

**Koku stumbra formas un sortimentu iznākuma
prognožu noteikšanas, pētījumu programmas
izstrāde**
Gala atskaite

Projekta vadītājs: Dr.silv. Dagnis Dubrovskis

Projekta izpildes grupa:

Ziedonis Sarmulis

Dr. sc.ing. LLU Asoc.profesors

Salvis Daģis

Mg.sc.ing. LLU doktorants

Andis Lazdiņš

*Mg.biol. LVMI „Silava” pētnieks,
LLU doktorants*

Valentīns Lazdāns

*LVMI „Silava” pētnieks,
projektu vadītājs*

Agris Zimelis

Mg.sc.ing. LLU MF asistents

Ingus Šmits

Mg.sc.ing. LLU doktorants

JELGAVA 2011

Saturs

1	Darba uzdevums	3
2	Pētījuma lauku darbu metodika sortimentu iznākuma prognožu noteikšanai no harvestera mērījumiem un LVM ražošanas datiem	3
2.1	Parauglūkumu ierīkošana.....	3
2.1.1	Sortimentu uzmērīšana.....	4
2.1.2	Koksnes vainu vērtēšanas metodika.....	6
2.1.3	Metodika koku biomasas, vainaga un galotnes daļas svēršanai un aprēķināšanai	10
2.1.4	Lauku darbu metodika lietojot zemes skeneri.....	12
2.1.5	Mērījumu veikšanas hronometrāža	12
2.2	Datu apstrādes metodika.....	13
2.2.1	Mērījumu iespējamā kļūdas rašanās.....	13
2.2.2	Stumbra veidules aprēķinu metodika	14
2.2.3	Sortimentu atpazīšana no STM failiem.	22
2.2.4	Koku gāšana un marķēšana.....	24
2.2.5	Koka galotnes daļas mērījumi	25
3	Harvestera darba kvalitātes un mērījumu precizitātes nodrošināšanas metodika	26
3.1	Patreizējās informācijas analīze	27
3.2	Metodiskie paņēmieni harvestera darba kvalitātes un kokmateriālu mērījumu precizitātes nodrošināšanai.....	27
4	Projekta plānotās izmaksas.....	28
5	Secinājumi.....	32

1 Darba uzdevums

Sagatavot „Sortimentu iznākuma prognožu noteikšana no harvestera mērījumiem un LVM ražošanas datiem” pētījuma programmu, kas satur pētījuma metodiku, pētījuma apjomu, pētījuma informācijas avotus, to apjomus, datu apstrādi, ieteikumus pētījuma ilgumam, tā daļām, darba uzdevumiem. Tā ietvaros:

- noteikt iepriekš veikto harvestra mērījumu piemērotību pētījumam;
- izdarīt paraugmērījumus metodikas aprobēšanai mērījumiem ar harvestru 5 parauglaukumos, pa 25 praugkokiem katrā parauglaukumā;
- atskaišu sanāksmes par darba uzdevumu izpildi sasaukt pēc Pasūtītāja ierosinājuma reizi mēnesī.

2 Pētījuma lauku darbu metodika sortimentu iznākuma prognožu noteikšanai no harvestera mērījumiem un LVM ražošanas datiem

Stumbra veidules vienādojuma sastādīšanai par pamatu tiek ņemti mērījumi no hārvestera datu bāzes, kur tiek fiksēts katra koka sortimentu daļas kopgarums un to caurmēra sadalījums ik pa 10 cm. Harvestera datu bāzē nav informācijas par koku nozāgēšanas augstumu, kā arī par stumbra galotnes daļām. Lai iegūtu šos datus un salīdzinātu atšķirības starp harvestera stumbra faila „STM” mērījuma datus un ar dastmēru pārmērītos sagatavotos sortimentus un uzmērītu koku galotnes daļas, tiek veikta paraugkoku izvēle un to uzmērīšana.

2.1 Parauglaukumu ierīkošana

Pētniecībai izvēlētajās cismās pēc pameža izstrādes nepieciešams iezīmēt tehnoloģiskos koridorus. Koridoru savlaicīga iezīmēšana nepieciešama, lai izvēlētie paraugkoki neatrastos uz pievešanas ceļiem un netraucētu mežizstrādes procesu. Pēc iepriekšējo lauku darbu pētījumiem novērots, ka paraugkoku skaitu nepieciešams palielināt par aptuveni 10%, jo mežizstrādes procesā, operatoriem kokus gāžot un pievelkot, rodas bojājumi izvēlētajiem izpētes kokiem.

Paraugkoki viens no otra jāizvēlas tādā attālumā, lai no tiem sagatavotos sortimentus un ciršanas atliekas būtu iespējams novietot atsevišķi no citu koku sortimentiem. Lai labāk ievērotu paraugkoku nejaušas izvēles principu, jāizmanto randomizētu skaitļu rinda. Piemēram, ja starp 10 kokiem viens jāizvēlas kā paraugkoks, tad ar randomizācijas funkcijas palīdzību to izvēlas no pirmā veselo skaitļu desmita. Tādējādi var iegūt, ka cismā kā paraugkoki jāizvēlas (ja pavisam vajadzīgi 125 paraugkoki un visus kokus skaita pēc kārtas pa izstrādes slejām):

7., 15., 26., 31., 49., 53., 66., 77., 89., 97., 107., 119.,
122., 139., 144., 159., 165., 171., 183., 192., 203., 213., 230.,
239., 246., 252., 266., 277., 285., 296., 306., 312., 329., 335.,
344., 358., 365., 373., 388., 394., 410., 418., 421., 439., 441.,
457., 468., 471., 486., 500., 502., 514., 528., 536., 547., 556.,
564., 574., 586., 596., 606., 620., 628., 633., 650., 657., 670.,

672., 690., 693., 707., 711., 726., 736., 750., 759., 763., 778.,
 782., 796., 805., 819., 824., 839., 848., 853., 868., 876., 890.,
 896., 907., 915., 927., 934., 950., 958., 969., 978., 982., 999.,
 1006., 1014., 1025., 1038., 1044., 1053., 1063., 1079., 1089., 1099., 1101.,
 1113., 1124., 1137., 1146., 1154., 1161., 1171., 1188., 1198., 1201., 1212.,
 1226., 1240., 1247.

Paraugkoki savstarpējais attālums nedrīkst būt mazāks par divu koku garumu. Tas paredzēts, lai harvestera operators vieglāk varētu plānot savu darbu un paredzēt „kabatas”, kurās būtu iespējams novietot šo koku sortimentus, nelikvīdus, galotni un zarus.

Paraugkoki jānumurē ar no attāluma skaidri saskatāmām numura zīmēm, lai harvestera operators zinātu, ka šie koki ir jāizstrādā atsevišķi un ar pētnieciskā personāla līdzdalību.

Iegūtā informācija par paraugkoku caurmēru pie sakņu kakla un krūšu augstumā tiek ierakstīta uzskaites žurnāla tabulā (skatīt 2.1.tabulu).

2.1.tabula

Paraugkoku raksturojošie caurmērs un atrašanās vieta.

Koka Nr.	Suga	Caurmērs augstumā, (cm)	1,3m	Sakņu kakla caurmērs, (cm)	GPS koordinātes

Paraugkoku izstrāde ir veicama tikai pēc koku vainu novērtēšanas un to uzmērīšanas (nepieciešamais laiks 10 koku novērtēšanai ir 60 min. Šo darbu ir iespējams veikt paralēli ar mežizstrādi, ievērojot drošības noteikumus, tādejādi samazinot harvestera iespējamo dīkstāvi).

Paraugkoku atrašanai, to marķēšanai nepieciešamais laiks sastāda 18 minūtes uz koku. Bez tam ir nepieciešams sagatavošanās laiks, t.i., tehnoloģisko koridoru iezīmēšana, kam nepieciešamas 3 h ha⁻¹.

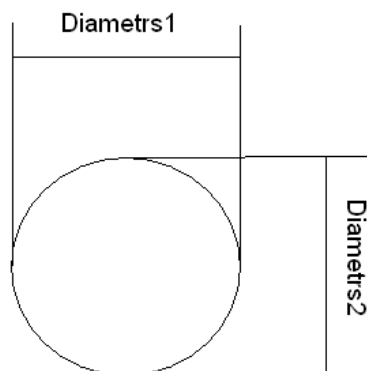
Koku nogāžot ir nepieciešams atzīmēt tā celma atrašanās vietu cīrsmā, kā arī nepieciešams atzīmēt koka vainaga atrašanās vietu. Kopējais patērētais laiks šo darbu veikšanai sastāda 11 min uz vienu koku.

2.1.1 Sortimentu uzmērīšana

Sortimentu uzmērīšanai nepieciešams elektroniskais dastmērs. Tas izskaidrojams ar cilvēku skaita optimizāciju kā arī ar iegūto datu ticamību un „neatkarību” no laika apstākļiem. Elektroniskais dastmērs nodrošina pietiekoši augstu precizitāti, pie kam ir izslēgta iespēja, ka mērījuma kļūda varētu rasties dēļ tehnikas nolietojuma, kā tas ir ar rokas dastmēru. Nepieciešamības gadījumā pastāv iespēja mērījuma rezultātus salīdzināt ar kalibrēšanas rezultātiem, ja tie tiktu veikti.

Sortimentiem parasti nav apaļa, bet gan ovāla forma, kā rezultātā ir nepieciešamas veikt divus mērījumus un tad aprēķināt vidējo aritmētisko lielumu (skatīt 2.1.attēlu). Tādejādi tiek panākts, ka mērījumu kļūda ir mazāka, jo abu mērījumu vidējais aritmētiskais rezultāts ir tuvāks katram uzmērītajam caurmēram. Savukārt, lai noskaidrotu ar dastmēru veikto mērījumu precizitāti, pēc nejaušības principa tiek veikti mērījumi ar lentu, jo tai ir lielāks saskares laukums, kas nodrošina augstāku ticamību.. Iegūtie mērījumi tiek savstarpēji salīdzināti. Šiem rezultātiem būtu jābūt

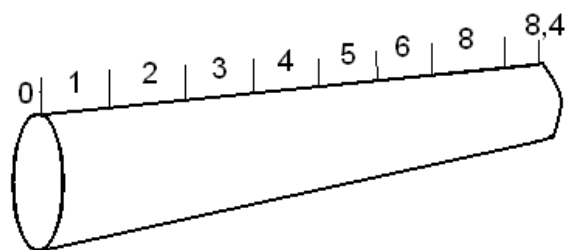
vienādiem vai tuvu līdzīgiem. Atšķirība pieļaujama mērījuma nolasīšanas kļūdas apmērā. Šos mērījumus ar lentu veic resgalim un tievgalim 10 cm no sortimenta gala, ja tur nav zaru, vai citu izaugumu vai nošķēlumu.



2.1.att. Sortimenta caurmēra mērīšana

Lai nodrošinātu nepastrīdamu uzmērītā sortimenta garumu un līdz ar to arī mērījumus, kuri tiek mērīti ik pa 10 cm, lauku darbos tiek izmantotas sertificētas (kalibrētas) mērlentes. Dastmēra precizitāte tiek pārbaudīta pirms katra koka mērīšanas ar tam paredzētiem instrumentiem un procedūru, kuru nosaka tehnikas ražotājs.

Sortimentus sāk mērīt secībā, kādā tie atrodas uz zemes. Sortimentam novelk metāla lentu visā tā garumā, lai būtu skaidri redzams un nolasāms mērījums. Novilktaī lentai jābūt vienmērīgi nostieptai un novietotai taisnā virzienā pa sortimenta ass iedomātu līniju. Sortimentu pirmo mērījumu sāk pie atzīmes „0”, tādejādi uzmērot resgaļa caurmēru un to atzīmējot kā sākumu vai izejas punktu „0”. Pēc tam tiek veikti mērījumi ik pa 10cm, šo attālumu nosakot ar precizitāti +/- 1 cm. Ja sortimentam ir zars, kurš iekrīt mērījuma vietā, tad ir jāveic mērījums vienādos attālumos pirms zara un pēc zara. Tālāk jāturpina mērījumi ik pa 10 cm. Sortimentam pēdējais mērījums ir tā galā, un tas parāda sortimenta pilnu garumu (skatīt 2.2.attēlu).



2.2.att. Sortimenta garuma mērījumi

Lauku darbu mērījumi tiek apkopoti *Excel* formā, kurā izveidota paraugveidlapa, lai būtu iespējams fiksēt mērījuma rezultātus (skatīt 2.2.tabulu).

2.2.tabula

Paraugkoku izmēri

Koka Nr.	Suga	Caurmērs 1, (cm)	Caurmērs 2, (cm)	Garums, dm	Koka daļas nosaukums

Datu iegūšanai no dastmēra tiek izmantots datu kabelis, kurš savienots ar datoru caur COM portu, un tiek izmatota datora programma „Masser Developer”, kura paredzēta datu eksportam un importam no dastmēra.

Sortimentu mērījumiem pievieno arī pēc atzarošanas uzmērīto koka galotnes daļu.

Minimāli pieļaujamā paraugkoku skaita izvēlē metodika pamatojas uz to, ka harvestera uzmērītie dati ir ticami un būtiski neatšķiras no patiesajiem. Tāpēc netiek paredzēta šāda veida uzmērīšanas ilgstoša veikšana, bet tiek rekomendēts to veikt galvenokārt kopā ar harvestera galvas kalibrēšanu. Iegūtos datus var izmantot pētnieciskajos nolūkos.

Paraugkoku marķēšana - paraugkoki tiek marķēti ar viļņveida līniju sarkanā vai zilā krāsā. Uz paraugkokiem uzrakstīts tā kārtas numurs. Šāda veida koku iezīmēšana atvieglo cirsmu izstrādātājiem darba procesu, jo nav nepieciešama papildus uzmanība šo koku atrašanai un uzraudzībai.

2.1.2 Koksnes vainu vērtēšanas metodika

Pētījumu uzdevuma punktā nr. 2 paredzēta apaļo kokmateriālu sortimentu iznākuma prognozēšanas izpētes metodikas izstrāde, apakšpunktā nr. 2.1 norādot uz to, ka starp sortimentu struktūru ietekmējošiem faktoriem jāietver dažādas koksnes vainas. Tā kā harvestera borta datorā fiksētā informācija par kokmateriālu sagatavošanas procesu nesatur pietiekami konkrētas ziņas par operatora konstatētajām koksnes vainām, kuras ir bijušas par iemeslu stumbra sagarumošanas shēmas maiņai atbilstoši faktiskajai apstrādājamā kokmateriāla kvalitātei, tad no harvestera darba failiem nav iespējams tiešā veidā spriest par koksnes vainu ietekmi uz sortimentu iznākumu. Tas nozīmē, ka ir jāanalizē ar šo tematu saistītā, pašlaik pieejamā informācija un jāmeklē kādi īpaši paņēmieni tam, kā uz harvestera datiem balstītā sortimentu struktūras prognozē ievērtēt iespējamo koksnes vainu ietekmi.

2.1.2.1 Pašreizējās informācijas analīze

Pašlaik pieejamo informāciju var iedalīt vispārpieejamā, ko var iegūt no nozares speciālās literatūras, nozares periodiskiem izdevumiem, interneta u.tml., un ierobežotas piekļuves informācijas avotos, kas ir tikai LVM rīcībā un paredzēta attiecīgajiem LVM nodarbinātajiem. Lai iegūtu izpratni par koka stumbra sagarumošanas vadības pamatprincipiem, jebkurš interesents vispārpieejamos izziņas avotos var noskaidrot, ka mūsdienu harvesteros apaļo kokmateriālu sagatavošanai katra atsevišķa stumbra sadalīšana pa dažādiem apaļo kokmateriālu sortimentiem notiek pusautomātiskā režīmā. Tas nozīmē, ka, pamatojoties uz harvestera borta datorā jau pirms cirsmas izstrādes uzsākšanas ievadītiem nosacījumiem un vienlaicīgi ņemot vērā apstrādājamā stumbra raksturojumu, sagarumošanas vadības programma automātiski izvēlas optimālo sortimentu un, pārvietojot stumbru caur tā apstrādes tehnoloģisko mezglu, nonāk paredzētā zāgējuma vietā, harvestera operatoram ļaujot tikai izšķirties par to, vai viņš piekrīt automātiski izdarītajai izvēlei. Minētais raksturojums ietver koka sugu, kas ir jāievada operatoram pirms stumbra apstrādes uzsākšanas, attālumu no iepriekšējās zāgējuma vietas un stumbra caurmēru sortimenta nogriešanai paredzētajā zāgējuma vietā. Kā garuma, tā caurmēra skaitliskos lielumus iegūst, automātiskā režīmā pastāvīgi mērot stumbra caurmēru un apstrādes tehnoloģiskā mezgla pārvietošanās attālumu gar stumbru. Optimālā sortimenta izvēli iespējams pamatot ar dažādiem kritērijiem, bet parasti tie ir cena, sagatavošanas saimnieciskā prioritāte un izmēri. Attāluma mērīšanu sākot no stumbra resgaļa griezuma vietas un arī caurmēra mērīšanu uzsākot jau pirmajā stumbra garuma metrā, pastāvīgi tiek prognozēti iespējamie sortimenta izmēri stumbra tālākajā daļā un, ja tie ir noteiktiem sortimenta izmēriem atbilstoši, tad galīgai izvēlei vērā tiek ņemta cena un saimnieciskā prioritāte. Ja stumbra

apstrādes laikā operators saskata koksnes vainas, kuras automātisko izvēli var padarīt par attiecīgā sortimenta kvalitātei neatbilstošu, tad viņš ievada atbilstošu labojumu, piemēram, zāģbaļķa vietā liekot izvēlēties papīrmalku. No tā jāsecina, ka koksnes vainu ievērtēšana stumbru sagarumošanā ar harvesteru galvenokārt ir atkarīga no operatora zināšanām, pieredzes, redzamību ietekmējošiem u.tml. apstākļiem.

Šā pētījuma sākuma posmā intervijās ar LVM speciālistiem un no viņu sniegtajiem ierobežotas piekļuves informācijas avotiem konstatēts, ka stumbru sagarumošanas principi LVM ir doti īpašā dokumentā „Sortimentu ražošanas uzdevuma apraksts un stumbra tilpuma noteikšana ar harvesteru” (09.03.2010.). Šajā dokumentā aprakstīts sagarumošanas fails (APT), optimizēšanas procedūra, stumbra sagarumošanas uzdevums un norādīts, ka sortimentu sagatavošana mežā ar harvesteru jāveic atbilstoši iepriekš noteiktajām sortimentu kvalitātes prasībām. Kokmateriālu kvalitātes prasības sakoptas dokumentā „Kokmateriālu kvalitātes apraksts” (AS Latvijas valsts meži, Apaļkoksnes piegādes) un 7 tabulās dokumentā „Apaļo kokmateriālu sortimentu kvalitātes apraksts”. Lai stumbru apstrādes laikā harvestera operators varētu pamatoti ņemt vērā koksnes vainas, viņam ir labi jāpārzina minētajos dokumentos norādītās kokmateriālu kvalitātes prasības, jāmek identificēt vainas, apstrādājamo stumbru redzot tikai no savas darba vietas harvestera kabīnē, jāspēj novērtēt saskatīto vainu apmērus. Lēmums operatoram jāpieņem nekavējoši, jo vilcināšanās samazina harvestera ražīgumu. Tā kā kļūdaina lēmuma gadījumā radies brāķis rada uzņēmumam lielākus zaudējumus nekā tādu sortimentu sagatavošana, kuriem kvalitātes prasības ir zemākas nekā apstrādājamo kokmateriālu faktiskā kvalitāte, tad šaubu gadījumos operators drīzāk izšķiras par lēmumu, kurā attiecīgā kokmateriāla kvalitāte ir novērtēta zemāka nekā faktiskā, bet ne pretējā veidā. Šā pētījuma izpildītāju rīcībā šobrīd nav informācijas par kādiem veiktiem pētījumiem, cik lielā mērā izpaužas atšķirības starp kokmateriālu objektīvi pastāvošo kvalitāti un novērtējumu ražošanas gaitā nepieciešamo lēmumu pieņemšanai, tāpēc no kokmateriālu ražošanas efektivitātes paaugstināšanas un koksnes racionālas izmantošanas viedokļa varētu būt lietderīgi apsvērt iespēju izpēti organizēšanai arī šajā virzienā. Zinot, ka kokmateriālu kvalitātes vērtēšanā galīgais lēmums tiek pieņemts, pamatojoties uz to koksnes vainu, kuras negatīvā ietekme ir vislielākā, harvestera operatora uzdevuma izpilde koksnes vainu vērtēšanā nav gluži tik sarežģīta, kā tas varētu likties no tikko iepriekš aprakstītā. Operatoram nebūt nav jānovērtē pilnībā visas attiecīgā kokmateriāla vainas, bet jāprot saskatīt un izdarīt spriedumu par to vainu, kura ir izšķiroša konkrētajam kokmateriālam. No tā jāsecina, ka koksnes vainu ietekmes pētījumos uz sortimentu iznākumu kritiskajiem vainu lielumiem jāpievērš īpaša uzmanība. Savukārt, bez ievēribas nedrīkst atstāt tādas vainas, kuras operatoram no savas kabīnes nav saskatāmas, bet kuras var būt par iemeslu brāķim, piemēram, trupējušu zaru gadījumā.

2.1.2.2 Koksnes vainu vērtēšanas metodiskie paņēmieni to ietekmes noskaidrošanai uz sortimentu iznākumu

Koksnes vainu ietekme uz sortimentu iznākumu kokmateriālu sagatavošanā ar harvesteru būtu viegli nosakāma, ja būtu zināms paņēmieni precīzas informācijas noskaidrošanai par vainu iespējamību, ņemot vērā arī vainu apmērus un atrašanās vietu attiecībā pret stumbra garenasi. Izmantojot kokmateriālu kvalitātes prasību aprakstus, katras vainas kritiskā apmēra lielumus priekš visiem sortimentiem var apkopot tabulā (skat. paraugu 2.3.tabulā). Zinot varbūtības lielumu, ar kādu noteiktā stumbra vietā pret stumbra garenasi j -tā koksnes vaina pārsniedz i -tā sortimenta kritisko apmēru k_{ij} , var noteikt, cik lielā daļā no kopējo gadījumu skaita šis sortiments nebūs iespējams.

Lielākās grūtības šāda paņēmiena izmantošanai paredzamas pietiekami precīzai koksnes vainu sastopamības noteikšanai, jo novērojumu rezultātu skaitlisko lielumu izkliede daudzveidīgo faktoru ietekmē sagaidāma ļoti liela. Paņēmiens tomēr nav uzreiz izslēdzams no tālākas pārbaudes, veicot vismaz nedaudzus novērojumus, lai konstatētu varbūtību lielumus dažām visvairāk izplatītām koksnes vainām.

2.3.tabula

Koksnes vainu kritisko robežu (k_{ij}) tabulas paraugs

(n – sortimentu skaits; m – koksnes vainu skaits)

Sortimenti	Koksnes vainas			
	1	2	...	m
1	$k_{1,1}$	$k_{1,2}$...	$k_{1,m}$
2	$k_{2,1}$	$k_{2,1}$...	$k_{2,1}$
...
n	$k_{n,1}$	$k_{n,2}$...	$k_{n,m}$

Ja pētījuma uzdevumā nebūtu norādīta nepieciešamība noteikt tieši koksnes vainu ietekmi, uzmanību pirmā kārtā varētu pievērst sortimentu iznākuma prognozēšanas paņēmienam, meklējot savstarpējas sakarības starp izcirsto audžu raksturojumu un iegūto sortimentu struktūru, izmantojot tikai harvesteru darbu raksturojošos datus, sākot ar darba uzdevumu, un pilnībā iztiekot bez lauka datu ievākšanas. Lai gan nav sagaidāms, ka šis paņēmiens varētu dot rezultātus ar sevišķi augstu precizitāti, tomēr šā pētījuma ietvaros vajadzētu pārbaudīt šādu sakarību ciešumu, lai varētu spriest par varbūtējas izmantošanas lietderību tādos gadījumos, kad netiek prasīta sasaiste ar koksnes vainām.

Šā pētījuma ietvaros ieteicams pārbaudīt arī saistību starp teorētiski iegūstama, t.i., tikai no stumbra izmēriem atkarīga, varētu pat teikt – ideāla, sortimentu iznākuma raksturojumu un faktisko, harvesteru darba failos uzrādīto sortimentu iznākumu. Ideālo sortimentu iznākumu iespējams iegūt, sagatavojot virtuālus, attiecīgajā cirsma izstrādāto koku modeļus, pamatojoties uz harvesteru fiksētajām stumbra caurmēra izmaiņām virzienā no resgaļa uz galotni. Starp abiem minētajiem sortimentu iznākumiem pastāvošo atšķirību cēlonis ir dažādu faktoru kopums, starp kuriem nozīmīgu vietu ieņem arī koksnes vainas.

Objektīvai sortimentu iznākuma vērtēšanai noderīga, bet grūti realizējama ir atšķirību apmēra un iemeslu noteikšana starp faktiski iegūto sortimentu iznākumu, ko bez problēmām var iegūt no harvesteru darba failiem, un starp tādu sortimentu iznākumu, kurš būtu iegūts, precīzi novērtējot katra apstrādātā stumbra reāli pastāvošo kvalitāti. Pirms stumbra apstrādes, kamēr koks vēl aug, labāk iespējams spriest tikai par ārējām koksnes vainām stumbra lejas daļā. Tuvāk galotnei ārējas vainas ir grūti konstatēt, bet tādas iekšējās vainas, kuras varētu atklāties sagarumošanas laikā, vispār paliek nepamanītas. Savukārt, pēc tam, kad harvesteri ir beidzis stumbra apstrādi, sortimenti jau ir novietoti atbilstoši cirsmas izstrādes tehnoloģijas prasībām, bet to tūlītēja vērtēšana nav pieļaujama, jo traucē harvesteru tālāko darbu. Īpaši organizēts eksperiments, nodrošinot pētniekiem iespēju tūlītējai no stumbra sagatavoto apaļo kokmateriālu vērtēšanai, var nedot objektīvu rezultātu,

jo operators nestrādā normālā darba režīmā. Jārēķinās arī ar to, ka tāds eksperiments, harvesteram nestrādājot ar pilnu slodzi, var būt visai dārgs izmaksu ziņā. No dažādiem viedokļiem labāks varētu būt paņēmiens, paredzot visu salīdzināšanai izraudzīto koku stumbru iepriekšēju marķēšanu, visdrīzāk numurēšanu, ar tādu pašu marķējumu apzīmējot katru no attiecīgā stumbra sagatavoto sortimentu. Kā marķēšana, tā vēlāk sekojoša sagatavoto sortimentu vērtēšana kā pēc izmēriem, tā kvalitātes jāveic tā, lai harvesters varētu strādāt normālā darba režīmā. Jācenšas panākt, lai harvestera operatora rīcība iespējami mazāk atšķirtos no ikdienas ražošanas uzdevumu izpildes.

Šā pētījuma turpmākajā gaitā jāveic visu tikko iepriekš ideju līmenī minēto koksnes vainu (vai dažādu faktoru kopuma) ietekmes novērtēšanas paņēmieni pārbaude un salīdzināšana, lai no tiem varētu izvēlēties (vai kombinēt citu atšķirīgu) sortimentu iznākuma prognozēšanai noderīgu paņēmieni.

2.1.2.3 Paraugkoku ārējo koksnes vainu vērtēšana

Atsevišķam kokam kvalitatīvas koksnes zaudējums (par kvalitatīvu uzskatāma attiecīgajai koku sugai raksturīga koksne vērtēšanai izraudzītajā stumbra daļā), izteikts procentos no visa stumbra tilpuma, ir samērā vienkārši nosakāms. Vērtētājam labi jāpazīst koksnes vainas un jāzina, pie cik liela vainas apmēra tās klātbūtne jau kļūst par iemeslu tam, ka no vērtējamās stumbra daļas vairs nevar iegūt tai raksturīgos apaļo kokmateriālu sortimentus, bet ir iespējami tikai sortimenti ar zemākām kvalitātes prasībām. Ja koka stumbra vērtēšanā kvalitāti būtiski ietekmējošā vaina tiek konstatēta, tad tālākā rīcība kvalitatīvas koksnes relatīvā apjoma zaudējuma (tālāk tekstā to saīsināti apzīmējot ar KKRZ) noteikšanai ir sekojoša:

1) jānosaka negatīvi ietekmētās stumbra daļas sākuma un beigu relatīvais attālums no stumbra resgaļa griezuma plaknes, procentos, visu stumbra garumu pielīdzinot 100% (skat. 2.3.att.);

2) no tabulas, kurā dažādām koku sugām dots stumbra relatīvā tilpuma lielums, procentos no visa stumbra tilpuma, jebkuram relatīvajam attālumam no stumbra resgaļa griezuma vietas, jāatrod attiecīgie relatīvā tilpuma lielumi konstatētās koksnes vainas ietekmētās stumbra daļas sākumā (V_a) un beigās (V_b);

3) KKRZ (formulā 2.1. apzīmēts ar $Z_{v\%}$) aprēķina kā starpību starp stumbra tilpumu līdz ietekmētās daļas beigām un stumbra tilpumu līdz šīs daļas sākumam:

$$Z_{v\%} = V_{b\%} - V_{s\%} \quad (2.1.)$$

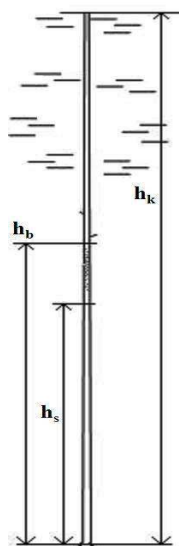
Lai $Z_{v\%}$ noteiktu koku grupai (visai cirsmā kopā, katras koku sugas kokiem kopā cirsmā, vienas koku sugas kokiem vienā krūšaugstuma caurmēra pakāpē kopā cirsmā, viena parauglaukuma kokiem kopā u.tml.), tad papildus jāzina visu koku tilpumi (sk. formulu 2.2.):

$$Z_{v\%} = \left(\sum_{i=1}^n (Z_{v\%i} * V_i) \right) * \left(\sum_{i=1}^n V_i \right)^{-1} \quad (2.2.)$$

kur $Z_{v\%i}$ – i-tā koka KKRZ, %;

V_i – i-tā koka tilpums, m³;

n – koku skaits vērtēšanas grupā.



2.3.att. Koka stumbra daļa ar koksnes vainas izraisītu pazeminātu kvalitāti:
 h_s – ietekmētās daļas sākums; h_b – ietekmētās daļas beigas; h_k – koka augstums.

Cirsmas kopējā KKRZ noteikšanas darbietilpību var samazināt, izvēloties visas cirsmas kokus reprezentējošus parauglaukumus. Šajos parauglaukumos kvalitāte jānovērtē un tilpums jānosaka katram kokam. Pēc tam KKRZ var aprēķināt katram parauglaukumam atsevišķi un pa visiem parauglaukumiem kopā. Ar matemātiskās statistikas metodēm novērtējot atšķirības starp vienā cirmā iekārtotajos parauglaukumos aprēķinātajiem KKRZ skaitliskajiem lielumiem, var konstatēt šo rādītāju atbilstības pakāpi attiecībā pret visas cirsmas vidējiem lielumiem.

Lauka darbi KKRZ noteikšanai jāuzsāk ar mežizstrādei paredzēto nogabalu apsekošanu dabā, lai iegūtu nepārprotamu priekšstatu par to atrašanās vietu, robežām, koku izvietojuma vienmērīgumu, audzes sugu sastāvu, koku izmēru un ārēji saskatāmo vainu viendabīgumu. Koka vērtēšanas laikā ir jānosaka tā suga, krūšaugstuma caurmērs (mērot divos savstarpēji perpendikulāros virzienos ar dastmēru vai izmantojot mērlenti apkārtmēra mērīšanai), koka augstums, tās koksnes vainas, kuras var pazemināt no attiecīgās stumbra daļas sagatavojamo kokmateriālu kvalitāti. Minētajām koksnes vainām norāda izmērus un novietojumu koka augstuma virzienā, datu pierakstos atzīmējot ar koksnes vainu ietekmētās stumbra daļas sākumu un beigas koka augstuma virzienā. Ja koks ir pilnīgi nokaltis (vai satrupējis), to klasificē kā pilnībā bojātu atšķirībā no daļēji bojātiem, kuriem koksnes vainas pazemina kvalitāti atsevišķās stumbra vietās.

Strādājot kopā 2 (vai pat vairākiem) vērtētājiem, datus ieraksta iepriekš sagatavotā veidlapā vai lauka darbiem piemērotā elektroniskā datu uzkrāšanas ierīcē. Pēdējam no minētajiem paņēmieniem ir priekšrocība, ka nav nepieciešams samērā ilgs papildus laiks kamerālo darbu sākumā, datus ar roku ievadot datu apstrādei paredzētajā datorā. Ja vērtēšanu veic viens cilvēks, tad visērtāk datu tūlītējam pierakstam izmantot diktofonu. Šajā gadījumā automātiski tiek fiksēts arī vērtēšanas ilgums. Šādam paņēmienam trūkums ir ilga laiks, kāds jātērē, lai diktoфона ierakstus noklausītos un datus ievadītu to apstrādei paredzētajā datorā.

2.1.3 Metodika koku biomasas, vainaga un galotnes daļas svēršanai un aprēķināšanai

Informācija par precizētu biomasas apjoma noteikšanu papildus tiek iegūta no LVM ražošanas datiem, kuri sevī ietver:

- Sortimentu iznākumu

- Faktiski piegādāto biokurināmā apjomu tilpuma mērvienībās

Biomasa noteikšanai izmanto 30 katras sugas kokus, kas pārstāv dažādas koku dimensijas. Darba apjoma aprēķinos pieņemts, ka kopumā biomasu uz lauka svērs 90 katras sugas kokiem, t.i. 720 kokiem kopā, ja apsekojumā iekļauj 8 sugas. Katrā cirsnā vidēji nosvērs 10 koku biomasu, attiecīgi, katrai sugai uzmērīšanu veiks 10 cirsnās (kopā 80 cirsnas). Koksnes mitruma, blīvuma un oglekļa satura (sadedšanas siltuma) noteikšanai katrā cirsnā izvēlēsies 3 kokus, kas raksturo attiecīgās sugas lielāko, vidējo un mazāko dimensiju valdošās sugas kokus. Kopā katrai sugai laboratorijas analīzēm ņems 30 kokus (kopā 240 kokus, ja apsekojumā iekļauj 8 sugas).

No katra koka ievāc līdz 3 paraugus no biokurināmā sagatavošanai novirzītajām koksnes frakcijām (bojātajiem resgaļa atgriezumiem, galotnēm un zariem). Lapotnes, malkas sortimenta un stumbra vidusdaļā izzāģēto atgriezumū biomasas noteikšanai izmantos biomasas vienādojumus, kas tiks izstrādāti Meža nozares kompetences centra pētījuma "Mežsaimniecisko darbību ietekmes uz siltumnīcas efektu izraisošo gāzu bilanci pētījuma programmas izstrāde" ietvaros. Aprēķinos pieņem, ka koksnes blīvums, mitrums un oglekļa saturs virzienā no pamatnes uz galotni mainās lineāri, bet koka tilpums dalās uz pusēm mediānu krustpunktā, t.i. 1/3 attālumā no koka pamatnes (zāģējuma vietas). Balstoties uz šo pašu pieņēmumu, analīzēs nenodala mizu un koksnes frakciju, bet blīvumu, mitrumu un oglekļa saturu nosaka paraugiem ar mizu.

Galotnes biomasas un oglekļa satura noteikšanai no katra paraugkoka ievāc vienu 3 cm biezu galotnes nogriežņa paraugu, ko ņem 1/3 attālumā no galotnes resgaļa. Zaru biomasas un oglekļa satura noteikšanai ņem vienu 20 cm garu zara nogriežni 1/3 attālumā no zara pamatnes, izvēloties vidēja izmēra zaru. Resgaļa atgriezumam sagatavo ap 3 cm biezu ripu no atgriezuma tievā gala. Uz lauka no paraugiem noslauka sniegu un lieko ūdeni, ja paraugu ievākšana notikusi lietus laikā.

Kopā pētījuma ietvaros ievāc 720 paraugus, katrai sugai, attiecīgi, 90 paraugus.

Ievāktos paraugus nogādā laboratorijā 1 dienas laikā un uzglabā vēsumā (4 °C temperatūrā). Ja paraugu nogādāšana uz laboratoriju tūlīt pēc ievākšanas nav iespējama, paraugus var līdz 3 dienas uzglabāt ledusskapī polietilēna maisā.

Laboratorijā ievāktos paraugus apstrādā tā, lai tie būtu ievietojami tilpuma noteikšanas iekārtā (saskalda gabalos) nosver uz analītiskajiem svāriem un nosaka tilpumu. tad visus paraugus žāvē līdz nemainīgai masai žāvskapī 105 °C temperatūrā. Pēc izžāvēšanas visus paraugus vēlreiz nosver uz analītiskajiem svāriem un izrēķina mitruma saturu un blīvumu.

Pēc izžāvēšanas un nosvēšanas visus paraugus sasmalcina dzirnavās un izsijā caur 2 mm sietu. Izsijātajos paraugos 2 atkārtojumos ar elementanalizatoru nosaka kopējā oglekļa saturu.

Darba veikšanai nepieciešams:

1. iekārta paraugu tilpuma noteikšanai;
2. griezējinstrumenti mizas atdalīšanai;
3. žāvskapis ar regulējamu temperatūru;
4. analītiskie svāri;
5. koksnes paraugu smalcināšanas dzirnavas;
6. tērauda siets (∅ 2 mm);
7. oglekļa elementanalizators.

Pēc analizēm polietilēna maisiņos ievietotus koksnes paraugus vismaz 5 gadus uzglabā paraugu arhīvā.

2.1.4 Lauku darbu metodika lietojot zemes skeneri

„Trimble FX” 3D gaismas kūļa lāzerskeners ir ierīce, ar kuras palīdzību ir iespējams veikt empīriskā materiāla iegūvi krājas aprēķināšanai no pameža atbrīvotās tīraudzēs. Iekārtas maksimālais darbības rādiuss, kurā ir iespējams iegūt kvalitatīvu empīrisko materiālu, nav lielāks par 70 m. Tehniskā specifikācija nosaka, ka iekārtu ir iespējams izmantot tikai laika periodā, kad apkārtējās vides temperatūra pārsniedz 0°C un pilnas koka virszemes biomasas noteikšanai ir iespējams izmantot tikai laika periodu pirms lapu plaukšanas un pēc to nobiršanas, resp., agri pavasarī un vēl rudenī.

Lai iekārtas iegūtie rezultāti būtu ticami un ar augstu precizitāti, skenēšanai paredzētā teritorija ir vispirms jāatbrīvo no pameža, kā arī jāpievērš uzmanība tam, lai paaugā esošie koki neietekmētu pamataudzes sastāvā esošo koku skenēšanas procesu. Pameža iztīrīšana galvenās cirtes vecumu sasniegušās audzēs varētu aizņemt aptuveni 10 stundas uz 1ha.

Empīriskā materiāla ieguve ar šo iekārtu ir veicama, strādājot divatā. Ticama empīriskā materiāla iegūšanai, pieņemot, ka audzē ciršanas vecumā ir 700 koki uz 1ha, visu uz 1ha esošo koku noskenēšanai ir nepieciešams veikt skenējumus 10-12 punktos, atkarībā no audzes reljefa un koku izvietojuma, priekš tā patērējot 4-8 stundas (8-16 cilvēkstundas).

Pēc empīriskā materiāla ieguves, no viena ha iegūto datu apstrāde un rezultātu iegūšana (M_{vid} , G_{vid} , H_{vid} u.c.) aizņem 6-8 stundas.

2.1.5 Mērījumu veikšanas hronometrāža

Laika patēriņa dati apkopoti 2.4 tabulā

2.4 tabula

Lauku darbu laika patēriņa tabula

Nosaukums	Nepieciešamais laiks	Cilvēku skaits	Paskaidrojums
Tehnoloģisko koridoru iezīmēšana	3:00 h/ha	2	Ja tas nav izdarīts no izstrādātāju puses.
Paraugkoku sagatavošana - iezīmēšana	0:09 h/koku	1	Koku izvēle un iezīmēšana, kā arī mērījumu veikšana 1,3 m augstumā un sakņu kaklam.
Stumbru vainu vērtēšana	0:09 h/koku	3	Nepieciešamais laiks pirms koku nogāšanas.
Cirsmas izstrāde bez paraugkoku gāšanas	0	0	Līdzdalība nav nepieciešama, ja operators ir apzinājies paraugkokus un paredzējis nepieciešamos platības zaru un sortimentu novietošanai
Paraug koku gāšana, atzarošana, sagarumošana	0:11 h/koku	1	Sortimentu marķēšana un celmu atzīmēšana
Zaru vākšana	1:00 h/koku	1	Ja vienas sugas kokus gāž vienviet un ir zināms nogāzto koku skaits, tad šāda zaru vākšana nebūtu nepieciešama

Sortimentu dastošana	0:14 h/koku	1	Dastošana ar elektronisko dastmēru, celmu daļas, nelikvīdu un galotnes daļa
Palīgdarbi dastošanai	0:40 h/koku	1	Sagatavošanās darbi pirms mērījumu veikšanas (sortimentu pārvietošana, zaru noņemšana u.tt), visu laiku cilvēks nav noslogots līdz to būtu uzliekams papildus darbs zaru vākšana un tad ļoti iespējams tur nevajadzētu paredzēt papildus cilvēku
Zaru svēršana	0:50 h/koku	3	Vidēji patērētais laiks, neņemot vērā koku izmērus.
Datu apstrāde pēc sortimentu dastošanas	0:08 h/koku	1	Datu apkopošana no elektroniskā dastmēra
Datu apstrāde pēc zaru svēršanas	0:20 h/koku	1	
Sortimentu dastošana	0:25 h/koku	2	Dastošana ar parasto dastmēru, 2 cilvēki
Sortimentu dastošana	1:30 h/koku	1	Dastošana ar parasto dastmēru, 1 cilvēks
Dastošanas datu ievadīšana datorā	1:25 h/koku	1	Datu ievadīšana pēc dastošanas ar parasto dastmēru
Zaru svēršana JA notiktu ar auto svariem	1:00 h/forvardera kravu	2	Zaru svēršanas procesā, ja tiks izmantoti auto svaru, tad nebūs nepieciešams zaru vākšana, kā arī to marķēšana.

Proгноzes par datu apstrādi:

Iespējamai nepieciešamais laiks datu ilglaicīgai apstrādei un analīzei.

legūto datu analīze no Dastmēra	0:30 h/koku	3	Sortimentiem, stumbra veidulei, enerģētiskās koksnes aprēķiniem no sortimentu iznākuma
legūto datu analīze no svēršanas	0:30 h/koku	2	Enerģētiskās koksnes aprēķiniem un to prognozēšanai
Datu apstrāde no auto svariem (provizoriski)	0:20 h/koku	1	Datu apstrādes patiesais laiks patēriņš nav precīzi zināms

2.2 Datu apstrādes metodika

2.2.1 Mērījumu iespējamā kļūdas rašanās.

Mērījumi tiek veikti ar elektronisko dastmēru un mērlentes palīdzību. Mērījumu precizitāte koku garumu mērīšanā ir +/- 1 cm, caurmēra precizitāte līdz 1 mm lauku darbu mērījumos, kur kļūdas lielākoties rodas sortimentu mērījumos. Šādi mērījumi turpmāk nebūs jāveic, jo tālākiem pētījumiem tiks izmantota harvestera sniegtā informācija. Uzmērot celmu un galotnes daļu šī mērījumu kļūda sastāda tikai instrumenta pieļaujamo kļūdu. Uzmērot celmu, tam tiek noteikts augstums, kuru sāk mērīt no zemes virskārtas, tas ir no augsnes cietā slāņa, kuram virsū nav sūnas, ķērpji, vai lapas. Līdz ar to uzmērīšanas precizitāte ir augsta.

Uzmērot nelikvīdus, tiem ir jāatrodas novietotiem pie celma (aprakstīts harvesteru operatoru instrukcijā). Šādu nelikvīdu nogriežņi nav lieli, tos ir iespējams pārvietot, lai veiktu precīzu

uzmērīšanu. Nākamais mērāmais objekts ir koka galotne. Lai precīzi uzmērītu tās garumu un caurmēru pēc katriem 50 cm, ir nepieciešams veikt tās atzarošanu. Galotnes beigu daļā pēdējie mērījumi tiek veikti blīvāk, ik pēc 20 cm, ja galotne strauji maina caurmēru vai ir līkumaina. Ja kokam ir divas galotnes, tad mērījumiem tiek izvēlēta tikai viena, kura tiks uzmērīta. Vairumā gadījumu tā būs galotne, kura ir garākā.

Neprecizitātes vai citus nestandarta gadījumus, kad veiktie mērījumi būtiski atšķiras no pārējo mērījumu kopuma, ir nepieciešams izslēgt ar matemātiskām metodēm kā, piemēram, datu brāķēšanu.

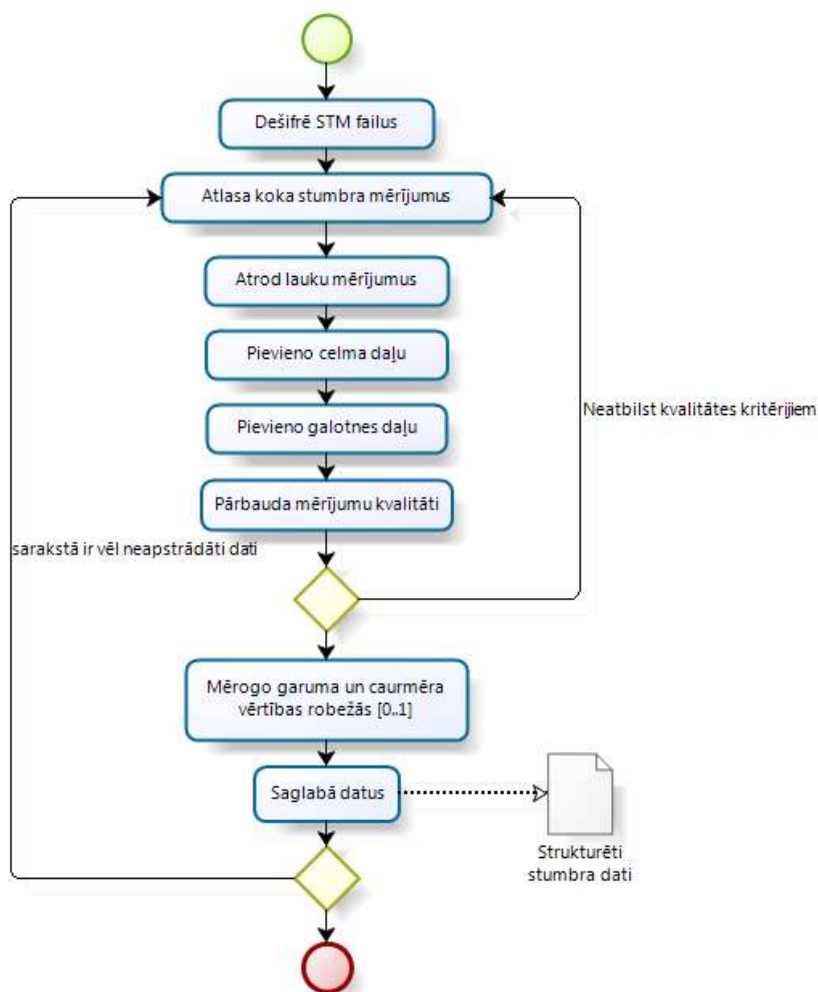
Zaru svēršanai precizitāte ir relatīva, jo, neskatoties uz to, ka visi zari gāšanas procesa laikā tiek atzīmēti un sakopoti vienkopus, pastāv iespēja, ka daļa no zariem nav identificējama starp pārējo koku zariem, kuri atrodas cirsma. Jāņem arī vērā, ka daļa zaru, gāšanas procesā kokam saskaroties ar vēl augošie koku, nolūst un nokrīt izklaidus diezgan lielā platībā.

Svēršanas procesa precizitāte ir līdz vienam kilogramam, papildus kļūdas svēršanas procesā nerodas, jo zari tiek sadalīti līdz atbilstošiem izmēriem, ar kuriem var parocīgi strādāt svēršanas darbos.

Lai izmantojamā informācija būtu precīza, ieteicamais lauku darbu veikšanas intervāls būtu no oktobra līdz martam.

2.2.2 Stumbra veidules aprēķinu metodika

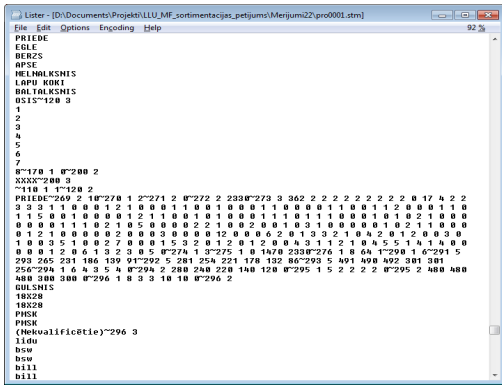
Koku stumbra veidules vienādojuma aprēķināšana tiek veikta 2 posmos. Pirmajā posmā tiek sagatavoti kvalitatīvi un strukturēti mērījumu dati, bet otrajā šie dati tiek pielietoti sestās kārtas polinoma regresijas koeficientu iegūšanai. Ar šo funkciju tiks aproksimēti koka stumbra veidules mērījumu dati. 2.4 attēlā parādīts Datu sagatavošanas procesa modelis.



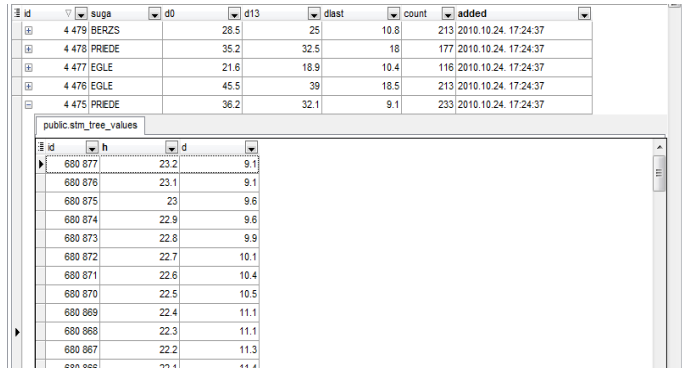
2.4. att. Dešifrēto datu strukturēšana

2.2.2.1 STM formāta failu dešifrēšana

Šis datu formāts satur specifisku datu pieraksta veidu (2.5.att.), kuru nav iespējams dešifrēt ar standarta programmatūras palīdzību. Lai pārlicinātos par faila saturu un veiktu eksperimentus ar datiem, tika izveidots programmas prototips *.stm failu formāta lasīšanai (2.5. att.) pielietojot publicēto StanForD STM failu formāta aprakstu (2010-04-13 versiju), <http://www.skogforsk.se/en/About-skogforsk/Collaboration-groups/StanForD/Standard-Documents/>. Specifikācijā norādīts, ka mērījumi tiek veikti ar mizu. Tāpēc stumbra veidules iegūšanai bez mizas tiks pielietots atsevišķs mizas norēķinu algoritms, kurš par pamatu izmantos stumbra veiduli ar mizu.



*.stm datu formāta saturs



Dešifrēts *.stm datu pieraksts datubāzē

2.5. att. Dešifrēto datu strukturēšana

2.2.2.2 Koka stumbra mērījumu atlasīšana

2.5. attēlā parādītais STM fails(i) satur vairāk par viena stumbra mērījumu, tāpēc, nākamie soļi tiek izpildīti uz atsevišķa stumbra mērījumiem. Stumbra mērījumus jāatlasa secīgi, jo tādā pat secībā šiem stumbriem būs jāpievieno lauku mērījumi, bet gadījumā, ja Harvestera operators ir veicis stumbru numurēšanu STM failā (2.6. att), tad secībai nav nozīmes. Numurētus STM failus varēs identificēt pēc šī stumbram piešķirtā unikālā numura.

270	STEMNUM	1 integer	1..9999	2	Number of the stem
		2 integer	integer	2	Unique number of randomly sampled stem, used for identifying control stems. Should be 0 (or excluded) if not sampled for control. Possible for operator to reset/set. To be used even if stem is not used for control measuring (rejected according to var38)
		3 integer	integer	1	Unique stem identity to be used for all types of stems (independently of whether it is a randomly selected stem or not) in both ktr- and stm-files. Not to be modified by operator. Incremented with each harvested stem. Reset when starting at harvesting object.

2.6. att. Stumbru numurēšanas iespējas no StanForD specifikācijas.

2.2.2.3 Lauku mērījumu identificēšana

Lauku mērījumos jāatrod tā paša stumbra dati, ko veic šādi:

- 1) ja Harvestera operators stumbra failā norādījis koka numuru (2.6. att.) – tad identificē koku stumbrus pēc šiem numuriem,
- 2) ja Harvestera operators STM failā raksta tikai paraugkoku mērījumus un tie apstrādāti secīgi pēc koku numuriem – tad tādā pat secībā arī lasa šos mērījumus.
- 3) ja Harvestera operators STM failā raksta tikai paraugkoku mērījumus un uz papīra lapas secīgi atzīmē uz koka stumbra redzamo numuru.

Pētot STM faila specifikāciju tika secināts, ka tajā ir paredzēta iespēja reģistrēt katra stumbra numuru. Līdz ar to, ja mērījumu veikšanai izmantotā Harvestera programma atbalsta šādu darbību tad būtu ieteicams izmantot pirmo darbības scenāriju, kas samazina kļūdu iespēju un paātrina rezultātu apstrādes procesu, jo datu apvienošana notiek tikai vienu reizi.

2.2.2.4 Celma daļas lauku mērījuma pievienošana STM stumbram

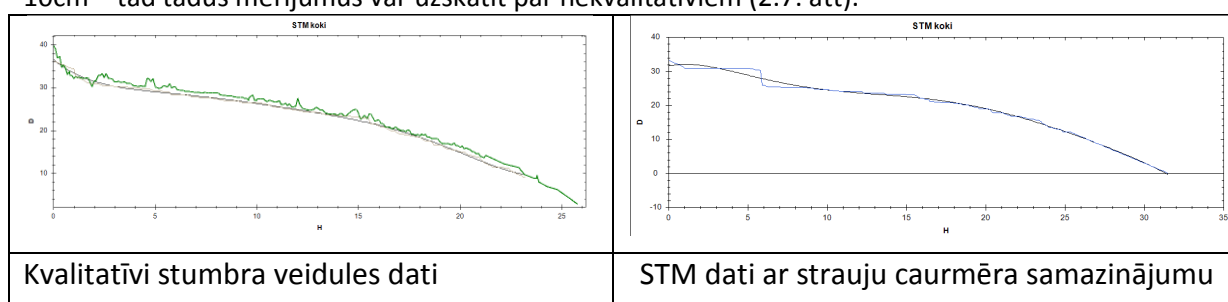
Celma daļa ir resnākā stumbra daļa. Lauku darbu mērījumiem jābūt vienāda resnuma celma daļas beigās salīdzinot ar harvestera veiktajiem mērījumiem 0 cm augstumā pēc reģistrētajiem datiem STM failā.

2.2.2.5 Galotnes daļas lauku mērījuma pievienošana STM stumbram

Harvestera mērījumi netiek veikti līdz pašai koka galotnei, tam ir vairāki objektīvi iemesli: nav lietderīgi mērīt stumbra daļas, kuras neietilpst sortimentos; galotnes ir trauslas un fiziski tā pat nevar kvalitatīvi veikt mērījumu līdz galam. Tāpēc tiek veikti galotnes mērījumi manuālā veidā. Šie galotnes dati ir svarīgi ne tikai savas formas dēļ, bet lai noskaidrotu kopējo koka garumu. Koka garuma dati būs nepieciešami datu mērogošanas procesā

2.2.2.6 Mērījumu kvalitātes pārbaude

Veicot mērījumu datu kvalitātes pārbaudi uzmanība jāpievērš, straujām caurmēra izmaiņām uz nelielu augstuma izmaiņu soli. Piemēram, ja caurmēra izmaiņas viena metra posmā ir lielākas par 10cm – tad tādus mērījumus var uzskatīt par nekvalitatīviem (2.7. att).



2.7. att. Mērījumu datu kvalitātes pārbaude

Šādas datu kopas ar būtiskiem trokšņiem vai straujiem datu lēcieniem, ja tie izvietoti noteiktā stumbra posmā var negatīvi ietekmēt regresijas analīzes rezultātus ar tādām funkcijām kā 6 kārtas polinoms. Tas saistīts ar šīs funkcijas brīvo uzvedības raksturu. Tādēļ izvēloties polinomiālo regresiju īpaša uzmanība jāpievērš analizējamajiem datiem un to kvalitātei.

2.2.2.7 Datu mērogošana robežās 0..1

Stumbra datu mērogošana jāveic robežās [0..1]. Šajā mērogā stumbra veidules koeficienti ir viegli analizējami starp visiem iegūtajiem stumbra mērījumu datiem vienas sugas ietvaros, jo to garums un caurmērs visiem mērījumiem ir identisks. Mērogojot caurmēra datus (2.1.) jāņem vērā to, ka $D=1$ pie 1.3m augstuma nevis stumbra resnākajā (celma) daļā 0m augstumā. Savukārt stumbra garuma mērījumu mērogošanu (2.2.) veic attiecībā pret maksimālo stumbra garuma vērtību.

$$\text{---} \quad (2.1.)$$

$$\text{-----} \quad (2.2.)$$

kur,

D_1 – mērogotie stumbra caurmēra mērījumi

H_1 – mērogotie stumbra garuma mērījumi

d_n – nemērogotie stumbra caurmēra mērījumi

d_{13} – stumbra caurmērs 1.3 metru augstumā

h_n – nemērogotie stumbra garuma mērījumi (maksimālā vērtība norāda uz stumbra garumu)

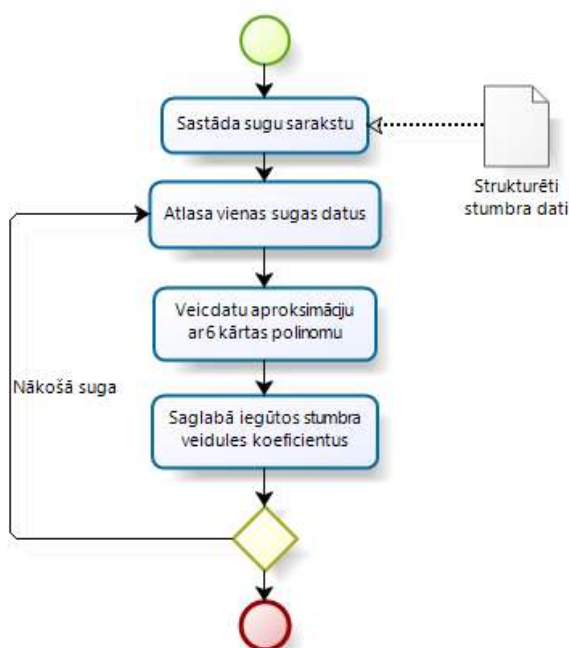
n – mērījuma numurs

2.2.2.8 Datu saglabāšana

Datu saglabāšana jāveic tādā formātā, kuru turpmāk varēs pielietot 6 kārtas polinoma regresijas vienādojumu aprēķināšanas programmatūrā. Piemēram, atvērtā koda statistikas programmai **R** (<http://www.r-project.org/>), kā datu avotu var izmantot CSV (ar semikolu vai komatu atdalītu) datu formātu.

2.2.2.9 Stumbra datu regresijas vienādojumu koeficientu iegūšana.

Pielietojot mērogotos stumbra veidules datus tiks veikta regresijas analīze ar 6 kārtas polinoma vienādojumu. Stumbra datu regresijas vienādojuma noteikšanas process sākas ar sugu saraksta sastādīšanu, kur tiek noteiktas pieejamās sugas. Katrai sugai tiek sagatavots saraksts ar mērījumiem un veikta datu aproksimācija ar 6 kārtas polinomu.



2.8. att. Stumbra veidules vienādojuma koeficientu iegūšana sugām

Datu aproksimāciju var veikt ar atvērtā koda statistikas programmu **R**, jo tajā ir integrētas visas statistikas vajadzībām nepieciešamās funkcijas statistikas aprēķinu veikšanai, rezultātu novērtēšanai un vizualizēšanai. Vienkārša datu apstrādes procesa realizācija ir veicama trijos etapos:

1) Datu ielāde no CSV formāta faila

```
### datu ielāde no CSV faila, kura kolonu nosaukumi ir 'h' un 'd'  
data <- read.csv(file="merijumi_merogoti.csv",header=TRUE,sep=";");  
attach(data);
```

2) Regresijas analīze un rezultātu izdrukāšana (2.9., 2.10. att.)

```
### sestās kārtas polinomiālā regresijas uzdevuma izpilde  
p6 <- lm(d ~ poly(h,6,raw=TRUE));  
  
### polinoma koeficientus izvadīšana  
coef(p6);
```

```

R Console
> coef(p6)
      (Intercept)
           1.170311
poly(h, 6, raw = TRUE)1
           -4.140714
poly(h, 6, raw = TRUE)2
           28.092563
poly(h, 6, raw = TRUE)3
           -97.756297
poly(h, 6, raw = TRUE)4
           168.652586
poly(h, 6, raw = TRUE)5
           -141.366095
poly(h, 6, raw = TRUE)6
           45.473373
> |

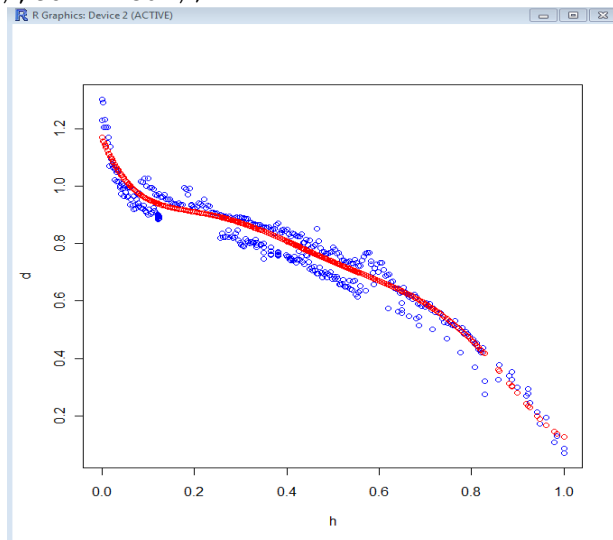
```

2.9. att. Aprēķināto koeficientu izvadīšana

```

### izejas datu un regresijas modeļa izdrukāšana vienā grafikā
plot(h,d,type='p',col='blue');
points(h,fitted(p6),col='red');

```



2.10. att. Mērījumu datu un stubru veidules modeļa grafiskais attēlojums

3) Iegūtā modeļa novērtēšana (2.11.; 2.12. att.)

```

### modeļa statistikas datu un koeficientu vērtējuma izvade
summary(p6);

```

```
R Console
> summary(p6)

Call:
lm(formula = d ~ poly(h, 6, raw = TRUE))

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.140703 -0.035303  0.008697  0.025998  0.133764

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  1.170e+00  9.371e-03 124.887 < 2e-16 ***
poly(h, 6, raw = TRUE)1 -4.141e+00  2.727e-01 -15.184 < 2e-16 ***
poly(h, 6, raw = TRUE)2  2.809e+01  2.477e+00 11.340 < 2e-16 ***
poly(h, 6, raw = TRUE)3 -9.776e+01  9.689e+00 -10.090 < 2e-16 ***
poly(h, 6, raw = TRUE)4  1.687e+02  1.829e+01  9.220 < 2e-16 ***
poly(h, 6, raw = TRUE)5 -1.414e+02  1.643e+01 -8.602 < 2e-16 ***
poly(h, 6, raw = TRUE)6  4.547e+01  5.629e+00  8.078 3.34e-15 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

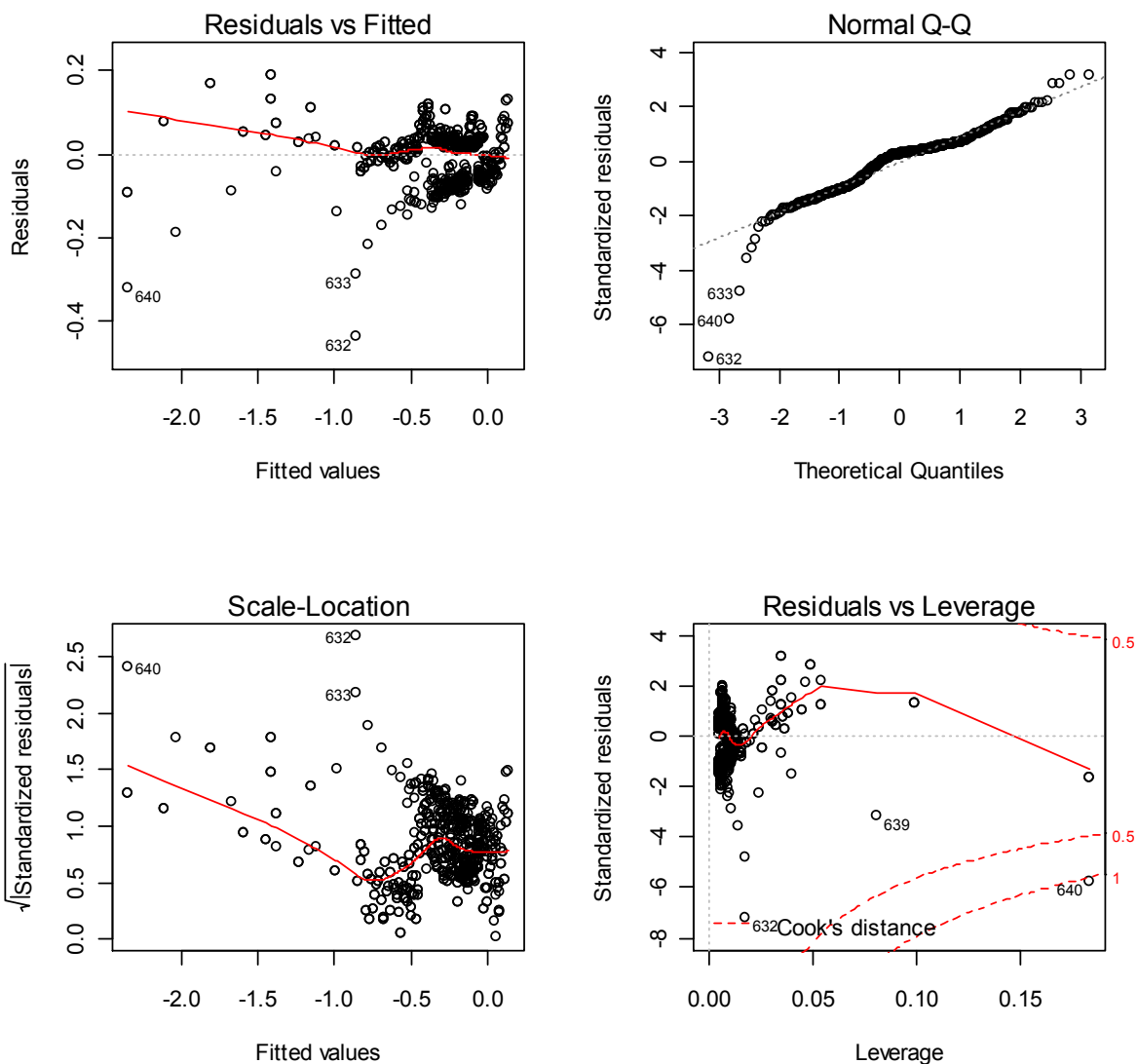
Residual standard error: 0.04034 on 633 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9611,    Adjusted R-squared:  0.9608
F-statistic: 2608 on 6 and 633 DF,  p-value: < 2.2e-16

> |
```

2.11. att. Mērījumu datu un stubru veidules modeļa grafiskais attēlojums

modeļa analīzes grafiku izvadīšana vienā 2x2 attēlā

```
par(mfrow=c(2,2))
plot(p6);
```



2.12. att. Iegūtā modeļa analīze

Modeļa novērtēšanai statistikas aprēķinu programma R katram koeficientam sagatavoto to aprakstošo rādītāju kopumu (2.11 att.), kas ļauj novērtēt koeficientu ietekmi uz kopējo modeļa rezultātu. Turpmāku modeļa darbības korektumu un rezultātu atbilstību pētāmajiem datiem var novērtēt izmantojot diagnostikas grafiku kopumu (2.12. att).

2.2.2.10 Stumbra veidules aprēķināšana bez mizas

Gan Harvestera mērījumos, gan celma un galotnes daļas mērījumos tiek veikti ar mizu. Zinot mizas biezuma formulu (2.1.) un koeficientus, ir iespēja iegūt stumbra veiduli bez mizas. Mizas biezumu formulas koeficienti ir izteikti dubultmizas biezuma aprēķināšanai milimetros. Šis mērvienības jāņem vērā tālākajos aprēķinos – atkarībā no Harvestera programmatūrā izvēlētajām mērvienībām. Dubultmizas biezumus var aprēķināt pēc formulas 2.1, bet stumbra caurmēru bez mizas pēc 2.2 vai 2.3 formulas.

$$M = B + C \cdot D_{am} \quad (2.1.)$$

$$D_{bm} = D_{am} - M \quad (2.2.)$$

$$D_{bm} = D_{am} - B - C \cdot D_{am} \quad (2.3.)$$

kur,

M – dubultmizas biezums, mm

B – statistiskais koeficients (tabula 2.5.)

C – resnuma koeficients (tabula 2.5.)

D_{am} – stumbra caurmērs ar mizu, mm

D_{bm} – stumbra caurmērs bez mizas, mm

Stumbra caurmēru bez mizas (D_{bm}) var rēķināt jebkurai stumbra daļai. Veicot stumbra caurmēra aprēķinus visam stumbra garumam ar nelielu soli (piemēram 10cm) var izveidot stumbra veiduli bez mizas.

2.5.tabula

Stumbra mizas biezuma koeficienti

Suga	B	C
Priede	1.97	0.0354
Bērzs un Apse	3.45	0.0404
Egle un pārējie lapukoki	3.08	0.0404

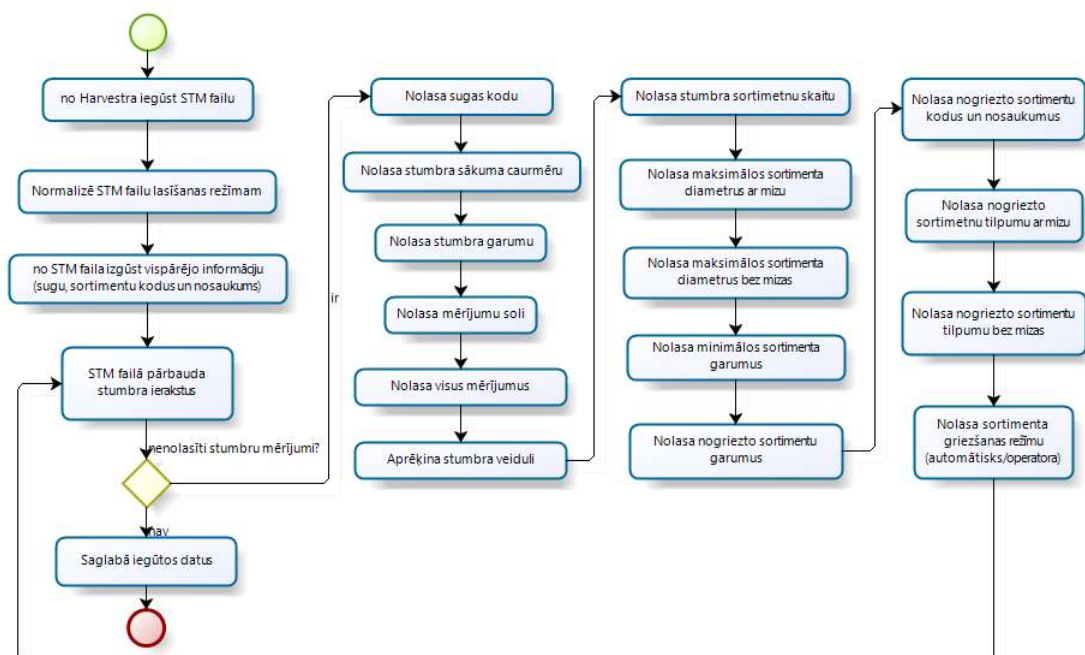
2.2.3 Sortimentu atpazīšana no STM failiem.

Pirms darbu uzsākšanas Harvestera operators atbilstoši iepriekš definētam uzdevumam vadības programmā reģistrē sortimentu veidus un dimensijas, kas ir jāiegūst cirsmas izstrādes procesā. Darbu izpildes laikā operatoram ir iespēja, ideālas kvalitātes stumbrus uzticēt Harvestera programmai dalīšanai pa sortimentiem, bet ja ir konstatētas koksnes vainas - tad veikt sortimentu korekcijas konkrētajam stumbram. Gan darba uzdevums, gan sortimentu iznākums ar veiktajām vai neveiktajām korekcijām tiek reģistrēts STM failā. Šajā failā attiecībā uz sortimentu iegūšanu tiek reģistrēta stumbra suga, sortimenta kvalitātes klase, tievgaļa un resgaļa caurmērs (ar un bez mizas), kā arī sortimenta krāja. Pētījumā nepieciešams iegūt katra stumbra sortimenta iznākumu raksturojošo informāciju. STM faila dati ir kodēti pielietojot skaitliskas kodu un apakškodu vērtības. Viens kods var saturēt vairākus apakškodus, kur ar kodu tiek raksturota, piemēram, sugas informācija, bet apakškods to klasificē pēc nosaukuma un tam atbilstošā sugas koda. Lai sastādītu programmu, kas veic minēto parametru izgūšanu tika analizēta STM failu specifikācija un tās izmatotā datu kodēšanas sistēma.

STM faila datu kodēšanas sistēma

Parametrs	STM faila kods	Apakškods
Vispārējā informācija:		
Sugu saraksts	120	1 – nosaukums 3 – kods
Sortimentu saraksts	121	1 – nosaukums 2 – kods
Stumbra informācija:		
Suga	110	2 – kods
Sortimenta resgaļa caurmērs (virs mizas)	291	5
Sortimenta resgaļa caurmērs (zem mizas)	292	5
Sortimenta tievgaļa minimālais caurmērs	294	2
Sortimenta minimālais garums	295	2
Nogrieztā sortimenta garums	293	5
Nogrieztā sortimenta nosaukums	296	2
Griešanas režīms (automātiskais/ operatora)	300	1
Sortimenta krāja	299	1 – krāja 2 – krāja ar mizu 3 – krāja bez mizas

STM faila specifikācijas analīzes rezultātā tika iegūta tabula (2.6. tabula), kas satur sortimentu raksturojošās informācijas nosaukumus, kodus un apakškodus, kā arī izstrādāta procedūra sumbra datu izgūšanai. Procedūras shematiskais attēlojums ir redzams 2.13. attēlā.



2.13.att. STM failu datu izgūšanas procedūra

Lai izgūtu informāciju no STM faila ir nepieciešams realizēt ciklisku procesu, kas atbilstoši kodam nosaka katra stumbra sadalījumu sortimentos un to raksturojošos mērījumus.

Stumbra datu izgūšanu var sadalīt vairākos etapos:

1. STM faila normalizācija
2. Sugu un sortimentu apzīmējumu noteikšana
3. Cikliska stumbra datu nolasišana

Faila normalizācija ir process, kura ietvaros tā struktūra tiek pārkārtota tā, lai viena stumbra dati atrastos vienā faila rindā. Sākotnēji viena stumbra informācija ir pierakstīta vairāk kā 20 rindās. Katrā no rindām ir definēts viens vai vairāki informācijas vienumi, kas raksturo stumbru, bet tajā pat laikā viena un tā pati informācija var būt sadalīta vairākās rindās. Šādi nestrukturēta informācija apgrūtina viennozīmīgu un nepārprotamu tās lasīšanu. Tāpēc šajā faila normalizācijas procesā stumbrus aprakstošā informācija tiek sadalīta atsevišķās rindās atbilstoši kodiem, bet viena stumbra dati izkārtoti vienā rindā. Rezultātā katram stumbram ir viena apstrādājamā informācijas rinda, šādu datu apstrādei, jau vienkāršākā veidā, var veikt ciklisku datu lasīšanu pēc vajadzīgajiem STM kodiem. Faila normalizācijas procesā tika izslēgta iespēja kādu koda vērtību piešķirt neīstajam stumbram.

Sugu un sortimentu apzīmējumu noteikšana. Katrā STM failā ir iespējams ieviest atšķirīgu sugu un sortimentu apzīmējumu sistēmu un pirms uzsākt stumbra datu izgūšanas procesu ir jānosaka failā izmantotie apzīmējumi. Lai iegūtu sugu apzīmējumu sarakstu no faila ir nepieciešams atrast informācijas bloku, kas sākas ar kodu 120 un ir sadalīts divās apakšgrupās ar apakškodiem 1 un 3. Pirmā apakšgrupa satur sugu nosaukumu sarakstu, bet otrā apakšgrupa tiem atbilstošos apzīmējumus, jeb skaitliskus kodus.

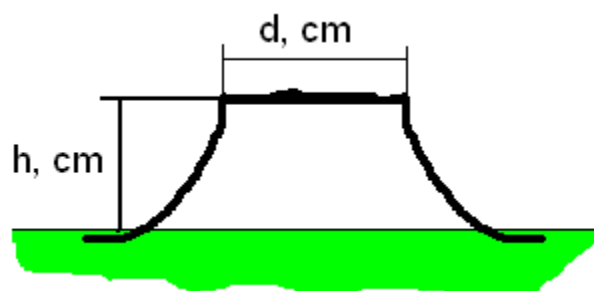
Cikliska stumbra datu nolasišana. Stumbru aprakstošā informācija pēc faila normalizēšanas ir sadalīta pa atsevišķām rindām. Lai noteiktu kurš ieraksts satur stumbru aprakstošos datus ir nepieciešams atrast rindu ar STM faila kodu 110 (sugas kods). Atrastā rinda raksturo vienu stumbru, kura informācijas izgūšanai tiek izmantota tabulā 4. dotie kodi.

2.2.4 Koku gāšana un marķēšana

Koku nogāšana un atzarošana ir veicama vietās, kur netraucē citu koku zari. Harvesteru operatoriem sākumā ir jāieplāno atstājamais laukums šo paraugkoku zaru un galotņu novietošanai.

Pēc cirsmas izstrādes pie paraugkokiem novieto karodziņus, lai varētu atrast un uzmērīt celma virszemes daļu. Izstrādājot šos iezīmētos kokus, nelikvidās ripas tiek nozāģētas un atstātas pie celmiem. Pārējā koka sagarumošana būtu jāveic koka nogāšanas vietā, kurā ir lielākais zaru daudzums. Harvesteru operatoram šos kokus atsevišķi nav nepieciešams atzīmēt, jo šo darbu veic pētnieciskais personāls (tas pamatojams ar laika patēriņu operatoram; tehniski labāk būtu, ja šos kokus operators varēt atzīmēt, elektroniski veidojot katram paraugkokam savu bloku).

Celmu augstuma uzmērīšanu veic ar sertificētu mērlenti. Mērījumi tiek veikti no augsnes virskārtas līdz celma augšdaļai (sk. 2.14.att). Par uzmērāmā celma apakšu tiek uzskatīts horizontālais augsnes slānis, kurš pēc savas būtības ir ciets segums un nepakļaujas vieglai deformācijai. Ja uz augsnes virskārtas ir sūnas, ķērpji, sniegs vai zari, tie ir jānoņem, līdz skaidri saskatāms un sataustāms augsnes „sākuma slānis”.



2.14.att Celmu virszemes daļas uzmērīšana

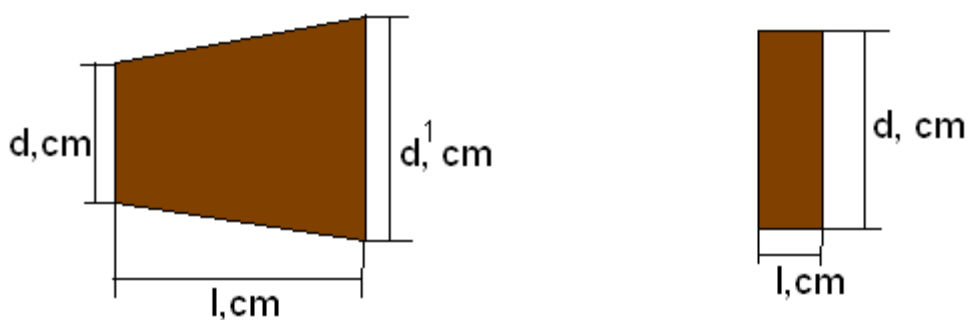
kur:

h – celma virszemes daļas augstums;

d – celma caurmērs.

Par nelikvīdu uzskata tās koksnes daļas, no kurām nav iegūti sortimenti vai kuras nav skaidri atšifrējamas no harvestera stumbra faila, bet dod būtiskas izmaiņas kopējā stumbra garumā. Par nelikvīdiem uzskata pirmās nogriežņu ripas, kuras nozāgētas, jo operators pamanījis koksnes vainas resgaļa daļā, vai arī kāda citā stumbra daļā.

Koksnes nelikvīdu garumu uzmēra ar sertificētu mērlenti, un iegūtie mērījumi tiek nolasīti ar milimetra precizitāti (sk. 2.15.att.). Caurmēru uzmēra ar dastmēru, attālumā ik pa 20 cm, atsevišķi tiek uzmērīts sākuma un beigu punkti. Datu matrica dota 2.7, tabulā.



2.15.att Koku nelikvīda daļu uzmērīšana

kur:

d – caurmērs;

l – garums.

2.7.tabula

Datu matrica

Koka Nr.	Suga	Nogriežņa Nr.	Caurmērs 1, (cm)	Caurmērs 2, (cm)	Augstums, (cm)	Garums, (cm)	Piezīmes

2.2.5 Koka galotnes daļas mērījumi

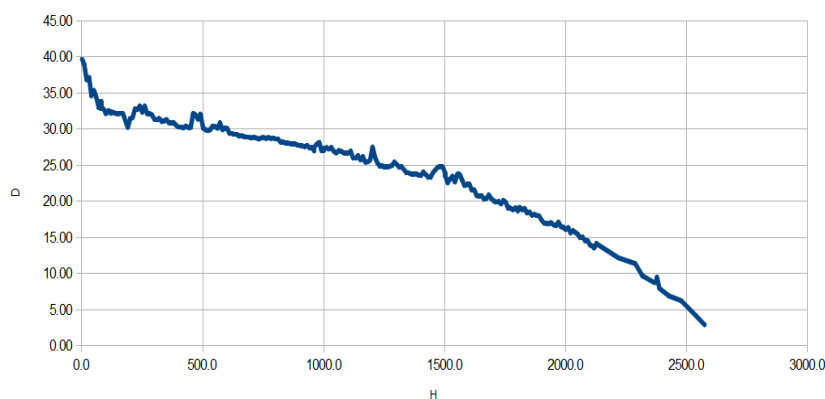
Koka galotnei novelk lentu visā tās garumā, lai būtu skaidri redzams un nolasāms mērījums. Novilktaī lentai jābūt vienmērīgi nostieptai un novietotai taisnā virzienā pa sortimenta ass iedomātu līniju. Koka galotnes daļā veikti mērījumi ar intervālu 0,5 m viens no otra ar attāluma precizitāti ± 1 cm. (Šis attālums, lauku darbu ietvaros, mainīts atkarība no precizitātes, kuru iegūst datu apstrādes rezultātā. Tas teorētiski var mainīties līdz metodikas izstrādes beigu procesam). Caurmēru mēra ar elektronisko dastmēru, kura precizitāte ir atkarīga no pielietotā modeļa.

Ja galotnes daļā ir līkumainība, kura maina iedomāto taisno līniju, tad mēra caurmēru pirms šī līkuma un aiz tā, kā arī nosaka leņķa izmaiņas. Šāds papildus uzdevums ir nepieciešams, jo datora modelis koka stumbra veiduli attēlo kā konusu, kur galotnes līkumainība ietekmē kopējo stumbra garumu. Šo parauglaukumu ietvaros noskaidros vai šāda veida galotnes izmaiņas būtiski ietekmē stumbra veidules precizitāti. Nepieciešams veikt analīzi vai tālākos lauku darbu pētījumos ir jāiestrādā papildus prasības par galotņu uzmērīšanu.

Lauku darbu mērījumi apkopoti Excel formā, kurā izveidotas paraugveidlapas, lai būtu iespējams fiksēt mērījumu rezultātus.

Datu iegūšanai no dastmēra izmanto datu kabeli, kurš savienots ar datoru caur COM portu. Datu eksportam un importam no dastmēra izmanto datora programmu „Masser Developer”.

1	Diametrs1	Diametrs2	Garums
2	396	400	0
3	387	393	10
4	368	369	20
5	360	384	30
6	346	347	40
7	342	366	50
8	335	354	60
9	318	342	70
10	320	358	80
11	340	318	80
12	338	319	90
13	336	307	100
14	339	313	110
15	314	330	120
16	332	317	120
17	328	316	140
18	331	312	150
19	326	318	160
20	325	319	170
21	317	307	180
22	296	309	190
...



2.16.att. Paraugkoku stumbru veidule

Paraugkoku mērījumi veikti ar soli 0.1m un tajos iekļauti stumbra caurmēra mērījumi 0 un 90 grādos

3 Harvesterā darba kvalitātes un mērījumu precizitātes nodrošināšanas metodika

Apažo kokmateriālu sagatavošanas harvesteram darba laikā jābūt tādā tehniskā stāvoklī, kas nodrošina sagatavojamo kokmateriālu tiem dabiski izveidojušās kvalitātes saglabāšanu un izmēru atbilstību darba uzdevumā norādītajām prasībām. Stumbra sagarumošanas vadības sistēmai ir jādarbojas tā, lai darba uzdevumā norādītie optimizācijas kritēriji būtu pilnībā ievēroti, izslēdzot iespēju rasties brāķim tāpēc, ka šajā sistēmā būtu radušās kādas novirzes no normālas darbības. Darba laikā kustīgās detaļas dilst, atslābst to savienojumi, tehnoloģiskie mezgli piesārņojas ar putekļiem, koksnes skaidām, koka vainaga daļiņām, sniegu, ledu u.c. svešķermeņiem, pa gada laikiem mainās stumbra mizas sasaistes ciešums ar koksni, un tā visa rezultātā zūd uzmērīšanas precizitāte, sagarumošanas programmas vadībā tiek izmantoti no faktiskajiem izmēriem atšķirīgi skaitliskie lielumi, mizas noplēšanas gadījumā kļūdaini tiek fiksēti kokmateriāla caurmērs ar mizu, var rasties mehāniski bojājumi stumbra virsmā. Minētās norises var traucēt harvesterā darbu līdz nepieļaujamam apjomam, tāpēc pastāv vesela regulāri veicamu pasākumu sistēma visu mašīnas sastāvdaļu uzturēšanai labā darba kārtībā. Tas jāņem vērā arī gadījumos, kad harvesterā uzkrātos datus paredz izmantot pētniecības vajadzībām, lai datu apstrādes rezultātu skaidrojumā nenonāktu pie kļūdainiem slēdzieniem.

3.1 Patreizējās informācijas analīze

No vispārpieejamas informācijas, ko var iegūt nozares speciālajā literatūrā, nozares periodiskajos izdevumos, internetā u.tml., nav grūti uzzināt galvenos principus, kas ir jāievēro, lai varētu paļauties uz to, ka harvestera saražotā produkcija, noteiktiem sortimentiem atbilstoši apaļie kokmateriāli, nav brāķis, t.i., to izmēri un kvalitāte atbilst attiecīgajos dokumentos norādītajām prasībām, turklāt stumbra apstrādes laikā šiem kokmateriāliem nav radīti kādi nepieļaujami bojājumi. Pirmkārt, normālu harvestera darbu nodrošina visu šīs mašīnas sastāvdaļu uzturēšana pilnīgā tehniskā kārtībā. Tas panākams, regulāri un akurāti izpildot visus harvestera tehniskās uzturēšanas instrukcijas norādījumus kā attiecībā uz tehnisko apkopju darbu regularitāti, tā šo darbu saturu un kvalitāti. Otrkārt, regulāri izdarāma harvestera mērierīču kalibrēšana, stingri ievērojot šīs procedūras norises noteikumus. Treškārt, viens no būtiskiem faktoriem ir harvestera operatora vispārējais profesionālās kvalifikācijas līmenis, pieredze kokmateriālu sagatavošanā, specifiskās zināšanas un prasmes kā harvestera tehnoloģiskā aprīkojuma vadīšanā, tā visas mašīnas tehniskajā uzturēšanā un mērierīču kalibrēšanā. Ceturtkārt, jūtamu pozitīvu ieguldījumu kvalitatīva apaļo kokmateriālu sortimentu ražošanas garantēšanā dod labi funkcionējoša vispārējās kvalitātes vadības sistēma attiecīgajā mežizstrādes uzņēmumā.

Intervijās ar LVM speciālistiem un no viņu sniegtajiem informācijas avotiem iegūtās ziņas ļauj secināt, ka valsts meža apsaimniekošanas gaitā sagatavojot apaļos kokmateriālus ar harvesteru, produkcijas kvalitātes nodrošināšanā liela vērība veltīta tieši harvestera mērierīču kalibrēšanai, pastāvīgi no šāda viedokļa kontrolējot mežizstrādes pakalpojumu sniedzējus. Tas izklāstīts arī dokumentā „Harvesteru kalibrēšanas failu saglabāšana un analīze”. Tur ieteikts harvestera uzmērīšanas sistēmas darbības precizitāti pārbaudīt, regulāri katram operatoram veicot kontrolmērījumus vairākas reizes vienā darba maiņā, bet ne retāk kā vienu reizi nedēļā vai vienu reizi piecās darba dienās. Kalibrēšana ir jāveic arī tad, ja ir redzamas uzmērīšanas precizitātes novirzes, kuras ir lielākas nekā savstarpējā iesaistīto pušu līgumā noteiktās. Koksnes caurmēra uzmērīšanas datu precizitātei pie 150 un vairāk mērījumu punktiem jābūt tādai, lai no mašīnas uzmērīšanas sistēmas aprēķinātā un dabā pārmērītā novirze līdz +/- 6 mm sastādītu vismaz 80% no visiem mērījumu punktiem, bet garuma mērīšanai jābūt ar precizitāti, lai atšķirība no darba uzdevumā dotā garuma nepārsniegtu 0 cm līdz + 5 cm.

3.2 Metodiskie paņēmieni harvestera darba kvalitātes un kokmateriālu mērījumu precizitātes nodrošināšanai

Apsverot paņēmienus, kuru lietošana nodrošinātu, ka harvestera darba failu dati būtu noderīgi zinātniskai pētniecībai tādā nozīmē, ka to skaitliskās vērtības nav būtiski ietekmētas ar nekvalitatīvu darbu un neprecīziem mērījumiem, pirmā kārtā kā obligāti jāizvirza nosacījumi par paša harvestera, mērierīču un operatora atbilstību noteiktam prasību līmenim. Šis prasību līmenis nedrīkst būt tik augsts, lai apgrūtinātu, vai pat padarītu gandrīz neiespējamu, attiecīgo darbmašīnu un to vadītāju izvēli, bet tas nedrīkst būt arī tik zems, ka varētu sākt jūtami ietekmēt ievācamo datu kvalitāti. No tehniskā viedokļa varētu būt pietiekami, ka attiecīgā mašīna vēl nav nostrādājusi vairāk kā 50% no sava darba stundu resursa, tehniskās apkopes tiek izdarītas regulāri un pilnā apmērā un vispārējais tehniskais stāvoklis uzskatāms kā labs. Īpašu uzmanību vajadzētu pievērst tam, vai nav bojāts zāgēšanas aparāts, kas varētu ietekmēt kokmateriāla gala griezuma kvalitāti, vai caurvilkšanas mezgls, tāpat arī garuma mērītājs, ir droši pret izslīdēšanu un vai tie nerada nepieļaujami lielus

stumbra virsmas bojājumus, vai spiediens hidrosistēmā atbilst tehniskajos datos paredzētajam, vai apstrādes tehnoloģiskais mezgls tiek uzturēts tīrs. Galvenie punkti attiecībā uz mērīšanas sistēmu ir kalibrēšanas regularitātes ievērošana, kalibrēšanai izvēlēto kokmateriālu piemērotība šim nolūkam, caurmēra un garuma mērījumu precizitāte, brāža gadījumu skaits, kuriem par iemeslu bijušas mērīšanas kļūdas. Salīdzinot harvestera un ar rokām izdarītu mērījumu skaitliskos lielumus, atšķirības ir neizbēgamas, jo abi minētie mērīšanas paņēmieni būtiski atšķiras. Izteiktākā mērā tas var izpausties kokmateriālu caurmēra mērījumos, kur harvestera borta datorā tiek fiksēts mazākais lielums katrā kokmateriāla garuma decimetrā, bet caurmēra skaitliskais lielums, mērot ar elektronisko dastmēru, tiek aprēķināts kā vidējais aritmētiskais starp diviem savstarpēji perpendikulāriem mērījumiem. Harvestera operatoram kā galvenās prasības izvirzāmas, lai darba pieredze darbā ar harvesteru nebūtu mazāka nekā 3 gadi, pēdējā pusgada laikā nav radušies brāķi savas nezināšanas dēļ, darba ražīgums nav zemāks kā vidēji uz attiecīgās markas harvesteriem.

Harvestera darba kvalitāti var ietekmēt arī nepiemēroti koki: ar pārāk resniem stumbriem, lieliem sānsakņu izliekumiem, padēliem, ar divām (vai vairāk) galotnēm, no atvasēm pudurī augoši u.tml. Ja koks ir bijis tik nepiemērots, ka tas ar harvesteru netiek apstrādāts, tad, protams, tā dati harvestera darba failos neparādās, tomēr nebūtu korekti sortimentu prognozē to atstāt pilnībā bez ievēriības. Šajā pētījumā būtu lietderīgi noskaidrot minēto koku iespējamību un sagaidāmo sortimentu iznākumu, ko vēlāk varētu izmantot pēc harvestera datiem sagatavotas sortimentu iznākuma prognozes korekcijai. Tāpat jānoskaidro sortimentu iznākums no tiem kokiem, kuri harvesteram nav īsti parocīgi, bet harvesters tomēr tos ir apstrādājis.

4 Projekta plānotās izmaksas

Lai iegūtu pietiekamus datus kā stumbra formas veidules vienādojumu pamatošanai, tā sortimentu un biomasas iznākuma novērtēšanai, izmantojot sortimentu sagatavošanas harvesteru datu bāzēs uzkrājušos informāciju, ir izdarāmi novērojumi un mērījumi tādām ar harvesteru apstrādājamo koku skaitam, ka datu apstrādes rezultātu ticamības līmenis būtu vismaz 95 %. Nepieciešamais lauka darbos uzmērīto koku skaits ir cieši saistīts ar iegūto, tos raksturojošo skaitlisko lielumu izkliedi ap vidējām vērtībām, jo ticamības līmenis paaugstinās, ja izkliede ir mazāka. Ir grūti iedomāties, ka varētu sagaidīt nelielu izkliedi, ja to kopumu, uz kuru attiecināmi iegūtie rezultāti, izraudzītos kā kokus vispār un nevis kādai vienvēidīgai kopai piederošus.

Par kvantitatīvi un kvalitatīvi viendabīgu grupu no šajā pētījumā sasniedzamo mērķu viedokļa var uzskatīt tādu, uz kuru attiecināmi koki ar vienādiem stumbra izmēriem un formu, tāpat arī vienādu sortimentu iznākumu kā pēc daudzuma, tā arī pēc labuma. Tādējādi visa koku kopuma iedalījums pa vienvēidīgām grupām pēc būtības ir atkarīgs no tiem ar koka stumbra raksturojumu saistītajiem faktoriem, kuri tiešā veidā ietekmē sortimentu iznākumu. Šādi faktori ir:

- 1) koku suga;
- 2) stumbra izmēri;
- 3) stumbra forma;
- 4) stumbra kvalitātes raksturojums no sortimentu iznākuma viedokļa.

Stumbra izmērus raksturo tā garums un caurmērs. Stumbra caurmērs dažādās vietās garenass virzienā ir atkarīgs no stumbra formas, tāpēc visbiežāk caurmēru raksturo ar tā skaitlisko lielumu koka krūšaugstumā. Stumbra formu parasti attiecina uz vienu no trim atšķirīgiem veidiem – neiloīda, koniska vai paraboloīda. Savukārt stumbra kvalitāte būtiski mēdz atšķirties pa tā daļām

garenass virzienā – resgaļa daļā, vidusdaļā un galotnes daļā. Atšķirībām par iemeslu ir gan izmēri, gan zarojums. Visi minētie faktori ir jāņem vērā, plānojot datu ievākšanai nepieciešamās paraugkoku grupas.

Tā kā pētījuma uzdevumos ir paredzēts iegūt informāciju par visiem ciršanai paredzētās audzēs sastopamiem kokiem, tad kopējais paraugkoku grupu skaits ir nosakāms kā to grupu skaita reizinājums, kādās iedalās katrs no faktoriem (skat. formulu 1).

$$N_{gr} = n_s * n_{d1,3} * n_H * n_f * n_q, \quad (4.1.)$$

- kur N_{gr} – vienveidīgu paraugkoku grupu kopējais skaits;
 n_s – koku sugu skaits;
 $n_{d1,3}$ – krūšaugstuma caurmēra pakāpju skaits;
 n_H – koku augstuma grupu skaits;
 n_f – stumbra formas grupu skaits;
 n_q – pēc stumbra kvalitātes atšķirīgu grupu skaits.

Sareizinot kopējo grupu skaitu ar paraugkoku skaitu grupā, kas nodrošina 95% ticamības līmeni, iegūst paraugkoku kopējo skaitu (skat. formulu 2).

$$N_{prk} = N_{gr} * n_{95}, \quad (4.2.)$$

- kur N_{prk} – paraugkoku kopējais skaits;
 n_{95} – 95 % ticamības līmeni nodrošinošais paraugkoku vidējais skaits vienā grupā;
 pārējie apzīmējumi kā iepriekš.

Izdalot paraugkoku kopējo skaitu ar vienā cirmā apsekojamo paraugkoku vidējo skaitu, tiek iegūts cirsmu skaits, kāds ir jāizvēlas lauka darbu veikšanai (skat. formulu 3).

$$N_c = N_{prk} / n_{prk}, \quad (4.3.)$$

- kur N_c – cirsmu skaits lauka darbu veikšanai;
 n_{prk} – vienā cirmā apsekojamo paraugkoku vidējais skaits;
 pārējie apzīmējumi kā iepriekš.

Izmantojot izklāstīto aprēķina principu, lauka darbu apjoms pētījumu veikšanai attiecībā uz visām koku sugām līdzinās aptuveni 150 cirmām, kurās jāiegūst 15000 paraugkoku dati. Šādu koku skaitu, ņemot vērā dažādus sagatavošanās darbus, tajā skaitā arī organizatoriska rakstura, pārbraucienus uz attiecīgajām cirmām lielākajā daļā Latvijas teritorijas (kopējais pārbraucienu nobraukums apmēram 180000 km), kā arī lauka darbiem piemērotus laika apstākļus, divas pētnieku grupas, katra 3 cilvēku sastāvā, varētu apstrādāt aptuveni 2,5 gadu laikā.

Veiktas projektu izmaksu kalkulācijas, kuras saistītas ar datu ievākšanu un to apstrādi. Projekta plānotais laiks ir vismaz 2,5 gadi. Projekta izmaksu sadaļā veikts aprēķins, kurš izriet no uzdevumiem.

Zaru biomasas noteikšanai no katras sugas kokiem tiks veikta zaru svēršana, kā arī laboratoriski noteiktas biomasas mitruma un blīvuma izmaiņas. Laboratorijas izmaksas tiek aprēķinātas atsevišķi.

Kopējās laboratorijas darbu un datu apstrādes izmaksas, pieņemot, ka lauka darbos ievāc 720

paraugus, ir 11003,00 LVL, neskaitot PVN.

Kopējais laika patēriņš projekta realizācijai lauku darbiem (skatīt 4.1 tab.), kā arī kopējās izmaksas, kuras atspoguļotas projekta realizācijai attēlotas 4.2 tabulā.

4.1. tabula

Laika patēriņš lauku darbiem

	laiks, h	kokus skaits	Kopā, h
		8 sug * 500	
Paraugkoku sagatavošana iezīmēšana	9	4000	600
Sortimentu atzīmēšana un marķēšana	11	4000	733
Dastošana un mērīšana	14	4000	933
Augošu koku vērtēšana paraugokiem - daļai	9	720	6480
Zaru vākšana	60	720	720
Zaru svēršana	50	720	1800
Palīgdarbi	20	720	240
		cirsmas, gab dienu sk. uz projektu	
Forvardera svēršana	2	80	2560
Sķeldu vedēju svēršana	1,5	80	1920
Augošu koku vērtēšana cirmām	1	80	1280
Lāzer skanēšana, dienās	3	30	1350
		Summa	18617

Kopējas izmaksas

Personāls	Skaitis	Stundas likme	Stundas gadā	Gadi	Kopā uz projektu algas	
					Kopā uz projektu alga	Darba alga ar darba devēja VSAOI
Projekta vadītājs (0,5 slodze)	1	8,4	1008	3	25401,6	31520,85
Dator speciālisti - stumbra veidules (0,5 slodze)	2	8,4	1008	2,5	42336	52534,74
Vainu aprēķini (0,5 slodze)	1	8,4	1008	2,5	21168	26267,37
Asistenti - vainu vērtēšanai	3	5,12	1400	2,5	53760	66710,78
Lāzer skanēšanas datu apstrāde (0,3 slodze)	1	5,12	604,8	2	6193,152	7685,08
asistenti -Lāzera skanēšana	3	5,12	600	1	9216	11436,13
Biomassas aprēķini (0,3 slodze)	2	8,4	604,8	2,5	25401,6	31520,85
asistenti - biomasai	2	5,12	1450	2,5	37120	46062,21
Summa					220596,352	273738,01

	Ls
Labratorijas izmaksas uz projektu	9403,00
Citi izdevumi, labratorijai	1600,00
Komandējumi	10000,00
Degviela (1 Ls/L; 10L/100 km)	6500,00
Ar transportu saistītie izdevumi (amortizācija, remonts, u.t.t)	3000,00
Sakaru līdzekļi	1000,00
Konsultanti	3600,00
Nepieciešamais inventārs	5000,00
Kopā uz projektu:	313841

5 Secinājumi

- Nepieciešamais paraugkoku skaits ir relatīvs, jo, palielinot vēlamo precizitāti, novērojumu skaits tiecas uz bezgalību. Būtu nepieciešams tiekties uz normālo sadalījumu ar ticamību 95%.
- Nepieciešamas, lai kopumā būtu pārstāvēti visi augšanas apstākļu tipi. Pētniecības ietvaros varētu veikt edafisko rindu grupēšanu jeb apvienošanu, tādējādi samazinot pētniecisko darbu apjomu.
- Lai dati būtu salīdzināmi, ir nepieciešams, ka audzes biezība būtu kā viens no kritērijiem, pie kuriem nosaka konkrēto biomasas apjomu.
- Vērtējot situāciju kopumā, lai varētu iegūt datus ar ticamību 95%, kā tas pieņemts meža nozarē, būtu nepieciešams katru sugu pārstāvēt ar 500 kokiem. Pēc matemātiskiem aprēķiniem koku skaits tiek proporcionāli sadalīts tā, lai būtu ievērotas iepriekš izvirzītās prasības.
- Nepieciešamais laiks ar elektronisko dastmēru uz vienu koku ir 389 minūtes. Šajā laikā nav ierēķināta tehnoloģisko koridoru iezīmēšana, jo tā ir atkarīga no cirsmas platības nevis paraugkoku skaita. Šai darba operācijai ir nepieciešamas 3h uz hektāru, pie kam laika ietilpības dēļ šo darbu nav rekomendējams veikt vienam cilvēkam, jo laika patēriņš palielināsies vismaz 1,5 reizes vai vairāk atkarībā no audzes biezības un pameža.
- Salīdzinoši ar rokas dastmēru patērētais laiks sastāda 440 minūtes uz koku. Arī šajā laikā nav ierēķināts patērētais laiks tehnoloģisko koridoru iezīmēšanai, kas ir tāds pats kā iepriekš minētais: 3h uz ha.
- Lai optimizētu lauku darbu mērījumus un tālāko datu pirmapstrādi, būtu nepieciešams pielietot elektroniskos instrumentus, kuri nodrošina augstāku ražīgumu un precizitāti. Papildus laika ekonomija varētu rasties, pateicoties šo darbu sistēmiskai saderībai, proti, ilglaicīgi ievācot datus, būtu iespējams ietaupīt uz datu pirmapstrādi no elektroniskā dastmēra.

