodaļā "Lapu laukuma indeksa mērījumi", kā arī noslēguma pārskatā.
1.7	Novērtēt augsnes ielabošanas ietekmi uz koku vainagiem, atkarībā no meža tipa, veicot fotosintētiskās aktivitātes mērījumu rezultātu analīzi, vērtējumā integrējot augsnes ķīmiskā sastāva parametrus un radiālā pieauguma mērījumus. Izveidot datu masīvu, datu statistisku analīzi un sagatavot secinājumus.	Pētījuma rezultāti apkopoti noslēguma pārskatā. Pētījumā secināts, ka mēslojuma efekts vairumā gadījumu izpaudies kā kopējās fotosintezējošās biomasas pieaugums, nevis kā fotosintētiskās aktivitātes pieaugumsuz noteiktu virsmas laukumu.

N.p.k.	Darba uzdevums	Izpildes progress
1.8	Analizēt veģetācijas datus, lai noteiktu koksnes pelnu ieneses ietekmi uz zemsedzes veģetācijas sugu daudzveidību, sugu sastāvu un katras sugas projektīvo segumu, ņemot vērā kokaudzes parametrus, kokaugu LLI un augsnes parametrus. Iegūt datu masīvu, to statistiski analizēt, sagatavot secinājumus un rekomendācijas.	Pētījuma rezultāti apkopoti pārskata nodaļās "Mēslojuma ietekme uz zemsedzes veģetāciju" un "Lapu laukuma indeksa mērījumi".
1.9	Veikt DCA ordināciju, integrējot tajā augsnes ķīmiskos parametrus, kā arī, balstoties uz augu stratēģijām, veikt augu sastāva analīzi.	Pētījuma rezultāti apkopoti pārskata nodaļās "Mēslojuma ietekme uz zemsedzes veģetāciju".
2	Slāpekļa saimnieciskā efekta un ietekmes uz vidi izpēte skujkoku un bērza briestaudzēs.	
2.1	Veikt 2019. un 2020. gadā ievākto zemsegas un augsnes paraugu analīzes, nosakot: augsnes blīvumu; granulometrisko sastāvu; pH; $CaCO_3$; $C_{org.}$; $N_{kop.}$; slāpekļskābē ekstrahējamais P, K, Ca un Mg.	Augsnes analīžu rezultāti apkopoti etapa pārskata nodaļā "Augsnes ķīmiskās un fizikālās īpašības" un pārskata pielikumos.
2.2	Veikt ievākto ūdens paraugu, skuju, lapu, augsnes un zemsegas ķīmisko analīžu, augsnes granulometriskā sastāva un blīvuma datu apkopošanu masīvā, veikt datu apstrādi un statistisku analīzi un izstrādāt uz skaitliskiem datiem pamatotus secinājumus.	Rezultāti apkopoti etapa pārskata nodaļās "Ķīmisko elementu saturs koku skujās un lapās", "Ķīmisko elementu saturs zemsegā", "Augsnes ķīmiskās un fizikālās īpašības" un "Augsnes ūdens ķīmiskās īpašības".
2.3	Veikt 2019. un 2020. gada taksācijas datu apkopojumu datu masīvā, veikt datu statistisku analīzi un sagatavot zinātniski pamatotus secinājumus.	Rezultāti apkopoti etapa pārskata nodaļā "Radiālā pieauguma mērījumu rezultāti".
2.4	Vērtēt atšķirības starp mežaudzēm kontroles platībās un parauglaukumos, kur izkliedēti augsnes ielabošanas līdzekļi, izmantojot tālizpētes metodes. Datu masīva sagatavošana, datu statistiska analīze un attālās izpētes metožu pielietošanas iespēju izvērtējums, veicot augsnes ielabošanas ietekmes monitoringu.	Rezultāti apkopoti noslēguma pārskatā. Pētījumā ieteikts izmantot NDVI indeksu mēslojuma ietekmes monitorēšanai, tomēr atšķirības ir pārāk nelielas, lai attālās izpētes datus izmantotu mēslojuma nepieciešamības raksturošanai.
2.5	Veikt 2018. un 2019. gada LLI mērījumu datu padziļinātu funkcionālu un statistisku analīzi, nepieciešamības gadījumā veicot papildus LLI uzmērījumus, lai novērtētu koku vainagu izmaiņas pēc augsnes ielabošanas, noskaidrojot, vai pastāv statistiski būtiskas atšķirības starp LLI vērtībām kontroles platībās un parauglaukumos, kur izkliedēti augsnes ielabošanas līdzekļi.	Pētījuma rezultāti apkopoti pārskata nodaļā "Lapu laukuma indeksa mērījumi", kā arī noslēguma pārskatā.
2.6	Novērtēt augsnes ielabošanas ietekmi uz koku vainagiem, atkarībā no meža tipa, veicot fotosintētiskās aktivitātes mērījumu rezultātu analīzi un vērtējumā integrējot augsnes ķīmiskā sastāva parametrus un radiālā pieauguma mērījumus. Izveidot datu masīvu, datu statistisku analīzi un sagatavot secinājumus.	Pētījuma rezultāti apkopoti noslēguma pārskatā.
2.7	Analizēt veģetācijas datus, lai noteiktu koksnes pelnu ieneses ietekmi uz zemsedzes veģetācijas sugu	Pētījuma rezultāti apkopoti pārskata nodaļās "Mēslojuma ietekme uz

N.p.k.	Darba uzdevums	Izpildes progress
	daudzveidību, sugu sastāvu un katras sugas projektīvo segumu, ņemot vērā kokaudzes parametrus, kokaugu LLI un augsnes parametrus. Iegūt datu masīvu, to statistiski analizēt, sagatavot secinājumus un rekomendācijas.	zemsedzes veģetāciju" un "Lapu laukuma indeksa mērījumi".
2.8	Veikt DCA ordināciju, integrējot tajā augsnes ķīmiskos parametrus, kā arī, balstoties uz augu stratēģijām, veikt augu sastāva analīzi.	Pētījuma rezultāti apkopoti pārskata nodaļās "Mēslojuma ietekme uz zemsedzes veģetāciju".
3	Dažādu slāpekļa augsnes ielabošanas līdzekļu devu saimnieciskā efekta un ietekmes uz vidi izpēte skujkoku un bērza jaunaudzēs un vidēja vecuma audzēs, paredzot atkārtotu augsnes ielabošanas līdzekļu ienešanu.	
3.1	Veikt 2019. un 2020. gadā gadā ievākto zemsegas un augsnes paraugu analīzes, nosakot: augsnes blīvumu; granulometrisko sastāvu; šādus parametrus: pH; $CaCO_3$; $C_{org.}$; $N_{kop.}$; slāpekļskābē ekstrahējamais P, K, Ca un Mg.	Augsnes analīžu rezultāti apkopoti etapa pārskata nodaļā "Augsnes ķīmiskās un fizikālās īpašības" un pārskata pielikumos.
3.2	Veikt ievākto ūdens paraugu, skuju, lapu, augsnes un zemsegas ķīmisko analīžu, augsnes granulometriskā sastāva un blīvuma datu apstrādi, statistisku datu un korelatīvo saišu analīzi un sagatavot secinājumus.	Rezultāti apkopoti etapa pārskata nodaļās "Ķīmisko elementu saturs koku skujās un lapās", "Ķīmisko elementu saturs zemsegā", "Augsnes ķīmiskās un fizikālās īpašības" un "Augsnes ūdens ķīmiskās īpašības".
3.3	Veikt datu apkopojumu datu masīvā, statistisku analīzi, izdarot zinātniski pamatotus secinājumus.	Rezultāti apkopoti etapa pārskata nodaļās "Ķīmisko elementu saturs koku skujās un lapās", "Ķīmisko elementu saturs zemsegā", "Augsnes ķīmiskās un fizikālās īpašības" un "Augsnes ūdens ķīmiskās īpašības".
3.4	Vērtēt atšķirības starp mežaudzēm kontroles platībās un parauglaukumos, kur izkliedēti augsnes ielabošanas līdzekļi, izmantojot tālizpētes metodes. Datu masīva sagatavošana, datu statistiska analīze attālās izpētes metožu pielietošanas iespēju izvērtējums, veicot augsnes ielabošanas ietekmes monitoringu.	Rezultāti apkopoti etapa pārskata nodaļā "Radiālā pieauguma mērījumu rezultāti".
3.5	Veikt 2018. un 2019. gadā veikto LLI mērījumu datu padziļinātu funkcionālu un statistisku analīzi, nepieciešamības gadījumā veicot papildus LLI uzmērījumus, lai novērtētu koku vainagu izmaiņas pēc augsnes ielabošanas, noskaidrojot, vai pastāv statistiski būtiskas atšķirības starp LLI vērtībām kontroles platībās un parauglaukumos, kur izkliedēti augsnes ielabošanas līdzekļi.	Pētījuma rezultāti apkopoti pārskata nodaļā "Lapu laukuma indeksa mērījumi", kā arī noslēguma pārskatā.
3.6	Novērtēt augsnes ielabošanas ietekmi uz koku vainagiem, atkarībā no meža tipa, veicot fotosintētiskās aktivitātes mērījumu rezultātu analīzi un vērtējumā integrējot augsnes ķīmiskā sastāva parametrus un radiālā pieauguma mērījumus. Izveidot datu masīvu, datu statistisku analīzi un sagatavot secinājumus.	Pētījuma rezultāti apkopoti noslēguma pārskatā.

N.p.k.	Darba uzdevums	Izpildes progress
3.7	Analizēt veģetācijas datus, lai noteiktu koksnes pelnu ieneses ietekmi uz zemsedzes veģetācijas sugu daudzveidību, sugu sastāvu un katras sugas projektīvo segumu, ņemot vērā kokaudzes parametrus, kokaugu LLI un augsnes parametrus. Iegūt datu masīvu, to statistiski analizēt izdarot secinājumus.	Pētījuma rezultāti apkopoti pārskata nodaļās "Mēslojuma ietekme uz zemsedzes veģetāciju" un "Lapu laukuma indeksa mērījumi".
3.8	Veikt DCA ordināciju, integrējot tajā augsnes ķīmiskos parametrus, kā arī, balstoties uz augu stratēģijām, veikt augu sastāva analīzi.	Pētījuma rezultāti apkopoti pārskata nodaļās "Mēslojuma ietekme uz zemsedzes veģetāciju".
4	Kombinētā slāpekļa un koksnes pelnu augsnes ielabošanas līdzekļu saimnieciskā efekta un ietekmes uz vidi izpēte meliorētajos meža tipos vidēja vecuma skujkoku un bērza audzēs	
4.1	Veikt 2019. un 2020. gadā ievākto zemsegas un augsnes paraugu analīzes, nosakot: augsnes blīvumu; granulometrisko sastāvu; pH; $CaCO_3$; $C_{org.}$; $N_{kop.}$; slāpekļskābē ekstrahējamais P, K, Ca un Mg.	Augsnes analīžu rezultāti apkopoti etapa pārskata nodaļā "Augsnes ķīmiskās un fizikālās īpašības" un pārskata pielikumos.
4.2	Veikt ievākto ūdens paraugu skuju, lapu, augsnes un zemsegas ķīmisko analīžu, augsnes granulometriskā sastāva un blīvuma datu apstrādi, statistisku datu analīzi un korelatīvo saišu analīzi un sagatavot secinājumus.	Rezultāti apkopoti etapa pārskata nodaļās "Ķīmisko elementu saturs koku skujās un lapās", "Ķīmisko elementu saturs zemsegā", "Augsnes ķīmiskās un fizikālās īpašības" un "Augsnes ūdens ķīmiskās īpašības".
4.3	Veikt datu apkopojumu datu masīvā, veikt datu statistisku analīzi un izdarīt zinātniski pamatotus secinājumus.	Rezultāti apkopoti etapa pārskata nodaļās "Ķīmisko elementu saturs koku skujās un lapās", "Ķīmisko elementu saturs zemsegā", "Augsnes ķīmiskās un fizikālās īpašības" un "Augsnes ūdens ķīmiskās īpašības".
4.4	Vērtēt atšķirības starp mežaudzēm kontroles platībās un parauglaukumos, kur izkliedēti augsnes ielabošanas līdzekļi, izmantojot tālizpētes metodes. Datu masīva sagatavošana, datu statistiska analīze un attālās izpētes metožu pielietošanas iespēju izvērtējums, veicot augsnes ielabošanas ietekmes monitoringu.	Rezultāti apkopoti noslēguma pārskatā.
4.5	Veikt 2018. un 2019. gadā veikto LLI mērījumu datu padziļinātu funkcionālu un statistisku analīzi, nepieciešamības gadījumā veicot papildus LLI uzmērījumus, lai novērtētu koku vainagu izmaiņas pēc augsnes ielabošanas, noskaidrojot, vai pastāv statistiski būtiskas atšķirības starp LLI vērtībām kontroles platībās un parauglaukumos, kur izkliedēti augsnes ielabošanas līdzekļi.	Pētījuma rezultāti apkopoti pārskata nodaļā "Lapu laukuma indeksa mērījumi", kā arī noslēguma pārskatā.
4.6	Novērtēt augsnes ielabošanas ietekmi uz koku vainagiem, atkarībā no meža tipa, veicot fotosintētiskās aktivitātes mērījumu rezultātu analīzi un vērtējumā integrējot augsnes ķīmiskā sastāva parametrus un radiālā pieauguma mērījumus. Izveidot datu masīvu, veikt datu statistisku analīzi un sagatavot secinājumus.	Pētījuma rezultāti apkopoti noslēguma pārskatā.

N.p.k.	Darba uzdevums	Izpildes progress
4.7	Analizēt veģetācijas datus, lai noteiktu koksnes pelnu ieneses ietekmi uz zemsedzes veģetācijas sugu daudzveidību, sugu sastāvu un katras sugas projektīvo segumu, ņemot vērā kokaudzes parametrus, kokaugu LLI un augsnes parametrus. Iegūt datu masīvu, to statistiski analizēt un sagatavot secinājumus.	Pētījuma rezultāti apkopoti pārskata nodaļās "Mēslojuma ietekme uz zemsedzes veģetāciju" un "Lapu laukuma indeksa mērījumi".
4.8	Veikt DCA ordināciju, integrējot tajā augsnes ķīmiskos parametrus, kā arī, balstoties uz augu stratēģijām, veikt augu sastāva analīzi.	Pētījuma rezultāti apkopoti pārskata nodaļā "Mēslojuma ietekme uz zemsedzes veģetāciju"
5	Ātraudzīgo un perspektīvo introducēto koku sugu papildus krājas pieauguma novērtējums, veicot augsnes ielabošanu ar slāpekli un koksnes pelniem	
5.1	Novērtēt izstrādātās kūdras atradnes rekultivācijas sekmes, papeļu stādījumu ieaugšanās sekmes un augšanas gaitu, atkarībā no ienestās koksnes pelnu pamatmēslojuma devas.	Pētījuma rezultāti apkopoti pētījuma faktu lapā "Ātraudzīgo koku stādījumi marginālās platībās", kā arī pētījuma ietvaros sagatavotajā monogrāfijā.
5.2	LIFE REstore ierīkotajos izstrādāto kūdras atradņu apmežojumu izmēģinājumos veikt SEG emisiju monitoringu, sekojot līdzi koku augšanas gaitai un veģetācijas attīstībai, novērtēt pelnu ietekmi uz SEG emisijām un CO2 piesaisti.	Pētījuma rezultāti apkopoti pētījuma ietvaros sagatavotajā monogrāfijā.
5.3	Veikt 2019. un 2020. gadā ievākto augsnes paraugu analīzes, nosakot: augsnes blīvumu; granulometrisko sastāvu; pH; $CaCO_3$; $C_{org.}$; $N_{kop.}$; slāpekļskābē ekstrahējamais P, K, Ca un Mg.	Augsnes analīžu rezultāti apkopoti etapa pārskata nodaļā "Augsnes ķīmiskās un fizikālās īpašības" un pārskata pielikumos.
5.4	Veikt ievākto ūdens paraugu, skuju, lapu, augsnes un zemsegas ķīmisko analīžu, augsnes granulometriskā sastāva un blīvuma datu apstrādi, statistisku datu analīzi, korelatīvo saišu analīzi un izstrādāt secinājumus.	Rezultāti apkopoti etapa pārskata nodaļās "Ķīmisko elementu saturs koku skujās un lapās", "Ķīmisko elementu saturs zemsegā", "Augsnes ķīmiskās un fizikālās īpašības" un "Augsnes ūdens ķīmiskās īpašības".
5.5	Veikt datu apkopojumu datu masīvā, veikt datu statistisku analīzi un izdarīt zinātniski pamatotus secinājumus.	Rezultāti apkopoti etapa pārskata nodaļās "Ķīmisko elementu saturs koku skujās un lapās", "Ķīmisko elementu saturs zemsegā", "Augsnes ķīmiskās un fizikālās īpašības" un "Augsnes ūdens ķīmiskās īpašības".
5.6	Vērtēt atšķirības starp mežaudzēm kontroles platībās un parauglaukumos, kur izkliedēti augsnes ielabošanas līdzekļi, izmantojot tālizpētes metodes. Datu masīva sagatavošana, datu statistiska analīze un secinājumi.	Pētījuma rezultāti apkopoti noslēguma pārskatā un pētījuma ietvaros sagatavotajā monogrāfijā.
5.7	Veikt 2018. un 2019. gadā veikto LLI mērījumu datu padziļinātu funkcionālu un statistisku analīzi, nepieciešamības gadījumā veicot papildus LLI uzmērījumus, lai novērtētu koku vainagu izmaiņas pēc augsnes ielabošanas ar koksnes pelniem, noskaidrojot, vai pastāv statistiski būtiskas atšķirības starp LLI vērtībām kontroles platībās un parauglaukumos, kur izkliedēti augsnes ielabošanas līdzekļi.	Pētījuma rezultāti apkopoti pārskata nodaļā "Lapu laukuma indeksa mērījumi", kā arī noslēguma pārskatā.

N.p.k.	Darba uzdevums	Izpildes progress
5.8	Novērtēt augsnes ielabošanas ietekmi uz koku vainagiem, atkarībā no meža tipa, veicot fotosintētiskās aktivitātes mērījumu rezultātu analīzi, vērtējumā integrējot augsnes ķīmiskā sastāva parametrus un radiālā pieauguma mērījumus. Izveidot datu masīvu, veikt datu statistisku analīzi un sagatavot secinājumus.	Pētījuma rezultāti apkopoti noslēguma pārskatā. Tikai šajās plantācijās konstatēta sakarība starp fotosintēzi un mēslojuma ienesi.
5.9	Analizēt veģetācijas datus, lai noteiktu mēslojuma ieneses ietekmi uz zemsedzes veģetācijas sugu daudzveidību, sugu sastāvu un katras sugas projektīvo segumu, ņemot vērā kokaudzes parametrus, kokaugu LLI un augsnes parametrus. Iegūt datu masīvu, to statistiski analizēt un sagatavot secinājumus	Pētījuma rezultāti apkopoti pārskata nodaļās "Mēslojuma ietekme uz zemsedzes veģetāciju" un "Lapu laukuma indeksa mērījumi".
5.10	Veikt DCA ordināciju, integrējot tajā augsnes ķīmiskos parametrus, kā arī, balstoties uz augu stratēģijām, veikt augu sastāva analīzi.	Pētījuma rezultāti apkopoti pārskata nodaļā "Mēslojuma ietekme uz zemsedzes veģetāciju"
6	Komplekss ietekmes uz ūdeņu ekoloģisko kvalitāti novērtējums	
6.1	Veikt 2019. un 2020. gadā ievākto augsnes paraugu analīzes, nosakot: augsnes blīvumu; granulometrisko sastāvu; pH; $CaCO_3$; $C_{org.}$; $N_{kop.}$; slāpekļskābē ekstrahējamais P, K, Ca un Mg.	Augsnes analīžu rezultāti apkopoti etapa pārskata nodaļā "Augsnes ķīmiskās un fizikālās īpašības" un pārskata pielikumos.
6.2	Veikt ievākto ūdens, skuju, lapu, augsnes un zemsegas paraugu ķīmisko analīžu, augsnes granulometriskā sastāva un blīvumu datu apstrādi, statistisku datu analīzi, korelatīvo saišu analīzi un sagatavot secinājumus.	Rezultāti apkopoti etapa pārskata nodaļās "Ķīmisko elementu saturs koku skujās un lapās", "Ķīmisko elementu saturs zemsegā", "Augsnes ķīmiskās un fizikālās īpašības" un "Augsnes ūdens ķīmiskās īpašības".
6.3	Veikt datu apkopojumu datu masīvā, veikt datu statistisku analīzi un sagatavot zinātniski pamatotus secinājumus.	Rezultāti apkopoti etapa pārskata nodaļās "Ķīmisko elementu saturs koku skujās un lapās", "Ķīmisko elementu saturs zemsegā", "Augsnes ķīmiskās un fizikālās īpašības" un "Augsnes ūdens ķīmiskās īpašības".
6.4	Vērtēt atšķirības starp mežaudzēm kontroles platībās un parauglaukumos, kur izkliedēti augsnes ielabošanas līdzekļi, izmantojot tālizpētes metodes. Datu masīva sagatavošana, datu statistiska analīze un izvērtējums, konstatētās atšķirības ir parametriski jānovērtē skaitliskās izteiksmēs.	Rezultāti apkopoti etapa pārskata nodaļā "Radiālā pieauguma mērījumu rezultāti".
6.5	Veikt 2018. un 2019. gadā veikto LLI mērījumu datu padziļinātu funkcionālu un statistisku analīzi, nepieciešamības gadījumā veicot papildus LLI uzmērījumus, lai novērtētu koku vainagu izmaiņas pēc augsnes ielabošanas, noskaidrojot, vai pastāv statistiski būtiskas atšķirības starp LLI vērtībām kontroles platībās un parauglaukumos, kur izkliedēti augsnes ielabošanas līdzekļi.	Pētījuma rezultāti apkopoti pārskata nodaļā "Lapu laukuma indeksa mērījumi", kā arī noslēguma pārskatā.

N.p.k.	Darba uzdevums	Izpildes progress
6.6	Novērtēt augsnes ielabošanas ietekmi uz koku vainagiem, atkarībā no meža tipa, veicot fotosintētiskās aktivitātes mērījumu rezultātu analīzi un vērtējumā integrējot augsnes ķīmiskā sastāva parametrus un radiālā pieauguma mērījumus. Izveidot datu masīvu, veikt datu statistisku analīzi un sagatavot secinājumus.	Pētījuma rezultāti apkopoti noslēguma pārskatā un pētījuma ietvaros sagatavotajā monogrāfijā.
6.7	Analizēt veģetācijas datus, lai noteiktu koksnes pelnu ieneses ietekmi uz zemsedzes veģetācijas sugu daudzveidību, sugu sastāvu un katras sugas projektīvo segumu, ņemot vērā kokaudzes parametrus, kokaugu LLI un augsnes parametrus. Iegūt datu masīvu, to statistiski analizēt un sagatavot secinājumus	Pētījuma rezultāti apkopoti pārskata nodaļās "Mēslojuma ietekme uz zemsedzes veģetāciju" un "Lapu laukuma indeksa mērījumi".
6.8	Veikt DCA ordināciju, integrējot tajā augsnes ķīmiskos parametrus, kā arī, balstoties uz augu stratēģijām, veikt augu sastāva analīzi.	Pētījuma rezultāti apkopoti pārskata nodaļā "Mēslojuma ietekme uz zemsedzes veģetāciju"
7	Publicitātes un sabiedrības informēšanas pasākumi	
7.1	Organizēt 2 zinātniskās misijas, kurās piedāvātas šādas tēmas: 1) Arginīna fosfāta mēslojuma ietekme uz priedes un egles stādu ikgadējiem pieaugumiem un briežu dzimtas dzīvnieku veikto apkodumu intensitāti; 2) mežizstrādes tehnikas datu izmantošana augsnes ielabošanas pasākumiem piemēroto audžu un augsnes ielabošanas līdzekļu devu noteikšanai.	Pētījuma ietvaros organizētas 2 zinātniskās misijas, taču sakarā ar intereses trūkumu no potenciālo izpildītāju puses, 2. misijas tēma mainīta uz "Skuju koku stādīšanas laikā papildus ienestā slāpekļa aprite (N izotopi) ielabošanas līdzeklī un stādā 2019., 2020. gada pieaugumos".
7.2	Sagatavot brošūru "Slāpekļa un koksnes pelnu piedevu izmantošana mežaudžu augšanas potenciāla saglabāšanai kūdreņos un āreņos"	Sagatavota viena atvēruma brošūra, kas satur praktisku informāciju par koksnes pelnu un slāpekļa izmantošanu meža mēslošanā. Brošūras projekts ar saturisko informāciju nodots pasūtītājam.
7.3	Sadarbība ar LVM pārstāvjiem sagatavot informatīvo materiālu par minerālo piedevu un koksnes pelnu izkliedēšanas pakalpojumu raksturu, iepirkumu organizāciju, prasībām tehnikai un darbu izpildes kvalitātei, kā arī vides aizsardzības pasākumiem.	Informācija iekļauta vadlīnijās "Vadlīnijas slāpekļa mēslojuma izmantošanai koku augšanas apstākļu uzlabošanai sausieņu meža tipos briestaudzēs" un "Vadlīnijas koksnes pelnu izmantošanai koku augšanas apstākļu uzlabošanai kūdreņos".
7.4	Sagatavot brošūru "Atkārtota samazinātu slāpekļa devu izmantošana jaunaudzēs un vidēja vecuma audzēs augšanas apstākļu uzlabošanas pasākumu ietekmes uz vidi mazināšanai".	Sagatavota viena atvēruma brošūra, kas satur praktisku informāciju par slāpekļa mēslojuma atkārtotu izmantošanu meža mēslošanā. Brošūras projekts ar saturisko informāciju nodots pasūtītājam.
7.5	Sagatavot brošūru "Augšanas apstākļu uzlabošanas pasākumi ātraudzīgo koku sugu stādījumos un plantāciju mežos".	Sagatavota viena atvēruma brošūra, kas satur praktisku informāciju par mēslojuma izmantošanu kokaugu stādījumos. Brošūras projekts ar saturisko informāciju nodots pasūtītājam.

N.p.k.	Darba uzdevums	Izpildes progress
7.6	Izveidot ilustrētu faktu lapu komplektu (5 faktu lapas), par pētījumu programmas laikā īstenotajām aktivitātēm: 1) ātraudzīgo un perspektīvo introducēto koku sugu papildus krājas pieauguma novērtējums, veicot augsnes ielabošanu ar slāpekli un/vai koksnes pelniem; 2) kombinētā slāpekļa un koksnes pelnu augsnes ielabošanas līdzekļu saimnieciskā efekta un ietekmes uz vidi meliorētajos meža tipos vidēja vecuma skujkoku un bērza audzēs; 3) dažādu slāpekļa augsnes ielabošanas līdzekļu devu saimnieciskais efekts un ietekme uz vidi skujkoku un bērza jaunaudzēs un vidēja vecuma audzēs, atkārtotu augsnes ielabošanas līdzekļu ienešanas nepieciešamības noteikšana; 4) slāpekļa saimnieciskais efekts un ietekme uz vidi skujkoku un bērza briestaudzēs; 5) koksnes pelnu pielietošanas koku augšanas apstākļu uzlabošanā tehniskie risinājumi saimnieciskais efekts un ietekme uz vidi.	Sagatavotas 6 faktu lapas: 1) Koksnes pelnu pielietošanas koku augšanas apstākļu uzlabošanā tehniskie risinājumi, saimnieciskais efekts un ietekme uz vidi; 2) Slāpekļa saimnieciskais efekts un ietekme uz vidi skujkoku un bērza briestaudzēs; 3) Dažādu slāpekli saturošu augsnes ielabošanas līdzekļu devu saimnieciskā efekta un ietekmes uz vidi izpēte skujkoku un bērza jaunaudzēs un vidēja vecuma audzēs, paredzot atkārtotu augsnes ielabošanas līdzekļu ienešanu; 4) Augsnes ielabošanas līdzekļu ietekmes uz ūdeņu ekoloģisko kvalitāti novērtējums; 5) Ātraudzīgo koku stādījumi marginālās platībās; 6) Kombinētā slāpekļa un koksnes pelnu augsnes ielabošanas līdzekļu saimnieciskā efekta un ietekmes uz vidi meliorētajos meža tipos vidēja vecuma skujkoku un bērza audzēs.
7.7	Sagatavot vismaz 1 televīzijas un 1 radio sižetu par koku augšanas apstākļu uzlabošanai aktuāliem jautājumiem.	Pētījuma rezultāti prezentēti vairākos televīzijas sižetos, kā arī sagatavots 15 min. garš video sižets par meža mēslošanas programmu. Visi video materiāli ir pieejami Youtube vietnē. Radio sižets aizstāts ar stundu ilgu podkāstu, kas pieejams LVMI Silava mājas lapā.
7.8	Sagatavot vismaz 1 rakstu populārajā presē.	2021. gadā sagatavots 1 populārzinātnisks raksts, plašāka informācija pieejama nodaļā "Publicitātes darbības 2021. gadā".
7.9	Organizēt vismaz 2 tematiskus vebinārus ieinteresētajām pusēm (AS "Latvijas valsts meži" mežsaimniecībām).	Ņemot vērā esošos un iepriekš spēkā bijušos ierobežojumus, atlikta 7.9. uzdevuma "Organizēt vismaz 2 tematiskus vebinārus ieinteresētajām pusēm (AS "Latvijas valsts meži" mežsaimniecībām)" izpilde, kuru īstenosim pēc LVM pieprasījuma, bez papildus atlīdzības, vienojoties par Pusēm pieņemamu laiku.

N.p.k.	Darba uzdevums	Izpildes progress
7.10	Sagatavosim projekta monogrāfiju par koku augšanas apstākļu uzlabošanas programmas rezultātiem.	Monogrāfija sagatavota un nodota recenzentam. Monogrāfijas melnraksts nodots pasūtītājam.
8	Sagatavot starpziņojumu.	Sagatavots projekta starpziņojums. un etapa pārskats.
9	Sagatavot noslēguma pārskatu.	Sagatavots pētījuma noslēguma pārskats.

1.1. Ķīmisko elementu saturs koku skujās un lapās

Koku vainaga materiāla jeb skuju un lapu ķīmiskā sastāva analīzes ļauj raksturot koka un audzes nodrošinājumu ar barības elementiem. To, cik efektīvi koki ir uzņēmuši izkliedēto mēslojumu, var vērtēt arī pēc skuju un lapu ķīmisko analīžu rezultātiem.

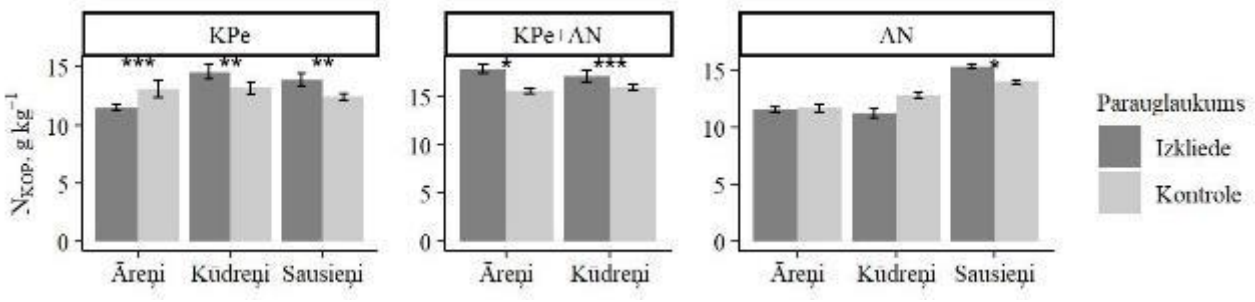
1.1.1. Oglekļa saturs skujās un lapās

Novērtējot vidējo kopējo oglekļa ($C_{kop.}$) koncentrāciju skujās pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas, nav konstatēta būtiska augsnes ielabošanas līdzekļu izmantošanas ietekme uz skuju un lapu ķīmisko sastāvu dažādos meža augšanas apstākļu tipos. Savukārt, egles audzē ārenī, kur izkliedēts amonija nitrāts, konstatēta lielāka $C_{kop.}$ koncentrācija skujās, attiecīgi, 504,80±2,92 g kg^{-1} mēslotajos un 497,47±1,15 g kg^{-1} kontroles parauglaukumos.

Līdzīgi arī kombinētu augsnes ielabošanas līdzekļu izmēģinājumu objektos kūdreņos un slāpekļa minerālmēslojuma objektos sausieņos nav konstatēta būtiska atšķirība starp kontroles un mēslotajiem parauglaukumiem. Savukārt, 2 bērza audzēs slapjajā damaksnī konstatēta lielāka C_{kop} koncentrācija bērza lapās parauglaukumos, kur izmantots amonija nitrāts, attiecīgi, 546,08±2,53 g kg^{-1} mēslotajos un 536,14±4,54 g kg^{-1} kontroles parauglaukumos.

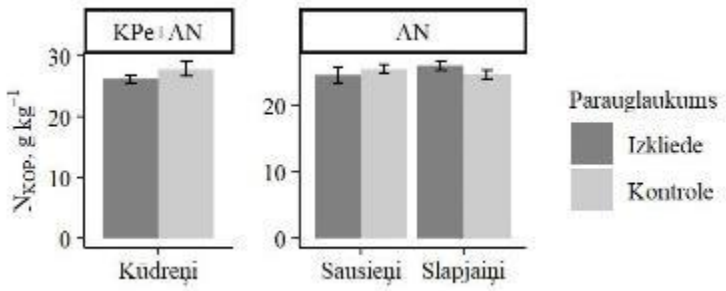
1.1.2. Slāpekļa saturs skujās un lapās

Att. 1 parādīta vidējā $N_{kop.}$ koncentrācija skujās pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas. Lielākoties, augsnes ielabošanas līdzekļu ietekme uz $N_{kop.}$ saturu skujās ir pozitīva, salīdzinot rezultātus dažādos meža augšanas apstākļu tipos. Koksnes pelnu izmēģinājumos sausieņos un kūdreņos konstatēts vidēji lielāks $N_{kop.}$ saturs skujās no mēslotajām platībām. To var saistīt ar koksnes pelnu veicinātu mikroorganismu aktivitāti, kas sadala organisko vielu un atbrīvo slāpekli augiem pieejamā formā. Nevar viennozīmīgi norādīt uz iemesliem, kādēļ āreņos ar koksnes pelniem mēslotajos parauglaukumos, kā arī āreņos un kūdreņos ar amonija nitrātu mēslotajos parauglaukumos ir mazāks $N_{kop.}$ saturs skujās. To var saistīt ar sākotnējām atšķirībām starp parauglaukumiem nodrošinājumā ar slāpekli, kā arī iepriekš veiktās saimnieciskās darbības ietekmi. Turpretim, parauglaukumos, kur pielietoti koksnes pelni un N mēslojums, konstatēts vidēji lielāks $N_{kop.}$ saturs skujās, ko var skaidrot ar koksnes pelnu izmantošanas rezultātā paātrinātu organiskās vielas sadalīšanos un slāpekļa satura palielināšanos augiem pieejamā formā, gan arī ar papildu slāpekļa ienesi mežaudzē. Savukārt, slāpekļa minerālmēslojuma izmēģinājumu objektos konstatēta būtiski lielāka $N_{kop.}$ koncentrācija skujās sausieņos – 15,34±0,18 g kg^{-1} un, attiecīgi, 14,01±0,15 g kg^{-1} kontroles parauglaukumos, kas norāda uz pozitīvu izkliedēto augsnes ielabošanas līdzekļu ietekmi uz audžu nodrošinājumu ar slāpekli.



Attēls 1. Kopējā slāpekļa koncentrācija ($N_{kop.}$, g kg^{-1}) egles un priedes skujās pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas[1]

Att. 2 parādīta vidējā $N_{kop.}$ koncentrācija lapās pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas. $N_{kop.}$ koncentrācija bērza lapās ir lielāka nekā skujās (att. 1). Kombinētu augsnes ielabošanas līdzekļu izmēģinājumu objektos kūdreņos un slāpekļa minerālmēslojuma izmēģinājumu objektos sausieņos nav konstatēta būtiska atšķirība kontroles un mēslotajos parauglaukumos, turklāt vietās, kur izmantoti koksnes pelni, konstatēts mazāks $N_{kop.}$ saturs lapās, salīdzinot ar kontroles parauglaukumiem. Savukārt, bērza audzēs slapjajā damaksnī konstatēta lielāka $N_{kop.}$ koncentrācija lapās no parauglaukumiem, kur izkliedēts slāpekļa minerālmēslojums. Vidējā $N_{kop.}$ koncentrācija parauglaukumos, kur izmantots mēslojums, ir 25,89±0,61 g kg^{-1} un 24,63±0,66 g kg^{-1} – kontroles parauglaukumos. Attiecīgi, var secināt, ka amonija nitrāta izmantošanai šajās bērza audzēs pozitīvi ietekmē nodrošinājumu ar slāpekli.



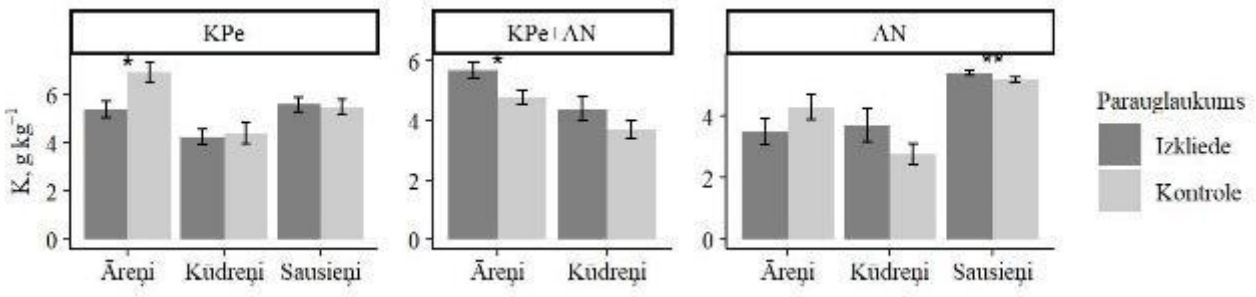
Attēls 2. Kopējā slāpekļa koncentrācija ($N_{kop.}$, g kg^{-1}) bērza lapās pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas[2]

1.1.3. Kālija, fosfora, kalcija un magnija saturs

Att. 3 parādīta vidējā K koncentrācija skujās. K ir viens no elementiem, ko satur koksnes pelni. Salīdzinot ar kontroles parauglaukumiem, vidēji lielāks K saturs ir platībās, kur izkliedēti koksnes pelni, sausieņos un platībās, kur izkliedēti koksnes pelni un N mēslojums, āreņos un kūdreņos. Līdzīgi, pētījumā par koksnes pelnu izmantošanu parastās priedes audzē ar kūdras augsnēm konstatēts koksnes pelnu efekts uz K deficīta mazināšanu līdz 9 gadiem pēc izkliedēšanas (Hytönen, 2003). Āreņos ir būtiskas atšķirības starp mēslotajiem un kontroles parauglaukumiem, kur vidējā K koncentrācija, attiecīgi, ir 5,69±0,25 g kg^{-1} un 4,80±0,23 g kg^{-1}. Nedaudz lielāks K saturs konstatēts arī skuju paraugos no ausieņiem, kur izkliedēts N minerālmēslojums.

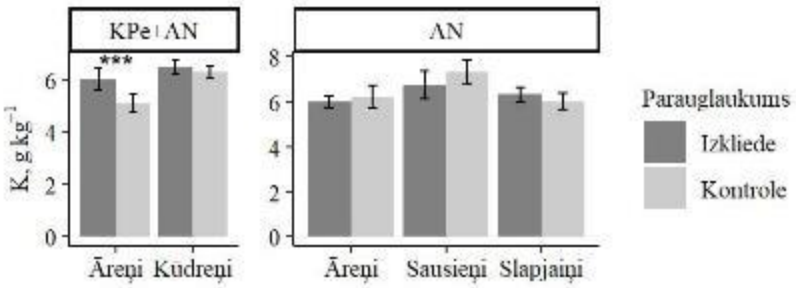
[1] KPe – koksnes pelni, KPe+AN – koksnes pelni un amonija nitrāts, AN – amonija nitrāts, statistiski būtiskas atšķirības starp parauglaukumiem: * $p < 0,01$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,1$

[2] KPe+AN – koksnes pelni un amonija nitrāts, AN – amonija nitrāts



Attēls 3. HNO_3 ekstrahējamā kālija koncentrācija (K, g kg^{-1}) egles un priedes skujās pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas[3]

Att. 4 norādīts vidējais K saturs bērza lapās. Līdzīgi kā K saturs skuju paraugos (att. 3), arī K saturs bērza lapu paraugos norāda uz labāku nodrošinājumu ar K platībās āreņos un kūdreņos, kur izkliedēts amonija nitrāts un koksnes pelni, kā arī platībās sausieņos, kur izkliedēts amonija nitrāts. Lielākoties K koncentrācija skuju vai lapu paraugos no mēslotajām platībām ir lielāka, nekā paraugos no kontroles platībām. Tas skaidrojams ar to, ka K ir mobilāks elements nekā Ca, Mg vai P, kas ātrāk atbrīvojas no izkliedētajiem pelniem (Karltun u.c., 2008). Neapstrādāti koksnes pelni gada laikā pēc izkliedēšanas atbrīvo 50-60% no sastāvā esošā K (Pitman, 2006), attiecīgi, koksnes pelni primāri ieteicami audzēm ar K deficītu, kaut gan tie der arī citu elementu deficīta novēršanai.

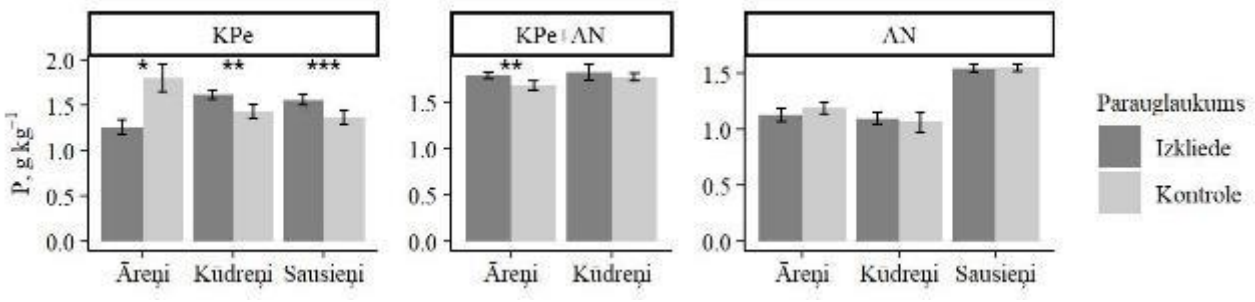


Attēls 4. HNO_3 ekstrahējamā kālija koncentrācija (K, g kg^{-1}) bērza lapās pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas[4]

Att. 5 parādīta vidējā P koncentrācija skujās. P ir mazāka šķīdība, nekā citiem elementiem, un, izkliedējot mežaudzē koksnes pelnus, augi P uzņem salīdzinoši lēnāk (Karltun u.c., 2008). Tomēr visās koksnes pelnu un kombinētās augsnes ielabošanas līdzekļu ieneses parauglaukumos ir lielāks P saturs skujās, salīdzinot ar skujām no kontroles parauglaukumiem, izņemot koksnes pelnu izmēģinājuma objektos āreņos. Lai arī P saturs koksnes pelnos ir mazāks nekā K saturs, pelnus iesaka izkliedēt skuju koku audzēs uz kūdras augsnēm, nodrošinot papildus P ienesei (Hytönen, 2003). Fosfora, līdzīgi kā K, saturs skujās ir būtiski lielāks parauglaukumos, kur izkliedēti koksnes pelni un amonija nitrāts, kas apstiprina līdzīga pētījuma rezultātus, kur norādīts, ka audzes augšanas gaitu ietekmē N saturs, un, ja pat K un P saturs skujās nav optimāls, tie var nebūt augšanu limitējošie elementi (Jacobson, 2003).

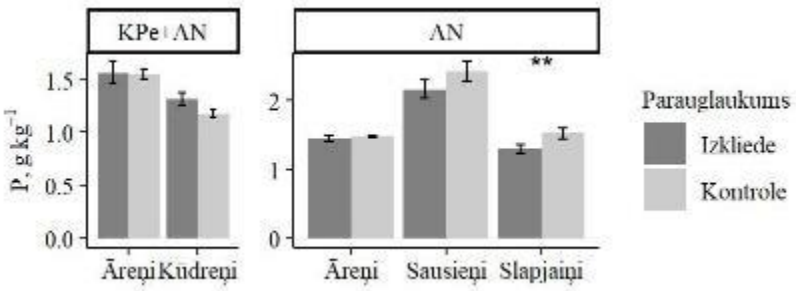
[3] KPe – koksnes pelni, KPe+AN – koksnes pelni un amonija nitrāts, AN – amonija nitrāts, statistiski būtiskas atšķirības starp parauglaukumiem: * $p < 0,01$; ** $p < 0,05$

[4] KPe+AN – koksnes pelni un amonija nitrāts, AN – amonija nitrāts, statistiski būtiskas atšķirības starp parauglaukumiem: *** $p < 0,1$



Attēls 5. HNO_3 ekstrahējamā fosfora koncentrācija (P, g kg^{-1}) egles un priedes skujās pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas[5]

Att. 6 norādīts vidējais P saturs lapās. Parauglaukumos kūdreņos un āreņos, kur izkliedēti koksnes pelni un amonija nitrāts, konstatēta nedaudz lielāka P koncentrācija bērza lapās, salīdzinot ar kontroli. Atšķirības starp parauglaukumiem, lai arī nelielas, var skaidrot ar koksnes pelnu pozitīvo ietekmi.

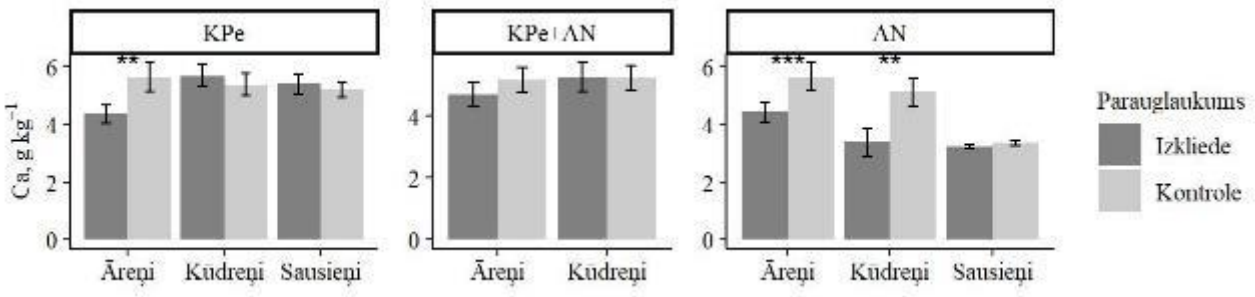


Attēls 6. HNO_3 ekstrahējamā fosfora koncentrācija (P, g kg^{-1}) bērza lapās pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas[6]

Att. 7 norādīts vidējais Ca saturs skuju paraugos. Ca ir viens no elementiem, kura deficītu audzē kompensē, izkliedējot koksnes pelnus. Parauglaukumos kūdreņos un sausieņos, kur izkliedēti koksnes pelni, konstatēts nedaudz lielāks Ca saturs skujās. Lai arī atšķirības Ca koncentrācijā starp kontroles un mēslotajām platībām ir nelielas, to var saistīt ar pozitīvu koksnes pelnu izmantošanas ietekmi, lai mazinātu Ca deficīta risku mežaudzēs. Pētījumā par koksnes pelnu izmantošanu skuju koku audzēs uz minerālaugsnēm secināts, ka pelnu ienese mazina Ca un citu elementu deficītu, tomēr norādīts, ka arī slāpekļa deficīts var ietekmēt augšanas gaitu (Jacobson, 2003).

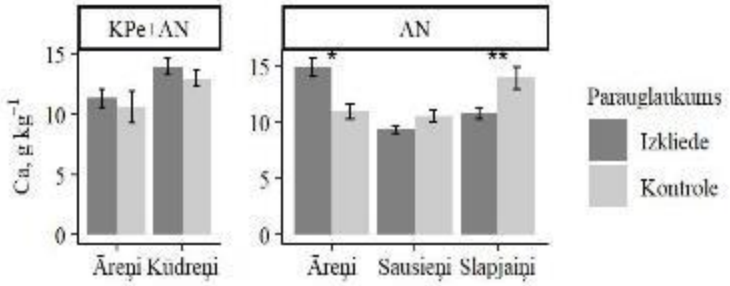
[5] KPe – koksnes pelni, KPe+AN – koksnes pelni un amonija nitrāts, AN – amonija nitrāts, statistiski būtiskas atšķirības starp parauglaukumiem: * $p < 0,01$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,1$

[6] KPe+AN – koksnes pelni un amonija nitrāts, AN – amonija nitrāts, statistiski būtiskas atšķirības starp parauglaukumiem: ** $p < 0,05$



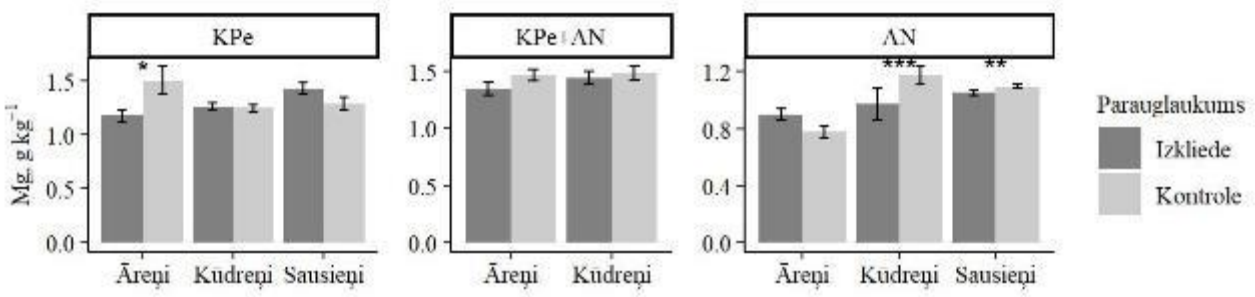
Attēls 7. HNO_3 ekstrahējamā kalcija koncentrācija (Ca, g kg^{-1}) egles un priedes skujās pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas[7]

Att. 8 norādīts vidējais Ca saturs lapu paraugos. Platībās, kur izkliedēti koksnes pelni un amonija nitrāts, nav konstatēts Ca satura pieaugums bērza lapās.



Attēls 8. HNO_3 ekstrahējamā kalcija koncentrācija (Ca, g kg^{-1}) bērza lapās pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas[8]

Att. 9 norādīts vidējais Mg saturs skuju paraugos. Koksnes pelnu izmēģinājumu objektos kūdreņos un sausieņos ir vidēji lielāka Mg koncentrācija skujās no mēslotajiem parauglaukumiem, ko var saistīt ar koksnes pelnu izmantošanas ietekmi uz Mg satura palielināšanos. Pretēji sagaidītajiem rezultātiem, parauglaukumos, kur izmantoti koksnes pelni un amonija nitrāts, konstatēta vidēji mazāka Mg koncentrācija, salīdzinot ar kontroles parauglaukumiem.



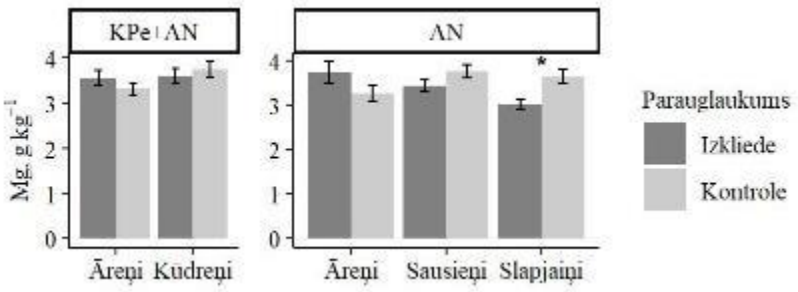
Attēls 9. HNO_3 ekstrahējamā magnija koncentrācija (Mg, g kg^{-1}) egles un priedes skujās pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas[9]

[7] KPe – koksnes pelni, KPe+AN – koksnes pelni un amonija nitrāts, AN – amonija nitrāts, statistiski būtiskas atšķirības starp parauglaukumiem: ** $p < 0,05$; *** $p < 0,1$

[8] KPe+AN – koksnes pelni un amonija nitrāts, AN – amonija nitrāts, statistiski būtiskas atšķirības starp parauglaukumiem: * $p < 0,01$; ** $p < 0,05$

[9] KPe – koksnes pelni, KPe+AN – koksnes pelni un amonija nitrāts, AN – amonija nitrāts, statistiski būtiskas atšķirības starp parauglaukumiem: * $p < 0,01$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,1$

Att. 10 norādīts vidējais Mg saturs lapu paraugos. Jānorāda, ka atšķirības Mg saturā lapās un skujās ietekmē vieta koku vainagā, t.i., novietojums pret debespusi, no kuras ņemti lapu vai skuju paraugi. Mg ietilpst hlorofila sastāvā, kas ir molekula, kas iesaistīta fotosintēzes procesā. Savukārt, fotosintēze ir atkarīga no gaismas intensitātes (Leegood, 2013). Attiecīgi, ar to var daļēji izskaidrot to, kādēļ parauglaukumos, kur izkliedēti koksnes pelni, ne vienmēr konstatēta lielāka Mg koncentrācija skujās un lapās, pieņemot, ka skuju paraugi ievākti no atšķirīgām ekspozīcijām. Turklāt skuju un lapu paraugu ievākšana veikta tā, lai samazinātu iespējamos bojājumus kokiem.



Attēls 10. HNO_3 ekstrahējamā magnija koncentrācija (Mg, g kg^{-1}) bērza lapās pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas[10]

Jānorāda, ka būtiskas atšķirības iegūtajos rezultātos koksnes pelnu izmēģinājumu objektos āreņos (att. 1, 3, 5, 7 un 9). To iespējams var skaidrot ar sākotnējām atšķirībām starp parauglaukumiem koku vitalitātē un nodrošinājumā ar barības elementiem.

1.1.4. Kopsavilkums par mēslojuma ietekmi uz elementu saturu skujās un lapās

Augsnes ielabošanas līdzekļu izmantošanai mežā lielākoties ir pozitīva ietekme uz elementu satura palielināšanos skujās un lapās, vērtējot vidējās elementu koncentrācijas atbilstoši izkliedētajam augsnes ielabošanas līdzekļa veidam un meža augšanas apstākļu tipam. Vērtējot katru izpētes objektu atsevišķi, iegūtie rezultāti var atšķirties. Konstatēts, ka koksnes pelni, izkliedēti tīrā veidā vai papildus N minerālmēslojumam, skuju koku audzēs uz meliorētām augsnēm un sausieņos var palielināt slāpekļa saturu skujās. Savukārt, mežos uz meliorētām augsnēm, kur ienesti kombinēti augsnes ielabošanas līdzekļi, ir lielāks K un P saturs skujās un lapās. Bet kūdreņos un sausieņos, kur izmantoti tikai koksnes pelni, konstatēta lielāka P koncentrācija skujās. Jāveic atkārtota skuju un lapu materiāla ievākšanu, lai novērtētu, vai izmainījies audžu nodrošinājums ar barības elementiem, sevišķi P, kas salīdzinoši lēnāk atbrīvojas no koksnes pelniem, nekā K, Ca un Mg.Amonija nitrāta izmantošana ir palielinājusi nodrošinājumu ar slāpekli bērza audzēm slapjaiņos un skuju koku audzēs sausieņos, kā arī, to izkliedējot kopā ar koksnes pelniem, slāpekļa saturs pieaudzis skujās arī meliorētos mežos. Elementu saturs skujās un lapās norāda uz audzes nodrošinājumu ar elementiem, tāpēc svarīgi novērot, cik ilgi pēc N minerālmēslojuma izmantošanas izkliedes parauglaukumos saglabājas salīdzinoši lielāks $N_{kop.}$ saturs skujās vai lapās nekā paraugos no audzes daļas, kas nav mēslota. Tāpat arī, atkārtota skuju un lapu paraugu ievākšana parādīs, cik ilgi koksnes pelnu izkliedes platībās saglabājas lielāks Ca un K saturs, salīdzinot ar kontroles parauglaukumiem, un pēc cik ilga laika P (lēnāk atbrīvojas no pelniem) koncentrācija palielināsies skujās un lapās, norādot uz šī elementa iesaistīšanos vielu apritē. Lapu un skuju atkārtotas analīzes norādīs arī uz to, vai ilgākā

[10] KPe+AN – koksnes pelni un amonija nitrāts, AN – amonija nitrāts, statistiski būtiskas atšķirības starp parauglaukumiem: * $p < 0,01$

laikā augšanas gaitu mēslotajās platībās nerobežo sākotnēji neidentificēts elementu trūkums, piemēram, ar N mēslotās platībās, palielinoties pieaugumam, var izpausties P trūkums, kas var samazināt kumulatīvo papildpieaugumu mēslojuma ietekmē. Gadījumā, ja atkārtotu paraugu ievākšanu neveic, mēslojuma kumulatīvo efektu var novērtēt pēc koku pieauguma, taču šī informācija vien neizskaidros papildpieauguma atšķirības, kas saistītas ar barības vielu pieejamības izmaiņām. Veicot skuju un lapu paraugu ievākšanu atkārtotu vienlaicīgi ar radiālā pieauguma paraugu ievākšanu, nākotnē nodrošināsim kompleksu mēslošanas līdzekļu izmantošanas ilgtermiņa ietekmes novērtējumu. Nākamajā pētījuma periodā (2022.-2030. gads) ieteicams paraugus ievākt vismaz 2 reizes, tajā skaitā 1 reizi pirms atjaunošanas cirtes veikšanas.

1.2. Ķīmisko elementu saturs zemsegā

1.2.1. $C_{kop.}$ un $N_{kop.}$ uzkrājums zemsegā

Elementa uzkrājums zemsegā atkarīgs no elementa koncentrācijas, zemsegas slāņa biezuma un blīvuma. Mežiem ir nozīmīga loma oglekļa piesaistē. Oglekļa uzkrājumu zemsegā var mainīt, piemēram, zemsegas slāņa degšana. Vidējais oglekļa uzkrājums zemsegā vecās priedes audzēs Latvijā novērtēts 15,2±7,1 t ha^{-1}, t.i. 5% apmērā no kopējā uzkrājuma meža ekosistēmā (Ķēniņa u.c., 2019). Atbilstoši pētījuma programmas Biosoil rezultātiem, vidējais organiskā oglekļa saturs Latvijas mežu zemsegā ir 21 t ha^{-1} (Bārdule u.c., 2009). Eiropas mežos vidējais oglekļa uzkrājums zemsegā novērtēts 22,1 t ha^{-1} apmērā (De Vos u.c., 2015). Savukārt, papildus slāpekļa minerālmēslojuma ienese, var mainīt slāpekļa uzkrājumu zemsegā un ietekmēt zemsegas mineralizācijas ātrumu, palielinot tajā uzkrāto barības vielu pieejamību kokaugiem. Savukārt, Somijas dienvidos boreālajā mežaudzē $N_{kop.}$ uzkrājums zemsegā novērtēts ap 710 kg ha^{-1} (Korhonen u.c., 2013).

Vērtējot rezultātus atbilstoši izmantotajam augsnes ielabošanas līdzeklim un meža augšanas apstākļu tipam (tab. 2), lielākajā daļā ar koksnes pelniem mēsloto platību ir mazāks C un N uzkrājums zemsegā; savukārt, ar amonija nitrātu mēslotajās platībās ir lielāks slāpekļa uzkrājums zemsegā. Ar amonija nitrātu mēslotajās platībās kūdreņos ir būtiski lielāks C ($p < 0,05$) un N ($p < 0,1$) uzkrājums zemsegā; savukārt, platībās kūdreņos, kur izmantoti koksnes pelni un amonija nitrāts, konstatēts būtiski lielāks slāpekļa uzkrājums ($p < 0,05$), salīdzinot ar kontroles platībām.

Tabula 2. Kopējā oglekļa ($C_{kop.}$, t ha^{-1}) un kopējā slāpekļa ($N_{kop.}$, kg ha^{-1}) uzkrājums zemsegā[11]

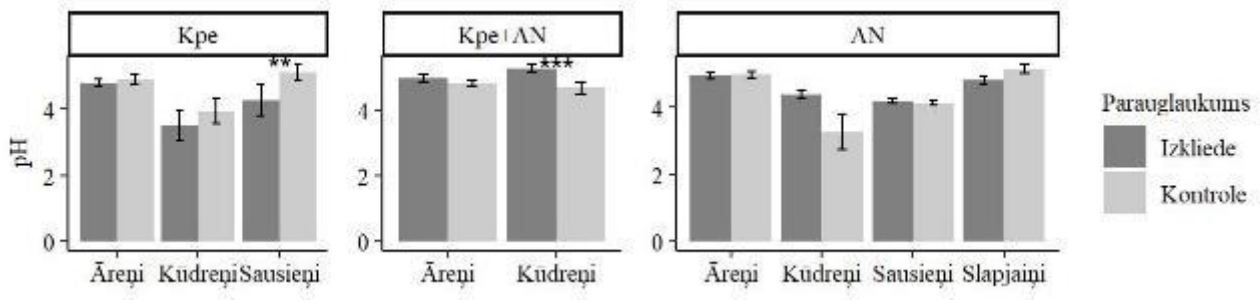
Izmēģinājumi	Meža augšanas apstākļi	Parauglaukums	$C_{kop.}$. t ha^{-1}	$N_{kop.}$. kg ha^{-1}
Koksnes pelni	Sausieņi	Kontrole	11,09±3,41	368,21±112,92
		Izkliede	7,44±1,46	225,93±38,97
	Āreņi	Kontrole	10,44±1,72	395,41±63,46
		Izkliede	10,95±1,00	388,78±34,45
	Kūdreņi	Kontrole	13,20±1,59	441,98±48,27
		Izkliede	11,31±0,98	405,60±36,68
	Āreņi	Kontrole	10,58±0,96	392,88±42.53

[11] statistiski būtiskas atšķirības starp parauglaukumiem: ** $p < 0,05$; *** $p < 0,1$

Izmēģinājumi	Meža augšanas apstākļi	Parauglaukums	$C_{kop.}$. t ha^{-1}	$N_{kop.}$. kg ha^{-1}
Koksnes pelni un amonija nitrāts		Izkliede	9,99±1,04	363,15±36,30
	Kūdreņi	Kontrole	15,51±2,01	531,40±50,22
		Izkliede	13,86±1,63	542,66±53,69
Amonija nitrāts	Sausieņi	Kontrole	11,38±0,58	309,65±16,04**
		Izkliede	10,97±0,46	330,72±15,03**
	Slapjaiņi	Kontrole	7,20±1,29	299,51±55,54
		Izkliede	8,08±1,54	337,79±70,97
	Āreņi	Kontrole	8,11±0,98	335,10±37,78
		Izkliede	7,98±0,84	333,08±34,88
	Kūdreņi	Kontrole	7,42±1,21**	311,74±38,81***
		Izkliede	9,59±0,80**	416,71±50,09***

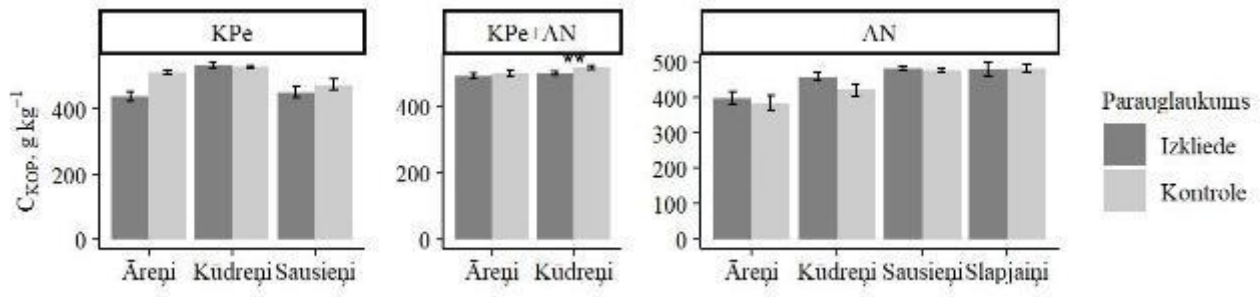
1.2.2. Zemsegas pH, $C_{kop.}$, $N_{kop.}$, HNO_3 ekstrahējamo metālu K, Ca, Mg un P saturs

Zemsegas vidējā pH vērtība atkarībā no izkliedētā līdzekļa, meža augšanas apstākļu tipa un parauglaukuma veida apkopota att. 11. Koksnes pelnu izmēģinājuma objektos ieneses parauglaukumos konstatēta mazāka zemsegas vidējā pH vērtība, salīdzinot ar kontroles laukumiem, kaut arī pelni ir bāzisks materiāls. Sausieņos, koksnes pelnu ieneses parauglaukumos, zemsegas pH ir 4,27±0,46, bet kontroles platībās 5,11±0,22 ($p < 0,05$). Savukārt, platībās, kur izkliedēts amonija nitrāts un koksnes pelni, konstatēta lielāka zemsegas pH vērtība, nekā to pašu objektu kontroles platībās. Piemēram, parauglaukumos kūdreņos, kur izmantoti koksnes pelni un amonija nitrāts, pH ir 5,26±0,11, bet kontroles parauglaukumos – 4,67±0,20 ($p < 0,1$). N minerālmēslojuma izmēģinājumu audzēs nav konstatēta sistemātiska ietekme uz zemsegas pH vērtību. Izteiktākas atšķirības novērotas kūdreņos, kur mēslotajos parauglaukumos pH ir vidēji 4,39±0,12 (n=10), bet kontroles – 4,14±0,07 (n=10). Salīdzinoši nelielā paraugu skaita dēļ, kopskaitā 20, nevar viennozīmīgi secināt par būtisku amonija nitrāta ietekmi uz zemsegas pH. Salīdzinot vidējo pH vērtību sausieņos (Mr, Ln, Dm, Vr), šajās mežaudzēs konstatēta vidēji lielāka zemsegas pH vērtība, nekā Biosoil demonstrācijas objektos attiecīgos meža tipos, kur vidējais zemsegas pH ir 3,55. Arī āreņos (Am, As) un kūdreņos (Km, Ks, Kp) konstatēta lielāka zemsegas pH vērtība, nekā Biosoil objektos, kur vidējais zemsegas pH, attiecīgi, ir 3,59 un 3,55.



Attēls 11. Zemsegas vidējā pH vērtība 1-5 gadus pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas[12]

Vidējā $C_{kop.}$ koncentrācija zemsegā atkarībā no izkliedētā mēslojuma, meža augšanas apstākļu tipa un parauglaukuma veida apkopota att. 12. Koksnes pelnu ieneses platībās vidējā $C_{kop.}$ koncentrācija zemsegā lielākoties ir nedaudz mazāka nekā kontroles platībās. Koksnes pelni veicina mikroorganismu aktivitāti, kas sadala organiskās vielas. Attiecībā par koksnes pelnu izmantošanas ietekmi mežaudzēs uz CO_2 emisijām, literatūrā atrodamas pretrunīgas atziņas. Ir ziņots par nelielu CO_2 emisiju palielināšanos (Maljanen u.c., 2006; Zimmermann & Frey, 2002), samazināšanos (Klemedtsson u.c., 2010; Maljanen u.c., 2006) vai arī ietekme uz CO_2 emisijām nav konstatēta (Maljanen u.c., 2006). N pieejamība ietekmē koku augšanu, nobiru veidošanos, organiskās vielas sadalīšanos, kas, savukārt, ietekmē C uzkrājumu meža augsnē. N ieneses caur slāpekli saistošo veģetāciju, mēslošanu un atmosfēras ieneses rezultātā nedaudz palielinās augsnes oglekļa saturs, bet ietekme uz zemsegu nav konstatēta (Nave u.c., 2009). Salīdzinot vidējo oglekļa saturu zemsegā ar Biosoil rezultātiem, noteiktā oglekļa koncentrācija atbilstoši edafiskajai rindai ir līdzīgi, kā šajos pētījuma izmēģinājumu objektos, āreņos 409,42 g kg^{-1} un kūdreņos 466,21 g kg^{-1}. Bet pētījuma izmēģinājuma audzēs Dms un sausieņos ir lielāks oglekļa saturs zemsegā, nekā Biosoil demonstrācijas objektos, kur C koncentrācija, attiecīgi, ir 428,73 g kg^{-1} un 355,00 g kg^{-1}.



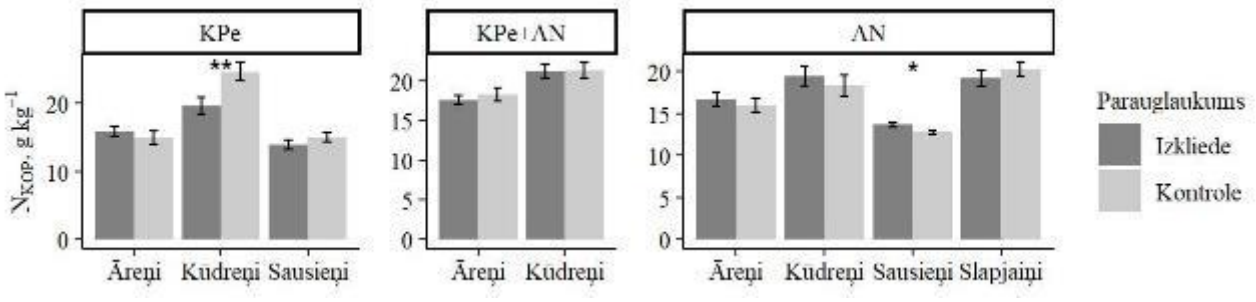
Attēls 12. Vidējā kopējā oglekļa koncentrācija ($C_{kop.}$, g kg^{-1}) zemsegā 1-5 gadus pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas[13]

Vidējā $N_{kop.}$ koncentrācija zemsegā atkarībā no izkliedētā mēslojuma, meža augšanas apstākļu tipa un parauglaukuma veida apkopota att. 13. Parauglaukumos kūdreņos, kur izkliedēti koksnes pelni, $N_{kop.}$ koncentrācija ir 19,55±1,26 g kg^{-1}, bet kontroles parauglaukumos – 24,57±1,36 g kg^{-1} ($p < 0,05$). Nedaudz mazāka $N_{kop.}$ koncentrācija zemsegā konstatēta arī koksnes pelnu ieneses parauglaukumos sausieņos. Platībās, kur izkliedēti koksnes pelni un amonija nitrāts,

[12] KPe – koksnes pelni, KPe+AN – koksnes pelni un amonija nitrāts, AN – amonija nitrāts, statistiski būtiskas atšķirības starp parauglaukumiem: ** $p < 0,05$; *** $p < 0,1$

[13] KPe – koksnes pelni, KPe+AN – koksnes pelni un amonija nitrāts, AN – amonija nitrāts, statistiski būtiskas atšķirības starp parauglaukumiem: ** $p < 0,05$

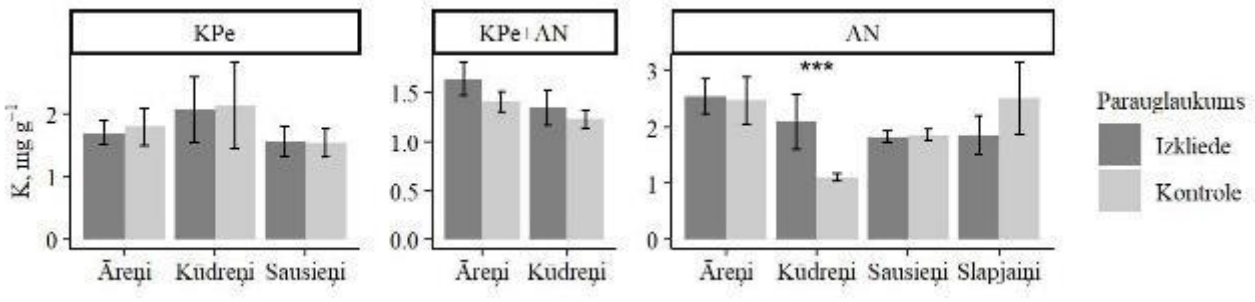
nav konstatēta būtiska ietekme uz $N_{kop.}$ koncentrāciju zemsegā. Platībās, kur ienests tikai amonija nitrāts, vidēji lielāks $N_{kop.}$ saturs zemsegā konstatēts sausieņos, āreņos un kūdreņos, izņemot bērza audzes slapjajā damaksnī. Sausieņos konstatēta mazāka $N_{kop.}$ koncentrācija, salīdzinot ar vidējo koncentrāciju āreņos un kūdreņos, bet amonija nitrāta izkliedēšanas rezultātā palielināts vidējais $N_{kop.}$ saturs zemsegā – 13,70±0,27 g kg^{-1} mēslotajos un 12,78±0,28 g kg^{-1} kontroles parauglaukumos ($p < 0,01$). Pētījuma programmas objektos vidējais $N_{kop.}$ saturs zemsegā ir līdzīgs Biosoil objektos iegūtajiem datiem, kur sausieņos (Mr, Ln, Dm un Vr) $N_{kop.}$ ir 14,17 g kg^{-1} un kūdreņos (Ks un Kp) $N_{kop.}$ ir 20,37 g kg^{-1}. Savukārt, N minerālmēslojuma izmēģinājumu audzēs slapjajā damaksnī $N_{kop.}$ saturs zemsegā ir lielāks nekā Biosoil objektos – 15,98 g kg^{-1}, bet nedaudz mazāks āreņos (Am un As) – 19,56 g kg^{-1}. Atbilstoši citu pētījumu rezultātiem boreālajā klimata joslā priedes audzē $N_{kop.}$ zemsegā ir vidēji 13 g kg^{-1} (Korhonen u.c., 2013).



Attēls 13. Vidējā kopējā slāpekļa koncentrācija ($N_{kop.}$, g kg^{-1}) zemsegā 1-5 gadus pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas[14]

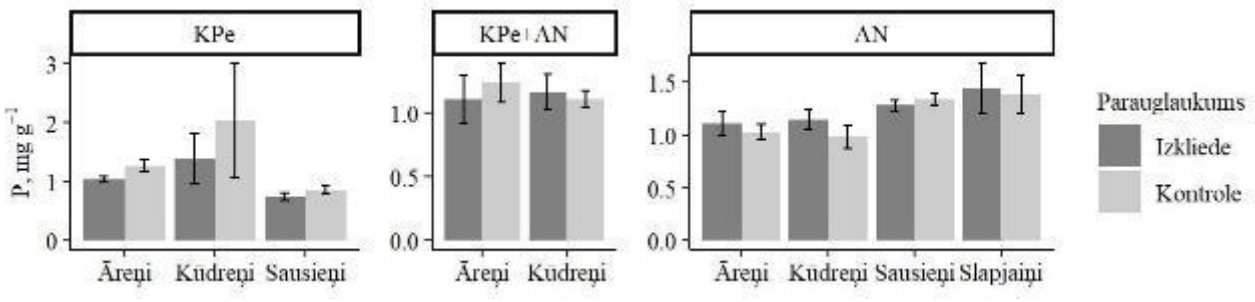
Vidējā K koncentrācija zemsegā atkarībā no izkliedētā mēslojuma, meža augšanas apstākļu tipa un parauglaukuma veida apkopota att. 14. Koksnes pelnu izmēģinājumu objektos kūdreņos ir vidēji lielāks K saturs zemsegā nekā āreņos un sausieņos. Koksnes pelnu izmantošanas rezultātā mēslotajos parauglaukumos nav konstatēta lielāka koncentrācija, salīdzinot ar kontroles platībām. Savukārt, platībās, kur izkliedēti koksnes pelni un amonija nitrāts, ir lielāka vidējā K koncentrācija, salīdzinot ar kontroles platībām. Līdzīgā eksperimentā (deva 3 t ha^{-1}) ziņots, ka 16 gadus pēc koksnes pelnu ieneses tikai atsevišķās vietās konstatēta K satura palielināšanās zemsegā, t.i. mežaudze spējusi efektīvi izmantot visu ienesto K, saglabājot to dzīvajā biomasā (Saarsalmi u.c., 2001). Pētījuma programmas izmēģinājumu objektos, lielākoties, ir lielāks vidējais K saturs zemsegā, nekā Biosoil objektos, kur sausieņos (Mr, Ln, Dm un Vr) K ir 1,27 mg g^{-1}, slapjajā damaksnī – 1,11 mg g^{-1}, āreņos (Am un As) – 1,68 mg g^{-1}, kūdreņos (Ks un Kp) – 1,20 mg g^{-1}.

[14] KPe – koksnes pelni, KPe+AN – koksnes pelni un amonija nitrāts, AN – amonija nitrāts, statistiski būtiskas atšķirības starp parauglaukumiem: * $p < 0,01$; ** $p < 0,05$



Attēls 14. Vidējā HNO_3 ekstrahējamā kālija koncentrācija (K, mg g^{-1}) zemsegā 1-5 gadus pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas[15]

Vidējā P koncentrācija zemsegā atkarībā no izkliedētā mēslojuma, meža augšanas apstākļu tipa un parauglaukuma veida, apkopota att. 15. Salīdzinot ar kontroli, koksnes pelnu izmēģinājumu objektu mēslotajās platībās, konstatēta mazāka P koncentrācija. To var skaidrot ar mazāku P saturu koksnes pelnos un mazāku elementa šķīdību, kā rezultātā P lēnāk atbrīvojas no izkliedētiem pelniem nekā K, Ca vai Mg (Karltun u.c., 2008). Savukārt, kombinētu augsnes ielabošanas līdzekļu eksperimentā kūdreņos konstatēta lielāka vidējā P koncentrācija – 1,16±0,14 mg g^{-1} mēslotajos un 1,11±0,07 mg g^{-1} kontroles parauglaukumos. Attiecīgi, koksnes pelnu izkliede iespējams nedaudz uzlabojusi mežaudžu nodrošinājumu ar P. Literatūrā atrodama informācija par P satura zemsegā palielināšanos 7 gadus pēc koksnes pelnu izmantošanas (Saarsalmi u.c., 2001). Pētījuma programmas izmēģinājumu objektos, lielākoties, ir lielāks vidējais P saturs zemsegā nekā Biosoil objektos, kur zemsegā sausieņos (Mr, Ln, Dm un Vr) vidējā P koncentrācija ir 0,51 mg g^{-1}, slapjajā damaksnī – 0,59 mg g^{-1}, āreņos (Am un As) – 0,66 mg g^{-1}, kūdreņos (Ks un Kp) – 0,64 mg g^{-1}.



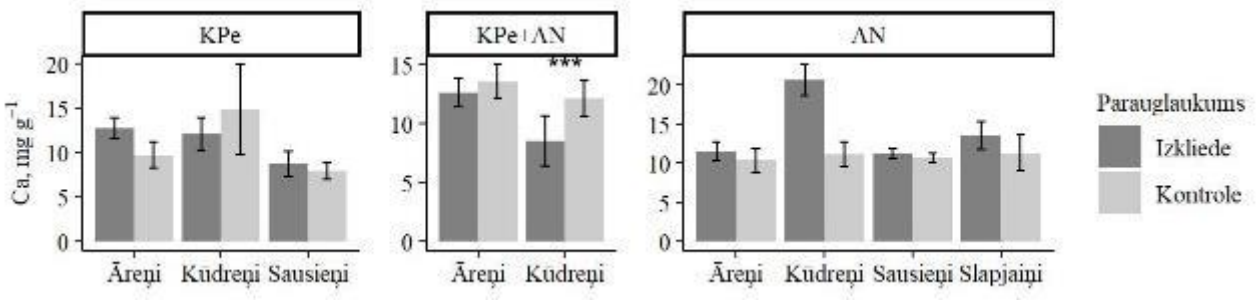
Attēls 15. Vidējā HNO_3 ekstrahējamā fosfora koncentrācija (P, mg g^{-1}) zemsegā 1-5 gadus pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas[16]

Vidējā Ca koncentrācija zemsegā atkarībā no izkliedētā mēslojuma, meža augšanas apstākļu tipa un parauglaukuma veida apkopota att. 16. Koksnes pelnu izmēģinājumu objektos pelnu ieneses platībās āreņos un sausieņos konstatēta nedaudz lielāka vidējā Ca koncentrācija, salīdzinot ar kontroles platībām, kas var norādīt uz Ca satura zemsegā palielināšanos koksnes pelnu izkliedēšanas rezultātā. Savukārt, kombinētu augsnes ielabošanas līdzekļu izmēģinājumu objektos, mēslotajos parauglaukumos konstatēta mazāka vidējā Ca koncentrācija. Turpretim, Saarsalmi u.c. (2001) ir ziņojuši par būtisku Ca satura zemsegā palielināšanos pēc koksnes pelnu izmantošanas. Pētījuma programmas izmēģinājumu objektos, lielākoties, ir lielāks vidējais Ca saturs zemsegā, nekā Biosoil

[15] KPe – koksnes pelni, KPe+AN – koksnes pelni un amonija nitrāts, AN – amonija nitrāts, statistiski būtiskas atšķirības starp parauglaukumiem: *** $p < 0,1$

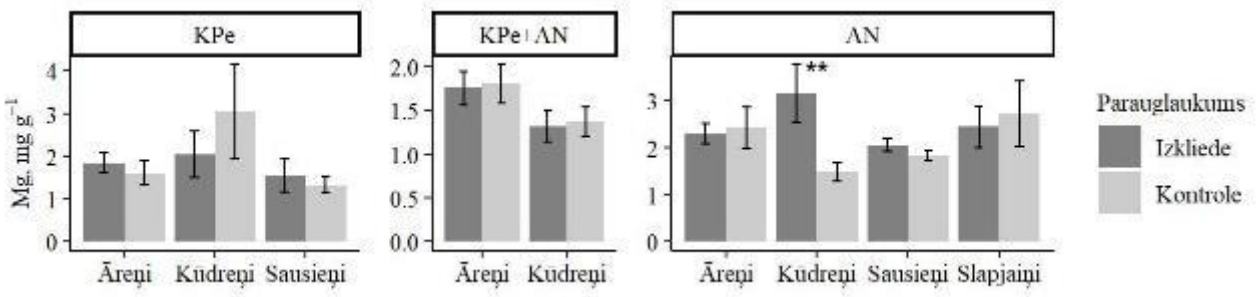
[16] KPe – koksnes pelni, KPe+AN – koksnes pelni un amonija nitrāts, AN – amonija nitrāts

objektos, sausieņos (Mr, Ln, Dm un Vr) – 7,00 mg g^{-1}, slapjajā damaksnī – 8,31 mg g^{-1}, āreņos (Am un As) – 10,91 mg g^{-1}. Savukārt, kūdreņos (Ks un Kp) vidējā Ca koncentrācija ir 13,54 mg g^{-1}, kas lielākoties atbilst šīs pētījuma programmas parauglaukumos (izņemot N minerālmēslojuma izmēģinājumu mēslotajos parauglaukumos) noteiktajām vērtībām.



Attēls 16. Vidējā HNO_3 ekstrahējamā kalcija koncentrācija (Ca, mg g^{-1}) zemsegā 1-5 gadus pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas[17]

Vidējā Mg koncentrācija zemsegā atkarībā no izkliedētā mēslojuma, meža augšanas apstākļu tipa un parauglaukuma veida apkopota att. 17. Ar koksnes pelniem mēslotajās platībās āreņos un sausieņos konstatēta lielāka Mg koncentrācija – pēc mēslošanas šajās audzēs iespējams palielinājies Mg saturs zemsegā. Turpretim platībās, kur izmantoti koksnes pelni un amonija nitrāts, konstatēta mazāka Mg koncentrācija. Ziņots par Mg satura zemsegā palielināšanos pēc koksnes pelnu izmantošanas (Saarsalmi u.c., 2001). Šīs pētījuma programmas izmēģinājumu platībās vidējais Mg saturs zemsegā ir salīdzinoši lielāks nekā iepriekš Biosoil objektos noteiktais, kur sausieņos (Mr, Ln, Dm un Vr) – 0,98 mg g^{-1}, slapjajā damaksnī – 0,67 mg g^{-1}, āreņos (Am un As) – 1,11 mg g^{-1}, kūdreņos (Ks un Kp) – 1,03 mg g^{-1}.



Attēls 17. Vidējā HNO_3 ekstrahējamā magnija koncentrācija (Mg, mg g^{-1}) zemsegā 1-5 gadus pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas[18]

1.2.3. Mikroelementu saturs zemsegā

Mikroelementu koncentrācija augu masā ir mazāka par makroelementu saturu. Mikroelementi ir bors (B), hlors (Cl), varš (Cu), dzelzs (Fe), mangāns (Mn), cinks (Zn), molibdēns (Mo) un kobalts (Co). Tiem ir būtiska loma augu fizioloģiskajos un bioloģiskajos procesos (tab. **Kļūda! Nav atrasts atsauces avots.**).

[17] KPe – koksnes pelni, KPe+AN – koksnes pelni un amonija nitrāts, AN – amonija nitrāts, statistiski būtiskas atšķirības starp parauglaukumiem: *** $p < 0,1$

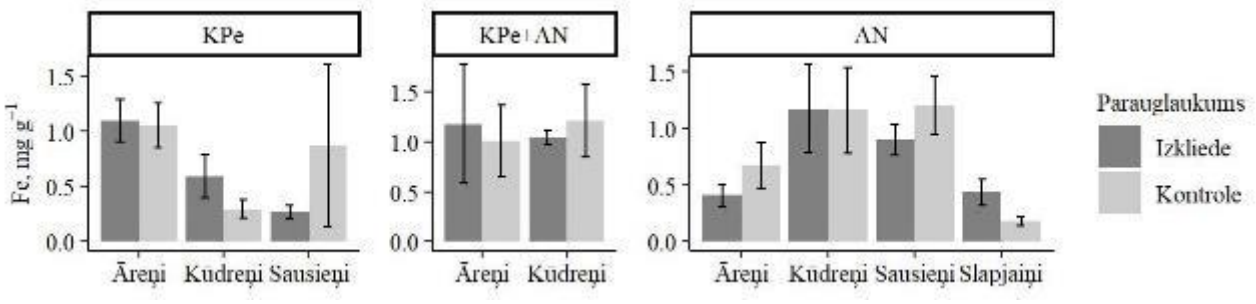
[18] KPe – koksnes pelni, KPe+AN – koksnes pelni un amonija nitrāts, AN – amonija nitrāts, statistiski būtiskas atšķirības starp parauglaukumiem: ** $p < 0,05$

Tabula 3. Mikroelementi un to nozīme augos (Foth, 1990)

Nr.	Elements	Nozīme augos
1.	Bors (B)	Iesaiste cukuru transportā un ogļhidrātu metabolisma procesos
2.	Dzelzs (Fe)	Nozīme hlorofila sintēzē, ir enzīmu sastāvā, kas nodrošina elektronu pārnesi
3.	Mangāns (Mn)	Ietekmē vairākas oksidēšanās-reducēšanās reakcijas un iesaistās fotosintēzes procesā
4.	Varš (Cu)	Katalizators elpošanas procesam, ietilpst enzīmu sastāvā
5.	Cinks (Zn)	Ietilpst dažādu enzīmu sastāvā, kas regulē dažādus metabolisma procesus
6.	Molibdēns (Mo)	Ietilpst fermenta nitrogenāzes sastāvā, kas nepieciešams gaisa slāpekļa fiksācijai
7.	Hlors (Cl)	Aktivizē procesu, kas ražo skābekli fotosintēzes laikā
8.	Kobalts (Co)	Nozīme simbiotiskā slāpekļa fiksācijā

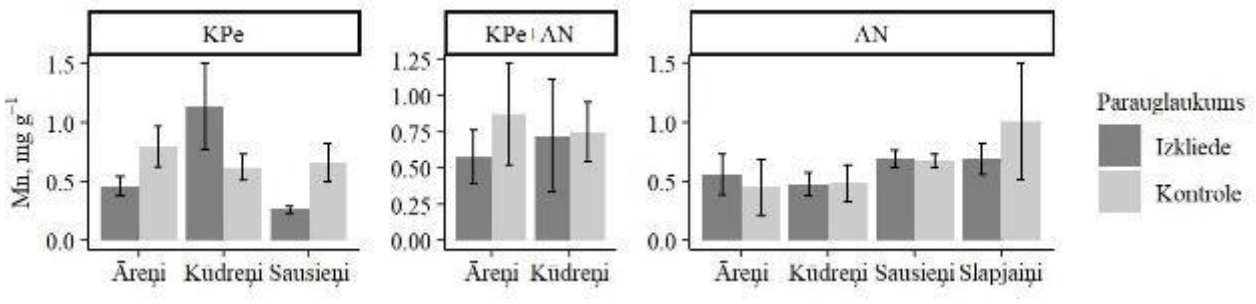
Dotā pētījuma kontekstā ir svarīgi novērtēt elementu atšķirības starp kontroles parauglaukumiem un parauglaukumiem, kur ienesti augsnes ielabošanas līdzekļi. Izkliedējot koksnes pelnus, meža ekosistēmā papildus nonāk ne tikai makroelementi, bet arī mikroelementi. Mikroelementu pieejamību vidē ietekmē to atrašanās noteiktās formās, organiskos un neorganisko savienojumos, pH līmenis. Piemēram, zems augsnes pH palielina smago metālu mobilitāti un izskalošanos no augsnes (Pikuła & Stępień, 2021). Lai arī pH līmenis var nedaudz mainīties augsnes ielabošanas līdzekļu izmantošanas rezultātā, būtiska ietekme uz smago metālu izskalošanos ir zemsegas pH pētījuma objektos. Mikroelementu saturs vērtēts zemsegas paraugos, jo tieši pēc zemsegas ķīmiskajiem parametriem varētu būt iespējams noteikt augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas īstermiņa ietekmi.

Vidējā Fe koncentrācija zemsegā atkarībā no izkliedētā mēslojuma, meža augšanas apstākļu tipa un parauglaukuma veida apkopota att. 18. Ar koksnes pelniem mēslotajās platībās āreņos un kūdreņos konstatēta lielāka Fe koncentrācija zemsegā, tāpat arī ar koksnes pelniem un amonija nitrātu mēslotajās platībās āreņos. Savukārt, ar amonija nitrātu mēslotajās platībās lielāka vidējā Fe koncentrācija ir tikai slapjaiņos. Atšķirības starp kontroles un mēslotajām platībām nav statistiski būtiskas. Šīs pētījuma programmas objektos ir mazāks Fe saturs zemsegā, nekā pirms tam, pētījuma programmas Biosoil ietvaros, kur sausieņos (Mr, Ln, Dm un Vr) Fe koncentrācija zemsegā ir 2,40 mg g^{-1}, slapjajā damaksnī – 1,64 mg g^{-1}, āreņos (Am un As) 1,55 mg g^{-1}, kūdreņos (Ks un Kp) 2,39 mg g^{-1}.



Attēls 18. Vidējā HNO_3 ekstrahējamā dzelzs koncentrācija (Fe, mg g^{-1}) zemsegā 1-5 gadus pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas[19]

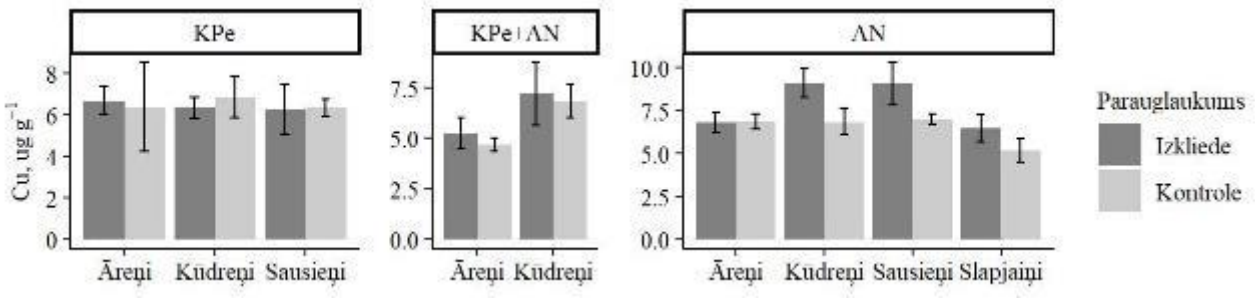
Vidējā Mn koncentrācija zemsegā atkarībā no izkliedētā mēslojuma, meža augšanas apstākļu tipa un parauglaukuma veida apkopota att. 19. Koksnes pelnu izmēģinājuma objektos, kūdreņos konstatēta vidēji lielāka Mn koncentrācija koksnes pelnu ieneses platībās – 1,13±0,36 mg g^{-1}, salīdzinot ar 0,62±0,11 mg g^{-1} kontroles parauglaukumos. Savukārt, kombinētu augsnes ielabošanas līdzekļu izmēģinājumu objektos konstatēta mazāka vidējā Mn koncentrācija, salīdzinot ar kontroles līmeni. Slāpekļa minerālmēslojuma izmēģinājuma objektos nedaudz lielāks Mn saturs zemsegā ir ar amonija nitrāta mēslotajās platībās āreņos un sausieņos. Salīdzinot Mn saturu zemsegā šīs pētījuma programmas objektos, ar iepriekš noteiktām vērtībām Biosoil objektos sausieņos (Mr, Ln, Dm un Vr) – 0,33 mg g^{-1}, āreņos (Am un As) 0,62 mg g^{-1}, KAAUP parauglaukumos konstatēta gan lielāka, gan mazāka Mn koncentrācija zemsegā. Izņemot KAAUP objektus kūdreņos un slapjajā damaksnī, kur vidējā Mn koncentrācija zemsegā ir lielāka nekā konstatēts Biosoil objektos – attiecīgi, 0,19 mg g^{-1} un 0,18 mg g^{-1}.



Attēls 19. Vidējā HNO_3 ekstrahējamā mangāna koncentrācija (Mn, mg g^{-1}) zemsegā 1-5 gadus pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas[20]

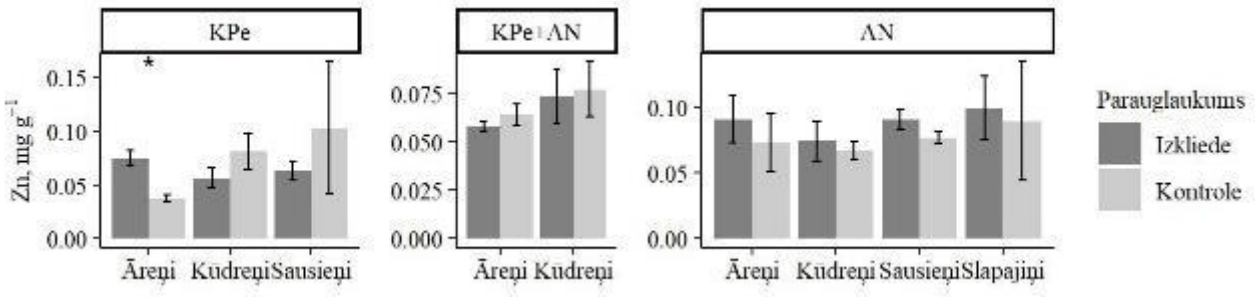
Vidējā Cu koncentrācija zemsegā atkarībā no izkliedētā mēslojuma, meža augšanas apstākļu tipa un parauglaukuma veida apkopota att. 20. Salīdzinot ar kontroles parauglaukumiem, nedaudz lielāka Cu koncentrācija konstatēta ar koksnes pelniem mēslotajos parauglaukumos āreņos, kūdreņos un parauglaukumos, kur izkliedēti koksnes pelni un amonija nitrāts. Lielāks Cu saturs ir parauglaukumos, kur ienests amonija nitrāts, kūdreņos, sausieņos un slapjaiņos.

[19] KPe – koksnes pelni, KPe+AN – koksnes pelni un amonija nitrāts, AN – amonija nitrāts
[20] KPe – koksnes pelni, KPe+AN – koksnes pelni un amonija nitrāts, AN – amonija nitrāts



Attēls 20. Vidējā HNO_3 ekstrahējamā vara koncentrācija (Cu, ug g^{-1}) zemsegā 1-5 gadus pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas[21]

Vidējā Zn koncentrācija zemsegā atkarībā no izkliedētā mēslojuma, meža augšanas apstākļu tipa un parauglaukuma veida apkopota att. 21. Koksnes pelnu izmēģinājumu objektos āreņos konstatēta lielāka Zn koncentrācija mēslotajos parauglaukumos 0,07±0,01 μg g^{-1}, salīdzinot ar 0,04±0,00 μg g^{-1} kontroles parauglaukumos ($p < 0,01$). Platībās, kur izmantoti koksnes pelni un amonija nitrāts, konstatēta mazāka vidējā Zn koncentrācija. Turpretim, slāpekļa minerālmēslojuma izmēģinājumu objektu mēslotajās platībās ir lielāka Zn koncentrācija, ko var saistīt ar iespējamu atšķirību Zn saturā zemsegā starp parauglaukumiem vēl pirms mēslojuma izkliedēšanas. Zn saturs zemsegā KAAUP parauglaukumos ir pārsvarā nedaudz lielāks, salīdzinot ar iepriekš noteiktu saturu Biosoil objektos, kur Zn koncentrācija zemsegā sausieņos (Mr, Ln, Dm un Vr) un slapjajā damaksnī – 0,05 mg g^{-1}, āreņos (Am un As) – 0,09 mg g^{-1}, kūdreņos (Ks un Kp) – 0,06 mg g^{-1}.

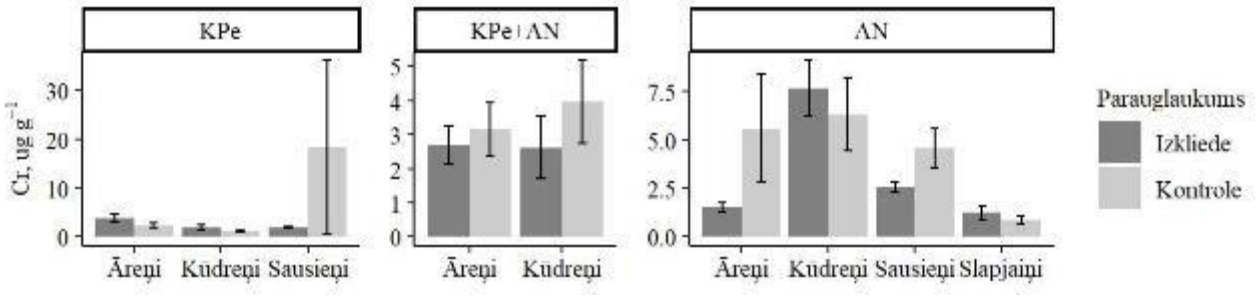


Attēls 21. Vidējā HNO_3 ekstrahējamā cinka koncentrācija (Zn, mg g^{-1}) zemsegā 1-5 gadus pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas[22]

Viens no elementiem, kura saturs pelnos var būt palielināts, ir hroms (Cr), jo Cr nonāk pelnos, nodilstot ārdiem un citiem kurtuvju elementiem. Vidējā Cr koncentrācija zemsegā atkarībā no izkliedētā mēslojuma, meža augšanas apstākļu tipa un parauglaukuma veida apkopota att. 22. Vienā no parauglaukumiem ar koksnes pelniem mēslotajās platībās ir lielāka Cr koncentrācija zemsegā, taču tas var būt saistīts ar sākotnējām atšķirībām starp parauglaukumiem vēl pirms izmēģinājumu veikšanas. KAAUP objektos Cr saturs zemsegā sausieņos (Mr, Ln, Dm un Vr), izņemot vienu parauglaukumu no kontroles platības, ir mazāks nekā Biosoil objektos noteiktais – 7,87 ug g^{-1}. Arī audzēs slapjajā damaksnī un āreņos (Dms un As), izņemot kontroles platības N minerālmēslojuma izmēģinājumu audzēs, konstatēta mazāka Cr koncentrācija zemsegā nekā Biosoil objektos, kur koncentrācija, attiecīgi, ir – 7,07 ug g^{-1} un 5,92 ug g^{-1}. KAUUP koksnes pelnu un kombinētu

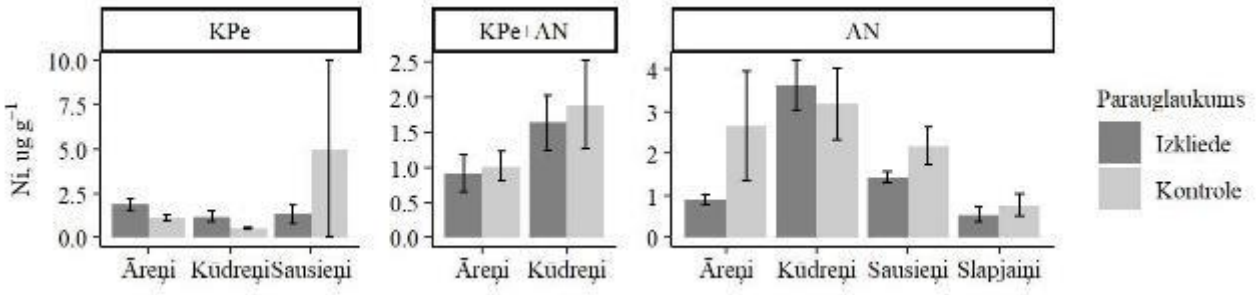
[21] KPe – koksnes pelni, KPe+AN – koksnes pelni un amonija nitrāts, AN – amonija nitrāts
[22] KPe – koksnes pelni, KPe+AN – koksnes pelni un amonija nitrāts, AN – amonija nitrāts, statistiski būtiskas atšķirības starp parauglaukumiem: * $p < 0,01$

augsnes ielabošanas līdzekļu izmēģinājumu audzēs kūdreņos (Ks un Kp) konstatēta mazāka Cr koncentrācija zemsegā nekā Biosoil objektos – 5,76 ug g^{-1}. Savukārt, N minerālmēslojuma objektos kūdreņos konstatēta lielāka Cr koncentrācija zemsegā nekā Biosoil parauglaukumos.



Attēls 22. Vidējā HNO_3 ekstrahējamā hroma koncentrācija (Cr, ug g^{-1}) zemsegā 1-5 gadus pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas[23]

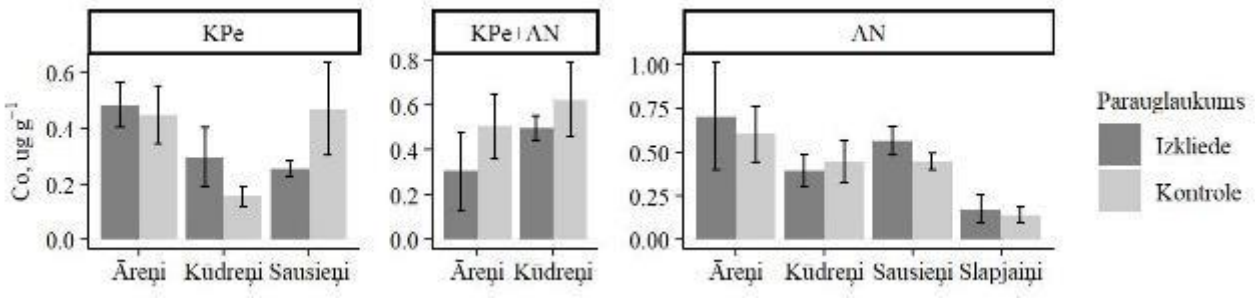
Vidējā Ni koncentrācija zemsegā atkarībā no izkliedētā mēslojuma, meža augšanas apstākļu tipa un parauglaukuma veida apkopota att. 23. Līdzīgi, kā Cr koncentrācija zemsegā (att. **Kļūda! Nav atrasts atsauces avots.**), salīdzinot ar kontroli, arī vidējais Ni saturs lielākoties ir lielāks platībās, kur ienesti koksnes pelni un mazāks platībās, kur izmantoti koksnes pelni un amonija nitrāts. Ni saturs zemsegā pētījumu programmas izpētes objektos (izņemot vienu kontroles parauglaukumu sausieņos), neatkarīgi no izmantotā augsnes ielabošanas līdzekļa, ir mazāks, nekā Biosoil objektos, kur sausieņos (Mr, Ln, Dm un Vr) Ni ir 4,84 ug g^{-1}, slapjajā damaksnī – 3,43 ug g^{-1}, āreņos (Am un As) – 4,37 ug g^{-1}, kūdreņos (Ks un Kp) – 4,35 ug g^{-1}.



Attēls 23. Vidējā HNO_3 ekstrahējamā niķeļa koncentrācija (Ni, ug g^{-1}) zemsegā 1-5 gadus pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas[24]

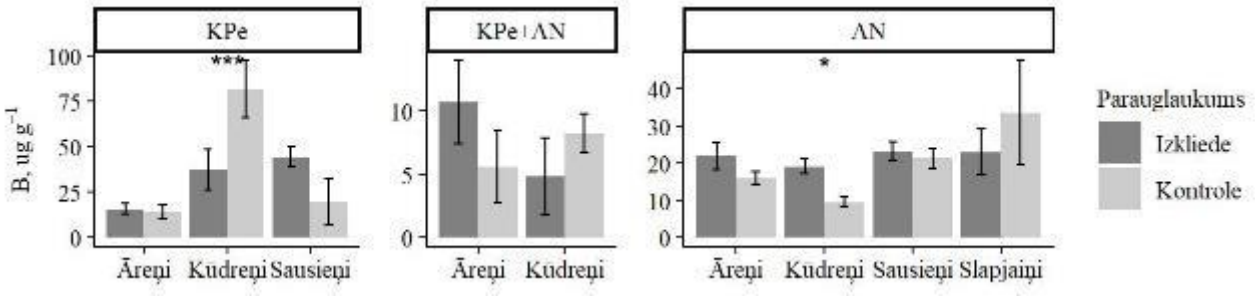
Vidējā Co koncentrācija zemsegā atkarībā no izkliedētā mēslojuma, meža augšanas apstākļu tipa un parauglaukuma veida apkopota att. 24. Salīdzinot koksnes pelnu ienes platības ar kontroles platībām, nedaudz lielāka Co koncentrācija konstatēta mēslotajos parauglaukumos kūdreņos 0,29±0,11 μg g^{-1}, salīdzinot ar 0,15±0,03 μg g^{-1} kontroles parauglaukumos, bet atšķirības nav statistiski būtiskas.

[23] KPe – koksnes pelni, KPe+AN – koksnes pelni un amonija nitrāts, AN – amonija nitrāts
[24] KPe – koksnes pelni, KPe+AN – koksnes pelni un amonija nitrāts, AN – amonija nitrāts



Attēls 24. Vidējā HNO_3 ekstrahējamā kobalta koncentrācija (Co, ug g^{-1}) zemsegā 1-5 gadus pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas[25]

Vidējā B koncentrācija zemsegā atkarībā no izkliedētā mēslojuma, meža augšanas apstākļu tipa un parauglaukuma veida apkopota att. 25. Izkliedes platībās koksnes pelnu izmēģinājuma objektos kūdreņos noteikt būtiski mazāka B koncentrācija, jo zemsegas paraugos no kontroles platībām konstatēts salīdzinoši augsts B saturs. Ar koksnes pelniem mēslotajās platībās āreņos un sausieņos konstatēta lielāka B koncentrācija mēslotajās platībās. Nedaudz lielāka elementa vidējā koncentrācija konstatēta arī koksnes pelnu un amonija nitrāta ieneses platībās āreņos. Bors ir viens no mikroelementiem, kura deficītu audzēs uz meliorētas organiskas augsnes var mazināt, ienesot koksnes pelnus. Turklāt koksnes pelnos B, līdzīgi kā K un P, ir tādā proporcijā kā augos (Lehto u.c., 2010). Tomēr pētījuma programmas rezultāti neuzrāda bora satura palielināšanos kūdreņos, kā arī bora satura korelāciju ar pieauguma rādītājiem. Mikroelementu trūkums parasti izpaužas atsevišķos gadījumos, audzēs, kur notikušas būtiskas augsnes izmaiņas, piemēram, izskalošanās vai nesabalansēta mēslojuma ienese, tāpēc korelācijas analīze šādu elementu trūkumu vai to ieneses pozitīvo ietekmi var neuzrādīt.

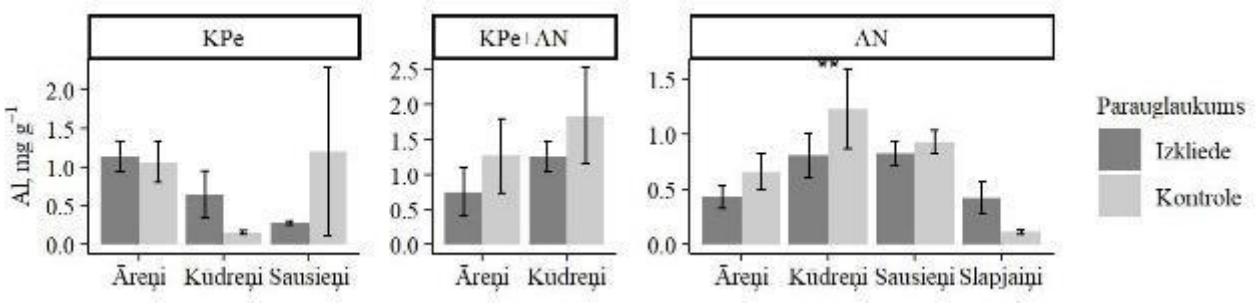


Attēls 25. Vidējā HNO_3 ekstrahējamā bora koncentrācija (B, ug g^{-1}) zemsegā 1-5 gadus pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas[26]

Al ir potenciāli toksisks elements, kas var apgrūtināt citu elementu uzņemšanu vai iedarboties toksiski skābās un vāji aerētās augsnēs. Vidējā Al koncentrācija zemsegā atkarībā no izkliedētā mēslojuma, meža augšanas apstākļu tipa un parauglaukuma veida apkopota att. 26. Nedaudz lielāks Al saturs konstatēts ar koksnes pelniem mēslotajās platībās kūdreņos. Savukārt, platībās, kur izmantoti koksnes pelni un amonija nitrāts, Al saturs ir mazāks, nekā kontroles platībās. Salīdzinot ar rezultātiem Biosoil parauglaukumos sausieņos (Mr, Ln, Dm un Vr), kur Al koncentrācija zemsegā ir vidēji 2,81 mg g^{-1}, Dms – 1,94 mg g^{-1}, āreņos (Am un As) – 2,61 mg g^{-1}, kūdreņos (Ks un Kp) –

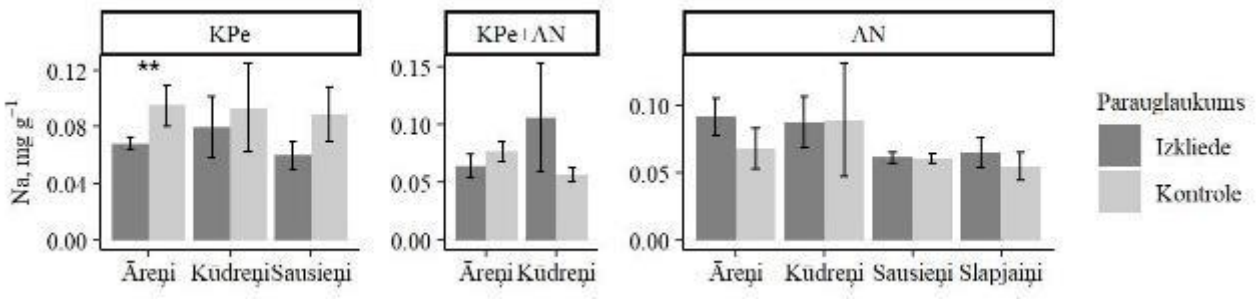
[25] KPe – koksnes pelni, KPe+AN – koksnes pelni un amonija nitrāts, AN – amonija nitrāts
[26] KPe – koksnes pelni, KPe+AN – koksnes pelni un amonija nitrāts, AN – amonija nitrāts, statistiski būtiskas atšķirības starp parauglaukumiem: * $p < 0,01$; *** $p < 0,1$

2,64 mg g^{-1}, var secināt, ka pētījuma programmā ietvertajos objektos ir mazāks Al saturs zemsegā, tajā skaitā parauglaukumos, kur izmantoti koksnes pelni.



Attēls 26. Vidējā HNO_3 ekstrahējamā alumīnija koncentrācija (Al, mg g^{-1}) zemsegā 1-5 gadus pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas[27]

Vidējā Na koncentrācija zemsegā, atkarībā no izkliedētā mēslojuma, meža augšanas apstākļu tipa un parauglaukuma veida, apkopota att. 27. Ar koksnes pelniem mēslotajās platībās vidējais Na saturs zemsegā ir mazāks nekā kontroles platībā. Savukārt, platībās, kur izmantoti koksnes pelni un amonija nitrāts, kūdreņos koncentrācija ir 0,11±0,05 mg g^{-1}, salīdzinot ar 0,06±0,01 mg g^{-1} kontroles parauglaukumos, bet atšķirības nav statistiski būtiskas. Na saturs zemsegā KAAUP objektos ir līdzīgs vai nedaudz mazāks, salīdzinot ar iepriekš Biosoil parauglaukumos konstatēto Na saturu, kur sausieņos (Mr, Ln, Dm un Vr) – 0,09 mg g^{-1}, Dms – 0,12 mg g^{-1}, āreņos (Am un As) un kūdreņos (Ks un Kp) – 0,09 mg g^{-1}.



Attēls 27. Vidējā HNO_3 ekstrahējamā nātrija koncentrācija (Na, mg g^{-1}) zemsegā 1-5 gadus pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas[28]

1.2.4. Kopsavilkums par mēslojuma ietekmi uz ķīmisko elementu saturu zemsegā

Ar koksnes pelniem mēslotajās platībās ir mazāks $C_{kop.}$ un $N_{kop.}$ uzkrājums zemsegā, nekā kontroles platībās, kas var būt saistīts ar organisko vielu mineralizāciju, attiecīgi, arī zemsegā ieslēgto barības vielu mineralizēšanos un pieejamības palielināšanos kokaugiem, veicinot oglekļa piesaisti koku biomasā. Savukārt, slāpekļa minerālmēslojuma izmēģinājumu platībās ir lielāks $N_{kop.}$ uzkrājums zemsegā. Daļā platību, kur izkliedēti koksnes pelni, ir lielāks K un Ca saturs zemsegā. Iegūtie rezultāti norāda arī uz iepriekšējos pētījumos konstatēto, ka dažādās pelnu partijās

[27] KPe – koksnes pelni, KPe+AN – koksnes pelni un amonija nitrāts, AN – amonija nitrāts, statistiski būtiskas atšķirības starp parauglaukumiem: ** $p < 0,05$

[28] KPe – koksnes pelni, KPe+AN – koksnes pelni un amonija nitrāts, AN – amonija nitrāts, statistiski būtiskas atšķirības starp parauglaukumiem: ** $p < 0,05$

nodrošinājums ar barības vielām var būtiski atšķirties un mežā izmantojamo pelnu kvalitātei ir jāpievērš īpaša uzmanība. Nav konstatēts, ka visās koksnes pelnu ieneses platībās būtu palielinājusies mikroelementu vidējā koncentrācija zemsegā, turklāt, salīdzinot ar rezultātiem no Biosoil programmas, var secināt, ka pētījumu programmas izmēģinājumu platībās vairumā gadījumu ir līdzīga vai nedaudz mazāka mikroelementu koncentrācija, nekā konstatēts meža monitoringa programmā.

1.3. Augsnes ķīmiskās un fizikālās īpašības

1.3.1. Augsnes blīvums

Augsnes blīvums ir fizikāla īpašība, kas raksturo noteikta tilpuma augsnes parauga masu. Augsnes blīvums ietekmē infiltrāciju, augsnes nestspēju, augšņu poru daudzumu, sakņu dziļumu un to izplatības ierobežojumus, augsnes mikroorganismu aktivitāti un elementu uzkrājumu augsnē. Samazinoties organiskā oglekļa koncentrācijai augsnē, parasti samazinās arī augsnes blīvums (Indoria u.c., 2020). Augsnes parauga blīvumu nosaka arī mitruma daudzums augsnē, jo ūdens aizņem augsnes vietu, tāpēc, piemēram, kūdreņos aerētā augsnes virskārta ir 2-3 reizes blīvāka nekā purvaiņos. Augsnes blīvumu var ietekmē arī smagas tehnikas pārvietošanās mežaudzē, sablīvējot augsni tehnoloģiskajos koridoros. Īpaši sablīvētās augsnēs var būt apgrūtināta koku sakņu augšana, tāpēc šādās platībās, koku attīstība var būt traucēta, neskatoties uz šķietami labu nodrošinājumu ar barības vielām. Šādas situācijas gan parasti veidojas lauksaimniecībā izmantojamās zemēs nevis mežaudzēs. Meža zemēs augsnes sablīvējums var traucēt koku sakņu iespiešanos dziļākajos augsnes slāņos vai, tieši pretēji, mazāk sablīvētās un labi drenētās augsnēs kokaugiem var būt pieejamas barības vielas arī no dziļākajiem augsnes slāņiem.

Augsnes blīvums nosaka arī faktisko barības vielu uzkrājumu augsnē, piemēram, pie vienāda elementu satura blīvākās augsnēs ir proporcionāli lielāks barības vielu uzkrājums. Augsnes blīvums ir viens no svarīgākajiem rādītājiem oglekļa uzkrājuma novērtēšanā, piemēram, kūdreņos vienāda biezuma augsnes slānī var būt 2-3 reizes vairāk oglekļa nekā purvaiņos.

Vidējais augsnes blīvums, atkarībā no augsnes ielabošanas līdzekļu veida un varianta, uzrādīts tab. 4. Augsnes blīvums palielinās dziļākajos augsnes slāņos. Slāpekļa minerālmēslojuma izmēģinājumu objektos vidējais augsnes blīvums ir salīdzinoši lielāks, jo tās lielākoties ir mežaudzes ar sausām minerālaugsnēm. Nav konstatētas būtiskas augsnes blīvuma atšķirības kontroles un mēslotajos parauglaukumos.

Tabula 4. Vidējais augsnes blīvums dažādos augsnes slāņos

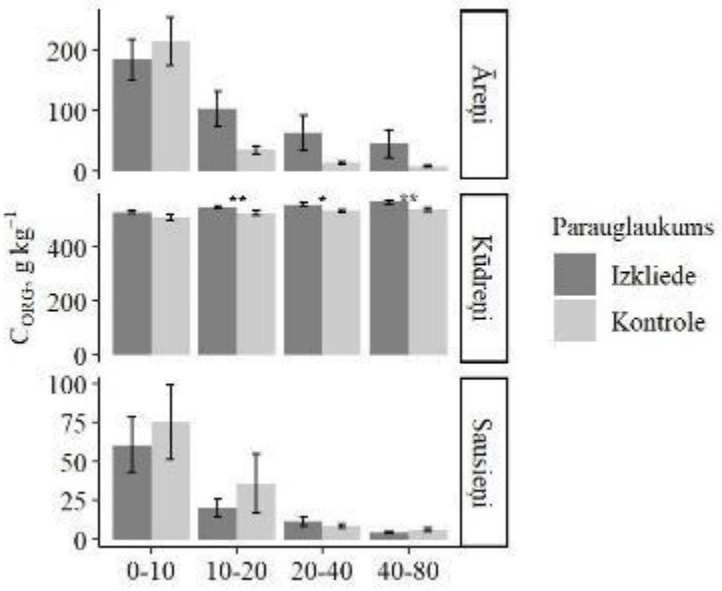
Eksperi-ments[29]	Paraug-laukums	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm	40-80 cm	0-80 cm
KPe	Kontrole	455,59±60,88	751,04±73,31	915,14±80,29	920,24±87,85	760,50±40,88
	Izkliede	434,85±48,18	666,35±65,14	831,36±78,91	863,82±82,43	699,09±36,62
KPe+ AN	Kontrole	975,45±23,81	1247,06±14,95	1406,38±12,13	1313,33±36,66	999,24±29,65
	Izkliede	1011,90±22,25	1273,85±14,30	1411,76±11,56	1294,28±33,73	988,74±30,11

[29] KPe – koksnes pelni, KPe+AN – koksnes pelni un amonija nitrāts, AN – amonija nitrāts

Eksperi-ments[29]	Paraug-laukums	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm	40-80 cm	0-80 cm
AN	Kontrole	545,49±40,22	946,19±54,97	1197,01±50,35	1454,98±13,16	1270,43±10,42
	Izkliede	529,24±42,90	912,35±57,68	1214,17±50,13	1476,16±11,02	1293,59±9,62

1.3.2. $C_{kop.}$, $N_{kop.}$, K, P, Ca un Mg koncentrācija augsnē

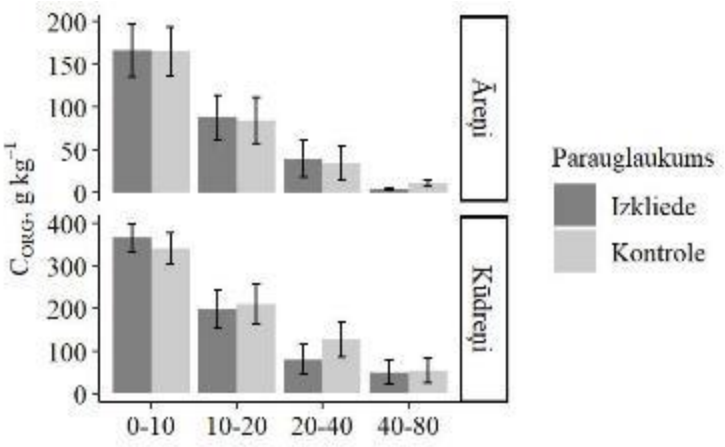
Vidējā C_{ORG} koncentrācija augsnē apkopota att. 28 (koksnes pelnu izmēģinājumi), att. Attēls 29 (kombinētu augsnes ielabošanas līdzekļu izmēģinājumi) un att. 49 (slāpekļa minerālmēslojuma izmēģinājumi). Attiecībā par koksnes pelnu izmantošanas ietekmi mežaudzēs uz CO_2 emisijām, literatūrā atrodami dažādi pētījumu rezultāti. Ir ziņots par nelielu CO_2 emisiju palielināšanos (Maljanen u.c., 2006; Zimmermann & Frey, 2002), samazināšanos pēc pelnu izkliedēšanas (Klemedtsson u.c., 2010; Maljanen u.c., 2006) vai arī ietekme uz CO_2 emisijām nav konstatēta (Maljanen u.c., 2006). Ar koksnes pelniem mēslotajās platībās āreņos un sausieņos virsējā 0-10 cm augsnes slānī konstatēta mazāka C_{ORG} koncentrācija. Savukārt, kūdreņos koksnes pelnu ieneses parauglaukumos konstatēta lielāka C_{ORG} koncentrācija. Statistiski būtiskas atšķirības C_{ORG} koncentrācijā augsnes dziļākos slāņos neliecina par koksnes pelnu izmantošanas ietekmi, bet gan par atšķirībām organiskas vielas saturā dažādos parauglaukumos.



Attēls 28. Vidējā organiskā oglekļa koncentrācija (C_{ORG}, g kg^{-1}) dažādos augsnes slāņos koksnes pelnu izmēģinājumu objektos pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas[30]

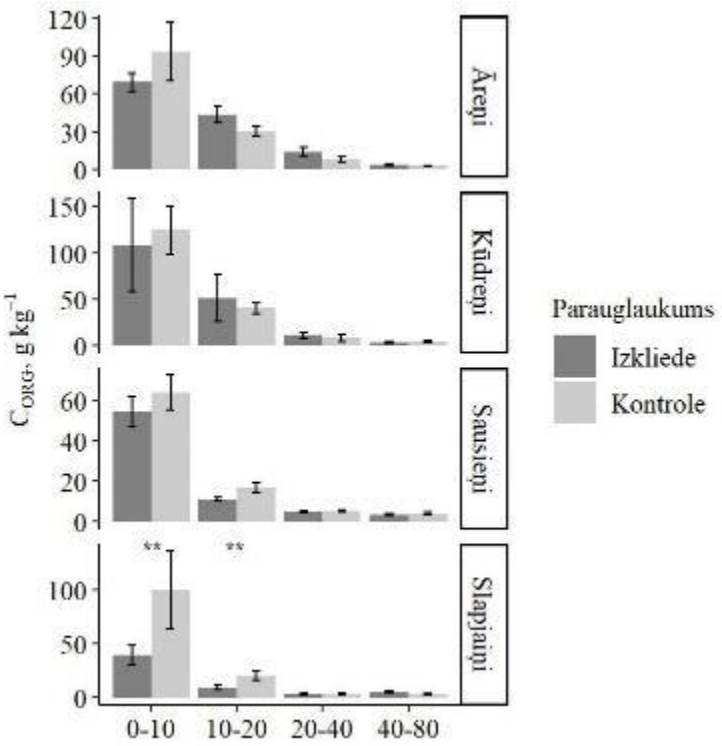
Kombinētu augsnes ielabošanas līdzekļu izmēģinājumu objektos būtiska ietekme uz augsnes C_{ORG} koncentrāciju nav konstatēta. Jānorāda, ka vidējā C_{ORG} koncentrācija šajos izmēģinājumu objektos kūdreņos strauji samazinās dziļākajos augsnes slāņos, un 20-40 cm slānī vidējais C_{ORG} ir ap 100 g kg^{-1}, kas neatbilst organiskām augsnēm.

[30] statistiski būtiskas atšķirības starp parauglaukumiem: * $p < 0,01$; ** $p < 0,05$



Attēls 29. Vidējā organiskā oglekļa koncentrācija (C_{ORG}, g kg^{-1}) dažādos augsnes slāņos kombinētu augsnes ielabošanas līdzekļu izmēģinājumu objektos pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas

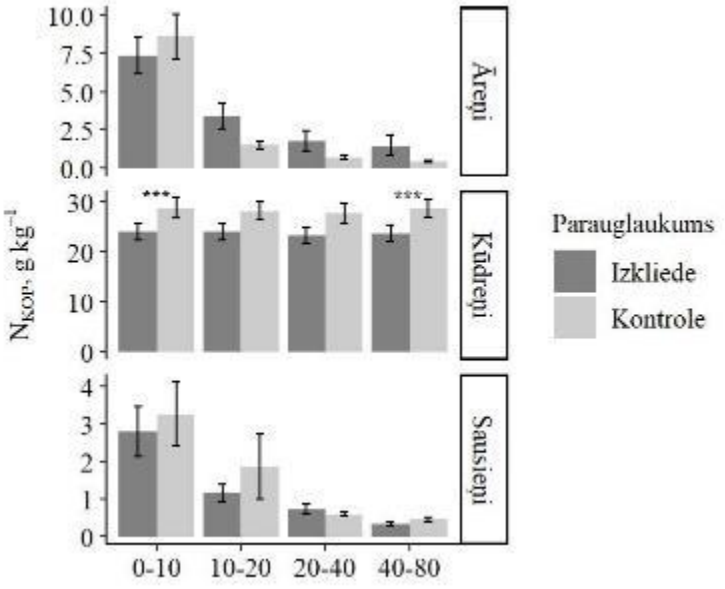
Amonija nitrāta izmēģinājumu objektos 0-10 cm augsnes slānī mēslotajos parauglaukumos konstatēta nedaudz mazāka C_{ORG} koncentrācija, bet nevar viennozīmīgi norādīt, ka tā ir amonija nitrāta ietekme. Līdzīgi, mēslotajos parauglaukumos bērza audzēs slapjaiņos konstatēta būtiski mazāka C_{ORG} koncentrācija, ko var saistīt ar sākotnējām atšķirībām, uz ko netieši norāda arī būtiskas atšķirības arī K, P, Ca un Mg saturā. Zinātniskā literatūrā ir atrodama informācija, ka N pieejamība ietekmē koku augšanu, nobiru veidošanos, organiskās vielas sadalīšanos, kas, savukārt, ietekmē C uzkrājumu meža augsnē. Novērtēts, ka N ienese ar slāpekli saistošo veģetāciju, mēslošanu un nokrišņiem palielina augsnes C uzkrājumu par 7,7% (Nave u.c., 2009).



Attēls 30. Vidējā organiskā oglekļa koncentrācija (C_{ORG}, g kg^{-1}) dažādos augsnes slāņos slāpekļa minerālmēslojuma izmēģinājumu objektos pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas[31]

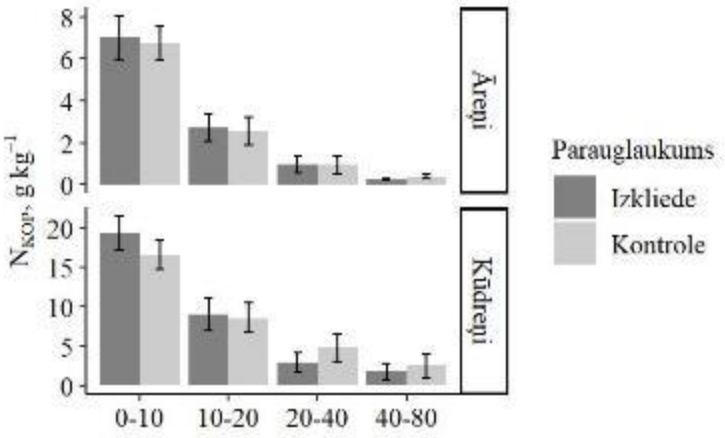
Vidējās $N_{kop.}$ koncentrācijas augsnē dati apkopoti att. 31 (koksnes pelnu izmēģinājumi), att. 32 (kombinētu augsnes ielabošanas līdzekļu izmēģinājumi) un att. 33 (slāpekļa minerālmēslojuma izmēģinājumi). Koksnes pelnu izmēģinājumu objektos mēsloto parauglaukumu 0-10 cm dziļumā, kā arī vairākos objektos 0-20 cm dziļumā paraugos ir mazāka $N_{kop.}$ koncentrācija. Šajā pētījumā vērtēta īstermiņa ietekme uz $N_{kop.}$ saturu zemsegā, bet Saarsalmi u.c. (Saarsalmi u.c., 2001) ziņojuši, ka nav konstatēta koksnes pelnu ietekme uz $N_{kop.}$ koncentrāciju minerālaugsnē 7 gadus pēc pelnu izkliedēšanas; savukārt, 9 gadus pēc pelnu ieneses priedes mežaudzē konstatēta $N_{kop.}$ koncentrācijas palielināšanās minerālaugsnē. Koksnes pelni var veicināt nitrifikācijas un denitrifikācijas procesus, tomēr Maljanen u.c. (Maljanen u.c., 2006) ziņoja, ka koksnes pelniem nav ietekmes uz N_2O emisijām no augsnes. Šajā pētījumā vērtēta īstermiņa ietekme uz $N_{kop.}$ saturu zemsegā, bet Saarsalmi u.c. (Saarsalmi u.c., 2001), līdzīgi, ziņojuši, ka nav konstatēta koksnes pelnu ietekme uz $N_{kop.}$ koncentrāciju minerālaugsnē 7 gadus pēc izkliedēšanas; savukārt, 16 gadus pēc pelnu ieneses priedes mežaudzē konstatēta $N_{kop.}$ koncentrācijas palielināšanās minerālaugsnē.

[31] statistiski būtiskas atšķirības starp parauglaukumiem: ** $p < 0,05$



Attēls 31. Vidējā kopējā slāpekļa koncentrācija ($N_{kop.}$, g kg^{-1}) dažādos augsnes slāņos koksnes pelnu izmēģinājumu objektos pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas[32]

Kombinētu augsnes ielabošanas līdzekļu izmēģinājumu objektos mēslotajos parauglaukumos augsnes slāņos līdz 20 cm dziļumam konstatēta lielāka $N_{kop.}$ koncentrācija nekā kontroles parauglaukumos. Atšķirības nav statistiski būtiskas, bet tas var norādīt, ka papildus ienestais slāpeklis audzē ir saistīts augšējos augsnes slāņos.

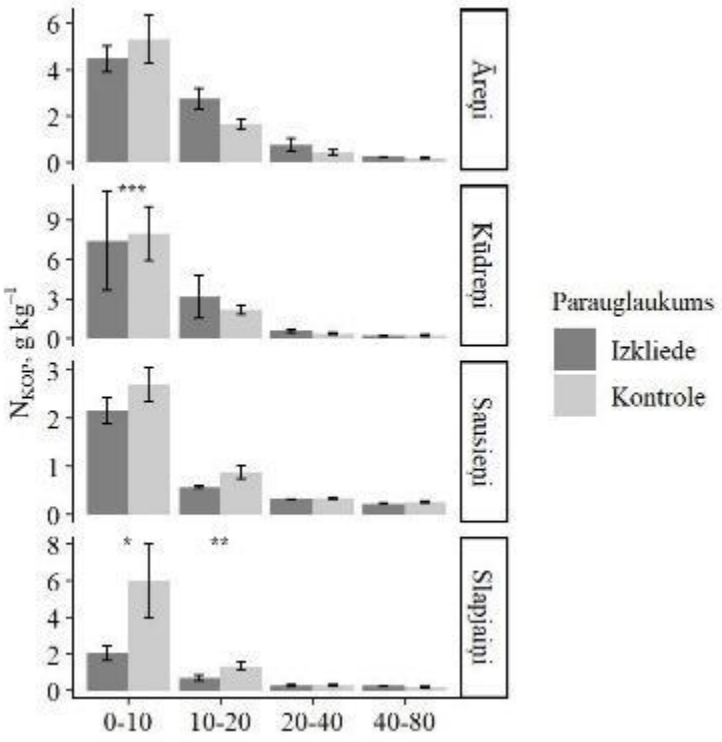


Attēls 32. Vidējā kopējā slāpekļa koncentrācija ($N_{kop.}$, g kg^{-1}) dažādos augsnes slāņos kombinētu augsnes ielabošanas līdzekļu izmēģinājumu objektos pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas

Ar amonija nitrātu mēslotajos parauglaukumos 0-10 cm dziļumā un daļā objektu 10-20 cm dziļumā konstatēta vidēji mazāka $N_{kop.}$ koncentrācija, nekā kontroles parauglaukumos. Iegūtie rezultāti neuzrāda, ka augsnes virsējos slāņos būtu saistīts slāpeklis, kaut gan parauglaukumos, kur izkliedēti koksnes pelni un amonija nitrāts, konstatēta vidēji lielāka $N_{kop.}$ koncentrācija (att. 32). Iespējams sākotnējās atšķirības N saturā augsnē starp parauglaukumiem dominē pār izkliedētā slāpekļa minerālmēslojuma efektu. Šajā gadījumā lietderīgi veikt atkārtotu augsnes paraugu

[32] statistiski būtiskas atšķirības starp parauglaukumiem: *** $p < 0,1$

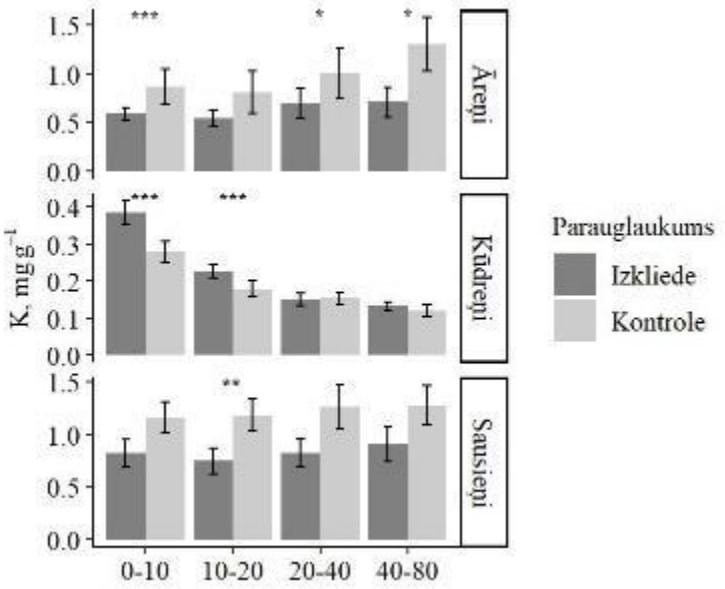
ievākšanu pēc 5-10 gadiem, lai novērtētu ilgtermiņa ne tikai īstermiņa efektu, kā arī ietekmes uz augsni izpēti veikt tieši tajās platībās, kur slāpekļa minerālmēslojums ienests tieši parauglaukumu ietvaros, nevis izkliedēts mašinizēti, izmantojot tehnoloģiskos koridorus. Tomēr, gadījumā, ja tā ir īstermiņā koksnes pelnu ietekme uz organiskās vielas mineralizēšanu, tas var izskaidrot nedaudz lielāku $N_{kop.}$ koncentrāciju 0-10 cm augsnes slānī, kas, savukārt, mežaudzei nodrošina papildus N pieejamību augiem. Konstatēts, ka boreālās skuju koku audzēs slāpekli, kas atbrīvots, sadaloties organiskai vielai, galvenokārt patērē kokaugi (Korhonen u.c., 2013).



Attēls 33. Vidējā kopējā slāpekļa koncentrācija ($N_{kop.}$, g kg^{-1}) dažādos augsnes slāņos slāpekļa minerālmēslojuma izmēģinājumu objektos pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas[33]

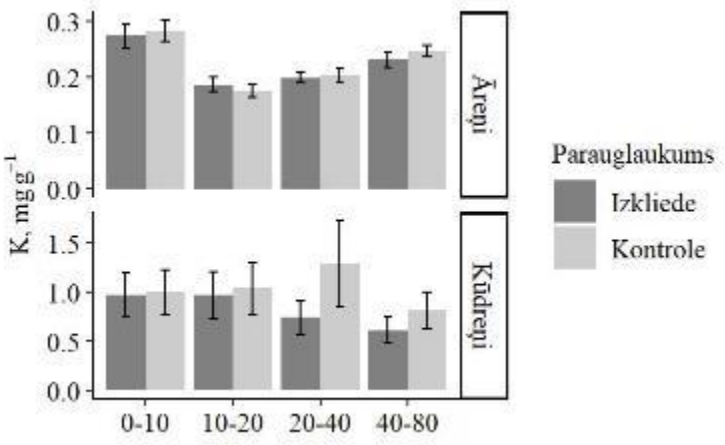
Vidējā K koncentrācija augsnē apkopota att. 34 (koksnes pelnu izmēģinājumi), att. 35 (kombinētu augsnes ielabošanas līdzekļu izmēģinājumi) un att. 36 (slāpekļa minerālmēslojuma izmēģinājumi). Parauglaukumos, kur izkliedēti koksnes pelni, virsējos augsnes slāņos līdz 20 cm dziļumam konstatēta lielāka K koncentrācija ($p < 0,1$), salīdzinot ar kontroles parauglaukumiem. Attiecīgi, var secināt, ka koksnes pelnu izmantošana šajās egles audzēs kūdreņos ir veicinājusi audzes nodrošinājumu ar K. Savukārt, koksnes pelnu izmēģinājumu objektos āreņos un sausieņos šāds efekts nav konstatēts.

[33] statistiski būtiskas atšķirības starp parauglaukumiem: * $p < 0,01$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,1$



Attēls 34. Vidējā kālija koncentrācija (K, mg g^{-1}) dažādos augsnes slāņos koksnes pelnu izmēģinājumu objektos pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas[34]

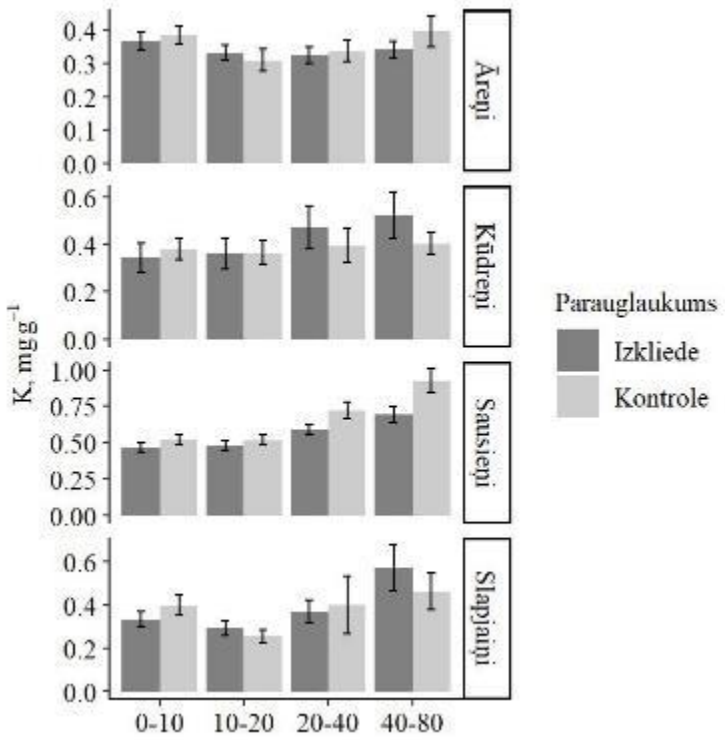
Kombinētu augsnes ielabošanas līdzekļu izmēģinājumu objektos nav konstatētas būtiskas atšķirības K koncentrācijā augsnē starp kontroles un mēslotajiem parauglaukumiem. Tomēr šajos kūdreņos ir lielāks K saturs augsnē, nekā koksnes pelnu izmēģinājuma objektos kūdreņos (att. **Kļūda! Nav atrasts atsauces avots.**). Saarsalmi u.c. (Saarsalmi u.c., 2001) ziņojuši, par K koncentrācijas minerālaugsnē palielināšanos ar koksnes pelniem mēslotās platībās.



Attēls 35. Vidējā kālija koncentrācija (K, mg g^{-1}) dažādos augsnes slāņos kombinētu augsnes ielabošanas līdzekļu izmēģinājumu objektos pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas

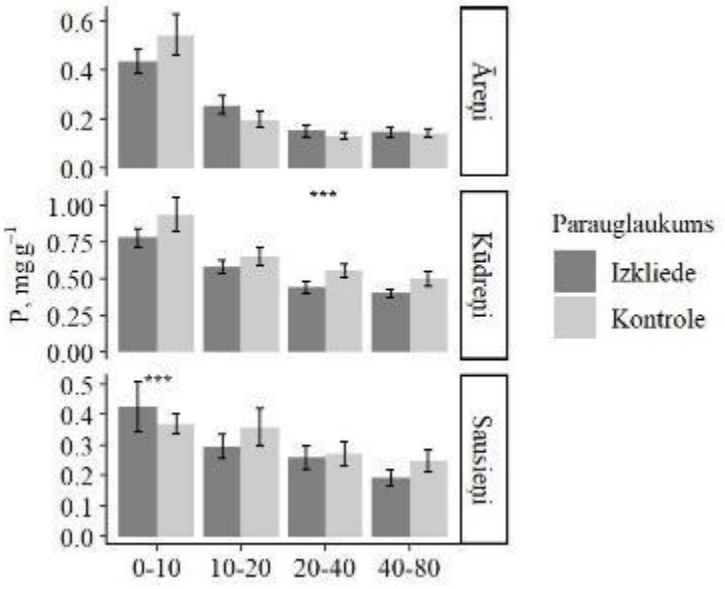
Slāpekļa minerālmēslojuma izmēģinājumu objektos 0-10 cm augsnes slānī mēslotajos parauglaukumos konstatēta nedaudz mazāka K koncentrācija. Tomēr izteiktas atšķirības starp kontroles un mēslotajiem parauglaukumiem nav konstatētas.

[34] statistiski būtiskas atšķirības starp parauglaukumiem: * $p < 0,01$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,1$



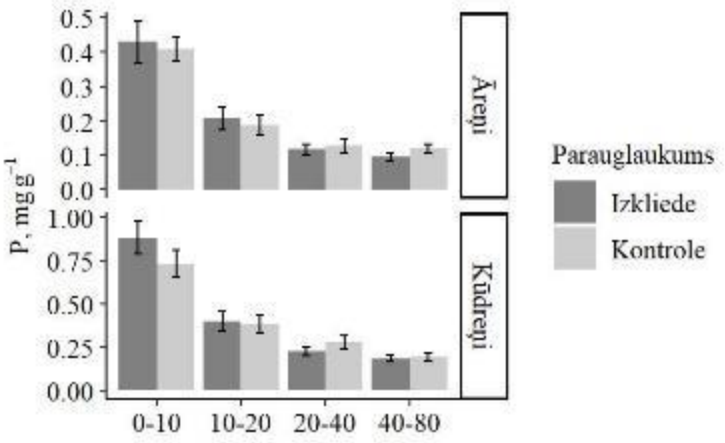
Attēls 36. Vidējā kālija koncentrācija (K, mg g^{-1}) dažādos augsnes slāņos slāpekļa minerālmēslojuma izmēģinājumu objektos pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas

Vidējā P koncentrācija augsnē apkopota att. 37 (koksnes pelnu izmēģinājumi), att. 38 (kombinētu augsnes ielabošanas līdzekļu izmēģinājumi) un att. 39 (slāpekļa minerālmēslojuma izmēģinājumi). P no izkliedētiem koksnes pelniem atbrīvojas salīdzinoši lēnāk nekā citi elementi (Karltun u.c., 2008). Attiecīgi, koksnes pelnu ietekme uz P saturu augsnē ir jāvērtē ilgtermiņā. Attiecībā par īstermiņa ietekmi, mēslotajos parauglaukumos sausieņos konstatēta lielāka vidējā P koncentrācija ($p < 0,1$). Tā kā dziļākos augsnes slāņos konstatēta vidēji mazāka P koncentrācija, iespējams, koksnes pelnu ienese veicinājusi P satura palielināšanos virsējā augsnes slānī līdz 10 cm dziļumam sausieņos.



Attēls 37. Vidējā fosfora koncentrācija (P, mg g^{-1}) dažādos augsnes slāņos koksnes pelnu izmēģinājumu objektos pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas[35]

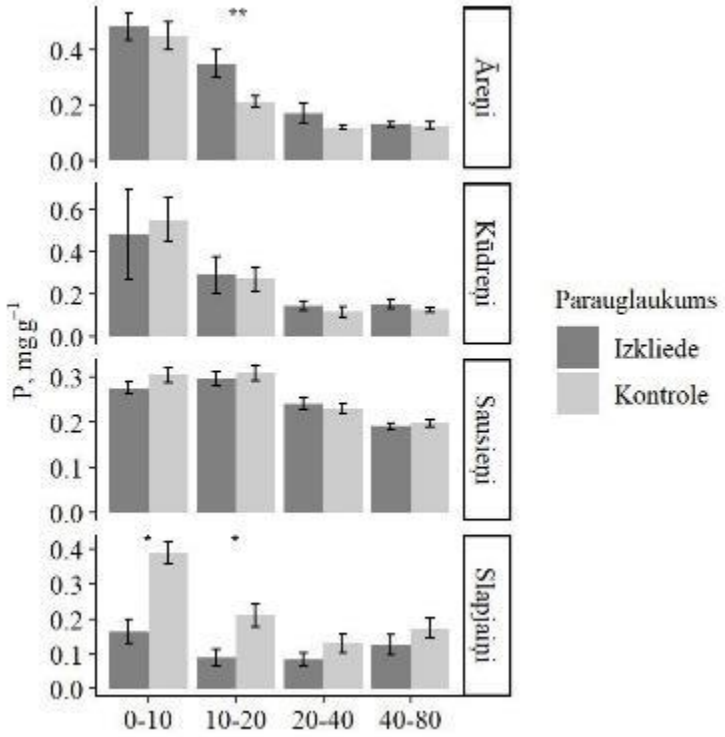
Ar kombinētiem augsnes ielabošanas līdzekļiem mēslotajos parauglaukumos 0-10 cm un 10-20 cm augsnes slānī konstatēta lielāka vidējā P koncentrācija nekā kontroles parauglaukumos. Atšķirība P koncentrācijā nav statistiski būtiska, bet iespējams, ka papildus koksnes pelnu ienese audzē ir veicinājusi audžu nodrošinājumu ar P.



Attēls 38. Vidējā fosfora koncentrācija (P, mg g^{-1}) dažādos augsnes slāņos kombinētu augsnes ielabošanas līdzekļu izmēģinājumu objektos pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas

Lielākajā daļā slāpekļa minerālmēslojuma izmēģinājumu objektu mēslotajos parauglaukumos 0-10 cm slānī konstatēta mazāka vidējā P koncentrācija. Izkliedes parauglaukumos slapjajā damaksnī konstatēta būtiski mazāka P koncentrācija nekā kontroles parauglaukumos ($p < 0,01$), ko var iespējams izskaidrot ar atšķirībām augsnes ķīmisko parametru vērtībās starp mēslotajām un kontroles platībām.

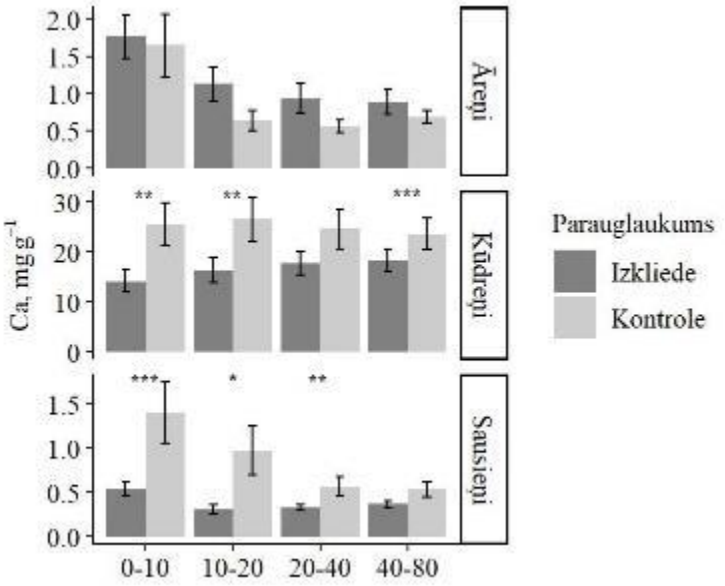
[35] statistiski būtiskas atšķirības starp parauglaukumiem: *** $p < 0,1$



Attēls 39. Vidējā fosfora koncentrācija (P, mg g^{-1}) dažādos augsnes slāņos slāpekļa minerālmēslojuma izmēģinājumu objektos pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas[36]

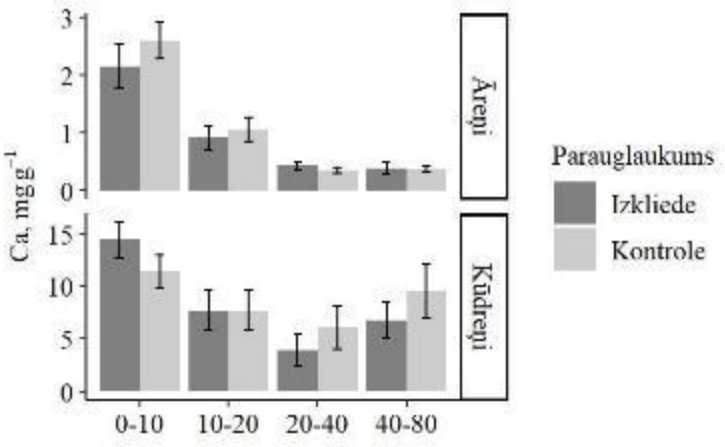
Vidējā Ca koncentrācija augsnē apkopota att. 40. (koksnes pelnu izmēģinājumi), att. 41. (kombinētu augsnes ielabošanas līdzekļu izmēģinājumi) un att. 42. (slāpekļa minerālmēslojuma izmēģinājumi). Koksnes pelni satur Ca, un, kaut gan Ca atbrīvojas lēnāk no izkliedētiem koksnes pelniem nekā K (Karltun u.c., 2008). Īstermiņā nav konstatēta pelnu izmantošanas ietekme uz Ca koncentrācijas augsnē izmaiņām. Salīdzinot ar kontroli, nedaudz lielāka Ca koncentrācija konstatēta mēslotajos parauglaukumos āreņos – kā virsējā, tā dziļākos augsnes slāņos. Citās audzēs, tieši pretēji, mēslotajos parauglaukumos konstatēta mazāka Ca koncentrācija nekā kontroles parauglaukumos, un šāda tendence novērota arī dziļākos augsnes slāņos.

[36] statistiski būtiskas atšķirības starp parauglaukumiem: * $p < 0,01$; ** $p < 0,05$



Attēls 40. Vidējā kalcija koncentrācija (Ca, mg g^{-1}) dažādos augsnes slāņos koksnes pelnu izmēģinājumu objektos pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas[37]

Ar kombinētiem augsnes ielabošanas līdzekļiem mēslotajos parauglaukumos kūdreņos 0-10 cm augsnes slānī konstatēta lielāka vidējā Ca koncentrācija nekā kontroles parauglaukumos; savukārt, dziļākos augsnes slāņos šāda sakarība nav novērota. Iespējams, ka papildus koksnes pelnu ienese mežaudzēs veicinājusi audžu nodrošinājumu ar Ca. Lai arī Ca saturs koksnes pelnos var variēt un atsevišķos objektos konstatēta iespējama īstermiņa ietekme uz Ca satura nelielu palielināšanos virsējā augsnes slānī, Saarsalmi u.c. (Saarsalmi u.c., 2001) ir ziņojuši, par koksnes pelnu ilgtermiņa ietekmi uz Ca koncentrācijas minerālaugsnē palielināšanos.

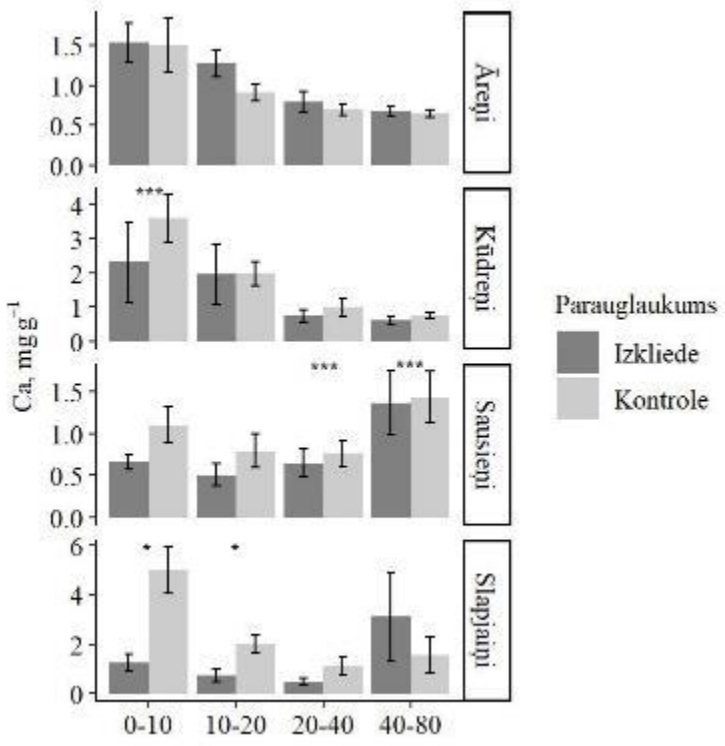


Attēls 41. Vidējā kalcija koncentrācija (Ca, mg g^{-1}) dažādos augsnes slāņos kombinētu augsnes ielabošanas līdzekļu izmēģinājumu objektos pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas

Lielākajā daļā slāpekļa minerālmēslojuma izmēģinājumu objektu mēslotajos parauglaukumos konstatēta mazāka vidējā Ca koncentrācija nekā kontroles parauglaukumos. Amonija nitrāta ieneses rezultātā iespējams var mainīties vides pH, kas var ietekmēt dažādu ķīmisko

[37] statistiski būtiskas atšķirības starp parauglaukumiem: * $p < 0,01$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,1$

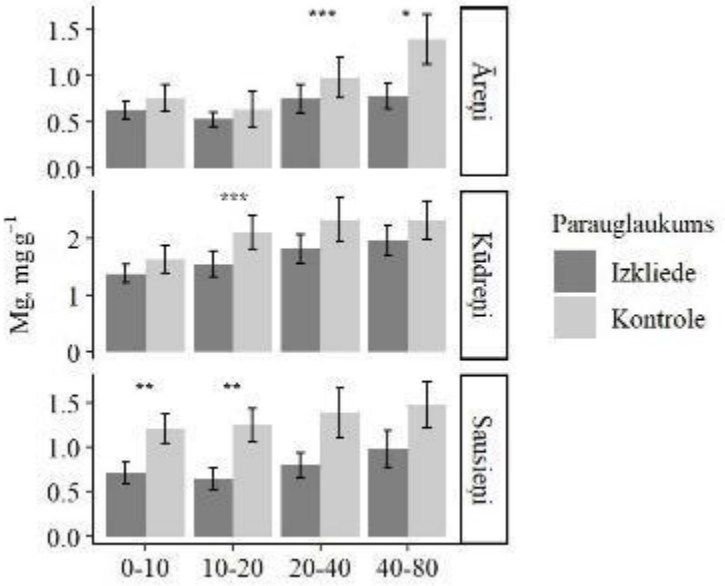
elementu mobilitāti. Tomēr šajos pētījuma objektos atšķirības starp kontroles un N minerālmēslojuma ieneses parauglaukumiem ir līdzīgas kā virsējā, tā arī dziļākos augsnes slāņos. Attiecīgi, amonija nitrāta izmantošanas ietekme nav konstatēta. Atšķirības Ca koncentrācijā starp parauglaukumiem nosaka jau sākotnējās atšķirības augsnes ķīmiskajos parametros.



Attēls 42. Vidējā kalcija koncentrācija (Ca, mg g^{-1}) dažādos augsnes slāņos slāpekļa minerālmēslojuma izmēģinājumu objektos pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas[38]

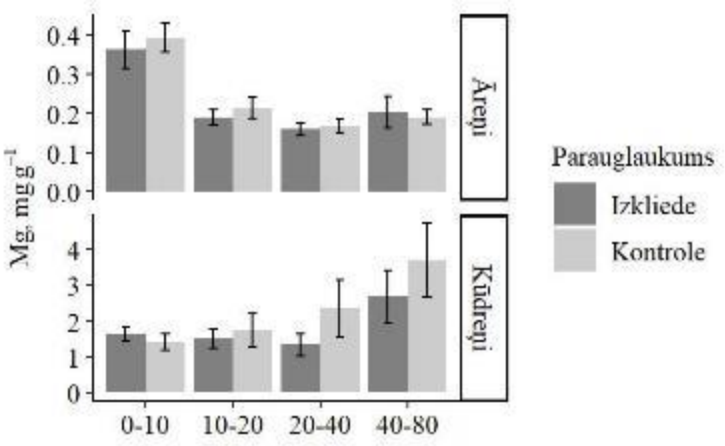
Vidējā Mg koncentrācija augsnē apkopota att. 43 (koksnes pelnu izmēģinājumi), att. 44 (kombinētu augsnes ielabošanas līdzekļu izmēģinājumi) un att. 45 (slāpekļa minerālmēslojuma izmēģinājumi). Koksnes pelni satur Mg, kas atbrīvojas lēnāk no izkliedētiem koksnes pelniem kā K un Ca (Karltun u.c., 2008). Koksnes pelnu izmēģinājumu objektos nav konstatēta koksnes pelnu izmantošanas īstermiņa ietekme uz Mg koncentrāciju augsnē.

[38] statistiski būtiskas atšķirības starp parauglaukumiem: * $p < 0,01$; *** $p < 0,1$



Attēls 43. Vidējā magnija koncentrācija (Mg, mg g^{-1}) dažādos augsnes slāņos koksnes pelnu izmēģinājumu objektos pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas[39]

Ar kombinētiem augsnes ielabošanas līdzekļiem mēslotajos parauglaukumos kūdreņos 0-10 cm augsnes slānī, līdzīgi, kā Ca saturs (att. 41), konstatēta nedaudz lielāka vidējā Mg koncentrācija nekā kontroles parauglaukumos; savukārt, dziļākos augsnes slāņos, tieši pretēji, mēslotajos parauglaukumos ir mazāka Mg koncentrācija. Iespējams, koksnes pelnu ienese veicinājusi Mg satura palielināšanos virsējā augsnes slānī. Savukārt, Saarsalmi u.c. (Saarsalmi u.c., 2001) ir ziņojuši, par ilgtermiņa ietekmi uz Mg koncentrācijas minerālaugsnē palielināšanos.

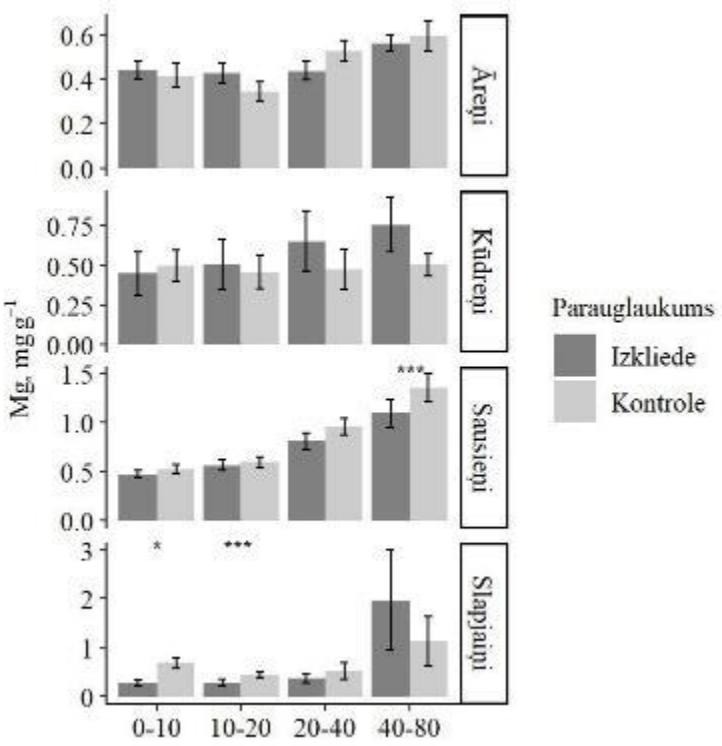


Attēls 44. Vidējā magnija koncentrācija (Mg, mg g^{-1}) dažādos augsnes slāņos kombinētu augsnes ielabošanas līdzekļu izmēģinājumu objektos pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas

Slāpekļa minerālmēslojuma mēslotajos parauglaukumos bērza audzēs slapjajā damaksnī augsnes virsējā slānī konstatēta mazāka vidējā Mg koncentrācija nekā kontroles parauglaukumos ($p < 0,01$). Iespējams slāpekļa minerālmēslojuma izkliedēšanas rezultātā var mainīties vides pH, kas var ietekmēt dažādu ķīmisko elementu mobilitāti. Tomēr šajos pētījuma objektos atšķirības starp

[39] statistiski būtiskas atšķirības starp parauglaukumiem: * $p < 0,01$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,1$

kontroles un amonija nitrāta mēslotajiem parauglaukumiem ir līdzīgas kā virsējā, tā arī dziļākos augsnes slāņos.



Attēls 45. Vidējā magnija koncentrācija (Mg, mg g^{-1}) dažādos augsnes slāņos slāpekļa minerālmēslojuma izmēģinājumu objektos pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas[40]

1.3.3. Relatīvā C_{ORG} un $N_{kop.}$ koncentrācija augsnē

Relatīvā koncentrācija izteikta kā procentuālā vērtība elementu saturam augsnes paraugos, kas ievākti pēc mēslojuma izkliedēšanas (2019. gadā) attiecībā pret saturu pirms izkliedēšanas (2016. gadā). Vērtības aprēķinātas un parādītas katram objektam un parauglaukumam (1. Pielikums). Relatīvā C_{ORG} dota tab. 1. (koksnes pelnu izmēģinājumi), tab. **Kļūda! Nav atrasts atsauces avots.**. (kombinētu augsnes ielabošanas līdzekļu izmēģinājumi) un tab. **Kļūda! Nav atrasts atsauces avots.**. (slāpekļa minerālmēslojuma izmēģinājumi). Relatīvā $N_{kop.}$ dota tab. **Kļūda! Nav atrasts atsauces avots.**. (koksnes pelnu izmēģinājumi), tab. **Kļūda! Nav atrasts atsauces avots.**. (kombinētu augsnes ielabošanas līdzekļu izmēģinājumi) un tab. **Kļūda! Nav atrasts atsauces avots.** (slāpekļa minerālmēslojuma izmēģinājumi).

Salīdzinot relatīvo C_{ORG} koncentrāciju dažādos parauglaukumos un augsnes slāņos koksnes pelnu izmēģinājumu objektos, nav konstatētas viennozīmīgas tendences relatīvās koncentrācijas izmaiņās; savukārt, relatīvā $N_{kop.}$ koncentrācija ar koksnes pelniem mēslotajās platībās 0-10 cm un 10-20 cm dziļumā lielākoties konstatēta lielāka, salīdzinot ar 2016. gada vērtībām, ko var saistīt ar koksnes pelnu veicinātu organiskās vielas sadalīšanos un slāpekļa atbrīvošanu. Tomēr daļā mēsloto parauglaukumu dažādos augsnes slāņos, salīdzinot ar $N_{kop.}$ koncentrāciju pirms koksnes pelnu izkliedēšanas, 2019. gadā slāpekļa saturs ir mazāks.

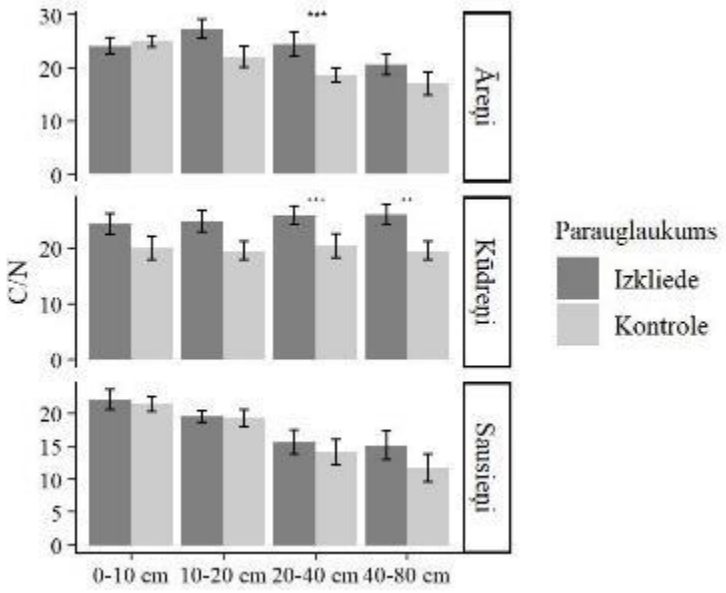
[40] statistiski būtiskas atšķirības starp parauglaukumiem: * $p < 0,01$; *** $p < 0,1$

Kombinētu augsnes ielabošanas līdzekļu izmēģinājumu mežaudzēs 3 gadu perioda konstatēta mazāka relatīvā C_{ORG} koncentrācija konstatēta gan kontroles, gan mēslotajās platībās. Arī relatīvā $N_{kop.}$ koncentrācija kontroles platībās lielākoties konstatēta mazāka attiecībā pret 2016. gadu, bet platībās, kur izmantoti koksnes pelni un amonija nitrāts, augsnes slānī līdz 10 cm dziļumam 60% parauglaukumu konstatēta lielāka relatīvā $N_{kop.}$ koncentrācija, kas var norādīt uz ienesto koksnes pelnu uz amonija nitrāta ietekmi uz slāpekļa satura palielināšanos virsējā augsnes slānī. Salīdzinot relatīvo $N_{kop.}$ koncentrāciju amonija nitrāta izmēģinājumu objektos mēslotajās platībās virsējos augsnes slāņos 45% gadījumu ir lielāks $N_{kop.}$ saturs pēc izkliedēšanas 0-10 cm dziļumā, 48% gadījumu lielāks $N_{kop.}$ saturs pēc izkliedēšanas ir 10-20 cm dziļumā.

1.3.4. C/N attiecība augsnē

Vidējā augsnes C/N attiecība apkopota att. 46. (koksnes pelnu izmēģinājumi), att. 47 (kombinētu augsnes ielabošanas līdzekļu izmēģinājumi) un att. 48. (slāpekļa minerālmēslojuma izmēģinājumi). Augsnes C/N attiecība nosaka ātrumu, ar kādu mikroorganismi sadala organisko vielu. C/N attiecība 20-30 robežās ir optimāla, ja C/N attiecība pārsniedz 30, tad augiem var pietrūkt N (Foth, 1990).

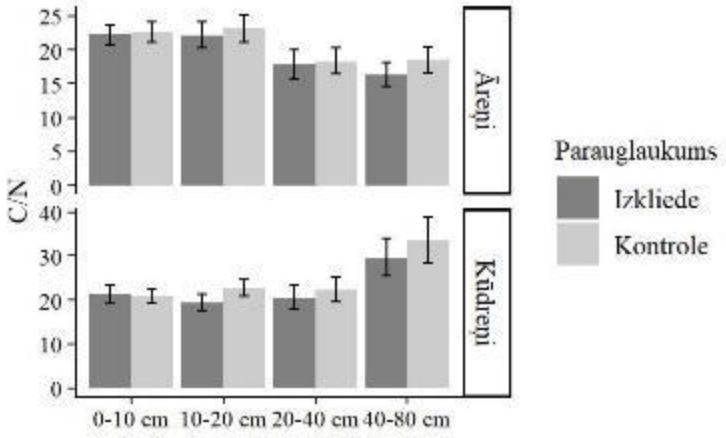
Āreņos konstatēta vidēji mazāka C/N attiecība augsnes slānī 0-10 cm dziļumā, kas var norādīt uz koksnes pelnu veicināto organiskās vielas mineralizāciju un slāpekļa satura palielināšanos. Tomēr kūdreņos un sausieņos, mēslotajos parauglaukumos C/N attiecība virsējā augsnes slānī ir nedaudz lielāka. Lai arī koksnes pelni var veicināt slāpekļa mineralizāciju, Saarsalmi u.c. (2001) ziņoja, ka pētījumā nav konstatēta koksnes pelnu ietekme uz augsnes C/N attiecības izmaiņām.



Attēls 46. Vidējā C/N attiecība dažādos augsnes slāņos koksnes pelnu izmēģinājumu objektos pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas[41]

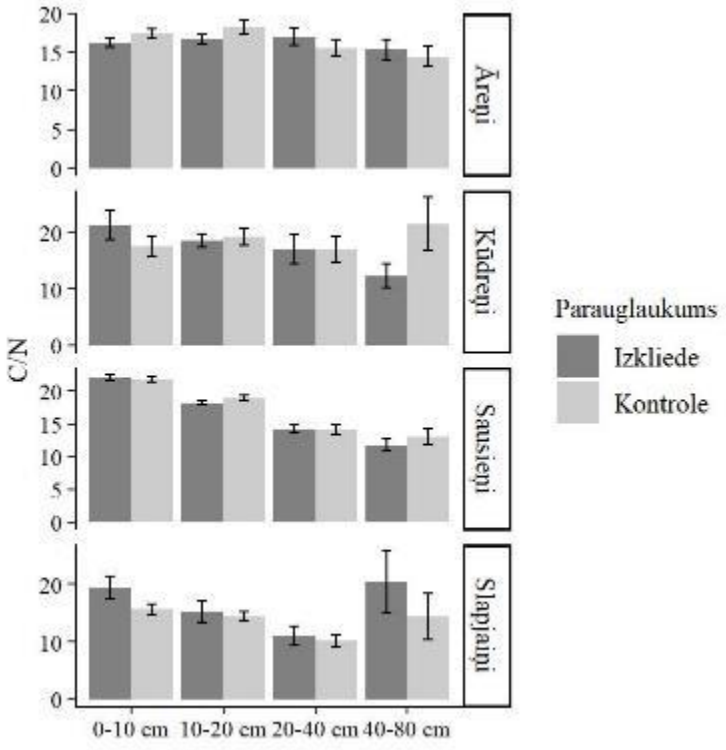
Objektos, kur izmantoti koksnes pelni un amonija nitrāts, nav konstatēta ietekme uz C/N attiecību augsnes virsējā slānī.

[41] statistiski būtiskas atšķirības starp parauglaukumiem: ** $p < 0,05$; *** $p < 0,1$



Attēls 47. Vidējā C/N attiecība dažādos augsnes slāņos kombinētu augsnes ielabošanas līdzekļu izmēģinājumu objektos pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas

Vērtējot vidējo augsnes C/N attiecību dažādos augsnes slāņos atkarībā no mežu augšanas apstākļu tipa, mazāka vidējā C/N attiecība konstatēta āreņos, augsnes slānī līdz 10 cm dziļumam, ko var saistīt ar izkliedētā slāpekļa minerālmēslojuma ietekmi. Iespējams, ka, vērtējot augsnes ķīmiskās īpašības tikai tajās platībās, kur parauglaukumos veikta izkliede manuāli, izdotos novērtēt, vai amonija nitrātam ir ietekme uz C/N attiecību, attiecīgi, vai ir būtiski mainījies faktors, kas būtiski ietekmē augsnes mikrofloras darbību un oglekļa apriti vidē.



Attēls 48. Vidējā C/N attiecība dažādos augsnes slāņos slāpekļa minerālmēslojuma izmēģinājumu objektos pēc augsnes ielabošanas līdzekļu izkliedēšanas

1.3.5. Kopsavilkums par mēslojuma ietekmi uz augsnes fizikālajām un ķīmiskajām īpašībām

Salīdzinot $N_{kop.}$ koncentrāciju platībās, kur izmantoti koksnes pelni un amonija nitrāts, pirms eksperimenta un pēc līdzekļu izkliedēšanas, lielākoties konstatēts relatīvās $N_{kop.}$ koncentrācijas pieaugums. Izņemot atsevišķus objektus, nav konstatēta augsnes ielabošanas līdzekļu ietekme uz C/N attiecību augsnes virsējā slānī, attiecīgi, mēslojuma ietekme uz organisko vielu mineralizāciju augsnē varētu būt nenozīmīga. Atbilstoši īstermiņa augsnes ielabošanas līdzekļu ietekmes novērtējumam, var secināt, ka 3 t ha^{-1} koksnes pelnu un 0,44 t ha^{-1} amonija nitrāta nav būtiskas ietekmes uz ķīmisko elementu saturu augsnes virsējos slāņos. Bet, izmantojot abus mēslošanas līdzekļus kopā, konstatēta $N_{kop.}$, Ca, P un Mg koncentrācijas palielināšanās virsējā augsnes slānī mežaudzēs ar meliorētām augsnēm. Iespējams, ka precīzāku augsnes ielabošanas līdzekļu izmantošanas ietekmi var novērtēt, atsevišķi analizējot augsnes parametrus, kur mēslošanas līdzekļi izkliedēti parauglaukumu robežās, nevis mašinizēti, tomēr tādu objektu skaits, kur mēslošanas līdzekļi ienesti ar rokām, pagaidām ir salīdzinoši neliels un nepietiekošs šādam salīdzinājumam.

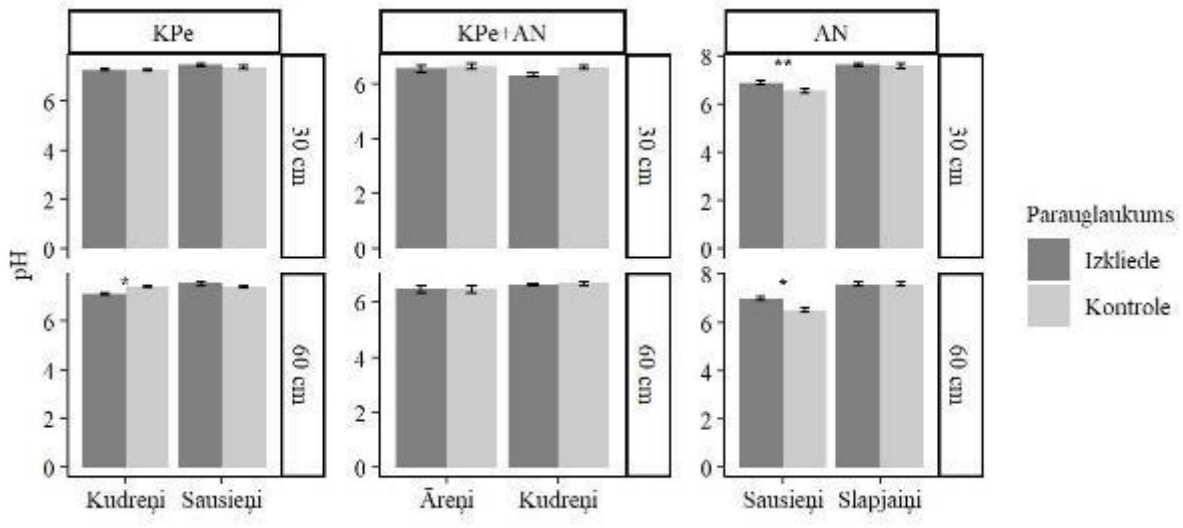
Mēslojuma ietekme uz elementu saturu augsnē ir grūti nosakāma arī tāpēc, ka ienesto barības vielu daudzums ir salīdzinoši neliels, salīdzinot ar augsnē esošo barības vielu daudzumu. Piemēram, ar minerālmēslojumu ienestais N daudzums ir tikai 4% no vidējā N satura augsnes virskārtā, kur atrodas lielākā daļa koku sakņu. K un P šie, rādītāji ar pelniem mēslotajās platībās ir, attiecīgi, 6% un 10% no vidējā uzkrājuma. Ienestais mēslojums var būtiski palielināt augiem pieejamo barības vielu daudzumu, tāpēc pētījumā vērtēts arī augsnes ūdens ķīmiskais sastāvs un tā izmaiņas pēc mēslojuma izkliedēšanas.

1.4. Augsnes ūdens ķīmiskās īpašības

1.4.1. Skābums

Četru gadu laikā veiktajā augsnes ūdens monitoringā noteiktās vidējās pH vērtības meža tipu griezumā apkopotas att. 49. Koksnes pelnu izmēģinājumu objektos damakšņa audžu mēslotajos parauglaukumos konstatēta nedaudz lielāka augsnes ūdens pH vērtība, nekā kontroles parauglaukumos, ko var saistīt ar koksnes pelnu (bāzisks materiāls) ietekmi (Ludwig u.c., 2002), tomēr atšķirība pH vērtībā nav statistiski būtiska. Savukārt, kūdreņu mēslotajos parauglaukumos 60 cm slānī vidējais augsnes ūdens pH ir 7,11±0,04, bet kontroles parauglaukumos – 7,42±0,05. Arī literatūrā ir norādes par augsnes ūdens pH samazināšanos pēc pelnu izkliedēšanas (Saarsalmi u.c., 2005). Kombinētu augsnes ielabošanas līdzekļu izmēģinājumu objektos sausieņos mēslotajos parauglaukumos augsnes ūdenī 30 cm dziļumā konstatēta nedaudz mazāka augsnes ūdens pH vērtība, bet atšķirība ir nebūtiska, kamēr literatūrā ziņots, ka pelnu izkliedei mežā ar podzola tipa augsni nav ietekmes uz augsnes ūdens pH vērtību (Ring u.c., 1999). Slāpekļa minerālmēslojuma izmēģinājuma objektos sausieņu mēslotajos parauglaukumos konstatēta vidēji lielāka augsnes ūdens pH vērtība, salīdzinot ar kontroles parauglaukumiem. 30 cm dziļumā vidējās augsnes ūdens pH vērtības ir 6,87±0,08 mēslotajos un 6,56±0,10 kontroles parauglaukumos ($p<0,05$), bet 60 cm dziļumā vidējās vērtības ir 6,98±0,06 mēslotajos un 6,51±0,08 kontroles parauglaukumos ($p<0,01$).

Savukārt, literatūrā ir norādes par amonija nitrāta īstermiņa efektu uz augsnes ūdens pH samazināšanos (Clarke u.c., 2018).

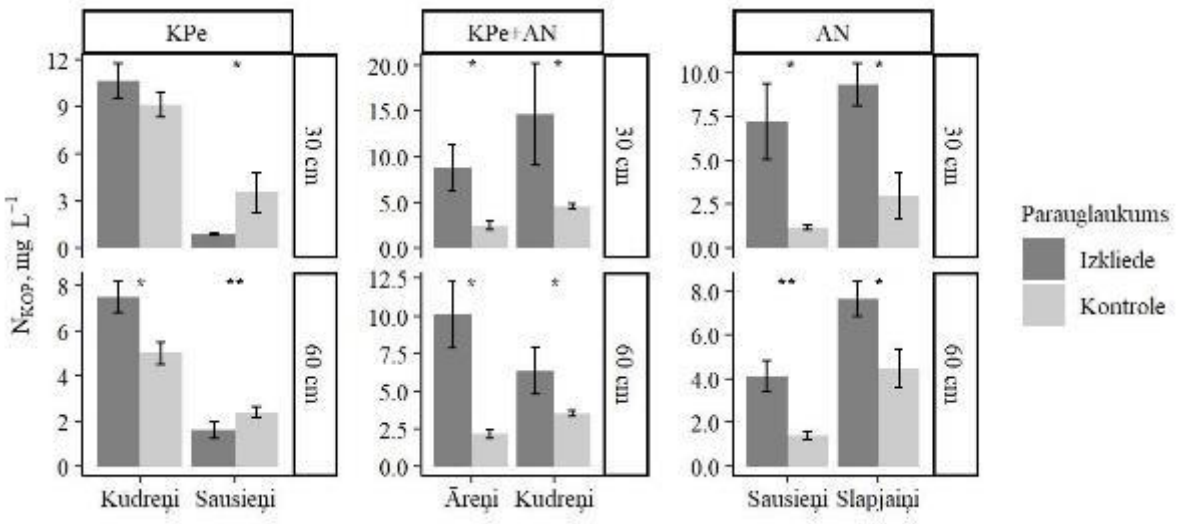


Attēls 49. Augsnes ūdens vidējā pH vērtība laika posmam 2017.-2020. gads[42]

1.4.2. Slāpekļa savienojumu saturs ūdenī

Att. 50 parādīta vidējā kopējā slāpekļa ($N_{kop.}$) koncentrācija. Koksnes pelnu izmēģinājumu objektos kūdreņos mēslotajos parauglaukumos ir vidēji lielāka $N_{kop.}$ koncentrācija augsnes ūdenī. Līdzīgi, platībās, kur izmantoti koksnes pelni un amonija nitrāts, konstatēta lielāka $N_{kop.}$ koncentrācija. Savukārt, sausieņos nav konstatēta saistība starp koksnes pelnu ienesi un slāpekļa ieskalošanās augsnes ūdenī. Noteiktās atšķirības ir statistiski būtiskas. Nedaudz lielāku $N_{kop.}$ koncentrāciju pelnu mēslotajos parauglaukumos kūdreņos var skaidrot ar koksnes pelnu veicinātu mikroorganismu darbību un organisko vielu sadalīšanos, kas paātrina N savienojumu atbrīvošanos (Pitman, 2006) kā arī ar papildus slāpekļa ienešanu mežaudzēs kompleksā mēslojuma gadījumā. Arī N minerālmēslojuma izmēģinājumu objektos konstatēts vidēji lielāks $N_{kop.}$ saturs augsnes ūdenī.

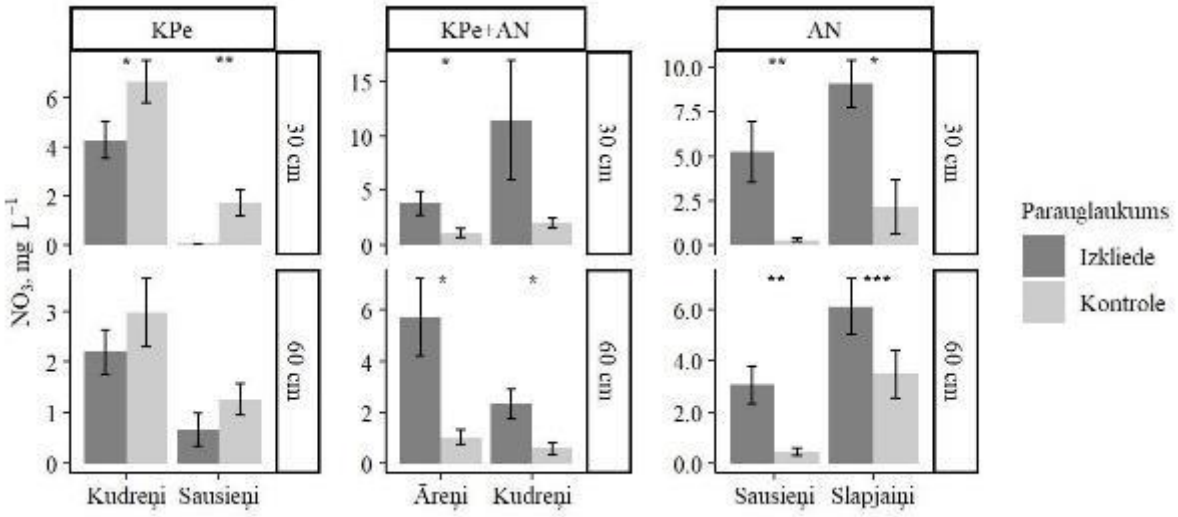
[42] KPe – koksnes pelni, KPe+AN – koksnes pelni un amonija nitrāts, AN – amonija nitrāts, statistiski būtiskas atšķirības starp parauglaukumiem: * $p < 0,01$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,1$



Attēls 50. Vidējā kopējā slāpekļa ($N_{kop.}$, mg L^{-1}) koncentrācija augsnes ūdenī laika posmā 2017.-2020. gads[43]

Att. 51 parādīta vidējā nitrātjonu (NO_3^-) koncentrācija. Literatūrā ir norādes par to, ka koksnes pelnu izkliedēšana (4,8 t ha^{-1}) mežaudzēs uz podzola augsnes, īstermiņā palielina NO_3^- koncentrāciju (Fransman & Nihlgård, 1995) augsnes ūdenī līdz 10 cm dziļumā (Ludwig u.c., 2002) vai arī, tieši pretēji, nav novērota ietekme uz NO_3^- izskalošanos no podzola tipa augsnes (Saarsalmi u.c., 2005). Tomēr šis pētījuma programmas ietvaros izmantota mazāka koksnes pelnu deva (3 tonnas ha^{-1}) un augsnes ūdens monitoringa ietvaros konstatēts, ka koksnes pelnu izmēģinājumu objektos kūdreņu un sausieņos vidējā NO_3^- koncentrācija mēslotajos parauglaukumos ir mazāka. Arī literatūrā ir norādes, ka parasti koksnes pelnu izmantošana neveicina NO_3^- koncentrācijas pieaugumu augsnes ūdenī, tomēr lielāka iespēja pastāv gadījumā, ja O horizonta C/N attiecība ir < 28 (Karltun u.c., 2008). Pārējo izmēģinājuma grupu izmēģinājumu objektu mēslotajās platībās konstatēta vidēji lielāka NO_3^- koncentrācija. Sausieņos vidējā NO_3^- koncentrācija 30 cm ir 5,24±1,70 mg L^{-1} mēslotajos un 0,30±0,08 mg L^{-1} kontroles parauglaukumos, bet slapjaiņos – attiecīgi, 9,05±1,34 mg L^{-1} un 2,14±1,56 mg L^{-1}. Arī Houle un Moore (Houle & Moore, 2019) ziņojuši par NO_3^- koncentrācijas palielināšanos 30 cm un 60 cm dziļumā, kā arī par NH_4^+ koncentrācijas palielināšanos 30 cm dziļumā, tomēr, ņemot vērā, ka 8 gadu periodā objektos veikta atkārtota amonija nitrāta izkliede, kas atbilst 80 gadu perioda dabiskai slāpekļa ienesei no atmosfēras, kopumā novērojumu periodā NO_3^- un NH_4^+ saturs augsnes ūdenī būtiski nepalielinājās.

[43] KPe – koksnes pelni, KPe+AN – koksnes pelni un amonija nitrāts, AN – amonija nitrāts, statistiski būtiskas atšķirības starp parauglaukumiem: * p < 0,01; ** p < 0,05

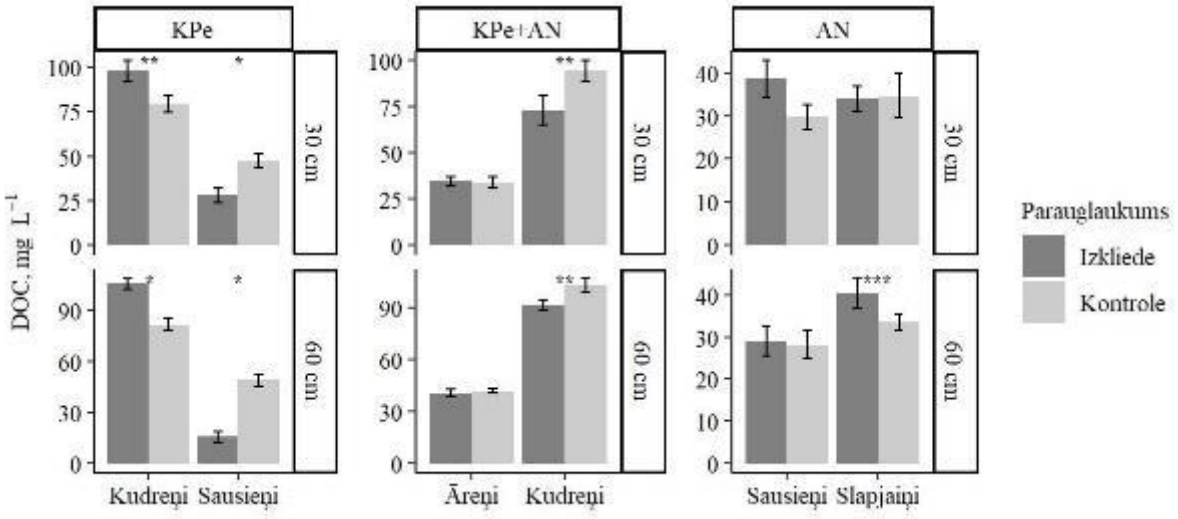


Attēls 51. Vidējā nitrātjonu (NO_3^-, mg L^{-1}) koncentrācija augsnes ūdenī laika posmā 2017.-2020. gads[44]

1.4.3. Izšķīdušais organiskais ogleklis

Att. 52 parādīta vidējā izšķīdušā organiskā oglekļa (DOC) koncentrācija. Koksnes pelnu izmēģinājumu objektos kūdreņos mēslotajos parauglaukumos konstatēta lielāka DOC koncentrācija augsnes ūdenī, turpretim, sausieņu ar koksnes pelniem mēslotajos parauglaukumos – mazāka DOC koncentrācija. Zināms, ka koksnes pelnu izmantošana ietekmē organisko vielu sadalīšanos (Pitman, 2006). Eksperimentā ar nedaudz lielāku koksnes pelnu devu 4 t ha^{-1} apmērā konstatēta DOC satura palielināšanās augsnes ūdenī par 25%, tomēr izskalošanās no mežaudzes, t.i., koncentrācijas palielināšanās notecē no mežaudzes nav konstatēta (Karltun u.c., 2008). Arī kombinētu augsnes ielabošanas līdzekļu izmēģinājumu platībās ar meliorētām augsnēm augsnes ūdens monitoringa rezultāti neapstiprina negatīvu koksnes pelnu izkliedēšanas ietekmi uz oglekļa ieskalošanos augsnes ūdenī.

[44] KPe – koksnes pelni, KPe+AN – koksnes pelni un amonija nitrāts, AN – amonija nitrāts, statistiski būtiskas atšķirības starp parauglaukumiem: * $p < 0,01$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,1$

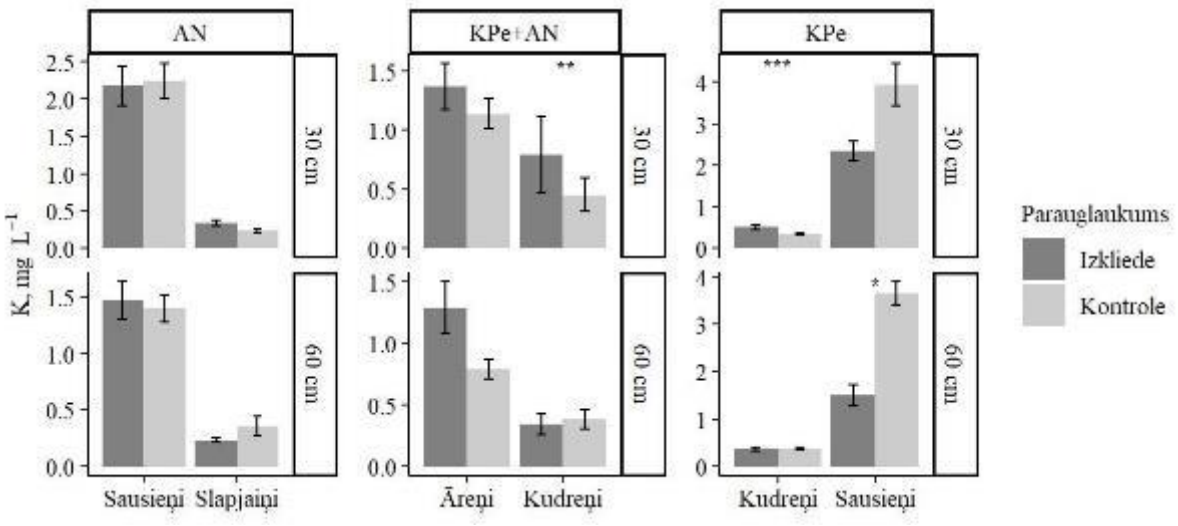


Attēls 52. Vidējā izšķīdušā organiskā oglekļa (DOC, mg L^{-1}) koncentrācija augsnes ūdenī laika posmā 2017.-2020. gads[45]

1.4.4. Kālija, fosfora, kalcija un magnija saturs ūdenī

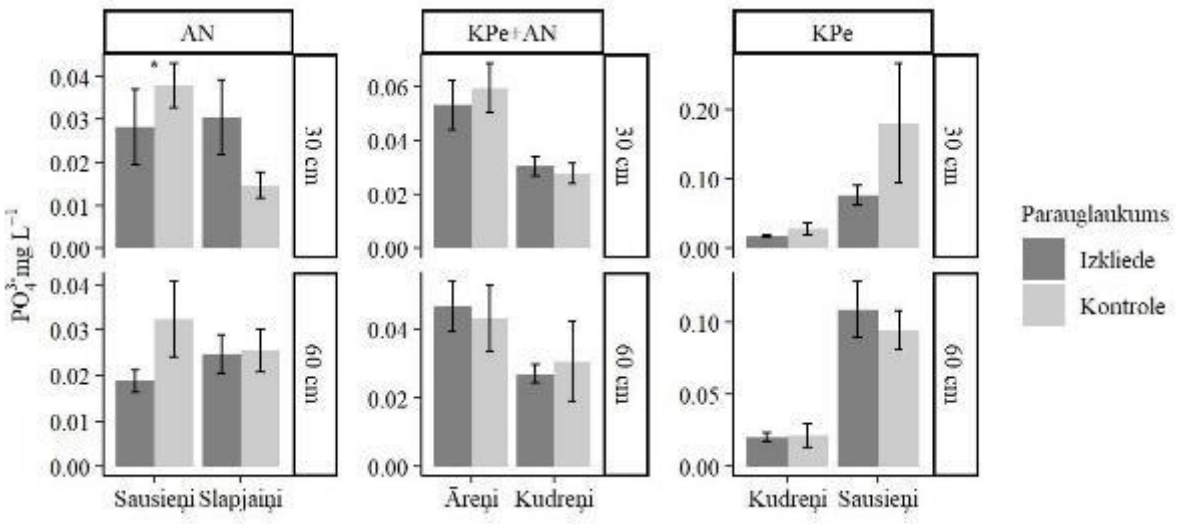
Vidējās kālija (K) koncentrācija augsnes ūdenī parādīta att. 53. K ir mobilāks elements, salīdzinot ar Ca un Mg, attiecīgi, izkliedējot mežaudzē koksnes pelnus, K saturam augsnes ūdenī vajadzētu palielināties. Kombinētu augsnes ielabošanas līdzekļu izmēģinājumu platībās augsnes ūdenī kūdreņos līdz 30 cm dziļumam un āreņos mēslotajos parauglaukumos 30 cm un 60 cm dziļumā konstatēta lielāka K koncentrācija. Statistiski būtiskas atšķirība ir ($p < 0,05$) 30 cm dziļumā ievāktajos augsnes ūdens paraugos no kūdreņiem, kur K koncentrācija ir 0,79±0,33 mg L^{-1} mēslotajos un 0,45±0,14 mg L^{-1} kontroles parauglaukumos. Neliela K koncentrācijas atšķirība ($p < 0,1$) konstatēta koksnes pelnu izmēģinājumu objektu kūdreņos augsnes ūdenī 30 cm dziļumā, kur vidējā koncentrācija mēslotajos parauglaukumos ir 0,51±0,06 mg L^{-1}, bet kontroles parauglaukumos – 0,35±0,02 mg L^{-1}. Līdzīgi, Piirainen (Piirainen, 2001) ziņojusi par nelielu K koncentrācijas palielināšanos augsnes ūdenī pēc pelnu izmantošanas audzēs uz meliorētām kūdras augsnēm. Savukārt, koksnes pelnu mēslotajos parauglaukumos sausieņos ūdenī konstatēta vidēji mazāka K koncentrācija. Pētījumā, kas veikts priedes audzē ar podzola tipa augsni, otrajā un trešajā gadā pēc koksnes pelnu izkliedēšanas, izmantojot tādu pašu devu kā mūsu pētījumā (3 t ha^{-1}), novērota lielāka K koncentrāciju amplitūda ūdens paraugos no virsējiem augsnes slāņiem, salīdzinot ar kontroli (Norström u.c., 2012), vai arī lielāks K saturs atrodams augsnes ūdenī 50 cm dziļumā (Jacobson u.c., 2004). Slāpekli saturoša minerālmēslojuma ieneses parauglaukumos nav konstatēta ietekme uz K saturu augsnes ūdenī, kas atbilst arī literatūrā atrodamai informācijai (Clarke u.c., 2018).

[45] KPe – koksnes pelni, KPe+AN – koksnes pelni un amonija nitrāts, AN – amonija nitrāts, statistiski būtiskas atšķirības starp parauglaukumiem: * $p < 0,01$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,1$



Attēls 53. Vidējā kālija (K, mg L^{-1}) koncentrācija augsnes ūdenī laika posmā 2017.-2020. gads[46]

Vidējā fosfātjonu (PO_4^{3-}) koncentrācija augsnes ūdenī parādīta att. 54. Statistiski būtiska atšķirība vidējā PO_4^{3-} koncentrācijā augsnes ūdenī konstatēta tikai amonija nitrāta izmēģinājumos sausieņos. Izkliedes parauglaukumos 30 cm slānī tā ir 0,03±0,01 mg L^{-1}, bet kontroles parauglaukumos - 0,04±0,01 mg L^{-1}. Salīdzinoši lielāka vidējā PO_4^{3-} koncentrācija augsnes ūdenī konstatēta platībās, kur izmantoti koksnes pelni un amonija nitrāts, 30 cm dziļumā kūdreņos un 60 cm dziļumā āreņos, kā arī ar koksnes pelniem mēslotajās platībās 60 cm dziļumā sausieņos. Līdzīgi, Piirainen (Piirainen, 2001) ziņojusi par nelielu P koncentrācijas palielināšanos augsnes ūdenī atsevišķos parauglaukumos pēc pelnu izmantošanas audzēs uz meliorētām kūdras augsnēm.

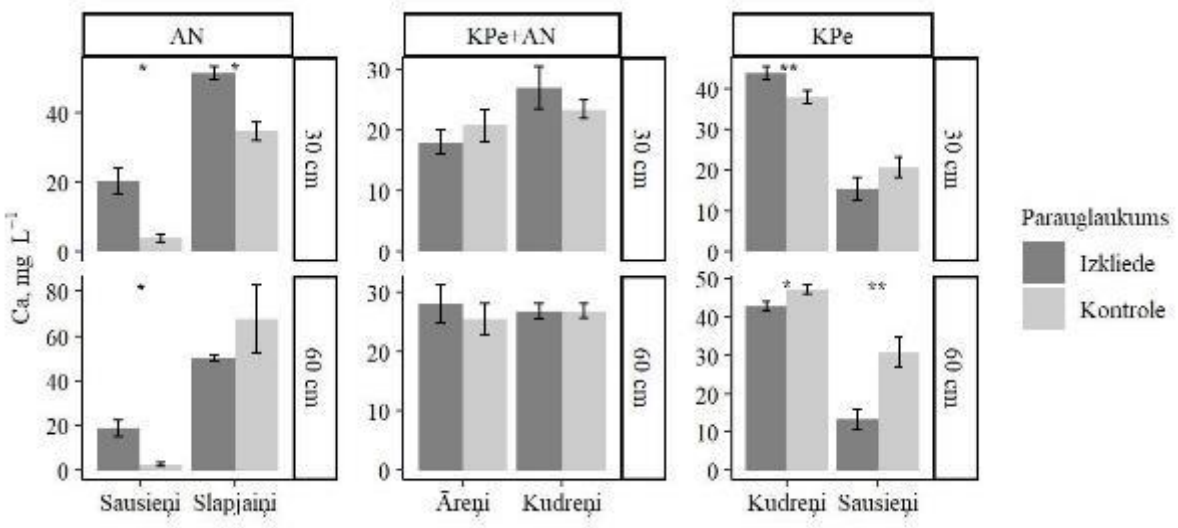


Attēls 54. Vidējā fosfātjonu (PO_4^{3-}, mg L^{-1}) koncentrācija augsnes ūdenī laika posmā 2017.-2020. gads[47]

[46] KPe – koksnes pelni, KPe+AN – koksnes pelni un amonija nitrāts, AN – amonija nitrāts, statistiski būtiskas atšķirības starp parauglaukumiem: * $p < 0,01$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,1$

[47] KPe – koksnes pelni, KPe+AN – koksnes pelni un amonija nitrāts, AN – amonija nitrāts, statistiski būtiskas atšķirības starp parauglaukumiem: * $p < 0,01$

Vidējā kalcija (Ca) koncentrācija augsnes ūdenī parādīta att. 55. Amonija nitrāta izmēģinājuma objektu mēslotajos parauglaukumos augsnes ūdenī konstatēta vidēji lielāka Ca koncentrācija. Piemēram, sausieņos vidējā Ca koncentrācija ar amonija nitrātu mēslotajos parauglaukumos ir 20,35±3,79 mg L^{-1} 30 cm un 18,80±3,65 mg L^{-1} 60 cm dziļumā, bet kontroles parauglaukumos – 3,86±1,11 mg L^{-1} 30 cm un 2,67±0,87 mg L^{-1} 60 cm dziļumā. Līdzīgus rezultātus attiecībā par Ca koncentrācijas palielināšanos īstermiņā pēc amonija nitrāta izkliedēšanas ziņojis arī Clarke u.c. (2018). Sausieņu parauglaukumos, kur izmantots amonija nitrāts, konstatēts arī lielāks augsnes ūdens pH līmenis (att. 49), ar ko var izskaidrot arī atšķirības Ca koncentrācijā starp parauglaukumiem, jo pH līmenis ietekmē ķīmisko elementu kustīgumu. Koksnes pelni satur Ca, attiecīgi, pēc to izmantošanas augsnes ūdenī var palielināties Ca koncentrācija (Piirainen, 2001). Koksnes pelnu un amonija nitrāta izmantošanas izmēģinājuma objektos mēslotajās platībās, salīdzinot ar kontroles parauglaukumiem, konstatēta nedaudz lielāka Ca koncentrācija 30 cm dziļumā kūdreņos un 60 cm dziļumā āreņos. Konstatētās atšķirības nav statistiski būtiskas. Savukārt, koksnes pelnu izmēģinājumu objektos kūdreņos mēslotajos parauglaukumos 30 cm slānī konstatēta lielāka Ca koncentrācija 43,70±1,73 mg L^{-1}, salīdzinot ar kontroles parauglaukumiem – 37,79±1,61 mg L^{-1}. Līdzīgi par koksnes pelnu izmantošanas īstermiņa ietekmi uz Ca koncentrācijas palielināšanos augsnes ūdenī ziņots arī literatūrā, tiesa gan, norādot arī sezonalitātes ietekmi (Norström u.c., 2012), kā arī ietekmi uz elementu sastāvu augsnes ūdenī līdz 10 cm dziļumam (Ludwig u.c., 2002). Sausieņos un kūdreņos augsnes ūdens paraugos no 60 cm dziļuma konstatēta vidēji mazāka Ca koncentrācija, salīdzinot ar kontroles parauglaukumiem.

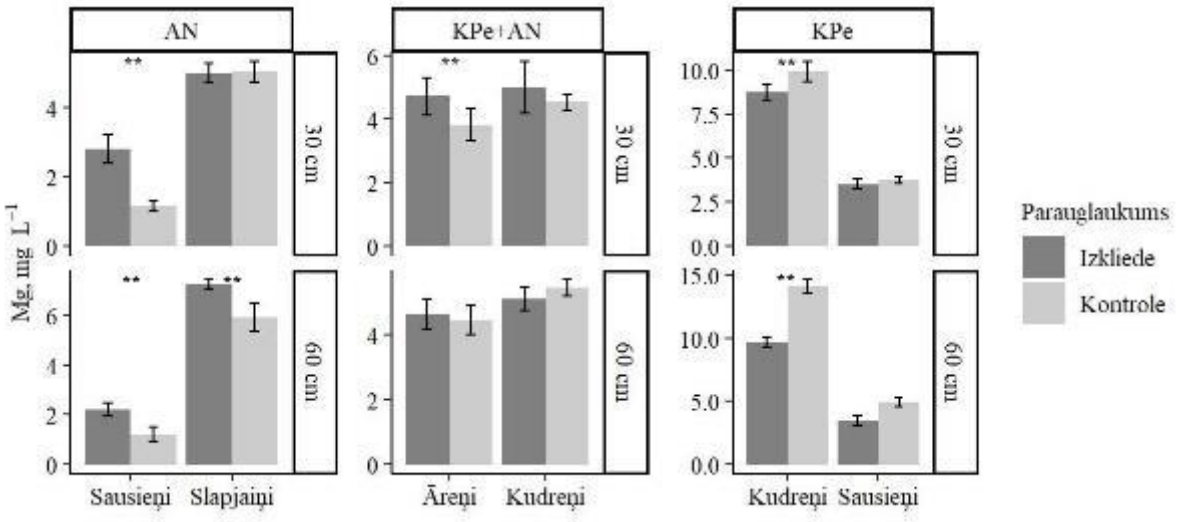


Attēls 55. Vidējā kalcija (Ca, mg L^{-1}) koncentrācija augsnes ūdenī laika posmā 2017.-2020. gads[48]

Vidējā magnija (Mg) koncentrācija parādīta att. 56. Amonija nitrāta izmēģinājumu objektos sausieņos augsnes ūdens paraugos konstatēta vidēji lielāka magnija (Mg) koncentrācija – mēslotajos parauglaukumos Mg koncentrācija ir 2,81±0,41 mg L^{-1} 30 cm un 2,21±2,04 mg L^{-1} 60 cm dziļumā, bet kontroles parauglaukumos, attiecīgi – 1,17±0,13 mg L^{-1} 30 cm un 1,19±0,30 mg L^{-1} 60 cm dziļumā. Līdzīgi kā vidējais Ca saturs (att. 55), sausieņu parauglaukumos, kur veikta amonija nitrāta

[48] KPe – koksnes pelni, KPe+AN – koksnes pelni un amonija nitrāts, AN – amonija nitrāts, statistiski būtiskas atšķirības starp parauglaukumiem: * $p < 0,01$; ** $p < 0,05$

izkliede, arī konstatēta lielāka Mg koncentrācija, ko var skaidrot ar atšķirībām augsnes ūdens pH līmenī (att. 49), jo pH līmenis ietekmē ķīmisko elementu kustīgumu. Tomēr līdzīgu amonija nitrāta īstermiņa efektu uz Mg koncentrācijas palielināšanos augsnes ūdenī līdz 40 cm dziļumam ziņojis arī Clarke u.c. (2018). Kombinētu augsnes ielabošanas līdzekļu izmēģinājumu parauglaukumos konstatēta lielāka Mg koncentrācija augsnes ūdenī līdz 30 cm dziļumam. Piemēram, āreņos vidējais Mg saturs augsnes ūdenī ir 4,72±0,59 mg L^{-1} mēslotajos un 3,82±0,50 mg L^{-1} kontroles parauglaukumos, kas nozīmē, ka platībās, kur izkliedēts amonija nitrāts un koksnes pelni, kokiem salīdzinoši vairāk pieejams Mg. Līdzīgu abu augsnes ielabošanas līdzekļu (koksnes pelni un amonija nitrāts) ietekmi uz magnija koncentrācijas palielināšanos ziņojis arī Clarke u.c. (2018). Lai arī koksnes pelni satur Mg un to izmantošana var palielināt Mg saturu augsnes ūdenī (Ludwig u.c., 2002; Piirainen, 2001), iegūtie rezultāti ir pretēji – koksnes pelnu izmēģinājumu objektos konstatēta vidēji mazāka Mg koncentrācija.



Attēls 56. Vidējā magnija (Mg, mg L^{-1}) koncentrācija augsnes ūdenī laika posmā 2017.-2020. gads[49]

1.4.5. Kopsavilkums par mēslojuma ietekmi uz augsnes ūdeni

Koksnes pelni satur dažādus koku augšanai nepieciešamus elementus, piemēram, K, Ca, Mg un P. Sadegšanas procesā izdalās lielākā daļa N un tā saturs pelnos ir nenozīmīgs. Atsevišķos objektos, kur izmantoti koksnes pelni, konstatēts K (kūdreņos), Ca (30 cm slānī kūdreņos), Mg (30 cm slānī kūdreņos un āreņos, kur papildus ienests arī amonija nitrāts) un PO_4^{3-} koncentrācijas pieaugums augsnes ūdens paraugos, kamēr citos objektos mēslotajos parauglaukumos konstatēta mazāka šo elementu koncentrācija. Platībās, kur izmantots amonija nitrāts, konstatēta salīdzinoši lielāka $N_{kop.}$ un NO_3^- koncentrācija augsnes ūdenī, nekā paraugos no kontroles platībām. Iegūtie rezultāti atbilst arī citu, līdzīgu pētījumu atziņām. Svarīgi, ka N koncentrācija ūdenī 2-3 mēnešu laikā pēc mēslojuma izkliedēšanas samazinās un saglabājas nedaudz augstākā līmenī, salīdzinot ar kontroles platībām. Atšķirība nav statistiski būtiska. Iegūtie rezultāti parāda mēslojuma īstermiņa ietekmi uz augsnes ūdens ķīmiskajiem parametriem, taču pētījumā nav iegūtas norādes uz paliekošu

[49] KPe – koksnes pelni, KPe+AN – koksnes pelni un amonija nitrāts, AN – amonija nitrāts, statistiski būtiskas atšķirības starp parauglaukumiem: * $p < 0,01$; ** $p < 0,05$

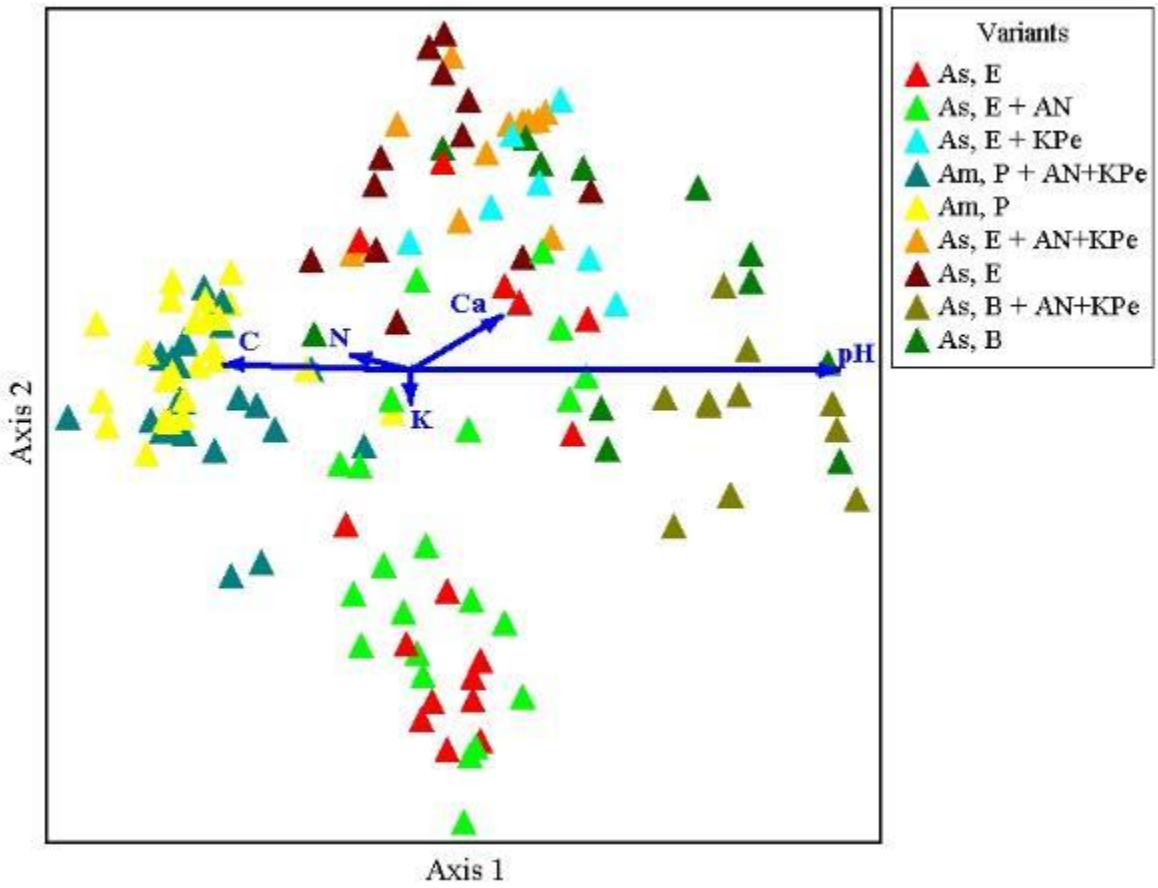
negatīvu efektu, kas noteiktu nepieciešamību ierobežot meža mēslošanu. Tomēr, izmantojot mēslojumu, jāņem vērā meža aizsargjoslu apsaimniekošanas nosacījumi un nedrīkst izkliedēt slāpekļa (N) mēslojumu tiešā grāvju tuvumā. Jāpārliecinās arī par to, vai rekomendētais aizsargjoslas platums, ir pietiekošs, lai novērstu barības vielu ieskalošanos virsūdeņos, jo šobrīd ieteiktie 10 m saistīti ar krājas papildpieauguma uzskaites datiem, nevis ūdens īpašību novērtējumu. Lai novērtētu ilgtermiņa efektu, tajā skaitā pēc atjaunošanas cirtes, augsnes ūdens monitorings būtu jāturpina.

1.5. Mēslojuma ietekme uz zemsedzes veģetāciju

1.5.1. Ietekmes novērtējums āreņos

Izmantojot ordinācijas diagrammas, var novērtēt sugu sastāva līdzību un atšķirību kontroles un mēslotajās platībās. Vērtējot mēslošanas ietekmi āreņos, būtiskākie skaidrojošie faktori ir augsnes pH un augsnes kopējais C saturs, kuru bultas diagrammās ir visgarākās (att. 57). Vislielākās atšķirības starp kontroles un mēslotajiem parauglaukumiem konstatētas šaurlapju āreņa (As) egles audzē, kur ienesti koksnes pelni, kā arī As bērza audzē, ienesot kombinētos mēslošanas līdzekļus. Šajos gadījumos kontroles un mēslotie parauglaukumi diagrammā nodalās visizteiktāk. Minētajā egles audzē mēslotajos parauglaukumos biežāk sastopama sūna *Pseudoschleropodium purum*, parādās nitrofilās sugas *Epilobium sp.* un meža zemene *Fragaria vesca*, kā arī novērota lielāka izplatība avenei *Rubus idaeus*. Sugu sastāva atšķirības var daļēji skaidrot ar mēslošanas ietekmi, jo diagrammā mēsloto parauglaukumu virzienā pieaug arī augsnes pH un Ca saturs, taču sugu sastāvs izteikti neliecina par labākiem augšanas apstākļiem. Bērza audzē parauglaukumos mēslotajās platībās konstatēts mazāks sūnu segums, lielāks projektīvais segums avenei *Rubus idaeus*, parādās nitrofilā suga *Lycopus europaeus.* Gadījumos, kad ienests amonija nitrāts, parauglaukumi izteikti nenodalās, taču daļa parauglaukumu izkārtojušies N gradienta palielināšanās virzienā. Arī mētru āreņa (Am) priedes audzē gan kontroles, gan mēslotie parauglaukumi izteikti nenodalās, taču daļa mēsloto parauglaukumu izkārtojušies pH un Ca gradientu pieauguma virzienā. Atšķirības vismazāk izpaužas As egles audzēs.

Augu CSR stratēģijas ir iedalījums pēc reakcijas uz traucējumiem un resursu ierobežojumiem. Augu stratēģiskās grupas ir konkurenti (C), strestoleranti (S), ruderāļi (R) un jaukta tipa (CR, SR, CS, CSR). As egles audzēs kontroles parauglaukumos, kā arī parauglaukumos, kur izmantots amonija nitrāts kopā ar koksnes pelniem, pārsvarā sastopamas augu sugas, kas pārstāv stratēģijas C un CSR; savukārt, parauglaukumos, kur ienesti koksnes pelni, dominējošā stratēģija ir CSR, bet C stratēģiju pārstāvošo sugu skaits ir izteikti mazāks. Šī paša meža tipa egles audzēs gan kontroles, gan mēslotajos parauglaukumos arī dominējošās stratēģijas ir C un CSR. Am priedes audzē kontroles parauglaukumos dominējošā augu stratēģija ir C, bet mēslotajos vienlīdzīgā skaitā ir stratēģiju C, CS un CSR pārstāvošās sugas.

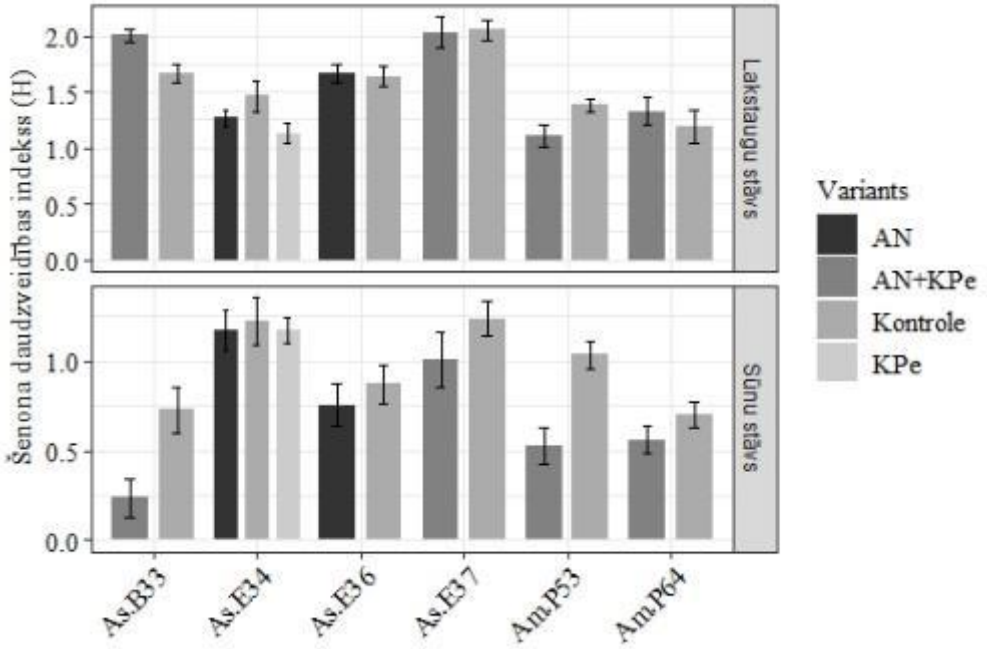


Attēls 57. DCA diagramma sugu sastāva atšķirību raksturošanai āreņos kontroles parauglaukumos un platībās, kur ienests amonija nitrāts[50]

Šenona daudzveidības indekss (H) izvēlēts kā indikators ietekmes uz sugu daudzveidību novērtēšanai. H vērtības sūnu stāvā parauglaukumos kontroles platībās variē no 0,70 ± 0,07 AM P64[51] audzē līdz 1,24 ± 0,10 As E37 audzē; savukārt, parauglaukumos mēslotajās platībās vērtības variē no 0,24 ± 0,11 As B33 audzē, kur amonija nitrāts ienests kopā ar koksnes pelniem, līdz 1,17 ± 0,07 As E34 audzē, kur ienesti koksnes pelni. H vērtības lakstaugu stāvā parauglaukumos kontroles platībās ir robežās no 1,19 ± 0,14 Am P64 audzē līdz 2,05 ± 0,09 As E37 audzē, bet parauglaukumos mēslotajās platībās vērtības ir robežās no 1,11 ± 0,10 Am P53, kur amonija nitrāts ienests kopā ar koksnes pelniem, līdz 2,03 ± 0,14 As E37 audzē, kur arī izmantoti iepriekš minētie mēslošanas līdzekļi. Am un As gan sūnu, gan lakstaugu stāvā mēslotajās platībās pārsvarā konstatētās mazākas H vērtības, taču As bērza audzē, ienesot kombinētos ielabošanas līdzekļus, konstatētas lielākas šī parametra vērtības lakstaugu stāvā. Kopumā novērotā ietekme vairumā gadījumu nav statistiski būtiska, bet audzē As B33 atšķirības ir statistiski būtiskas gan sūnu, gan lakstaugu stāvā ($p<0,05$). Šenona daudzveidības indeksa salīdzinājums veģetācijas uzskaites parauglaukumos kontroles un mēslotajās platībās meža tipa, koku sugu un audzes vecuma griezumā parādīts att. 58.

[50] As – šaurlapu ārenis, Am – mētru ārenis, E – parastā egle, P – parastā priede, B – āra bērzs, N – slāpeklis, AN – amonija nitrāts, KPe – koksnes pelni

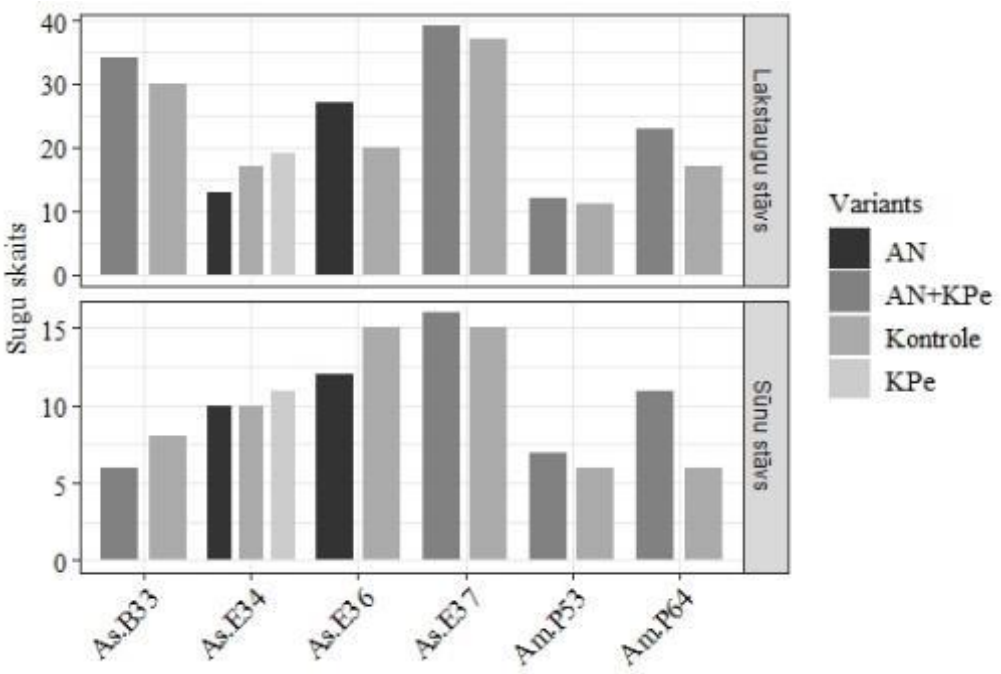
[51] Ar burtiem apzīmēta suga, ar skaitļiem – audzes vecums.



Att. 58. Šenona daudzveidības indeksa vērtību salīdzinājums āreņos sūnu un lakstaugu stāvā[52]

Sugu skaits sūnu stāvā kontroles parauglaukumos ir robežās no 6 Am priedes audzēs līdz 15 – divās As egles audzēs, bet mēslotajās platībās sūnu sugu skaits ir robežās no 6 (audzē As B33, kur amonija nitrāts ienests kopā ar koksnes pelniem) līdz 16 (As E37, kur izmantoti tie paši mēslošanas līdzekļi). Sugu skaits lakstaugu stāvā parauglaukumos kontroles platībās ir robežās no 11 (Am P53), līdz 37 (As E37); savukārt, parauglaukumos mēslotajās platībās tas ir robežās no 12 (Am P53) līdz 39 (As E37). Sugu skaits lakstaugu stāvā parauglaukumos mēslotajās platībās pārsvarā ir lielāks, salīdzinot ar kontroli. Sūnu stāvā nevar novērot viennozīmīgu tendenci. Sugu skaita salīdzinājums veģetācijas uzskaites parauglaukumos kontroles un mēslotajās platībās parādīts att. 59.

[52] As – šaurlapu ārenis, Am – mētru ārenis, E – parastā egle, P – parastā priede, B – āra bērzs, N – slāpeklis, AN – amonija nitrāts, KPe – koksnes pelni. Ar skaitļiem norādīts audzes vecums.

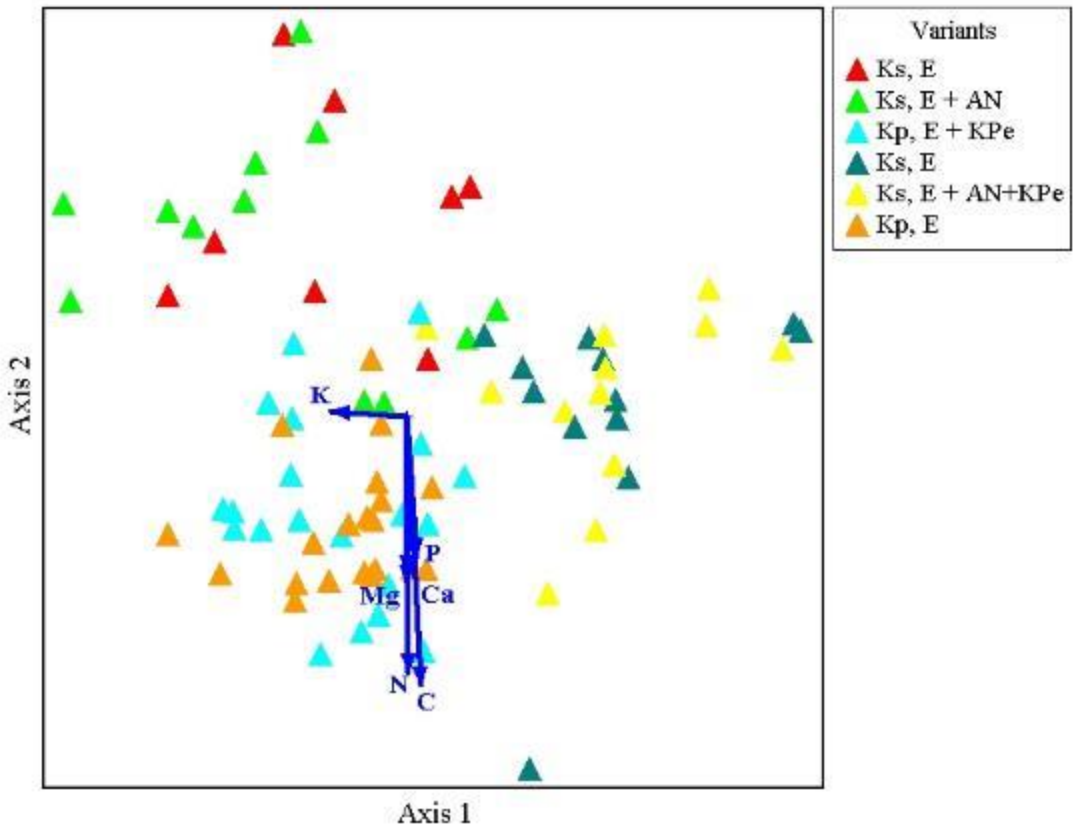


Att. 59: Sugu skaita salīdzinājums āreņos sūnu un lakstaugu stāvā[52]

1.5.2. Ietekmes novērtējums kūdreņos

Izvērtējot mēslojuma ietekmi kūdreņos, izteiktas atšķirības sugu sastāvā kontroles un mēslotajās platībās nav vērojamas nevienā gadījumā (att. 60). Augsnes C, N, Mg, Ca un P saturs ir skaidrojošie faktori, un to saturs ir lielāks Ks audzēs. Vērtējot sugu sastāva līdzību/atšķirības, neatklājas būtiska mēslojuma ietekme.

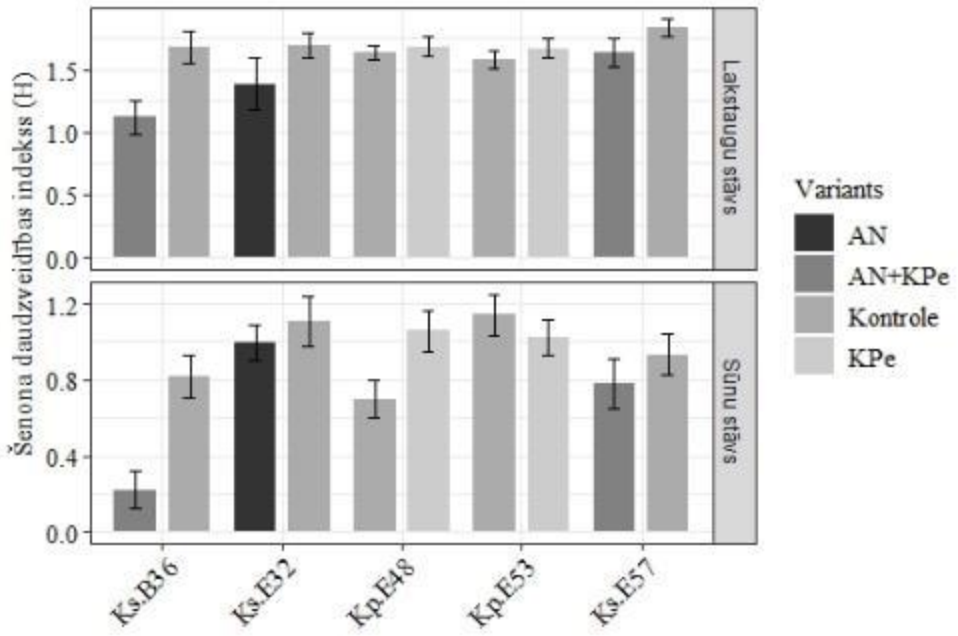
Ks egles audzēs, izņemot audzi, kur kā mēslojums izmantoti koksnes pelni, dominējošās augu stratēģijas ir C un CSR gan kontroles, gan mēslotajos parauglaukums. Egles audzē parauglaukumos, kur ienesti koksnes pelni, vienlīdz bieži abām iepriekš minētajām stratēģijām ir pārstāvēta arī stratēģija CS. Ks bērza audzēs kontroles parauglaukumos dominējošā stratēģija ir CS, bet mēslotajos – vienlīdz bieži pārstāvētas C, CS un CSR stratēģijas.



Attēls 60. DCA diagramma sugu sastāva atšķirību raksturošanai kūdreņos kontroles parauglaukumos un platībās, kur ienests amonija nitrāts vai amonija nitrāts kopā ar koksnes pelniem[53]

Kūdreņos H vērtības sūnu stāvā parauglaukumos kontroles platībās ir robežās no 0,70 ± 0,10 Kp egles audzē līdz 1,14 ± 0,11 otrā Kp egles audzē. Parauglaukumos platībās, kur ienesti mēslošanas līdzekļi, H vērtības ir robežās no 0,22 ± 0,10 Ks bērza audzē līdz 1,06 ± 0,11 Kp egles audzē. Savukārt, lakstaugu stāvā vērtības kontroles parauglaukumos ir robežās no 1,58 ± 0,07 Kp egles audzē līdz 1,83 ± 0,07 Ks egles audzē, bet mēslotajos parauglaukumos – no 1,12 ± 0,14 Ks bērza audzē līdz 1,68 ± 0,07 Kp E48 audzē. Ks audzēs pārsvarā konstatētas nedaudz mazākas H vērtības, salīdzinot ar kontroli. Tendence ir izteiktāka bērza audzē. Šajā bērza audzē atšķirības starp parauglaukumiem ir statistiski būtiskas gan sūnu ($p<0,005$), gan lakstaugu ($p<0,05$) stāvā. Vienā Kp egles audzē H vērtība sūnu stāvā ir statistiski būtiski lielāka ($p<0,05$) parauglaukumos platībās, kur ienesti koksnes pelni, bet otrajā šo pašu meža tipu pārstāvošajā audzē sūnu stāvā konstatētas mazākas H vērtības, salīdzinot ar kontroli. Lakstaugu stāvā abās audzēs, ienesot koksnes pelnus, konstatētas lielākas H vērtības. Šenona daudzveidības indeksa salīdzinājums veģetācijas uzskaites parauglaukumos kontroles un mēslotajās platībās, koku sugu un audzes vecuma griezumā, parādīts att. 61.

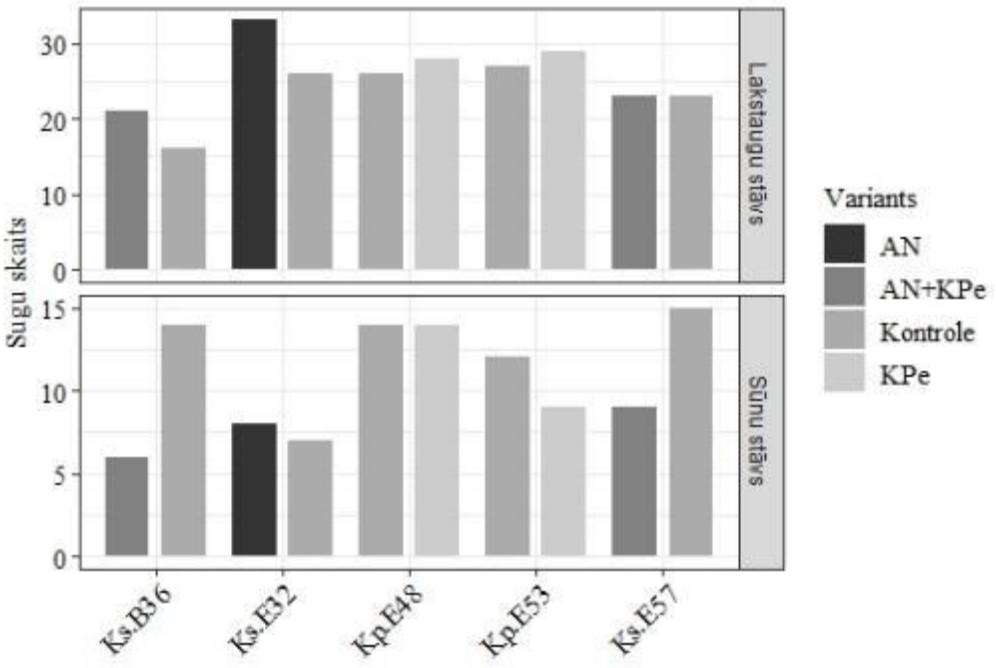
[53] Ks – šaurlapu kūdrenis, Km – mētru kūdrenis, E – parastā egle, N – slāpeklis, AN – amonija nitrāts, KPe – koksnes pelni, K – kālijs, Mg – magnijs, Ca – kalcijs, P – fosfors, C – kopējais oglekļa saturs augsnē



Att. 61. Šenona daudzveidības indeksa vērtību salīdzinājums kūdreņos sūnu un lakstaugu stāvā[54]

Sugu skaits sūnu stāvā kontroles parauglaukumos robežās no 7 līdz 15 dažādās Ks egles audzēs, bet parauglaukumos mēslotajās platībās sūnu sugu skaits robežās no 6 Ks bērza audzē līdz 14 Kp egles audzē. Sugu skaits lakstaugu stāvā parauglaukumos kontroles platībās robežās no 16 Ks bērza audzē, līdz 26 Kp un Ks egles audzēs; savukārt, mēslotajās platībās tas robežās no 21 Ks bērza audzē līdz 33 Ks egles audzē. Vērtējot ietekmi uz sugu skaitu lakstaugu stāvā, visās audzēs parauglaukumos platībās, kur ienests mēslojums, sugu skaits ir lielāks, salīdzinot ar kontroli. Sūnu stāvā nevar novērot viennozīmīgu tendenci. Sugu skaita salīdzinājums veģetācijas uzskaites parauglaukumos kontroles un mēslotajās platībās meža tipa un audzes vecuma griezumā parādīts att. 62.

[54] Ks – šaurlapu kūdrenis, Kp – platlapju kūdrenis, E – parastā egle, B – āra bērzs, N – slāpeklis, AN – amonija nitrāts, KPe – koksnes pelni. Ar skaitļiem norādīts audzes vecums.



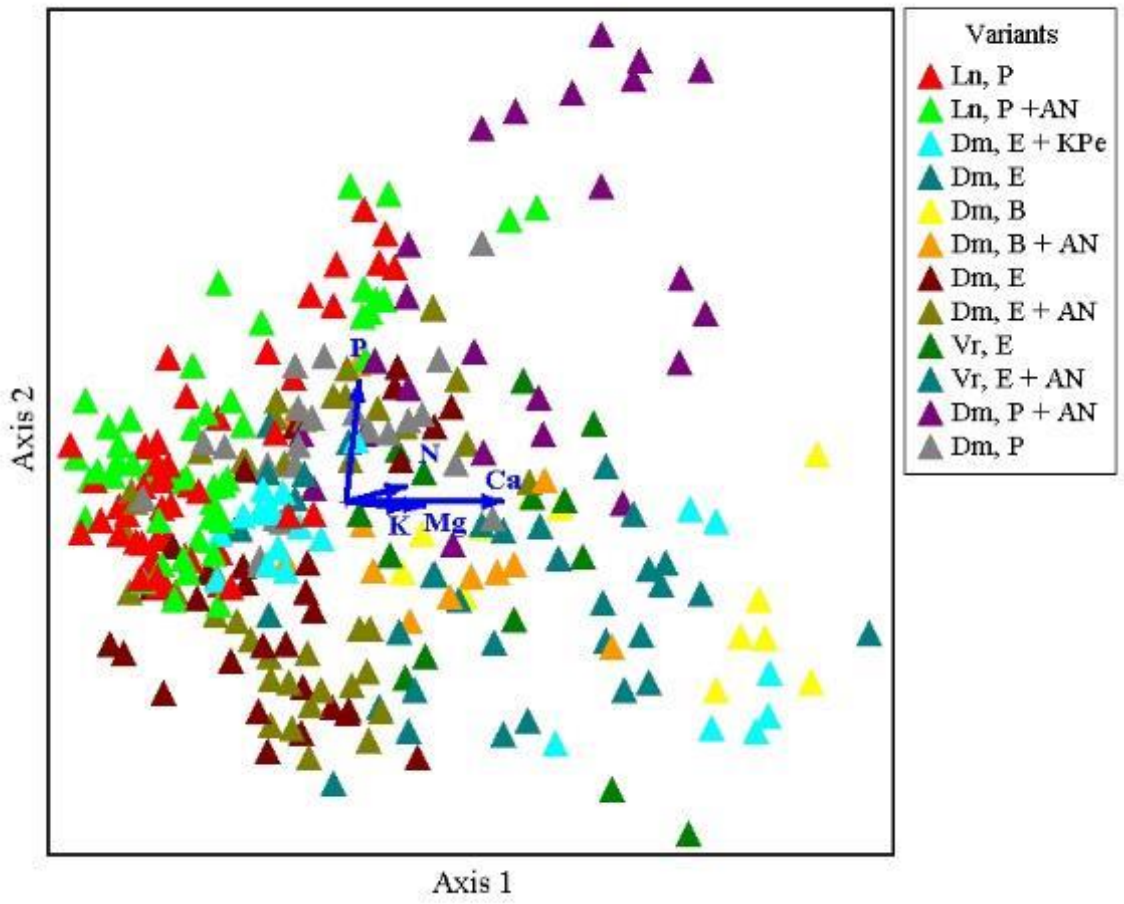
Att. 62. Sugu skaita salīdzinājums kūdreņos sūnu un lakstaugu stāvā[54]

1.5.3. Ietekmes novērtējums sausieņos

Vērtējot mēslošanas ietekmi sausieņu mežos, DCA diagrammā (att. 63) visizteiktāk parauglaukumi kontroles un mēslotajās platībās nodalījušies damakšņa (Dm) priedes audzēs. Galvenie skaidrojošie faktori diagrammā ir P un Ca saturs augsnē, bet pārējo faktoru ietekme ir nebūtiska.

Mēslotajos parauglaukumos novērota lielāka avenes (*Rubus idaeus*) sastopamība un izplatība. Mellenēm un brūklenēm mēslotajos parauglaukumos novērots mazāks projektīvais segums, salīdzinot ar kontroli. Tikai parauglaukumos mēslotajās platībās parādās nitrofilās sugas parastā virza (*Stellaria media*), mūru mežsalāts (*Mycelis muralis*), sīkziedu sprigane (*Impatiens parviflora,* arī invazīva suga), kā arī novērots gada staipeknis (*Lycopodium annotinum*), kas ir aizsargājams. Arī vēra (Vr) egles audzē kontroles un ar amonija nitrātu mēslotie parauglaukumi daļēji nodalās. Mēslotajos parauglaukumos ir lielāks graudzāļu projektīvais segums, salīdzinot ar kontroli. Nav novērotas būtiskas izmaiņas dominējošo sūnu sugu projektīvajā segumā. Sugu sastāva atšķirības starp parauglaukumiem kontroles un mēslotajās platībās varētu būt radušās mēslošanas līdzekļu ieneses rezultātā.

Kontroles parauglaukumos visās audzēs dominējošās stratēģijas ir C un CSR, bet mēslotajos parauglaukumos līdzās šīm stratēģijām vienlīdz bieži pārstāvēta ir CS. Lāna audzēs gan kontroles, gan mēslotajos parauglaukumos dominējošā stratēģija ir C, bet bieži pārstāvētas ir arī CS un CSR. Mētrāja audzē kontroles parauglaukumos dominējošās stratēģijas ir C un CS, bet mēslotajos bieži pārstāvēta arī CSR stratēģija. Vērī kontroles parauglaukumos vienlīdz bieži pārstāvētas ir stratēģijas C, CS un CSR, bet mēslotajos – izteikti biežāk sastopama CSR stratēģija.

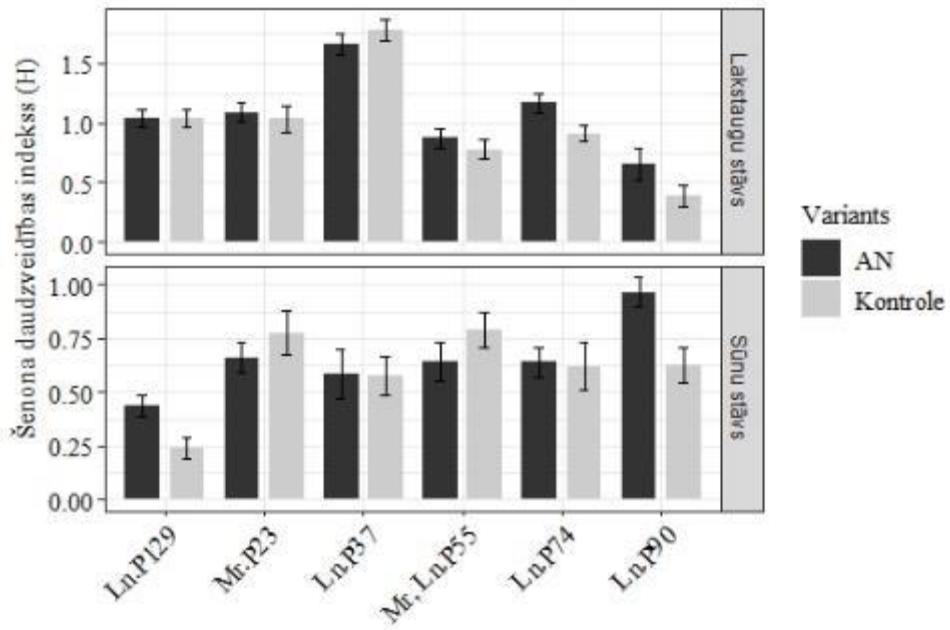


Attēls 63. DCA diagramma sugu sastāva atšķirību raksturošanai sausieņos kontroles parauglaukumos un platībās, kur ienests amonija nitrāts vai koksnes pelni[55]

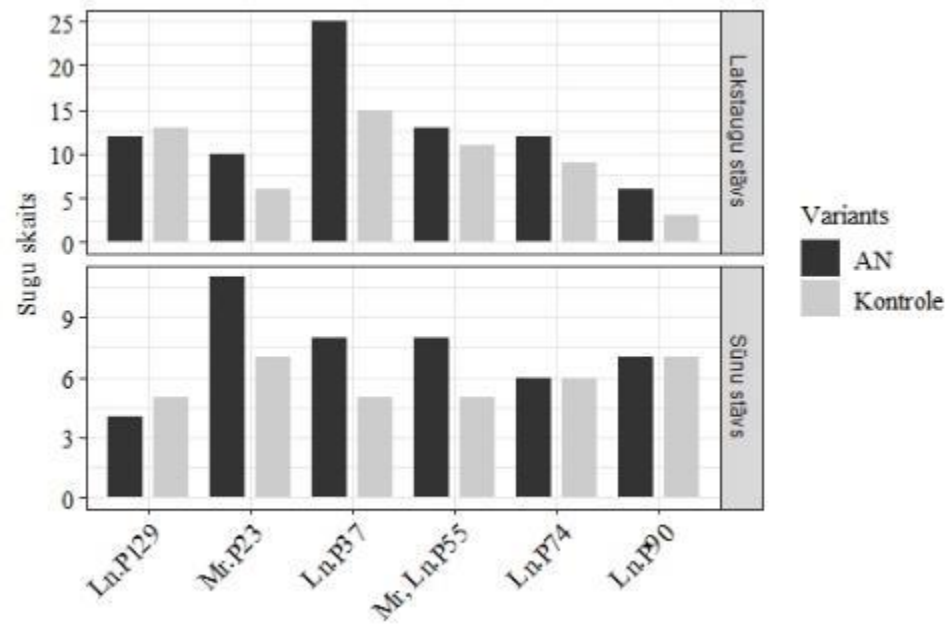
H vērtība mētrāja (Mr) audzē sūnu stāvā kontroles parauglaukumos 0,77 ± 0,10 un mēslotajos – 0,66 ± 0,07, bet lakstaugu stāvā attiecīgās vērtības kontroles un mēslotajos parauglaukumos ir 1,04 ± 0,11 un 1,09 ± 0,08. Lāna (Ln) audzēs sūnu stāvā kontroles parauglaukumos H vērtība ir no 0,24 ± 0,05 līdz 0,77 ± 0,10, bet mēslotajos parauglaukumos – no 0,43 ± 0,05 līdz 0,97 ± 0,07. Lakstaugu stāvā kontroles parauglaukumos H vērtības ir no 0,78 ± 0,09 līdz 1,78 ± 0,08, bet mēslotajos parauglaukumos – no 0,66 ± 0,13 līdz 1,67 ± 0,09. Mr un Ln audzēs mēslotajos parauglaukumos lakstaugu stāva H vērtība ir mazāka, salīdzinot ar kontroli, bet sūnu stāvā – nedaudz lielāka. Vairumā Ln priedes audžu pēc amonija nitrāta ieneses H vērtība gan sūnu, gan lakstaugu stāvā ir lielāka platībās, kur ienests amonija nitrāts, bet vienā audzē tā ir nedaudz mazāka mēslotajās platībās. Atšķirības starp kontroles un mēslotajiem parauglaukumiem ir statistiski būtiskas sūnu stāvā audzēs P129 un P90 ($p < 0,05$) un lakstaugu stāvā audzē P74 ($p < 0,05$). H vērtību salīdzinājums veģetācijas uzskaites parauglaukumos kontroles un mēslotajās platībās parādīts att. 64. Sugu skaits sūnu stāvā Mr audzē kontroles parauglaukumos ir 7 un mēslotajos – 11, bet lakstaugu stāvā sugu skaits attiecīgajos parauglaukumos ir 6 un 10. Sugu skaits sūnu stāvā Ln audzēs kontroles parauglaukumos ir no 5 līdz 7, bet mēslotajos – no 4 līdz 8. Lakstaugu sugu skaits Ln audzēs lakstaugu stāvā kontroles parauglaukumos ir no 3 līdz 15, bet mēslotajos parauglaukumos – no 6 līdz

[55] Ln – lāns, Dm – damaksnis, Vr – vēris, E – parastā egle, P – parastā priede, B – āra bērzs, N – slāpeklis, AN – amonija nitrāts, KPe– koksnes pelni, Ca – kalcijs, P – fosfors.

25. Sūnu stāvā četrās audzēs, bet lakstaugu stāvā trijās audzēs sugu skaits ir lielāks mēslotajos parauglaukumos. Sugu skaita salīdzinājums veģetācijas uzskaites parauglaukumos kontroles un mēslotajās platībās meža tipa un audzes vecuma griezumā parādīts att. 65.



Att. 64. Šenona daudzveidības indeksa vērtību salīdzinājums mētrāja un lāna audzēs sūnu un lakstaugu stāvā[56]



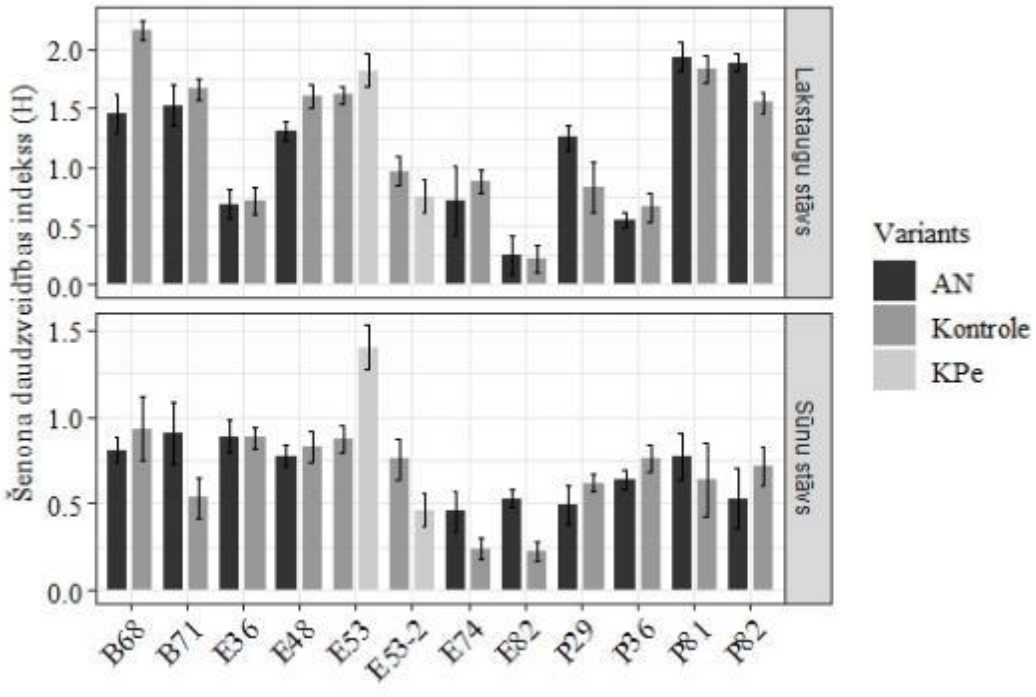
Att. 65. Sugu skaita salīdzinājums mētrāja un lāna audzēs sūnu un lakstaugu stāvā[56]

H vērtība Dm audzēs sūnu stāvā kontroles parauglaukumos variē no 0,23 ± 0,06 audzē E82 līdz 0,93 ± 0,18 B68 audzē, bet mēslotajos parauglaukumos – no 0,45 ± 0,11 audzē E74 (ienests amonija nitrāts) līdz 1,40 ± 0,13 audzē E53 (ienesti koksnes pelni). Lakstaugu stāvā kontroles

[56] Ln – lāns, Mr – mētrājs, P – parastā priede, AN – amonija nitrāts. Ar skaitļiem norādīts audzes vecums.

parauglaukumos H vērtības variē no 0,22 ± 0,09 audzē E82 līdz 2,16 ± 0,09 audzē B68, bet mēslotajos parauglaukumos - no 0,26 ± 0,17 audzē E82 līdz 1,94 ± 0,12 audzē P81.

Trijās no četrām Dm priedes audzēm H vērtība lakstaugu stāvā ir lielāka mēslotajos parauglaukumos, bet sūnu stāvā trijās audzēs H vērtība ir mazāka. Dm bērza audzēs lakstaugu daudzveidība mēslotajos parauglaukumos ir mazāka, bet sūnu stāvā nav konstatēta viennozīmīga tendence. Dm egles audzēs, kur ienests amonija nitrāts, daudzveidība palielinās sūnu stāvā, bet lakstaugu stāvā galvenokārt samazinās, savukārt, egles audzēs, kur ienesti pelni, nav viennozīmīgas tendences. H vērtība kopumā ir mazāka vecākās egles audzēs. Statistiski būtiskas atšķirības starp kontroles un mēslotajiem parauglaukumiem sūnu stāvā konstatētas egles audzēs E82 un E53 ($p<0,005$). Pirmajā egles audzē H vērtība ir lielāka, bet otrajā – mazāka. Savukārt, lakstaugu stāvā statistiski būtiskas atšķirības starp kontroles un mēslotajiem parauglaukumiem konstatētas bērza audzē B68 ($p<0,005$) un priedes audzē P82 ($p<0,05$). Šenona daudzveidības indeksa salīdzinājums veģetācijas uzskaites parauglaukumos kontroles un mēslotajās platībās koku sugu un audzes vecuma griezumā parādīts att. 66.

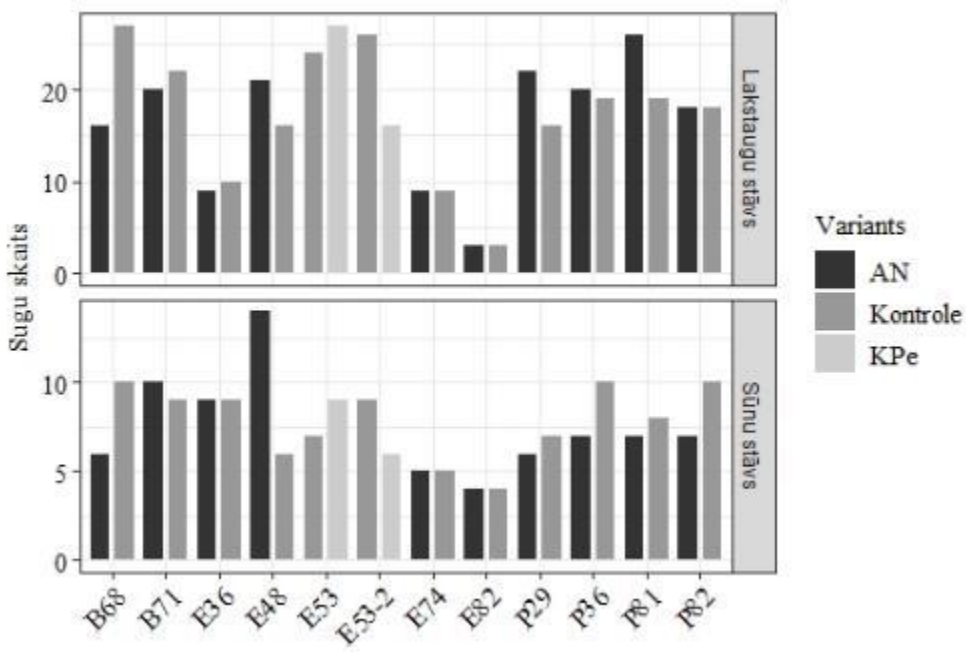


Att. 66. Šenona daudzveidības indeksa vērtību salīdzinājums damakšņa audzēs sūnu un lakstaugu stāvā[57]

Sugu skaits sūnu stāvā Dm priedes audzēs kontroles parauglaukumos ir no 4 audzē E82 līdz 10 audzē P82, bet mēslotajos parauglaukumos – no 4 E82 līdz 14 E48. Sugu skaits lakstaugu stāvā kontroles parauglaukumos ir no 3 līdz 26, bet mēslotajos parauglaukumos – no 3 audzē E82, kur ienests amonija nitrāts, līdz 27 – audzē E53, kur ienesti koksnes pelni. Kopumā sugu skaits ir nedaudz mazāks mēslotajos parauglaukumos, kuros sūnu stāvā četrās audzēs un lakstaugu stāvā trijās audzēs

[57] E – parastā egle, P – parastā priede, B – āra bērzs, AN – amonija nitrāts, KPe– koksnes pelni. Ar skaitļiem norādīts audzes vecums.

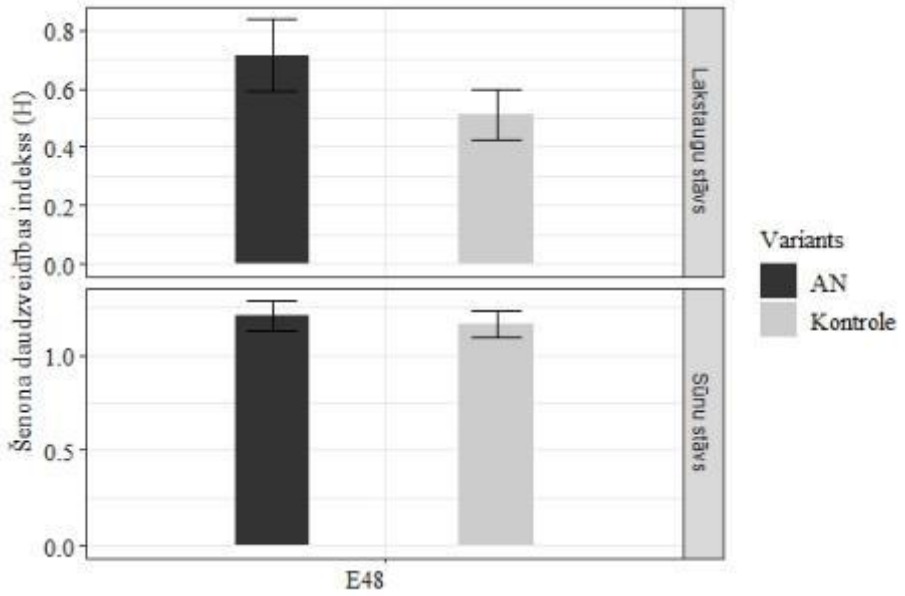
sugu skaits ir lielāks. Sugu skaita salīdzinājums veģetācijas uzskaites parauglaukumos kontroles un mēslotajās platībās parādīts att. 67.



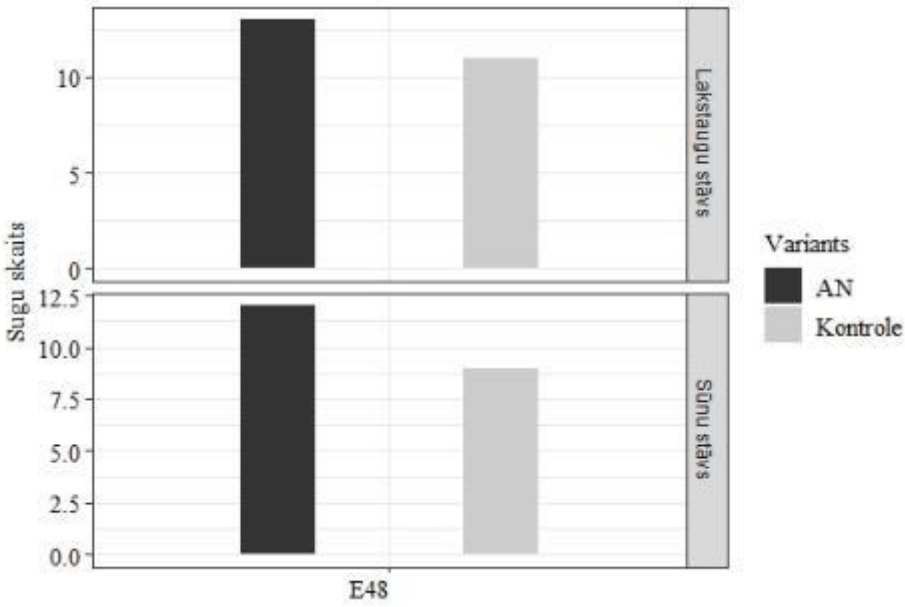
Att. 67. Sugu skaita salīdzinājums damakšņa audzēs sūnu un lakstaugu stāvā[57]

H vērtība sūnu stāvā vēra (Vr) audzē kontroles parauglaukumos ir 0,51±0,08, bet mēslotajos parauglaukumos – 0,71 ± 0,12. H vērtība lakstaugu stāvā kontroles parauglaukumos ir 1,17 ± 0,07, bet mēslotajos parauglaukumos – 1,21 ± 0,08. Atšķirības nav statistiski būtiskas. H vērtību salīdzinājums veģetācijas uzskaites parauglaukumos kontroles un mēslotajās platībās parādīts att. 68.

Vr audzē mēslotajos parauglaukumos novērots nedaudz lielāks sugu skaits, salīdzinot ar kontroli. Sūnu stāvā kontroles parauglaukumos konstatētas 9 sugas, bet mēslotajos parauglaukumos – 12 sugas. Lakstaugu stāvā kontroles parauglaukumos konstatētas 11 sugas, bet mēslotajos parauglaukumos – 13 sugas. Sugu skaita salīdzinājums veģetācijas uzskaites parauglaukumos kontroles un mēslotajās platībās parādīts att.69.



Att. 68. Šenona daudzveidības indeksa vērtības vēra audzē sūnu un lakstaugu stāvā[58]



Att. 69. Sugu skaits Vr audzēs sūnu un lakstaugu stāvā[58]

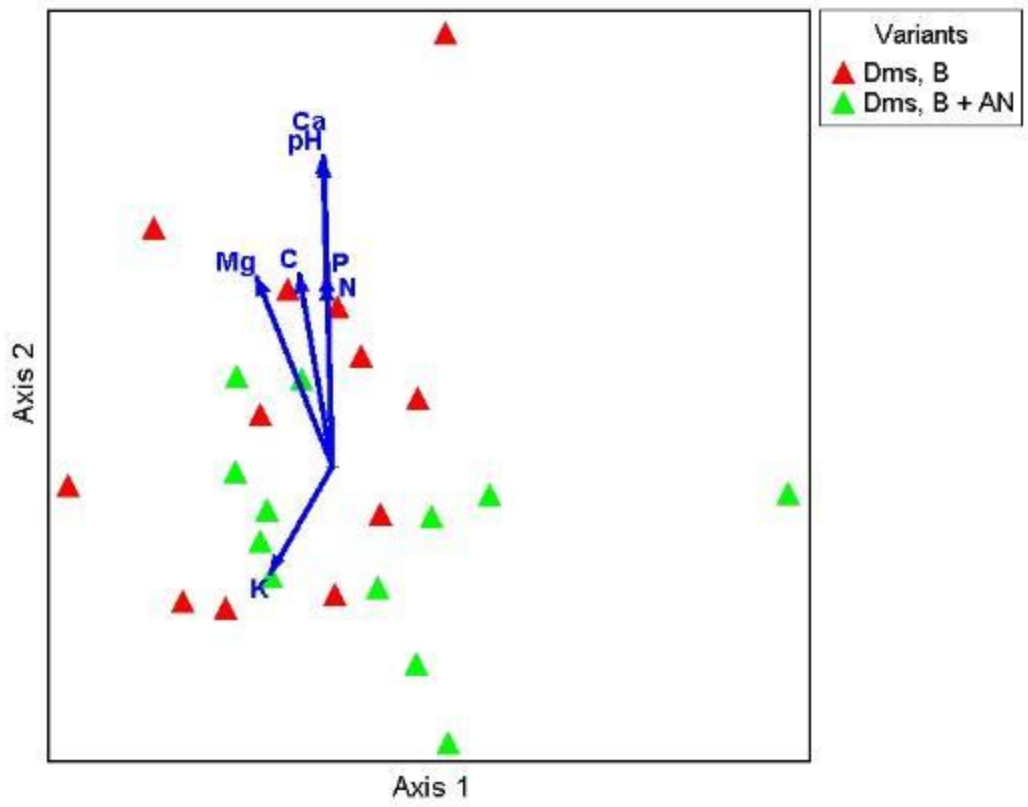
1.5.4. Ietekmes novērtējums slapjaiņos

DCA diagrammā vērtējot mēslošanas ietekmi slapjajā damaksnī Dms (att. 70), nevar novērot izteiktu kontroles un mēsloto platību nodalīšanos. Galvenie diagrammas skaidrojošie faktori diagrammā ir Ca saturs augsnē un augsnes pH, taču tiem nav saistības ar parauglaukumu izkārtojumu.

Mēslotajos parauglaukumos novērota invazīvā suga sīkziedu sprigane (*Impatiens parviflora*), kas dod priekšroku lielākam slāpekļa saturam augsnē un kas pārstāv augu stratēģiju SR. Dominējošās

[58] AN – amonija nitrāts, E – parastā egle. Ar skaitli norādīts audzes vecums.

augu stratēģijas gan kontroles, gan mēslotajos parauglaukumos ir C un CSR. Būtiskas izmaiņas augu stratēģiskajās grupās nav konstatētas.

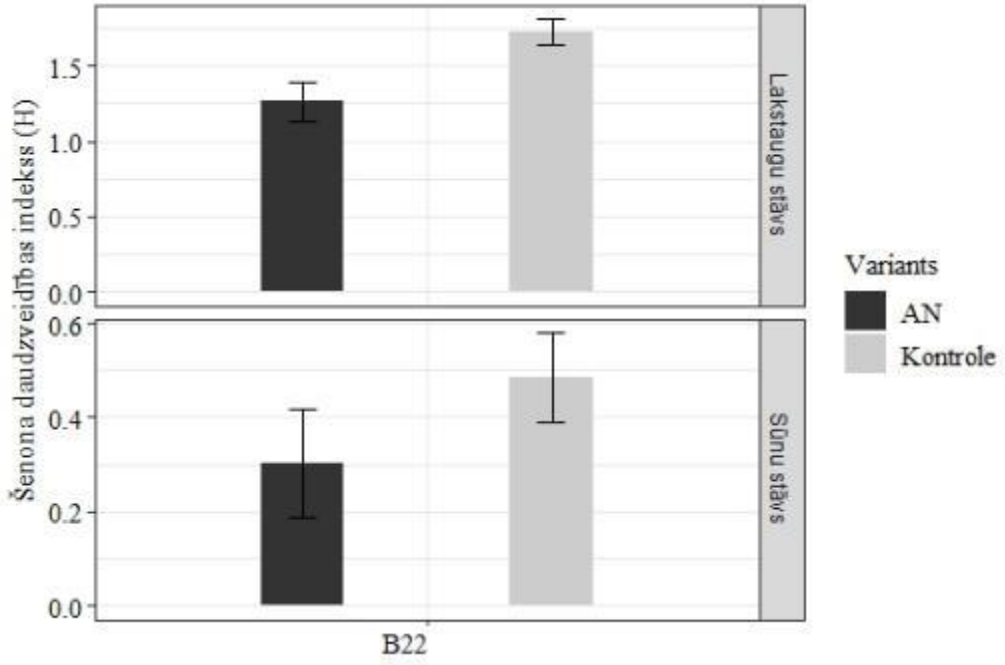


Attēls 70. DCA diagramma sugu sastāva atšķirību raksturošanai slapjaiņos kontroles parauglaukumos un platībās, kur ienests amonija nitrāts[59]

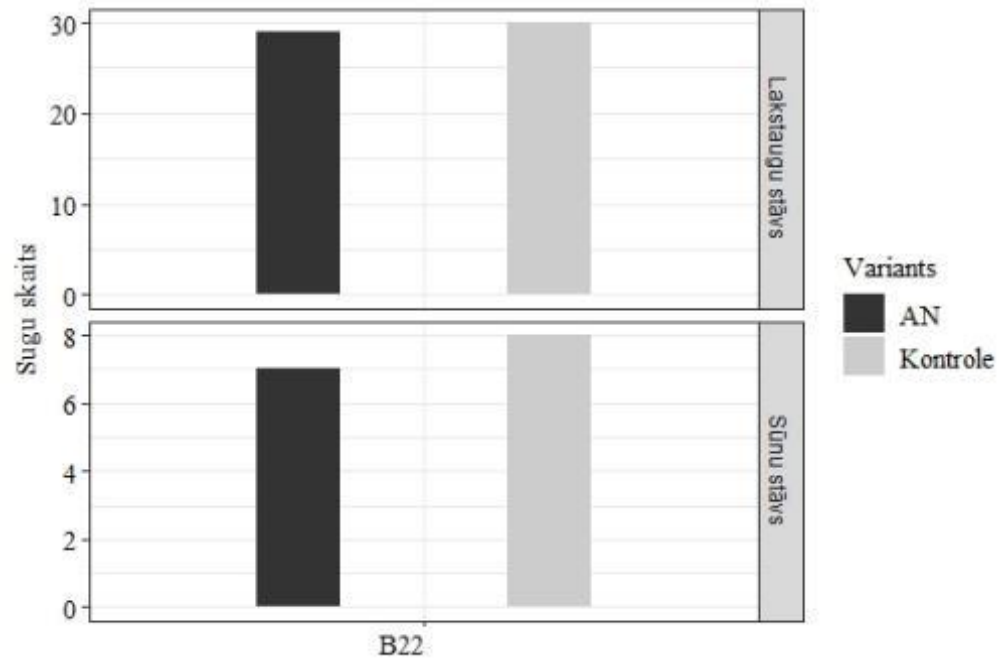
H vērtības parauglaukumos, kur ienests amonija nitrāts, ir nedaudz mazākas, salīdzinot ar kontroli. H vidējā vērtība sūnu stāvā Dms audzē kontroles parauglaukumos ir $0,51 \pm 0,08$, bet mēslotajos parauglaukumos – $0,71 \pm 0,12$. Vidējā H vērtība lakstaugu stāvā kontroles parauglaukumos ir $1,73 \pm 0,08$, bet mēslotajos parauglaukumos – $1,26 \pm 0,13$. Atšķirības nav statistiski būtiskas. H vērtību salīdzinājums veģetācijas uzskaites parauglaukumos kontroles un mēslotajās platībās parādīts att. 71.

Dms audzē mēslotajos parauglaukumos novērots nedaudz lielāks sugu skaits, salīdzinot ar kontroli. Sūnu stāvā kontroles parauglaukumos konstatētas 9 sugas, bet mēslotajos parauglaukumos – 12 sugas. Lakstaugu stāvā kontroles parauglaukumos konstatētas 11 sugas, bet mēslotajos parauglaukumos – 13 sugas. Sugu skaita salīdzinājums veģetācijas uzskaites parauglaukumos kontroles un mēslotajās platībās parādīts att. 72.

[59] Dms – slapjais damaksnis, B – āra bērzs, AN – amonija nitrāts



Att. 71. Šenona daudzveidības indeksa vērtības slapjā damakšņa audzē sūnu un lakstaugu stāvā[60]



Att. 72. Sugu skaits Dms audzēs sūnu un lakstaugu stāvā[60]

1.5.5. Ietekmes novērtējums Ķeipenes plantācijā (apmežota platība ar minerālaugsni)

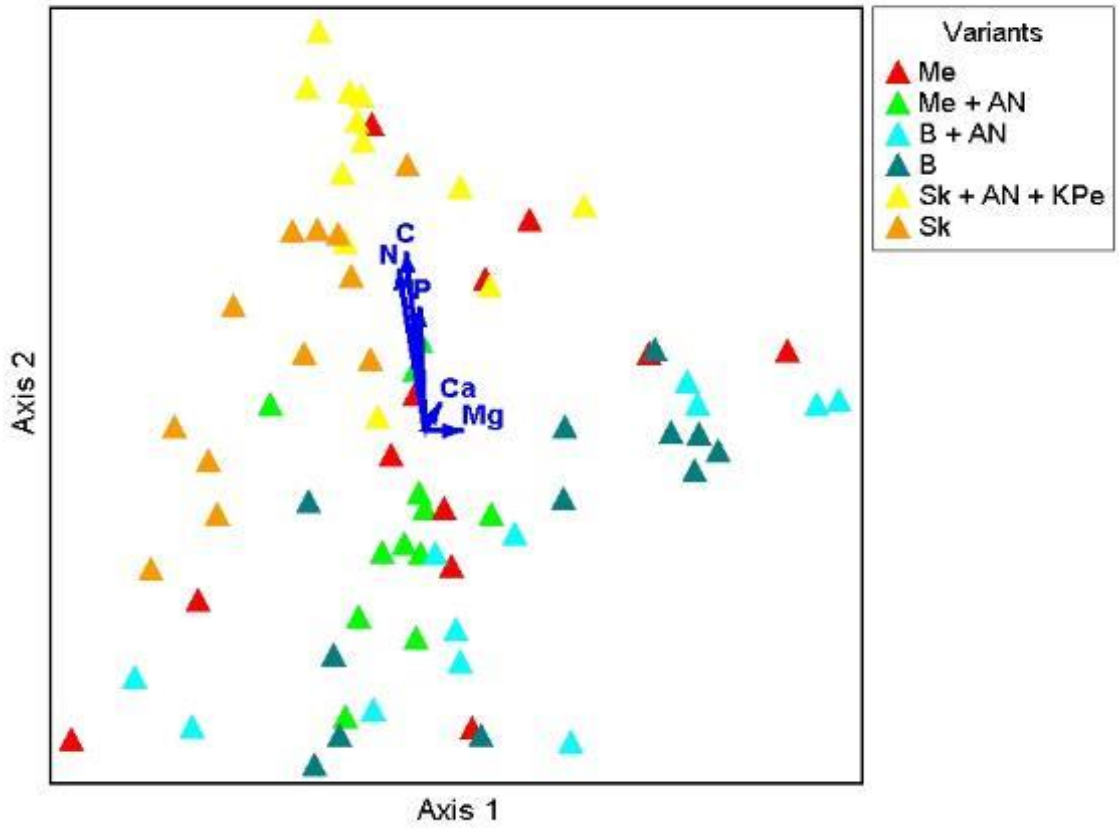
DCA diagrammā vērtējot mēslošanas ietekmi koku plantācijā Ķeipenes izpētes objektā (att. 73), nevar novērot izteiktu parauglaukumu kontroles un mēslotajās platībās nodalīšanos. Galvenie

[60] AN – amonija nitrāts B – āra bērzs,. Ar skaitli norādīts audzes vecums.

diagrammas skaidrojošie faktori diagrammā ir C, N un P saturs augsnē. Atšķirības starp kontroles un mēslotajām parcilēm visizteiktākās ir melnalkšņa un saldā ķirša gadījumā, taču diagrammā sakarība ar mēslošanas ietekmi atklājas tikai saldā ķirša gadījumā.

Veģetācijā dominē pļavu sugas un citas gaismu mīlošas sugas, kurām Ellenberga indikatorvērtības gaismai (L) ir 7-9. Mēslotajos parauglaukumos novērota atsevišķu nitrofilo sugu parādīšanās, vai arī nitrofilajām sugām konstatēts lielāks projektīvais segums un/vai biežāka sastopamība. Parcilēs, kur stādīts bērzs, mēslotajos parauglaukumos lielāks projektīvais segums un biežāka sastopamība novērota podagras gārsai (*Aegopodium podagraria*), bet parcilēs, kur stādīts saldais ķirsis, šī suga sastopama tikai mēslotajos parauglaukumos. Nitrofilajai sugai meža suņuburkšķim (*Anthriscus sylvestris*) bērza un melnalkšņa stādījumos nedaudz lielāks projektīvais segums konstatēts mēslotajos parauglaukumos, bet pienenei (*Taraxacum officinale)* novērota nedaudz biežāka sastopamība. Tikai mēslotajos parauglaukumos parādās arī nitrofilās sugas *Heracleum sibiricum* (atsevišķi augi, mazs projektīvais segums) un purva dedestiņa (*Lathyrus palustris*) Savukārt, parastajai vībotnei (*Artemisia vulgaris*) nedaudz lielāks projektīvais segums konstatēts mēslotajos parauglaukumos saldā ķirša stādījumā. Bērza stādījumā, attiecīgi, divos un vienā apakšparauglaukumā ar nelielu projektīvo segumu konstatētas nitrofilās sugas meža zemene (*Fragaria vesca*) un spradzene (*Fragaria viridis*). Saldā ķirša un melnalkšņa stādījumos tikai mēslotajos parauglaukumos parādās daudzgadīgā airene (*Lolium perenne*). Saldā ķirša stādījumā parādās arī atsevišķi nitrofilās sugas lielā nātre (*Urtica dioica*) indivīdi un biežāk sastopamas parastā māllēpe (*Tussilago farfara)* un daudzlapu airene (*Lolium multiflorum)*. Pļavas timotiņš (*Phleum pratense*) visu koku stādījumos nedaudz biežāk sastopams un lielāku projektīvo segumu veido mēslotajos parauglaukumos. Arī maura retējs (*Potentilla anserina*) nedaudz biežāk sastopams mēslotajos parauglaukumos.

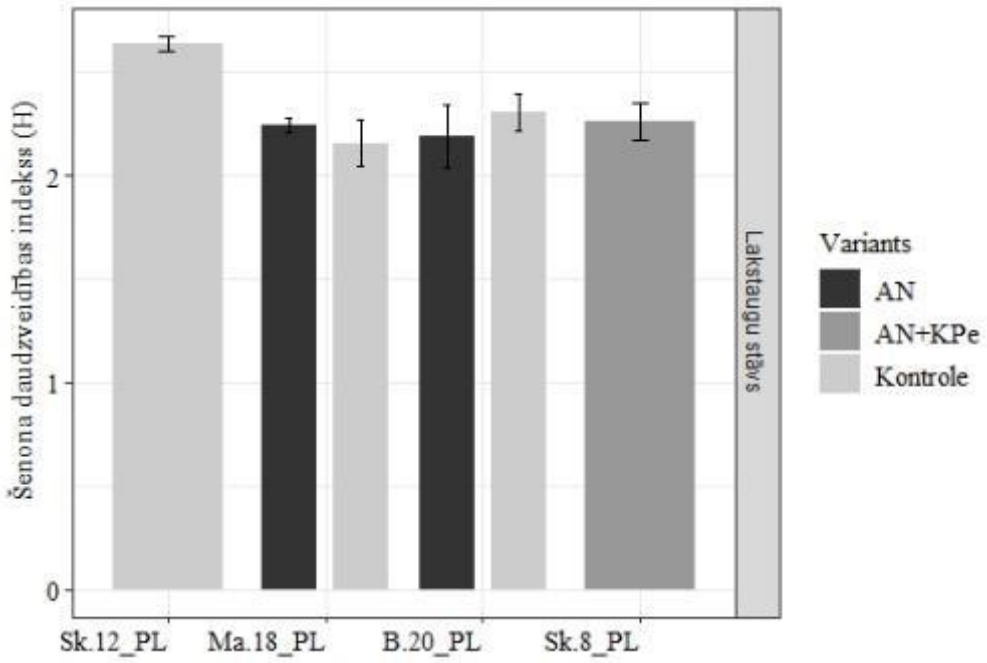
Visos stādījumos dominējošās augu stratēģijas ir C un CSR gan kontroles, gan mēslotajos parauglaukumos. Būtiskas izmaiņas augu stratēģiskajās grupās nav konstatētas.



Attēls 73. DCA diagramma sugu sastāva atšķirību raksturošanai Ķeipenes plantācijā kontroles parcelēs un parcelēs, kur ienests amonija nitrāts vai kombinētie mēslošanas līdzekļi[61]

H vērtība lakstaugu stāvā Ķeipenes plantācijā parcilēs, kur stādīts melnalksnis, kontroles parauglaukumos ir 2,16±0,11, bet mēslotajos parauglaukumos – 2,24±0,04. Parcilēs, kur stādīts bērzs, kontroles parauglaukumos H vidējā vērība ir 2,30±0,08, bet mēslotajos parauglaukumos tā ir 2,19 ±0,15. Savukārt, parcelēs, kur stādīts saldais ķirsis, H vērtība kontroles parauglaukumos ir 2,64±0,04, bet mēslotajos parauglaukumos – 2,26±0,09. Atšķirība starp kontroles un mēslotajām platībām nav statistiski būtiska. Kopumā H vērtības melnalkšņa un saldā ķirša stādījumos ir mazākas, salīdzinot ar kontroli, bet bērza stādījumos vidējā vērtība ir mazliet lielāka. H vērtību salīdzinājums veģetācijas uzskaites parauglaukumos kontroles un mēslotajās platībās parādīts att. 74.

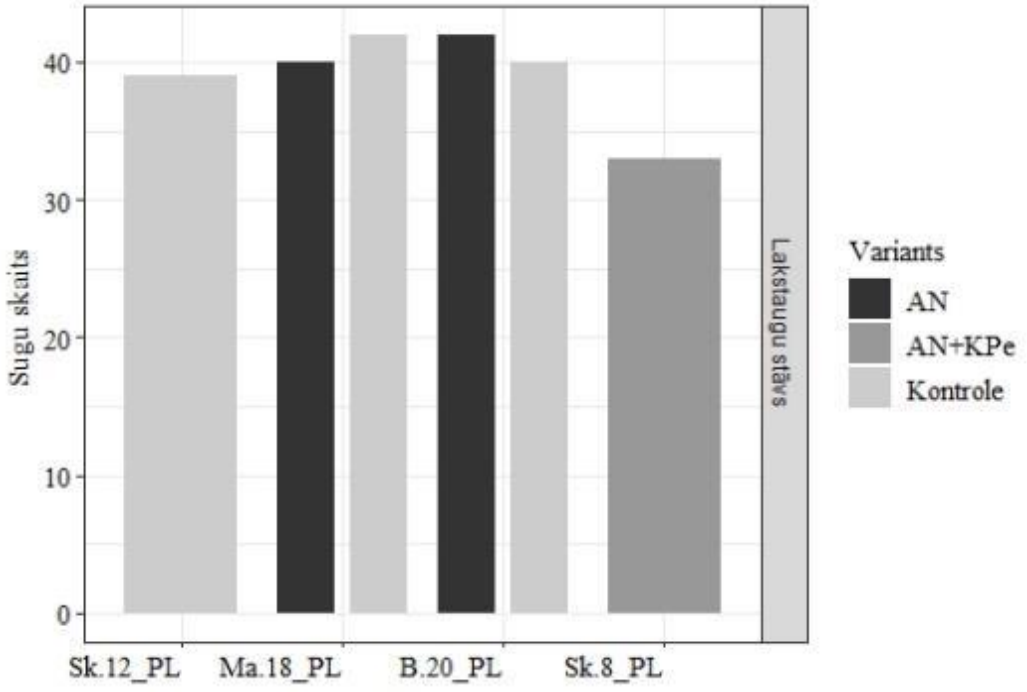
[61] Me – melnalksnis, B – āra bērzs, Sk – saldais ķirsis, AN – amonija nitrāts, KPe – koksnes pelni.



Attēls 74. Šenona daudzveidības indeksa vērtības Ķeipenes plantācijā lakstaugu stāvā[62]

Sugu skaits kontroles parauglaukums ir no 39 saldā ķirša līdz 42 melnalkšņa stādījumā, bet mēslotajos – no 33 saldā ķirša stādījumā, kur amonija nitrāts ienests kopā ar koksnes pelniem, līdz 42 bērza stādījumā, kur ienests amonija nitrāts. Ķeipenes plantācijā varēja novērot tikai lakstaugu stāvu. Sugu skaits saldā ķirša un melnalkšņa stādījumos ir nedaudz mazāks platībās, kur ienesti mēslošanas līdzekļi, bērza stādījumā sugu skaits mēslotajās platības ir nedaudz lielāks, salīdzinot ar kontroli. Sugu skaita salīdzinājums veģetācijas uzskaites parauglaukumos kontroles un mēslotajās platībās parādīts att. 75.

[62] Me – melnalksnis, B – āra bērzs, Sk – saldais ķirsis, AN – amonija nitrāts, KPe – koksnes pelni. Ar skaitļiem norādīti parciļu numuri.



Attēls 75. Sugu skaita salīdzinājums Ķeipenes plantācijā lakstaugu stāvā[62]

Šenona daudzveidības indeksa sūnu un lakstaugu stāvā, kā arī sugu skaita sūnu stāvā korelācija ar audžu šķērslaukumu un vidējo distanci starp kokiem ir ļoti vāja. Vislielākā korelācija ir starp audzes šķērslaukumu un sugu skaitu lakstaugu stāvā, taču arī tā ir klasificējama kā vāja. Pieaugot audzes šķērslaukumam, samazinās gaismas piekļuve zemsedzes veģetācijai, kas varētu negatīvi ietekmēt lakstaugu sastopamību un izplatību.

1.5.6. Kopsavilkums

Vērtējot mēslošanas ietekmi āreņos, DCA diagramma atklāj atšķirības sugu sastāvā kontroles un mēslotajos parauglaukumos. Iespējams, ka mēslojuma ienese ir ietekmējusi augsnes skābumu, kam, savukārt, ir būtiska loma šajās atšķirībās. Visbūtiskākās atšķirības starp kontroles un mēslotajiem parauglaukumiem konstatētas As egles audzē, kur ienesti koksnes pelni, kā arī As bērza audze, kur ienesti koksnes pelni un amonija nitrāts. Atšķirības vismazāk izpaužas As egles audzēs, kur ienests amonija nitrāts, un vienā As audzē, kur amonija nitrāts izmantots kopā ar koksnes pelniem. Atšķirības H vērtībās, kas raksturo sugu daudzveidību, ir statistiski būtiskais tikai vienā bērza audzē. Sugu skaits lakstaugu stāvā parauglaukumos mēslotajās platībās pārsvarā ir lielāks, salīdzinot ar kontroli.

Vērtējot sugu sastāva atšķirības kūdreņos, neatklājas nozīmīga augsnes ielabošanas ietekme. Vienā Kp egles audzē H vērtība sūnu stāvā ir statistiski būtiski lielāka platībās, kur ienesti koksnes pelni. Vērtējot ietekmi uz sugu skaitu, lakstaugu stāvā visās audzēs platībās, kur ienests mēslojums, sugu skaits ir lielāks, salīdzinot ar kontroli. Sūnu stāvā nevar novērot viennozīmīgu tendenci.

Sausieņos sugu sastāva atšķirības visizteiktāk izpaudušās Dm priedes audzēs. Galvenie skaidrojošie faktori ir P un Ca saturs augsnē, taču to ietekme ir salīdzinoši vāja. Konstatēta atsevišķu nitrofilo sugu parādīšanās, bet nevar viennozīmīgi secināt, ka starp parauglaukumiem kontroles un mēslotajās platībās radušās mēslošanas līdzekļu ieneses rezultātā. Šī ietekme var būt saistīta arī ar kopšanas ciršu efektu, kura iestāšanos paātrinājusi mēslojuma ienese.

Vērtējot mēslošanas ietekmi Dms audzē, nav konstatētas izteiktas sugu sastāva atšķirības starp parauglaukumiem kontroles un mēslotajās platībās. Mēslotajos parauglaukumos novērots nedaudz lielāks sugu skaits, salīdzinot ar kontroli.

Ķeipenes plantācija novērota vairāku nitrofilo sugu parādīšanās vai izplatības/sastopamības palielināšanās mēslotajos parauglaukumos. Vislielāko ietekmi var novērot saldā ķirša stādījumā. Kopumā H vērtības melnalkšņa un saldā ķirša stādījumos ir mazākas, salīdzinot ar kontroli, bet bērza stādījumos vidējā vērtība ir mazliet lielāka. Sugu skaits saldā ķirša un melnalkšņa stādījumos ir nedaudz mazāks platībās, kur ienesti mēslošanas līdzekļi, savukārt, bērza stādījumos sugu skaits mēslotajās platības ir nedaudz lielāks, salīdzinot ar kontroli. Atšķirības starp kontroles un mēslotajām platībām var skaidrot ar mēslojuma ietekmi.

Vairumā mežaudžu gan kontroles, gan mēslotajos parauglaukumos dominējošās augu stratēģijas ir C un CSR, taču atsevišķos gadījumos mēslotajās platībās bieži pārstāvēta arī stratēģija CS. Augiem stress parasti nozīmē pēkšņas izmaiņas vides apstākļos. Mēslošanas gadījumā samazinās gaismas pieejamība, palielinās atsevišķu barības vielu saturs augsnē, kā arī izmainās augsnes pH. Stratēģija S jeb strestolerantas sugas audzēs novērotas reti. CS ir jaukta tipa stratēģija konkurenti-strestoleranti – šie augi konkurē arī par resursu pieejamību. Mēslošanas rezultātā šis resurss varētu būt gaisma. Lielais sugu skaits, kas pārstāv stratēģiju C un jauktas augšanas stratēģijas, kas ietver konkurenci, liecina par relatīvi lielu barības vielu pieejamību un zemu traucējumu līmeni.

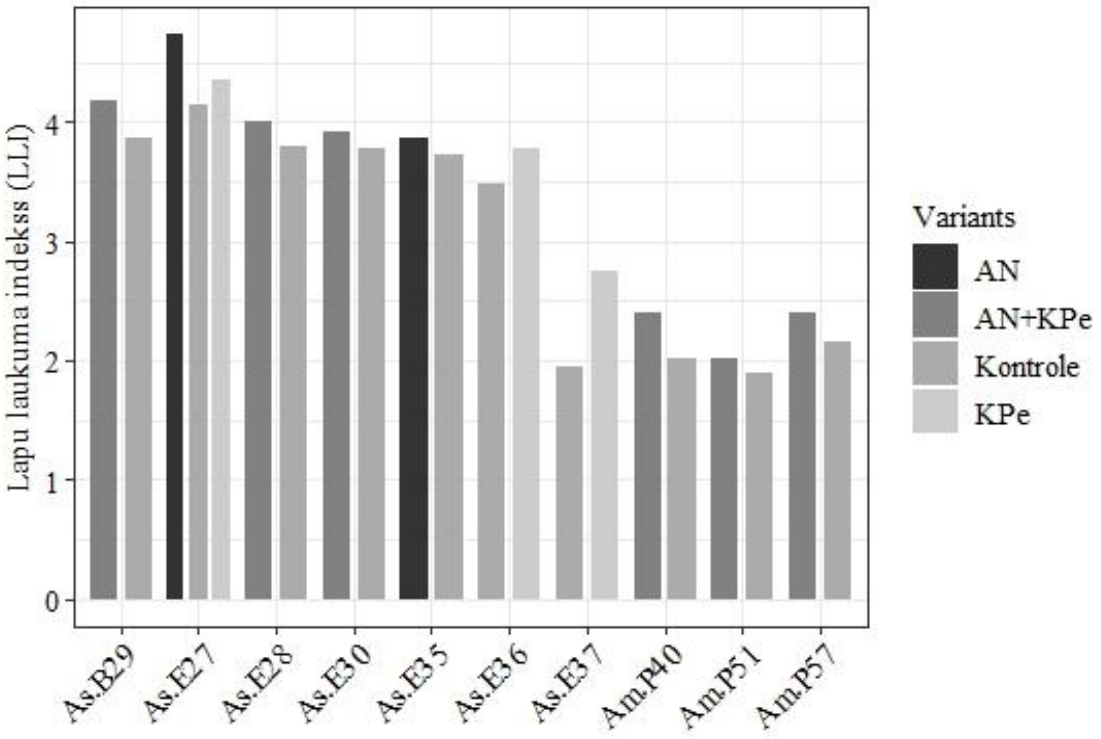
Sugu sastāva atšķirības starp kontroles un mēslotajām platībām varētu daļēji skaidrot ar mēslošanas ietekmi, taču sugu sastāvs kopumā nenorāda uz labāku nodrošinājumu ar barības vielām un nitrofilo sugu dominanci platībās, kur izmantoti mēslošanas līdzekļi. Nav novērota arī būtiska ietekme uz sugu skaitu, daudzveidību un stratēģiskajām grupām. Sugu daudzveidības un skaita izmaiņu atšķirības mēslotajās un kontroles platībās var izpausties vēlāk, kad mazināsies kopšanas ciršu efekts. Lai izdarītu viennozīmīgus secinājumus par mēslošanas ietekmi uz zemsedzes veģetāciju, nepieciešams veikt ilgtermiņa novērojumus.

1.6. Lapu laukuma indeksa mērījumi

1.6.1. Ietekmes novērtējums āreņos

Izvērtējot mēslošanas ietekmi uz lapu laukuma indeksu (LLI) āreņos, konstatēts, ka LLI vērtības ir nedaudz lielākas platībās, kur izmantoti mēslošanas līdzekļi. Kontroles parauglaukumos LLI vērtības ir robežās no 1,73 Am priedes audzē līdz 4,14 As egles audzē, bet mēslotajos parauglaukumos – no 1,8 Am priedes audzē, kur ienesti kombinētie mēslošanas līdzekļi līdz 4,73 As egles audzē, kur ienests amonija nitrāts. Kopumā As audzēs LLI vērtības ir lielākas, salīdzinot ar Am audzēm. LLI salīdzinājums āreņos aplūkojams att. 76.

Nav konstatētas statistiski būtiskas atšķirības starp LLI vērtībām kontroles platībās un parauglaukumos, kur izmantoti mēslošanas līdzekļi.



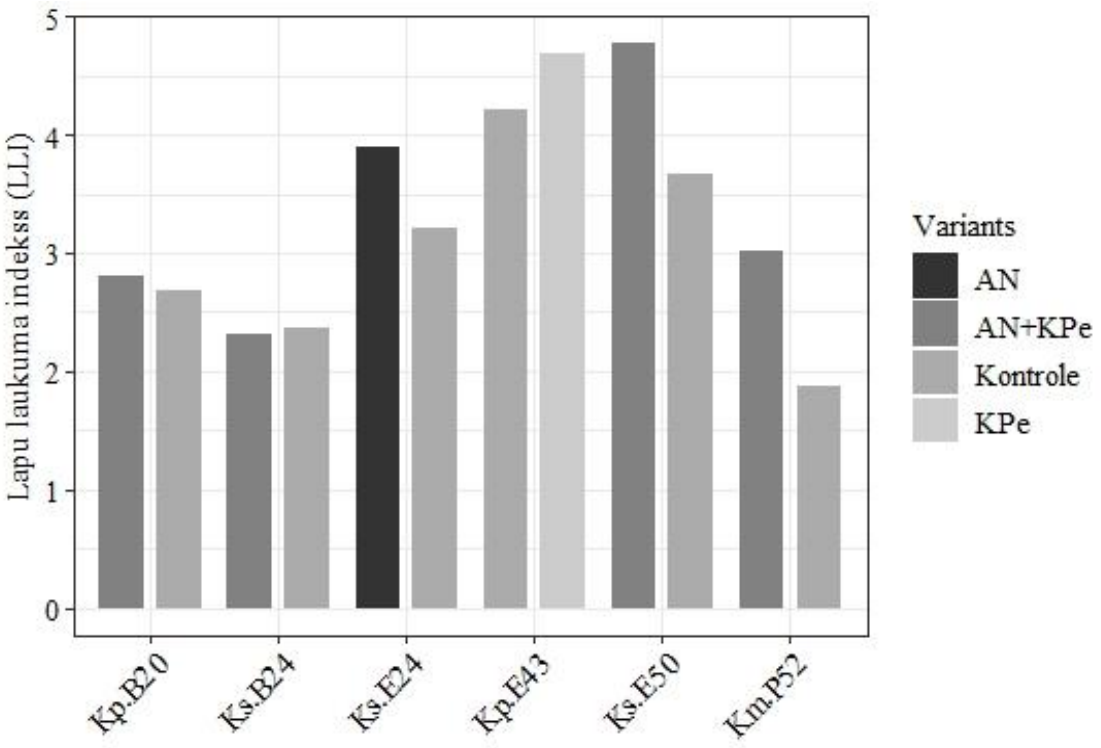
Attēls 76. LLI vērtības āreņos valdošās koku sugas un vecuma griezumā[63]

1.6.2. Ietekmes novērtējums kūdreņos

Izvērtējot mēslošanas ietekmi uz LLI kūdreņos, tā vērtība ir nedaudz lielākas platībās, kur izmantoti mēslošanas līdzekļi. Kontroles parauglaukumos LLI vērtības ir robežās no 1,21 Km priedes audzē līdz 4,21 – Kp egles audzē, bet mēslotajos parauglaukumos – no 1,39 Km priedes audzē līdz 4,77 Ks egles audzē, kur ienesti kombinētie mēslošanas līdzekļi. Kopumā Ks audzēs LLI vērtība ir lielāka, salīdzinot ar Ks bērza, Kp egles un Km priedes audzēm. LLI salīdzinājums kūdreņos aplūkojams att. 77.

Arī kūdreņos nav konstatētas statistiski būtiskas atšķirības starp LLI vērtībām kontroles platībās un parauglaukumos, kur izmantoti mēslošanas līdzekļi. Visizteiktākā atšķirība starp kontroles un mēslotajiem parauglaukumiem konstatēta Km priedes un Ks egles audzē, kur mēslotajos parauglaukumos amonija nitrāts ienests kopā ar koksnes pelniem, kā arī Ks egles audzē, kur izmantots tikai amonija nitrāts.

[63] As – šaurlapju ārenis, Am – mētru ārenis, B- āra bērzs, E- parastā egle, P – parastā priede, AN – amonija nitrāts, KPe – koksnes pelni. Ar skatļiem apzīmēs audzes vecums.



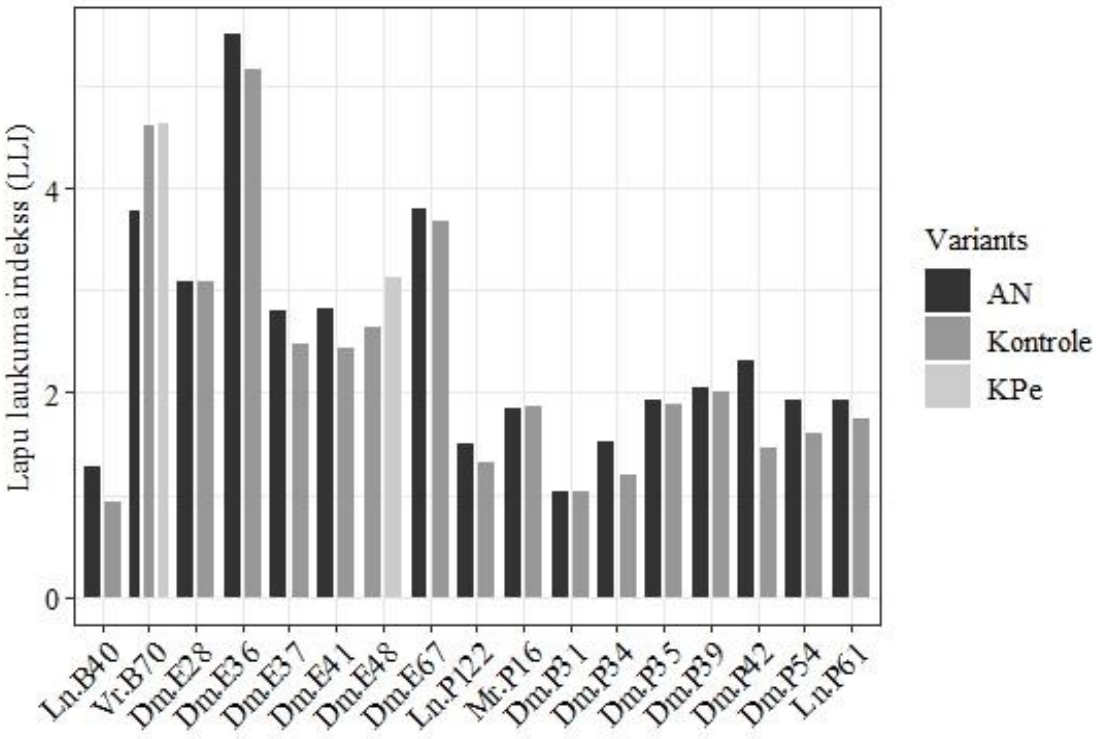
Attēls 77. LLI vērtības kūdreņos meža tipa, valdošās koku sugas un vecuma griezumā[64]

1.6.3. Ietekmes novērtējums sausieņos

Izvērtējot mēslošanas ietekmi uz LLI sausieņos, tā vērtības ir nedaudz lielākas parauglaukumos platībās, kur izmantoti mēslošanas līdzekļi, izņemot parauglaukumus vēra audzē, kur ienests amonija nitrāts. Kontroles parauglaukumos LLI vērtības ir robežās no 0,93 Ln bērza audzē līdz 5,17 – Dm egles audzē, bet mēslotajos parauglaukumos – no 1,04 Dm priedes audzē līdz 5,5 Dm egles audzē, kur ienests amonija nitrāts. Lielākās LLI vērtības konstatētas Vr audzē un divās Dm egles audzēs. LLI salīdzinājums sausieņos aplūkojams att. 78.

Arī sausieņos nav konstatētas statistiski būtiskas atšķirības starp LLI vērtībām kontroles platībās un parauglaukumos, kur izmantoti mēslošanas līdzekļi. Visizteiktākā atšķirība starp kontroles un mēslotajiem parauglaukumiem konstatēta Dm priedes audzē, kur izmantots amonija nitrāts.

[64] Ks – šaurlapju kūdrenis, Kp – platlapju kūdrenis, Km – mētru kūdrenis, B- āra bērzs, E- parastā egle, P – parastā priede, AN – amonija nitrāts, KPe – koksnes pelni. Ar skatļiem apzīmēs audzes vecums.



Attēls 78. LLI vērtības sausieņos meža tipa, valdošās koku sugas un vecuma griezumā[65]

Nav konstatēta būtiska korelācija starp LLI vērtībām, augsnes un skuju/lapu ķīmiskajiem parametriem. Ir konstatēta vāja pozitīva korelācija āreņos (R^2=0,27) un spēcīga pozitīva korelācija kūdreņos (R^2=0,84) starp LLI vērtībām un radiāla pieauguma palielinājumu. Šajos gadījumos, it īpaši kūdreņos, LLI vērtību pieaugumu var saistīt ar mēslošanas ietekmi un koku augšanas apstākļu uzlabošanos.

1.6.4. Kopsavilkums

Ir konstatēta vāja pozitīva korelācija āreņos un spēcīga pozitīva korelācija kūdreņos starp LLI vērtībām un radiāla pieauguma palielinājumu. Šajos gadījumos, it īpaši kūdreņos, LLI vērtību pieaugumu var saistīt ar mēslojuma ietekmi un koku augšanas apstākļu uzlabošanos. Kūdreņos visizteiktākā atšķirība starp kontroles un mēslotajiem parauglaukumiem konstatēta Km priedes audzē, kur mēslotajos parauglaukumos amonija nitrāts ienests kopā ar koksnes pelniem.

Kopumā var secināt, ka koku vainagi pēc mēslojuma ieneses ir kļuvuši kuplāki, taču tendence nav tik izteikta, kā bija sagaidāms. Iespējams, ka pēc kopšanas cirtes vainaga palielināšanās tendence ir vienlīdz izteikta gan mēslotajos, gan kontroles parauglaukumos, un mēslojuma efekts kļūs izteiktāks ilgākā laikā, uzkrājoties mēslojuma efektam.Fotosintētiskās aktivitātes mērījumi

1.6.5. Ietekmes novērtējums mežaudzēs

As bērza audzēs vidējā A vērtība mēslotajos parauglaukumos ir lielāka, salīdzinot ar kontroli, bet As egles audzē mēslotajos parauglaukumos tā ir izteikti mazāka. Arī Am priedes audzē mēslotajos

[65] Dm – damaksnis, Ln – lāns, Mr – mētrājs, Vr – vēris, B- āra bērzs, E- parastā egle, P – parastā priede, AN – amonija nitrāts, KPe – koksnes pelni. Ar skatļiem apzīmēs audzes vecums.

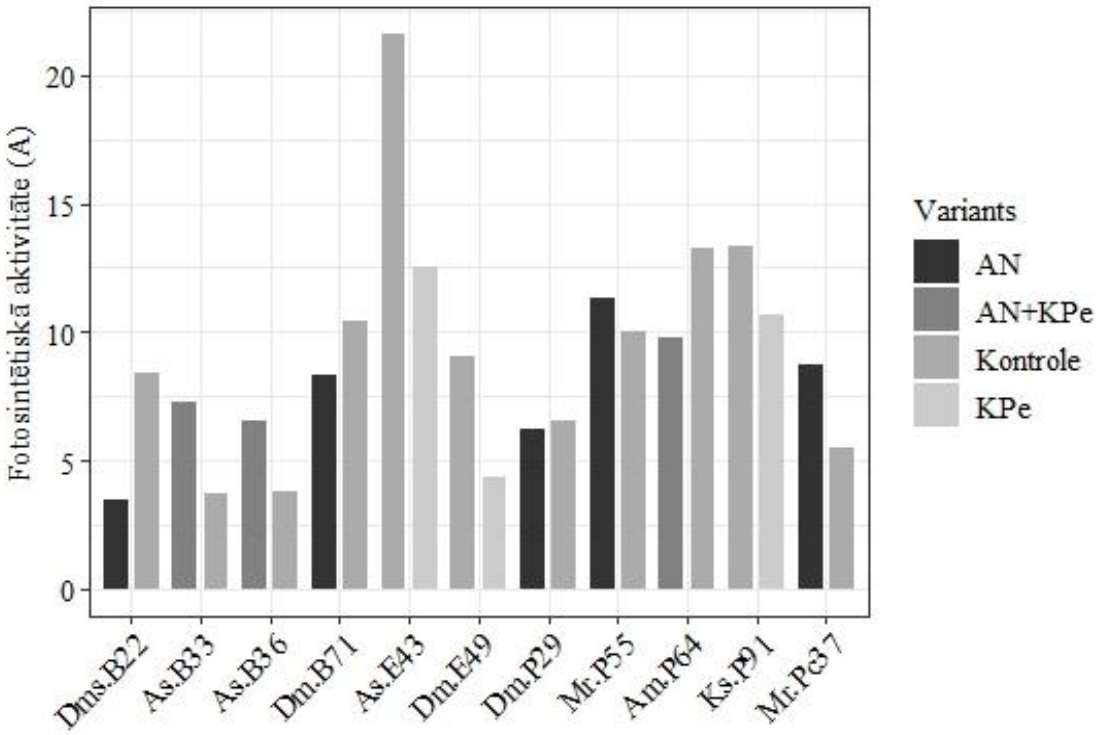
parauglaukumos A vērtība ir mazāka. As bērza audzēs fotosintētiskās aktivitātes vidējā vērtība kontroles parauglaukumos 3,27 ± 0,73 µmol m^{-2} s^{-1}, bet parauglaukumos, kur ienests amonija nitrāts kopā ar koksnes pelniem, tā 6,62 ± 1,042 µmol m^{-2} s^{-1}; savukārt, As egles audzē vidējā fotosintētiskās aktivitātes vērtība kontroles parauglaukumos 14,68 ± 3,81 µmol m^{-2} s^{-1}, bet parauglaukumos, kur ienesti koksnes pelni – 10,12 µmol ± 3,76 m^{-2} s^{-1}. Am priedes audzē fotosintētiskās aktivitātes vidējā vērtība kontroles parauglaukumos 12,27 ± 1,92 µmol m^{-2} s^{-1}, bet parauglaukumos, kur izmantots amonija nitrāts, tā 8,66 ± 0,89 µmol m^{-2} s^{-1}.

Ks priedes audzē vidējā A vērtība kontroles parauglaukumos ir mazāka, salīdzinot ar platībām, kur izmantots amonija nitrāts kopā ar koksnes pelniem. Attiecīgās vērtības ir 13,33 µmol m^{-2} s^{-1} un 9,15 µmol m^{-2} s^{-1}.

Mētrāja audzēs mēslotajos parauglaukumos vidējā A vērtība ir lielāka, salīdzinot ar kontroles parauglaukumiem; savukārt, Dm bērza un priedes audzēs mēslotajos parauglaukumos A vērtības ir mazākas, bet egles audzē – nedaudz lielāka. Priedes audzē Ln vidējā fotosintētiskās aktivitātes vērtība kontroles parauglaukumos 9,46 µmol m^{-2} s^{-1}, bet parauglaukumos, kur izmantots amonija nitrāts, tā ir 11,071 µmol m^{-2} s^{-1} Mētrāja klinškalnu priedes audzē vidējā fotosintētiskās aktivitātes vērtība kontroles parauglaukumos 5,092 ± 0,82 µmol m^{-2} s^{-1}, bet parauglaukumos, kur izmantots amonija nitrāts, tā 7,16 ± 1,23 µmol m^{-2} s^{-1} . Dm bērza audzē vidējā A vērtība kontroles parauglaukumos ir 10,47 ± 1,80 µmol m^{-2} s^{-1}, bet parauglaukumos, kur ienests amonija nitrāts, tā 8,34 ± 0,36 µmol m^{-2} s^{-1}, Dm egles audzē audzē attiecīgās vērtības ir 7,97 ± 0,56 un 3,39 ± 0,66 µmol m^{-2} s^{-1}, bet Dm priedes audzē - 4,43 ± 1,63 µmol m^{-2} s^{-1} un 5,10 ± 1,66 µmol m^{-2} s^{-1}.

Dms bērza audzē fotosintētiskās aktivitātes (A) vidējā vērtība kontroles parauglaukumos 6,39 ± 1,77 µmol m^{-2} s^{-1}, bet parauglaukumos, kur ienests amonija nitrāts – 2,55 ± 0,49 µmol m^{-2} s^{1}. Atšķirības ir statistiski būtiskas ($p<0,05$).

Vidējo fotosintētiskās aktivitātes vērtību salīdzinājums parādīts att. 79.

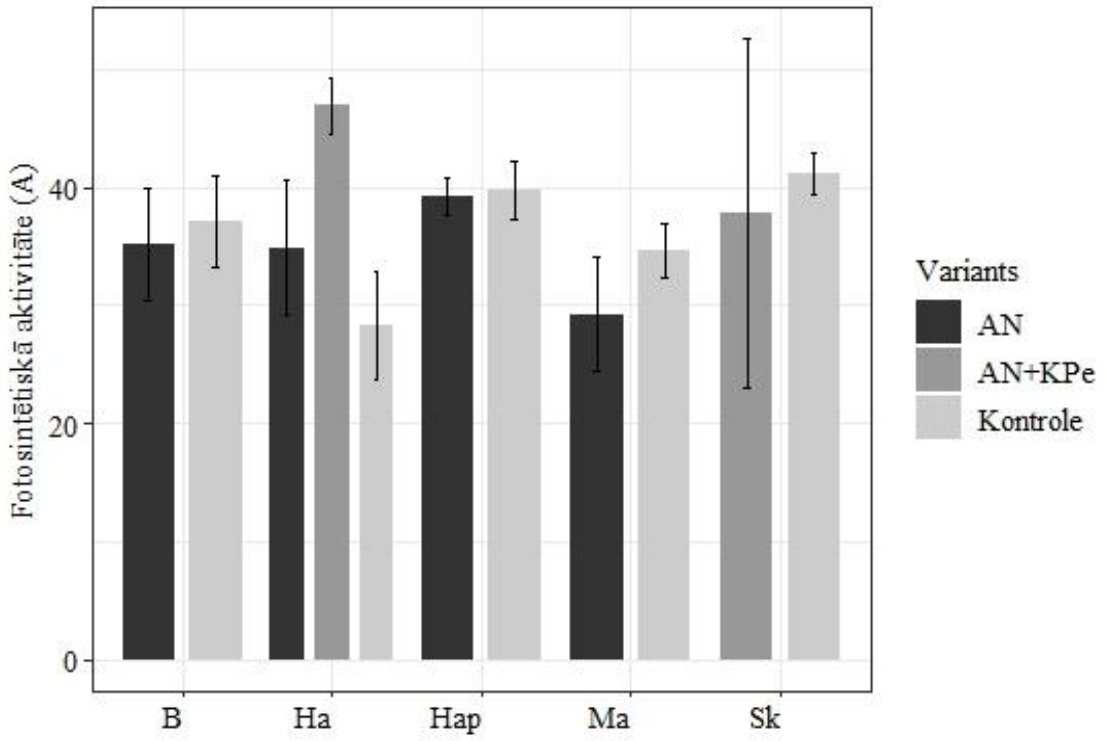


Attēls 79. Vidējie fotosintētiskās aktivitātes rādītāji meža tipa, vadošas sugas un audžu vecuma griezumā[66]

1.6.6. Ietekmes novērtējums Ķeipenes plantācijā

Fotosintētiskās aktivitātes mērījumi veikti arī Ķeipenes plantācijā. Kontroles parcelē, kur stādīts hibrīdalksnis, vidējā vērtība 28,31 ± 4,53 µmol m^{-2} s^{-1}; savukārt, ar amonija nitrātu mēslotajā platībā tā ir 34,9 ± 5,71 µmol m^{-2} s^{-1}, bet, ienesot amonija nitrātu kopā ar koksnes pelniem, vidējā vērtība 46,94 ± 2,4 µmol m^{-2} s^{-1}. Salīdzinot vidējās vērtības bērzam un hibrīdapsei, gan kontroles, gan mēslotajos parauglaukumos, kur izmantots amonija nitrāts, tās ir ļoti līdzīgas – attiecīgi, 37,07 ± 3,92µmol m^{-2} s^{-1} un 35,2 ± 4,80 µmol m^{-2} s^{-1} – bērzam, 39,76 ± 2,52 µmol m^{-2} s^{-1} un 39,19 ± 1,54 µmol m^{-2} s^{-1} – apses hibrīdiem. Savukārt, melnalksnim un saldajam ķirsim konstatētās fotosintētiskās aktivitātes vērtības ir lielākas kontroles parcelēs, salīdzinot ar tām, kur izmantots mēslojums (attiecīgi, melnalksnim 34,68 ± 2,26 µmol m^{-2} s^{-1} un 29,27 ± 4,78 µmol m^{-2} s^{-1} un saldajam ķirsim – 41,14 ± 1,74 µmol m^{-2} s^{-1} un 37,81 ± 14,84 µmol m^{-2} s^{-1}). Statistiski būtiskas atšķirības konstatētas tikai alkšņu hibrīda gadījumā, kad kā mēslojums izmantots amonija nitrāts kopā ar koksnes pelniem ($p < 0,05$). Sugu vidējo vērtību salīdzinājums parādīts att. 80.

[66] As – šaurlapju ārenis, Am – mētru ārenis, Dm – damaksnis, Dms – slapjais damaksnis, Ks – šaurlapju kūdrenis, Mr – mētrājs, B – āra bērzs, E – parastā egle, P – parastā priede, AN – amonija nitrāts, KPe – koksnes pelni. Ar skaitļiem apzīmēts audzes vecums.



[67]

Attēls 80. Vidējie fotosintētiskās aktivitātes rādītāji sugu griezumā Ķeipenes plantācijā

1.6.7. Kopsavilkums

Vairumā mežaudžu, izņemot izpētes objektus Dms, nav konstatētas statistiski būtiskas atšķirības starp kontroles un mēslotajiem parauglaukumiem. Nav konstatētas būtiskas korelācijas starp A vērtībām, augsnes un sugu/lapu ķīmiskajiem parametriem. Pētījumā novērotā fotosintētiskā aktivitāte variē starp dažādām koku sugām un meža tipiem. Ķeipenes plantācijā statistiski būtiskas atšķirības starp kontroles un mēslotajiem parauglaukumiem konstatētas tikai alkšņu hibrīda stādījumos, kur amonija nitrātu izmantots kopā ar koksnes pelniem.

Mēslotajās platībās vislielākā vērtība konstatēta Ks priedes audzē, taču pēc rezultātiem nevar secināt, vai atšķirības ir tieši mēslošanas rezultāts. Iespējams, ka mēslošanas rezultātā fotosintētiskā aktivitāte ir palielinājusies visa vainaga līmenī, nevis atsevišķu lapu līmenī. Uz to norāda LLI palielināšanās vairākos izmēģinājumu objektos, taču laiks no izpētes objekta ierīkošanas brīža ir pārāk mazs, lai atšķirības kļūtu būtiskas.

1.7. Radiālā pieauguma mērījumu rezultāti

Nodaļas ievaddaļā dots pētījuma rezultātu apkopojums, kurā kopīgi vērtēti visu darba uzdevumu rezultāti, bet turpmākajās apakšnodaļās vērtēti papildpieauguma rādītāji darba uzdevumu griezumā.

Taksācijas rādītāju kopsavilkums apsekotajos parauglaukumos dažādos izmēģinājumu variantos dots tab. **Kļūda! Nav atrasts atsauces avots.**. Lielākajā daļā platību krāja palielinājusies,

[67] B – āra bērzs, Ha – hibrīdalksnis, Hap – hibrīdapse, Ma – melnalksnis, Sk – saldais ķirsis, AN – amonija nitrāts, KPe – koksnes pelni.

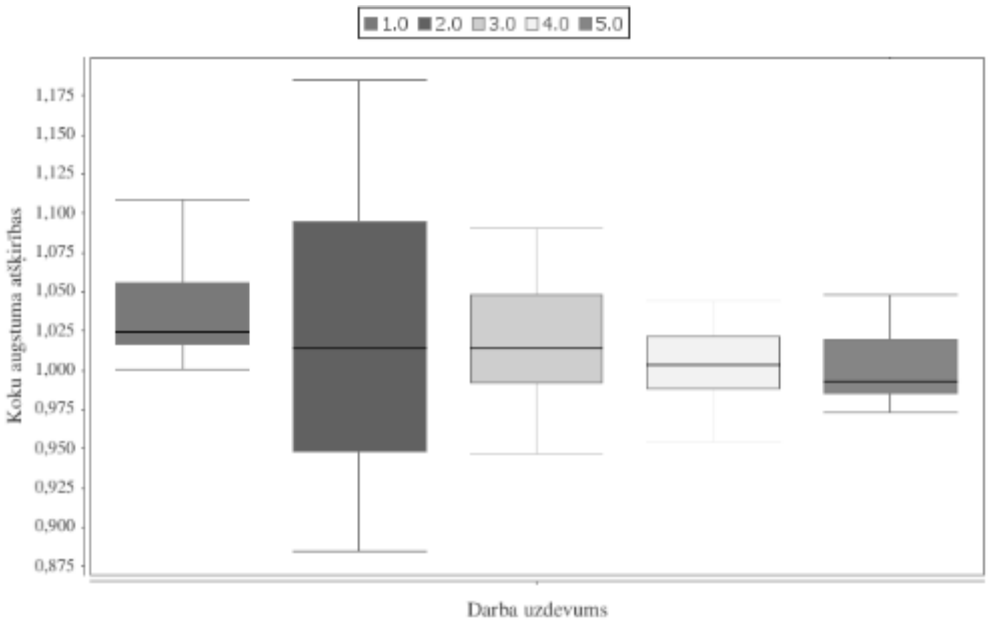
taču atsevišķās platībās, kur izkliedēti koksnes pelni, krāja ir samazinājusies. Tas skaidrojams ar sanitārajām cirtēm pēc astoņzobu mizgrauža izplatīšanās.

Tabula 5. Taksācijas rādītāju kopsavilkums izpētes objektos darba uzdevumu, meža tipu un valdošo koku sugu griezumā

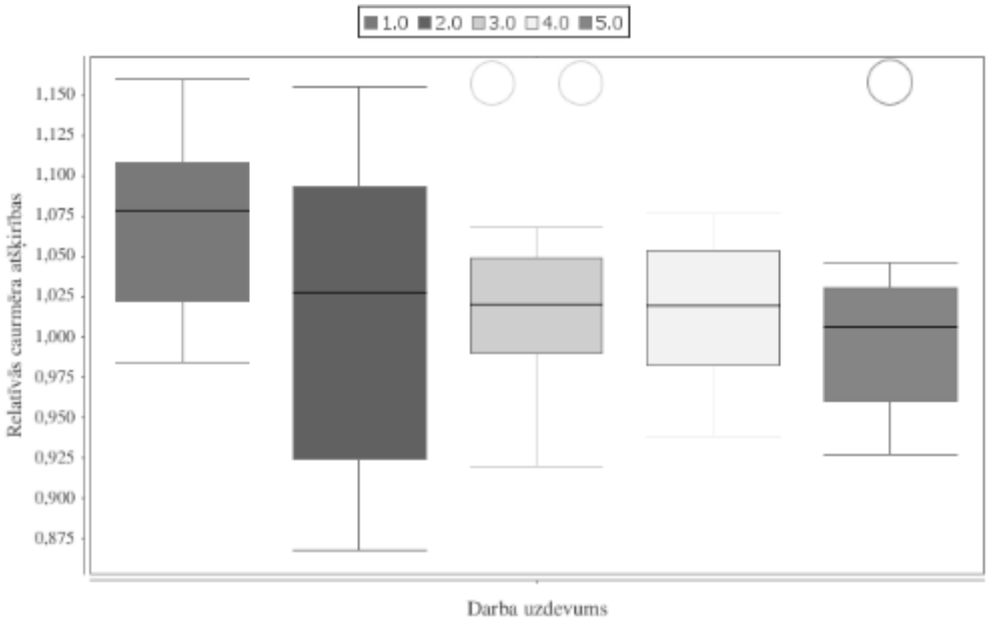
Izmēģinājumu grupa	Meža tips	Valdošā suga	Koku skaits, gab. ha^{-1}	D, cm	H, m	G, m^2 ha^{-1}	Krāja, m^3 ha^{-1}	Krājas izmaiņas
1	As	E	596	21,6	21,3	24,7	283	94%
	Dm	E	585	23,5	23,0	26,9	314	109%
	Kp	E	445	26,6	21,6	25,5	263	125%
	Ks	E	413	14,1	14,1	7,1	59	56%
2	Dm	B	750	21,0	21,3	30,5	363	118%
		E	725	21,7	21,3	29,9	356	114%
		P	620	25,5	23,3	37,3	484	121%
	Ln	P	825	18,7	18,1	29,0	326	104%
3	As	B	835	15,4	17,3	17,5	153	118%
		E	763	19,0	17,7	23,6	220	146%
	Dm	E	781	19,9	19,9	25,3	268	130%
		P	686	20,6	18,9	24,3	235	126%
	Dms	B	856	15,6	18,4	17,4	160	137%
	Ks	E	813	16,8	16,0	19,2	167	171%
	Ln	B	670	16,3	21,1	14,7	149	114%
		P	809	20,9	20,5	28,1	285	119%
	Mr	P	784	17,3	16,6	19,1	157	148%
	Vr	E	1214	13,0	13,8	17,4	141	121%
4	Am	P	543	24,4	23,6	27,2	312	121%
	As	B	706	18,0	19,1	20,5	203	143%
		E	525	23,2	19,0	22,5	209	122%
	Km	P	561	25,2	24,3	29,3	335	117%
	Kp	B	1423	11,8	15,3	16,9	133	168%
		E	640	21,7	20,5	24,7	255	105%
	Ks	B	875	15,2	18,4	17,0	155	128%
		E	442	28,3	21,1	29,4	292	156%
5	As	E	900	21,1	18,8	32,2	302	137%
	Dm	B	292	28,4	28,1	19,6	257	105%
		P	453	23,0	21,0	19,2	195	129%
	Ln	P	543	26,0	25,8	27,0	355	124%
	Mr	P	1138	14,4	12,5	18,8	120	133%

Izmēģinājumu grupa	Meža tips	Valdošā suga	Koku skaits, gab. ha^{-1}	D, cm	H, m	G, m^2 ha^{-1}	Krāja, m^3 ha^{-1}	Krājas izmaiņas
6	Ks	P	510	24,9	22,4	25,8	274	106%
	Ln	P	869	20,7	20,9	32,1	342	138%

Pēc mēslojuma izkliedēšanas ar pelniem mēslotajās briestaudzēs koku augstums bija vidēji par 3,8% lielāks, bet koku caurmērs – par 7,0% lielāks nekā kontroles platībās. Līdzīgi, izmantojot N mēslojumu, koku augstums mēslotajās platībās bija par 2,4% lielāks, bet caurmērs – par 4,4% lielāks, nekā kontroles parauglaukumos. Izmantojot N mēslojumu dažāda vecuma audzēs, koku augstums mēslotajās platībās ir vidēji par 1,9% lielāks, bet koku caurmērs – par 2,7% lielāks. Atšķirība nav statistiski būtiska. Arī izmantojot koksnes pelnus un slāpekļa mēslojumu, koku augstuma un caurmēra atšķirība kontroles un mēslotajās platībās nav būtiska, lai arī vērojuma abu rādītāju palielināšanās tendence mēslotajās platībās – 0,3% augstumam un 1,7% caurmēram. Mazāka, bet arī nebūtiska koku augstuma un caurmēra atšķirība konstatēta mēslotajās selekcijas pētījumu izmēģinājumu platībās – mēslotajos parauglaukumos ir vidēji par 0,7% augstāki un par 0,6% resnāki koki (att. **Kļūda! Nav atrasts atsauces avots.** un **Kļūda! Nav atrasts atsauces avots.**).



Attēls 81. Relatīvās koku augstuma atšķirības kontroles un mēslotajos parauglaukumos darba uzdevumu griezumā

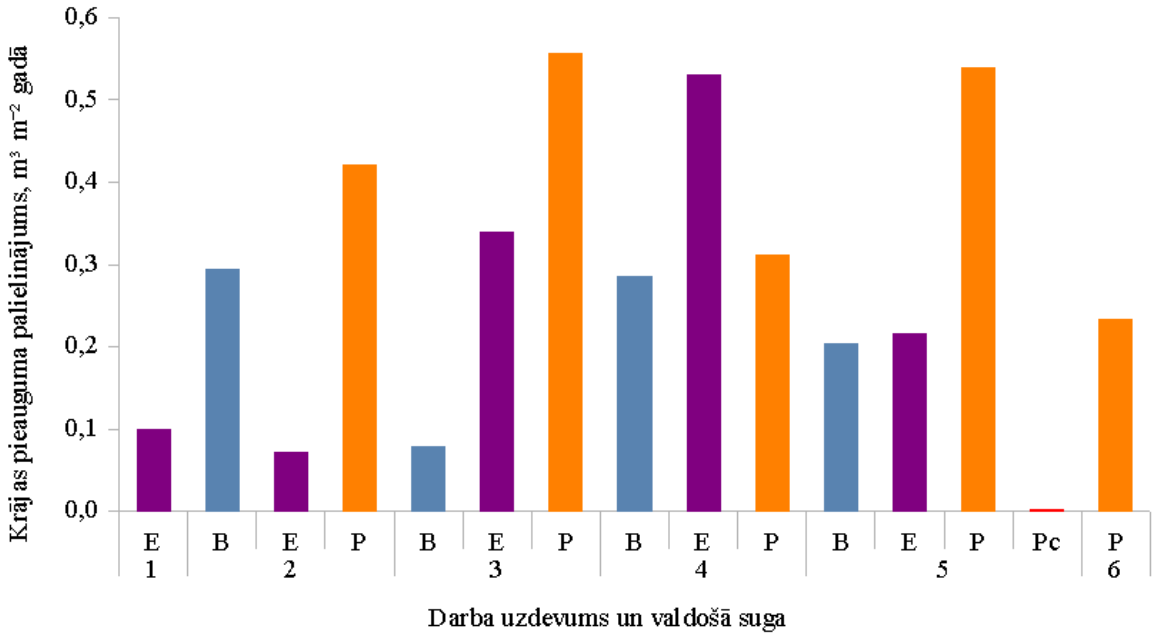


Attēls 82. Relatīvās koku caurmēra atšķirības kontroles un mēslotajos parauglaukumos darba uzdevumu griezumā

Pētījumā salīdzināts radiālais pieaugums pēc mēslojuma ienešanas (vairumā izmēģinājumu objektu 2-3 gadskārta, atsevišķos gadījumos 5 gadskārtas) un 5 gadus pirms mēslojuma ienešanas. Radiālais pieaugums pārrēķināts krājas pieaugumā un krājas pieaugumā uz 1 m^2 šķērslaukuma aprēķinu perioda sākumā. Aprēķinos izmantota I. Liepas metode (Liepa, 1996). Koku augstuma aprēķinos izmantoti augstumlīkņu vienādojumi, kas izveidoti, izmantojot pēc mēslojuma ienešanas iegūtos mērījumu datus.

Visos izmēģinājumu variantos lielāko krājas papildpieaugumu (līdz 0,6 m^3 m^{-2}) mēslojums nodrošināja priedes audzēs, bet vismazākais krājas papildpieaugums konstatēts bērza un klinškalnu priedes audzēs (att. **Kļūda! Nav atrasts atsauces avots.**). Ar slāpekli mēslotajās platībās lielāko krājas papildpieaugumu mēslojums nodrošināja priedes un bērza audzēs, bet egles audzēs tas bija vismazākais. Izmantojot koksnes pelnus un slāpekļa mēslojumu, vislielākais krājas papildpieaugums iegūts egles audzēs, kas, iespējams, norāda uz nepieciešamību E audzēs, kā arī citu koku sugu audzēs ar nozīmīgu E piemistrojumu izmantot kompleksu mēslojumu, kas satur visus makroelementus vai vismaz N un P vai N un K. Mēsošanas līdzekļu izvēlei veicamas skuju analīzes kopšanas cirtēs nozāģētajiem kokiem, nosakot, kuru elementu saturs ir mazāks par optimālo. Elementu optimālās koncentrācijas robežvērtības vēl ir jānosaka, līdzīgi kā Somijā, nosakot elementu satura un augšanas gatas sakarības kopšanas cirtes cirsmās, kas raksturo dažādus augšanas apstākļus, meža tipus, valdošās sugas un koku vecuma grupas, mežizstrādes sezonas un nozīmīgākos taksācijas rādītājus (katram variantam vismaz 30 cirsmas).

Krājas papildpieauguma aprēķinu rezultāti apkopoti tab. **Kļūda! Nav atrasts atsauces avots.**. Lielākajā daļā izpētes objektu mēslojums ienests pirms 2-3 gadiem, tāpēc taksācijas rādītāju atšķirību būtiskums var izpausties turpmākajos gados, kad atšķirība starp kontroles un mēslotajiem parauglaukumiem palielināsies, attālinoties no nenoteiktības robežvērtības.



Attēls 83. Krājas pieauguma palielinājums mēslotajos parauglaukumos, salīdzinot ar kontroles parauglaukumiem

Tabula 6. Krājas papildpieaugums (m^3 ha^{-1} gadā) pēc mēslojuma izkliedēšanas darba uzdevumu un valdošo koku sugu griezumā

Izmēģinājumu grupa	Valdošā suga	Kontrole	Mēslots	Atšķirība
1	E	0,7	0,9	0,2
2	B	1,8	2,8	1,0
	E	-1,7	-1,4	0,4
	P	0,0	2,7	2,6
	Vidēji	**-0,1**	**1,8**	**1,9**
3	B	-1,2	-1,0	0,2
	E	1,5	2,7	1,2
	P	0,5	1,9	1,4
	Vidēji	**0,6**	**1,6**	**1,1**
4	B	-1,4	0,0	1,4
	E	3,6	5,1	1,5
	P	-1,4	0,4	1,8
	Vidēji	**-0,1**	**1,4**	**1,6**
5	B	-0,7	-0,6	0,1
	E	-2,2	-1,0	1,2
	P	0,0	1,5	1,4
	Pc	-0,7	0,2	0,8
	Vidēji	**-0,4**	**0,3**	**0,7**

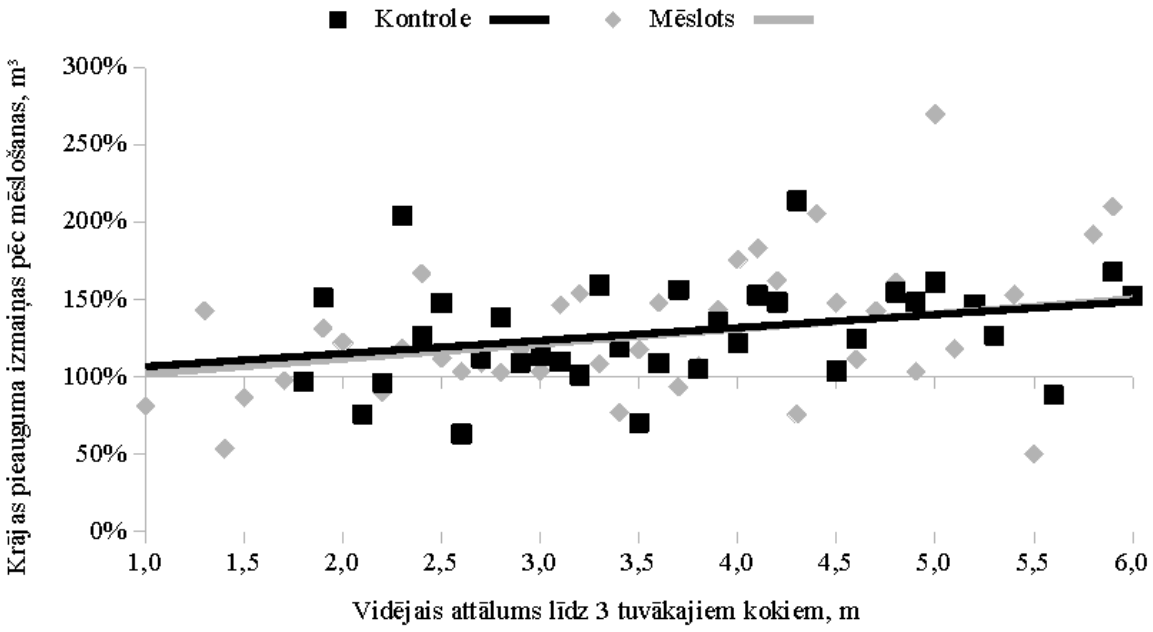
Izmēģinājumu grupa	Valdošā suga	Kontrole	Mēslots	Atšķirība
6	P	-1,0	0,6	1,6

1.7.1. Koksnes pelnu izmantošana briestaudzēs

Vidējais krājas pieaugums platībās, kur ienesti koksnes pelni, ir 9,7 m^3 ha^{-1} gadā, bet pieauguma atšķirības pēc augsnes ielabošanas līdzekļu ienešanas, salīdzinot izmaiņas mēslotajos un kontroles parauglaukumos, ir 30% vai 0,2 m^3 ha^{-1} gadā. Krājas papildpieauguma aprēķinu rezultāti apkopoti tab. **Kļūda! Nav atrasts atsauces avots.**. Lielākās krājas pieauguma atšķirības (1,4 m^3 ha^{-1} gadā) starp mēslotajiem un kontroles parauglaukumiem ir platlapju kūdrenī, divreiz mazāka atšķirība konstatēta šaurlapju ārenī (0,8 m^3 ha^{-1} gadā), bet damaksnī mēslotajās platībās krājas pieaugums samazinājās, salīdzinot ar kontroles platībām.

Viens no pētījuma uzdevumiem ir salīdzināt mežaudžu biezuma ietekmi uz krājas papildpieaugumu mēslojuma ietekmē. Lai īstenotu šo darba uzdevumu, salīdzināts pētāmā koka attālums līdz tuvākajiem 3 kokiem un krājas pieauguma izmaiņas pēc mēslojuma ieneses, salīdzinot ar krājas pieaugumu 5 gadu periodā pirms mēslojuma ienešanas.

E briestaudzēs, kas mēslotas ar koksnes pelniem, izteikta krājas pieauguma palielināšanās tendence pēc mēslojuma ienešanas, pieaugot attālumam starp kokiem. Nav konstatētas būtiskas atšķirības starp kontroles un mēslotajiem parauglaukumiem (att. **Kļūda! Nav atrasts atsauces avots.**).

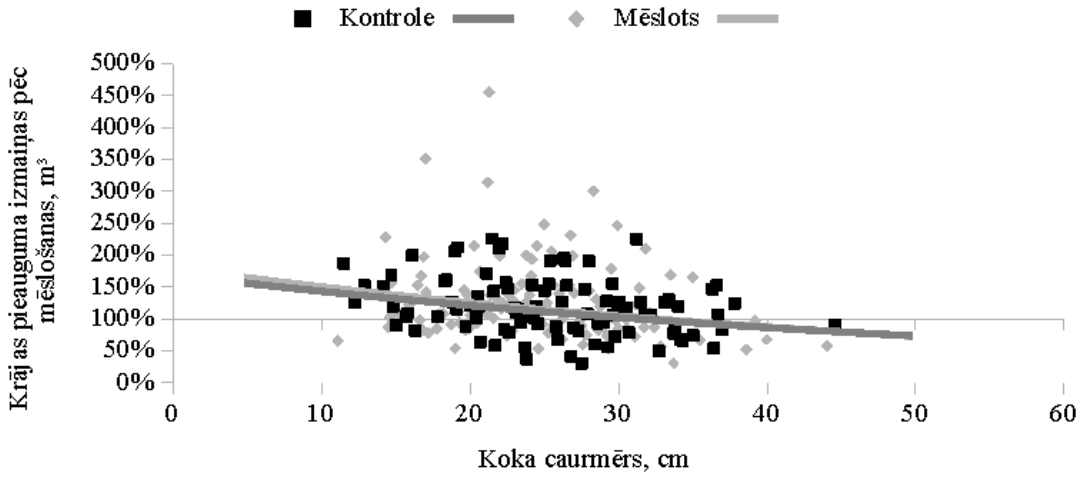


Attēls 84. Krājas pieauguma palielinājums E audzēs ar koksnes pelniem mēslotajos parauglaukumos, salīdzinot ar kontroles parauglaukumiem

Krājas papildpieaugumu var ietekmēt ne tikai koku izvietojums un savstarpējais attālums, bet arī koku dimensijas. Šajā pētījumā salīdzināts koku caurmērs 2020. gadā un krājas pieaugums laika posmā pēc mēslojuma ienešanas un 5 gadu periodā pirms meža mēslošanas.

E briestaudzēs, kur ienesti koksnes pelni, būtiski palielinājies mazāko dimensiju koku pieaugums, bet lielāko dimensiju kokiem pieaugums ir tāds pats vai nedaudz samazinājies, salīdzinot ar laika periodu pirms mēslojuma izkliedēšanas (att. **Kļūda! Nav atrasts atsauces avots.**).

Salīdzinot krājas pieauguma rādītājus platībās, kur izmantotas dažādas pelnu devas, parauglaukumos, kur ienestas 8 un 6 tonnas ha^{-1} koksnes pelnu, krājas pieaugums ir, attiecīgi, par 250% un 280% lielāks, nekā platībās, kur izkliedētas 4 un 3 tonnas ha^{-1} koksnes pelnu. Šīs platības gan nevar raksturot vidējo stāvokli egles kūdreņos, jo pirms pelnu izkliedēšanas tās 2011. gadā cieta no egļu bruņuts, bet 2014.-2015. gadā viena no šīm platībām cieta no pārlieka mitruma.



Attēls 85. Krājas pieauguma palielinājuma un koku caurmēra sakarība ar koksnes pelniem mēslotajos parauglaukumos E audzēs

1.7.2. Slāpekļa mēslojuma izmantošana briestaudzēs

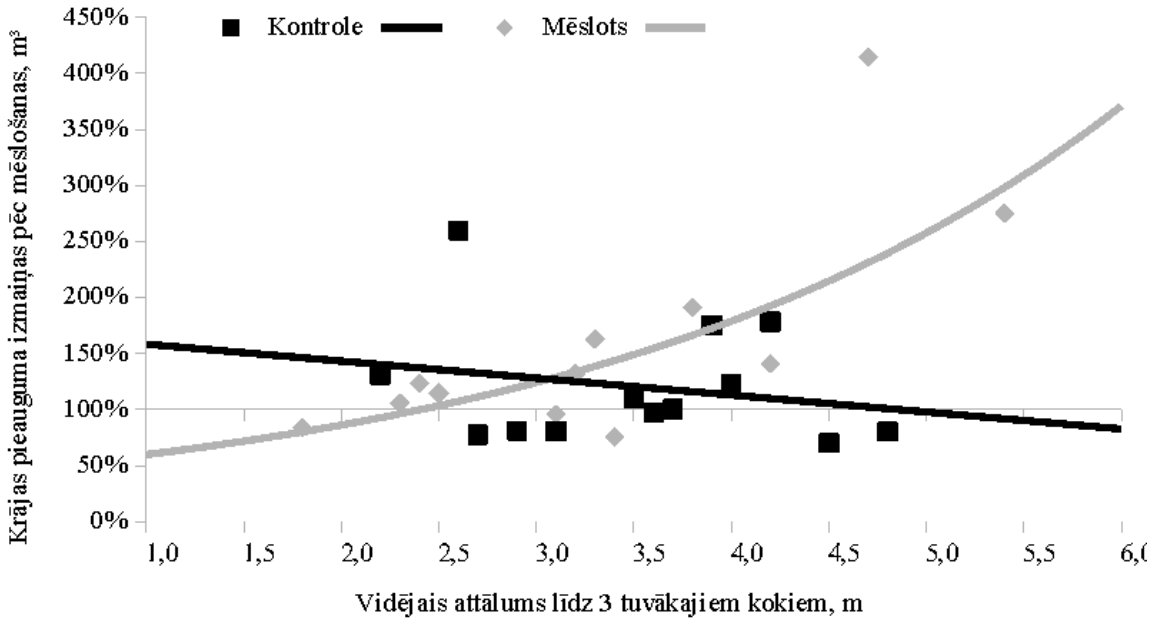
Izmantojot slāpekļa mēslojumu briestaudzēs, vidējais krājas pieaugums mēslotajās platībās ir 12,3 m^3 ha^{-1} gadā (par 18% lielāks nekā pirms mēslojuma ienešanas), bet pieauguma atšķirības pēc augsnes ielabošanas līdzekļu ienešanas, salīdzinot izmaiņas mēslotajos un kontroles parauglaukumos, ir 1,9 m^3 ha^{-1} gadā. Lielākā krājas pieauguma atšķirība (2,6 m^3 ha^{-1} gadā) starp mēslotajiem un kontroles parauglaukumiem ir P audzēs, gandrīz trīsreiz mazāka atšķirība ir B audzēs (1,0 m^3 ha^{-1} gadā) un vismazākā atšķirība ir E audzēs (0,4 m^3 ha^{-1} gadā). Krājas papildpieauguma aprēķinu rezultāti apkopoti tab. **Kļūda! Nav atrasts atsauces avots.**.

Slāpekļa mēslojums izmantots B un E briestaudzēs damaksnī un P briestaudzēs lānā un damaksnī. Vislielākā pieauguma atšķirība starp kontroles un mēslotajiem parauglaukumiem pēc augsnes ielabošanas līdzekļu ienešanas ir lānā (3,2 m^3 ha^{-1} gadā), kur kontroles platībās pieaugums ir samazinājies par 1,4 m^3 ha^{-1} gadā, bet mēslotajās platībās pieaudzis par 1,8 m^3 ha^{-1} gadā.

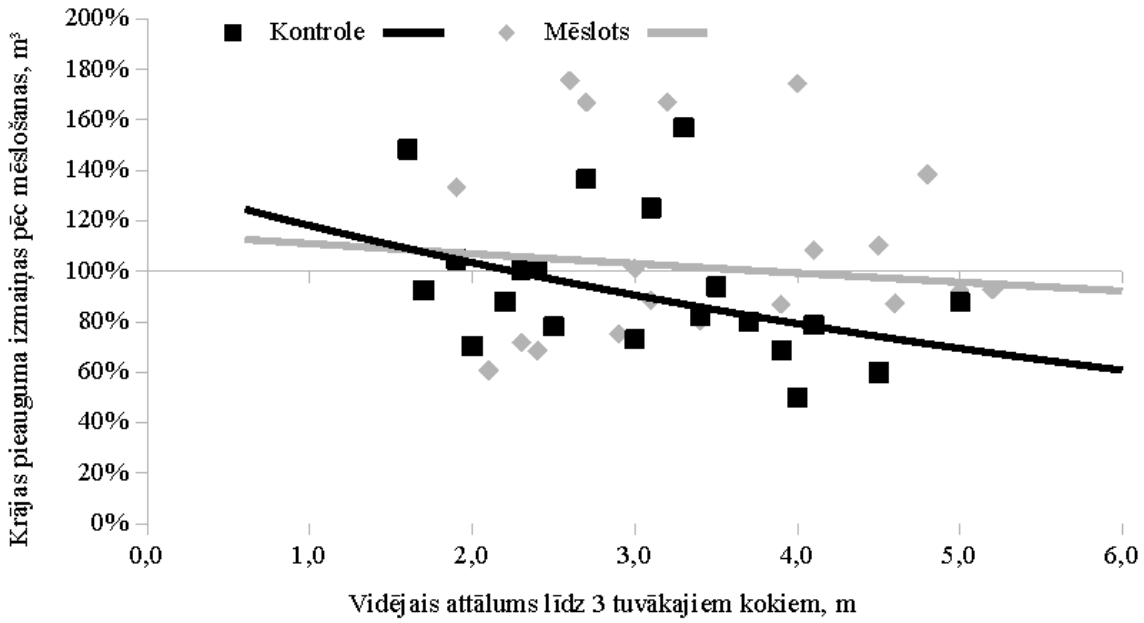
B briestaudzēs, kur ienests N mēslojums, kontroles parauglaukumos krājas pieaugums, palielinoties attālumam starp kokiem, būtiski nemainās, bet mēslotajās platībās vērojama izteikta pieauguma palielināšanās tendence, ja koki ir tālāk viens no otra, turpretim, ja attālums starp kokiem ir mazāks par 3,5 m, krājas pieauguma palielinājums, salīdzinot ar 5 gadu periodu pirms mēslošanas, nav vērojams (att. **Kļūda! Nav atrasts atsauces avots.**).

E briestaudzēs, kur ienests N mēslojums, kontroles parauglaukumos krājas pieaugums samazinās, palielinoties attālumam starp kokiem. Ja attālums starp kokiem pārsniedz 3 m, vidējais krājas pieaugums kontroles platībās ir mazāks nekā 5 gadu laikā pirms mēslošanas. Arī mēslotajās platībās vērojama pieauguma samazināšanās tendence, palielinoties attālumam starp kokiem, taču tā ir mazāk izteikta un, neatkarīgi no attāluma starp kokiem, tā pieaugums ir lielāks, nekā pirms mēslošanas (att. **Kļūda! Nav atrasts atsauces avots.**).

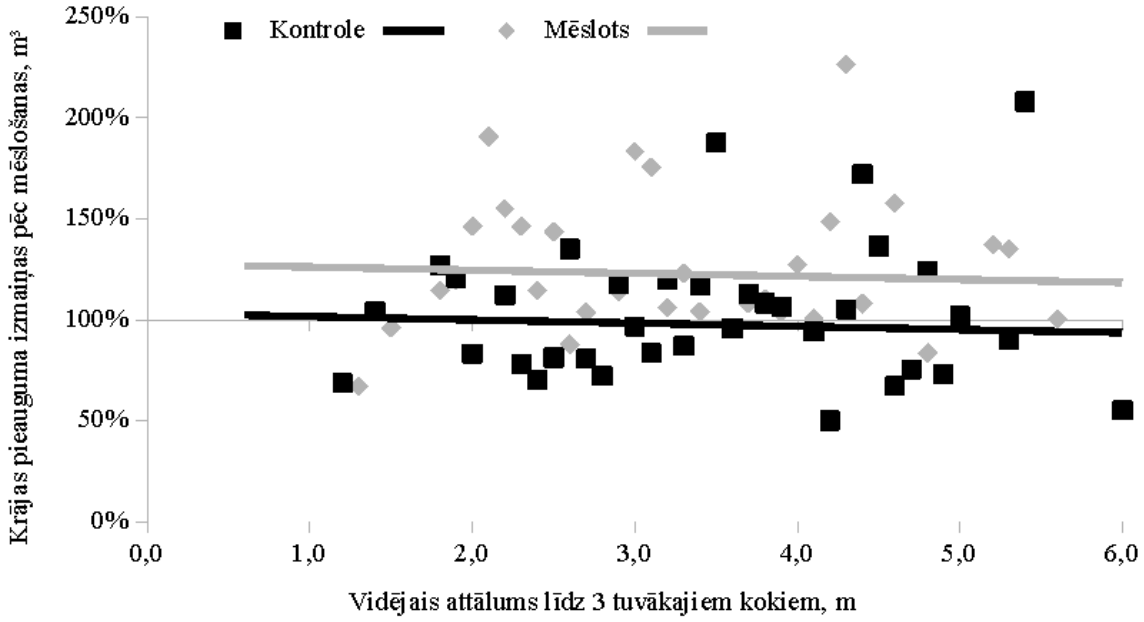
P briestaudzēs, kur ienests N mēslojums, attālums starp kokiem būtiski neietekmē krājas pieaugumu; neatkarīgi no attāluma tas saglabājas tāds pats vai nedaudz mazāks nekā 5 gadu periodā pirms mēslojuma ienešanas. Arī mēslotajās platībās attālums starp kokiem būtiski neietekmē krājas pieaugumu; neatkarīgi no attāluma tas ir vidēji par 25% lielāks nekā 5 gadu periodā pirms mēslojuma ienešanas, attiecīgi, neatkarīgi no attāluma starp kokiem, ar N mēslotajās platībās pieaugums ir lielāks nekā kontroles platībās (att. **Kļūda! Nav atrasts atsauces avots.**).



Attēls 86. Krājas pieauguma palielinājums B audzēs parauglaukumos, kur ienests N mēslojums, salīdzinot ar kontroles parauglaukumiem



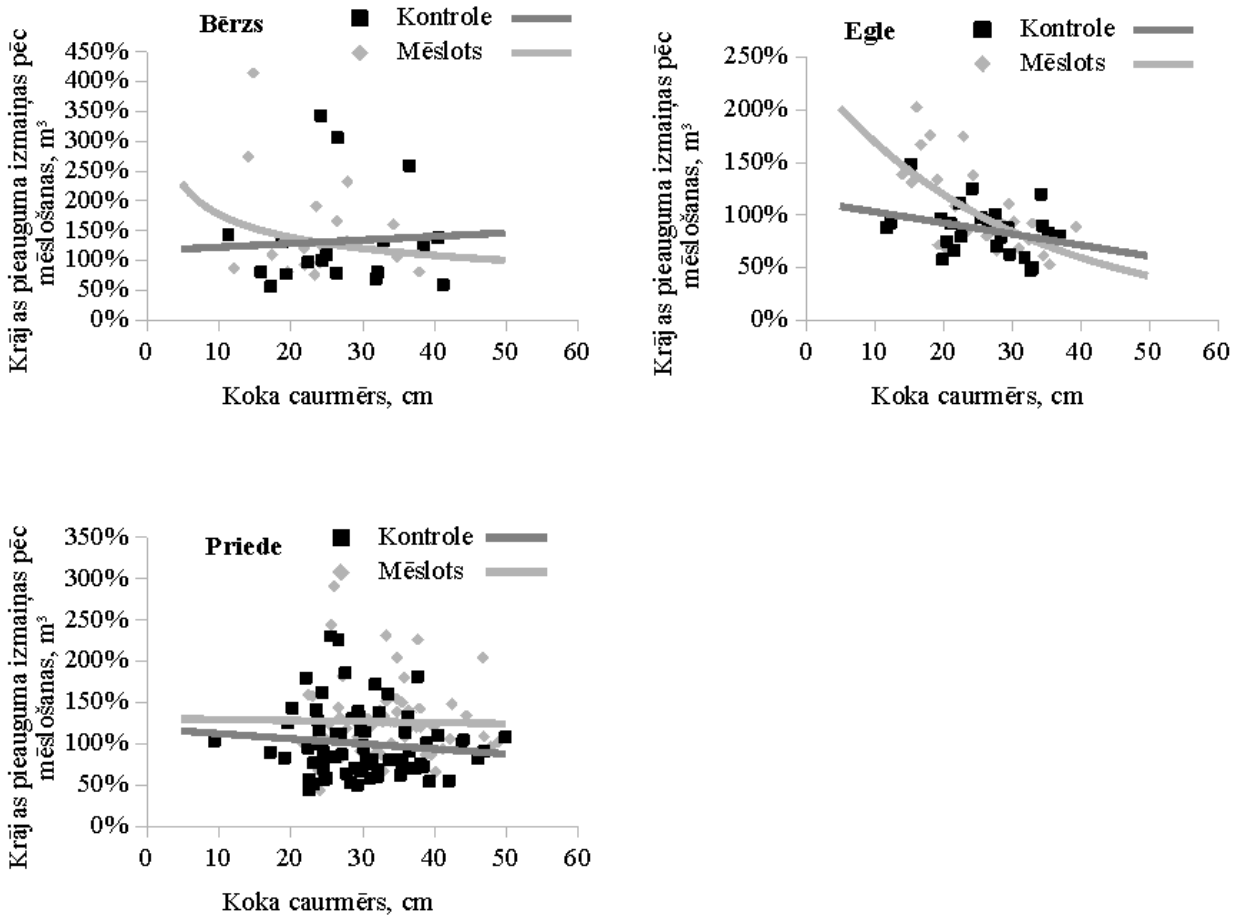
Attēls 87. Krājas pieauguma palielinājums E audzēs mēslotajos parauglaukumos, salīdzinot ar kontroles parauglaukumiem



Attēls 88. Krājas pieauguma palielinājums P audzēs mēslotajos parauglaukumos, salīdzinot ar kontroles parauglaukumiem

B briestaudzēs, kas mēslotas ar N, kontroles parauglaukumos nav konstatēta sakarība starp koka caurmēru un krājas pieauguma izmaiņām pēc mēslojuma ienešanas; turpretim, mēslotajos parauglaukumos mazāko dimensiju koki daudz labāk reaģē uz mēslojuma ienesi un to pieaugums var palielināties par līdz pat 4 reizēm, salīdzinot ar 5 gadu periodu pirms mēslojuma izkliedēšanas (att. **Kļūda! Nav atrasts atsauces avots.**). Arī E audzēs vislabāk uz mēslojumu reaģē mazāko dimensiju koki, kuru caurmērs ir līdz 20 cm. Resnākiem kokiem pieauguma rādītāju izmaiņas kontroles un

mēslotajos parauglaukumos ir līdzīgas. P audzēs, atšķirībā no B un E audzēm, mēslojuma efekts izpaužas, neatkarīgi no koku caurmēra, vidējiem rādītājiem pat palielinoties, pieaugot koku caurmēram. P pieauguma rādītāji, neatkarīgi no koku caurmēra, ir lielāki par atbilstošajiem rādītājiem gan kontroles platībās, gan 5 gadu periodā pirms mēslojuma izkliedēšanas.



Attēls 89. Krājas pieauguma palielinājuma un koku caurmēra sakarība ar slāpekli mēslotajos parauglaukumos briestaudzēs

1.7.3. Slāpekļa mēslojuma izmantošana jaunaudzēs un briestaudzēs

Izmantojot slāpekļa mēslojumu jaunaudzēs un vidēja vecuma audzēs, krājas pieaugums platībās, kur ienests minerālmēslojums, ir vidēji 10,7 m^3 ha^{-1} gadā (par 24% lielāks nekā pirms mēslojuma ienešanas), bet pieauguma atšķirības pēc augsnes ielabošanas līdzekļu ienešanas, salīdzinot izmaiņas mēslotajos un kontroles parauglaukumos, ir 1,1 m^3 ha^{-1} gadā. Lielākā krājas pieauguma atšķirība (1,4 m^3 ha^{-1} gadā) starp mēslotajiem un kontroles parauglaukumiem ir P audzēs, nedaudz mazāka tā ir E audzēs (1,2 m^3 ha^{-1} gadā) un vismazākā atšķirība ir B audzēs (0,2 m^3 ha^{-1} gadā). Krājas papildpieauguma aprēķinu rezultāti apkopoti tab. **Kļūda! Nav atrasts atsauces avots.**.

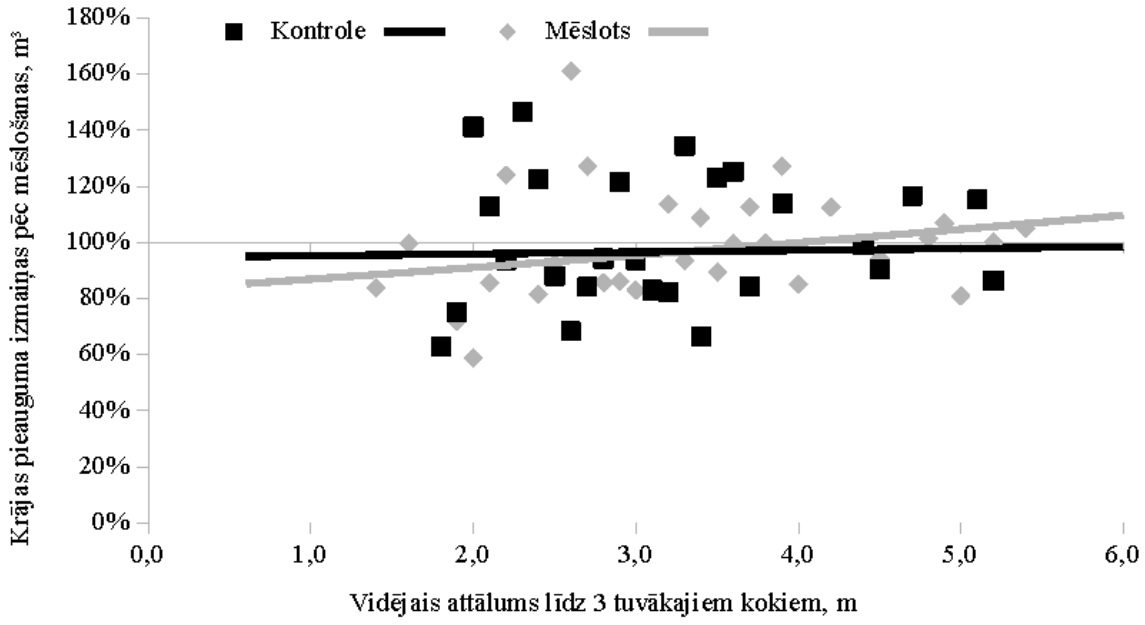
Izmantojot slāpekļa mēslojumu jaunaudzēs un vidēja vecuma B audzēs, tikai lānā pieauguma atšķirība pēc augsnes ielabošanas līdzekļu ienešanas, salīdzinot izmaiņas mēslotajos un kontroles

parauglaukumos, ir būtiska (1,1 m^3 ha^{-1} gadā); šaurlapju ārenī un slapjajā damaksnī atšķirība ir tikai 0,1 m^3 ha^{-1} gadā. E audzēs vērī pieauguma atšķirība pēc mēslošanas līdzekļu ienešanas, salīdzinot izmaiņas mēslotajos un kontroles parauglaukumos, ir gandrīz 3 reizes lielāka nekā damaksnī (2,1 un 0,6 m^3 ha^{-1} gadā, respektīvi). P jaunaudzēs un vidēja vecuma audzēs lānā un damaksnī pieauguma atšķirība pēc augsnes ielabošanas līdzekļu ienešanas, salīdzinot izmaiņas mēslotajos un kontroles parauglaukumos, ir līdzīga – attiecīgi, 1,2 un 1,5 m^3 ha^{-1} gadā.

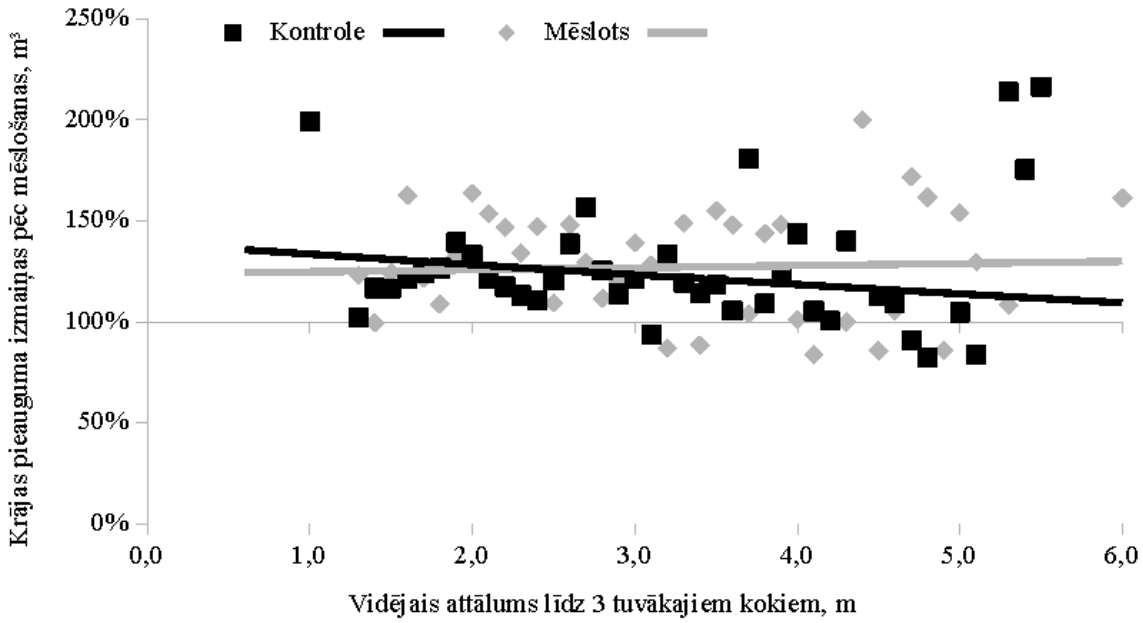
B jaunaudzēs un vidēja vecuma audzēs, kur ienests N mēslojums, kontroles parauglaukumos un parauglaukumos, kur ienests mēslojums, krājas pieaugums, palielinoties attālumam starp kokiem, būtiski nemainās, taču mēslotajās platībās, palielinoties attālumam līdz tuvākajiem kokiem, pieaugums ir lielāks. Kontroles platībās, neatkarīgi no attāluma starp kokiem, pieaugums pēdējos gados bijis mazāks, nekā periodā pirms mēslojuma ienešanas (att. **Kļūda! Nav atrasts atsauces avots.**). Iespējams, ka šajā un citos gadījumos tas saistīts ar kopšanas cirtes radīto stresu, tāpēc nepieciešami ilglaicīgāki novērojumi, lai novērtētu krājas papildpieaugumu mēslotajās platībās.

E jaunaudzēs un vidēja vecuma audzēs, kur ienests N mēslojums, vērojama līdzīga, taču izteiktāka, tendence un mēslotajās un kontroles platībās krājas pieaugums laika posmā, kas seko mēslojuma izkliedēšanai, ir lielāks, nekā 5 gadu periodā pirms mēslojuma ienešanas (att. **Kļūda! Nav atrasts atsauces avots.**).

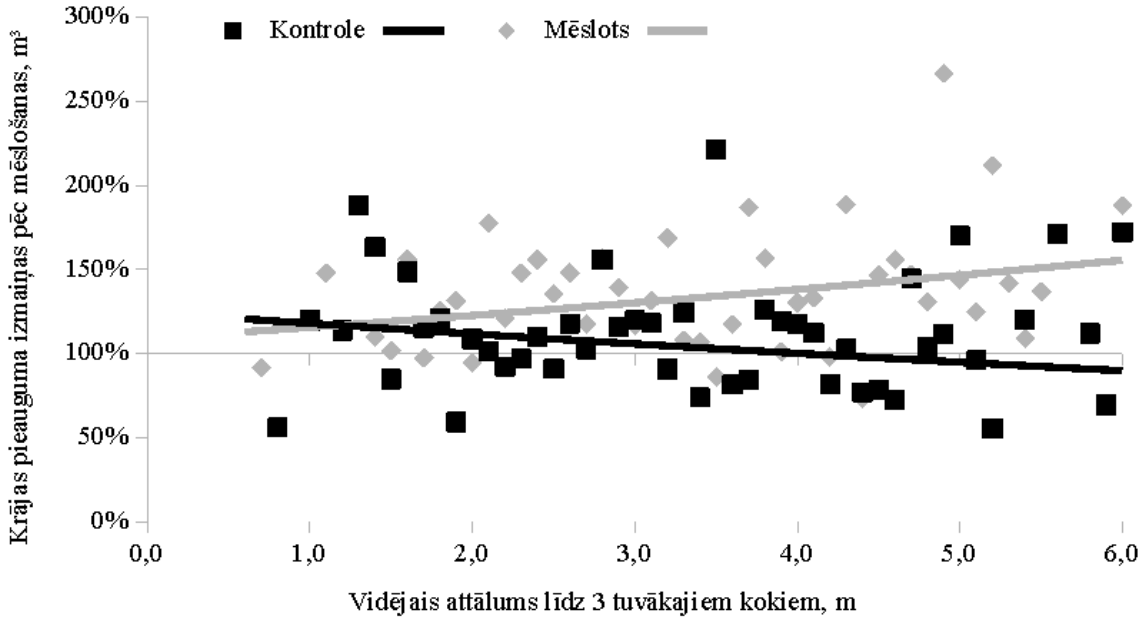
P jaunaudzēs un vidēja vecuma audzēs, kur ienests N mēslojums, kontroles parauglaukumos pieaugums laika posmā, kas seko mēslojuma ienešanai, ir lielāks nekā iepriekšējos 5 gados tikai jaunaudzēs, kur vidējais attālums starp kokiem nepārsniedz 2,5 m, bet, pieaugot attālumam starp kokiem, vērojama krājas pieauguma samazināšanās tendence. Parauglaukumos, kur ienests mēslojums, krājas pieaugums palielinās, pieaugot attālumam starp kokiem. Šī tendence vērojama gan jaunaudzēs, gan vidēja vecuma audzēs (att. **Kļūda! Nav atrasts atsauces avots.**).



Attēls 90. Krājas pieauguma palielinājums B audzēs mēslotajos parauglaukumos, salīdzinot ar kontroles parauglaukumiem



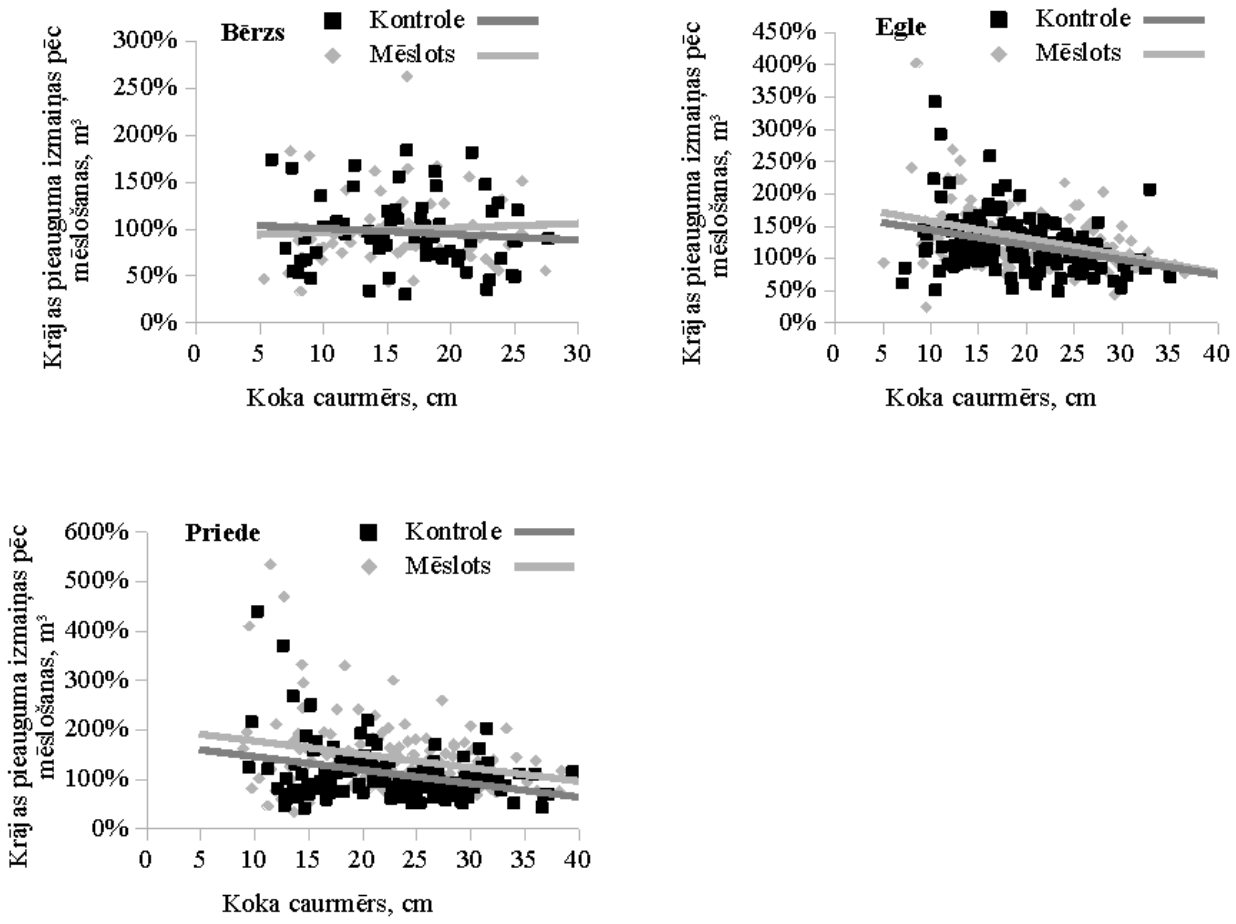
Attēls 91. Krājas pieauguma palielinājums E audzēs mēslotajos parauglaukumos, salīdzinot ar kontroles parauglaukumiem



Attēls 92. Krājas pieauguma palielinājums P audzēs mēslotajos parauglaukumos, salīdzinot ar kontroles parauglaukumiem

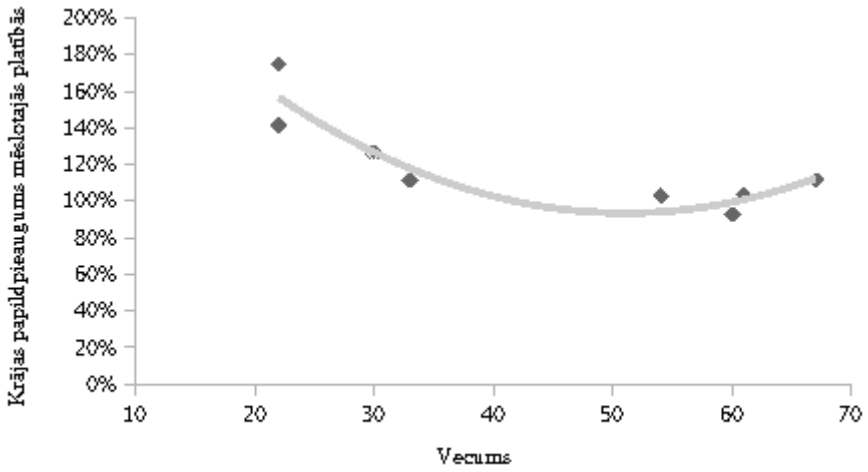
Jaunaudzēs un vidēja vecuma audzēs, kur izkliedēts N mēslojums, iegūtie rezultāti atšķiras no briestaudzēm. B audzēs mēslojuma ietekme bijusi minimāla un tikai lielāku dimensiju koku audzēs parauglaukumos, kur ienests mēslojums, lielu dimensiju koku pieaugums pārsniedza kontroles rādītājus (att. **Kļūda! Nav atrasts atsauces avots.**). Egles audzēs, turpretim, mazāku dimensiju koki labāk reaģēja uz mēslojumu. Līdzīgi pieauguma rādītāji vienādu dimensiju kokiem ir gan mēslotajās, gan kontroles platībās. Iespējams, E audzēs kopšanas cirtes, kas veiktas pirms

mēslojuma ieneses, rada būtiski lielāku ietekmi nekā mēslojums. P jaunaudzēs un vidēja vecuma audzēs, tāpat kā P briestaudzēs, mēslojuma efekts izpaužas, neatkarīgi no koku caurmēra. Tomēr vidējie pieauguma rādītāji pieaug, samazinoties koku caurmēram, attiecīgi, vislielāko mēslojuma efektu P audzēs var panākt jaunaudzēs. P pieauguma rādītāji, neatkarīgi no koku caurmēra, ir lielāki gan par kontroles, gan par 5 gadu perioda pirms mēslojuma izkliedēšanas rādītājiem.

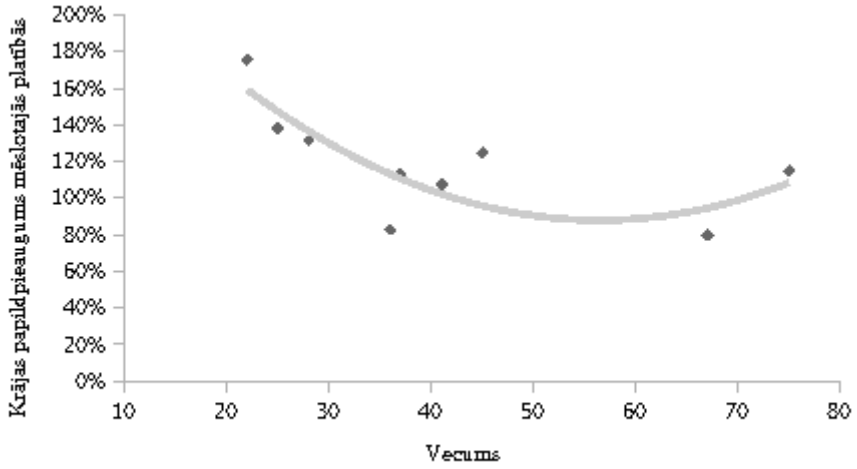


Attēls 93. Krājas pieauguma palielinājuma un koku caurmēra sakarība jaunaudzēs un vidēja vecuma audzēs mēslotajos parauglaukumos

Pētījuma rezultāti demonstrē, ka skuju koku audzēs mēslojuma ietekme daudz izteiktāk izpaužas jaunaudzēs (Att. 16 un 17), norādot uz šādas mežsaimnieciskās prakses potenciālo lomu klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanā, tāpēc, neskatoties uz relatīvi mazāku ekonomisko efektu, šis augsnes ielabošanas veids ir prioritizējams klimata pārmaiņu mazināšanas atbalsta instrumentos. Lai gan nepieciešams ilgāks novērojumu periods, lai novērtētu, kāda ir kumulatīvā pieauguma atšķirība.



Attēls 94. Krājas papildpieaugums dažāda vecuma priedes audzēs.



Attēls 95. Krājas papildpieaugums dažāda vecuma egļu audzēs.

1.7.4. Slāpekļa mēslojuma un koksnes pelnu izmantošana meža mēslošanā

Izmantojot slāpekļa mēslojumu un koksnes pelnus briestaudzēs, vidējais krājas pieaugums platībās, kur ienests minerālmēslojums, ir 10,9 m^3 ha^{-1} gadā (par 14% lielāks nekā pirms mēslojuma ienešanas), bet pieauguma atšķirība pēc augsnes ielabošanas līdzekļu ienešanas, salīdzinot izmaiņas mēslotajos un kontroles parauglaukumos, ir 1,6 m^3 ha^{-1} gadā. Slāpekļa un koksnes pelnu mēslojums pozitīvi ietekmējis visu izmēģinājumos iekļauto koku sugu augšanu. Lielākā krājas pieauguma atšķirība (1,8 m^3 ha^{-1} gadā) starp mēslotajiem un kontroles parauglaukumiem ir P audzēs, mazāka tā ir E (1,5 m^3 ha^{-1} gadā) un B audzēs (1,4 m^3 ha^{-1} gadā). Krājas papildpieauguma aprēķinu rezultāti apkopoti tab. **Kļūda! Nav atrasts atsauces avots.**.

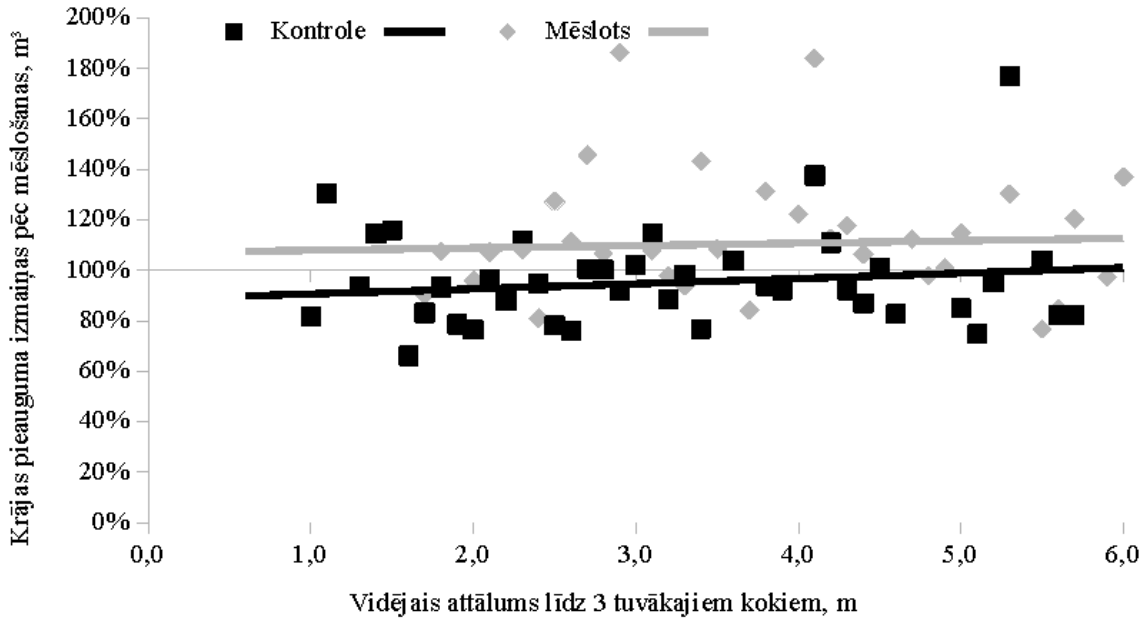
Izmantojot slāpekļa mēslojumu un koksnes pelnus B briestaudzēs, pieauguma atšķirība pēc mēslošanas līdzekļu ienešanas, salīdzinot izmaiņas mēslotajos un kontroles parauglaukumos, sasniedza lielākos rādītājus šaurlapju un platlapju kūdrenī (1,9 un 2,1 m^3 ha^{-1} gadā) un 3 reizes mazākus pieauguma atšķirības rādītājus (0,6 m^3 ha^{-1} gadā) šaurlapju ārenī. E audzēs pieauguma atšķirība pēc mēslošanas līdzekļu ienešanas, salīdzinot izmaiņas mēslotajos un kontroles parauglaukumos, ir pozitīvas tikai platlapju kūdrenī (2,0 m^3 ha^{-1} gadā), bet šaurlapju ārenī

pieauguma palielinājums mēslotajos parauglaukumos nepārsniedza pieauguma rādītājus kontroles parauglaukumos. Priedes audzēs pieauguma atšķirība pēc mēslošanas līdzekļu ienešanas, salīdzinot izmaiņas mēslotajos un kontroles parauglaukumos, ir pozitīvas gan mētru kūdrenī (2,0 m^3 ha^{-1} gadā), gan mētru ārenī (1,7 m^3 ha^{-1} gadā).

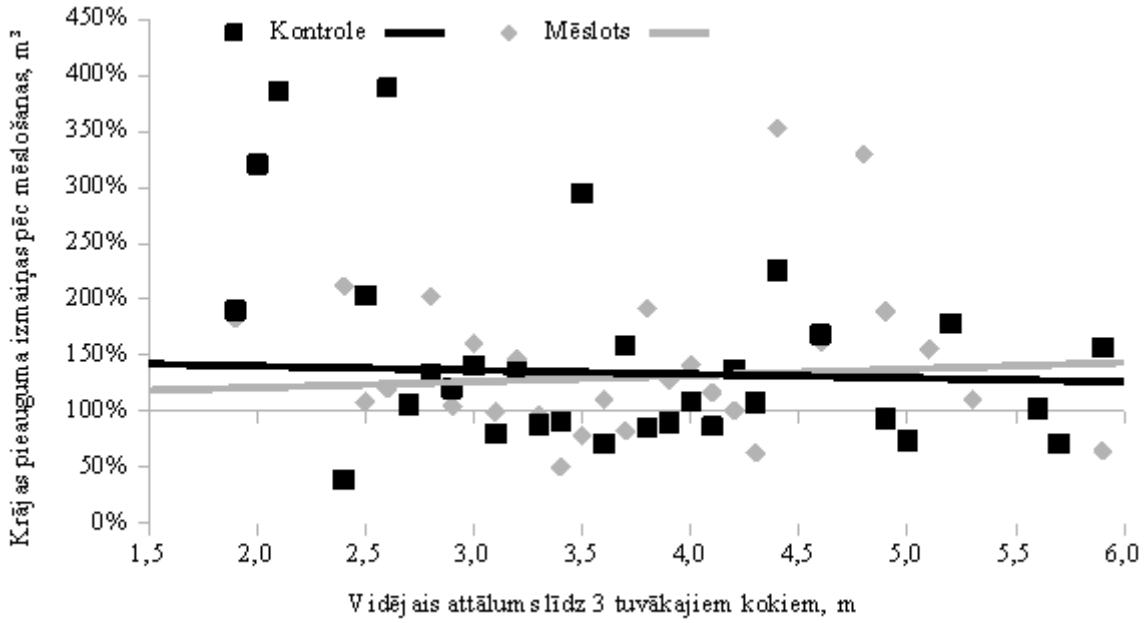
B briestaudzēs, kur ienests N mēslojums un koksnes pelni, attālums starp kokiem būtiski neietekmē krājas pieaugumu, lai arī vērojama neliela pieauguma palielināšanās tendence, ja koki atrodas tālāk viens no otra (att. **Kļūda! Nav atrasts atsauces avots.**). Mēslojumam ir konstanta pozitīva ietekme uz krājas pieaugumu (vidēji 10%, salīdzinot ar 5 gadu periodu pirms mēslojuma ienešanas), bet, salīdzinot ar kontroles platībām, kur krājas pieaugums pēdējos gados samazinājies, summārā pozitīvā ietekme ir vidēji 20%.

E briestaudzēs, kur ienests N mēslojums un koksnes pelni, mēslotajos parauglaukumos nav vērojama izteikta pieauguma palielināšanās tendence, salīdzinot ar kontroles parauglaukumiem. Pieaugums kas var būt saistīts ar citu faktoru ietekmi, piemēram, augšanas apstākļu uzlabošanos 2. stāva kokiem, kas izskaidro būtisku krājas pieauguma palielināšanos kontroles platībās kokiem, kas atrodas tuvu viens no otra (att. **Kļūda! Nav atrasts atsauces avots.**). Mēslotajās platībās vērojama vāji izteikta pieauguma palielināšanās tendence, pieaugot attālumam starp kokiem.

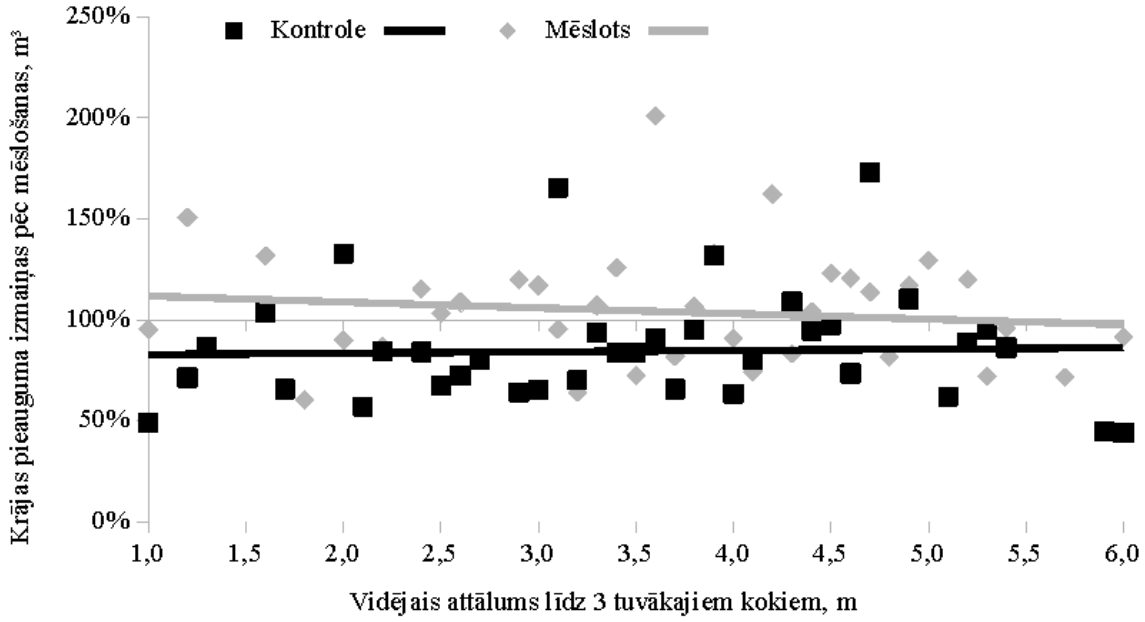
P briestaudzēs, kur ienests N mēslojums un koksnes pelni, kontroles parauglaukumos pieaugums, neatkarīgi no attāluma starp kokiem, ir mazāks nekā mēslotajos parauglaukumos un laika periodā pirms mēslojama ienešanas. Mēslotajos un kontroles parauglaukumos nav vērojama būtiska attāluma starp kokiem ietekme uz pieaugumu (att. **Kļūda! Nav atrasts atsauces avots.**). Mēslotajās platībās krājas pieaugums laika posmā, kas seko mēslojuma ienešanai, krājas pieaugums ir lielāks, nekā 5 gadu periodā pirms mēslojuma ienešanas.



Attēls 96. Krājas pieauguma palielinājums B audzēs mēslotajos parauglaukumos, salīdzinot ar kontroles parauglaukumiem



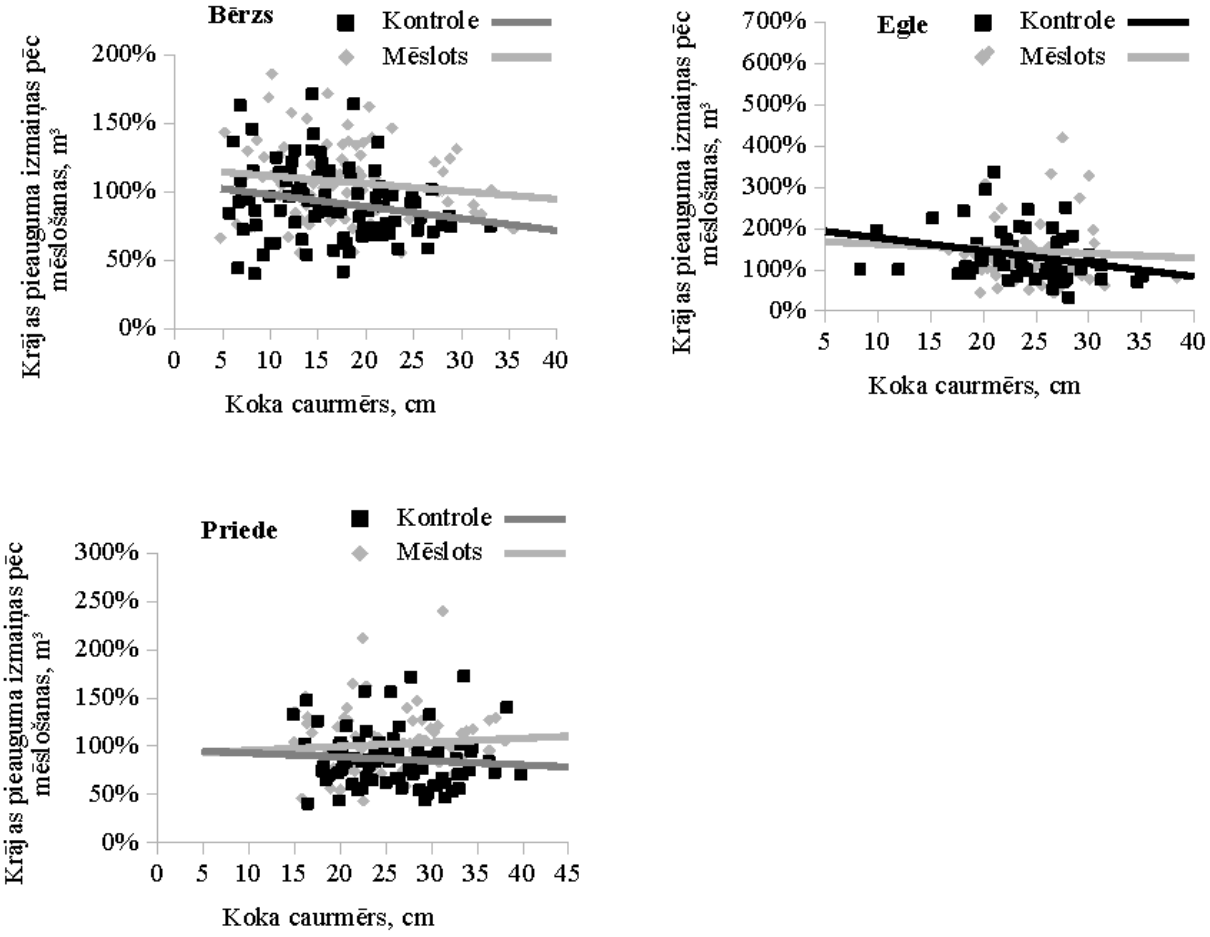
Attēls 97. Krājas pieauguma palielinājums E audzēs mēslotajos parauglaukumos, salīdzinot ar kontroles parauglaukumiem



Attēls 98. Krājas pieauguma palielinājums P audzēs mēslotajos parauglaukumos, salīdzinot ar kontroles parauglaukumiem

Mežaudzēs, kur izkliedēts N mēslojums un koksnes pelni, iegūtie rezultāti norāda uz iespējamu dažādu faktoru ietekmi uz pieauguma rādītājiem. B audzēs mēslojuma ietekme izpaudusies līdzīgi, kā citos izmēģinājumos P audzēs. Krājas pieaugums ir lielāks nekā kontroles platībās, neatkarīgi no koku dimensijām (att. **Kļūda! Nav atrasts atsauces avots.**). Tas var liecināt, ka B audzēs nepieciešams komplekss mēslojums, kas satur gan N, gan citus makroelementus. E audzēs konstatēts, ka, pieaugot koku dimensijām, kontroles parauglaukumos pieaugums samazinās;

turpretim, mēslotajos parauglaukumos vērojams nebūtisks lielāku dimensiju koku pieauguma palielinājums. Pagaidām nevar pateikt, vai iegūtie rezultāti saistīti ar barības vielu trūkumu vai vairāku faktoru ietekmi. P audzēs konstatēts, ka mēslojuma efekts vairāk izpaužas lielāku dimensiju kokiem.



Attēls 99. Krājas pieauguma palielinājuma un koku caurmēra sakarība ar slāpekļa minerālmēslojumu un koksnes pelniem mēslotajos parauglaukumos

1.7.5. Selekcijas izmēģinājumu stādījumi ar N un koksnes pelnu mēslojumu

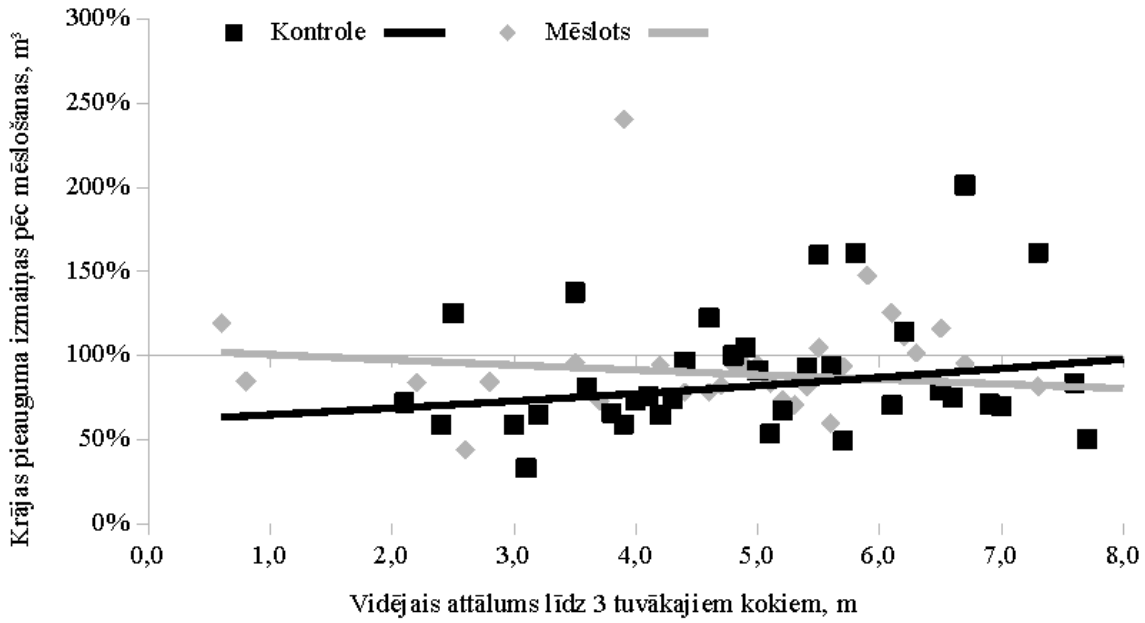
Selekcijas izmēģinājumu stādījumos vidējais krājas pieaugums platībās, kur ienests minerālmēslojums, ir 9,3 m^3 ha^{-1} gadā (par 9% lielāks nekā pirms mēslojuma ienešanas), bet pieauguma atšķirības pēc augsnes ielabošanas līdzekļu ienešanas, salīdzinot izmaiņas mēslotajos un kontroles parauglaukumos, ir 0,7 m^3 ha^{-1} gadā. Mēslojums pozitīvi ietekmējis visu izmēģinājumos iekļauto koku sugu augšanu. Lielākā krājas pieauguma atšķirība (1,4 m^3 ha^{-1} gadā) starp mēslotajiem un kontroles parauglaukumiem ir P audzēs, mazāka tā ir E (1,2 m^3 ha^{-1} gadā) un Pc audzēs (0,8 m^3 ha^{-1} gadā). B audzēs pieauguma atšķirība starp mēslotajiem un kontroles parauglaukumiem ir nebūtiska (0,1 m^3 ha^{-1} gadā). Krājas papildpieauguma aprēķinu rezultāti apkopoti tab. **Kļūda! Nav atrasts atsauces avots.**.

B audzēs selekcijas pētījumu stādījumos, kur ienests N mēslojums, attālumam starp kokiem bijusi līdzīga ietekme, kā citu darba uzdevumu ietvaros mēslotajās platībās, tomēr, samazinoties

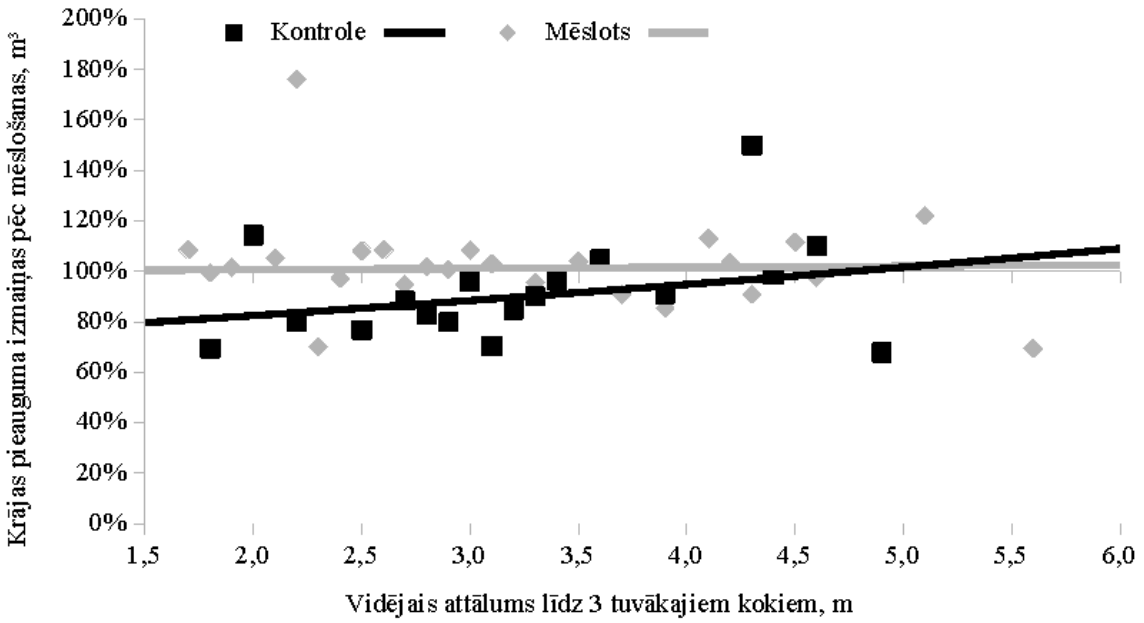
attālumam starp kokiem, vērojama pieauguma palielināšanās tendence, salīdzinot ar kontroles parauglaukumiem (att. **Kļūda! Nav atrasts atsauces avots.**). Tas norāda uz mēslojuma pozitīvo ietekmi mazāku dimensiju koku audzēs. Pieaugot attālumam starp kokiem, atšķirība starp kontroles un mēslotajiem parauglaukumiem vairs nav izteikta.

E audzēs selekcijas pētījumu stādījumos, kur ienests N mēslojums, mēslojuma ietekme izpaužas kokiem, kas atrodas līdz 5 m attālumā no citiem kokiem, pārsvarā tās ir jaunaudzes vai 2. stāva egles, kurām uzlabojušies augšanas apstākļi. Kontroles platībās vidējais krājas pieaugums laika posmā, kas seko mēslojuma izkliedēšanai, ir mazāks nekā 5 gadu periodā pirms mēslošanas, lai arī, palielinoties attālumam starp kokiem, krājas pieaugums pietuvojas rādītājiem, kas bija raksturīgi laika posmam pirms mēslojuma izkliedēšanas (att. **Kļūda! Nav atrasts atsauces avots.**). Iespējams, ka tas saistīts ar ierobežotu barības vielu pieejamību blīvāk augošiem kokiem, taču pieejamā datu kopa nav pietiekoša šīs hipotēzes pārbaudei. Mēslotajās platībās krājas pieaugums pēc mēslojuma ieneses saglabājas tādā pašā līmenī, kā 5 gadu laikā pirms mēslojuma ienešanas.

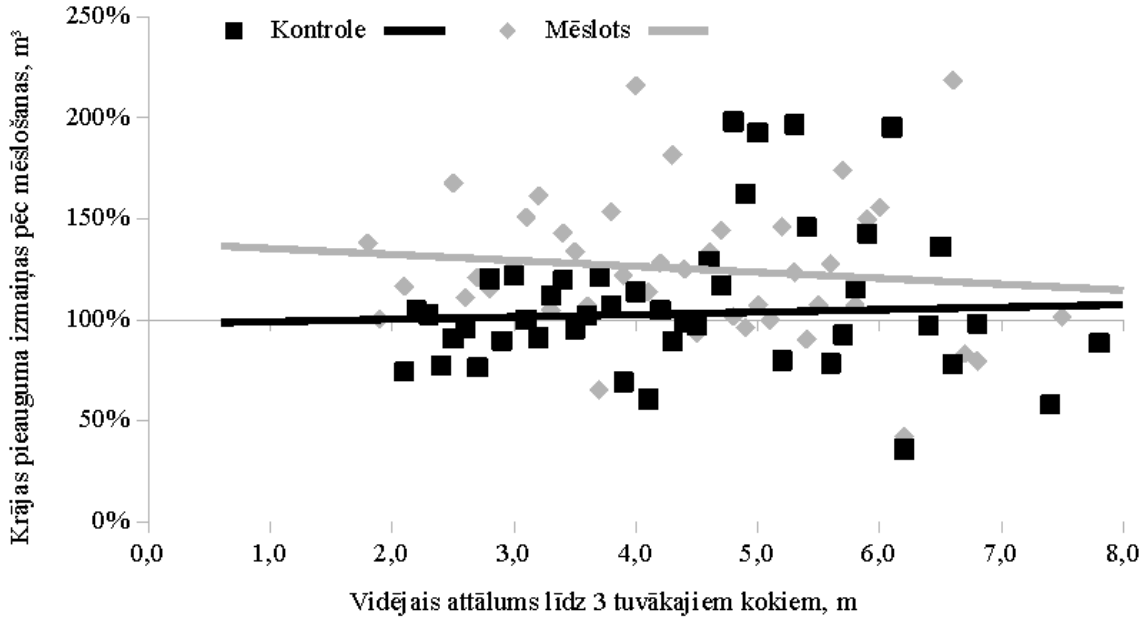
Arī P audzēs selekcijas pētījumu stādījumos, kur ienests N mēslojums, vērojama tāda pati tendence, kā citos izmēģinājumu variantos, kuri izmantots N mēslojums – krājas pieaugums pēc mēslojuma ienešanas pārsniedz gan attiecīgos kontroles rādītājus, gan krājas pieaugumu pirms mēslojuma ienešanas (att. **Kļūda! Nav atrasts atsauces avots.**).



Attēls 100. Krājas pieauguma palielinājums B audzēs mēslotajos parauglaukumos, salīdzinot ar kontroles parauglaukumiem



Attēls 101. Krājas pieauguma palielinājums E audzēs mēslotajos parauglaukumos, salīdzinot ar kontroles parauglaukumiem

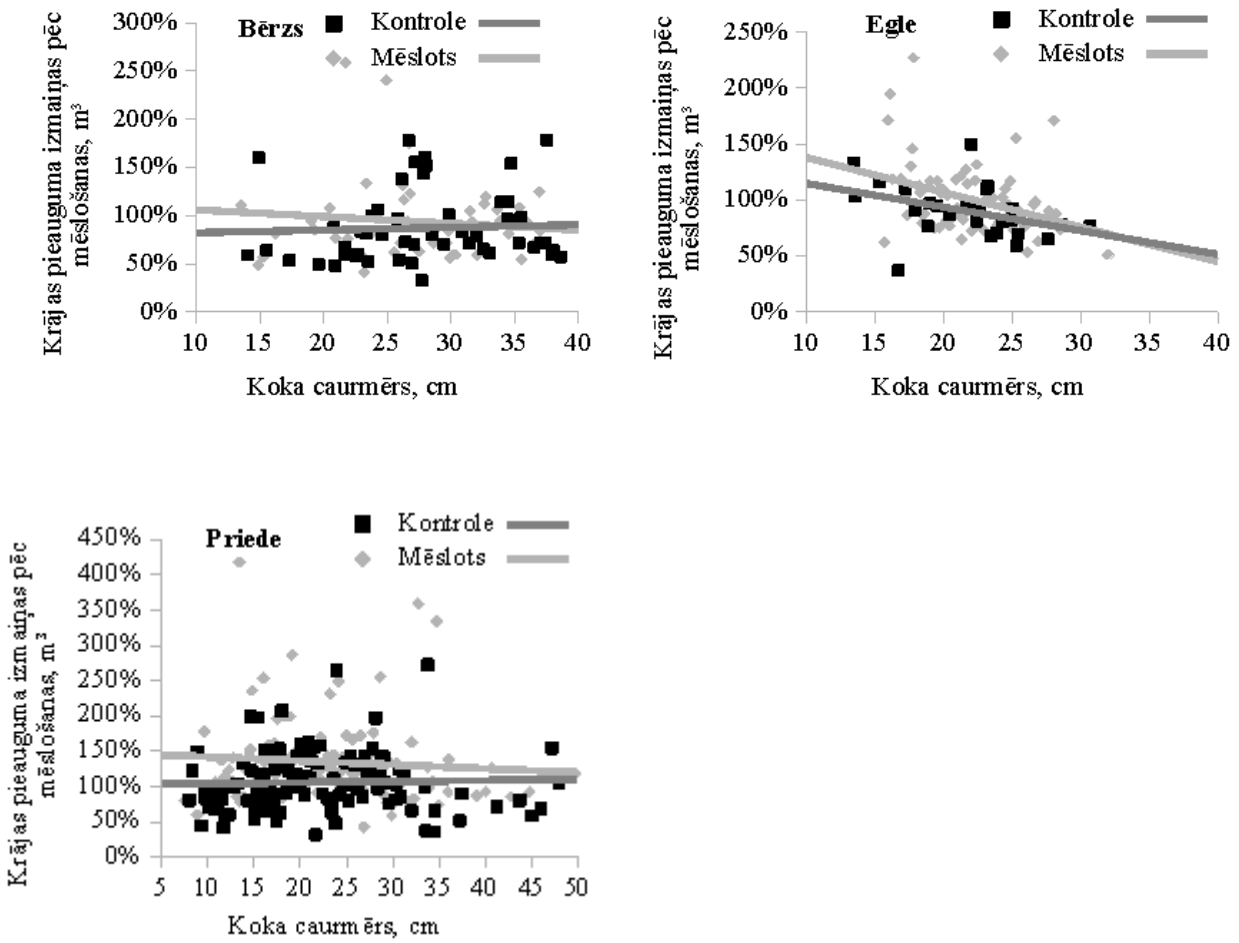


Attēls 102. Krājas pieauguma palielinājums P audzēs mēslotajos parauglaukumos, salīdzinot ar kontroles parauglaukumiem

Meža selekcijas stādījumi, kur izkliedēts N mēslojums un koksnes pelni, pārstāvēti ar dažāda vecuma audzēm. B audzēs mēslojums pozitīvi ietekmējis mazāku dimensiju kokus, bet lielu dimensiju koku pieauguma rādītāji neatšķiras mēslotajos un kontroles parauglaukumos (att. Attēls 103). B audzēs izmantots tikai N mēslojums, tāpēc, iespējams, krājas papildpieauguma iegūšanai nepieciešami arī citi makroelementi, ko var dot komplekss mēslojums, kas satur gan N, gan citus makroelementus.

E audzēs (As) konstatēts, ka mēslojums veicinājis mazāko dimensiju koku pieauguma palielināšanos, bet lielāko dimensiju koku krājas pieaugums būtiski neatšķiras kontroles un mēslotajās platībās. Pieaugot koku dimensijām, krājas pieaugums samazinās gan kontroles gan mēslotajās platībās. Lielu dimensiju koku krājas pieaugums laika posmā pēc mēslojuma ieneses ir mazāks, nekā 5 gadu periodā pirms mēslojuma ienešanas.

P audzēs iegūtie rezultāti atbilst citos darba uzdevumos iegūtiem datiem. Krājas pieaugums mēslotajos parauglaukumos ir lielāks, nekā kontroles platībās un pirms mēslojuma ienešanas. Koku dimensiju ietekme uz krājas pieaugumu nav būtiska.



Attēls 103. Krājas pieauguma palielinājuma un koku caurmēra sakarība selekcijas stādījumos

1.7.6. Kopsavilkums

Visos mēslojuma variantos konstatēta krājas pieauguma palielināšanās mēslotajās platībās, salīdzinot ar kontroles parauglaukumiem. Izmantojot koksnes pelnus, būtisks krājas papildpieaugums konstatēts tikai mezotrofiskos kūdreņos, turpretim, sausieņos un āreņos ierīkotajos izmēģinājumu objektos koksnes pelni nav palielinājuši krājas pieaugumu. Ienesot koksnes pelnus un slāpekļa mēslojumu, krājas papildpieaugums E audzēs āreņos, slapjaiņos un sausieņos būtiski palielinās, bet kūdreņos pieaug tikai nedaudz. Tas nozīmē, ka, izmantojot koksnes pelnus minerālaugsnēs, papildus ir jāienes slāpekļa mēslojums. Turpmākajos pētījumos ir jānoskaidro

koksnes pelnu izmantošanas efekts kūdreņos B un P audzēs, kā arī jānovērtē slāpekļa mēslojuma iespējamā ietekme uz krājas papildpieaugumu oligotrofiskos un mezotrofiskos kūdreņos. Pelnu mēslojuma efektu būtiski ietekmējusi saimnieciskās darbības vēsture un dažādu stresa faktoru kumulatīva ietekme; piemēram, platībās, kas izretinātas sanitārajās cirtēs, mēslojuma ietekme var būt šķietami negatīva, taču, salīdzinot ar pieauguma izmaiņām kontroles parauglaukumos, var konstatēt, ka koksnes pelni ir palēninājuši pieauguma samazināšanos. Koksnes pelnu izmantošana ir rekomendējama mežsaimniecības praksē, taču vēl ir jāatrisina pelnu apstrādes jautājumi, lai nodrošinātu, ka mežā nonāk drošs un viegli izkliedējams materiāls. Pētījuma rezultāti pierāda koksnes pelni nodrošina krājas papildpieaugumu arī Kp meža tipā egļu audzēs.

Amonija nitrāta izkliedēšana oligotrofiskos sausieņos (Mr, Ln, Dm) nodrošinājusi krājas papildpieauguma veidošanos B un P audzēs un minimāli ietekmējusi E audzes. P audzēs vērojama visciešākā korelācija starp mēslojuma ienesi un krājas papildpieaugumu, neatkarīgi no koku dimensijām, audžu vecuma un biezuma. Mēslojuma efekts visvairāk izpaužas P jaunaudzēs un vidēja vecuma audzēs, būtiski pārsniedzot prognozētos 10-20% krājas papildpieauguma. Arī E izmēģinājumos amonija nitrāta efekts vairāk izpaužas jaunaudzēs un vidēja vecuma audzēs. Amonija nitrāta izmantošana rekomendējama visās P audzēs Mr, Ln un Dm meža tipā, ja to neierobežo citi nosacījumi. E un B audzēs jānovērtē kompleksa mēslojuma izmantošanas efekts un jāoptimizē mēslojuma devas, jo pētījuma ietvaros iegūtie dati par amonija nitrāta un koksnes pelnu izmantošanas efektivitāti pierāda, ka šīm koku sugām papildpieauguma veidošanai nepieciešama arī citu elementu ienese.

Pētījums identificējis meža mēslošanu, kā vienu no potenciāli efektīvākajiem risinājumiem klimata pārmaiņu mazināšanai, it īpaši ienesot mēslojumu jaunaudzēs un vidēja vecuma audzēs, kur konstatēts krājas papildpieaugums, kas pārsniedz sākotnējās prognozes.

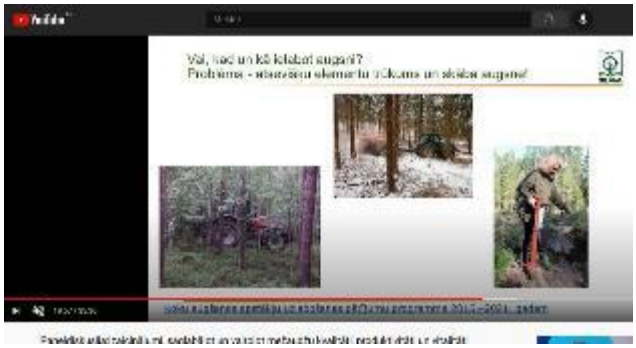
Amonija nitrāta un koksnes pelnu ienese ir sekmējusi krājas papildpieauguma veidošanās E, B un P audzēs, vairumā gadījumu, izņemot P audzes, meža tipu griezumā vairākkārt palielinot krājas papildpieaugumu, salīdzinot ar izmēģinājumu variantiem, kad mežā ienesti tikai koksnes pelni vai amonija nitrāts. Šis mēslojuma veids rekomendējams pielietošanai praksē, taču jānodrošina koksnes pelnu apstrāde, lai atvieglotu to izkliedēšanu un mazinātu potenciālo negatīvo ietekmi uz vidi.

Arī meža selekcijas pētījumu izmēģinājumu stādījumos apstiprinās amonija nitrāta efektivitāte P audzēs, Ln un Mr nodrošinot 2 reizes lielāku krājas papildpieaugumu, nekā Dm audzēs. Turpretim Ks koksnes pelnu izkliedēšana P audzēs nav nodrošinājusi būtisku efektu, kas liecina par nepieciešamību P audzēs, neatkarīgi no meža tipa, paredzēt arī slāpekļa mēslojuma izkliedēšanu.

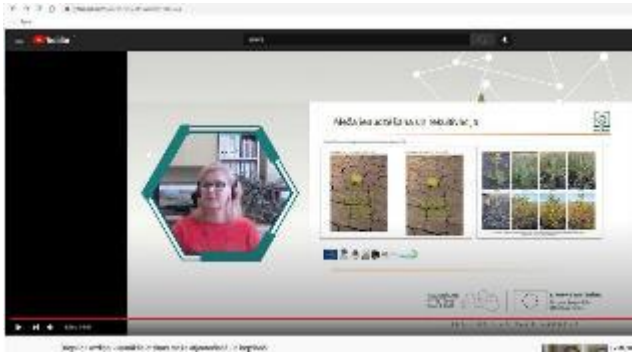
1.8. Publicitātes darbības 2021. gadā

26.-27.01.2021 Meža nozares zinātniskās konferences "Zināšanās balstīta meža nozare" ziņojuma "Jaunākās atziņas meža atjaunošanā un kopšanā" un paneļdiskusijas "Izaicinājumi, saglabājot un vairojot mežaudžu kvalitāti, produktivitāti un vitalitāti" laikā stāstīts par augsnes ielabošanas nepieciešamību. Ievietotas atsauces uz pētījumu programmu diskusijas laikā rādītajos iepazīstināšanas slaidos, augsnes ielabošanas nozīme uzsvērta ziņojumā par Meža atjaunošanas pētījumu programmas rezultātiem. Posteru, jeb video ziņojumu sadaļā, Ilze Kārkliņa sagatavojusi pētījumu programmā veiktā upju ekoloģiskā novērtējuma apkopojumu – ziņots "Augsnes ielabošanas ar slāpekli un koksnes pelniem ietekmes uz ūdens ekoloģisko kvalitāti izpēte" un Guna

Petaja ziņoja par "Meža augsnes ielabošanas darbību īstermiņa ietekme uz zemsedzes veģetāciju" (att. 104).



https://youtu.be/1u0GpxalxrU?t=1197
Paneļdiskusija: izaicinājumi, saglabājot un vairojot mežaudžu kvalitāti, produktivitāti un vitalitāti



https://youtu.be/Zz4YWi6bl6Y
Jaunākās atziņas meža atjaunošanā un kopšanā

Konferences posteru sesija un videoziņojumi pieejami: https://youtu.be/kIeezzbAipc

Attēls 104. Prezentācijas zinātniski praktiskās konferencēs

23.02.2021 noslēgusies zinātniskās izpētes misija "Skuju koku stādīšanas laikā papildus ienestā slāpekļa (N izotopi ielabošanas līdzeklī un stādā 2019., 2020.gada pieaugumos)", izmantojot izotopu attiecības masspektrometrijas metodi, konstatēts, ka egles skuju paraugā no parauglaukuma, kurā veikta augsnes ielabošana, novērojams gan slāpekļa masas daļas pieaugums, gan slāpekļa izotopu attiecības (15N) vērtības samazināšanās, kas norāda uz arginīna fosfātu kā galveno slāpekļa avotu. Priežu skuju paraugu parauglaukumos šāda tendence netika novērota. Zinātniskās misijas kopsavilkums un izvērsts ziņojums publicēts LVMI Silava mājas lapā.

07.04.2021 izpētē iesaistītie zinātnieki Latvijas radio stāsta par darbiem meža sakopšanā, tostarp vajadzību parūpēties, lai augiem būtu pieejami nepieciešamie augu barošanās elementi (att. 105).

Radioieraksts pieejams LR arhīvā.

Attēls 105. Radio raidieraksta ekrānšāviņš

09.04.2021 ziņojums LU 79. starptautiskā zinātniskā konferencē "Koksnes pelnu un amonija nitrāta ieneses mežaudzēs ietekme uz elementu saturu skujās un lapās" ziņoja Ilze Kārkliņa[68].

15.04.2021. ziņojums Daugavpils Universitātes 63. starptautiskajā zinātniskajā konferencē "Short-term effects of nitrogen and wood ash addition to forest soil on ground vegetation", ziņoja Guna Petaja[69].

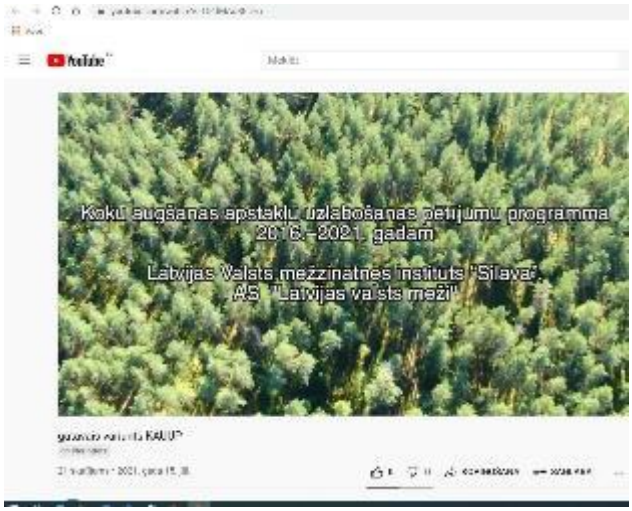
03.05.2021 ziņojums 16. starptautiskajā kūdras kongresā "The impact of soil fertilization experiment on soil water chemistry in forest stands on drained organic soil, in Latvia", ziņoja Ilze Kārkliņa[70].

13.05.2021 ziņojums 27. Starptautiskajā konferencē Research for Rural Development 2021 ziņojums "Soil Carbon Stock in Fertilized Forest Stands with Mineral Soils", ziņoja Ilze Kārkliņa un stenda ziņojums "Short-term Effects of Fertilization on Tree Photosynthetic Activity in a Deciduous Tree Plantation", ziņoja Guna Petaja[71].

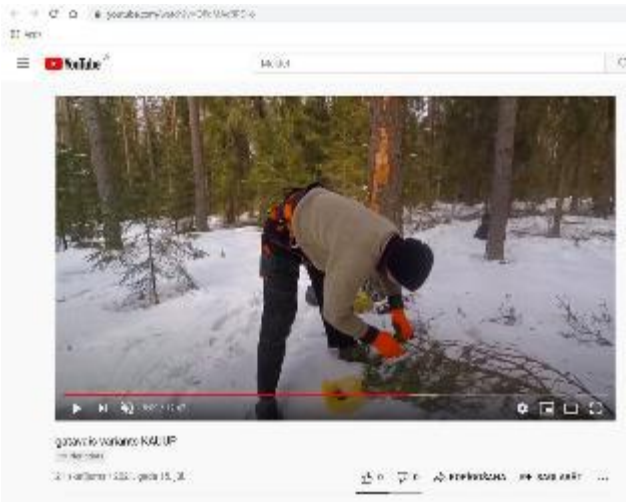
21.06.2021 notiek darbs pie videomateriālu veidošanas, kas atspoguļo augsnes ielabošanas līdzekļu izveides un pielietošanas pētījumus (video darba materiāls https://youtu.be/ansf7lUCxtk, att. 106).

15.07.2021 sagatavots informatīvais video par pētījumu programmas darba uzdevumiem un rezultātiem. Vizuāli papildināts video būs pieejams LVMI Silava YouTube kanālā septembra beigās.

[68] Pieejams - https://www.konference79.lu.lv
[69] Pieejams - https://www.dukonference.lv/lv/Programma
[70] Pieejams - https://www.peatlandcongress2021.com/scientific-schedule/
[71] Pieejams - https://www2.llu.lv/research_conf/programme.htm



Ievietots LVMI Silava mājas lapā jaunumu sadaļā



Video darba materiāls pieejams https://youtu.be/OPdMAdRPD-o

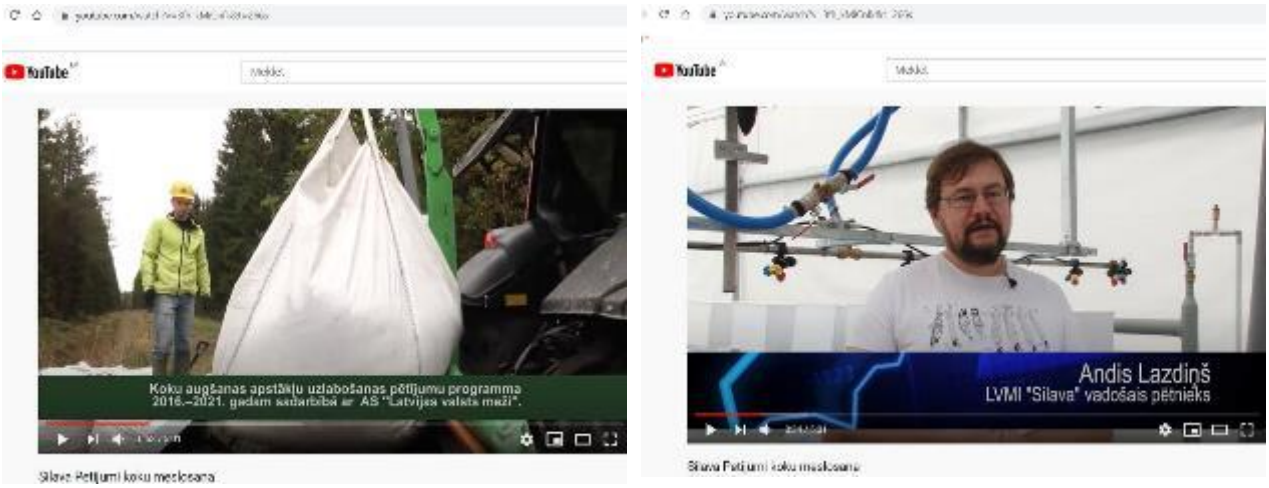
Attēls 106. Video materiāls par koku augšanas apstākļu uzlabošanu

16.08.2021. Saņemta ziņa, ka raksts "*The effect of wood ash application on growth, leaf morphological and physiological traits of trees planted in a cutaway peatland*" apstiprināts publicēšanai žurnālā *Mires and Peat*, Volume 27 (2021), Article 22[72], pieejams kopš novembra.

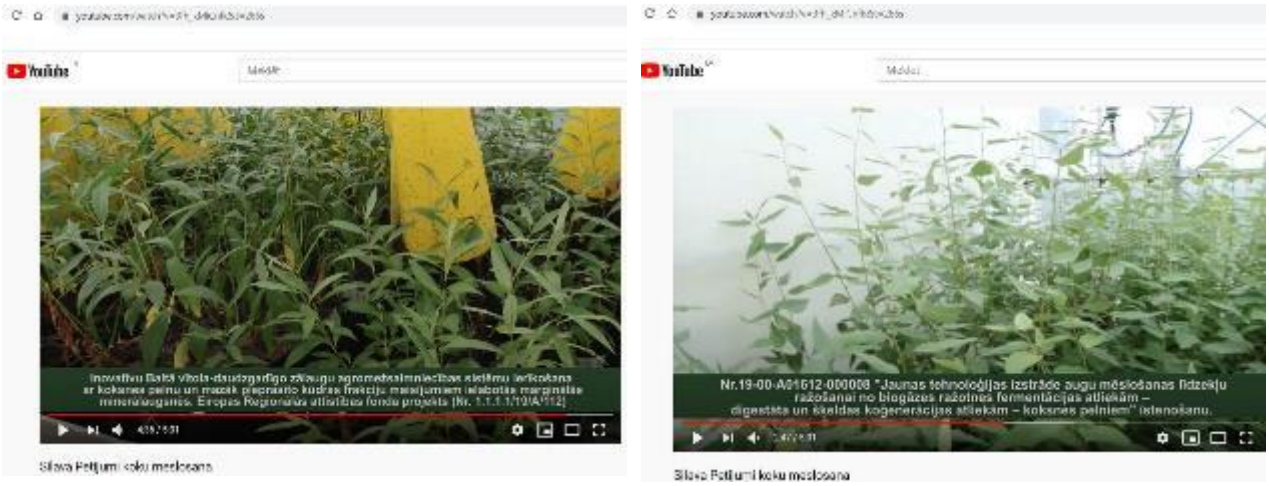
16.-20.08.2021. Starptautiskajā konferencē IBFRA 2021: *Changing Boreal Biome* Ilze Kārkliņa sagatavoja posteri un ziņoja par mežaudzēs ienesto N minerālmēslojuma un koksnes pelnu ietekmi uz C_{ORG} uzkrājumu augsnē (*Comparison of carbon stock in forest stands treated with wood ash and nitrogen containing fertilizer*)[73].

21.08.2021. Ēterā sižets par "Koku augšanas apstākļu uzlabošanas pētījumu programmu" 2016.–2021. gadam" kanāla RīgaTV24 raidījumā "Aktualitātes" 21.08. plkst 18:30 un atkārtojumā 23.08. plkst 07:30[74] (att. 107).

[72] Pieejams - http://mires-and-peat.net/pages/volumes/map27/map2722.php
[73] Pieejams - https://sites.google.com/alaska.edu/ibfra2021/program?authuser=0
[74] Pieejams - https://youtu.be/3fh_kMiCnfk?t=2



Stāsta pētījuma vadītājs Andis Lazdiņš

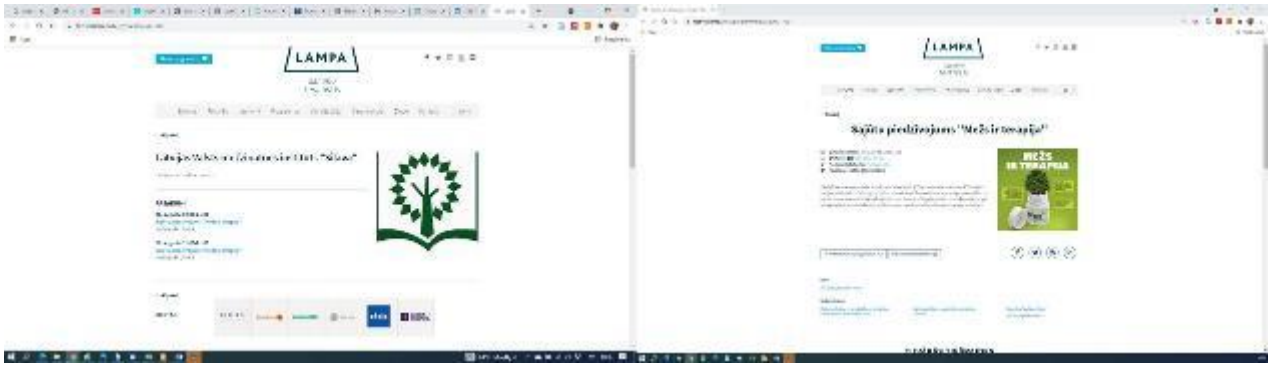


Tematiski saistīti pētījumi

Attēls 107. Video sižeti par koku augšanas apstākļu uzlabošanu

20.-21.08.2021 LVMI Silava LVM Sarunu teltī – Sajūtu piedzīvojums "Mežs ir terapija" tostarp stāstījām un rādījām, ka un kā kokiem varam palīdzēt augt, tos "pabarojot" (att. 108)[75].

[75] Pieejams - https://festivalslampa.lv/lv/programma/pasakumi/1729



Attēls 108. LVMI Silava LVM Sarunu teltī – Sajūtu piedzīvojums "Mežs ir terapija"

25.08.2021 Dagnijas Lazdiņas tiešsaistes seminārs MIB "Ātraudzīgo koku sugu audzēšana un apmežošana"[76].

06.09.2021 Sākoties Akadēmiskajam mācību gadam izsludināsim zinātniskās izpētes misijas[77, 78]:

- arginīna fosfāta mēslojuma ietekme uz priedes un egles stādu ikgadējiem pieaugumiem un briežu dzimtas dzīvnieku veikto apkodumu intensitāti (LVM Pededzes iecirknis, 12 nogabali);
- koksnes pelnu un kūdras granulēšanas tehnoloģiskā procesa un energobilances raksturojums (sadarbībā ar LVMI Silava, praktiskie darbi Salaspils);
- augsnes ielabošanas līdzekļu izmantošanas ietekme uz koku (priede, bērzs un melnalksnis) augšanu demonstrējuma objektā Kaigu purvā.

Saņemti trīs pieteikumi:

- arginīna fosfāta mēslojuma ietekme uz priedes un egles stādu ikgadējiem pieaugumiem un briežu dzimtas dzīvnieku veikto apkodumu intensitāti (LVM Pededzes iecirknis, 12 nogabali) – saasinoties epidemioloģiskajai situācijai pretendente atteicās no misijas īstenošanas;

[76] https://mezaipasnieki.lv/lv/zinasanas/atraudzigo-koku-sugu-audzesana-un-apmezosana
[77] Pieejams - http://www.silava.lv/userfiles/file/2017_LVM_Koku_augs_progr/2021_09_KAUPP-misijas-uzsaukums-2021-rudens.pdf
[78] Pieejams - http://www.silava.lv/73/section.aspx/1152

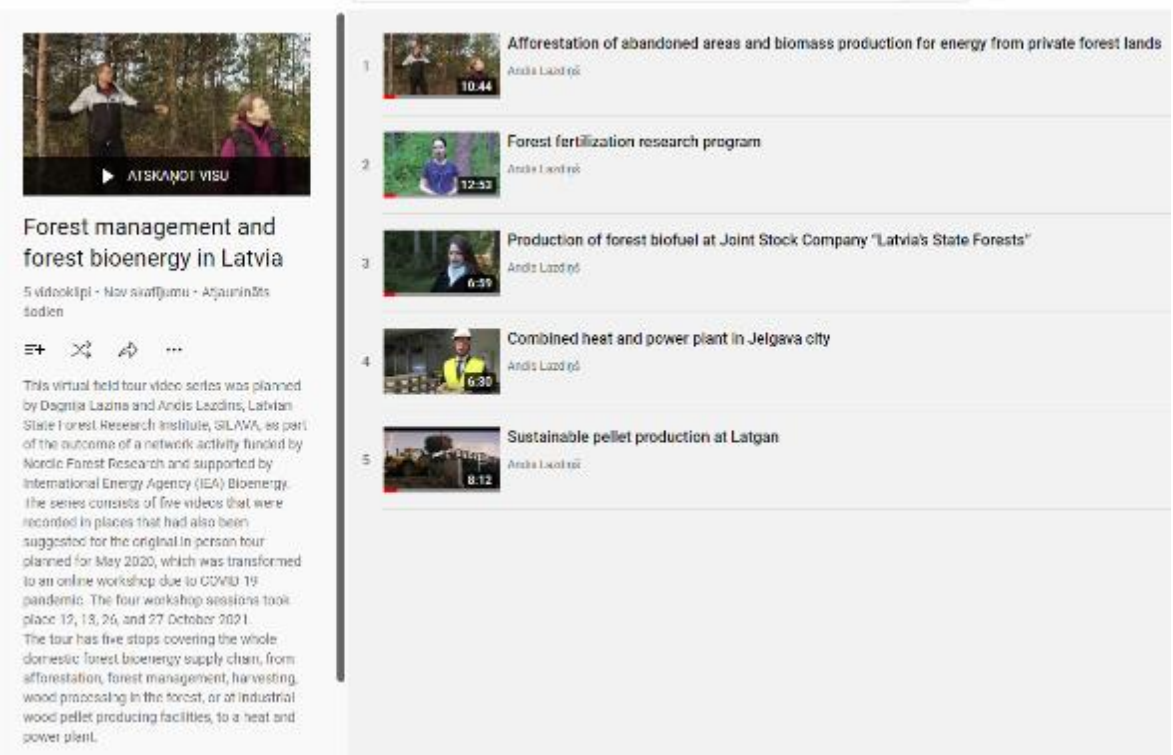
- augsnes ielabošanas līdzekļu izmantošanas ietekme uz koku (priede, bērzs un melnalksnis) augšanu demonstrējumu objektā Kaigu purvā – Latvijas universitātes bioloģijas fakultātes studentes Kristīne Estere Lūse un Lelde Pētersone; Studentes 2021.gada 1. decembrī zinātnisko iesniegušas apvienotu misijas pārskatu "Koksnes pelnu izmantošanas ietekme uz *Pinus sylvestris, Betula pendula, Alnus glutinosa* augšanu demonstrējuma objektā Kaigu purvā".

23.10.2021. Dalība raidījumā Saimnieks Zeme Valsts, saruna "Koku atjaunotne un meža koku augšanas apstākļu uzlabošana (att. Attēls 109).

Attēls 109. Dalība TV 24 raidījumā "Saimnieks. Zeme. Valsts." tēma Koku atjaunotne un meža augšanas apstākļu uzlabošana, ēters 2021.gada 23.oktobrī [79;80]

12., 13., 26., 27.10.2021. Starptautiskā darbnīca ar biomasas ieguves ilgtspēju (*Online workshop with virtual field tours in Northern and Eastern Europe and North America: Dialogue on governance to develop sustainable forest landscapes for production of wood for energy and the bioeconomy*), tostarp meža augšņu ielabošanu un enerģijas ieguves blakus produktu atgriešanu mežos un laukos augsnes ielabošanas līdzekļa statusā[81]. Sagatavoti video stāsti, kas saturiski atbilst Covid 19 ierobežojumu dēļ Latvijā nenotikušos ekskursiju iecerētajam saturam (att. Attēls 110), stāstā iekļauts arī informatīvais video par koku augšanas apstākļu uzlabošanas iespējām (att. Attēls 111).

[79] https://xtv.lv/rigatv24/video/blGbxWBqNn3-23_10_2021_saimnieks_zeme_valsts_1_dala
[80] https://xtv.lv/rigatv24/video/AOGZrYg6G4Z-23_10_2021_saimnieks_zeme_valsts_2_dala
[81] Pieejams - https://nordicforestresearch.org/n2020-06/



Attēls 110. Virtuālais materiāls – ekskursija: Koksne enerģijas ieguvei – Latvijas stāsts, 10.2021[82]

Attēls 111. LVMI Silava pētnieki ir sagatavojuši informatīvu video materiālu par pētījuma programmas norisi[83]

11.2021. Nozares ikgadējā informatīvajā izdevumā publicēta intervija ar izpētes programmas vadītāju Andi Lazdiņu. Rakstā "Koksnes pelni dod platākas gadskārtas" Andis Lazdiņš stāsta par sešos gados paveikto un noskaidrotu, kā arī par iespējamajiem efektiem, kas būs zināmi pēc vairāk nekā 6 gadiem un noskaidrojami turpmākos pētījumos (att. Attēls 112).

82 https://youtube.com/playlist?list=PLJlAs9Vb68xCN_kgyyMuOgQfrS3gcVBYw
83 https://youtu.be/OPdMAdRPD-o

Koksnes pelni dod platākas gadskārtas

Attēls 112. Raksts Meža gada grāmatā 2022

22.11.2021. Ierakstīts materiāls LVMI Silava podkāstam "Meža zinātnieku sarunas" par dažādiem aspektiem, kas saistīti ar koku augšanas apstākļu uzlabošanu (att. Attēls 113).

- ✓ meža mēslošanas vēsture un mēslojuma veidi – Latvijā, ārzemēs;
- ✓ meža mēslošanas fizioloģiskie aspekti – kādos apstākļos koku augšana uzlabojas (izkoptas audzes, nav citu ierobežojošu faktoru, piemēram, nelabvēlīgs ūdens režīms);
- ✓ kā noteikt mēslošanas nepieciešamību – vizuāli, skuju, augsnes analīzes, attālās izpētes metodes;
- ✓ meža mēslošanas pieejas – pirms galvenās cirtes (ienākumu gūšana prioritāra), pēc kopšanas cirtēm, saīsinot apriti (mazāki ieņēmumi, lielāks klimata pārmaiņu mazināšanas efekts), kompensējoša pelnu izkliedēšana mežā pēc mežizstrādes (Zviedrijas pieeja);
- ✓ meža mēslošanā izmantojamā tehnika un mēslojuma devas (aviācija, meža un lauksaimniecības tehnika, stādvietās ienesamais mēslojums);
- ✓ koksnes pelnu apstrāde – problēmas un risinājumi (cietināšana, presēšana, granulēšana, bagātināšana, sajaucot ar kūtsmēsliem vai kūdru);
- ✓ minerālmēslu un koksnes pelnu izkliedēšanas organizēšana un izmaksas, galvenās problēmas, ar ko saskārāmies pētījumā (tehnikas dīkstāves, lauksaimniecības tehnikai parasti nav pilnvērtīgu iekrāvēju, tāpēc vajag 2. traktoru);
- ✓ krājas papildpieaugums, ietekmes ilgums;
- ✓ ietekme uz vidi, atbilstoši pētījuma rezultātiem – veģetācija, virsūdeņi (arī pozitīvā ietekme, novēršot to paskābināšanos), augsne, lapotnes īpašības, klimata pārmaiņas;
- ✓ drošības prasības, normatīvi.

Attēls 113. LVMI Silava podkāsta ieraksts

28.11.2021. Iesūtīts raksts "The impact of forest fertilization on the ecological quality of two hemiboreal streams" žurnālam *Forests.*

10.12.2021. Iesūtīts raksts "Impact of wood ash and mineral nitrogen on nitrogen and carbon isotope ratio in fertilized Scots pine stands in Latvia" žurnālam *Baltic Forestry.*

2. NĀKOTNES PĒTĪJUMU NEPIECIEŠAMĪBA

1. Mēslojuma ilgtermiņa ietekmes uz vidi monitorings – ilgtermiņa ietekmes un potenciālo vides risku mazināšanai ir jāturpina pētījumu programmā uzsāktie ietekmes uz vidi novērojumi, tajā skaitā jāvērtē biogēno elementu iznese ar gruntsūdeņiem, noteces ūdeņu ķīmiskie parametri un augsnes mikro-floru un -faunu, ienesot dažādas augsnes ielabošanas līdzekļu devas. Ietekmes novērtējumā jāiekļauj ietekme uz bezmugurkaulnieku sugu sastāvu un augsnes mikrofloru, kas identificēti kā indikatorsugas Eiropas un Latvijas nozīmes biotopiem.
2. Ietekmes uz klimata pārmaiņām novērtējums – lai pilnvērtīgāk raksturotu mēslojuma ietekmi uz CO_2 piesaisti, vides monitoringā jāiekļauj virszemes un pazemes nobiru aprites novērojumi, tajā skaitā jānovērtē oglekļa aprite zemsedzes augos un sīksaknēs un jānoskaidro mēslojuma ietekme uz nedzīvās organiskās vielas mineralizācijas gaitu.
3. Lielāku koksnes pelnu (4-5 t ha^{-1}) devu izmēģinājumi – pētījumā izmantotā koksnes pelnu deva bija, lielākoties, 3 vai 2 t ha^{-1}, taču krājas pieauguma analīze pierādīja, ka lielāku devu izmantošana būtiski palielina krājas papildpieaugumu, taču izpētes objektu, kuros izmantotas lielākas pelnu devas, skaits ir nepietiekošs sakarību analīzei.
4. Atkārtota N mēslojuma izmantošana – objektos, kur paredzēta atkārtota mēslojuma izmantošana, jāveic N mēslojuma ienese, ievērojot nepieciešamo laika intervālu, kā arī atsevišķos parauglaukumos ienesot papildus K un / vai P mēslojumu, kas, atbilstoši pētījuma 4. darba uzdevuma rezultātiem, var būtiski palielināt krājas papildpieaugumu, vienlaikus neradot negatīvu ietekmi uz vidi.
5. Kompleksa N un P mēslojuma pielietošana – kompleksa mēslojuma izmēģinājumi koku augšanas gaitas uzlabošanai saimnieciski nozīmīgāko koku sugu audzēs, kā arī ar P bagātināta N un kompensējoša (aizstājot ar biomasu iznestās barības vielas) koksnes pelnu un N papildmēslojuma ietekmes uz krājas papildpieaugumu novērtējums.
6. Klimata pārmaiņu mazināšanas potenciāla novērtējums, paplašinot pētāmo koku sugu, augšanas apstākļu un mēslošanas paņēmienu (jaunaudzēs, platībās ar saīsinātu apriti) spektru un novērtējot mēslojuma ietekmi uz SEG emisijām no augsnes un oglekļa apriti.
7. Tālizpētes metodes izstrādāšana augsnes ielabošanas līdzekļu ienesei piemērotu mežaudžu atlasei un nodrošinājuma ar barības vielām raksturošanai, darbu plānošanai un mēslojuma ietekmes monitoringam, izmantojot fenoloģisko novērojumu datus un mašīnmācības metodes.
8. Koksnes pelnu ietekmes sakņu trupes bojātās audzēs novērtējums – lai pārbaudītu Zviedrijā gūtās atziņas Latvijas hemi-boreālo mežu apstākļos, ir jāvērtē koksnes pelnu ietekmi uz sakņu trupes izplatības ierobežošanu slimības būtiski ietekmētās audzēs,

veicot meža atjaunošanu un kopšanas cirtes, kā arī profilaktiskas pelnu izkliedēšanas ietekmi uz trupes izplatīšanos veselīgās audzēs.

9. Lielākā daļa koksnes pelnu Latvijā veidojas kustīgo ārdu katlos, un tiem nav pielietojamas Ziemeļvalstu verdošā slāņa katlu pelnu cietināšanas metodes, tāpēc ir jāizstrādā vai jāpielāgo jauni risinājumi, kas būtu pietiekoši lēti un izmantojami dažādiem pelniem. Pelnu apstrādei jānodrošina mežā ienesamo pelnu atbilstību galvenajām kvalitātes prasībām – granšaina struktūra, barības vielu un piesārņojošo vielu saturs iekļaujas noteiktās robežvērtībās, pelni nemaina īpašības uzglabāšanas laikā.
10. Jāierīko izmēģinājumi kūdreņos, āreņos, slapjaiņos, purvaiņos un lauksaimniecībā izmantojamo zemju apmežojumos, lai novērtētu bora pieejamību un koksnes pelnu pielietošanas iespējas bora trūkuma novēršanai.
11. Jāizstrādā un jāakreditē vienkāršas un lētas analīžu metodes, kas ļauj novērtēt gan nodrošināju ar barības vielām, gan sagaidāmo mēslojuma efektu. Vispiemērotākās šim uzdevumam ir spektroskopijas (MIR un NIR FTIR[84]) metodes, ko arvien plašāk izmanto lauksaimniecībā augsnes agroķīmisko īpašību un augu barošanās režīma prognozēšanai.
12. Jāturpina biogēno elementu aprites pētījumi, turpinot zemsegas un lapotnes ķīmiskā sastāva monitoringu, lai izstrādātu vielu aprites modeļus, optimizētu mēslojuma devas un pilnveidotu atkārtotas mēslojuma iestrādāšanas nepieciešamības aprēķinus.
13. Jāvērtē kompleksa slāpekļa un koksnes pelnu mēslojuma pielietošanas iespējas slapjaiņos un sausieņu meža tipos, aizstājot kompleksos minerālmēslus, kā arī slāpekļa pievienošana kūdreņos pielietojamajos koksnes pelnos dažādu sugu koku audzēs.

[84] vidējā un tuvu infrasarkanā spektra Furjē transformācijas infrasarkanās spektroskopijas metodes

3. SECINĀJUMI UN NOVĒROJUMI

1. Pētījumā konstatēts, ka skuju koku un bērza audzēs N satura pieaugums skujās un lapās ir saistīts ar krājas papildpieauguma veidošanos, attiecīgi, šis rādītājs ir izmantojams mēslojuma sagaidāmā efekta prognozēšanai. Papildpieauguma raksturošanas vienādojumu izstrādāšanai nepieciešama ilgāka novērojumu rinda un lielāks novērojumu skaits, piemēram, ražošanas dati. Arī platībās, kur izmantoti koksnes pelni vai pelni un amonija nitrāts, sausieņos, kūdreņos un āreņos konstatēts lielāks N saturs skujās. K un P saturs skujās ir āreņos, kur ienests amonija nitrāts un koksnes pelni, korelē ar krājas papildpieauguma, attiecīgi, arī šos elementus var izmantot krājas papildpieauguma prognozēšanai, taču kūdreņos, bāreņos un slapjaiņos papildpieauguma un elementu satura sakarība ir mazāka, tāpēc, plānojot meža mēslošanu, īpaša uzmanība jāpievērš arī citiem faktoriem, kas ietekmē augšanas apstākļus, jo sevišķi hidroloģiskā režīma izmaiņām.
2. Mazāks oglekļa uzkrājums zemsegā ar pelniem mēslotajās platībās var liecināt par straujāku organisko vielu mineralizāciju un augiem pieejamo barības elementu pieejamības pieaugumu, uz ko norāda arī N satura pieaugums skujās atsevišķās ar pelniem mēslotajās platībās. Ir jānodrošina ilgtermiņa novērojumi. lai nodrošinātu objektīvus datus koksnes pelnu ietekmes uz augsnes oglekļa uzkrājumu raksturošanai, jo ilgākā laikā oglekļa zudumus no zemsegas var kompensēt zemsedzes un koku nobiru ieneses pieaugums..
3. Pētījumu programmā nav konstatēta koksnes pelnu un amonija nitrāta izmantošanas būtiska īstermiņa ietekme uz elementu saturu augsnē (ienestais N nepārsniedz 5% no N rezervēm augsnes virskārtā, bet P un K – 7-10% no šo elementu rezervēm augsnes virskārtā, attiecīgi, nav pamata bažām, ka mēslojums radīs būtisku ietekmi uz augšanas apstākļiem.
4. Pētījumā konstatēts, ka amonija nitrāts īslaicīgi palielina $N_{kop.}$ un NO_3^- saturu augsnes ūdenī, bet 2-3 mēnešu laikā pēc mēslojuma izkliedēšanas šie rādītāji jau būtiski samazinās un saglabājas nedaudz augstākā līmenī nekā kontroles platībā. Lai nepārvērtētu amonija nitrāta izmantošanas ietekmi uz augsnes ūdens sastāvu un biogēno elementu izskalošanos, jāturpina augsnes ūdens monitorings, novērtējot kumulatīvo mēslojuma ietekmi, tajā skaitā pēc atjaunošanas cirtes. Savukārt, platībās, kur izkliedēti koksnes pelni, nav novērotas sistemātiskas Ca, Mg un PO_4^{3-} koncentrācijas izmaiņas ūdenī.Tas nozīmē, ka izmantotās mēslojuma devas nepārsniedz barības vielu daudzumu, ko augi spēj asimilēt un uzglabāt biomasā kā rezerves.
5. Izvērtējot mēslojuma īstermiņa ietekmi uz zemsedzes sugu sastāvu, visizteiktākās izmaiņas konstatētas Ķeipenes plantācijā saldā ķirša stādījumā, bērza audzē As un egles audzē Dm, kur ienests amonija nitrāts un koksnes pelni, kā arī egles audzē As, kur ienesti koksnes pelni. Mēslotajās platībās konstatēta atsevišķu nitrofilu sugu parādīšanās un neliela to sastopamības un izplatības palielināšanās. Atšķirības starp kontroles un mēslotajām platībām var daļēji skaidrot ar mēslošanas ietekmi, taču sugu sastāvs kopumā nenorāda uz labāku nodrošinājumu ar barības vielām un nitrofilo sugu dominanci platībās, kur izmantoti mēslošanas līdzekļi. Nepieciešams veikt ilgtermiņa novērojumus, lai izdarītu viennozīmīgus secinājumus par ietekmi uz zemsedzes augu sugu sastāvu.

6. Šenona daudzveidības indeksa vērtības sūnu un lakstaugu stāvā variē valdošo sugu un mēslošanas līdzekļa veida ietvaros un pētījumā nav novērotas viennozīmīgas tendences. Statistiski būtiskas atšķirības konstatētas reti. Ārenī un kūdrenī lakstaugu stāvā mēslotajās platībās parasti konstatēts lielāks sugu skaits. Atšķirības starp parauglaukumiem ir nelielas un neliecina par būtisku mēslojuma ietekmi. Sugu daudzveidības un skaita izmaiņu atšķirības mēslotajās un kontroles platībās var izpausties vēlāk, kad mazināsies kopšanas ciršu efekts, tāpēc nepieciešami ilgtermiņa novērojumi, tajā skaitā pēc atjaunošanas cirtes.
7. Vairumā mežaudžu gan kontroles, gan mēslotajos parauglaukumos dominējošās augu stratēģijas ir C un CSR, taču atsevišķos gadījumos mēslotajās platībās bieži pārstāvēta arī stratēģija CS. Augiem stress nozīmē pēkšņas izmaiņas vides apstākļos, kas mēslošanas gadījumā varētu būt apgaismojuma, atsevišķu barības vielu pieejamības, kā arī augsnes pH izmaiņas. Lielais sugu skaits, kas pārstāv stratēģiju C un jauktas augšanas stratēģijas, kas ietver konkurenci, liecina par relatīvi lielu barības vielu pieejamību un zemu traucējumu līmeni. Tāpat kā ietekmei uz sugu sastāvu, arī atšķirību novērtējumam CSR stratēģiju līmenī nepieciešami novērojumi ilgākā laika posmā.
8. Koku vainagi pēc mēslojuma ieneses ir kļuvuši kuplāki, taču tendences atšķirība kontroles un mēslotajās platībās nav tik izteikta, kā bija sagaidāms. Kūdreņos LLI vērtību pieaugumu var skaidrot ar mēslojuma ietekmi un koku augšanas apstākļu uzlabošanos. Kūdreņos visizteiktākā atšķirība starp kontroles un mēslotajiem parauglaukumiem konstatēta Km priedes audzē, kur mēslotajos parauglaukumos amonija nitrāts ienests kopā ar koksnes pelniem, taču nevienā gadījumā statistiski būtiskas atšķirības nav konstatētas. Iespējams, ka arī šajā gadījumā dominē iepriekš veiktā kopšanas cirtes ietekme, tāpēc mēslojuma ietekme uz LLI pagaidām nav identificējama.
9. Fotosintētiskā aktivitāte atšķiras starp koku sugām un meža tipiem. No rezultātiem nevar viennozīmīgi secināt, ka atšķirības ir tieši mēslošanas rezultāts. Nav novērots izteikts fotosintētiskās aktivitātes pieaugums mēslotajās platībās, bet, iespējams, ka tā ir palielinājusies visā vainagā kopumā, nevis atsevišķu lapu līmenī, t.i. pieaugusi vainaga fotosintezējošā masa, bet nevis atsevišķu lapu spēja piesaistīt CO_2.
10. Krājas pieauguma palielināšanās konstatēta visos izmēģinājumu variantos (pelni un N mēslojums pieaugušās audzēs, pelni un N mēslojums, N mēslojums jaunaudzēs un vidēja vecuma audzēs), taču atšķiras ietekmes lielums, atkarībā no valdošās sugas, meža tipa un audzes vecuma. Vislielākais efekts, neatkarīgi no meža tipa, koku dimensijām, mēslojuma veida un attāluma starp kokiem, konstatēts priedes audzēs.
11. Koksnes pelni egles audzēs būtisku krājas papildpieaugumu nodrošināja kūdreņos, bet sausieņos un āreņos pelnu mēslojums egles audzēs ir efektīvs tikai tad, ja pelnus ienes kopā ar amonija nitrātu. Arī amonija nitrāts viens pats egļu audzēs devis būtisku ietekmi. Tas nozīmē, ka egles audzēs ir jāizmanto komplekss mēslojums, kā arī norāda uz nepieciešamību veikt plašāku izpēti par mēslojuma pielietošanu egles audzēs ārpus kūdreņiem.
12. Bērza audzēs vienlīdz liels krājas papildpieaugums iegūts, izmantojot gan amonija nitrātu, gan koksnes pelnus un amonija nitrātu, taču, atšķirībā no skuju kokiem, bērza audzēs būtiski mazāks mēslojuma efekts konstatēts jaunaudzēs un vidēja vecuma audzēs. Bērza audzēs

parādās vāja sakarība starp audzes biezumu un krājas papildpieaugumu. Balstoties uz pētījuma rezultātiem, N mēslojumu var rekomendēt pieaugušās bērza audzēs pirms atjaunošanas cirtes.

13. Jaunaudzēs un vidēja vecuma skuju koku audzēs krājas papildpieaugums ir būtiski lielāks nekā briestaudzēs, apstiprinot to, ka jaunaudžu mēslošana ir viens no potenciāli efektīvākajiem risinājumiem CO_2 piesaistes palielināšanai, īstenojot klimata pārmaiņu mazināšanas mērķus. Ir jāturpina pieauguma novērojumi izmēģinājumu objektos, lai novērtētu mēslojuma kumulatīvo ietekmi, jo turpmākajos gados var izpausties sākotnēji neaktīvu limitējošo faktoru ietekme. Ilglaicīgi novērojumi palīdzēs arī optimizēt mēslošanas režīmu, ienesot tos mankro- vai mikro-elementus, kuru trūkums izaužas ilgākā laikā.
14. Ienesot koksnes pelnus, deva ir jāpalielina līdz vismaz 5 tonnām ha^{-1}, lai nodrošinātu tūlītēju un ilgstošu efektu. Iespējams, ka mazākas pelnu devas darbojas profilaktiski, un nodrošinās lielāku krājas pieaugumu stresa apstākļos, piemēram, paaugstinoties gruntsūdens līmenim vai iedarbojoties citiem stresa faktoriem. Dažādu pelnu devu ietekmes novērtējums ir jāturpina, palielinot izmēģinājumu objektu un variantu skaitu, kas ļaus noteikt gan pieļaujamo devu robežvērtību, gan koku reakcijas atšķirības un ilgumu.
15. Tūlītējai ieviešanai ražošanas praksē rekomendējama amonija nitrāta ienese priežu audzēs pirms atjaunošanas cirtes, izmantojot 150 kg N ha^{-1}. Amonija nitrāta ienese pēc katras kopšanas cirtes ir potenciāli efektīvs risinājums klimata pārmaiņu mazināšanai, taču šīs darbības rentabilitāte var būt mazāka nekā briestaudžu mēslošanai, kā arī nepieciešami ilgstošāki novērojumi par mēslojuma kumulatīvo ietekmi. Koksnes pelnu izmantošana rekomendējama kūdreņos egles audzēs, taču ir jānodrošina pelnu kvalitātes uzlabošana.

LITERATŪRA

1. Bārdule, A., Bārders, E., Stola, J., & Lazdiņš, A. (2009). Latvijas meža augšņu īpašību raksturojums demonstrācijas projekta BioSoil rezultātu skatījumā [Forest soil characteristic in Latvia according results of the demonstration project BioSoil]. *Mežzinātne*, *20*(53), 105–124.
2. Bergh, J., Linder, S., Lundmark, T., & Elfving, B. (1999). The effect of water and nutrient availability on the productivity of Norway spruce in northern and southern Sweden. *Forest Ecology and Management*, *119*(1–3), 51–62. https://doi.org/10.1016/S0378-1127(98)00509-X
3. Clarke, N., Økland, T., Holt Hanssen, K., Nordbakken, J.-F., & Wasak, K. (2018). Short-term effects of hardened wood ash and nitrogen fertilisation in a Norway spruce forest on soil solution chemistry and humus chemistry studied with different extraction methods. *Scandinavian Journal of Forest Research*, *33*(1), 32–39. https://doi.org/10.1080/02827581.2017.1337921
4. De Vos, B., Cools, N., Ilvesniemi, H., Vesterdal, L., Vanguelova, E., & Carnicelli, S. (2015). Benchmark values for forest soil carbon stocks in Europe: Results from a large scale forest soil survey. *Geoderma*, *251–252*, 33–46. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.03.008
5. Foth, H. D. (1990). *Fundamentals of soil science* (8th ed). Wiley.
6. Fransman, B., & Nihlgård, B. (1995). Water chemistry in forested catchments after topsoil treatment with liming agents in South Sweden. *Water, Air, and Soil Pollution*, *85*(2), 895–900. https://doi.org/10.1007/BF00476943
7. Hytönen, J. (2003). Effects of wood, peat and coal ash fertilization on Scots pine foliar nutrient concentrations and growth on afforested former agricultural peat soils. *Silva Fennica*, *37*(2). https://doi.org/10.14214/sf.503
8. Houle, D., & Moore, J.-D. (2019). Soil solution, foliar concentrations and tree growth response to 8 years of ammonium-nitrate additions in two boreal forests of Quebec, Canada. *Forest Ecology and Management*, *437*, 263–271. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.01.024
9. Indoria, A. K., Sharma, K. L., & Reddy, K. S. (2020). Hydraulic properties of soil under warming climate. No *Climate Change and Soil Interactions* (lpp. 473–508). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818032-7.00018-7
10. Jacobson, S. (2003). Addition of stabilized wood ashes to Swedish coniferous stands on mineral soils—Effects on stem growth and needle nutrient concentrations. *Silva Fennica*, *37*(4). https://doi.org/10.14214/sf.483
11. Jacobson, S., Högbom, L., Ring, E., & Nohrstedt, H.-Ö. (2004). Effects of Wood Ash Dose and Formulation on Soil Chemistry at Two Coniferous Forest Sites. *Water, Air, & Soil Pollution*, *158*(1), 113–125. https://doi.org/10.1023/B:WATE.0000044834.18338.a0
12. Karltun, E., Saarsalmi, A., Ingerslev, M., Mandre, M., Andersson, S., Gaitnieks, T., Ozolinčius, R., & Varnagiryte-Kabasinskiene, I. (2008). Wood Ash Recycling – Possibilities And Risks. No D. Röser, A. Asikainen, K. Raulund-Rasmussen, & I. Stupak (Red.), *Sustainable Use of Forest Biomass for Energy* (Sēj. 12, lpp. 79–108). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5054-1_4
13. Klemedtsson, L., Ernfors, M., Björk, R. G., Weslien, P., Rütting, T., Crill, P., & Sikström, U. (2010). Reduction of greenhouse gas emissions by wood ash application to a Picea abies (L.) Karst. Forest on a drained organic soil. *European Journal of Soil Science*, *61*(5), 734–744. https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2010.01279.x
14. Korhonen, J. F. J., Pihlatie, M., Pumpanen, J., Aaltonen, H., Hari, P., Levula, J., Kieloaho, A.-J., Nikinmaa, E., Vesala, T., & Ilvesniemi, H. (2013). Nitrogen balance of a boreal Scots pine forest. *Biogeosciences*, *10*(2), 1083–1095. https://doi.org/10.5194/bg-10-1083-2013
15. Ķēniņa, L., Jaunslaviete, I., Liepa, L., Zute, D., & Jansons, Ā. (2019). Carbon Pools in Old-Growth Scots Pine Stands in Hemiboreal Latvia. *Forests*, *10*(10), 911. https://doi.org/10.3390/f10100911

16. Leegood, R. C. (2013). Photosynthesis. No *Encyclopedia of Biological Chemistry* (lpp. 492–496). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-378630-2.00049-9

17. Lehto, T., Ruuhola, T., & Dell, B. (2010). Boron in forest trees and forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*, *260*(12), 2053–2069. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.09.028

18. Liepa, I. (1996). *Pieauguma mācība*. LLU.

19. Ludwig, B., Rumpf, S., Mindrup, M., Meiwes, K.-J., & Khanna, P. K. (2002). Effects of Lime and Wood Ash on Soil-solution Chemistry, Soil Chemistry and Nutritional Status of a Pine Stand in Northern Germany. *Scandinavian Journal of Forest Research*, *17*(3), 225–237. https://doi.org/10.1080/028275802753742891

20. Maljanen, M., Nykänen, H., Moilanen, M., & Martikainen, P. J. (2006). Greenhouse gas fluxes of coniferous forest floors as affected by wood ash addition. *Forest Ecology and Management*, *237*(1–3), 143–149. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.09.039

21. Nave, L. E., Vance, E. D., Swanston, C. W., & Curtis, P. S. (2009). Impacts of elevated N inputs on north temperate forest soil C storage, C/N, and net N-mineralization. *Geoderma*, *153*(1–2), 231–240. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.08.012

22. Nohrstedt, H. Ö. (2001). Response of Coniferous Forest Ecosystems on Mineral Soils to Nutrient Additions: A Review of Swedish Experiences. *Scandinavian Journal of Forest Research*, *16*(6), 555–573. https://doi.org/10.1080/02827580152699385

23. Norström, S. H., Bylund, D., Vestin, J. L. K., & Lundström, U. S. (2012). Initial effects of wood ash application to soil and soil solution chemistry in a small, boreal catchment. *Geoderma*, *187–188*, 85–93. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2012.04.011

24. Piirainen, S. (2001). *Ash fertilisation and leaching of nutrients from drained peatland* (SkogForsk Report Nr. 2; lpp. 21–24).

25. Pikuła, D., & Stępień, W. (2021). Effect of the Degree of Soil Contamination with Heavy Metals on Their Mobility in the Soil Profile in a Microplot Experiment. *Agronomy*, *11*(5), 878. https://doi.org/10.3390/agronomy11050878

26. Pitman, R. M. (2006). Wood ash use in forestry—A review of the environmental impacts. *Forestry*, *79*(5), 563–588. https://doi.org/10.1093/forestry/cpl041

27. Ring, E., Lövgren, L., Nohrstedt, H.-Ö., & Jansson, G. (1999). *Ash fertilisation in a clearcut and in a Scots pine stand in Central Sweden* (Nr. 2; lpp. 50). SkogForsk Report.

28. Saarsalmi, A., Derome, J., & Levula, T. (2005). Effect of wood ash fertilisation on stand growth, soil, water and needle chemistry, and berry yields of lingonberry (Vaccinium vitis-idaea L.) in a Scots pine stand in Finland. *Forestry Studies*, *42*, 13–33.

29. Saarsalmi, A., & Mälkönen, E. (2001). Forest Fertilization Research in Finland: A Literature Review. *Scandinavian Journal of Forest Research*, *16*(6), 514–535. https://doi.org/10.1080/02827580152699358

30. Saarsalmi, A., Mälkönen, E., & Piirainen, S. (2001). Effects of Wood Ash Fertilization on Forest Soil Chemical Properties. *Silva Fennica*, *35*(3), 355–368.

31. Sathre, R., Gustavsson, L., & Bergh, J. (2010). Primary energy and greenhouse gas implications of increasing biomass production through forest fertilization. *Biomass and Bioenergy*, *34*(4), 572–581. https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2010.01.038

32. Zimmermann, S., & Frey, B. (2002). Soil respiration and microbial properties in an acid forest soil: Effects of wood ash. *Soil Biology and Biochemistry*, *34*(11), 1727–1737. https://doi.org/10.1016/S0038-0717(02)00160-8

1. Pielikums: **Relatīvā C_{ORG} un $N_{kop.}$ koncentrācija augsnes paraugos**

Tabula 1. Relatīvais C_{ORG} saturs dažādos augsnes slāņos koksnes pelnu izmēģinājumu objektos (2019. g. dati attiecībā pret 2016. g. datiem)

Audze	MT	Suga	PL Nr.	PL veids[85]	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm	40-80 cm	0-80 cm
409-537-8	Dm	E	1	KPe	137%	47%	5%	58%	61%
409-537-8	Dm	E	2	K	141%	161%	35%	17%	124%
409-537-8	Dm	E	3	KPe	63%	87%	61%	121%	65%
409-537-8	Dm	E	4	K	234%	34%	10%	64%	138%
409-537-8	Dm	E	5	KPe	123%	136%	676%	134%	136%
409-537-8	Dm	E	6	K	87%	902%	157%	105%	313%
503-300-12	Am	E	1	KPe	112%	110%	99%	856%	136%
503-300-12	Am	E	2	KPe	126%	1102%	4173%	125315%	295%
503-300-12	Am	E	3	K	79%	5%	2%	3%	26%
503-300-12	Am	E	4	K	28%	7%	151%	77%	28%
503-300-12	Am	E	5	K	170%	132%	102%	324%	160%
503-300-12	Am	E	6	K	159%	46%	97%	126%	136%
503-312-1	As	E	1	KPe	412%	249%	382%	17923%	395%
503-312-1	As	E	2	K	24%	15%	38%	1083%	25%
409-537-4	As	E	1	K	223%	201%	58%	371%	200%
409-537-4	As	E	2	KPe	93%	183%	156%	136%	124%
409-537-4	As	E	3	KPe	1%	9%	12%	138%	7%
409-537-4	As	E	4	K	65%	20%	43%	109%	52%
11-134-8	As	E	1	KPe	102%	154%	112%	157%	109%
11-134-8	As	E	2	KPe	83%	20%	69%	57%	57%
11-134-8	As	E	3	KPe	583%	446%	1191%	137%	546%
11-134-8	As	E	4	KPe	20%	11%	78%	56%	18%
11-134-8	As	E	5	KPe	73%	122%	421%	855%	96%
11-134-8	As	E	6	KPe	32%	78%	162%	94%	46%
405-421-3	Ks	P	1	KPe	102%	101%	97%	97%	99%

[85] K – kontrole; KPe – koksnes pelni

Audze	MT	Suga	PL Nr.	PL veids[85]	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm	40-80 cm	0-80 cm
405-421-3	Ks	P	2	KPe	97%	100%	93%	95%	96%
405-421-3	Ks	P	3	KPe	98%	100%	94%	96%	97%
405-421-3	Ks	P	4	KPe	118%	104%	100%	100%	105%
405-421-3	Ks	P	5	KPe	102%	102%	98%	98%	100%
405-421-3	Ks	P	6	K	98%	101%	96%	96%	98%

Tabula 2. Relatīvais $N_{kop.}$ saturs dažādos augsnes slāņos amonija nitrāta izmēģinājumu objektos (2019. g. dati attiecībā pret 2016. g. datiem)

Audze	MT	Suga	PL Nr.	PL veids[86]	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm	40-80 c m	0-80 cm
409-537-8	Dm	E	1	KPe	106%	72%	14%	63%	73%
409-537-8	Dm	E	2	K	190%	260%	64%	77%	177%
409-537-8	Dm	E	3	KPe	88%	127%	80%	247%	92%
409-537-8	Dm	E	4	K	259%	62%	26%	120%	173%
409-537-8	Dm	E	5	KPe	131%	145%	223%	67%	136%
409-537-8	Dm	E	6	K	100%	777%	201%	237%	311%
503-300-12	Am	E	1	KPe	95%	106%	125%	495%	133%
503-300-12	Am	E	2	KPe	170%	1145%	1186%	1862%	304%
503-300-12	Am	E	3	K	79%	6%	ND	38%	44%
503-300-12	Am	E	4	K	37%	16%	211%	ND	39%
503-300-12	Am	E	5	K	264%	166%	157%	328%	236%
503-300-12	Am	E	6	K	319%	49%	136%	109%	217%
503-312-1	As	E	1	KPe	439%	278%	259%	247%	394%
503-312-1	As	E	2	K	46%	29%	61%	301%	48%
409-537-4	As	E	1	K	269%	227%	84%	275%	235%
409-537-4	As	E	2	KPe	133%	193%	163%	175%	154%
409-537-4	As	E	3	KPe	4%	8%	24%	211%	10%
409-537-4	As	E	4	K	94%	23%	58%	128%	71%
11-134-8	As	E	1	KPe	136%	183%	144%	274%	143%

[86] K – kontrole; KPe – koksnes pelni

Audze	MT	Suga	PL Nr.	PL veids[86]	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm	40-80 c m	0-80 cm
11-134-8	As	E	2	KPe	93%	24%	64%	134%	68%
11-134-8	As	E	3	KPe	1067%	460%	633%	173%	844%
11-134-8	As	E	4	KPe	19%	14%	74%	85%	19%
11-134-8	As	E	5	KPe	90%	123%	311%	655%	111%
11-134-8	As	E	6	KPe	36%	73%	93%	88%	46%
405-421-3	Ks	P	1	KPe	138%	147%	98%	110%	121%
405-421-3	Ks	P	2	KPe	123%	117%	112%	107%	114%
405-421-3	Ks	P	3	KPe	103%	83%	99%	100%	95%
405-421-3	Ks	P	4	KPe	117%	102%	118%	103%	110%
405-421-3	Ks	P	5	KPe	97%	112%	112%	116%	109%
405-421-3	Ks	P	6	K	130%	124%	108%	120%	120%

Tabula 3. Relatīvais C_{ORG} saturs dažādos augsnes slāņos koksnes pelnu un amonija nitrāta izmēģinājumu objektos (2019. g. dati attiecībā pret 2016. g. datiem)

Audze	MT	Suga	PL Nr.	PL veids[87]	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm	40-80 cm	0-80 cm
608-19-21	Am	P	1	KPe+AN	196%	168%	126%	2%	120%
608-19-21	Am	P	2	KPe+AN	8%	51%	40%	94%	35%
608-19-21	Am	P	3	K	84%	93%	77%	399%	91%
608-19-21	Am	P	4	K	51%	58%	87%	2%	50%
608-29-4	Am	P	1	KPe+AN	92%	392%	124%	98%	138%
608-29-4	Am	P	2	KPe+AN	82%	235%	645%	269%	100%
608-29-4	Am	P	3	KPe+AN	91%	1169%	205%	354%	139%
608-29-4	Am	P	4	K	146%	2264%	26%	72%	230%
608-29-4	Am	P	5	K	138%	10%	347%	476%	119%
608-29-4	Am	P	6	KPe+AN	216%	463%	140%	200%	239%
608-29-4	Am	P	7	K	74%	66%	907%	6158%	75%
608-29-4	Am	P	8	K	133%	64%	29%	501%	109%
608-44-4	Am	P	1	KPe+AN	60%	68%	3%	155%	32%
608-44-4	Am	P	2	K	32%	3%	180%	45%	19%
609-29-33	As	E	1	KPe+AN	198%	61%	17%	53%	157%

[87] K – kontrole; KPe+AN – koksnes pelni un amonija nitrāts

Audze	MT	Suga	PL Nr.	PL veids[87]	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm	40-80 cm	0-80 cm
609-29-33	As	E	2	K	66%	37%	57%	69%	53%
609-29-33	As	E	3	KPe+AN	114%	153%	7%	175%	112%
609-29-33	As	E	4	K	76%	37%	22%	64%	63%
609-29-33	As	E	5	KPe+AN	85%	88%	298%	165%	93%
609-29-33	As	E	6	K	95%	59%	15%	123%	73%
609-30-27	As	E	1	KPe+AN	60%	446%	169%	206%	121%
609-30-27	As	E	2	K	159%	146%	101%	182%	148%
609-30-27	As	E	3	KPe+AN	60%	30%	86%	81%	54%
609-30-27	As	E	4	K	36%	57%	33%	890%	42%
21-32-13	As	B	3	KPe+AN	92%	90%	93%	54%	91%
21-32-13	As	B	4	KPe+AN	50%	45%	40%	94%	50%
609-34-24	As	B	1	KPe+AN	48%	142%	91%	739%	53%
609-34-24	As	B	2	K	82%	75%	15%	64%	73%
609-34-24	As	B	3	K	138%	107%	150%	94%	133%
609-34-24	As	B	4	K	82%	42%	43%	90%	67%
609-34-24	As	B	5	KPe+AN	58%	89%	84%	70%	63%
609-34-24	As	B	6	KPe+AN	190%	131%	72%	285%	166%
609-34-24	As	B	7	KPe+AN	40%	29%	102%	133%	39%
609-34-24	As	B	8	K	45%	21%	14%	51%	38%
608-44-8	Km	P	1	KPe+AN	232%	98%	160%	286%	205%
608-44-8	Km	P	2	K	60%	11%	16%	147%	44%
608-44-8	Km	P	3	KPe+AN	92%	92%	74%	77%	87%
608-44-8	Km	P	4	K	94%	281%	2246%	73%	184%
608-44-8	Km	P	5	K	98%	104%	68%	39%	87%
608-44-8	Km	P	6	KPe+AN	65%	46%	8%	61%	39%
609-18-1	Ks	E	1	KPe+AN	90%	63%	48%	46%	63%
609-18-1	Ks	E	2	K	102%	126%	3153%	26%	182%
609-18-1	Ks	E	3	KPe+AN	102%	12%	5%	19%	35%
609-18-1	Ks	E	4	K	79%	31%	52%	27%	71%
609-18-1	Ks	E	5	KPe+AN	83%	48%	2%	49%	59%

Audze	MT	Suga	PL Nr.	PL veids[87]	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm	40-80 cm	0-80 cm
609-18-1	Ks	E	6	K	54%	52%	113%	84%	54%
609-18-1	Ks	E	7	KPe+AN	91%	18%	17%	175%	55%
609-18-1	Ks	E	8	K	105%	75%	51%	101%	94%
609-18-1	Ks	E	9	KPe+AN	95%	74%	35%	94%	84%
609-18-1	Ks	E	10	K	105%	60%	1%	7%	67%
11-187-16	Kp	E	1	KPe+AN	102%	98%	95%	95%	97%
11-187-16	Kp	E	2	K	96%	96%	90%	ND	94%
608-108-4	Kp	B	1	K	39%	10%	768%	3949760 %	35%
608-108-4	Kp	B	2	KPe+AN	26%	8%	91%	36589%	24%
608-108-4	Kp	B	3	K	34%	17	132%	64907%	30%
608-108-4	Kp	B	4	KPe+AN	59%	15%	57%	79151%	40%
608-108-4	Kp	B	5	K	41%	15%	59%	181%	34%
608-108-4	Kp	B	6	KPe+AN	76%	28%	92%	12350%	59%
608-108-4	Kp	B	7	K	46%	38%	192%	35912%	47%
608-108-4	Kp	B	8	KPe+AN	34%	21%	12910%	57417%	32%

Tabula 4. Relatīvais $N_{kop.}$ saturs dažādos augsnes slāņos koksnes pelnu un amonija nitrāta izmēģinājumu objektos (2019. g. dati attiecībā pret 2016. g. datiem)

Audze	MT	Suga	PL Nr.	PL veids[88]	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm	40-80 cm	0-80 cm
608-19-21	Am	P	2	KPe+AN	6%	41%	24%	65%	24%
608-19-21	Am	P	3	K	88%	318%	491%	516%	158%
608-19-21	Am	P	4	K	62%	71%	212%	7%	73%
608-29-4	Am	P	1	KPe+AN	174%	448%	288%	155%	230%
608-29-4	Am	P	2	KPe+AN	141%	282%	220%	206%	158%
608-29-4	Am	P	3	KPe+AN	78%	741%	165%	233%	114%
608-29-4	Am	P	4	K	171%	1754%	29%	62%	229%
608-29-4	Am	P	5	K	162%	16%	293%	419%	145%
608-29-4	Am	P	6	KPe+AN	269%	664%	369%	150%	300%
608-29-4	Am	P	7	K	81%	105%	111%	58%	82%
608-29-4	Am	P	8	K	155%	66%	50%	67%	132%
608-44-4	Am	P	1	KPe+AN	101%	100%	ND	150%	103%

[88] K – kontrole; KPe+AN – koksnes pelni un amonija nitrāts

Audze	MT	Suga	PL Nr.	PL veids[88]	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm	40-80 cm	0-80 cm
608-44-4	Am	P	2	K	84%	19%	180%	72%	63%
609-29-33	As	E	1	KPe+AN	249%	87%	37%	129%	199%
609-29-33	As	E	2	K	94%	61%	72%	132%	81%
609-29-33	As	E	3	KPe+AN	151%	135%	12%	66%	126%
609-29-33	As	E	4	K	88%	39%	26%	84%	73%
609-29-33	As	E	5	KPe+AN	147%	116%	242%	404%	147%
609-29-33	As	E	6	K	107%	76%	27%	148%	93%
609-30-27	As	E	1	KPe+AN	67%	180%	108%	153%	104%
609-30-27	As	E	2	K	93%	64%	83%	99%	86%
609-30-27	As	E	3	KPe+AN	103%	73%	82%	81%	97%
609-30-27	As	E	4	K	46%	56%	42%	246%	51%
21-32-13	As	B	3	KPe+AN	123%	79%	84%	79%	113%
21-32-13	As	B	4	KPe+AN	55%	65%	57%	108%	58%
609-34-24	As	B	1	KPe+AN	165%	99%	87%	260%	152%
609-34-24	As	B	2	K	70%	97%	29%	70%	72%
609-34-24	As	B	3	K	163%	85%	87%	112%	144%
609-34-24	As	B	4	K	107%	36%	59%	31%	73%
609-34-24	As	B	5	KPe+AN	75%	66%	53%	41%	71%
609-34-24	As	B	6	KPe+AN	160%	118%	54%	132%	142%
609-34-24	As	B	7	KPe+AN	37%	34%	114%	98%	39%
609-34-24	As	B	8	K	65%	51%	32%	39%	59%
608-44-8	Km	P	1	KPe+AN	246%	87%	150%	105%	212%
608-44-8	Km	P	2	K	65%	10%	15%	117%	44%
608-44-8	Km	P	3	KPe+AN	87%	98%	97%	112%	94%
608-44-8	Km	P	4	K	96%	386%	1540%	59%	183%
608-44-8	Km	P	5	K	95%	112%	59%	43%	86%
608-44-8	Km	P	6	KPe+AN	48%	49%	8%	43%	36%
609-18-1	Ks	E	1	KPe+AN	182%	128%	ND	148%	139%
609-18-1	Ks	E	2	K	93%	88%	2306%	54%	156%

Audze	MT	Suga	PL Nr.	PL veids[88]	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm	40-80 cm	0-80 cm
609-18-1	Ks	E	3	KPe+AN	120%	13%	5%	26%	61%
609-18-1	Ks	E	4	K	130%	39%	34%	29%	111%
609-18-1	Ks	E	5	KPe+AN	112%	56%	5%	49%	75%
609-18-1	Ks	E	6	K	58%	42%	93%	108%	56%
609-18-1	Ks	E	7	KPe+AN	108%	22%	15%	619%	65%
609-18-1	Ks	E	8	K	124%	92%	38%	122%	113%
609-18-1	Ks	E	9	KPe+AN	126%	82%	35%	136%	101%
609-18-1	Ks	E	10	K	105%	71%	9%	10%	84%
11-187-16	Kp	E	1	KPe+AN	121%	103%	86%	86%	99%
11-187-16	Kp	E	2	K	124%	103%	126%	108%	115%
608-108-4	Kp	B	1	K	46%	14%	69%	105%	36%
608-108-4	Kp	B	2	KPe+AN	34%	14%	121%	396%	31%
608-108-4	Kp	B	3	K	45%	19%	65%	98%	35%
608-108-4	Kp	B	4	KPe+AN	72%	23%	7%	138%	46%
608-108-4	Kp	B	5	K	54%	23%	49%	63%	45%
608-108-4	Kp	B	6	KPe+AN	90%	35%	44%	91%	68%
608-108-4	Kp	B	7	K	61%	41%	154%	113%	56%
608-108-4	Kp	B	8	KPe+AN	47%	25%	28%	85%	38%

Tabula 5. Relatīvais C_{ORG} saturs dažādos augsnes slāņos amonija nitrāta izmēģinājumu objektos (2019. g. dati attiecībā pret 2016. g. datiem)

Audze	MT	Suga	PL Nr.	PL veids[89]	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm	40-80 cm	0-80 cm
506-30-32	Mr	P	1	AN	95%	92%	298%	ND	103%
506-30-32	Mr	P	2	K	53%	83%	65%	ND	61%
506-30-32	Mr	P	3	AN	75%	71%	120%	ND	78%
506-30-32	Mr	P	4	K	31%	66%	26%	ND	38%
506-30-32	Mr	P	5	AN	56%	92%	129%	ND	67%
506-30-32	Mr	P	6	K	83%	73%	60%	ND	83%
508-196-14	Mr	Pc	1	AN	85%	149%	216%	1328%	100%
508-196-14	Mr	Pc	2	K	6%	203%	112%	89%	18%
508-196-14	Mr	Pc	3	AN	38%	38%	477%	118%	42%
508-196-14	Mr	Pc	4	K	58%	76%	113%	363%	73%

[89] K – kontrole; AN – amonija nitrāts

Audze	MT	Suga	PL Nr.	PL veids[89]	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm	40-80 cm	0-80 cm
11-106-8	Ln	P	1	K	33%	99%	50%	55%	43%
11-106-8	Ln	P	2	AN	49%	90%	50%	132%	61%
11-106-8	Ln	P	3	AN	29%	50%	33%	54%	35%
11-106-8	Ln	P	4	K	36%	43%	73%	140%	40%
11-106-8	Ln	P	5	K	60%	75%	105%	41%	67%
11-106-8	Ln	P	6	AN	52%	11%	379%	796%	72%
11-106-8	Ln	P	7	K	40%	60%	25%	476%	45%
11-106-8	Ln	P	8	AN	62%	152%	182%	463%	86%
11-127-10	Ln	P	1	AN	129%	190%	395%	88%	166%
11-127-10	Ln	P	2	K	230%	173%	321%	17056%	%224
11-127-10	Ln	P	3	K	110%	75%	67%	155%	94%
11-127-10	Ln	P	4	K	119%	129%	245%	ND	129%
11-127-10	Ln	P	5	AN	142%	158%	269%	ND	162%
11-127-10	Ln	P	6	AN	116%	118%	113%	18%	100%
11-210-5	Ln	P	1	AN	164%	140%	24%	ND	169%
11-210-5	Ln	P	2	K	148%	254%	276%	1962%	188%
11-210-5	Ln	P	3	AN	126%	187%	229%	ND	147%
11-210-5	Ln	P	4	K	151%	181%	512%	ND	174%
11-210-5	Ln	P	5	K	95%	187%	333%	609%	134%
11-210-5	Ln	P	6	AN	126%	135%	229%	ND	134%
11-64-3	Ln	P	1	AN	149%	127%	346%	9870%	15%
11-64-3	Ln	P	2	K	168%	174%	276%	378%	183%
11-64-3	Ln	P	3	AN	99%	92%	513%	311%	110%
11-64-3	Ln	P	4	K	257%	140%	2466%	2258%	232%
31-30-12	Ln	P	1	AN	55%	85%	288%	188%	120%
31-30-12	Ln	P	2	K	445%	246%	90892%	325%	441%
31-30-12	Ln	P	3	AN	77%	540336%	66748%	187012%	324%
31-30-12	Ln	P	4	K	157%	19837%	83198%	76659%	335%
31-87-13	Ln	P	1	AN	2716%	267%	1039%	ND	1955%
31-87-13	Ln	P	2	K	2121%	328%	115%	46%	1289%
31-87-13	Ln	P	3	AN	1950%	196%	138%	91%	1068%
31-87-13	Ln	P	4	K	4217%	63%	256%	45801%	1862%
31-87-13	Ln	P	5	AN	2485%	66%	157%	246%	1150%
31-87-13	Ln	P	6	K	1241%	205%	150%	763%	697%
508-230/231	Ln	P	1	AN	51%	33%	203%	ND	50%

Audze	MT	Suga	PL Nr.	PL veids[89]	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm	40-80 cm	0-80 cm
508-230/231	Ln	P	2	K	114%	84%	58%	97%	96%
508-230/231	Ln	P	3	K	110%	123%	228%	ND	120%
508-230/231	Ln	P	4	K	76%	100%	109%	ND	66%
508-230/231	Ln	P	5	AN	61%	140%	ND	219%	79%
508-230/231	Ln	P	6	K	104%	117%	198%	ND	99%
508-230/231	Ln	P	7	K	156%	102%	229%	475%	135%
604-281-19	Ln	P	1	AN	84%	118%	165%	ND	102%
604-281-19	Ln	P	2	K	103%	204%	53%	135%	107%
604-281-19	Ln	P	3	K	142%	117%	297%	ND	146%
604-281-19	Ln	P	4	AN	23%	109%	75%	1865%	46%
503-481-11	Ln	B	1	AN	139%	61%	40%	181250%	108%
503-481-11	Ln	B	2	K	94%	112%	74%	815%	101%
11-18-5	Dm	E	1	K	111%	157%	119%	843%	129%
11-18-5	Dm	E	2	AN	138%	61%	122%	634%	114%
11-18-5	Dm	E	3	K	72%	45%	101%	141%	66%
11-18-5	Dm	E	4	AN	88%	152%	182%	174%	116%
12-196-7	Dm	E	1	K	15%	54%	296%	97647%	29%
12-196-7	Dm	E	2	AN	189%	151%	218%	4851%	183%
12-196-7	Dm	E	3	K	65%	48%	215%	4670%	96%
12-196-7	Dm	E	4	AN	79%	362%	61%	366%	112%
12-208-16	Dm	E	1	K	17%	197%	105%	631%	68%
12-208-16	Dm	E	2	AN	111%	21%	68%	179%	107%
12-208-16	Dm	E	3	K	21%	24%	68%	183%	25%
12-208-16	Dm	E	4	AN	8%	17%	109%	97%	17%
12-209-10	Dm	E	1	K	84%	93%	145%	165%	97%
12-209-10	Dm	E	2	AN	88%	87%	129%	287%	105%
12-209-10	Dm	E	3	K	238%	499%	293%	297%	266%
12-209-10	Dm	E	4	AN	97%	130%	77%	363%	111%
31-89-1	Dm	E	1	AN	416%	147%	214%	1751%	371%
31-89-1	Dm	E	2	K	348%	1949%	393%	893%	509%
31-89-1	Dm	E	3	K	85%	167%	50%	113%	90%
31-89-1	Dm	E	4	AN	93%	102%	292%	11036%	123%
11-174-6	Dm	E	1	K	62%	53%	61%	51%	59%
11-174-6	Dm	E	2	AN	33%	77%	24%	15%	38%
31-91-29	Dm	E	1	K	16%	128%	101%	134%	34%
31-91-29	Dm	E	2	AN	432%	48%	176%	82%	166%
31-91-29	Dm	E	3	K	145%	268%	72%	50%	93%

Audze	MT	Suga	PL Nr.	PL veids[89]	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm	40-80 cm	0-80 cm
31-91-29	Dm	E	4	AN	54%	34%	203%	509%	54%
11-224-17	Dm	P	1	AN	112%	70%	71%	222%	103%
11-224-17	Dm	P	2	K	105%	110%	29%	232%	105%
11-224-17	Dm	P	3	AN	89%	108%	87%	174%	98%
11-224-17	Dm	P	4	K	111%	115%	58%	280%	117%
11-224-17	Dm	P	5	AN	77%	103%	103%	146%	96%
11-224-17	Dm	P	6	K	125%	97%	78%	132%	112%
11-232-22	Dm	P	1	AN	113%	111%	362%	1351%	132%
11-232-22	Dm	P	2	K	122%	142%	328%	707%	159%
11-59-17	Dm	P	1	K	114%	70%	152%	ND	106%
11-59-17	Dm	P	2	AN	224%	211%	435%	ND	233%
11-61-13	Dm	P	1	AN	82%	109%	407%	ND	104%
11-61-13	Dm	P	2	AN	45%	104%	100%	2512%	63%
11-61-13	Dm	P	3	K	205%	160%	69%	475%	182%
11-61-13	Dm	P	4	K	96%	156%	4831%	ND	122%
21-10-4	Dm	P	1	AN	59%	23%	56%	114%	52%
21-10-4	Dm	P	2	K	90%	182%	131%	185%	103%
21-10-4	Dm	P	3	AN	194%	33%	71%	246%	141%
21-10-4	Dm	P	4	K	38%	6%	12%	80%	18%
21-10-4	Dm	P	5	AN	65%	45%	90%	118%	64%
21-10-4	Dm	P	6	K	245%	2%	5%	64%	51%
21-34-2	Dm	P	3	AN	59%	79%	98%	130%	70%
21-34-2	Dm	P	4	K	39%	18%	46%	37%	35%
21-4-25	Dm	P	1	AN	136%	61%	146%	265%	117%
21-4-25	Dm	P	2	AN	153%	73%	90%	97%	87%
21-4-25	Dm	P	3	AN	87%	52%	126%	101%	82%
21-4-25	Dm	P	4	K	280%	122%	67%	158%	246%
21-4-25	Dm	P	5	K	200%	301%	189%	138%	263%
21-4-25	Dm	P	6	K	279%	716%	365%	276%	304%
24-11-4	Dm	P	1	AN	487%	52%	82%	55%	261%
24-11-4	Dm	P	2	K	88%	345%	66%	68%	112%
24-11-4	Dm	P	3	K	78%	223%	239%	88%	89%
24-11-4	Dm	P	4	AN	92%	88%	32%	73%	71%
24-11-4	Dm	P	5	AN	136%	122%	120%	42%	123%
24-11-4	Dm	P	6	AN	94%	19%	19%	92%	85%
31-89-25	Dm	P	1	AN	67%	114%	80%	868%	94%

Audze	MT	Suga	PL Nr.	PL veids[89]	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm	40-80 cm	0-80 cm
31-89-25	Dm	P	2	K	287%	60%	79%	ND	112%
11-125-5	Dm	B	1	K	98%	154%	209%	161%	120%
11-125-5	Dm	B	2	AN	70%	92%	79%	244%	82%
21-60-7	Dm	B	1	K	132%	115%	74%	299%	138%
21-60-7	Dm	B	2	AN	85%	66%	40%	28022%	80%
905-359-1	Vr	B	1	AN	67%	96%	144%	203%	109%
905-359-1	Vr	B	2	K	98%	98%	61%	75%	83%
905-359-1	Vr	B	3	AN	83%	96%	275%	ND	99%
905-359-1	Vr	B	4	K	91%	111%	1403%	53022%	151%
905-359-1	Vr	B	6	K	71%	69%	80%	510%	86%
905-359-1	Vr	B	7	K	83%	82%	125%	126%	92%
905-359-1	Vr	B	9	AN	93%	156%	1449%	809%	148%
905-359-1	Vr	B	10	K	98%	73%	109%	249%	98%
905-359-1	Vr	B	12	K	72%	60%	57%	188%	69%
21-49-14	Dms	B	1	AN	80%	47%	219%	640887%	87%
21-49-14	Dms	B	2	K	98%	24%	71%	321%	60%
21-49-14	Dms	B	3	AN	69%	35%	58%	500%	55%
21-49-14	Dms	B	4	K	140%	238%	295%	21659%	187%
24-22-12	Dms	B	1	AN	73%	112%	205%	166%	93%
24-22-12	Dms	B	2	AN	104%	191%	8%	615%	98%
24-22-12	Dms	B	3	K	31%	70%	21%	145%	35%
24-22-12	Dms	B	4	K	144%	84%	84%	1095%	139%
24-22-12	Dms	B	5	AN	22%	34%	58%	85%	31%
24-22-12	Dms	B	6	AN	71%	59%	16%	77%	66%
24-22-12	Dms	B	7	K	80%	88%	121%	364%	84%
24-22-12	Dms	B	8	K	54%	185%	132%	471%	64%
21-34-4	As	B	1	AN	44%	29%	168%	1123%	42%
21-34-4	As	B	2	AN	39%	77%	81%	561%	48%
21-34-4	As	B	3	K	22%	54%	48%	109%	27%
21-34-4	As	B	4	K	100%	83%	65%	202%	98%
11-125-10	As	E	1	K	134%	91%	83%	91%	109%
11-125-10	As	E	3	AN	ND	34%	22%	98%	98%
11-125-10	As	E	6	K	149%	258%	73%	76%	140%
11-125-10	As	E	7	AN	74%	109%	209%	154%	101%
11-125-10	As	E	9	K	95%	386%	108%	132%	163%
11-125-10	As	E	10	AN	147%	59%	180%	53%	107%

Tabula 6. Relatīvais $N_{kop.}$ saturs dažādos augsnes slāņos amonija nitrāta izmēģinājumu objektos (2019. g. dati attiecībā pret 2016. g. datiem)

Audze	MT	Suga	PL Nr.	PL veids[90]	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm	40-80 cm	0-80 cm
506-30-32	Mr	P	1	AN	106%	91%	220%	580%	127%
506-30-32	Mr	P	2	K	126%	96%	88%	248%	116%
506-30-32	Mr	P	3	AN	96%	73%	214%	ND	103%
506-30-32	Mr	P	4	K	36%	79%	67%	62%	50%
506-30-32	Mr	P	5	AN	66%	132%	254%	357%	99%
506-30-32	Mr	P	6	K	108%	108%	228%	ND	147%
508-196-14	Mr	Pc	1	AN	103%	218%	965%	ND	146%
508-196-14	Mr	Pc	2	K	57%	266%	239%	60%	109%
508-196-14	Mr	Pc	3	AN	75%	56%	205%	144%	78%
508-196-14	Mr	Pc	4	K	66%	75%	663%	23%	70%
11-106-8	Ln	P	1	K	48%	80%	48%	93%	57%
11-106-8	Ln	P	2	AN	45%	59%	60%	92%	55%
11-106-8	Ln	P	3	AN	27%	61%	59%	323%	43%
11-106-8	Ln	P	4	K	60%	71%	139%	263%	%74
11-106-8	Ln	P	5	K	103%	85%	106%	146%	100%
11-106-8	Ln	P	6	AN	108%	73%	66%	110%	89%
11-106-8	Ln	P	7	K	50%	63%	37%	119%	55%
11-106-8	Ln	P	8	AN	73%	115%	161%	494%	101%
11-127-10	Ln	P	1	AN	80%	154%	137%	213%	111%
11-127-10	Ln	P	2	K	152%	92%	175%	213%	136%
11-127-10	Ln	P	3	K	126%	93%	92%	29%	85%
11-127-10	Ln	P	4	K	216%	570%	759%	16%	147%
11-127-10	Ln	P	5	AN	287%	306%	254%	248%	281%
11-127-10	Ln	P	6	AN	132%	96%	96%	70%	111%
11-210-5	Ln	P	1	AN	354%	131%	146%	308%	222%
11-210-5	Ln	P	2	K	113%	177%	111%	139%	131%
11-210-5	Ln	P	3	AN	81%	84%	135%	258%	91%
11-210-5	Ln	P	4	K	112%	112%	171%	230%	124%

[90] K – kontrole; AN – amonija nitrāts

Audze	MT	Suga	PL Nr.	PL veids[90]	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm	40-80 cm	0-80 cm
11-210-5	Ln	P	5	K	99%	141%	260%	357%	135%
11-210-5	Ln	P	6	AN	136%	151%	202%	647%	157%
11-64-3	Ln	P	1	AN	82%	105%	173%	179%	96%
11-64-3	Ln	P	2	K	176%	188%	242%	333%	200%
11-64-3	Ln	P	3	AN	102%	153%	402%	369%	149%
11-64-3	Ln	P	4	K	98%	127%	184%	357%	117%
31-30-12	Ln	P	1	AN	47%	67%	616%	140%	93%
31-30-12	Ln	P	2	K	310%	190%	473%	46%	215%
31-30-12	Ln	P	3	AN	46%	244%	144%	141%	87%
31-30-12	Ln	P	4	K	87%	220%	273%	565%	111%
31-87-13	Ln	P	1	AN	3442%	158%	432%	714%	1506%
31-87-13	Ln	P	2	K	3470%	366%	283%	196%	1666%
31-87-13	Ln	P	3	AN	1987%	187%	238%	262%	901%
31-87-13	Ln	P	4	K	1178%	51%	127%	425%	588%
31-87-13	Ln	P	5	AN	899%	53%	81%	64%	427 %
31-87-13	Ln	P	6	K	487%	109%	121%	83%	266%
508-230/231	Ln	P	1	AN	77%	146%	204%	ND	108%
508-230/231	Ln	P	2	K	116%	64%	89%	130%	89%
508-230/231	Ln	P	3	K	87%	108%	80%	125%	96%
508-230/231	Ln	P	4	K	90%	67%	71%	263%	75%
508-230/231	Ln	P	5	AN	97%	151%	142%	205%	125%
508-230/231	Ln	P	6	K	146%	120%	181%	781%	130%
508-230/231	Ln	P	7	K	171%	106%	263%	293%	165%
604-281-19	Ln	P	1	AN	76%	138%	145%	337%	112%
604-281-19	Ln	P	2	K	87%	127%	50%	132%	87%
604-281-19	Ln	P	3	K	122%	114%	139%	28%	80%
604-281-19	Ln	P	4	AN	60%	83%	84%	230%	81%
503-481-11	Ln	B	1	AN	162%	122%	186%	30%	107%
503-481-11	Ln	B	2	K	121%	89%	118%	375%	116%
11-18-5	Dm	E	1	K	94%	115%	129%	161%	109%
11-18-5	Dm	E	2	AN	103%	66%	151%	171%	104%
11-18-5	Dm	E	3	K	97%	72%	164%	199%	101%
11-18-5	Dm	E	4	AN	110%	170%	158%	101%	130%
12-196-7	Dm	E	1	K	34%	72%	209%	179%	60%
12-196-7	Dm	E	2	AN	225%	136%	234%	193%	189%
12-196-7	Dm	E	3	K	56%	52%	120%	270%	72%
12-196-7	Dm	E	4	AN	76%	171%	68%	275%	102%

Audze	MT	Suga	PL Nr.	PL veids[90]	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm	40-80 cm	0-80 cm
12-208-16	Dm	E	1	K	29%	123%	101%	197%	81%
12-208-16	Dm	E	2	AN	157%	52%	89%	224%	36%
12-208-16	Dm	E	3	K	26%	38%	80%	175%	147%
12-208-16	Dm	E	4	AN	18%	64%	198%	113%	39%
12-209-10	Dm	E	1	K	105%	124%	148%	217%	126%
12-209-10	Dm	E	2	AN	173%	112%	156%	374%	183%
12-209-10	Dm	E	3	K	153%	223%	282%	206%	168%
12-209-10	Dm	E	4	AN	81%	107%	59%	156%	91%
31-89-1	Dm	E	1	AN	474%	144%	211%	768%	396%
31-89-1	Dm	E	2	K	492%	1992%	209%	624%	656%
31-89-1	Dm	E	3	K	80%	141%	105%	159%	102%
31-89-1	Dm	E	4	AN	102%	131%	340%	308%	160%
11-174-6	Dm	E	1	K	84%	50%	94%	89%	76%
11-174-6	Dm	E	2	AN	60%	152%	96%	102%	86%
31-91-29	Dm	E	1	K	38%	129%	96%	188%	72%
31-91-29	Dm	E	2	AN	74%	39%	207%	119%	95%
31-91-29	Dm	E	3	K	84%	79%	135%	81%	79%
31-91-29	Dm	E	4	AN	37%	52%	156%	119%	50%
11-224-17	Dm	P	1	AN	129%	102%	110%	60%	111%
11-224-17	Dm	P	2	K	84%	104%	38%	50%	77%
11-224-17	Dm	P	3	AN	72%	92%	80%	85%	78%
11-224-17	Dm	P	4	K	108%	107%	97%	49%	99%
11-224-17	Dm	P	5	AN	92%	101%	97%	110%	99%
11-224-17	Dm	P	6	K	120%	103%	96%	73%	105%
11-232-22	Dm	P	1	AN	133%	168%	303%	262%	168%
11-232-22	Dm	P	2	K	86%	78%	144%	126%	94%
11-59-17	Dm	P	1	K	84%	70%	89%	185%	82%
11-59-17	Dm	P	2	AN	194%	140%	136%	99%	162%
11-61-13	Dm	P	1	AN	72%	110%	160%	251%	98%
11-61-13	Dm	P	2	AN	61%	68%	113%	268%	76%
11-61-13	Dm	P	3	K	149%	134%	80%	278%	140%
11-61-13	Dm	P	4	K	74%	206%	162%	257%	119%
21-10-4	Dm	P	1	AN	124%	49%	113%	400%	111%
21-10-4	Dm	P	2	K	74%	77%	193%	284%	62 %
21-10-4	Dm	P	3	AN	292%	34%	81%	425%	184%
21-10-4	Dm	P	4	K	90%	20%	33%	117%	54%

Audze	MT	Suga	PL Nr.	PL veids[90]	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm	40-80 cm	0-80 cm
21-10-4	Dm	P	5	AN	112%	27%	83%	125%	85%
21-10-4	Dm	P	6	K	91%	7%	11%	90%	60%
21-34-2	Dm	P	3	AN	491%	224%	119%	171%	44%
21-34-2	Dm	P	4	K	42%	28%	193%	105%	254%
21-4-25	Dm	P	1	AN	122%	68%	205%	295%	116%
21-4-25	Dm	P	2	AN	208%	108%	112%	152%	121%
21-4-25	Dm	P	3	AN	106%	62%	145%	98%	98%
21-4-25	Dm	P	4	K	258%	127%	101%	221%	231%
21-4-25	Dm	P	5	K	273%	251%	192%	256%	333%
21-4-25	Dm	P	6	K	686%	746%	165%	290%	643%
24-11-4	Dm	P	1	AN	317%	71%	136%	102%	202%
24-11-4	Dm	P	2	K	73%	152%	60%	109%	86%
24-11-4	Dm	P	3	K	61%	58%	117%	66%	67%
24-11-4	Dm	P	4	AN	90%	97%	43%	72%	73%
24-11-4	Dm	P	5	AN	153%	91%	114%	51%	133%
24-11-4	Dm	P	6	AN	145%	42%	72%	103%	126%
31-89-25	Dm	P	1	AN	62%	138%	150%	293%	104%
31-89-25	Dm	P	2	K	286%	69%	148%	536%	149%
11-125-5	Dm	B	1	K	108%	151%	146%	124%	122%
11-125-5	Dm	B	2	AN	81%	84%	40%	118%	77%
21-60-7	Dm	B	1	K	116%	107%	53%	73%	103%
21-60-7	Dm	B	2	AN	79%	62%	23%	194%	70%
905-359-1	Vr	B	1	AN	81%	82%	83%	110%	87%
905-359-1	Vr	B	2	K	83%	123%	69%	90%	90%
905-359-1	Vr	B	3	AN	96%	103%	144%	212%	109%
905-359-1	Vr	B	4	K	94%	94%	302%	195%	124%
905-359-1	Vr	B	6	K	73%	81%	84%	251%	90%
905-359-1	Vr	B	7	K	66%	83%	113%	119%	85%
905-359-1	Vr	B	9	AN	87%	138%	406%	125%	125%
905-359-1	Vr	B	10	K	100%	89%	101%	127%	99%
905-359-1	Vr	B	12	K	50%	64%	93%	164%	70%
21-49-14	Dms	B	1	AN	86%	71%	235%	458%	89%
21-49-14	Dms	B	2	K	44%	29%	96%	173%	42%
21-49-14	Dms	B	3	AN	69%	59%	102%	133%	69%
21-49-14	Dms	B	4	K	116%	106%	128%	91%	112%
24-22-12	Dms	B	1	AN	80%	118%	129%	119%	97%
24-22-12	Dms	B	2	AN	85%	69%	14%	175%	73%

Koku augšanas apstākļu uzlabošanas pētījumu programma 2016.-2021. gadam

Audze	MT	Suga	PL Nr.	PL veids[90]	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm	40-80 cm	0-80 cm
24-22-12	Dms	B	3	K	38%	41%	25%	125%	38%
24-22-12	Dms	B	4	K	223%	73%	114%	289%	193%
24-22-12	Dms	B	5	AN	32%	56%	95%	113%	47%
24-22-12	Dms	B	6	AN	87%	86%	32%	144%	83%
24-22-12	Dms	B	7	K	111%	110%	116%	231%	112%
24-22-12	Dms	B	8	K	102%	168%	259%	348%	117%
21-34-4	As	B	1	AN	49%	26%	82%	282%	45%
21-34-4	As	B	2	AN	50%	79%	104%	294%	60%
21-34-4	As	B	3	K	50%	69%	62%	298%	55%
21-34-4	As	B	4	K	135%	106%	94%	310%	131%
11-125-10	As	E	1	K	133%	111%	112%	70%	119%
11-125-10	As	E	3	AN	ND	43%	21%	1077%	129%
11-125-10	As	E	6	K	170%	104%	112%	85%	118%
11-125-10	As	E	7	AN	70%	129%	96%	76%	52%
11-125-10	As	E	9	K	81%	253%	103%	140%	94%
11-125-10	As	E	10	AN	173%	58%	121%	63%	116%

2. Pielikums: **Pētījumā "Koku augšanas apstākļu uzlabošanas pētījumu programma 2016.-2021. gadam" iekļauto audžu saraksts**

Tabula 7. Pētījuma "Koku augšanas apstākļu uzlabošanas pētījumu programma 2016.-2021. gadam" izmēģinājumu objektu saraksts

Darba uzdevuma grupa	Atslēga	Meža tips	Suga/ vecums 2021. g.	Platība, ha	Parauglaukumu skaits	KAAU līdzekļu izkliede				
						Izkliedēšanas tehnoloģija	Koksnes pelnu izcelsme	N tīrviela, kg ha^{-1}	Pelni, tonnas ha^{-1}	Platība, ha
1	301-209-13	Kp	E55	5,7	4	mašinizēti	NewFuels	-	2	
1	301-231-12	Kp	E50	2,1	4	mašinizēti	NewFuels	-	2	
1	301-228-5	Dm	E55	6,3	2	mašinizēti	NewFuels	-	2	
1	301-221-17	Dm	E55	4,4	4	mašinizēti	NewFuels	-	2	
1	11-134-8	As	E54	4,8	6	mašinizēti	Latgran	-	3	3
1	409-537-8	Dm	E51	3	6	mašinizēti	Latgran	-	3	1,8
1	409-537-4	As	E45	1,8	4	mašinizēti	Latgran	-	3	0,3
1	503-300-12	Am	E49	5,4	6	manuāli	Latgran/Kalsnavas KM		4 un 8	0,18
1	503-312-1	As	E46	0,9	2	manuāli	Latgran/Kalsnavas KM		3 un 6	0,18
2	21-10-01	Dm	P84	1,9	3	mašinizēti		150	-	0,4
2	21-04-25	Dm	P83	2,2	6	mašinizēti		150	-	1,08
2	11-106-8	Ln	P92	3,6	8	mašinizēti		150	-	1,4
2	11-174-6	Dm	E84	1,3	2	mašinizēti		150	-	0,6
2	11-125-5	Dm	B70	1,6	2	mašinizēti		150	-	0,56
2	21-60-7	Dm	B73	1,2	2	mašinizēti		150	-	0,4
2	12-208-16	Dm	E76	2	4	mašinizēti		150	-	0,8

Darba uzdevuma grupa	Atslēga	Meža tips	Suga/ vecums 2021. g.	Platība, ha	Parauglaukumu skaits	KAAU līdzekļu izkliede				
						Izkliedēšanas tehnoloģija	Koksnes pelnu izcelsme	N tīrviela, kg ha^{-1}	Pelni, tonnas ha^{-1}	Platība, ha
3	11-18-5	Dm	E45	2,1	4	mašinizēti		150	-	0,8
3	31-91-29	Dm	E46	2	4	mašinizēti		150	-	0,8
3	12-196-7	Dm	E50	3,3	6	mašinizēti		150	-	0,88
3	31-89-25	Dm	P63	0,7	2	mašinizēti		150	-	0,2
3	31-30-12	Ln	P42	2,5	4	mašinizēti		150	-	1
3	11-210-5	Ln	P76	2,8	6	mašinizēti		150	-	1,5
3	24-22-12	Dms	B51	6	8	mašinizēti		150	-	2,16
3	21-49-14	Dms	B24	1,8	4	manuāli		150	-	0,18
3	21-10-4	Dm	P31	4,5	6	mašinizēti		150	-	1,62
3	21-34-2	Dm	P31	1,8	4	mašinizēti		150	-	0,64
3	11-127-10	Ln	P39	3	6	mašinizēti		150	-	0,96
3	24-11-4	Dm	P69	5,8	8	manuāli		150	-	0,36
3	31-89-1	Dm	E54	2	4	mašinizēti		150	-	0,56
3	21-34-4	As	B29	2	4	mašinizēti		150	-	0,64
3	12-209-10	Dm	E38	2	4	mašinizēti		150	-	0,6
3	503-481-11	Ln	B45	1,3	2	manuāli		150	-	0,09
3	31-87-13	Ln	P70	3	6	mašinizēti		150	-	1,5
3	11-147-1	As	E38	7	13	Manuāli		120		0,52

Darba uzdevuma grupa	Atslēga	Meža tips	Suga/ vecums 2021. g.	Platība, ha	Parauglaukumu skaits	KAAU līdzekļu izkliede				
						Izkliedēšanas tehnoloģija	Koksnes pelnu izcelsme	N tīrviela, kg ha^{-1}	Pelni, tonnas ha^{-1}	Platība, ha
3	11-129-18	Ks	E34	2,7	10	Manuāli		120		0,4
3	12-87-9	Mr	P32	3,1	17	Manuāli		120		0,68
3	12-79-16	Dm	P38	7	6	Manuāli		120		0,24
4	11-187-16	Kp	E55	0,9	2	mašinizēti	Latgran	150	3	0,4
4	21-32-13	As	B38	2,1	4	mašinizēti	Fortum	150	3	0,5
4	31-165-20	Ks	B38	2,1	4	mašinizēti	Latgran	150	3	0,8
4	609-30-27	As	E37	2	4	mašinizēti	Fortum	150	3	0,8
4	609-29-33	As	E39	3,7	6	mašinizēti	Fortum	150	3	0,96
4	609-18-1	Ks	E59	6,3	10	mašinizēti	Fortum	150	3	2
4	608-29-4	Am	P66	5	8	mašinizēti	Fortum	150	3	1,26
4	608-44-4	Am	P67	1	2	mašinizēti	Fortum	150	3	0,52
4	608-44-8	Km	P61	2,5	6	manuāli	Fortum	150	3	0,27
4	608-19-21	Km	P60	2,6	4	mašinizēti	Fortum	150	3	0,8
4	608-108-4	Kp	B28	9,2	8	mašinizēti	Fortum	150	3	2,08
4	609-34-24	As	B35	4,3	8	manuāli	Fortum	150	3	0,36
5	11-61-13	Dm	P43	1,8	4	Mašinizēti		150		0,68
5	11-232-22	Dm	P40	1,1	2	mašinizēti		150		0,4
5	11-59-17	Dm	P51	1	2	Mašinizēti		150		0,2

Koku augšanas apstākļu uzlabošanas pētījumu programma 2016.-2021. gadam

Darba uzdevuma grupa	Atslēga	Meža tips	Suga/ vecums 2021. g.	Platība, ha	Parauglaukumu skaits	KAAU līdzekļu izkliede				
						Izkliedēšanas tehnoloģija	Koksnes pelnu izcelsme	N tīrviela, kg ha^{-1}	Pelni, tonnas ha^{-1}	Platība, ha
5	11-64-3	Ln	P41	2,4	4	Mašinizēti		150		1,1
5	11-125-10	As	E36	14	12	Manuāli	Latgran/Fortum	150	2,5	0,54
5	604-281-19	Ln	P131	5,4	4	Manuāli		150		0,18
5	506-30-32	Mr	P25	2,9	6	Manuāli		150		0,27
5	905-359-1	Dm	B72	4,8	12	manuāli	Salaspils siltums	150	3	0,54
5	508-196-14	Mr	Pc39	3,3	4	Manuāli		150		0,18
5	11-224-17	Dm	P48	4,6	6	Manuāli		150		0,27
5	Kļāvi			5	21	Manuāli		150	3	2,4
3	11-279-18	Vr	E26	1,6	7	Manuāli		150		0,28
6	405-421-3	Ks	P95	6,6	6	mašinizēti	Graanul Energy		3.0	4
6	508-230;231	Mr	P55	12	7	mašinizēti		150		5,5