

# LATVIJAS VALSTS MEŽZINĀTNES INSTITŪTS "SILAVA"

## Meža atjaunošanas nodaļa

Rīgas ielā 111, Salaspils, LV 2169

Tālr.: +37167942555

Fakss: +37167901359

E-pasts: [inst@silava.lv](mailto:inst@silava.lv)



## LATVIJAS REPUBLIKAS IZGLĪTĪBAS UN ZINĀTNES MINISTRIJA

### DAŽĀDU ORGANISKĀ MĒSLOJUMA UN KOKSNES PELNU DEVU IETEKME UZ ENERGOKULTŪRU (SALIX SP. UN PHALARIS ARUNDINACEA) AUGŠANU SKĀBĀS KŪDRAS AUGSNĒS

PĀRSKATS PAR TIRGUS ORIENTĒTO PĒTĪJUMU PROGRAMMAS PROJEKTA  
IZPILDI

LĪGUMA NR. TOP 07-15, 15.06.2007 – 15.06.2008



---

# KOPSAVILKUMS

---

Pētījuma mērķis ir noskaidrot organiskā mēslojuma (notekūdeņu dūņu komposts) un kaļķošanas materiāla (koksnes pelni) devu ietekmi uz energokultūru (*Salix sp.* un *Phalaris arundinacea*), augšanu skābās rekultivējamu kūdras atradņu augsnēs.

Darba uzdevumi:

- ierīkot *Salix sp.* un *Phalaris arundinacea* veģetācijas izmēģinājumu ar augstā purva kūdras substrātu (pH < 3,5), kas ņemts no izstrādātas kūdras atradnes, kuram dažādās svāra proporcijās, atbilstoši aprēķinātajām optimālajām mēslojuma devām, pievienots notekūdeņu dūņu komposts un koksnes pelni;
- novērtēt spraudņu ieaugumu, sēklu dīdzību, kā arī biomasas krāju veģetācijas perioda beigās dažādos substrātos, analizēt *Salix sp.* sakņu sistēmas attīstības gaitu dažādos substrātos;
- noteikt substrāta ķīmiskās īpašības (pH, makroelementu un mikroelementu saturs) pēc eksperimenta likvidēšanas un aprēķināt ķīmisko elementu izskalošanās intensitāti, pielietojot dažādas mēslojuma kombinācijas;
- novērtēt saistību starp mēslojuma un kaļķošanas materiāla devu un energokultūru augšanas rādītājiem;
- noteikt ekonomiskos ieguvumus, pielietojot praksē koksnes pelnus un dūņu kompostus vai atbilstoši apstrādātu dūņu devu kūdras augsņu ielabošanai;
- novērtēt pelnu un dūņu komposta pielietošanas kūdras augsnēs ietekmi uz vidi – ķīmisko elementu izskalošanās;
- publiskot projekta rezultātus ar LVMI Silava mājas lapas, populāru periodisko izdevumu un projekta ietvaros sagatavotas brošūras starpniecību.

## PROJEKTA ĪSTENOŠANAS LAIKS

Projekta izpildes laiks ir 12 mēneši. Projekts realizēts 3 posmos:

- ◆ **eksperimenta ierīkošana** – mēslojuma un kaļķošanas materiāla kvalitātes analīze un pielietojamo devu precizēšana, sagatavotā substrāta ķīmisko īpašību noteikšana, veģetācijas izmēģinājumu ierīkošana;
- ◆ **augšanas gaitas kontrole** – *Phalaris arundinacea* dīdzības un *Salix sp.* ieaugšanās novērtēšana, stādījuma kopšana un laistīšana, regulāri pieaugumu uzmērījumi, *Salix sp.* sakņu un virszemes daļas masas noteikšana visā veģetācijas perioda laikā, substrāta un augu materiāla paraugu ievākšana un sagatavošana analīzēm, projekta mājas lapas publicēšana;
- ◆ **rezultātu analīze** – eksperimenta likvidēšana, substrāta ķīmisko īpašību noteikšana, augu biomasas virszemes un pazemes daļas masas noteikšana, augu biomasas ķīmisko analīžu veikšana, finanšu analīze (kaļķošanas un mēslošanas līdzekļu faktisko pielietošanas praksē izmaksu un potenciālo ieguvumu novērtēšana), ietekmes uz vidi (smago metālu izskalošanās un saistīšana augu biomasā) analīze, pārskata un bukleta

par koksnes pelnu pielietošanu energokultūru mēslošanai sagatavošana un izplatīšana caur LVMI Silava Informācijas daļu.

Galvenās atziņas:

- darba pirmajā etapā, novērtējot koksnes pelnu un komposta piedevu lietošanas efektivitāti veģetācijas izmēģinājumā, konstatēts, ka optimālu substrāta pH iespējams panākt, lietojot pelnu devu 10 t/ha (substrāta pH veģetācijas sezonas beigās bija 6,5-7,0). Tomēr arī komposts bez pelniem ir efektīvs līdzeklis augsnes pH normalizēšanai. Komposta devas, kas atbilst 170 t<sub>sausnas</sub>/ha, ietekmē pH pieaugu līdz 4,0. Komposta deva 340 t<sub>sausnas</sub>/ha nodrošināja pH pieaugumu līdz 6,0.
- Izmantojot pelnus kā kalpošanas materiālu dažādu kūdras substrātu pagatavošanā, substrātu var padarīt neitrālu vai pat bāzisku, neradot kaitējumu augu attīstībai. Efekts tiek panākts tūlīt pēc pelnu pievienošanas un ir noturīgs visas sezonas laikā.
- Visos substrāta maisījuma variantos smago metālu Zn, Hg, Ni, Cu un Pb koncentrācija atbilst normām, kas noteiktas I klases kompostam (MK Noteikumi Nr.362 (01.11.2006.)), tikai kūdras un komposta maisījumam ar attiecību 1:1 Zn koncentrācija ir II kvalitātes klases robežās. Cr un Cd koncentrācija substrāta maisījumos atbilst II vai III klases komposta kvalitātes normām, kas saistīts ar palielinātu šo elementu koncentrāciju pelnos un notekūdeņu dūņās.
- Veģetācijas sezonas beigās vislielākā sakņu sausā masa veidojusies kārkliem un miežabrālim, kas auguši substrātos ar koksnes pelnu piedevu. Vislabākie rezultāti iegūti substrāta maisījumā, kas sastāv no 3 devām kūdras, 1 devas komposta un pelniem 20 t/ha, kā arī substrātā ar vienādu kūdras un komposta attiecību, kam pievienoti pelni 10 t/ha.
- Virszemes biomasa straujāk veidojās substrātos, kas sajaukti no 3 kūdras devām, 1 devas komposta un pievienotas pelnu piedevas.
- Jau neliela komposta piedeva nodrošina augus ar tiem nepieciešamām barības vielām. Pelnu piedeva paaugstina substrāta pH un bagātina to ar kāliju, kā rezultātā uzlabojas kultūru augšanas apstākļi un nodrošinājums ar barības vielām.
- 2008.g. izpētes darbs tiek turpināts, veicot substrāta un augu materiāla analīzes un iegūto datu matemātisku apstrādi un salīdzinātu tos ar lauka apstākļos iegūtiem rezultātiem.

Darba izpildītāji: LVMI Silava pētnieki un asistenti Andis Lazdiņš, Dagnija Lazdiņa, Zigurds Kariņš, Klāra Martinsone, Jeļena Stola un Kristaps Gruduls.

# SATURS

<b>Kopsavilkums</b> .....	<b>2</b>
<b>Saturs</b> .....	<b>4</b>
<b>Ievads</b> .....	<b>7</b>
<b>Esošā stāvokļa apskats</b> .....	<b>9</b>
Kūdra un tās resursi.....	9
Latvijas kūdras resursi.....	9
Kūdras ieguve un realizācija.....	9
Kūdras atradņu rekultivācija.....	10
Pelnu un notekūdeņu dūņu veidošanās un izmantošana.....	11
Notekūdeņu dūņas.....	11
Koksnes pelni.....	13
Pelnu izmantošana notekūdeņu dūņu kompostēšanā .....	19
<b>Metodika</b> .....	<b>21</b>
Substrāts.....	22
Uzmērījumi.....	23
Augsnes analīzes.....	24
Augsnes paraugu sagatavošana.....	24
Mitruma noteikšana.....	25
Augsnes pH.....	26
Kopējais slāpeklis.....	27
Karaļūdens izvilcuma analīzes (P, Ca, K, Mg, Mn, Cu, Pb, Cd, Zn, Cr, Ni, Hg).....	29
Amonija slāpekļa noteikšana.....	30
Aprēķinu modeļi.....	31
<b>Rezultāti un to analīze</b> .....	<b>32</b>
Kārķu un miežabrāļa attīstība dažādos substrātos.....	32
Spraudeņu izaugums un sēklu dīdžība.....	32
Kārķu biomasas izaugums dažādos substrātos.....	34
Salix sp. sakņu attīstība dažādos substrātos.....	36
Miežabrāļa ražība.....	38
Substrāta ķīmiskās īpašības.....	40
Ķīmisko īpašību dinamika.....	40
Barības vielu izskalošanās intensitāte.....	41
Sakarības starp mēslojuma devu un kultūru augšanu.....	42
Economiskie ieguvumi.....	44
Ietekmes uz vidi novērtējums.....	46
Mēslojuma devas aprēķinu modeļi.....	53
<b>Secinājumi un rekomendācijas</b> .....	<b>55</b>
<b>Literatūra</b> .....	<b>57</b>
<b>Pielikumi:</b>	
<b>1.Pielikums: Ķīmisko analīžu rezultāti</b>	
<b>2.Pielikums: Aprēķinu modeļi</b>	

### 3.Pielikums: Projekta brošūra

#### Attēli un grafiki

Att. 1 Notekūdeņu dūņu ražošana.....	11
Att. 2 Notekūdeņu dūņu izmantošana 2007.g.....	12
Att. 3 Notekūdeņu dūņu izmantošana lauksaimniecībā.....	12
Att. 4 Notekūdeņu dūņu kompostēšana.....	13
Att. 5 Pelnu apstrāde, foto no „RecAsh” rokasgrāmatas.....	15
Att. 6 Mobilā granulēšanas iekārta, foto no „RecAsh” rokasgrāmatas.....	15
Att. 7 Enerģētiskās koksnes patēriņš Latvijā centralizētās siltumapgādes un tehnoloģisko procesu nodrošināšanai.....	17
Att. 8 Dažādu biomasas kurināmā veidu īpatsvars.....	17
Att. 9 Dažādu biomasas veidu īpatsvars enerģētiskās koksnes bilancē 2007.g.....	18
Att. 10 Koksnes pelnu ražošanas Latvijas rajonos 2007.g.....	18
Att. 11 Izmēģinājuma shēma.....	21
Att. 12 Izmēģinājums Olaines kokaudzētavā.....	22
Att. 13 Dzinumu sausnas noteikšanai sagatavoti kārklu dzinumi.....	23
Att. 14 Sakņu sausnas noteikšanai sagatavoti kārklu spraudēņi.....	24
Att. 15 Miežabrāļa dzinumi pēc eksperimenta likvidēšanas.....	24
Att. 16 Dzinumu garuma uzmērīšana kārklu spraudēņiem.....	24
Att. 17 Kārklu dzinumi sezonas sākumā un beigās.....	32
Att. 18 Miežabrāļa sēklu skaitīšana.....	33
Att. 19 Miežabrāļa dīdžības pārbaude.....	34
Att. 20 Miežabrāļa dzinumu saglabāšanās.....	34
Att. 21 Kārklu dzinumu vidējā augstuma dinamika veģetācijas sezonas laikā.....	34
Att. 22 Atsevišķu kārklu spraudēņu veidoto dzinumu skaits.....	35
Att. 23 Sakarības starp kārklu spraudēņu dzinumu sausnu, garumu un sakņu sausnu.....	35
Att. 24 Kārklu spraudēņu veidotās dzinumu masas dinamika podos un atšķirības sezonas beigās.....	36
Att. 25 Kārklu sakņu podu kultūru veidotās dzinumu masas dinamika un atšķirības.....	37
Att. 26 Kārklu sakņu izvietojums substrātos.....	38
Att. 27 Miežabrāļa dzinumu virszemes daļu biomasa.....	38
Att. 28 Miežabrāļa dzinumu virszemes daļu attīstība.....	39
Att. 29 Miežabrāļa sakņu biomasa.....	39
Att. 30 Miežabrāļa saknes ar substrātu.....	40
Att. 31 Ar pelniem kaļķoto substrātu pHKCl izmaiņas veģetācijas sezonas laikā.....	41
Att. 32 NPK koncentrācijas izmaiņas substrātā veģetācijas sezonas laikā.....	41
Att. 33 Mēslošanas izmaksu diapazons.....	46
Att. 34 Oglekļa koncentrācija substrātā, uzsākot izmēģinājumu un pēc tā likvidēšanas.....	53
Att. 35 Aprēķinu modeļa izklājlapa.....	54

#### Tabulas

Tab. 1 Latvijas kūdras resursu raksturojums.....	9
Tab. 2 Dūņu izmantošanas potenciāls.....	13
Tab. 3 CEN/TS 14961:2005 standarts enerģētiskajai koksnei, kas iegūta kārklu un apsēs plantācijās.....	15
Tab. 4 Substrāta un tā komponentu ķīmiskās īpašības.....	22
Tab. 5 Substrāta masas pārrēķins uz 1 ha.....	23
Tab. 6 Karsēšanas režīmi.....	28
Tab. 7 Agroķīmisko analīžu metodes.....	30
Tab. 8 Notekūdeņu dūņu un to komposta sausnas devas limits degradēto platību rekultivācijai (tsausnas/ha).....	31
Tab. 9 Smago metālu koncentrācijas limits degradēto platību rekultivācijai, g/ha.....	31
Tab. 10 Kārklu spraudēņu apsākšanas un dzinumu bojāeja.....	33
Tab. 11 Kārklu produktivitātes kāpinājums % dažādos substrātos, salīdzinot ar kontroli.....	36
Tab. 12 Kārklu sakņu biomasas pieaugums % dažādos substrātos salīdzinot ar kontroli.....	37
Tab. 13 Miežabrāļa dzinumu biomasas pieaugums % dažādos substrātos salīdzinot ar kontroli.....	39
Tab. 14 Miežabrāļa sakņu biomasas veidošanās atšķirības % dažādos substrātos, salīdzinot ar kontroli.....	39
Tab. 15 Kārklu biomasas un dzinumu garuma korelācijas ar substrāta ķīmiskajām īpašībām sezonas sākumā un beigās.....	42
Tab. 16 Kārklu biomasas un dzinumu garuma korelācijas ar substrāta ķīmiskajām īpašībām sezonas laikā.....	43
Tab. 17 Miežabrāļa biomasas un substrāta ķīmisko īpašību korelācijas.....	43
Tab. 18 Nosacītās izmaksas plantāciju ierīkošanai atbilstoši vidējām 2007.g. tehnikas pakalpojumu cenām.....	44
Tab. 19 Aprēķinos pieņemtā minimālā un maksimālā mežaudžu krāja [VMD, 2006], [Skogforsk/LVM2006].....	44
Tab. 20 Mēslošanas izmaksu aprēķins dažādas bonitātes mežaudzēs.....	45
Tab. 21 Smago metālu pārrēķins uz 1 kg substrāta sausnas.....	47
Tab. 22 Barības vielu un smago metālu pārrēķins uz 1 l substrāta.....	47
Tab. 23 Teorētiskā substrāta atbilstība augsnes kvalitātes standartiem.....	48

---

Tab. 24 Faktiskā smago metālu koncentrācija, uzsākot eksperimentu.....	48
Tab. 25 Teorētiskais aprēķins, attiecībā pret empīrisko substrāta sastāva rezultātu, uzsākot izmēģinājumu.....	49
Tab. 26 Faktiskā substrāta atbilstība augsnes kvalitātes standartiem, uzsākot izmēģinājumu.....	49
Tab. 27 Faktiskā smago metālu koncentrācija pēc eksperimenta likvidēšanas.....	50
Tab. 28 Izmāņas smago metālu koncentrācijā pēc eksperimenta likvidēšanas, salīdzinot ar sākotnējo stāvokli.....	50
Tab. 29 Faktiskā substrāta atbilstība augsnes kvalitātes standartiem, noslēdzot izmēģinājumu.....	51
Tab. 30 Smago metālu koncentrācijas kārklu stādījumā, salīdzinot ar miežabrāļa sējumu pēc eksperimenta likvidēšanas.....	52
Tab. 31 Oglekļa un slāpekļa koncentrācija substrātā.....	53

---

# IEVADS

---

Divas būtiskākās problēmas, kas saistītas ar rekultivējamu kūdras atradņu izmantošanu enerģētiskās biomasas audzēšanai, ir barības vielu trūkums un kūdras skābums. Lai novērstu šīs problēmas, jāienes mēslojums un kaļķošanas materiāls, kas gala rezultātā būtiski sadārdzina produkcijas pašizmaksu un padara kūdras atradņu rekultivāciju nerentablu.

Alternatīva pieeja ir izstrādāto un izstrādei sagatavoto kūdrāju pārpurvošana, likvidējot vai vienkārši neuzturot esošo drenāžas sistēmu. Šādam risinājuma ir priekšrocības no dabas aizsardzības viedokļa, jo netiek radīti šķēršļi dabisko purvu biotopu atjaunošanai, taču vienlaicīgi iet bojā mežaudzes un lauksaimniecības zemes, kas ierīkotas ap kūdrāju platībām.

Lai palielinātu ražošanas rentabilitāti kūdras augsnēs, jāizmanto lētāki mēslošanas un kaļķošanas materiāli. Notekūdeņu dūņas, tāpat kā koksnes pelni, Latvijā ir nelikvids, kam nav reāla pielietojuma. Tradicionālā dūņu izmantošanas paņēmiena, lauksaimniecības kultūru mēslošanas, pielietošanas iespējas kļūst arvien mazākas sakarā ar ierobežojumiem no pārtikas produkcijas ražotāju puses. Savukārt kompostēšana un augsnes substrātu ražošana Latvijā ir tikai iesākuma stadijā sakarā ar dūņu ražotāju neieinteresētību maksāt papildus par dūņu kvalitātes uzlabošanu. Koksnes pelnu izmantošana Latvijā netiek īpaši reglamentēta, taču sakarā ar pieaugošajām deponēšanas izmaksām, palielinās arī pelnu ražotāju ieinteresētība jaunu šī nelikvida izmantošanas veidu meklēšanā. Dūņās ir augsta barības vielu (slāpekļis, fosfors, kalcijs, magnijs un mikroelementi) koncentrācija, savukārt pelnos ir daudz kālija, kalcijs un magnija, tādējādi pelni nodrošina dūņās iztrūkstošo kāliju un darbojas kā kaļķošanas materiāls (efektivitāte, salīdzinot ar krītu – 0,4-0,6). Dūņu un koksnes pelnu izmantošana kūdrāju rekultivācijā izplatīta Somijā un Zviedrijā, tomēr šis darbs notiek galvenokārt eksperimentālā līmenī.

Lai novērtētu dūņu un pelnu izmantošanas iespējas kūdras atradņu rekultivācijā Latvijā, jānoskaidro dažādu mēslojuma un kaļķošanas materiāla devu efekts uz tradicionālajām energokultūrām, jāaprēķina faktiskās ražošanas izmaksas un jānovērtē dūņu un pelnu mēslojuma ietekme uz vidi. Šī darba ietvaros plānots skaidrot jautājumus, kas saistīti ar apstrādātu dūņu (komposta) un pelnu dažādu devu ietekmi uz *Salix sp.* - kārkļu un graudzāļu *Phalaris arundinacea* augšanu, ķīmisko elementu izskalošanos un akumulāciju augos, kā arī faktiskajām ražošanas izmaksām, pielietojot optimālās mēslojuma devas.

Eksperimenta ierīkošanai lauka apstākļos nepieciešami pieredzējuši pakalpojumu sniedzēji un lieli kapitālieguldījumi. Veģētācijas eksperiments siltumnīcas apstākļos ļauj vairākkārtīgi samazināt izmēģinājuma ierīkošanas izmaksas un samazināt darba laika patēriņu pētījumu programmas realizācijai. Notekūdeņu dūņu aizstāšana ar kompostu saistīta ar to, ka komposta ķīmiskais sastāvs ir līdzīgs dūņām, tas ir vieglāk sajaucams ar struktūrmateriālu un kompostēšana ir vienīgais no Latvijā pielietojamiem dūņu apstrādes paņēmieniem, kas nodrošina ES dūņu direktīvas projektā noteiktos higiēnisko rādītāju uzlabojumus.

Projekta realizācijas rezultātā nav plānots gūt peļņu. Darbā gūtās atziņas tiks izmantotas Rīgas pašvaldības aģentūras "Rīgas mežu aģentūra" valdījumā esošo izstrādāto kūdras atradņu rekultivācijā.

Projekta "Dažādu organiskā mēslojuma un koksnes pelnu devu ietekme uz energokultūru (*Salix sp.* un *Phalaris arundinacea*) augšanu skābās kūdras augsnēs" tiešais mērķis ir noskaidrot organiskā mēslojuma (notekūdeņu dūņu komposts) un kaļķošanas materiāla (koksnes pelni) izmantošanas iespējas *Salix sp.* - kārkļu un stiebrzāļu *Phalaris arundinacea*

---

plantācijās skābās kūdras augsnēs, tajā skaitā optimālās devas, potenciālos ieguvumus biomasas pieauguma veidā, ietekmi uz vidi, mēslojuma iestrādes tehnoloģijas un izmaksas.

Projekta ilgtermiņa mērķis ir eksperimentālos apstākļos iegūto rezultātu pielietošana praksē, izmantojot koksnes pelnus un apstrādātas notekūdeņu dūņas izstrādātu kūdras atradņu augsnes ielabošanai īscirtmeta kārkļu plantāciju un daudzgadīgo zālāju ierīkošanai enerģētiskās biomasas ieguvei.



# ESOŠĀ STĀVOKĻA APSKATS

## KŪDRA UN TĀS RESURSI

### Latvijas kūdras resursi

Purvu kopplatība Latvijā sasniedz 6401 km<sup>2</sup> (10% no valsts teritorijas). Kūdras resursu apjoms nav precīzi noteikts, tomēr līdz šim veiktie pētījumi liecina, ka tas varētu būt aptuveni 13,4 miljardi m<sup>3</sup> (2,1 miljardi tonnu). Liela daļa no šiem resursiem nebūs izmantojama vai arī to izmantošana būs apgrūtināta, jo tie atrodas aizsargājamās dabas teritorijās.

Lielākā daļa kūdras krājumu koncentrēti valsts austrumu un centrālajos rajonos. Atradņu vidējais dziļums ir 2-5 m, maksimālais – 12 m.

Kūdras tips ir viens no svarīgākajiem atradnes raksturlielumiem. Izdala zemā, pārejas un augstā tipa kūdras. Eitrofā augu valsts, kura augšanas procesā barojas no ar minerālvielām bagātiem gruntsūdeņiem, purvos atmiršot veido zemā tipa kūdras. Augstā tipa kūdras veido ar minerālvielām nabadzīgu nokrišņu ūdeņu barotu augu, (oligotrofās augu valsts) atliekas. Purvos, kuros sastopama gan oligotrofā, ganeitrofā augu valsts, veidojas pārejas tipa kūdras. Katram tipam ir raksturīgi savi kūdras veidi, ko nosaka kūdras veidojošās augu atliekas. Kūdras iegulas veido viena vai vairāku tipu kūdras. Pēc uzbūves izšķir 4 kūdras iegulu tipus: zemā, pārejas, jauktā un augstā. Vienā atradnē parasti ir apvienoti dažādu tipu kūdras iegulu iecirkņi. Pēdējos gados pieprasījums ir galvenokārt pēc augstā tipa kūdras.

Augstā un zemā purva kūdras raksturojums dots Tab. 1.

**Tab. 1 Latvijas kūdras resursu raksturojums**

Raksturojums	Augsto purvu kūdra	Zemo purvu kūdra
Platība	45,65%	45,2%
Dabiski mitras kūdras krājumi	285 milj. t, (69%)	108 milj. t, (26%)
Sausas kūdras iznākums no 1t dab.mitras kūdras	150 kg	200 kg
pH	3,5 - 4,5	5,5 - 7,0
Pelnainība	2 - 4%	6 - 18 %
Humīnskābes	Līdz 30%	Līdz 60%
Bitumu saturs	Līdz 22%	6 – 10%

### Kūdras ieguve un realizācija

80.gados kūdras ieguve Latvijā bija ļoti labi attīstīta. To veica 9 kūdras rūpnīcas un 22 pārvietojamās mehānizētās kolonas. Gadā tika iegūts līdz 3,2 milj.t lauksaimniecības kūdras (pakaišiem, lauksaimniecības zemju ielabošanai u.c.) un 1,1 milj.t kurināmās kūdras. Ieguve notika 156 atradnēs. 90.gados kūdras ieguve pakāpeniski samazinājās, un 1995.g. iegūts tikai 542 tūkst.t, galvenokārt, kurināmās kūdras. Kūdras ieguves svārstības atkarīgas arī no laika apstākļiem – mitrā laikā kūdras grūtāk izžāvēt, tāpēc ieguves apjoms samazinās. Vidēji pēdējo 10 gadu laikā kūdras ieguve saglabājas aptuveni 600 tūkst.tonnas gadā.

Vietējā tirgū kūdra ir maz pieprasīta, tāpēc gandrīz visu produkciju eksportē. Lielākais noieta

tirgus ir Vācijā un Nīderlandē.

Pēdējā gadu desmitā kūdras ieguvi regulēja esošie krājumi un reālās pārdošanas apjomi vietējā un ārējā tirgū. Līdz ar kurināmās kūdras patēriņa samazināšanos pēc 1997.g., kūdras ikgadējā ieguve saglabājās 600 tūkst.tonnu līmenī.

## Kūdras atradņu rekultivācija

Liela daļa no 70. un 80.gados intensīvi apsaimniekotajām kūdras atradnēm pašlaik netiek saimnieciski izmantotas, bet tajās atradnēs, kur izstrāde vēl notiek, tiek iegūts galvenokārt virsējais dārgākais sfagnu kūdras slānis, pārējo, dažkārt vairākus metru biezo zāļu, koku un grīšļu kūdras slāni atstājot neskartu. Padomju laikā izbūvētās meliorācijas sistēmas netiek uzturētās, līdz ar to gan pašas atradnes, gan apkārt esošās teritorijas pakāpeniski pārpurvojas. Rezultātā tiek nodarīti zaudējumi nozarēm, kas nav tieši saistītas ar kūdras ieguvi – mežsaimniecībai un lauksaimniecībai, jo iet bojā vērtīgas mežaudzes, kas ierīkotas uz auglīgām nosusinātu purvu augsnēm, un pārpurvojas lauksaimniecības zemes.

Lai nezaudētu no saimnieciskās aprites izstrādāto un izstrādei sagatavoto kūdrāju platības, kurās savulaik ierīkots grāvju un piebraucamo ceļu tīkls, nepieciešams alternatīvs risinājums to apsaimniekošanai. Viens no šādiem risinājumiem ir īsircmeta enerģētiskās koksnes plantāciju un daudzgadīgo zālāju enerģētiskās biomasas ieguvei ierīkošana neizmantojamās kūdras atradnēs.

Galvenās problēmas, kas saistītas ar kūdras atradņu rekultivāciju, ierīkojot mežaudzes, kārkļu plantācijas vai daudzgadīgos zālājus, ir barības vielu, it īpaši fosfora un bora, trūkums augsnes materiālā, zema augsnes pH reakcija, augsts gruntsūdens līmenis un ugunsbīstamība sausajos gadalaikos. Tradicionālā mežsaimniecība (piemēram, priedes vai egles audžu ar cirtmetu 80-100 gadi ierīkošana) ir saistīta ar tik lieliem riskiem, ka izdevumi mežaudzes ierīkošanai un kopšanai var būt vairākas reizes lielāki, nekā ieņēmumi, neskaitot tos gadījumus, kad audzes iet bojā, nesasniedušas saimniecisko vecumu. Cirtmeta samazināšana līdz 5-6 gadiem – īsircmeta kārkļu plantāciju ierīkošana – ļauj būtiski samazināt šos riskus un iegūt atdevi no plantācijas īsākā laika periodā. Tomēr, lai nodrošinātu pozitīvu ieņēmumu un izdevumu bilanci, realizējot koksni no kārkļu plantācijām, jāpielieto intensīvas tehnoloģijas, tajā skaitā plantācijas jāmēslo un jākaļķo, jo kārkli ir neitrālu un nedaudz bāzisku barības vielām bagātu augsni mīloši augi.

Kārkļu plantāciju mīnuss ir kūdras augsnēm piemērotas ražas novākšanas tehnikas trūkums. Iekārtas, ko patreiz pielieto kārkļu pļaušanai, šķeldošanai un šķeldu pievešanai ir smagas un to pārvietošanās pa mīkstām kūdras augsnēm, kas ziemā Latvijā ne vienmēr sasalst, bieži vien būs apgrūtināta.

Daudzgadīgo zālāju ierīkošana ļauj samazināt saimniecisko vecumu vēl vairāk (miežabrālis sāk dot maksimālo ražu 3.gadā pēc sēšanas) un samazina tehnikas slodzi uz augsni, jo zāļu stiebru nogriešanai, sasaiņošanai un novešanai no lauka vajadzīga mazāk jaudīga un, attiecīgi, vieglāka tehnika. Graudzāļu mitrums pļaušanas brīdī ir vismaz 2 reizes mazāks nekā koksnei, tāpēc līdzvērtīga zāles krava būs divreiz vieglāka nekā šķeldu krava. Daudzgadīgo zālāju trūkums ir ievērojami lielāka ugunsbīstamība, kas var būt nopietns pretarguments šādu zālāju ierīkošanai izstrādātās kūdras atradnēs, kas jau tā izceļas ar paaugstinātu ugunsbīstamību.

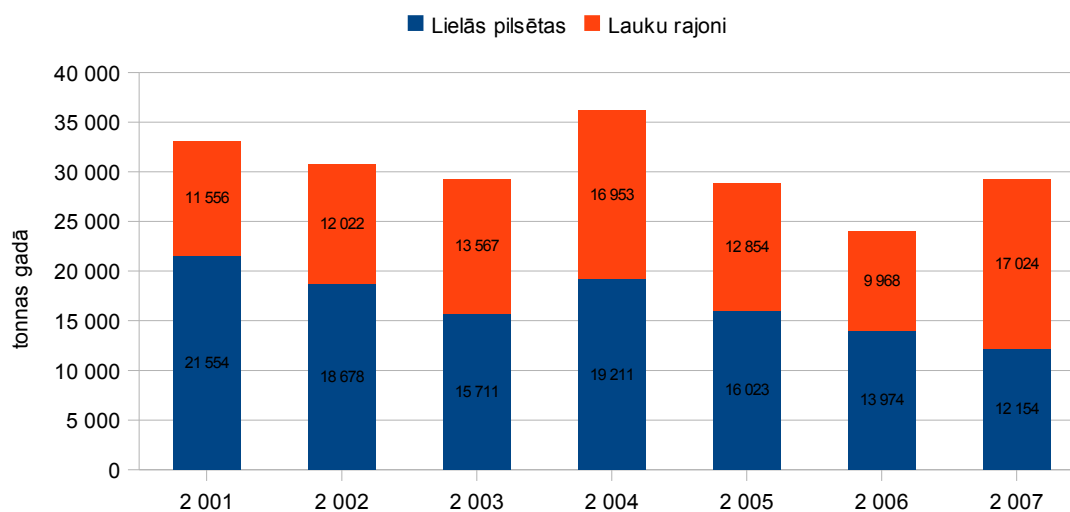
Gan kārkļu plantācijām, gan daudzgadīgajiem zālājiem nepieciešams mēslojums un kaļķošanas materiāls. Lai izvairītos no izdevumiem minerālmēsli un kaļķošanas materiāla iegādei, šim mērķim visbiežāk izmanto notekūdeņu dūņas un koksnes pelnus, kas vairumā gadījumu pieejami bez maksas (kā atkritumprodukti), ražotājs parasti sedz arī piegādes izmaksas, ja tās nepārsniedz izmaksas transportēšanai uz deponēšanas vai pārstrādes vietu.

## PELNU UN NOTEKŪDEŅU DŪŅU VEIDOŠANĀS UN IZMANTOŠANA

### Notekūdeņu dūņas

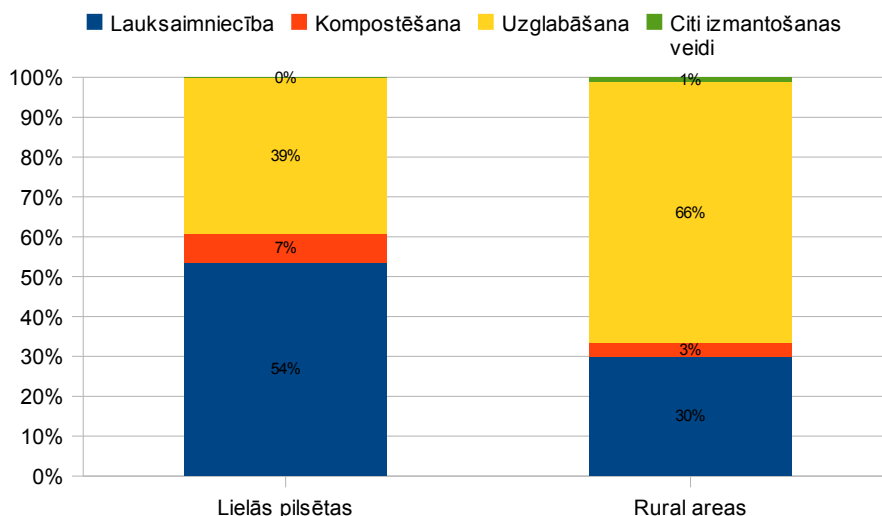
Datu apkopojums par notekūdeņu dūņu ražošanu un izmantošanu, sagatavots, izmantojot Valsts statistikas pārskatā Nr.2 – ŪDENS [VĢMA, Ūdens 2007] publiskoto informāciju. 2007.g. Latvijā saražoja 29 tūkst.t dūņu saunas, kas ir lielākā atšķīroto organisko atlieku frakcija un atbilst aptuveni 700 t slāpekļa (N) un 380 t fosfora (P). Pēdējos gados kopējais dūņu apjoms nav būtiski mainījies, tomēr sakarā ar investīcijām lauku reģionu ūdenssaimniecībā krasi pieaudzis tieši lauku reģionos saražoto dūņu daudzums (skat. Att. 1).

Att. 1 Notekūdeņu dūņu ražošana



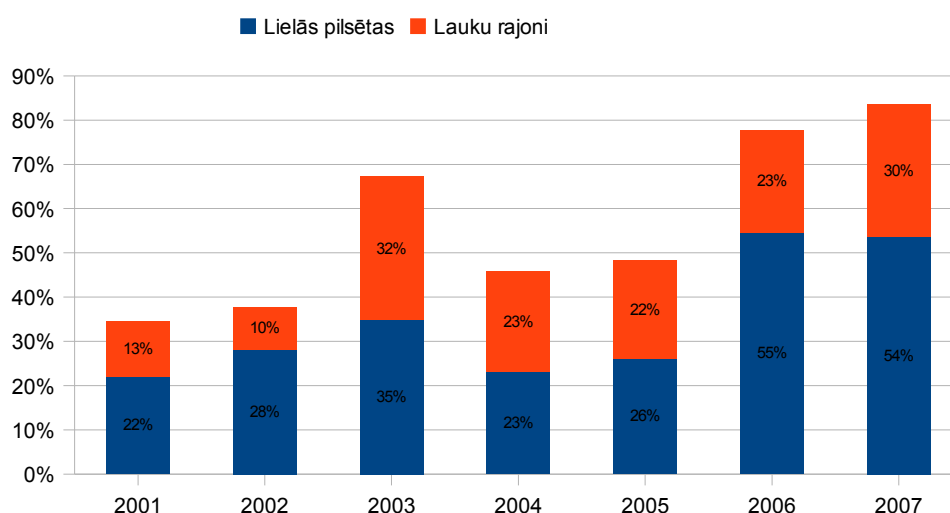
2007.g., tāpat kā iepriekšējos gados, lielāko daļu dūņu novieto pagaidu uzglabāšanas poligonos, tomēr parādās tendence, ka lielās pilsētas sāk risināt dūņu izmantošanas jautājumus un 2007.g. 54% dūņu izmantoti lauksaimniecībā (skat. Att. 2). Ūdenssaimniecības uzņēmumi arvien biežāk pilnībā apmaksā visus ar dūņu transportēšanu, izkliešanu un augsnes monitoringu saistītās izmaksas.

Att. 2 Notekūdeņu dūņu izmantošana 2007.g.



Dūņu izmantošana lauksaimniecībā Latvijā pēdējos gados kļūst arvien populārāka, it īpaši lielo pilsētu ūdenssaimniecībās (skat. Att. 3), tomēr jāņem vērā, ka dūņas parasti izmanto nepārtikas produkcijas audzēšanai vai iestrādā daudzgadīgajos zālajos.

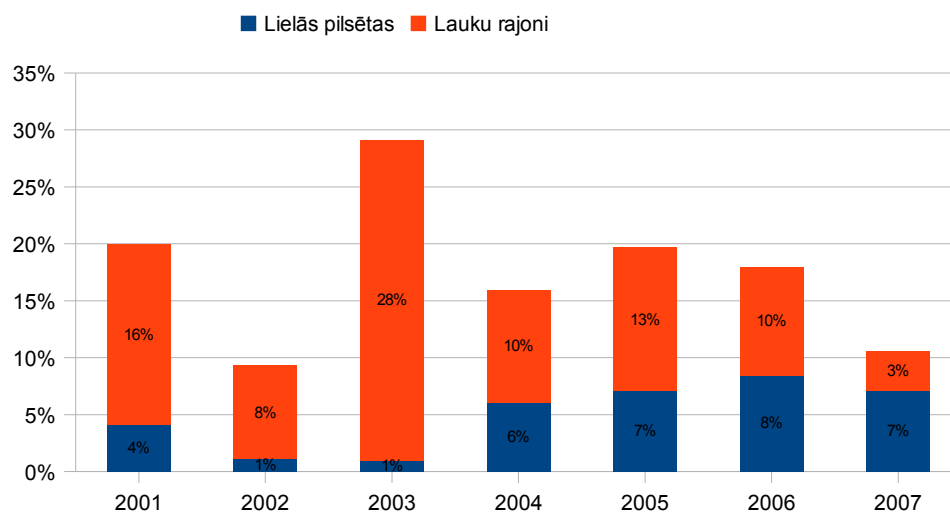
Eiropas Savienības (ES) valstīs vērojama pretēja parādība – pakāpeniska dūņu izmantošanas lauksaimniecībā, it īpaši pārtikas produkcijas audzēšanai, ierobežošana sakarā ar pieaugošajām kvalitātes prasībām pārtikas produkcijai un augsnei. Tāpēc arī Latvijā jāvērtē ar to, ka dūņu patēriņa pieaugums lauksaimniecībā viengadīgo kultūru vai lopbarības zālāju mēslošanai ir izslaidīgs un jau tuvākajā laikā būs jāmeklē jauni dūņu izmantošanas paņēmieni, kas neradītu pārtikas produktu piesārņojuma risku.

Att. 3 Notekūdeņu dūņu izmantošana lauksaimniecībā<sup>1</sup>

Notekūdeņu dūņu kompostēšana Latvijā ir jauna tehnoloģija, kas nodrošina dūņu higienizāciju, samazina dūņu apjomu un masu. Saskaņā ar statistikas datiem, Latvijā 2007.g. kompostēja 10% notekūdeņu dūņu. Salīdzinot ar iepriekšējiem gadiem, kompostēto dūņu īpatsvars ir pieaudzis, tomēr statistikas dati rāda pretējo (skat. Att. 4). Tas saistīts objektīvāku kritēriju pielietošanu dūņu apstrādes tehnoloģiju novērtēšanai. Līdz šim daudzos gadījumos par

<sup>1</sup> Procentos no saražotā apjoma.

kompostēšanu sauca dūņu ilgstošu uzglabāšanu neaerētās kaudzēs, kas nenodrošina higienizācijas efektu. Profesionālas kompostēšanas iekārtas, kas nodrošina kompostēšanas normatīvu izpildi, izmanto Rīgā un Liepājā.

Att. 4 Notekūdeņu dūņu kompostēšana<sup>2</sup>

Izmantojot visas notekūdeņu dūņas enerģētiskās koksnes vai stiebrzāļu plantācijās, gadā varētu nomēsnot līdz 3000 ha plantāciju, bet biomasas pieaugums tajās būtu līdz 23 tūkst.t. sausas vai 93 GWh gadā (600 tūkst.Ls atbilstoši vidējai mežizstrādes atlieku šķeldu realizācijas cenai). Kopā 5 gadu aprites ciklam visu dūņu izmantošanai nepieciešami 15 tūkst.ha lauksaimniecības zemju (skat. Tab. 2). Enerģētiskās koksnes plantācijas, pilnībā izmantojot visas dūņas, var aizstāt vismaz 14% no enerģētiskās koksnes patēriņa centralizētajā siltumapgādē un tehnoloģisko procesu nodrošināšanai. Aprēķini Tab. 2 veikti, ņemot vērā minimālo biomasas pieaugumu kārkļu plantācijās (8 t<sub>sausnas</sub>/gadā). Faktiskais pieaugums labi koptās plantācijās ir līdz 16 t<sub>sausnas</sub>/gadā, attiecīgi, teorētiski enerģētiskās koksnes plantācijas var aizstāt līdz 28% no enerģētiskās koksnes patēriņa centralizētajā siltumapgādē un tehnoloģisko procesu nodrošināšanai, aizņemot tajā pat laikā tikai 0,7% no lauksaimniecības zemju kopplatības.

Tab. 2 Dūņu izmantošanas potenciāls

Parametrs	Mērvienība	Rādītājs	Piezīmes
Kopējā plantāciju platība	tūkst.ha	14,6	0,7% no lauksaimniecības zemju kopplatības
Biomasas pieaugums gadā	tūkst.t <sub>sausnas</sub>	117	vai 467 GWh
Oglekļa bilance (biomasa:dūņas)	-	6	-
Degvielas patēriņš <sup>3</sup>	kg C/t <sub>sausnas</sub>	20	2,3 tūkst.t C gadā
Oglekļa bilance ražošanas ciklā	-	5	-

## Koksnes pelni

ES direktīvās paredzēts lielāku uzmanība pievērst biomasas ražošanai atjaunojamās enerģijas mērķiem, un līdz 2010.gadam palielināt atjaunojamā enerģijas īpatsvaru. Tas nozīmē, ka arī Latvijā nākotnē varētu palielināties gan malkas, gan arī zarus un ciršanas atlieku izmantošana

<sup>2</sup> Procentos no saražotā apjoma.

<sup>3</sup> Degvielas patēriņš ražošanas ciklā, pieņemot dūņu un šķeldu pievešanas attālumu 50 km.

enerģētikā. Šodien uzņēmumu interese par efektīvu koksnes izmantošanu pieaug, aizvien vairāk tiek pārņemts no Skandināvu pieredzes zaļās enerģijas ieguvē un izmantošanā.

Dažādu koksnes kurināma veidu un frakciju (stumbri, zari, mežizstrādes atliekas, skujuas, zaļie dzinumi koksne un miza) un koku sugu (egle, priede, bērzs, apse u.c.) sadegšanas procesā rodas 0,2-7,55 % pelnu, atkarībā no tā kāds kurināma veids tiek izmantots. Pēc Zviedrijas zinātnieku pētījumiem vismazāk pelnu rodas sadedzinot koksni bez mizas (0,2-0,5%), bet visvairāk pelnu rodas sadedzinot koku dzinumus ar lapām (3,7-7,7%). Salīdzinoši lielāks pelnu daudzums rodas sadedzinot apsi, koksne – 0,2-0,4%, zari ar lapām – 7,3-7,7%, salīdzinājumam, eglei koksne – 0,2-0,4%, zari – 3,7-4,2% [Werkelin et al. 2005].

„RecAsh” projektā veiktajā pētījumā noskaidrots, ka koksnes pelnu sausnas kilograms satur vismaz 125 g kalcija, 20 g magnija, 30 g kālija, 10 g fosfora. Viss ir vienkārši, ja mēslošanai izmantojam koksnes pelnus no savas privātmājas apkures katla – lai iegūtu augstvērtīgu dārza mēslošanas un augsnes ielabošanas līdzekli, sajaucam pelnus ar komposta kaudzes saturu, bet katlumājā ne vienmēr kurina tīru koksni, reizēm tā tiek jaukta ar citiem materiāliem, un šādi pelni mēslošanai neder. Tāpat nav izmantojami tā sauktā *fly ash* jeb pelnu vieglā frakcija, jo tajā koncentrējas smagie metāli no koksnes<sup>4</sup>.

Pirmkārt, izvedot gandrīz visu koku (apaļkoksnī, zarus ar skujām un lapām un pat celmus) no meža tiek iznestas organiskās un citas meža augšanai nepieciešamās vielas, kā arī izjaukts līdzsvars, izraisot augsnes paskābināšanos. Īpaši nevēlami skābās augsnēs un kūdrājos, mazāk nozīmīgi bāziskās augsnēs. Tāpēc vēl aizvien aktuāls ir jautājums, cik daudz no meža drīkst izvest, lai tam nekaitētu un nepasliktinātu augšanas apstākļus. Otrkārt, pieaugot koksnes izmantošanai enerģijā, palielināsies arī pelnu daudzums no katlumājām, kas vēlāk tiek deponēti poligonos (izgāztuvēs). Pelnu deponēšana ir problemātiska, jo tajos esošās vielas labi šķīst ūdenī un reaģē ar to [Werkelin et al. 2005].

Pelnu izmantošana rūpnieciskos apjomos nav tik vienkārša, jo koksnes pelni ir ļoti bāziski (pH 11-13). Vielām, kas ir pelnos, reaģējot ar ūdeni, rodas ķīmiski aktīvi un kairinoši savienojumi. Pirms izmantot pelnus lauku kaļķošanai un barības vielu atgriešanai pilnībā izstrādātās cirsmās, no kurienes izvestas ciršanas atliekas, tie jāapstrādā jeb jāstabilizē.

Vienkāršākais stabilizācijas veids – pelnus sajauc ar ūdeni un izklāj poligonā ar necaurīdīgu pamatu. Pelnos esošie oksīdi reaģē ar ūdeni, veidojot hidroksīdus, bet tie savukārt reaģē ar gaisā esošo ogļskābo gāzi, un rezultātā pelnos pēc apstrādes rodas karbonāti. Kad ūdens ar pelnos esošajām vielām ir izreaģējis un masa izžuvusi, to ar īpašu tehniku savāc un sasmalcina. Šis paņēmieni ir lēts, bet nepieciešamas lielas platības un laiks. Skandināvijā 2006.g. tas izmaksāja no 5 eiro par tonnu, sajaucot ar ūdeni; 4,7 eiro par tonnu, sasmalcinot un sijājot; 2-5 eiro, lietojot smalcinātāju ar sijātāju [Emilsson, 2006].

<sup>4</sup> <http://www.recash.info/default.asp?lang=en>, apmeklēts 05.04.2008.



**Att. 5 Pelnu apstrāde, foto no „RecAsh” rokasgrāmatas**

Ja sākumā pelnus vienkārši izkaisīja ar traktoram pielāgotu kaisītāju, tad tagad Somijā izveidotas pirmās demonstrācijas iekārtas, kas no pelniem ražo granulas, kura bagātina ar kokiem nepieciešamajām vielām. Process ir ātrāks nekā stabilizēšana, bet arī dārgāks. Koksnes pelnu kompaktizēšanas un granulēšanas procesā ķīmiskās reakcijas, kas notiek pelnu masā, ir līdzīgas, tikai process tiek paātrināts. Kompaktizējot pelnu masa tiek sajaukta ar ūdeni un saspiesta, tai tiek pievienotas vielas, kas saista pelnu sīkās daļiņas, un galaproduktu iegūst mēneša laikā. Izmaksas ir 9,5-6,6 eiro par tonnu pelnu. Granulu ražošana, kā rezultātā rodas ekoloģiski visdrošākais produkts un ir vismazākais ekoloģiskais risks, izmaksā 8-12 eiro par tonnu galaprodukta [Emilsson, 2006].



**Att. 6 Mobilā granulēšanas iekārta, foto no „RecAsh” rokasgrāmatas**

Saskaņā ar ES Augšnes politikas pamatnostādņem plantāciju meži ir viens no perspektīvākajiem risinājumiem ne tikai kā enerģētiskās koksnes ieguves avots, bet arī kā notekūdeņu dūņu un koksnes pelnu izmantošanas virziens, kas rada vismazāko ietekmi uz vidi, ļauj būtiski palielināt mežaudžu produktivitāti un palielina energoresursu krājumus. Ieskatam Tab. 3, kas sagatavota saskaņā ar CEN/TS 14961:2005 standarta datiem. Tātad, sadedzinot koksni no īscirtmeta kārklu plantācijām, būtu jāiegūst pelni ar attiecīgiem kvalitātes rādītājiem.

**Tab. 3 CEN/TS 14961:2005 standarts enerģētiskajai koksnei, kas iegūta kārklu un apses plantācijās<sup>5</sup>**

Kvalitātes rādītājs	Mērvienība	Vidējais	Datu izkliede
Pelni	% sausas	2,0	1,1-4,0

<sup>5</sup> Vidējie rādītāji

Kvalitātes rādītājs	Mērvienība	Vidējais	Datu izkliede
Augstākais sadegšanas siltums	MJ/kg sausas (bezpelnu)	20,3	20,0-20,6
Zemākais sadegšanas siltums	MJ/kg sausas (bezpelnu)	18,8	18,4-19,2
Ogleklis, C	%sausnas (bezpelnu)	49	47-51
Ūdeņradis, H	% sausnas (bezpelnu)	6,2	5,8-6,7
Skābeklis, O	% sausnas (bezpelnu)	44	40-48
Slāpeklis, N	% sausnas (bezpelnu)	0,5	0,2-0,8
Ca	mg/kg sausnas	5000	2500-5000
K	mg/kg sausnas	3000	1700-4600
Mg	mg/kg sausnas	500	200-800
Na	mg/kg sausnas		10-450
P	mg/kg sausnas	800	500-1300

Pelni var būt nākotnes izejviela kaļķojamā materiāla un fosfora un kālija papildmēslojuma ražošanā, ja par šo pārstrādes procesu veikšanu ražotājam tiks piešķirtas subsīdijas.

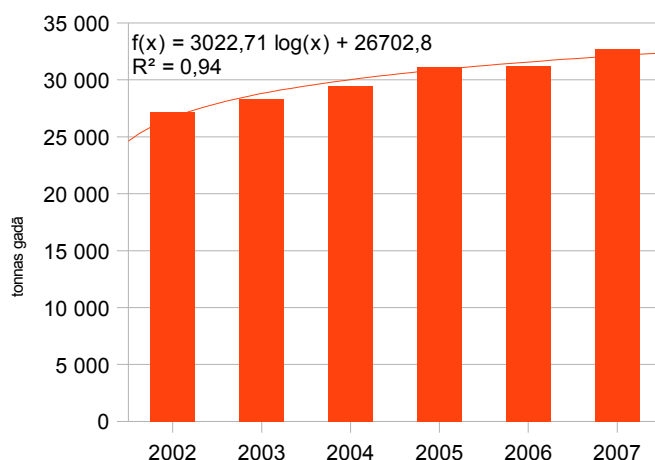
#### Koksnes pelnu ražošana un izmantošana Latvijā

Datu apkopojums par koksnes pelnu ražošanu sagatavots, izmantojot Valsts statistiskais pārskats par gaisa aizsardzību Nr.2 – Gaiss [VĢMA, Gaiss 2007] publiskoto informāciju, pārrēķinot centralizētajā siltumapgādē un tehnoloģisko procesu nodrošināšanai izmantoto enerģētiskās koksnes daudzumu uz pelniem. Kurināmā enerģētiskās vērtības noteikšanai izmantota Vides ģeoloģijas un meteoroloģijas aģentūras (VĢMA) metodika "Vidējie lielumi oglekļa dioksīda (CO<sub>2</sub>) emisiju gaisā aprēķināšanai" [Latvijas Vides aģentūra, 2003] un EMD (www.emd.dk) brošūras.

2007.g. siltumenerģijas ražošanai un tehnoloģisko procesu nodrošināšanai Latvijā sadedzinātas 1310 tūkst.t koksnes (relatīvais mitrums 50%), kas atbilst aptuveni 3,3 milj.ber.m<sup>3</sup> kurināmā, pārrēķinot uz šķeldām vai skaidām. Sadedzinot šādu daudzumu koksnes, iegūst ap 32 tūkst.t pelnu (pieņemot pelnu un degšanas zudumu īpatsvaru no koksnes apjoma 5%). Pēdējos gados koksnes izmantošanas apjoms, attiecīgi, arī pelnu daudzums konstanti pieaudzis (skat. Att. 7).

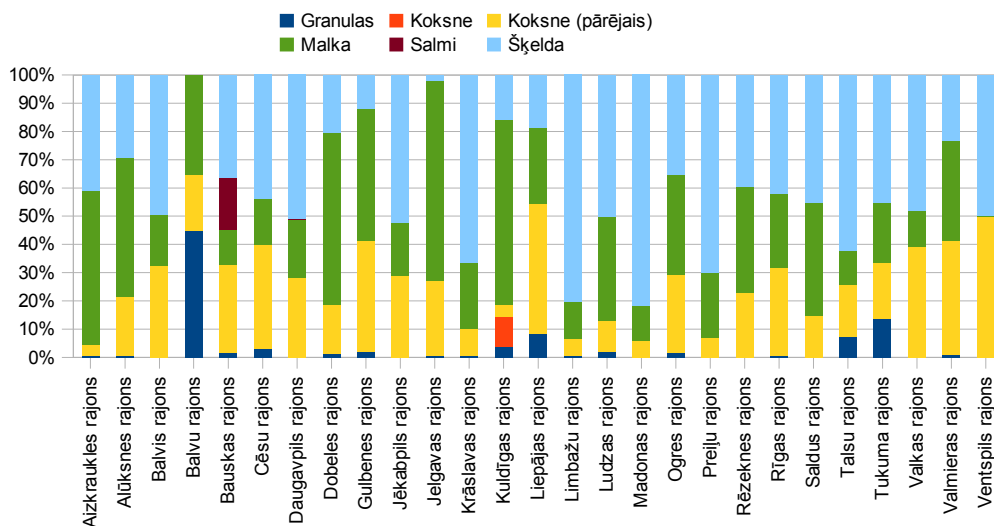


Att. 7 Enerģētiskās koksnes patēriņš Latvijā centralizētās siltumapgādes un tehnoloģisko procesu nodrošināšanai



2007.g. VĢMA sāka vākt detalizētu informāciju par siltumapgādē un tehnoloģisko procesu nodrošināšanai izmantotajiem biomasas kurināmā veidiem. Att. 8 redzams, ka lielākajā daļā Latvijas rajonu dominē šķeldas un skaidas<sup>6</sup>, tomēr Kuldīgas, Jelgavas, Dobeles un Aizkraukles rajonos vēl arvien centralizētajā apkurē vairāk izmanto malku, kas, ņemot vērā salīdzinoši neefektīvo sadedzināšanas procesu, rada visvairāk pelnu un degšanas zudumu. Granulas, kas rada vismazāk pelnu, lielākā apjomā izmanto tikai Balvu rajonā.

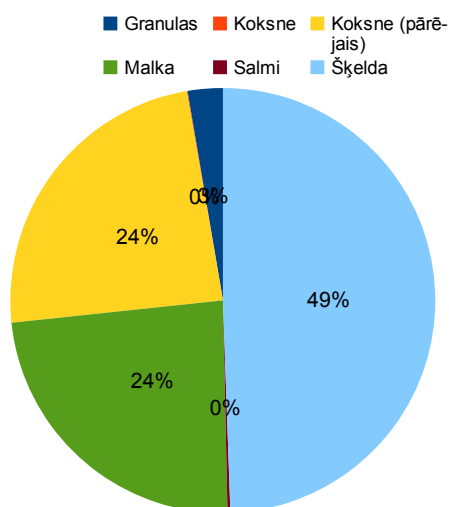
Att. 8 Dažādu biomasas kurināmā veidu īpatsvars



Kopumā no siltumapgādē un tehnoloģisko procesu nodrošināšanai izmantojamās biomasas 2007.g. aptuveni 73% bija mitrs beramais koksnes kurināmais (šķeldas un skaidas), 24% – malka un tikai 3% – kokskaidu granulas (skat. Att. 9).

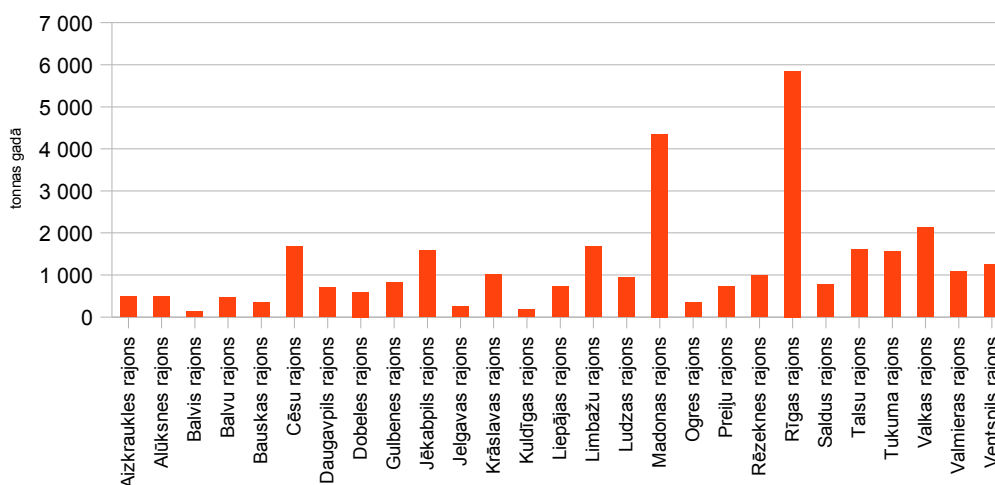
<sup>6</sup> Grafikā – Koksne (pārējais).

Att. 9 Dažādu biomasas veidu īpatsvars enerģētiskās koksnes bilanci 2007.g.



Lielākie enerģētiskās koksnes patērētāji un, attiecīgi, pelnu ražotāji 2007.g. bija Rīgas, Madonas un Cēsu rajoni, kuros saražots aptuveni 37% no kopējā koksnes pelnu apjoma valstī (skat. Att. 10).

Att. 10 Koksnes pelnu ražošana Latvijas rajonos 2007.g.



Lielāko daļu koksnes pelnu deponē sadzīves atkritumu izgāztuvēs vai modernajos atkritumu poligonos. Kopējās deponēšanas izmaksas, pārrēķinot, piemēram, uz SIA "Getliņi EKO" tarifiem, ir aptuveni 400 tūkst.Ls gadā, neskaitot transportēšanas izmaksas (vēl vismaz 250 tūkst.Ls gadā), bet, ņemot vērā, ka lielāko daļu pelnu tehnoloģiskajā procesā sajauc ar ūdeni, faktiskās pelnu deponēšanas izmaksas varētu būt vēl 2-3 reizes lielākas.

Koksnes pelnos ir augsta fosfora (P) kālija (K), kalcija (Ca) un magnija (Mg) koncentrācija, tāpēc tos var izmantot gan kā kaļķošanas materiālu, gan mēslošanas līdzekli. Pārrēķinot uz krīta ( $\text{CaCO}_3$ ) ekvivalentu, koksnes pelnu efektivitāte augsnes kaļķošanā ir 0,4-0,6, atkarībā no nepilnīgi sadegušās koksnes, kā arī Ca, Mg un K savienojumu daudzuma. Pelni iedarbojas straujāk nekā kaļķis, tāpēc palielinātu devu pielietošana var novest pie stādījumu iznīkšanas. Mežā, veicot meža atjaunošanu platībās, kur savākta enerģētiskā koksne, rekomendē pielietot līdz 2  $t_{\text{sausnas}}/\text{ha}$  lielas koksnes pelnu mēslojuma devas, kas atbilst aptuveni 200  $\text{ber}\cdot\text{m}^3$  enerģētiskās koksnes. Šādu vai nedaudz lielāku enerģētiskās koksnes apjomu no meža izved

ar galvenās cirtes mežizstrādes atliekām.

## PELNU IZMANTOŠANA NOTEKŪDEŅU DŪŅU KOMPOSTĒŠANĀ

Kompostēšana ir bioloģisks process, kura laikā dažādi mikro un makro-organismi mineralizē organiskās vielas. Kompostēšanās priekšnosacījumi ir pietiekošs mitrums, pastāvīga aerācija un siltums. Sadaloties organiskajai vielai, veidojas ūdens, ogļskābā gāze ( $\text{CO}_2$ ) un citi mazmolekulāri oksidēti savienojumi, kā arī siltums. Citiem vārdiem sakot, compostēšana ir lēna degšana bez uguns. Kompostēšanas rezultātā veidojas stabilizēta organiskā viela un neorganiskie sāļi. Pēc savām īpašībām komposts ir līdzīgs augsnes humusam un, atkarībā no minerālvielu daudzuma, to var izmantot kā mēslošanas līdzekli vai augsnes substrātu.

Notekūdeņu dūņu compostēšanas uzdevums ir apstrādājamā materiāla fizikālās īpašības (samazināt mitruma saturu un saistīgumu, uzlabot tā birstamību), iznīcināt patogēnus un nepatīkams smakas izraisošas vielas [Anon, 1995]. Dūņu komposts, pateicoties augstajai minerālvielu, jo sevišķi slāpekļa, fosfora un kalcija koncentrācijai, ir mēslošanas līdzeklis, kas pēc augu barības vielu satura pielīdzināms kūtsmēsliem [Anon, 1993].

Koksnes pelnu pievienošana notekūdeņu dūņu compostēšanas procesā jau pirmajā compostēšanas fāzē ļauj iegūt optimālu mitruma un sausnas attiecību. Pelni palielina dūņu porozitāti, attiecīgi, samazinās materiāla blīvums un uzlabojas aerācijas apstākļi. Pelnu pievienošana nodrošina augstāku makro- un mikroelementu koncentrāciju gala produktā. Bez tam pelni padara brūno notekūdeņu dūņu kompostu nedaudz tumšāku un līdzīgāku augsnei [Carpenter & Beecher, 1997].

Pelnu pievienošana kompostam nesamazina tā bioloģisko aktivitāti. ASV veiktos pētījumos konstatēts, ka pelnu (pētījuma gadījumā akmeņogļu pelnu) pievienošana līdz 32% no kopējās masas, nepalielina smago metālu koncentrāciju virs šajā valstī noteiktajiem limitiem [Goldstein, 1997].

Komposta iestrādāšana augsnē palielina organiskās vielas saturu, kopējo un augiem pieejamo barības vielu saturu, kā arī uzlabo augsnes fizikālās īpašības, piemēram, ūdens saistīšanas spēju un augsnes struktūru.

Pelnu pievienošana compostējamai masai var paātrināt compostēšanas procesu [Räikkönen et al., 1999]. Izmēģinājumā Somijā koksnes pelnu pievienošana kompostam (20% pēc masas) nodrošināja, ka temperatūra slēgtā komposta sistēmā pieauga līdz 80 °C, salīdzinot ar 50-70 °C izmēģinājumos bez pelnu pievienošanas. Viens no iemesliem temperatūras pieaugumam ir compostējamā materiāla siltumietilpības palielināšanās. Šajā pašā izmēģinājumā noskaidrots, ka pelnu pievienošana nodrošināja augstāku skābekļa koncentrāciju materiālā.

Pievienojot skābu materiālu compostēšanās procesā koksnes pelnus, pirmajā compostēšanas fāzē pH kļūst bāziskāks, tomēr gatavā kompostā nav konstatējamas būtiskas atšķirības, kas būtu saistītas ar pelnu īpatsvaru sākotnējā komposta maisījumā [Räikkönen et al., 1999]. Vieglo pelnu frakciju var izmantot, kā kalpošanas materiālu, compostējot skābus materiālus, piemēram, augļus un pārtikas atliekas. Šajā gadījumā pelni neļauj strauji nokristies materiāla pH, kas, savukārt, noved pie mikrobioloģiskās aktivitātes samazināšanās [Fang et al., 1999].

Komposta konduktivitāti jeb elektrovadītspēju nosaka izšķīdušo sāļu joni, tajā skaitā dažādi katjoni, hlorīdu, nitrātu, sulfātu un fosfātu joni. Augsta sāļu koncentrācija apgrūtina augsnes ūdens saistīšanu augos, kas uzskatāms par vienu no būtiskākajiem koncentrētu, minerālvielām bagātu kompostu trūkumiem [Fang et al., 1999]. Gatava komposta konduktivitātei jābūt zem 4 mS/cm [Anon, 1992]. Pelnu pievienošana līdz 20% pēc masas nepalielina komposta konduktivitāti virs kritiskās robežas.

Pelnu pievienošana veicina organiskās vielas mineralizāciju kompostējamā masā, palielinot mineralizētās organiskās vielas īpatsvaru gandrīz 2 reizes, salīdzinot ar kompostu, kuram nav pievienoti pelni [Räikkönen et al., 1999].

Pievienojot pelnus, kompostēšanas pirmajās fāzēs strauji samazinās kopējā slāpekļa koncentrācija, bet gatavā kompostā, kuram sākotnēji bijuši pievienoti pelni, slāpekļa koncentrācija samazinās vairākas reizes lēnāk, nekā kompostos, kuros nav pelnu. Visos kompostos, kas sagatavoti Somijā veikto pelnu pievienošanas izmēģinājumu ietvaros, slāpekļa daudzums gala produktā pārsniedza 0,8% [Anon, 1992].

Pelnu pievienošana kompostam būtiski palielina smago metālu koncentrāciju gatavajā produktā. Lielākas problēmas rada kadmijs tajos gadījumos, kad izmantota vieglā pelnu frakcija [Räikkönen et al., 1999].

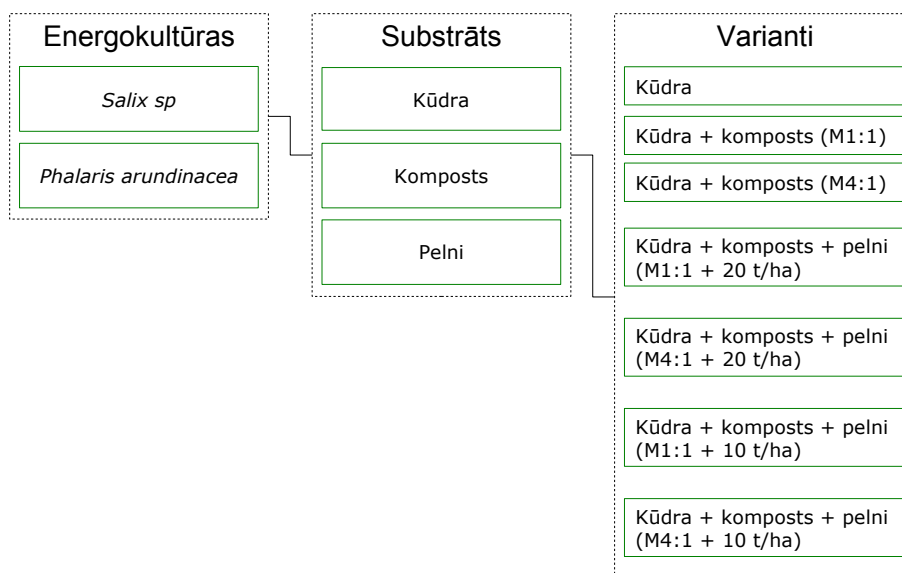
Dažādu pētījumu rezultāti liecina, ka koksnes pelnu pievienošana kompostēšanās procesā veicina organisko vielu mineralizāciju un humīnskābju veidošanos, uzlabo komposta krāsu (padara to līdzīgāku augsnei) un aizkavē ūdeņraža sulfīda ( $H_2S$ ) veidošanos. Pelnu pievienošana kompostēšanās sākuma fāzē samazina nepieciešamās pildvielas (skaidu vai kūdras) daudzumu, bet kompostēšanas beigu fāzē pelnu minerālā frakcija nodrošina pietiekoši augstu pelnvielu saturu, lai kompostu varētu izmantot, piemēram, zālāju ierīkošanā bez minerālvielu (smilts, grants) pievienošanas, lai uzlabotu komposta fizikālās īpašības. Pelnu īpatsvars līdz 20% no kompostējamās masas sausnes ir optimāls kompostēšanās procesa norisei.

# METODIKA

Veģētācijas izmēģinājums ierīkots plastmasas konteineros ar tilpumu 3 l un dziļumu 25 cm. Izmēģinājumā izmantoti 20 cm gari *Salix sp.* zviedru varietātes *Sven* spraudeņi (4 spraudeņi katrā podā) un *Phalaris arundinacea* sēklas (proporcionāli izsējas normai 10 kg/ha). Izmēģinājums ierīkots atbilstoši Att. 11 parādītajai shēmai 3 atkārtojumos + papildus 6 atkārtojumi *Salix sp.* barības vielu dinamikas un sakņu sistēmas attīstības gaitas novērtēšanai. Izmēģinājums ierīkots Olaines kokaudzētavā, kur ir piemēroti apstākļi veģētācijas izmēģinājumu veikšanai un darbinieki pietiekoši pieredzējuši.

Lauka izmēģinājumi, tajā skaitā ar kaļķošanas materiālu, kas izmantoti datu salīdzināšanai, ierīkoti 2006.g. aprīlī RMA valdījumā esošā izstrādātā kūdras atradnē 6 km attālumā no Olaines kokaudzētavas (objekts "Virši"). Uzmērījumi kokaudzētavā un kūdras atradnē un "Viršos" veikti vienlaicīgi. Kūdras substrāts veģētācijas izmēģinājumam ņemts no "Viršiem".

Att. 11 Izmēģinājuma shēma



Veģētācijas perioda laikā (2006.g. jūnijs – oktobris) vienreiz 2 nedēļās uzmērīts augu virszemes daļas pieaugums, noteikts kārkļu virszemes un pazemes daļas biomasas pieaugums un ievākti augsnes un augu materiāla paraugi ķīmiskajām analizēm.



**Att. 12 Izmēģinājums Olaines kokaudzētavā**

2006.g. ziemā kokaudzētavā un lauka apstākļos ievāktajiem paraugiem veiktas agroķīmisko īpašību (N, P, K, pH, katjonapmaiņas kapacitāte) un smago metālu analīzes.

## SUBSTRĀTS

Izmēģinājumā izmantots komposts, kas pagatavots no skaidām un notekūdeņu dūņām (tilpuma attiecība 1:1). Atbilstoši noteikumiem Nr.362 [MK noteikumi Nr.362] šis komposts atbilda 4.kvalitātes klasei. Izmēģinājumā lietotie pelni nāk no vietējās siltumapgādes sistēmas, sajaucot vieglo un smago pelnu frakciju. Cinka un kadmijs koncentrācija šajos pelnos atbilst 5.dūņu kvalitātes klasei, pārējie smagie metāli – 2. un 3. kvalitātes klasei. Sfagnu kūdrā smago metālu koncentrācija ir niecīga (Tab. 4).

**Tab. 4 Substrāta un tā komponentu ķīmiskās īpašības**

Parametrs	Mērvienība	Pelni	Komposts	Kūdra
Slāpeklis (N <sub>kop.</sub> )	g/kg	-	21	34
Amonija slāpeklis (N - NH <sub>4</sub> )	mg/kg	-	9,9	8,9
Fosfors (P <sub>kop.</sub> )	g/kg	10	13,7	13,8
Ogleklis (C <sub>kop.</sub> )	g/kg	91,3	91,7	540
Tilpummasa	g <sub>sausnas</sub> /l	300	340	75
Mitrums	% rel.	5	66	65
Kālijs (K)	g/kg	30	8,6	0,01
Magnijs (Mg)	g/kg	20	7	0,08
Kalcijs (Ca)	g/kg	125	26	0,2
Mangāns (Mn)	mg/kg	12	20,6	11
Kadmijs (Cd)	mg/kg	30	9,3	-
Hroms (Cr)	mg/kg	100	526,18	2
Varš (Cu)	mg/kg	400	610	1,7
Dzīvsudrabs (Hg)	mg/kg	3	2,8	-
Niķelis (Ni)	mg/kg	70	110	-
Svins (Pb)	mg/kg	300	116	5

Parametrs	Mērvienība	Pelni	Komposts	Kūdra
Cinks (Zn)	mg/kg	7000	670	9

Izmēģinājumos izmantota komposta deva, kas atbilst 170 un 340 t<sub>sausnas</sub>/ha un pelnu deva, kas atbilst 9,5 un 19 t<sub>sausnas</sub>/ha (Tab. 5). Šādas substrāta devas izmanto teritoriju rekultivācijā augsnes auglīgā slāņa atjaunošanai. Veicot kūdras atradņu rekultivāciju, var izmantot arī mazākas mēslojuma devas, taču šī pētījuma mērķis bija noskaidrot maksimālu mēslojuma devu efektu, kas radītu gan kaļķošanas efektu, gan ilgstoši nodrošinātu augus ar minerālvielām.

Tab. 5 Substrāta masas pārrēķins uz 1 ha<sup>7</sup>

Materiāli	Kūdra	Kūdra + komposts		Kūdra + komposts + pelni			
		1:1	4:1	1:1+20 t/ha	4:1+20 t/ha	1:1+10 t/ha	4:1+10 t/ha
Kārkli							
kūdra, kg	150 000	75 000	112 500	75 000	112 500	75 000	112 500
Komposts, kg	-	340 000	170 000	340 000	170 000	340 000	170 000
Pelni, kg	-	-	-	19 000	19 000	9 500	9 500
Kopējā substrāta masa, kg	150 000	415 000	282 500	434 000	301 500	424 500	292 000

## UZMĒRĪJUMI

Veģetācijas sezonas laikā ik pēc divām nedēļām trīs podiem no katra varianta tika noteikta kārkļu dzinumu un sakņu sausna. Laboratorijā no spraudņiem atdalīja veidojušos dzinumus (Att. 13), tos žāvēja termostatā 105°C, līdz nemainīgai masai un nosvēra uz analītiskajiem svāriem.

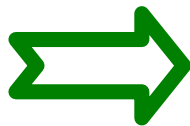


Att. 13 Dzinumu sausnas noteikšanai sagatavoti kārkļu dzinumi

Pēc substrāta ievākšanas ķīmiskajām analizēm, atlikušo substrātu no spraudņa un saknēm atdalīja skalojot (Att. 14). Pēc substrāta daļiņu atdalīšanas saknes no spraudņa nogrieza un žāvēja termostatā 105°C līdz nemainīgai masai, pēc tam sakņu masu noteica ar analītiskajiem svāriem.

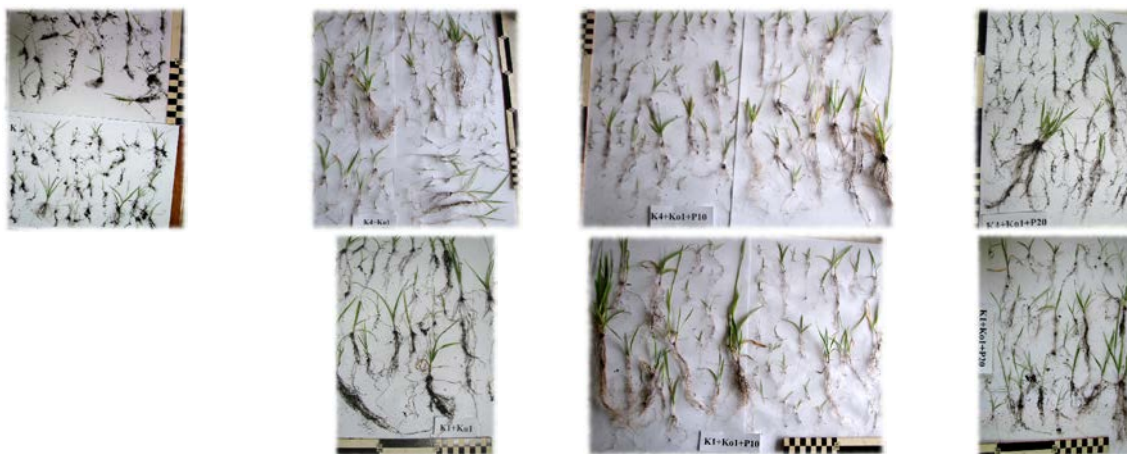
<sup>7</sup> Aramzemes slānis pieņemts 20 cm





**Att. 14 Sakņu sausnas noteikšanai sagatavoti kārklu spraudēņi**

Miežabrāļa dzinumu un sakņu sausnu noteica vienreiz – veģetācijas sezonas beigās (Att. 15).



**Att. 15 Miežabrāļa dzinumi pēc eksperimenta likvidēšanas**

Dzinumu augšanas gaitu noteica ik pēc 2 nedēļām, uzmērot visus kokaudzētavā podos augušos kārklu dzinumus (Att. 16) un veģetācijas sezonas beigās.



**Att. 16 Dzinumu garuma uzmērīšana kārklu spraudēņiem**

## AUGSNES ANALĪZES

### Augsnes paraugu sagatavošana

Metodes numurs	[ISO 11464]
----------------	-------------



Metode izmantojama	Organiskajai un minerālaugsnei
--------------------	--------------------------------

Princips

Savāktos augsnes paraugus (ieteicams ne mazākus par 0,5 kg dabiski mitras augsnes) ved uz laboratoriju tūlīt pēc ievākšanas un žāvē līdz gaissausam stāvoklim 40 °C temperatūrā. Pēc tam paraugus var uzglabāt ilgstoši līdz analīžu veikšanai.

No augsnes paraugiem jāizvāc visas dzīvās saknes, kā arī jāatsijā organiskās un neorganiskās daļiņas, kuru D ir lielāks pa 2 mm. Pirms sijāšanas paraugi jāsadrupina un jānosver rupjo piemaisījumu daudzuma noteikšanai.

Augsnes analīzēm izmanto tikai frakciju, kuras D ir mazāks pa 2 mm. Tām analīzēm, kurām nepieciešams sasmalcināts materiāls, augsni maļ tieši pirms analīžu veikšanas.

Augsnes paraugus pēc izžāvēšanas uzglabā istabas temperatūrā, pēc iespējas samazinot mitruma un gaisa temperatūras svārstības. Paraugus jāpasargā no tiešas saules gaismas iedarbības.

Iekārtas

1. Žāvēšanas skapis;
2. Augsnes paraugu smacinātājs, dzirnavas, piesta;
3. Siets.

Reaģenti

Nav nepieciešami

Procedūra*Paraugu kaltēšana*

Kaltē visu paraugu 40 °C temperatūrā līdz masas zudums nav lielāks par 5% 24 stundās. Lielākos augsnes agregātus ( $D > 15$  mm) sadrupina, lai paātrinātu kalšanu.

*D < 2 mm frakcijas atsijāšana*

No augsnes izlasa akmeņus un ar sietu atsijā rupjākos piemaisījumus ( $D > 2$  mm). Atsevišķi nosver augsnes smalko un rupjo piemaisījumu frakciju. Sasmalcina, bet ne samaļ augsnes smalko frakciju. Homogenizē augsnes smalko frakciju.

*Maļšana*

Atsevišķām analīzēm paraugi jāsamaļ. Tāpēc ņem pietiekošu daudzumu augsnes, samaļ augsnes dzirnavās un sijā caur 150 µm vai citu sietu, atbilstoši analīžu metodikas prasībām.

**Mitruma noteikšana**

Metodes numurs	[ISO 11465]
Metode izmantojama	Organiskajai un minerālaugsnei

Princips

Augsnes analīžu rezultāti pārrēķināmi uz absolūtu augsni, tāpēc mitruma saturu gaissausā augsnē nosaka pirms analīžu veikšanas.

Iekārtas

1. Sverglāzītes (25-100 ml) ar cieši noslēdzamu vāciņu;
2. Žāvēšanas skapis;
3. Analītiskie svāri (precizitāte 0,001 g).

Procedūra

10-15 g augsnes smalkās frakcijas ( $D < 2$  mm) ieber sverglāzītē ar zināmu svaru un nosver uz analītiskajiem svāriem. Minerālaugsnes paraugus, iepriekš noņemot sverglāzītes vāciņu, liek žāvēšanas skapī un kaltē līdz nemainīgai masai 105 °C temperatūrā. Organiskās augsnes žāvē līdz nemainīgai masai 50 °C temperatūrā

Sverglāzītes ar sausu augsni izņem no žāvēšanas skapja, uzliek vāciņus, atdzesē eksikatorā un nosver uz analītiskajiem svāriem.

Aprēķini

Aprēķina mitruma daudzumu:  $M = \frac{(A - B)}{(A - C)} \times 100$ , kur

M – absolūtais mitruma saturs augsnē, %;

A – sverglāzītes un gaissausas augsnes svārs, g;

B – sverglāzītes un absolūti sausas augsnes svārs, g;

C – sverglāzītes svārs, g.

Mitruma pārrēķinu koeficientu vai nepieciešamā parauga daudzuma koeficientu aprēķina:

$$K_m = \frac{(100 + M)}{100}, \text{ kur}$$

$K_m$  – mitruma koeficients.

**Augsnes pH**

Metodes numurs	[ISO 10390]
Metode izmantojama	Organiskajiem horizontiem un minerālaugsnei

Princips

Augsnes pH nosaka potenciometriski augsnes – ekstrakta suspensijā (tilpuma attiecība 1:5). Kā ekstraktu izmanto 0,01 mol/l  $\text{CaCl}_2$  šķīdumu vai destilētu ūdeni.

Iekārtas

1. Kraītājs;
2. pH metrs ar piemērotu elektrodu;
3. Termometrs (precizitāte 1 °C);
4. Pudēle (vismaz 50 ml) ar korķi.
5. Karote vai lāpstīņa.

Reaģenti

1. Ūdens;
2. Kalcija hlorīda ( $\text{CaCl}_2$ ) šķīdums, 0,01 mol/l;
  1. šķīduma pagatavošanai 1,47 g  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  izšķīdina 1 l ūdens,
3. pH buferšķīdumi.

Procedūra*Suspensijas pagatavošana*

Ņem vismaz 5 ml gaissausa augsnes parauga (frakcija  $D < 2$  mm) un ieber pudelē vai kolbā. Pielej 5 reizes lielāku tilpumu  $\text{CaCl}_2$  šķīduma vai ūdens. Suspensiju sajauc un gaida 2 stundas.

*pH metra kalibrēšana*

pH metru kalibrē atbilstoši iekārtas ražotāja rekomendācijām, izmantojot buferšķīdumus (pH 4 un 7).

*pH noteikšana*

Sagatavo pH metru darbam atbilstoši iekārtas ražotāja rekomendācijām. Nosaka suspensijas temperatūru un buferšķīduma temperatūru (tā nedrīkst atšķirties vairāk par 1 °C). Saskalo suspensiju tieši pirms pH noteikšanas. Nosaka pH suspensijā pirms augsnes daļiņas paspējušas nosēsties. pH nolasa pēc tam, kad iekārtas rādījums ir nostabilizējies.

**Kopējais slāpeklis**

Metodes numurs	[SO 11261]
Metode izmantojama	Organiskajiem horizontiem un minerālaugsnei

Princips

Kopējā slāpekļa (tajā skaitā amonija, nitrātu, nitrītu un organiskais slāpeklis) noteikšanai izmanto modificētu Kjeldāla metodi, ar to atšķirību, ka selēna vietā kā katalizatoru izmanto titāna oksīdu.

Iekārtas

1. Mineralizācijas mēģenes (50 ml);
2. Mineralizācijas iekārta;
3. Destilācijas aparāts;
4. Birete (intervāli 0,001 ml vai mazāki).

Reaģenti

1. Salicilskābes / sērskābes maisījums – 25 g salicilskābes izšķīdina 1l koncentrētas sērskābes ( $\rho = 1,84 \text{ g/cm}^3$ );
2. Kālija sulfāta katalizatora maisījums – samaļ un vienmērīgi sajauc ar šādas vielas;
  1. 200 g kālija sulfāta,
  2. 6 g vara (II) sulfāta pentahidrāta,

3. 6 g titāna dioksīda ar anatāza kristālo struktūru,
3. Nātrija tiosulfāta pentahidrāts – nātrija tiosulfāta pentahidrāta kristālus samāļ līdz pulverveida struktūrai un sijā caur 0,25 mm sietu;
4. Nātrija hidroksīds (NaOH), 10 mol/l;
5. Borskābes šķīdums  $p_{(H_3BO_3)}=20$  g/l;
6. Indikators – izšķīdina 0,1 g bromkrezolzaļā un 0,02 g metilsarkanā 100 ml etanola;
7. sērskābe –  $c_{(H^+)}=0,01$  mol/l.

### Procedūra

Ieber gaissausus augsnes paraugus mineralizācijas mēģenēs. Parauga lielums no 0,2 g (paredzamais N saturs aptuveni 0,5 %) līdz 1 g (paredzamais N saturs aptuveni 0,1 %).

Pievieno 4 ml salicilskābes / sērskābes maisījuma un sakrata mēģeni līdz skābe vienmērīgi sajaucas ar augsni. Atstāj izvilkumus uz vairākām stundām (uz nakti).

Caur sausu piltuvi pievieno 0,5 g nātrija tiosulfāta maisījuma un karsē mineralizācijas iekārtā, līdz beidzas putošana.

Atdzesē mēģenes un pievieno 1,1 g katalizatora, uzkaršē līdz šķīdums traukā kļūst caurspīdīgs.

Vāra izvilkumu līdz 5 stundas (parasti pietiek ar 2 stundām) tā, lai sērskābes tvaiki kondensējas līdz aptuveni 1/3 no mēģenes augstuma. Temperatūra nevar pārsniegt 400 °C. Karsēšanas režīmi viesiem mineralizācijas etapiem parādīti Tab. 6.

Atstāj mēģeni atdzesēties un tad, lēni maisot, pievieno aptuveni 20 ml ūdens. Tad sakrata mēģeni, lai visas neizšķīdušās daļiņas nonāktu suspensijā un pārskalo saturu destilācijas iekārtā. Lai pārliecinātos, ka viss izvilkums pārliets, mēģeni 3 reizes izskalo ar ūdeni.

Destilācijas kolbā ielej 50 ml borskābes šķīduma un novieto to zem destilācijas aparāta kondensatora. Pārliecinās, ka kondensatora gals ir iegremdēts šķīdumā.

Destilācijas aparāta piltuvē ielej 20 ml nātrija hidroksīda un sārmu lēni pilina destilācijas kamerā.

Izdestilē aptuveni 40 ml kondensāta un noskalo kondensatora galu.

Pievieno destilātam dažus pilienus indikatora un titrē ar sērskābi līdz nemainīgi violetai krāsai vai izmanto potenciometrisko titrēšanu līdz pH 4,7.

**Tab. 6 Karsēšanas režīmi**

Materiāls	1. cikls (temp. °C/ilgums min.)	2. cikls (temp. °C/ilgums min.)	3. cikls (temp. °C/ilgums min.)
Augsne	125 / 30	270 / 30	400 / 120

### Aprēķini

Kopējo slāpekļa saturu aprēķina:

$$W_n = \frac{((V_1 - V_0) \times c(H^+) \times M_n)}{m} \times \frac{(100 + W_{H_2O})}{100}, \text{ kur}$$

$W_n$  – kopējā slāpekļa saturs absolūti sausā augsnē, g/kg;

$V_1$  – titrēšanā patērētā sērskābe, ml;

$V_0$  – aklās analīzes titrēšanā patērētā sērskābe, ml;

$C(H^+)$  -  $H^+$  koncentrācija titrēšanai izmantotajā sērskābē, mol/l;

$M_n$  – Slāpekļa molmasa = 14 g/mol;

$m$  - gaissausa augsnes parauga masa, g

$W_{H_2O}$  – ūdens daudzums augsnē, izejot no absolūti sausas augsnes svēruma, masas %.

### Karaļūdens izvilkuma analīzes (P, Ca, K, Mg, Mn, Cu, Pb, Cd, Zn, Cr, Ni, Hg)

Metodes numurs	[ISO 11466], [ISO 11047]
Metode izmantojama	Organiskajiem horizontiem un minerālaugsnei

#### Princips

Izžāvētu augsnes paraugu apstrādā ar sālsskābes un sērskābes maisījumu 16 stundas istabas temperatūrā, tad vāra 2 stundas. Tad ekstraktu dzidrina un uzpilda ar slāpekļskābi. Elementus nosaka ar spektrometrijas metodi.

#### Iekārtas

1. Analītiskie svāri (precizitāte 0,001 g);
2. Eksikators (2 l);
3. Mineralizācijas mēģenes (250 ml);
4. Dzesēšanas iekārta;
5. absorbcijas trauks, kas satur 15 ml slāpekļskābes (0,5 mol/l - *pagatavo 43,69 ml izšķīdinot 1 l*) (nepieciešams tikai dzīvsudraba noteikšanai);
6. Slīpētas stikla lodītes vai burbuļošanas novēršanas granulas;
7. Mineralizācijas iekārta ar regulējamu temperatūru;
8. Piltuve (D aptuveni 110 mm);
9. Mērkolba (100 ml);
10. Filtrpapīrs (D 150 mm, poru izmērs 8  $\mu$ m);
11. Atomu absorbcijas spektrometrs (AAS), Liesmas fotometrs (FES).

#### Reaģenti

1. Ūdens
2. Sālsskābe (HCl), 12 mol/l,  $\rho=1,19$  g/ml;
3. slāpekļskābe ( $HNO_3$ ), 15,8 mol/l,  $\rho=1,42$  g/ml;
4. slāpekļskābe ( $HNO_3$ ), 0,5 mol/l.

Procedūra*Paraugs*

Nosver 3<sup>8</sup> g gaissausu augsnes paraugu (daļiņu izmērs  $D < 2 \text{ mm}$  vai  $< 150 \mu\text{m}$ ) ar zināmu mitruma saturu un ieber 250 ml mineralizācijas kolbā vai mēģenē.

*Karaļūdens izvilkuma pagatavošana*

Paraugu samitrina ar 0,5 līdz 1 ml ūdens, tad maisot pievieno 21 ml sālsskābes un 7 ml slāpekļskābes (15,8 mol/l). Lai izvairītos no putošanas skābes var pievienot pa pilienam. Mineralizācijas kolbai pievieno dzesētāju un absorbēšanas iekārtu, tad atstāj uz 16 stundām istabas temperatūrā. Šajā laikā notiek lēna organiskās vielas oksidācija.

Pielietā karaļūdens daudzums ir pietiekošs, lai oksidētu aptuveni 0,5 g organiskā oglekļa. Ja paraugā ir vairāk par 0,5 g organiskā oglekļa, rīkojas sekojoši. Ļauj augsnei reaģēt ar pirmo karaļūdens porciju, tad pievieno slāpekļskābi (15,8 mol/l) – 1 ml uz katriem 0,1 g organiskā oglekļa virs sākotnēji oksidētajiem 0,5 g. Nedrīkst vienā reizē pievienot vairāk par 10 ml slāpekļskābes, bet jāļauj, lai notiek organiskās vielas reakcija ar pievienoto slāpekļskābi un tikai tad jāturpina slāpekļskābes pievienošana.

Lēni paaugstina suspensijas temperatūru līdz viršanai un karsē šādā temperatūrā 2 stundas, neļaujot, lai kondensāts paceltos augstāk par 1/3 no mineralizācijas kolbas augstuma. Pēc tam paraugus atdzesē.

Atstāj paraugus tik ilgi, kamēr visas suspensijā esošās augsnes daļiņas ir nosēdušās. Pārlej mineralizācijas kolbā absorbēšanas trauka saturu un vairākas reizes pārskalo absorbēšanas trauku ar slāpekļskābi (0,5 mol/l). Dekantē ekstraktu uz filtrpapīra, kas ievietots piltuvē, un savāc filtrātu 100 ml mērkolbās. Pārskalo mineralizācijas kolbu tā, lai visas neizšķīdušās daļiņas nonāktu uz filtrpapīra. Savāc visu filtrātu un kolbas uzpilda līdz atzīmei ar slāpekļskābi (0,5 mol/l).

*Elementu noteikšana*

Elementu koncentrāciju nosaka spektrometriski atbilstoši iekārtas ražotāja rekomendācijām. Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Ni un Zn noteikšanai izmanto ISO 11047 metodi.

**Amonija slāpekļa noteikšana**

Amonija slāpekļis noteikts kolorimetriski ar Neslera reaģentu (Tab. 7).

**Tab. 7 Agroķīmisko analīžu metodes**

Rādītājs	Paskaidrojumi
Aktīvais <sup>9</sup> NH <sub>4</sub>	
Nosaukums	Kolorimetriska amonija slāpekļa noteikšana ar Neslera reaģentu.
Iztirzājums	Amoniju nosaka kolorimetriski 0,1 n NaCl izvilkuma (ekstrakcijas laiks – 1 stunda) ar Neslera reaģentu. Izmantots Jenway 6051 fotokolorimētrs, 470 nm filtrs.
Literatūras avots	Red. Pāvule, 1978, 230. lpp.

<sup>8</sup> Organiskajiem paraugiem ņemt 1 g augsnes

<sup>9</sup> Aktīvās – viegli šķīstošās barības vielas, kas pieejamas augiem.

## APRĒĶINU MODEĻI

Projekta ietvaros izstrādāts aprēķinu modelis izklājlapas veidā pelnu un notekūdeņu dūņu vai to kompostu devas noteikšanai degradētu teritoriju rekultivācijai. Aprēķinu modelis balstīts uz MK noteikumu Nr.362 Noteikumi par notekūdeņu dūņu un to komposta izmantošanu, monitoringu un kontroli prasībām degradētu teritoriju rekultivācijai. Šajos noteikumos ietvertās smago metālu devas robežvērtības izmantotas, kā robežvērtības maksimālās dūņu, to kompostu un pelnu devas noteikšanai tā, lai summārais smago metālu daudzums nepārsniegtu robežvērtības.

Aprēķins veikts masas mērvienībās, nosakot maksimālo materiāla devu. Lai veiktu aprēķinu, ir jāzina smago metālu koncentrāciju dūņās, to kompostā un pelnos. Slāpekļa un fosfora koncentrācija, kas limitē dūņu devas lauksaimniecībā, šajā aprēķinā nav ņemta vērā.

Ministru kabineta noteikumos dotās maksimālās notekūdeņu dūņu un to komposta devas dažādas kvalitātes notekūdeņu dūņām, veicot degradētu teritoriju rekultivāciju, parādītas Tab. 8, bet atbilstošais smago metālu devas limits - Tab. 9.

**Tab. 8 Notekūdeņu dūņu un to komposta sausas devas limits degradēto platību rekultivācijai ( $t_{\text{sausnas}}/\text{ha}$ )**

Dūņu kvalitātes klase	Grants, smilts, mālsmilts	Smilšmāls, māls
I	250	350
II	140	200
III	90	130
IV	60	90

**Tab. 9 Smago metālu koncentrācijas limits degradēto platību rekultivācijai, g/ha**

Augsne	Kadmījs (Cd)	Hroms (Cr)	Varš (Cu)	Dzīvsudrabs (Hg)	Niķelis (Ni)	Svins (Pb)	Cinks (Zn)
Grants, smilts, mālsmilts	600	36 000	48 000	600	12 000	30 000	150 000
Smilšmāls, māls	900	54 000	72 000	900	18 000	45 000	225 000

# REZULTĀTI UN TO ANALĪZE

Pētījuma ietvaros ierīkots *Salix sp.* un *Phalaris arundinacea* veģetācijas izmēģinājums ar augstā purva kūdras substrātu (pH < 3,5), kas ņemts no izstrādātas kūdras atradnes un kam dažādās svara proporcijās pievienots notekūdeņu dūņu komposts un koksnes pelni. Izmēģinājumu gaitā noskaidrota kārkļu un miežabrāļa attīstība dažādos substrātos, veikta substrāta ķīmiskā sastāva dinamikas analīze, novērtētas enerģētisko kultūru augšanas un substrāta sastāva sakarības, aprēķināts iespējamais dūņu un koksnes pelnu izmantošanas ekonomiskais efekts, izmantojot dūņas Rīgas ārpilsētas izstrādāto kūdras atradņu rekultivācijai, kā arī noteikta dūņu, to kompostu un koksnes pelnu izmantošanas ietekme uz vidi, no substrāta izskalojoties smagajiem metāliem.

## KĀRKĻU UN MIEŽABRĀĻA ATTĪSTĪBA DAŽĀDOS SUBSTRĀTOS

novērtēt spraudēju ieaugumu, sēklu dīdzību, kā arī biomasas krāju veģetācijas perioda beigās dažādos substrātos, analizēt *Salix sp.* sakņu sistēmas attīstības gaitu dažādos substrātos;

### Spraudēju ieaugums un sēklu dīdzība

#### Apsakņošanās

Laboratorijas apstākļos sagatavotajos substrātos plastikāta podos tika iepildīti 3l substrāta un katrā podā ievietoja 4 spraudņus, lauka apstākļos šāds substrāta daudzums būtu pieejams vienam spraudenim, bet eksperimenta mērķis bija noskaidrot dažāda substrāta sastāva ietekmi uz kārkļu un miežabrāļa augšanu, nevis iegūt maksimālu biomasu. Neraugoties uz lielo biežumu, sākotnēji visos substrātos visiem spraudņiem veidojas dzinumi un notika apsakņošanās (Att. 17).



K4Ko1P10 / K1Ko1P10 / K4Ko1P20 / K1Ko1P20 / K4Ko1 / K1Ko1 / K

Att. 17 Kārkļu dzinumi sezonas sākumā un beigās

Kontroles variantā pēc mēneša dažu spraudēju dzinumi gāja bojā un sakņu masa atmira. Pārējos variantos ieaugums 95-100% (Tab. 10), atšķirās tika dzinumu skaits, garums un augstums, kas apskatīts un analizēts nodaļā par biomasas veidošanu. Dzinumu bojā eju novēroja substrātos ar augstu un zemu barības vielu koncentrāciju.

Tab. 10 Kārkļu spraudēju apsakņošanas un dzinumu bojāeja

Nedēļa / substrāts	K	K4Ko1	K4Ko1P10	K4Ko1P20	K1Ko1	K1Ko1P10	K1Ko1P20
2	100	100	100	100	100	100	100



Nedēļa / substrāts	K	K4Ko1	K4Ko1P10	K4Ko1P20	K1Ko1	K1Ko1P10	K1Ko1P20
4	100	100	100	100	100	100	100
6	95	100	100	100	100	100	100
8	90	100	100	100	100	100	100
10	85	100	100	100	100	100	100
12	80	100	100	100	100	100	95
14	80	100	100	100	100	100	95
16	80	95	100	95	100	100	95

Labie izeaugšanās rezultāti, salīdzinot ar lauka apstākļiem, skaidrojami ar to, ka kokaudzētavā podi bija novietoti poligonā, kur tiek veikta regulāra stādu laistīšana kas ne vienmēr iespējama lielās plantācijās.

#### Sēklu dīdžība

Lauksaimniecībā uz kūdras augsnēm miežabrāža izeaugšanas norma ir 7-10 kg/ha. Lai noskaidrotu eksperimenta ierīkošanai nepieciešamo sēklu daudzumu, laboratorijas apstākļos noteica 100 sēklu masu 10 atkārtojumos, aprēķināja vidējos datus.



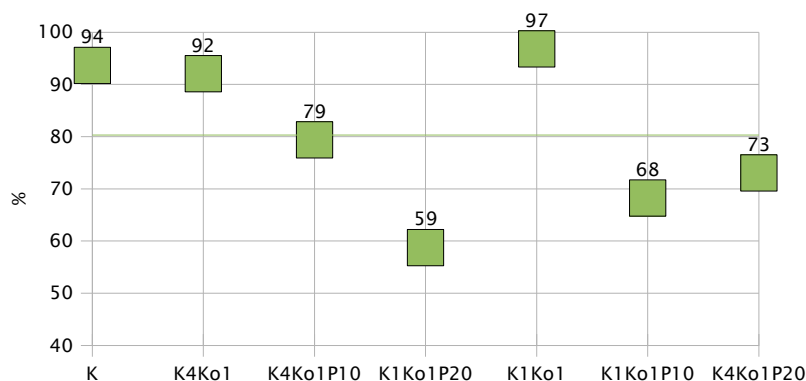
**Att. 18 Miežabrāža sēklu skaitīšana**

Ņemot vērā poda diametru, aprēķināja substrāta virsmas laukumu, kas bija jāapsēj. Lai noteiktu miežabrāža sēklu dīdžības un substrāta sastāva sakarības, katrā podā tika iesētas 21 sēklas, kas atbilst izeaugšanas normai 10 kg/ha (Att. 18).



**Att. 19 Miežabrāža dīdžības pārbaude**

Veģetācijas sezonas beigās ievācot likvidējot eksperimentu uzskaitīja izdzīvojušos miežabrāža dzinumus un aprēķināja izdzīvojušo augu skaitu procentos no iesētajiem (Att. 19).

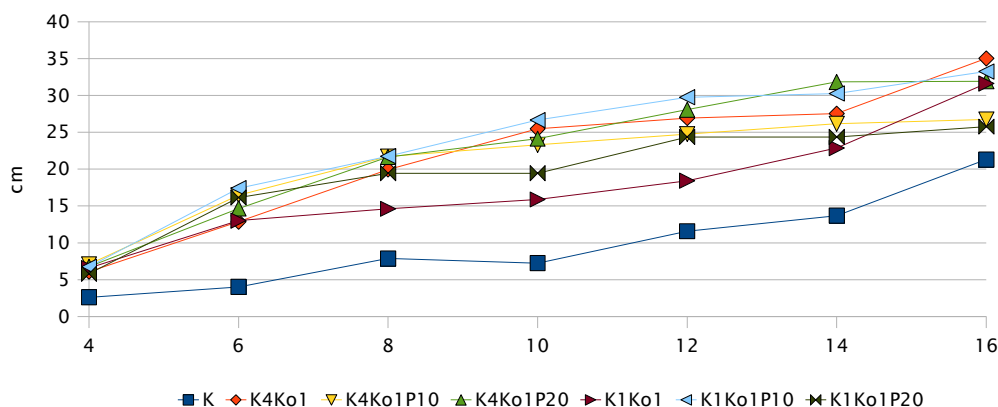


Att. 20 Miežabrāļa dzinumu saglabāšanās

Uz substrātiem, kas nesaturēja koksnes pelnus izauga par 1/5 daļu vairāk dzinumi, nekā tajos, kur pievienoti koksnes pelni. Tātad šajā eksperimentā koksnes pelnu pievienošana substrātam negatīvi ietekmēja sēklu dīdžību.

### Kārķu biomasas pieaugums dažādos substrātos

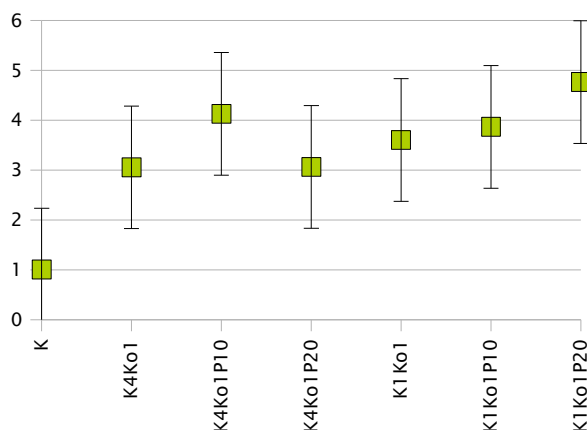
Veģetācijas sezonas laikā kārķu dzinumu masa strauji pieaug substrātos, kam pievienots notekūdeņu dūņu komposts un koksnes pelni, bet kūdrā stādītajiem sprauņiem dzinumu mazāk, tie ievērojami īsāki, drukni. Visos variantos sprauņiem dzinumi veidojās dažādā skaitā, daži dominējošie augs, citi atpalika, tāpēc vidējais dzinumu garums nesniedz pilnīgu priekšstatu par kārķu augšanas gaitu (Att. 21), un par kārķu sprauņa produktivitāti sprieda pēc dzinumu un sakņu veidotās sausnas.



Att. 21 Kārķu dzinumu vidējā augstuma dinamika veģetācijas sezonas laikā

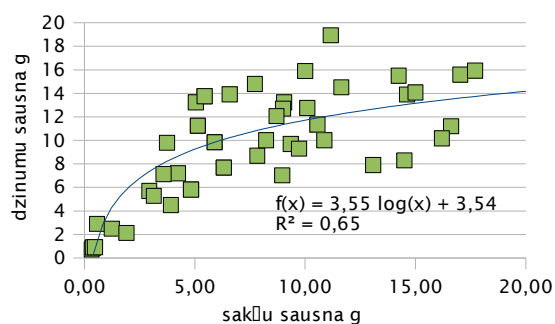
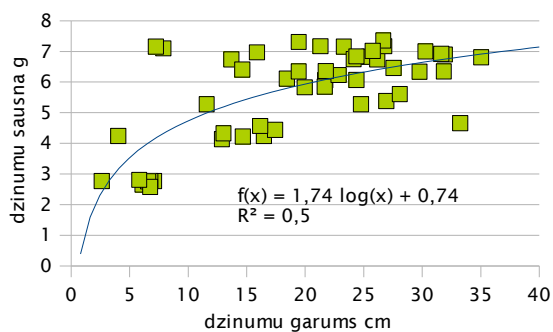
Sezonas laikā dominējošie dzinumi turpināja augt garumā, bet sīkākie dzinumi atmira, galvenokārt, palielinājās to diametrs. Piemēram, substrātā, kur pievienoti pelni, kuru deva ekvivalenta 10t/ha un kūdra ar kompostu sajaukta attiecībās 4:1, veidojās daudz dzinumu, bet tikai daži augs garumā, pārējie bija ievērojami sīkāki, līdzīgi variantā ar pelnu piedevu ekvivalentu 20 t/ha un kūdras un komposta maisījumu vienādās devās (Att. 22).

Uzskaitot no viena kārķu sprauņa veidoto dzinumu skaitu, konstatēja, ka ar barības vielām bagātīgāk nodrošinātajos substrātos dzinumi ne tikai augs straujāk, bet arī veidojās lielāks dzinumu skaits no sprauņa (Att. 22). Substrātos ar mazāku barības vielu nodrošinājumu dzinumi bija īsāki, veidojās lielāks vienlīdz spēcīgu dzinumu skaits.



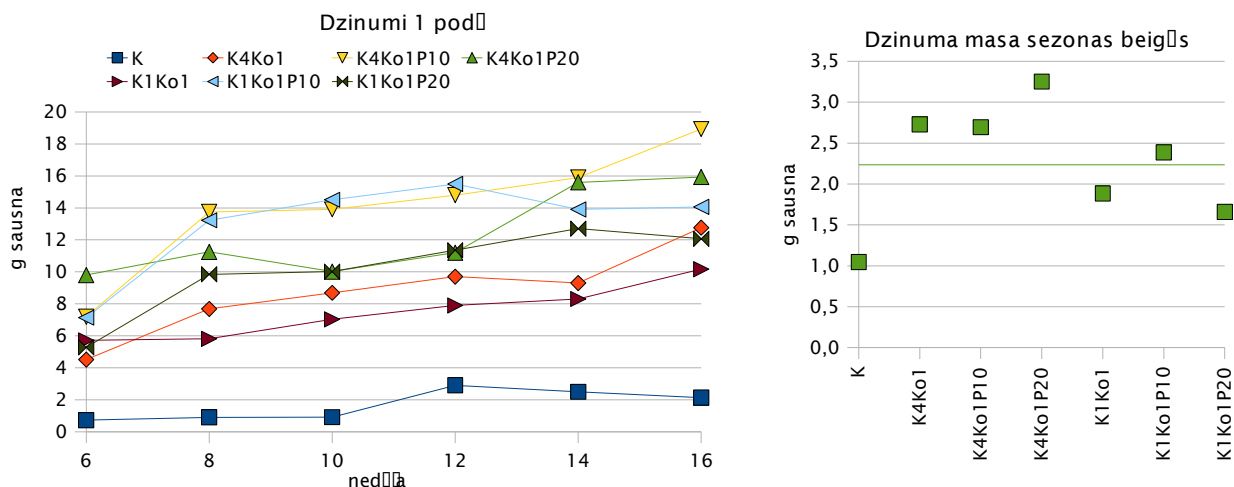
Att. 22 Atsevišķu kārkļu spraudēju veidoto dzinumu skaits

Korelācija starp kārkļu dzinumu garumu un sausnu, tāpat kā starp sakņu sausnu vidēji cieša (Att. 23).



Att. 23 Sakarības starp kārkļu spraudēju dzinumu sausnu, garumu un sakņu sausnu

Substrāta ietekmi uz kārkļu dzinumu veidošanos un produktivitāti daudz labāk ilustrē dzinumu un sakņu masas dinamika veģetācijas sezonas laikā un sezonas beigās. Veģetācijas beigās vislielākā kārkļu dzinumu masa veidojusies no spraudņiem, kas stādīti substrātos, kur sajaukta kūdra ar kompostu attiecībās 1:4 ar pelnu piedevu (Att. 24). Veģetācijas sezonas sākumā no spraudņiem veidojušos dzinumu masa atšķīrās nedaudz. Jau pirmajās nedēļās pelnu piedeva substrātā veicināja lielākas kārkļu biomasas veidošanos. Komposta un kūdras maisījums vienādās attiecībās stimulē dzinumu biomasas veidošanos mazāk, nekā maisījums kur pievienota uz pusi mazāka komposta deva, bet sezonas beigās visproduktīvākie bija spraudņi, kuri bija stādīti maisījumā ar pelnu piedevu. Kontroles dzinumu veidotā biomasa ievērojami mazāka nekā parējos variantos.



Att. 24 Kārķu spraudņu veidotās dzinumu masas dinamika podos un atšķirības sezonas beigās

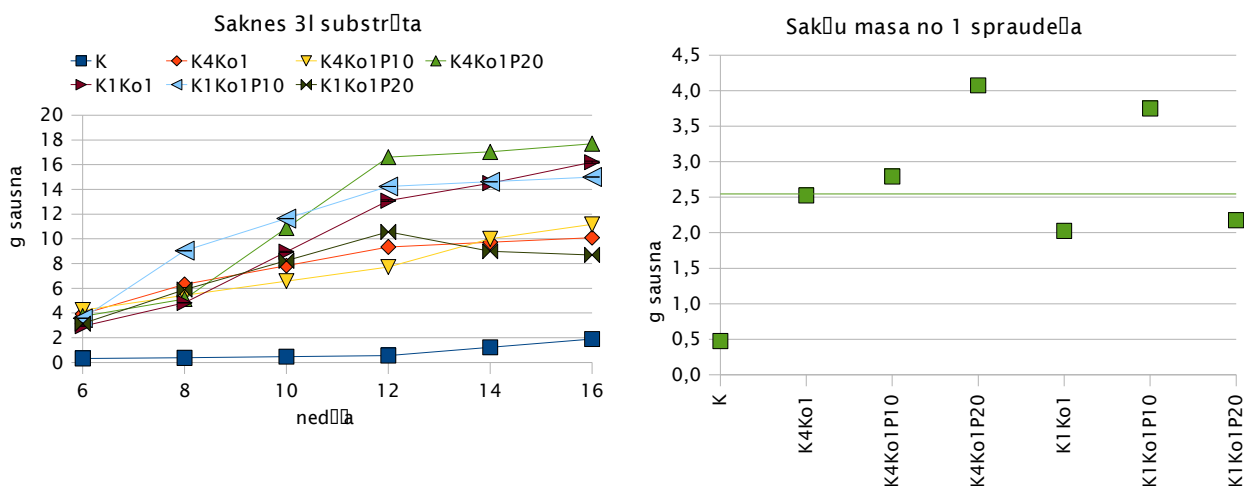
Komposta piedeva kūdrai 25% apmērā un koksnes pelni 20 t/ha, kā kaļķojamais materiāls, dubultoja kārķu dzinumu sausnu. Lielas komposta un pelnu devas kombinācija nedeva gaidīto produktivitātes kāpinājumu (Tab. 11).

Tab. 11 Kārķu produktivitātes kāpinājums % dažādos substrātos, salīdzinot ar kontroli

	K4Ko1	K1Ko1
Maisījums	162	80
Maisījums + pelni 10 t/ha	158	128
Maisījums + pelni 20 t/ha	211	59

### Salix sp. sakņu attīstība dažādos substrātos

Visas sezonas garumā kārķu spraudņiem kontroles variantā veidojās niecīga sakņu masa. Sakņu attīstību veicināja komposta un kūdras sajaukšana ar un bez pelnu piedevas. Vislielākā sakņu masa veidojās spraudņiem, kas bija stādīti kūdras - komposta maisījumā attiecībās 1:4 ar maksimālo pelnu piedevu (Att. 25).



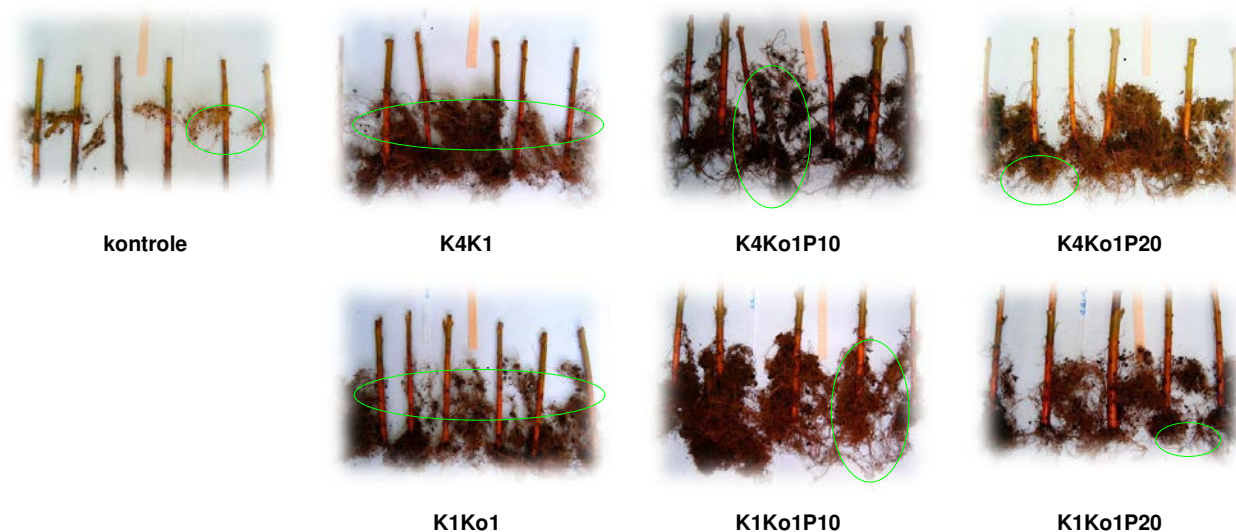
Att. 25 Kārķu sakņu podu kultūru veidotās dzinumu masas dinamika un atšķirības

Sakņu biomasas atšķirības dažādos substrātos bija daudz būtiskākas, nekā dzinumu masas atšķirības. Produktīvākajiem variantiem sakņu masa 4-7 reizes lielāka nekā kontrolei (Tab. 12).

Tab. 12 Kārķu sakņu biomasas pieaugums % dažādos substrātos salīdzinot ar kontroli

	K4Ko1	K1Ko1
Maisījums	32,89	326,32
Maisījums + pelni 10 t/ha	487,72	689,47
Maisījums + pelni 20 t/ha	757,89	357,89

Substrātos, kas nesatur pelnus lielākā daļa sakņu izvietojās spraudeņa augšējā daļā, sevišķi izteikti tas kontroles variantā. Savukārt, substrātos, kam pievienoti pelni vislielākajā koncentrācijā, lielākā daļa sakņu izvietojās spraudeņa apakšējā daļā. Substrātos ar pelnu piedevu ekvivalentu 10t /ha saknes izvietotas vienmērīgi (Att. 26).

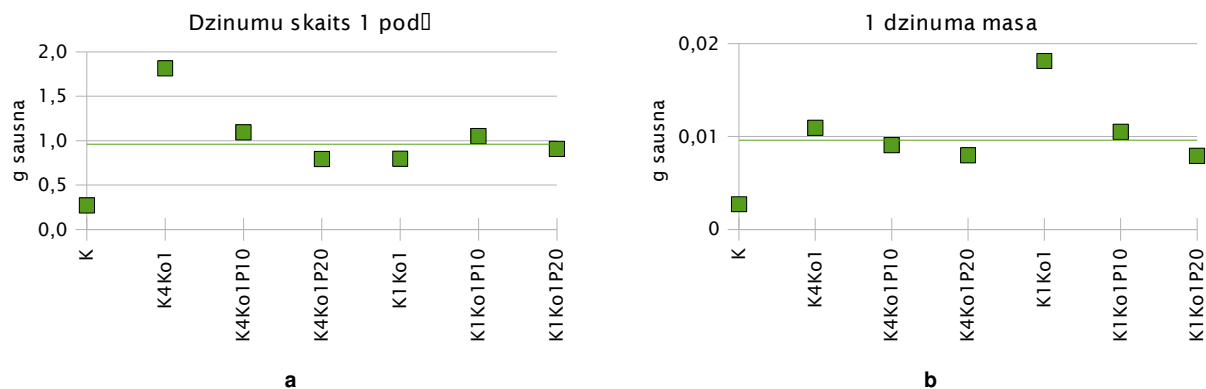


Att. 26 Kārķu sakņu izvietojums substrātos

## Miežabrāļa ražība

### Dzinumu biomasa

Veģetācijas izmēģinājumos miežabrāļa virszemes daļas veidojās sīkas. Kontroles variantā (kūdrā) virszemes biomasas pieaugums niecīgs. Vidēji vislielāko virszemes biomasu no vienā poda (3 l substrāta) ieguva variantā ar kūdras un mazākās komposta devas maisījumu (Att. 27 - a). Bet vidēji spēcīgākie dzinumi bija kūdras un komposta substrātā, kur komponenti sajaukti vienādās devās (Att. 27 - b).



Att. 27 Miežabrāļa dzinumu virszemes daļu biomasa

Dzinumu attīstību būtiski ietekmēja ne tikai barības vielu daudzums substrātā, bet arī citu dzinumu konkurence, ja podā izdīdzis mazāks sēkļu skaits, dzinumi veidojas plašāki ar lielāku ceru (Att. 28). Atsevišķi dzinumi labākus augšanas rādītājus uzrāda substrātos bez pelnu piedevas.



Att. 28 Miežabrāļa dzinumu virszemes daļu attīstība

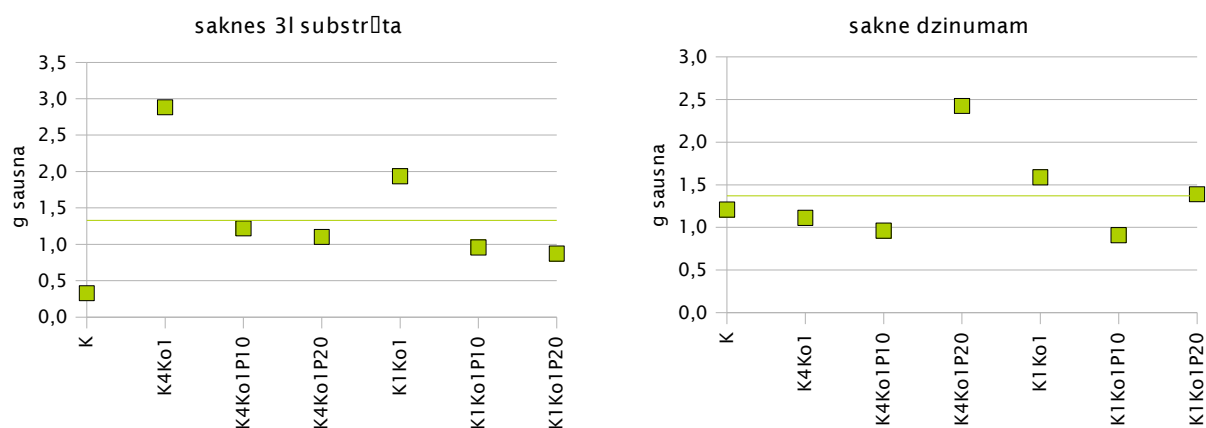
Salīdzinot ar kontroli, pilnīgi visos mēslotajos variantos miežabrālim veidojusies lielāka biomasa, tomēr virszemes biomasas pieaugumu visievērojamāk, trīs līdz piecas reizes, stimulēja komposta pievienošana kūdrai. Jo lielāka pievienotā pelnu piedeva, jo mazāka bija dzinumu sausna, tomēr tā pārsniedz kontroles variantā veidoto (Tab. 13).

Tab. 13 Miežabrāļa dzinumu biomasas pieaugums % dažādos substrātos salīdzinot ar kontroli

	K4Ko1	K1Ko1
Maisījums	304	570
Maisījums + pelni 10 t/ha	235	288
Maisījums + pelni 20 t/ha	194	193

### Sakņu attīstība

Visos variantos podos ar kūdru (kontrolē) sakņu masa veidojas neliela. Miežabrāļa dzinumiem lielāka sakņu masa, tāpat kā dzinumu masa, veidojās tajos substrātos, kur bija sajaukta kūdra un komposts. Tomēr, salīdzinot atsevišķu dzinumu sakņu masu ar kontroles substrātā veidoto, konstatēja, ka savstarpējas konkurences apstākļos, kad substrātā bija vairāk dzinumu tie veidoja mazākas saknes (Att. 29 un Tab. 14).



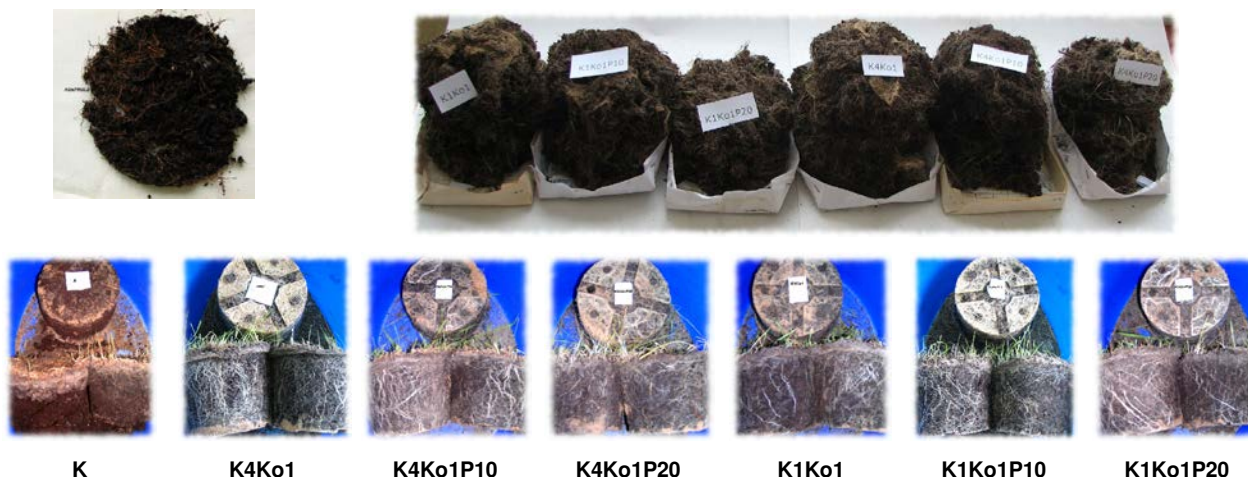
Att. 29 Miežabrāļa sakņu biomasa

Tab. 14 Miežabrāļa sakņu biomasas veidošanās atšķirības % dažādos substrātos, salīdzinot ar kontroli

	K4Ko1	K1Ko1
Maisījums	-8	31
Maisījums + pelni 10 t/ha	-20	-25
Maisījums + pelni 20 t/ha	100	15



Sezonas beigās, likvidējot eksperimentu un analizējot sakņu izvietojumu substrātā, konstatēja, ka kontroles variantā saknes izvietojušas galvenokārt substrāta virsējā daļā. Pārējos substrātos smalks sakņu tīkls cauruda visu substrātu (Att. 30).



Att. 30 Miezabrāja saknes ar substrātu

Ķīmisko analīžu rezultāti uzrādīja, ka kontroles substrātam virskārta ir bāziskāka nekā pārējā substrāta daļa, ar ko varētu skaidrot gan miežabrāja, gan kārkla sakņu lokalizāciju galvenokārt substrāta virskārtā.

## SUBSTRĀTA ĶĪMISKĀS ĪPAŠĪBAS

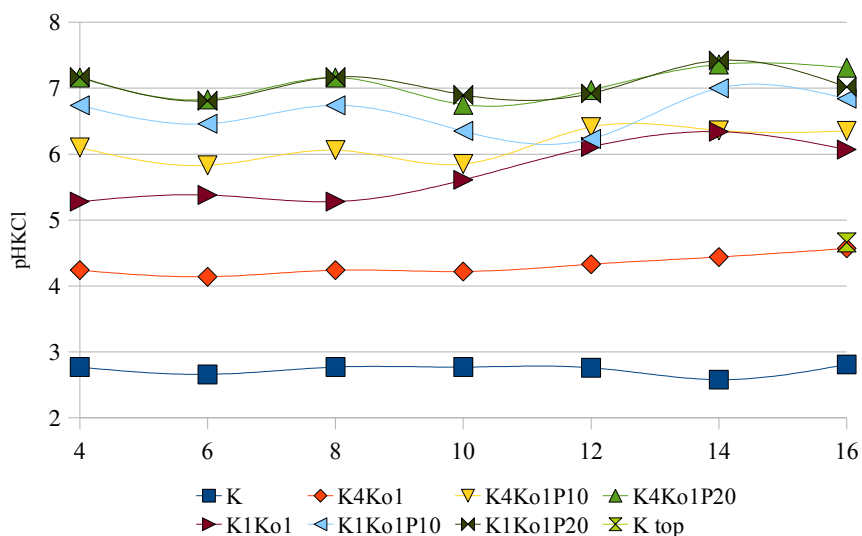
### Ķīmisko īpašību dinamika

Izmēģinājuma ar dolomītmiltiem rezultāti liecina, ka arī salīdzinoši lielas šī materiāla devas ir nepietiekošas, lai nodrošinātu lapu kokiem, tai skaitā kārkliem, optimālus augšanas apstākļus (pH 5,5-6,5) izstrādātajos kūdras laukos, ja kūdras pH ir 2,5-2,8, tomēr dolomītmiltu deva 10 t/ha ir pietiekoša, lai radītu labvēlīgu vidi priedes un egles augšanai [Lazdiņš 2007].

Koksnes pelnu izmantošanai dolomītmiltu vietā nodrošina strauju substrāta skābuma samazināšanos, kas atbilst citos literatūras avotos atrodamajai informācijai par pelnu iedarbību [Park 2005]. Podu kultūrās ierīkotajā eksperimentā konstatēts, ka eksperimenta laikā substrāta pH<sub>KCl</sub> visos variantos saglabājās sākotnējā līmenī vai pat kļuva nedaudz bāziskāks (Att. 16). Iespējams, ka viens no pH stabilitātes cēloņiem ir izmantotā komposta buferējošās īpašības.

Novērtējot koksnes pelnu un komposta piedevu lietošanas efektivitāti podos ierīkotajā izmēģinājumā, konstatēts, ka optimālu substrāta pH iespējams panākt, lietojot pelnu devu 10 t/ha (substrāta pH veģetācijas sezonas beigās bija 6,5-7,0).



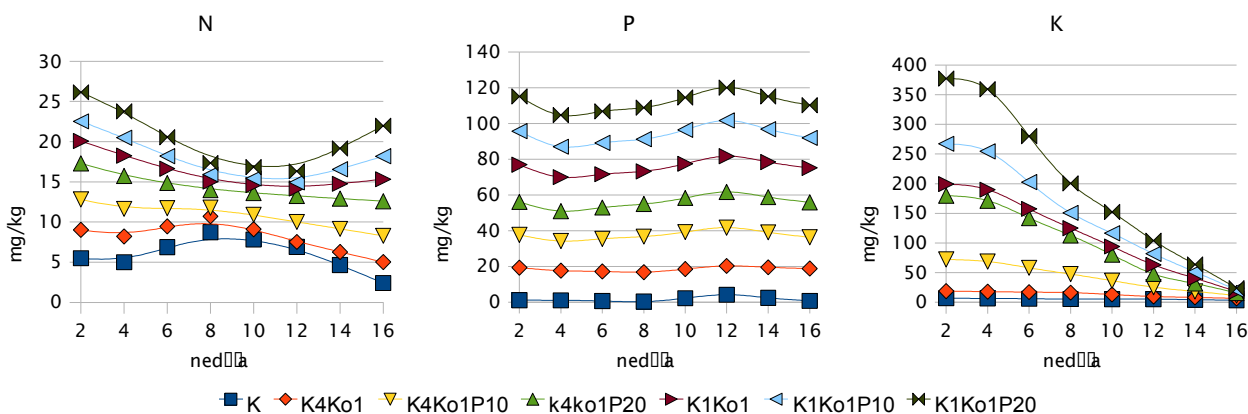


Att. 31 Ar pelniem kaļķoto substrātu pH<sub>KCl</sub> izmaiņas veģetācijas sezonas laikā

Komposts bez pelniem ir efektīvs līdzeklis augsnes pH normalizēšanai. Komposta devas, kas atbilst 75 t<sub>sausnas</sub>/ha (kūdra 4:1), ietekmē pH pieaugu līdz 4,0. 150 t<sub>sausnas</sub>/ha deva (kūdra 1:1) nodrošināja pH<sub>KCl</sub> pieaugumu līdz 6,0. Vislielākais efekts panākts, pievienojot pelnus kūdras un komposta maisījumam, kurā izejmateriālu attiecība pēc tilpuma ir 4:1 (kūdra 4:1). Ar devu 10 t/ha substrāts kļuva bāziskāks par 2,8 vienībām, bet 20 t/ha 2,9-3,7 vienībām. Izmantojot pelnus, kā kaļķošanas materiālu dažādu kūdras substrātu pagatavošanā, substrātu var padarīt bāziskāku. Efekts parādās tūlīt pēc pelnu pievienošanas un ir noturīgs visas sezonas laikā.

### Barības vielu izskalošanās intensitāte

Nosakot slāpekļa, fosfora un kālija koncentrāciju ik pēc divām nedēļām visas sezonas laikā, līdz eksperimenta likvidēšanai, konstatēja nelielas slāpekļa koncentrācijas svārstības, fosfora nodrošinājuma samazināšanos un izteiktu kālija koncentrācijas samazināšanos veģetācijas sezonas beigās (Att. 5). Ķīmisko analīžu rezultāti doti 1.pielikumā



Att. 32 NPK koncentrācijas izmaiņas substrātā veģetācijas sezonas laikā

Lai pārliecinātos par kūdras skābuma izmaiņām un barības vielu izskalošanos koksnes pelnu ietekmē ilgākā laika posmā, jāierīko lauka izmēģinājums, iestrādājot pelnus augsnē un izkļiedējot uz virskārtas.

## SAKARĪBAS STARP MĒSLOJUMA DEVU UN KULTŪRU AUGŠANU

Kārķu dzinumu garums cieši pozitīvi korelē ar fosfora koncentrāciju un substrāta skābumu veģetācijas sezonas sākumā un beigās. Negatīva korelācija novērota starp kālija koncentrācijas izmaiņām substrātā un kārķu dzinumu garumu, kā arī sakņu un dzinumu sausnu, kas liecina par to, ka biomasas veidošanai un laistīšanas rezultāta no substrāta ievērojami samazinājusies kālija koncentrācija. Vidēji cieša korelācija konstatēta starp kārķu dzinumu garumu un kālija koncentrāciju substrāta sezonas sākumā un fosfora koncentrācijas izmaiņām. Vidēji cieša korelācija novērota arī starp kārķu dzinumu sausnu un makroelementu koncentrāciju sezonas sākumā un beigās. Sakņu biomasas veidošanas cieši korelē ar fosfora koncentrāciju substrātā. Kārķu audzēšana teritorijās ar skābām kūdras augsnēm ir iespējama tikai pēc platību rekultivācijas un augsnes ielabošanas, iestrādājot organiskas vai neorganiskas izcelsmes mēslojumu, kas satur fosforu un kāliju, jo šie elementi nepieciešami gan virszemes, gan pazemes biomasas veidošanai (Tab. 15).

**Tab. 15 Kārķu biomasas un dzinumu garuma korelācijas ar substrāta ķīmiskajām īpašībām sezonas sākumā un beigās**

	Kārķu dzinumu garums cm	Kārķu dzinumu sausna g	Kārķu sakņu sausna g
pH <sub>KCl</sub>	0,80	0,83	0,64
N mg/100g	-0,16	0,46	0,40
P mg/100g	0,90	0,78	0,80
K mg/100g	0,57	0,53	0,41
pH <sub>KCl</sub> sezonas beigās	0,88	0,78	0,79
N mg/100g sezonas beigās	0,44	0,57	0,46
P mg/100g sezonas beigās	0,85	0,82	0,82
K mg/100g sezonas beigās	-0,23	0,53	0,03
pH <sub>KCl</sub> izmaiņas %	0,07	-0,41	0,28
N izmaiņas %	0,43	-0,03	-0,17
P izmaiņas %	0,66	0,86	0,77
K izmaiņas %	-0,92	-0,80	-0,77

Visas veģetācijas sezonas laikā kārķu dzinumu augstums cieši pozitīvi korelē ar substrāta veidu. Substrāta skābums un fosfora koncentrācija vidēji cieši korelē ar visiem kārķu augšanas rādītājiem, bet substrāta skābumam un fosfora koncentrācijai savstarpējā korelācija cieša. Vidēji cieša negatīva korelācija veģetācijas sezonas laikā starp kārķu dzinumu garumu un slāpekļa koncentrāciju substrātā (Tab. 16).

Tab. 16 Kārķu biomasas un dzinumu garuma korelācijas ar substrāta ķīmiskajām īpašībām sezonas laikā

Substrāta veids	Kārķu dzinumu H cm	Kārķu dzinumu sausna g	Kārķu sakņu sausna g	pH <sub>KCl</sub>	N mg/100g	P mg/100g	K mg/100g	
1,00	0,81	0,44	0,41	0,75	-0,36	0,62	0,31	Substrāta veids
	1,00	0,47	0,48	0,66	-0,61	0,66	0,10	Kārķu dzinumu H cm
		1,00	0,71	0,75	-0,27	0,74	0,03	Kārķu dzinumu sausna g
			1,00	0,58	-0,37	0,64	-0,28	Kārķu sakņu sausna g
				1,00	-0,27	0,81	0,41	pH <sub>KCl</sub>
					1,00	-0,48	0,11	N mg/100g
						1,00	0,14	P mg/100g
							1,00	K mg/100g

Neraugoties uz to, ka pelnu mēslojums bagātina augsni ar kāliju, kas ir nozīmīgs makroelements [Park 2005], [Ozolinčus et al. 2007]. Šajā eksperimentā netika iegūtas sakarības, ka liecinātu par kālija ietekmi uz miežabrāļa biomasas veidošanos (Tab. 17).

Tab. 17 Miežabrāļa biomasas un substrāta ķīmisko īpašību korelācijas

	Miežabrāļa dzinumu sausna g	Miežabrāļa sakņu sausna g
pH <sub>KCl</sub>	0,17	-0,13
N mg/100g	-0,51	-0,45
P mg/100g	0,6	0,52
K mg/100g	-0,07	-0,37
pH <sub>KCl</sub> sezonas beigās	0,22	0,06
N mg/100g sezonas beigās	-0,70	-0,75
P mg/100g sezonas beigās	0,64	0,60
K mg/100g sezonas beigās	-0,32	-0,32
pH <sub>KCl</sub> izmaiņas %	0,19	0,67
N izmaiņas %	0,17	0,09
P izmaiņas %	-0,58	-0,42
K izmaiņas %	-0,32	-0,11

Gan koksnes pelni, gan komposts satur fosforu, tas varētu būt viens no iemesliem, kāpēc substrāti, kurus pagatavoja, sajaucot abus komponentus, veicināja kārķu biomasas veidošanos. Somu zinātnieki vairāk kārtīgi pārliecinājušies, ka koksnes pelni ir viens no efektīvākajiem un lētākajiem augsnes kaļķošanas materiāliem, kas nezaudē iedarbību vairākus gadus pēc izkliešanas [Hytonen 1998], [Hytonen 2003], [Moilanen et al. 2004]. Pētījuma rezultāti liecina, ka koksnes pelnu un notekūdeņu dūņu komposta iestrādāšana skābās kūdras augsnes varētu būt labs risinājums šo atkritumvielu utilizācijai vienlaicīgi ražojot zaļo enerģiju un veicinot oglekļa uzkrāšanu augu biomasā.

## EKONOMISKIE IEGUVUMI

Notekūdeņu dūņu, to kompostu un koksnes pelnu izmantošanas ekonomiskais efekts novērtēts, izmantojot šī projekta ietvaros veikto meža ieaudzēšanas izmēģinājumu rezultātus. Šajā gadījumā izmantotas mazākas mēslojuma devas ( $10 \text{ t}_{\text{sausnas}}/\text{ha}$  notekūdeņu dūņu un aptuveni tikpat daudz koksnes pelnu).

Notekūdeņu dūņu, pelnu, dolomītmiltu, minerālmēslu un citu augsnes ielabošanas līdzekļu izmantošanas ekonomisko efektu veido, no vienas puses, izmaksas kultūru kopšanai, sastāva, krājas un galvenajai cirtei, un, no otras puses, ieņēmumi no apaļo sortimentu un enerģētiskās koksnes realizācijas. Šo efektu var novērtēt tikai ilgākā laika posmā.

Šī darba ietvaros noteiktas kopējās kultūru ierīkošanas izmaksas, neskaitot stādmateriālu, kā arī atsevišķi mēslojuma izkliedēšanas un iestrādes izmaksas (Tab. 18). Izmaksu aprēķinā ņemts vērā faktiskais laika patēriņš un projekta ietvaros pielietotie mēslojuma iestrādes paņēmieni. Piemēram, kūdras augsnēs visi mēslošanas līdzekļi izkliedēti virsmēslojumā, bet minerālaugsnē notekūdeņu dūņas iestrādātas augsnē, veicot vienlaidus aršanu un kultivēšanu.

Kultūru ierīkošanas izmaksas, neskaitot stādmateriālu, un, neizmantojot mēslojumu, minerālaugsnē varētu būt 112 Ls/ha, kamēr kūdras augsnē – 34 Ls/ha.

**Tab. 18 Nosacītās izmaksas plantāciju ierīkošanai atbilstoši vidējām 2007.g. tehnikas pakalpojumu cenām**

Plantāciju ierīkošana un kopšana	Kopā, Ls/ha	Mēslojums, Ls/ha	Mēslojums, %
Kontrole	34	-	0%
Kontrole, mēslots ar pelniem	95	46	49%
Mēslots ar dūņām un pelniem	308	259	84%
Mēslots ar dūņām	246	198	80%
Mēslots ar minerālmēsliem	185	151	82%
Mēslots ar minerālmēsliem un pelniem	198	164	83%

Lai novērtētu papildus ražošanas izmaksas, kas saistītas ar mēslojuma izmantošanu, kā arī iespējamus riskus, aprēķināta vidējā krāja 5-5a bonitātes (pesimistiskais scenārijs) un 1a bonitātes (optimistiskais scenārijs) mežaudzēs (Tab. 19). Aprēķinu vecums visām koku sugām pieņemts viens – 41-50 gadi. Kārķu plantācijās kopējā krāja aprēķināta 2 cirtmetiem (6-8 gadi), kas atbilst mēslojuma ienešanas intervālam. Pesimistiskajā scenārijā vidējais kārķu krājas pieaugums gadā pieņemts  $6 \text{ t}_{\text{sausnas}}/\text{ha}$ , optimistiskajā –  $12 \text{ t}_{\text{sausnas}}/\text{ha}$ .

**Tab. 19 Aprēķinos pieņemtā minimālā un maksimālā mežaudžu krāja [VMD, 2006], [Skogforsk/LVM2006]**

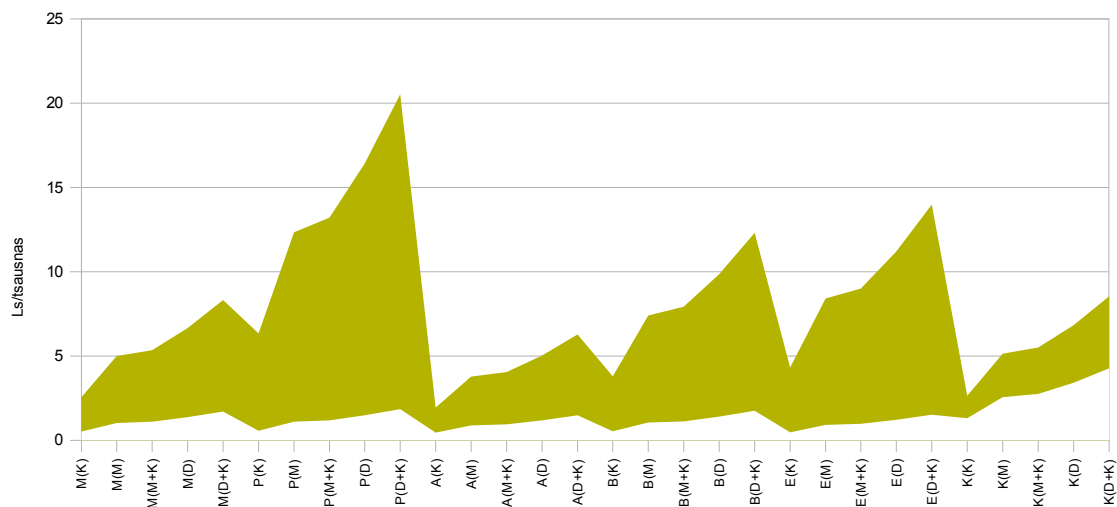
Variants	Krāja 5-5a bonitātes audzēs, m <sup>3</sup> /ha	Krāja 1a bonitātes audzēs, m <sup>3</sup> /ha	Mežizstrādes atliekas, % no sortimentiem
Bērzs – vidēji valstī 41-50 gadus vecās audzēs	39	268	38%
Alksnis – vidēji valstī 41-50 gadus vecās audzēs	57	275	38%
Egle – vidēji valstī 41-50 gadus vecās audzēs	33	299	43%
Priede – vidēji valstī 41-50 gadus vecās audzēs	25	287	20%
Apse - vidēji valstī 41-50 gadus vecās audzēs	75	317	38%

Mēslojuma ienešanas izmaksas, iegūstot 5a bonitātes mežaudzi patreizējās cenās, ir no 20,52 Ls/t<sub>sausnas</sub> priedei līdz (dūņas + dolomītmilti) līdz 1,94 Ls/t<sub>sausnas</sub> apsei (dolomītmilti). Optimistiskajā scenārijā mēslošanas izmaksas ir no 4,28 Ls/t<sub>sausnas</sub> kārklu plantācijās (dūņas + dolomītmilti) līdz 0,46 Ls/t<sub>sausnas</sub> apsei un eglei (dolomītmilti). Visos variantos, kur izmantotas notekūdeņu dūņas, izmaksas ir gandrīz 2 reizes lielākas nekā tajos, kur lietoti minerālmēsli (skat. Tab. 20).

**Tab. 20 Mēslošanas izmaksu aprēķins dažādas bonitātes mežaudzēs**

Sortimenti	Mērv.	Melnalksnis	Priede	Apse	Bērzs	Egle	Kārkli
<b>Pesimistiskais scenārijs</b>							
<b>Krāja</b>	<b>Bonitāte</b>	<b>5A</b>	<b>5A</b>	<b>5</b>	<b>5A</b>	<b>5A</b>	<b>-</b>
Stumbra koksne	m <sup>3</sup> cieš.	57	25	75	39	33	-
Zari un zaļenis	m <sup>3</sup> cieš.	22	5	29	15	14	90
Kopā	t <sub>sausnas</sub>	37	15	49	25	22	36
<b>Mēslošanas varianti</b>							
Dolomītmilti (K)	Ls/t <sub>sausnas</sub>	2,57	6,35	1,94	3,81	4,33	2,64
Minerālmēsli (M)	Ls/t <sub>sausnas</sub>	5,01	12,35	3,78	7,41	8,42	5,14
Minerālmēsli, dolomītmilti (M+K)	Ls/t <sub>sausnas</sub>	5,36	13,21	4,04	7,93	9,01	5,51
Dūņas (D)	Ls/t <sub>sausnas</sub>	6,66	16,43	5,03	9,86	11,2	6,84
Dūņas, dolomītmilti (D+K)	Ls/t <sub>sausnas</sub>	8,32	20,52	6,28	12,31	13,99	8,55
<b>Optimistiskais scenārijs</b>							
<b>Krāja</b>	<b>Bonitāte</b>	<b>1A</b>	<b>1A</b>	<b>1A</b>	<b>1A</b>	<b>1A</b>	<b>-</b>
Stumbra koksne	m <sup>3</sup> cieš.	275	287	317	268	299	
Zari un zaļenis	m <sup>3</sup> cieš.	105	57	120	102	129	180
Kopā	t <sub>sausnas</sub>	179	166	207	175	201	72
<b>Mēslošanas varianti</b>							
Dolomītmilti (K)	Ls/t <sub>sausnas</sub>	0,53	0,57	0,46	0,54	0,47	1,32
Minerālmēsli (M)	Ls/t <sub>sausnas</sub>	1,03	1,12	0,89	1,06	0,92	2,57
Minerālmēsli, dolomītmilti (M+K)	Ls/t <sub>sausnas</sub>	1,11	1,19	0,96	1,13	0,99	2,75
Dūņas (D)	Ls/t <sub>sausnas</sub>	1,38	1,48	1,19	1,41	1,23	3,42
Dūņas, dolomītmilti (D+K)	Ls/t <sub>sausnas</sub>	1,72	1,85	1,49	1,76	1,53	4,28

Att. 33 redzams mēslošanas izmaksu diapazons, pārrēķinot uz plānoto krāju, dažādiem variantiem. Procentuāli vismazākā atšķirība un, attiecīgi, zemākais riska līmenis, lietojot mēslojumu, ir kārklam, apsei un melnalksnim.



Att. 33 Mēslošanas izmaksu diapazons

Finanšu analīze liecina, ka līdzvērtīgas minerālmēsļu devas ienešana augsnē izmaksā līdz 2 reizes mazāk, nekā notekūdeņu dūņu iestrāde, savukārt mēslojuma izmaksu īpatsvars kokmateriālu pašizmaksā var būt būtisks, bet zemākas bonitātes audzēs – pat pārsniegt to patreizējo cenu. Tāpēc, pieņemot lēmumu par mēslojuma izmantošanu, vispirms jāveic augsnes un iespējamo risku izpēte, jānosaka optimālais mēslojuma veids, deva un iestrādes paņēmieni. Izmantojot notekūdeņu dūņas un koksnes pelnus, piemēram, kūdras augsnē, kur nav nepieciešams organiskais mēslojums, to ražotājam (ūdenssaimniecības un siltumapgādes patērētājiem) jāsedz transporta izmaksas un mēslojuma iestrādes izmaksu starpība<sup>10</sup>.

Lai objektīvi spriestu par notekūdeņu dūņu un koksnes pelnu izmantošanas ekonomisko efektu, jāveic ilglaicīgi pētījumi izstrādātās kūdras atradnēs un citās degradētās teritorijās, kur augstas bonitātes mežaudžu atjaunošana vai ieaudzēšana, neizmantojot mēslojumu, nav iespējama.

## IETEKMES UZ VIDI NOVĒRTĒJUMS

Izmantojot notekūdeņu dūņas, to kompostus un koksnes pelnus degradētu teritoriju rekultivācijai, augsnē tiek ienesti arī smagie metāli, kuru koncentrācija substrātā pēc mēslojuma ienešanas var būtiski pārsniegt vidējās smago metālu koncentrācijas Latvijas augsnēs. Ir svarīgi saprast, kas ar šiem metāliem notiek vēlāk – vai tie ieskalojas dziļākajos augsnes slāņos un nonāk gruntsūdeņos, vai tie iesaistās kompleksos organiskajos savienojumos un uz ilgu laiku tiek izslēgti no bioloģiskās aprites vai arī tiek uzņemti augu biomasā un enerģētiskās koksnes ražošanas gadījumā nonāk atpakaļ kurināmā sadedzināšanas iekārtās.

Šajā izmēģinājumā izmantotas notekūdeņu dūņu komposta un koksnes pelnu devas, kurām vajadzētu normalizēt substrāta pH un nodrošināt šajās platībās audzējamās enerģētiskās kultūras ar barības vielām un mikroelementiem.

Tā kā MK noteikumos Nr.362 nav noteiktas limitējošās vērtības dūņu un to komposta devas noteikšanai kūdras augsnēs, devu lielums izvēlēts nosacīti – tuvu maksimāli pieļaujamai I kvalitātes klases materiāla devai māla augsnēs (340 t<sub>sausnas</sub>/ha) un vidējai mēslojuma devai II kvalitātes klases materiālam (170 t<sub>sausnas</sub>/ha), jo iepriekš veiktās analīzes rādīja, ka SIA “Conti Chemical Company” saražotais Rīgas pilsētas notekūdeņu dūņu komposts parasti atbilst II vai

<sup>10</sup> Izmaksu starpība, iestrādājot līdzvērtīgu pelnu, notekūdeņu dūņu un minerālmēsļu devu.

III kvalitātes klasei. Izmēģinājuma ietvaros veiktās analīzes parādīja, ka komposts pēc vairākiem parametriem (kadmijs, hroms, varš) atbilst IV kvalitātes klasei.

Pelnu deva noteikta atbilstoši maksimāli pieļaujamajai devai (20 t<sub>sausnas</sub>/ha) un pusei no maksimāli pieļaujamās devas. Pārreķinot uz pelnu daudzumu, kas rodas sadedzinot enerģētisko kultūru plantācijās izaudzēto koksni, eksperimentā izmantotais pelnu apjoms atbilst 25 un 50 gados izaudzējamās enerģētiskās koksnes apjomam vidējos augšanas apstākļos un 12 līdz 25 gados izaudzējamās enerģētiskās koksnes apjomam labos augšanas apstākļos. Attiecīgi, pelnu atkārtota ienešana, atkarībā no sākotnējās smago metālu devas un izaudzētās krājas, pieļaujama pēc 12-50 gadiem.

Barības vielu krāja substrātā pēc izejvielu sajaukšanas aprēķināta matemātiski un noteikta empīriski, veicot sajauktā substrāta analīzes. Aprēķinu ceļā iegūtie rezultāti (Tab. 21 un Tab. 22) liecina, ka visiem substrātiem, kur komposts sajaukts tilpuma attiecībā 1:1 ar kūdru, neatkarīgi no tā, vai ir vai nav pievienoti koksnes pelni, jāatbilst C kategorijas augsnes piesārņojuma pakāpei māla augsnēs [MK Noteikumi Nr.804]. Kūdras augsnēm šādi piesārņojuma kritēriji nav noteikti. Pelnu piedevai teorētiski nevajadzēja atstāt būtisku ietekmi uz substrāta kvalitāti (Tab. 23).

Tab. 21 Smago metālu pārrēķins uz 1 kg substrāta sausnas

Materiāli	Mērv.	Kūdra	Kūdra + komposts		Kūdra + komposts + pelni			
			1:1	4:1	1:1+20 t/ha	4:1+20 t/ha	1:1+10 t/ha	4:1+10 t/ha
Kadmijs (Cd)	mg	0,0	11,8	4,0	14,6	5,8	13,2	4,9
Hroms (Cr)	mg	0,4	668,8	228,0	706,8	248,5	687,7	238,2
Varš (Cu)	mg	0,3	775,1	264,1	840,3	302,5	807,4	283,0
Dzīvsudrabs (Hg)	mg	0,0	3,6	1,2	3,9	1,4	3,7	1,3
Niķelis (Ni)	mg	0,0	139,7	47,5	151,3	54,4	145,4	50,9
Svins (Pb)	mg	1,0	148,7	51,6	177,8	70,5	163,0	60,8
Cinks (Zn)	mg	1,8	853,4	292,2	1411,9	672,7	1127,0	476,8

Tab. 22 Barības vielu un smago metālu pārrēķins uz 1 l substrāta

Materiāli	Mērv.	Kūdra	Kūdra + komposts		Kūdra + komposts + pelni			
			1:1	4:1	1:1+20 t/ha	4:1+20 t/ha	1:1+10 t/ha	4:1+10 t/ha
Kadmijs (Cd)	mg	0,0	1,6	0,8	1,9	1,1	1,7	0,9
Hroms (Cr)	mg	0,2	89,5	44,8	90,5	45,8	90,0	45,3
Varš (Cu)	mg	0,1	103,8	51,9	107,6	55,7	105,7	53,8
Dzīvsudrabs (Hg)	mg	0,0	0,5	0,2	0,5	0,3	0,5	0,3
Niķelis (Ni)	mg	0,0	18,7	9,4	19,4	10,0	19,0	9,7
Svins (Pb)	mg	0,4	19,9	10,1	22,8	13,0	21,3	11,6
Cinks (Zn)	mg	0,7	114,2	57,5	180,7	124,0	147,5	90,7

Tab. 23 Teorētiskā substrāta atbilstība augsnes kvalitātes standartiem<sup>11</sup>

Materiāli	Kūdra	Kūdra + komposts		Kūdra + komposts + pelni			
		1:1	4:1	1:1+20 t/ha	4:1+20 t/ha	1:1+10 t/ha	4:1+10 t/ha
Kadmījs (Cd)	A	C	B	C	B	C	B
Hroms (Cr)	A	C	B	C	B	C	B
Varš (Cu)	A	C	C	C	C	C	C
Dzīvsudrabs (Hg)	A	B	A	B	A	B	A
Niķelis (Ni)	A	B	A	B	A	B	A
Svins (Pb)	A	A	A	A	A	A	A
Cinks (Zn)	A	C	A	C	B	C	B

Empīriski noteiktā smago metālu koncentrācija substrātā, uzsākot izmēģinājumu (Tab. 24), liecina, ka faktiskā smago metālu koncentrācija būtiski atšķiras no aprēķinu ceļā noteiktās (Tab. 25). Piemēram, aprēķinātā hroma koncentrācija substrātā, kur tilpuma attiecībā 1:4 sajaukts komposts un kūdra un pievienota pelnu deva, kas atbilst 20 t/ha, pārsniedza faktisko 25 reizes. Šajā pašā substrātā aprēķinātā dzīvsudraba un svina koncentrācija pārsniedza faktisko 10 reizes, vara – 11 reizes, bet niķeļa – 13 reizes. Tajā pat laikā substrātā ar kūdras pret kompostu attiecību 4:1 bez pelnu piedevas aprēķinātā smago metālu koncentrācija būtiski neatšķīrās no faktiskās, izņemot cinku, kas aprēķinos iznāca 6 reizes vairāk, nekā faktiski. Īpatnēji, ka substrātā, kurā dota maksimālā komposta un pelnu deva, cinka koncentrācija atbilst teorētiski aprēķinātajai. Visu smago metālu koncentrācijai, uzsākot izmēģinājumu, konstatēta izteikta pozitīva lineāra korelācija ar komposta devu, bet nevienam smagajam metālam nav konstatēta izteikta lineāra korelācija ar pelnu devu.

Konstatētā aprēķināto un faktisko smago metālu koncentrāciju neatbilstība skaidrojama ar neviendabīgo substrāta sastāvu – ne komposts, ne koksnes pelni nebija izsijāti, ar rupjiem piemaisījumiem, attiecīgi, pat neliela dūņu gabaliņa iejaukšana substrātā būtiski izmaina smago metālu koncentrāciju. Tādu pat efektu var atstāt lielāka vieglās pelnu frakcijas īpatsvara palielināšana. Izmantojot dūņas vai to kompostus un pelnus degradētu teritoriju rekultivācijai, abi materiāli rūpīgi jāsauc pirms iestrādes augsnē, bet materiāla kvalitāte jānosaka tieši pirms izmantošanas. Nekādā gadījumā nav izmantojams materiāls, kas vienkārši sabērts kopā un nav sajaukts. Dūņu un pelnu sajaukšanai Latvijas apstākļos visvienkāršāk izmantot vējrindu kompostēšanas tehnoloģiju. Pelnus ieteicams pievienot jau kompostēšanas sākuma fāzē, aizstājot daļu no pildvielām.

Lielās platībās substrāta sastāva neviendabīgums izlīdzināsies, tomēr, lai mazinātu lokālu smago metālu koncentrācijas pieaugumu vietās, kur nonāk rupjāki mēslošanas materiāla gabali ar augstu smago metālu koncentrāciju, mēslošanas materiālu pirms izmantošanas ieteicams sijāt, bet materiāla sajaukšanai ar augsni jāizmanto augsnes mulčētājus, kas nodrošina labu sajaukšanās pakāpi.

Tab. 24 Faktiskā smago metālu koncentrācija, uzsākot eksperimentu

Materiāli	Mērv.	Kūdra	Kūdra + komposts		Kūdra + komposts + pelni			
			1:1	4:1	1:1+20 t/ha	4:1+20 t/ha	1:1+10 t/ha	4:1+10 t/ha
Cinks (Zn)	mg/kg	9	840	640	690	110	610	480

<sup>11</sup> Māla augsnēs, atbilstoši Noteikumiem par augsnes un grunts kvalitātes normatīviem, Ministru kabineta noteikumi Nr.804, publicēti: "Latvijas Vēstnesis" 172 (3330) 28.10.2005.



Materiāli	Mērv.	Kūdra	Kūdra + komposts		Kūdra + komposts + pelni			
			1:1	4:1	1:1+20 t/ha	4:1+20 t/ha	1:1+10 t/ha	4:1+10 t/ha
Dzīvsudrabs (Hg)	mg/kg	0	1,7	1,1	1,2	0,14	0,85	0,49
Hroms (Cr)	mg/kg	2	240	190	210	10	170	110
Kadmījs (Cd)	mg/kg	0	7	5,5	5,4	0	4,6	3,1
Mangāns (Mn)	mg/kg	11	270	170	440	290	370	320
Niķelis (Ni)	mg/kg	0	47	33	35	4	33	23
Svins (Pb)	mg/kg	5	69	48	62	7	62	43
Varš (Cu)	mg/kg	1,7	220	160	180	27	150	110

Tab. 25 Teorētiskais aprēķins, attiecībā pret empīrisko substrāta sastāva rezultātu, uzsākot izmēģinājumu

Materiāli	Kūdra	Kūdra + komposts		Kūdra + komposts + pelni			
		1:1	4:1	1:1+20 t/ha	4:1+20 t/ha	1:1+10 t/ha	4:1+10 t/ha
Cinks (Zn)	20%	102%	46%	205%	612%	185%	99%
Dzīvsudrabs (Hg)	100%	209%	110%	328%	1033%	441%	271%
Hroms (Cr)	20%	279%	120%	337%	2485%	405%	217%
Kadmījs (Cd)	100%	169%	73%	270%	100%	286%	158%
Mangāns (Mn)	20%	11%	7%	7%	5%	8%	4%
Niķelis (Ni)	100%	297%	144%	432%	1359%	441%	221%
Svins (Pb)	20%	216%	107%	287%	1007%	263%	141%
Varš (Cu)	20%	352%	165%	467%	1120%	538%	257%

Ekspērimētā sagatavotais substrāts pēc dzīvsudraba, niķeļa un svina koncentrācijas atbilst A piesārņojuma kategorijai māla augsnēs, pēc hroma, kadmiņa un cinka koncentrācijas – B piesārņojuma kategorijai, bet pēc vara koncentrācijas – C piesārņojuma kategorijai (Tab. 26). Īpatnēji, ka substrātā, kurā izmantota maksimālā pelnu un komposta deva, visi smagie metāli atbilst A piesārņojuma kategorijai. Šis fakts vēlreiz apliecina izmantoto materiālu (komposta un pelnu) neviendabīgumu.

Tab. 26 Faktiskā substrāta atbilstība augsnes kvalitātes standartiem, uzsākot izmēģinājumu

Materiāli	Kūdra	Kūdra + komposts		Kūdra + komposts + pelni			
		1:1	4:1	1:1+20 t/ha	4:1+20 t/ha	1:1+10 t/ha	4:1+10 t/ha
Cinks (Zn)	A	C	B	B	A	B	B
Dzīvsudrabs (Hg)	A	A	A	A	A	A	A
Hroms (Cr)	A	B	B	B	A	A	A
Kadmījs (Cd)	A	B	B	B	A	B	A
Niķelis (Ni)	A	A	A	A	A	A	A
Svins (Pb)	A	A	A	A	A	A	A
Varš (Cu)	A	C	C	C	A	B	B

Pēc eksperimenta likvidēšanas substrāts, kurā audzēts miežabrālis un kārkļu spraudēni, analizēts atsevišķi (Tab. 27). Smago metālu koncentrācija substrātos ar pelnu un komposta piedevām nedaudz samazinājās vai saglabājās esošajā stāvoklī, izņemot kārkļu stādījumu ar maksimālo komposta un pelnu devu, kur smago metālu koncentrācija pieaugusi par 7 līdz 24%, kas saistīts ar organiskās vielas mineralizāciju un pelnvielu satura palielināšanos šajā substrātā. Šī paša iemesla dēļ smago metālu koncentrācija palielinājusies līdz 3 reizes arī kontroles variantā (Tab. 28). Kopumā smago metālu koncentrācijas pieaugums bijis nedaudz izteiktāks kārkļu stādījumos. Tab. 28 redzamais krasais svina koncentrācijas pieaugums kārkļu stādījumā substrātā (kūdra pret kompostu 4:1) ar 10 t/ha pelnu piedevu visticamāk saistīts stipri piesārņota materiāla nokļūšanu paraugā. Tas nozīmē, ka pat vairākkārtīga materiāla pārjaukšana var nenodrošināt vienmērīgu stipri piesārņoto materiālu izkliedēšanos substrāta masā.

Tab. 27 Faktiskā smago metālu koncentrācija pēc eksperimenta likvidēšanas

Materiāli	Mērv.	Kūdra	Kūdra + komposts		Kūdra + komposts + pelni			
			1:1	4:1	1:1+20 t/ha	4:1+20 t/ha	1:1+10 t/ha	4:1+10 t/ha
Miežabrālis								
Cinks (Zn)	mg/kg	16	850	330	550	110	420	290
Dzīvsudrabs (Hg)	mg/kg	0,08	1,7	0,54	0,71	0,09	0,71	0,45
Hroms (Cr)	mg/kg	6	260	160	160	10	120	90
Kadmījs (Cd)	mg/kg	0	6,8	2,7	3,7	0	3	1,9
Mangāns (Mn)	mg/kg	28	260	120	480	370	300	280
Niķelis (Ni)	mg/kg	2	45	22	28	4	20	16
Svins (Pb)	mg/kg	7	87	35	55	5	55	31
Varš (Cu)	mg/kg	7	220	110	130	28	100	72
Kārkļu plantācija								
Cinks (Zn)	mg/kg	7	860	510	640	120	450	450
Dzīvsudrabs (Hg)	mg/kg	0	1,7	1	1	0,14	1	0,68
Hroms (Cr)	mg/kg	2	260	170	160	12	130	70
Kadmījs (Cd)	mg/kg	0	7,1	4,5	4,8	0	3,2	2,8
Mangāns (Mn)	mg/kg	18	260	140	380	360	340	340
Niķelis (Ni)	mg/kg	0	46	27	32	4	30	22
Svins (Pb)	mg/kg	4	69	38	54	8	47	1200
Varš (Cu)	mg/kg	2,2	220	140	150	29	120	110

Tab. 28 Izmaiņas smago metālu koncentrācijā pēc eksperimenta likvidēšanas, salīdzinot ar sākotnējo stāvokli

Materiāli	Kūdra	Kūdra + komposts		Kūdra + komposts + pelni			
		1:1	4:1	1:1+20 t/ha	4:1+20 t/ha	1:1+10 t/ha	4:1+10 t/ha
Miežabrālis							
Cinks (Zn)	178%	101%	52%	80%	100%	69%	60%
Dzīvsudrabs (Hg)		100%	49%	59%	64%	84%	92%
Hroms (Cr)	300%	108%	84%	76%	100%	71%	82%

Materiāli	Kūdra	Kūdra + komposts		Kūdra + komposts + pelni			
		1:1	4:1	1:1+20 t/ha	4:1+20 t/ha	1:1+10 t/ha	4:1+10 t/ha
Kadmijs (Cd)		97%	49%	69%		65%	61%
Mangāns (Mn)	255%	96%	71%	109%	128%	81%	88%
Niķelis (Ni)		96%	67%	80%	100%	61%	70%
Svins (Pb)	140%	126%	73%	89%	71%	89%	72%
Varš (Cu)	412%	100%	69%	72%	104%	67%	65%
Kārķu plantācija							
Cinks (Zn)	78%	102%	80%	93%	109%	74%	94%
Dzīvsudrabs (Hg)		100%	91%	83%	100%	118%	139%
Hroms (Cr)	100%	108%	89%	76%	120%	76%	64%
Kadmijs (Cd)		101%	82%	89%		70%	90%
Mangāns (Mn)	164%	96%	82%	86%	124%	92%	106%
Niķelis (Ni)		98%	82%	91%	100%	91%	96%
Svins (Pb)	80%	100%	79%	87%	114%	76%	2791%
Varš (Cu)	129%	100%	88%	83%	107%	80%	100%

Vērtējot substrāta atbilstību dažādām augsnes piesārņojuma pakāpēm Tab. 29, redzams būtiskas atšķirības starp kārķu stādījumu un miežabrāļa sējumu nepastāv. Lielākā daļa smago metālu substrātā atbilst A vai B piesārņojuma kategorijai māla augsnēs. Izņēmums ir cinks un varš substrātā, kur vienādās daļās sajaukta kūdra un komposts, kā arī svins kārķu substrātā, kur 4 daļām kūdras un 1 daļai komposta pievienots pelnu daudzums, kas atbilst 10 t/ha.

Visvairāk substrāta kvalitāti ietekmējusi vara un cinka koncentrācijas samazināšanās, kas sākotnēji vairākos variantos pārsniedza C kategorijai noteiktos ierobežojumus.

Tab. 29 Faktiskā substrāta atbilstība augsnes kvalitātes standartiem, noslēdzot izmēģinājumu

Materiāli	Kūdra	Kūdra + komposts		Kūdra + komposts + pelni			
		1:1	4:1	1:1+20 t/ha	4:1+20 t/ha	1:1+10 t/ha	4:1+10 t/ha
Miežabrālis							
Cinks (Zn)	A	C	A	B	A	B	A
Dzīvsudrabs (Hg)	A	A	A	A	A	A	A
Hroms (Cr)	A	B	A	A	A	A	A
Kadmijs (Cd)	A	B	A	A	A	A	A
Niķelis (Ni)	A	A	A	A	A	A	A
Svins (Pb)	A	A	A	A	A	A	A
Varš (Cu)	A	C	B	B	A	B	B
Kārķu plantācija							
Cinks (Zn)	A	C	B	B	A	B	B

Materiāli	Kūdra	Kūdra + komposts		Kūdra + komposts + pelni			
		1:1	4:1	1:1+20 t/ha	4:1+20 t/ha	1:1+10 t/ha	4:1+10 t/ha
Dzīvsudrabs (Hg)	A	A	A	A	A	A	A
Hroms (Cr)	A	B	A	A	A	A	A
Kadmījs (Cd)	A	B	B	B	A	A	A
Niķelis (Ni)	A	A	A	A	A	A	A
Svins (Pb)	A	A	A	A	A	A	C
Varš (Cu)	A	C	B	B	A	B	B

Gandrīz visu smago metālu koncentrācija kārkļu substrātā pēc eksperimenta noslēgšanas ir lielāka, nekā miežabrāļa substrātā (Tab. 30). Tas var liecināt par intensīvāku smago metālu izskalošanos no miežabrāļa substrāta, kā arī par intensīvāku organiskās vielas mineralizāciju, kas sekmē smago metālu uzkrāšanos mazākā substrāta masā. Šī izmēģinājuma rezultāti liecina, ka kārkļu audzēšana rekultivējamās kūdras atradnēs saistīta ar nedaudz mazāku smago metālu izskalošanās risku, tomēr vispārinošu secinājumu izdarīšanai jāierīko plašāki lauka izmēģinājumi. Lietderīgi veikt arī citu, kūdras augsnēm vairāk piemērotu kokaugu audzēšanas izmēģinājumus rekultivējamās platībās.

Tab. 30 Smago metālu koncentrācijas kārkļu stādījumā, salīdzinot ar miežabrāļa sējumu pēc eksperimenta likvidēšanas

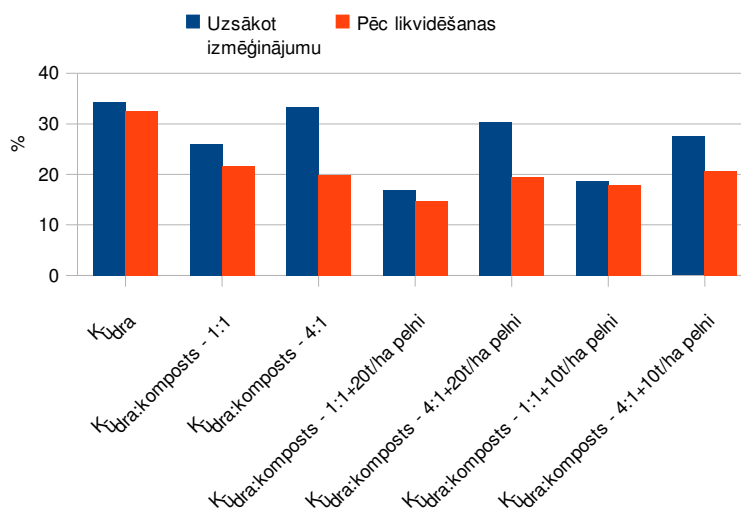
Materiāli	Kūdra	Kūdra + komposts		Kūdra + komposts + pelni			
		1:1	4:1	1:1+20 t/ha	4:1+20 t/ha	1:1+10 t/ha	4:1+10 t/ha
Cinks (Zn)	44%	101%	155%	116%	109%	107%	155%
Dzīvsudrabs (Hg)		100%	185%	141%	156%	141%	151%
Hroms (Cr)	33%	100%	106%	100%	120%	108%	78%
Kadmījs (Cd)		104%	167%	130%		107%	147%
Mangāns (Mn)	64%	100%	117%	79%	97%	113%	121%
Niķelis (Ni)		102%	123%	114%	100%	150%	138%
Svins (Pb)	57%	79%	109%	98%	160%	85%	3871%
Varš (Cu)	31%	100%	127%	115%	104%	120%	153%

Viens no faktoriem, kas visvairāk ietekmēja smago metālu koncentrācijas izmaiņas substrātā ir organiskās vielas mineralizācija. Organiskās vielas daudzums dažādos variantos samazinājies par 4 līdz 40%, salīdzinot ar sākotnējo stāvokli (Att. 34 un Tab. 31). Pat tirā kūdrā organiskās vielas daudzums samazinājies par 5%, kas skaidrojams ar veģetācijas eksperimentā radītajiem labvēlīgajiem apstākļiem mikroorganismu darbībai – optimāls mitrums un pastāvīga substrāta aerācija. Visstraujāk organiskā viela mineralizējusies substrātā, kuram pievienota 1/4 daļa komposta (organisko vielu beigās par 40% mazāk, nekā sākumā). Pelnu pievienošana nedaudz aizkavējusi organisko vielu mineralizāciju, attiecīgi, variantā ar 10 t/ha pelnu, eksperimenta beigās substrātā ir par 36% mazāk organisko vielu, bet variantā ar 20 t/ha pelnu – par 25% mazāk.

Dabiskos apstākļos substrāta mineralizācija notiek lēnāk, par ko liecina iepriekšējos gados

veiktie rekultivējamo kūdras atradņu mēslošanas izmēģinājumi [Lazdiņš, 2007]. Šajos izmēģinājumos, pielietojot 10 t<sub>sausnas</sub>/ha notekūdeņu dūņu, organiskās vielas saturs augsnes virskārtā gada laikā samazinājās par 10-12%.

Att. 34 Oglekļa koncentrācija substrātā, uzsākot izmēģinājumu un pēc tā likvidēšanas



Viens no izskaidrojumiem straujākai organiskās vielas mineralizācijai variantos ar 1/4 daļu komposta ir optimālākas C/N attiecības veidošanās šajos substrātos – no 14:1 līdz 18:1 (Tab. 31).

Salīdzinot organiskās vielas daudzuma izmaiņas un atsevišķu smago metālu koncentrāciju substrātā pēc eksperimenta likvidēšanas, konstatēta pozitīva lineāra korelācija ar vara un dzīvsudraba koncentrācijas izmaiņām miežabrāļa izmēģinājumos, tas ir, jo intensīvāk sadalās organiskā viela, jo vairāk pieaug attiecīgo smago metālu koncentrācija substrātā. Kārķu stādījumos būtiska korelācija starp smago metālu koncentrāciju un organisko vielu mineralizāciju nav konstatēta.

Tab. 31 Oglekļa un slāpekļa koncentrācija substrātā

Materiāli	Kūdra	Kūdra + komposts		Kūdra + komposts + pelni			
		1:1	4:1	1:1+20 t/ha	4:1+20 t/ha	1:1+10 t/ha	4:1+10 t/ha
Oglekļa koncentrācija substrātā							
Uzsākot izmēģinājumu	34,28	26,04	33,25	16,84	30,35	18,61	27,49
Pēc likvidēšanas	32,54	21,69	19,87	14,81	19,57	17,81	20,71
Oglekļa koncentrācijas samazinājums projekta gaitā							
Oglekļa koncentrācija	95%	83%	60%	88%	64%	96%	75%
Oglekļa / slāpekļa attiecība, uzsākot izmēģinājumu							
C/N	50	7	18	4	15	5	14

## MĒSLOJUMA DEVAS APRĒĶINU MODELIS

Koksnes pelnu un notekūdeņu dūņu mēslojuma devas aprēķinu modelis balstīts uz notekūdeņu dūņu un to kompostu izmantošanas normatīviem degradēto platību rekultivācijai [MK noteikumi

Nr.362]. Maksimāli pieļaujamā smago metālu deva aprēķināta, izejot no šo noteikumu 9.pielikumā "Smago metālu masas koncentrācijas limits augsnes mēslošanai un rekultivācijai vai apglabāšanai sadzīves atkritumu poligonos un izgāztuvēs paredzētajās notekūdeņu dūņās un to kompostā" un 12.pielikumā "Notekūdeņu dūņu un to komposta sausas devas limits degradēto platību rekultivācijai (t/ha)" noteiktajām prasībām. Maksimālā mēslojuma deva smilšmāla un māla augsnēs pielīdzināta maksimālajai devai kūdras augsnēs.

Modelis sagatavots izklājlapas veidā (Att. 35), kurā lietotājam jāievada notekūdeņu dūņu un pelnu kvalitātes rādītāji – relatīvais mitrums, tilpummasa un smago metālu koncentrācija, jāizvēlas mēslošanas līdzeklis, pēc kura veikt aprēķinu, un jāieraksta vēlamā mēslojuma deva. Ja izvēlēta deva pārsniedz maksimāli pieļaujamo, modelis parādīs attiecīgu paziņojumu. Ja izvēlēta mēslojuma deva nepārsniedz maksimāli pieļaujamo, notiek otra mēslošanas līdzekļa devas aprēķins, lai summārā smago metālu koncentrācija nepārsniegtu maksimāli pieļaujamo. Ja otra mēslošanas līdzekļa aprēķinātais daudzums ir mazāks par 1 t<sub>sausnas</sub>/ha, modelis parāda paziņojumu par to, ka mēslojums nav izmantojams, jo atsevišķa šāda mēslojuma daudzuma iestrāde nebūtu lietderīga.

Noslēgumā modelis pārrēķina abu mēslošanas līdzekļu devas sausnai, dabiski mitram materiālam un tilpuma mērvienībās.

Ievades laukos dotie mēslošanas līdzekļu kvalitātes parametri un devas izmantoti kā piemēri un nav izmantojami citu aprēķinu veikšanai.

Att. 35 Aprēķinu modeļa izklājlapa

	A	B	C	D	E
13	Svins (Pb)	mg/kg	300	500	
14	Cinks (Zn)	mg/kg	7 000	2 500	
15					
16					
17	<b>Maksimāli pieļaujamā deva</b>				
18	Mēslošanas līdzeklis	Devas, t <sub>sausnas</sub> /ha			
19	Koksnes pelni	30			
20	Notekūdeņu dūņas	90			
21					
22	<b>Aprēķināt maksimāli pieļaujamo devu pēc</b>				
23	Notekūdeņu dūņu devas				
24					
25	<b>Izvēlēta mēslojuma deva</b>				
26	Mēslošanas līdzeklis	Notekūdeņu dūņas			
27	Devas, t <sub>sausnas</sub> /ha	60			
28					
29	<b>Maksimāli pieļaujamā deva otram mēslošanas līdzeklim</b>				
30	Mēslošanas līdzeklis	Koksnes pelni			
31	Maksimāli pieļaujamo deva, t <sub>sausnas</sub> /ha	10			
32					
33	<b>Mēslošanas līdzekļu pārrēķins</b>				
34	Mēslošanas līdzeklis	Koksnes pelni	Notekūdeņu dūņas		
35	t <sub>sausnas</sub> /ha	10	60		
36	t <sub>notekūdeņu dūņu</sub> /ha	11	108		
37	m <sup>3</sup> /ha	33	61		

---

# SECINĀJUMI UN REKOMENDĀCIJAS

---

1. Komposta un pelnu piedeva viennozīmīgi uzlabojusi substrāta sastāvu un veicinājusi abu enerģētisko kultūru augšanu. Kārklu attīstībai optimālu substrāta pH var panākt, lietojot pelnu devu 10 t/ha (substrāta  $pH_{KCl}$  6,5-7,0). Miežabrāļa optimālai augšanai papildus kaļķošanas materiāls nav nepieciešams.
2. Pelnu piedeva izteikti veicinājusi kārklu sakņu attīstību. Vislielākā kārklu sakņu masa veidojās spraudņiem, kas bija stādīti kūdras – komposta maisījumā attiecībās 4:1 ar maksimālo pelnu piedevu. Sakņu biomasas atšķirības dažādos substrātos bija daudz būtiskākas, nekā dzinumu masas atšķirības. Produktīvākajiem variantiem sakņu masa 4-7 reizes lielāka nekā kontrolei.
3. Komposta pievienošana substrātam izteikti veicinājusi miežabrāļa virszemes daļu un sakņu attīstību – gan dzinumu skaits, gan viena dzinuma, gan sakņu biomasa ir lielāka variantos ar komposta piedevu. Pelnu pievienošana substrātam samazinājusi dzinumu skaitu un to masu, kaut gan visos mēslojuma variantos, tajā skaitā ar pelnu piedevu, miežabrāļa virszemes biomasa ir vairākas reizes lielāka, nekā kontroles variantā. Tas liecina, ka audzējot miežabrāli, substrāta pH nav izšķiroša nozīme un papildus kaļķošanas materiāls kūdras augsnēs nav nepieciešams.
4. Substrāta pH veģetācijas perioda laikā būtiski nemainās, kas saistīts ar komposta un citu substrāta komponentu buferējošām īpašībām. Tas nozīmē, ka neveidojas skāba vide, kurā intensīvāk izskalojas smagie metāli.
5. Izmēģinājumu gaitā noskaidrots, ka jau pirmās veģetācijas sezonas laikā augiem pieejamā kālija daudzums izskalošanās rezultātā strauji samazinās, sasniedzot līmeni, kāds tas ir nemēslojotā kūdras substrātā. Daļa kālija ir saistīta kompleksos organiskos savienojumos un atbrīvojas pakāpeniski, nodrošinot barības vielu rezerves augiem, tomēr iegūtie rezultāti liecina, ka intensīvi kultivētās energokultūrās būs nepieciešamas regulāras kālija mēslojuma piedevas. Pārējiem makroelementiem (slāpeklis un fosfors) tik izteikti augiem pieejamo rezervju samazināšanās nav raksturīga.
6. Kārklu audzēšana teritorijās ar skābām kūdras augsnēm ir iespējama tikai pēc platību rekultivācijas un augsnes ielabošanas, iestrādājot organiskas vai neorganiskas izcelsmes mēslojumu, kas satur kaļķošanas materiālu, kā arī fosforu un kāliju, jo šie elementi nepieciešami gan virszemes, gan pazemes biomasas veidošanai. Miežabrāļa sējumos konstatēta mazāk izteiktas augu biomasas un substrāta īpašību kopsakarības, kas liecina par to, ka šī kultūra ir mazāk prasīga pret augsnes īpašībām.
7. Līdzvērtīgas minerālmēslu devas ienešana augsnē izmaksā līdz 2 reizes mazāk, nekā notekūdeņu dūņu vai to kompostu un koksnes pelnu iestrāde, savukārt mēslojuma izmaksu īpatsvars kokmateriālu pašizmaksā var būt būtisks, bet zemākas bonitātes audzēs – pat pārsniegt to patreizējo cenu. Tāpēc, pieņemot lēmumu par mēslojuma kūdras atradņu rekultivācijai, vispirms jāveic augsnes un iespējamo risku izpēte, jānosaka optimālais mēslojuma veids, deva un iestrādes paņēmieni. Izmantojot notekūdeņu dūņas un koksnes pelnus, piemēram, kūdras augsnē, kur nav nepieciešams organiskais mēslojums, to ražotājam (ūdenssaimniecības un siltumapgādes patērētājiem) jāsedz transporta izmaksas un mēslojuma iestrādes izmaksu starpība.
8. Pētījuma ietvaros nav konstatēta intensīva smago metālu izskalošanās no substrāta pirmajā veģetācijas periodā. Neskatoties uz intensīvu organisko vielu mineralizēšanos, smago metālu

---

koncentrācija substrātā nesamazinās vai pat palielinās (pateicoties organiskās vielas apjoma samazinājumam). Pelnu piedeva palēnina organiskās vielas mineralizēšanās procesu.

9. Eksperimentā izmantotais substrāts ir nevienmērīgs, tāpēc substrāta kvalitātes rādītāji maksimāli pieļaujamās devas aprēķināšanai nosakāmi pēc tā komponentu sajaukšanas. Substrāta komponentu sajaukšanai izmantojama vaļēju vējrindu kompostēšanas tehnoloģija, tomēr nepieciešami papildus pētījumi par pelnu pievienošanas ietekmi uz kompostēšanas procesu un komposta higiēniskajām īpašībām.
10. Pētījuma ietvaros izstrādātais mēslojuma devas aprēķinu modelis ļauj aprēķināt maksimāli pieļaujamo 2 komponentu mēslojuma devu māla un tam pielīdzināto kūdras augšņu rekultivācijai, balstoties uz smago metālu maksimālās slodzes aprēķinu degradētu teritoriju un karjeru rekultivācijai ar notekūdeņu dūņām un to kompostiem. Provizoriskie rezultāti liecina, ka vairumā gadījumu pelnu devu limitējošais elements būs kadmījs, it īpaši ja pelnos ir liels vieglās frakcijas īpatsvars.
11. Koksnes pelnu un notekūdeņu dūņu komposta iestrādāšana skābās kūdras augsnēs ir labs un ilglaicīgs risinājums šo atkritumvielu utilizācijai, vienlaicīgi ražojot zaļo enerģiju un veicinot oglekļa uzkrāšanu augu biomasā. Pielietojot šī pētījuma rezultātus praksē, jārisina gruntsūdeņu līmeņa regulēšanas problēma, lai novērstu smago metālu ieskalos virszemes ūdenskrātuvēs un gruntsūdeņos.



---

# LITERATŪRA

---

1. Anon, 1995: Anon, Biosolid Composting, Special publication, 1995
2. Anon, 1993: Anon, Compost Products Declaration and Control of Environmental and Quality Parameters, 1993
3. Anon, 1992: Anon, Report of the Composting Working Group No. 67 (Kompostityöryhmän mietintö no. 67), 1992
4. Carpenter & Beecher, 1997: Carpenter A., Beecher N., Wood ash finds niche in biosolids composting, 1997
5. Emilsson, 2006: Emilsson S., From Extraction of Forest Fuels to Ash Recycling, 2006
6. Fang et al., 1999: Fang M., Wong J.W.C., Ma K.K., Wong M.H., Co-composting of sewage sludge and coal fly ash: nutrient transformations, 1999
7. Goldstein, 1997: Goldstein J., Industrial waste as fertilizer: What's wrong? What's right?, 1997
8. Hytonen 2003: Hytonen J., Effects of Wood, Peat and Coal Ash Fertilization on Scots Pine Foliar Nutrient Concentrations and Growth on Afforested Former Agricultural Peat Soils, 2003
9. Hytonen 1998: Hytonen J., Effect of Peat Ash Fertilization on the Nutrient Status and Biomass Production of Short-rotation Willow on Cut-away Peat Land Area, 1998
10. ISO 11047: ISO, Soil Quality – Determination of cadmium, chromium, cobalt, copper, lead, manganese nickel and zinc. Flame and electrothermal atomic absorption spectrometric methods, 1998
11. ISO 11466: ISO, Soil Quality – Extraction of trace elements soluble in aqua regia, 1995
12. SO 11261: ISO, Determination of total nitrogen – Modified Kjeldahl method, 1995
13. ISO 10390: ISO, Soil Quality – Determination of pH, 1994
14. ISO 11464: ISO, Soil Quality – Pretreatment of samples for physico-chemical analysis, 1994
15. ISO 11465: ISO, determination of dry matter and water content on a mass basis – Gravimetric method, 1993
16. Lazdiņš 2007: Lazdiņš A., Izstrādāto kūdras purvu apmežošanas zinātniskais pamatojums ar dažādu koku un krūmu sugām, 2007
17. Lazdiņš, 2007: Lazdiņš A., Lazdiņa D., Izstrādāto kūdras purvu apmežošanas zinātniskais pamatojums ar dažādu koku un krūmu sugām, 2007
18. MK Noteikumi Nr.804: LR Ministru Kabinets, Noteikumi par augsnes un grunts kvalitātes normatīviem, 28.10.2005
19. MK noteikumi Nr.362: LR Ministru Kabinets, Noteikumi par notekūdeņu dūņu un to komposta izmantošanu, monitoringu un kontroli, 11.05.2006.
20. Skogforsk/LVM2006: Magnus Thor, Henrik von Hofsten, Hagos Lundström, Valentīns Lazdāns, Andis Lazdiņš, Extraction of logging residues at LVM, 2006
21. Moilanen et al. 2004 : Moilanen M., Silfverberg K., Hokka H., and Issakainen J. , Comparing Effects of Wood Ash and Commercial PK Fertiliser on the Nutrient status and Stand Growth of Scots Pine on Drained Mires., 2004
22. Ozolinčus et al. 2007: Ozolinčius R., Varnagirytė-Kabašinskienė I., Armolaitis K., Gaitnieks T., Buožytė R., Raguotis A., Skuodienė L., Aleinikovienė J. and Stakėnas V., Short Term Effects of Compensatory Wood Ash Fertilization on Soil, Ground Vegetation and Tree Foliage in Scots Pine Stands, 2007
23. Park 2005: Park B.B., Yanai R.D., Sahn J.M. , Lee D.K., Abrahamson L.P., Wood ash effects on

- 
- plant and soil in a willow bioenergy plantation, 2005
24. Rääkkönen et al., 1999: Rääkkönen T., Urpilainen S., Hänninen K., Effect of the ash of recycled energy fuel on composting (Kierrätyspolttoainetuhkan vaikutus kompostointiin). Final Report, 1999
25. VĢMA, Ūdens 2007: Valsts statistikas pārskats Nr.2 - ŪDENS, 2007, <http://oas.vdc.lv:7779/2ud.html>
26. VĢMA, Gaiss 2007: Valsts statistiskais pārskats par gaisa aizsardzību "Nr.2 - Gaiss", 2007, [http://oas.vdc.lv:7779/2ga\\_new.html](http://oas.vdc.lv:7779/2ga_new.html)
27. Latvijas Vides aģentūra, 2003: v/a "Vides, Ģeoloģijas un meteoroloģijas aģentūra", Vidējie lielumi oglekļa dioksīda (CO<sub>2</sub>) emisiju gaisā aprēķināšanai", 2003
28. VMD, 2006: Valsts Meža dienests, Meža statistika 2006, CD, 2006
29. Werkelin et al. 2005: Werkelin J., Skrifvars B.J., Hupa M., Ash-forming elements, 2005

Substrāta veids	nedrīa	Salix dzinuma garums cm	Salix dzinumu sausna g	Salix sakņu sausna g	pH Kcl	N mg/100g	P mg/100g	K mg/100g
<b>K</b>	<b>4</b>	<b>2,62</b>	<b>0,9</b>	<b>0,38</b>	<b>2,77</b>	<b>4,99</b>	<b>1</b>	<b>6,36</b>
K4Ko1	4	4,03	7,68	6,32	4,24	6,87	16,58	11,42
K4Ko1P10	4	7,88	13,75	5,45	7,1	8,74	16,62	50,85
K4Ko1P20	4	7,25	11,25	5,14	7,16	7,81	16,77	102,63
K1Ko1	4	11,58	5,82	4,83	5,28	6,89	19	18,57
K1Ko1P10	4	13,69	13,23	5,04	6,74	4,65	17,03	64,62
K1Ko1P20	4	21,31	9,84	5,90	7,17	2,41	17,72	104,96
<b>K</b>	<b>6</b>	<b>6,09</b>	<b>0,72</b>	<b>0,33</b>	<b>2,66</b>	<b>6,87</b>	<b>0,63</b>	<b>5,84</b>
K4Ko1	6	12,88	4,51	3,92	4,14	2,59	16,55	11,13
K4Ko1P10	6	19,96	7,19	4,23	5,83	2,26	18,27	40,99
K4Ko1P20	6	25,46	9,8	3,74	6,83	3,14	17,49	83,99
K1Ko1	6	26,93	5,71	2,94	5,38	1,78	18,66	15,46
K1Ko1P10	6	27,55	7,13	3,58	6,46	1,56	17,53	45,19
K1Ko1P20	6	35,03	5,28	3,14	6,81	2,35	17,69	77,3
<b>K</b>	<b>8</b>	<b>7,09</b>	<b>0,9</b>	<b>0,38</b>	<b>2,77</b>	<b>8,74</b>	<b>0,26</b>	<b>5,32</b>
K4Ko1	8	16,47	7,68	6,32	4,24	1,96	16,52	10,85
K4Ko1P10	8	21,71	13,75	5,45	6,06	1,09	19,93	31,12
K4Ko1P20	8	23,29	11,25	5,14	7,16	2,19	18,22	65,34
K1Ko1	8	24,76	5,82	4,83	5,28	1,04	18,31	12,36
K1Ko1P10	8	26,16	13,23	9,04	6,74	0,89	18,03	25,77
K1Ko1P20	8	26,76	9,84	5,90	7,17	1,42	17,66	49,65
<b>K</b>	<b>10</b>	<b>6,77</b>	<b>0,92</b>	<b>0,48</b>	<b>2,77</b>	<b>6,89</b>	<b>2,2</b>	<b>5,17</b>
K4Ko1	10	14,66	8,69	7,83	4,22	0,63	16,31	7,73
K4Ko1P10	10	21,67	13,91	6,58	5,85	2,49	20,71	23,39
K4Ko1P20	10	24,14	10,01	10,87	6,75	3,23	19,09	43,83
K1Ko1	10	28,08	7,03	8,96	5,61	0,94	19,15	13,87
K1Ko1P10	10	31,84	14,51	11,64	6,35	0,75	19,01	22,25
K1Ko1P20	10	31,92	10,01	8,23	6,9	1,39	18,05	35,92
<b>K</b>	<b>12</b>	<b>6,59</b>	<b>2,9</b>	<b>0,57</b>	<b>2,76</b>	<b>2,52</b>	<b>4,14</b>	<b>5,02</b>
K4Ko1	12	13,02	9,7	9,35	4,33	1,78	16,1	4,61
K4Ko1P10	12	14,63	14,8	7,72	6,41	1,04	21,49	15,65
K4Ko1P20	12	15,89	11,2	16,61	6,97	0,99	19,96	22,31
K1Ko1	12	18,44	7,9	13,09	6,11	0,94	19,99	15,39
K1Ko1P10	12	22,86	15,5	14,24	6,23	1,83	19,99	18,73
K1Ko1P20	12	31,63	11,36	10,56	6,92	2,73	18,44	22,2
<b>K</b>	<b>14</b>	<b>6,75</b>	<b>2,5</b>	<b>1,23</b>	<b>2,58</b>	<b>4,65</b>	<b>2,42</b>	<b>64,62</b>
K4Ko1	14	17,42	9,3	9,72	4,44	1,62	17,09	4,14
K4Ko1P10	14	21,76	15,9	10,00	6,36	2,88	19,54	3,88
K4Ko1P20	14	26,67	15,6	17,03	7,36	3,77	19,75	10,19
K1Ko1	14	29,76	8,3	14,50	6,34	1,83	19,63	13,28
K1Ko1P10	14	30,27	13,9	14,62	7	1,81	18,38	8,95
K1Ko1P20	14	33,25	12,7	9,00	4,66	2,59	18,35	10,71

Substrāta veids	nedrēķa	Salix dzinuma garums cm	Salix dzinumu sausna g	Salix sakņu sausna g	pH KCl	N mg/100g	P mg/100g	K mg/100g
<b>K</b>	16	5,81	2,13	1,90	2,81	2,41	0,7	3,26
K4Ko1	16	16,15	12,77	10,10	4,57	2,61	18,07	3,15
K4Ko1P10	16	19,44	18,93	11,17	6,35	3,26	17,58	4,72
K4Ko1P20	16	19,44	15,93	17,70	7,31	4,31	19,54	4,24
K1Ko1	16	24,38	10,17	16,20	6,07	2,73	19,28	2,5
K1Ko1P10	16	24,38	14,07	15,00	6,84	2,87	16,77	2,69
K1Ko1P20	16	25,76	12,07	8,70	7,02	3,79	18,27	3
			RCG sausna g	RCG sakņu sausna g	pH_KCl	N_mg/100g	P_mg/100g	K_mg/100g
<b>K</b>	16		0,27	0,33	2,77	5,01	1,01	6,36
K4Ko1	16		1,81	2,88	4,24	3,22	16,71	11,43
K4Ko1P10	16		1,09	1,22	7,1	3,44	16,75	50,86
K4Ko1P20	16		0,79	1,1	7,16	4,1	16,9	102,66
K1Ko1	16		0,8	1,93	5,28	2,53	19,15	18,57
K1Ko1P10	16		1,05	0,96	6,74	2,24	17,17	64,64
K1Ko1P20	16		0,91	0,87	7,17	3,29	17,86	104,98



Dūņu komposta un koksnes  
pelnu ietekme uz  
energokultūru augšanu  
kūdras augsnēs



*Projekta vadītājs:* Andis Lazdiņš  
*Izdevumu sagatavoja:* LVMI "Silava"  
*Foto:* Dagnija Lazdiņa, Andis Lazdiņš  
*Izdevējs:* LVMI "Silava"  
*Datorsalikums:* Andis Lazdiņš  
*Druka* -

*Izdevums sagatavots LVMI "Silava" īstenotā Tirgus orientēto projektu programmas pētījuma "Dažādu organiskā mēslojuma un koksnes pelnu devu ietekme uz energokultūru (Salix sp. un Phalaris arundinacea) augšanu skābās kūdras augsnēs" ietvaros*



*Latvijas Valsts Mežzinātnes institūts "Silava"*  
*Rīgas ielā 111, Salaspils, LV-2169*  
*Tālr.: +371 67942555*  
*Fakss: +371 67901359*  
*E-pasts: inst@silava.lv*  
*<http://www.silava.lv>*

# Projekta kopsavilkums

Divas būtiskākās problēmas, kas saistītas ar rekultivējamu kūdras atradņu izmantošanu enerģētiskās biomasas audzēšanai, ir barības vielu trūkums un kūdras skābums. Lai novērstu šīs problēmas, jāienes mēslojums un kaļķošanas materiāls, kas gala rezultātā būtiski sadārdzina produkcijas pašizmaksu un padara kūdras atradņu rekultivāciju nerentablu.

Pētījuma "Dūņu komposta un koksnes pelnu ietekme uz energokultūru augšanu kūdras augsnēs" mērķis ir noskaidrot organiskā mēslojuma (notekūdeņu dūņu komposts) un kaļķošanas materiāla (koksnes pelni) ietekmi uz energokultūru (*Salix sp.*<sup>1</sup> un *Phalaris arundinacea*<sup>2</sup>), augšanu skābās rekultivējamu kūdras atradņu augsnēs.

Pētījuma ietvaros ierīkoti energokultūru veģetācijas izmēģinājumu ar augstā purva kūdras substrātu ( $\text{pH} < 3,5$ ), kas ņemts no izstrādātas kūdras atradnes, kuram dažādās svara proporcijās pievienots notekūdeņu dūņu komposts ( $170\text{-}340 \text{ t}_{\text{sausnas}}/\text{ha}$ ) un koksnes pelni ( $9,5\text{-}19 \text{ t}_{\text{sausnas}}/\text{ha}$ ). Izmēģinājumā novērtēts kārkļu spraudņu iesaugums, *Phalaris arundinacea* sēkļu dīdžība, kā arī biomasas pieauguma dinamika, atsevišķi analizēt *Salix sp.* sakņu sistēmas attīstības gaita. Veicot substrāta ķīmiskās analīzes, analizēta pH, makroelementu un mikroelementu saturs dinamika un novērtēta ķīmisko elementu izskalošanās intensitāte, pielietojot dažādas mēslojuma kombinācijas.



---

1 *Kārkļu plantācijas.*

2 *Miežabrālis.*



# Kūdras resursi un to izmantošana

Purvu kopplatība Latvijā sasniedz 6401 km<sup>2</sup> (10% no valsts teritorijas). Kūdras resursu apjoms nav precīzi noteikts, tomēr līdz šim veiktie pētījumi liecina, ka tas varētu būt aptuveni 13,4 miljardi m<sup>3</sup> (2,1 miljardi tonnu). Liela daļa no šiem resursiem nebūs izmantojama vai arī to izmantošana būs apgrūtināta, jo tie atrodas aizsargājamās dabas teritorijās.

Lielākā daļa kūdras krājumu koncentrēti valsts austrumu un centrālajos rajonos. Atradņu vidējais dziļums ir 2-5 m, maksimālais – 12 m.



80.gados kūdras ieguve Latvijā bija ļoti labi attīstīta. To veica 9 kūdras rūpnīcas un 22 pārvietojamās mehanizētās kolonas. Gadā tika iegūts līdz 3,2 milj.t lauksaimniecības kūdras (pakaišiem, lauksaimniecības zemju ielabošanai u.c.) un 1,1 milj.t kurināmās kūdras. Ieguve notika 156 atradnēs. 90.gados kūdras ieguve pakāpeniski samazinājās, un 1995.g. iegūts tikai 542 tūkst.t, galvenokārt, kurināmās kūdras. Kūdras ieguves svārstības atkarīgas arī no laika apstākļiem – mitrā laikā kūdru grūtāk izžāvēt, tāpēc ieguves apjoms samazinās. Vidēji pēdējo 10 gadu laikā kūdras ieguve saglabājas aptuveni 600 tūkst.tonnas gadā.

Liela daļa no 70. un 80.gados intensīvi apsaimniekotajām kūdras atradnēm pašlaik netiek saimnieciski izmantotas, bet tajās atradnēs, kur izstrāde vēl notiek, tiek iegūts galvenokārt virsējais dārgākais sfagnu kūdras slānis, pārējo, dažkārt vairākus metru biezu zāļu, koku un grīšļu kūdras slāni atstājot neskartu. Padomju laikā izbūvētās meliorācijas sistēmas netiek uzturētās, līdz ar to gan pašas atradnes, gan apkārt esošās teritorijas pakāpeniski pārpurvojas.

# Notekūdeņu dūņas un koksnes pelni Latvijā

2007.g. Latvijas pilsētu un ciemu notekūdeņu attīrīšanas iekārtās saražotas 29 tūkst.t<sub>sausnas</sub> notekūdeņu dūņu. Lielākā daļa no tām (17 tūkst.t<sub>sausnas</sub>) saražotas lauku rajonos un gandrīz 1/3 dūņu iegūta Rīgā. Pēdējos gados dūņu ražošanas apjoms pakāpeniski samazinājies sakarā ar efektīvāku tehnoloģiju pielietojumu un uzskaites metožu pilnveidošanu.

Lielāko daļu dūņu uzglabā pagaidu poligonos (lauku teritorijās 66%, 8 lielajās pilsētās 39%). Otrajā vietā ir dūņu izmantošana lauksaimniecībā, kas pēdējos gados Latvijā pieaugusi, bet, ņemot vērā arvien pieaugošās kvalitātes prasības pārtikas produktiem, šis dūņu izmantošanas veids nākotnē samazināsies.



2007.g. siltumenerģijas ražošanai un tehnoloģisko procesu nodrošināšanai centralizētajās sistēmās Latvijā sadedzinātas 655 tūkst.t<sub>sausnas</sub> koksnes. Sadedzinot šādu daudzumu kurināmā, iegūst ap 32 tūkst.t<sub>sausnas</sub> pelnu un nesadegušu koksnes atlieku. Gandrīz tikpat liels pelnu daudzums veidojas privātmāju apkurē, taču uzskaitē par kurināmā patēriņu un pelnu izmantošanu šajā sektorā netiek veikta.

Lielāko daļu centralizētajās sistēmās saražoto koksnes pelnu deponē sadzīves atkritumu poligonos.

# Organiskā mēslojuma un pelnu īpašības

Sfagnu kūdrai raksturīga augsta organisko skābju koncentrācija, kas rada skābo vides reakciju (pH 2,7-3,5) un niecīga pārējo barības vielu koncentrācija (Tab. 1).

Notekūdeņu dūnās un to kompostos ir augsta slāpekļa, fosfora, kalcija, magnija un mikroelementu koncentrācija. Šim materiālam raksturīga augsta mikrobioloģiskā aktivitāte, kas kūdras augsnēs veicina strauju organisko vielu mineralizāciju.

Koksnes pelnos oglekļa koncentrācija nereti ir tikpat augsta, kā kompostā, kas saistīts ar lielo sadegšanas zudumu īpatsvaru. Pelnos ir daudz kālija, kalcija, magnija un fosfora. Tomēr pelnos ir arī augsta kadmija, cinka un citu smago metālu koncentrācija (Tab. 1), kas apgrūtina to pielietošanu tradicionālo kalpošanas materiālu vietā.

Tab. 1 Substrāta komponentu īpašības

<i>Parametrs</i>	<i>Mērvienība</i>	<i>Pelni</i>	<i>Komposts</i>	<i>Kūdra</i>
<i>Slāpeklis (N<sub>kop.</sub>)</i>	<i>g/kg</i>	-	21	34
<i>Amonija slāpeklis (N - NH<sub>4</sub>)</i>	<i>mg/kg</i>	-	9,9	8,9
<i>Fosfors (P<sub>kop.</sub>)</i>	<i>g/kg</i>	10	13,7	13,8
<i>Ogleklis (C<sub>kop.</sub>)</i>	<i>g/kg</i>	91,3	91,7	540
<i>Kālijs (K)</i>	<i>g/kg</i>	30	8,6	0,01
<i>Magnijs (Mg)</i>	<i>g/kg</i>	20	7	0,08
<i>Kalcijs (Ca)</i>	<i>g/kg</i>	125	26	0,2
<i>Mangāns (Mn)</i>	<i>mg/kg</i>	12	20,6	11
<i>Kadmijijs (Cd)</i>	<i>mg/kg</i>	30	9,3	-
<i>Hroms (Cr)</i>	<i>mg/kg</i>	100	526,18	2
<i>Varš (Cu)</i>	<i>mg/kg</i>	400	610	1,7
<i>Dzīvsudrabs (Hg)</i>	<i>mg/kg</i>	3	2,8	-
<i>Niķelis (Ni)</i>	<i>mg/kg</i>	70	110	-
<i>Svins (Pb)</i>	<i>mg/kg</i>	300	116	5
<i>Cinks (Zn)</i>	<i>mg/kg</i>	7000	670	9

# Kārķļu un miežabrāļa attīstība dažādos substrātos

Optimālu substrāta pH var panākt, lietojot pelnu devu 9,5 t<sub>sausnas</sub>/ha (substrāta pH veģetācijas sezonas beigās bija 6,5-7,0). Komposta devas, kas atbilst 170 t<sub>sausnas</sub>/ha, ietekmē pH pieaugu līdz 4,0. Komposta deva 340 t<sub>sausnas</sub>/ha nodrošināja pH pieaugumu līdz 6,0.

Veģetācijas sezonas beigās vislielākā sakņu sausā masa veidojusies kārķļiem un miežabrāļim, kas auguši substrātos ar koksnes pelnu piedevu. Vislabākie rezultāti iegūti substrāta maisījumā, kas sastāv no 4 devām kūdras, 1 devas komposta un pelniem 19 t<sub>sausnas</sub>/ha, kā arī substrātā ar vienādu kūdras un komposta attiecību, kam pievienoti pelni 9,5 t/ha.

Virszemes biomasa straujāk veidojās substrātos, kas sajaukti no 4 kūdras devām, vienas devas komposta un pievienotas pelnu piedevas.





# Substrāta ķīmiskās īpašības un barības vielu izskalošanās

Izmēģinājumos, modelējot izstrādātu kūdras atradņu rekultivāciju, pielietotas dūņu komposta devas, kas atbilst 170 un 340 t/ha sausnas notekūdeņu dūņu komposta un 9,5 un 19 t/ha pelnu sausnas. Smago metālu koncentrācija substrātā pēc mēslojuma iestrādes vairumā gadījumu atbilda A vai B kategorijai<sup>3</sup>, izņemot varu, kas pēc 170 t/ha atbilstošas komposta devas pievienošanas pārsniedza robežu, kas noteikta C kategorijas piesārņojuma pakāpei. 340 t/ha komposta palielināja cinka koncentrāciju virs C kategorijas piesārņojuma robežas. Koksnes pelnu (19 t/ha) pielietošana palielināja kadmija koncentrāciju substrātā līdz B kategorijai noteiktās robežas.

Veģētācijas sezonas beigās vidējā smago metālu koncentrācija substrātā miežabrāļa sējumos nedaudz samazinājusies, bet kārkļu stādījumos pieaugusi par 47%, kas saistīts ar organiskās vielas neārdīšanos un smago metālu koncentrēšanos mazākā augsnes masā. Visvairāk samazinājusies dzīvsudraba un niķeļa koncentrācija.



Kontroles variantā kārkļu saknes veidojušās 2-3 cm biezā substrāta virskārtā un lielākā daļa stādīņu dabiskos apstākļos izžuva, tāpēc ir svarīgi mēslojumu iestrādāt augsnē, nevis vienkārši izkliedēt.

<sup>3</sup> Ministru kabineta noteikumi Nr.804, Noteikumi par augsnes un grunts kvalitātes normatīviem, publicēts "Latvijas Vēstnesis" 172 (3330) 28.10.2005.

## Materiālu sajaukšanas iespējas

Notekūdeņu dūņu vai to kompostu un koksnes pelnu sajaukšanu visvienkāršāk veikt, pielietojot vējrindu kompostēšanas tehnoloģiju, pievienojot koksnes pelnus komposta izejvielu sajaukšanas brīdī – pašā procesa sākumā. Tūlīt pēc pelnu pievienošanas kompostējamais materiāls vienu vai divas reizes jā sajauc ar vējrindu komposta maisītāju. Latvijā šī metode praksē pagaidām nav pielietota, bet ārzemēs to plaši izmanto smaku ierobežošanai sadzīves atkritumu un notekūdeņu dūņu kompostēšanā.

Šāda pieeja nodrošinās arī labākus apstākļus arī kompostēšanās procesam – koksnes pelni, pateicoties augstajai kālija, kalcija un magnija sāļu koncentrācijai, veicinās dūņu higienizāciju, tāpat ko dara kaļķis, ierobežos smaku izplatīšanos kompostēšanas laikā un uzlabos komposta ķīmisko sastāvu, nodrošinot dūņās iztrūkstošā kālija rezervi.



# Mēslojuma devas aprēķins

Degradēto platību, tajā skaitā kūdras atradņu rekultivācijai atļauts izmantot apstrādātas notekūdeņu dūņas vai kompostu, kam smago metālu masas koncentrācija sausnā nepārsniedz MK Noteikumu Nr.362 Noteikumi par notekūdeņu dūņu un to komposta izmantošanu, monitoringu un kontroli (1.10.2006.) 9.pielikumā noteiktos koncentrācijas limitus (Tab. 2).

Tab. 2 Smago metālu masas koncentrācijas limits rekultivācijai paredzētajās notekūdeņu dūņās un to kompostā

Smagie metāli	Koncentrācija, mg/kg <sub>sausnas</sub>
Kadmijs (Cd)	10
Hroms (Cr)	600
Varš (Cu)	800
Dzīvsudrabs (Hg)	10
Niķelis (Ni)	200
Svins (Pb)	500
Cinks (Zn)	2500

Grunts virsējā slāņa reakcijas rādītājs  $pH_{KCl}$  nedrīkst būt mazāks par 5,0. Tāpēc, izmantojot dūņas vai to kompostus kūdras atradņu rekultivācijai ( $170 t_{sausnas}/ha$ , kā izmēģinājumā), papildus jāiestrādā kaļķošanas materiāls, piemēram, pelni ( $8-10 t_{sausnas}/ha$ ). Jārēķinās ar to, ka šāda pelnu deva ienesīs arī ievērojamu smago metālu daudzumu, tāpēc proporcionāli jāsamazina dūņu vai komposta deva, lai kopējais ienesto smago metālu daudzums nepārsniegtu Tab. 3 dotos rādītājus.

Tab. 3 Smago metālu koncentrācijas limits degradēto platību rekultivācijai, g/ha

Augsne	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Grants, smilts, mālsmilts	0,6	36	48	0,6	12	30	150
Smilšmāls, māls	0,9	54	72	0,9	18	45	225

*Dūņu komposta un koksnes pelnu ietekme uz energokultūru augšanu kūdras augsnēs*

Notekūdeņu dūņu un to kompostu sausnas devas dažādām augsnēm dotas Tab. 4.

*Tab. 4 Notekūdeņu dūņu un to komposta sausnas devas limits degradēto platību rekultivācijai ( $t_{sausnas}/ha$ )*

<i>Dūņu kvalitātes klase</i>	<i>Grants, smilts, mālsmilts</i>	<i>Smilšmāls, māls</i>
<i>I</i>	250	350
<i>II</i>	140	200
<i>III</i>	90	130
<i>IV</i>	60	90

Pelnu devu degradētu teritoriju rekultivācijai nosaka galvenokārt kadmija un cinka koncentrācija (Tab. 5), kas koksnes pelnos ir ievērojami lielāka, nekā dūņās un to kompostos. Maksimālā pelnu deva, atbilstoši limitējošajām smago metālu koncentrācijām un devām, ir 20-30  $t_{sausnas}/ha$ , atkarībā no augsnes granulometriskā sastāva. Šāda deva ir pietiekoša skābas sfagnu kūdras pH paaugstināšanai līdz optimālam līmenim.

*Tab. 5 Maksimālās devas aprēķins pelniem, izmantojot tos degradētu platību rekultivācijai, atbilstoši smago metālu koncentrācijai pelnis*

	<i>Cd</i>	<i>Cr</i>	<i>Cu</i>	<i>Hg</i>	<i>Ni</i>	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>
<i>Metāli, mg/kg</i>	30	100	400	3	70	300	7000
<i>Pelnu deva dažādās augsnēs, <math>t_{sausnas}/ha</math>:</i>							
<i>grants, smilts, mālsmilts</i>	20	360	120	200	171	100	21
<i>smilšmāls, māls</i>	30	540	180	300	257	150	32



# Pētījuma rezultātu pielietošanas iespējas

Daudzgadīgās enerģētiskās kultūras ir viens no perspektīvākajiem notekūdeņu dūņu un koksnes pelnu izmantošanas veidiem, kas rada minimālu vides piesārņojuma risku un nodrošina būtisku enerģētiskās koksnes ražošanas apjoma pieaugumu salīdzinoši nelielā platībā.

Ja pieņem, ka visas notekūdeņu dūņas un pelnus izmanto degradētu teritoriju rekultivācijai, gadā varētu atjaunot augsnes virskārtu 100-150 ha platībā, tomēr daudz lielāku efektu var panākt, izmantojot dūņas un pelnus daudzgadīgo enerģētisko kultūru mēslošanai lauksaimniecības zemēs. Pielietojot optimālas mēslojuma devas (atbilstoši dūņu devai 10 t<sub>sausnas</sub>/ha 5 gadu laikā), šīs plantācijas spēj saražot biomasu, kas atbilst 470 GWh/gadā vai 14% no 2007.g. centralizētajās sistemās patērētās enerģētiskās koksnes (Tab. 6).

Tab. 6 Notekūdeņu dūņu izmantošanas potenciāls energokultūru mēslošanai

<i>Parametrs</i>	<i>Mērvienība</i>	<i>Rādītājs</i>
<u>Mēslošanas līdzekļi</u>		
<i>Dūņu ražošanas apjoms 2007.g.</i>	<i>tūkst.t<sub>sausnas</sub></i>	29
<i>Pelnu veidošanās centralizētajā siltumapgādē 2007.g.</i>	<i>tūkst.t<sub>sausnas</sub></i>	33
<u>Platība un krājas</u>		
<i>Visu dūņu un pelnu izmantošanai nepieciešamā platība</i>	<i>tūkst.ha</i>	15 <sup>4</sup>
<i>Biomاسas pieaugums gadā</i>	<i>tūkst.t<sub>sausnas</sub></i>	120
	<i>GWh</i>	470
<i>Plantāciju potenciāls, salīdzinot ar koksnes patēriņu enerģijas ražošanai 2007.g.</i>		14%

4 0,7% no lauksaimniecības zemju kopplatības Latvijā



2008