

ZIEMAS PERIODĀ IEVĀKTO DATU PRECIZITĀTES IZVĒRTĒJUMS

5.1.1.2.i.0/1/22/A/CFLA/007_P8 Apaļo kokmateriālu kvalitātes noteikšana,
izmantojot mašīnmācīšanās algoritmus, uzmērot individuāli ar automātisko
uzmērīšanas ierīci

Saturs

1. Priedes un egles zāģbaļķu izvērtējums	3
2. Bērzu finierkluču izvērtējums.....	9
3. Koksnes vainu atpazīšanas serviss	14
3.1. Zari	14
3.2. Plaisas	16
3.3. Mizas izaugumi un saussāni.....	18
3.4. Kodola sēņu bojājumi	19
3.5. Koksnes vainu atpazīšanas sakritība	20
4. Šķiras noteikšanas serviss	22
Secinājumi.....	26

1. Priedes un egles zāģbaļķu izvērtējums

Lai iegūtu rezultātus ar augstu ticamību vizuālo datu iegūšana skuju koku zāģbaļķiem tika plānota visos 4 gadalaikos. Tā kā ziema Latvijā ir visneprognozējamākais gadalaiks, tad datu ievākšana ir veikta divas ziemas, bet pārējie gadalaiki pa vienai reizei. Dati salīdzināšanai katrā sezonā tika ievākti diennakts tumšajā un gaišajā laikā t.sk. piefiksējot meteoroloģiskos apstākļus. Šajā nodevumā atspoguļots otrajā ziemas periodā ievāktu skuju koku zāģbaļķu kontrolsortimentu vizuālo datu precizitātes izvērtējums.

No kvalitātes vērtēšanas viedokļa zāģbaļķi ir vissarežģītākais sortiments, jo tiem ir trīs šķiras. Kvalitātes prasības pa šķirām ir ciešā saistībā ar zāģmateriālu paredzamo pielietojumu un augošu koku zarojuma sakārtojumu. Pētniecības projekta ietvarā koksnes vainu sastopamība tiek vērtēta uz plašāk pārstāvēto šķiru – II šķiru. Pamatojoties uz to tiek izstrādāti nepieciešamie datorredzes algoritmu matemātiskie modeļi. Atsevišķos gadījumos izvēlētajā pārstrādes vietā tiek uzmērīti arī III šķiras zāģbaļķi. Līdz ar to otrajā ziemas periodā ievāktu datu precizitātes izvērtējumā ir ietverti atsevišķi III šķiras zāģbaļķu kontrolsortimenti.

Kopumā 2024/2025. gada ziemā izvērtēts 321 priedes un egles zāģbaļķu kontrolsortiments, attiecīgi 118 priedes zāģbaļķu kontrolsortimenti un 203 egles zāģbaļķu kontrolsortimenti (skat. 1. tab.). Salīdzinājums veikts ievērtējot koku sugu, šķiru un mērnieku, par pamatu ņemot zāģbaļķu atbilstību II šķirai. Atsevišķos gadījumos tika vērtēta zāģbaļķu atbilstība arī III šķirai. Mērnieku noteiktās šķiras sakritība pēc kontrolsortimentu izvērtēšanas pārstrādes vietā svārstās robežās no 91 līdz 95 %.

1. tabula

Izvērtēto priedes un egles zāģbaļķu kontrolsortimentu sadalījums

Suga	Šķira	Mērniesks	Skaitis, gab.
Priede	II šķira	Mērniesks 1	55
		Mērniesks 2	14
		Mērniesks 3	14
		Mērniesks 4	24
	Brāķis	Mērniesks 1	7
		Mērniesks 2	2
		Mērniesks 4	2
Egle	II šķira	Mērniesks 1	64
		Mērniesks 2	39
		Mērniesks 3	43
		Mērniesks 4	38
	III šķira	Mērniesks 1	7
		Mērniesks 2	2
	Brāķis	Mērniesks 1	4
		Mērniesks 2	2
		Mērniesks 3	1
		Mērniesks 4	3
Kopā			321

No 118 priedes zāģbaļķiem II šķirai atbilst 107, bet izbrāķēti tika 11 kontroļsortimenti. Galvenais brāķa iemesls ziemas periodā ir stumbra formas vainas (līkumainība). zari (augstums virs 4 cm vai caurmērs virs 100 mm) un trupe (meža trupes sastopamība). Savukārt, no 203 egles zāģbaļķiem II un III šķirai atbilst attiecīgi 184 un 9, bet izbrāķēti tika 10 kontroļsortimenti. Būtiskākie egles zāģbaļķu brāķa iemesli ir stumbra formas vainas (līkumainība) un trupes sastopamība (skat. 2. tab.).

2. tabula

Priedes un egles zāģbaļķu šķiru un brāķu iemesli

Suga	Šķira	Brāķa iemesls	Skaitis, gab.
Priede	II šķira	---	107
	Brāķis	---	1
		Trupe (meža trupe)	3
		Zari	3
		Stumbra forma (līkumainība)*	4
Egle	II šķira	---	184
	III šķira	---	9
	Brāķis	Trupe (meža trupe)	3
		Stumbra forma (līkumainība)*	7
Kopā			321

* Netiek vērtēts projekta ietvaros

Tālākajā analīzē izvērtējot ar kamerām iegūtos vizuālos datus detāli projekta ietvaros netiek izvērtētas stumbra formas vainas (vienpusīgā un daudzpusīgā līkumainība) un ražošanas vainas (gāšanas un sagarumošanas plaisas, mehāniskie bojājumi sānu virsmā, mehāniskie bojājumi gala virsmā, minerālu piejaukums un harvesteru bojājumi - izrāvumi).

Izvērtējot ar kamerām iegūtos vizuālos datus tiek izvērtēta koksnes vainu sastopamība priedes un egles zāģbaļķiem un veikta salīdzināšana ar sortimenta raksturojumu, kas iegūts veicot izvēlēto kontroļsortimentu apsekošanu pārstrādes vietā.

Ziemas periodā no 118 izvērtētiem priedes zāģbaļķiem nevienas koksnes vainas vizuālajos datos nav novērojamas 44 sortimentiem un līdz ar to šie sortimenti atbilst II šķirai. Vēl II šķirai atbilst 63 priedes zāģbaļķi, kuriem vizuālajos datos ir novērojamas koksnes vainas. Lielāko daļu no šīm koksnes vainām sastāda zari (40 gab.), kas skaidrojams ar to ka zari ir visplašāk izplatītā koksnes vaina. Vēl atlikušajos 23 gadījumos pēc kontroļsortimentu izvērtēšanas pārstrādes vietā ir fiksēta vizuālos datos konstatētā koksnes vaina, bet nav konstatēta priedes II šķiras zāģbaļķu kvalitātes prasībās definēto robežvērtību pārsniegšana.

Ziemas periodā no izvērtētiem 203 egles zāģbaļķiem nevienas koksnes vainas vizuālajos datos nav novērojamas 59 sortimentiem. Līdz ar to šie sortimenti atbilst II šķirai. Vēl II šķirai atbilst 125 egles zāģbaļķi, kuriem vizuālajos datos ir novērojamas koksnes vainas. Lielāko daļu no šīm koksnes vainām sastāda zari (95 gab.), kas skaidrojams ar to ka zari ir visplašāk izplatītā koksnes vaina. Vēl atlikušajos 30 gadījumos pēc kontroļsortimentu izvērtēšanas pārstrādes vietā ir fiksēta vizuālos datos konstatētā koksnes vaina, bet nav

konstatēta egles II šķiras zāģbaļķu kvalitātes prasībās definēto robežvērtību pārsniegšana. Bez II šķiras egles zāģbaļķiem ziemas periodā tika izvērtēti arī 9 III šķiras zāģbaļķu kontroļsortimenti, kuriem tika konstatēti zari, vaļēji saussāni, daudzpusīgā līkumainība un meža trupes klātbūtne (skat. 3. tab.).

3. tabula

Koksnes vainu sastopamība pēc vizuāliem datiem priedes un egles zāģbaļķiem

Suga	Šķira	Koksnes vaina	Skaitis, gab.
Priede	II šķira	---	44
	II šķira	Apaudzis saussāns	1
	II šķira	Vaļējs saussāns	8
	II šķira	Zari	40
	II šķira	Vienpusīgā līkumainība*	2
	II šķira	Daudzpusīgā līkumainība*	2
	II šķira	Gāšanas, sagarumošanas plaisas*	2
	II šķira	Mehāniskie bojājumi sānu virsmā*	7
	II šķira	Mehāniskie bojājumi gala virsmā*	1
	Brāķis	---	1
	Brāķis	Zari	5
	Brāķis	Daudzpusīgā līkumainība*	2
	Brāķis	Meža trupe	3
Egle	II šķira	---	59
	II šķira	Apaudzis saussāns	4
	II šķira	Vaļējs saussāns	3
	II šķira	Zari	95
	II šķira	Vienpusīgā līkumainība*	3
	II šķira	Daudzpusīgā līkumainība*	5
	II šķira	Gāšanas, sagarumošanas plaisas*	2
	II šķira	Mehāniskie bojājumi sānu virsmā*	6
	II šķira	Mehāniskie bojājumi gala virsmā*	2
	II šķira	Nepareiza suga	1
	II šķira	Minerālu piejaukums*	2
	II šķira	Harvesteru bojājums – izrāvums*	2
	III šķira	Vaļējs saussāns	2
	III šķira	Zari	5
	III šķira	Daudzpusīgā līkumainība*	1
	III šķira	Meža trupe	1
	Brāķis	---	2
	Brāķis	Zari	1
	Brāķis	Daudzpusīgā līkumainība*	5
	Brāķis	Meža trupe	2
Kopā			321

* Netiek vērtēts projekta ietvaros

Izvērtējot vizuālos datus konstatēts ka 1 no 11 izbrāķētiem priedes zāģbaļķiem un 2 no 10 izbrāķētiem egles zāģbaļķiem nav ne viena koksnes vaina. Visbiežāk apsekotiem kontrolsortimentiem kā brāķa iemesls ir stumbra formas vainas (līkumainības), kas netiek vērtēta projekta ietvaros, izmantojot vizuālos datus. Pēc vizuālo datu izvērtēšanas brāķētiem kontrolsortimentiem visbiežāk sastopamā koksnes vaina ir zari, bet pēc kontrolsortimentu apsekošanas pārstrādes vietā konstatēts, ka no 5 priedes kontrolsortimentiem ar zariem brāķējami ir 3, bet egles kontrolsortiments ar zariem nav brāķējams, jo nav konstatēta zāģbaļķu kvalitātes prasības definēto zaru robežvērtību pārsniegšana. Līdz ar to šiem kontrolsortimentiem ir cits brāķa iemesls, visbiežāk, stumbra formas vaina (līkumainība) vai meža trupe. Tātad pēc vizuālo datu izvērtēšanas kopumā 3 no 11 priedes un 3 no 10 egles kontrolsortimentiem nav konstatēts brāķa iemesls (ap 30 % gadījumu).

Egles zāģbaļķiem meža trupi ne vienmēr var konstatēt tikai pēc vizuālo datu apsekošanas, lai pārliecinātos par trapes klātesamību nepieciešams apsekot kontrolsortimentus pārstrādes vietā un veikt iecirtienus ar cirvīti gala plaknē (skat 1. att.).



1. att. Egles zāģbaļķu gala plaknes ar meža trupi.

Priedes zāģbaļķu gala plaknēs novērojami priežu cietpiepes *Phellinus pini* (Thore.: Fr.) A. Ames bojājumi, kas attīstās uz augošiem kokiem inficējot tos caur nolūzušiem zariem un sānu virsmas bojājumiem. Sēnes augļķermenis ir 3 – 20 cm daudzgadīga ļoti cietas konsistences piepe pilnīgi bez kātiņa, ar brūnu vai pelēkbrūnu augšpusi un lielām porām klātu gaiši pelēkbrūnu apakšpusi. Aug uz dzīvām priedēm līdz pat trīsdesmit gadu vecumam (skat 2. att. A). Sēņu bojājumi sākas kā sarkanīgs koksnes iekrāsojums centrālajā daļā un attīstās stumbra garenvirzienā, bieži vien līdzīgs kodolkoksnei, kas apgrūtina tās konstatēšanu pēc vizuāliem datiem (skat 2. att. B).



2. att. Priežu cietpiepes *Phellinus pini* auglķkermenis (A) un sēnu bojājums (meža trupe) priedes zāģbaļķa gala plaknē (B).

Izvērtējot vizuālos datus izbrākētiem zāģbaļķiem konstatēts ka ap 30 % sortimentiem nav iespējams noteikt brāķa iemeslu. Šāds rezultāts skaidrojams ar to ka apsekojot kontrolsortimentus pārstrādes vietā ir iespēja apaļo kokmateriālu sānu virsmu redzēt 100 % apjomā, bet izmantojot vizuālos datus no *line scan* kamerām iespējams redzēt maksimums līdz 75 % no sānu virsmas, kas var veicināt atsevišķas koksnes vainas nefiksēšanu. Tāpat koksnes vainu konstatēšanu, izmantojot vizuālos datus, ziemas periodā apgrūtina sniegs vai minerālais piejaukums (skat 3. att.).



3. att. Egles zāģbaļķa gala plakne ar sniegu un priedes zāģbaļķa gala plakne ar minerālu piejaukumu (skatīt no kreisās puses).

Kopumā ievērtējot visas sezonas ir ievākti vizuālie dati par 869 624 skuju koku zāgbaļķiem. Tika veikta kontroļsortimentu apsekošana pārstrādes vietā, lai pārliecinātos, ka sistēmas funkcionēšana atbilst iepriekš formulētajām prasībām. Vizuālo datu validācijai tika izmantoti 1888 kontroļsortimenti (katrs 460. sortiments). Marķēšanas vajadzībām nepieciešamo datorredzes algoritma matemātisko modeļu sagatavošanai atlasīti 7508 skujkoku zāgbaļķu vizuālie dati, kas nodrošina:

- datorredzes servisa uzstādīšanu koku sugas noteikšanai priedei un eglei;
- atlikušā mizas vairuma noteikšanas servisa uzstādīšanu skujkoku zāgbaļķiem;
- apaļo kokmateriālu šķiras noteikšanas servisa uzstādīšanu skujkoku zāgbaļķiem.

2. Bērzu finierkluču izvērtējums

Līdzīgi kā skuju koku zāģbaļķiem arī bērza finierklučiem vizuālo datu iegūšana tika plānota visos 4 gadalaikos. Dēļ neprognozējamiem laikapstākļiem datu ievākšana ir veikta divas ziemas. Dati salīdzināšanai katrā sezonā tika ievākti diennakts tumšajā un gaišajā laikā t.sk. piefiksējot meteoroloģiskos apstākļus. Šajā nodevumā atspoguļots otrajā ziemas periodā ievāktā bērza finierkluču kontrolsortimentu vizuālo datu precizitātes izvērtējums.

Pirmās šķiras lobāmiem sortimentiem vainu vērtēšana ir atkarīga no to izvietojuma. Finierklučos pēc lobīšanas paliek neizmantota centrālā daļa serdenis. Šajā daļā var būt kodola iekrāsojums un nelielas serdes plaisas. Tālāk seko tievgaļa caurmēram atbilstoša cilindriskā lobāmā daļā, kur jābūt labas kvalitātes koksnei noteiktā biezumā. Ārējā koniskajā daļā pieļaujami sānu defekti resgalī. Otrās šķiras lobāmiem sortimentiem neierobežo kodola sēņu iekrāsojumus, bet nepieļauj ka serdes un žūšanas plaisas šķēļ sānu virsmu. Atsevišķus veselozarus pieļauj neatkarīgi no izmēra, bet atsevišķus nokaltušus un trupējušus zarus pieļauj līdz 40 mm diametrā, jo šāda izmēra zaru vietas finierskaidā izlabo, ielīmējot kvalitatīvu finierskaidas ielāpu. Lai mazinātu brāķēto sortimentu īpatsvaru un palielinātu lobāmo sortimentu izmantošanas efektivitāti ir ieviesta arī trešā šķira, kurā tiek pieļauta kodola trupe diametrā līdz 5 cm.

Ziemas periodā izvērtēti 380 bērza finierkluču kontrolsortimenti. Salīdzinājums veikts ievērtējot šķiru un mērnieku, par pamatu ņemot finierkluču atbilstību 3 šķirām – I, II, un III šķira (skat. 4. tab.). Šķira katram finierkluča īsklucim tiek noteikta atsevišķi, tamdēļ turpmākā analīzē izdalīts atsevišķi pirmais un otrais īsklucis, sākot no finierkluča resgaļa. Ziemas periodā mērnieku noteiktās šķiras sakritība pēc kontrolsortimentu izvērtēšanas svārstās robežās no 71 līdz 82 %.

4. tabula

Izvērtēto bērza finierkluču kontrolsortimentu sadalījums

Šķira	Mērnieks	1. īsklucis, gab.	2. īsklucis, gab.
I šķira	Mērnieks 1	26	26
	Mērnieks 2	34	34
	Mērnieks 3	33	33
	Mērnieks 4	12	12
II šķira	Mērnieks 1	58	59
	Mērnieks 2	75	67
	Mērnieks 3	70	69
	Mērnieks 4	34	30
III šķira	Mērnieks 1	6	5
	Mērnieks 2	6	11
	Mērnieks 3	12	13
	Mērnieks 4	3	5
Brāķis	Mērnieks 1	4	4
	Mērnieks 2	1	4
	Mērnieks 3	4	4
	Mērnieks 4	2	4
Kopā		380	380

No izvērtētiem 380 bērza finierklučiem (760 īsklučiem) I šķirai atbilst 210 īskluči, II šķirai atbilst 462 īskluči, III šķirai atbilst 61 īsklucis, bet izbrāķēti tika 27 īskluči.

Ziemas periodā būtiskākie iemesli II šķirai ir kodola iekrāsojums, zari (trupējuši un nokaltuši) un stumbra formas vainas (mizas ieaugums un / vai saussāns). Šīs minētās koksnes vainas attīstās kokam augšanas laikā. Glabāšanas vainu (serdes uz žūšanas plaisas) veidošanās intensitāte ziemas periodā dēļ pazeminātas gaisa temperatūras ir salīdzinoši zema (skat. 5. tab.).

5. tabula

Bērzu finierkluču šķiru un brāķu iemesli

Šķira	Šķiru un brāķa iemesls	1. īsklucis, gab.	2. īsklucis, gab.
I šķira	---	105	105
II šķira	---	70	52
	Trupe (kodola iekrāsojums)	80	63
	Zari	52	78
	Ražošana*	4	5
	Glabāšana (serdes un žūšanas plaisas)	8	9
	Stumbra forma (mizas ieaugums / saussāns)	23	18
III šķira	---	2	---
	Trupe (meža trupe)	1	1
	Zari	8	14
	Ražošana*	9	13
	Glabāšana (serdes un žūšanas plaisas)	2	1
	Stumbra forma (mizas ieaugums / saussāns)	5	5
Brāķis	Trupe (meža trupe)	2	---
	Zari	1	1
	Ražošana*	4	4
	Glabāšana (serdes un žūšanas plaisas)	2	10
	Stumbra forma (sala un zibens plaisas / blīzums)*	2	1
Kopā		380	380

* Netiek vērtēts projekta ievaros

III šķiras iemesli lielākoties ir zari, kuru izmēri pārsniedz II šķirai kvalitātes prasībās definētās robežvērtības un ražošanas vainas pie kurām pieskaita gāšanas un sagaramošanas plaisas, mehāniskos bojājumus sānu virsmā un gala plaknē, minerālo piejaukumu un harvesteru bojājumus – izrāvumus. Tāpat III šķira tiek piešķirta bērza finierklučiem ar stumbra formas vainām (mizas ieaugums un / vai saussāns), kuru raksturlielumi pārsniedz II šķirai kvalitātes prasībās definētās robežvērtības. Vēl ar III šķiru tiek novērtēti īskluči, kuriem sastopama meža trupe diametrā līdz 5 cm.

Būtiskākie brāķa iemesli ir serdes un žūšanas plaisas, kuras šķeļ sānu virsmu un ražošanas vainas no kurām nav iespējams izvairīties piemērojot 2 vai 4 cm caurmēra redukciju, kā arī dimensiju neatbilstības. Tāpat brāķa iemesls ir arī meža trupe virs 5 cm diametrā un stumbra formas vainas - sala un zibens plaisas vai rievots blīzums.

Izvērtējot ar kamerām iegūtos vizuālos datus tiek novērtēta koksnes vainu sastopamība uz bērza finierkļu īskluciem un veikta salīdzināšana ar datiem, kas iegūti veicot izvēlēto kontrolsortimentu apsekošanu pārstrādes vietā (skat. 6. tab.).

6. tabula

Koksnes vainu sastopamība pēc vizuāliem datiem bērza finierkļiem

Šķira	Koksnes vaina	1. īsklucis, gab.	2. īsklucis, gab.
I šķira	---	83	86
	Mizas ieaugums	3	---
	Vesels zars	---	1
	Nokaltis zars	2	4
	Serdes un žūšanas plaista	5	1
	Mehāniskie bojājumi gala virsmā*	---	1
	Kodola iekrāsojums	12	12
II šķira	---	69	65
	Dvīņserde*	---	1
	Mizas ieaugums	13	15
	Valējs saussāns	4	2
	Vesels zars	---	2
	Nokaltis zars	14	25
	Trupējis zars	22	25
	Serdes un žūšanas plaista	9	9
	Gāšanas, sagarumošanas plaisas	5	1
	Mehāniskie bojājumi sānu virsmā*	2	1
	Mehāniskie bojājumi gala virsmā*	1	1
	Minerālu piejaukums*	3	1
	Harvesteru bojājums – izrāvums*	2	---
	Kodola iekrāsojums	93	77
III šķira	---	3	5
	Mizas ieaugums	3	---
	Apaudzis sassāns	1	---
	Valējs saussāns	1	2
	Vesels zars	2	1
	Nokaltis zars	1	4
	Trupējis zars	6	5
	Māzerpuns*	---	1
	Serdes un žūšanas plaista	3	1
	Mehāniskie bojājumi sānu virsmā*	---	6
	Minerālu piejaukums*	3	4

Šķira	Koksnes vaina	1. īsklucis, gab.	2. īsklucis, gab.
III šķira	Harvesteru bojājums – izrāvums*	3	2
	Kodola iekrāsojums	1	2
	Meža trupe	---	1
Brāķis	---	3	1
	Sala un zibens plaisas*	1	1
	Blīzums*	1	---
	Vesels zars	---	1
	Trupējis zars	---	1
	Serdes un žūšanas plaisa	1	8
	Gāšanas un garumošanas plaisa	3	3
	Mehāniskie bojājumi gala virsmā*	---	1
	Kodola iekrāsojums	1	---
	Meža trupe	1	---
Kopā		380	380

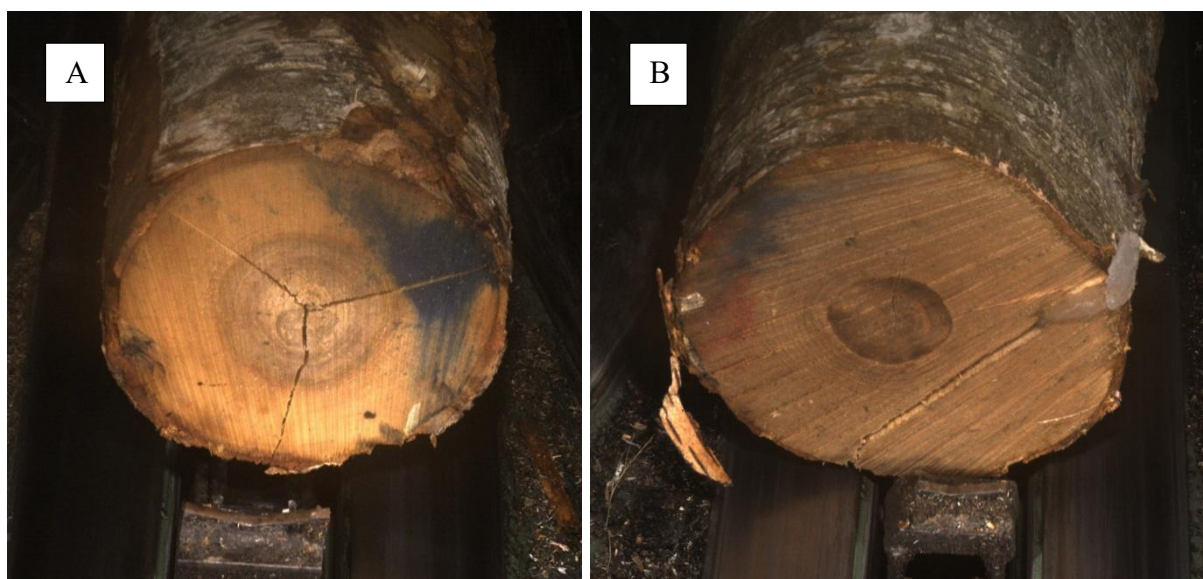
* Netiek vērtēts projekta ievaros

No izvērtētiem 760 bērza finierkluču īskluciem nevienas koksnes vainas vizuālajos datos nav novērojamas 169 īskluciem. Līdz ar to šie īsklucī atbilst I šķirai. Vēl I šķirai atbilst 41 īsklucis, kuriem vizuālajos datos ir novērojamas koksnes vainas, bet pēc kontroļsortimentu izvērtēšanas pārstrādes vietā nav konstatēta bērza finierkluču I šķiras kvalitātes prasībās definēto robežvērtību pārsniegšana.

II šķirai atbilst 462 īsklucī no kuriem nevienas koksnes vainas vizuālajos datos nav novērojamas 134 īskluciem. Šajā gadījumā II šķira piešķirta jo uz kāda no bērza finierkluča īsklucī konstatēta koksnes vaina, kuras raksturlielums neiekļaujas kvalitātes prasībās definētās robežās atbilstoši I šķirai. Vēl II šķirai atbilst 328 īsklucī, kuriem vizuālajos datos ir novērojamas koksnes vainas, kuras pēc kontroļsortimentu izvērtēšanas pārstrādes vietā nepārsniedz II šķirai kvalitātes prasībās definētās robežvērtības.

III šķirai atbilst 61 īsklucī no kuriem iemesls vizuālajos datos nav novērojamas 8 īskluciem. Tas skaidrojams ar to ka piemērojot caurmēra redukciju dēļ ražošanas vainām īsklucis automātiski tiek ielikts III šķirā.

Kopumā izbrāķēti 27 īsklucī no kuriem brāķa iemesls vizuālajos datos nav novērojamas 4 īskluciem (ap 15 % gadījumu). Serdes un žūšanas plaisu veidošanās intensitāte ziemas periodā dēļ pazeminātas gaisa temperatūras ir zemāka salīdzinot ar citiem gadalaikiem, bet tai pat laikā arī ziemā lielākais brāķēto īsklucī īpatsvars veidojas dēļ serdes un žūšanas plaisām, kas šķēļ sānu virsmu (9 gab. jeb 33 %). Gada vēsajā periodā liela daļa no serdes un žūšanas plaisām rodas uzreiz pēc bērza finierkluča sagatavošanas, izlīdzinoties koksnes iekšējiem spriegumiem. Vēl salīdzinoši būtisku īpatsvaru sastāda arī gāšanas un sagarumošanas plaisas (skat 4. att.).



4. att. Bērza finierkluča būtiskākie brāķa iemesli ziemas periodā:

A – serdes un zūšanas plaisa, kas šķel sānu virsmu;

B – gāšanas un sagarumošanas plaisa.

Kopumā ievērtējot visas sezonas ir ievākti vizuālie dati par 1 674 568 bērza finierklučiem. Tika veikta kontrolsortimentu apsekošana pārstrādes vietā, lai pārliecinātos, ka sistēmas funkcionēšana atbilst iepriekš formulētajām prasībām. Vizuālo datu validācijai tika izmantoti 2789 kontrolsortimenti (katrs 600. sortiments). Marķēšanas vajadzībām nepieciešamo datorredzes algoritma matemātisko modeļu sagatavošanai atlasīti 12 273 bērza finierkluču vizuālie dati, kas nodrošina:

- datorredzes servisa uzstādīšanu koku sugas atpazīšanai bērzam;
- atlikušā mizas vairuma noteikšanas servisa uzstādīšanu bērza finierklučiem;
- apaļo kokmateriālu šķiras noteikšanas servisa uzstādīšanu bērza finierklučiem.

3. Koksnes vainu atpazīšanas serviss

Koksnes bojājumus un dažāda veida novirzes no ideālas uzbūves, kas ierobežo tās izmantošanas iespējas, sauc par koksnes vainām. Garenzāģēšanai (zāģbaļķi) un lobīšanai (finierkluči) paredzētos apaļos kokmateriālus sagatavo no augošiem kokiem. Novērtējot to kvalitāti, ir jāņem vērā būtiskākie defekti un vainas, kas pie garenzāģēšanas un lobīšanas ietekmē zāģmateriālu un lobskaidu iznākumu un to kvalitāti tievgaļa caurmēra cilindrā vai lobīšanas cilindrā.

Lai ar datorredzes tehnoloģijām automātiskā režīmā varētu noteikt apaļā kokmateriāla šķiru un tās iemeslu, ir vajadzīgi atsevišķi priekšnosacījumi. Pirmais no tiem ir koku sugas atpazīšana, kas šobrīd ir īstenota sagatavojot sugu atpazīšanas matemātiskos modeļus. Otrs nosacījums ir atlikušā mizas vairuma novērtēšana pēc faktiskā mizas nobrāzuma īpatsvara. Trešais nosacījums ir koksnes vainu atpazīšana un to raksturlielumu noteikšana.

3.1. Zari

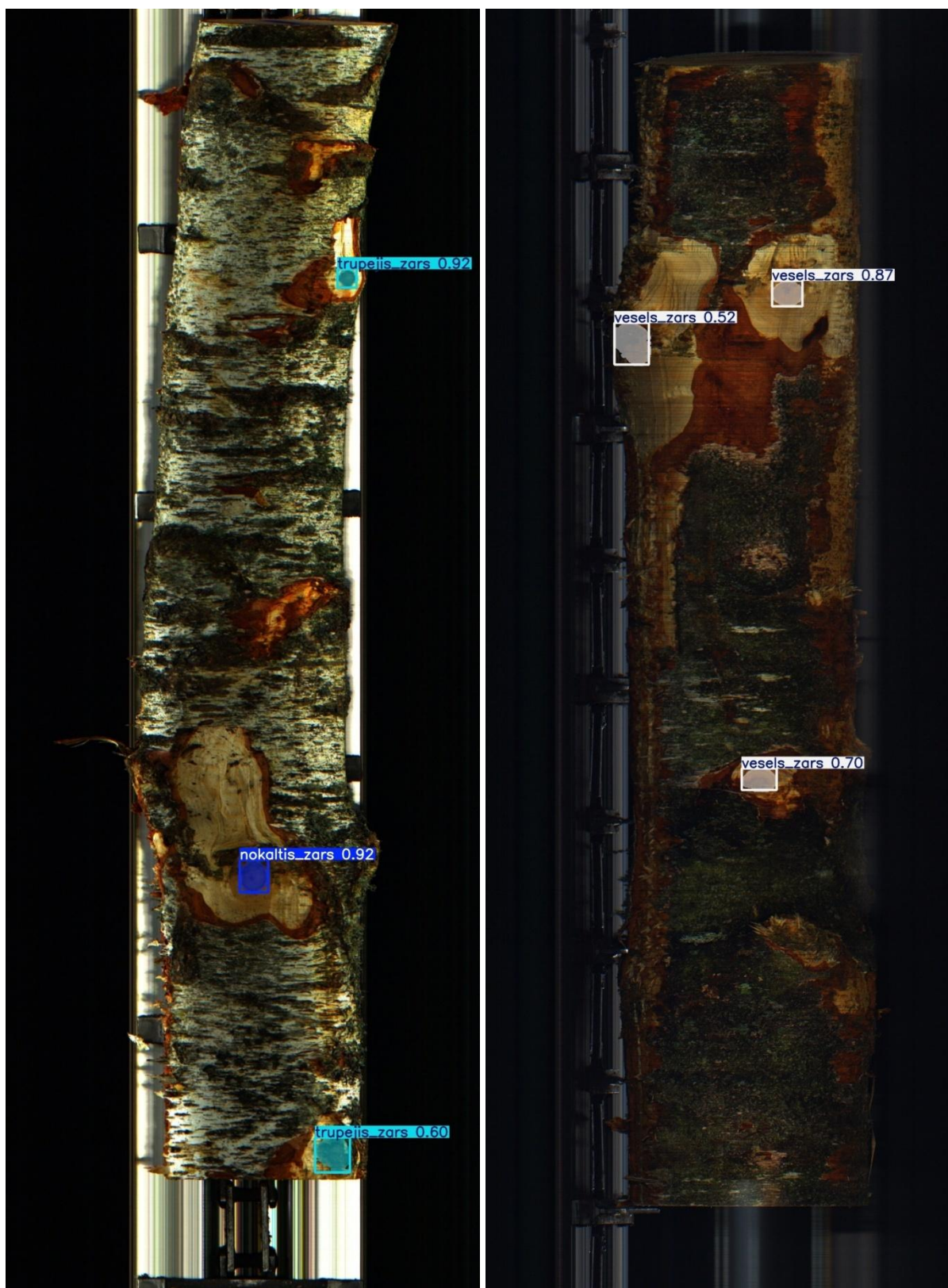
Zari ir visplašāk izplatītā koksnes vaina. Zari var kalpot kā laba pazīme koku sugu noteikšanai zāģmateriāliem. Skujkokiem zari sakārtoti mieturos, kur vairāki zari vienādā augstumā izvietojas uz dažādām pusēm. Lapkokiem zari aug pamīšus.

Izdala divus atšķirīgus zaru veidus – apaugušus un vaļējus. Par vaļējiem sauc zarus, kas atzarošanas brīdī izvirzīti virs stumbra virsmas, bet pēc atzarošanas zara pamatne redzama uz apaļā sortimenta izliektās virsmas. Izmantojot ar line scan kamerām iegūtos vizuālos datus izstrādāts datorredzes algoritma matemātiskais modelis vaļējo zaru atpazīšanai.

Vaļējos zarus iedala pēc koksnes stāvokļa:

- veseli;
- nokaltuši;
- trupējuši.

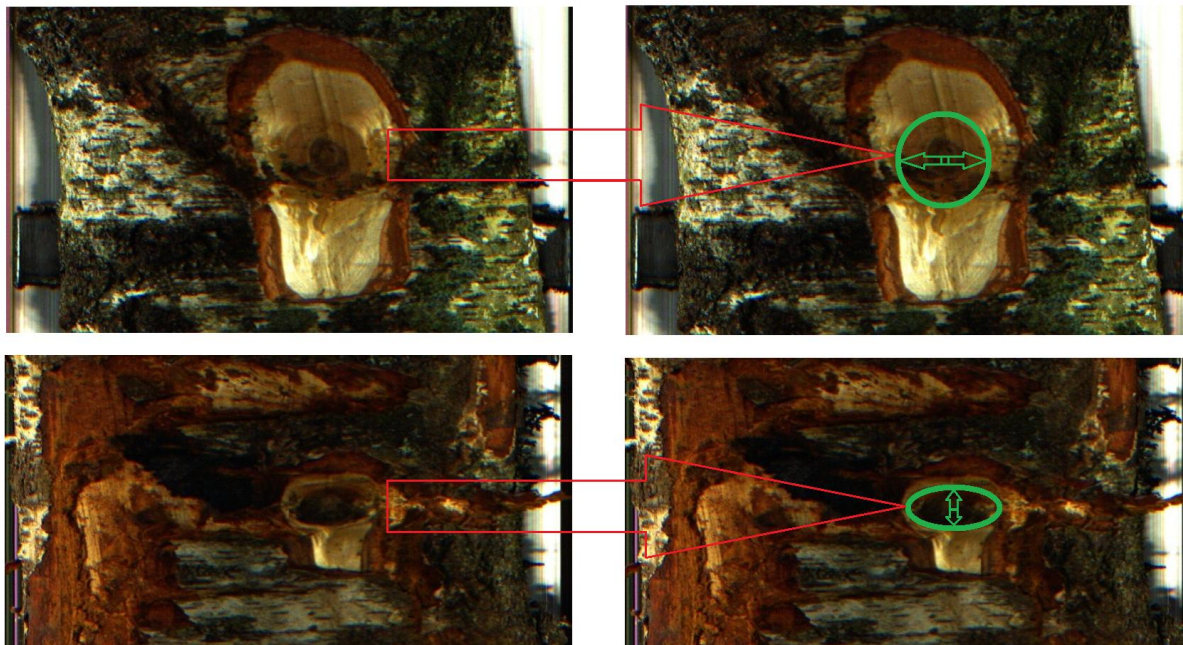
Veseli saauguši zari veido dzīvo vainaga daļu, zaru koksne ir bez trapes pazīmēm un saaugusi ar stumbra koksni. **Nokaltuši zari** ir ar sausu, atmirusu, tumšāk iekrāsotu koksni, bez trapes un mazāk nekā $\frac{1}{4}$ no zara perimetra ir saaugusi ar stumbra koksni. Stumbra zaru daļā sastopami arī **trupējuši zari** ar trapes pazīmēm, kuriem ir mīkstāka koksne vai novērojami padziļinājumi stumbra virsmā ar irdenu koksnes masu (skat 5. att.).



5. att. Vizualie dati pēc apstrādes ar datorredzes algoritma matemātisko modeli zaru atpazīšanai.

Ar datorredzes tehnoloģiju palīdzību bez zaru veida noteikšanas jānovērtē arī to caurmērs. Zaru caurmēru uzmēra tā šaurākajā virzienā bez mizas. Veselam zaram caurmēru uzmēra apkārt zara vistumšākajam ārējam gadskārtu gredzenam.

Lai varētu novērtēt zaru caurmēru uz vizuāliem datiem zaru pielīdzina riņķa līnijai vai elipsei ar divām simetrijas asīm, kas ir savstarpēji perpendikulāras. Zaru caurmēra raksturošanai izmanto īsāko no divām simetrijas asīm (skat. 6. att.).



6. att. Zaru pielīdzināšana riņķa līnijai vai elipsei.

3.2. Plaisas

Plaisas ir koksnes šķiedru pārrāvums, kas rodas, kokam augot, to gāžot vai sagarumojot un sortimentiem žūstot uzglabāšanas laikā. Plaisas izjauc koksnes viengabalainību un samazina stiprības rādītājus.

Viena vai vairākas liela izmēra radiālas (starveidīgas) plaisas, **kas sākas no serdes (šeit ir lielākais plaisas platums)** un virzās uz aplievas pusi, sauc par **serdes un žūšanas plaisām**.

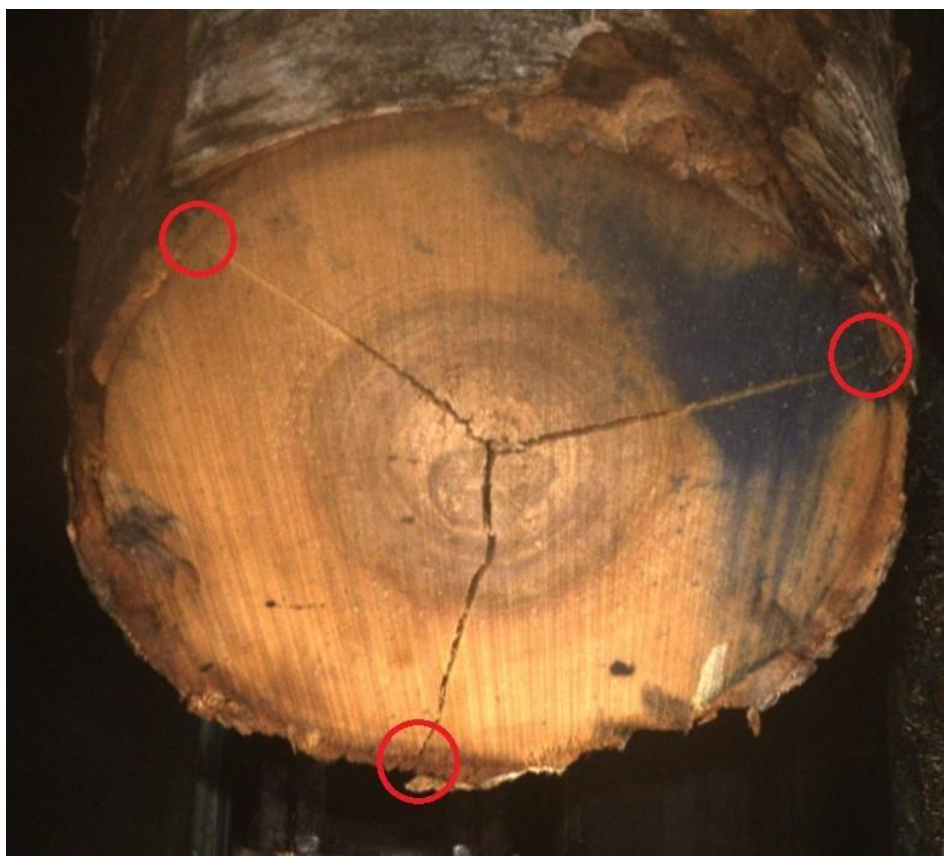
Izvērtējot serdes un žūšanas plaisas bērza finierkluču gala plaknēs jānovērtē sekojošas lietas:

- plaisas platums un garums;
- vai plaisa pārsņķēl/nepārsņķēl kokmateriāla sānu plakni.

Izmantojot vizuālos datus un datorredzes tehnoloģijas serdes un žūšanas plaisu vērtēšanā jāatceras ka ietekme uz šķiru sadalījumu ir plaisām kuru platums ir **virs 2 mm**. Pārsniedzot 2 mm platumu tiek uzmērīts plaisas garākais garums (skat. 7. att.) un vērtēts vai plaisa pārsņķēl/nepārsņķēl kokmateriāla sānu plakni (skat. 8. att.).



7. att. Serdes un žūšanas plaisas platuma un garuma uzmērīšana.



8. att. Vērtēšanas punkti serdes un žūšanas plaisām vai pāršķel/nepāršķel kokmateriāla sānu plakni.

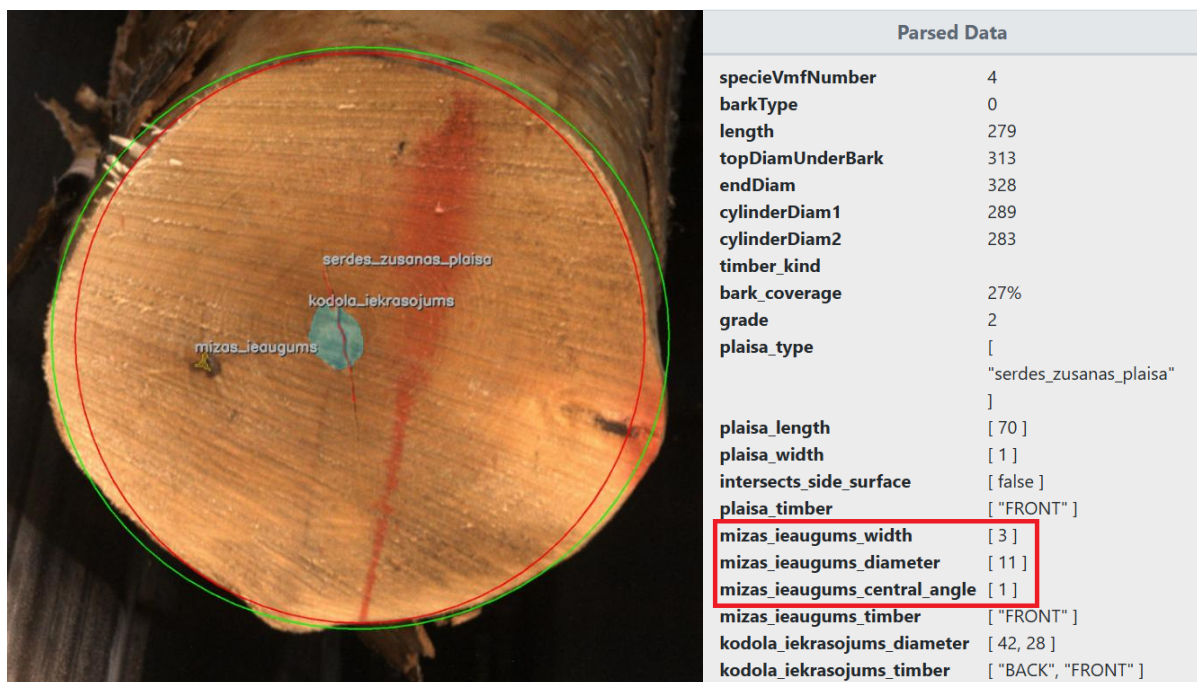
3.3. Mizas ieaugumi un saussāni

Saussāni un mizas ieaugumi ir brūces sortimenta sānu virsmā, kuru ietekme uz koksnes kvalitāti un vērtēšana ir līdzīga. Saussāni ir augošam kokam atmiruši stumbra virsma bez mizas. Tāda virsma parasti rodas cilvēka, dzīvnieka vai tehnikas izraisīta mizas nobrāzuma vietā. Šī stumbra daļa ir deformēta, veidojas padziļinājums, jo koks cenšas apaudzēt izveidojušos rētu, izraisot gadskārtu apliekšanos gar brūces malām. Saussāna vietā var attīstīties koksnes plaisāšana, iekrāsošanās vai trupēšana.

Mizas ieaugums ir saussāniem līdzīga koksnes vaina, kad kambija bojājuma rezultāta cietusī stumbra daļa ko klāj plānāka miza, neveido jaunu koksnes pieaugumu un sāk pārvērsties padziļinātā brūcē, kas pēc zināma laika var apaugt ar koksni.

Ar datorredezes tehnoloģiju palīdzību novērtē mizas ieaugumu bērza finierkluču gala plaknēs. Vainas vērtēšanā mizas ieaugumiem vērtē sekojošas lietas:

- ietekmi uz lobīšanas cilindru;
- diametru, kurā iekļaujas mizas ieaugums;
- mizas ieauguma lielāko biezumu;
- mizas ieauguma aplozes leņķi (skat. 9. att.).



9. att. Mizas ieaugumu novērtēšana bērza finierkluču gala plaknē.

Vērtējot **saussānu**, galvenā izmanība vērsta uz to vai koksnes bojājums ietekmē finierkluču **lobīšanas cilindru**. Bērza finierklučiem saussāns II šķirai pieļaujams ārpus lobīšanas cilindra, bet III šķirai pieļaujams arī lobīšanas cilindrā (skat. 10. att.).



10. att. Saussāna novērtēšana bērza finierkluču gala plaknē (sarkanā līnija – lobīšanas cilindrs).

3.4. Kodola sēņu bojājumi

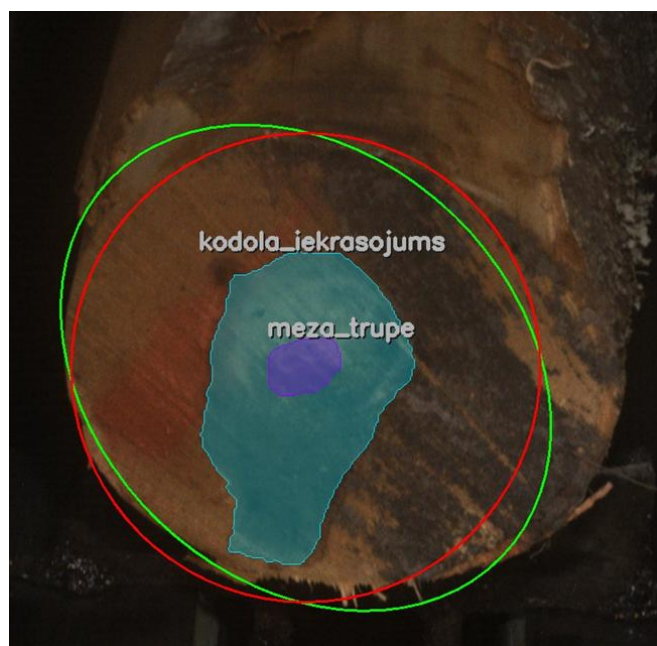
Kodola iekrāsojumi ir sēņu bojājumu sākotnējā stadija. Krāsojuma forma, lielums un tonis ir dažāds: krāsaini plankumi, joslas vai nepārtraukti laukumi. Tas viss var būt brūns, iesarkans, pelēks, violets līdz pat melnam.

Kodola trupe (meža trupe) veidojusies augošos kokos stumbra centrālajā daļā un tās rezultātā samazinās koksnes stiprības rādītāji. Trupi vērtē sortimenta gala virsmā. Kodola trupes beigu stadija ir dobums.

Kodola iekrāsojumu un trupes (meža trupe) novērtēšanā vērtē:

- vainas sastopamību;
- kodola iekrāsojuma un / vai meža trupes caurmēru (skat. 11. att).

Ja kodola sēņu bojājumi veido atsevišķus laukumus, tos uzmēra, **vizuāli reducējot uz centru**. Arī šajā gadījumā vērtē kodola sēņu bojājuma caurmēru gala plaknē.

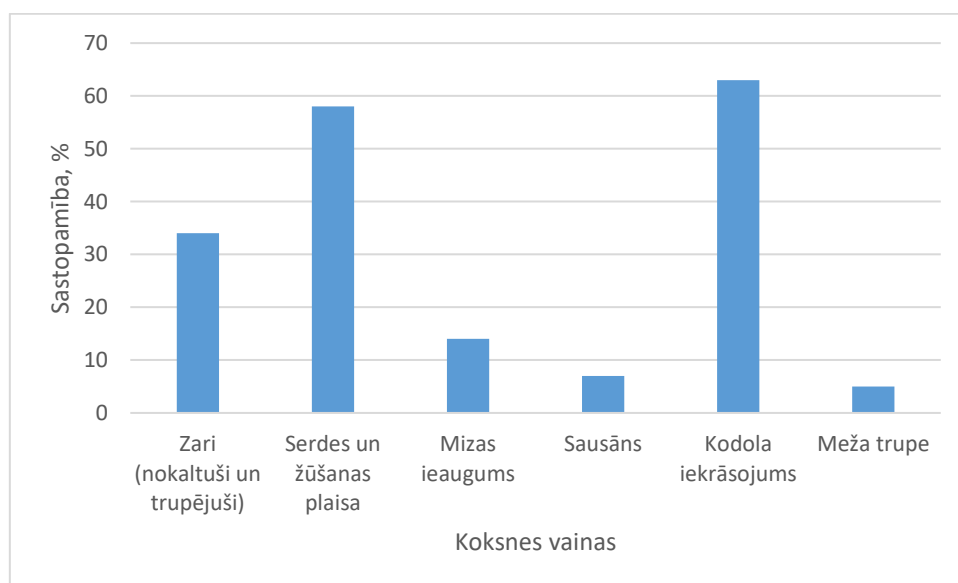


11. att. Kodola sēņu bojājumu novērtēšana bērza finierkļu gala plaknē.

3.5. Koksnes vainu atpazīšanas sakritība

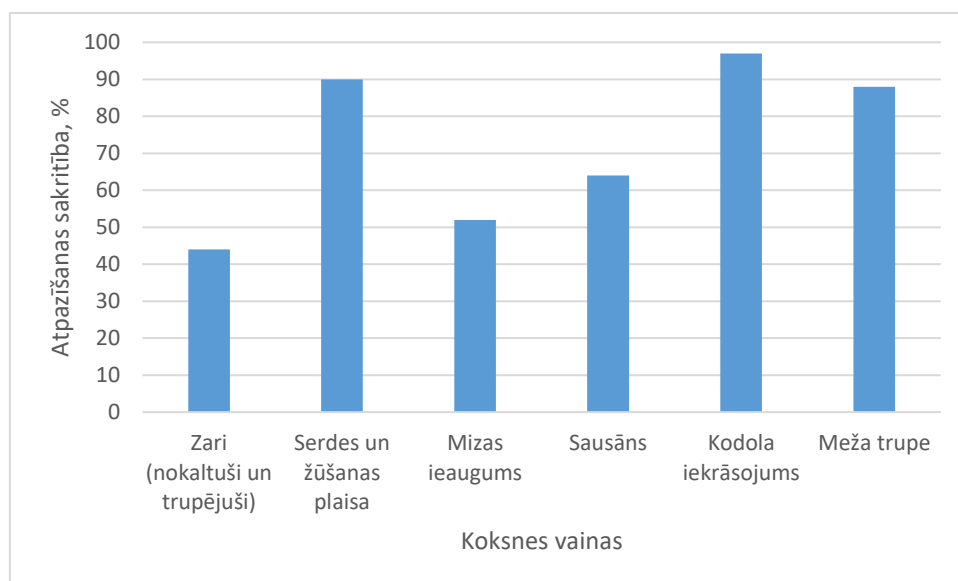
Lai novērtētu izstrādātos datorredzes algoritma matemātiskos modeļus koksnes vainu atpazīšanai un novērtēšanai, sākotnēji iegūtos un ar algoritmu apstrādātos vizuālos datus kokmateriālu uzmērītājs izvērtēti arī manuāli, lai pārliecinātos par algoritma precizitāti koksnes vainu atpazīšanā un raksturlielumu novērtēšanā.

Iepriekš izvēlētiem bērza finierkļiem (vizuālo datu paraugkopa) pēc kokmateriālu uzmērītāja veiktās izvērtēšanas kā plašāk sastopamākās koksnes vainas ir kodola iekrāsojums (63 % gadījumu), trupējuši un nokaltuši zari (34 % gadījumu), kā arī gada siltajā periodā serdes un žūšanas plaisas (58 % gadījumu). Šīs ir arī būtiskākās koksnes vainas, kas ietekmē bērzu finierkļu šķiru sadalījumu (skat. 12. att.).



12. att. Koksnes vainu sastopamība uz bērza finierkļiem pēc kokmateriālu uzmērītāja veiktās izvērtēšanas.

Balstoties uz iepriekš izvērtētiem datiem (bērzu finierkluču vizuālo datu paraugkopa) tālākajā analizē izvērtēta koksnes vainu atpazīšanas sakritība pēc datorredzes algoritma matemātisko modeļu pielietošanas (skat. 13. att.).



13. att. Koksnes vainu atpazīšanas sakritība pēc datorredzes algoritma matemātisko modeļu izmantošanas.

No apskatītām koksnes vainām atpazīšana virs 80% gadījumu ar datorredzes algoritma matemātiskiem modeļiem tiek nodrošināta kodola iekrāsojumam (97 %), serdes un žūšanas plaisām (90 %) un meža trupei (88 %). Virs 60 % gadījumu vainas atpazīšana tiek nodrošināta saussāniem (64 %), bet mizas ieaugumiem un zariem (nokaltuši un trupējuši) vainas atpazīšana tiek nodrošināta virs 40 % gadījumu.

4. Šķiras noteikšanas serviss

Balstoties uz koksnes vainu atpazīšanu un raksturlielumu noteikšanu tiek noteikta bērzu finierkluču šķira. Par pamatu šķiru dalījumam tiek izmantots Latvijas standarts LVS 80-7:2024 “Apalo kokmateriālu kvalitātes prasības. 7. daļa: Bērza finierkluču kvalitātes prasības”, ko izstrādājusi Latvijas Kokmateriālu pircēju un Latvijas Kokmateriālu pārdevēju biedrību Vienotās konsultatīvās padomes darba grupa un apstiprinājusi Latvijas standartizācijas tehniskā komiteja LVS/STK 38 “Kokmateriāli”.

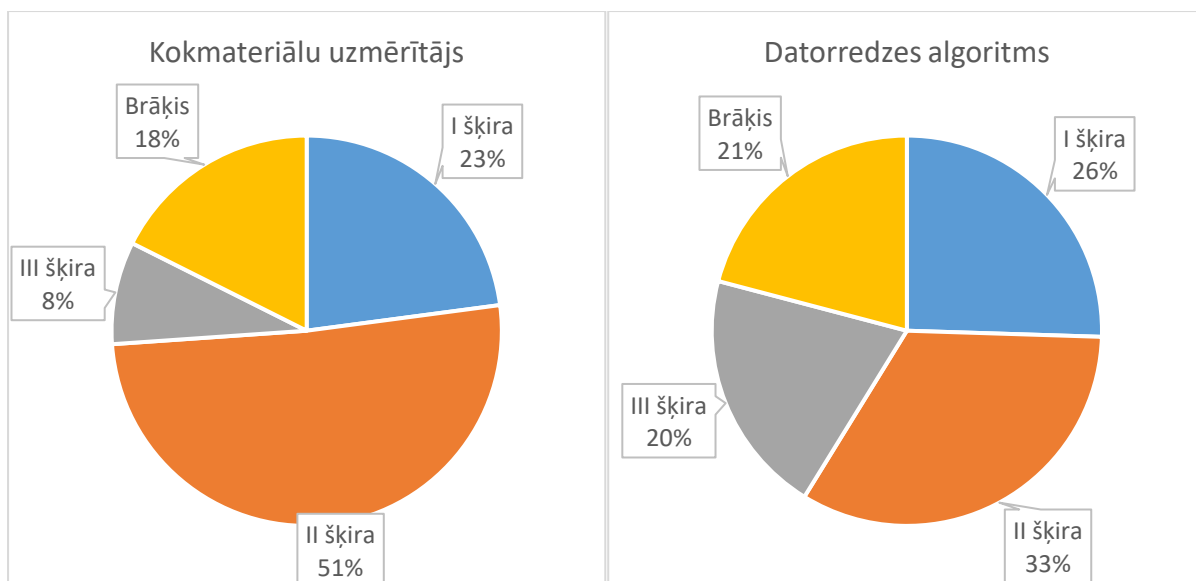
Latvijas kokmateriālu pircēji un pārdevēji ir vienojušies bērzu finierklučus sadalīt četrās šķirās - pirmā šķira, otrā šķira, trešā šķira un “brāķis” jeb neatbilstošs kokmateriāls. Bērzu finierkluču vērtēšanu sarežģī fakts, ka kvalitāte tiek vērtēta īsklučos, jo tā tiek organizēta finierkluču tālākā pārstrāde rūpnīcās.

Sākotnēji tiek izvērtēts šķiru sadalījums pēc kokmateriālu uzmērītāja vērtējuma, lai izvērtētu sagatavotos algoritmus šķiru novērtēšanā, balstoties uz datorredzes algoritma matemātisko modeļu rezultātiem pēc bērzu finierkluču vizuālo datu apstrādes (skat. 14. att.).



14. att. Bērza finierkluča gala plakne pirms un pēc datorredzes algoritma matemātisko modeļu izmantošanas.

Balstoties uz datorredzes algoritma matemātiskiem modeļiem tiek atpazītas koksnes vainas un noteikti to raksturlielumi, izvērtējot to ietekmi uz lobīšanas cilindru. Šī sagatavotā informācija kalpo par pamatu, lai sagatavotu šķiru noteikšanas algoritmus. Veicot šķiru noteikšanas analīzi visi dati tiek salīdzināti ar kokmateriālu uzmērītāja vērtējumu. Pēc kokmateriālu uzmērītāja vērtējuma analīzei izvēlētie finierkluči pa šķirām sadalās sekojoši: I šķira – 23 %; II šķira – 51 %; III šķira – 8 %; brāķis – 18 % (skat. 15. att.).



15. att. Bērza finierkluču šķiru sadalījums pēc kokmateriālu uzmērītāja vērtējuma un datorredzes algoritmu matemātisko modeļu izmantošanas.

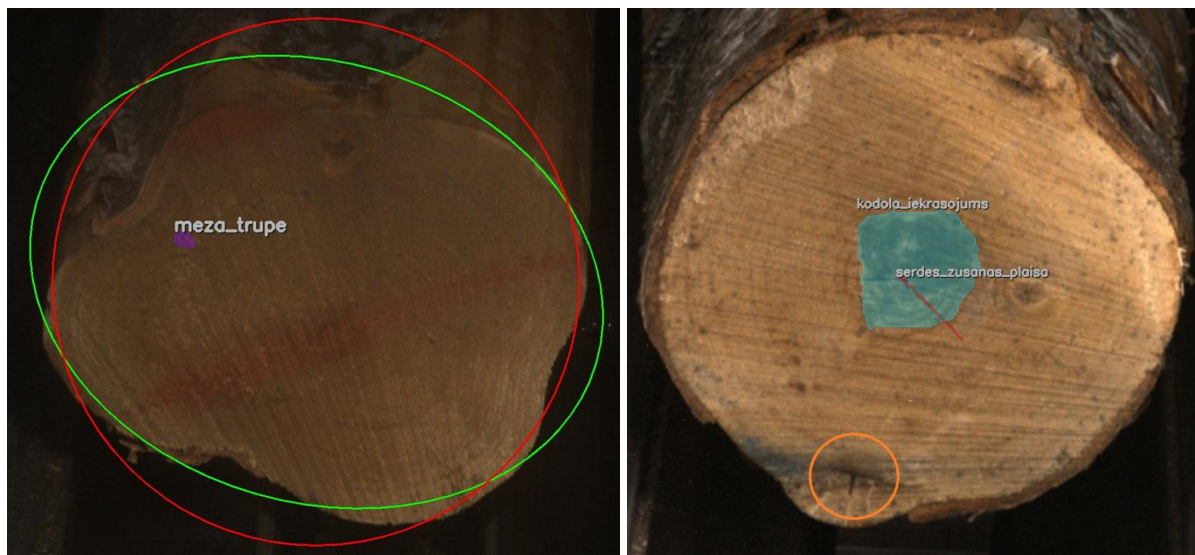
Bet pamatojoties uz datorredzes algoritma matemātisko modeļu rezultātiem analīzei izvēlētiem finierklučiem šķiras sadalās sekojoši: I šķira – 26 %; II šķira – 33 %; III šķira – 20 %; brāķis – 21 %. Lielākās atšķirības izvērtējot finierkluču skaita īpatsvaru pa šķirām ir starp II un III šķiru.

Kopumā pēc analīzei izvēlēto finierkluču izvērtēšanas šķiru sakritība ir 57 % gadījumu. Salīdzinoši zemā šķiru sakritība veidojas dēļ tā ka pēc datorredzes algoritma matemātisko modeļu izmantošanas netiek konstatētas visas esošās koksnes vainas, piemēram nokaltuši un trupējuši zari, kā arī sagatavotie algoritmi šķiru novērtēšanai ne vienmēr korekti ievērtē koksnes vainu ietekmi uz lobīšanas cilindru, piemēram, saussāniem (skat. 16. att.).



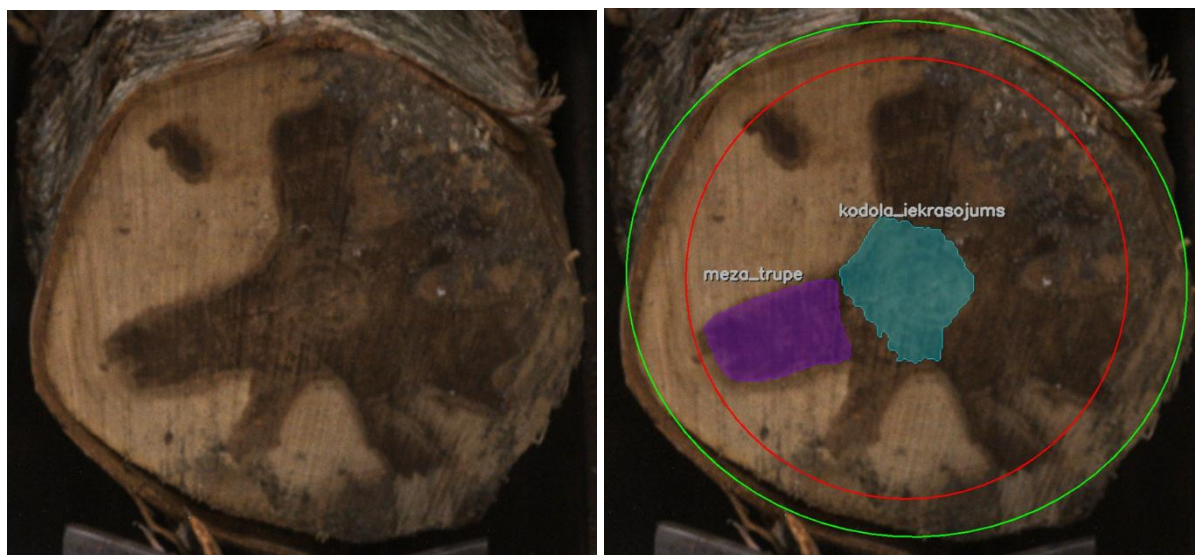
16. att. Saussāns bērza finierkluča lobīšanas cilindrā (sarkanā līnija).

Tāpat pēc datorredzes algoritma matemātisko modeļu pielietošanas finierklučiem norādītas koksnes vainas, kuras pēc kokmateriālu uzmērītāja redzējuma nav novērojamas, piemēram, meža trupe. Tai pat laikā ir koksnes vainas, kas pēc datorredzes algoritma matemātisko modeļu pielietošanas netiek konstatētas, bet kokmateriālu uzmērītājs konstatē, piemēram, mizas ieaugumi (skat. 17. att.).



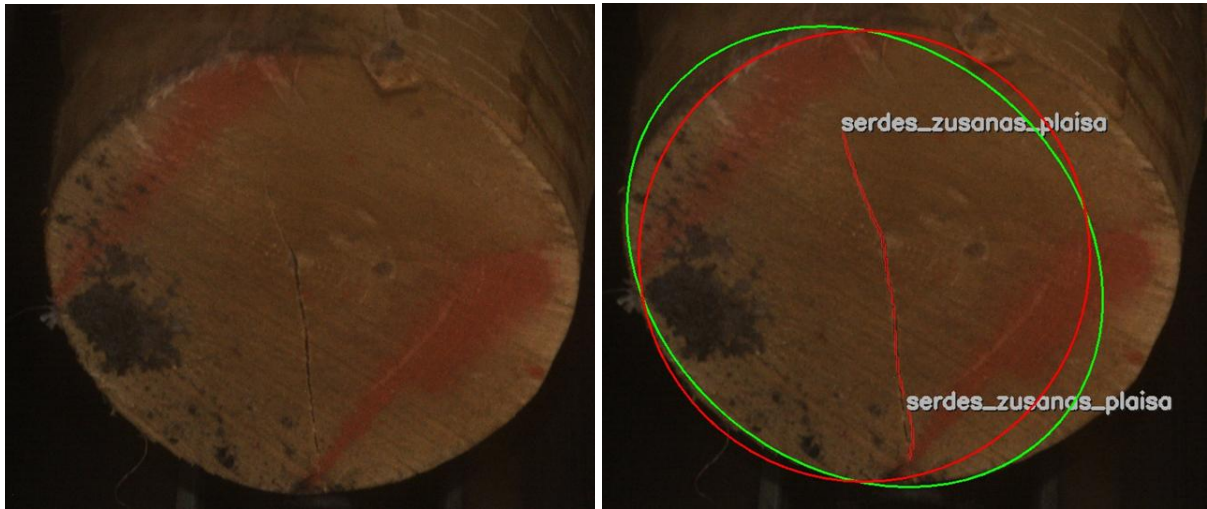
17. att. Faktiski neesošas koksnes vainas (meža trupe) konstatēšana un neatpazīta koksnes vaina (mizas ieaugums) pēc datorredzes algoritmu matemātisko modeļu izmantošanas.

Vēl ne vienmēr korekti tiek atpazīti sēņu bojājumi (kodola iekraojums un meža trupe) un novērtēti to laukumi pēc kuriem tiek aprēķināts sēņu bojājumu caurmērs, kā rezultātā netiek noteikta atbilstošā šķira (skat. 18. att.).



18. att. Nekorekta sēņu bojājumu atpazīšana un laukuma novērtēšanas pēc datorredzes algoritmu matemātisko modeļu izmantošanas.

Vairumā gadījumu serdes un žūšanas plaisas tiek korekti atpazītas, bet atsevišķos gadījumos nosakot plaisas garumu plaisa tiek sadalīta vairākās daļās un līdz ar to šķiras noteikšanā tiek izmantots ievērojami īsāks plaisas garums salīdzinot ar faktisko (skat. 19. att.).



19. att. Serdes un žūšanas plaisas sadalīšana divās plaisās pēc datorredzes algoritmu matemātisko modeļu izmantošanas.

Secinājumi

1. Izvērtējot vizuālos datus izbrāķētiem zāgbaļķiem konstatēts ka ap 30 % sortimentiem nav iespējams noteikt brāķa iemeslu. Skuju koku zāgbaļķiem meža trupi ne vienmēr var konstatēt tikai pēc vizuālo datu apsekošanas, lai pārliecinātos par trupes klātesamību nepieciešams apsekot kontrolsortimentus pārstrādes vietā un veikt iecirtienus ar cirvīti gala plaknē. Tāpat koksnes vainu konstatēšanu, izmantojot vizuālos datus, ziemas periodā apgrūtina sniegs vai minerālais piejaukums.
2. Priedes zāgbaļķu gala plaknēs novērojami priežu cietpiepes *Phellinus pini* (Thore.: Fr.) A. Ames bojājumi, kas attīstās uz augošiem kokiem inficējot tos caur nolūzušiem zariem un sānu virsmas bojājumiem. Sēņu bojājumi sākas kā sarkanīgs koksnes iekrāsojums centrālajā daļā un attīstās stumbra garenvirzienā, bieži vien līdzīgs kodolkoksnei, kas apgrūtina tās konstatēšanu pēc vizuāliem datiem.
3. Kopumā ievērtējot visas sezonas ir ievākti vizuālie dati par 869 624 skuju koku zāgbaļķiem. Vizuālo datu validācijai tika izmantoti 1888 kontrolsortimenti (katrs 460. sortiments). Marķēšanas vajadzībām nepieciešamo datorredzes algoritma matemātisko modeļu sagatavošanai atlasīti 7508 skujkoku zāgbaļķu vizuālie dati, kas nodrošina nepieciešamo servisu sagatavošanu un uzstādīšanu skuju koku zāgbaļķiem.
4. Bērza finierklučiem serdes uz žūšanas plaisu veidošanās intensitāte ziemas periodā dēļ pazeminātas gaisa temperatūras ir zemāka salīdzinot ar citiem gadalaikiem, bet tai pat laikā arī ziemā lielākais brāķēto īskluču īpatsvars veidojas dēļ serdes un žūšanas plaisām, kas šķēļ sānu virsmu (33 %). Gada vēsajā periodā liela daļa no serdes un žūšanas plaisām rodas uzreiz pēc bērza finierkluča sagatavošanas, izlīdzinoties koksnes iekšējiem spriegumiem.
5. Kopumā ievērtējot visas sezonas ir ievākti vizuālie dati par 1 674 568 bērza finierklučiem. Vizuālo datu validācijai tika izmantoti 2789 kontrolsortimenti (katrs 600. sortiments). Marķēšanas vajadzībām nepieciešamo datorredzes algoritmu matemātisko modeļu sagatavošanai atlasīti 12 273 bērza finierkluču vizuālie dati, kas nodrošina nepieciešamo servisu sagatavošanu un uzstādīšanu bērza finierklučiem.
6. Pēc kokmateriālu uzmērītāja veiktās izvērtēšanas kā plašāk sastopamākās koksnes vainas bērza finierklučiem ir kodola iekrāsojums (63 % gadījumu), trupējuši un nokaltuši zari (34 % gadījumu), kā arī gada siltajā periodā serdes un žūšanas plaisas (58 % gadījumu). Šīs ir arī būtiskākās koksnes vainas, kas ietekmē bērzu finierkluču šķiru sadalījumu.
7. No apskatītām bērza finierkluču koksnes vainām atpazīšana virs 80% gadījumu ar datorredzes algoritma matemātiskiem modeļiem tiek nodrošināta kodola iekrāsojumam (97 %), serdes un žūšanas plaisām (90 %) un meža trupei (88 %). Virs 60 % gadījumu vainas atpazīšana tiek nodrošināta saussāniem (64 %), bet mizas ieaugumiem un zariem (nokaltuši un trupējuši) vainas atpazīšana tiek nodrošināta virs 40 % gadījumu.
8. Salīdzinot bērza finierkluču šķiru vērtējumu pēc kokmateriālu uzmērītāja vērtējuma un pēc datorredzes algoritma matemātisko modeļu rezultātiem, analīzei izvēlēto finierkluču šķiru sakritība ir 57 %. Salīdzinoši zemā šķiru sakritība veidojas dēļ tā ka pēc datorredzes algoritma matemātisko modeļu izmantošanas netiek konstatētas visas iespējamās koksnes vainas vai arī norādīti neatbilstoši to raksturlielumi.