

PĀRSKATS

Pētījuma nosaukums: **HIDROTEHNISKĀS MELIORĀCIJAS IETEKME UZ CO₂
EMISIJĀM MEŽAUDZĒS UZ SUSINĀTĀM AUGSNĒM**

Līguma Nr.: 290514/S138

Izpildes laiks: 29.05.2014. - 30.12.2014

Izpildītājs: LATVIJAS VALSTS MEŽZINĀTNES INSTITŪTS "SILAVA"

Projekta vadītājs: _____

A.Lazdiņš

Kopsavilkums

Latvija uzņēmusies saistības klimata pārmaiņu novēršanai, ratificējot ANO Vispārējo konvenciju par klimata pārmaiņām (turpmāk tekstā – Konvencija). Saskaņā ar Konvencijas Durbānas vienošanos, no 2013. līdz 2020. gados Latvijai ik gadu jānodrošina 16 302 tūkst. tonnas CO₂ neto piesaiste meža apsaimniekošanā.

Saskaņā ar Konvenciju, to ratificējušajām valstīm katru gadu jāsniedz pārskats par SEG emisijām un CO₂ piesaisti. Zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības (ZIZIMM) sektora SEG emisiju un CO₂ piesaistes pārskats jā sagatavo atbilstoši Labas prakses vadlīnijām SEG inventarizācijas sagatavošanai ZIZIMM sektorā (IPCC GPG LULUCF) un zinātniski verificētai metodikai visiem emisiju pamatavotiem. Metodiskā bāze SEG emisiju un CO₂ piesaistes novērtēšanai ZIZIMM sektorā, neskatoties uz būtiskiem uzlabojumiem pēdējos gados, vēl arvien nav pilnīga, radot draudus, ka Latvijas SEG inventarizācijas sistēma var būt atzīta par neefektīvu un valstij būs jāatgriež emisiju kvotu tirdzniecības sistēmā iegūtie līdzekļi. Viens no emisiju pamatavotiem Latvijā ir CO₂ emisijas no susinātām organiskām augsnēm. Metodika šo emisiju novērtēšanai līdz šim nav izstrādāta, lai gan pastāv ilglaicīgu zinātnisku pētījumu parauglūkumu tīkls, kas ļauj novērtēt kūdras slāņa sēšanās ātrumu un CO₂ emisijas no susinātām platībām, salīdzinot ar neskartām kontroles platībām, vismaz 50 gadus ilgā laika posmā.

Pētījuma mērķis ir veikt meža nozares attīstībai nepieciešamus zinātniskos pētījumus ietekmes uz klimata izmaiņām mazināšanas jomā, novērtējot hidrotehniskās meliorācijas ietekmi uz CO₂ emisijām mežaudzēs uz susinātām organiskām augsnēm. Pētījums risinās kritiskos jautājumus, kas saistīti ar SEG inventarizācijas pamatavotu uzskaiti.

Pētījumā veikta atkārtotu nivelēšana, koku caurmēra un augstuma mērīšana 60 parauglūkumos, tajā skaitā 10 kontroles parauglūkumos, 1960. gadā susinātās mežaudzēs uz kūdras augsnēm Vesetnieku meža izpētes stacionārā. Kontroles parauglūkumi izraudzīti nesusinātajā stacionārā daļā. Kontroles parauglūkumos iegūtie dati izmantoti oglekļa uzkrājuma sākotnējā līmeņa (pirms susināšanas) noteikšanai. Augsnes paraugi ievākti 70 % no ierīkojamajiem parauglūkumiem.

Susinātajā daļā ar nivelieri veikti 2700 mērījumi zemes virsmas augstuma virs jūras līmeņa noteikšanai. Salīdzinot iegūtos datus ar iepriekšējo mērījumu rezultātiem (pirmais mērījums 1963. gads, pēdējais 2001. gads), noteikta kūdras slāņa sēšanās. Kūdras slāņa pieauguma novērtēšana nebija iespējama, jo līdz šim nav saglabājušies zemes virsas nivelēšanas dati nesusinātajā platībā. Izmantojot augsnes analīžu datus, novērtēts oglekļa zudums kūdras sadalīšanās rezultātā, oglekļa piesaiste nedzīvajā zemsegā, nedzīvajā koksne un dzīvajā biomasā. Augsnes analīzes (blīvums, pH un organiskā oglekļa saturs) veikts sīkajām kritālām, zemsegai un 0-80 cm dziļumā ievāktiem nesajauktas grunts paraugiem. Visos parauglūkumos, kur ievākti augsnes paraugi, 4 m² platībā noteikta kritālu biomasas.

Projekta izpildes laiks 29.05.2014. - 30.12.2014. Pētījums "Hidrotehniskās meliorācijas ietekme uz CO₂ emisijām mežaudzēs uz susinātām augsnēm" īstenots Latvijas Valsts mežzinātnes institūtā "Silava". Pētījuma īstenošanā piedalījās Andis Lazdiņš, Pēteris Zālītis, Modris Okmanis, Gints Spalva, Ainārs Lupiķis, Sigita Mūrniece, Anna Liepiņa, Toms Sarkanābols, Aldis Butlers, Zane Saule, Linda Saule, Klāra Martinsone, Guntis Saule.

Datu analīzei un ziņojuma sagatavošanā izmantota Libreoffice programmu pakete. Kartogrāfiskā informācija sagatavota ar Quantum GIS (QGIS) programmu paketi.

Saturs

Kopsavilkums	2
Ievads	7
Izmēģinājumu objekta ierīkošanas vēsture.....	7
Meža meliorācijas ietekme uz oglekļa piesaisti augsnē.....	8
SEG emisijas no dabiskiem purviem.....	8
SEG emisijas mežos uz susinātām organiskām augsnēm.....	9
SEG emisijas pēc kūdras atradņu rekultivācijas.....	10
SEG inventarizācijas vadlīniju metodika meliorācijas efekta novērtēšanai meža zemēs.....	12
SEG emisijas no susinātām organiskām augsnēm Latvijas SEG inventarizācijas pārskatā.....	13
Metodika	19
Pētījumu objektu raksturojums.....	19
Lauka darbu metodika.....	21
Kokaudzes morfometrisko rādītāju uzskaitē.....	21
Augsnes penetrācijas pretestības noteikšana.....	22
Zemes virsmas augstuma mērījumi.....	23
Augsnes un nedzīvās biomasas paraugu ievākšana un uzmērīšana.....	23
Laboratorijas darbu metodika.....	23
Augsnes un nedzīvās biomasas paraugu sagatavošana.....	23
Augsnes un zemsegas blīvuma aprēķināšana.....	24
Oglekļa satura noteikšana.....	24
Augsnes pH noteikšana.....	24
Datu apstrāde.....	25
Kokaudzes taksācijas rādītāju aprēķināšana.....	25
Oglekļa uzkrājuma novērtēšana.....	25
Zemes virsmas augstuma izmaiņu novērtēšana.....	26
Datu statistiskā analīze.....	26
Rezultāti un to analīze	28
Pētījuma rezultāti.....	28
Kokaudzes taksācijas rādītāji.....	28
Augsnes penetrācijas pretestība.....	29
Augsnes īpašības.....	32
Oglekļa uzkrājums.....	33
Zemes virsmas augstuma izmaiņas.....	36
Kopsakarību analīze un diskusija.....	38
Susināšanas ietekmes novērtēšana Latvijas mērogā.....	41
Secinājumi	44
Publicitāte	45

Izmantotā literatūra..... 46

Pielikumi:

- 1.Pielikums: Kokaudzes taksācijas rādītāju kopsavilkums
- 2.Pielikums: Augsnes penetrācijas pretestības mērījumu rezultātu kopsavilkums
- 3.Pielikums: Augsnes analīžu rezultāti un oglekļa uzkrājuma aprēķinu kopsavilkums
- 4.Pielikums: Nivelēšanas rezultātu kopsavilkums

Tabulas un attēli

Tabulas:

Tab. 1: SEG inventarizācijas pārskatā izmantotie SEG emisiju koeficienti.....	14
Tab. 2: Pētījumu objektu koordinātes un galvenie raksturojošie rādītāji.....	19
Tab. 3: Biomasu vienādojumu koeficienti priedei un eglei (Lazdiņš et al., 2013).....	26
Tab. 4: Galvenie taksācijas rādītāji valdošās sugas un augšanas apstākļu griezumā.....	28
Tab. 5: Biomasas valdošās sugas un augšanas apstākļu griezumā.....	28
Tab. 6: Lielo kritalu krāja un biomasas valdošās sugas un augšanas apstākļu griezumā.....	29
Tab. 7: Augsnes penetrācijas pretestība (MPa) un gruntsūdens līmenis valdošās sugas un augšanas apstākļu griezumā.....	30
Tab. 8: Augsnes blīvuma aprēķinu kopsavilkums.....	32
Tab. 9: Augsnes pH analīžu kopsavilkums.....	33
Tab. 10: Oglekļa satura aprēķinu kopsavilkums.....	33
Tab. 11: Oglekļa uzkrājuma aprēķinu kopsavilkums.....	34
Tab. 12: Oglekļa uzkrājums dzīvo koku biomasā valdošās sugas un augšanas apstākļu griezumā.....	35
Tab. 13: Oglekļa uzkrājums kritalu biomasā valdošās sugas un augšanas apstākļu griezumā.....	35
Tab. 14: Oglekļa uzkrājums zemsegā un augsnē valdošās sugas un augšanas apstākļu griezumā.....	36
Tab. 15: Zemes virsmas augstuma virs jūras līmeņa samazināšanās pēc susināšanas valdošās sugas griezumā.....	37
Tab. 16: Nekoriģēts kopējais oglekļa uzkrājums valdošās sugas un augšanas apstākļu griezumā.....	39
Tab. 17: Koriģēts kopējais oglekļa uzkrājums valdošās sugas un augšanas apstākļu griezumā.....	39
Tab. 18: Nepieciešamie pētījumu objekti meža tipu un valdošo sugu griezumā.....	42
Tab. 19: Mežaudzes taksācijas rādītāju un biomasas raksturojums.....	49
Tab. 20: Oglekļa uzkrājuma raksturojums.....	49
Tab. 21: Augsnes penetrācijas pretestība (MPa) un gruntsūdens līmenis mērīšanas laikā.....	52
Tab. 22: Augsnes analīžu rezultātu kopsavilkums.....	54
Tab. 23: Oglekļa uzkrājums augsnē.....	59
Tab. 24: Oglekļa uzkrājums kritalās.....	60
Tab. 25: Oglekļa uzkrājums smalko kritalu frakcijā.....	61
Tab. 26: Augsnes slāņa sēšanās, cm.....	64

Attēli un grafiki:

Att. 1: Vesetnieku ekoloģiskā stacionāra shēma (Latvijas mežzinātnes diena, 2013).....	7
Att. 2: Vesetas paliene septiņdesmitajos gados.....	8
Att. 3: Susināto mežu platība SEG inventarizācijā (Latvian Environment, Geology and Meteorology Centre, 2014).....	14
Att. 4: CO ₂ emisijas no susinātām organiskām augsnēm (Latvian Environment, Geology and Meteorology Centre, 2014).....	15
Att. 5: N ₂ O emisijas no susinātām augsnēm.....	15
Att. 6: Neto SEG emisijas no susinātām augsnēm.....	16
Att. 7: SEG emisijas no mitrzemēm, neskaitot kūdras ieguvu.....	17
Att. 8: SEG emisijas no mitrzemēm, ieskaitot kūdras ieguves radītās CO ₂ emisijas.....	17
Att. 9: Kūdras ieguves raksturojums.....	18
Att. 10: Objektu izvietojums Meža pētīšanas stacijas Kalsnavas novadā.....	20
Att. 11: Susināto objektu izvietojums Meža pētīšanas stacijas Kalsnavas novadā.....	20
Att. 12: Kontroles objektu izvietojums Meža pētīšanas stacijas Kalsnavas novadā.....	21
Att. 13: Parauglaukumu ierīkošanas shēma.....	21
Att. 14: Kokaudzes morfometrisko rādītāju noteikšanai ierīkoto parauglaukumu shematisks attēlojums.....	22
Att. 15: Eijkelkamp digitālais penetrologeris.....	22
Att. 16: Pētījumā izmantotais nivelieris.....	23

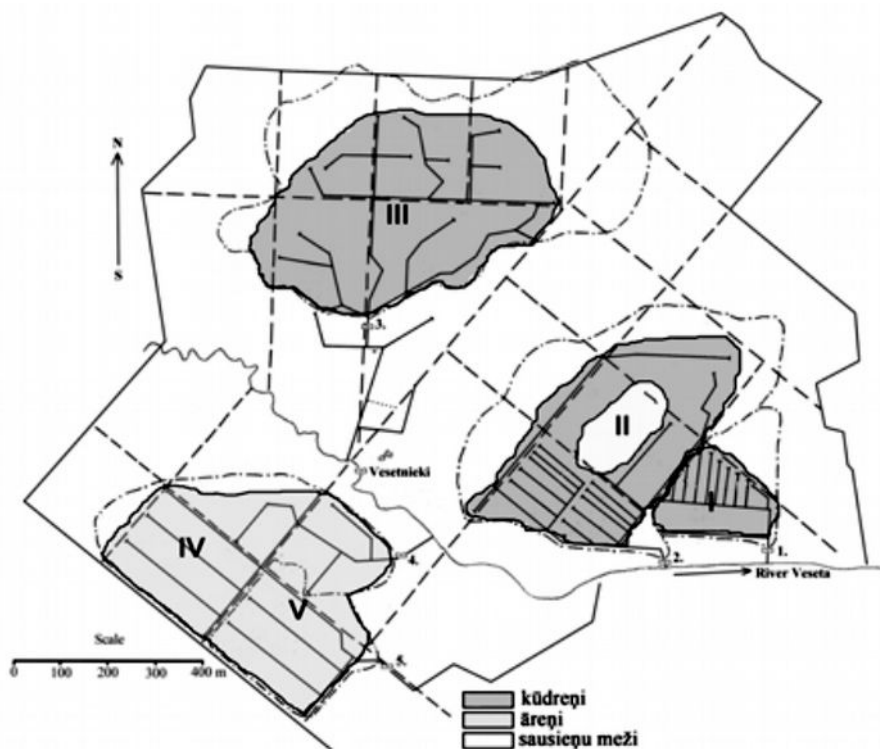
Att. 17: Penetrācijas pretestība 10-20 cm dziļumā parauglaukumos 102. un 104. kvartālā.....	30
Att. 18: Penetrācijas pretestība 10-20 cm dziļumā parauglaukumos 96. kvartālā.....	31
Att. 19: Penetrācijas pretestība 10-20 cm dziļumā parauglaukumos kontroles parauglaukumos.....	31
Att. 20: Oglekļa uzkrājums visās oglekļa krātuvēs.....	36
Att. 21: Augstuma virs jūras līmeņa samazināšanās.....	37
Att. 22: Gruntsūdens dziļums un augsnes sēšanās.....	38
Att. 23: Dažādu oglekļa krātuvju oglekļa uzkrājumu starpības starp kūdreni un pārejas purvu un to savstarpējais īpatsvars.....	40
Att. 24: Oglekļa uzkrājumu augsnes slānī (0-80 cm) atkarība no kokaudzes krājas, augsnes slāņa(40-80 cm) pH un (0-10 cm) pH starpības un gruntsūdens līmeņa.....	41

Ievads

Izmēģinājumu objekta ierīkošanas vēsture

Vesetnieku ekoloģiskais stacionārs (Att. 1) izveidots 1963. gadā Latvijas mežzinātnieka Kaspara Buša vadībā. Stacionāra kopplatība ir 370 ha, no kuriem 43 % ir āreņi, 26 % sausieņi un 31 % kūdreņi. Susinātie meži uz organiskajām augsnēm izvietoti Vesetas upes labā krasta palienē bijušajos pārejas purvos (*Latvijas mežzinātnes diena*, 2013). Raksturīga purva aina, kas nav mainījusies līdz mūsdienām, redzama Att. 2. Meža susināšana esošo kūdreņu teritorijā veikta 1960. gadā (Zālītis, 2008). Kūdras slāņa biezums sākotnēji bija 4,5 m. Kūdras botāniskais sastāvs sākotnēji bija viendabīgs – 75-80 % grīšļu kūdra, 20-25 % koku kūdra, 1,5-2,0 m dziļumā konstatēta niedru kūdra. Pārejas purvam raksturīgais virsējais sfagnu kūdras slānis mineralizējies 15 gadu laikā pēc nosusināšanas. Kūdras sadalīšanās pakāpe līdz 10 cm dziļumā 2008. gadā bija 55 %, dziļāk – 33 %. Pelnu saturs kūdras virskārtā 15,6 %, 11-40 cm dziļumā 8,3 %, bet dziļāk 7,5 %. Kūdras blīvums visos slāņos ir vidēji 0,15 kg L⁻¹ (Zālītis, 2008).

Hidroloģiskie novērojumi stacionārā notiek 5 ūdens sateces baseinos, mērot ūdens noteci pa maģistrālajiem kanāliem. Stacionārā ierīkotas vairāk kā 70 gruntsūdens līmeņa novērošanas akas, kas apmēram 700 m garumā izvietotas dažādās ekosistēmās (purvs, dažādi meža tipi, pļavas, niedru lauki), kuros tiek novērotas gruntsūdens līmeņa izmaiņas un ūdens ķīmiskā sastāva izmaiņas. Gruntsūdens aku augstuma virs jūras līmeņa nivelējumi veikti 1966., 1970., 1975., 1977., 1982., 1990. un 2004. gados. Zemes virsas augstuma virs jūras līmeņa nivelējumi veikti 1966., 1970., 1975., 1977. un 1982. gados¹.



Att. 1: Vesetnieku ekoloģiskā stacionāra shēma (*Latvijas mežzinātnes diena*, 2013).

¹ Personiska komunikācija ar P. Zālīti.

Att. 2: Vesetas paliene septiņdesmitajos gados².

Meža meliorācijas ietekme uz oglekļa piesaisti augsnē

SEG emisijas no dabiskiem purviem

SEG emisijas no dabiskiem purviem atkarīga no purvu tipa un klimatiskiem apstākļi, piemēram, sniega kušanas grafiku un ģeogrāfiskās atrašanās vietas. Dabiskos purvos notiek CO₂ piesaiste kūdrā un CH₄ emisijas; abu procesu īpatsvars – neto SEG emisijas var būtiski atšķirties, atkarībā no dominējošiem meteoroloģiskajiem apstākļiem un kūdras īpašības. Daži pētījumi liecina, ka neto CO₂ piesaiste kūdrā boreālo mežu zonā ir no 220 g CO₂ ekv. m⁻² gadā līdz -310 g CO₂ ekv. m⁻² gadā, t.i. vienos un tajos pašos klimatiskajos apstākļos dažādi purvi var būt gan neto CO₂ piesaistes, gan SEG emisiju avots. (Strack & Waddington, 2008; Holmgren & Hadberg, 2009). Zviedrijas Vides izpētes institūta (IVL) apkopotie dati par CO₂, CH₄ un N₂O emisijām no dabiski mitriem purviem norāda uz neprecizitātēm agrāk valdošajos uzskatos (visos purvos notiek neto CO₂ piesaiste, vidēji 50-80 g CO₂ ekv. m⁻² gadā). Saskaņā ar IVL datiem ombrotrofiskos purvos³ neto CO₂ emisijas atbilst 150 g CO₂ ekv. m⁻² gadā, savukārt, minerotrofiskie purvi⁴ ir neto CO₂ piesaistes avots (vidēji 230 g CO₂ ekv. m⁻² gadā). Citiem vārdiem ar barības vielām bagātākajos purvos veidojas neto CO₂ piesaiste, bet ar barības vielām nabadzīgākajos purvos – neto CO₂ ekv. emisijas (Hagberg & Holmgren, 2008). Somijas dienvidu daļā veikti pētījumi pierāda, ka CH₄ emisijas parasti ir lielākas minerotrofiskos purvos, nekā ombrotrofiskos purvos. Mērījumi veikti 2 gadu laikā un to rezultātā noskaidrots, ka neto SEG emisijas ombrotrofiskos purvos ir 55 ± 190 g CO₂ ekv. m⁻² gadā, bet minerotrofiskos purvos -55 ± 230 g CO₂ ekv. m⁻² gadā. Tajā pat laikā CH₄ emisijas no ombrotrofiskiem purviem bija 6,7 ± 5,3 g m⁻² gadā un no minerotrofiskiem purviem – 17,3 ± 13,3 g m⁻² gadā (Saarnio *et al.*, 2007). Somijā veikti arī plaši pētījumi par dažādu kūdras izmantošanas scenāriju un gala patēriņa veidu ietekmi uz SEG emisijām, izmantojot t.s. dzīves cikla analīzes metodi, tajā skaitā SEG emisijas, ko rada kūdras ieguve dabiskās mitrzemēs, susinātās meža zemēs un aramzemēs uz kūdras augsnēm, tajā skaitā salīdzinot arī dažādus

² Autors nav zināms.

³ Purvi, kas saņem visas barības vielas un ūdeni ar nokrišņiem.

⁴ Purvi, kas saņem ar barības vielām bagātinātu ūdeni ar ūdens strauēm.

kūdras atradņu rekultivācijas paņēmienus (hidroloģiskā režīma atjaunošana, apmežošana un lauksaimnieciskā izmantošana. Saskaņā ar šiem pētījumiem CH₄ emisijas no dabiskiem purviem ir 23 g m⁻² gadā (Kirkinen & Minkinen, 2007). Plašs pētījums no 600 Zviedrijas purviem parādīja, ka CH₄ emisijas no Zviedrijas purviem var būt no 2 līdz 40 g CH₄ m⁻² gadā. Emisijas būtiski ietekmē tas, vai purvs ir klāts ar kokaugu veģetāciju. Arī citos zviedru pētījumos parādās informācija par vidēji 21 g CH₄ m⁻² gadā emisijām no dabiskiem purviem (Holmgren & Hadberg, 2009). Vērtējot globālās sasilšanas potenciālu un ikgadējos emisiju no Igaunijas purviem, balstoties uz citās valstīs ar līdzīgiem klimatiskajiem apstākļiem, konstatēts, ka neto emisijas no visiem Igaunijas purviem ir vidēji 82-311 g CO₂ ekv. m⁻² gadā (Salm, 2012). Susinātie purvi Igaunijā rada 123-100 g CO₂ ekv. m⁻² gadā emisiju, bet dabiski mitrie purvi -41-112 g CO₂ ekv. m⁻² emisiju. 2009. gadā Igaunijā veikts pētījums, kurā salīdzinātas CO₂, CH₄ un N₂O emisijas no dabiski mitriem, susinātiem, pamestiem daļēji izstrādātiem un kūdras ieguvei izmantojamiem purviem. CO₂ emisijas no dažādiem purviem bija, attiecīgi, 150,9, 192,1, 284,5 un 174,1 g CO₂ m⁻² gadā. CH₄ emisijas Igaunijā veiktajos pētījumos bija, attiecīgi, 8,52, 2,37, 0,007 un 0,0012 g CH₄ m⁻² gadā. Tas nozīmē, ka kūdras ieguves platībās CH₄ emisijas ir aptuveni 7000 reizes (par 179 g CO₂ ekv. m⁻² gadā) mazākas, nekā dabiskos purvos. N₂O emisijas (0,019 g N₂O m⁻² gadā) Igaunijā konstatētas tikai platībās, kur notiek kūdras izstrāde, attiecīgi, kūdras izstrāde palielina N₂O emisijas par 5,89 g CO₂ ekv. m⁻² gadā (Salm *et al.*, 2012). Atbilstoši šo pētījumu rezultātiem neto SEG emisijas no kūdras izstrādes laukiem samazinās gandrīz 2 reizes, salīdzinot ar dabiski mitriem purviem.

SEG emisijas mežos uz susinātām organiskām augsnēm

Tāpat kā dabiski mitros purvos, arī mežaudzēs uz susinātiem purviem SEG emisijas būtiski ietekmē vietējie apstākļi. Atkarībā no kokaugu stāva taksācijas rādītājiem un aerētā augsnes slāņa biezuma meliorācijas pasākumi var radīt gan neto SEG emisijas, gan CO₂ piesaisti. Susinātie meži uz organiskām augsnēm parasti emitē vairāk CO₂ un mazāk CH₄, salīdzinot ar mežiem uz dabiski mitrām augsnēm. Vidējie CO₂ piesaistes un SEG emisiju rādītāji atkarīgi no klimatiskā reģiona un augsnes auglības.

CO₂ emisiju novērtējums no mežiem uz susinātām organiskām augsnēm būtiski atšķiras dažādos Zviedrijā un Somijā veiktos pētījumos. Galvenie SEG emisijas ietekmējošie faktori ir auglība, ūdens režīms un temperatūra. Atbilstoši (Hagberg & Holmgren, 2008) pētījumiem mazauglīgos kūdreņos Zviedrijā CO₂ emisijas no augsnes ir 458 g CO₂ m⁻² gadā, bet auglīgos kūdreņos – 818 g CO₂ m⁻² gadā. Atbilstoši Zviedrijas dienvidos veiktiem pētījumiem CO₂ emisijas susinātos kūdreņos var būt 257-1111 g CO₂ m⁻² gadā. Neto CO₂ emisijas, ja ņem vērā krājas pieaugumu dzīvajā biomasā, atbilstoši Zviedrijā veiktu pētījumu rezultātiem auglīgos kūdreņos ir -690 ± 90 g m⁻² gadā, bet mazauglīgos kūdreņos -570 ± 70 g m⁻² gadā (Ojanen *et al.*, 2013a).

Pētījumi Somijā susinātās organiskās augsnēs liecina, ka vidējās CO₂ emisijas ir 190 ± 70 g m⁻² gadā auglīgos meža tipos un -70 ± 30 g m⁻² gadā nabadzīgos meža tipos. Tas nozīmē, ka auglīgos meža tipos uz organiskām augsnēm susināšana sekmē augsnes oglekļa zudumus (Ojanen *et al.*, 2013a). N₂O emisijas no augsnes meža tipos uz organiskām augsnēm atkarīgas no augsnes auglības un valdošās koku sugas. N₂O emisijas no neauglīgām susinātām organiskām augsnēm mežā atbilstoši Zviedrijā veiktiem pētījumiem ir 0,01 g N₂O m⁻² gadā, bet uz auglīgām organiskām augsnēm – 0,5 g N₂O m⁻² gadā (Hagberg & Holmgren, 2008). Kopumā meža meliorācija un mēslojums sekmē N₂O emisijas mežaudzēs uz auglīgām augsnēm, bet uz nabadzīgām augsnēm ietekme ir daudz mazāka. Priežu audzēs uz auglīgām susinātām organiskām augsnēm N₂O emisijas var pieaugt līdz 1 g N₂O m⁻² gadā. Somijā veiktā modelpētījumā, salīdzinot dažādas aprēķinu metodes N₂O emisiju novērtēšanā, konstatēts, ka vidējās emisijas Somijā ir 0,17-0,31 g N₂O m⁻² gadā (Klemedtsson *et al.*, 2005). Puse no N₂O emisijām no susinātām kūdras augsnēm meža zemēs Somijā veidojas auglīgajos meža tipos (Vymazal, 2008).

N₂O emisiju mērījumi ziemā liecina, ka, pazeminoties temperatūrai, N₂O emisijas būtiski palielinās; līdz 3 g N₂O un vidējās N₂O emisijas gada griezumā atkarīgas no tā, vai tiek ņemtas vērā ziemas emisijas.

Somu pētījumos konstatēts, ka kopējās N₂O un CH₄ emisijas mežaudzēs uz auglīgām susinātām organiskām augsnēm ir 40 ± 10 g CO₂ ekv. m⁻² gadā, bet uz nabadzīgām augsnēm – 20 ± 5 g CO₂ ekv. m⁻² gadā (Ojanen *et al.*, 2013a). Citos somu pētījumos konstatēta negatīva eksponenciāla sakarība starp koksnes krāju un CH₄ emisijām uz susinātām kūdras augsnēm (Kari Minkinen, 2007). Audzes ar mazu krāju emitēja līdz 4 g CH₄ m⁻² gadā, bet audzēs ar lielu krāju CH₄ emisijas samazinājās, salīdzinot ar kontroli par līdz pat 1 g CH₄ m⁻² gadā. Pagrieziena punkts, kad sāk veidoties negatīvas CH₄ emisijas, ir 140 m³ ha⁻¹ krāja. Līdzīga sakarība konstatēta arī mežaudzēs uz dabiski mitrām augsnēm, taču tā nav tik izteikta. Vidējās ikgadējās CH₄ emisijas no susinātām organiskā meža augsnēm ir negatīvas, t.i. var uzskatīt, ka susinātas organiskas meža augsnes ir CH₄ piesaistes avots neatkarīgi no kopējās krājas, ja vien susināšana ir bijusi pietiekoši efektīva (Kirkinen & Minkinen, 2007). Dažus gadus vēlāk veiktos pētījumos konstatētas neto CH₄ emisijas no ombrotrofiem un minerotrofiem purviem, attiecīgi, $1,24 \pm 1,64$ g CH₄ m⁻² gadā un $0,59 \pm 1,36$ g m⁻² gadā (Maljanen *et al.*, 2010). Tajā pašā pētījumā maksimālais konstatētais CH₄ emisiju samazinājums, salīdzinot ar kontroli, bija 0,82 g CH₄ m⁻² gadā. Neskatoties uz to lielākā daļa susināto organisko augšņu turpina radīt CH₄ emisijas. CH₄ veidojas galvenokārt meliorācijas grāvjos. Somijā CH₄, kas veidojas organisko augšņu meliorācijas sistēmās, ir 4,5 % no kopējām emisijām no susinātām organiskām meža augsnēm (Maljanen *et al.*, 2010). Emisijas no grāvjiem ir atkarīga no to tehniskā stāvokļa. Ja grāvjos veidojas intensīva veģetācija, tie kļūst par CH₄ emisiju avotu, bet, ja grāvjos nekas neaug, CH₄ emisijas neveidojas. Zviedrijā veiktos pētījumos secināts, ka CH₄ emisijas no mazauglīgām susinātām organiskām augsnēm ir nenozīmīgas, bet no auglīgām augsnēm – vidēji 2 g CH₄ m⁻² gadā (Hagberg & Holmgren, 2008). Ilglaicīgos novērojumos konstatēts, ka vidēji 35 gadu laikā CH₄ emisijas no susinātām kūdras augsnēm ir no 0,82 līdz 3,5 g CH₄ m⁻² gadā (Alm *et al.*, 2007).

SEG emisijas pēc kūdras atradņu rekultivācijas

Kūdras atradņu rekultivācijas jautājums aktualizējies pēdējā desmitgadē sakarā ar nepieciešamību samazināt SEG emisijas. Daļa no šīm metodēm jau diskutētas iepriekšējās nodaļās (SEG emisijas no dabiskiem purviem un SEG emisijas mežos uz susinātām organiskām augsnēm). Šajā nodaļā detalizētāk raksturotas 2 izplatītākās metodes – kūdras atradņu apmežošana un teritorijas pārpurvošana.

Pārpurvošana

Kūdras atradņu pārpurvošana, paaugstinot gruntsūdens līmeni, ir lētākais rekultivācijas risinājums. Pamatideja ir atgriezt sākotnējo mitruma režīmu, pieņemot, ka turpmākie purva veidošanās procesi sāksies paši no sevis. Pārpurvošana var palēnināt organisko vielu mineralizāciju un samazina CO₂ emisijas, bet sekmē anaerobu apstākļu veidošanos un CH₄ emisijas. Vairumā gadījumu ilgtermiņā pārpurvotās teritorijas kļūst par oglekļa piesaistes avotu, lai gan ir salīdzinoši maz pētījumu, kas varētu apstiprināt šo pieņēmumu vai sniegt tam skaitlisku raksturojumu.

Oglekļa piesaiste kūdrā pēc pārpurvošanas atbilst 80-362 g CO₂ m⁻² gadā (Hagberg & Holmgren, 2008); citos pētījumos konstatēts, ka CO₂ piesaiste ir vidēji 122 g m⁻² gadā (Kirkinen, Valtion teknillinen tutkimuskeskus, 2010). To, vai pārpurvotā teritorija kļūst par CO₂ piesaistes vai emisiju avotu, nosaka laiks kopš rekultivācijas uzsākšanas un veģetācijas pārklājums (Maljanen *et al.*, 2010). Somijā veiktos pētījumos konstatēts, ka 1975. gadā pamestās kūdras atradnes kļuva par CO₂ piesaistes avotu 2 gadus pēc rekultivācijas. Šis pats pētījums pierādīja, ka CO₂ piesaiste notiek tikai tad, ja gruntsūdens līmenis ir pietiekoši augsts un ir labvēlīgi klimatiskie apstākļi (Tuittila *et al.*, 1999). Ziemas laikā CO₂ emisijas nereti pārsniedz veģetācijas sezonā radušos piesaisti. Pirms 15 gadiem Somijā veiktos pētījumos konstatēts, ka, neatkarīgi no kūdras tipa pārpurvotās kūdras atradnes ir CO₂ emisiju avots; 594-1038 g m⁻² gadā minerotrofos purvos un 198-370 g m⁻² gadā ombrotrofos purvos (Tuittila *et al.*, 1999).

Pārpurvotās kūdras atradnes rada CH₄ emisijas $3,35 \pm 1,77$ g m⁻² gadā un CH₄ emisiju intensitāte atkarīga no laika, kas pagājis kopš rekultivācijas. N₂O emisijas rekultivētās atradnēs ir maz pētītas; pieejamie dati liecina, ka vidēji apmežotās kūdras atradnēs N₂O

emisijas ir 0,55 g m⁻² un, izmantojot mēslojumu, 2,0 g m⁻² gadā (Maljanen *et al.*, 2010). CH₄ emisijas strauji pieaug pēc pārpurvošanas, taču saglabājas zemākā līmenī, nekā no dabiskiem purviem (Tuittila *et al.*, 1999). Citos pētījumos konstatēts, ka pēc pārpurvošanas CH₄ emisijas atgriežas sākotnējā līmenī – aptuveni 17 g CH₄ m⁻² gadā (Alm *et al.*, 2007; Hagberg & Holmgren, 2008). Veģetācija sekmē CH₄ emisiju pieaugumu. Kanādas austrumos veiktos pētījumos konstatēts, ka pārpurvotās kūdras atradnēs ar spēcīgu veģetāciju CH₄ emisijas ir būtiski lielākas nekā dabiskos purvos (Basiliko *et al.*, 2007).

Meža ieaudzēšana

Apmežojot izstrādātas kūdras atradnes, augošais mežs nodrošinās CO₂ piesisti no atmosfēras, vienlaicīgi saglabājoties CO₂ emisijām, ko rada atlikušā kūdras slāņa mineralizācija. Respektīvi, neto CO₂ emisijas apmežotā kūdras atradnē atkarīgas no mežaudzes produktivitātes, atstātā kūdras slāņa biezuma un aprēķinu perioda ilguma. Ja aprītē ietver vairākas kokaudžu rotācijas, papildus CO₂ piesaisti veido koksnes produkti un aizstātais fosilais kurināmais. Tomēr visbiežāk aprēķinos izmanto 1 rotāciju (vidēji 85 gadi), jo tieši pirmā koku paaudze rada vislielāko ietekmi uz CO₂ emisijām rekultivētajā platībā. CO₂ emisiju un piesaiste bilance atkarīga arī no laika apstākļiem un meža ieaudzēšanas paņēmiena. Ja mežs rekultivētajā platībā ienāk dabiskās apmežošanas rezultātā, tad neto CO₂ emisijas var būt mazākas, nekā tad, ja pirms meža ieaudzēšanas veic augsnes sagatavošanu, sajaucot minerālaugsnī un kūdras slāni (Alm *et al.*, 2007). Tajā pat laikā mērķtiecīga meža ieaudzēšana, veicot augsnes sagatavošanu, nodrošina būtiski lielāku krājas pieaugumu, attiecīgi, CO₂ piesaisti dzīvajā biomasā.

Atbilstoši Somijā un Zviedrijā veiktiem pētījumiem CO₂ emisijas no apmežotām kūdras atradnēm ir vidēji 1397 g m⁻² gadā (1008-1756 g m⁻² gadā), CH₄ emisijas – -0,05 g m⁻² gadā (-0,03-0,09 g m⁻² gadā) un N₂O emisijas – 0,15 g m⁻² gadā (0,02-0,75 g m⁻² gadā). Emisijas no rekultivētām kūdras atradnēm, kas transformētas aramzemēs ir līdzīgas emisijām no meža zemēm, izņemot N₂O emisijas, kas aramzemēs ir būtiski lielākas (Mhkiranta *et al.*; Alm *et al.*, 2007).

Somijā veiktos pētījumos konstatēts, ka N₂O un CH₄ emisijas nemainās būtiski pēc apmežošanas un augsne turpina emitēt CH₄, lai gan emisiju apjoms ir niecīgs. Ja apmežo kūdras atradnes, ko pirms tam izmantoja kā aramzemes, meža ieaudzēšana ilgtermiņā var būtiski samazināt neto emisijas no rekultivētajām atradnēm, salīdzinot ar citiem apsaimniekošanas scenārijiem (Mäkiranta *et al.*, 2007).

Neskartos purvos N₂O emisijas parasti ir nelielas un gruntsūdens līmeņa pazemināšana palielina N₂O emisijas. N₂O emisijas no izstrādātām kūdras atradnēm parasti būtiski neatšķiras no N₂O emisijām no mežiem uz organiskām susinātām augsnēm un kultivētām organiskām augsnēm. Skāba augsne, liela nitrātu koncentrācija un zems gruntsūdens līmenis ir galvenie priekšnosacījumi palielinātām N₂O emisijām. Tas liecina, ka meža ieaudzēšana un mežaudzes vecums neietekmē N₂O emisijas, ja vien pārējie faktori nemainās. Vidējās N₂O emisijas Somijas skujkoku mežos uz kūdras augsnēm ir 0,86 ± 0,73 g m⁻², bet lapkoku mežos – 1,00 ± 1,12 g m⁻² gadā. Pat vairākus gadu desmitus pēc apmežošanas N₂O emisijas no organiskām augsnēm var saglabāties tikpat augstā līmenī, kā tajā laikā, kad tās izmantoja lauksaimniecībā (Maljanen *et al.*, 2012). Pretēji rezultāti iegūti pētījumos Zviedrijā, kur konstatēts, ka N₂O emisijas 45 gadu laikā pēc apmežošanas samazinās no 0,15 g m⁻² līdz 0,06 g m⁻² (Hagberg & Holmgren, 2008). Arī citos pētījumos konstatēts, ka ilgākā laikā pēc apmežošanas N₂O emisijas samazinās (Alm *et al.*, 2007; Saarnio *et al.*, 2007).

Mežaudzes produktivitāte ir svarīgākais faktors, kas nosaka, cik lielā mērā kūdras ieguves laikā radušās SEG emisijas varēs kompensēt ar CO₂ piesaisti dzīvajā biomasā. Savukārt, mežaudžu produktivitāti nosaka, cik biezs kūdras slānis atstāts uz lauka, cik efektīva ir meliorācijas sistēma, cik daudz barības vielu pieejams augiem un pielietotajiem mežsaimniecības paņēmieniem. Zviedru kūdras izmantošanas dzīves cikla analīzes pētījumos pieņemta, ka vidējās ikgadējās krājas izmaiņas ir 7,1 m³ ha⁻¹ gadā, kas kopumā 85 gadu laikā rada vidēji 820 g CO₂ m⁻² gadā piesaisti. Dažādos pētījumos ir pretrunīgi vērtējumi par apmežošanas ietekmi uz neto CO₂ emisijām izstrādātajās kūdras atradnēs. Ir pētījumi, kas apliecina, ka pēc 30 gadu vecuma sasniegšanas CO₂ piesaiste biomasā kompensē augsnes

emisijas (Lohila *et al.*, 2007), bet citos pētījumos pierādīts, ka, neskatoties uz būtisko neto CO₂ emisiju samazinājumu, apmežotās organiskās augsnes turpina būt par neto CO₂ emisiju avotu (Lohila, 2008).

SEG inventarizācijas vadlīniju metodika meliorācijas efekta novērtēšanai meža zemēs

Atbilstoši 2006. gada SEG inventarizācijas vadlīnijām 1. līmeņa (tier 1) metodikā paredzēta tikai susinātu organisko augšņu radīto CO₂ emisiju rēķināšana (oglekļa uzkrājuma izmaiņas), jo zināšanas par ne-CO₂ emisijām ir nepilnīgas un atbilstoša metodika vēl nav izstrādāta. Organisko augšņu susināšanas radītās CO₂ emisijas rēķina, izmantojot vadlīniju vienādojumu Nr. 2.26, kurā paredzēta klimatiskajam reģionam atbilstoša oglekļa uzkrājuma koeficienta pielietošana, pareizinošs to ar susināto organisko augšņu platību. Izmantojot zemes lietojuma izmaiņām apkopotus statistikas datus (1. pieeja atbilstoši vadlīnijām), šajā aprēķinā iekļaujamas arī zemes, kas transformētas par mežu.

Otrā līmeņa metodikā izmanto to pašu vienādojumu ar precizētiem emisiju koeficientiem, detalizētāku sadalījumu klimatiskajos reģionos vai meža tipoloģijas vienībās.

Trešā līmeņa metodika paredz CO₂ emisiju noteikšanu, atkarībā no saimnieciskās darbības īpatnībām, augsnes pamatmateriāla īpašībām un klimatiskajiem datiem (hidroloģiskais režīms, zemes virsas temperatūra). Aprēķins ietver arī galveno traucējumu, piemēram, ugunsgrēku, ietekmi.

Pirmā līmeņa aprēķinos izmantojamais oglekļa uzkrājuma izmaiņu koeficients dots vadlīniju Tabulā 4.6; mērenās joslas mežos – 0,68 tonnas C ha⁻¹ gadā (Eggleston *et al.*, 2006a).

Otrā līmeņa metodika paredz valstij specifisku emisiju koeficientu izmantošanu. Raksturīgākais risinājums 2. līmeņa emisiju koeficientu izstrādāšanai ir CO₂ emisiju noteikšana dažādos meža tipos, saimnieciskās darbības intensitātes ietekmes uz CO₂ emisijām analīze un detalizētāks dalījums klimatiskajos reģionos. Detalizētākas aprēķinu sistēmas izveide jāpamato ar empīriskiem datiem, kas pierāda būtisku atšķirību starp dažādām apsaimniekošanas sistēmām vai meža tipiēm. Tāpat, jāņem vērā, ka mežizstrāde īslaicīgi palielina gruntsūdens līmeni, radot īpatnēju vidi, kurā saglabājas lielas CO₂ emisijas un pieaug arī CH₄ emisijas.

Trešā līmeņa metodikā neizmanto konstantus emisiju koeficientus, bet izstrādā dinamiskus modeļus, kas raksturo dažādu faktoru mijiedarbību susinātās organiskās augsnēs.

Pirmā līmeņa aprēķinu sagatavošanā mežu nesadala apsaimniekošanas sistēmās, tomēr nepieciešams dalījums klimatiskajos reģionos un augšņu tipu grupās, kas ļauj identificēt organiskās augsnes. Latvijas apstākļos augšņu tipu grupas aizstājamas ar meža tipiēm. Emisijas no organiskajām augsnēm rēķināmas kūdreņu meža tipiēm.

Otrā līmeņa aprēķinos izdala meža apsaimniekošanas sistēmas, meža tipus vai traucējumu režīmu, kas atbilst nacionālajiem emisiju koeficientiem organiskajām augsnēm. Piemēram, apsaimniekošanas režīms ir drenāžas sistēmas stāvoklis. Visefektīvākais risinājums ir apsaimniekošanas sistēmu dalīšana atbilstoši empīriski iegūtiem datiem, kas demonstrē būtiskas oglekļa uzkrājuma izmaiņu atšķirības izdalītajās kategorijās. Latvijā šāds dalījums atbilst kūdreņu edafiskās rindas struktūrai. Otrā līmeņa aprēķinu ievades datiem prasa smalkāku klimatisko reģionu iedalījumu, salīdzinot ar pirmā līmeņa metodiku.

Trešā līmeņa aprēķinu metodikā izmanto dinamiskus modeļus vai mērījumu datus. Trešā līmeņa aprēķinu metodikas pazīmes ir klimatisko reģionu, teritorijas topogrāfijas, augsnes un apsaimniekošanas režīma datu izmantošana, kas var būt tikpat detalizēti vai detalizētāki, nekā otrā līmeņa aprēķinos.

Oglekļa uzkrājuma izmaiņu aprēķinus organiskajām meža augsnēm veic 3 etapos:

1. nosaka susināto organisko augšņu platību apsaimniekotajos mežos katrā klimatiskajā zonā katrā pārskata gadā vai pārskata perioda pēdējā gadā, piemēram, emisijas laika

posmam starp 1990. un 2000. gadu nosaka, pamatojoties uz zemes izmantošanu 2000. gadā, ja par pārējiem gadiem šajā laika posmā nav informācijas;

2. izvēlas (izstrādā) atbilstošu CO₂ emisiju koeficientu (ja nav pieejami nacionālie koeficienti, izmanto Vadlīniju Tabula 4.6 iekļautos koeficientus, Eggleston et al., 2006b);
3. aprēķina emisijas reizinot platību ar emisiju koeficientu un saskaitot dažādu apsaimniekošanas sistēmu vai klimatisko reģionu radītās emisijas.

CO₂ emisijas no organiskajām augsnēm aprēķina atbilstoši Vadlīniju 2.26 vienādojumam (1. formula).

$$L_{\text{organiskajās augsnēs}} = \sum_c (A * EF)_c$$

$L_{\text{organiskajās augsnēs}}$ – ikgadējās oglekļa uzkrājuma izmaiņas organiskajās augsnēs, tonnas C gadā; (1)

A – klimatiskajai zonai c atbilstošā meža platība, ha;

EF – klimatiskajai zonai c atbilstošs emisiju koeficients, tonnas C ha⁻¹ gadā.

N₂O emisiju aprēķinu metodika Vadlīnijās ir vispārīga. Aprēķinos meža zemēm var izmantot Vadlīniju vienādojumu 7.7 (2. formula). Emisiju koeficienti auglīgām pārejas un zemo purvu kūdras augsnēm atbilstoši vadlīniju 11.1 tabulai ir 0,6 kg N₂O-N ha⁻¹ gadā, bet augsto purvu kūdras augsnēm – 0,1 kg N₂O-N ha⁻¹ gadā

$$N_2O_{\text{organiskās augsnes}} = \left(A_{\text{organiskās augsnes}} * EF_{N_2O-N_{\text{organiskās augsnes}}} \right) * \frac{44}{28} * 10^{-6}; \text{ kur}$$

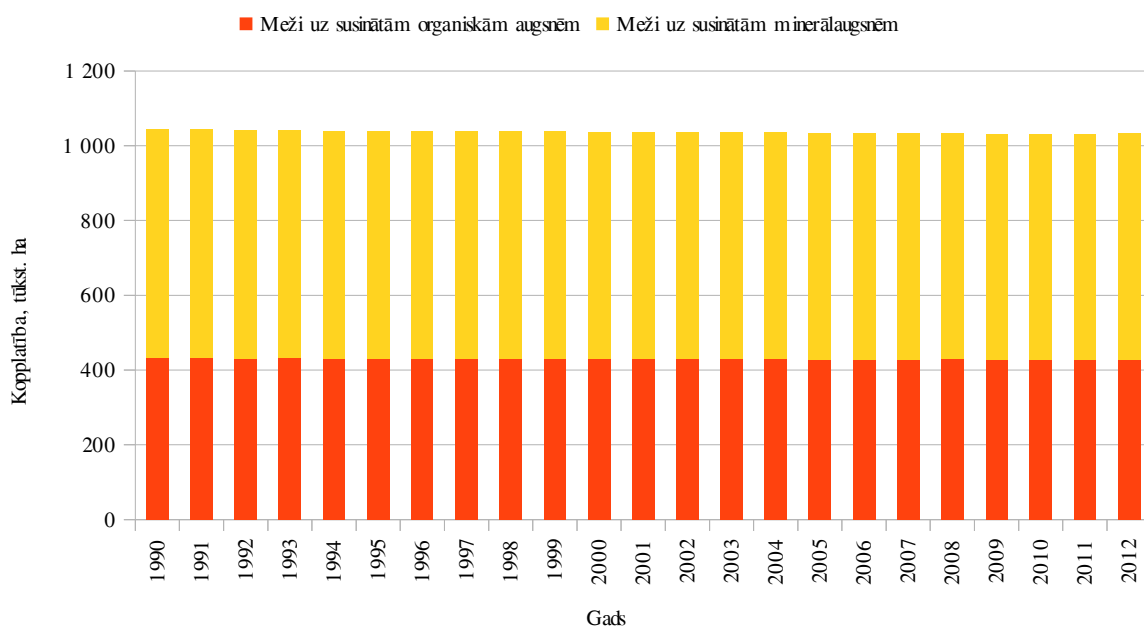
$N_2O_{\text{organiskās augsnes}}$ – N₂O emisijas no apsaimniekotajiem organiskajām augsnēm, Gg N₂O gadā;

$A_{\text{organiskās augsnes}}$ – susināto organisko augšņu platība, ha;

$EF_{N_2O-N_{\text{organiskās augsnes}}}$ – emisiju koeficients susinātām organiskām augsnēm, kg N₂O – N ha⁻¹ gadā (kūdras atradnēs pārejas un zemo purvu augsnēs 1,8).

SEG emisijas no susinātām organiskām augsnēm Latvijas SEG inventarizācijas pārskatā

Latvijā ir aptuveni 1050 tūkstoši ha nosusinātu mežaudžu. No tiem 425 tūkstoši ha atrodas uz susinātām organiskām augsnēm un pārējās platības uz susinātām minerālaugsnēm. Pēdējo 22 gadu laikā nosusināto mežu platību daudzums ir saglabājies aptuveni vienādā līmenī, jaunu platību nosusināšana praktiski nenotiek. Statistika par nosusinātajām mežu platībām un to dinamiku laika gaitā Latvijas teritorijā apskatāmas Att. 3.



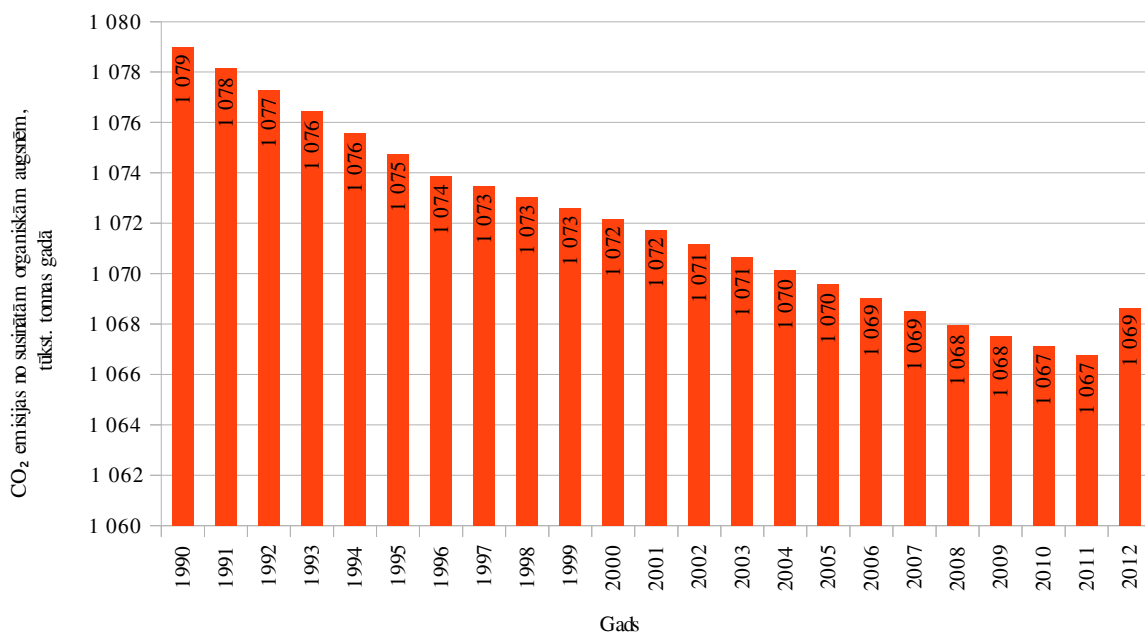
Att. 3: Susināto mežu platība SEG inventarizācijā (Latvian Environment, Geology and Meteorology Centre, 2014).

SEG inventarizācijas pārskatā izmantotie SEG emisiju koeficienti ir apkopti Tab. 1. Turpmāk redzamiem datiem aprēķināti izmantojot šos koeficientus.

Tab. 1: SEG inventarizācijas pārskatā izmantotie SEG emisiju koeficienti

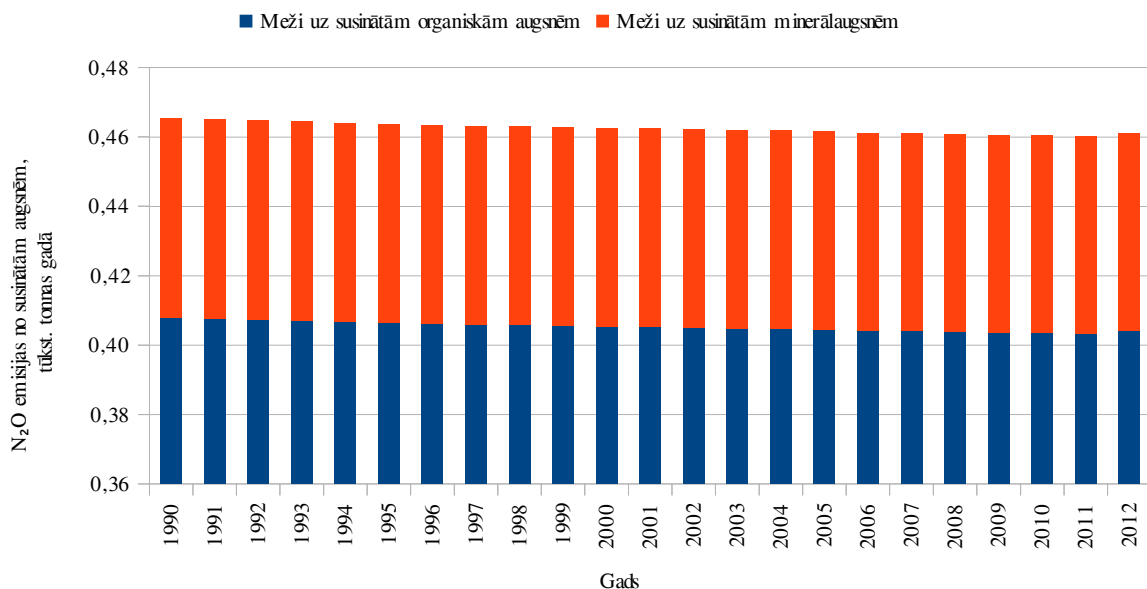
CO ₂ emisijas no augsnes	
Emisijas faktors, tonnas C ha ⁻¹ gadā	0,20
N ₂ O CO ₂ ekvivalentos	310,00
N ₂ O emisijas no augsnes	
Emisijas faktors, kg N ₂ O-N ha ⁻¹ gadā	0,10
Koeficients – no N uz N ₂ O	1,57
Kopīgie koeficienti	
Oglekļa saturs kūdrā	0,54
Mitruma saturs	40%

Dati par CO₂ emisijām SEG inventarizācijas pārskatā no susinātām organiskām augsnēm apskatāmi Att. 4. Ikgadējās vidējās emisijas atbilst apmēram 1070 tūkstošiem tonnas gadā. Laika gaitā no 1990. gada līdz 2012. gadam aprēķinātās CO₂ emisijas ir nedaudz sarukušas, no 1079 līdz 1069 tūkstošiem tonnas gadā.

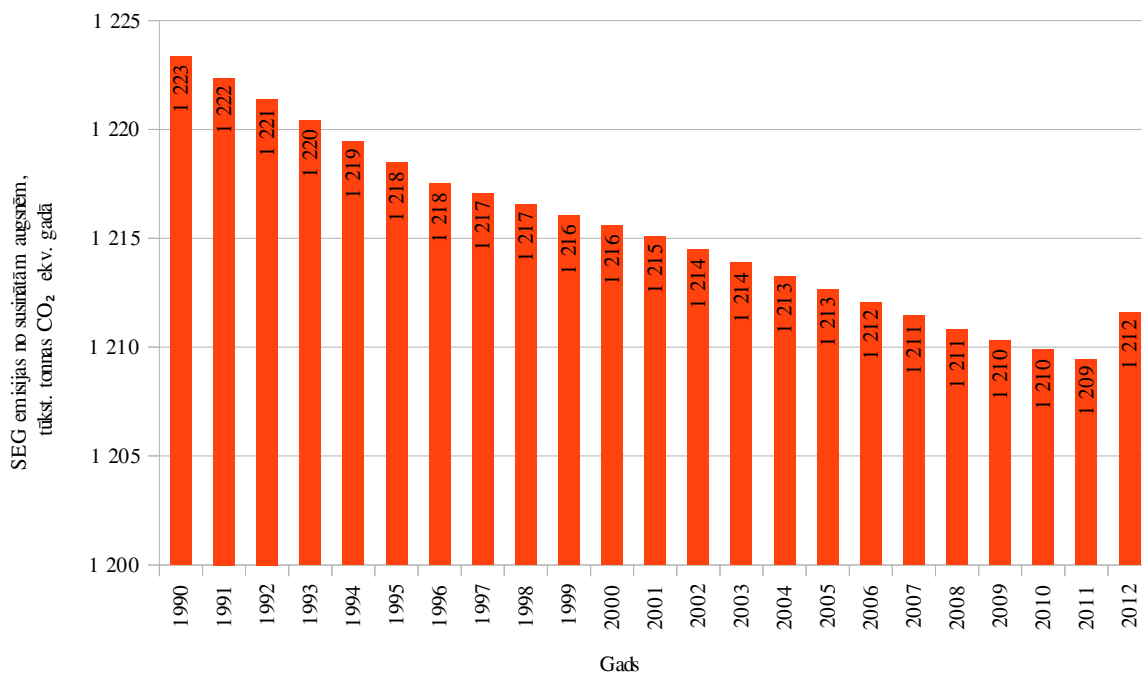


Att. 4: CO₂ emisijas no susinātām organiskām augsnēm (Latvian Environment, Geology and Meteorology Centre, 2014).

Ik gadu NO₂ emisijas Latvijā pārsniedz 0,46 tūkstošus tonnas. Līdzīgi, kā CO₂ emisijas, arī NO₂ emisijas kopš 1990. gada ir samazinājušās. Lielāko daļu NO₂ emisiju rodas no susinātajām organiskajām augsnēm, kur emisijas ir aptuveni 0,40 tūkstoši tonnas, bet no susinātām minerālaugsnēm emisijas ir aptuveni 0,06 tūkstoši tonnas. Vidējās neto SEG emisijas no susinātām augsnēm ir 1215 tūkst. tonnas CO₂ ekv. gadā Att. 6. Tendence rāda, ka neto SEG emisiju daudzums samazinās.



Att. 5: N₂O emisijas no susinātām augsnēm.

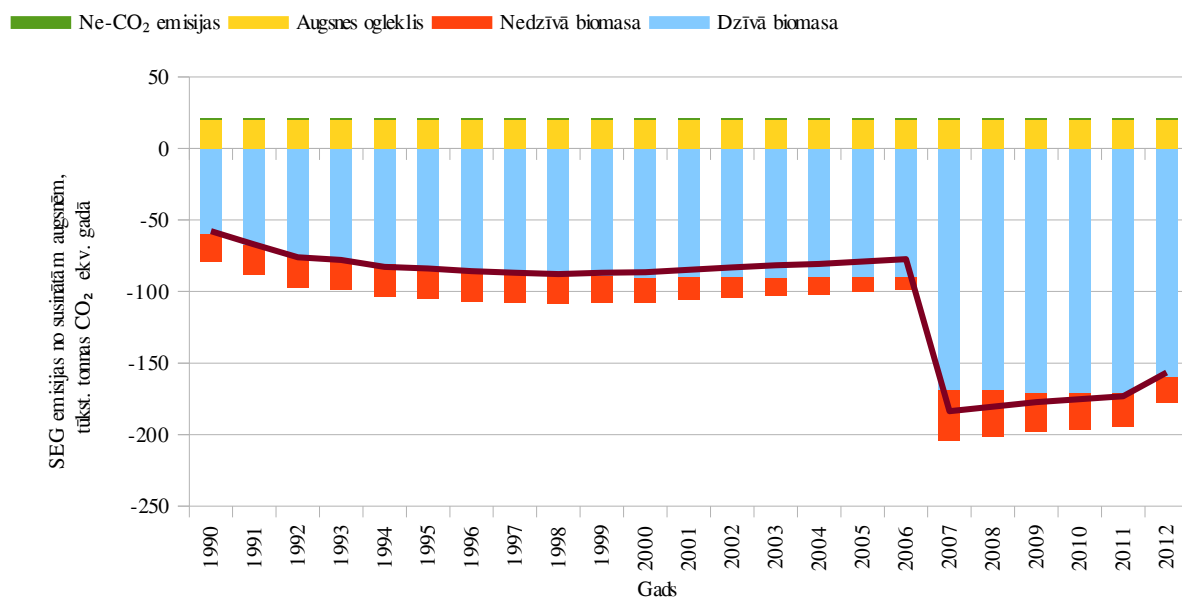


Att. 6: Neto SEG emisijas no susinātām augsnēm.

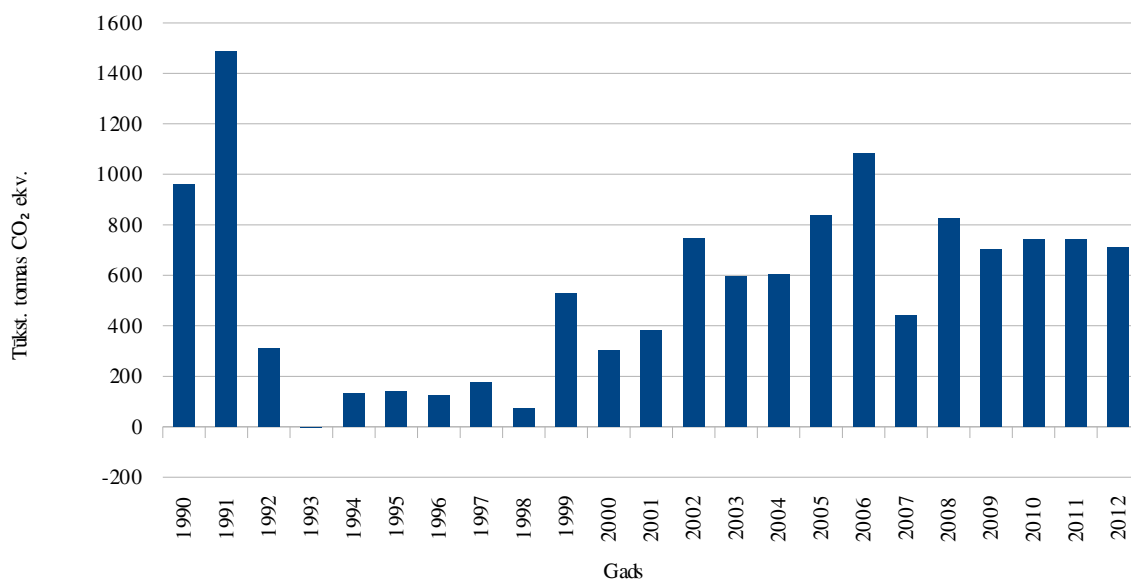
Lielu īpatsvaru emisiju sastāda emisijas no kūdras ieguves platībām. Attēlā Att. 7 aplūkotas SEG emisijas no visām mitrzemēm, izņemot kūdras ieguves platības. Galvenais emisiju avots ir augsnes oglekļa emisijas, nelielu daļu sastāda arī NO₂ emisijas. Ļoti būtiska loma SEG bilancē ir dzīvajai un nedzīvajai biomasai. Pēc SEG inventarizācijas datiem ogleklis, kas piesaistīts biomasā un pārrēķināts CO₂ ekv. gadā, SEG emisijas pārsniedz 8 reizes. Tādējādi radot pozitīvu SEG bilanci.

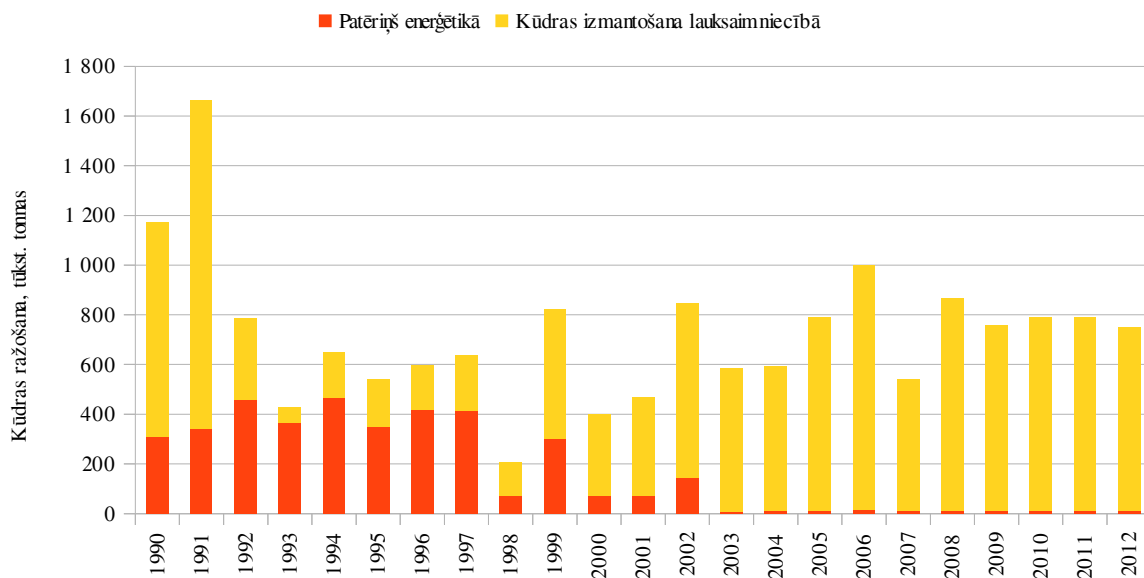
Ja datos tiek ieskaitītas arī kūdras izstrādes platības, tad kopējā situācija mainās būtiski. No SEG piesaistītāja mitrzemes kļūst par SEG emisiju avotu Att. 8. SEG emisijas atsevišķos gados sasniedz pat 1000 tūkst. CO₂ ekv. gadā. Kopējā SEG emisiju dinamika ir ļoti svārstīga un ļoti atkarīga no kūdras ieguves apjomiem. Tas uzskatāmi ir redzams salīdzinot attēlus Att. 8 un Att. 9. Pēdējos 20 gados vērojama SEG emisiju palielināšanās, kas saistāma ar ekonomiskās situācijas stabilizēšanos un uzlabošanos un prognozējamākiem kūdras ieguves apjomiem Latvijā, pēc tam kad SEG emisijas strauji samazinājās 1992. gada, Padomju Savienības sabrukuma rezultātā un izmaiņām valsts ekonomiskajā modelī.

No 1990. līdz 2002. gadam daļu saražotās kūdras izmantoja enerģētikā. Vairākus gadus pat vairāk kā puse visas saražotās kūdras nonāca enerģētikas sektorā. Tomēr pēc 1997. gada situācija strauji sāka mainīties arvien samazinoties kūdras īpatsvaram enerģētikā. Kopš 2002. gada gandrīz visa kūdra tiek izmantota lauksaimniecībā. Arī pēdējos gados šī situācija nav izmainījusies, joprojām lauksaimniecībai dominējot, kā galvenajam kūdras patērētājam.



Att. 7: SEG emisijas no mitrzemēm, neskaitot kūdras iegūvi.

Att. 8: SEG emisijas no mitrzemēm, ieskaitot kūdras ieguves radītās CO₂ emisijas.



Att. 9: Kūdras ieguves raksturojums.

Metodika

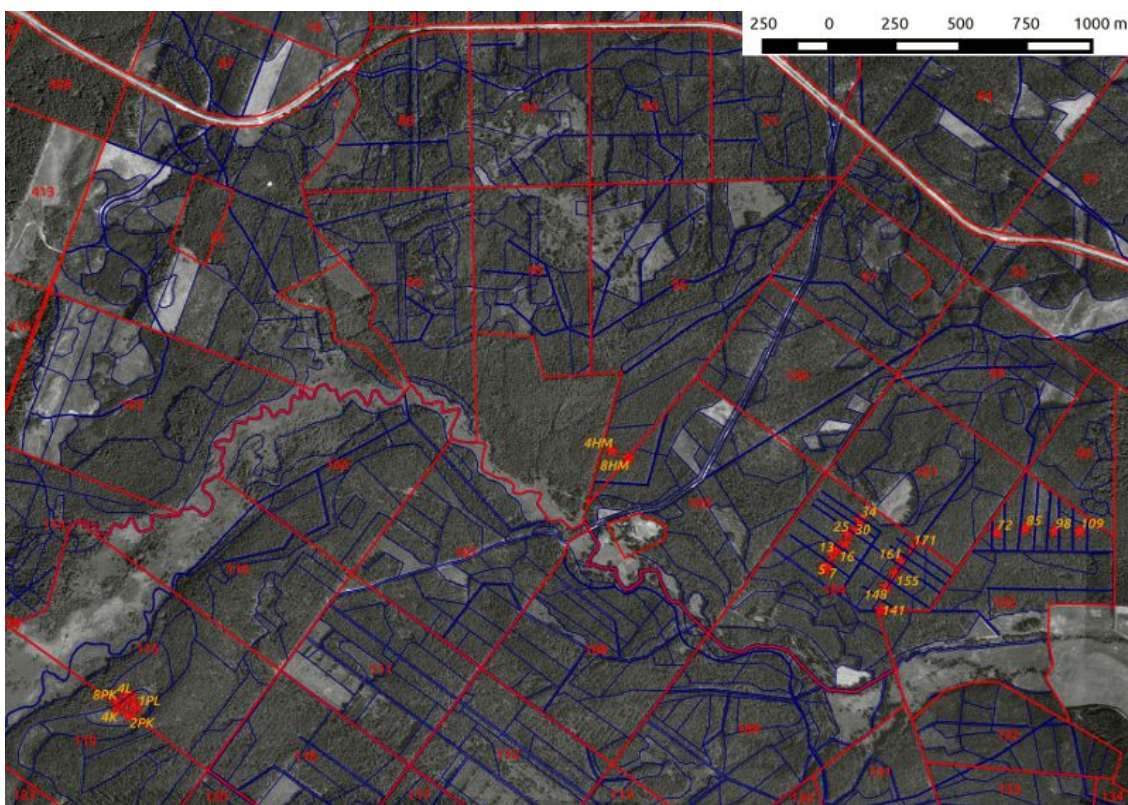
Pētījumu objektu raksturojums

Pētījumā ierīkoti 30 parauglaukumi. No tiem 20 atrodas nosusinātās platības (kūdreņi), 6 atrodas pārejas purvā un 4 niedrājā. Visu ierīkoto parauglaukumu galvenie raksturojošie rādītāji un koordinātas apkopotas Tab. 2.

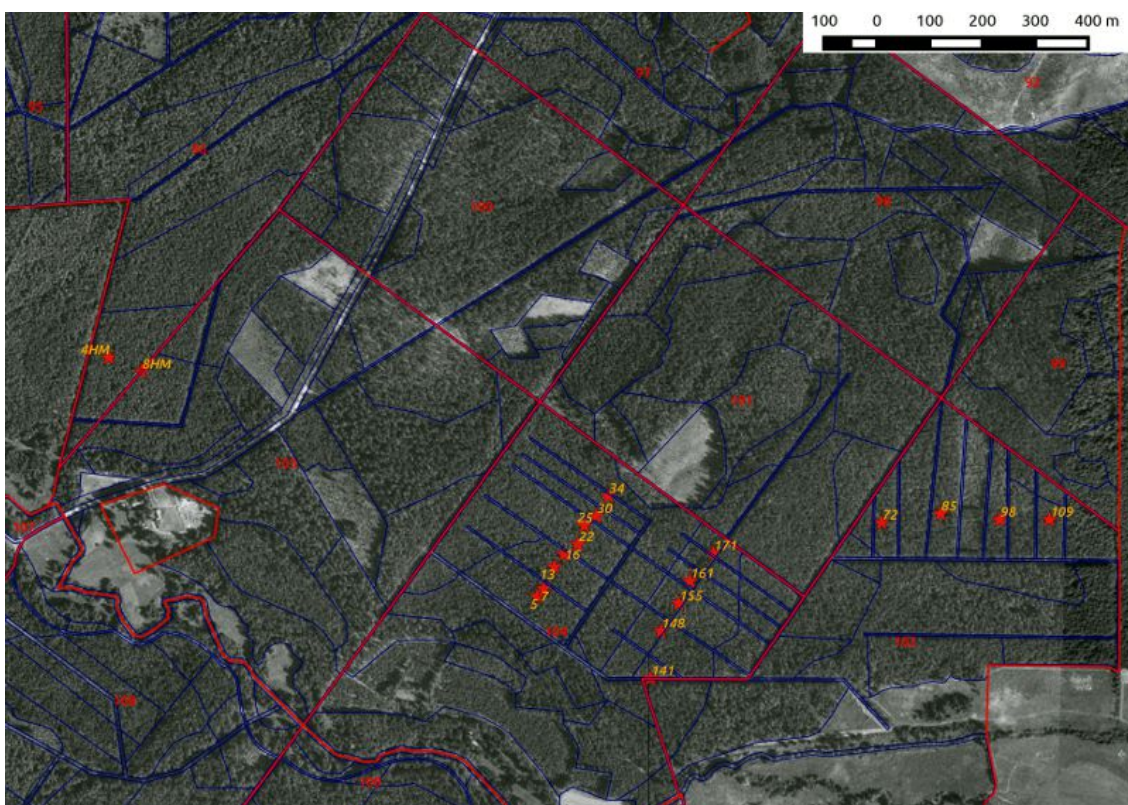
Parauglaukumu atrašanās vietas redzamas arī Att. 10, kur attēloti visi ierīkoti parauglaukumi, Att. 11, kur redzami parauglaukumi, kas ierīkoti kūdreņos, un Att. 12, kur redzami parauglaukumi, kas ierīkoti nenosusinātās platībās (kontroles objekti).

Tab. 2: Pētījumu objektu koordinātes un galvenie raksturojošie rādītāji

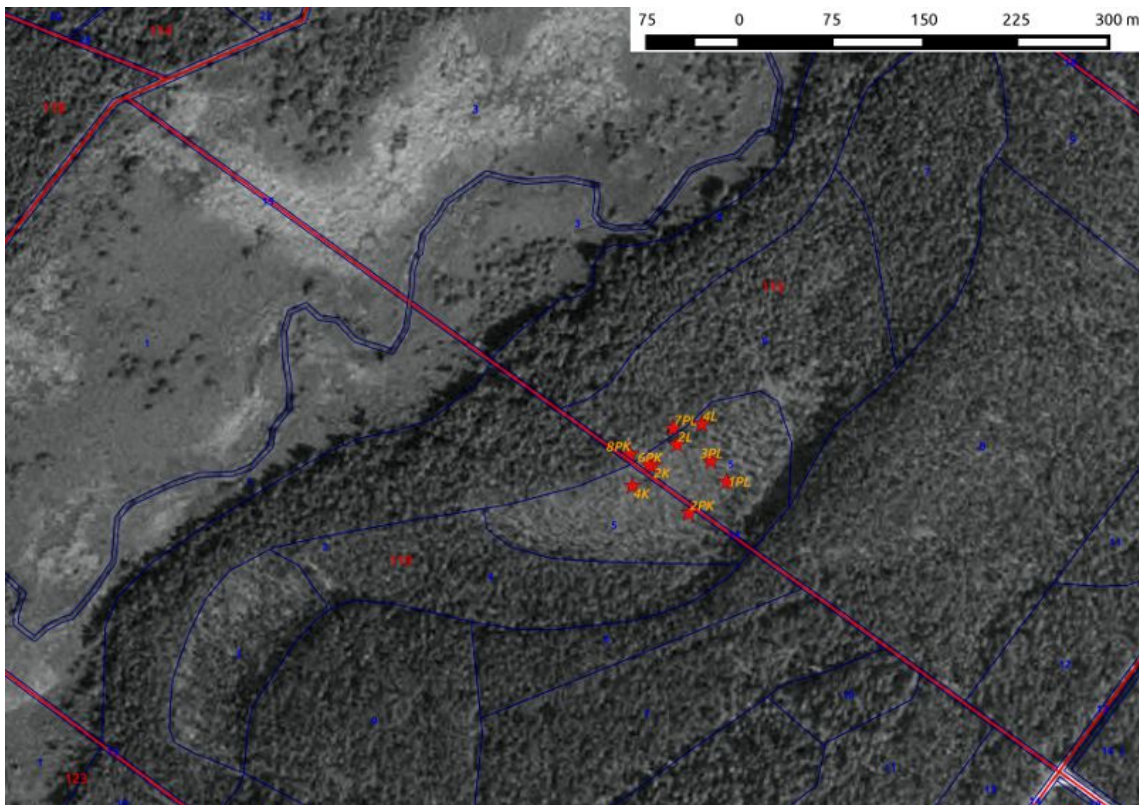
Parauglaukums	Augšanas apstākļi	Valdošā suga	Gruntsūdens līmenis, cm	Uzmērīšanas datums	Centra X koordināte	Centra Y koordināte
5	Kūdreņis	E	49	21.05.2014	56°42.196N	025°51.718E
7	Kūdreņis	E	32	29.05.2014	56°42.204N	025°51.731E
13	Kūdreņis	E	31	21.05.2014	56°42.226N	025°51.750E
16	Kūdreņis	P	21	21.05.2014	56°42.239N	025°51.768E
22	Kūdreņis	P	13	21.05.2014	56°42.249N	025°51.794E
25	Kūdreņis	E	12	22.05.2014	56°42.268N	025°51.806E
30	Kūdreņis	P	24	22.05.2014	56°42.278N	025°51.828E
34	Kūdreņis	E	12	22.05.2014	56°42.298N	025°51.850E
72	Kūdreņis	P	53	03.06.2014	56°42.27191N	025°52.35857E
85	Kūdreņis	E	46	03.06.2014	56°42.28051N	025°52.46715E
98	Kūdreņis	E	52	04.06.2014	56°42.27489N	025°52.57753E
109	Kūdreņis	P	59	04.06.2014	56°42.27444N	025°52.66935E
141	Kūdreņis	E	47	22.05.2014	56°42.113Z	025°51.929A
148	Kūdreņis	E	53	22.05.2014	56°42.161Z	025°51.948A
155	Kūdreņis	E	33	22.05.2014	56°42.189Z	025°51.981A
161	Kūdreņis	E	29	23.05.2014	56°42.212Z	025°52.002A
171	Kūdreņis	E	39	03.06.2014	56°42.24052N	025°52.04589E
12HM	Kūdreņis	P	91	04.06.2014	-	-
1PL	Purvs	E	6	05.06.2014	56°41.91275N	025°49.15183E
2K	Purvs	P	5	05.06.2014	56°41.91938N	025°49.09267E
2L	Purvs	P	15	05.06.2014	56°41.92841N	025°49.11109E
2PK	Purvs	P	4	05.06.2014	56°41.89826N	025°49.12136E
3PL	Purvs	E	7	05.06.2014	56°41.92149N	025°49.13811E
4HM	Kūdreņis	P	47	04.06.2014	56°42.43915N	025°50.92374E
4K	Purvs	P	3	05.06.2014	56°41.91076N	025°49.07662E
4L	Niedrājs	P	8	05.06.2014	56°41.93732N	025°49.13102E
6PK	Niedrājs	P	11	06.06.2014	56°41.91986N	025°49.08920E
7PL	Niedrājs	P	11	06.06.2014	56°41.93525N	025°49.10822E
8HM	Kūdreņis	P	51	04.06.2014	56°42.42590N	025°50.98492E
8PK	Niedrājs	P	12	06.06.2014	56°41.92400N	025°49.07413E



Att. 10: Objektu izvietojums Meža pētīšanas stacijas Kalsnavas novadā.



Att. 11: Susināto objektu izvietojums Meža pētīšanas stacijas Kalsnavas novadā.

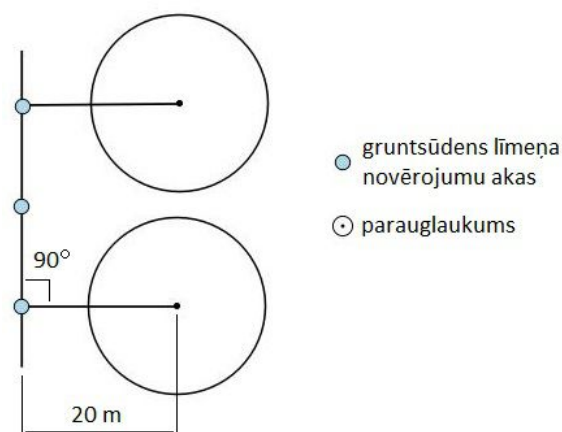


Att. 12: Kontroles objektu izvietojums Meža pētīšanas stacijas Kalsnavas novadā.

Lauka darbu metodika

Kokaudzes morfometrisko rādītāju uzskaitē

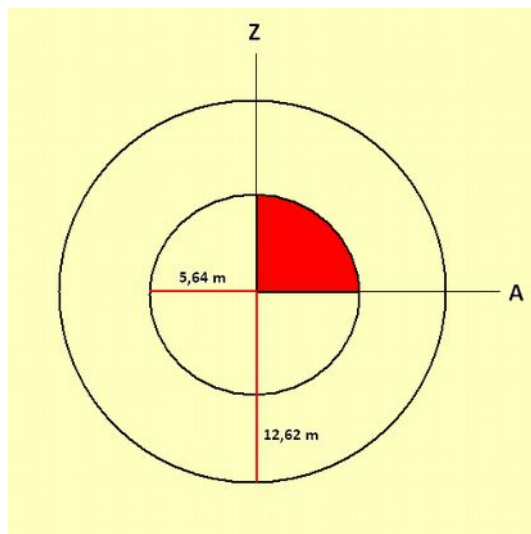
Lai noteiktu kokaudzes morfometriskos rādītājus, veikta koku dastošana parauglaukumos, kuri ierīkoti pie gruntsūdens līmeņa novērojumu akām gan pārejas purva nosusinātajā daļā, gan nenosusinātajā pārejas purvā. Parauglaukumi ierīkoti perpendikulāri 20 m attālumā no transekciem, uz kuriem atrodas gruntsūdens līmeņa novērojumu akas, skatīt Att. 13 .



Att. 13: Parauglaukumu ierīkošanas shēma.

Parauglaukumu lielums ir 500 m², rādiuss 12,62 m. Visā parauglaukumā uzskaitīti koki ar caurmēru > 14 cm, līdz 5,64 m attālumā no parauglaukuma centra uzskaitīti koki ar caurmēru

6 < 14 cm, bet 25 % no mazākā parauglaukuma (R = 5,64 m) virzienā no centra uz Z un A (0° - 90°) mērīti koki ar caurmēru 2 < 6 cm (Att. 14). Parauglaukumos ir noteikta koku suga, caurmērs un augstums.



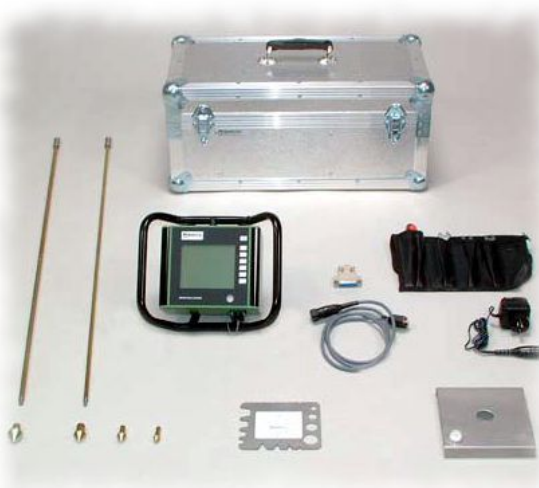
Att. 14: Kokaudzes morfometrisko rādītāju noteikšanai ierīkoto parauglaukumu shematisks attēlojums.

Tāpat, 500 m² parauglaukuma robežās uzskaitītas un uzmērītas visas kritālas, kuru resgaļa caurmērs ir vismaz 6 cm.

Augsnes penetrācijas pretestības noteikšana

Augsnes penetrācijas pretestība noteikta katrā parauglaukumā trīs dažādos punktos, kuri izvietoti – parauglaukuma centrā un 7 m pa labi un pa kreisi no parauglaukuma centra uz perpendikula, kas vizēts no gruntsūdens līmeņa novērojumu akām perpendikulāri transektam, uz kuras atrodas akas.

Penetrācijas pretestība noteikta ar firmas “Eijkelkamp” digitālo penetrologeri (Att. 15) līdz 80 cm dziļumam.



Att. 15: Eijkelkamp digitālais penetrologeris.

Zemes virsmas augstuma mērījumi

Zemes virsmas augstumu uzmērīšana 2014. gada jūlijā veikta ar optisko nivelieri SEOP DS32 (Att. 16). Augstuma atzīmes noteiktas gruntsūdeņu akām, kas iespiestas zemē līdz minerālaugšnes slānim, attiecīgi, to augstums virs jūras līmeņa ir konstants, un zemes virsai.



Att. 16: Pētījumā izmantotais nivelieris⁵.

Augsnes un nedzīvās biomasas paraugu ievākšana un uzmērīšana

Augsnes, zemsegas un sīko kritalu, kuru caurmērs resgalī mazāks par 6 cm, paraugi ievākti 3 vietās, kur veikti augsnes sablīvējuma mērījumi ar penetrologeru (parauglaukuma centrā un 7 m pa labi un pa kreisi no parauglaukuma centra). Sīkās kritalas ievāktas ar rokām uzlasot 1x1 m (1 m²) kvadrātveida parauglaukumos ar centru 7 m no 500 m² parauglaukuma centra un tā centrā.

Katrā 1x1 m laukumā pēc sīko kritalu ievākšanas, ievākts zemsegas paraugs no 100 cm² liela laukuma.

Augsnes paraugi ievākti ar augsnes tilpuma paraugu zondi ar 100 cm³ tērauda cilindru 0-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm un 40-80 cm dziļumā, vietā, no kuras paņemts zemsegas paraugs. Augsnes cilindru vertikāli iespiež augsnē, nemainot spiediena virzienu un neizmainot augsnes struktūru. Uzmanīgi izvelk augsnes cilindru un tā saturu, uzmanīgi apgriež lieko augsni abos cilindra galos. Paraugu ievieto noslēgtā maisiņā.

Laboratorijas darbu metodika

Augsnes un nedzīvās biomasas paraugu sagatavošana

Augsnes un zemsegas paraugus laboratorijā žāvē žāvskapī līdz nemainīgai masai 105 °C temperatūrā (vismaz 48 stundas). Pēc tam paraugus atdzesē eksikatorā un nosver tūlīt pēc izņemšanas no eksikatora. Par nemainīgu var uzskatīt masu, kas 4 h laikā mainās mazāk par 0,01% no parauga masas. Pēc augsnes paraugu izžāvēšanas tos samalī izmantojot dzirnavas IKA A 11 Basic.

⁵ <http://www.measurementsystems.co.ke/image/cache/data/seop/DS100-1000x1000.jpg>

Sīkās kritalas (koku stumbri un zari) uzglabā ledusskapī hermētiskā iepakojumā, dabiski mitru paraugu masu nosaka pēc iespējas ātrāk pēc parauga ievākšanas, lai maksimāli izslēgtu žūšanas radītu masas zudumu iespējamību. Paraugs žāvēts žāvskapī 105°C temperatūrā līdz nemainīgai absolūti sausai masai vismaz 3 dienas.

Augsnes un zemsegas blīvuma aprēķināšana

Zemsegas un augsnes blīvums aprēķināts (BD_s), izmantojot 3. vienādojumu:

$$BD_s = \frac{m_t - m_s}{V}$$

BD_s – augsnes blīvums, $g\ cm^{-3}$;

m_t – Petri plates, paraugu turētāja vai žāvēšanai piemērota konteineru masa

(3)

kopā ar absolūti sausa augsnes parauga masu, g ;

m_s – Petri plates, paraugu turētāja vai žāvēšanai piemērota konteineru masa, g ;

V – parauga tilpums, cm^3 .

Oglekļa satura noteikšana

Oglekļa saturu nosaka ar LECO CR-12 elementanalizatoru. Lieto gaissausu augsnes parauga frakciju ar daļiņu izmēru mazāku par 2 mm. Gaissausu augsnes vai augu materiāla paraugu ieber tīgelī un oksidē par oglekļa dioksīdu (CO₂), paraugu karsējot vismaz 900 °C temperatūrā skābekli saturošas gāzes plūsmā, kurā nav oglekļa dioksīda. Izdalīto CO₂ daudzumu mēra ar infrasarkanā detektēšanu. Infrasarkanā starojuma detektētā intensitāte ir tieši proporcionāla oglekļa saturam paraugā. Līdzīgi dara arī ar koksnes paraugiem. Tos nepieciešams samalt.

Kopējā oglekļa saturu absolūti sausā paraugā aprēķina, izmantojot 4. formulu:

$$WC_{kop.} = WC_{nolas.} \times 10 \times K_m$$

$WC_{kop.}$ – kopējā oglekļa saturs absolūti sausā paraugā, $g\ kg^{-1}$;

$WC_{nolas.}$ – kopējā oglekļa satura nolasījums no iekārtas, %;

(4)

K_m – mitruma koeficients, kas nepieciešams, lai rezultātus izteiktu uz absolūti sausu paraugu.

Augsnes pH noteikšana

Augsnes paraugiem noteikta augsnes aktīvā reakcija (pH-H₂O) un apmaiņas skābums (pH-CaCl₂). Augsnes pH noteikts potenciometriski augsnes suspensijā (tilpuma attiecība 1:5) dejonizētā ūdenī (pH-H₂O), vai 0,01 M kalcija hlorīda (pH-CaCl₂) šķīdumā. Lieto gaissausas augsnes paraugu vai ne augstāk par 40 °C temperatūrā žāvētas augsnes parauga frakciju, kas izsijāta caur sietu, kura acs izmērs ir 2 mm.

Augsnes aktīvās reakcijas (pH-H₂O) noteikšanas procedūra ir šāda: Nosver 5,0 g minerālaugsnes vai 1,5-2,5 g organiskās augsnes parauga (frakcija D < 2 mm), kas atbilst 5 mL tilpumam, un pārnes parauga glāzītē. Pielej 5 reizes lielāku tilpumu (25 mL) dejonizēta ūdens, suspensiju kārtīgi samaisa un gaida vismaz 2 h, bet ne ilgāk kā 3 h.

Apmaiņas skābuma (pH-CaCl₂) noteikšana: 1000 mL mērkolbā 1,47 g kalcija hlorīda dihidrāta (CaCl₂·2H₂O) vai 1,11 g bezūdens kalcija hlorīda (CaCl₂) izšķīdina 800 mL dejonizēta ūdens, mērkolbu uzpilda līdz atzīmei.

Tieši pirms pH mērīšanas suspensiju rūpīgi samaisa. Elektrodu noskalo ar ūdeni un iemērc paraugā. pH mēra, suspensijai nosēžoties. pH nolasa tad, kad sasniegta stabilizācija. Nolasījumu var uzskatīt par stabilu, ja mērītā pH vērtība 5 s laikā mainās ne vairāk kā par 0,02 pH vienībām. Vērtības pieraksta ar divām decimālzīmēm.

Datu apstrāde

Kokaudzes taksācijas rādītāju aprēķināšana

Taksācijas vidējo rādītāju noteikšanai izmantotas 5., 6., 7. un 8. formulas:

Kokaudzes valdošās sugas vidējais caurmērs D , cm:

$$D = \frac{\sum d_j^{vald}}{N}$$

d_j^{vald} – valdošās koku sugas j – tā koka caurmērs parauglaukumā, cm; (5)

N – valdošās koku sugas koku skaits parauglaukumā, gab.

Kokaudzes valdošās sugas vidējais augstums parauglaukumā H , m:

$$H = \sum \frac{h_j^{vald}}{N}$$

h_j^{vald} – valdošās koku sugas j – tā koka augstums parauglaukumā, m. (6)

Kokaudzes šķērslaukums G , m² ha⁻¹:

$$G = \sum \frac{\pi * d_j^2}{40000}$$

d_j – j – tā koka caurmērs parauglaukumā, cm. (7)

Kokaudzes krāja V , m³ ha⁻¹:

$$V = \sum (\lambda * d_j^2 * (h_j + 4))$$

λ – stumbra tilpīguma koeficients; (8)

h_j – j – tā koka augstums parauglaukumā, m.

Oglekļa uzkrājuma novērtēšana

Augsne un zemsega

Ogleklis augsnē un zemsegā aprēķināts, izmantojot datus par oglekļa saturu $g * kg^{-1}$ augsnes paraugā un blīvuma rādītājus:

$$C = c * \rho * V$$

c – oglekļa saturs, $g * kg^{-1}$; (9)

ρ – augsnes / zemsegas blīvums, $kg * m^{-3}$;

V – augsnes (0–80 cm) / zemsegas tilpums, $m^3 * ha^{-1}$.

Koku biomasa

Oglekļa uzkrājumi koku biomasā aprēķināti ar 10. vienādojumu.

$$C_b = B * c_{kr}$$

B – koka daļas biomasa, kg; (10)

c_{kr} – kritalu oglekļa saturs, priedei = 538,5; eglei = 499,1.

Koku stumbra, zaļo zaru, sauso zaru, celma, balstsakņu un mazo sakņu biomasa aprēķināta pēc 11. formulas. Aprēķinu koeficienti dažādām biomasas frakcijām doti Tab. 3.

$$B = a * D^b$$

a, b – biomasas vienādojuma koeficients ;
 D – koka caurmērs, cm.

(11)

Tab. 3: Biomasu vienādojumu koeficienti priedei un eglei (Lazdiņš *et al.*, 2013)

Koeficients	Priede		Egle	
	aa	b	a	b
stumbrs	2,940	0,020	2,820	0,040
zaļie zari	1,576	0,201	1,639	0,336
sausie zari	2,102	0,006	3,289	0,000
celms	2,442	0,007	2,698	0,004
balstsaknes	3,227	0,001	2,998	0,004
sīkās saknes	1,820	0,017	1,843	0,026

Sīkās kritālas

Oglekļa uzkrājumi sīkajās kritālās aprēķināti kā oglekļa satura un absolūti sausas masas reizinājums (12. vienādojums).

$$C_{skr} = c_{skr} * m_{skr}$$

c_{skr} – oglekļa saturs sīkajās kritālās, $g * kg^{-1}$;
 m_{skr} – masa sīkajās kritālās, kg.

(12)

Lielās kritālas

Lielo kritālu oglekļa uzkrājumi aprēķināti ar 13. vienādojumu.

$$C_{kr} = v_{kr} * c_{kr}$$

v_{kr} – kritālas tilpums, cm^3 ;
 c_{kr} – oglekļa saturs kritālās

(13)

Kritālas tilpums aprēķināts ar 14. vienādojumu atbilstoši konusa tilpuma aprēķinam.

$$v_{kr} = \frac{(\frac{\pi * d^2 * l}{4} + 3^2 + \frac{3 * d}{2})}{3}$$

d – kritālas caurmērs, cm;
 l – kritālas garums, cm.

(14)

Zemes virsmas augstuma izmaiņu novērtēšana

Zemes virsmas augstuma izmaiņas aprēķinātas, kā starpība starp sākotnējo augstumu un augstumu pēc nosusināšanas (15. vienādojums):

$$\Delta h = H - h$$

H – sākotnējais augstums, m.v.j.l.;
 h – augstums pēc nosusināšanas, m.v.j.l.

(15)

Datu statistiskā analīze

Vidējo vērtību būtiskuma noteikšanā izmantota Libreoffice Calc programmā iestrādātā funkcija CONFIDENCE, pēc kuras noteikti vidējo vērtību intervāli.

Korelācijas koeficienta noteikšanai izmantota Libreoffice Calc programmā iestrādātā funkcija CORREL.

Datu apstrādē izmantota daudzfaktoru lineārā regresijas analīze.

Rezultāti un to analīze

Pētījuma rezultāti

Kokaudzes taksācijas rādītāji

Galvenie kokaudzes taksācijas rādītāji – valdošās sugas caurmērs, augstums, koku skaits, vidējā viena koka krāja, kokaudzes šķērslaukums un krāja – valdošās sugas un augšanas apstākļu griezumā apkopoti Tab. 4. Rezultātos ir apskatīts arī blakus pārejas purvam esoša niedrāja augšanas apstākļiem atbilstoša platība.

Pētījuma rezultātā konstatētas būtiskas kokaudzes taksācijas rādītāju atšķirības starp nosusināto pārejas purva daļu un susināšanas neskarto daļu. Visi rādītāji, izņemot koku skaitu, būtiski lielāki nosusinātajā pārejas purva daļā. Laika posmā kopš 1960. gada, kad veikta meliorācija, līdz 2014. gadam valdošās koku sugas vidējais caurmērs un augstums ir pieaudzis, attiecīgi, līdz 22 cm un 19 m. Pārejas purvā šie rādītāji ir, attiecīgi, 8 cm un 9 m, un atbilstoši citu pētnieku publicētajiem datiem pēdējo 50 gadu laikā taksācijas rādītāji šajās platībās nav mainījušies (Zālītis *et al.*, 2012). Vidējais koku skaits uz hektāru susinātajās platībās ir vidēji 700 gab.*ha⁻¹, salīdzinot ar 1500 gab.*ha⁻¹ kontroles platībās. Vidējā audzes krāja kūdrenī ir sasniegusi 219 m³*ha⁻¹ ar vidējo koka tilpumu 0,4 m³ un audzes šķērslaukumu 23 m²*ha⁻¹. Pārejas purvā šie rādītāji, attiecīgi, ir 32 m³*ha⁻¹, 0,05 m³ un 5 m²*ha⁻¹.

Tab. 4: Galvenie taksācijas rādītāji valdošās sugas un augšanas apstākļu griezumā

Augšanas apstākļi	Valdošā suga	D, cm	H, m	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	Viena koka krāja, m ³	G, m ² ha ⁻¹	Krāja, m ³ ha ⁻¹
Kūdrenis	E	22	19	732	0,41	22	214
	P	22	19	745	0,38	24	227
	Vidēji	22	19	737	0,40	23	219
Niedrājs	P	15	16	1 150	0,17	11	91
Pārejas purvs	E	8	9	1 630	0,06	3	22
	P	8	10	1 400	0,05	5	38
	Vidēji	8	9	1 477	0,05	5	32

Kokaudzes taksācijas rādītājus transformācijai par biomasas uzkrājumu kokaudzē izmantoti biomasu pārrēķinu vienādojumi. Biomasu aprēķināta atsevišķi koku stumbriem, zariem, saknēm un celmiem (Tab. 5). Kopējā dzīvo koku biomasu kūdrenī ir 174 tonnas*ha⁻¹, kas ir gandrīz 6 reizes vairāk nekā pārejas purvā, kur kopējā dzīvo koku biomasu ir 31 tonnas*ha⁻¹. Lielākā daļa jeb 80 % biomasas ir koku virszemes daļa. Atlikušie 20 % biomasas uzkrāti pazemē – saknēs un celmos.

Tab. 5: Biomasu valdošās sugas un augšanas apstākļu griezumā

Augšanas apstākļi	Valdošā suga	Biomasu, tonnas ha ⁻¹						Kopā
		Stumbrs	Zaļie zari	Sausie zari	Balstsaknes	Mazās saknes	Celms	
Kūdrenis	E	95	37	2	26	5	11	178
	P	115	19	3	17	3	10	167
	Vidēji	103	30	3	22	5	11	174
Niedrājs	P	40	15	2	7	2	6	71
Pārejas purvs	E	7	16	0	3	2	2	30
	P	14	10	1	3	1	3	31
	Vidēji	12	12	1	3	2	2	31

Būtiski lielāka dzīvo koku biomasa kūdrenī ir veicinājusi organisko vielu uzkrāšanos kritālās (Tab. 6). Parauglaukumu uzmērīšanas laikā (2014. gadā) kritalu biomasa kūdrenī ir 7,02 tonnas*ha⁻¹, niedrājā 0,08 tonnas*ha⁻¹ un pārejas purvā 0,05 tonnas*ha⁻¹. Sevišķi daudz kritalu kūdrenī konstatēts parauglaukumos ar valdošo sugu egli, kur kritalu biomasa ir 9,53 tonnas*ha⁻¹, salīdzinot ar 3,24 tonnām*ha⁻¹ parauglaukumos, kur valdošā suga ir priede.

Tab. 6: Lielo kritalu krāja un biomasa valdošās sugas un augšanas apstākļu griezumā

Augšanas apstākļi	Valdošā suga	Kritalu krāja, m ³ ha ⁻¹	Kritalu biomasa, tonnas ha ⁻¹
Kūdreņis	E	30,54	9,53
	P	16,94	3,24
	Vidēji	25,1	7,02
Niedrājs	P	0,41	0,08
Pārejas purvs	E	0	0
	P	0,4	0,08
	Vidēji	0,27	0,05

Augsnes penetrācijas pretestība

Augsnes penetrācijas pretestība norāda, kāds spēks ir jāpielieto uz laukuma vienību, lai caurdurtu augsnes slāni. Tas ļauj izdarīt secinājumus par augsnes sablīvēšanās un struktūras izmaiņām, kā arī augsnes nestspēju, piemēram, mežizstrādes laikā. Pētījumā penetrācijas pretestības mērījumu veikšanas mērķis ir noskaidrot, kādā dziļumā izzūd atšķirība starp susinātajiem un kontroles objektiem. Penetrācijas pretestības mērījumu rezultāti apkopoti Tab. 7.

Pētījumā konstatēts, ka augsnes penetrācijas pretestība augsnes virskārtā (0-10 un 10-20 cm), kūdrenī ir būtiski mazāka, salīdzinot ar susināšanas neietekmētajām platībām. Kūdrenī vidējā penetrācijas pretestība 0-10 cm dziļumā ir 0,52 Mpa un 10-20 cm dziļumā – 0,47 MPa, niedrājā, attiecīgi, 0,70 Mpa un 0,76 Mpa, bet pārejas purvā 0,68 Mpa un 0,81 Mpa. Dziļākos augsnes slāņos (20-40 un 40-80 cm) augsnes penetrācijas pretestība susinātajās un kontroles audzēs būtiski neatšķiras. Penetrācijas pretestības atšķirības dažādos parauglaukumos un atkarībā no valdošās sugas susinātajās un kontroles platībās netika konstatētas.

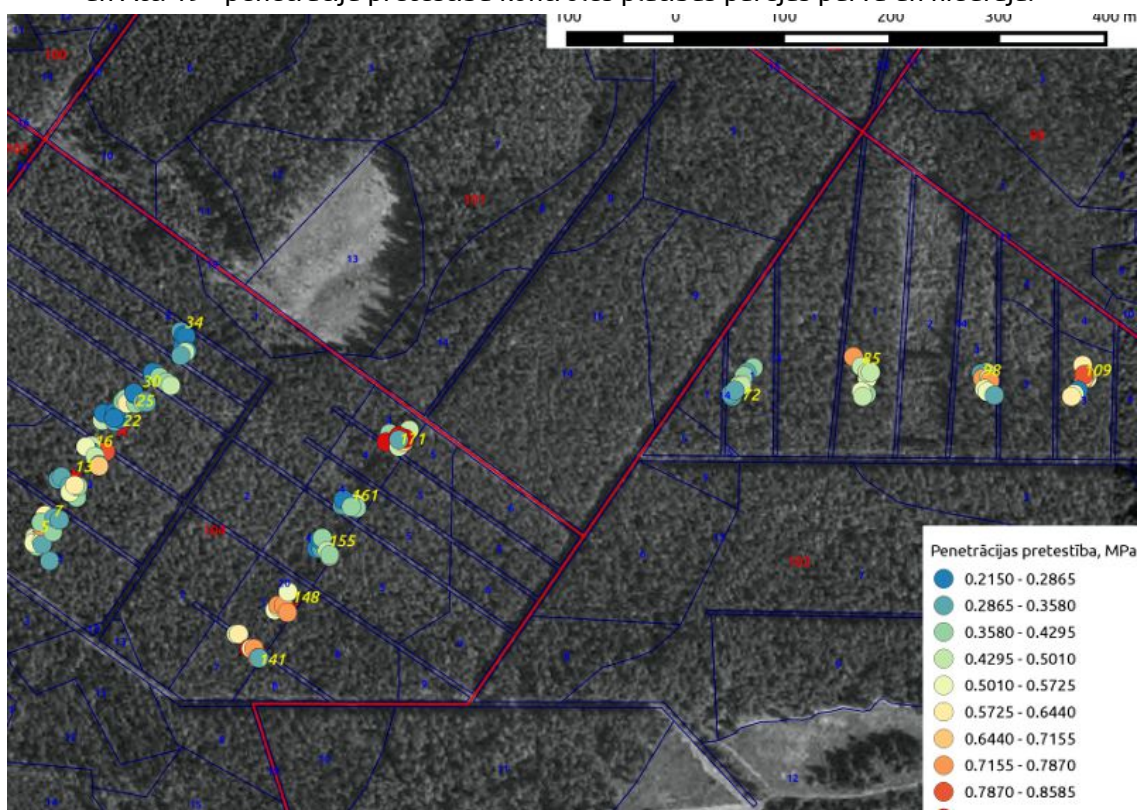
Rezultāti ir pretēji gaidītajam, ka, palielinoties augsnes blīvumam kūdras plakšanas un sadalīšanās rezultātā, augsnes penetrācijas pretestība pēc susināšanās pieaug. Izskaidrojams iegūtajam rezultātam ir izmaiņas kūdras struktūrā. Pārejas purvā un niedrājā kūdras virsējie slāņi ir ļoti vāji sadalījušies ar liela izmēra kūdras frakcijām, kas savstarpēji mijiedarbojoties paaugstina augsnes virskārtas nestspēju. Savukārt, kūdrenī kūdra ir sadalījusies labāk un sastāv no sīkām daļiņām, kas rada mazāku pretestību. Bez tam pārejas purvā plānajā kūdras virskārtas aerētajā slānī izveidojies blīvs sakņu klājums, kas palielina augsnes pretestību.

Penetrācijas pretestības samazināšanās var liecināt par augsnes nestspējas pasliktināšanos, tomēr augsne susinātajos objektos ir noturīgā (neiegrimst zem kājām), nekā pārejas purvā. Jāņem vērā, ka koku saknes, kuru biomasa kūdrenī, atbilstoši aprēķinu rezultātiem, ir 5 reizes lielāka, var kompensēt kūdras nestspējas samazināšanos. Jo sevišķi tādēļ, ka organiskajās augsnēs koku saknes izplešas pa augsnes virskārtu, izveidojot blīvu sakņu klājumu, un sakņu dimensijas ir būtiski lielākas.

Tab. 7: Augsnes penetrācijas pretestība (MPa) un gruntsūdens līmenis⁶ valdošās sugas un augšanas apstākļu griezumā⁷

Augšanas apstākļi	Valdošā suga	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm	40-80 cm	Gruntsūdens līmenis, cm
Kūdrēnis	E	0,52	0,49	0,46	0,50	36,25
	P	0,52	0,44	0,48	0,47	38,29
	Vidēji	0,52	0,47	0,47	0,49	37,00
Niedrājs	P	0,70	0,76	0,58	0,42	10,50
Pārejas purvs	E	0,69	0,82	0,51	0,38	6,50
	P	0,68	0,81	0,54	0,40	6,75
	Vidēji	0,68	0,81	0,53	0,39	6,67

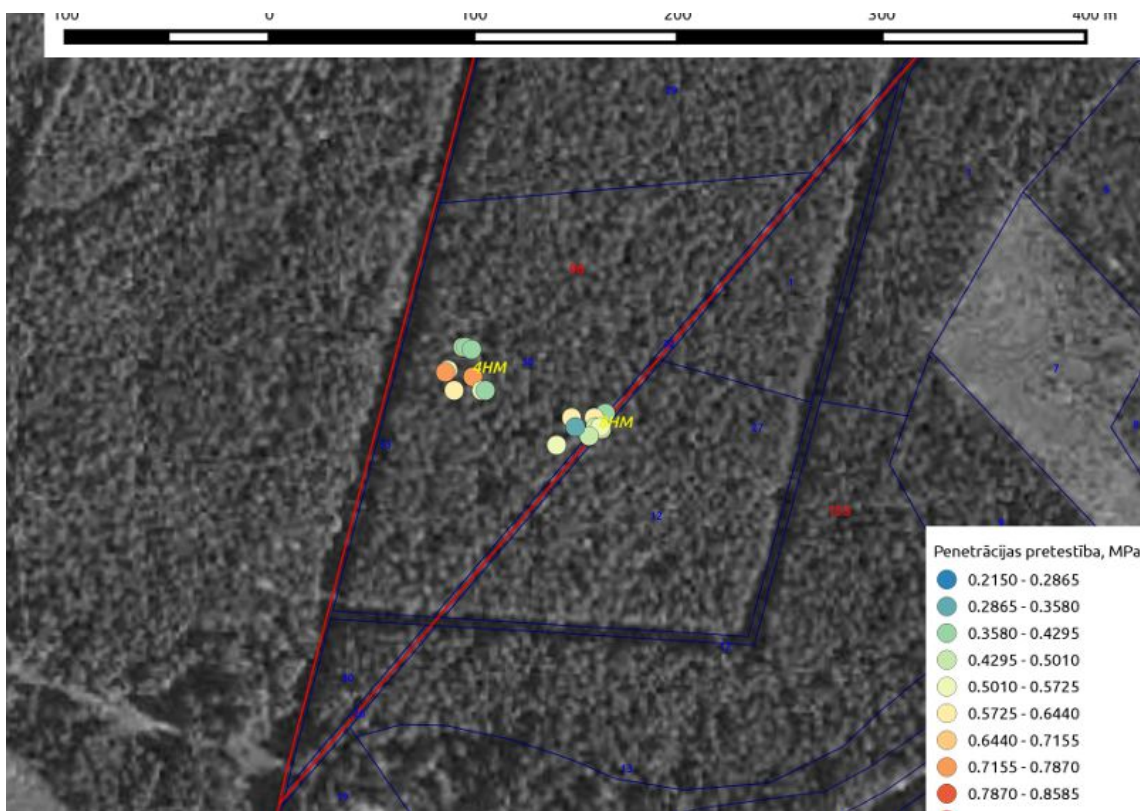
Augsnes penetrācijas pretestības mērījumu vidējie rezultāti 10-20 cm dziļumā apskatāmi uz aerofoto kartēm, kur Att. 17 attēlota penetrāciju pretestība nosusinātajās audzēs (kūdrēnī) 102. un 104. kvartālā, Att. 18 attēlotas penetrāciju pretestību vērtības kūdrēnī 96. kvartālā un Att. 19 - penetrāciju pretestība kontroles platībās pārejas purvā un niedrājā.



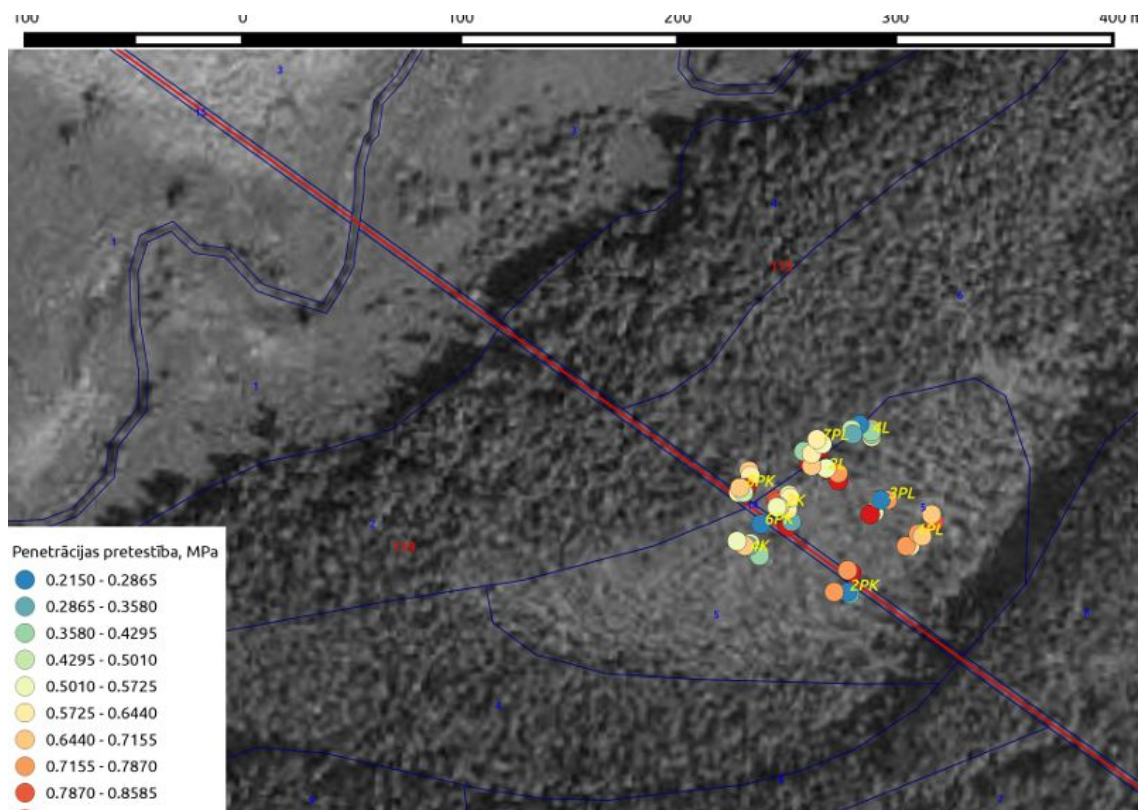
Att. 17: Penetrācijas pretestība 10-20 cm dziļumā parauglaukumos 102. un 104. kvartālā.

⁶ Gruntsūdens līmenis noteikts no zemes virsmas.

⁷ Penetrācijas pretestības mērījumos nav iekļauta zemsega.



Att. 18: Penetrācijas pretestība 10-20 cm dziļumā parauglaukumos 96. kvartālā.



Att. 19: Penetrācijas pretestība 10-20 cm dziļumā parauglaukumos kontroles parauglaukumos.

Augsnes īpašības

Salīdzinot augsni raksturojošus rādītājus, konstatētas būtiskas atšķirības starp kūdreni un nenosusinātajām platībām. Viens no šādiem rādītājiem ir augsnes blīvums. Dati par augsnes blīvumu dažādos dziļumos apkopti Tab. 8.

Rezultāti uzrāda būtiski lielāku augsnes blīvumu parauglaukumos kūdrenī, salīdzinot ar kontroles parauglaukumiem. Augsnes slānī no 0 līdz 10 cm dziļumā, blīvums kūdrenī ir 1,9 reizes lielāks (141,0 kg·m⁻³) nekā pārejas purvā (74,8 kg·m⁻³). Līdzīgi rezultāti ir 10-20 cm dziļumā, kur šie rādītāji ir, attiecīgi, 123,9 kg·m⁻³ un 69,4 kg·m⁻³ (kūdrenī augsnes blīvums ir 1,8 reizes lielāks). Palielinoties dziļumam, atšķirības augsnes blīvumā kūdrenī un kontroles audzēs samazinās; 20-40 cm dziļumā blīvums kūdrenī ir 1,6 reizes lielāks un 40-80 cm 1,3 reizes lielāks nekā pārejas purvā, taču atšķirība vairs nav statistiski būtiska. Salīdzinot augsnes blīvumu kūdrenī un niedrājā, konstatēts, ka augsnes blīvums kūdrenī ir 1,7 reizes lielāks 0-10 cm dziļumā, 1,5 reizes – 10-20 cm dziļumā, 1,4 reizes – 20-40 cm dziļumā un 1,2 reizes – 40-80 cm dziļumā. Dziļākajā augsnes slānī atšķirības nav statistiski būtiskas.

Augsnes blīvuma izmaiņas, palielinoties dziļumam, kūdreni un nenosusinātajās platībās ir atšķirīgas. Kūdrenī augsnes blīvums samazinās no 141,0 kg·m⁻³ 0-10 cm dziļumā līdz 109,8 kg·m⁻³ 40-80 cm dziļumā, bet susināšanas neskartajās platībās pārejas purvā augsnes blīvums palielinās no 74,8 kg·m⁻³ līdz 86,2 kg·m⁻³ un niedrājā – no 81,3 kg·m⁻³ līdz 95,3 kg·m⁻³.

Pētījumā konstatēts, ka kūdras augšējā 0-10 cm slānī kūdreņos pastāv būtiskas augsnes blīvuma atšķirības parauglaukumos ar valdošo sugu egli (152,9±18,9 kg·m⁻³) un parauglaukumiem ar valdošo sugu priedi (123,1±9,5 kg·m⁻³).

Tab. 8: Augsnes blīvuma aprēķinu kopsavilkums

Augšanas apstākļi	Valdošā suga	Augsnes blīvums, kg m ⁻³				
		0 horizontā	0-10 cm dziļumā	10-20 cm dziļumā	20-40 cm dziļumā	40-80 cm dziļumā
Kūdrenis	E	44,2	152,9	129,9	122,1	115,3
	P	45,6	123,1	114,8	105,3	101,4
	Vidēji	44,8	141,0	123,9	115,4	109,8
Niedrājs	P		81,3	80,1	81,7	95,3
Pārejas purvs	E		67,8	60,1	57,7	78,6
	P		78,3	74,1	79,5	90,0
	Vidēji		74,8	69,4	72,2	86,2

Nosusināšanas rezultātā konstatētas būtiskas izmaiņas augsnes pH_{H₂O} un pH_{CaCl₂} (Tab. 9). Augsnes slānī no 0 līdz 10 cm dziļumā šie rādītāji kūdrenī ir, attiecīgi, 4,3±0,08 un 3,8±0,08. Kontroles platībās pH_{H₂O} un pH_{CaCl₂} ir nedaudz bāziskāks; niedrājā, attiecīgi – 5,8±0,10 un 5,5±0,08, un pārejas purvā – 5,9±0,15 un 5,5±0,12.

Dziļākajos augsnes slāņos vides reakcija kūdrenī kļūst bāziskāka un 40-80 cm dziļumā sasniedz pH_{H₂O} 5,3±0,08 un pH_{CaCl₂} 4,8±0,08 ir būtiski bāziskāks, nekā 0-10 cm slānī. Pretēji tam, nenosusinātajās platībās dziļākajos augsnes slāņos novērojama vides reakcijas paskābināšanās. Tomēr arī dziļākos augsnes slāņos līdz pat 80 cm dziļumam, kūdrenī pH_{H₂O} un pH_{CaCl₂} joprojām ir būtiski skābāks, kā nenosusinātajās audzēs. Kūdrenī konstatēti būtiski bāziskāki pH rādītāji 10-80 cm dziļumā parauglaukumos ar valdošo sugu egli, salīdzinot ar parauglaukumiem ar priedi, kā valdošos sugu.

Augsnes pH paskābināšanās susinātajā platībā izskaidrojama ar kokaudzes un augsnes aerācijas ietekmi uz vides reakcijas izmaiņās. Palielinoties kokaudzes morfometriskajiem rādītājiem, pieaudzis arī nobiru daudzums. Uz to norāda augsta korelācija starp augsnes pH, vidējā koka caurmēru (r = 0,85) un krāju parauglaukumā (r = 0,85). Skujkoku nobiras, kas ir dominējošās šajās audzēs, mineralizējoties transformējas organiskajās skābes, veicinot vides paskābināšanos. Susināšanas rezultātā, uzlabojoties augsnes virskārtas aerācijai, notikusi augsnes organisko vielu mineralizācija, kas arī sekmējusi organisko skābju uzkrāšanos augsnē.

Tab. 9: Augsnes pH analīžu kopsavilkums

Augšanas apstākļi	Valdošā suga	Augsnes pH _{Ho}					Augsnes pH _{CaCl2}				
		O horizontā	0-10 cm dziļumā	10-20 cm dziļumā	20-40 cm dziļumā	40-80 cm dziļumā	O horizontā	0-10 cm dziļumā	10-20 cm dziļumā	20-40 cm dziļumā	40-80 cm dziļumā
Kūdrēnis	E	4,7	4,3	4,9	5,3	5,4	4,3	3,8	4,4	4,8	4,9
	P	4,5	4,3	4,7	4,9	5,1	4,0	3,8	4,2	4,4	4,6
	Vidēji	4,6	4,3	4,8	5,1	5,3	4,1	3,8	4,4	4,7	4,8
Niedrājs	P		5,8	5,7	5,7	5,7		5,5	5,3	5,4	5,3
Pārejas purvs	E		6,0	5,8	5,7	5,7		5,6	5,4	5,3	5,3
	P		5,9	5,8	5,6	5,6		5,5	5,3	5,3	5,2
	Vidēji		5,9	5,8	5,7	5,7		5,5	5,4	5,3	5,3

Lai aprēķinātu oglekļa uzkrājumus augsnē, noteikts oglekļa saturs kūdrā (Tab. 10). Oglekļa satura rādītāji nosusinātajās platībās ir būtiski lielāki, nekā nenosusinātajās, vērtējot vidējos rādītājus visā augsnes slāni 0-80 cm dziļumā. Vidējais oglekļa saturs kūdrēnī ir 545,6±4,6 g*kg⁻¹, niedrājā – 527,0±8,1 g*kg⁻¹ un pārejas purvā – 526,5±7,3 g*kg⁻¹. Tomēr 40-80 cm dziļumā atšķirības vairs nav statistiski būtiskas. Tas norāda uz izmaiņām kūdras sastāvā pēc nosusināšanas, kas radušās kūdras mineralizēšanās procesā aerobajiem procesiem augsnes virskārtā nomainot anaerobos. Starp niedrāju un pārejas purvu atšķirības nav statistiski būtiskas.

Gan kūdrēnī, gan nenosusinātajās platībās vērojama oglekļa satura palielināšanās tendence dziļākajos augsnes slāņos. Ja kūdrēnī 0-10 cm slānī oglekļa saturs kūdrā vidēji ir 528,1±4,7 g*kg⁻¹, tad 40-80 cm dziļumā tas ir 548,7±4,8 g*kg⁻¹, niedrājā šie rādītāji ir 513,3±5,7 g*kg⁻¹ un 544,5±7,1 g*kg⁻¹ un pārejas purvā – 508,2±7,5 g*kg⁻¹ un 550,1±4,8 g*kg⁻¹. Būtiskas atšķirības starp egles un priedes parauglaukumiem nav konstatētas.

Tab. 10: Oglekļa satura aprēķinu kopsavilkums

Augšanas apstākļi	Valdošā suga	Oglekļa saturs, g kg ⁻¹					
		O horizontā	0-10 cm dziļumā	10-20 cm dziļumā	20-40 cm dziļumā	40-80 cm dziļumā	Vidēji
Kūdrēnis	E	551,2	526,2	542,7	546,4	542,1	541,7
	P	563,3	531,0	548,5	556,1	558,5	551,5
	Vidēji	556,1	528,1	545,0	550,3	548,7	545,6
Niedrājs	P		513,3	524,3	525,8	544,5	527,0
Pārejas purvs	E		518,7	527,9	530,6	556,7	533,5
	P		502,9	517,5	525,1	546,7	523,1
	Vidēji		508,2	521,0	526,9	550,1	526,5

Oglekļa uzkrājums

Oglekļa uzkrājums augsnē aprēķināts, izmantojot oglekļa satura un augsnes blīvuma rādītājus. Oglekļa uzkrājums biomasā aprēķināts atbilstoši dzīvās un nedzīvās biomasas krājai un oglekļa satura analīžu rezultātiem. Rezultāti par oglekļa uzkrājumiem visos parauglaukumos apkopti Tab. 11. Parauglaukumi ar numuriem no 5 līdz 171, 4HM, 8HM un 12 HM ierīkoti kūdrēnī, parauglaukumi 4L, 6PK, 7PL un 8PK niedrājā un parauglaukumi 1PL, 2K, 2L, 2PK, 3PL un 4K pārejas purvā.

Tab. 11: Oglekļa uzkrājuma aprēķinu kopsavilkums

Parauglaukums	Oglekļa uzkrājums, tonnas ha ⁻¹								Kopā
	Virszemes biomasa	Lielās kritālas	Sīkās kritālas	Zemsega	Augsne ⁸				
					0-10 cm dziļumā	10-20 cm dziļumā	20-40 cm dziļumā	40-80 cm dziļumā	
5	87,8	3,9	1,1	7,2	116,1	84,1	154,7	265,4	720,3
7	63,6	5,5	1,5	2,2	81,9	61,2	126,6	240,1	582,6
13	61,7	4,5	2,1	5,0	71,0	61,8	103,3	188,9	498,1
16	66,5	2,2	1,0	6,9	67,0	63,1	109,3	202,9	519,0
22	67,3	2,3	1,0	3,2	57,3	52,1	98,2	175,0	456,5
25	82,8	4,5	2,0	4,5	55,1	51,9	102,5	180,9	484,1
30	69,9	0,8	2,7	5,4	63,6	55,7	101,7	200,6	500,4
34	87,1	5,8	0,4	3,9	65,7	61,6	118,4	210,1	552,9
72	58,6	1,7	0,9	7,0	58,7	45,6	85,4	157,0	414,9
85	35,1	3,9	1,1	3,3	69,7	50,9	100,2	197,5	461,6
98	84,8	2,8	3,5	6,2	90,9	99,6	168,1	321,7	777,6
109	50,6	2,5	1,2	2,4	81,8	80,1	146,6	323,2	688,2
141	53,4	5,8	2,9	4,9	96,4	75,4	156,4	297,9	693,1
148	76,5	6,6	0,8	3,5	89,1	98,1	196,5	318,0	789,0
155	49,3	4,5	0,6	2,9	64,6	64,6	118,4	241,4	546,4
161	54,9	1,9	1,3	3,4	66,5	58,5	104,3	222,9	513,7
171	109,4	7,5	1,6	6,5	97,5	76,7	146,1	302,0	747,3
12HM	102,0	1,4	2,1	5,7	73,2	78,0	144,0	269,3	675,7
1PL	79,3	0,0	0,9	0,0	39,1	31,0	57,7	170,0	578,3
2K	81,9	0,1	0,1	0,0	38,2	37,4	80,5	204,8	587,7
2L	30,6	0,1	0,4	0,0	45,0	44,3	104,7	258,6	509,6
2PK	12,7	0,0	0,2	0,0	34,8	31,8	68,7	138,5	296,8
3PL	38,0	0,0	0,2	0,0	31,6	32,5	64,3	179,3	415,8
4HM	37,8	1,0	1,2	10,0	59,2	68,3	126,5	232,7	410,5
4K	11,1	0,0	0,1	0,0	39,1	39,7	79,9	184,4	309,7
4L	2,2	0,0	0,7	0,0	48,1	53,6	112,6	264,0	363,2
6PK	35,8	0,1	0,1	0,0	31,5	32,6	68,9	150,8	488,8
7PL	5,2	0,1	0,3	0,0	45,6	38,3	83,4	210,1	279,2
8HM	13,7	2,0	0,7	7,8	62,9	61,8	123,7	246,9	321,5
8PK	8,4	0,0	0,6	0,0	42,1	43,9	78,6	207,6	351,7

Kūdrēnī dzīvo koku biomasā vidēji piesaistīts līdz 6 reizes vairāk oglekļa, salīdzinot ar nēnosusinātajām platībām. Dzīvo koku oglekļa uzkrājums kūdrēnī ir $97,5 \pm 12,0$ tonnas*ha⁻¹, niedrējā – $38,3 \pm 14,4$ tonnas*ha⁻¹ un pārejas purvā – $16,4 \pm 12,9$ tonnas*ha⁻¹.

Vislielākais oglekļa daudzums kūdrēnī ir akumulēts koku stumbros, kur oglekļa uzkrājumi ir $53,5 \pm 6,6$ tonnas*ha⁻¹, savukārt, niedrējā – $20,9 \pm 10,7$ tonnas*ha⁻¹. Pārejas purvā oglekļa uzkrājums stumbrā un zaļajos zaros ir vienāds, attiecīgi, $6,1 \pm 5,6$ tonnas*ha⁻¹ un $6,3 \pm 4,1$ tonnas*ha⁻¹ (Tab. 12).

Sevišķi lielas relatīvās atšķirības ir oglekļa uzkrājumos koku pazemes daļā – koku saknēs, kur kūdrēnī ir 8 līdz 9 reizes vairāk akumulētā oglekļa ($23,9 \pm 4,2$ tonnas*ha⁻¹), salīdzinot ar pārejas purvu ($2,8 \pm 2,4$ tonnas*ha⁻¹).

⁸ Nekoriģēti oglekļa uzkrājuma rādītāji.

Tab. 12: Oglekļa uzkrājums dzīvo koku biomasā valdošās sugas un augšanas apstākļu griezumā

Augšanas apstākļi	Valdošā suga	Oglekļa uzkrājums, tonnas ha ⁻¹						
		Stumbrs	Zaļie zari	Sausie zari	Balstsaknes	Mazās saknes	Celms	Kopā
Kūdreņis	E	49,0	20,2	1,3	13,8	14,0	2,9	101,3
	P	60,3	10,2	1,5	8,9	9,0	1,9	91,8
	Vidēji	53,5	16,2	1,4	11,9	12,0	2,5	97,5
Niedrājs	P	20,9	7,9	0,9	3,6	3,6	1,3	38,3
Pārejas purvs	E	3,8	8,5	0,1	1,5	1,5	1,0	16,4
	P	7,2	5,2	0,5	1,3	1,4	0,8	16,4
	Vidēji	6,1	6,3	0,4	1,4	1,4	0,9	16,4

Būtiski lielāka oglekļa krātuve kūdreņī, salīdzinot ar nenosusinātajām platībām, ir kritalās (Tab. 13). Ogleklis, kas akumulēts sīkajās un lielajās kritalās, kūdreņī ir 5,1±0,5 tonnas*ha⁻¹, niedrājā – 0,5±0,1 tonnas*ha⁻¹ un pārejas purvā 0,3±0,1 tonnas*ha⁻¹. Lielākā daļa oglekļa kūdreņī akumulēta lielajās kritalās – 3,6±0,9 tonnas*ha⁻¹, bet sīkajās kritalās uzkrāts aptuveni 2 reizes mazāk oglekļa (1,5±0,8 tonnas*ha⁻¹). Citāda situācija veidojas niedrājā un pārejas purvā, kur oglekļa akumulācija lielajās kritalās tikpat kā nenotiek, un tā ir 0,04±0,04 tonnas*ha⁻¹ lielajās kritalās un 0,03±0,02 tonnas*ha⁻¹ sīkajās kritalās. Salīdzinot priedes un egles parauglaukumus kūdreņī, konstatēts būtiski lielāks akumulētā oglekļa daudzums lielajās kritalās parauglaukumos ar valdošo sugu egli – 4,8±0,9 tonnas*ha⁻¹, nekā parauglaukumos ar valdošo sugu priedi – 1,8±0,4 tonnas*ha⁻¹.

Tab. 13: Oglekļa uzkrājums kritalu biomasā valdošās sugas un augšanas apstākļu griezumā

Augšanas apstākļi	Valdošā suga	Ogleklis lielajās kritalās, tonnas ha ⁻¹	Sīkās kritalās		Kopā Oglekļa uzkrājums kritalās, tonnas ha ⁻¹
			Oglekļa koncentrācija, g kg ⁻¹	Oglekļa uzkrājums, tonnas ha ⁻¹	
Kūdreņis	E	4,8	552,8	1,6	6,4
	P	1,8	562,5	1,4	3,2
	Vidēji	3,6	556,6	1,5	5,1
Niedrājs	P	0,0	559,2	0,4	0,5
Pārejas purvs	E	0,0	551,3	0,6	0,6
	P	0,0	564,3	0,2	0,2
	Vidēji	0,0	559,9	0,3	0,3

Nozīmīgākā oglekļa krātuve susinātajās un kontroles platībās ir augsne, kas veido lielāko daļu oglekļa uzkrājumu pētāmajās audzēs. Pētījumā vērtētais 0-80 cm dziļais augsnes slānis ir 80% no kopējā oglekļa uzkrājuma kūdreņī, niedrājā – 90% un pārejas purvā – 95%.

Pētījumā apskatīti oglekļa uzkrājums augsnes slānī 0-80 cm dziļumā un zemsegā. Konstatēts, ka oglekļa krājumi būtiski lielāki ir kūdreņī, kur 0-80 cm slānī saistītas 513,2±26,9 tonnas*ha⁻¹, niedrājā un pārejas purvā, attiecīgi, 377,9±45,0 tonnas*ha⁻¹ un 339,3±29,5 tonnas*ha⁻¹. Atšķirībā no kūdreņa, nenosusinātajās platībās neveidojās O (nobiru) horizonts, līdz ar to arī oglekļa daudzums šajā krātuvē ir pielīdzināms nullei.

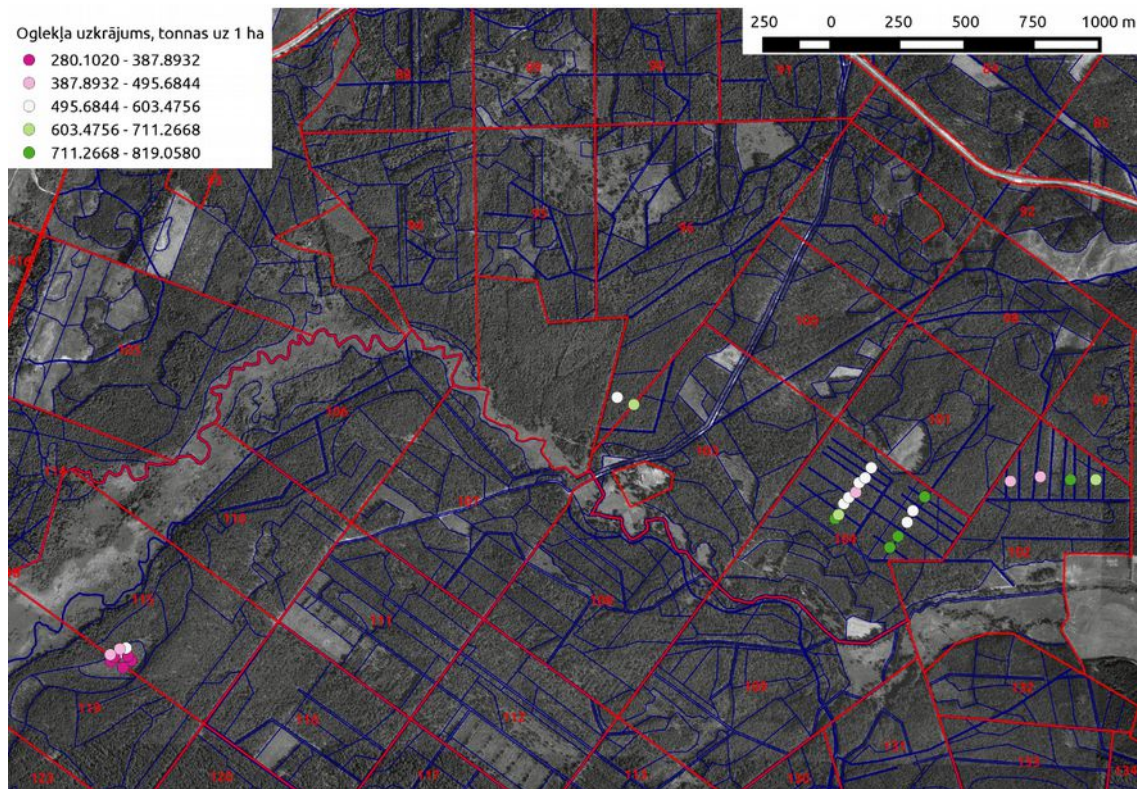
Kūdreņī dziļākajos augsnes slāņos vidējais oglekļa uzkrājums samazinās; 0-10 cm dziļumā oglekļa uzkrājums ir vidēji 74,4±4,1 tonnas*ha⁻¹*10 cm⁻¹, 10-20 cm dziļumā – 67,5±3,8 tonnas*ha⁻¹*10 cm⁻¹, 20-40 cm dziļumā 63,3±5,3 tonnas*ha⁻¹*10 cm⁻¹ un 40-80 cm dziļumā 59,9±3,3 tonnas*ha⁻¹*10 cm⁻¹. Niedrājā un pārejas purvā 0-40 cm dziļumā oglekļa uzkrājumu rādītāji dažādos augsnes slāņos būtiski neatšķiras; niedrājā 0-40 cm dziļumā vidēji uzkrātas 42 tonnas*ha⁻¹*10 cm⁻¹, bet pārejas purvā 37 tonnas*ha⁻¹*10 cm⁻¹. Dziļākajos augsnes slāņos (40-80 cm dziļumā) novērojams oglekļa krājumu pieaugums arī nenosusinātajās platībās, kur oglekļa uzkrājums niedrājā un pārejas purvā ir, attiecīgi, 52,2±6,5 tonnas*ha⁻¹*10 cm⁻¹ un 47,4±4,6 tonnas*ha⁻¹*10 cm⁻¹ (Tab. 14).

Rezultāti neuzrāda statistiski būtiskas atšķirības parauglaukumos ar valdošo sugu egli un parauglaukumos ar valdošo sugu priedi nevienā no variantiem.

Kopējā oglekļa uzkrājuma rādītājus sadalījumā pa parauglaukiem var redzēt Att. 20. Salīdzinot ar parauglaukumu apsekošanas laikā fiksēto situāciju, konstatēts, ka vismazākais oglekļa uzkrājums ir parauglaukumos, kur vērojamas problēmas meliorācijas sistēmas darbībā, t.i. 104. kvartāla Z daļā un 102. kvartāla A daļā.

Tab. 14: Oglekļa uzkrājums zemsegā un augsnē valdošās sugas un augšanas apstākļu griezumā

Augšanas apstākļi	Valdošā suga	Oglekļa uzkrājums zemsegā un augsnē 0-80 cm dziļumā, tonnas ha ⁻¹					Kopā
		0 horizonts	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm	40-80 cm	
Kūdrēnis	E	4,5	80,4	70,4	133,0	248,9	537,0
	P	6,1	65,5	63,1	116,9	226,0	477,5
	Vidēji	5,1	74,4	67,5	126,6	239,7	513,2
Niedrājs	P	0,0	41,8	42,1	85,9	208,1	377,9
Pārejas purvs	E	0,0	35,3	31,7	61,0	174,6	302,6
	P	0,0	39,3	38,3	83,5	196,6	357,6
	Vidēji	0,0	38,0	36,1	76,0	189,3	339,3



Att. 20: Oglekļa uzkrājums visās oglekļa krātuvēs.

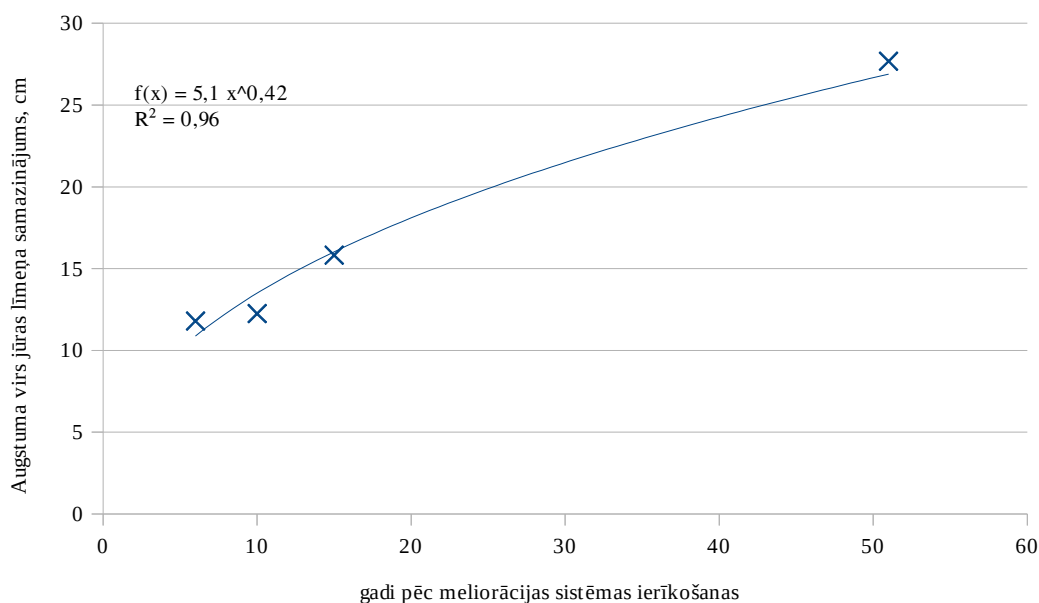
Zemes virsmas augstuma izmaiņas

Pēc meliorācijas sistēmas ierīkošanas vērojama augsnes saplākšana. Dati par zemes virsmas augstuma virs jūras līmeņa izmaiņām apkopoti Tab. 15. Secināts, ka visintensīvāk kūdras plakšana noritējusi pirmajos gados pēc nosusināšanas (Att. 21), un 10 gadu laikā pēc nosusināšanas augsnes virskārta kritusies par $12,3 \pm 1,9$ cm, 15 gadu laikā augsnes virskārta ir kritusies par $15,8 \pm 2,1$ cm. Vēlāk kūdras saplākšanas ātrums ir samazinājies un nākamo 40 gadu laikā, no 1974. līdz pat 2014. gadam, augsnes virskārta nosēdusies par 9,9 cm, sasniedzot $25,7 \pm 3,5$ cm no sākotnējā līmeņa.

Uzsākot pētījumu, tika izvirzīta hipotēze par to, ka zemes virsmas augstuma izmaiņas korelē ar gruntsūdens līmeni. Tomēr rezultāti (Att. 22) uzrāda tikai ļoti vāju pozitīvu korelāciju ($r = 0,21$). Iespējams, ka sakarība starp gruntsūdens līmeņa ietekmi uz augsnes sēšanas būtu ciešāka, ja ņemtu vērā ilglaicīgos gruntsūdens līmeņa novērojumu rezultātus vai gruntsūdens līmeņa sezonālās svārstības.

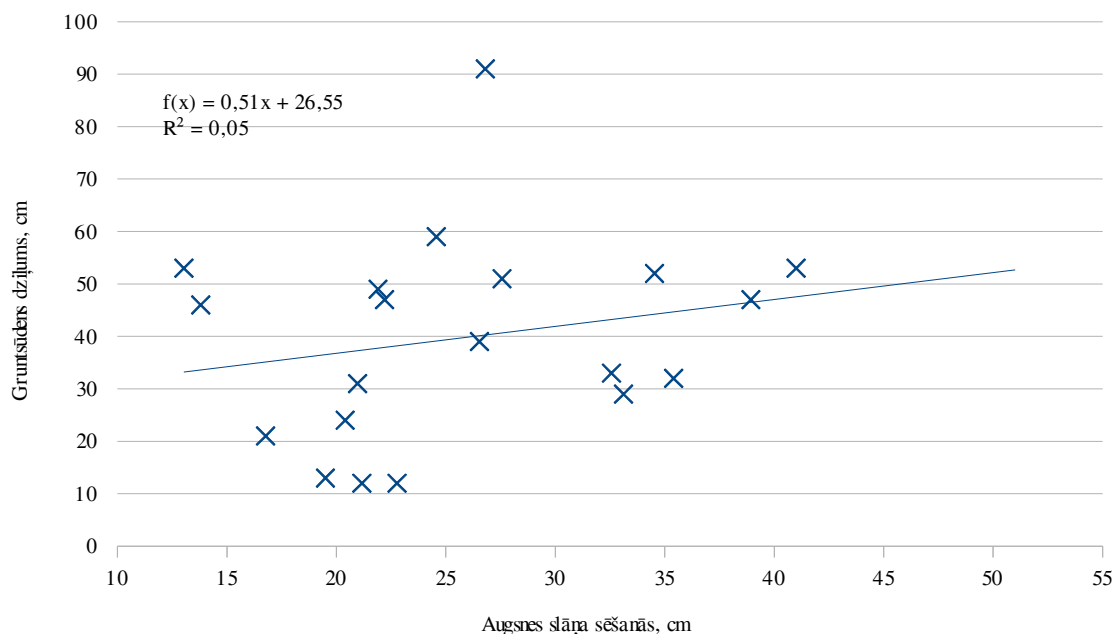
Tab. 15: Zemes virsmas augstuma virs jūras līmeņa samazināšanās pēc susināšanas valdošās sugas griežu mā

Valdošā suga	Zemes virsmas augstuma virs jūras līmeņa samazināšanās ⁹ , cm			
	6	10	15	54
E	11,8	11,8	15,9	28,6
P		13,7	15,6	21,4
Vidēji	11,8	12,3	15,8	25,7



Att. 21: Augstuma virs jūras līmeņa samazināšanās.

⁹ Ar skaitļiem tabulas galvā apzīmēts gadu skaits pēc platības nosusināšanas.



Att. 22: Gruntsūdens dziļums un augsnes sēšanās.

Kopsakarību analīze un diskusija

Lai varētu izvērtēt ietekmi, kādu uz oglekļa uzkrājumu pārejas purvā ir radījusi nosusināšana, jāņem vērā visas oglekļa krātuves. Dati par kopējo oglekļa uzkrājumu sadalījumā pa oglekļa krātuvēm, augšanas apstākļiem un valdošajām sugām apkopoti Tab. 16. Salīdzinoši vienkārši ir noteikt dzīvās biomasas uzkrājuma izmaiņas pēc nosusināšanas. Ir pieejama kontroles audze (pārejas purvs), kur situācija ir līdzīga tai, kāda kūdrēnī bijusi pirms susināšanas, un kur ilglaicīgu novērojumu rezultātā noskaidrots, ka pēdējo 54 gadu laikā pārejas purva kokaudzes morfometriskie rādītāji (vidējā koka caurmērs, augstums un audzes krāja nav būtiski mainījušies (Zālītis *et al.*, 2012). Tā kā pārejas purva nenosusinātajā daļā nav konstatētas būtiskas izmaiņas dzīvās biomasas uzkrājumā, var pieņemt, ka oglekļa uzkrājums nedzīvajā biomasā (kritālas un zemsegā) 54 gadu laikā arī nav mainījies.

Pētījumā nav uzskaitīti tie oglekļa krājumi, kas tiek uzglabāti veģetācijā kas nav kokaudze, piemēram krūmveida koku sugas, lakstaugi un sūnas. Tomēr literatūrā pieejamā informācija liecina, ka šādas oglekļa krātuves mežos uz kūdras augsnēm būtiski neietekmē kopējos oglekļa krājumus un izmaiņas pēc nosusināšanas ir nenozīmīgas (Laiho, 1996; Minkkinen *et al.*, 1999). Kā norāda Murphy *et al.* (2009), pēc nosusināšanas lielākās izmaiņas zemesdzīvās veģetācijas oglekļa krājumos novērojamas sakņu biomasā.

Vissarežģītākā ir augsnes oglekļa uzkrājuma izmaiņu novērtēšana. Sākotnēji nav noteikts zemes augstumu virs jūras līmeņa kontroles platībā pirms nosusināšanas, tāpēc nevar novērtēt izmaiņas, kas 54 gadu laikā notikušas pārejas purvā, kas atstāts nenosusināts. Tomēr, ņemot vērā konstanto aku augstumu virs zemes virsmas kontroles platībā, var pieņemt, ka pārejas purvā augsnes oglekļa uzkrājums nav būtiski samazinājies vai pat ir pieaudzis, jo nenosusināts purvs var saglabāt spēju piesaistīt oglekli arī būtisku klimatisko apstākļu svārstību rezultātā (Turunen *et al.*, 2004; Aurela *et al.*, 2008; Nilsson *et al.*, 2008).

Tab. 16: Nekoriģēts kopējais oglekļa uzkrājums valdošās sugas un augšanas apstākļu griezumā

Augšanas apstākļi	Valdošā suga	Oglekļa uzkrājums, tonnas ha ⁻¹					
		Dzīvā virszemes biomasa	Lielās kritālas	Sīkās kritālas	Zemsega	Augsne	Kopā
Kūdrēnis	E	70,5	4,8	1,6	4,5	532,6	613,9
	P	72,0	1,7	1,4	6,0	471,4	552,6
	Vidēji	71,1	3,6	1,5	5,1	508,1	589,4
Niedrājs	P	29,8	0,0	0,4	0,0	377,9	408,2
Pārejas purvs	E	12,4	0,0	0,6	0,0	302,6	315,6
	P	12,9	0,0	0,2	0,0	357,6	370,7
	Vidēji	12,7	0,0	0,3	0,0	339,3	352,3

Pētījumā izdarīts pieņēmums, ka kontroles laukumos augsnes virskārta patreiz atrodas tādā pat augstumā virs jūras līmeņa, kā pirms 54 gadiem. Līdz ar to, lai analizētu nosusināšanas ietekmi uz augsnes oglekļa uzkrājumiem, salīdzinājām 0-80 cm slāni pārejas purvā ar 0-54,3 cm (atbilstoši lielumam, par kādu notikusi kūdras sēšanās) augsnes slāni kūdrēnī. Kūdrēnis nav uzskatāms par oglekļa emisiju avotu, ja augsnes oglekļa uzkrājums 0-54,3 cm biežā augsnes slānī ir līdzīgi vai būtiski lielāks kā nenosusinātājās platībās 0-80 cm biežā augsnes slānī. Ja kūdrēnī oglekļa uzkrājums augsnē ir būtiski lielāks, kā kontroles platībās, var apgalvot, ka susināšana sekmējusi oglekļa piesaisti augsnē. Koriģētie oglekļa uzkrājumu rezultāti, salīdzinot 80 cm un 54,3 cm biezu augsnes slāni, apkopti Tab. 17.

Tab. 17: Koriģēts kopējais oglekļa uzkrājums valdošās sugas un augšanas apstākļu griezumā

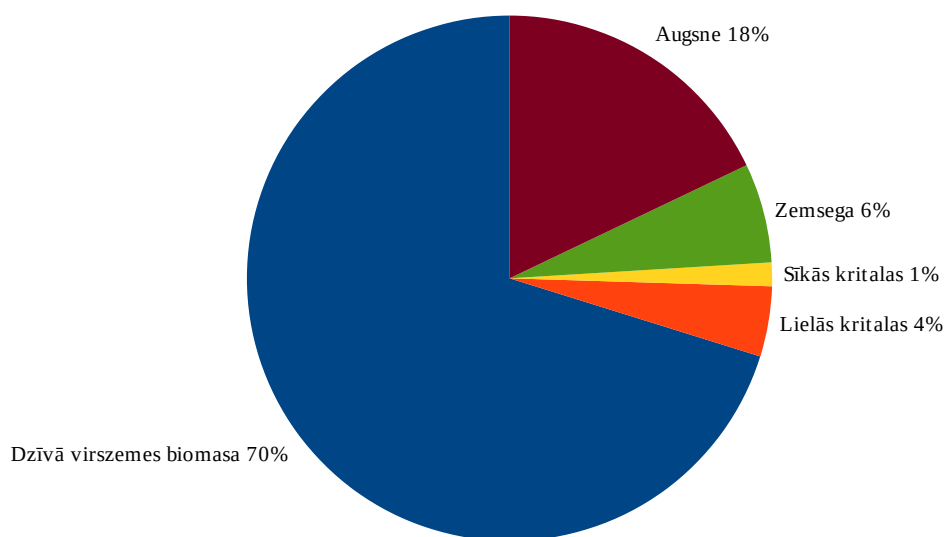
Augšanas apstākļi	Valdošā suga	Oglekļa uzkrājums, tonnas ha ⁻¹					
		Dzīvā virszemes biomasa	Lielās kritālas	Sīkās kritālas	Zemsega	Augsne	Kopā
Kūdrēnis	E	70,5	4,8	1,6	4,5	354,0	436,2
	P	72,0	1,8	1,4	6,1	350,8	432,0
	Vidēji	71,1	3,6	1,5	5,1	354,2	434,2
Niedrājs	P	29,8	0,0	0,4	0,0	377,9	408,2
Pārejas purvs	E	12,4	0,0	0,6	0,0	302,6	315,6
	P	12,9	0,0	0,2	0,0	357,6	370,7
	Vidēji	12,7	0,0	0,3	0,0	339,3	352,3

Pētījuma rezultāti uzrāda būtiski lielāku kopējā oglekļa uzkrājumu nosusinātājās platībās ($435,5 \pm 20,2$ tonnas*ha⁻¹), salīdzinot ar pārejas purvu ($352,3 \pm 33,9$ tonnas*ha⁻¹), bet atšķirības starp kūdrāju un niedrāju ($408,2 \pm 44,3$ tonnas*ha⁻¹) nav būtiskas. Oglekļa uzkrājumi augsnē kūdrēnī ($354,2 \pm 17,6$ tonnas*ha⁻¹) ir būtiski lielāks, nekā nenosusinātā pārejas purvā ($339,3 \pm 29,5$ tonnas*ha⁻¹). Salīdzinot ar niedrāju (augsnē uzkrātais ogleklis ir $377,9 \pm 45,0$ tonnas*ha⁻¹), oglekļa uzkrājums kūdrēnī ir mazāks, tomēr atšķirības nav statistiski būtiskas. Oglekļa uzkrājuma augsnē atšķirības kūdrēnī un niedrājā nav darbā tālāk interpretētas, jo nav zināms sākotnējais augsnes oglekļa uzkrājums niedrājā.

Iegūtie rezultāti ļauj secināt, ka augsne nosusinātājā pārejas purvā nav kļuvusi par CO₂ emisiju avotu, jo CO₂ emisijas nepārsniedz CO₂ piesaisti. Šādi rezultāti sakrīt arī ar citu autoru darbiem Somijā (Minkinen *et al.*, 1999; Lohila *et al.*, 2011; Ojanen *et al.*, 2013b), kur secināts, ka mazauglīgās nosusinātās kūdras augsnēs oglekļa piesaiste augsnē pārsniedz CO₂ emisijas no augsnes. Vairumā gadījumu arī uz auglīgām nosusinātām kūdras augsnēm, mežaudze spēj kompensēt oglekļa emisijas no augsnes (von Arnold *et al.*, 2005; Ojanen *et al.*, 2013b) un tās nekļūst par neto SEG emisiju avotu.

Att. 23 salīdzināts oglekļa uzkrājuma atšķirības īpatsvars dažādās oglekļa krātuvēs kūdrēnī un pārejas purvā. Lielākā atšķirība ir konstatēta virszemes kokaudzes biomasā (70% no

kopējām izmaiņām oglekļa uzkrājumos). Būtiska nozīme ir arī augsnei (18% no papildus oglekļa uzkrājuma).



Att. 23: Dažādu oglekļa krātuvju oglekļa uzkrājumu starpības starp kūdreni un pārejas purvu un to savstarpējais īpatsvars.

Pētījumā konstatēts, ka pēc nosusināšanas pārejas purvā, kur ierīkoti izmēģinājumu objekti, notiek kūdras slāņa biezuma samazināšanās, tomēr tās galvenais cēlonis ir kūdras fizikāla saplākšana, nevis organisko vielu mineralizēšanās, un kopējais oglekļa uzkrājums augsnes slānī, kas sākotnēji bijis 80 cm biezs, nesamazinās. Būtiskas izmaiņas augsnē konstatētas līdz 40 cm dziļumā. Augsnes īpašību veidošanos būtiski ietekmējusi kokaudze (augošo koku krāja) un gruntsūdens līmenis, ko apstiprina daudzfaktoru lineārās regresijas analīze (Att. 24). Salīdzinot kokaudzes krāju, starpību starp pH_{H₂O} 40-80 cm un 0-10 cm dziļumā, kā arī gruntsūdens līmeņa kopējo ietekmi uz oglekļa uzkrājumu augsnē, iegūts regresijas vienādojums (16. formula), kas uzrāda būtisku korelāciju ($r^2=0,57$).

$$C = 249,8 + 0,4 * V + 0,9 * l + 130,2 * \Delta pH$$

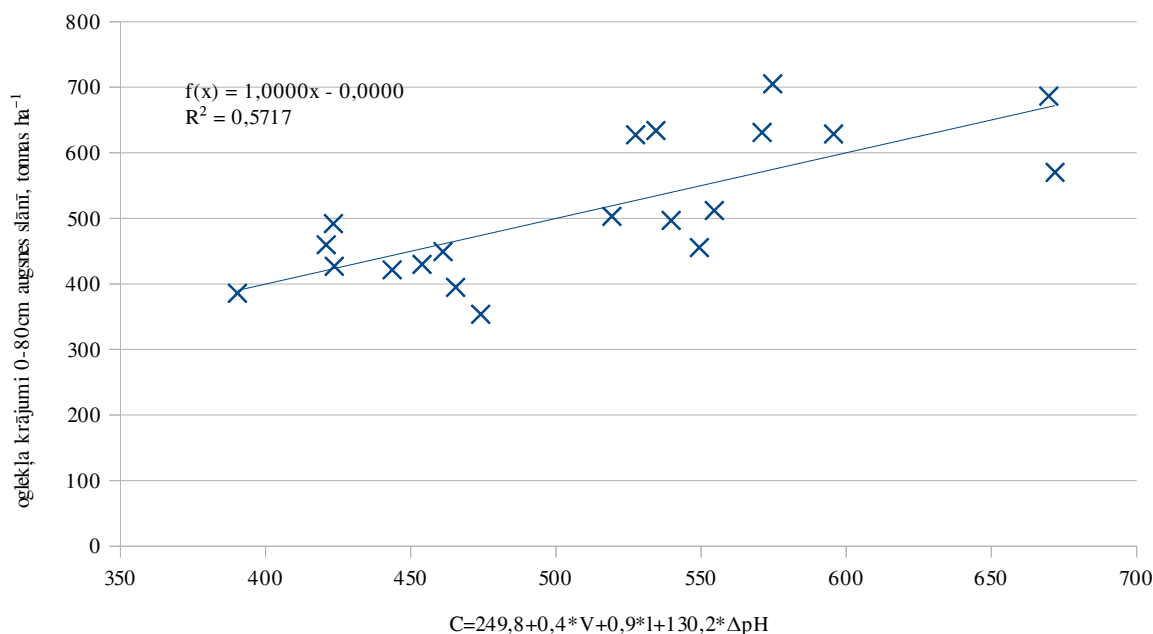
C – oglekļa uzkrājumi 0–80cm, tonnas ha^{-1} ;

V – kokaudzes krāja, $m^3 * ha^{-1}$;

l – gruntsūdens līmenis no augsnes virsas, cm;

ΔpH – $pH_{H_2O}(40-80cm) - pH_{H_2O}(0-10cm)$

(16)



Att. 24: Oglekļa uzkrājumu augsnes slānī (0-80 cm) atkarība no kokaudzes krājas, augsnes slāņa(40-80 cm) pH un (0-10 cm) pH starpības un gruntsūdens līmeņa.

Būtisks kokaudzes virszemes un pazemes biomasas pieaugums pēc nosusināšanas veicina papildus oglekļa piesaisti dzīvajā biomasā un citās oglekļa krātuvēs. Augsnes oglekļa krātuves bagātināšanai īpaši svarīga ir nobiru veidošanās (skujas un sīkie zariņi, kas, saskaņā ar citos pētījumos blakus esošās tāda paša vecuma audzē iegūtiem datiem, ir 3 tonnas ha⁻¹ gadā) un uzsūcošās saknes, kuru biomasas atjaunojas reizi 2 gados. Būtiska nedzīvās biomasas ieneses palielinājuma rezultātā kokaudze uz susinātas organiskas augsnes var kļūt par nozīmīgu CO₂ piesaistes avotu, tajā skaitā akumulējot oglekli augsnē, kā tas noticis pētījumam izraudzītajos objektos. Kokaudze darbojas ne tikai, kā CO₂ piesaistes starpnieks, bet tā sekmē arī augsnes fizikālo un ķīmisko īpašību izmaiņas. Izmēģinājumu objektos kokaudzē dominē skujkoki, to nobiras būtiski paskābinājušas augsnes virskārtu, tas, savukārt, kavē mikroorganismu darbību un palēnina kūdras mineralizācija. Līdzīgus secinājumus ir izdarījis arī Minkinen (1999) savā disertācijā. Nav šaubu, ka nozīmīgs faktors ir arī gruntsūdens līmeņa dziļums, ko apstiprina arī citu autoru darbi (Lohila *et al.*, 2007; Peichl *et al.*, 2014). Tā izmaiņas ietekmē aerētā kūdras slāņa biezumu, līdz ar to arī mikroorganismu darbību un oksidatīvos procesus augsnē.

Susināšanas ietekmes novērtēšana Latvijas mērogā

Pārskatā konstatēts, ka, pretēji vispārpieņemtajam viedoklim, augsne susinātos un apmežotos pārejas purvos ir CO₂ piesaistes avots. Pētījuma rezultāti parāda, ka darbā izmantotā metode (nīvelēšanas un augsnes analīžu rezultātu integrēšana) ir pietiekoši efektīva un precīza, lai raksturotu oglekļa uzkrājuma izmaiņas. Tomēr iegūtie rezultāti raksturo tikai 1 pārejas purvu Vesetas upes krastos un nav attiecināmi uz visiem susinātajiem mežiem uz organiskajām augsnēm. Lai iegūtu priekšstatu par augsnes oglekļa uzkrājuma izmaiņām visos Latvijas mežos uz susinātām organiskām augsnēm, zemes virsmas augstuma mērījumi un augsnes oglekļa uzkrājuma analīzes jāatkārto pietiekoši lielā mežaudžu skaitā, lai raksturo dažādus augšanas apstākļus un iespējamo sākotnējo mežaudžu stāvokli. Metodiski šis uzdevums risināms, veicot jaunu pētījumu objektu atlasī mežaudzēs ar pirms 40-50 gadiem izbūvētās meža meliorācijas sistēmās kūdreņu meža masīvos. Būtisku ieguldījumu darbā var dot arī meliorācijas sistēmu atjaunošanas projektu izstrādes laikā

Iegūtie nivelēšanas dati, attiecīgi, pētījumā lietderīgi izmantot tikai tās meliorācijas sistēmas, kurās jau veikta rekonstrukcija. Alternatīva metode nivelēšanas datu salīdzināšanai un jaunu mērījumu veikšanai, lai salīdzinātu tos ar vēsturiskajiem datiem, ir kūdras slāņa biezuma atkārtota uzmērīšana. Izstrādājot meliorācijas projektus, tika noteikts kūdras slāņa biezums, attiecīgi, var novērtēt, kāds tas ir tagad. Neatkarīgi no pielietotās kūdras slāņa biezuma novērtēšanas metodes, ir jāveic augsnes analīzes, nosakot oglekļa saturu un augsnes pH vismaz līdz 80 cm dziļumam. Zemsegas un pārējo oglekļa krātuvju izmaiņas ar šo metodi nevarēs novērtēt, jo nav zināmi vēsturiskie dati un nav kontroles audžu. Dzīvās biomasas, kritalu un nedzīvās zemsegas oglekļa uzkrājumu var novērtēt, izmantojot Meža resursu monitoringa un meža augšņu monitoringa datus, salīdzinot meža tipus kūdreņos un purvainos.

Lai aptvertu visu meža tipus un nozīmīgākās koku sugas un iegūtu statistiski reprezentatīvu paraugkopu, pētījumā jāietver vismaz 240 mežaudzes (Tab. 18).

Tab. 18: Nepieciešamie pētījumu objekti meža tipu un valdošo sugu griezumā

Maža tips	Valdošā suga			Objektu skaits kopā
	egle	priede	bērzs	
Kūdreņi (uz susinātām organiskām augsnēm)				
Viršu kūdreņi		30		** Expression is faulty **
Mētru kūdreņi		30		** Expression is faulty **
Šaurlapju kūdreņi	15	15		** Expression is faulty **
Platlapju kūdreņi	15		15	** Expression is faulty **
Purvaini (uz dabiski mitrām organiskām augsnēm)				
Purvājs		30		** Expression is faulty **
Niedrājs		15	15	** Expression is faulty **
Dumbrājs			30	** Expression is faulty **
Liekņa			30	** Expression is faulty **
Kopā	** Expression is faulty **	** Expression is faulty **	** Expression is faulty **	** Expression is faulty **

Pētījumam nepieciešamā dokumentācija ir meliorācijas sistēmu tehniskie projekti, kuros atrodamas projektēšanas laikā izdarītās augstuma atzīmes, kūdras slāņa biezums, kā arī projekta apstiprināšanas datums, kas netieši norāda uz meliorācijas sistēmu izbūves laiku, vai arī informācija par projekta īstenošanas gadu. Darbu secība objektu atlasē:

1. meža meliorācijas sistēmu, kas nodotas ekspluatācijā no 1960. līdz 1974. gadam atlasē;
2. meža fonda analīze atlasītajās meliorācijas sistēmās, izvēloties meža masīvus ar lielāko kūdreņu īpatsvaru;
3. tehnisko projektu izpēte, fiksējot pirms susināšanas veiktās augstuma atzīmes;
4. atlasīto meža masīvu un mērījumu vietu apsekošana dabā, atsijājot objektus, kas neatbilst kūdreņiem raksturīgajiem augšanas apstākļiem, kā arī objektus, kuros ir šaubas par kontroles (uz minerālaugsnēm) mērījumu precizitāti.

Pēc objektu atlasē veicama zemsegas un augsnes paraugu ievākšana līdz 80 cm dziļumam, kā arī zemes virsmas augstuma atzīmju pārmērīšana, ja rekonstrukcijas projekti nedod pietiekoši detalizētu informāciju, un/vai kūdras slāņa biezuma noteikšana. Balstoties uz mērījumu un augsnes analīžu rezultātiem, nosakāmas augsnes oglekļa uzkrājuma izmaiņas attiecīgajā objektā.

Mežaudzes raksturošanai katrā pētījumu objektā ar parauglaukumu metodi iegūstama informācija par galvenajiem mežaudzi raksturojošajiem morfometriskajiem rādītājiem, tajā skaitā nedzīvās koksnes krāju, kā arī ievācamā kritalu paraugi sīko kritalu biomasas un oglekļa uzkrājuma raksturošanai.

Dati, kas nepieciešami pētījuma īstenošanai vai būtiski uzlabotu tā kvalitāti:

1. meliorācijas sistēmu tehniskā dokumentācija (izbūves projekti) ar augstuma atzīmēm (ir pieejami SIA Meliorprojekts);
2. informācija par meliorācijas sistēmu nodošanu ekspluatācijā (ir norādīta projektos);
3. rekonstrukcijas projektu tehniskā dokumentācija ar augstuma atzīmēm un kūdras slāņa biezuma atzīmēm (ir pieejama AS "Latvijas valsts meži", taču nav informācijas, vai ir pārmērīts kūdras slāņa biezums).

Pētījuma ilgums ir līdz 1,5 gadi, tajā skaitā, 2 mēneši dokumentācijas izpētei, 9 mēneši mērīšanai (2 brigādes) un paraugu ievākšanai, 3 mēneši paraugu apstrādei un analīzēm un 1 mēnesis ziņojuma un zinātniskās publikācijas sagatavošanai.

Secinājumi

1. Visas oglekļa krātuves pārejas purvā, kurā veikts pētījums, 54 gadus pēc nosusināšanas ir neto CO₂ piesaistes avots. Kopējais oglekļa uzkrājums, tajā skaitā augsnē līdz 80 cm dziļumam (aprēķināts 54,3 cm biežam slānim), nosusinātajā purva daļā ir 435,5±20,2 tonnas*ha⁻¹, bet nenosusinātā purva daļā 352,3±33,9 tonnas*ha⁻¹.
2. Augsne kūdrenī nav neto CO₂ emisiju avots, jo oglekļa uzkrājums augsnē kūdrenī 354,2±17,6 tonnas*ha⁻¹) būtiski neatšķiras no oglekļa uzkrājuma pārejas purva augsnē (339,3±29,5 tonnas*ha⁻¹). Tomēr iegūto datu apjoms nav nepietiekošs, lai rēķinātu CO₂ piesaisti augsnē nosusinātās organiskajās augsnēs.
3. Oglekļa uzkrājums kokaudzē gan virszemes, gan pazemes biomasā būtiski ($p < 0,05$) lielāks kūdrenī (97,5±12,0 tonnas*ha⁻¹), nekā kontroles platībās niedrājā (38,3±14,4 tonnas*ha⁻¹) un pārejas purvā (16,4±12,9 tonnas*ha⁻¹).
4. Kūdrenī ir būtiski lielāks kritalu (5,1±0,5 tonna*ha⁻¹) un zemsegas (5,1±0,4 tonna ha⁻¹) oglekļa uzkrājums, nekā kontroles platībās niedrājā (konstatētas tikai kritalas – 0,5±0,1 tonnas*ha⁻¹) un pārejas purvā (arī konstatētas tikai kritalas – 0,3±0,1 tonnas*ha⁻¹).
5. Nosusināšanas rezultātā konstatēta kūdras slāņa saplakšana par 25,7±3,5 cm. Visintensīvāk tas noticis pirmajos gados pēc nosusināšanas. Jau 15 gadus pēc nosusināšanas, augsnes virskārta sarukusi par 15,8±2,1 cm. Turpmāko 40 gadu laikā augsnes virskārta saplakusi tikai par 9,9 cm.
6. Statistiski būtiskas augsnes blīvuma atšķirības 0-10 cm dziļumā ($p < 0,05$) kūdrenī (141 kg*m⁻³) un pārejas purvā (74,8 kg*m⁻³) norāda uz būtisku augsnes mehāniskas saplakšanas ietekmi augsnes virskārtas sēšanās procesā. Augsnes sablīvējums vērojams galvenokārt augsnes virsējos slāņos, no kuriem aizvadīts ūdens. Dziļāku augsnes slāņu izpēte ir nepieciešama, lai novērtētu ietekmi, ko varēja radīt periodiska gruntsūdeņu aizplūšana un virsējo augsnes slāņu spiediens.
7. Nosusināšanas rezultātā notikušas būtiskas ($p < 0,05$) izmaiņas oglekļa saturā kūdrā. Oglekļa saturs augsnes slānī 0-40 cm kūdrenī vidēji ir (545,6±4,6 g*kg⁻¹), niedrājā (527,0±8,1 g*kg⁻¹) un pārejas purvā (526,5±7,3 g*kg⁻¹). Dziļāk būtiskas izmaiņas nav konstatētas.
8. Kūdrenī ir būtiski ($p < 0,05$) skābāks augsnes pH, salīdzinot ar nenosusinātajām platībām, ko sekmējis kokaudzes biomasas pieaugums un organisko vielu mineralizācija. Augsnes pH_{H₂O} un pH_{CaCl₂} 0-10 cm dziļumā kūdrenī ir, attiecīgi, 4,3±0,08 un 3,8±0,08, niedrājā 5,8±0,10 un 5,5±0,08 un pārejas purvā 5,9±0,15 un 5,5±0,12.
9. Kokaudzes krāja, augsnes pH un gruntsūdens līmenis faktori, kas visvairāk ($r^2=0,57$) ietekmējuši augsnes oglekļa uzkrājumu susinātajā platībā.
10. Pētījums norāda uz nepieciešamību balstīt CO₂ emisiju aprēķinu vienādojumus meliorācijas sistēmu ietekmes raksturošanai ilgtermiņa pētījumos (šajā gadījumā vismaz 50 gadi). Novērtējot oglekļa uzkrājuma izmaiņas 15 gadus pēc meliorācijas, tiktu konstatēts būtisks oglekļa uzkrājuma samazinājums augsnē un CO₂ emisijas no augsnes, ko turpmāko 39 gadu laikā pilnībā kompensē mežaudzes uzkrātā biomasā.

Publicitāte

Pētījuma rezultāti 2014. gadā prezentēti 2 starptautiskās konferencēs un publicēti konferenču rakstu krājumos:

1. Lazdiņš, A., Butlers, A. & Lupiķis, A. (2014). Case study of soil carbon stock changes in drained and afforested transitional bog. *Proceedings of 9th Baltic biological conference*, Ilgas, 2014. Ilgas: Latvian State Forest Research Institute "Silava".
2. Lazdiņš, A., Lupiķis, A. & Okmanis, M. (2014). Soil carbon stock change due to drainage of a forest stand growing on a transitional bog. In: Finér, L., Karvinen, L., & Stupak, I. (Eds) *Proceedings of Environmental Services provided by the Nordic-Baltic Forests*, Vantaa, Finland, 2014. pp 48–50. Vantaa, Finland: Finnish Forest Research Institute. ISBN ISBN 978-951-40-2513-6.

Uzsākta prezentācija un zinātniska raksta sagatavošana starptautiskai zinātniskai konferencei "RESEARCH FOR RURAL DEVELOPMENT 2014", kā arī Latvijas Universitātes 73. zinātniskās konferences Zemes un vides zinātņu sekcijas ietvaros organizētajai starpnozaru apakšsekcijai „Zemes un augsnes ilgtspējīga izmantošana”.

Izmantotā literatūra

1. Alm, J., Narasinha, J. S., Minkkinen, K., Lasse, A., Lasse, A., Hytönen, J., Laurila, T., Lohila, A., Maljanen, M., Martikainen, P. J., Penttilä, T., Mäkiranta, P., Saarnio, S., Silvan, N., Tuittila, E.-S. & Laine, J. (2007). Emission factors and their uncertainty for the exchange of CO₂, CH₄ and N₂O in Finnish managed peatlands. *Boreal Environment Research* 12, 191–206.
2. Von Arnold, K., Hännell, B., Stendahl, J. & Klemedtsson, L. (2005). Greenhouse gas fluxes from drained organic forestland in Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 20(5), 400–411.
3. Aurela, M., Laurila, T., Lohila, A., Hatakka, J., Tuovinen, J.-P., Riutta, T., Penttilä, T. & Viisanen, Y. (2008). Carbon dioxide and methane exchange on a northern boreal peat mire. *Geophysical Research Abstracts*.
4. Basiliko, N., Blodau, C., Roehm, C., Bengtson, P. & Moore, T. R. (2007). Regulation of Decomposition and Methane Dynamics across Natural, Commercially Mined, and Restored Northern Peatlands. *Ecosystems* 10(7), 1148–1165.
5. Eggleston, S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T. & Kiyoto, T. (Eds.) (2006a). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Agriculture, Forestry and Other Land Use. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. p 678. Japan: Institute for Global Environmental Strategies (IGES). ISBN 4-88788-032-4.
6. Eggleston, S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T. & Kiyoto, T. (Eds.) (2006b). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Agriculture, Forestry and Other Land Use. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. p 678. Japan: Institute for Global Environmental Strategies (IGES). ISBN 4-88788-032-4.
7. Hagberg, L. & Holmgren, K. (2008). *The climate impact of future energy peat production* [online]. St^oCkholm. (B1796).
8. Holmgren, K. & Hadberg, L. (2009). *Life cycle assessment of climate impact of Fischer-Tropsch diesel based on peat and biomass* [online]. St^oCkholm. (B1833).
9. Kari Minkkinen, T. P. (2007). Tree stand volume as a scalar for methane fluxes in forestry-drained peatlands in Finland. *Boreal Environment Research* 12, 127–132.
10. Kirkinen, J. & Minkinen, M. (2007). Greenhouse impact due to different peat fuel utilisation chains in Finland - a life cycle approach. *Boreal environment research* 12, 211–223.
11. Kirkinen, J., Valtion teknillinen tutkimuskeskus (2010). *Greenhouse impact assessment of some combustible fuels with a dynamic life cycle approach*. Diss. [Espoo, Finland]: VTT.
12. Klemedtsson, Å. K., Klemedtsson, L., Stenberg, M. & Weslien, P. (2005). Nitrous oxide emissions and nitrogen use efficiency., Botanical Institute, 2005. Botanical Institute: Department of Earth Sciences.
13. Laiho, R. (1996). Changes in understorey biomass and species composition after water level drawdown on pine mires in southern Finland. [online],. Available from: <http://www.doria.fi/handle/10024/12742>. [Accessed 2014-12-19].
14. Latvian Environment, Geology and Meteorology Centre (2014). *Latvia's National Inventory Report Submitted under United Nations Convention on Climate Change and the Kyoto Prot^oCol Common Reporting Formats (CRF) 1990 – 2012* [online]. Rīga.
15. *Latvijas mežzinātnes diena* (2013). [online]. Jaunkalsnava, Gulbene.
16. Lazdiņš, A., Liepiņš, K., Lazdiņa, D., Jansons, Ā., Bārdule, A. & Lupiķis, A. (2013). *Mežsaimniecisko darbību ietekmes uz siltumnicefektu gāzu emisijām un CO₂ piesaisti novērtējums (pārskats par 2013. gada darba uzdevumu izpildi)*. Salaspils. (5.5-5.1/001Y/110/08/8).
17. Lohila, A. (2008). Carbon dioxide exchange on cultivated and afforested boreal peatlands. [online],. Available from: https://www.etde.org/etdeweb/details_open.jsp?osti_id=1042425. [Accessed 2013-11-25].
18. Lohila, A., Laurila, T., Aro, L., Aurela, M., Tuovinen, J.-P., Laine, J., Kolari, P. & Minkkinen, K. (2007). Carbon dioxide exchange above a 30-year-old Scots pine plantation established on organic-soil cropland. *Boreal Environment Research* 12, 141–157.
19. Lohila, A., Minkkinen, K., Aurela, M., Tuovinen, J.-P., Penttilä, T., Ojanen, P. & Laurila, T. (2011). Greenhouse gas flux measurements in a forestry-drained peatland indicate a large carbon sink. *Biogeosciences* 8(11), 3203–3218.
20. Maljanen, M., Shurpali, N., Hytönen, J., Mäkiranta, P., Aro, L., Potila, H., Laine, J., Li, C. & Martikainen, P. (2012). Afforestation does not necessarily reduce nitrous oxide emissions from managed boreal peat soils. *Biogeochemistry* 108(1), 199–218.
21. Maljanen, M., Sigurdsson, B. D., Guðmundsson, J., Óskarsson, H., Huttunen, J. T. & Martikainen, P. J. (2010). Greenhouse gas balances of managed peatlands in the Nordic countries – present knowledge and gaps. *Biogeosciences* 7(9), 2711–2738.

22. Mhkiranta, P., Hytönen, J., Aro, L., Maljanen, M., Pihlatie, M., Potila, H., Shurpali, N. J., Laine, J., Lohila, A., Martikainen, P. J. & Minkkinen, K. Soil greenhouse gas emissions from afforested organic soil croplands and cutaway peatlands. *Boreal environment research* 12(2), 159–175.
23. Minkkinen, K. (1999). *Effect of forestry drainage on the carbon balance and radiative forcing of peatlands in Finland*. Diss. Faculty of Agriculture and Forestry of the University of Helsinki. Available from: <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/20610/effectof.pdf?sequence=2>.
24. Minkkinen, K., Vasander, H., Jauhiainen, S., Karsisto, M. & Laine, J. (1999). Post-drainage changes in vegetation composition and carbon balance in Lakkasuo mire, Central Finland. *Plant and Soil* 207(1), 107–120.
25. Murphy, D. M., Solomon, S., Portmann, R. W., Rosenlof, K. H., Forster, P. M. & Wong, T. (2009). An observationally based energy balance for the Earth since 1950. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 114(D17), D17107.
26. Mäkiranta, P., Hytönen, J., Aro, M., M., Pihlatie, M., Potila, H., Shurpali, N., Laine, J., Lohila, A., Martikainen, P. J. & Minkkinen, K. (2007). Soil greenhouse gas emissions from afforested organic soil croplands and cutaway peatlands. *Boreal Environment* 12, 159–175.
27. Nilsson, M., Sagerfors, J., Buffam, I., Laudon, H., Eriksson, T., Grelle, A., Klemedtsson, L., Weslien, P. & Lindroth, A. (2008). Contemporary carbon accumulation in a boreal oligotrophic minerogenic mire – a significant sink after accounting for all C-fluxes. *Global Change Biology* 14(10), 2317–2332.
28. Ojanen, P., Minkkinen, K. & Penttilä, T. (2013a). The current greenhouse gas impact of forestry-drained boreal peatlands. *Forest Ecology and Management* 289, 201–208.
29. Ojanen, P., Minkkinen, K. & Penttilä, T. (2013b). The current greenhouse gas impact of forestry-drained boreal peatlands. *Forest Ecology and Management* 289, 201–208.
30. Peichl, M., Arain, A. M., Moore, T. R., Brodeur, J. J., Khomik, M., Ullah, S., Restrepo-Coupe, N., McLaren, J. & Pejam, M. R. (2014). Carbon and greenhouse gas balances in an age sequence of temperate pine plantations. *Biogeosciences* 11(19), 5399–5410.
31. Saarnio, S., Morero, M., Shurpali, N. J., Tuittila, E.-S., Alm, J. & Mäkilä, M. (2007). Annual CO₂ and CH₄ fluxes of pristine boreal mires as a background for the lifecycle analyses of peat energy. *Boreal environment research* 12, 101–113.
32. Salm, J. O. (2012). *Emission of greenhouse gases CO₂, CH₄, and N₂O from Estonian transitional fens and ombrotrophic bogs: the impact of different land-use practice*. Diss. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus. Available from: http://dspace.utlib.ee/dspace/bitstream/handle/10062/25471/salm_jyri_ott.pdf?sequence=1.
33. Salm, J.-O., Maddison, M., Tammik, S., Soosaar, K., Truu, J. & Mander, Ü. (2012). Emissions of CO₂, CH₄ and N₂O from undisturbed, drained and mined peatlands in Estonia. *Hydrobiologia* 692(1), 41–55.
34. Strack, M. & Waddington, J. M. (2008). Spatiotemporal variability in peatland subsurface methane dynamics. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences* 113(G2), n/a–n/a.
35. Tuittila, E.-S., Komulainen, V.-M., Vasander, H. & Laine, J. (1999). Restored cut-away peatland as a sink for atmospheric CO₂. *Oecologia* 120(4), 563–574.
36. Turunen, J., Roulet, N. T., Moore, T. R. & Richard, P. J. H. (2004). Nitrogen deposition and increased carbon accumulation in ombrotrophic peatlands in eastern Canada: N DEPOSITION AND PEAT ACCUMULATION. *Global Biogeochemical Cycles* 18(3), n/a–n/a.
37. Vymazal, J. (2008). *Wastewater Treatment, Plant Dynamics and Management in Constructed and Natural Wetlands*. Springer. ISBN 9781402082351.
38. Zālītis, P. (2008). Kūdras augšņu hidroloģiskā režīma ietekme uz egļu jaunaudžu augšanas potenciālu. *Mežzinātne* 17(50), 3–8.
39. Zālītis, P., Jansons, J. & Indriksons, A. (2012). Kokaudžu parametru dinamika meliorētos pārejas purvos. *Mežzinātne* 26(59), 6–19.

1.Pielikums: Kokaudzes taksācijas rādītāju kopsavilkums

Tab. 19: Mežaudzes taksācijas rādītāju un biomasas raksturojums

Parauglaukums	D, cm	H, m	Koku skaits, gab ha ⁻¹	G, m ² ha ⁻¹	Stumbra biomasas, tonnas ha ⁻¹	Krāja, m ³ ha ⁻¹	Biomasas, tonnas ha ⁻¹						
							stumbrs	zajie zari	sausie zari	lielās saknes	mazās saknes	celms	kopā
5	23	21	920	25,2	111,3	262,8	204,9	52,9	3,8	40,0	7,8	17,1	232,8
7	26	22	340	19,6	95,4	208,4	280,7	24,6	2,2	22,6	3,7	9,2	157,8
13	20	18	780	19,6	78,9	179,5	158,0	36,9	2,2	23,8	5,3	10,5	157,6
16	21	20	720	24,8	105,2	238,4	161,6	18,1	2,5	15,6	3,3	9,5	154,2
22	21	17	980	20,8	100,6	173,3	188,0	23,4	3,2	19,1	4,2	12,0	162,4
25	23	19	640	26,9	121,0	258,7	189,0	35,7	2,5	26,4	5,2	11,3	202,0
30	20	17	900	25,3	108,4	214,8	158,2	21,0	2,8	16,7	3,8	10,6	163,2
34	20	18	1 040	26,1	114,8	236,9	169,9	49,0	2,9	31,5	7,0	13,9	219,2
72	23	20	420	19,1	97,2	188,3	231,4	12,0	1,7	11,8	2,2	6,8	131,7
85	24	20	260	12,0	50,6	117,8	194,8	15,6	1,2	12,2	2,3	5,2	87,1
98	26	21	460	25,4	128,2	254,4	278,8	32,1	2,8	28,6	4,8	11,8	208,3
109	21	19	500	18,4	81,7	176,6	163,5	12,3	1,7	10,3	2,2	6,4	114,6
141	19	18	740	19,9	68,6	187,3	111,0	31,9	1,7	19,1	4,5	8,6	134,4
148	21	19	720	28,0	107,5	273,2	149,3	37,0	2,4	25,5	5,4	11,1	188,7
155	19	18	920	13,3	52,4	119,8	146,3	39,4	2,1	23,4	5,6	10,5	133,2
161	22	19	420	17,9	82,6	175,9	196,6	21,7	1,4	15,1	3,1	6,6	130,5
171	20	18	1 540	30,4	133,2	288,3	182,1	71,6	4,1	45,5	10,2	20,2	284,9
12HM	24	20	720	31,0	168,3	299,5	260,8	21,6	3,2	22,5	4,1	12,6	232,2
4HM	20	19	1 080	27,8	121,5	259,2	167,4	25,1	3,4	20,0	4,5	12,7	187,1
8HM	24	20	640	27,2	133,1	263,7	233,4	19,2	2,8	19,9	3,6	11,1	189,6
4L	13	14	2 100	11,3	32,2	82,5	53,8	22,9	2,4	8,3	3,7	7,6	77,1
6PK	12	13	920	4,7	13,8	34,1	46,6	9,2	0,9	3,0	1,5	2,9	31,4
7PL	16	16	1 000	14,7	54,6	122,7	85,8	15,3	1,8	7,9	2,6	6,2	88,4
8PK	19	18	580	13,6	58,4	123,6	133,4	11,7	1,5	8,0	2,1	5,4	87,0
1PL	7	8	1 820	2,9	6,5	16,8	28,2	14,2	0,1	2,1	1,6	1,3	25,8
2K	5	6	900	1,1	1,8	5,9	5,4	2,2	0,1	0,2	0,3	0,3	4,9
2L	12	14	2 700	14,2	37,9	102,2	44,9	26,7	2,7	8,7	4,2	8,4	88,6
2PK	7	10	800	2,6	5,7	16,4	11,1	3,8	0,3	0,6	0,5	0,8	11,7
3PL	9	11	1 440	3,9	8,1	26,5	24,7	17,4	0,3	3,6	2,1	2,1	33,5
4K	7	9	1 200	3,9	9,6	27,0	15,7	5,8	0,5	0,9	0,8	1,2	18,7

Tab. 20: Oglekļa uzkrājuma raksturojums

Parauglaukums	Oglekļa uzkrājums, tonnas C ha ⁻¹						
	stumbrs	zajie zari	sausie zari	lielās saknes	mazās saknes	celms	kopā
5	57,2	28,5	2,1	21,2	21,5	4,1	134,6
7	49,1	13,3	1,2	12,0	12,1	2,0	89,6
13	40,6	20,0	1,2	12,6	12,8	2,8	89,9
16	55,4	9,7	1,4	8,2	8,3	1,8	84,7
22	53,0	12,5	1,8	10,0	10,2	2,3	89,7
25	62,2	19,3	1,3	14,0	14,2	2,8	113,7
30	57,1	11,2	1,6	8,7	8,9	2,0	89,5
34	59,0	26,5	1,6	16,7	16,9	3,7	124,4
72	51,2	6,4	1,0	6,2	6,3	1,2	72,2
85	26,0	8,4	0,6	6,5	6,6	1,2	49,3
98	65,9	17,3	1,5	15,1	15,4	2,6	117,8

Parauglaukums	Oglekļa uzkrājums, tonnas C ha ⁻¹						
	stumbrs	zaļie zari	sausie zari	lielās saknes	mazās saknes	celms	kopā
109	43,0	6,6	0,9	5,4	5,5	1,2	62,7
141	35,3	17,3	0,9	10,1	10,3	2,4	76,2
148	55,3	20,0	1,3	13,5	13,7	2,8	106,5
155	26,9	21,3	1,1	12,4	12,5	3,0	77,2
161	42,5	11,7	0,8	8,0	8,1	1,7	72,7
171	68,5	38,7	2,3	24,1	24,5	5,4	163,4
12HM	88,6	11,6	1,8	11,8	12,0	2,2	127,9
4HM	64,0	13,5	1,9	10,5	10,6	2,4	102,8
8HM	70,1	10,3	1,6	10,4	10,6	1,9	104,8
4L	17,0	12,3	1,3	4,3	4,4	2,0	41,3
6PK	7,3	4,9	0,5	1,6	1,6	0,8	16,7
7PL	28,8	8,2	1,0	4,1	4,2	1,4	47,7
8PK	30,8	6,3	0,8	4,2	4,3	1,1	47,4
1PL	3,3	7,7	0,1	1,1	1,1	0,9	14,2
2K	1,0	1,2	0,1	0,1	0,1	0,2	2,5
2L	20,0	14,3	1,5	4,5	4,6	2,3	47,2
2PK	3,0	2,1	0,2	0,3	0,3	0,3	6,1
3PL	4,2	9,4	0,1	1,9	1,9	1,1	18,7
4K	5,1	3,1	0,3	0,5	0,5	0,4	9,7

2.Pielikums: Augsnes penetrācijas pretestības mērījumu rezultātu kopsavilkums

Tab. 21 Augšnes penetrācijas pretestība (MPa) un gruntsūdens līmenis mērišanas laikā

Parauglūkums	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm	40-80 cm	Valdošā suga	Zemes sēšanās, cm	Gruntsūdens līmenis ¹⁰ , cm
5	0,49	0,51	0,38	0,57	E	21,9	49
7	0,51	0,5	0,38	0,5	E	35,4	32
13	0,47	0,41	0,35	0,48	E	20,97	31
16	0,49	0,48	0,45	0,5	P	16,77	21
22	0,47	0,28	0,37	0,41	P	19,5	13
25	0,61	0,38	0,36	0,36	E	21,17	12
30	0,64	0,34	0,43	0,38	P	20,4	24
34	0,35	0,3	0,37	0,37	E	22,77	12
72	0,53	0,4	0,44	0,49	P	13,03	53
85	0,54	0,56	0,65	0,56	E	13,8	46
98	0,54	0,49	0,5	0,52	E	34,53	52
109	0,56	0,57	0,67	0,53	P	24,57	59
141	0,57	0,64	0,59	0,52	E	38,93	47
148	0,63	0,74	0,57	0,54	E	41	53
155	0,3	0,34	0,37	0,41	E	32,57	33
161	0,59	0,37	0,29	0,41	E	33,12	29
171	0,6	0,66	0,7	0,71	E	26,53	39
4HM	0,33	0,54	0,54	0,49	P	22,2	47
8HM	0,6	0,48	0,48	0,5	P	27,57	51
4L	0,65	0,63	0,66	0,47	P		8
6PK	0,95	0,77	0,48	0,37	P		11
7PL	0,44	0,81	0,63	0,43	P		11
8PK	0,75	0,82	0,54	0,41	P		12
1PL	0,56	0,87	0,46	0,36	E		6
2K	0,82	0,83	0,46	0,42	P		5
2L	0,56	0,85	0,63	0,44	P		15
2PK	0,62	0,95	0,61	0,41	P		4
3PL	0,82	0,77	0,56	0,4	E		7
4K	0,7	0,61	0,45	0,31	P		3

¹⁰ Gruntsūdens līmenis mērīts no zemes virsmas.

3.Pielikums: Augsnes analīžu rezultāti un oglekļa uzkrājuma aprēķinu kopsavilkums

Tab. 22: Augsnes analīžu rezultātu kopsavilkums

Parauglaurkums	Augsnes slānis, cm ¹¹	Augsnes slāņa masa, tonnas ha ⁻¹	Ogleklis augsnes slānī, tonnas ha ⁻¹	Augsnes blīvums, kg m ⁻³	Augsnes pH _{H₂O}	Augsnes pH _{CaCl₂}	Oglekļa saturs, g C kg ⁻¹
5	0	12,9	7,15		4,65	4,18	555,75
5	0-10	216,7	116,08	216,7	4,49	3,78	535,94
5	10-20	153,13	84,06	153,13	5,06	4,53	549,2
5	20-40	276,73	154,74	138,37	5,33	4,76	559,69
5	40-80	478	265,41	119,5	5,4	4,85	555,41
7	0	4,34	2,19	39,34	4,66	4,15	543,25
7	0-10	159,4	81,87	159,4	4,26	3,72	513,14
7	10-20	114,03	61,24	114,03	5,37	4,93	537,3
7	20-40	229,33	126,62	114,67	5,65	5,13	552,16
7	40-80	427,6	240,1	106,9	5,68	5,16	561,98
13	0	8,89	5,03	56,49	4,23	3,78	565,82
13	0-10	133,93	70,96	133,93	4,23	3,7	530,24
13	10-20	112,4	61,78	112,4	4,77	4,31	549,87
13	20-40	184,2	103,26	92,1	5,21	4,65	560,59
13	40-80	341,07	188,85	85,27	4,98	4,46	553,61
16	0	12,08	6,87	44,67	4,61	4,1	578,09
16	0-10	131,2	66,96	131,2	4,46	3,95	510,92
16	10-20	113,93	63,11	113,93	4,98	4,43	554,07
16	20-40	194,67	109,34	97,33	4,96	4,44	562,04
16	40-80	359,73	202,94	89,93	5,14	4,55	563,99
22	0	5,84	3,23	34,68	4,32	3,85	550,95
22	0-10	111,67	57,32	111,67	4,62	4,17	513,04
22	10-20	93,77	52,09	93,77	4,88	4,36	555,8
22	20-40	172,4	98,24	86,2	5,05	4,47	570,18
22	40-80	308,8	175,01	77,2	5,03	4,49	567,01
25	0	8,2	4,52	33,01	4,74	4,3	550,26
25	0-10	111,63	55,09	111,63	4,44	4,01	493,48
25	10-20	96,67	51,85	96,67	5,12	4,61	537,04

¹¹ "0" - O horizonts.

Parauglaukums	Augsnes slānis, cm	Augsnes slāņa masa, tonnas ha ⁻¹	Ogleklis augsnes slānī, tonnas ha ⁻¹	Augsnes blīvums, kg m ⁻³	Augsnes pH _{H₂O}	Augsnes pH _{CaCl₂}	Oglekļa saturs, g C kg ⁻¹
25	20-40	189,27	102,45	94,63	5,13	4,63	540,99
25	40-80	333,33	180,91	83,33	5,15	4,61	542,5
30	0	9,61	5,42	45,47	4,65	4,16	558,98
30	0-10	121,67	63,6	121,67	4,87	4,29	522,22
30	10-20	100,13	55,69	100,13	5,13	4,58	556,24
30	20-40	180,47	101,68	90,23	5,2	4,59	563,57
30	40-80	353,33	200,61	88,33	5,33	4,61	567,93
34	0	6,86	3,91	49,08	5,18	4,75	565,09
34	0-10	128,73	65,67	128,73	4,95	4,47	513,32
34	10-20	117,5	61,63	117,5	5,2	4,64	524,45
34	20-40	211,07	118,39	105,53	5,31	4,72	561,77
34	40-80	393,73	210,1	98,43	5,39	4,73	535,83
72	0	12,48	7,01	89,66	4,28	3,84	543,51
72	0-10	110,8	58,72	110,8	4,32	3,9	530,85
72	10-20	85,27	45,59	85,27	4,76	4,41	534,89
72	20-40	158,53	85,42	79,27	5,04	4,66	538,99
72	40-80	291,2	157	72,8	5,04	4,69	538,3
85	0	5,96	3,26	37,03	4,52	4,09	547,51
85	0-10	134,67	69,65	134,67	3,99	3,66	518,23
85	10-20	94,63	50,87	94,63	4,57	4,22	538,26
85	20-40	185,2	100,24	92,6	4,74	4,39	541,02
85	40-80	364,8	197,48	91,2	4,76	4,41	541,24
98	0	11,08	6,18	29,58	4,61	4,17	556,59
98	0-10	167,23	90,92	167,23	3,84	3,35	543,4
98	10-20	186,33	99,63	186,33	4,72	4,39	534,74
98	20-40	323,6	168,1	161,8	5,45	5,1	519,18
98	40-80	643,2	321,72	160,8	5,85	5,41	500,42
109	0	4,13	2,36	22,3	4,42	4,09	570,71
109	0-10	149,73	81,79	149,73	3,77	3,39	546,38
109	10-20	145,8	80,11	145,8	4,26	3,96	550,17

Parauglaukums	Augsnes slānis, cm	Augsnes slāņa masa, tonnas ha ⁻¹	Ogleklis augsnes slānī, tonnas ha ⁻¹	Augsnes blīvums, kg m ⁻³	Augsnes pH _{H₂O}	Augsnes pH _{CaCl₂}	Oglekļa saturs, g C kg ⁻¹
109	20-40	271,13	146,55	135,57	4,5	4,18	540,76
109	40-80	608,67	323,15	152,17	4,95	4,66	531,3
141	0	9,13	4,92	61,11	4,6	4,15	537,63
141	0-10	187,03	96,4	187,03	4,03	3,63	514,69
141	10-20	140,53	75,4	140,53	4,86	4,23	536,71
141	20-40	292,87	156,4	146,43	5,17	4,72	533,19
141	40-80	557,2	297,88	139,3	5,54	5,04	533,83
148	0	6,46	3,48	41,08	4,78	4,37	539,02
148	0-10	177,43	89,12	177,43	4,36	3,95	503,19
148	10-20	187,53	98,08	187,53	4,97	4,52	523,31
148	20-40	375,6	196,48	187,8	5,31	4,87	523,26
148	40-80	615,87	318,01	153,97	5,57	5,1	515,92
155	0	5,3	2,94	20,33	4,55	4,31	554,5
155	0-10	115,33	64,64	115,33	4,25	3,87	561,37
155	10-20	113,97	64,58	113,97	4,54	4,36	563,8
155	20-40	212,4	118,36	106,2	4,84	4,66	556,39
155	40-80	433,73	241,43	108,43	4,95	4,72	556,9
161	0	6,02	3,35	31,41	4,56	4,16	556,47
161	0-10	121,03	66,49	121,03	3,99	3,56	549,46
161	10-20	103,6	58,54	103,6	4,84	4,46	565,36
161	20-40	188	104,3	94	5,63	5,27	554,7
161	40-80	400,13	222,92	100,03	5,5	5,17	556,73
171	0	12,02	6,49	87,21	5,25	4,68	542,67
171	0-10	181,07	97,49	181,07	4,37	3,85	538,46
171	10-20	139	76,66	139	4,7	4,15	551,75
171	20-40	263,27	146,14	131,63	5,57	5,03	554,34
171	40-80	548	302,01	137	5,79	5,31	551,14
12HM	0	10,15	5,68	41,27	4,57	4,07	560,53
12HM	0-10	131,07	73,17	131,07	4,08	3,47	558,15
12HM	10-20	139,77	77,95	139,77	4,63	4,17	558,87

Parauglaurkums	Augsnes slānis, cm	Augsnes slāņa masa, tonnas ha ⁻¹	Ogleklis augsnes slānī, tonnas ha ⁻¹	Augsnes blīvums, kg m ⁻³	Augsnes pH _{H₂O}	Augsnes pH _{CaCl₂}	Oglekļa saturs, g C kg ⁻¹
12HM	20-40	258,8	144,04	129,4	5,22	4,82	556,75
12HM	40-80	478,67	269,33	119,67	5,68	5,03	562,59
4HM	0	17,33	10,03	46,12	4,52	3,93	579,44
4HM	0-10	109,83	59,23	109,83	3,76	3,34	538,28
4HM	10-20	125,13	68,27	125,13	4,04	3,64	540,41
4HM	20-40	219,2	126,51	109,6	4,69	4,35	577,25
4HM	40-80	400,53	232,74	100,13	4,79	4,45	580,45
8HM	0	13,8	7,77	40,67	4,45	3,81	564,48
8HM	0-10	118,97	62,85	118,97	4,26	3,52	527,77
8HM	10-20	114,67	61,8	114,67	4,78	4,19	537,78
8HM	20-40	229,73	123,73	114,87	4,65	3,99	539,35
8HM	40-80	443,73	246,93	110,93	5,09	4,38	556,41
4L	0						
4L	0-10	91,13	48,05	91,13	5,59	5,33	527,61
4L	10-20	100,33	53,64	100,33	5,58	5,27	534,6
4L	20-40	213,27	112,63	106,63	5,58	5,25	529,03
4L	40-80	471,33	264,01	117,83	5,61	5,27	559,76
6PK	0						
6PK	0-10	62,47	31,5	62,47	5,87	5,53	504,55
6PK	10-20	62,53	32,61	62,53	5,79	5,37	521,58
6PK	20-40	130,13	68,89	65,07	6,01	5,54	530,4
6PK	40-80	278,53	150,84	69,63	5,95	5,47	540,96
7PL	0						
7PL	0-10	89,47	45,62	89,47	5,77	5,46	508,51
7PL	10-20	73,67	38,33	73,67	5,71	5,39	519,99
7PL	20-40	157,9	83,36	78,95	5,64	5,27	528,43
7PL	40-80	383,87	210,08	95,97	5,61	5,24	547,3
8PK	0						
8PK	0-10	81,93	42,05	81,93	6,02	5,68	512,7
8PK	10-20	83,73	43,9	83,73	5,76	5,37	521,2

Parauglaukums	Augsnes slānis, cm	Augsnes slāņa masa, tonnas ha ⁻¹	Ogleklis augsnes slānī, tonnas ha ⁻¹	Augsnes blīvums, kg m ⁻³	Augsnes pH _{H₂O}	Augsnes pH _{CaCl₂}	Oglekļa saturs, g C kg ⁻¹
8PK	20-40	152,47	78,6	76,23	5,7	5,39	515,52
8PK	40-80	391,2	207,55	97,8	5,53	5,25	529,81
1PL	0						
1PL	0-10	72,97	39,05	72,97	5,6	5,24	535,05
1PL	10-20	57,1	30,97	57,1	5,56	5,18	542,49
1PL	20-40	106,07	57,67	53,03	5,63	5,22	544,57
1PL	40-80	298,13	169,95	74,53	5,65	5,3	570,2
2K	0						
2K	0-10	77,97	38,15	77,97	6,13	5,52	489,15
2K	10-20	74,53	37,38	74,53	6,11	5,44	500,37
2K	20-40	156,53	80,51	78,27	5,95	5,3	513,29
2K	40-80	378,67	204,77	94,67	5,8	5,24	541,87
2L	0						
2L	0-10	90,93	44,97	90,93	5,61	5,35	496,27
2L	10-20	86,8	44,27	86,8	5,49	5,16	510,1
2L	20-40	198,6	104,72	99,3	5,31	5,17	527,09
2L	40-80	472,53	258,61	118,13	5,56	5,2	547,88
2PK	0						
2PK	0-10	67,77	34,83	67,77	6,07	5,73	514,51
2PK	10-20	59,13	31,8	59,13	5,95	5,52	536,53
2PK	20-40	127,6	68,71	63,8	5,77	5,46	538,53
2PK	40-80	251,2	138,49	62,8	5,78	5,42	551,03
3PL	0						
3PL	0-10	62,7	31,59	62,7	6,33	5,95	502,37
3PL	10-20	63,03	32,46	63,03	6,02	5,55	513,3
3PL	20-40	124,6	64,31	62,3	5,85	5,38	516,57
3PL	40-80	330,4	179,26	82,6	5,85	5,35	543,28
4K	0						
4K	0-10	76,37	39,12	76,37	5,64	5,38	511,61
4K	10-20	75,87	39,74	75,87	5,62	5,28	523,14

Parauglaukums	Augsnes slānis, cm	Augsnes slāņa masa, tonnas ha ⁻¹	Ogleklis augsnes slānī, tonnas ha ⁻¹	Augsnes blīvums, kg m ⁻³	Augsnes pH _{H₂O}	Augsnes pH _{CaCl₂}	Oglekļa saturs, g C kg ⁻¹
4K	20-40	153	79,91	76,5	5,47	5,19	521,48
4K	40-80	338,13	184,4	84,53	5,46	5,1	546,14

Tab. 23: Oglekļa uzkrājums augsnē

Parauglaukums	Oglekļa uzkrājums, tonnas ha ⁻¹					
	O horizonts	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm	40-8°Cm	Kopā
5	7,2	116,1	84,1	154,7	265,4	627,4
7	2,2	81,9	61,2	126,6	240,1	512,0
13	5,0	71,0	61,8	103,3	188,9	429,9
16	6,9	67,0	63,1	109,3	202,9	449,2
22	3,2	57,3	52,1	98,2	175,0	385,9
25	4,5	55,1	51,9	102,5	180,9	394,8
30	5,4	63,6	55,7	101,7	200,6	427,0
34	3,9	65,7	61,6	118,4	210,1	459,7
72	7,0	58,7	45,6	85,4	157,0	353,7
85	3,3	69,7	50,9	100,2	197,5	421,5
98	6,2	90,9	99,6	168,1	321,7	686,6
109	2,4	81,8	80,1	146,6	323,2	634,0
141	4,9	96,4	75,4	156,4	297,9	631,0
148	3,5	89,1	98,1	196,5	318,0	705,2
155	2,9	64,6	64,6	118,4	241,4	492,0
161	3,4	66,5	58,5	104,3	222,9	455,6
171	6,5	97,5	76,7	146,1	302,0	628,8
12HM	5,7	73,2	78,0	144,0	269,3	570,2
4HM	10,0	59,2	68,3	126,5	232,7	496,8
8HM	7,8	62,9	61,8	123,7	246,9	503,1
4L	0,0	48,1	53,6	112,6	264,0	478,3
6PK	0,0	31,5	32,6	68,9	150,8	283,8
7PL	0,0	45,6	38,3	83,4	210,1	377,4
8PK	0,0	42,1	43,9	78,6	207,6	372,1
1PL	0,0	39,1	31,0	57,7	170,0	297,6

Parauglaukums	Oglekļa uzkrājums, tonnas ha ⁻¹					
	O horizonts	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm	40-8°Cm	Kopā
2K	0,0	38,2	37,4	80,5	204,8	360,8
2L	0,0	45,0	44,3	104,7	258,6	452,6
2PK	0,0	34,8	31,8	68,7	138,5	273,8
3PL	0,0	31,6	32,5	64,3	179,3	307,6
4K	0,0	39,1	39,7	79,9	184,4	343,2

Tab. 24: Oglekļa uzkrājums kritalās

Parauglaukums	Kritalu krāja, m ³ ha ⁻¹	Kritalu biomasa, tonnas ha ⁻¹	Ogleklis kritalās, tonnas ha ⁻¹
5	25,2	7,9	3,9
7	35,1	11,0	5,5
13	28,9	9,0	4,5
16	21,8	4,2	2,2
22	22,7	4,3	2,3
25	29,2	9,1	4,5
30	7,9	1,5	0,8
34	37,2	11,6	5,8
72	16,3	3,1	1,7
85	24,9	7,8	3,9
98	18,0	5,6	2,8
109	23,9	4,6	2,5
141	37,1	11,6	5,8
148	42,1	13,1	6,6
155	28,9	9,0	4,5
161	12,0	3,7	1,9
171	47,8	14,9	7,5
12HM	13,9	2,7	1,4
4HM	9,6	1,8	1,0
8HM	19,6	3,8	2,0
4L	0,0	0,0	0,0
6PK	0,7	0,1	0,1

Parauglaukums	Kritalu krāja, m ³ ha ⁻¹	Kritalu biomasa, tonnas ha ⁻¹	Ogleklis kritalās, tonnas ha ⁻¹
7PL	1,0	0,2	0,1
8PK	0,0	0,0	0,0
1PL	0,0	0,0	0,0
2K	0,6	0,1	0,1
2L	0,6	0,1	0,1
2PK	0,0	0,0	0,0
3PL	0,0	0,0	0,0
4K	0,4	0,1	0,0

Tab. 25: Oglekļa uzkrājums smalko kritalu frakcijā

Parauglaukums	Sīko kritalu krāja, tonnas ha ⁻¹	Dabiski mitra parauga relatīvais mitrums, %	C sīkajās kritalās, g kg ⁻¹	C sīkajās kritalās, tonnas ha ⁻¹
5	2,0	45,7	553,0	1,1
7	2,8	65,1	550,4	1,5
13	3,8	50,1	542,4	2,1
16	1,8	57,0	571,7	1,0
22	1,7	57,0	563,6	1,0
25	3,6	55,1	547,5	2,0
30	4,8	50,7	561,0	2,7
34	0,7	64,0	554,3	0,4
72	1,6	52,9	521,5	0,9
85	2,0	44,0	557,9	1,1
98	6,2	40,6	566,2	3,5
109	2,2	44,6	563,9	1,2
141	5,2	46,4	549,5	2,9
148	1,5	40,9	547,3	0,8
155	1,1	59,1	561,5	0,6
161	2,3	52,5	538,9	1,3
171	2,9	42,3	564,1	1,6
12HM	3,8	30,4	570,0	2,1
4HM	2,1	43,5	572,1	1,2
8HM	1,2	38,7	575,9	0,7

Parauglaukums	Sīko kritalu krāja, tonnas ha ⁻¹	Dabiski mitra parauga relatīvais mitrums, %	C sīkajās kritalās, g kg ⁻¹	C sīkajās kritalās, tonnas ha ⁻¹
4L	1,2	28,0	558,1	0,7
6PK	0,2	53,2	554,6	0,1
7PL	0,6	38,0	561,8	0,3
8PK	1,0	36,4	562,2	0,6
1PL	1,7	39,2	546,2	0,9
2K	0,2	18,1	564,0	0,1
2L	0,8	53,5	554,2	0,4
2PK	0,3	25,9	557,5	0,2
3PL	0,3	22,0	556,4	0,2
4K	0,1	40,4	581,4	0,1

4.Pielikums: Nivelēšanas rezultātu kopsavilkums

Tab. 26: Augsnes slāņa sēšanās, cm

Parauglaukums	Gadu skaits pēc meliorācijas sistēmas ierīkošanas				
	7	12	14	19	51
5		13	16	15	22
7		13	19	22	35
13		11	13	12	21
16		15	16	5	17
22		18	24	10	20
25		9	21	8	21
30		8	18	3	20
34		11	18	7	23
72			10	7	13
85			4	6	14
98			17	19	35
109			10	9	25
141	10	13	19	20	39
148	10	15	20	20	41
155	15	9	16	14	33
161	18	14	15	15	33
171	6	7	13	9	27
12HM					27
4HM					22
8HM					28