

RUDENS 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.....	6
3. Zaru atpazīšanas algoritma izvērtējums.....	10
Secinājumi.....	16

1. Priedes un egles zāģbaļķu izvērtējums

Izvērtējot datorredzes tehnoloģiju izmantošanas iespējas apaļo kokmateriālu sugas, mizas vairuma un kvalitātes šķiras noteikšanā pēc noteikta iemesla (koksnes vainas) tiek izstrādāti attiecīgi datorredzes algoritmu matemātiskie modeļi, kas apmierinātu apaļo kokmateriālu pircēju un pārdevēju vajadzības. Jāpiemin, ka šobrīd apaļo kokmateriālu uzmērīšanas procesā kokmateriālu uzmērītājs katram sortimentam pie katra parametra novērtēšanas fiziski nospiež pogu uz automātiskās uzmērīšanas ierīces pults.

Pētījums tiek īstenots realizējot augstāk minētos uzdevumus visos 4 gadalaikos un dažādās diennakts stundās. Dati salīdzināšanai katrā gadalaikā tiek ievākti diennakts tumšajā un gaišajā laikā, piefiksējot meteoroloģiskos apstākļus.

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.

Kopumā 2024. gada rudenī izvērtēti 214 priedes un egles zāģbaļķu kontrolosortimenti, attiecīgi 90 priedes zāģbaļķu kontrolosortimenti un 124 egles zāģbaļķu kontrolosortimenti (skat. 1. tab.). Salīdzinājums veikts ievērtējot koku sugu, šķiru un mērnieku, par pamatu ņemot zāģbaļķu atbilstību II šķirai. Mērnieku datu sakritība pēc kontrolosortimentu izvērtēšanas pārstrādes vietā svārstās robežās no 89 līdz 97 %.

1. tabula

Izvērtēto priedes un egles zāģbaļķu kontrolosortimentu sadalījums

Suga	Šķira	Mērnieks	Skaitis, gab.
Priede	II šķira	Mērnieks 1	47
		Mērnieks 2	1
		Mērnieks 3	10
		Mērnieks 4	24
	Brāķis	Mērnieks 1	6
		Mērnieks 4	2
Egle	II šķira	Mērnieks 1	44
		Mērnieks 2	8
		Mērnieks 3	37
		Mērnieks 4	29
	Brāķis	Mērnieks 1	1
		Mērnieks 2	1
		Mērnieks 3	1
		Mērnieks 4	3
Kopā			214

No 90 priedes zāģbaļķiem II šķirai atbilst 82, bet izbrāķēti tika 8 sortimenti. Galvenais brāķa iemesls rudens periodā ir stumbra formas vainas (līkumainība). Atsevišķi priedes

zāģbaļķi izbrāķēti dēļ zaru augstuma (virs 4 cm) un trupes. Savukārt, no 124 egles zāģbaļķiem II šķirai atbilst 118, bet izbrāķēti tika 6 sortimenti. Būtiskākie egles zāģbaļķu brāķa iemesli ir stumbra formas vainas (līkumainība) un trupe (skat. 2. tab.).

2. tabula

Priedes un egles zāģbaļķu šķiru un brāķu iemesli

Suga	Šķira	Brāķa iemesls	Skaits, gab.
Priede	II šķira	---	77
		Stumbra forma (līkumainība)*	5
	Brāķis	---	1
		Trupe	2
		Zari	1
		Stumbra forma (līkumainība)*	4
Egle	II šķira	---	114
		Ražošana*	1
		Stumbra forma (līkumainība)*	3
	Brāķis	Trupe	1
		Stumbra forma (līkumainība)*	5
Kopā			214

* 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 sagnarumošanas 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 kontrolsortimentu apsekošanu pārstrādes vietā.

Rudens periodā no 90 izvērtētiem priedes zāģbaļķiem nevienas koksnes vainas vizuālajos datos nav novērojamas 43 sortimentiem un līdz ar to šie sortimenti atbilst II šķirai. Vēl II šķirai atbilst 39 priedes zāģbaļķi, kuriem vizuālajos datos ir novērojamas koksnes vainas. Lielāko daļu no šīm koksnes vainām sastāda zari (30 gab.), kas skaidrojams ar to ka zari ir visplašāk izplatītā koksnes vaina. Atlikušajos 9 gadījumos pēc kontrolsortimentu izvērtēšanas pārstrādes vietā nav konstatēta priedes zāģbaļķu kvalitātes prasībās definēto robežvērtību pārsniegšana.

Izvērtējot vizuālos datus izbrāķētiem zāģbaļķiem konstatēts ka 1 no 8 sortimentiem nav iespējams noteikt brāķa iemeslu (skat. 3. tab.). Izvērtējot 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.

Koksnes vainu sastopamība pēc vizuāliem datiem priedes un egles zāģbaļķiem

Suga	Šķira	Koksnes vaina	Skaitis, gab.
Priede	II šķira	---	43
		Vaļējs saussāns	4
		Zari	30
		Gāšanas, sagarumošanas plaisas*	1
		Mehāniskie bojājumi sānu virsmā*	3
		Mehāniskie bojājumi gala virsmā*	1
	Brāķis	---	1
		Zari	3
		Daudzpusīgā likumainība*	2
		Meža trupe	2
Egle	II šķira	---	53
		Apaudzis saussāns	2
		Vaļējs saussāns	3
		Zari	50
		Gāšanas, sagarumošanas plaisas*	1
		Mehāniskie bojājumi sānu virsmā*	4
		Mehāniskie bojājumi gala virsmā*	2
		Mīnerālu piejaukums*	1
	Harvesteru bojājums - izrāvums*	2	
	Brāķis	---	3
Daudzpusīgā likumainība*		3	
Kopā			214

* Netiek vērtēts projekta ietvaros

Rudens periodā no izvērtētiem 124 egles zāģbaļķiem nevienas koksnes vainas vizuālajos datos nav novērojamas 53 sortimentiem. Līdz ar to šie sortimenti atbilst II šķirai. Vēl II šķirai atbilst 65 egles zāģbaļķi, kuriem vizuālajos datos ir novērojamas koksnes vainas. Lielāko daļu no šīm koksnes vainām sastāda zari (50 gab.), kas skaidrojams ar to ka zari ir visplašāk izplatītā koksnes vaina. Vēl bieži vien vizuālajos datos uz egles zāģbaļķiem ir novērojams saussāni, bet veicot kontrolsortimentu apsekošanu pārstrādes vietā netiek konstatēta kvalitātes prasībās definētā raksturlieluma pārsniegšana. Atlikušajos 10 gadījumos ražošanas vainas pēc kontrolsortimentu izvērtēšanas pārstrādes vietā nepārsniedz egles zāģbaļķu kvalitātes prasībās definēto robežvērtību.

Izvērtējot vizuālos datus izbrāķētiem egles zāģbaļķiem konstatēts ka 3 no 6 sortimentiem nav iespējams noteikt brāķa iemeslu. Šajā gadījumā 3 sortimenti brāķēti dēļ stumbra formas (likumainības), kas netiek vērtēta izmantojot vizuālos datus. Meža trupi kā brāķa iemeslu nevarēja konstatēt 1 egles sortimentam. Meža trupi ne vienmēr var konstatēt tikai pēc vizuālās apsekošanas, lai pārliecinātos par trapes klātesamību nepieciešams veikt iecirtienus ar cirvīti gala plāknē. Veicot vizuālo datu izvērtēšanu šādas darbības nav iespējams veikt. Atlikušie 2 sortimenti kam pēc vizuāliem datiem nevarēja noteikt brāķa iemeslu brāķēti dēļ stumbra formas (likumainības).

2. Bērzu finierkluču 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 biežumā. Ārējā koniskajā daļā pieļaujami sānu defekti resgalī. Otrās šķiras lobāmiem sortimentiem neierobežo kodola sēņu iekrāsojumus, bet nepieļauj ka serdes un žūšanas plaisas šķeļ sānu virsmu. Atsevišķus veselos zarus pieļauj neatkarīgi no izmēra, bet atsevišķus nokaltušus un trupējušus zarus pieļauj līdz 40 mm, jo šāda izmēra zaru vietas finierskaidā izlabo, ielīmējot kvalitatīvu finierskaidas ielāpu. Lai mazinātu brāķēto sortimentu īpatsvaru un palielinātu lobāmo sortimentu izmantošanas efektivitāti tika ieviesta trešā šķira, kurā tiek pieļauta kodola trupe diametrā līdz 5 cm.

Rudens periodā izvērtēti 652 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 analizē izdalīts atsevišķi pirmais un otrais īsklucis, sākot no finierkluča resgaļa.

4. tabula

Izvērtēto bērza finierkluču kontrolsortimentu sadalījums

Šķira	Mērnieks	1. īsklucis, gab.	2. īsklucis, gab.
I šķira	Mērnieks 1	4	4
	Mērnieks 2	46	46
	Mērnieks 3	41	41
	Mērnieks 4	47	47
	Mērnieks 5	13	13
	Mērnieks 6	22	22
II šķira	Mērnieks 1	14	12
	Mērnieks 2	100	102
	Mērnieks 3	107	107
	Mērnieks 4	111	110
	Mērnieks 5	35	33
	Mērnieks 6	41	44
III šķira	Mērnieks 1	3	4
	Mērnieks 2	10	10
	Mērnieks 3	10	10
	Mērnieks 4	12	11
	Mērnieks 5	4	8
	Mērnieks 6	7	4
Brāķis	Mērnieks 1	---	1
	Mērnieks 2	7	5
	Mērnieks 3	8	8
	Mērnieks 4	2	4
	Mērnieks 5	6	4
	Mērnieks 6	2	2
Kopā		652	652

Rudens periodā mērnieku datu sakritība pēc kontrolosortimentu izvērtēšanas svārstās robežās no 64 līdz 86 %.

No 652 bērza finierklučiem (1304 īsklučiem) I šķirai atbilst 346 īskluči, II šķirai atbilst 816 īskluči, III šķirai atbilst 93 īskluči, bet izbrāķēti tika 49 īskluči (skat. 5. tab.).

Rudens periodā būtiskākie iemesli II šķirai ir kodola iekrāsojums un zari (trupējuši un nokaltuši. Serdes uz žūšanas plaisu attīstība rudens periodā dēļ pazeminātas gaisa temperatūras būtiski samazinājusies salīdzinot ar vasaras sezonu.

III šķiras iemesli lielākoties ir zari, kuru izmēri pārsniedz 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. 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 stumbra formas vainas - sala un zibens plaisas.

5. tabula

Bērzu finierkluču šķiru un brāķu iemesli

Šķira	Brāķa iemesls	1. īsklucis, gab.	2. īsklucis, gab.
I šķira	---	173	173
II šķira	---	122	87
	Trupe (kodola iekrāsojums)	143	115
	Zari	82	142
	Ražošana*	9	8
	Glabāšana (serdes un žūšanas plaisas)	26	30
	Stumbra forma	26	26
III šķira	---	1	4
	Trupe (meža trupe)	6	1
	Zari	21	25
	Ražošana*	13	12
	Glabāšana (serdes un žūšanas plaisas)	---	1
	Stumbra forma	5	4
Brāķis	---	1	1
	Trupe (meža trupe)	6	2
	Zari	3	1
	Ražošana*	4	2
	Glabāšana (serdes un žūšanas plaisas)	6	13
	Stumbra forma	5	5
Kopā		652	652

* Netiek vērtēts projekta ievaros

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

Koksnes vainu sastopamība pēc vizuāliem datiem bērza finierklučiem

Šķira	Koksnes vaina	1. īsklucis, gab.	2. īsklucis, gab.
I šķira	---	145	150
	Mizas ieaugums	4	1
	Serdes un žūšanas plaisa	5	7
	Gāšanas, sagarumošanas plaisas	2	---
	Mehāniskie bojājumi sānu virsmā	1	1
	Mehāniskie bojājumi gala virsmā	2	1
	Kodola iekrāsojums	13	13
	Meža trupe	1	---
II šķira	---	127	115
	Blīzums - rievots	1	---
	Dvīņserde	---	1
	Mizas ieaugums	15	14
	Apaudzis saussāns	---	2
	Valējs saussāns	2	4
	Nokaltis zars	44	54
	Trupējis zars	39	56
	Serdes un žūšanas plaisa	25	29
	Gāšanas, sagarumošanas plaisas	2	---
	Mehāniskie bojājumi sānu virsmā	7	5
	Mehāniskie bojājumi gala virsmā	1	2
	Kodola iekrāsojums	143	125
	Meža trupe	2	1
III šķira	---	5	8
	Mizas ieaugums	2	2
	Valējs saussāns	1	---
	Vesels zars	3	5
	Nokaltis zars	5	8
	Trupējis zars	10	15
	Gāšanas, sagarumošanas plaisas	1	---
	Mehāniskie bojājumi sānu virsmā	4	4
	Mehāniskie bojājumi gala virsmā	---	1
	Minerālu piejaukums	5	1
	Kodola iekrāsojums	7	3
	Meža trupe	3	---
Brāķis	---	1	2
	Sala un zibens plaisas	4	4
	Vesels zars	1	---
	Trupējis zars	1	1
	Serdes un žūšanas plaisa	5	11
	Glabāšanas trupe	2	---
	Gāšanas un garumošanas plaisa	3	1
	Mehāniskie bojājumi sānu virsmā	1	2
	Mehāniskie bojājumi gala virsmā	---	1
	Kodola iekrāsojums	6	1
	Meža trupe	1	1
Kopā	652	652	

No izvērtētiem 1304 bērza finierkluču īsklūčiem nevienas koksnes vainas vizuālajos datos nav novērojamas 295 īsklūčiem. Līdz ar to šie īsklūči atbilst I šķirai. Vēl I šķirai atbilst 51 īsklūcis, kuriem vizuālajos datos ir novērojamas koksnes vainas, bet pēc kontrolsortimentu izvērtēšanas pārstrādes vietā nav konstatēta bērza finierkluču kvalitātes prasībās definēto robežvērtību pārsniegšana.

II šķirai atbilst 816 īsklūči no kuriem nevienas koksnes vainas vizuālajos datos nav novērojamas 242 īsklūčiem. Šajā gadījumā II šķira piešķirta jo uz kāda no bērza finierkluča īsklūča konstatēta koksnes vaina, kuras raksturlielums neiekļaujas kvalitātes prasībās definētās robežās atbilstoši I šķirai. Vēl II šķirai atbilst 574 īsklūči, kuriem vizuālajos datos ir novērojamas koksnes vainas, kuras pēc kontrolsortimentu izvērtēšanas pārstrādes vietā nepārsniedz II šķirai kvalitātes prasībās definētās robežvērtības.

III šķirai atbilst 93 īsklūči no kuriem iemesls vizuālajos datos nav novērojamas 13 īsklūčiem. Tas skaidrojams ar to ka piemērojot caurmēra redukciju dēļ ražošanas vainām īsklūcis automātiski tiek ielikts III šķirā.

Kopumā izbrāķēti 49 īsklūči no kuriem brāķa iemesls vizuālajos datos nav novērojamas tikai 3 īsklūčiem. Lielākais brāķēto īsklūču īpatsvars rudens sezonā veidojas dēļ serdes un žūšanas plaisām (16 gab. jeb 33 %), kas šķeļ sānu virsmu. Vēl salīdzinoši būtisku īpatsvaru sastāda sala un zibens plaisas un meža trupe, kuru ne vienmēr iespējams objektīvi novērtēt izmantojot vizuālos datus. Balstoties uz vizuāliem datiem ir iespējams novērtēt kodola iekrāsojumu, bet ne kodola trapes sākuma stadiju, kad koksne vairs nav cieta un uzrāda mazāku stiprību spiedē ar cietu un asu priekšmetu, salīdzinot ar nebojāto koksni blakus. Līdz ar to par trapes sākuma stadijas klātesamību var pārliecināties tikai pēc finierkluča apsekošanas pārstrādes vietā (skat 1. att.).



1. att. Bērza finierkluča gala plakne ar (A) un bez (B) kodola trapes.

Būtiskākās koksnes vainas, kas virs 70 % gadījumu ietekmē bērzu finierkluču šķiru sadalījumu ir kodola iekrāsojums, trupējuši un nokaltuši zari, kā arī serdes un žūšanas plaisas. Izstrādājot nepieciešamos datorredzes algoritmu matemātiskos modeļus bērza finierkluču šķiru noteikšanai šīm koksnes vainām jāpievērš pastiprināta vērība.

3. Zaru atpazīšanas algoritma izvērtējums

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 dimensionālo raksturlielumu noteikšana.

Lielākā daļa koksnes vainu rodas koka augšanas gaitā kā reakcija uz augšanas apstākļiem, bioloģiskiem vai mehāniskiem bojājumiem, daļa savukārt pēc koka nociršanas (kukaiņu un aplievas sēņu bojājumi, žūšanas plaisas). Vēl citas vainas koksne iegūst koku ciršanas, sagarumošanas vai transportēšanas laikā (mehāniskie bojājumi). Šīs vainas mēdz saukt arī par defektiem, kuru skaitu var ierobežot prasmīga un rūpīga darba rezultātā.

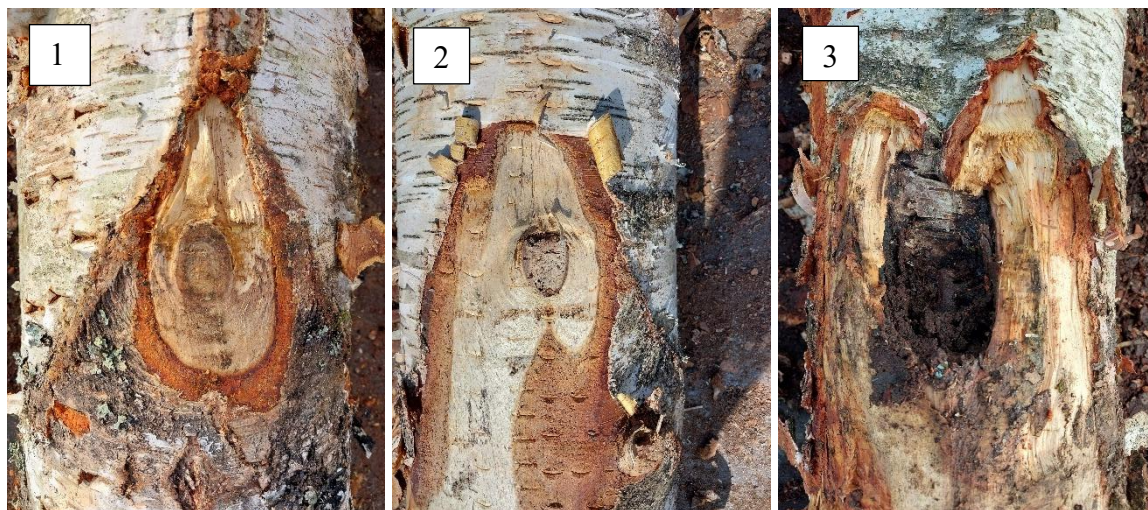
Vainu noteikšanu apgrūtina ne tikai lielā daudzveidība, bet arī tas, ka daļa vainu ir apslēptas un tās jānovērtē pēc netiešām pazīmēm. Visas koksnes vainas iedalītas grupās, veidos un paveidos. Balstoties uz iepriekš veikto analīzi bērza finierklučiem viena no būtiskākām koksnes vainām, kas ietekmē sortimentu kvalitāti un līdz ar arī šķiru ir zari. Aplūkojot apaļos sortimentus, par zariem sauc stumbra koksne iekļauto zara daļu. Zari ir visplašāk izplatītā koksnes vaina. Izšķir trīs veidu zarus: apaugušus, vaļējos un to īpašu veidu padēlu.

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:

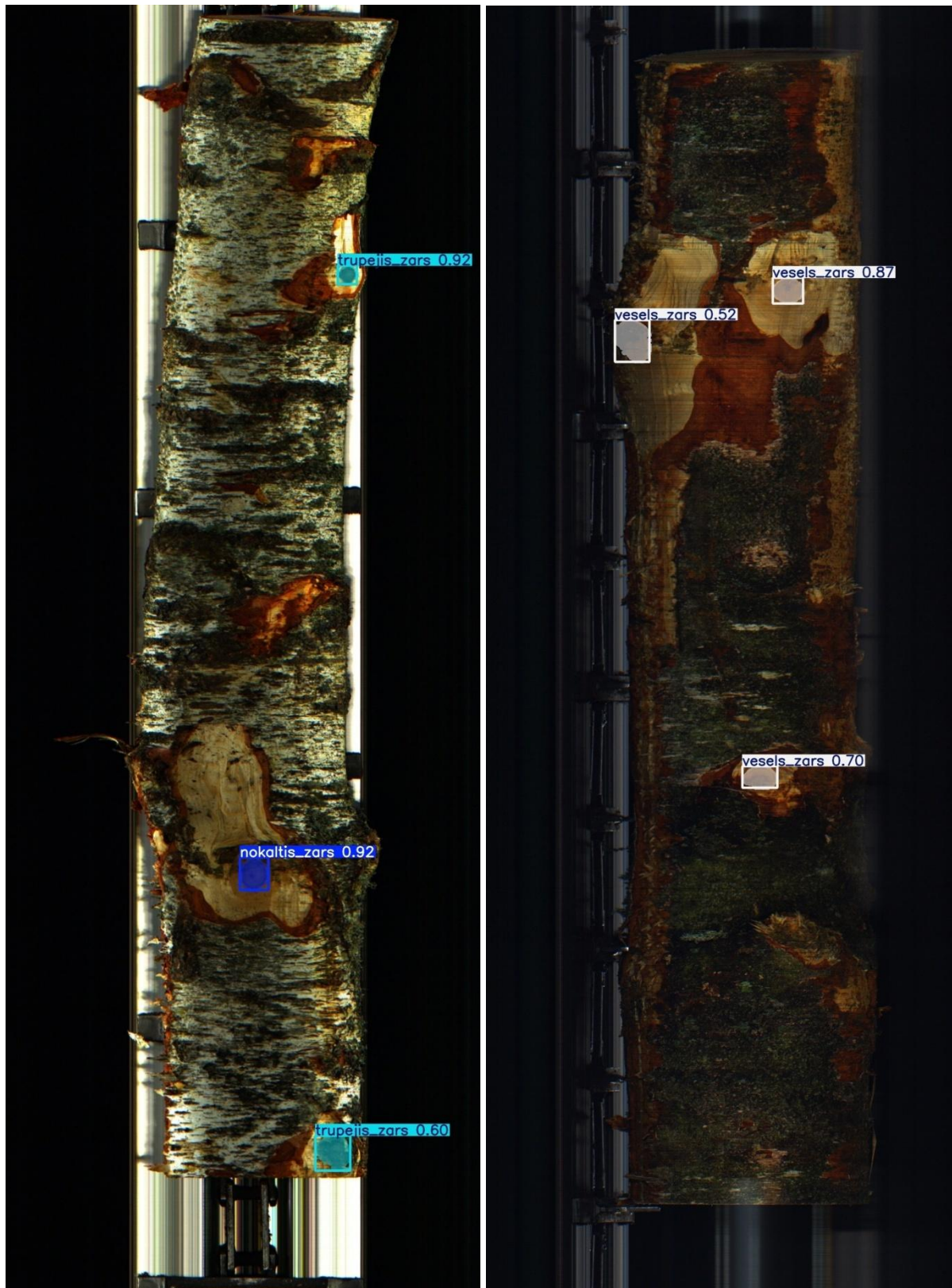
- veseli;
- nokaltuši;
- trupējuši.

Veseli saauguši zari veido dzīvo vainaga daļu, zaru koksne ir bez trupes pazīmēm un saaugusi ar stumbra koksni. Nokaltuši zari ir ar sausu, atmirušu, tumšāk iekrāsotu koksni, bez trupes un mazāk nekā $\frac{1}{4}$ no zara perimetra ir saaugusi ar stumbra koksni. Stumbra zaru daļā sastopami arī trupējuši zari ar trupes pazīmēm, kuriem ir mīkstāka koksne vai novērojami padziļinājumi stumbra virsmā ar irdenu koksnes masu (skat 2. att.).



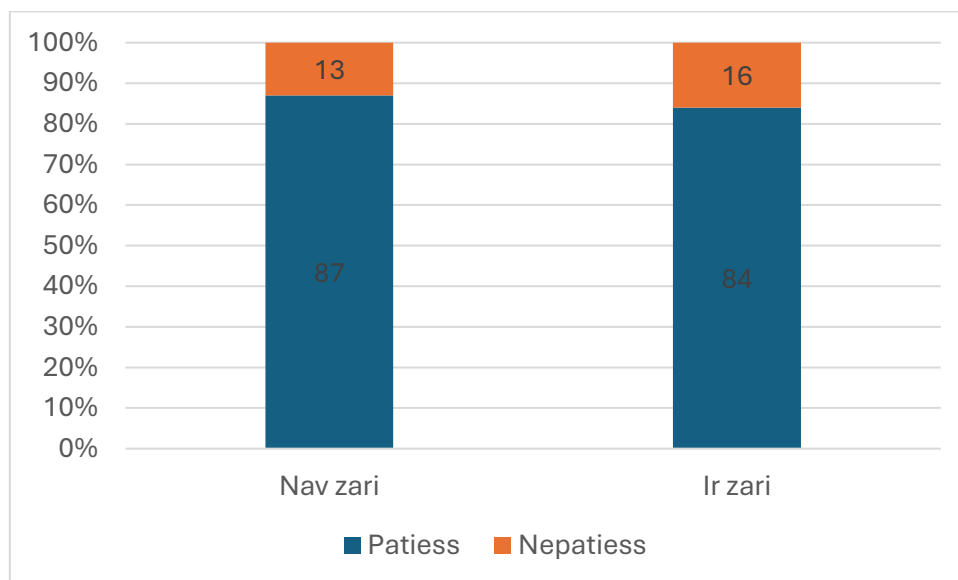
2. att. Vaļēji zari uz bērza finierkluču sānu virsmas – vesels (1), nokaltis (2), trupējis(3).

Lai novērtētu izstrādāto datorredzes algoritma matemātisko modeli vaļējo zaru atpazīšanai, sākotnēji iegūtie un ar algoritmu apstrādātie vizuālie dati tiek izvērtēti arī manuāli, lai pārliecinātos par algoritma precizitāti vaļēju zaru atpazīšanā (skat 3. att.).



3. att. Vizuālie dati pēc apstrādes ar datorredzes algoritma matemātisko modeli zaru atpazīšanai.

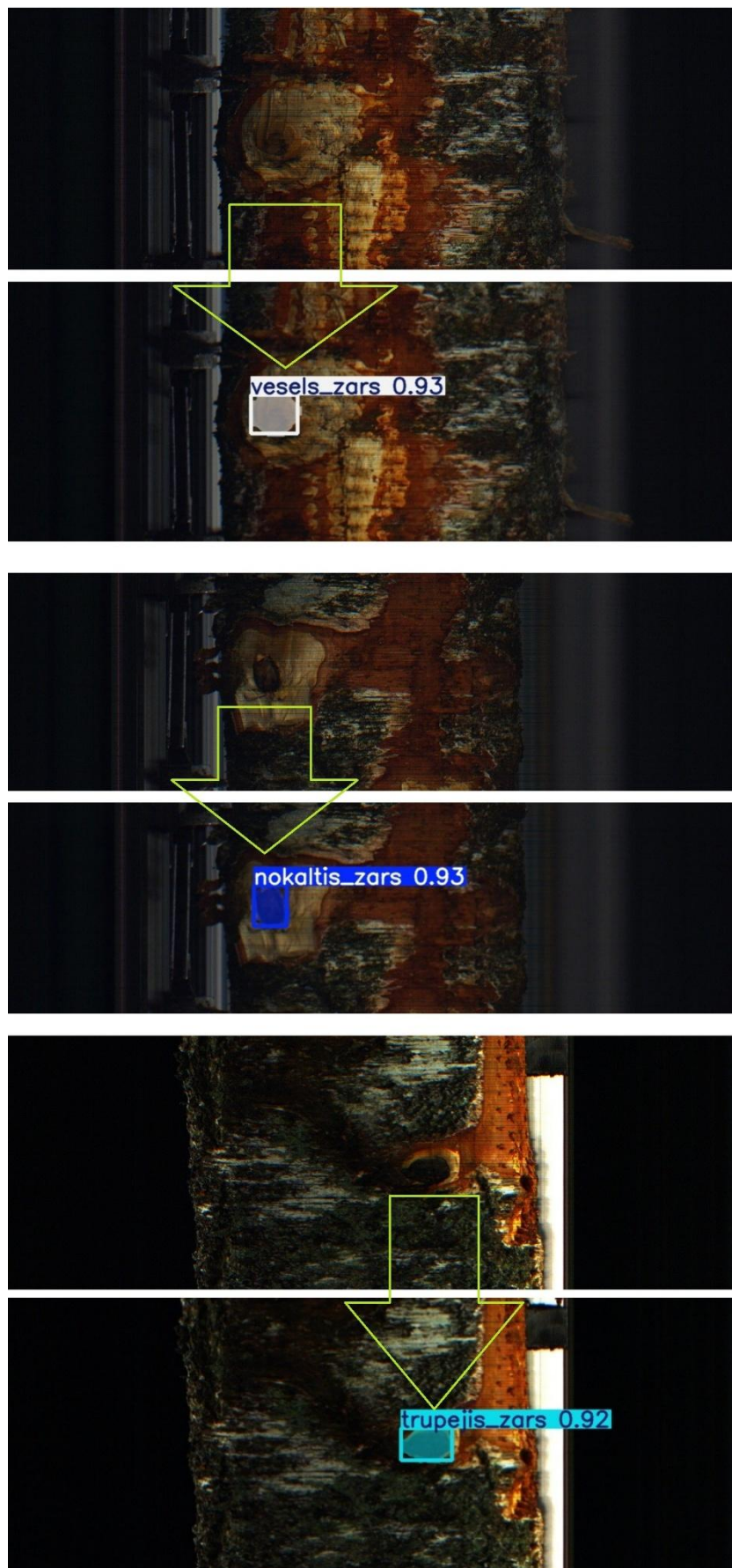
Sākumā novērtēta datorredzes algoritma matemātiskā modeļa spēja atpazīt zaru uz apaļā kokmateriāla sānu virsmas, nevērtējot zaru veidu. Atsevišķi izvērtēti apaļie kokmateriāli ar un bez zariem. Uz kokmateriālu sānu virsmām kur pēc datorredzes algoritma nav konstatēti zari pēc manuālās vizuālo datu izvērtēšanas 13 % gadījumu konstatēti vaļēji zari. Šajā gadījumā 87 % gadījumu datorredzes algoritma matemātiskā modeļa rezultāts ir patiess (skat 4. att.).



4. att. Datorredzes algoritma matemātiskā modeļa rezultāti zaru atpazīšanā.

Pēc šāda paša principa izvērtētas kokmateriālu sānu virsmas uz kurām pēc datorredzes algoritma ir konstatēti zari. Pēc manuālās vizuālo datu izvērtēšanas 16 % gadījumu nav konstatēti vaļēji zari. Šajā gadījumā 84 % gadījumu datorredzes algoritma matemātiskā modeļa rezultāts ir patiess.

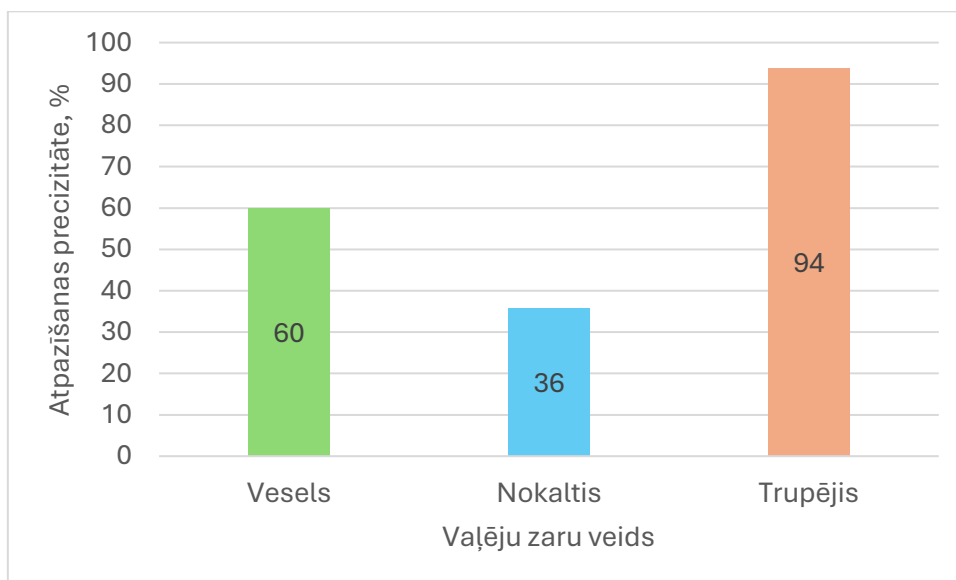
Tālākajā izvērtēšanā novērtēta datorredzes algoritma matemātiskā modeļa precizitāte atpazīt zaru un noteikt zaru veidu uz apaļā kokmateriāla sānu virsmas (skat 5. att.).



5. att. Zaru veida noteikšana uz apaļā kokmateriāla sānu virsmas izmantojot datorredzes algoritma matemātisko modeli.

Šajā gadījumā pēc manuālās vizuālo datu izvērtēšanas konstatēts ka datorredzes algoritma matemātiskā modeļa rezultāts ir patiens:

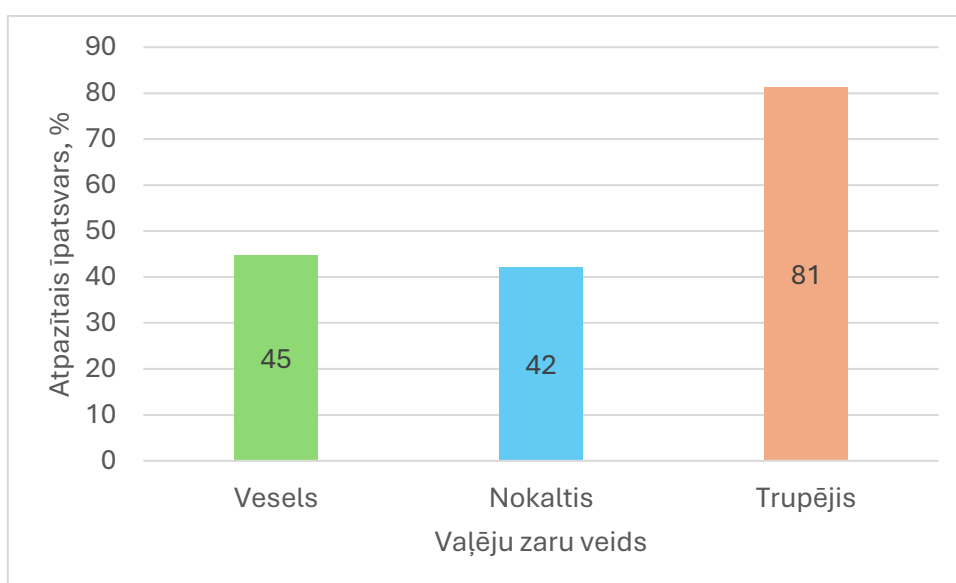
- veseliem zariem 60 % gadījumos;
- nokaltušiem zariem 36 % gadījumos;
- trupējušiem zariem 94 % gadījumos (skat 6. att.).



6. att. Datorredzes algoritma matemātiskā modeļa precizitāte ievērtējot zaru veidu.

Nobeigumā izvērtēts datorredzes algoritma matemātiskā modeļa atpazīto zaru skaits pa zaru veidiem uz apaļā kokmateriāla sānu virsmas. Šajā gadījumā pēc manuālās vizuālo datu izvērtēšanas konstatēts ka datorredzes algoritma matemātiskais modelis pēc skaita uzrāda:

- 45 % no visiem veseliem zariem;
- 42 % no visiem nokaltušiem zariem;
- 81 % no visiem trupējušiem zariem (skat 7. att.).



7. att. Datorredzes algoritma matemātiskā modeļa atpazīto zaru skaita īpatsvars.

Izmantojot datorredzes algoritma matemātisko modeli zaru veida un skaita noteikšanā salīdzinoši augstu precizitāti iespējams iegūt trupējušu zaru atpazīšanā. Veseliem un nokaltušiem zariem zara veida un skaita noteikšana ir ar būtiski zemāku precizitāti. Veseliem zariem tas saistīts ar to ka zaru koksnes krāsa ir līdzīga stumbra koksnei un līdz ar to daļa no veseliem zariem netiek atpazīta. Vēl ir novērojami veseli zari ar minerālu piejaukumu un šādos gadījumos zaru var neatpazīt vai arī zars tiks novērtēts kā trupējis zars. Tāpat novērojams, ka veseli zari ar izteiktu koksnes iekrāsojumu tiek atpazīti kā nokaltuši zari. Salīdzinoši zemā nokaltušo zaru atpazīšana ir saistīta ar to ka tā ir pārejas stadija starp veselu un trupējušu zaru un līdz ar to daļa no nokaltušiem zariem tiek atpazīti kā cita veida zari. Daļai no nokaltušajiem zariem koksne ir gaišā krāsā līdzīga stumbra koksnei un līdz ar to nav atpazīti. Vēl nokaltušo zaru atpazīstamību ietekmēja tas ka atsevišķi līnijas garentransportiera elementi, kas redzami vizuālos datos tika novērtēti kā nokaltuši zari.

Secinājumi

1. Izvērtējot 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 sekmēt atsevišķas koksnes vainas nefiksēšanu.
2. Egles zāģbaļķiem meža trupi ne vienmēr var konstatēt tikai pēc vizuālās apsekošanas, lai pārliecinātos par trupes klātesamību nepieciešams veikt iecirtienus ar cirvīti gala plaknē. Veicot vizuālo datu izvērtēšanu šādas darbības nav iespējams veikt.
3. Bērza finierklučiem balstoties uz vizuāliem datiem ir iespējams novērtēt kodola iekrāsojumu, bet ne kodola trupes sākuma stadiju, kad koksne vairs nav cieta un uzrāda mazāku stiprību spiedē ar cietu un asu priekšmetu, salīdzinot ar nebojāto koksni blakus.
4. Būtiskākās koksnes vainas, kas virs 70 % gadījumu ietekmē bērzu finierkluču šķiru sadalījumu ir kodola iekrāsojums, trupējuši un nokaltuši zari, kā arī serdes un žūšanas plaisas.
5. Uz kokmateriālu sānu virsmām kur pēc datorredzes algoritma nav konstatēti zari pēc manuālās vizuālo datu izvērtēšanas 13 % gadījumu konstatēti vaļēji zari. Šajā gadījumā 87 % gadījumu datorredzes algoritma matemātiskā modeļa rezultāts ir patiess.
6. Uz kokmateriālu sānu virsmām kur pēc datorredzes algoritma ir konstatēti zari pēc manuālās vizuālo datu izvērtēšanas 16 % gadījumu nav konstatēti vaļēji zari. Šajā gadījumā 84 % gadījumu datorredzes algoritma matemātiskā modeļa rezultāts ir patiess.
7. Izmantojot datorredzes algoritma matemātisko modeli zaru veida un skaita novērtēšanā salīdzinoši augstu precizitāti iespējams iegūt trupējušu zaru atpazīšanā, attiecīgi zaru veidam – 94 % un zaru skaitam – 81 %. Veseliem un nokaltušiem zariem zaru veida un skaita noteikšana ir ar būtiski zemāku precizitāti. Veseliem zariem zaru veids tiek noteikts ar 60 % precizitāti, bet zaru skaits ar 45 % precizitāti. Nokaltušiem zariem zaru veids tiek noteikts ar 36 % precizitāti, bet zaru skaits ar 42 % precizitāti.