



Ilgtspējīgi īscirtmeta atvasāju stādījumi

Rokasgrāmata

- Autori: Ioannis Dimitriou un Dominik Rutz
- leguldītjums: Rita Mergner, Stefan Hinterreiter, Laurie Scrimgeour, Ioannis Eleftheriadis, Ilze Dzene, Željka Fištrek, Tomaš Perutka, Dagnija Lazdiņa, Gordana Toskovska, Linda Drukmane, Aivars Žandeckis, Mudrīte Daugaviete.
- Redaktori: Dagnija Lazdiņa (latviešu izdevumam)
- ISBN: Angļu valodā:
978-3-936338-36-2
Latviešu valodā:
978-9934-8632-0-2 (print)
978-9934-8632-1-9 (online)
- Tulkojumi: Rokasgrāmatas oriģinālvaloda ir angļu valoda. Rokasgrāmata izdota arī horvātu, čehu, franču, vācu, grieķu, latviešu un maķedoniešu valodā.
- Publicēta: © 2015. gadā, WIP Renewable Energies, Minhenē, Vācija
- Kontaktinformācija: WIP Renewable Energies, Sylvensteinstr. 2, 81369 Minhene, Vācija
Dominik.Rutz@wip-munich.de, Tel.: +49 89 720 12 739
www.wip-munich.de
LVMI Silava, Rīgas iela 111, Latvija, dagnija.lazdina@silava.lv
www.silava.lv
- Mājaslapa: www.srcplus.eu
- Autortiesības: Visas autortiesības ir aizsargātas. Neviens šīs grāmatas sadaļa nav pavairojama nekādā veidā un nekādiem līdzekļiem, lai to izmantotu komerciālos nolūkos, bez izdevēja rakstiskas piekrišanas. Autori negarantē rokasgrāmatā ietvertās vai aprakstītās informācijas un datu pareizību un/vai pilnīgumu.
- Atruna: Autori ir pilnībā atbildīgi par rokasgrāmatas saturu. Tā neatspoguļo Eiropas Savienības viedokli. Ne Konkurētspējas un inovāciju izpildaģentūra, ne Eiropas Komisija neatbild par jebkādu šeit ietvertās informācijas tālāku izmantošanu.

Pateicība

Rokasgrāmata izstrādāta SRCplus projekta ietvaros (IEE/13/574), un to atbalsta Eiropas Komisijas programma Saprātīga enerģija Eiropai (Intelligent Energy Europe), ko koordinē Mazo un vidējo uzņēmumu izpildaģentūra (EASME). Autori izsaka pateicību Eiropas Komisijai par SRCplus projekta atbalstu, kā arī recenzentiem un SRCplus partneriem par viņu ieguldījumu rokasgrāmatas izstrādē. Pateicamies arī Anderson Group (Biobaler) un Wald21, kā arī mūsu kolēģiem no WIP un SLU par atļauju izmantot viņu ilustrācijas.

SRCplus projekta konsorcijs



WIP Renewable Energies, Vācija (Projekta koordinators)

Dominik Rutz [Dominik.Rutz@wip-munich.de]

Rita Mergner [Rita.Mergner@wip-munich.de]



Biomassehof Achenal, Vācija

Stefan Hinterreiter [s.hinterreiter@biomassehof-achenal.de]



Trièves komūnu savienība, Francija

Laurie Scrimgeour [l.scrimgeour@cdctrieves.fr]



Atjaunojamās enerģijas un energoefektivitātes centrs (CRES), Grieķija

Ioannis Eleftheriadis [joel@cres.gr]



Ekodoma, Latvija

Ilze Dzene [ilze@ekodoma.lv],

Linda Drukmane [linda.drukmane@ekodoma.lv]

Aivars Žandeckis [aivars.zandeckis@ekodoma.lv]



Enerģētikas institūts Hrvoje Požar, Horvātija

Zeljka Fistrek [zfistrek@eihp.hr]



Zlin reģionālā enerģētikas aģentūra, Čehijas Republika

Tomas Perutka [Tomas.Perutka@eazk.cz]



Latvijas Valsts mežzinātnes institūts Silava, Latvija

Dagnija Lazdiņa [dagnija.lazdina@silava.lv]

Mudrīte Daugaviete [mudrite.daugaviete@silava.lv]



Vidusskola Car Samoil - Resen, Maķedonija

Gordana Toskovska [gtoskovska@gmail.com]



Zviedrijas Lauksaimniecības zinātņu universitāte, Zviedrija

Ioannis Dimitriou [ioannis.dimitriou@slu.se]

Satura rādītājs

Pateicība	2
SRCplus projekta konsorcijs	3
Satura rādītājs	4
Priekšvārds.....	6
Ievads.....	7
1 Stādījumu vietas izvēle	9
1.1 Nepieciešamie augšanas apstākļi	9
1.2 Klimats.....	14
1.3 Stādījumu izvietojums	15
1.4 Likumdošana	18
1.5 Ilgtspējīga stādījumu vietas izvēle	19
2 Koku sugas un kloni.....	23
2.1 Kārkli	23
2.2 Papeles	25
2.3 Baltā robīnija	26
2.4 Eikalipti	28
2.5 Alkšņi.....	29
2.6 Citas sugas.....	30
3 Īscirtmeta atvasāju (SRC) audzēšana	31
3.1 Stādījumu vietas sagatavošana	31
3.2 Stādmateriāls	33
3.3 Stādīšana	35
3.4 Stādījumu apsaimniekošana	39
4 Biomasas ieguve	43
4.1 Biomasas raža.....	43
4.2 Stādījumu aprites cikls	46
4.3 Iegūtās koksnes biomasas īpašības	46
4.4 Biomasas ražas novākšanas metodes.....	47
4.5 Šķeldas kaltēšana un uzglabāšana.....	52
5 Loģistika un transports.....	57
6 SRC stādījumu rekultivācija	58
7 SRC produktu izmantošana.....	59

7.1	Šķeldas kvalitāte	59
7.2	Šķeldas izmantošanas iespējas	62
7.3	Šķeldas un granulu dedzināšana	64
8	Īscirtmeta stādījumu ietekme uz vidi	71
8.1	Augu daudzveidība.....	71
8.2	Dzīvnieku daudzveidība	74
8.3	Augsne	79
8.4	Ūdens	81
8.5	Pelnu un notekūdeņu dūņu izmantošana stādījumu mēslošanai	82
8.6	Agromežsaimniecības sistēmas	84
9	Īscirtmeta stādījumu ekonomika	85
9.1	1. piemērs: Kārķu SRC stādījumi Grestorpā (Grästorp), Zviedrijā.....	85
9.2	2. piemērs. Kārķu SRC stādījumi SIA ECOMARK, Latvija	86
9.3	3. piemērs. Papeļu SRC stādījumi Getingenē (Göttingen), Vācijā	88
9.4	4. piemērs. Kārķu SRC stādījumi Bretaņā (Brittany), Francijā	89
9.5	5. piemērs. Kārķu SRC stādījumi Enšēpingā (Enköping), Zviedrijā.....	93
	Vārdnīca un saīsinājumi	95
	Angliskie, latviskie un latīniskie augu nosaukumi.....	98
	Vispārīgo mērvienību pārveidošana	101
	Literatūra.....	104

Priekšvārds

Biomasai ir ļoti nozīmīga loma kā vienam no atjaunojamās enerģijas resursiem (AER). Pašlaik tā veido apmēram 70 % no Eiropā atjaunojamās enerģijas avotiem un uzrāda stabilu pieaugumu. Paredzēts, ka nākotnē pieprasījums pēc koksnes siltuma un elektroenerģijas, būvniecības materiālu vai kā cita veida biomateriālu ieguvei strauji pieaugs. To, galvenokārt, ietekmēs situācija tirgū un veicinās valsts, kā arī Eiropas enerģētikas politikas izvirzītie mērķi. Cietā biomasa no īscirtmeta atvasāji (angliski „Short rotation coppice”, starptautiski tiek lietots saīsinājums – SRC) var būt nozīmīgs ieguldījums Eiropas 2020. gada mērķu sasniegšanā.

Eiropas valstis, kurās šobrīd ir vislielākās enerģijas ražošanai paredzēto īscirtmeta atvasāju plaības, ir Zviedrija, Apvienotā Karaliste un Polija. Pārējās Eiropas valstīs īscirtmeta atvasāju izmantošanas apjomi ir ievērojami mazāki, taču vairumam no tām ir plāni un politiskā griba tuvākajā nākotnē šos apjomus palielināt. Tādēļ nepieciešami pasākumi, kas aktivizētu un sekmētu vietējo īscirtmeta atvasāju piegāžu ķēžu īstenošanas procesu šajās Eiropas valstīs. Tāds ir SRCplus projekta mērķis (īscirtmeta enerģētiskā koksne vietējās piegādes ķēdēs un enerģijas ieguvei).

SRCplus veicina SRC ilgtspējīgu ražošanu septiņās Eiropas valstīs. Projekta mērķa reģioni ir:

- Ahentāles reģions (Vācija);
- Austrumu Horvātijas reģions (Horvātija);
- Vidzemes plānošanas reģions (Latvija);
- Rhone-Alps reģions (Francija);
- Zlin reģions (Čehijas Republika);
- Kentriki Maķedonijas reģions (Grieķija);
- Prespa reģions (Maķedonija).

SRCplus projekta vispārīgais mērķis ir atbalstīt un paātrināt vietējo SRC piegādes ķēžu attīstību, organizējot nozarē iesaistītajiem speciālistiem dažādus aktivitāti veicinošus un reģionālus mobilizācijas pasākumus.

SRCplus projekts uzsākts 2014. gada martā un tiek īstenots 3 gadus. Projektu atbalsta Eiropas Savienības programma *Saprātīga enerģija – Eiropai* (Intelligent energy) (Līgums Nr. IEE/13/574). SRCplus konsorciā ir 10 partneri; projekta koordinators ir WIP Renewable Energies no Vācijas.

Ilgtspējīgu īscirtmeta atvasāju stādījumu rokasgrāmata sniedz informāciju par SRC projekta mērķa grupām: lauksaimniekiem, valsts zemes īpašniekiem, nelieliem siltumapgādes un koģenerācijas uzņēmumiem, šķeldu tirgotājiem un citām ieinteresētajām personām. Rokasgrāmata atspoguļo dažādu lauksaimniecisko praksi Eiropā, ietverot arī vairākus lokālus nosacījumus, piemēram, klimatiskos apstākļus. Rokasgrāmatas pievienotā vērtība ir ilgtspējīgu piegāžu ķēžu izveidošana un SRC ieguvumi. Rokasgrāmata uzrakstīta angļu valodā un tulkota arī mērķa valstu valodās.

Ievads

Īsa aprites cikla kokaugu kultūras (short rotation crops – SRC vai short rotation woody crops – SRWC) ir ātraudzīgās koku sugas, kuras kultivē ar mērķi iespējami īsākā laika posmā iegūt apjomīgāku biomasas ražu, kas būtu izmantojama enerģijas iegūšanai. Līdzīgi apzīmējumi atrodami literatūrā, piemēram, īsa aprites cikla stādījumi (short rotation plantations – SRP), īsa aprites cikla mežkopība (short rotation forestry – SRF), vai īscirtmeta atvasāji (short rotation coppice – SRC). Šie termini reizēm tiek izmantoti kā sinonīmi, taču to definīcijas ir nedaudz atšķirīgas.

Īsa aprites cikla kokaugu kultūras – stādījumi (SRWC), kuru raža ievācama pēc īsa laika posma, atkārtoti stādāmi pēc ražas ieguves (dažreiz praktizē, piem., eikaliptu vai balto akāciju audzēšanā) vai audzējami kā atvasājs (parasti praksē izmanto, piem., papeli un vītoli – kārklu audzēšanā).

Kas ir atvasājs?

„Atvasāju” (1. attēls) raksturo atsevišķu koku sugu spēja pēc virszemes daļas nociršanas ataugt ar jauniem dzinumiem. Šī rokasgrāmata, galvenokārt, veltīta koku audzēšanai no atvasājiem. Tomēr sniegta arī informācija par tādām sugām, kuras pēc ražas ievākšanas ir stādāmas no jauna. Tādēļ saīsinājums SRC izmantots visā rokasgrāmatā un attiecas gan uz īsas aprites cikla kokaugu stādījumiem, gan uz īsa aprites cikla atvasājiem.



1. attēls. „Tradicionālie atvasāji”, kas bieži apsaimniekošanas praksē izmantoti agrāk, piemēram, vītoli (priekšplānā) un „modernie atvasāji” – īscirtmeta papeļu stādījums (attēla fonā) (Avots: D. Rutz).

Daudzgadīgo SRC ierīkošanai izmantojamas meža koku sugas, tādas kā alksnis, osis, dienvīdus dižskābardis, bērzs, eikalipts, papele, vītols, paulonija, papīra zīdkoks, baltā akācija, Austrālijas akācija, kalnu kļava un citas. Eiropā, galvenokārt, izmanto apses, papeles un vītulus, jeb kārkļus. Tādēļ rokasgrāmatā īpaša uzmanība pievērsta tieši šīm sugām. Latvijā īsircimeta atvasājiem pieskaitāmi kārkļi, papeles, apses un baltalkšņi.

SRC ir lieliska alternatīva viengadīgajām energokultūrām, jo ir iekļaujamas jau pastāvošajās lauksaimniecības sistēmās. Kopumā SRC kultivācija pēc savas definīcijas ir minimālu aktivitāti prasīša lauksaimnieciskā prakse un, ņemot vērā ka kultūras tiek audzētas vairākus gadus, turklāt ar zemām siltumnīcas efekta gāzu (SEG) emisijām un ierobežotu ķīmikāliju izmantošanu, tādēļ to apsaimniekošana ir minimāla. Pesticīdi izmantojami reti vai nedaudz, bet vairumā gadījumu nemaz, pārsvarā jau tā nosacīti zemās ekonomiskās vērtības samazināšanās dēļ (salīdzinājumā ar tradicionālajām lauksaimniecības kultūrām), jo saražotā biomasa tiks izmantota enerģijas ieguvei. Salīdzinājumā ar tradicionālajām lauksaimniecības kultūrām, koku mēslošana bieži netiek praktizēta, jo kultūras ir daudzgadīgas un aug vairākus gadus pirms ražas novākšanas, izmantojot barības vielas, kuras augsnes un augu sistēmas pārstrādājušas no lapām un atmirušajām saknēm. Pat gadījumos, kad vēlams slāpekļa mēslojuma izmantošana, piemēram, kārkļu īsircimeta atvasājiem, ieteicamie mēslojuma daudzumi ir ievērojami mazāki salīdzinājumā ar tradicionālajām lauksaimniecības kultūrām.

Papildus enerģētiskās koksnes iegūšanai, īsircimeta kokaugu audzēšanai ir daudz priekšrocību salīdzinājumā ar viengadīgajām kultūrām. Kokaugu stādījumi palīdz uzlabot ūdens kvalitāti, tajos sastopama arī lielāka bioloģiskā daudzveidība, turklāt tie nodrošina ekosistēmas pakalpojumus (medīšana, biškopība, ūdens aprīte, ugunsdrošība), pazemina dzīvnieku slimību izplatību fermās, novērš un aizkavē eroziju, minimizē sintezēto materiālu izmantošanu (mēslojums, pesticīdi) un, piesaistot oglekli, mazina klimata izmaiņas. Šīs priekšrocības ir jāizmanto, lai ilgtspējīgi ražotu šķeldu no īsircimeta kokaugu stādījumiem, tādā veidā veicinot kokaugu pozitīvo ietekmi uz vidi. Tādēļ ļoti nozīmīga ir ilgtspējīguma aspektu izvērtēšana: īsās aprītes cikla kokaugu stādījumiem ir labvēlīga ietekme uz mazauglīgu augsni un, it īpaši, kā ainavas uzlabošanas struktūrelementam, kas norobežo, piemēram, laukus, ceļus un elektroapgādes līnijas. SRCplus projektā jo īpaši tiek uzsvērta piegāžu ķēžu ilgtspējīguma nozīme (Dimitriou u.c., 2014a; Dimitriou & Rutz, 2014; Dimitriou & Fistrek, 2014).

1 Stādījumu vietas izvēle

Veiksmīgas SRC stādījumu ierīkošanas pamatnoteikums ir piemērotas augsnes/vietas izvēle. Šajā nodaļā aprakstīti dažādi faktori, kas jāņem vērā, izvēloties vietu stādījumiem, piemēram, augšanas un klimata apstākļi, kā arī stādījumu izvietojums.

1.1 Nepieciešamie augšanas apstākļi

Lai vieta būtu piemērota Īscirtmeta atvasāju stādījumu ierīkošanai, jāievēro vairākas prasības. Svarīga ir platības atrašanās vieta ir, tomēr ne mazāk nozīmīga ir augsne un ūdens režīms, kas tieši ietekmē stādījumu produktivitāti un un no tiem gūstamos ienākumus. Nepieciešamie ūdens un augsnes apstākļi ir atkarīgi no koku sugas. Tāpēc kokaugu sugu izvēlas (sīkāk aprakstīts 2. nodaļā), izvērtējot augšanas apstākļus konkrētajā vietā. Šajā nodaļā sniegtas norādes par galveno, kas jāņem vērā, introducējot dažādas kokaugu sugas. Grāmatā īpaša uzmanība pievērsta kārkļiem un papelēm, kas ir visbiežāk bioenerģijas ieguvei izmantotās koku sugas lauksaimniecības zemēs ierīkotajos Īscirtmeta atvasāju stādījumos.

Augsne. Sugas, kas izmantotas SRC stādījumos lauksaimniecības zemēs, ir salīdzinoši mazprasīgas, tomēr augstāka koksnes produktivitāte tiks sasniegta auglīgākās augsnēs. Īscirtmeta atvasāju (SRC) sugas augs dažādās lauksaimniecības augsnēs, un to produktivitāti, tāpat kā citām lauksaimniecības kultūrām, noteiks augsnes auglība, temperatūra, ūdens režīms un gaismas pieejamība. Koki attīstīsies labi augsnēs, kuru pH līmenis ir 5-7,5, tomēr pētījumi liecina, ka, piemēram, vītulu un papelu stādmateriāls ir iecietīgs arī pret augsni, kuras skābums ir ārpus šī diapazona (Caslin u.c., 2010). Sausās un vieglās smilts augsnēs var būt traucēta ūdens pieejamība, tāpēc stādījumus šādās augsnēs nemēdz ierīkot. Mazražīgi ir arī stādījumi, kas ierīkoti seklās augsnēs. Īscirtmeta atvasāju stādījumos svarīga ir nezāļu kontrole, kas var būt īpaši apgrūtināta augsnēs ar augstu organisko vielu saturu, kā arī kūdras augsnēs. Īscirtmeta atvasāju stādījumiem piemērots ir vidējs līdz smags, labi aerēts smilšmāls, kas pietiekami labi aiztur mitrumu. Ja augsne ir apstrādājama vismaz 200-250 mm dziļumā, stādījumus iespējams ierīkot arī mehāniski. Īscirtmeta atvasāju stādījumu izveidošana pārmitrās palieņu augsnēs (2. un 3. attēls), ir rūpīgi izvērtējama, jo gan stādījumu ierīkošana, gan biomasas ieguve ar smago tehniku šajā gadījumā var būt apgrūtināta. Augsnes sablīvēšanās ir viens no negatīvajiem faktoriem, ko var izraisīt pārmitru augšņu apsaimniekošana. Šādās augsnēs smagā tehnika izmantojama tikai sausā laikā vai arī tad, kad augsne ir sasalusi.



2. attēls. Kārķļu *Tsirtmeta* atvasāju stādījumi izstrādātā kūdras laukā Baltkrievijā. Lai gan SRC stādījumus nav ieteicams ierīkot augsnēs ar augstu organisko vielu saturu, kārķļu SRC iespējams audzēt un izmantot augsnes atjaunošanai arī šādās augsnēs (Avots: I. Dimitriou).



3. attēls. Kārķļu SRC stādījumi Zviedrijā, laukā ar augstu gruntsūdens līmeni. Neskatoties uz augsto ūdens līmeni, no kura būtu jāizvairās, vītulu SRC stādījumi joprojām aug apmierinoši, jo pacieš anaerobu vidi (Avots: I. Dimitriou).

Ūdens pieejamība: SRC stādījumiem nepieciešams vairāk ūdens nekā citām lauksaimniecības kultūrām, tādēļ SRC stādījumu ierīkošanai piemērotākas ir teritorijas ar lielāku nokrišņu daudzumu, labāku piekļuvi gruntsūdeņiem vai citiem ūdens pieejamības apstākļiem (piem., tuvumā esošām ūdenstilpnēm un notekūdeņu baseiniem) (skat. 4. attēlu). Dažas no SRC izmantotajām koku sugām, piemēram, kārķli, spēj paciest anaerobu vidi, kas radusies, ūdenim uzkrājoties augsnē. Lai šādās platībās audzētu kārķļus, izvēloties stādījuma vietu, jāņem vērā apgrūtinātie biomasas ieguves apstākļi.

Atkarībā no SRC stādījumos pielietotās koku sugas, variē arī nepieciešamība pēc ūdens, kas var būt atšķirīga arī starp vienas sugas šķirnēm un kloniem. Šī iemesla dēļ, kokaudzētavām vai citiem stādmateriāla izplatītājiem, būtu jākonsultē lauksaimnieki un zemes īpašnieki par stādmateriāla piemērotību konkrētajiem augšanas apstākļiem. Būtiski, lai sekotu līdzi, vai pēc spraudņu iestādīšanas augsne ir pietiekami mitra. Tā kā spraudņiem vēl nav attīstīta sakņu sistēma, un pietiekams augsnes mitrums ir viens no notejošajiem faktoriem veiksmīgai stādījumu kultivēšanai, tādēļ rūpīgi jāplāno stādīšanas laiks, jo stādīšana sausajā periodā var radīt lielus zaudējumus.

Paaugstināta ietekme uz gruntsūdens līmeni ir izteikta, stādot SRC sausās vietās. Valstīs, kur ūdens pieejamība ir limitēta un tiek izmantotas koku sugas, kas ir pielāgojušās siltam klimatam (piem., eikalipti), īpaši apsverama ir stādījumu ietekme uz gruntsūdeni, kurai SRC jāseko īpaši tad, kad lielu daļu no ūdens sateces laukuma aizņems stādījumi. Jāatzīmē, ka tik jūtama stādījumu ietekme uz ūdens režīmu Eiropā nav konstatēta arī tādēļ, ka stādījumi ierīkoti tikai nelielās ūdens sateču laukumus daļās (Dimitriou u.c., 2012a). Ņemot vērā zemju izmantošanas dažādību Eiropas lauksaimniecībā, būtiska SRC stādījumu ietekme uz ūdens režīmiem nav paredzama. SRC ir vairākas priekšrocības tos izmantojot kā buferzonu, kā arī ierīkojot stādījumus intensīvas lauksaimniecības platībās. Šādās vietās SRC stādījumi efektīvi novērš nelietderīgu barības vielu izskalošanos. Pazeminātais barības vielu zudums un paaugstinātā evapotranspirācija (iztvaikošana) samazina barības vielu ieskalošanos gruntsūdeņos un tuvējās ūdenstilpnēs.

Lai sagādātu sev pietiekami daudz ūdens, SRC stādījumos koku saknes iesniedzas dziļāk augsnē salīdzinājumā ar viengadīgajiem kultūraugiem, kas radījis bažas par iespējamām meliorācijas sistēmu bojājumiem. Laukos, kur ierīkotas drenāžas sistēmas, augšņu virskārtas nodrošinājums ar ūdeni ir pietiekams, tādēļ koki neveido dziļu sakņu sistēmu. Šādās vietās saknes koncentrējas augšņu augšējās 40-50 cm slāņos. Ja drenāžas sistēma ierīkota nesen, potenciālo risku novēršanai SRC audzētājam būtu apsverama citas vietas izvēle. Jāņem vērā arī nosusināšanas sistēmas vecums, salīdzinot to ar sagaidāmo SRC stādījumu ilglaicīgumu. Apsverama arī SRC stādījumu ierīkošana platībās ar bojātu vai novecojušu drenāžas sistēmu, kura šādā gadījumā nebūtu atjaunojama.



4. attēls. Papeļu SRC stādījumi Dienvidspānijā, kurus apūdeņo un mēslo pilsētas notekūdeņi. Neskatoties uz sausajiem augšanas apstākļiem, SRC var augt apmierinoši arī bez apūdeņošanas, tomēr, izmantojot notekūdeņus, augšana tiek uzlabota (Avots: I. Dimitriou).



5. attēls. Kārķu SRC stādījumi lauku ceļa malā. Ceļš nodrošina ērtu piebraukšanu, savukārt stādījumu platās malas atvieglo to apsaimniekošanu (piemēram, biomasas iegūvi) (Avots: N-E. Nordh).

Piekļūšana: SRC stādījumi būtu ierīkojami netālu no lauksaimniecības vai lauku ceļiem (skat. 5. att.), lai nodrošinātu ērtu piekļuvi to apsaimniekošanai nepieciešamajai tehnikai. Ja stādīšanu un biomasas iegūvi plānots veikt automatizēti, stādījumiem nebūs piemērotas platības nogāzēs, kas slīpākas par 10 % (īpaši mitros apstākļos). Mazākiem stādījumiem, kurus plānots ierīkot un biomasu iegūt moto-manuāli, piemērotas arī stāvākas nogāzes. Regulārāka transportlīdzekļu piekļuve SRC stādījumiem paredzama ziemā, kad notiks biomasas ievākšana. Iegūtās koksnes nozīmīgā svara dēļ, stādījumiem būtu jāatrodas iespējami tuvāk asfaltētiem ceļiem (vai ceļiem ar cita veida cieta segumu).

Stādījumu lielums: Stādījumu lielumam ir vērā ņemama ietekme uz stādījumu turpmāko apsaimniekošanu, loģistiku un ar to saistītajām izmaksām. Atkarībā no valsts un ierīkotāja izvirzītā mērķa, lai stādījums būtu dzīvotspējīgs un ekonomiski izdevīgs, tā platībai jābūt vismaz 2-5 ha lielai. Tomēr SRC stādījumu platības var būt arī mazākas (skat. 6. att.), ja apkārtnē ierīkoti vēl vairāki stādījumi un paredzamos darbus iespējams veikt koordinēti (vienlaicīgi iegūstot biomasu un tādējādi samazinot tehnikas transportēšanas izmaksas). Mazāka izmēra platības piemērotas arī lauksaimniekiem, kuriem stādījumi ir mājsaimniecībai nepieciešamais enerģijas avots, kā arī gadījumos, ja darbus pārsvarā paredzēts veikt manuāli.



6. attēls. Maza izmēra kārkļu SRC stādījumi lauksaimniecības ainavā. Lai gan platība ir neliela (aptuveni 2 ha), stādījumi atrodas tuvu citiem SRC stādījumiem, un līdz ar to lauku apsaimniekošana tiek apvienota (Avots: N-E. Nordh).

Lauka formai ir nozīmīga loma: tā nosaka, cik viegla un laikietilpīga būs stādījumu apsaimniekošana, un to, kāds būs stādījumu ekonomiskais rezultāts. Gari un taisnstūra veida lauki ir vieglāk apsaimniekojami, īpaši, ja plānots uz vietas veikt arī šķeldošanu. Šādas formas lauki ir vieglāk nožogojami, pasargājot stādījumus no dzīvnieku izraisītiem bojājumiem (piem., trušu un stirnu). Tomēr, praksē garos un taisnstūra formas laukos pārsvarā stādīta viengadīgas lauksaimniecības kultūras, bet SRC stādījumiem atvēlēti mazi un neregulāras formas lauki. SRC stādījumu uzturēšana un nepieciešamais resursu ieguldījums ir daudz mazāks, nekā kultivējot viengadīgās lauksaimniecības kultūras (JTI, 2014).

Atrašanās vieta: SRC apsaimniekošana ir līdzīgāka viengadīgo lauksaimniecības kultūru, nevis mežu apsaimniekošanai. Tomēr SRC stādījumu īpatnības – koku augstums (atkarībā no izvēlētajā koku suga koki 3-4 gados var sasniegt pat 8 m augstumu), un tas, ka koki tiek stādīti rindās – izmaina ierasto lauksaimniecības zemju ainavu. Viengadīgās kultūras veido atvērtas ainavas, bet SRC stādījumi šādā ainavā rada jaunas iezīmes un dimensijas. SRC stādījumi var negatīvi ietekmēt atvērtu ainavu, tomēr labi izplānots stādījumu izvietojums to tikai uzlabo.

Likumdošanā var būt prasība, ka pirms SRC stādījumu ierīkošanas saņemama atļauja no kaimiņu zemes īpašniekiem. Stādījumu īpašniekam/apsaimniekotājam jāuztur dialogs ar kaimiņu zemes īpašniekiem, lai izvairītos no konfliktiem un vairotu viņu interesi par SRC.

SRC stādījumus neierīko vēsturiski nozīmīgās vietās vai tuvu tām, ja stādījumu augstums var negatīvi ietekmēt vietas vērtību. Jāievēro likumdošana, kas attiecas uz vietām ar īpašu aizsardzības statusu, un jānovērš stādījumu potenciālā, negatīvā ietekme uz aizsargājamām dabas un ainavas teritorijām. Ja SRC stādījumi atrodas zem elektrolīnijām, jānodrošina pieeja elektrolīnijām. SRC stādījumi (piem., atvasāji) pirms ražas ievākšanas var sasniegt 8 m un lielāku augstumu, tāpēc jānodrošina, lai tie neskartu elektroapgādes līnijas.

Ja SRC stādījumi ierīkoti, lai ar biomasu apgādātu liela mēroga spēkstaciju (skat. 9. att.), un ir koncentrēti nelielā rādiusā ap spēkstaciju, ainava tiks būtiski izmainīta: to ietekmēs arī izvēlētajā koku suga un stādījumu biežība. Stādījumi ainavu neietekmē, ja biomasu ražo nelielos apjomos. Stādījumu ietekme uz ainavu novērtējama, veicot vienkāršu aprēķinu: 2 MW_{el} jaudīgas stacijas nepārtrauktai darbībai būs nepieciešami aptuveni 15-20 tūkstoši tonnu sausas koksnes biomasas. To var iegūt no SRC stādījumu 1 500-2 000 ha (ja stādījumu raža ir 10 t biomasas saunas/ha gadā). Šāda platība atbilst aptuveni 1,5 % no platības 20 km rādiusā (20 km no biomasas gala lietotāja viedokļa ir ekonomiski pamatots rādiuss). Šajā gadījumā ietekme uz ainavu nav uzskatāma par nozīmīgu. Apvidū ar aizsargjoslām un mežiem ainava nav atvērta un SRC stādījumus iespējams apvienot, neradot būtiskas izmaiņas ainavā. Ja pārredzamība ir plaša (atvērta ainava), vai ja stādījumi ierīkoti vietā ar līdzenu reljefu, ainava harmonizējama, stādījumus veidojot dabīgā, nevis ģeometriski precīzā, formā. Salīdzinoši lielas, esošajam meža nogabalam piegulošas plantācijas ir estētiski izskatīgas un videi draudzīgas (skat. 7. att.). Augu daudzveidība, kas

radusies sajaucoties šķirnēm (piemēram, dažādiem atšķirīgas formas un krāsas kloniem), un pakāpeniska biomasas ražas ievākšana, lauksaimniecības ainavu padara dinamiskāku (JTI 2014).



7. attēls. Neliels taisnstūra formas kārkļu SRC lauks, kas ierīkots lauksaimniecības zemē, bet atrodas pie meža, nodrošina vienmērīgu ainavas pāreju (Avots: N-E. Nordh).

Ierīkojot SRC stādījumus, jācenšas ainavu stipri neizmainīt un jāapzinās arī stādījumu potenciālā ietekme uz vidi (1.tabula). Zemāk uzskaitīti vispārīgie ieteikumi stādījumu ierīkošanai, tomēr jāatceras, ka katra vieta ir izvērtējama individuāli un saistībā ar augsnes īpašībām (Dimitriou u.c., 2014a).

- SRC stādījumu ierīkošana lauksaimniecības zemēs, tuvu mežaudzēm, veicina dabisku ainavas turpinājumu (nepārtrauktību). Šāds stādījumu izvietojums ir vēlams, tomēr nevajadzētu veidot mežaini pārāk viendabīgu ainavu.
- Atšķirīgi rotācijas periodi un pakāpeniska koksnes ražas ievākšana rada daudzveidīgu un dinamisku ainavu.
- SRC stādījumu ierīkošana kultūrvēsturisku objektu tuvumā var estētiski negatīvi ietekmēt ainavu.
- Atšķirīgu klonu stādīšana (dažāds lapu izmērs, forma, krāsa) palielina vizuālo daudzveidību. Pietiekami plaši atvērumi starp stādījumiem paaugstina vietas rekreatīvo vērtību.
- Lietderīgi SRC stādījumus ierīkot gar ceļiem ar intensīvu satiksmi, jo zeme gar ceļu malām bieži vien netiek izmantota. Stādījumi nedrīkst samazināt drošību uz ceļa. Lai autovadītāji pietiekami labi pārrēdzētu ceļu, piemēram, pagriezienos un krustojumos, attālumam starp ceļa un lauka malu jābūt pietiekami lielam (skat. 8., 10. un 11. att.).
- Uz ceļiem ar mazāk intensīvu satiksmi, piemēram, lauku teritorijās, SRC stādījumu ietekme uz satiksmes drošību ir neliela. Vieglākai stādījumu apsaimniekošanai (piem., biomasas ražas novākšanas mašīnu pārvietošanās atvieglošanai) ir nepieciešama pietiekami plata lauka mala.
- Lielas spēkstacijas, kas enerģijas ieguvei izmanto ģeotermālo atvasājus, bieži vien atrodas rūpnieciskajās zonās, kur SRC stādījumu ierīkošana varētu būt sava veida zonas apzaļumošanas pasākums.
- Atklātās ainavās un platībās, kur audzē viengadīgos lauksaimniecības augus, SRC stādījumi papildinās ainavas daudzveidību.
- SRC stādījumi ierīkojami vietās, kur tie iespējami mazāk ietekmētu ainavu (piem., meža tuvumā, paaugurainās vietās, tālu no nozīmīgiem kultūras objektiem) un

veiksmīgi tajā iekļautos (piem., pie mazākiem meža nogabaliem, plašās, atvērtās lauksaimniecības zemēs, pielāgojot reljefam paugurainās teritorijas).

1. tabula. SRC stādījumu vietas izvēli noteicošie faktori, stādījumus ierīkojot enerģijas ieguvei

Vietējie dabas un ģeogrāfiskie apstākļi	Infrastruktūra un tehniskie aspekti
<ul style="list-style-type: none"> • Mikroklimats; • Augsne; • jutīgums pret dabas apdraudējumiem; • uzņēmība pret parazītiem/slimībām un dzīvnieku nodarītiem bojājumiem; • bioloģiskā daudzveidība. 	<ul style="list-style-type: none"> • attālums līdz biomasas uzpircējiem; • SRC stādījumu pieejamība stādījumu ierīkošanai un apsaimniekošanai; • elektrolīnijas, kas šķērso stādījumus; • atbilstošu stādīšanas un biomasas ražas novākšanas iekārtu pieejamība.



8. attēls. SRC stādījumi lielceļa tuvumā. Platākas malas starp lauku un ceļu autovadītājiem nodrošina labāku pārredzamību (Avots: N-E. Nordh).



9. attēls. Biomasas ražas ievākšana lielā kārkļu SRC stādījumā, tuvu koģenerācijas stacijai (stacijas skurstenis redzams attēla augšējā kreisajā stūrī), kas saņem koksnes šķeldu. Transportēšanas izmaksas samazinās, ja biomasas enerģijas ieguvei tiek ražota tuvu galalietotājam (Avots: I. Dimitriou).



10. attēls. Papeļu SRC stādījumi blakus ceļam Vācijā Ceļa pārredzamība nav traucēta. (Avots: D. Rutz).



11. attēls. Kārkļu SRC stādījumi blakus ceļam Zviedrijā. Ceļa pārredzamība nav traucēta (Avots: D. Rutz).

1.2 Klimats

SRC stādījumos biomasas ieguvei izmantojamas daudzas un dažādas koku sugas, kuru

izvēli nosaka vietas klimatiskie apstākļi.

Patlaban SRC stādījumos Eiropā visbiežāk izmanto mērenās zonas ziemeļu daļas sugas – kārkļus un papeles. Šīs sugas var augt dažādos klimatiskos apstākļos un ir izturīgas pret aukstumu. Audzējot vītulus un kārkļus pārāk sausā augsnē, liela raža nav sagaidāma. Sausās augsnēs stādāmas sugas vai kloni/šķirnes, kurām nepieciešams salīdzinoši neliels ūdens daudzums.

SRC stādījumos Eiropas dienvidos iespējams izmantot pret salu jutīgas sugas, tomēr svarīgākais rādītājs, izvēloties sugu un/vai šķirni, ir sugas sausumizturība. Stādījumu ierīkošanas gadā, kamēr spraudēņi vēl nav apsakņojušies, īpaši rūpīgi jāseko ūdens pietiekamībai stādījumos.

SRC stādījumu ierīkošanā izmantotajam stādmateriālam jābūt pārbaudītam vietējos augšanas apstākļos un licencētam. Ir vairāki kloni/šķirnes, kas piemēroti audzēšanai tikai noteiktos platuma grādos, bet ārpus tiem nespēj sasniegt augstu ražīgumu vai pat iznīkst. Tāpēc stādījumu ierīkošanai ieteicams izmantot vietējos augšanas apstākļos pārbaudītu stādmateriālu no vietējām kokaudzētavām.

1.3 Stādījumu izvietojums

Ierīkojot SRC stādījumus un plānojot to izvietojumu, bez biomasas ražas iespējamās maksimizēšanas, jāņem vērā arī stādījumu apsaimniekošanas praktiskie jautājumi, un tas, kā veicināt tscirtmeta atvasāju pozitīvo ietekmi uz vidi.

No ekspluatācijas viedokļa, stādījumu ierīkošanai ideāli piemērotas ir līdzenas platības vai platības ar nogāzi ne stāvāku par 10 %. Tomēr, augsnes erozijas mazināšanai, SRC stādījumus bieži ierīko arī uz stāvākām nogāzēm. SRC stādījumu izvietojums jāieplāno tā, lai stādījumiem būtu nodrošināta to ierīkošanā un biomasas ražas ievākšanā iesaistītās tehnikas iespējami ērtāka piekļuve.

Ceļiem jābūt pietiekami platiem, lai ražas ievākšanā izmantotās iekārtas (pļāvējs un/vai pavadošie šķeldas savākšanas traktori) varētu veikt apgriešanās manevrus. Šādas stādījumu platībai piederošas, bet neapstādītas apgriešanās joslas ļauj palielināt bioloģisko daudzveidību stādījumu malās, kur iespējams audzēt vietējās zālaugu kultūras. Ja kārkļu un papeļu biomasas ieguvei tiek izmantota mehanizētā ražas novākšanas tehnika, apgriešanās joslām jābūt vismaz 6-7 m platām. Platībai jābūt pietiekami lielai, lai transportētu koksnes biomasu un ilglaicīgi uzglabātu sašķeldoto biomasu vai balķus (skat. 12. att.).



12. attēls. SRC biomasas ražas ievācējs (harvesters), kas izmanto platās lauka malas sašķeldotās koksnes uzglabāšanai. Pirms šķeldu nogādāšanas gala lietotājam, to mitrumu samazina, tās kaltējot

kaudzēs lauka malā (Avots: I. Dimitriou).

Plānojot stādījumu izkārtojumu, jācenšas maksimizēt rindu garumu, tādā veidā samazinot nepieciešamo mašīnas apgriezīu skaitu. Ideāli, ja rindu garums ir tik liels, ka harvesters pirms apgriešanās var piepildīt vienu vai divas piekabes ar koksnes šķeldām (JTI 2014).

Ierīkojot jaunus SRC stādījumus, nevajadzētu kavēt tiem publisku piekļuvi. Tas īpaši attiecināms uz teritorijām ar augstu rekreācijas potenciālu, piemēram, vietām pilsētu tuvumā. Rūpīga publiskās piekļuves plānošana un konsultēšanās ar ieinteresētajām personām var novērst iespējamus konfliktus. Plaši lauki starp SRC stādījumu blokiem palielinās publisko piekļuvi un SRC stādījumu rekreācijas vērtību. Šādi lauki jeb koridori un platās joslas starp ceļa un lauka malu, kā arī garās stādījumu rindas, veicinās augu un dzīvnieku daudzveidību teritorijā.

Stādījumi izvietojami tā, lai tie iespējami labāk iederētos ainavā (kā norādīts iepriekš), vislabāk – blakus vai tuvu mežaudzēm (t.sk. aizsargjoslu stādījumiem un/vai nelielām mežainām platībām). Malas ir būtisks ainavas elements. SRC stādījumu malām jāizskatās pēc iespējas dabiskāk. Ap stādījumiem var ierīkot dzīvžogus, kurus katru gadu jākopj. Alternatīva dzīvžogam var būt viengadīgie lauksaimniecības augi.

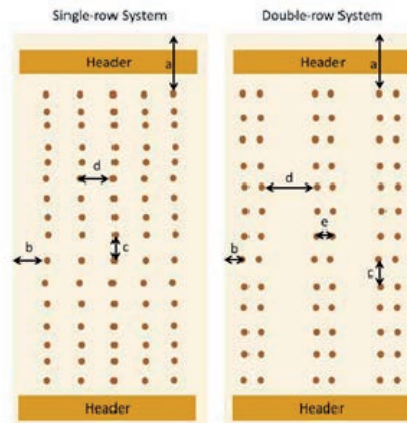
SRC stādījumu centrālās daļas izkārtojums var būt dažāds, ko zināmā mērā noteiks izmantotās sugas un to rotācijas periods (skat. 2. tabulu un 13. attēlu). Kārķu un papeļu atvasāju stādījumu blīvums ir augsts – stādīšanas biežums sasniedz 5 000 līdz 20 000 spraužu uz hektāra. Lai atvieglotu šādu stādījumu mehanizētu apsaimniekošanu stādot, mēslojot un ievācot ražu, ieteicama stādīšana vienā rindā vai dubultrindās.

2. tabula. Stādījumu plāns kārkliem un papelēm Vācijā (Pēc Wald 21)

	Īsa rotācija (3-5 gadi)	Vidēja rotācija (6-8 gadi)	Gara rotācija (> 10 gadiem)
Kārkli	<ul style="list-style-type: none"> • 13 000 spraudeņi/ha; • dubultrindas: 2 m × 0,75 m; • intervāls: ik pēc 55 cm (rindā). 	<ul style="list-style-type: none"> • nav noteikts. 	<ul style="list-style-type: none"> • nav noteikts.
Papeles	<ul style="list-style-type: none"> • 8 300-11 000 spraudeņi/ha; • Vienā rindā: 2 m; • Atstatums: ik pēc ~ 45-60 cm (rindā). 	<ul style="list-style-type: none"> • 5 000 spraudeņi/ha; • vienā rindā: 2 m; • atstatums: ik pēc ~ 1 m (rindā). 	<ul style="list-style-type: none"> • 2 500-3 333 spraudeņi/ha; • vienā rindā: 2 m; • atstatums: ik pēc ~ 1,5-2 m (rindā).

Papeļu stādījumus visbiežāk ierīko rindās, ar 2 m attālumu starp rindām un 0,45 m līdz 2 m atstatumu starp spraudeņiem (atkarībā no rotācijas perioda ilguma). Papeles var stādīt arī dubultrindās.

Izmantojot dubultrindu sistēmu, iespējams samazināt stādījumu apsaimniekošanas laikietilpīgumu un apsaimniekošanas izmaksas. Dubultrindu sistēma īpaši piemērota kārkļu stādījumiem, kur atvasājiem ir daudz sīku atvašu un rotācijas periodi ir ļoti īsi. Biežāk lietotais rindu attālums ir 1,50 m starp dubultrindām un 0,75 m starp dubultrindas rindām, atstatums starp spraudeņiem rindā – 0,5 m līdz 0,8 m (atkarīgs no atrašanās vietas un izmantotajiem kloniem vai sugām). Mainot rindstarpu attālumu vai atstatumu starp spraudeņiem, iespējams ietekmēt biomasas galaproduktu – īpaši koku augstumu un caurmēru. Savlaicīga konsultēšanās ar potenciālajiem biomasas lietotājiem (jau stādījumu plānošanas posmā) ir nepieciešama, lai, ievācot ražu, varētu apmierināt pircēju izteiktās prasības.



13. attēls. Vienkāršotas stādījumu shēmas piemēri vienrindu un dubultrindu sistēmā (neatbilst mērogam) (a – hedera platums (8 m); b – attālums līdz lauka malai (2 m); c – atstatums starp spraudeņiem rindā (0,45-2 m); d – attālums starp rindām (2 m); e – attālums starp dubultrindas rindām (0,75 m)) (Avots: D. Rutz).



14.attēls. Dažāda vecuma kārķļu SRC stādījumi, kuriem izmantoti vairāki kloni, bagātina ainavu. Atšķirīgais klonu augstums un krāsainums vairo stādījumu dažādību, un, pateicoties platajai joslai starp stādījumu malām, nav traucēta kaimiņu pārvietošanās starp laukiem (Avots: N-E. Nordh).

1.4 Likumdošana

Izvēloties stādījumu vietu, svarīgi ir apgūt ar stādījumu ierīkošanu saistīto likumdošanu. Stādījumu ierīkošanu nosaka gan valsts, gan reģionālā un vietējā līmeņa likumi, noteikumi u.c. normatīvie dokumenti. Ierīkojot SRC stādījumus, nereti tiek mainīts iepriekšējais zemes saimnieciskās izmantošanas veids (lauksaimniecības zeme, pļava, mežs, pamesta zeme utml.).

Daudzās valstīs jaunu SRC stādījumu ierīkošana meža zemēs nav ieteicama, vai pat ar likumu aizliegta. Tikai dažās valstīs SRC stādījumi tiek klasificēti kā meža zeme. Dažviet, piemēram, Bavārijā (Vācija), ir aizliegta SRC stādījumu ierīkošana pļavās. Ja īsirtmeta atvasājus novāc konkrētā laika periodā (piemēram, Vācijā tie ir 20 gadi), tie tiek uzskatīti par vienlīdzīgiem viengadīgajām kultūrām lauksaimniecības zemēs.

Paralēli vispārējiem noteikumiem, kas attiecas uz SRC ierīkošanu (atšķiras starp Eiropas valstīm), jāņem vērā arī zemes aizsardzības statuss, kas ne vienmēr nozīmē stādījumu ierīkošanas aizliegumu. To, vai stādījumus atļauts vai aizliegts ierīkot, nosaka aizsardzības statusa veids: noteikumi atšķiras, ja tas ir aizsargājams ainavas objekts, dabas aizsardzības vai Natura 2000 teritorija. Jāņem vērā arī likumdošanā noteiktās prasības attiecībā uz ūdens resursu apsaimniekošanu: ūdens drenāžas (sateces) teritorija, plūdu skartās zonas un barības vielu izskalošanās riskam pakļautās - jutīgās teritorijas.

Likumdošana var ietekmēt arī šķirņu un klonu izvēli, atzīstot tikai noteiktu sugu klonu/šķirņu izmantošanu. Nereti likumdošanā noteikts attālums līdz kaimiņu īpašumam (visbiežāk tā ir 2 m plata, tukša josla starp stādījumiem un kaimiņu zemi).

1.5 Ilgtspējīga stādījumu vietas izvēle

Biomasa pieprasījuma pieaugums enerģētikas un bioloģisko materiālu ražošanas vajadzībām, ir aktualizējis diskusijas par bioenerģijas ilgtspējību. Ievērojot vairākus aspektus, SRC stādījumu ierīkošana un tīrcirtmeta atvasāju izmantošana var uzlabot šīs jomas ilgtspējību. SRCplus ziņojumā „Ilgtspējības kritēriji un rekomendācijas tīrcirtmeta meža kultūru audzēšanā” ir pieejams šo aspektu detalizēts apraksts (Dimitriou & Rutz, 2014). Tālāk sniegts tikai vispārīgs pārskats par ziņojuma saturu.

SRC audzēšana pēc definīcijas ir mazu izmaksu lauksaimniecības prakse, un, ierobežotās ķīmikāliju izmantošanas rezultātā, paredz nelielas SEG emisijas. Stādījumu ilggadīgums nodrošina zemas apsaimniekošanas izmaksas. Pesticīdu izmantošanas apmēri SRC stādījumos ir niecīgi, un visbiežāk tie vispār netiek izmantoti. Pesticīdu nelielo izmantošanas apmēru iemesls nav slimību vai kaitēkļu neesamība, bet gan nosacīti zemā pesticīdu izmantošanas ekonomiskā vērtība (salīdzinājumā ar tradicionālajām lauksaimniecības kultūrām). Stādījumos saražotā biomasa tiek izmantota tikai enerģijas ieguvei. SRC stādījumu mēslošana, salīdzinājumā ar tradicionālo lauksaimniecības kultūru mēslošanu, nav intensīva. Koku mēslošana nav ierasta prakse, un daudzgadīgās kultūras aug vairākus gadus, izmantojot barības vielas, kas radušās, sadaloties nokritušajām lapām un atmirušajām saknēm. Pat gadījumos, kad vēlama, piemēram, kārkļu tīrcirtmeta atvasāju mēslošana ar slāpekli (N), ieteicamās mēslošanas devas (aptuveni 80 kg N uz hektāru gadā) ir ievērojami mazākas nekā citām lauksaimniecības kultūrām.

Augsnes ielabošanai pastāv tehniski un fizioloģiski ierobežojumi (piemēram, koku augstums). Mēslošanas aprīkojums nav piemērots ikgadējai mēslošanai, īpaši, kad ierīkoti sabiezināti stādījumi, kā tas ir kārkļu un papeļu SRC stādījumos. Arī aršana izdarāma tikai vienreiz – ierīkojot stādījumus, un cita veida augsnes apstrāde nav veicama līdz rotācijas perioda beigām, kas var ilgt pat desmitgades.

Ilgtspējīgi apsaimniekojot SRC stādījumus, iespējams radīt būtisku sinerģiju (mijiedarbību) ar citām lauksaimniecības praksēm, ekosistēmas pakalpojumiem un dabas aizsardzības pasākumiem. SRC stādījumi var palīdzēt uzlabot ūdens kvalitāti, paaugstināt bioloģisko daudzveidību, nodrošināt ekosistēmas pakalpojumus (medīšana, biškopība, ūdens apgāde, ugunsdrošība), samazināt dzīvnieku slimību izplatību, novērst augsnes eroziju, mazināt mākslīgo izejmateriālu patēriņu (mēslošanas līdzekļi, pesticīdi) un samazināt klimata izmaiņu negatīvo ietekmi, asimilējot oglekli. Lai šķeldas ražošana no tīrcirtmeta atvasājiem būtu ilgtspējīga, šīs sinerģijas jāsekmē, uzlabojot SRC pozitīvo ietekmi uz vidi. Jāapsver vairāki ilgtspējības aspekti: SRC stādījumi atstāj pozitīvu ietekmi uz marginālajām augsnēm un var kalpot kā ainavas struktūrelements, piemēram, norobežojot laukus, ceļus un elektrolīnijas.

Nemot vērā SRC stādījumu nozīmīgo ietekmi uz vidi, tālāk apskatīta to ietekme uz zemes izmantošanas maiņu. Zemes izmantošanas maiņa tiek klasificēta kā tieša (tZIM) un netieša (nZIM). Zemes izmantošanas maiņa ietekmē jebkuru, uz kultūraugu sistēmām balstītu, bioenerģijas ieguves ķēdi, jo nākotnē konkurence par zemes izmantošanu kļūs arvien lielāka.

Iepriekšējam zemes izmantošanas veidam ir svarīga nozīme, izstrādājot rekomendācijas ilgtspējīgai SRC stādījumu audzēšanai. SRC kultūras nākotnē tiks audzētas dažādos zemju veidos:

- lauksaimniecības zemēs: dažādu veidu lauksaimniecības zemēs (aramzemes), atkarībā no augsnes īpašībām un ūdens pieejamības;
- pļavās: izšķir intensīvi un ekstensīvi apsaimniekotas pļavas (ganības);

- mežos: tomēr daudzās valstīs SRC nedrīkst audzēt meža zemēs (gan no likuma, gan vides aizsardzības viedokļa);
- marginālās zemēs: ir pieejamas vairākas „marginālas zemes” definīcijas. Zemes saimnieciskās izmantošanas veidiem, kas ekonomiski ir klasificēti kā “margināli” nereti ir augsta ekoloģiskā vērtība. SRC stādījumus var ierīkot uz stāvām nogāzēm (lai novērstu augsnes eroziju), plūdu skartās teritorijās, zem elektrolinijām utt.;
- aizsargājamās dabas teritorijās (zemēs ar aizsardzības statusu): iespēja ierīkot SRC stādījumus uz zemēm ar aizsardzības statusu ir atkarīga no statusa veida un apsaimniekošanas mērķiem.

Auglīgas lauksaimniecības zemes, no resursu viedokļa, ir vispiemērotākās efektīvas koksnes biomasas produkcijas ieguvei SRC stādījumos. Pareizi apsaimniekojot auglīgas teritorijas, iespējams sasniegt augstāku biomasas ražu uz platības vienības (attiecīgi, arī lielāku peļņu). SRC stādījumu ierīkošana auglīgās lauksaimniecības zemēs var pozitīvi ietekmēt ūdens kvalitāti, augsnes īpašības un bioloģisko daudzveidību (salīdzinājumā ar ierastajām, auglīgās augsnēs kultivētajām, lauksaimniecības kultūrām).

Daudzos reģionos SRC konkurētspēju ar citām kultūrām lauksaimniecības zemēs samazina pašreizējās koksnes un enerģijas cenas, tāpēc lauksaimnieki biežāk ir ieinteresēti ierīkot SRC stādījumus pamestās lauksaimniecības zemēs vai ganībās. Lauksaimniecības zemes saimnieciskās izmantošanas veida maiņa no pļavas uz stādījumiem var būt pretrunīga, jo lauksaimniecības nozare Eiropā cenšas saglabāt oglekli asimilējošas ekosistēmas vai ekosistēmas ar augstu bioloģisko daudzveidību, kā, piemēram, pļavu platības. SRC stādījumu apsaimniekošana ir līdzīga pļavu apsaimniekošanai, jo stādījumos izmantotās kokaugu kultūras ir daudzgadīgas un to audzēšanai izmanto maz pesticīdu. Arī stādījumu ietekme uz augsnes un ūdens kvalitāti ir līdzīga kā pļavās. Zemes saimnieciskās izmantošanas maiņa veicama piesardzīgi, ievērojot vides aizsardzības prasības.

SRC stādījumu audzēšanai meža zemēs ir negatīva ietekme. Tāpēc daudzas valstis ir izstrādājušas tiesību aktus, kas ierobežo SRC stādījumu ierīkošanu meža zemēs.

Visus trīs zemes izmantošanas veidus (lauksaimniecības zeme, pļava, mežs) apsaimnieko atšķirīgi. Ņemot vērā zemes apsaimniekošanas veidu, augsnes īpašības un klimata apstākļus, apzīmējums „margināla zeme” piemērojams visiem trim zemes izmantošanas veidiem. Atkarībā no ekonomiskā iznākuma, augsnes auglības, esošajiem riskiem un citu faktoriem, pastāv atšķirīgas marginālās zemes definīcijas.

Marginālas zemes var būt zemes ar vidēji vai lielā mērā piesārņotu augsni, plūdiem pakļautas teritorijas, zemes zem elektrolinijām un gar dzelzceļa sliedēm, kā arī zemes vietās ar paaugstinātu nogrūvumu risku. SRC stādījumiem izmantojamās sugas ir izturīgas un arī nelabvēlīgos apstākļos sasniedz labu ražīgumu (piemēram, augsnēs, kas piesārņotas ar smagajiem metāliem, anaerobā vidē, mazauglīgās vietās, applūstošās teritorijās), tādēļ marginālo zemju apgrūtinātā apsaimniekošana paver iespējas SRC stādījumu ierīkošanai. Šādās teritorijās bieži nav iespējams audzēt ko citu kā tikai SRC stādījumus. Paredzamā koksnes biomasas produktivitāte un zemes izmantošanas efektivitāte marginālajās zemēs ir samērā zema. Tomēr, optimizējot SRC stādījumu apsaimniekošanu, ieinteresētību marginālo zemju apgūšanai var radīt veģetācijas konkurences neesamība un vides ieguvumi. Audzējot īsirtmeta atvasājus noteiktās teritorijās, piemēram, marginālajās zemēs ar augstu bioloģisko daudzveidību, pastāv risks radīt negatīvu ietekmi uz vidi.

Visiem trim zemes izmantošanas veidiem (lauksaimniecības zeme, pļavas, meži) iespējams piešķirt aizsardzības statusu saskaņā ar reģionālo, nacionālo un ES likumdošanu. Ja aizsardzības statuss ir piešķirts konkrētām ekosistēmām, dzīvotnēm un aizsargājamām

sugām, SRC stādījumu ietekme šādās vietās var būt negatīva. Savukārt uz vietām, kurām piešķirts ainavas aizsardzības statuss, SCR ietekme var būt gan pozitīva, gan negatīva. Katrai vietai nosakāmi konkrēti aizsardzības mērķi un izvērtējama SRC stādījumu ierīkošanas ietekme uz šo mērķu realizēšanu.

SRC stādījumu ierīkošanas ietekme uz dažādiem zemes izmantošanas veidiem aplūkota 3. tabulā.

3. tabula. **SRC stādījumu ierīkošanas ietekme uz lauksaimniecības zemēm, pļavām un mežiem** (No: BUND, 2010; Dimitriou & Rutz, 2014)

Kritērijs	SRC stādījumi salīdzinājumā ar lauksaimniecības zemēm	SRC stādījumi salīdzinājumā ar pļavām	SRC stādījumi salīdzinājumā ar mežiem
Pesticīdu izmantošana	Stādījumu ierīkošanas un ražas ievākšanas laikā izmantojami līdzīgi kā lauksaimniecības zemēs; īsos rotācijas periodos nav nepieciešama.	Stādījumu ierīkošanas un ražas ievākšanas laikā izmantojami līdzīgi kā pļavās; īsos rotācijas periodos nav nepieciešama.	Augstāka.
Mēslojuma izmantošana	Ievērojami zemāka nekā konventionālajā lauksaimniecībā.	Ievērojami zemāka nekā intensīvi apsaimniekotās pļavās.	Augstāka.
Augsnes erozija	Ievērojami zemāka.	Stādījumu ierīkošanas un ražas ievākšanas laikā augstāka nekā pļavās; īsos rotācijas periodos līdzīga kā pļavai.	Nedaudz augstāka.
Bioloģiskā daudzveidība	Parasti daudz augstāka nekā intensīvi izmantotās lauksaimniecības zemēs; Ekstensīvi izmantotās lauksaimniecības zemēs var būt gan augstāka, gan zemāka.	Atkarīga no pļavas izmantošanas intensitātes un no pārstāvētajām sugām.	Atkarīga no meža tipa un SRC stādījumu veida; salīdzinājumā ar dabīgiem mežiem bioloģiskā daudzveidība SRC stādījumos ir zemāka.
Klimats un ūdens	Augstāks iztvaikošanas ātrums, labāka lietus ūdeņu saistīšana, labāka vēja aizsardzība un temperatūras līdzsvarošana; putekļu un citu piesārņotāju daudzuma samazināšana.	Augstāka iztvaikošana, augstāka vēja aizsardzība un temperatūras līdzsvarošana.	Samērā negatīva ietekme.
Oglekļa piesaiste	Ievērojami augstāka.	Augstāka vai vienāda; atkarīga no apsaimniekošanas veida.	Ievērojami zemāka CO ₂ uzglabāšanas spēja, taču ikgadējā sekvestrācija ir

Svarīgs zemes izmantošanas ilgtspējības faktors, ir enerģijas iznākums no īsirtmeta atvasāju stādījumu hektāra, salīdzinājumā ar enerģijas iznākumu no citām kultūrām. Jo lielāks enerģijas iznākums, jo augstāks ir klimata izmaiņu negatīvās ietekmes

samazināšanas potenciāls. Lai gan enerģijas iznākums ir atkarīgs no stādījumu atrašanās vietas, tā vidējās vērtības ir parādītas 4. tabulā, savukārt enerģijas bilance — 5. tabulā.

4. tabula. Ikgadējais enerģijas iznākums no SRC stādījumiem, enerģētiskajām kultūrām un meža; kWh/ha

SRC	Graudi (biogāze)	Rapsis (biodīzelis)	Mežs
16 000-60 000	37 000-55 000	11 000-21 000	10 000-27 000

5. tabula. Enerģijas bilance, kā izvēlēto kultūru ieguldījuma/iznākuma attiecība

SRC (kārkli)	SRC (papeles)	Graudi (vesels augs)	Rapsis (vesels augs)	Kvieši (ieskaitot salmus)
1:24*	1:16 līdz 1:26**	1:11*	1:9*	1:11*

Avoti: *Börjesson & Tufvesson 2011; **Burger 2011.

Kā jau iepriekš minēts, zemes izmantošanas veida maiņa ir tikai viens no aspektiem, kas jāņem vērā, izvērtējot stādījumu ilgtspējību. SRC stādījumu ietekme uz augu un dzīvnieku daudzveidību un izmaiņām augsnē, ūdenī un ainavā ir sīkāk aprakstīta ziņojumā „Ilgtspējības kritēriji un rekomendācijas Īsirtmeta kokaugu kultūru audzēšanā” (Dimitriou & Rutz, 2014).

2 Koku sugas un kloni

Eiropā enerģētiskās koksnes ieguvei izmanto vairākas ātraudzīgas koku sugas. Šajā rokasgrāmatā īpaša uzmanība pievērsta kārkļu un papelu SRC. Šīs sugas Eiropā ir izraisījušas vislielāko interesi un liela daļa pētījumu veikti tieši par papelēm un kārkļiem. Rokasgrāmatā iekļauta informācija un pētījumu rezultāti arī par tādām koku sugām kā baltā akācija, eikalipts, alkšņi, osis un bērzs, kuras arī audzē kā īscirtmeta atvasājus. Materiāls sagatavots, ņemot vērā audzēšanas apstākļu daudzveidību Eiropā.

2.1 Kārkli

Vītoli, kārkli un krūmveida kārkli veido *Salix* ģinti (skat. 15. un 16. att.), kurā ir aptuveni 400 lapu koku un krūmu sugu, kas dabā lielākoties atrodamas sākotnēji mitrās augsnēs, ziemeļu puslodes aukstajos un mērenajos reģionos. Eiropā enerģijas ražošanai galvenokārt tiek izmantoti kārkli. *Salix* ģints sugas SRC stādījumos izmanto to īpašību dēļ, jo tās ir ātraudzīgas, augstāzīgas un labi aug dažādās augsnēs (gan tām piemērotajā augsnes pH diapazonā – 5-7.5, gan ārpus tā; no smagas māla augsnes līdz vieglākas struktūras augsnēm). Kārkli labi dzen atvases (tāpēc pēc ražas novākšanas nav nepieciešama to atkārtota stādīšana), koku saknes spēj augt anaerobā vidē (var stādīt ar ūdeni piesātinātās augsnēs) un iztur paaugstinātu barības vielu un smago metālu koncentrāciju augsnē (kārkļus var stādīt nelabvēlīgā vidē, piemēram, augsnes atveseļošanai). Lielā kārkļu ģenētiskā daudzveidība ir vēl viena ģints priekšrocība. Ģenētiskā daudzveidība sugām rada atšķirīgas fizioloģiskās īpašības, tādēļ sugas izraugāmas atbilstoši audzēšanas apstākļiem. Kārkli ir viegli audzējami un atšķirīgu kārkļu klonu krustošana, iegūstot uzlabotu stādmateriālu, nav sarežģīta un ir plaši pielietota.



15. attēls. Klūdziņu kārkļa (*Salix viminalis*), ko plaši izmanto SRC stādījumos Eiropas ziemeļu daļā, lapas (Avots: P. Aronsson).



16. attēls. Ziedošs kārkls agri pavasarī (Avots: D. Rutz).

Kārkļu ģenētiskā materiāla uzlabošanas programmas Zviedrijā un Apvienotajā Karalistē ir ievērojami progresējušas kārkļu selekcijā, kas paredzēti īscirtmeta atvasājiem bioenerģijas ieguvei. Lai palielinātu biomasas ražošanu, ir nepieciešamas kokaugu šķirnes, kas būtu

piemērotas plašākam vides diapazonam un nākotnes klimata apstākļiem. Zviedrijas un Apvienotās Karalistes selekcijas programmu primārais mērķis — iegūt augstražīgas šķirnes, kas būtu izturīgas pret slimībām un kaitēkļu bojājumiem un kuru virszemes forma atvieglotu mehānisku ražas novākšanu. Visbiežāk izmantotie kloni, kas iegūti divu iepriekšminēto audzēšanas programmu ietvaros, uzskaitīti 6. tabulā.

6. tabula. Visbiežāk izmantotie kārķu kloni, kas iegūti Apvienotās Karalistes Eiropas Vītoli selekcijas partnerības (EWBP) un Zviedrijas selekcijas *Svalof-Weibull AB (SW)* programmu ietvaros (Caslin *et al.*, 2012)

Klons	Suga	Dzimte	Raksturojums	Selekcijas programma
Beagle	<i>S. viminalis</i>	Siev.	Par vidējo augstāks sausnas saturs ražas novākšanas laikā.	EWBP
Endeavour	<i>S. schwerinii</i> × <i>S. viminalis</i>	Siev.	Necieš sāļu vidi.	EWBP
Gudrun	<i>S. dasyclados</i>	Siev.	Uzņēmīgs pret lapu rūsu, pirmajā gadā aug lēni.	SW
Inger	<i>S. triandra</i> × <i>S. viminalis</i>	Siev.	Labi aug sausās augsnēs, augsts sausnas saturs, zema siltumspēja.	SW
Jorr	<i>S. viminalis</i>	Vīr.	Relatīvi uzņēmīgs pret salu.	SW
Olof	<i>S. viminalis</i> × (<i>S. viminalis</i> × <i>S. schwerinii</i>)	Vīr.	Uzņēmīgs pret rūsu, augstāks ūdens saturs šķeldā.	SW
Resolution	(<i>S. viminalis</i> × <i>S. viminalis</i> × <i>S. schwerinii</i>) × (<i>S. viminalis</i> × <i>S. schwerinii</i>)	Siev.	Augsta raža pirmajā rotācijā, labi aug sausās vietās, zems šķeldas tilpumbūvums un siltumspēja.	EWBP
Sven	<i>S. viminalis</i> × (<i>S. schwerinii</i> × <i>S. viminalis</i>)	Vīr.	Augsta raža pirmajā rotācijā, salīdzinoši neliela lapu rūsas iespējāmība, šķeldu tilpumbūvums zems, bet siltumspēja augsta.	SW
Terra Nova	(<i>S. triandra</i> × <i>S. viminalis</i>) × <i>S. miyabeana</i>	Siev.	Relatīvi zema raža, taču labi aug skarbā vidē (augstienēs, sausā augsnē).	EWBP
Tora	<i>S. schwerinii</i> × <i>S. viminalis</i>	Siev.	Augsta raža, neliela lapu rūsas iespējāmība, augsta raža otrajā rotācijā, piemērots audzēšanai visdažādākajos apstākļos.	SW
Tordis	(<i>S. schwerinii</i> × <i>S. viminalis</i>) × <i>S. viminalis</i>	Siev.	Augsta raža, piemērots audzēšanai sausās augsnēs, neliels lapu rūsas risks, zema tilpuma masa, augsta siltumspēja, zems sausnas saturs.	SW
Torhild	(<i>S. schwerinii</i> × <i>S. viminalis</i>) × <i>S. viminalis</i>	Siev.	Relatīvi zema raža, zems sausnas saturs.	SW

Lielākā daļa no Zviedrijas selekcijas programmas *Svalof-Weibull AB (SW)* ietvaros iegūtajiem krustojumiem, iekļāva *S. viminalis*, *S. dasyclados* un *S. schwerinii* sugas. Ģenētiskais materiāls krustojumu veidošanai iegūts no Zviedrijas un Centrāleiropas kolekcijām, kas vēlāk tika papildināts ar materiālu no ekspedīcijas centrālajā Krievijā un Sibīrijā. Apvienotās Karalistes selekcijas programma, kas bāzējās *IACR-Long Ashton* (finansē Eiropas Kārķu audzētāju apvienība (*European Willow Breeding Partnership – EWBP*)), izmantoja vairāk nekā divdesmit dažādas sugas no Apvienotās Karalistes Nacionālās Kārķu kolekcijas (*UK National Willows Collection*). Tika pielietoti arī sugu

ekstotiskie ekvivalenti, piemēram, *S. viminalis* un *S. caprea* vietā – *S. rehderiana*, *S. udensis*, *S. schwerinii*, *S. discolor* un *S. aegyptica*.

Šī darba rezultātā jaunās, augstražīgākās un pret kaitēkļu un slimību bojājumiem noturīgākās šķirnes/kloni nodrošinājuši stabilu ražu jaunajos kārkļu SRC stādījumos. Šķirņu/klonu izvēli nosaka audzētāja vēlmēs, klimata apstākļi stādījumu atrašanās vietā un stādmateriāla pieejamība. Stādmateriāla (spraudeņu) ražotājiem nepieciešams vismaz gads, lai pietiekamā daudzumā izaudzētu katras izvēlētas šķirnes spraudeņus. Tiklīdz ražotāji zina, kādas šķirnes/kloni ir pieprasīti, viņi veic koku „atsēdināšanu uz celma”, lai nākamajā ziemā būtu pieejamas spraudeņu ražošanai nepieciešamās viengadīgās atvases. Šobrīd Eiropas Savienībā pieejamas aptuveni 25 sertificētas šķirnes, no kurām aptuveni desmit izmanto komerciāli. Katru gadu tiek izveidota viena vai divas jaunas šķirnes.

Lai iegūtu sīkāku informāciju par kārkļu klonu īpašībām un piemērotību dažādiem augšanas apstākļiem, jāsazinās ar spraudeņu piegādātājiem.

2.2 Papeles

Papeles (skat. 17., 18. att.) pieder *Salicaceae* dzimtas *Populus* ģintij un, tāpat kā kārkļi, ir viena no biežāk izmantotajām sugām SRC stādījumos bioenerģijas ražošanai Eiropā. Papeļu dabiskā izplatība sniedzas no tropu mežiem līdz koku augšanas ģeogrāfiskā platuma un garuma grādu robežām ziemeļu puslodē. *Populus* ģints sugas ir lapu koki vai daļēji mūžzaļi koki (reti) un tos iedala sešās sekcijās: *Abaso* (Meksikas papeles), *Aigeiros* (melnās papeles), *Leucoides* (liellapu papeles), *Populus* (apses), *Tacamahaca* (balzāmpapeles) un *Turanga* (subtropu papeles).



17. attēls. Papeļu SRC stādījumi lauksaimniecības zemju ainavā (Avots: N-E. Nordh).



18. attēls. Papeles (**Max 3 kloni**) lapas pavasarī, Vācijā (Avots: D. Rutz).

SRC stādījumos galvenokārt izmanto papeļu klonus. Krustojumus veido starp *Populus trichocarpa*, *Populus maximowiczii*, *Populus deltoides*, *Populus tremula*, *Populus nigra*, *Populus koreana* un *Populus tremuloides* sugām. SRC stādījumos pārsvarā izmanto klonus 'Max 1', 'Max 3', 'Max 4', 'Hybride 275', 'Muhle Larsen' un 'Androscoggin' (skatīt 7. tabulu), kā arī klonus 'Rochester', 'Weser 6', 'Beaupré', 'Münden', 'Monviso', 'Pegaso' un 'AF2'.

Papeles ir divmāju koki (koki ir vai nu vīriešu, vai sieviešu dzimtes), un tās ir atjaunojamas no atvasājiem un spraudeņiem (veģetatīvi). *Populus* ģints sugas plaši stāda visā pasaulē – gan to dabiskajā izplatības zonā, gan ārpus tās. Eiropā lielāku dimensiju kokus no pieaugušām papeļu audzēm izmanto komerciāli – kā zāģmateriālu, finiera klučus, pārstrādātu koksni (skaidas, šķeldu utt.), kā arī celulozes rūpniecībā. Pēdējo gadu laikā ir

pieaugusi interese par papeļu izmantošanu SRC plantācijās bioenerģijas un koksnes kurināmā ieguvei. Vairākas valstis Ziemeļeiropā (piem., Zviedrija), Centrāleiropā (piem., Vācija, Francija, Beļģija) un Dienvideiropā (piem., Itālija) ir izveidojušas SRC stādījumiem piemērotu papeļu stādmateriālu. Tirgū pieejamas vairākas šķirnes/kloni, tādēļ, izraugoties augšanas apstākļiem piemērotāko, ieteicams konsultēties ar stādmateriāla ražotājiem.

Neskatoties uz atšķirībām starp šīm divām dominējošajām SRC ģintīm, Eiropā sastopami piemēri, kad kārkli un papeles vienādos augšanas apstākļos uzrāda vienlīdz labu ražu. Tā iemesls ir plašais šo sugu stādmateriāla piedāvājums (pieejami daudzi kloni un šķirnes, kas piemēroti dažādām valstīm/klimata apstākļiem) un, atšķirīgie izvēlētie apsaimniekošanas veidi (īsāka un garāka rotācija, intensīva vai mazāk intensīva apsaimniekošana utt. sīkāk apskatīti citās rokasgrāmatas nodaļās.

7. tabula. **Biezāk SRC stādījumos izmantoto papeļu kloni** (Sailer Baumschulen GmbH)

Klons	Sugas	Dzimte	Īpašas iezīmes
Max 1	<i>P. nigra</i> × <i>P. maximowiczii</i>	Sieviešu	
Max 3	<i>P. nigra</i> × <i>P. maximowiczii</i>	Sieviešu	Augsta biomasas produkcija.
Max 4	<i>P. nigra</i> × <i>P. maximowiczii</i>	Sieviešu	
Matrix	<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>		
Androscoggin	<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>	Vīriešu	Vidēja biomasas produkcija dažādās augsnēs; Hybrid un Matrix ir ātraudzīgāki, īpaši vēsākās un mitrākās vietās.
Hybrid 275	<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>		
Muhle Larsen	<i>P. trichocarpa</i>	Sieviešu	
Fritzi Pauley	<i>P. trichocarpa</i>	Sieviešu	Vidēja biomasas produkcija dažādās augsnēs.
Trichobel	<i>P. trichocarpa</i>		
Koreana	<i>P. trichocarpa</i> × <i>P. koreana</i> × <i>P. maximowiczii</i>		Augsta biomasas produkcija pēc 2. rotācijas; Vācijā klons vēl nav izgājis visas pārbaudes.

Uzskata, ka salīdzinājumā ar kārkliem, papeles bioenerģijas ieguvei Eiropā audzē: I) vietās ar maigāku klimatu nekā kārkli, tādēļ interese par papeliem ir lielāka Eiropas centrālajā un dienvidu daļā; tomēr arī Eiropas ziemeļos atrodami papeļu stādījumi, kas sasniedz pietiekami augstu produktivitāti; II) smilšainākā un sausākā augsnē, jo, salīdzinot ar kārkliem, papeles ir mazāk ūdens prasīgas, tomēr tās aug un var dot augstu ražu arī mālainā augsnē; III) stādījumos ar mazāku biežību (piem., ar 2-3 metru attālumu starp kokiem un ražu iegūstot garākā rotācijā > 10-15 gados); tomēr ir papeles, kuras SRC plantācijās stāda tādā pašā biežībā un apsaimniekošanas režīmā, kā kārkļu SRC (plašāk aprakstīts turpmākajās sadaļās); IV) stādījumos ar mazāku platību, jo papeļu SRC stādījumu shēmu var plānot, neparedzot tikpat intensīvu apsaimniekošanu, kā kārkliem; papeļu stādījumu ierīkošanai un biomasas ražas iegūšanai nav nepieciešams specializēts aprīkojums (darbs veicams manuāli vai lietojot meža tehniku).

2.3 Baltā robīnija

Baltā robīnija (*Robinia pseudoacacia* L.) (19. attēls) ir 17. gs. Eiropā ievesta koku suga, kuras dzimtene ir Amerikas Savienoto Valstu austrumi. Drīzi vien tā strauji izplatījās –

sākumā kā dekoratīvs koks, bet vēlāk tika izmantota plantācijās koksnes produkcijas ieguvei un ieviesās arī savvaļā. Šodien baltā robīnija aizņem lielas platības Eiropas centrālajā un dienvidaustrumu daļā. Suga ir salīdzinoši sausumizturīga un spēj augsnei piesaistīt slāpekli, tādēļ balto robīniju bieži pielieto augsnes ielabošanai un bijušo izrakteņu ieguves vietu atjaunošanai. Robīnija ir ātraudzīga suga, ar augstu koksnes blīvumu, tā spēj augt nabadzīgās augsnēs un nelabvēlīgos apstākļos, bet pēc nociršanas veido atvases, un tādēļ tā ir piemērota suga koksnes kurināmā ražošanai SRC stādījumos. Centrāleiropā (galvenokārt Ungārijā, arī Itālijā, Polijā u.c.) balto robīniju audzes sastopamas lielās platības. Pēdējā laikā interese par robīniju audzēšanu SRC stādījumos lauksaimniecības zemēs pieaug arī citviet, īpaši teritorijās, kur plānota zemes atjaunošana. Jāatzīmē, ka dažviet balto robīniju uzskata par invazīvu sugu, kuras izplatība ir rūpīgi kontrolējama. Baltā robīnija, salīdzinot ar citām SRC sugām lauksaimniecības zemēs, aug dažāda veida augsnēs, bet ne ļoti sausās vai smagās augsnēs. Vislabāk tā aug vietās ar irdenu, struktūras augsni (veidojas augsnes agregāti), īpaši puteklainā un smilšmāla augsnē. Suga ir izturīga pret vides stresiem, tādiem kā sausums, augstas un zemas temperatūras un gaisa piesārņojums. Sekmīgai baltās robīnijas augšanai īpaši svarīga ir laba augsnes aerācija un piemērots ūdens režīms.

Robīnijas pavairo ar sakņu vai celmu atvasēm, stādiem vai veicot mikropavairošanu. Pavairošana ar sakņu un celmu atvasēm nodrošina labu koku kvalitāti, taču ir dārgāka nekā pavairošana ar sēklām. Baltajai robīnijai ir ērkšķi, kas apgrūtina manuālu koksnes ieguvi, tādēļ ieteicama koksnes sasmalcināšana tūlīt uz lauka. Baltā robīnija dzen sakņu atvases, un pēc trešās vai ceturtās rotācijas robīniju atvases saaug ar rindstarpās, tādējādi apgrūtinot kārklu šķeldošanai piemēroto koksnes smalcinātāju izmantošanu. Baltās robīnijas koksne ir cietāka salīdzinājumā ar citu ātraudzīgu sugu kokiem, tādēļ ražas ievākšanai izmantojamas izturīgākas un jaudīgākas mežizstrādes mašīnas un šķeldotāji nekā parasti SRC stādījumos lietotās.

Baltā robīnija spēj piesaistīt slāpekli, tai ir labāka koksnes kvalitāte, augstāks koksnes blīvums un siltumspēja, nekā papelēm un vītoliem, tomēr stādījumu apsaimniekošana ir problemātiska. SRC stādījumu ierīkošanai izmanto gadu vecus stādus (kārkļu un papeļu spraudņi ir daudz lētāki), kurus stāda blīvi — aptuveni 10 000 stādus uz hektāra. Baltās robīnijas koksne var būt tikpat produktīva kā kārkliem un papelēm, bet problemātiska ir biomasas ražas ievākšana. Balto robīniju ražu, īpaši rotācijas perioda sākumā, var nelabvēlīgi ietekmēt sals un jauno dzinumu un zaru lūšana vējā.



19. attēls. Robiniju stādījumi enerģijas ieguvei Ungārijā (Avots: L. Simon).

2.4 Eikalipti

Eikalipti (20., 21. attēls) ir ātraudzīga koku sugu ģints, kuru dzimtene ir Austrālija. Eiropas dienvidos eikaliptu jau daudzus gadus izmanto celulozes un papīra ražošanā. Pēdējā laikā ne tikai Dienvideiropā, bet arī augstākos platuma grādos (Apvienotajā Karalistē un Īrijā), pieaugusi interese par eikaliptu koksnes biomasas izmantošanu enerģijas ražošanai. Eikaliptu ģintī ir vairāk nekā 700 sugu. Lielās biomasas ieguves plantācijās Dienvideiropā pārsvarā izmanto *E. globulus* un *E. camaldulensis*, bet Eiropas ziemeļos aukstākā klimatā izturīgākās – *E. gunnii* un *E. nitens*.

Tradicionāli eikaliptu SRC stādījumi tiek ierīkoti ar 3 × 3 m (vai līdzīgu) attālumu starp kokiem. Celulozes ražošanai paredzētās koksnes rotācijas periods ir 7-12 gadi. Atkarībā no situācijas tirgū, eikaliptu koksni izmanto arī enerģijas ieguvei. Aktuāls kļuvis arī jautājums par eikaliptu atvašu stādījumiem bioenerģijas ražošanai, tādēļ tiek pārbaudītas un ieviestas intensīvākas stādījumu apsaimniekošanas tehnoloģijas, kas līdzīgas kārkļu īsirtmeta atvasāju stādījumos pielietotajām, un paredz īsus – 2-4 gadu rotācijas ciklus un lauksaimniecības praksei tuvu apsaimniekošanas režīmu.

Vairākās pasaules valstīs (piem., Brazīlija, Austrālija) eikaliptu SRC stādījumus ierīko lielās platībās, kamēr Eiropā liela daļa šādu stādījumu lauksaimniecības zemēs vēl atrodas pārbaudes stadijā. Stādījumu ierīkošanai parasti izmanto apsakņotus spraudņus, kas iegūti, veicot klimata apstākļiem piemērotu sugu hibridizāciju. Stādījumu mēslošana, īpaši ar slāpekli saturošu mēslojumu, ir viens no priekšnoteikumiem augstas ražas ieguvei. Neskatoties uz nozīmīgo, plašā klimata apstākļu diapazonā iegūstamo ražu, eikalipti, no vides un ekoloģijas viedokļa, ir pretrunīga ģints: iespējams, ka eikaliptu plantācijas negatīvi ietekmē augsnes kvalitāti, gruntsūdens līmeni, bioloģisko daudzveidību u.c., kas jāņem vērā, plānojot eikaliptu SRC stādījumu ierīkošanu. Vairākos pētījumos secināts, ka negatīvā attieksme pret eikaliptiem ir nepamatota, un to ietekme uz vidi ir līdzīga jebkurai citai intensīvā lauksaimnieciskajā ražošanā pielietotajai sugai.



20. attēls. 6-gadīgu eikaliptu SRC plantācija biomasas ieguvei Jaunzēlandē (Avots: I. Dimitriou).



21. attēls. Eikalipta plantācija ar garāku rotācijas periodu Argentīnā (Avots: D. Rutz).

2.5 Alkšņi

Alkšņi ir vispārpieņemts *Alnus* ģints nosaukums. Alkšņi pieder *Betulaceae* dzimtai. Ģintī ir ap 30 vienmāju koku un krūmu sugu, un tās sastopamas visā ziemeļu mērenajā zonā. Dažu sugu izplatības areāls sniedzas līdz pat Centrālamerikai un Andu kalnu ziemeļiem.

Alkšņiem nepieciešams daudz gaismas, barības vielu un ūdens, tomēr tie piecieš arī periodiskus, nelabvēlīgus apstākļus, piemēram, sezonālu pārplūšanu. Baltalksnis (*Alnus incana* (L.) Moench), sastopams visā Eiropā, izņemot pašu dienvidu daļu, Rietumsibīrijā, Ziemeļkaukāzā, arī Ziemeļamerikā. Baltalksnis aug līdz pat 1 500 m augstumam virs jūras līmeņa, vislabāk kalķainā augsnē, mēreni aukstā klimatā. Turpretī melnalksnis (*Alnus glutinosa*) izvēlas mitras vietas, ar augstu ūdens pieejamību un mērenu klimatu.

Par piemērotāko alkšņu sugu SRC stādījumiem, Eiropas ziemeļdaļas valstīs — Skandināvijā un Austrumeiropā — uzskata baltalksni (Aosaar *et al.*, 2012).

Baltalksnis bieži ir viena no pioniersugām auglīgās augsnēs izcirtumos un aizaugošās lauksaimniecības zemēs, kur tas ir arvien jaunu brīvu platību iekarotājs. Baltalkšņi izplatīti vietās, kas citu koku sugu augšanai nav piemērotas, arī mitrās vietās (Indriksons, 2006).

Sakņu sistēma baltalksnim ir sekla, bet labi veidota, parasti koncentrēta augsnes virskārtā. Lai gan alkšņi ir vāji miksotrofas sugas, tomēr baltalksnis pazīstams arī kā augsnes īpašību uzlabotājs, uz kuraas tievajām saknēm veidojas slāpekli piesaistošu baktēriju vai aktinomicēšu izraisīti gumiņi. Literatūrā atrodams dažāds alkšņa gumiņbaktēriju fiksētā slāpekļa daudzums — no 20-300 kg N uz 1 ha gadā (Indriksons, 2006). Zinātnieki secinājuši, ka 2,5 m augsta alkšņu jaunaudze, kurā kociņu skaits ir 10 000 gab. uz ha, ar kritušajām lapām un atmirušajām saknēm augsnei var pievienot līdz 200 kg N uz ha gadā (Indriksons, 2006).

Baltalksnim raksturīga izcila spēja atjaunoties, gan ar sēklām (veģetatīvās izcelšanās koki: dīgtspējīgas sēklas sāk ražot jau 5-6 gadu vecumā), bet būtiskākais faktors ir tā spēja no snaudošajiem pumpuriem veidot gan sakņu, gan stumbra atvases (Kundziņš, 1937; Daugaviete *et al.*, 2009). Mākslīgi ieaudzējot (izmanto 1-gadīgu stādmateriālu), tas ir ļoti ātraudzīgs, 9-tajā gadā pēc iestādīšanas sasniedzot 9 m augstumu (Bisenieks *et al.*, 2010). SRC baltalkšņu plantāciju ierīkošanai pielieto 1-gadīgu stādmateriālu — kailsakņus vai ietvarstādus (Liepiņš & Liepiņš, 2011).

Pieredze alkšņu izmantošanā SRC stādījumos ir Skandināvijas valstīs, Krievijas Eiropas daļā, Igaunijā un Latvijā. Zviedrijā un Somijā atzīmēta augstākā biomasas ieguve no baltalkšņa SRC – 17 t/ha DM gadā no ha (Aosaar *et al.*, 2012). Ieteiktais baltalkšņu SRC stādījumu rotācijas periods 15-20 gadi, iegūstot ap 60-90 t koksnes biomasas no 1 ha. Optimālais baltalkšņu SRC plantāciju stādīšanas biežums – ne lielāks kā 10 000 koki/ha. Ja rotācijas periods ir 15-20 gadi, tad pirms nociršanas kailcirtē SRC plantācijas biežums nedrīkstētu pārsniegt 3000-6000 koki/ha (Aosaar, 2012). Latvijā, jau sākot no 2009. gada, ir izveidoti baltalkšņu SRC izmēģinājuma stādījumi, kas paredzēti biomasas ieguvei. Stādījumu biežums – 2000-2500 koki uz ha, tos plānots audzēt gan kā īscirtmeta atvasājus ar 5 gadu aprites ciklu (pēc pirmā 5 gadu cikla, stādījuma biežums tiks palielināts ar sakņu atvasēm), gan kā SCR stādījumus ar 15 gadu aprites ciklu.

Latvijā veiktie izmēģinājumi liecina, ka baltalksnis ir piemērots SRC un atvasāju stādījumiem ar rotācijas ilgumu 5 līdz 15 gadu, iegūstot 20-445 ber. m³ biomasas no 1 ha un ienākumus no 189 līdz 4200 EUR ha⁻¹ (Lazdiņa & Daugaviete, 2010; Daugaviete *et al.*, 2011; Daugaviete *et al.*, 2015).



18. attēls. Pasargāti no savvaļas dzīvnieku bojājumiem – nožogoti alkšņu stādījumi Vācijā (pa kreisi) un alkšņa lapas (pa labi) (Avots: D. Rutz).

2.6 Citas sugas

Biomasas ražošanai un enerģijas iegūšanai SRC sistēmās Eiropā mēģināts ieviest arī tādas ģintis/sugas, kā *Acacia saligna*, *Ulmus* spp., *Platanus* spp., *Acer* spp., *Corylus avellana*, *Paulownia* spp. un citas. Tomēr šo ģinšu/sugu ieviešana, atšķirībā no iepriekš aprakstītajām, nav bijusi sekmīga. Dažas no sugām – kandidātēm ir eksotiskas un/vai invazīvas sugas, un to ietekme uz vidi un potenciālā invazitāte nav pārbaudīta. Citas no potenciāli izmantojamām sugām ir pielāgojušās kādiem noteiktiem klimata apstākļiem.

Kādēļ būtu jāstāda citas sugas?

Citu sugu (nevis kārkļu un papeļu) pārbaude un pieredzes gūšana to apsaimniekošanā nevarētu būt īpaši sarežģīta un riskanta. Tādēļ nelielā daļā SRC stādījumu lauksaimniekiem ieteicams izmēģināt arī citas sugas. Vairāku sugu izmantošana palielina stādījumu daudzveidību un sabiedrības pozitīvo attieksmi. Biomasas ražu var ievākt vienlaicīgi un, parasti, ar to pašu aprīkojumu, ko izmanto galvenajai stādījumam sugai. Jāņem vērā, ka vietā, kur stādītas citas sugas, raža būs zemāka nekā mērķsugas

3 Īscirtmeta atvasāju (SRC) audzēšana

Šajā nodaļā apkopota informācija par SRC stādījumu apsaimniekošanu – stādījumu ierīkošanu (stādījumu vietas sagatavošana, stādīšana) un kopšanu rotācijas perioda laikā, galveno uzmanību pievēršot kārkliem un papelēm.

3.1 Stādījumu vietas sagatavošana

Pirms audzēt SCR lauksaimniecības zemēs, nepieciešama rūpīga augsnes sagatavošana. Nezāļu kontrole ir viens no svarīgākajiem faktoriem veiksmīgai stādījumu ierīkošanai un pieauguma veidošanai tajos. Lai atbrīvotos no nezālēm, izmanto vairākus apsaimniekošanas paņēmienus (22. attēls).



22. attēls. Kārķu stādi nezāļu pilnā SRC laukā. Neskatoties uz to, ka nākamo gadu laikā kārkļi nezāles pāraugs, sagaidāma zemāka raža. Tādēļ veicami nezāļu kontroles pasākumi (Avots: I. Dimitriou).

Vietas nezāļainību nosaka iepriekšējais zemes izmantošanas veids un nezāļu sēkļu daudzums augsnē. Neapsaimniekotās augsnēs pārmērīga nezāļu daudzuma risks ir lielāks, jo tās augsnē jau izsējušas savas sēklas (Gustafsson u.c., 2007). Daudzgadīgo nezāļu apkaršanā nozīmīga ir augsnes sagatavošana gada laikā pirms stādīšanas.

Vieglākā metode nezāļu apkaršanai ir herbicīdu izmantošana. Iespējama ir arī nezāļu mehāniska kontrole, tomēr tā ir samērā riskanta un laikietilpīga un nepieciešama tikai pirmajā stādījumu ierīkošanas gadā. Ņemot vērā SRC stādījumu aprites ciklu, kas ir garāks par 20 gadiem, sākotnēja herbicīdu pielietojuma ietekme ir neliela.

Ķīmikāliju izmantošanas ierobežošana ir svarīgs faktors pozitīva sabiedrības viedokļa uzturēšanā

Ķīmikāliju (herbicīdu, pesticīdu) lietošanas nepieciešamību nosaka vairāki faktori. Galvenie no tiem ir stādījumu apmērs, jo manuāla nezāļu iznīdēšana lielos stādījumos ir ļoti darbietilpīga, kā arī sagaidāmā peļņa. No ķīmikāliju pielietošanas iespēju robežās jāizvairās vai arī jāsamazina to izsējamais daudzums.

Lauku uz gadu var atstāt atmatā, un atmatas gada vasarā daudzgadīgo nezāļu ierobežošanai pielietot glifosāta preparātu. Ja platībā, kur plānoti stādījumi, gadu pirms to ierīkošanas aug lauksaimniecības kultūras, nezāļu kontrole veicama pēc ražas novākšanas, izmantojot glifosātu saturošu preparātu un izdarot atbilstošu augsnes mehānisko apstrādi. Lai ierobežotu un tālāk uzraudzītu nezāļu izplatību, pārmērīgas nezāļainības gadījumā apsverama iespēja nopļaut un aizvākt no lauka visu veģetāciju. Ja pastāv kukaiņu bojājumu risks, pirms aršanas lietojami organisko fosfātu pesticīdi. Ja pavasara beigās joprojām palicis liels skaits daudzgadīgo nezāļu, veicama papildus izsmidzināšana ar glifosātu, kas izdarāms neilgi pirms stādīšanas. Lai smidzināšana būtu efektīva, daudzgadīgajām nezālēm jābūt aptuveni ar 3-4 lapām. Pielietojot pesticīdus, ir svarīgi, lai augsne pirms izsmidzināšanas netiktu apstrādāta (Gustafsson u.c., 2007).

Organiskajā-bioloģiskajā lauksaimniecībā herbicīdu lietošana nav pieļaujama, un nezāļu uzraudzība veicama mehāniski vai manuāli. Mehāniskā kontrole lielās platībās var būt sarežģīta. Lai novērstu nezāļu sadīgšanu, izmēģināta augsnes noklāšana ar melnu agrotekstila plēvi.

Ja gaidāma barga ziema vai augsnes sablīvēšanās, lauks uzarams jau rudenī. Gadījumā, ja augsnes sablīvēšanās nav būtiska, aršanu var veikt arī pavasara sākumā, pirms stādīšanas. Pēc herbicīdu pielietošanas zemes uzaršana izdarāma tikai pēc desmit dienāms. Mālainās augsnēs ieteicama seklā aršana, un ecēšanas dziļumam jābūt 6-10 cm. Citās augsnēs, lai atvieglotu stādīšanu (īpaši ar spraudņiem), minimālais aršanas dziļums ir 20-25 cm. No apstrādājamā lauka izvācami visi lielie akmeņi, lai pasargātu mehāniskās stādīšanas iekārtas un meža izvedējus (*harvesters*) no iespējamajiem bojājumiem.



23. attēls. Tikko apstādīts kārķļu SRC lauks, kas attīrīts no nezālēm, kuras te augušas pirms lauka sagatavošanas stādīšanai (Avots: P. Aronsson).

Nopietnus bojājumus jaunajiem SRC stādījumiem nodara truši, zaķi, stirnas, peles u.c.

dzīvnieki (atkarībā no valsts) (25. attēls). Tomēr stādījumu iežogošana augsto izmaksu dēļ nav ieteicama. Žogi ierīkojami tikai teritorijās, kur dzīvnieku bojājumu risks ir īpaši liels, un gadījumos, ja daļu no izmaksām iespējams segt ar subsīdijām. Rekomendējama īslaicīgu iežogojumu izveidošana, kas pirmajos gados pēc SRC ierīkošanas, kad tie ir visjutīgākie, pasargās stādījumus no bojājumiem. Daudzās Eiropas daļās dzīvnieku, piemēram, lielo zīdītāju (stirnas) vai kurmju kaitējums var radīt nopietnus zaudējumus, tādēļ ir izstrādāti repelenti, kuru izdalītā smarža atbaida dzīvniekus no SRC stādījumiem (24. attēls). Ņemot vērā, ka repelentu izvietošana palielina vietas sagatavošanas izmaksas, tie izmantojami tikai platībās ar augstu dzīvnieku bojājumu risku, kur plānots ierīkot viena stumbra (kā kokaugu nevis krūmveida) SRC stādījumus (Caslin u.c., 2012).



24. attēls. Vācijā uzstādīts repelents stirnu atbaidīšanai (Avots: D. Rutz).



25. attēls. Stirnu bojāts papeles stumbrs Vācijā. Šādi bojājumi bieži novērojami plantāciju malās (Avots: D. Rutz).

3.2 Stādmateriāls

Stādmateriāla izvēli nosaka izraudzītā suga un stādījumu plāns. Sugas izvēli ietekmē vairāki faktori, kas galvenokārt saistīti ar tās piemērotību augšanas apstākļiem un kvalitatīva, piemērota stādmateriāla pieejamību. Enerģētiskās biomasas SRC dominē lielas bieztības stādījumi, kas nākotnē veidos atvasājus (koki pēc ražas ievākšanas ataugšs no sakņu vai celmu atvasēm). Spraudeņu pielietošana (26. un 27. attēls) ir visbiežāk izmantotais stādījumu ierīkošanas veids. Izmantojot spraudēņus, nevis stādus, būtiski samazinās stādījumu ierīkošanas izmaksas. Retāk enerģētiskās SRC biomasas stādījumus ierīko kā

kokveida (vienstumbra) stādījumus, ar mazāku biežību. Šādos gadījumos pārsvarā izmanto stādus.



26. attēls. Bieži izmanto ap 25 cm garus sprauņus: šeit papeļu Max3 kлона sprauņi (Avots: D. Rutz).



27. attēls. 20 cm gari kārķu sprauņi SRC stādījumu ierīkošanai (izmērs salīdzināts ar standarta pildspalvu) (Avots: P. Aronsson).

Kārķu un papeļu SRC stādījumus ierīko, lietojot viengadīgus SRC atvasājus, tos sagriežot aptuveni 25 cm garos sprauņos. Materiāls sprauņiem ievācams ziemā, kad pumpuri ir pilnīgā miera stāvoklī. Stādmateriālu uzglabā kastēs, aukstuma kamerās, -4°C temperatūrā un no tām izņem dažas dienas pirms izstādīšanas uz lauka. Pēc stādmateriāla piegādes ir svarīgi, lai kastes pirms stādīšanas uzsākšanas tiktu turētas ēnā un vēsumā (Gustafsson u.c., 2007). Komerciāli pieejamo stādmateriālu veido uzlaboti kloni/šķirnes. Daudzas uzlabotā stādmateriāla šķirnes/klonus aizsargā Eiropas stādu selekcionāru tiesības. Tas nozīmē, ka stādmateriālu ražošana pārdošanai, bez speciāli izsniegtas atļaujas, ir nelikumīga. Sprauņus ražo mātes uzņēmumu nolīgtas un apstiprinātas audzētavas, kas piegādā stādmateriālu – viengadīgu atvašu rīkstes un sprauņus – mehāniskai stādīšanai. Lauksaimniekiem vai projektu izstrādātājiem, kuri saistīti ar SRC, ir laikus jāsažinās ar licencētajām kompānijām, kas ražo un piegādā stādmateriālu (28. attēls), lai nodrošinātu augšanas apstākļiem atbilstoša stādmateriāla saņemšanu. Vairumā gadījumu kompānijas garantē minimālu sprauņu ieaugšanās sekmīgumu.

Stādījumu ierīkošanas sekmes galvenokārt nosaka sprauņu kvalitāte. Sprauņus gatavo no viengadīgām atvasēm. Lai nodrošinātu pietiekamas ogļhidrātu rezerves sprauņus spēcīnāšanai pirms stādījumu ierīkošanas, tiem jābūt vismaz 15 cm gariem un diametrā > 0.8 cm. Stādot kārķu vai papeļu sprauņus, atvasēm jābūt pietiekami pārkoksnētām, lai novērstu sprauņu deformāciju, kas var rasties, tos ievietojot sagatavotajā zemē. Sprauņiem nevajadzētu būt izbalējušiem vai krokotiem – kas norāda uz atūdeņošanas un sliktiem uzglabāšanas apstākļiem. Šādu pazīmju klātesamība samazinās stādījumu sekmīgu ieaugšanos.



28. attēls. Viengadīgas atvases, no kurām izgatavo spraudeņus kārkļu SRC stādījumu ierīkošanai. Atvases piegādā privāta spraudeņu ražotājkompanija Zviedrijā. Spraudeņu kvalitāte ir svarīga SRC stādījumu izveidošanai, un to nodrošina un garantē pilnvarota kompānija (Avots: I. Dimitriou).

Stādi vienkumbra plantāciju ierīkošanai jāiegādājas no pilnvarotām audzētavām vai dīļiem, kuri var sniegt arī nepieciešamo informāciju par konkrēto sugu vai šķirņu īpašībām. Tas ir svarīgi, jo izmantojot neatbilstošu stādmateriālu, tiks zaudēts laiks un līdzekļi. Ieteicams pasūtīt dažādu šķirņu materiālu, minimizējot risku, ko varētu izraisīt kādas šķirnes uzņēmība pret kaitēkļiem un slimībām. Vairāku šķirņu izmantošana mazinās stādīšanas neizdošanās risku.

3.3 Stādīšana

Zināmas vairākas stādīšanas metodes, kas pielāgojamas izraudzītajām sugām, pieejamajam stādīšanas aprīkojumam, plānotajām darbaspēka izmaksām un ražas ieguves veidiem utt. Šajā nodaļā apskatīta, galvenokārt, SRC stādījumu ierīkošana ar spraudeņiem, kā arī atvasāju apsaimniekošana. Ja SRC stādījumi ierīkoti ar stādiem, apsaimniekošana ir līdzīga meža apsaimniekošanai un rokasgrāmatā sīkāk netiek apskatīta.

Lai īstenotu racionālu apsaimniekošanu un ražas ievākšanu, un efektīvi izmantotu vietu uz lauka, stādīšanas process ir rūpīgi plānojams. Piemērotākais SRC ierīkošanas paņēmieni ir stādīšana rindās, kas veidojamas tā, lai tās būtu iespējami garākas. Izdevīgi, ja rindas beigās ir piededceļš. Savukārt rindas beigās jābūt 8-10 m platai apgriešanās joslai (to sauc arī par hederi), jo ražas novākšanas mašīnām ir nepieciešama vieta manevrēšanai. Ja ap stādījumiem ir dziļi grāvji, apgriešanās joslai jābūt 10 m platai, citos gadījumos pietiek ar 8 m. Gar pārējām SRC stādījumu malām atstājama aptuveni 2-3 m gara robežjosla.

Stādīšana veicama **pavasārī**, kad laika apstākļi ir piemēroti augsnes sagatavošanai – aprīlī-maijā Eiropas ziemeļos un agrāk Eiropas dienvidu daļā. Spraudeņus var stādīt arī vēlāk (majā vai jūnijā), jo stādmateriālu uzglabā zemā temperatūrā. Agrāka stādīšana ir izdevīgāka, jo tiek nodrošināta garāka augšanas sezona. Spraudeņi sāk apsakņoties tikai tad, kad augsnē ir pietiekams ūdens daudzums un tā ir gana silta. Galvenais spraudeņu iesaģanos noteicošais faktors ir ūdens pieejamība, jo spraudeņi neapsakņojas pārāk ieilgušos sausuma periodos un attiecīgi var iekalst. Ūdens pieejamība ir svarīgāka nekā stādījumu ierīkošanas laika izvēle.

Pirmajā gadā pēc stādījumu ierīkošanas iespējams veikt *koku „atsēdināšanu uz celma”*. Viengadīgu atvasāju atsēdināšanu (īpaši kārkļiem) lieto, lai veicinātu straujāku pieaugumu,

vairāku atvašu veidošanos uz viena celma, kā arī labāku sakņu attīstīšanos otrajā gadā. Nav apliecināts, ka šis paņēmiens paaugstinātu biomasas produktivitāti rotācijas periodā laikā, tādēļ tā pielietošana nav obligāta. Ja tomēr atsēdināšana ir paredzēta, tā izdarāma, izmantojot zāles plāvēju, pļaušanas asmeni vai izkapti. Nav arī viennozīmīgas atbildes, kāda ir atsēdināšanas uz celma pirmajā gadā pēc stādījumu ierīkošanas pievienotā vērtība.

Ir veikts nozīmīgs pētījums par SRC stādījumu biežību un plānojumu. Šo rādītāju noteikšana ir atkarīga no izvēlētajām sugām un pieejamajām koksnes ražas novākšanas iekārtām. Ja raža tiks ievākta ar speciālām, SRC stādījumiem paredzētām mašīnām, biežāk izvēlas dubultrindu stādīšanas sistēmu (skatīt 1.3 nodaļu). Plānā iekļaujama tehnikas iebraukšana SRC laukā, lai novērstu iespējamo augu bojāšanu arī pēc 3-4 gadiem, ieturot 1.50 m attālumu starp dubultrindām, 0.75 m attālumu starp dubultrindas rindām, un 0.5 m līdz 0.8 m (atkarīgs no atrašanās vietas un izmantotajiem kloniem/sugām) attālumu starp spraudeņiem rindās. Atkarībā no izmantojamās sugas nepieciešami 5 000-20 000 spraudeņu uz hektāru. Kārķu stādījumu biežība ir augstāka nekā papeļu stādījumos.

Stādīšanu var veikt dažādi: piemēram, izmantojot speciālu mehānisku **stādmašīnu** un viengadīgas atvases kā stādmateriālu (29. attēls). Tādā veidā iespējams apstādīt vienlaicīgi 2 vai 3 dubultrindas. Stādmašīnas no atvasēm automātiski izveido spraudeņus, kurus uzreiz iestāda dubultrindās. Šādu mašīnu darba ražīgums ir aptuveni viens hektārs stundā. Ar citu tehniku stādāmi tikai iepriekš sagatavoti spraudeņi (30. attēls).



29. attēls. Kārķu SRC stādmašīna, kas veic trīs dubultrindu apstādīšanu vienlaicīgi; darbam nepieciešami četri cilvēki un autovadītājs (Avots: N-E. Nordh).



30. attēls. Mašīna papeļu spraudeņu automātiskai stādīšanai (Avots: Wald 21).



31. attēls. Papeļu stādījumi, kas ierīkoti manuāli, izmantojot 50 cm garus spraudeņus (Avots: I. Dimitriou).

Stādīšanu veic manuāli, ja mehāniskās stādīšanas aprīkojums nav pieejams vai atrodas pārāk tālu no stādījumu vietas un tā piegāde varētu būt dārga (31., 32., 33. attēls). Manuāli stāda arī tad, ja darba izmaksas ir zemākas nekā aprīkojuma noma vai, ja apstādāmās platības ir mazas (mazākas par 1 ha). Lai izvairītos no koku savstarpējās konkurences, svarīgi ievērot, lai rindas atrastos paralēli viena otrai, un attālums starp tām būtu vienāds. Taisnu rindu atlikšanai var izmantot auklu.



32. attēls. Spraudņu iespiešana manuāli. Lapu pumpuriem vienmēr jābūt vērstiem uz augšu (Avots: D. Rutz).



33. attēls. Spraudņu iespiešanu ar kāju ir izmantojama, ja augsne ir pārāk sablīvējusies (Avots: D. Rutz).

Vītolu un papeļu SRC stādījumos pārbaudītas vairākas stādīšanas metodes, ar mērķi aizvietot dominējošo dubultrindu sistēmu, lai iegūtu augstāku stādījumu ražību. Viena no izmēģinātajām metodēm bija kārklu „sprunguļu” **horizontālā stādīšana** (34. attēls) ar stādāmo mašīnu. Kā stādmateriālu izmanto veselas saknes vai spraudņus. Horizontālo stādīšanas metodi plaši izmanto nogāžu stiprināšanai un augsnes atjaunošanai upju krastos, tā pārbaudīta arī SRC stādījumos. Izmēģinājumu rezultāti liecina, ka biomasas raža, lietojot horizontālo stādīšanu, var būt tikpat produktīva, cik izmantojot dubultrindu sistēmu, taču turpmākā stādījumu apsaimniekošana (ražas ievākšana) ir apgrūtināta. Ja šķirnei piemērojams patentmaksājums – autoratlīdzība, horizontālā stādīšana ir daudz dārgāka, jo stādmateriāla nepieciešams vairāk, nekā dubultrindu sistēmā ar spraudņiem.



34. attēls. Horizontāli ievietota kārkļu atvase. Atvase vēl jānosedz ar augsni (Avots: D. Rutz).

Lai samazinātu virsmas laukumu un radītu labākus apstākļus herbicīdu izsmidzināšanai, pēc stādīšanas veicama augsnes pievelšana. Pievelšana un herbicīdu izsmidzināšana nav obligāta, bet nepieciešamību to darīt nosaka augsnes īpašības un lauka zālainība. Ja stādīšanu veic ar mašīnu, tā saveļ augsni paralēli stādīšanas solim.

3.4 Stādījumu apsaimniekošana

Pēc stādījumu ierīkošanas turpmāk veicama to apsaimniekošana. Apsaimniekošanas soli aprakstīti šajā nodaļā, galvenokārt pievēršoties lauksaimniecības zemēs plaši izmantotajiem kārkļu un papeļu SRC stādījumiem, bet ne kokaudzes tipa stādījumiem, kas aprūpējami gandrīz tāpat kā mežaudzes.

SRC ierīkošanas fāzē īpaši nozīmīga ir **nezāļu kontrole**, jo stādi konkurē dēļ gaismas, ūdens un barības vielām. Nezāļu kontroles pasākumi veicami gan pirms stādīšanas, gan pirmajā gadā pēc stādījumu ierīkošanas. Stipri nezāļainos laukos jaunie kociņi būs novājināti un augs lēnāk. Biežāk izmantotā kontroles metode ir nezāļu dīgšanas novēršana, lietojot atbilstošu augsnes herbicīdu, kas izsmidzināms uzreiz pēc stādījumu ierīkošanas un pirms spraudņi sākuši raisīt jaunus dzinumus (Gustafsson u.c., 2007). Kā skaidrots 3.1 apakšnodaļā, nezāļu kontroli, īpaši nelielās platībās, iespējams veikt mehāniski.

Vēlāk, sezonas laikā, tiklīdz beigusies herbicīda iedarbība, stādījumi regulāri apsekojami, lai novērtētu, vai ir nepieciešama tālāka nezāļu kontrole. Nezāļu izplatības novēršanai šajā periodā varētu būt nepieciešami mehāniskie kontroles pasākumi (35. attēls). Ja nezāļu kontroli veic augsni kultivējot, to ieteicams darīt trīs reizes sezonas laikā. Savukārt, ja pielieto ecēšanu, varētu būt nepieciešama biežāka apstrāde (atkarībā no atrašanās vietas, aptuveni 6-8 reizes). Nezāļu apkarošanā izmantotie paņēmieni vai aprīkojums ir mazāk nozīmīgi, galvenais, lai nezāļu kontroles pasākumi tiktu īstenoti uzreiz pēc to parādīšanās. Ravēšanas laika izvēlei, pēc SRC stādījumu ierīkošanas, ir liela nozīme stādījumu veiksmīgas augšanas sekmēšanai. Praktisks ieteikums vītoli SRC stādījumu audzētājiem: ja uz lauka ir 2-3 nezāļu sugas, kas ir augstākas par 8 cm, veicama nezāļu mehāniska kontrole. Ja nezāļu kontroli veic atbilstoši norādījumiem, tad turpmāko gadu laikā tā vairs nebūs nepieciešama, jo iestādītie koki, pēc otrā augšanas gada, nezāles apēnos.



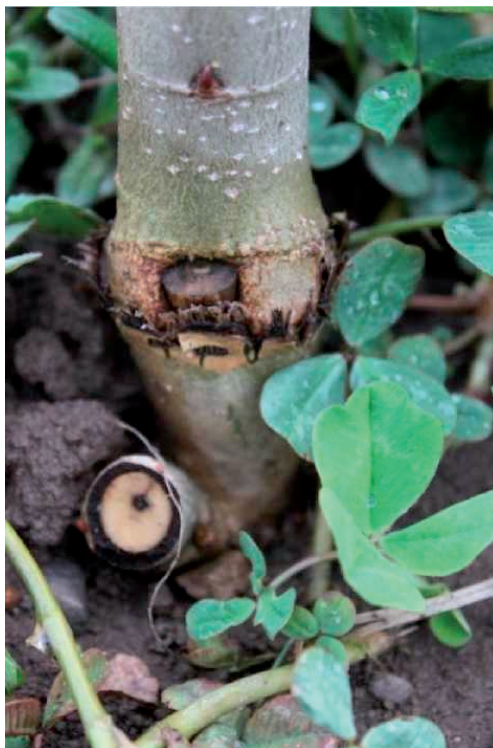
35. attēls. Nezāļains, gadu vecs kārkļu SRC lauks. Tā kā kokiem sākušas parādīties lapas (nav redzamas attēlā), nezāļu kontroli iespējams veikt tikai mehāniski – ravējot (Avots: I. Dimitriou).

Insektu kontrole: ja stādījumu vietā problēmas radījuši kukaiņi, reizē ar herbicīdiem lietojami arī insekticīdi. Kukaiņi šajā laikā (pavasārī pirms stādīšanas) atrodas kāpuru fāzē, kad tie visvieglāk ir apkarojami. Lai herbicīdi pietiekami vienmērīgi nosegtu lauka virsmu un insekticīdi labi infiltrētos augsnē, pesticīdu ieteicams lietot lielā apjomā (nevis augstā koncentrācijā, bet lielā ūdens tilpumā). Vienmēr rūpīgi jāizvērtē, vai nepieciešama ķīmikāliju pielietošana un, ja iespējams, no tās jāizvairās. Insekticīdu izmantošana parasti nav nepieciešama.

„Atsēdināšana uz celma”: tā izdarāma pēc pirmā stādījumu ierīkošanas gada, ziemā (bezlapu stāvoklī), lai uzlabotu atvasāju augšanu, iegūtu vairāk celma atvašu un veicinātu sakņu veidošanos otrajā gadā. Iestādītie spraudēji pirmajā augšanas sezonā dos 1-3 atvases (atkarībā no kлона), kuru maksimālais augstums būs 2-3 m. „Atsēdināšana” veicama iespējami tuvāk augsnei, izmantojot virzuļa tipa pīķa pļaujmašīnu, ar kuru izdarāms tīrs griezumš, jo citu tipu pļāvēji var mehāniski bojāt kokus.

Neskatoties uz to, ka „atsēdināšana uz celma” tiek izmantota jau kopš 1990. gada, kad SRC sistēmas tikai sāka attīstīties, tās nepieciešamība joprojām ir strīdīgs jautājums. Kaut arī tādējādi iegūstamas vairāk celma atvases un saknes veidojas labāk, ne vienmēr stādījumu aprites ciklā tiek sasniegta augstāka biomasas raža. Šajā gadījumā izvēli par šīs metodes pielietošanu jāizdara pašam lauksaimniekam. Tādos klimata apstākļos vai vietās, kur sagaidāma strauja nezāļu sazāļošana un kur pēc stādīšanas nepieciešama atkārtota herbicīdu lietošana, „atsēdināšana uz celma” atvieglos herbicīdu izsmidzināšanu.

Daži praktiķi papeļu stādījumos iesaka „atsēdināt” tikai mazākās atvases, bet lielākās atstāt (36. attēls), kas veicinātu atsevišķu stumbru attīstību un augšanu. Tomēr pieredze liecina, ka šādas izlases veikšana ir pārāk sarežģīta, bet ieguvums niecīgs.



36. attēls. Viengadīga papeļu atvase Vācijā. Lai uzlabotu primārās atvases augšanu, sekundārā atvase ir nogriezta (Avots: D. Rutz).

Mēslošana: kā jebkurai kultūrai, kas tiek audzēta lauksaimniecības zemē ar mērķi iegūt augstu ražu, arī ģircirtmeta atvasāju stādījumiem nepieciešamas barības vielas, kas no audzes tiek iznestas, novācot ražu. Tā kā ģircirtmeta atvasāju stādījumi ir daudzgadīgi, barības vielas tajos daļēji pievadīs kritušās lapas, kā arī atmirušās saknes un augsne, kas pirms stādījumu ierīkošanas jāanalizē. Ir veikts apjomīgs pētījums par galvenajām SRC sugām (kārkliem un papeļēm) nepieciešamo mēslojuma daudzumu un biežumu vairākās valstīs. Pētījuma rezultāti liecina, ka nav iespējams sniegt konkrētus ieteikumus par mēslošanas daudzumu un biežumu, jo tās nepieciešamību lielā mērā nosaka konkrētās vietas apstākļi.

Stādījumu mēslošana pirmajā gadā pēc to ierīkošanas nav ieteicama, jo spraudņi vēl nav pilnībā iesakņojušies un nevar nodrošināt efektīvu mēslojuma uzņemšanu. Pārgrā mēslošana veicina arī nezāļu augšanu. Kad SRC spraudņi ir pilnībā iesakņojušies, var plānot mēslošanu. Vairāki eksperimenti ir pierādījuši, ka vidēji auglīgā un auglīgā augsnē mēslošanai rotācijas sākumā nav pozitīva rezultāta. Vietās ar nabadzīgāku augsni un mazāku barības vielu daudzumu, mēslošana produktivitātes paaugstināšanai var būt nepieciešama jau pirmajā rotācijā. Atvasājiem pirmajos rotācijas periodos galvenokārt nepieciešams slāpekļis, bet fosfors un kālijs ir pietiekamā daudzumā, tādēļ augsnes

mēslošanai var pielietot neorganiskos slāpekļa mēslojumus (Aronsson *et al.*, 2014).

Stādījumu mēslošanai var izmantot dūņas no vietējām notekūdeņu attīrīšanas iekārtām (sīkāk aprakstīts turpmākajās nodaļās), taču tās jāpapildina ar slāpekli. Slāpekļa nepieciešamību nosaka SRC stādījumu vecums un atvašu attīstība. Vecākos stādījumos slāpekļis tiek atbrīvots no nokritušo lapu kārtas, tādējādi samazinot nepieciešamību pēc mēslošanas pielietošanas. Stādījumiem jāpievada tāds pats slāpekļa daudzums, kāds ticis izvadīts, ievācot biomasas ražu.

Barības vielu izvades daudzums vītolu SRC ir mainīgs un atrodas 150-400 kg N, 180-250 kg K un 24-40 kg P diapazonā uz hektāra 3 gadu rotācijas periodā, pieņemot, ka biomasas raža ir 8 t sausnas/ha gadā (Zviedrijā). Salīdzinājumam – intensīvi apsaimniekotā pļavā, 3 gadu laikā, tiek izvadīti aptuveni 900 kg N/ha, kas liecina, ka īscirtmeta atvasāju stādījumiem nepieciešamība pēc slāpekļa (N) ir neliela salīdzinājumā ar citām lauksaimniecības kultūrām. Lai aprēķinātu SRC stādījumu mēslošanai nepieciešamo slāpekļa devu, jāņem vērā tā izmantošanas efektivitāte. Ievērojamu barības vielu daudzumu izmanto augsnes mikroflora, vēl daļa N nonāk atmosfērā vai to piesaista atvasāju saknes un lapas. Atvasāju lapās un saknēs piesaistītais slāpekļis, nokritušajām lapām sadaloties un sīkajām saknēm atmirstot, atgriežas augsnē.

Fosfora un kālija mēslojums SRC stādījumos parasti nav vajadzīgs. Lai palielinātu fosfora daudzumu augsnē, nepieciešami vairāki tā secīgas pielietošanas gadi, bet zemās SRC stādījumu prasības šādas mēslošanas veikšanu nepamato. Kālijs augsnē ir salīdzinoši stabils un tādēļ augiem grūti pieejams. Koksnes pelnu izkliedēšana (plašāka informācija par šādu praksi atrodama turpmākajās nodaļās) var atgriezt stādījumos lielāko daļu no izvadītā kālija, ievācot biomasas ražu.

Ņemot vērā iepriekšminētos faktorus, kā arī potenciālos augsnes analīžu rezultātus un prognozējamo ražu, ļoti vispārīgs ieteikums vītolu SRC stādījumu mēslošanas būtu šāds: 120-150 kg N, 15-40 kg P un 40 kg K uz hektāra gadā (cenšoties pielietot zemākās devas) (Gustafsson *u.c.*, 2007). Tāds pats aprēķins piemērojams arī citām sugām, kuras stāda SRC plantācijās. Potenciālajiem īscirtmeta atvasāju audzētājiem jāņem vērā, ka tehniski SRC stādījumu mēslošana ir iespējama tikai pirmajā un, iespējams, otrajā gadā pēc to ierīkošanas, taču ne vēlāk, jo tad atvasāju augstums būs tik liels, ka varētu apgrūtināt mēslošanas iekārtu iekļūšanu stādījumos, nenodarot mehāniskus bojājumus kokiem.

Nesenais pētījums par SRC stādījumiem, kuros izmantoti jauni kloni, norādīja, ka šo klonu reakcija uz mēslošanu ir ievērojamāka, nekā tā ir vecāku klonu stādījumos (Aronsson *u.c.*, 2014). Tas, iespējams, sniedz atbildi lauksaimniekiem par stādījumu mēslošanas nepieciešamību. Varbūt, ka stādījumos ar jaunu klonu stādmateriālu mēslošana veicama, pielietojot lielāku slāpekļa daudzumu, nekā ieteikts iepriekš (protams, gadījumā, ja nenotiek slāpekļa izskalošanās). Atbildi uz jautājumu – mēslo vai nē – daļēji nosaka arī mēslojuma cena (1 kg/N) un paredzētais ražas pieaugums.

4 *Biomosas ieguve*

SRC stādījumu rotācijas ciklā nozīmīga loma ir biomasas ievākšanai, kas sastāda 50-80 % no visām ražošanas izmaksām (Liebhard, 2007) un būtiski ietekmē SRC stādījumu ekonomisko iznākumu.

Ražas novākšana veicama ziemā pēc lapu nokrišanas un tad, kad augsne ir sasalusi. Atkarībā no vēlamā galaprodukta, ražas novākšana SRC stādījumos veicama ar 2-20 gadu intervālu. Biomasas ražu SRC stādījumos ievāc, lietojot dažādus paņēmienus un aprīkojumu. Ražas ieguves veidu nosaka šādi faktori:

- koku suga un šķirne, koku skaits un caurmērs;
- vēlamais galaprodukts: šķelda, granulas, zāģbalki;
- galaprodukta kvalitāte: šķeldas forma, mitruma saturs;
- tehnikas pieejamība: sava tehnika vai sadarbība ar darbuņēmēju;
- audzes ģeometrija: vienrindu vai dubultrindu, attālums starp rindām;
- lauka izmērs un forma: lieli vai mazi lauki, nogāzes;
- ievāktās koksnes biomasas daudzums: loģistika, ražas novākšanas intervāls (aprites cikls);
- augsnes mitrums: piebraukšanas iespējas.

Kokus pirmajā ražas ievākšanā nogriež tuvu augsnes virsmai, un ar katru ražas novākšanas reizi aptuveni 1-2 cm augstāk. Griezumam jābūt asam un horizontālam – lai tā virsma būtu iespējami mazāka.

4.1 *Biomosas raža*

Iscirtmeta atvasājos iegūtās biomasas daudzumu nosaka stādījumu atrašanās vieta, ko parasti raksturo klimats (temperatūra, ūdens pieejamība) un augsnes tips. Lai maksimizētu ražu, jāizvēlas katrai vietai piemērotākās sugas, šķirnes un kloni. Eiropas ziemeļos sugas/kлона izvēles galvenais kritērijs ir aukstumizturība (t.sk. izturība pret salnu), bet Eiropas dienvidos – sausumizturība. Dažas galvenās SRC stādījumiem raksturīgākās pazīmes un iespējamie kārkļu, papeļu un balto robīniju ražas apjomi dažādos klimata apstākļos (atšķirīgās Eiropas daļās) parādīti 8. tabulā.

Ražu ietekmē ne tikai abiotiskie faktori, bet arī cilvēku darbība: apsaimniekošanas prakse, vispārējā saimniekošana, SRC sugu un šķirņu izvēle, slimību un nezāļu kontrole un stādījumu nodrošināšana ar barības vielām.

Aprites cikls/intervāls ir atkarīgs no SRC stādījumu mērķa – parasti no 1 līdz 7 gadiem, taču var tikt paildzināts līdz 20 gadiem. Pēc 20-30 gadiem stādījumus pārstāda vai nomaina sugu.

Iespējamā ikgadējā sausas šķeldas (sausna; 0 % mitrums) raža Eiropā ir diapazonā no 5 līdz 18 t/ha. Kopējo biomasas apjomu vienam rotācijas periodam aprēķina, ņemot vērā ikgadējo pieaugumu, rotācijas perioda ilgumu un ūdens daudzumu koksnē (tikko nozāģētā koksnē – aptuveni 55 %). Piemēram, ja ikgadējā raža ir 10 t/ha sausas šķeldas, rotācijas periods – 4 gadi un ūdens saturs koksnē – 50 %, kopējais iegūtās biomasas apjoms būs aptuveni 80 t/ha, bet sausas šķeldas apjoms – 40 t/ha.

Biomosas produktivitāte pirmajā rotācijas periodā bieži ir zemāka nekā otrajā un trešajā

periodā. Atkarībā no augšanas un citiem apstākļiem biomasas produktivitāte nākamajās rotācijās, kolīdz stādījumi kļūst vecāki, var būt stabilāka un pazemināties.

8. tabula. Īscirtmeta atvasāju (SRC) vispārīgs raksturojums (Avots: Dallemand u.c. 2007)

Sugas	Kārkli	Papeles	Baltā robinija
Eiropas daļa	Eiropas ziemeļu, centrālā un rietumu daļa	Centrālā un Dienvideiropa	Vidusjūras reģions (Eiropas daļa), Ungārija, Polija
Stādījumu biežība (celmi ar atvasēm/ha)	12 500-15 000	8 000-12 000	8 000-12 000
Rotācijas periods (gadi)	1-4	1-6	2-4
Vidējais celma diametrs rotācijas perioda beigās (mm)	15-40	20-80	20-40
Vidējais augstums rotācijas perioda beigās (m)	3,5-5,0	2,5-7,5	2,0-5,0
Krāja rotācijas perioda beigās (mitra koksne t/ha)	30-60	20-45	15-40
Koksnes mitruma daudzums (% no svara)	45-62	50-55	40-45

Kā kāpināt SRC stādījumu produktivitāti? (Lindegaard 2013)

Savlaicīga plānošana: SRC stādījumu ierīkošanas plānošanu ieteicams sākt gadu pirms ierīkošanas. Līdz ar to būs pietiekami daudz laika pieteikumu iesniegšanai un kvalitatīvai augsnes sagatavošanai. Vēlu vasarā/agri rudenī sākama nezāļu kontrole un zemes aršana.

Pārzini savu īpašumu: piemērota augsne ir pamatnosacījums sekmīgai sugu augšanai SRC stādījumos. Tādēļ īpašniekam jāpārziņa savas zemes potenciāla galvenie rādītāji – augsnes īpašības un ūdens pieejamība. Ierīkojot stādījumus neauglīgā vai citādi nepiemērotā augsnē, gandrīz vienmēr iegūsit sliktu ražu. Kārķu SRC stādījumi vislabāk augs auglīgā aramzemē, kuras pH vērtība būs robežās no 5,5-8,0. Kārķi labi aug arī smagā brūnzemē ar augstu māla saturu, bet tos nevajadzētu stādīt puteļjainās un vieglās smilts augsnēs. Īscirtmeta atvasāju kārkļiem nepieciešamais ikgadējais nokrišņu daudzums ir aptuveni 600–1000 mm. Koku saknes var skart un bojāt meliorācijas sistēmas, tādēļ stādīšanu izdriet vismaz 30 metrus no svarīgiem noteces grāvjiem.

Nezāļu kontrole: lai gan Tscirtmeta atvasāji aug ļoti ātri, stādījumu ierīkošanas laikā jāseko, lai nezāļu konkurence būtu minimāla. Nezāļu kontrole sākama reizē ar augsnes sagatavošanu rudenī un turpināma pirmo gadu pēc stādījumu ierīkošanas. No ķīmikāliju izmantošanas stādījumos jācenšas izvairīties. Nepieciešamību lietot pesticīdus noteiks stādījumu apjoms, sastopamās nezāļu sugas, stādījumos izmantotās sugas utt.

Labāko šķirņu izmantošana: Tscirtmeta atvasāju šķirnes, pirms to izstādīšanas rūpīgi pārbaudāmas. Selekcijas rezultātā iegūtās uzlabotās šķirnes dos augstāku ražu. Ja iespējams, jāizvēlas vietējās šķirnes. Lai iegūtu augstu ražu, izmantojamas vairākas šķirnes; savukārt, lai mazinātu slimību un kaitēkļu bojājumu risku, stādījumos uzturama ģenētiskā daudzveidība. Piemērotu šķirņu izvēle ir būtisks nosacījums, lai stādījums būtu sekmīgs un rentabls, kā arī lai ierobežotu vai pilnībā izslēgtu iespējamo kaitēkļu un slimību risku.

Sadarbība ar stādīšanas darbu veicēju: parasti SRC stādījumu ierīkošanai algo stādīšanas darbu veicēju: sazinieties ar viņu savlaicīgi un palūdziet arī atsauksmes. Pajautājiet citiem lauksaimniekiem, kas ar šo speciālistu ir sadarbojušies, par viņu pieredzi un atsauksmēm, jo tukšumi, kur spraudēji nav uzdīguši, bieži vien ir stādīšanas laikā pieļauto kļūdu sekas. Ja stādīšana aizņem vairāk laika, bet gala rezultāts ir labāks, ņemiet vērā, ka stādīšanas kvalitāte ir svarīgāka nekā zemas izmaksas.

Tukšumu aizpildīšana: lai cik rūpīgi Jūs un stādīšanas darbu veicējs nebūtu, stādījumos vienmēr radīsies tukšumi – vai nu vietā, kur spraudēja iestādīšana izlaista, vai arī vietā, kur tie nav apsakņojušies. Veicot „atsēdināšanu” uz celma, iegūsit ļoti daudz stādmateriāla tukšumu aizpildīšanai. Pēc pirmās ražas ievākšanas brīvajās vietās var ievietot 1 metru garas atvases vai spraudējus. Tukšumu aizpildīšanas veidu noteiks izmantotās koku šķirnes.

Samaziniet dzīvnieku nodarītos bojājumus: tādi savvaļas dzīvnieki, kā truši, zaķi un brieži, jaunajiem stādījumiem var nodarīt nopietnus bojājumus, īpaši, ja stādījumi ierīkoti nelielā platībā un vietās ar augstu šo dzīvnieku blīvumu. Sadarbojieties ar medniekiem un atļaujiet viņiem ierīkot medību mastus dzīvnieku skaita kontrolēšanai un to atbaidīšanai. Arī dažādu repelentu (aromātu) izmantošana palīdzēs atturēt savvaļas dzīvniekus. Vēl viens aizsardzības paņēmieni ir platību iežogošana, kas ir ļoti dārga, taču ir tā vērtā ilgtermiņā. Stādījumu ražas lielumu 20 gadu rotācijas periodā lielā mērā nosacīs šie pirmie pāris mēneši pēc stādījumu ierīkošanas. Ražas realizēšanai, lai iegūtu izdevīgāko piedāvājumu, sazinieties ar vietējiem uzņēmējiem.

Mēslojiet ar organiskajiem atkritumiem: SRC stādījumiem pietiekamā daudzumā ir nepieciešamas barības vielas, kuras iespējams nodrošināt, lietojot organiskos mēslojumus, tādus kā virca, pārstrādātas notekūdeņu dūņas, kūsmēsli vai digestāts. Ieteicams mēslošanu pielietot jau ierīkotā plantācijā, pēc biomasas ražas ievākšanas. Mēslošana vairāk nepieciešama vecākiem stādījumiem. Iegaumējiet, ka, veicot mēslošanu ir jāievēro attiecīgie noteikumi, likumdošanas prasības un citi nosacījumi, kas attiecas uz augsnes stimulēšanu.

Kāpiniet biomasas ražu: iegūstot biomasas ražu, vēlēšities pārliecināties, ka ir novākti visi atvasāji, un tādēļ noalgosit ražas novākšanas pakalpojumu veicēju. Izmantojot pieredzējuša speciālista pakalpojumus, ir iespējams būtiski samazināt mašīnas operatora kļūdas un atbirumus no pārpildītajām piekabēm. Tāpat ir svarīgi, lai harvesteras asmeņi būtu uzstādīti pareizi un atvasāji nogriezti pietiekami zemu – kur stumbri ir visresnākie un smagākie. Atvasāji ataug labāk, ja griezumā būs asi un bez spurojumiem. Arī šķeldas kvalitāte ir labāka, ja lietoti asi asmeņi.

Minimizējiet uzglabāšanas zudumus: pēc ražas novākšanas. centieties minimizēt uzglabāšanas zudumus. Šķeldas uzglabāšana un pēcapstrāde (kaltēšana) būs atkarīga no ražas ievākšanas metodes, laika, kad šķelda tiks pieprasīta, un šķeldas kvalitātes. Atradiet labāko metodi, lai ar minimālām izmaksām samazinātu uzglabāšanas laikā radušos zudumus.

4.2 Stādījumu aprites cikls

Biomases ražas ievākšanas cikls ir no 1 līdz 7 gadiem, taču to var pagarināt līdz 20 gadiem. Ik pēc 20-30 gadiem stādījumi jāpārstāda vai tos jānomaina ar citām kultūrām. Stādījumu aprites cikla garums un tā samazināšana nav stingri noteikta, tādēļ lēmums jāpieņem, ievērojot augšanas apstākļus un citus nosacījumus (Tubby & Armstrong, 2002). Ražas novākšanas laiku (rotācijas periodu) nosaka SRC stādījumu apsaimniekotājs.

Ražas novākšanas laiku ietekmē šādi faktori:

- SRC sugas: atvasāju ataugšanas laiks, konkrētās sugas biomasas ražas maksimizēšana;
- vietas „apguve”: sakļāvušies audzes vainagi uztver lielāko daļu gaismas un atrodas augstākajā produktivitātes punktā; tam nepieciešamo laiku nosaka stādījumos izmantotās sugas, kas ietekmē arī ražas novākšanas laiku;
- vēlamais galaprodukts: šķelda, zāģbalķi; materiāla kvalitāte;
- ražas novākšanas tehnikas pieejamība: ražas novākšanas sezonā uzņēmēji var būt noslogoti; nepieciešama savlaicīga plānošana;
- augsnes stāvoklis: vislabāk ražu novākt, kad augsne ir sausa un/vai sasalusi; ir gadi un reģioni, kur ražas novākšanu labāk ir atlikt, t.i. gadījumā, ja augsnes stāvoklis nav pietiekami labs, un ražas novākšana var bojāt augsni un veģetāciju;
- vēlamā naudas plūsma: atkarīga no vispārējiem apsaimniekošanas mērķiem;
- šķeldas cena: lai gūtu lielāku peļņu, stādījumu apsaimniekotāji var ‘gaidīt’ augstāku koksnes cenu, tomēr koksnes cenas nav paredzamas un ir atkarīgas no tirgus konjunktūras;
- mājāsaimniecības pieprasījums pēc siltuma: ja šķeldu izmanto mājāsaimniecības siltumapgādei, tai jābūt pieejamai katru gadu;
- citi: iespējams uzlabot bioloģisko daudzveidību un pasargāt savvaļas dzīvniekus.

Rotācijas periods ietekmē ražas novākšanas loģistiku. Jo ilgāks ir rotācijas periods, jo attiecīgi lielākas, ražu novāco, ir koku dimensijas (ikgadējais biomasas pieaugums reizināts ar rotācijas perioda ilgumu). Pēc gariem rotācijas periodiem stādījumu uzturētājiem var nepietikt *loģistikas jaudu* (noliktavas uzglabāšanai, kravas transports, darbaspēks), lai nokārtotu visu, kas saistīts ar lielo biomasas ražas apjomu. Lai līdzsvarotu darba slodzi un riskus, apsverama SRC lauku rotācijas iespēja, tādējādi iegūstot ražu katru gadu, bet ne no visiem zemes gabaliem vienlaicīgi.

Rotācijas periods nosaka arī ražas novākšanas tehnoloģiju. Jo vecāki koki, jo to stumbri ir resnāki un jo ietilpīgākas mašīnas būs nepieciešamas. Stādījumu malās stumbru caurmērs ir lielāks, jo tur augošie koki saņem vairāk gaismas un ūdens, nekā koki stādījumu vidū.

4.3 Iegūtās koksnes biomasas īpašības

SRC stādījumos iegūtās koksnes biomasas galaprodukts visbiežāk ir šķelda, ko pārsvarā izmanto siltumenerģijas ieguvei. Šķelda izmantojama arī celulozes un papīra vai citu bioproduktu ražošanā. Piemēram, Vācijā lieli SRC šķeldas apjomus pielieto biodeģvijas ražošanai vairāku pakāpju biomasas pārveidošanas procesā (Rutz u.c., 2008).

Atkarībā no ražas novākšanas metodes, darba gaitā rodas dažādi starpprodukti, kas ietekmē šķeldas īpašības, galvenokārt izmēru un formu, kā arī mitruma daudzumu. Starpprodukti klasificējami šādās kategorijās (DEFRA 2014):

- atvašu rīkstes: līdz pat 8 m garas atvases;
- kūlīši: kūlīšos sasiestas atvases;
- „sprunguļi”: 5-15 cm garumā nogriezts materiāls;
- šķelda: līdz pat 5 × 5 × 5 cm liels, griešanas starpprodukts.

Ražas novākšanas metodes starpproduktu iegūšanai sauc par „atvašu novākšanu”, „šķeldošanu”, „griešanas un smalcināšanas metodi”, „*sprunguļu* novākšanu” vai „griešanas un *sprunguļu* metodi” (Kofman, 2012).

Tikko iegūtā koksne satur 40-60 % mitruma. Nelieliem tvaika katliem nepieciešama šķelda ar mitrumu zem 30 %.

Jo zemāks mitruma daudzums šķeldā, jo augstāka tās kvalitāte un labākas uzglabāšanas iespējas.

Atvašu rīkstes (45. attēls) vai atvašu kūlīšus var novietot hederos vai šķūnī un kaltēt līdz mitrums koksne samazinās līdz aptuveni 30 %, kas prasīs aptuveni 4-6 mēnešus. Atvašu un šķeldas starpprodukts ir „sprunguļi”, kas uzglabājami kaudzēs. Tā kā starp „sprunguļiem” ir daudz tukšu vietu, uzglabāšanas kaudzes labi ventilējas, kas atvieglo koksnes kalšanu un nerada sarežģījumus uzglabāšanas laikā (salīdzinājumā ar šķeldas uzglabāšanu, sīkāk 4.5 apakšnodalā).

Lai gan atvašu rīksu, atvašu kūlīšu un „sprunguļu” priekšrocība ir to relatīvi vieglā kaltēšana, tomēr jau izkaltēta materiāla šķeldošana samazina šķeldas kvalitāti. Griezumi svaigā koksne ir asāki nekā sausā koksne, tādēļ, smalcinot koksni tūlīt pēc tās ievākšanas, iegūstama augstākas kvalitātes šķelda. Šķelidojot sausu koksni, šķeldu ir vairāk (skaita ziņā), bet to izmērs nevienmērīgāks.

4.4 **Biomases ražas novākšanas metodes**

Ir vairākas ražas novākšanas metodes. Atvasājus ražas novākšanas laikā var griezt un šķeldot vienlaicīgi. Atvasājus var nogriezt un atstāt (kā atvases/stumbrus vai „sprunguļus”) uz lauka kaltēties, bet smalcināšanu veikt vēlāk – kā atsevišķu operāciju.

Šķeldas iegūstamai pielietojot dažādas tehnoloģijas, kuras savā starpā ir kombinējamas. Tās klasificējamās pēc automatizācijas pakāpes un izmantotās tehnikas tipa (aprakstīts 9. tabulā).

Atvasāju biomases novākšanas iekārtas nepārtraukti attīstās. Mehanizētai biomases ražas novākšanai izmantojamās šādas iekārtas:

- **mežizstrādes kombains („harvesters”)**: harvesteri griež lielāka caurmēra kokus. Tā kā atvasāju stumbri nav sevišķi resni, iespējams izmantot mazākus un vieglākus harvesterus (kopšanas ciršu harvesterus). Harvesteriem parasti nav smalcināšanas aprīkojuma, tādēļ tiem nepieciešamas papildus iekārtas. Dažreiz ekskavatoram uzmontē darba galvu (40. attēls).
- **uzkarināmās iekārtas**: uzkarināmās iekārtas ir pieejamas dažādos variantos. Tās var būt paredzētas kombinētai griešanai un smalcināšanai, tikai koku griešanai vai tikai smalcināšanai un ir uzmontējamas traktoriem. Lietojot kombinēto uzkarināmo iekārtu, atvases iespējams griezt un smalcināt tās horizontāli padodot šķeldotājam, vai arī, kā

to iesaka Ehlert u.c. (2013), griezto dzinumu padodot šķeldotājam vertikālā stāvoklī.

- **pašgājējsmalcinātāji:** ir īpaši harvesteri (38. un 39. attēls) vai pārveidoti lopbarības kombaini (37. attēls), kas vienlaikus griež un smalcina koksni – līdzīgi kā kombains, kas novāc augus skābbarībai. Šādas mašīnas piedāvā vairāki izgatavotāji. Ir pašgājējmašīnas, kas griež koksni un to sagarina „sprunguļos”. Tās dēvē par „sprunguļu” harvesteriem.

Pašgājējsmalcinātāji un uzkabīnāmās iekārtas, kas griež un smalcina vienlaicīgi, ir pārveidoti lopbarības kombaini vai cukurniedru harvesteri. Vairāku izgatavotāju harvesteri, tādi kā Claas (Jaguar) (37. attēls), Austoft (7700) un New Holland (38. un 39. attēls), ir aprīkojami ar speciāliem atvasāju novākšanas hederiem. Ja interese par SRC sistēmām pieaug, tuvākajos gados ir gaidāmi tehnikas uzlabojumi un pilnveidojumi.



37. attēls. Claas pašgājējmašīna – SRC harvesteris „Jaguar” (Avots: I. Dimitriou).



38. attēls. New Holland pašgājējmašina ar piekabi šķeldai (Avots: D. Rutz).



39. attēls. New Holland pašgājējmašīnas hederis (Avots: D. Rutz).



40. attēls. Ekskavatoram uzstādīta darba galva papeļu novākšanai Austrijā (Avots: R. Mergner).

Tievu atvašu (piem., kārkļu) novākšanai ir pieejamas presēšanas iekārtas, kas formē apaļus atvašu saiņus, kas ir līdzīgi salmu vai siena ruļļiem. Šādu tehnoloģiju piedāvā, piem., „Biobaler” (41. attēls) no *Andersons Canada* (Caslin *et al.*, 2010).

Jau tagad pieejamas vairākas šķeldošanas iekārtas (43. attēls), piemēram, no Jenz, Komptech, Husman, Jensen, Pezzolato, Spapperi, Heizomat, Vogt, u.c.. Tās var būt gan mobilas, gan stacionāras, piekabei vai traktoram uzmontējamas iekārtas, kā arī

pašgājējmašīnas. Bieži tām ir izlice koksnes padevei šķeldošanas iekārtai. Ja iekārtai nav izlices, nepieciešama cita mašīna, kas var veikt atvašu padošanu. Ir trīs dažādas koksnes smalcināšanas tehnoloģijas:

- cilindra smalcinātājs: cilindra smalcinātājam ir rotējošs tērauda cilindrs, uz kura uzstādīti līdz pat 20 naži. Cilindrs griežas uz izvades caurules pusi un darbojas arī kā padeves mehānisms. Šāda tipa smalcināšanas iekārtas ir ļoti skaļas, un, lai tās izmantotu, nepieciešama īpašu drošības pasākumu ievērošana. Smalcinātāji var izraisīt traumas vai pat operatora nāvi, ja tas aizķeras aiz materiāla un tiek ievilkts mašīnā. Saražotā šķelda ir liela, bet, ja smalcinātājā ievietos ļoti tievu materiālu, tas drīzāk tiks sagriezts sloksnēs, nevis šķeldots. Mūsdienīgi cilindra smalcinātāji pielietojami kokiem, kuru caurmērs ir 15-50 cm.
- diska smalcinātājs: diska smalcinātāja galvenais mehānisms ir tērauda disks, uz kura uzstādīti 2-4 naži. Horizontāli atpakaļgaitas veltņi, ar hidraulisku veltņu ātruma regulētāju, pārvieto materiālu no padeves piltuves uz disku, kas uzstādīts perpendikulāri padotajam materiālam. Kad disks griežas, naži sagriež materiālu šķeldās. Šķelda tiek izsviesta pa rotējošu izgrūdēja tekni. Diska smalcinātājs nav tik energoefektīvs, kā cilindra smalcinātājs, taču saražo pēc izmēra un formas viendabīgāku šķeldu. Patērētāju klases diska smalcinātāji sastrādā kokus ar diametru no 15 līdz 46 cm. Rūpnieciskie smalcinātāji ir ar diskkiem, kuru diametrs ir 4,1 m.
- skrūves tipa smalcinātājs: skrūves tipa smalcinātājs sastāv no izstiepta, koniska skrūves formas asmens. Garā spirālveida asmens malas ir noasinātas koksnes smalcināšanai. Smalcinātāja asmens rotē paralēli koksnes izgrūdeja caurules virzienam. Koki tiek ievilkti smalcinātājā, rotora asmenim veicot spirālveida kustību.

Mežizstrādes harvesteri ir smagā mežtehnika, un tos izmanto mežizstrādē – koku gāšanai, atzarošanai un saģarumošanai. Mežā harvesteru parasti izmanto kopā ar forvarderi, kas baļķus pieved uz augšgala krautuvī. Ir pieejami harvesteri no vairākiem izgatavotājiem, tādiem kā *John Deere*, *Caterpillar*, *Hyundai*, *Valmet*, *Rottne*, *Dorfmeister* u.c..

Kompānija *Anderson* ir izstrādājusi jaunu modeli – tā saukto biopresi *Biobaler* (41. attēls), kas no kokiem un krūmiem veido sapesētus, ietīklotus apvilktus ruļļus ar 120 cm diametru, kas ir gatavi rūpnieciskai izmantošanai.



41. attēls. Kompānijas *Anderson Bioballer*, „Bioprese”, Kanāda (Avots: Anderson Group).

9. tabula. Biomases ražas ievākšanas metodes, to apraksts un raksturojums (LWF 2011, Kofman 2012)

Apraksts	Raksturojums
Manuālā un moto-manuālā ražas novākšana, izmantojot mačeti, ķēdes motorzāģi, krūmgriezi vai līdzīgu instrumentu	
<ul style="list-style-type: none"> • Atvašu griešana un gāšana ar mačeti, ķēdes motorzāģi, krūmgriezi vai līdzīgu instrumentu. • Manuāla atvašu novākšana vai novākšana ar traktoru. • Atvašu uzglabāšana kaltēšanai vai tūlītēja smalcināšana. • Manuāla atvašu rīkšu padošana vai padošana ar celtņi nelielā smalcinātājā. 	<ul style="list-style-type: none"> • Iespējams personīgs ieguldījums. • Prasīgs un bīstams darbs. • Zems darba ražīgums. • Samazinātas izmaksas, jo aprīkojums ir viegli izmantojams. • Piemērots platībām, kas ir mazākas par 5 ha un, ja šķelda paredzēta mājāsaimniecībām vai nelielas jaudas katliem. • - Darbs jāveic vismaz 2 strādniekiem
Mehāniskā novākšana, izmantojot harvesteru	
<ul style="list-style-type: none"> • Lielāku koku novākšana ar mežizstrādes harvesteru. • Koku savākšana kūlīšos ar traktoru vai forvarderu. • Atvašu rīkšu/kūlīšu uzglabāšana kaltēšanai vai tūlītēja smalcināšana. • Koku padeve ar krānu uz smalcinātāju. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ergonomiskākas operācijas, pateicoties augstajam automatizācijas līmenim. • Iespējama kūlīšu/rīkšu kaltēšana uz lauka. • Apkalpošanu parasti veic darbuzņēmējs, ražas novākšanas izmaksas ir augstas. • Ekonomiski izdevīgi tikai pie lielām platībām. • Piemērots jebkāda veida šķeldas katliem.
Mehāniskā novākšana, izmantojot uzkarināmo iekārtu vai pašgājējmašīnu	
<ul style="list-style-type: none"> • Uzkarināmās iekārtas vai pašgājējmašīnas (lopbarības kombaini ar tiešai smalcināšanai pārveidotiem hederiem). • Ražas novākšana un smalcināšana notiek vienlaicīgi. • Piekabēm, kas transportē šķeldu no lauka, jābūt pieejamām ražas novākšanas laikā. • Šķelda tiek tūlītēji izmantota, uzglabāta vai kaltēta, 	<ul style="list-style-type: none"> • Ergonomiskākas operācijas, pateicoties augstajam automatizācijas līmenim. • Ekonomiski izdevīgs vidēja izmēra līdz lielās platībās. • Galvenokārt piemērots lielākām apkures sistēmām un koģenerācijas stacijām (CHP). • Šķeldu kaltēšana nav vienkārša un var būt dārga. • Smalcinot svaigu koksni, tiek iegūta tīra un viendabīga augstas kvalitātes šķelda.



42. attēls. Forvarders, kas savāc kokus no lauka Austrijā. (Avots: R. Mergner).



43. attēls. Uz traktora uzstādīts koksnes smalcinātājs Austrijā (Avots: D. Rutz).



44. attēls. Ziemā novāktie vītoli SRC stādījumi Zviedrijā; redzamas dubultrindas (Avots: D. Rutz).



45. attēls. Pie SRC stādījumiem uzglabātā vītoli biomasas raža Zviedrijā (Avots: D. Rutz).

4.5 Šķeldas kaltēšana un uzglabāšana

Pēc SRC biomasas ražas ievākšanas, un pirms izmantošanas personīgajam patēriņam vai pārdošanai, tā ir jāuzglabā. Šķeldu, atvašu rīkstes, balķus un „sprunguļus” var uzglabāt stādījumu hederos vai nogādāt līdz tālākās izmantošanas punktam.

Ļoti svarīga šķeldas kvalitātes īpašība ir ūdens (10. tabula) vai mitruma daudzums koksnē. Kaltējot uz lauka, pāris mēnešu laikā mitrumu iespējams samazināt no 50-55 % līdz aptuveni 30 %.

10. tabula: Koksnes ūdens daudzuma iedalījums četrās kategorijās

Kategorija	w (mitruma daudzums)
Absolūti sausa koksne	0 %
Gaisā kaltētā koksne	15-20 %
Uzglabātā koksne	< 30-35 %
Svaiga koksne	> 50 %

Svaigi sasmalcinātas koksnes ilglaicīga uzglabāšana ir sarežģīta un saistīta ar šādiem riskiem (LWF 2012):

- biomasas zudums: notiekošo bioloģisku procesu un sadalīšanās rezultātā 2-4 % biomasas zudums mēnesī;
- veselības risks: sēņu sporu savairošanās, kas negatīvi ietekmē veselību;
- kvalitāte: nenosegtās kaudzēs, nokrišņu un ūdens kondensāta atkārtotas uzkrāšanās rezultātā mitruma daudzums koksnē palielinās;
- tehniskais risks: šķeldai sasilstot, tai klāt piesalst arī piejaukumi, kuri ir grūti apstrādājami, piemēram, akmeņi, smiltis, kas var sabojāt iekārtas;
- spontāna aizdegšanās: mikrobiālā aktivitāte paaugstina temperatūru kaudzē, kas var izraisīt šķeldas pašai aizdegšanos;
- ietekme uz vidi: šķeldas izgarojumi var būt netīkami kaimiņiem, un infiltrāti var piesārņot tuvējās ūdenstilpnes.

Neskatoties uz augstāk minētajiem riskiem, arī kaltētas šķeldas, ar aptuveni 30 % ūdens daudzumu var salīdzinoši viegli un droši uzglabāt nenosegtās kaudzēs. Tās apsedzot vai uzglabājot tās zem jumta, iespējams novērst ūdens daudzuma paaugstināšanos koksnē pēc nokrišņiem. Arī svaigas šķeldas var uzglabāt zem jumta un kaltēt līdz mitrums sasniedz 30 %, taču, lai izvairītos no pašai aizdegšanās, nodrošināma laba ventilācija un veicama regulāra šķeldas maisīšana, piemēram, ar frontālo iekrāvēju.

Vislabāk, ja mitruma daudzumu šķeldā samazina līdz līmenim, kas ir zemāks par 20 %. Pēc Eiropas standartiem šķeldu, atkarībā no mitruma darba masā, klasificē piecās grupās – M20, M30, M40, M55, M65 (Rutz u.c., 2012). Mazā izmēra dēļ šķeldas ir jutīgas pret mikroorganismiem, sevišķi, ja tajās ir augsts mitruma daudzums. Palielināta mikroorganismu aktivitāte paaugstina temperatūru kaudzē, kas var izraisīt šķeldas pašai aizdegšanos uzglabāšanas vietās.

Jo augstāks mitruma daudzums šķeldā, jo mazāk enerģijas rodas tai sadegot (skat. 8.3 apakšnodaļu) un vairāk enerģijas tiek patērēts mitruma iztvaicēšanai. Kaltētas koksnes zemākais sadegšanas siltums (4,3 kWh/g) ir augstāks nekā svaigas vai mitras koksnes zemākais sadegšanas siltums (1,5 kWh/g) (Liebhard, 2007). Koksnes sadegšanas siltuma izmaiņas, atkarībā no mitruma daudzuma koksnē, parādītas 46. attēlā. Jo augstāks ir mitruma daudzums koksnē, jo zemāks ir koksnes sadegšanas siltums.



46. attēls. Koksnes sadegšanas siltuma izmaiņas saistībā ar mitruma daudzumu koksnē (Avots: FNR 2012).

Kāda ir atšķirība starp mitruma un ūdens daudzumu?

Svarīgs koksnes kurināmā kvalitātes rādītājs ir ūdens daudzums tajā.

Lai aprēķinātu un salīdzinātu ūdens daudzumu, izmantojami divi fizikālo mērījumu parametri:

- ūdens daudzums (w), ko sauc arī par mitrumu pret svaigu materiālu un
- kurināmā (jeb absolūto) mitrumu (u) – ūdens daudzumu pret kurināmā sausni.

Ūdens daudzums (w) raksturo ūdens masas (m_w) daļu svaigā biomasā ($m_d + m_w$), bet kurināmā mitrums (u) raksturo ūdens daudzumu pret sausu biomasu (m_d):

$$w = m_w / (m_d + m_w) - \text{(relatīvais mitrums)}$$

$$u = m_w / m_d - \text{(absolūtais mitrums)}$$

Mitruma daudzuma vērtības var pārvērst ūdens daudzuma vērtībās. Piemēram, 50 % ūdens daudzums (w) atbilst 100 % mitrumam (u). Ūdens daudzums jeb mitrums (u) var būt lielāks par 100 %. Jēdzienu ūdens daudzums jeb mitrums (w) parasti lieto mežsaimniecībā un kokrūpniecībā. Enerģētikā biežāk lieto kurināmā mitruma (u) daudzuma jēdzienu.

Pastāv vairākas kaltēšanas metodes – sākot ar ļoti vienkāršām līdz tehnoloģiski sarežģītām (11. tabula). Šķeldas bieži kaltē **nekustīgā slānī**, piemēram, konteineros, piekabēs vai glabātuves, caur kurām tiek pūsts karsts gaiss (47. līdz 52. attēls).

Konteineriem vai piekabēm ir dubultdibens ar režgotu grīdu vai režgotu cauruli, caur kuru tiek pūsts karstais gaiss. Lēts risinājums ir kaltēšanai pielāgotas piekabes. Šķeldu sajaukšana šajos konteineros vai piekabēs nenotiek, tādēļ tās kalšana notiek nevienmērīgi.

Sarežģītāka kaltēšanas metode ir **rotējošā kalte**. Tajā karstais gaiss tiek iepūsts zem dubultsieta un kustīgās lāpstiņas maisa un padots šķeldas kaltēšanas procesā, kura gaitā dzenrats vairākas reizes pārbīda lāpstiņas no viena kaltes gala uz otru. Rotācijas virzienu iespējams mainīt, to pārslēdzot automatizētajā vadības sistēmas panelī. Rotējošās padeves

kaltēs var darboties gan periodiski, gan nepārtraukti.

Lentes kaltēs šķeldas, pa perforētu lenti, tiek nepārtraukti un vienmērīgi padotas ievades kamerā. Lente, kas atrodas horizontālā stāvoklī, virza šķeldas cauri kaltēšanas zonai, kas var būt iedalīta vairākās kamerās. Šajās zonās siltais gaiss plūst cauri vai pāri mitrajai koksnei, to kaltējot. Katra kamera ir aprīkota ar ventilatoru un siltummaiņu un ir pielāgojama dažādiem apstākļiem.

Ideāls un lēts siltuma avots kaltēšanai ir, piemēram, no rūpnieciskajiem procesiem vai biogāzes stacijām pāri palikušais siltums (Rutz *et al.*, 2012).

11. tabula. **Kaltēšanas tehnoloģijas un to raksturojums** (Avots: Rutz *et al.*, 2012)

Kaltēs tips	Raksturojums
Nekustīgā kalte	Karstais gaiss caurplūst materiālam horizontālos vai vertikālos bunkuros, skābarības bedrēs, piekabēs vai konteineros. Šī ir viena no vienkāršākajām kaltēm, jo materiāls netiek maisīts. Kravas kaltēs ir lētas un piemērotas mazu apjomu kaltēšanai.
Rotējošā kalte	Karstais gaiss tiek pūsts zem režģa un plūst cauri produktam. Dzenratam rotējot, lāpstīņas maisa un pārvieto produktu.
Lentes kalte	Karstais gaiss kaltē materiālu, kas tiek lēnām virzīts pa lenti. Šādas kaltēs izmaksas ir samērā augstas.



47. attēls. Konteinerim pievienotas gaisa apkures caurules šķeldu kaltēšanai biogāzes rūpnīcā Minhenē, Vācija (Avots: D. Rutz).



48. attēls. Konteineris šķeldu kaltēšanai Minhenē, Vācija (Avots: D. Rutz).



49. attēls. Kravas kalte uz piekabes. Kaltēšanai izmanto biogāzes rūpnīcā pārpalikušo siltumu, Vācija (Avots: D. Rutz).



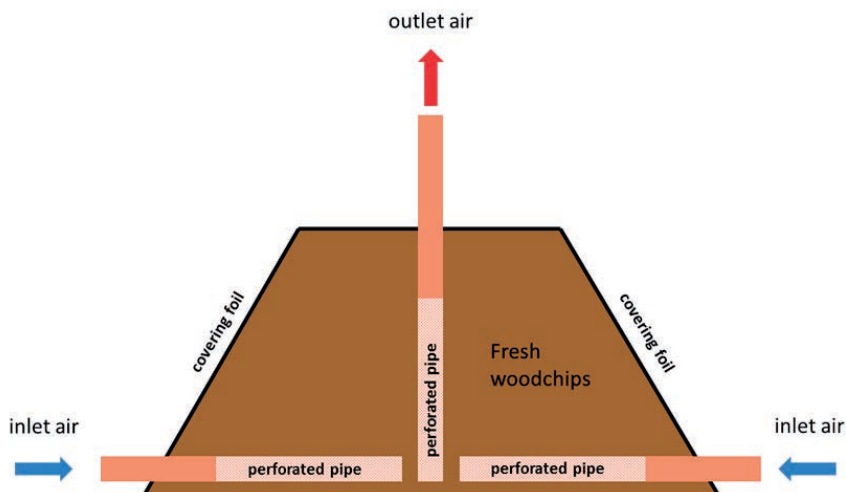
50. attēls. Rotējošā padeves kalte šķeldu kaltēšanai biogāzes rūpnīcā Vācijā (Avots: D. Rutz).



51. attēls. Noliktavas grīdā iebūvēta ventilācijas lūka Biomasas tirdzniecības centrā Ahentālē, Vācija (skat. 52. attēlu) (Avots: D. Rutz).

52. attēls. Ideāla šķeldu noliktava Biomasas tirdzniecības centrā Ahentālē, Vācija (Avots: D. Rutz).

Ir izstrādāts speciāls paņēmieni tīrcirtmeta atvasāju (SRC) šķeldu kaltēšanai, ko patentējusi (PCT/EP2005/009241) Drēzdenes Tehniskā universitāte (Vācija). Tā pamatā ir princips, ka svaigas un mitras šķeldas, uzglabātas kaudzē, uzsilst pašas. Perforētas (caurumotas) caurules nodrošina gaisa iekļūšanu kaudzē, kamēr izvades caurule darbojas kā skurstenis un atbrīvo silto gaisu, kas rodas šķeldām sasilstot. Šis gaisa ventilācijas process ir efektīva metode koksnes kaltēšanai, un tam nav vajadzīga papildus enerģijas pievade. Izmantojot šo metodi, trīs mēnešu laikā ir iespējams samazināt ūdens daudzumu koksnē līdz 30 % (Grosse u.c., 2008). Kaudzi var izveidot tieši plantācijas galā vai šķeldas patērēšanas punktā.



53. attēls. Ventilācijas sistēmas shēma šķeldu kaltēšanai kaudzē (Avots: D. Rutz).

5 Loģistika un transports

Pirms SRC stādījumu ierīkošanas, rūpīgi apsveramas transporta izmaksas un attālumus līdz potenciālajiem klientiem. Šķeldu transportēšana pārāk lielā attālumā negatīvi ietekmēs SEG līdzsvaru un stādījumu ekonomisko izdevīgumu. Maksimālais ieteicamais šķeldu transportēšanas attālums un tam piemērotākais transportlīdzeklis ir atkarīgs no vairākiem apstākļiem, kurus var apkopot šādi:

- 0-40 km: pašu traktori;
- 30-90 km: smagās kravas automašīnas ar 70-95 m³ ietilpību;
- > 70 km: vilcieni.

Jau sākuma fāzē jāieplāno viegla piekļuve stādījumiem, īpaši, ja tajos tiks izmantota smagā tehnika un kravas mašīnas. Jāievēro arī maksimālais atļautais kravas svars uz ceļiem un tiltiem. Šķeldas blīvumu nosaka mitruma daudzums tajā, koku suga, šķeldu izmēri un forma, kā arī mizas/koka īpatsvars. Vienas tonnas absolūti sausu šķeldu tilpums ir aptuveni 6,5 līdz 7 kubikmetri. 12. tabulā parādīti vairāku SRC un citu sugu šķeldas blīvums saistībā ar mitruma daudzumu šķeldā.

12. tabula. SRC un citu sugu kubikmetra (m³) šķeldas svars (vidējie/tipiskie lielumi; reālios lielumus nosaka vairāki faktori!)

Mitruma daudzums [%]	0	15	20	30	50
	Masa [kg]				
Papeles (SRC) (blīvums 353 kg sausnas/ cieš m ³)	164	145-174***	181**	203** 167-200***	284**
Kārkli (SRC) (blīvums 420 kg sausnas/ cieš m ³)	168*	181-217***	181**	208-250***	nav zināms
Alkšņi (SRC) (blīvums 530 kg sausnas/ cieš m ³)	nav zināms	177-212***	n.a.	204-245***	nav zināms
Robīnija (SRC) (blīvums 750 kg sausnas/ cieš m ³)	nav zināms	264-317***	n.a.	304-365***	nav zināms
Egle (nav SRC) (blīvums 379 kg sausnas/ cieš m ³)	151	178	189	216	302
Dižskābardis (nav SRC) (blīvums 558 kg sausnas/ cieš m ³)	222	261	278	317	444

(Avots: CARMEN 2014, * SLL n.d., ** Biomasseverband OO n.d., *** ETA Heiztechnik GmbH n.d. (pirajā vērtība G50 šķeldai, otrā vērtība G30 šķeldai), citi avoti)

Stādījumu galos būtu ierīkojamas zonas, kur netiek audzēti atvasāji, bet, piemēram, ziedoši lakstaugi, kas palielinātu stādījumu vērtību. Šīs zonas sauc par **stādījumu hederiem**: tie kalpo kā apgrīšanās vietas ražas novākšanas un apkopes tehnikai. Šajos hederos iespējams uzglabāt ievāktu koksnes biomasu. Nereti biomasas ražu uzreiz nogādā līdz turpmākās izmantošanas punktam.

6 SRC stādījumu rekultivācija

SRC stādījumus pēc vairākiem gadiem likvidē jeb rekultivē, un tam var būt vairāki iemesli. Īpašnieks var mainīt zemes izmantošanas veidu uz pļavu vai aramzemi, vai arī veikt SRC stādījumu pārstādīšanu, nomainot vecākās šķirnes ar jaunākām. Lauksaimnieki, kuriem nav lielas pieredzes SRC audzēšanā, stādījumu likvidēšanu bieži uzskata par lielu šķērslī. Tomēr zemi iespējami ātrāk vajadzētu atgriezt sākotnējā stāvoklī. Potenciālie SRC ierīkotāji šajā jautājumā parasti bijuši diezgan atturīgi, taču izpratnes vairošana un informācijas sniegšana varētu šādu nostāju mainīt. SRC stādījumu likvidēšana tehniski nav sarežģīta, jo, neskatoties uz to, ka atvasāji auguši vairākus gadus, to sakņu sistēma ir relatīvi sekla.

Stādījumu likvidēšanas metodi jāizvēlas atkarībā no turpmākā zemes saimnieciskās izmantošanas veida. Ja stādījumu vietā paredzēta pļava, iespējams, pietiks ar zemes iridnāšanu – kultivēšanu un zāles iesēšanu. Dažos gadījumos arī aramzemes atjaunošanai pielietojama tikai kultivēšana. Augsnes iridnāšanas tehnikas (kultivatora) spēja (54., 55. attēls) sagriezt koksni mazos gabaliņos nosaka to, vai būs nepieciešama tālāka augšnes apstrāde.

Komplicētāka stādījumu likvidēšanas metode ir mehānisko un ķīmisko līdzekļu apvienošana. Šajā gadījumā pēc pēdējās biomasas ražas ievākšanas celmus atstāj audzē līdz pavasarim, kad tie sāk dzīt jaunas atvases. Kad atvases izaugušas 30-40 cm garas, stādījumi apstrādājami ar herbicīdu. Kārkli un papeles ir jutīgi pret herbicīdiem un to aktīvi augošās daļas atmirst. Lai herbicīds pilnībā uzsūktos, atvasāji pēc apsmidzināšanas vismaz uz divām nedēļām atstājami uz lauka. Kad atvases ir atmirušas, ar lieljaudas kultivatoru veicama celmu sasmalcināšana augšnes augšējos 5-10 cm. Kad celmi pilnībā ir sasmalcināti, augšne apstrādājama ar liela diametra disku frēzi, kas sagriež atlikušos stumbrus un saknes, neizceļot tos līdz augšnes virskārtai.

Tiklīdz celmi ir sasmalcināti, nav nepieciešams tos izvākt, augsnē atkārtoti var stādīt kārkļus vai ierīkot citu lauksaimniecības kultūru stādījumus, sējumus.



54. attēls. Kultivators smalcina atlikušos atvasāju celmus Austrijā (Avots: R. Mergner.)



55. attēls. Rekultivēta augsne Austrijā (Avots: R. Mergner.)

SRC produktu izmantošana

Rotācijas periodu nosaka jau stādījumu plānošanas un izveidošanas laikā, jo no tā ir atkarīgs stādīšanas attālums. Ja attālums starp kokiem ir mazs un rotācijas periods ir starp 2 un 8 gadiem, ievāktā koksnes biomasa gandrīz noteikti tiks sasmalcināta šķeldā, kuru vēlāk izmantos dažādiem mērķiem. Ja rotācijas periodi ir garāki, nopietni apsverama zāģbaļķu, nevis šķeldu ieguve, lai rezultātā peļņa būtu lielāka. Baļķu izmantošana ir atkarīga no to kvalitātes. Zāģbaļķus iespējams iegūt, piemēram, papeļu vai eikaliptu SRC stādījumos. Kārķļu stādījumos, parastā stādījumu rotācijas perioda laikā, nevarēs izaudzēt pietiekami resnus kokus. Rokasgrāmatā nav apskatīta zāģbaļķu ieguve un izmantošana. Galvenā uzmanība veltīta šķeldas izmantošanai enerģijas ieguvē.

6.1 Šķeldas kvalitāte

Šķeldas kvalitāti lielā mērā nosaka tās plānotā izmantošana (56., 57. attēls). Galvenie šķeldas kvalitātes noteikšanas parametri ir:

- mitruma/ūdens daudzums: jo zemāks mitruma daudzums, jo augstāks koksnes degšanas siltums;
- šķeldu viendabīgums un izmērs: šķeldu izmēram jāatbilst plānotajai pielietošanai un koksnes kurināmā apstrādes sistēmai;
- sīko daļiņu saturs: sīkās daļiņas (koksnes putekļi) rada risku veselībai;
- šķeldu forma: lai palielinātu šķeldas tilpumbūvumu un nodrošinātu tās vienmērīgu padevi apkures sistēmā, šķeldu griezumiem jābūt asiem un bez atskabargām;
- izcelsme: audzēšanas un apsaimniekošanas sistēmas ilgtspējīgums; jo tuvāk galalietotājam šķelda iegūta, jo mazāks ir transportēšanas attālums un zemākas CO₂ emisijas no transportēšanas;
- pelnu saturs: jo zemāks ir pelnu saturs, jo augstāka enerģijas atdeve un mazāks pelnu, kā ražošanas (š.g. siltumenerģijas ražošanas) atkritumu, daudzums;
- piemaisījumi: šķeldai jābūt bez piemaisījumiem (augšne, akmeņi);
- sastāvs: jo augstāks koksnes un zemāks mizas, lapu un nelielu zariņu daudzums šķeldā, jo augstāka ir kurināmā kvalitāte.

Kā jau aprakstīts 4.3 un 4.5 apakšnodaļā galvenais šķeldas kvalitātes kritērijs ir mitruma daudzums tajās, ko lielākoties ietekmē ražas novākšanas veids un transportēšanas un kaltēšanas procedūras.

Šķeldu viendabīgumu, izmēru un formu, kā arī sīko daļiņu saturu tajā, ietekmē ražas novākšanā pielietotais aprīkojums un tehnoloģija. Piemaisījumu esamību daļēji nosaka ražas ievākšanas tehnoloģija un šķeldas uzglabāšanas veids: ja šķeldu uzglabā uz lauka, palielinās piemaisījumu rašanās risks. Šķeldas sastāvu un pelnu saturu nosaka koku sugas īpašības un audzēšanas veids. Šķeldai, no ģircmetā atvasājiem, ir augstāks pelnu saturs, jo mizas un mazo zaru īpatsvara attiecība pret koksnes daļu ir daudz augstāka (atvasāju caurmērs SRC stādījumos ir salīdzinoši neliels).



56. attēls. Augstas kvalitātes (pa kreisi) un zemas kvalitātes šķelda (ne no SRC stādījumiem) (vidū un pa labi) Vācijā (Avots: D. Rutz).

Šķeldas kvalitāti nosaka speciāli standarti. Eiropas Standartizācijas komiteja (CEN) ir izstrādājusi šķeldas, brikešu, malkas un granulu kvalitātes prasību standartus, kā arī standartus kvalitātes pārbaudes metodēm, kurināmā pārveidošanas noteikumiem un kvalitātes nodrošināšanai. Šie standarti 2014. gadā tika grozīti un tālāk izstrādāti kā starptautiski ISO (Starptautiskā Standartizācijas organizācija) standarti. Koksnes biokurināmajam piemērojami šādi standarti:

- ISO 17225-1:2014-09 (iepriekš EN 14961-1:2010) Cietais biokurināmais. Kurināmā specifikācijas un klases. 1. daļa: vispārīgās prasības;
- ISO 17225-2:2014-09 (iepriekš EN 14961-2:2011) Cietais biokurināmais. Kurināmā specifikācijas un klases. 2. daļa: koksnes granulu klasifikācija;
- ISO 17225-3:2014-09 (iepriekš EN 14961-3:2011) Cietais biokurināmais. Kurināmā specifikācijas un klases. 3. daļa: koksnes brikešu klasifikācija;
- ISO 17225-4:2014-09 (iepriekš EN 14961-4:2011) Cietais biokurināmais. Kurināmā specifikācijas un klases. 4. daļa: šķeldas klasifikācija;
- ISO 17225-5:2014-09 (iepriekš EN 14961-5:2011) Cietais biokurināmais. Kurināmā specifikācijas un klases. 5. daļa: malkas klasifikācija.



57. attēls. Svaigas šķeldas, kas iegūtas kārkļu SRC stādījumos Zviedrijā (Avots: D. Rutz).

ISO 17225 sērijas mērķis ir (I) noformulēt skaidrus un nepārprotamus cietā biokurināmā klasifikācijas principus, (II) būt instrumentam, kas nodrošina efektīvu biokurināmā tirdzniecību, (III) stimulēt sapratni starp pārdevēju un pircēju, kā arī (IV) kalpot par saziņas līdzekli ar aprīkojuma izgatavotājiem. Standarti atvieglo atļauju izdošanas procedūru un pārskatu iesniegšanu atbildīgajās iestādēs (ISO 2014).

Alakangas (2009) 13. tabulā sniegts šķeldas deklarācijas (marķējuma) piemērs, norādot EN 14961-1 noteiktos normatīvos parametrus – izmēru (P), mitruma daudzumu darba masā (M) un pelnu saturu (A), kā arī informatīvos parametrus – tilpumbūvumu (BD), degšanas siltumu (Q) un sēra (S), slāpekļa (N) un hlora (Cl) saturu šķeldā.

13. tabula. Produkta – šķeldas – deklarācijas piemērs (Avots: Alakangas, 2009, grozīts)

EN 14961-1		
Vispārējie dati	Izgatavotājs	EAA Biofuels
	Atrašanās vieta	Jyvaskylā, Somija
	Izcelsme	1.1.1.1 un 1.1.1.2 (viss koks)
	Tirdzniecības forma	Šķelda
	Daudzums (t)	4,00
	Izmēri	P45A
Normatīvie parametri	Mitrums, w-%	M35
	Pelni, w-% sausai masai	A1,5
Informatīvie parametri	Tilpumbūvums, kg/m ³	BD250
	Zemākais sadegšanas siltums, kā saņemts, MJ/kg	Q11,5
	Sērs, w-% sausai masai	0,05
	Slāpekļis, w-% sausai masai	N0,3
	Hlors, w-% sausai masai	Cl0,03

ISO standarti šķeldu tirdzniecībā ir nepieciešami, lai informētu pircēju par šķeldas kvalitāti, kas ietekmē tās cenu.

Standartos iekļauta informācija par to, kā uzlabot šķeldas kvalitāti, un tādēļ standarti ir saistoši arī stādījumu īpašniekiem, kuri šķeldu patērē tikai mājsaimniecības vajadzībām.

6.2 Šķeldas izmantošanas iespējas

Šķeldu iespējams izmantot:

- mazās apkures sistēmās (vienai vai dažām mājsaimniecībām);
- lielākās sadedzināšanas un apkures sistēmās (nelielās centralizētās siltumapgādes sistēmās, kurām pieslēgtas vairākas mājsaimniecības);
- koģenerācijas stacijās (CHP), kas paredzētas šķeldas izmantošanai (Organiskais Renkina cikls (ORC), tvaika turbīnas);
- gazifikācijas iekārtās elektroenerģijas ražošanai;
- kā papildu enerģijas avotu lielās, uz fosilo kurināmo bāzētās, spēkstacijās;
- kā izejvielu biomasas pārveidošanas procesiem (piem., pirolīzē, gazifikācijā, kokogļu ražošanā, bioķīmiskā pārveidošanā etanolā, bioplastmasas ražošanā);
- pārstrādei granulās (dažādiem mērķiem);
- nišas produktiem: kā mulču dārkopībā un ainavu apsaimniekošanā, kā pakaišus dzīvniekiem, kā substrātu sēņu audzēšanai, kā materiālu biofiltriem vai kā rotaļu laukumu virsmas materiālu.

Šodien Eiropā šķeldu pārsvarā izmanto apkures sistēmās, koģenerācijas stacijās un, kā papildus kurināmo, lielās spēkstacijās. 7.3 apakšnodaļā sniegta informācija par šķeldu un granulū dedzināšanu.

Nākotnē pieprasījums pēc šķeldas biomasas pārveidošanas vajadzībām var pieaugt. Jau

ierīkoti SRC stādījumi otrās paaudzes šķidrās biodegvielas ražošanai no biomasas. Šādas degvielas (BtL – *biomass-to-liquid*) ražošana vēl ir attīstības stadijā. Termokīmiski pārveidojot lignocelulozes biomasu (tādu kā šķelda no SRC), iegūstama sintētiskā biodegviela. Bioķīmiskās pārveidošanas tehnoloģija ir sarežģīta, kuras gaitā lignocelulozes materiāls tiek pārveidots par cukuru, kas tālāk tiek fermentēts, iegūstot etanolu (58. attēls) – benzīna aizvietošanu. Vairākās Eiropas un starptautiskās izmēģinājuma un demonstrācijas stacijās tiek pārbaudīta šķeldas pielietošana etanola iegūšanai. Līdz šim aktuālākā bija zālaugu biomasas izmantošana (salmi, zāle, utt.). Integrētās biomasas pārveidošanas iekārtās iespējams ražot arī tādus produktus, kā lignīnu, elektroenerģiju, siltumu, bioplastmasu un bioķīmikālijas. Minētie produkti veidos SRC šķeldas nākotnes tirgu.

Mazāka mēroga ražošanā šķeldu iespējams termokīmiski pārveidot, iegūstot pirolīzes eļļu. Pirolīzes eļļa var aizstāt kurināmo vai tikt tālāk pārstrādāta. Jau šodien bieži izmanto šķeldas gazifikāciju un saražotās singāzes tālāku pielietošanu elektroenerģijas ražošanai iekšdedzes dzinējos (59. attēls).

Sākotnēji granulas ražoja no zāgskaidām, kuras uzskatīja par ražošanas atkritumiem (60. attēls). Šodien granulas ražo arī no SRC stādījumos iegūtās šķeldas, kurai ir salīdzinoši augsts mizas/koksnes īpatsvars, tāpēc, lai ievērotu kvalitātes standartus, ieteicams izmantot šķeldu no SRC stādījumiem ar garākiem rotācijas periodiem (tas samazina mizas/koksnes īpatsvaru).

Bez šķeldas izmantošanas enerģijas ieguvei, iespējamas arī citas tās pielietošanas iespējas, ko nosaka vietējais pieprasījums. Šķeldas izmantojamas kā mulča dārzkopībā un ainavu apsaimniekošanā, kā pakaiši (piem., zirgiem), kā substrāts sēņu audzēšanai, kā materiāls biofiltriem (piem., atkritumu poligonos ar biogāzes ieguvei) vai kā rotaļu laukumu virsmas segums. Šo papildus iespēju ierobežotā pielietojuma dēļ, nav pieejama sīkāka informācija.



58. attēls. Otrās paaudzes metanola rūpnīca ABENGOA Spānijā (Avots: D. Rutz).



59. attēls. Mazizmēra gazifikatori konteinerī (pa kreisi) un ražošanas laikā (pa labi) „SpannerRE²” rūpnīcā (Avots: D. Rutz).



60. attēls. Granulu prese (pa kreisi) un augstas kvalitātes granulas (pa labi) (Avots: D. Rutz).

6.3 Šķeldas un granulu dedzināšana

Galvenais šķeldas un granulu pielietojums ir to dedzināšana ilgtspējīgai siltumenerģijas ražošanai (skatiet 6. aili). Šajā apakšnodaļā sniegta pamatinformācija par šķeldas sadegšanas procesiem. Sīkāka informācija pieejama, piemēram, Hiegl u.c. (2011) vai Rutz u.c. (2006).

Augu biomasa sastāv galvenokārt no oglekļa (C), ūdeņraža (H) un skābekļa (O). Oglekļa īpatsvars nosaka enerģijas daudzumu, kas tiek atbrīvots biomasas sadegšanas procesā (oksidācijā). Arī ūdeņradis sadegot atbrīvo enerģiju. Ūdeņradis un ogleklis nosaka sausa kurināmā sadegšanas siltumu (augstāko degšanas siltumu). Skābeklis tikai veicina degšanas procesu, bet neietekmē kurināmā enerģijas atdevi.

Koksnes kurināmajā ir augsts oglekļa – 47 līdz 50 % un skābekļa – 40 līdz 45 % daudzums. Udeņradis koksnes kurināmajā ir 5 līdz 7 %. Turklāt bez minētajiem trim elementiem koksnē ir arī citi elementi, un lai arī to īpatsvars ir mazs, tie var nozīmīgi ietekmēt emisijas, kas rodas sadegšanas procesā. Sērs, hlors un slāpekļis ir elementi, kas būtiski palielina kaitīgo emisiju daudzumu.

Kurināmo daļēji var iedalīt pēc tā kaitīgās emisijas veidojošo ķīmisko elementu satura.

Enerģijas daudzums uz masas vienības tiek izteikts ar zemāko un augstāko sadegšanas siltumu (sk. 7. aili un 14. tabulu). Šķeldas raksturošanai bieži izmanto enerģijas daudzumu uz tilpuma vienības – kubikmetra (enerģijas blīvums). Piemērs parādīts 15. tabulā. Atkarībā no kuras koka sugas šķelda iegūta, kā arī no šķeldas izmēra un mitruma – kubikmetrs šķeldas sver aptuveni 200-300 kg.

Šķeldas katlus (61., 62. attēls) izmanto apkures sistēmās, kuru jauda ir vismaz 20 kW, bet granulu katlus – arī mazjaudīgākās apkures sistēmās. Apkure ar šķeldu ir ekonomiski izdevīga tikai lielās saimniecībās un fermās, vai pat vairākās saimniecībās un nelielos ciemos. Uz granulām balstītas siltumapgādes sistēmas parasti tiek ierīkotas vienā vai dažās māsaimniecībās.

Šķeldas un granulu apkures sistēmas ir labi attīstītas, un tirgū darbojas vairāki to ražotāji. Apkures sistēma sastāv no uzglabāšanas bunkura, padeves sistēmas, apkures katla, dūmgāzu novadīšanas un siltuma sadales sistēmas (bieži tiek uzstādītas arī siltuma akumulācijas tvertnes).

Šķeldas vai granulu katlam nepieciešamās investīcijas ir lielākas, nekā fosilā kurināmā katlam, toties paša kurināmā izmaksas ir daudz zemākas. Ilgtermiņā šķeldas vai granulu katli ir ekonomiskāki, nekā fosilā kurināmā katli.

Kāpēc biomasas ir atjaunojams resurss?

Galvenā siltumnīcas efektu izraisošā gāze (SEG), kas rodas degšanas procesā, ir oglekļa dioksīds (CO_2). Tā ir viena no galvenajām, kas izraisa globālās temperatūras paaugstināšanos. Oglekļa dioksīds atmosfērā tiek emitēts, sadegot fosilajam kurināmajam (piem., lignītam, antracītam, naftai, dabasgāzei) un biomasai. Biomasas audzēšanas laikā no atmosfēras tiek asimilēts CO_2 (fotosintēzes process). Arī īscirtmeta (piem., ar 4-6 gadu ciklu) stādījumos koki no atmosfēras asimilē CO_2 daudzumu, kas ir pielīdzināms vēlāk – sadegšanas rezultātā – radušos CO_2 emisiju daudzumam. Šī iemesla dēļ arī Tsa rotācijas periodā (SRC) iegūtā biomasas ir atjaunojams resurss, kura pielietošana sekmē klimata aizsardzību.

Pagaidām biomasas enerģijas avoti nav pilnībā 'CO₂-neitrāli', jo biomasas pārstrādē un izmantošanā (piem., ražas novākšanā un transportēšanā) joprojām izmanto neatjaunojamus resursus. Ierīkojot jaunus SRC stādījumus, jāņem vērā zemes saimnieciskās izmantošanas maiņa, kas var izraisīt gan oglekļa atbrīvošanos no augsnes, gan tā uzkrāšanos augsnē. Salīdzinājumā ar viengadīgajām kultūrām, SRC stādījumos oglekļa uzkrāšanās augsnē ir augstāka, un šie stādījumi mazina arī paredzamās klimata izmaiņas.

Kāda ir atšķirība starp zemāko un augstāko siltumspēju?

Kurināmā sadegšanas siltums ir nozīmīga kurināmā īpašība.

Zemākais sadegšanas siltums (LHV) (neto siltumspēja (NCV), zemākā kaloritāte (LCV)) norāda siltuma daudzumu, kas tiek atbrīvots, biomasai pilnīgi sadegot (oksidējoties). Nosakot zemāko sadegšanas siltumu, netiek ņemts vērā latentais siltums (iztvaikošanas siltums), kas atrodas dūmgāzu sastāvā esošajos ūdens tvaikos. Tādējādi zemākais sadegšanas siltums samazinās, pieaugot mitruma daudzumam biomasā.

Augstāko sadegšanas siltumu (HHV) (kaloritāti, bruto siltumspēju, augšējo siltumspēju (Ho), bruto kaloritāti (GCV), augstāko kaloritāti (HCV)), nosaka visiem degšanas produktiem sasniedzot pirmsdegšanas temperatūru. Šajā kontekstā svarīgākā ir tieši ūdens tvaiku kondensācija un latentā siltuma atgūšana. Biomasas augstākais sadegšanas siltums ir vidēji par 6 % (mizai), 7 % (koksnei) vai 7,5 % (lauksaimniecības produkts) augstāks par zemāko sadegšanas siltumu (14.tabula). Šī sakarība ir spēcīgā tikai attiecībā uz absolūti sausu (wf) cieto biokurināmo. Mitrai biomasai šī starpība palielinās. SRC stādījumos biežāk izmantoto sugu – kārklu un papeļu – sadegšanas siltums, salīdzinājumā ar citiem koksnes kurināmajiem, ir atspoguļots 15.tabulā.

14. tabula. Cietā kurināmā raksturojums (Hiegl u.c. 2011) (vidējie/tipiskie lielumi; reālos lielumus nosaka vairāki faktori)

Kurināmā veids	Zemākais sadegšanas siltums [MJ/kg]	Augstākais sadegšanas siltums [MJ/kg]	Pelnu saturs [%]	Pelnu kušanas temperatūra [°C]
Papeļu koksne	18,5	19,8	1,8	1335
Kārķļu koksne	18,4	19,7	2,0	1283
Dīžskābarža koksne	18,4	19,7	0,5	Nav datu
Egles koksne	18,8	20,2	0,6	1426
Skujkoku miza	19,2	20,4	3,8	1440
Kviešu salmi	17,2	18,5	5,7	998
Kviešu graudi	17,0	18,4	2,7	687
Antracīts	29,7	Nav datu	8,3	1250
Lignīts	20,6	Nav datu	5,1	1050



61. attēls. Neliela *Fröling* šķeldas apkures sistēma (24-50 kW jauda) ar apkures katlu (pa kreisi), kurināmā padeves sistēmu (vidū) un šķeldas uzglabāšanas tvertni (pa labi) (Avots: D. Rutz).

15. tabula. SRC un citu šķeldu sadegšanas siltums saistībā ar mitruma daudzumu koksnē (vidējie/tipiskie

lielumi; faktiskos lielumus nosaka vairāki faktori)

Mitruma saturs [%]		0	15	20	30	50
	Mērvienība	Zemākais sadeģšanas silutums [kWh]				
Papele (blīvums 353 kg sausnas/cieš. m ³)	kg	5,00	4,15	3,86	3,30	2,16
	cieš. m ³	1 765	1 723	1 705	1 662	1 525
	bēr. M ³	706	689	681	666	610
Vītols (blīvums 420 kg sausnas/cieš. m ³)	kg	4,54*	3,76**	n.d.	2,97**	n.d.
	cieš. M ³	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	bēr. m ³	n.d.	680-810**	n.d.	620-740**	n.d.
Alksnis (blīvums 530 kg sausnas/cieš. m ³)	kg	n.d.	4,06**	n.d.	3,23**	n.d.
	cieš. m ³	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	bēr. m ³	n.d.	720-860**	n.d.	660-790**	n.d.
Robīnija (blīvums 750 kg sausnas/cieš. m ³)	kg	n.d.	4,11**	n.d.	3,27**	n.d.
	cieš. m ³	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	bēr. m ³	n.d.	1 090- 1 300**	n.d.	990- 1 190**	n.d.
Egle (blīvums 379 kg sausnas/cieš. m ³)	kg	5,20	4,32	4,02	3,44	2,26
	cieš. m ³	1 970	1 930	1 900	1 860	1 710
	bēr. m ³	788	770	762	745	685
Dižskābardis (blīvums 558 kg sausnas/cieš. m ³)	kg	5,00	4,15	3,86	3,30	2,16
	cieš. m ³	2 790	2 720	2 700	2 630	2 410
	bēr. m ³	1 116	1 090	1 077	1 052	964

Avots: CARMEN 2014, *Verscheure 1998, ** ETA Heiztechnik GmbH n.d. (pirmā ber. m³ vērtība attiecās uz G50 šķeldu, otrā – uz G30, citi avoti; n.d. – nav datu).



62. attēls. Vidēja izmēra šķeldas apkures sistēma (3000 kW jauda) ar apkures katlu (pa labi) un siltuma akumulācijas tvertni (pa kreisi), Biomassehof, Ahentāle, Vācija (Avots: D. Rutz).

Lielākos kurināmā sadedzināšanas objektos ir iespējama elektroenerģijas ražošana, izmantojot organisko Renkina ciklu (ORC). ORC ir termodinamisks process, kas darbina ģeneratoru elektrības ražošanai. Salīdzinājumā ar citām koģenerācijas tehnoloģijām, tādām kā gazifikācija (63.attēls), ORC procesi parasti ir ievērojami jaudīgāki.

Sevišķi jaudīgās elektrostacijās šķeldas un rūpnieciskās granulas lielā daudzumā tiek līdzdedzinātas ar kādu citu kurināmo, parasti kopā ar oglēm vai lignītu. Tādās stacijās galvenokārt pielieto tvaika ciklu. Ideālajā gadījumā procesā radušos siltumu izmanto centralizētā siltumapgādes sistēmā. Šķeldu līdzdedzināšanu pārsvarā praktizē Eiropā, īpaši Nīderlandē, Lielbritānijā un Beļģijā.



63. attēls. ORC sistēma (1,520 kW_{el}), Grunfüttertrocknungsgenossenschaft Kirchdorf a.H. eG Vācijā (Avots: D. Rutz).

7 Īscirtmeta stādījumu ietekme uz vidi

SRC stādījumiem, salīdzinājumā ar viengadīgajām kultūrām, ir pozitīvāka ietekme uz vidi, un negatīvas ietekmes risks ir zems. Balstoties uz *SRCplus* projekta ziņojumu par „Ilgtspējības kritērijiem un ieteikumiem Īscirtmeta kokaugu audzēšanā” (Dimitriou & Rutz, 2014), šajā nodaļā (arī 1.5 apakšnodaļā) sīkāk aprakstīta SRC stādījumu ietekme uz vidi un ar to saistītie riski.

7.1 Augu daudzveidība

Augu daudzveidība ir augu un augu kopu dažādība. Lai izpētītu augu daudzveidību Zviedrijā, Vācijā un citās valstīs, tika veikti vairāki eksperimenti, kuros šajā sakarā identificētas, uzskaitītas un izvērtētas atšķirības starp novēroto SRC stādījumos un citu zemes izmantošanas veidu gadījumā (piem., labības un zāles audzēšana). Tika novērtētas arī atšķirības starp SRC stādījumiem un mežiem (Dimitriou u.c., 2012a). Daži no pētījumos gūtajiem secinājumiem ir šādi:

- SRC stādījumi var paaugstināt augu daudzveidību lauksaimniecības zemēs, kur tie funkcionē kā papildu elements;
- SRC stādījumi nodrošina dzīvotni jaunām sugām, kurām nav piemērotas apkārtesošās teritorijas, tādējādi palielinot augu sugu daudzveidību (īpaši vietās, kur dominē aramzemes un skujkoku meži);
- SRC stādījumos sastopamo sugu klāstu - augu sabiedrības – veido gan pļavu, gan ruderālas (sugas, kas pirmās kolonizē teritorijas, kur degradējusies iepriekšējā augu sabiedrība) augu sugas, kā arī tipiskie meža augi. Turpretī aramzemēs sastopamas lielākoties ruderālās un šīm zemēm raksturīgās augu sugas;
- noskaidrots, ka SRC stādījumos sastopama līdz pat trīs reizēm lielāka augu daudzveidība, nekā aramzemēs. Konstatēts, ka atsevišķos gadījumos augu daudzveidība SRC stādījumos var būt pat bagātāka, nekā skujkoku mežos un jauktajos mežos.



64. attēls. Augu sega trīsgadīgos papelu stādījumos pavasarī, Vācijā (Avots: D. Rutz).



65. attēls. Augu sega un nokritušās lapas papelu SRC stādījumos rudenī, Vācijā (Avots: D. Rutz).



66. attēls. Augi kārķļu SRC stādījumā pavasarī, Zviedrijā (Avots: D. Rutz).
 67. attēls. Divu dažādu klonu kārķļu stādījumi, kas var palielināt citu augu sugu daudzveidību šajos stādījumos (Avots: M. Weih).

SRC stādījumu nozīmīgums sugu daudzveidības veidošanā lauksaimniecības zemēs laika ritumā var mainīties. Samazinoties saules starojumam (gaismas daudzumam), ko saņem augsne, palielinās mežam raksturīgo sugu īpatsvars. Secināts, ka koku sugas, stādījumu biežība un vecums, rotācijas perioda ilgums, ietekmē zemsedzes sugu sastāvu.

Papeļu SRC stādījumos nonāk vairāk starojuma un starojuma variāciju, tādēļ tajos raksturīga ir lauksaimniecības zemju veģetācija, savukārt kārķļu stādījumos izplatītākas ir mežam raksturīgās augu valsts sugas.

Stādījumu īpašniekam jāņem vērā, ka jaunierīkoto SRC stādījumu ietekmi uz augu daudzveidību nosaka vairāki faktori. Ir zināmi viegli un lēti pasākumi augu daudzveidības palielināšanai stādījumos un tie ir: dažādu klonu un sugu pielietošana, ziedošu augu iesēšana stādījumu hederos, vietējo krūmu sugu audzēšana stādījumu robežās un starp tiem, kā arī dažu tukšu vietu atstāšana stādījumos, kas veicinās gaismprasīgu koku sugu augšanu u.c..

Lai nodrošinātu stādījumu pozitīvu ietekmi uz augu sugu daudzveidības palielināšanu, izstrādāti (Dimitriou *et al.*, 2012a) šādi ieteikumi:

- jāizvairās no SRC stādījumu ierīkošanas vietās ar augstu ekoloģisko vērtību (piem., vietās, kur noteikts dabas aizsardzības statuss; vietās, kur sastopamas retas sugas; pārmitras vietās un purvos);
- liela strukturālā dažādība nodrošina dzīvotni dažādām augu sabiedrībām un palielina to daudzveidību. SRC stādījumos (vienā atrašanās vietā) tā īstenojama: (1) stādot dažādas koku sugas un klonus, (2) ievācot biomasas ražu ar intervāliem, t.i. blokos – lai kokiem stādījumos būtu dažāds rotācijas periods;
- SRC stādījumu malās sastopama liela sugu daudzveidība, tādēļ viena liela vietā ieteicama vairāku mazu stādījumu ierīkošana, kuru izmērs veido lielāku malas laukumu un garumu, salīdzinot ar vienu lielu, tādas pat platības stādījumu. Ja tādu iespēju nav, ieteicama garu, taisnstūra formas stādījumu ierīkošana;
- mežam raksturīgo sugu daudzveidību iespējams palielināt, samazinot gaismas

starojuma daudzumu, kas nonāk līdz zemesdzei. Tas panākams, pagarinot rotācijas periodu ilgumu un palielinot stādījumu biežību, kā arī papeļu vietā audzējot kārkļus. Vēl viens veids – rindu ierīkošana austrumu-rietumu virzienā;

- stādījumu malas (hederi), kuras atvieglo ražas novākšanu, veidojamas iespējami platākas, lai tajās varētu augt, piemēram, vietējie nektāraugi, kas pievilinātu kukaiņus. Hederu izpļaušanas laiks nosakāms tā, lai maksimizētu veģetācijas pozitīvo ietekmi (piem., kad nektāraugi ir pārziedējuši);
- sugu sastāvu SRC stādījumos ietekmē gaismas starojuma daudzums (sk. iepriekš) un augsnes īpašības. Par augstu humusa kvalitāti un augu barības vielu pieejamību liecina slāpekļa indikatorsugas, bet uz augsnes paskābināšanos – citas indikatorsugas;
- sugu projektīvais segums SRC stādījumos ir izteikti heterogēns un lielāks, nekā aramzemēs;
- jo daudzveidīgāka ir apkārtējā vide, jo zemākas ir sugu proporcijas SRC stādījumos attiecībā pret sugu daudzveidību ainavas līmenī (gamma (γ) daudzveidība – sugu daudzveidība ainavā);
- jo ekosistēmu un dzīvotņu daudzveidība ainavā ir bagātāka, jo daudzveidības diapazons ir plašāks un, jo zemāka ir SRC stādījumu sugu proporcija daudzveidībā;
- augu sēkļu daudzveidība augsnē faktiski sugu sastāvu SRC stādījumos ietekmē maz un, palielinoties SRC stādījumu dzīves ciklam, sēkļu daudzveidības ietekme turpina samazināties.



68. attēls. Kārķu SRC stādījumu mala, kas robežojas ar ziemas kviešu lauku; bagātīgā augu sugu daudzveidība ir acīmredzama (Avots: N-E. Nordh).

7.2 Dzīvnieku daudzveidība

Dzīvnieku daudzveidība ir dzīvnieku un dzīvnieku sabiedrību daudzveidība un populāciju lielums. Tāpat kā augu arī dzīvnieku daudzveidības noteikšanai ir ievākta un analizēta līdzīga informācija.

SRC kārkļu stādījumus Zviedrijā izmanto savvaļas dzīvnieku pievilināšanai, piemēram, stirnu. Stādījumus nereti ierīko kā medību vietas. Mežacūkām stādījumi nodrošina dabisku vidi lauksaimnieciskajā ainavā, par ko liecina zīdītāju skaita palielināšanās.

Briežu, zaķu un trušu skaita palielināšanās var negatīvi ietekmēt stādījumus un radīt bojājumus kokiem. Zaķu skaits samazinātos, ja stādījumu ierīkošana vērstos plašumā, jo šīs sugas dzīvnieki labāk izvēlas fragmentētu lauksaimniecības ainavu, nekā lielas un blīvi apstādītas platības.



69. attēls. Zaķis vītoli SRC stādījumos. Dažviet dzīvnieki var nodarīt ievērojamus bojājumus, tomēr iežogot stādījumus nav nepieciešams, jo tas sadārdzina apsaimniekošanas izmaksas (Avots: I. Dimitriou).



70. attēls. Stirna pie kārkļu SRC stādījumiem, kas pievilina dzīvniekus, kuri mitinās šajā teritorijā, jo tajos pieejams gan patvērums, gan barība (Avots: N-E. Nordh).

Diskutē arī par **putnu** skaita pieaugumu ainavās, kurās ierīkoti SRC stādījumi. Ar to saistītu pētījumu nozīmīgākie rezultāti ir šādi (Dimitriou u.c., 2012a):

- salīdzinājumā ar aramzemēm, SRC stādījumos putnu sugu daudzveidība ir lielāka, taču tajos nav atrodamā gandrīz neviena ligzdojošo putnu suga;
- SRC stādījumos galvenokārt uzturas bieži sastopamas un neapdraudētas putnu sugas;
- apdraudētās putnu sugas SRC stādījumos parādās reti un lielākoties uzturas jaunos SRC vai stādījumu malās;
- SRC stādījumu, kā dzīvotņu, piemērotību dažādām putnu sugām lielā mērā nosaka kārkļu/papeļu stādījumu vecums un struktūra. Dažādas putnu sugas izvēlas dažāda vecuma SRC stādījumus;
- stādījumiem pieaugot, palielinās to augstums, un putnu sabiedrības tajos mainās no klajumu uz krūmājos ligzdojošu putnu sugām, bet vēlāk – uz mežu sugām;
- Īpaši liels putnu sugu daudzums konstatēts 2-5 gadus vecos atvasāju stādījumos;
- putnu sugu daudzveidība saistīta arī ar atvasāju stādījumu biežību un bagātīgu nezāļu daudzumu tajos;
- putnu sugu skaitu ietekmē tādi faktori, kā stādījumu izmēru dažādība, apsaimniekošanas intensitāte, ainavas konteksts, reģionālo sugu sastāvs un daudzveidība. Putnu sugu daudzveidībai ainavas konteksts īpaši nozīmīgs ir lauksaimniecības ainavās, kur ierīkoti SRC stādījumi;
- stādījumu vispārīgo ietekmi uz dzīvnieku daudzveidību lielā mērā nosaka tas, kāds zemes saimnieciskās izmantošanas veids ir aizstāts ar SRC stādījumiem, kā arī apkārtējās ainavas īpašības.

Ja jaunie SRC stādījumi aizņemtu būtisku daļu (piem., 20 %) no homogēni un intensīvi apsaimniekotas zemes, tad būtu vairāk (Dimitriou u.c., 2012a):

- ligzdojošu putnu sugu, jo SRC stādījumi veido jaunu biotopu;
- mežam raksturīgu putnu sugu, ja SRC stādījumu rotācijas periods būtu tik ilgstošs, ka tie sāktu līdzināties mežaudzei (papeļu/kārķļu augstums > 8 m);
- krūmos ligzdojošu putnu sugu, ja SRC stādījumi atrastos krūmveida stadijā, un to biežība būtu paaugstināta (papeļu/kārķļu augstums > aptuveni 1 m) attiecībā uz putniem, kuru ligzdošanai un barības nodrošinājumam nepieciešama atklātu lauku dabiskā vide, jo kvalitatīvas atšķirības starp aramzemi un stādījumiem nepastāv;
- ligzdojošu putnu sugu, kuru dzīvotnei nepieciešami ekotoni un malas efekts (piemēram, koki vai krūmi pie atklāta lauka);
- ligzdojošu putnu sugu, kuras apdzīvo mazas, neapsaimniekotas pļavas un nepļautas platības, ar augstu veģetāciju gar SRC stādījumu malām;
- nedaudz vairāk aizsargājamo putnu sugu, ja stādījumos būtu tiem piemērotas ekoloģiskās struktūras (piem., lielā daudzumā ārstniecības augi, ekotoni) vai samērā liela strukturālā daudzveidība.

SRC stādījumiem ir pozitīva ietekme arī uz virszemes biomasā un augsnē dzīvojošo bezmugurkaulnieku, tādu kā slieku, zirnekļu, vaboļu un tauriņu, daudzveidību. Vairāku gadu laikā ierīkotajos SRC stādījumos novērots slieku skaita pieaugums (salīdzinājumā ar aramzemēm). Neskatoties uz pieaugošo atsevišķu sugu daudzumu, maz ticams, ka intensīvi apsaimniekoti SRC stādījumi nodrošinās pietiekami bagātīgu dzīvotni apdraudētām, augsnē dzīvojošām bezmugurkaulnieku sugām (salīdzinājumā ar dabiskiem biotopiem). Vairāk bezmugurkaulnieku sugu būs vietās, kur maz pielieto pesticīdus un kuru apsaimniekošana ir mazāk intensīva.



71. attēls. Putnu un savvaļas dzīvnieku novērošanas tornis kārķļu stādījumu malā, atklātā vietā. Vairākas putnu sugas pievilina, galvenokārt, SRC stādījumu malu zonas (Avots: I. Dimitriou).



72. attēls. **Apputeksnēšana ir svarīgs ekosistēmas faktors. Kārķu stādījumi ir nozīmīgs nektāra un putekšņu avots bitēm** (Avots: N-E. Nordh (pa kreisi), D. Rutz (pa labi)).

Īpaši nozīmīgs ekosistēmas faktors ir apputeksnēšana. Atvasāju stādījumos medus bites un savvaļas bites (vientuļnieces un saimes), ievācot nektāru un ziedputekšņus, tajā pašā laikā veic arī koku apputeksnēšanu.

Salīdzinājumā ar viengadīgajām kultūrām, SRC stādījumos pesticīdus izmanto mazāk. Ņemot vērā bišu jutīgumu pret agroķīmikālijām, SRC stādījumi tām ir drošs papildus nektāra un putekšņu avots.

Kārķi ir viens no pavasarī agrāk uzziedošajiem augiem, un tādēļ nozīmīga putekšņu ieguves bāze bitēm. Sveķi no papeļu un alkšņu pumpuriem veido propolisu – sveķainu maisījumu, ko medus bites ievāc no koku pumpuriem, koku sulām un citiem augu izcelsmes avotiem. Bites propolisu izmanto kā antiseptisku materiālu, higiēnas nodrošināšanai un nevēlamu spraugu aizlīmēšanai stropā.

Arī citi augi stādījumos (zemsedzes augi) ir nektāra avots bitēm. Robīnijas ir ļoti labas nektāra ražotājas, nodrošinot bites ar vērtīgu barību.

Ražas novākšanas mašīnu manevrēšanai SRC stādījumos nepieciešamas tehnoloģiskās malu zonas – hederi. Tajos atvasājus nestāda, bet var audzēt vietējos savvaļas ziedus, kas bitēm nodrošinātu papildus barības bāzi.



73. attēls. **Kārķu SRC stādījumi un to hederi, kuros aug nektārdevēji augi un kuri kalpo kā koridors savvaļas dzīvniekiem** (Avots: N-E. Nordh).

Lai novērstu stādījumu potenciāli negatīvo ietekmi un dzīvnieku daudzveidības palielināšanos, plānojot SRC stādījumu ierīkošanu konkrētajā teritorijā, jāievēro vairāki nosacījumi (Dimitriou *et al.*, 2012a):

- ja iespējams, SRC stādījumi ierīkojami ar lielu malu attiecību pret stādījumu iekšieni;
- izmantojamas vairākas šķirnes un kloni;
- plānojama pakāpeniska ražas novākšana, lai stādījumos veidotos jauktu vecumklaşu bloki;
- lieli SRC stādījumi būtu sadalāmi, piemēram, ierīkojot dzīvžogus un ceļus;
- audzējot kārkļus, stādīšanai ieteicams izvēlēties hibrīdus (*Salix* spp.) ar dažādu ziedēšanas laiku;
- jāizvairās no pesticīdu pielietošanas. Kaitēkļu ierobežošanai veicami bioloģiski pasākumi;
- daļu no stādījumiem paredzētās platības jāatvēr maziem biotopiem, tādiem kā zālaugu joslas un mežmalas;
- SRC stādījumi nav ierīkojami vietās ar augstu ekoloģisko vērtību un nozīmīgiem biotopiem, tādiem kā pārmitra zeme, mitras pļavas, atmatas, sausas papuves un daļēji dabiskas ganības.

7.3 Augsne

Pozitīvā SRC stādījumu ietekme uz augsnes kvalitāti (salīdzinājumā ar viengadīgajām lauksaimniecības kultūrām) minēta kā viena no lielākajām SRC sistēmu priekšrocībām lauksaimnieciskās ainavas veidošanā. Zināmi vairāki pozitīvi gadījumi, kad SRC stādījumi tiek ilglaicīgi (piem., vairāk nekā uz 15 gadiem) iekļauti lauksaimnieciskajā ainavā (Dimitriou u.c., 2012b) un līdz ar to:

- SCR stādījumos norit intensīvāka oglekļa (C) uzkrāšanās augsnes organiskajā slānī. Savukārt intensīvi apsaimniekotās pļavās un augsnēs, kur tiek kultivēti viengadīgie lauksaimniecības augi, piem., graudaugi, ogleklis uzkrājas lēnāk;
- augsnēm SRC stādījumos ir augstāka organiskās daļas stabilitāte nekā augsnēm, kurās audzē viengadīgos lauksaimniecības augus. Līdz ar to uzlabojas augsnes spēja sekvestrēt oglekli;
- augsnes erozijas risks ir zemāks nekā citās lauksaimniecības zemēs;
- augsnēm SRC stādījumos ir augstāks kopējais slāpekļa (N) daudzums un zemāka viegli pieejamā slāpekļa (N) proporcija, nekā augsnēm, kurās kultivē viengadīgus lauksaimniecības augus. Samazinātu viegli pieejamā slāpekļa proporciju izraisa palielinātais C/N koeficients augsnes organiskajā daļā;
- augiem SRC stādījumu augsnēs ir zemāka fosfora (P) pieejamība, nekā augsnēs, kurās tiek audzēti viengadīgie lauksaimniecības augi;
- augsnes tilpuma blīvums SRC stādījumos ir nedaudz lielāks nekā augsnēs, kurās kultivē viengadīgos lauksaimniecības augus;
- augsnes pH reakcija SRC stādījumos var būt nedaudz zemāka nekā augsnēs, kurās kultivē viengadīgos lauksaimniecības augus;
- augsnēm SRC stādījumos ir nedaudz zemāka mikrobiālā aktivitāte, nekā augsnēm, kurās kultivē viengadīgos lauksaimniecības augus. Samazinātā mikrobiālā aktivitāte veicina organiskās vielas uzkrāšanos stādījumos;
- augsnēm SRC stādījumos ir zemāka kadmija (Cd) koncentrācija, nekā augsnēm, kurās kultivē viengadīgos lauksaimniecības augus.



74. attēls, Trīsgadīga papeļu klonas Max3 stumbrs martā, Vācijā. Augsni joprojām klāj lapas no iepriekšējās veģetācijas sezonas (Avots: D. Rutz).

Augsnes zem SRC stādījumiem ir mazāk sablīvētas, nekā augsnes, kurās kultivē viengadīgās kultūras. Augsnes sablīvēšanos veicina ikgadēja ražas novākšana. SRC stādījumos no augsnes sablīvēšanos iespējams novērst, ražu novācot ziemā, kad augsne ir sasalusi un pieprasījums pēc koksnes kurināmā ir visaugstākais. Salīdzinājumā ar aramzemēm, papeļu, kārkļu, bērzu un eikaliptu SRC stādījumu augsnē ir palielināts mikorizas (simbiotiskas attiecības starp sēnēm un augu saknēm – ektomikoriza) daudzums, kas uzlabo barības vielu apriti.

SRC sistēmas var izmantot piesārņotu augšņu *sanācijai* jeb *atveseļošanai*. Bioloģiskā sanācija ir piesārņotās augsnes (piem., ar smagajiem metāliem, pesticīdiem, šķīdinātājiem) atveseļošana, izmantojot noteiktu augu sugu spēju no augsnes absorbēt kaitīgās vietas. Šādi atveseļojot augsni, nav nepieciešams izvākt piesārņojumu un no tā atbrīvoties. Jāatzīmē, ka dažām vītoli sugām piemīt spēja absorbēt smagos metālus.



75. attēls. Vītulu SRC stādījumi (fonā) blakus apstrādātai lauksaimniecības zemei (foto uzņemts rudenī). Augsne SRC stādījumos netiek regulāri irīdināta un apvērsta, tādēļ augsnes oglekļa daudzums stādījumos ir augstāks nekā aramzemēs (Avots: N-E. Nordh).

Ir vairāki ieteikumi, kā plānojot un ierīkojot SRC stādījumus, palielināt to pozitīvo ietekmi uz augsni:

- lai palielinātu organiskās daļas saturu augsnē, uzlabotu augsnes auglību un palielinātu augsnes spēju uzkrāt oglekli (C), atvasāju stādījumi ierīkojami vietās ar zemu sākotnējo augsnes organisko daļu;
- SRC stādījumus īpaši ieteicams ierīkot vietās ar augstu erozijas risku, piemēram, reljefās vietās, lai pazeminātu auglīgās aramkārtas un barības vielu zudumu ūdens un vēja ietekmē;
- barības vielu aprites veicināšanai SRC stādījumos var izmantot sadzīves atkritumus, piemēram, notekūdeņu dūņas. SRC stādījumi spēj samazināt barības vielu zudumu un efektīvi absorbēt smagos metālus;
- SRC stādījumu ierīkošana var uzlabot augsni vietās ar augstu kadmija (Cd) koncentrāciju, ko izraisa, piemēram, kadmiju saturoša fosfora (P) mēslojuma vai citu vides piesārņotāju pielietošana;
- lai panāktu augsnes kvalitātes uzlabošanu – augstāku organiskā oglekļa saturu un samazinātu Cd koncentrāciju augsnē – SRC stādījumos izaudzējamas vismaz trīs atvasāju rotācijas. Lai novērstu augsnes sablīvēšanos, atvasāju biomasas raža ievācama ziemā, kad augsne ir sasalusi (valstīs ar aukstu klimatu).

7.4 Ūdens

Pētījumos par SRC ietekmi uz ūdeni, uzmanība lielākoties pievērsta ūdens kvalitātei un tās apdraudējumiem, piemēram, barības vielu ieskaldošanas gruntsūdeņos. Šādā ziņā stādījumu ietekme uz ūdeni ir pozitīva. Tomēr, jāņem vērā arī stādījumu ietekme uz ūdens daudzumu, kas infiltrējas gruntsūdeņos, uz gruntsūdens līmeni un uz blakusesošajām ūdenstīlpēm. Stādījumu ietekme uz ūdens daudzumu ir negatīva, īpaši teritorijās, kur vasarās ir maz ūdens. Pētījumos par ūdens kvalitāti un daudzumu SRC stādījumos, salīdzinot ar citām

lauksaimniecībā izmantotām zemēm, secināts (Dimitriou u.c. (2012c)) , ka:

- $\text{NO}_3\text{-N}$ izskalošanās gruntsūdeņos SRC stādījumos ir ievērojami zemāka;
- $\text{PO}_4\text{-P}$ izskalošanās gruntsūdeņos SRC stādījumos ir tāda pati vai nedaudz augstāka;
- palielinātā $\text{PO}_4\text{-P}$ izskalošanās gruntsūdeņos SRC stādījumos nav saistīta ar notekūdeņu dūņu izmantošanu;
- Īsirtmeta atvasājus var izmantot aizsargjoslu stādījumos, difūzu pesticīdu radītā piesārņojuma mazināšanai;
- no kārkļu stādījumiem, salīdzinājumā ar pļavām, gruntsūdeņos nonāk ievērojami mazāk ūdens, taču izsakot šo efektu uz ūdens sateces laukumu, kurā atrodas 20 % SRC stādījumu, negatīvā ietekme uz gruntsūdens līmeni ir neliela;
- kārkļu SRC audzes nociršana (nopļaušana) veicina intensīvāku gruntsūdeņu pieplūšanu pirmajā stādījumu ataugšanas gadā, jo ūdens iztvaiko mazāk un tiek aizturēts vainagā.

Lai, izvēloties SRC stādījumu atrašanās vietu un plānojot stādījumu ierīkošanu, palielinātu to pozitīvo ietekmi uz ūdens resursiem, ieteicams:

- SRC stādījumus ierīkot vietās, kas atrodas tuvu slāpekļa (N) avotiem (piem., dzīvnieku fermām, slāpekļa jutīgām zonām, notekūdeņu attīrīšanas iekārtām utt.), lai mazinātu slāpekļa ieskalošanos apkārtējās ūdenstilpnēs;
- SRC stādījumus ierīkot vietās ar augstu gruntsūdens līmeni (potenciāli applūstošās teritorijās un teritorijās blakus ūdenstilpnēm);
- cieto sadzīves atkritumu, piemēram, notekūdeņu dūņu, izmantošana mēslošanā, neietekmē ūdens kvalitāti un ir atbalstāma;
- biežāka ražas novākšana palielina gruntsūdens pieplūšanu. Lai samazinātu stādījumu negatīvo ietekmi uz gruntsūdens līmeņa pazemināšanos, iespējams saīsināt rotācijas periodus.

7.5 Pelnu un notekūdeņu dūņu izmantošana stādījumu mēslošanai

Atvasāju stādījumos netiek iegūti ne pārtikas produkti, ne lopbarība, un tādēļ pieņemams risinājums ir stādījumu uz lauksaimniecības zemēm mēslošana ar dūņām no notekūdeņu attīrīšanas iekārtām. Pārtikas ķēdes tieša piesārņojuma risks, mēslojot stādījumus, ir minimāls. Notekūdeņu dūņu pielietošana atbilst Eiropas Savienības lēmumiem – veicināt fosfora (kura avoti ir ierobežoti) un slāpekļa pārstrādi lauksaimniecībā. Dūņu izmantošana palielina oglekļa piesaisti lauksaimniecības augsnē. Notekūdeņu dūņas, bez barības vielām, var saturēt arī smagos metālus, tāpēc smago metālu daudzums augsnē, pēc dūņu izmantošanas, jākontrolē. Jāizvairās no metālu uzkrāšanos augsnē. Smago metālu uzkrāšanās var izraisīt paaugstinātu metālu saturu lauksaimniecības zemēs audzētajās pārtikas izejvielās, piemēram, graudos. Visās Eiropas valstīs pastāv noteikumi, kas nosaka kopējo pielietojamo dūņu apjomu un pieļaujamo smago metālu koncentrāciju augsnē pēc dūņu iestrādes. Atļautie apjomi dažādās valstīs ir atšķirīgi un tādēļ, pirms notekūdeņu dūņu izmantošanas, nepieciešams konsultēties ar vietējām vides aizsardzības iestādēm.

Notekūdeņu dūņas nav sabalansēts mēslojums – tās satur nedaudz slāpekļa (galvenokārt, organiski saistīta), lielu daudzumu fosfora un ļoti maz kālija. SRC stādījumu mēslošanai var izmantot notekūdeņu dūņu un koksnes pelnu maisījumu (Dimitriou u.c., 2006). Koksnes pelni satur daudz kālija un ļoti maz fosfora, kā arī tajos nav slāpekļa. Šāds, līdzsvarotāks, mēslojums SRC stādījumos var aizvietot ierastos, neorganiskos mēslošanas līdzekļus. Dažos gadījumos, lai ievērotu mēslošanas prasības attiecībā uz slāpekli, nepieciešams slāpekļa papildmēslojums. Augi, uzņemot bīstamos smagos metālus un fosforu, samazina to uzkrāšanos dūņu un pelnu maisījumā.

Ievācot biomasas ražu, smagos metālus saturošās atvases izvedamas no audzes un sadedzināmas. Pelni, kas rodas koksnei sadegot, satur izdedžus ar zemu smago metālu koncentrāciju un vieglos pelnus, kuros smago metālu koncentrācija ir augsta. SRC stādījumos tiek izklidēta tikai izdedžu frakcija. Vieglos pelnus izgāž atkritumu poligonā un izņem no ekocikla.

Dūņu un pelnu maisījumu lieto, ierīkojot SRC stādījumus un pēc katras biomasas ražas novākšanas jeb ik pēc trīs līdz pieciem gadiem, lai kompensētu ražas novākšanas laikā no audzes iznestās barības vielas. Maisījuma atļauto daudzumu nosaka pēc maksimālā atļautā fosfora daudzuma (tas parasti ir ierobežots, piem., Zviedrijā aptuveni 22 līdz 35 kg fosfora uz hektāra gadā).



76. attēls. Notekūdeņu dūņu izklidēšana (šeit maisījumā ar koku pelniem) ir ierasta prakse Zviedrijā (Avots: I. Dimitriou).

Kadmiju uzskata par vienu no cilvēka veselībai bīstamākajiem metāliem. Kārkli ar atvasēm spēj absorbēt lielu kadmiņa daudzumu. Atvases novāc ik pēc trīs līdz četriem gadiem, vairākas reizes SRC stādījumu aprites ciklā (Dimitriou & Aronsson, 2005). Biomasai sadegot, kadmijs un citi smagie metāli paliek dažādās pelnu frakcijās. Pateicoties tam, mēslošanā izmantojamus pelnus ir iespējams atdalīt no piesārņotajiem pelniem. Tā kā šis vides pakalpojums parasti netiek apmaksāts, barības vielām bagātie, mēslošanā izmantojamie pelni nereti tiek izgāzti atkritumu poligonos.

7.6 Agromežsaimniecības sistēmas

Agromežsaimniecība ir zemes izmantošanas sistēma, kuras ietvaros dažādas kokaugu sugas, šajā gadījumā SRC sugas, audzē kopā ar zālaugiem vai to audzēšana apvienota ar ganībām. Sistēma ietver lauksaimniecības un mežsaimniecības tehnoloģijas, un tās mērķis ir veidot daudzveidīgākas, ražīgākas, ienesīgākas, veselīgākas un ilgtspējīgākas zemes izlietojuma sistēmas.

Agromežsaimniecības sistēmu izmantošana SRC stādījumu audzēšanā ir īpaši izdevīga lielās platībās, ar augstu augsnes erozijas risku. Pētījumos noskaidrots, ka SRC stādījumi pozitīvi ietekmē vietas mikroklimatu. Stādījumu radītais apēnojums vasarā pozitīvi ietekmē kviešu un rapšu ražu (72. attēls).

Ir piemēri, kad agromežsaimniecības prakse tiek īstenota, SRC stādījumus apvienojot ar dzīvnieku, piemēram, vistu, audzēšanu. Agromežsaimniecības sistēmas pielietošana īpaši sekmīga ir tropu reģionos; sistēma uzlabo augsnes kvalitāti un nodrošina iztiku mazajiem lauksaimniekiem (Kaufmann u.c., n.d.).



77. attēls. Agromežsaimniecības sistēma 40 ha lielā laukā Dornburgā, Vācija: Papeļu joslveida stādījumi aiztur vēju un uzlabo vietas mikroklimatu. Agrāk šajos 40 ha tika audzētas viengadīgās lauksaimniecības monokultūras (Avots: D. Rutz).

8 Īscirtmeta stādījumu ekonomika

SRC stādījumu ekonomiskie aprēķini nereti atšķiras no reālā iznākuma. Ir daudzi gadījumi, kad SRC stādījumi ir rentabli, taču ne vienmēr iegūtā peļņa bijusi tāda, kā sākumā ticis aplēsts. Šādu nenoteiktību izraisa daudzu, no stādījumu atrašanās vietas atkarīgo, faktoru ietekme uz stādījumu ekonomiku. Šie faktori nosaka SRC apsaimniekošanas izdevumus gan starp valstīm, gan starp vienas valsts reģioniem, gan arī starp dažādām saimniecībām (piem., kādam lauksaimniekam tuvumā nav SRC stādījumu apsaimniekošanas pakalpojumu sniedzēja). Arī peļņa, pārdodot koksnes biomasu, ir atšķirīga gan reģionāli, gan starpvalstu līmenī.

Koksnes pārdošanas cenu nosaka pēc citu enerģijas avotu cenām valstī vai reģionā, un tā var sezonāli svārstīties. Daudzo faktoru ietekme sarežģīt SRC stādījumu rentabilitātes aplēšanu, un lauksaimniekam ir jāņem vērā šo aplēšu nenoteiktība.

Šajā rokasgrāmatas nodaļā, vispārīgu aprēķinu vietā, sniegti vairāki piemēri par SRC stādījumu apsaimniekošanas ekonomiku dažādās Eiropas daļās (Dimitriou u.c., 2014b). Salīdzinot reālos faktus, vieglāk ir izdarāmi secinājumi. Piemēros, pirms izdevumu un peļņas aprēķiniem, sniegta informācija par SRC stādījumiem un to apsaimniekošanas praksi.

8.1 1. piemērs: Kārķļu SRC stādījumi Grestorpā (Grästorpe), Zviedrijā

Šajā piemērā aprakstīta kārķļu SRC audzēšana lauksaimniecības zemē. Vietējā centralizētās siltumapgādes sistēmā bioenerģijas ražošanai izmanto šķeldu no kārķļiem un citiem koksnes avotiem. *Puckgården* fermā, kuras kopējā platība ir 50 ha, 21 ha aizņem kārķļu SRC stādījumi biomasas iegūšanai. Pārējā platībā tiek audzētas auzas, kvieši, zirņi un rapši. *Puckgården* ir vietējās kārķļu audzētāju apvienības biedrs. Apvienībā ir 12 fermeri, kuri audzē aptuveni 100 ha kārķļu stādījumu. Apvienības biedri sadarbojas visos kārķļu apsaimniekošanas pasākumos: nomā ražas novākšanas tehniku (katrs biedrs maksā atsevišķi – pēc patērētā darba laika izmaksām), kā arī transportē un pārdod šķeldu vietējiem centrālāpkures sistēmas apsaimniekotājiem. *Puckgården* saimnieks smalcina arī citas biomasas izejvielas, kuras pārdod centrālāpkures stacijai, kas samaksā par saņemtās šķeldas kubikmetriem (€/m³). Lauksaimniekiem tas ir izdevīgi, jo šajā gadījumā šķeldas kvalitāte netiek ņemta vērā.

Kārķļu stādījumi *Puckgården* izveidoti 1991., 1992. un 1993. gadā, kad bija pieejamas stādījumu ierīkošanas subsīdijas 10 000 SEK apmērā (aptuveni 1 110 *Eiro*, 1 € = 9 SEK), kas tolaik sedza visas stādīšanas izmaksas. Otrajā gadā pēc katras ražas novākšanas, stādījumiem tika pievadīti 100 kg slāpekļa mēslojuma uz hektāra. Tāpat izmanto arī notekūdeņus no vietējām fermām, taču tie vairāk kalpo stādījumu apūdeņošanai vasarā, nevis nodrošināšanai ar barības vielām, kuru saturs tajos ir zems.

Kārķļu biomasu iegūst katru ceturto gadu, agri pavasarī (martā), kad augsne vēl sasalusi. Ražas ievākšanā izmanto *Claas Jaguar* mašīnu, kura veic arī tūlītēju koksnes smalcināšanu. Biomasas raža svārstās no 8 līdz 10,7 t sausas/ha gadā. Kārķļu šķeldu aptuveni 1 mēnesi uzglabā kaudzēs lauku malās. Pēc tam šķeldu pārdod un transportē uz vietējo katlumāju Grestorpā, kuras jauda ir 3,5 MW. Jaudas 40 % pieder pašvaldībai un 60 % *Lantmannen* (lauksaimniecības kooperatīvs, kurā iesaistījusies lielākā daļa aktīvo zviedru lauksaimnieku). Centralizētā siltumapgādes sistēma nodrošina siltumapgādi pašvaldības ēkām un apkārtējiem privātpašumiem Grestorpā (aptuveni 5 641 iedzīvotājiem); 6 mēnešus gadā katlumājas katlu kurina tikai ar kārķļu šķeldām (pārējā gada laikā ar citu koku šķeldu). Mitruma daudzumu šķeldā samazina, mēnesi to uzglabājot *Puckgården* lauku malās.

Zemāk uzrādītas apsaimniekošanas izmaksas un ienākumu aprēķins (€/ha/gadā), atbilstoši 2011. gada cenu līmenim. Atsevišķu fermu maksājumi te nav iekļauti. Stādījumu ierīkošanas izmaksas (t.i., stādīšanas aprīkojums, stādmateriāla un darba izmaksas) bijušas aptuveni 1 110 €/ha un ir iekļautas 16. tabulā. Stādīšanas subsīdijas – 1 110 €/ha, arī tās iekļautas tabulā.

16. tabula. *Puckgården* kārkļu stādījumu apsaimniekošanas izmaksas, ienākumi un peļņa (€/ha/gadā)

Izmaksas (€/ha/gadā)	
Mēslošana	38
Uzraudzība/uzturēšana	22
Ražas novākšana	139
Transportēšana	105
Vispārīgie izdevumi	55
Procentu maksājumi, EUR	11
Kopā	370
Ienākumi (€/ha/gadā)	
Šķelda	864
Kopā	864
Peļņa (€/ha/gadā)	
	494

* Aprēķini veikti, izmantojot valūtas kursu 1 € = 9 SEK, 4 gadu rotācijas periodu un 5. rotācijas periodu;

** Ir iekļautas visas izmaksas, izņemot īpašuma nodokli;

*** administratīvās, komunikācijas un transporta izmaksas ir iekļautas "Vispārīgajos izdevumos".

Parasti pirmajos rotācijas periodos tiek iegūta zemāka biomasas raža. Aprēķinos, 17. tabulā, veikts peļņas pārrēķins, ietverot zemāku stādījumu produktivitāti un augstākas apsaimniekošanas izmaksas pirmajos rotācijas periodos.

17. tabula. No *Puckgården* kārkļu stādījumiem iegūtās peļņas aprēķins 4 gadus ilgam rotācijas periodam, ņemot vērā visus rotācijas periodus (arī mazāk produktīvo pirmo rotācijas periodu)

	Biomassas raža (t/ha/gadā)	Šķeldas cena (€/t sausnas)	Apsaimniekošanas izmaksas (€/t sausnas)	Ierīkošanas subsīdijas (€/ha/gadā)	Peļņa (€/ha/gadā)
5. rotācijas periods	9,5	91	38,5		494
Vidēji visos rotācijas periodos	8,8	91	52	50,5	392

* Aprēķini veikti, izmantojot valūtas kursu 1 € = 9 SEK, 4 gadu rotācijas periodu un 5. rotācijas periodu;

** iekļautas visas izmaksas, izņemot īpašuma nodokli.

8.2 2. piemērs. Kārkļu SRC stādījumi SIA ECOMARK, Latvija

SIA ECOMARK iegūst šķeldu no kārkļu SRC stādījumiem, kas ierīkoti neapsaimniekotās lauksaimniecības zemēs, kā arī no citiem Latvijā pieejamiem koksnes avotiem. Latvijā pieaudzis pieprasījums pēc kvalitatīvas šķeldas, briketēm un granulām siltuma un/vai

elektrības ražošanai un būvniecības materiāliem, kas veicinājis vairāku jaunu uzņēmumu, kuri nodarbojas ar kārkļu audzēšanu lauksaimniecības zemēs, darbības uzsākšanu. Uzņēmumu galvenais mērķis ir ražot atjaunojamus resursus un pārdot koksnes izejvielas siltuma un elektrības ražošanai. Koksnes biomasa tiek iegūta no ātraudzīgām koku sugām, iekultivējot neizmantotas lauksaimniecības zemes un ierīkojot tajās produktīvus SRC stādījumus. SIA Ecomark, pēc vienošanās ar Zviedrijas kompāniju *Salixenergy AB* (veic kārkļu selekcionēšanu), ražo un pārdod stādmateriālu Latvijā. Stādmateriālu (spraudņus) iegūst no viengadīgām atvasēm. Lai palielinātu neatkarību no pakalpojumu sniedzējiem, uzņēmums 2012. gadā iegādājies divas stādīšanas iekārtas stādīšanai dubultrindās.

Sākumā uzņēmumam piederēja nelieli, demonstrējumiem un apmācībām par kārkļu audzēšanu lauksaimniecības zemē paredzēti stādījumi, kas tika ierīkoti ar tobrīd labākajiem pieejamajiem, Zviedrijā selekcionētajiem kārkļu kloniem *Tora* un *Torhild*, kā arī ar stādmateriālu no Lietuvas un Ungārijas. Lai gan Ungārijas *Salix alba* kloni būtu dzīvotspējīgi Latvijas apstākļos, kopš 2008. gada to atvases pastiprināti cietušas no sala nodarītajiem bojājumiem. Sākotnējā ideja — audzēt kokus atvasāju sistēmā koksnes enerģijas ražošanai — nākusi no Zviedrijas. Pirmo stādījumu ierīkošanas laikā lauksaimniecības zeme bija samērā lēts, bet ekonomiski izdevīgs resurss (500-700 €/ha). Pēdējos gados zeme ir kļuvusi dārgāka, un šobrīd, pat aizaugušu lauksaimniecības zemju cena ir aptuveni 1 000 €/ha. Uzņēmums veic zemju uzlabošanu, novācot dabiski atjaunojušās jaukto lapu koku audzes. No tām iegūto koksni izmanto šķeldas ražošanai; 2012. gada pēdējā ceturksnī SIA Ecomark uzsāka šķeldas ražošanu.

SIA Ecomark izmanto rūpniecisko smalcinātāju un iegūst aptuveni 7 000 m³ šķeldas mēnesī, kuru saražo no dažādiem tirgū pieejamiem materiāliem — lauksaimniecības un mežizstrādes atlikumiem, kurināmās koksnes, krūmiem un neliela izmēra kokiem no pamestām lauksaimniecības zemēm. Uzņēmums piedāvā arī koksnes smalcināšanas pakalpojumus. Kārkļu stādījumi, kas ierīkoti 2012. gada pavasarī, tiks novākti 2014.-2015. gada ziemā.

Stādījumu apsaimniekošanas izmaksas (2013. gadā) norādītas zemāk. Tā kā kompānija pagaidām biomasas ražu no kārkļu stādījumiem nav ievākusi, tālāki aprēķini nav sniegti:

- licencēta stādmateriāla cena: 0,065 € par spraudeni vai 0,325 €/m (izmaksas uz ha 780-975 €);
- augsnes sagatavošana: 230-360 €/ha (ieskaitot ķīmikāliju izsmidzināšanu, aršanu, koku sakņu un akmeņu novākšanu, augsnes mehānisko apstrādi);
- stādīšana: 215 €/ha;
- mehāniska nezāļu kontrole (rindstarpu ecēšana): 55 €/ha (veic vienreiz);
- nezāļu kontrole ar herbicīdiem (*Stomp CS*): 80 €/ha.

8.3 3. piemērs. Papeļu SRC stādījumi Getingenē (Göttingen), Vācijā

Vācijas katlu un apkures sistēmu ražotājs *Viessmann* pirms dažiem gadiem uzsāka programmu "*Efficiency plus*", kuras galvenais mērķis ir apgādāt uzņēmuma rūpniecības ēkas ar siltumu, kas ražots no koksnes biomasas, kura galvenokārt iegūta no papeļu SRC stādījumiem. Biomasas apkures katlus apgādā ar šķeldu no SRC stādījumiem, kas aizņem 180 ha lauksaimniecības zemes.

Lai nodrošinātu biomasas katla apgādi ar šķeldām, *Viessmann* izveidoja jaunu, ar izmēģinājuma katlumāju, kompāniju, kas iznomāja un iegādājās vietējās lauksaimniecības zemes SRC stādījumu ierīkošanai. Jau 2007. gadā tika ievākta pirmā biomasas raža no kompānijai piederošajiem stādījumiem, kas ierīkoti ar kontrolētu stādmateriālu, bet 2008. gada maijā ievāktu materiālu izmantoja pirmo 130 hektāru papeļu SRC stādījumu ierīkošanai. Izmēģinājumam, mazās platībās tika iestādītas arī citas SRC sugas, kā *Paulownia*, *Igniscum*, *Salix* u.c..

2009. gada oktobrī iegūta pirmā SRC stādījumu raža un saražotā šķelda izmantota *Viessmann* rūpnīcas apkurei.

Viessmann SRC stādījumi ir viens no labākajiem ilggadīgo kokaugu stādījumu piemēriem Vācijā, jo:

- jau projekta sākumā tajā tika iesaistīti: dabas aizsardzības organizācija, ūdens apgādes uzņēmums, vietējās iestādes un pašvaldības, lauksaimniecības pārvalde, vietējā lauksaimnieku apvienība un vietējais mednieku kolektīvs;
- stādījumu atrašanās vietā Allendorfā (*Allendorf*) īstenoti vairāki pētnieciskie projekti, daži no tiem joprojām turpinās, piemēram, „ELKE”, „ProLoc II”, „Naturschutzfachliche Anforderungen an KUP”, un nodrošina SRC stādījumu ilgtspējību Vācijā;
- projektam piešķirti vairāki apbalvojumi – Vācijas Ilgtspējības balva (2009. un 2011. gadā), Energoefektivitātes apbalvojums 2010 (*Energy Efficiency Award 2010*) un Pasaules Enerģijas balva 2012 (*Energy Globe World Award 2012*).

Pirmie stādījumi ierīkoti 2008. gadā, taču nav pieejama informācija par stādījumu biežību (piem., uz hektāra) un ierīkošanai izmantotā stādmateriāla daudzumu, jo katram stādījumam pielietots atsevišķs stādīšanas plāns.

Galvenie Allendorfas dati – vietas augstums: 250-708 m virs jūras līmeņa; augsne – smilšakmens cilmiezis; vidējā gada temperatūra – 6,5-8,5°C.

Balstoties uz ražas novākšanas praksi Allendorfā, veikti aprēķini, kuru rezultāti uzrādīti 18. tabulā.

18. tabula. Pārskats par aprēķinātajām izmaksām un peļņu (€) SRC stādījumiem Allendorfā (Avots: von Harling un Viessmann; 2009)

Izmaksu / peļņas kategorijas	Izmaksas	Peļņa*	Komentāri
Spraudēni	1 650		11 000 spraudēni uz ha; cena par spraudēni 0,08-0,23 €/gab. (0,15 €/gab.)
Spraudēni (pašu produkcija)	0		
Herbicīdu pielietošana rudenī (ķīmiskā aizsardzība)	20		
Ķīmiskās aizsardzības pielietošana	22		Ķīmiskās aizsardzības līdzekļu izmantošana (rudeni): 5 l/ha
Rudens aršana	94		
Herbicīdi, pavasarī (ķīmiskā aizsardzība)	12		Ķīmiskās aizsardzības līdzekļu izmantošana (pavasarī): 3 l/ha
Ķīmiskās aizsardzības pielietošana	22		
Ecēšana pavasarī	47		
Stādīšanas izmaksas	1 100		
Mulčēšana, agri pavasarī	33		
Ražas novākšanas izmaksas	7 500		Koksnes smalcinātājs 15 €/t Transportēšanas izmaksas 10 €/t
Finanšu pārskati un nodokļi	2 071		
Sociālās nodarbinātības nodokļi	1 036		
Konsultācijas	31		
Viessmann personāla izmaksas	3 000		
Atkārtota pārveidošana (1 000 €/ha)	1 000		
Šķeldu pārdošana Viessmann		19 500	Pārdošanas cena (šķeldas): 65 €/t sausas
Subsīdijas		571	
Ieņēmumi no īpašuma (pļavu un ganību noma)		166	
Bonuss (enerģētiskie augi)		300	
Ieņēmumi no spraudēņu pārdošanas		0	
Atlikums	-4 000	6 899	2 899

* Pieņēmums: 30 gadu stādījumu aprites cikls (ražas novākšana katru 3. gadu).

Tā kā *Viessmann* ražo apkures sistēmas, piemēram, ar koksni kurināmus katlus, SRC stādījumi īpaši iederas Allendorfas bioenerģijas ķēdē. Biomasas ieguve SRC stādījumos samazina koksnes biomasas ieguvī mežos, kas šajā teritorijā vairāk paredzēti rekreācijai un citiem mērķiem. Veicami arī vairāki uzlabojumi, kas attiecas uz ražas novākšanas metodēm un saražotās šķeldas kvalitāti.

8.4 4. piemērs. Kārklu SRC stādījumi Bretaņā (Brittany), Francijā

„EU Life Environment” pētījuma ietvaros, Bretaņā, laikā no 2004. līdz 2007. gadam, vietējai

siltumapgādei tika ierīkoti 100 ha kārkļu stādījumu. Projekta mērķis – ierīkot SRC stādījumus reģionā, un demonstrēt to lietderību notekūdeņu apsaimniekošanā, īpašu uzmanību pievēršot projekta ekonomiskajai dzīvotspējai – izvēloties labākās, praksē aprobētās stādījumu ierīkošanas tehnoloģijas un veidus, kā attīstīt vietējo siltumapgādes sistēmu. Lai projektā gūtā pieredze būtu izmantojama arī citu teritoriju apsaimniekošanai, tika veikti vairāki papildu pētījumi apsaimniekošanas kritēriju noteikšanai un projekta rezultātu analīzei. *Wilwater* projekta rezultāti parādīti saskaņā ar trim projekta galvenajiem mērķiem atbilstošiem modeļiem:

- 1. mērķis: ražot šķeldu siltumenerģijas ieguvei;
- 2. mērķis: aizsargāt dabisko vidi; veikt apūdeņošanu ar attīrītiem notekūdeņiem un aizsargāt dzeramā ūdens sateces laukumus;
- 3. mērķis: attīrīšanas iekārtu notekūdeņu dūņu izmantošana stādījumos.

Wilwater projekts tika uzsākts ar mērķi – atrast daudzkritēriju pieeju SRC apsaimniekošanai, lai pārvarētu ekonomiskās problēmas, kas saistītas ar SRC audzēšanu Francijā. Enerģētiskie SRC stādījumi valstī ierīkoti nelielā apjomā, un politiskais atbalsts SRC plantācijām ir minimāls, tādēļ bija svarīgi atrast jaunus SRC stādījumu izmantošanas veidus. Visas projekts iesaistītās personas uzsver, ka motivācija bijusi vairāk nekā tikai ekonomiska rakstura, bet arī:

- motivācija kļūt autonomākiem (ražot pašiem savu enerģiju, atrast noturīgākos notekūdeņu dūņu apsaimniekošanas risinājumus, izveidot vietējās piegādes ķēdes);
- motivācija veidot ciešākas partnerattiecības reģionālā un vietējā līmenī (aktivizēt iesaistīto personu sadarbību);
- motivācija izveidot labu publisko tēlu (komunikācija un inovatīvi risinājumi).

Tika organizēta sadarbība ar pašvaldībām, kas apsaimnieko vietējās siltumapgādes sistēmas, ar pašvaldības notekūdeņu attīrīšanas iekārtu apsaimniekotājiem, lauksaimniekiem un vietējām enerģētikas kompānijām. Projekta ietvaros izveidoti vairāki izmēģinājuma stādījumi, katram no tiem paredzot konkrētu biznesa stratēģiju. Tālāk aprakstīta biznesa stratēģija vienam no izmēģinājuma stādījumiem, kas tika ierīkoti *Wilwater* projekta ietvaros *Pleyber-Christ* ciematā.

Pleyber-Christ ciematā ir 2 800 iedzīvotāji. Notekūdeņus izmanto kārkļu SRC stādījumu apūdeņošanai (100 m³/ha vairāk nekā 3 gadu ilgā periodā). Iegūto biomasu pārstrādā šķeldā, ko pielieto pašvaldības ēku siltumapgādei (150 kW). Ikgadējais aprēķinātais enerģijas patēriņš ir 217 MWh, kas pielīdzināms 110 tonnām šķeldas (ar 25 % mitrumu). SRC stādījumi ierīkoti pašvaldības zemē, izmantojot STEP mašīnu (izmaksas 2800 €/ha, ieskaitot augsnes sagatavošanu). Pirmajā un otrajā gadā pēc stādījumu ierīkošanas (vai ražas novākšanas), ciemata lauksaimnieki, kuri apvienojušies kooperatīvā (*CUMA de Pleyber-Christ*), veic dūņu izkliešanu stādījumos. Trešajā gadā kārkli ir kļuvuši pārāk gari, lai izmantotu izkliešanas mašīnu. Ražas novākšanu sāk trešajā gadā un atkārtoti ik pēc 3 gadiem: to veic reģionālais kooperatīvais iekārtu dienests (*CUMA Breizh Energie*), kas investējis STEMSTER iekārtā. Ciemata fermeru kooperatīvs ir atbildīgs par šķeldu transportēšanu līdz kaltei, kuru apsaimnieko vietējais kooperatīvais uzņēmums (*Société Cooperative d'intérêt Collectif*), kas izveidots tieši šim nolūkam. Projekts ir saņēmis subsīdijas dažādos līmeņos (piem., 50 % reģionālās subsīdijas siltuma ražošanas iekārtai). Aplēsts, ka, aizvietojot fosilo kurināmo ar kurināmo no SRC stādījumiem, pašvaldība varētu ietaupīt 20 000 € gadā.

Lai pārbaudītu SRC stādījumu ekonomiskās un tehniskās iespējas, laikā no 1998. līdz 2001. gadam Bretaņā, 10 dažādās zonās, ierīkoti 13 ha SRC stādījumu.

Lai izmēģinātu dūņu izkļiedēšanu SRC stādījumos, no 2002. līdz 2006. gadam, ciematā, saistībā ar apkures sistēmas būvi, ierīkoti vēl 5 ha stādījumu.

Apvienība *D'initiatives Locales pour l'Energie et l'Environnement (AILE)* bija šo projektu sadarbības partneris un *Wilwater* projekta aizsācējs.

Notekūdeņu un notekūdeņu dūņu izmantošana SRC stādījumos kļuva aktuāla pēc izmaiņām likumdošanā, kas lauksaimniekiem liedza izkļiedēt dūņas uz laukiem, kur tika audzēta pārtikai paredzētas kultūras un pārtikas izejvielas (kartupeļi, kvieši, u.c.).

SRC stādījumi ierīkoti, izmantojot speciālu stādāmo mašīnu un 4 dažādus kārklu klonus, kas izraudzīti dēļ to ražīguma un izturības pret rūsu (*Björn, Tora, Torhild un Olof*). Stādījumu biežība – 16 000 spraudņu uz hektāra. Tika pielietoti līdzekļi pret nezāļu dīgšanu, kā arī bioloģiski noārdāms polimēra segums. Uzbūvētas speciālas lauksaimniecības iekārtas mehāniskai rindstarpu ravēšanai un dūņu izkļiedēšanai 2 un 3 gadus vecos kārklu stādījumos.

Lai pielāgotos Bretaņas klimata apstākļiem, biomasas raža tika iegūta divos posmos: sākumā ievācot ražu, bet koksni šķelidojot tikai tad, kad tā ir izžuvusi un visas lapas ir nokritušas. Reģionālajam kooperatīvajam iekārtu dienestam (*CUMA Breizh Energie*) piederošā STEMSTER ražas novākšanas mašīna ziemā novāc līdz pat 250 ha SRC stādījumu, tātad – visus ciematā ierīkotos stādījumus.

SRC šķeldu izmantošana vietējā siltumapgādes sistēmā ir būtiska projekta ekonomiskai līdzsvarošanai. Projekta sekmīguma priekšnoteikums ir šķeldas izmantošana nelielā attālumā no ieguves vietas – vietējā siltumapgādes sistēmā vai lauksaimnieku personīgajām vajadzībām. Pašvaldības Bretaņas reģionā jau izveidojušas centralizētas siltumapgādes sistēmas vai arī ir gatavas investēt jaunu ierīkošanai. SRC stādījumi ir veicinājuši vietējās bioenerģijas ķēdes attīstību. Šķeldas vietējās izmantošanas piemēri ir šādi:

- nelielas centralizētas siltumapgādes sistēmas, piemēram, trīs fermu nodrošināšanai ar siltumenerģiju;
- siltuma ražošana ciemata skolai;
- siltuma ražošana ciemata administratīvajām ēkām.

Zemāk uzrādītas apsaimniekošanas izmaksas un ienākumu aprēķini (€/ha/gadā), atbilstoši 2007. gada cenu līmenim (19. tabula līdz 21. tabula).

19. tabula. Apsaimniekošanas izmaksas stādījumu ierīkošanas gadā (€/ha/gadā)

	<i>Izmaksas (€/ha/gadā)</i>
Augsnes sagatavošana	250
Mēslošana	100
Apstrāde pret insektiem	90
Nezāļu kontrole - dīģšanu kavējošas vielas	305
Stādīšana	1 800
Stādījumu uzturēšana (mehāniskā ravēšana)	85
Ravēšana (cita)	210
Atsēdināšana uz celma	60
	<i>Kopā</i> 2 900

* Zemes īpašuma nodoklis nav iekļauts.

20. tabula. Apsaimniekošanas un ražas novākšanas izmaksas (€/ha/gadā)

<i>Izmaksas (€)</i>	<i>Zemākās novērtētās</i>	<i>Augstākās novērtētās</i>
Stādīšana	2 300 €/ha	2 800 €/ha
Mēslošana (izklidējot mēslojumu) – 1 vai 2 reizes 3 gadu periodā	180 €	480 €
Ražas novākšana ik pēc 3 gadiem, izmantojot STEMSTER mašīnu, smalcināšana un transportēšana	850 €/ha	1 800 €/ha
Ikgadējās izmaksas > 20 gadu periodā		
- izklidējot mēslojumu	424 €/ha/gadā	824 €/ha/gadā
- nelietojot mēslojumu	370 €/ha/gadā	680 €/ha/gadā
Šķeldas uzglabāšana (25 % mitrums)	6 €/t	36 €/t
Raža (prognozētā) (25 % mitrums)	10,7 t/ha/gadā	13,3 t/ha/gadā

Investīcijas STEMSTER ražas novākšanas mašīnai ir optimizējamas, ražu ik gadu ievācot vismaz 200 ha lielā platībā.

21. tabula. **Peļņa no SRC stādījumiem (stādīšanas un ražas novākšanas izmaksas ir samazinātas, jo netiek pirkti pakalpojumi: visus darbus veic pats lauksaimnieks)**

<i>Peļņa (€/ha/gadā)</i>	<i>Optimizētā raža (200 ha)</i>	<i>šodien</i>
bez mēslošanas; pārdod nekaltētu	38	-250
bez mēslošanas, izmanto pašu vajadzībām	406	118
ar izkliedēšanu; pārdod nekaltētu	-43	-331
ar izkliedēšanu; izmanto pašu vajadzībām	325	37

8.5 5. piemērs. Kārķu SRC stādījumi Enšēpingā (Enköping), Zviedrijā

Projekta ietvaros ierīkoti 76 ha kārķu SRC stādījumu, kurus apūdeņo ar notekūdeņiem no sadzīves notekūdeņu attīrīšanas iekārtām. Koksnes biomasu izmanto enerģijas ieguvei vietējā koģenerācijas stacijā.

Nynäs Gård saimniecība sadarbojas ar koģenerācijas staciju *ENA-Energi*, kas ir arī sadzīves notekūdeņu attīrīšanas iekārtu apsaimniekotāji. Kārķu stādījumus apūdeņo ar aptuveni 200 000 m³ attīrītu un neattīrītu notekūdeņu maisījumu (20 000 m³ neattīrīta, ar barības vielām bagāta notekūdens). Starp saimniecību un notekūdeņu apsaimniekotāju noslēgts līgums uz 15 gadiem. Līgumā paredzēts, ka saimniecība savu kārķu stādījumu apūdeņošanai varēs izmantot notekūdeņus, bet *ENA-Energi* no *Nynäs Gård* saņems kārķu šķeldu par tirgus cenu. Sākumā ražas novākšanu veica *ENA-Energi*, taču nesen saimniecība sākusi algot citu pakalpojumu sniedzēju.

Vītulu stādījumi 76 ha platībā ierīkoti divos piegājienos – 1998. un 2000. gadā. Platība iedalīta vairākos laukos, no kuriem lielākais ir aptuveni 30 ha, bet pārējie no 6 līdz 15 ha lieli. Stādījumu ierīkošanas subsīdijas, kas bija pieejamas stādīšanas gados – 5 000 SEK (aptuveni 550 €) uz hektāra un sedza aptuveni pusi no ierīkošanas izmaksām. Pirms stādīšanas augsni apstrādāja ar glifosātu (ložņu vārpatas kontrolei), uzara un uzecēja (mehāniskā ravēšana pirms stādīšanas). Mehāniskā ravēšana veikta arī gadu pirms stādīšanas. Platībā (76 ha) 15 dubultrindu joslās (0,75 m starp dubultrindas rindām un 1,25 m starp dubultrindām, un 0,5 m starp spraudņiem rindās) iestādīti vairāki kārķu kloni. Stādījumus, aptuveni 100 dienas veģetācijas periodā, apūdeņo ar notekūdeņiem.

Biomasas ražu kārķu stādījumos iegūst ik pēc trim gadiem. Ražu novāc ar speciālu harvesteru, kas veic tūlītēju koksnes smalcināšanu. Šķelda nav jākaltē un tūlīt ir transportējama uz koģenerācijas staciju, kas atrodas aptuveni 2 km attālumā no stādījumiem. Stacijas siltumjauda ir 55 MW un elektroenerģijas izstrādes jauda – 24 MW. Kārķu šķeldu, maisījumā ar citiem koksnes biomasas materiāliem, izmanto kā kurināmo siltuma un enerģijas ražošanai.

Zemāk doti apsaimniekošanas izmaksu un ienākumu aprēķini (€/ha/gadā), atbilstoši 2011. gada cenu līmenim. Atsevišķu saimniecību maksājumi aprēķinos nav iekļauti. Stādījumu ierīkošanas izdevumi (t.i., stādīšanas aprīkojuma, spraudņu un darba izmaksas) bijuši aptuveni 1 222 €/ha un ir iekļauti 22. tabulā. Stādījumu ierīkošanas subsīdijas – 550 €/ha.

22. tabula. Nynās Gārd kārkļu stādījumu apsaimniekošanas izmaksas, ienākumi un peļņa (€/ha/gadā)

<i>Izmaksas (€/ha/gadā)</i>	
Uzraudzība/uzturēšana	22
Ražas ievākšana	238
Transportēšana	148
Vispārīgie izdevumi	55
Procentu maksājumi	15
<i>Summa</i>	478
<i>Ienākumi (€/ha/gadā)</i>	
Šķelda	896
Kompensācija par notekūdeņiem	219
<i>Summa</i>	1115
<i>Peļņa (€/ha/gadā)</i>	
	637

* Aprēķini veikti, izmantojot valūtas kursu 1 € = 9 SEK, 4 gadu rotācijas periodu un trešo stādījumu aprites ciklu;

** iekļautas visas izmaksas, izņemot zemes īpašuma nodokli;

*** administratīvās, komunikācijas un transporta (personīgā) izmaksas ir iekļautas „Vispārīgajos izdevumos”.

Parasti pirmajos rotācijas periodos iegūst mazāku biomasas raža. Aprēķinos (23. tabula) veikts peļņas pārrēķins Nynās Gārd kārkļu stādījumiem, ietverot zemāku stādījumu produktivitāti un augstākas apsaimniekošanas izmaksas pirmajos rotācijas periodos.

23. tabula. **Peļņas aprēķini Nynās Gārd ar notekūdeņiem apūdeņotos kārkļu stādījumos trešajā, stādījumu 4 gadus ilgajā, rotācijā un ņemot vērā vidējos rādītājus visās rotācijās (ieskaitot mazāk ražīgo pirmo rotāciju)**

	Biomassas raža (t/ha/gadā)	Šķeldas cena (€/t sausas)	Apsaimniekošanas izmaksas (€/t sausas)	Stādīšanas subsīdijas (€/ha/gadā)	Kompensācija par notekūdeņiem	Peļņa (€/ha/gadā)
3. rotācijas periods	9	99,5	53		219	637
Vidēji rotācijas periodā	8,3	99,5	65	227	219	529

* Aprēķini veikti, izmantojot valūtas kursu 1 € = 9 SEK, 4 gadu rotācijas periodu, un trešo stādījumu aprites ciklu;

** iekļautas visas izmaksas, izņemot zemes īpašuma nodokli.

Vārdnīca un saīsinājumi

Piezīme: *Vārdnīcas un saīsinājumu nodaļā paskaidroti dažādi rokasgrāmatā izmantotie, specifiskie vai zināmākie izteicieni un termini. Galvenais šī saraksta mērķis ir atvieglot rokasgrāmatas tulkošanu. Vairāki termini ir adaptēti no Vikipēdijas.*

Barela naftas ekvivalents (boe): enerģijas daudzums vienā jēlnaftas barelā – aptuveni 6,1 GJ jeb 1 700 kWh. „Naftas barels” ir šķidrums mērvienība, kas vienāda ar 42 ASV galoniem (35 angļu galoniem jeb 159 litriem); 1 tonnā naftas ir aptuveni 7,2 naftas bareli.

„**Sprunguļi**”: 5-15 cm gabalos sagarinātas atvases.

Kūlīši: vairākas, kopā sasetas atvases.

Jauda: darbs, ko veic noteikta sistēma vai mašīna konkrētā laika periodā (maksimālā tūlītēja resursa produktivitāte īpašos gadījumos). Enerģiju ģenerējošā aprīkojuma jauda tiek izteikta kilovatos (kW) vai megavatos (MW).

Oglekļa dioksīds (CO₂): dabisks, ķīmisks savienojums, kas sastāv no diviem skābekļa atomiem, kas kovalenti saistīti ar vienu oglekļa atomu. Oglekļa dioksīds Zemes atmosfērā pastāv gāzveida stāvoklī, un tā koncentrācija ir 0,039 %.

Šķelda: 5 × 5 × 5 cm lielos gabalos sasmalcināta atvasāju koksne (skatiet arī koksnes šķelda).

Koģenerācija (CHP): kombinēta siltumenerģijas un elektroenerģijas ražošana vienā procesā un no kopīga kurināmā. Rūpnieciskajos procesos novadīto siltumu arī var izmantot ģeneratora darbināšanai un elektrības izstrādei (*pazemināšanas cikls*) vai elektrības ģenerēšanā pāri palikušo siltumu var izmantot rūpnieciskiem procesiem vai telpu apkurei un ūdens sildīšanai.

CO₂: skatīt oglekļa dioksīds.

Kondensācijas katls: kondensācijas katli ir ūdens sildīšanas iekārtas ar augstu efektivitāti (> 90 %), kas tiek sasniegta, ar dūmgāzēs esošo siltumu uzsildot auksto atgaitas ūdeni. Katlus var kurināt ar gāzi vai naftas produktiem un tos sauc par kondensācijas katliem, jo dūmgāzēs esošie ūdens tvaiki tiek kondensēti un novadīti no katla.

Atvasāji: ir noteiktu koku sugu spēja pēc to nociršanas/nogriešanas dzīt jaunas atvases.

Spraudņi: 25 cm gari viengadīgu SRC atvašu gabali, kurus izmanto jaunu atvasāju stādījumu ierīkošanai.

Centralizētā dzesēšanas sistēma: ir atdzesēta ūdens vai ūdens/ledus maisījuma padošana no vienota avota uz dzīvojamām mājām un komerciālām būvēm dzesēšanas vajadzībām, piemēram, gaisa kondicionēšanai.

Centralizētā siltumapgādes sistēma: ir siltumenerģijas padošana (ar karstu ūdeni vai tvaiku) no vienota avota uz dzīvojamām mājām un komerciālām būvēm siltumapgādes vajadzībām (piemēram, apkurei un karstā ūdens sagatavošanai).

Rūpnieciskās izejvielas: jebkurš materiāls, kas tiek izmantots ražošanas procesā. Materiāls, kura forma ražošanas procesā tiek mainīta.

Fosilais kurināmais: ir miljonu gadu laikā dabiskos procesos (tādos kā atmirušo organismu sadalīšanās bezskābekļa vidē) veidojušies uzkrājumi/nogulumi, kurus izmanto enerģijas ieguvei.

Gamma (γ) daudzveidība: terminu „gamma daudzveidība” (γ -daudzveidība) kopā ar terminiem „alfa daudzveidība” (α -daudzveidība) un „beta daudzveidība” (β -daudzveidība) ieviesa R.H. Vitekers (*R.H. Whittaker*). Vitekers uzskatīja, ka kopējo sugu daudzveidību ainavā (γ) nosaka divas atšķirīgas daudzveidības – vidējā sugu daudzveidība ainavas ekosistēmu mērogā (α) un atšķirības starp šīm ekosistēmām (β). No tā var secināt, ka alfa daudzveidība un beta daudzveidība veido gamma daudzveidības neatkarīgas sastāvdaļas: $\gamma = \alpha \cdot \beta$.

Globālās sasilšanas potenciāls: GSP ir relatīva mērvienība tam, cik daudz siltuma siltumnīcefekta gāzes iesprosto atmosfērā. Tas salīdzina konkrētas gāzes masas iesprostoto siltuma daudzumu ar tādas pašas masas oglekļa dioksīda iesprostoto siltuma daudzumu. GSP aprēķina konkrētam laika posmam, parasti – 20, 100 vai 500 gadiem. GSP izsaka kā oglekļa dioksīda koeficientu, kura GSP ir 1. Piemēram, metāna GSP 20 gados ir 72, tas nozīmē, ka, ja atmosfērā nokļūtu vienāda masa metāna un oglekļa dioksīda, metāns nākošo 20 gadu laikā atmosfērā iesprostotu 72 reizes vairāk siltuma nekā oglekļa dioksīds.

Siltumnīcefekta gāzes (SEG): gāzes, kas zemes atmosfērā iesprosto saules siltumu, radot siltumnīcas efektu. Divas galvenās siltumnīcefekta gāzes ir ūdens tvaiks un oglekļa dioksīds. Citas siltumnīcefekta gāzes ir metāns, ozons, hlorofluorie ogļūdeņraži un slāpekļa oksīds.

GSP: skatīt globālās sasilšanas potenciāls.

Apgrīšanās josla - Heders: teritorija stādījumu sākuma un beigu malās, ko izmanto tehnikas manevrēšanai, ražas uzglabāšanai utml. Ja nenotiek intensīva stādījumu apsaimniekošana, hederos var audzēt viengadīgās kultūras, zāli vai nektāraugus.

Siltums: siltums ir enerģija, kas termiskas mijiedarbības rezultātā tiek pārnesta no vienas sistēmas uz citu. Siltums vienmēr plūst no ķermeņa ar augstāku temperatūru uz ķermeni ar zemāku temperatūru. Šo enerģijas plūsmu ar siltuma dzinēju, daļēji iespējams pārvērst lietderīgā darbā. Otrais termodinamikas likums aizliedz siltuma plūsmu no ķermeņa ar zemāku temperatūru uz ķermeni ar augstāku temperatūru. Taču ar siltumsūkņa palīdzību, šāda enerģijas transportēšana (no zemas uz augstu temperatūru) ir iespējama. Vārds siltums tiek lietots vairākas nozīmēs, piemēram, aprakstot temperatūru. Fizikā „siltums” pēc definīcijas ir enerģijas pārvešana, un to vienmēr saista ar noteikta veida procesu. Termins „siltums” dažreiz tiek lietots kopā ar „siltuma plūsmu” un „siltuma pāreju”. Siltuma pāreja notiek dažādi: vadīšanas, starojuma, konvekcijas, tīrās masas pārvešanas, berzes vai viskozitātes, kā ķīmiska izkliedēšana ceļā.

Sadegšanas siltums (siltumspēja): siltuma daudzums, ko degšanas laikā izdala noteikts daudzums kurināmā (biogāze, biometāns).

Uzstādītā jauda: ir enerģiju ģenerējošās iekārtas kopējā elektriskā vai siltuma jauda.

Bezmugurkaulnieki: dzīvnieki, kuriem nav un neattīstās mugurkauls. Tie ir visi dzīvnieki, izņemot mugurkaulnieku *Vertebrata* apakštipu. Zināmākie bezmugurkaulnieku piemēri ir kukaiņi, krabji, omāri un tiem līdzīgie, gliemeži, ēdamgliemenes, astoņkāji un tiem līdzīgi, jūras zvaigznes, jūras eži un tiem līdzīgi, un tārpi.

Džouls (J): metriskā enerģijas vienība, kas ir vienāda ar darbu, ko vienu Ņūtonu liels spēks veic vienu metru garā ceļa posmā. 1 džouls (J) = 0,239 kalorijas; 1 kalorija (cal) = 4,187 J.

Kilovats (kW): elektriskās vai siltuma jaudas mērvienība, kas vienāda ar 1 000 vatiem (W).

Kilovatstunda (kWh): visizplatītākā enerģijas daudzuma vienība. Tā apzīmē viena kilovata

elektrības vai siltuma piegādi vienā stundā.

kW_{el}: elektriskā jauda.

kWh: skatiet Kilovatstunda.

kW_{th}: siltuma jauda (termiskā jauda).

m³: kubikmetrs ir 1 × 1 × 1 m tilpums. Vienā kubikmetrā ir aptuveni 1 t ūdens.

Mitrumš: materiāla sastāvā esošā ūdens masas un paša sausā materiāla (biomasa) masas attiecība.

Naftas ekvivalents: naftas ekvivalenta (toe) tonna ir enerģijas daudzums, kas tiek atbrīvots, sadedzinot vienu tonnu jēlnaftas – aptuveni 42 GJ.

ORC: organiskais Renkina cikls.

Organiskais Renkina cikls: ORC tiek izmantoti organiskie šķidrums ar augstu molmasu. Šķidrums pāreja gāzveida stāvoklī (vārīšanas punkts) notiek pie zemākas temperatūras salīdzinājumā ar ūdens iztvaikošanas temperatūru. Tādu šķidrums pielietošana ļauj veikt zemāka potenciāla/temperatūras siltuma izmantošanu Renkina ciklam (piemēram, biogāzes stacijās).

pH: ir vērtība, kas norāda šķīduma (vai augsnes) skābumu vai sārmainību. Augsnes, kuru pH ir < 7, ir skābas, un augsnes, kuru pH > 7 – bāziskas jeb sārmainas. Tīra ūdens ir pH = 7.

Atvašu rīkstes: atvasāju stādījumos novāktās, līdz pat 8 m garās atvases.

Atvases: botānikā, atvase sastāv no stumbra, lapām un sānu pumpuriem, ziedkātiem un ziedu pumpurus. Arī no sēklas izdīgušo auga virszemes daļu sauc par atvasi. Pavasarī daudzgadīgo augu atvases veido jaunie pieaugumi. Daudzgadīgo augu atvases aug gan no zemes, gan zaru un galotņu galos (kā tas ir kokiem).

SI: starptautiska mērvienību sistēma (saīsināti SI no franču valodas: *Système international d'unités*) ir mērvienību sistēma, kas izstrādāta septiņām pamatvienībām un vairākām atvasinātām mērvienībām.

SRC: Īscirtmeta atvasāji.

SRF: Īscirtmeta mežkopība, Latvijā – plantāciju meži.

SRP: Īscirtmeta plantācijas. Latvijā – kokaugu stādījumi.

SRWC: Īscirtmeta kokaugu atvasājs.

Mitruma saturs: ūdens daudzuma masā un mitrā materiāla (biomasas) masas attiecība.

Vats (W): standarta mērvienība (SI sistēma) enerģijas daudzumam, kuru patērē aprīkojums, vai enerģijas daudzumam, kas virzās no vienas vietas uz citu. Vats ir elektriskās jaudas standarta mērvienība. 'kW' apzīmē „kilovatu” jeb 1 000 vatus, bet 'MW' apzīmē „Megavatu” jeb 1 000 000 vatus.

yr: gads.

Angliskie, latviskie un latīniskie augu nosaukumi

Piezīme: Sarakstā norādītas sugas, kas izmantotas SRC stādījumos, klonu krustošanai vai minētas kā SRC stādījumiem piemērotas. Dažu sugu pielietošanai SRC stādījumos nav praktiskas pieredzes. Augu latviskajos nosaukumos norādīti vispārpieņemtie augu nosaukumi, kas ne vienmēr ir pieejami, tādēļ norādēs iespējamas arī neprecizitātes.

Klonu nosaukumi doti 2. nodaļā.

Botāniskais nosaukums	Vispārpieņemtie nosaukumi	
	Latviski	Angliski
<i>Alnus</i> spp.	Alkšņu ģints	Alder
<i>Alnus glutinosa</i>	Melnalksnis (sarunv. Alksnis)	Common alder, Black alder, European alder, Alder
<i>Alnus incana</i>	Baltalksnis	Grey alder, Speckled alder
<i>Amorpha fruticosa</i>	Krūmu amorfa	Indigo bush
<i>Acacia melanoxylon</i>	Austrālijas akācija	Australian blackwood
<i>Acacia saligna</i>	Vītollapu akācija	Coojong, Golden wreath wattle, Orange wattle, Blue-leafed wattle, Western Australian golden wattle, Port Jackson willow
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Kalnu kļava (saukta arī par sikamoru)	Sycamore (sycamore is used for various different species of the genus <i>Ficus</i> , <i>Acer</i> , <i>Pseudoplatanus</i>)
<i>Betula</i> spp.	Bērzu ģints	Birch
<i>Broussonetia papyrifera</i>	Papīra zīdkoks (tās pašas sugas kā <i>Morus papyrifera</i>)	Paper mulberry (same species as <i>Morus papyrifera</i>)
<i>Corylus avellana</i>	Parastā lazda	Hazel, Hazelnut
<i>Cynara cardunculus</i>	Lapu artišoks	Cardoon
<i>Eucalyptus</i> spp.	Eikalīptu ģints	Eucalyptus
<i>Eucalyptus globulus</i>	Zilganais eikalīpts	Tasmanian blue gum, Southern blue gum, Blue gum
<i>Eucalyptus</i>	Upes eikalīpts	River red gum

<i>camaldulensis</i>		
<i>Eucalyptus gunnii</i>	Sudraba (Hanna) eikalipts	Cider gum, Gunnii
<i>Eucalyptus nitens</i>	Spīdīgais eikalipts	Shining gum
<i>Fraxinus excelsior</i>	Parastais osis	Ash
<i>Morus papyrifera</i>	Papīra zīdkoks (syn. <i>Broussonetia papyrifera</i>)	Paper mulberry (same species as <i>Broussonetia papyrifera</i>)
<i>Nothofagus</i>	Dienvīdu dižskābardis	Southern beech
<i>Paulownia</i>	Paulonija	Paulownia
<i>Platanus occidentalis</i>	Sikamora (terminu izmanto dažādām atšķirīgām <i>Ficus</i> , <i>Acer</i> , <i>Pseudoplatanus</i> ģints sugām)	Sycamore (sycamore is used for various different species of the genus <i>Ficus</i> , <i>Acer</i> , <i>Pseudoplatanus</i>)
<i>Populus spp.</i>	Papeļu ģints	Poplar
<i>Populus deltoides</i>	Kokvilnas koks	Eastern cottonwood
<i>Populus koreana</i>	Korejas papele	Korean poplar
<i>Populus maximowiczii</i>	Maksimoviča papele	Maximowicz' Poplar, Japanese Poplar
<i>Populus nigra</i>	Melnā papele	Black Poplar
<i>Populus tremula</i>	Parastā apse (nejaukt ar <i>Populus tremuloides</i> , Amerikas apsi, ko sauc arī par trīcošo apsi)	Aspen, Common aspen, Eurasian aspen, European aspen, Quaking aspen (Not to be confused with <i>Populus tremuloides</i> , the American aspen, also called trembling aspen and quaking aspen)
<i>Populus tremuloides</i>	Amerikas trīcošā apse (nejaukt ar <i>Populus tremula</i> , parasto apsi)	Quaking Aspen, Trembling Aspen (Not to be confused with <i>Populus tremula</i> , the European aspen, which is also called quaking aspen)
<i>Populus trichocarpa</i>	Spilvaugļu papele	Western Balsam Poplar, Black Cottonwood
<i>Robinia pseudoaccacia</i>	Baltā robinija, (tautā: akācija)	Black locust, Robinia, Acacia

<i>Salix</i> spp.	Kārkli (kokveida formas sauc par vītoliem un krūmveida formas par kārkliem)	Willow (Most species are known as willow, but some narrow-leaved shrub species are called osier, and some broader-leaved species are referred to as sallow)
<i>Salix aegyptiaca</i>	Ēģiptes vītols	Egyptian willow, Musk willow
<i>Salix caprea</i>	Blīgzna, pūpolvītols	Goat willow, Pussy willow, Great sallow
<i>Salix dasyclados</i>	Villainzaru kārkls	n.a.
<i>Salix discolor</i>	Amerikas vītols	American willow
<i>Salix rehderiana</i>	Nav pieejams	n.a.
<i>Salix schwerinii</i>	Šverina kārkls	n.a.
<i>Salix triandra</i>	Vicu kārkls	Almond willow, Almond-leaved willow
<i>Salix udensis</i>	Udes vītols	n.a.
<i>Salix viminalis</i>	Klūdziņu kārkls	Common osier
<i>Ulmus</i> spp.	Gobu ģints	Elms

Vispārīgo mērvienību pārveidošana

24. tabula. Enerģijas vienību priedēkļi

Priedēklis	Apzīmējums	10n	Daudzums
deka	da	10	desmit
hekto	h	102	simts
kilo	k	103	tūkstotis
mega	M	106	miljons
giga	G	109	miljards
tera	T	1012	triljons
peta	P	1015	kvadriljons
eksa	E	1018	kvintiljons

25. tabula. Apjomu terminoloģija dažādiem koksnes biomasas veidiem vairākās valodās

Valoda	Terminoloģija		
Angļu	Solid cubic meter Solid m³	Bulk cubic meter Bulk m³	Stacked cubic meter Stacked m³
Horvātu	Puni kubni metar m³	Nasipni metar Nasipni m³	Prostorni metar Prostorni m³
Čehu	Plinometr-pevny metr (plm) [m³]	Sypny metr (prms) [m³]	Prostorovy metr-rovnany (prm) [m³]
Franču	Mètre cube de bois plein m³	Mètre cube apparent plaquette MAP	Stère stère
Vācu	Festmeter Fm	Schüttraummeter Srm	Schichtraum. (ster) rm
Grieķu	Συμπανές κυβικό μέτρο κ.μ.ή m³	Χωρικό κυβικό μέτρο Χ.κ.μ. Χύδην	Χωρικό κυβικό μέτρο στοίβαχτού Χ.κ.μ. στοίβαχτού
Itāļu	Metro cubo m³	Metro stero riversato msr	Metro stero accastato msa
Latviešu	Kubikmetrs (cieškubikmetrs) cieš. m³	Berkubikmetrs bēr. m³	Kraujmetrs vai sters kr. m³
Maķedoniešu	poln kuben metar	nasipen kuben metar	prostoren kuben meatr
Poļu	metr sześcienny	metr nasypowy	metr przestrzenny

	m ³	mn	mp
Slovēņu	Kubični meter m ³	Prostrni meter prm	Nasūt kubicni meter N m ³

26. tabula. Enerģijas vienību pārveidošanas tabula (kilodžouls (kJ), kilokalorija (kcal), kilovatstunda (kWh), tonna ogļu ekvivalenta (TCE), dabasgāzes kubikmetrs (m³CH₄), tonna naftas ekvivalenta (toe), barels, britu siltuma vienība (BTU))

	kJ	kcal	kWh	TCE	m ³ CH ₄	TOE	barels
1 kJ	1	0,2388	0,000278	3,4×10 ⁻⁸	0,000032	2,4×10 ⁻⁸	1,76×10 ⁻⁷
1 kcal	4,1868	1	0,001163	14,3×10 ⁻⁸	0,00013	1×10 ⁻⁷	7,35×10 ⁻⁷
1 kWh	3,600	860	1	0,000123	0,113	0,000086	0,000063
1 TCE	29 308 000	7 000 000	8 140	1	924	0.70	52
1 m³ CH₄	31 736	7 580	8,816	0,001082	1	0,000758	0,0056
1 toe	41 868 000	10 000 000	11 630	1,428	1 319	1	7,4
1 barels	5 694,048	1 360,000	1 582	0,19421	179,42	0,136	1
1 BTU	1,055						

27. tabula. Jaudas vienību pārveidošanas tabula (kilokalorijas sekundē (kcal/s), kilovats (kW), zirgspēks (ZS))

	kcal/s	kW	ZS
1 kcal/s	1	4,1868	5,614
1 kW	0,238846	1	1,34102
1 ZS	0,17811	0,745700	1

28. tabula. Temperatūras vienību pārveidošanas tabula

	Vienība	Celsijs	Kelvins	Fārenheits
Celsijs	°C	-	$^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273,15$	$^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32) \times 1,8$
Kelvins	K	$\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273,15$	-	$\text{K} = (^{\circ}\text{F} + 459,67) \times 1,8$
Fārenheits	°F	$^{\circ}\text{F} = ^{\circ}\text{C} \times 1,8 + 32$	$^{\circ}\text{F} = \text{K} \times 1,8 - 459,67$	

29. tabula. Spiediena mērvienību pārveidošanas tabula (paskāls (Pa), bārs (bar), tehniskā atmosfēra (at), atmosfēra (atm), tors (Torr), mārciņa uz kvadrātcollu (psi))

	Pa	bar	at	atm	Torr	psi
1 Pa		0,00001	0,000010197	$9,8692 \times 10^{-6}$	0,0075006	0,0001450377
1 bar	100 000		1,0197	0,98692	750,06	14,50377
1 at	98 066,5	0,980665		0,9678411	735,5592	14,22334
1 atm	101 325	1,01325	1,0332		760	14,69595
1 Torr	133,3224	0,001333224	0,001359551	0,001315789		0,01933678
1 psi	6894,8	0,068948	0,0703069	0,068046	51,71493	

Literatūra

- Alakangas (2009) Fuel specification and classes, multipart standard. - http://p29596.typo3server.info/fileadmin/Files/Documents/05_Workshops_Training_Events/Taining_materials/english/D19_2_EN_Fuel_specification.pdf [piekļuve: 29.08.2014.]
- Anderson Group (www.grpanderson.com/de/resources/photos) [piekļuve: 09.09.2014.]
- Aosaar, J., Varik, M. and Uri, V. (2012) Biomass production potential of grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench.) in Scandinavia and Eastern Europe: A review. *Biomass & Bioenergy* 45:11-26; Estonia.
- Aronsson, P., Rosenqvist, H., Dimitriou, I. (2014) Impact of nitrogen fertilization to short-rotation willow coppice plantations grown in Sweden on yield and economy. *Bioenergy Research* 7: 993-1001.
- Bärwolff, M., Hansen, H., Hofmann, M., Setzer, F. (2012) Energieholz aus der Landwirtschaft. - FNR, Gülzow-Prüzen, Germany.
- Bisenieks, J., Daugavietis, M., Daugaviete, M. (2010) Baltalkšņu audžu ražības modeļi. *Mežzinātne* 21(54): 31-44; Latvia.
- Burger, F. (2011) Energiebilanz klar positive: Kurzumtriebsplantagen. - 13/2011 AFZ-DerWald; http://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/service/dateien/afz_der_wald_nr_13.pdf [piekļuve: 18.05.2015.]
- Biomasseverband OÖ (no date) >Masse und Energiegehalt von Hackgut in Abhängigkeit vom Wassergehalt. - Biomasseverband OÖ, Austria, http://www.biomasseverband-ooe.at/uploads/media/Downloads/Publikationen/Umrechnungstabellen_Brennstoff_Holz-BMV-OOe.pdf [piekļuve: 09.09.2014.]
- CARMEN (2014) Heizwert, Wassergehalt und Gewicht. <http://www.carmen-ev.de/biogenerfestbrennstoffe/brennstoffe/hackschnitzel/579-heizwert-wassergehalt-und-gewicht> [piekļuve: 09.09.2014.]
- Caslin, B., Finnan, J., Mc Cracken, A. (eds) (2012) Willow Varietal Identification Guide. ISBN: 101-84170-590-X.
- Caslin, B., Finnan, J., Mc Cracken, A. (eds.) (2010) Short Rotation Coppice; Willow Best Practice Guidelines. - http://www.seai.ie/Renewables/Bioenergy/Willow_Best_Practice_Guide_2010.pdf [piekļuve: 21.07.2014.]
- Dallemand, J.F., Petersen, J.E., Karp, A. (eds.) (2007) Short Rotation Forestry, Short Rotation Coppice and perennial grasses in the European Union: Agro-environmental aspects, present use and perspectives. - JRC; Proceedings of the Expert Consultation; October 17-18, 2007, Harpenden, United Kingdom.
- Daugaviete, M. (2011) Above-ground Biomass in Young Grey Alder (*Alnus incana* [L.] Moench.) stands. *Baltic Forestry* 17 (1): 76-82; Latvia.
- Daugaviete, M., Bārdulis, A., Daugavietis, U., Lazdiņa, D. (2015) Potentials of producing wood biomass in short-rotation Grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) plantations on agricultural lands. - NJF 25th Congress. Nordic View to sustainable rural development, June 16-18, 2015: 1-6; Latvia.
- Daugaviete, M., Žvīgurs, K., Liepiņš, K., Lazdiņš, A., Daugavietis, O. (2009) Baltalkšņa

- (*Alnus incana* [L.] Moench.) audžu atjaunošanās gaita un biomasas uzkrāšanās jaunaudžu vecuma audzēs, *LLU Raksti* 23(318); 78-90; Latvia.
- DEFRA (2004) Growing Short Rotation Coppice; Best Practice Guidelines For Applicants to Defra's Energy Crops Scheme. - http://www.naturalengland.org.uk/Images/short-rotation-coppice_tcm6-4262.pdf [piekļuve: 21.07.2014.]
- Dimitriou, I., Rutz, D. (2014) Sustainability criteria and recommendations for short rotation woody crops. - WIP Renewable Energies, Munich, Germany; Report elaborated in the framework of the IEE project SRCplus (Contract No. IEE/13/574).
- Dimitriou, I., Fistrek, Z., Mergner, R., Rutz, D., Scrimgeour, L., Eleftheriadis, I., Dzebne, I., Perutka, T., Lazdina, D., Toskovska, G., Hinterreiter, S. (2014a) Optimising the Environmental Sustainability of Short Rotation Coppice Biomass Production for Energy. - Proceedings Natural Resources, Green Technology & Sustainable Development; 26-28 November 2014, Zagreb, Croatia; Faculty of Food Technology and Biotechnology, University of Zagreb, Croatia; ISBN 978 953 6893 04 1; pp. 117-123.
- Dimitriou, I., Fistrek, Z. (2014) Optimising the Environmental Sustainability of Short Rotation Coppice Biomass Production for Energy. *South-east Eur for* 5 (2): 81-91. DOI: <http://dx.doi.org/10.15177/seefor.14-15>.
- Dimitriou, I., Mergner, R., Rutz, D. (2014b) Best practice examples on sustainable local supply chains of SRC. WIP Renewable Energies, Munich, Germany; Report elaborated in the framework of the IEE project SRCplus (Contract No. IEE/13/574).
- Dimitriou, I., Baum, C., Baum, S., Busch, G., Schulz, U., Köhn, J., Lamersdorf, N., Walter-Schmidt, P., Leinweber, P., Aronsson, P., Weih, M., Berndes, G., Englund, O., Bolte, A. (2012a) RATING-SRC Final Report. ERA-NET Bioenergy Internal Report.
- Dimitriou, I., Mola-Yudego, B., Aronsson, P., Eriksson, J. (2012b). Changes in organic carbon and trace elements in the soil of willow short-rotation coppice plantations. *Bioenergy Research* 5(3): 563-572.
- Dimitriou, I., Mola-Yudego, B., Aronsson, P. (2012c) Impact of willow Short Rotation Coppice on water quality. *Bioenergy Research* 5(3): 537-545.
- Dimitriou, I., Eriksson, J., Adler, A., Aronsson, P., Verwijst, T. (2006) Fate of heavy metals after application of sewage sludge and wood-ash mixtures to short-rotation willow coppice. *Environmental Pollution* 142(1): 160-169.
- Dimitriou, I., Aronsson, P. (2005) Willows for energy and phytoremediation in Sweden. *Unasylva* 221(56): 46-50.
- Ehlert, D., Pecenka, R., Wiehe, J. (2012) Harvesters for Short Rotation Coppices: Current Status and New Solutions. - Proceedings of International Conference of Agricultural Engineering CIGR-Ageng 2012. Valencia, p. 1-6. Online: http://cigr.ageng2012.org/images/fotosg/tabla_137_C0365.pdf.
- ETA Heiztechnik GmbH n.d.Brennstoffdaten - Scheitholz, Hackgut, Pellets. - http://www.bad-klein.de/pdf/Broschuere_Brennstoffdaten_dt_01.pdf [piekļuve: 09.09.2014.]
- FNR (2012) Bioenergy in Germany: Facts and Figures. - Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR); Gülzow, Germany; http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_484-basisdaten_engl_web_neu.pdf [10.07.2012]
- Grosse, W., Landgraf, D., Scholz, V., Brummack, J. (2008) Ernte und Aufbereitung von

- Plantagenholz. *Schweiz Z Forstwes* 159(6): 114-119.
- Gustafsson, J., Larsson, S., Nordh, N. (2007) Manual för salixodlare. - <http://www.bioenergiportalen.se/attachments/42/406.pdf>.
- von Harling, H.M., Viessmann, F. (2009) Die Holzfelder der Fa. Viessmann - 3 Jahre KUP-Praxis. Proceeding of „The Institute for Applied Material Flow Management (IfaS)“, http://www.stoffstrom.org/fileadmin/userdaten/bilder/Veranstaltungen/Biomasse/Harling_KUP_Praxis_Biom-Tag_Birkenfeld_5-11-09-1.pdf.
- Hiegl, W., Rutz, D., Janssen, R. (2011) Information Material Module Biomass. - Training material of the Install+RES Project, Updated Version 2011; WIP Renewable Energies; <http://www.resinstaller.eu/en/training-material>.
- Indriksons, A. (2006) Baltalksnis kā suga – botāniskais apraksts. - *Baltalksnis Latvijā*. LVMI Silava, 8.-18. lpp.; Latvia.
- ISO (2014): ISO 17225-4:2014(en) Solid biofuels – Fuel specifications and classes – Part 4: Graded woodchips <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:17225:-4:ed-1:v1:en> [piekļuve: 29.08.2014.]
- JTI (2014) Inför plantering av energiskog Lokalisering, samråd och investeringsstöd JTI:s skriftserie 2014:1 (zviēdru valodā).
- Kofman, P.D. (2012) Harvesting short rotation coppice willow. - CONFORD; Harvesting / Transport No. 2; Dublin, Ireland; http://www.woodenergy.ie/media/coford/content/publications/proiectreports/cofordconnects/HAR29_LR.PDF [piekļuve: 21.07.2014.]
- Kaufmann, F., Lamond, G., Lange, M., Schaub, J., Siebert, C., Sprenger, T. (bez datuma) Benwood – Short Rotation Forestry in CDM Countries and Europe.
- Kundziņš, A. (1937) Dažu faktoru ietekme uz baltalkšņa (*Alnus incana* Moench) veģetatīvo atjaunošanos. *Latvijas Mežu Pētīšanas Stacijas Raksti*. MDI, Rīga, 40 lpp; Latvia.
- Landgraf, D., Setzer, F. (2012) Kurzumtriebsplantagen: Holz vom Acker – So geht's. - DLG Verlag, Frankfurt am Main, Germany.
- Lazdiņa, D., Daugaviete, M. (2010) Short rotation woody energy crops in Latvia. - Collection of abstracts of 5th International Scientific Conference „Students on their way to science”, Jelgava, 2010: 30-40; Latvia.
- Liebhart, P. (2007) Energieholz im Kurzumtrieb: Rohstoff der Zukunft. - Leopold Stocker Verlag, Graz, Austria.
- Liepiņš, K., Liepiņš, J. (2010) Baltalkšņa (*Alnus incana* L. (Moench)) un melnalkšņa (*Alnus glutinosa* L.) ietvarstādu augšanas rādītāji stādījumā lauksaimniecības augsnēs. *Mežzinātne* 21(54): 4-15; Latvia.
- Lindegaard, K. (2013) 10 ways to maximise yield from your short rotation coppice (SRC) crop.
- LWF (2012) Bereitstellung von Waldhackschnitzeln. - Merkblatt 10 der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft; Freising, Germany.
- LWF (2011a) Anbau von Energiewäldern. - Merkblatt 19 der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft; Freising, Germany.
- LWF (2011b) Der Energieinhalt von Holz. - Merkblatt 12 der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft; Freising, Germany.

- Rutz, D., Janssen, R., Letsch, H. (2006) Installateurs-Handbuch Biomasseheizanlagen. - EU-IEE EARTH Project; 241 p; WIP Renewable Energies, Munich, Germany; http://www.wip-munich.de/images/stories/6_publications/books/installateurs_handbuch.pdf.
- Rutz, D., Mergner, R., Janssen, R. (2012) Sustainable Heat Use of Biogas Plants – A Handbook. WIP Renewable Energies, Munich, Germany; Handbook elaborated in the framework of the BiogasHeat Project; ISBN 978-3-936338-29-4; tulkots 9 valodās; www.biogasheat.org.
- Rutz, D., Janssen, R., Hofer, A., Helm, P., Rogat, J., Hodes, G., Borch, K., Mittelbach, M., Schober, S., Vos, J., Frederiks, B., Ballesteros, M., Manzanares, P., St James, C., Coelho, S.T., Guardabassi, P., Aroca, G., Riegelhaupt, E., Maser, O., Junquera, M., Nadal, G., Bouille, D. (2008) Biofuels Assessment on Technical Opportunities and Research Needs for Latin America. - Proceedings of the 16th European Biomass Conference and Exhibition: 2661-2669; ISBN 978-88-89407-58-1.
- Sailer Baumschulen GmbH (no date) Ratgeber Energiewald. - <http://www.sailer-baumschulen.de/RatgeberEnergiewald.pdf> [accessed: 13.05.2015]
- SLL (no date) Anbauempfehlungen für schnellwachsende Baumarten. - Fachmaterial Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft; http://www.schnepf-pro-lignum.de/uploads/pdf/Anbauempfehlungen_f%C3%BCr_schnellwachsende_Baumarten.pdf [piek]uve: 09.09.2014.]
- Wald21 (2015) <http://www.wald21.com/energiewald/anbaupraxis.html> [piek]uve: 30.03.2015.]
- Wickham, J., Rice, B., Finnan, J., McConnon, R. (2010) A review of past and current research on short rotation coppice in Ireland and abroad. - COFORD, National Council for Forest Research and Development; <http://www.coford.ie/media/coford/content/publications/proiectreports/SRC.pdf> [piek]uve: 21.07.2014.]
- Verscheure (1998) Energiegehalt von Hackschnitzeln - Überblick und Anleitung zur Bestimmung. - FVA, <http://192.168.0.121:9091/servlet/com.trend.iwss.user.servlet.sendFile?downloadfile=IRS-648385774-E63F29C8-4677-4647-7> [piek]uve: 09.09.2014.]

