

# Latvijas mežos valdošo koku sugu krājas noteikšana, izmantojot LiDAR datus, aerofoto un satelītu stereo attēlus (pēc koka augstuma un CHM augstumu metrikām)



80. Latvijas Universitātes  
starptautiskā zinātniskā  
konference 2022

Grigorijs Goldbergs

PhD, pētnieks

[grigorijs.goldbergs@edi.lv](mailto:grigorijs.goldbergs@edi.lv)

“Satellite remote sensing-based forest stock estimation  
technology” (grant number No. 1.1.1.1/18/A/165).

ELEKTRONIKAS UN  
DATORZINĀTNU  
INSTITŪTS



INSTITUTE OF  
ELECTRONICS AND  
COMPUTER SCIENCE

NATIONAL  
DEVELOPMENT  
PLAN 2020



EUROPEAN UNION

European Regional  
Development Fund

INVESTING IN YOUR FUTURE

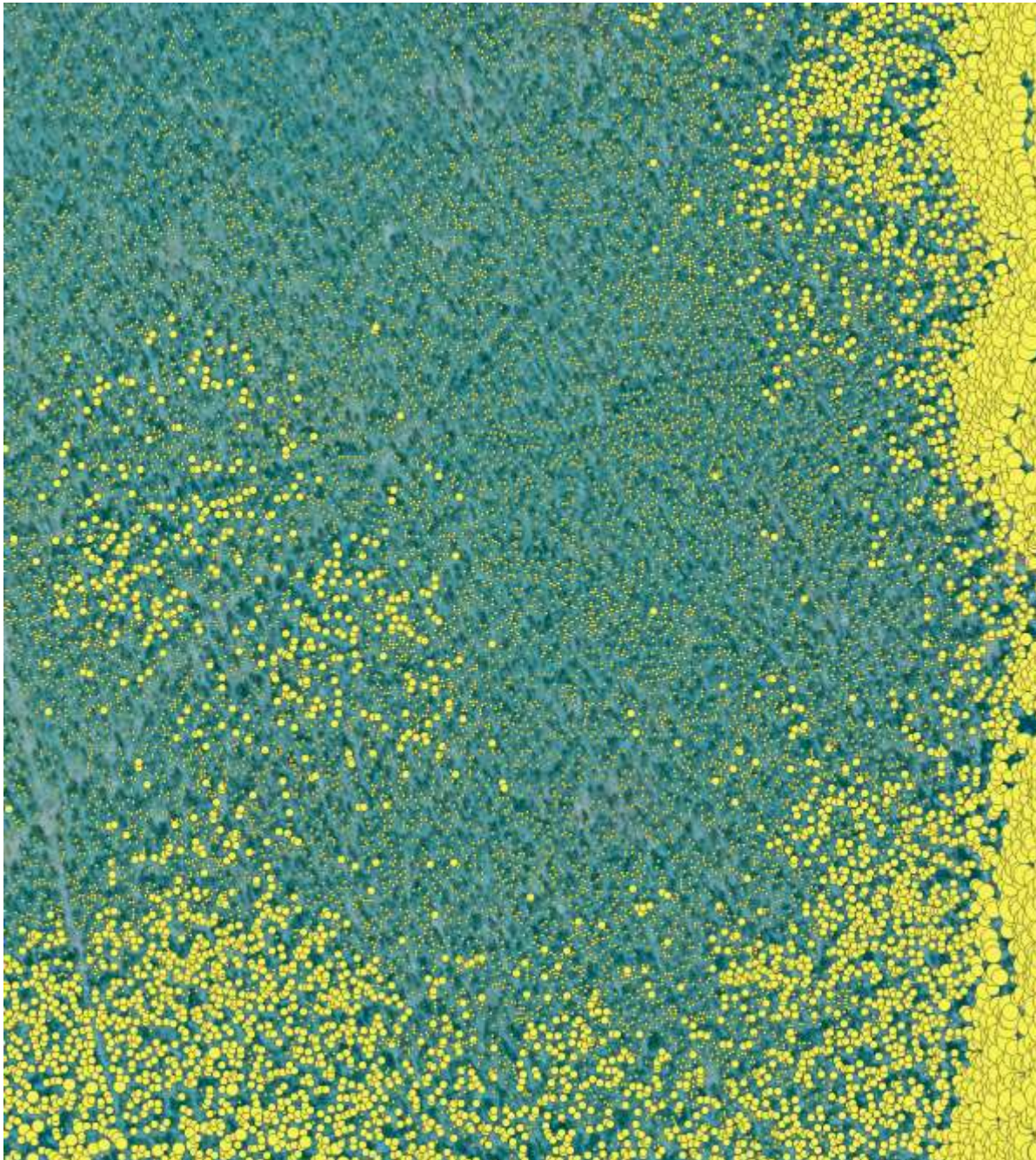
## Mērķis

Vai ir iespējams veikt krājas (koku stumbru) noteikšanu izmantojot vainagu virsmas modeļus (CHM), iegūtas no stereo aerofoto un satelītu ainām?

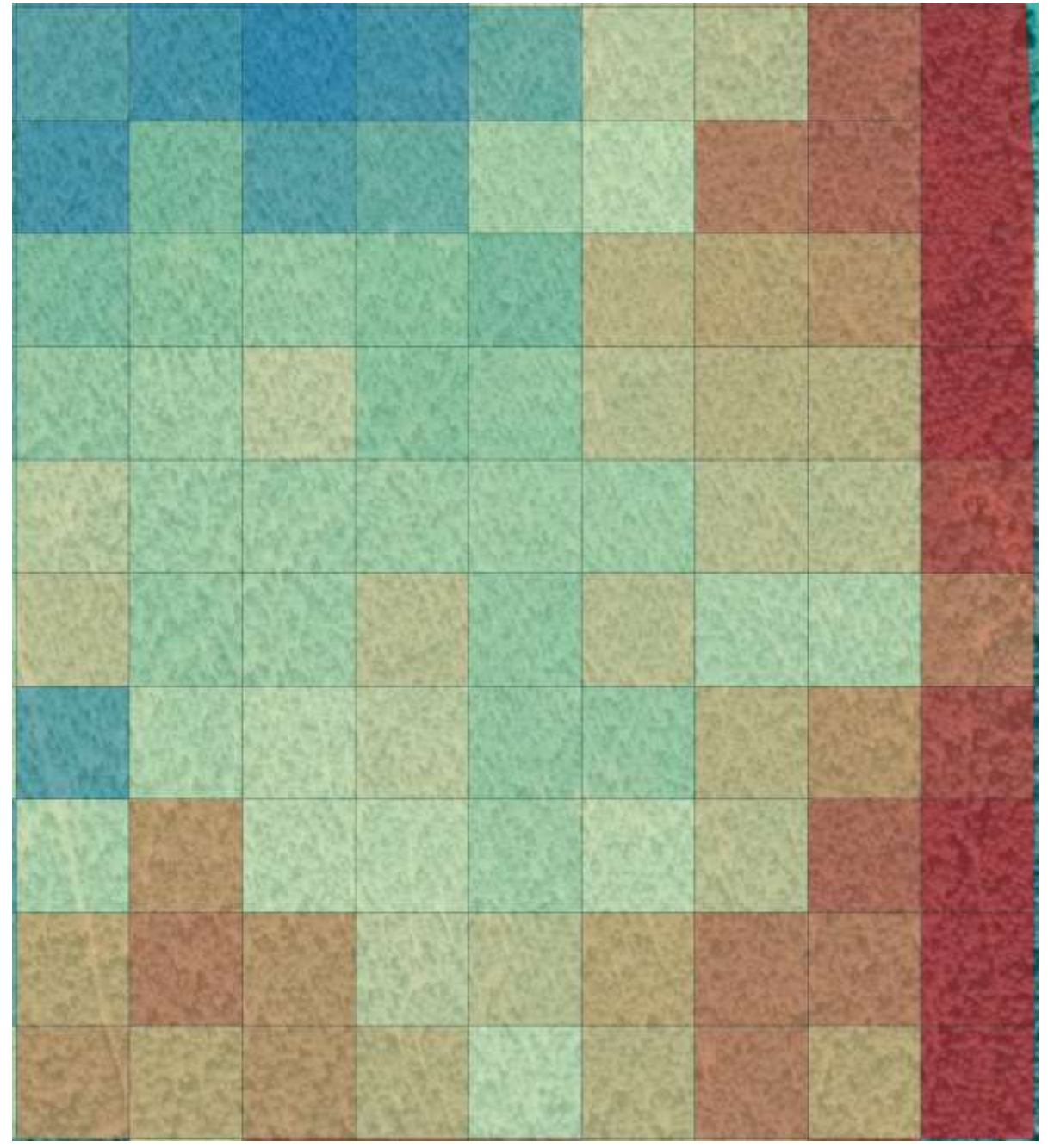
- pēc viena parametra – koka augstums/vainagu augstumu metrikām
- salīdzināt ar LiDAR punktu mākoņu vainagu augstumu metrikām
- izmantojot LVM meža inventarizācijas datu, *harvester* un LiDAR datus kā reference datu avotus



Krājas noteikšana: Atsevišķo koku identificēšanas (ITD) metodēm

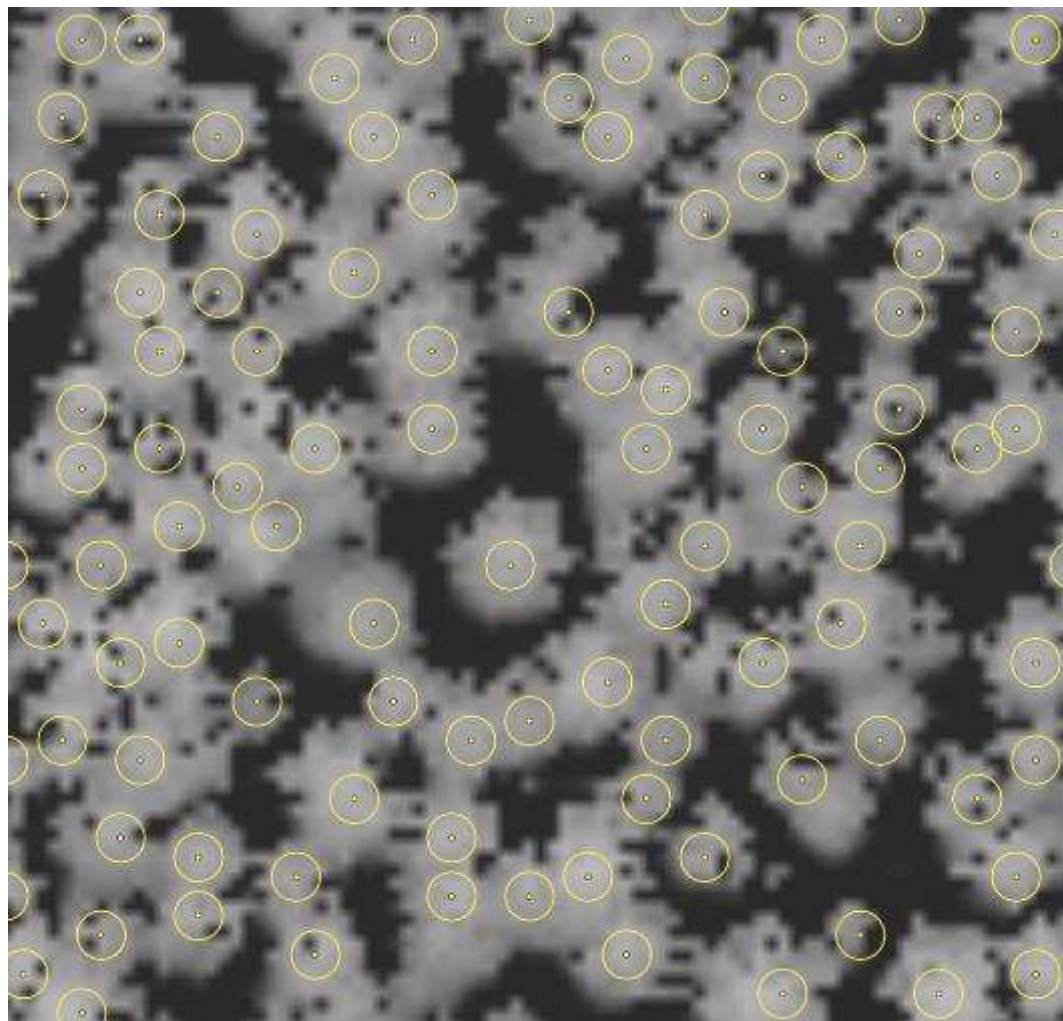


Laukumu-balstītām metodēm – ABA (0.25ha)

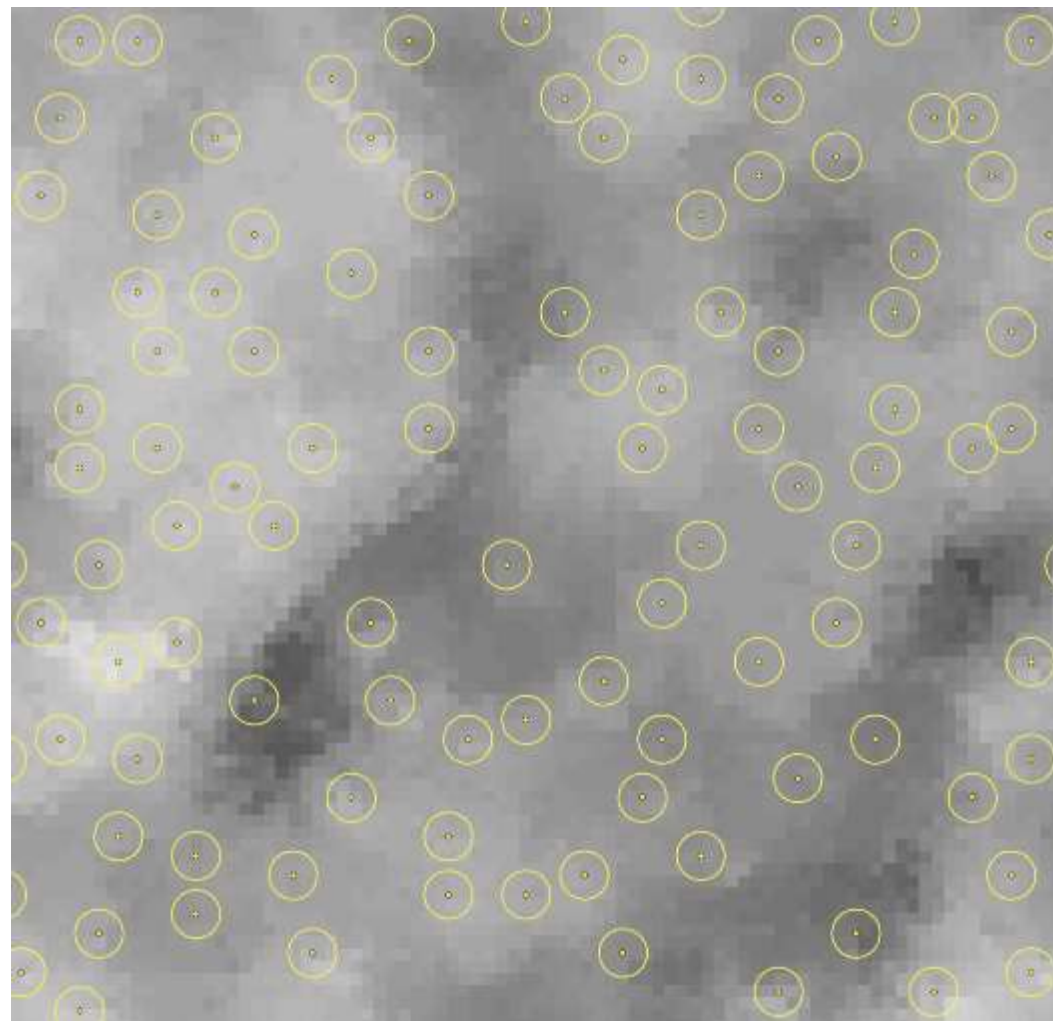




## Vainagu augstumu modeļu salīdzinājums



LiDAR CHM

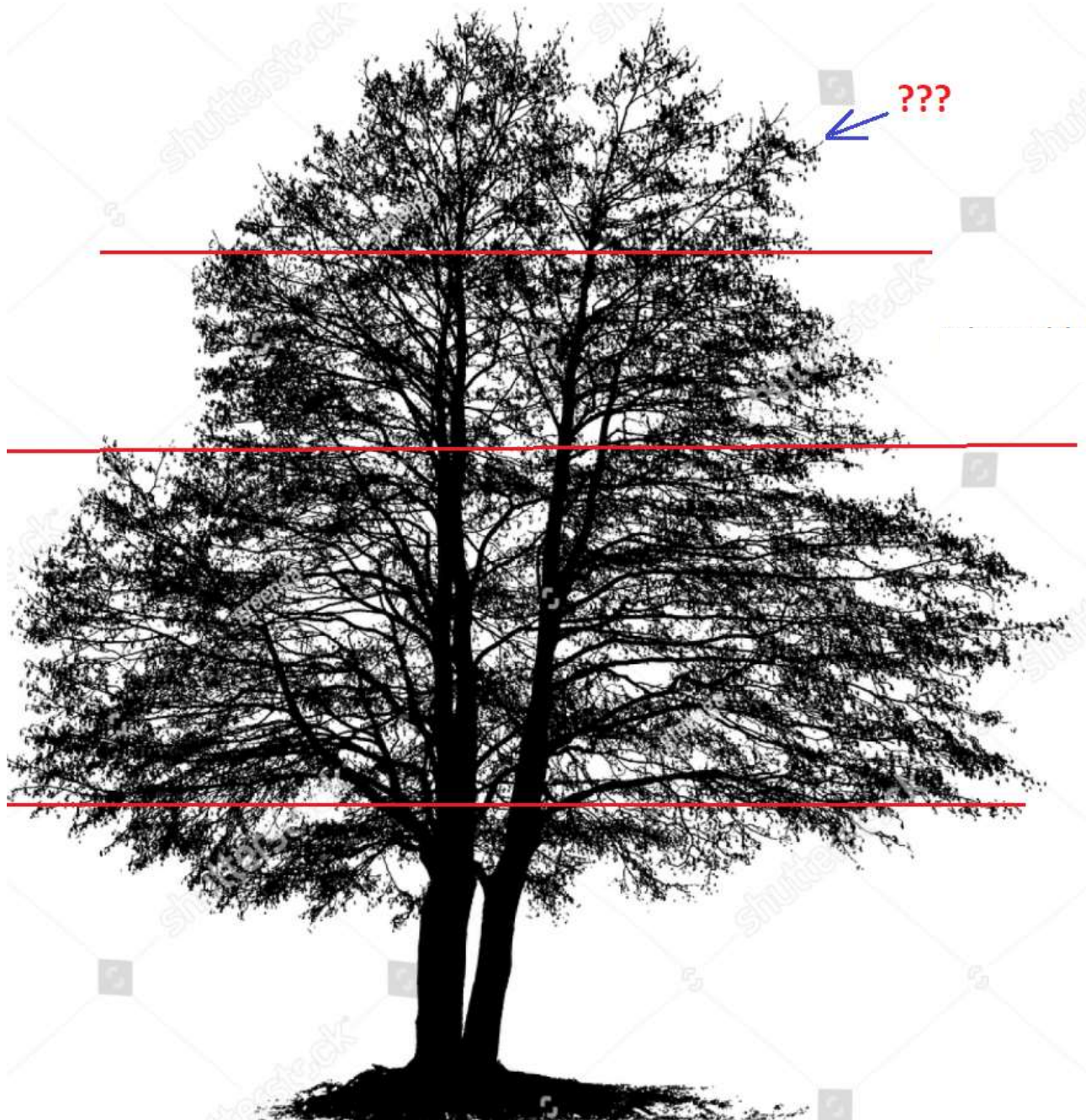


GeoEye1 stereo satelīta CHM

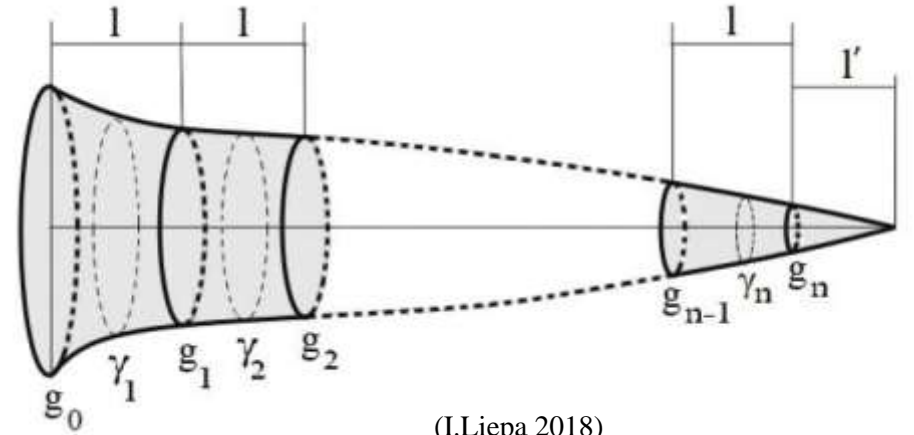
## Darba plūsma

1. *Harvester* dati: Raukuma koeficients > koka pilnais augstums  
*Harvester* dati: Regresijas vienādojums > koka tilpums pēc koka augstuma  
meža inventarizācijas dati > četrus valdošo koku (*priede, egle, bērzs, melnalksnis*) sugu laukumi
2. Atsevišķo koku identificēšana (LiDAR) ar Canopy Maxima metodi > katra ident. koka tilpumu aprēķins un precizitātes kontrole ar LVM inventarizācijas datiem
3. Laukumu-balstītā metode: valdošo koku sugu regulāro laukumu (0.25 ha un 1ha) izveide; katram laukumam > kopīgā koku tilpuma aprēķins pēc atsevišķo koku identificēšanas (2)
4. Laukumu-balstītā regresijas vienādojums : laukuma kopīga koku tilpums pret **vainagu augstumu metrikām**





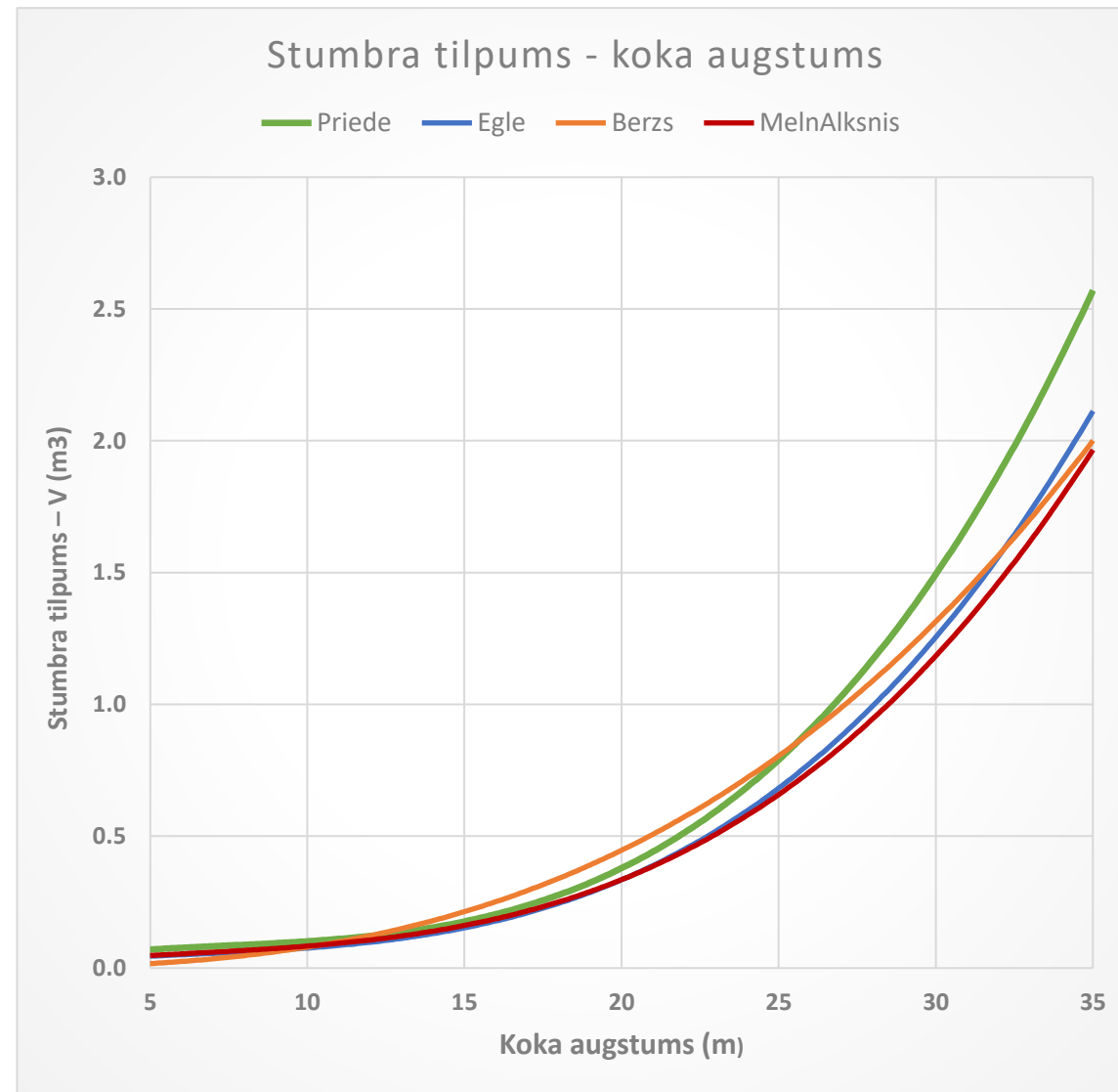
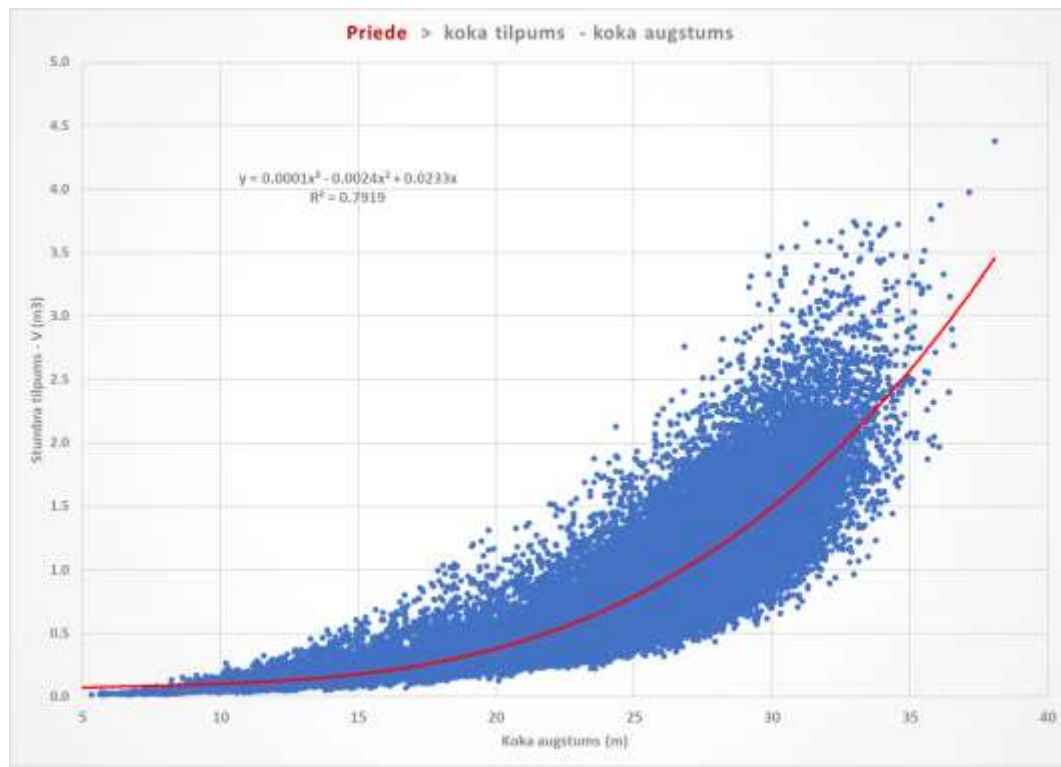
Koka galotnes raukuma koeficienta noteikšana



(I.Liepa 2018)

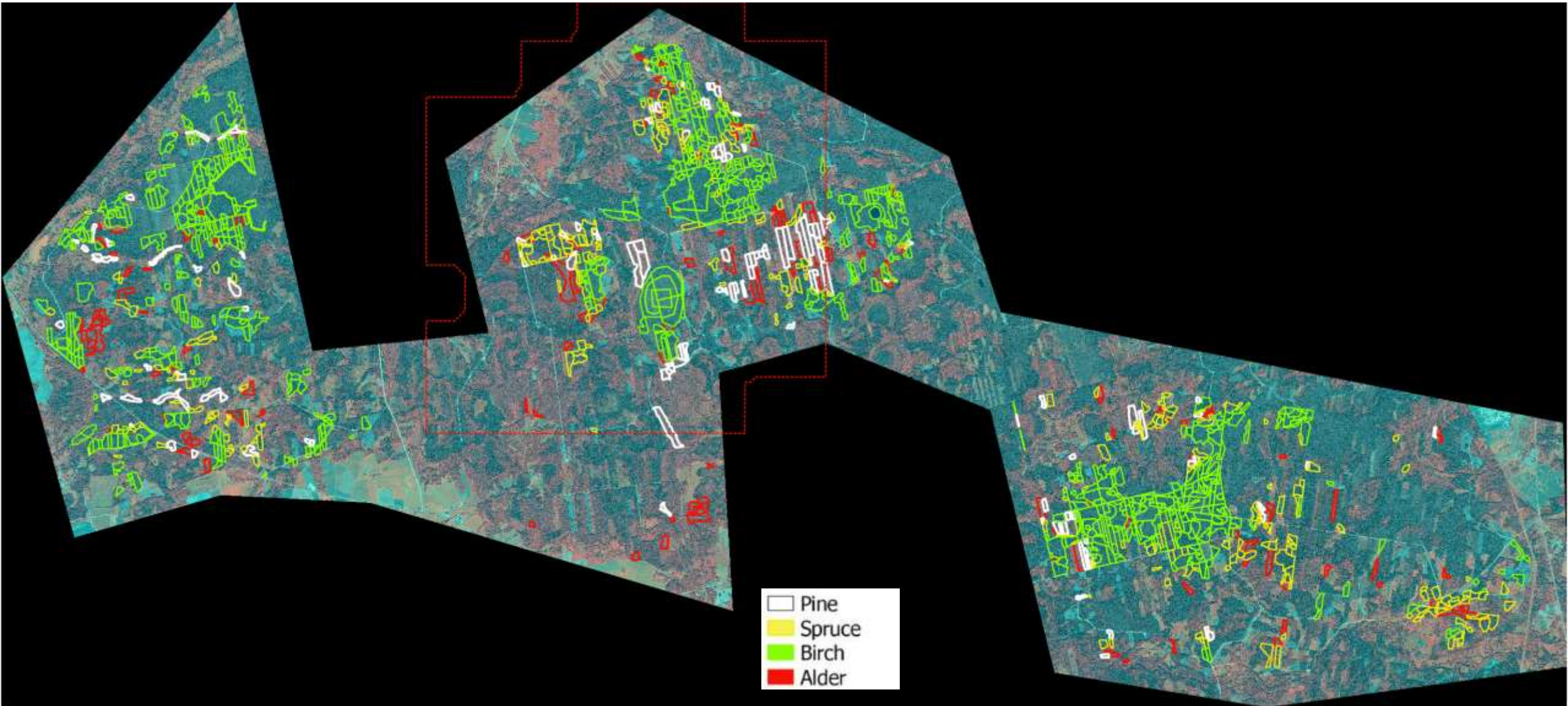
Harvester dati: Regresijas vienādojums > koka tilpums pēc koka augstuma

	Nr.Obs	Ht R <sup>2</sup>	RMSE (m <sup>3</sup> )	RMSe % of Mean	DBH R <sup>2</sup>	RMSE (m <sup>3</sup> )	RMSe % of Mean
Priede	47084	0.79	0.25	31%	0.95	0.12	15%
Egle	85206	0.90	0.13	32%	0.93	0.10	24%
Berzs	66158	0.71	0.22	42%	0.92	0.12	23%
Melnalksnis	22983	0.83	0.16	32%	0.93	0.10	21%



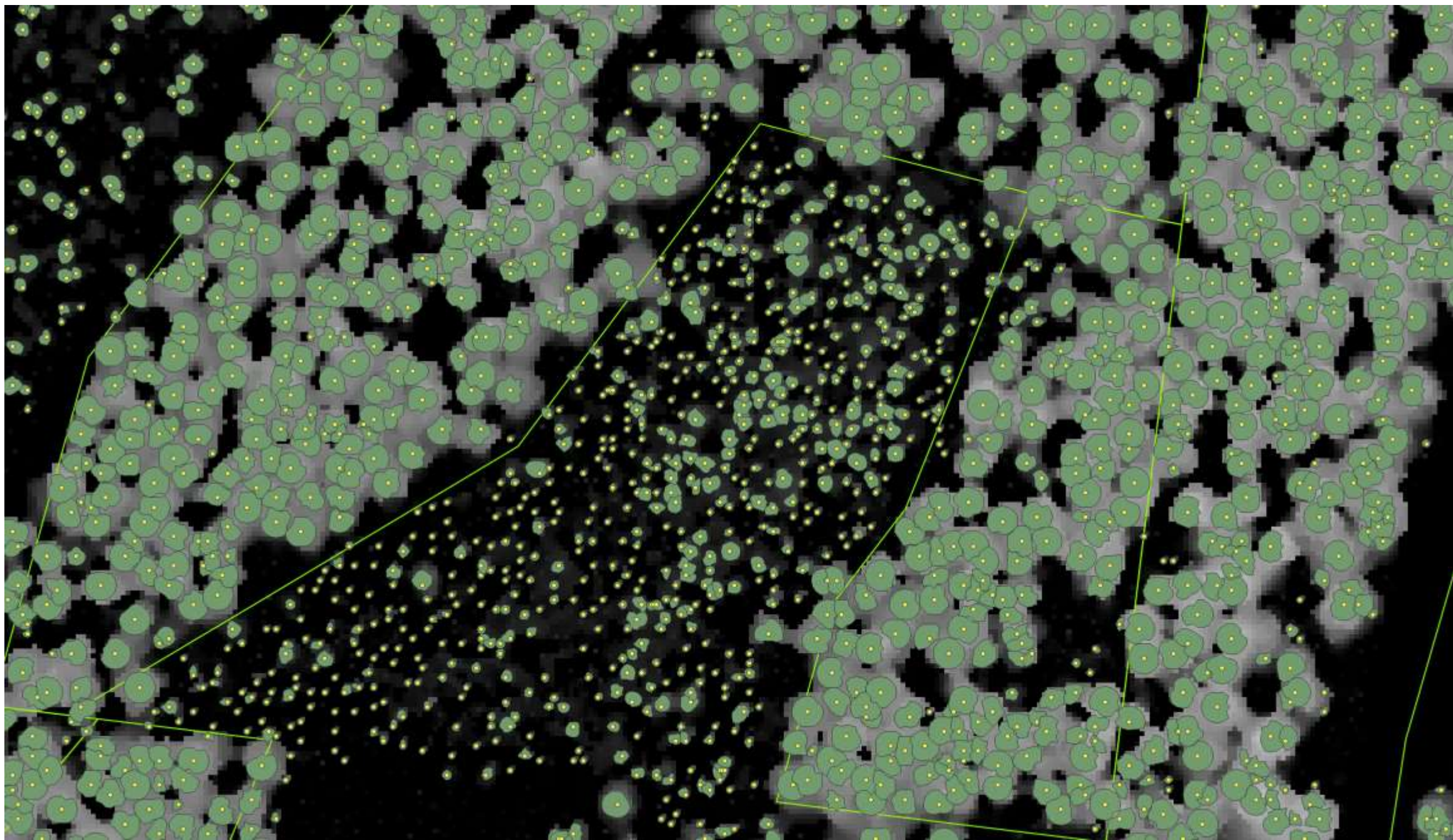


Woodstock – meža inventarizācijas poligoni k10 >= 8 (4 koku sugas)



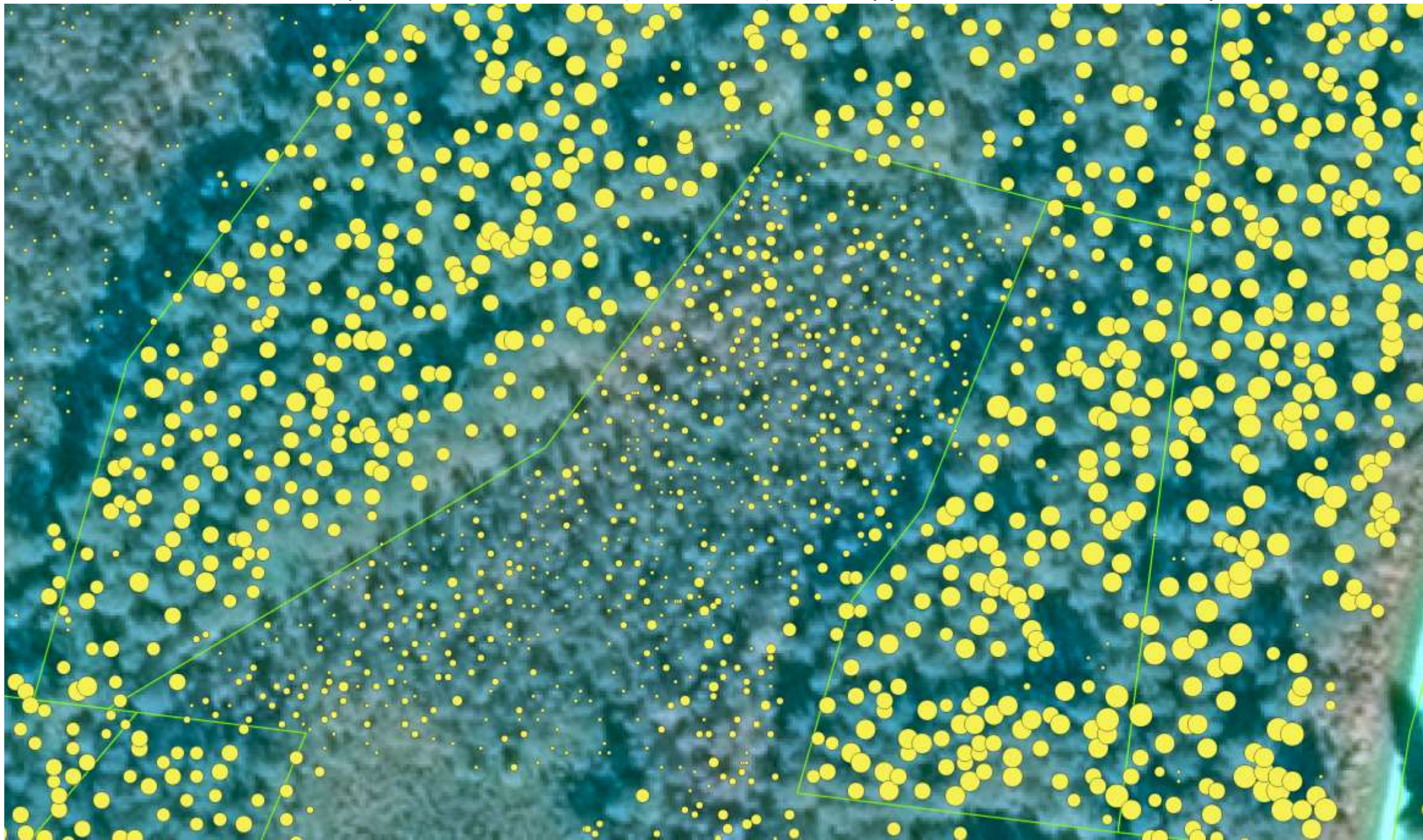


Atsevišķo koku identificēšana (LiDAR CHM) ar Canopy Maxima metodi





Atsevišķo koku identificēšana (LiDAR CHM) ar Canopy Maxima metodi – koku tilpums

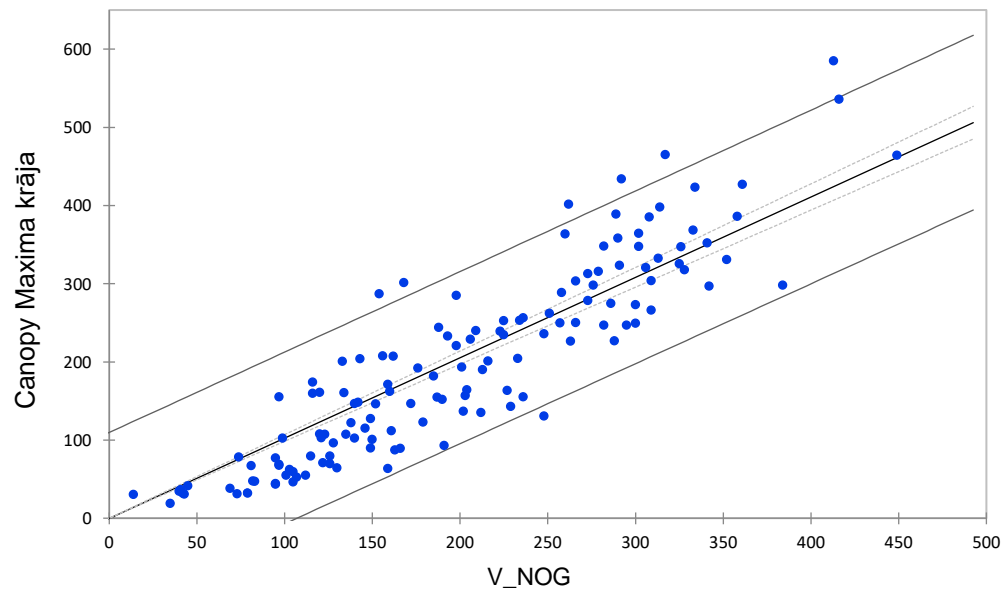




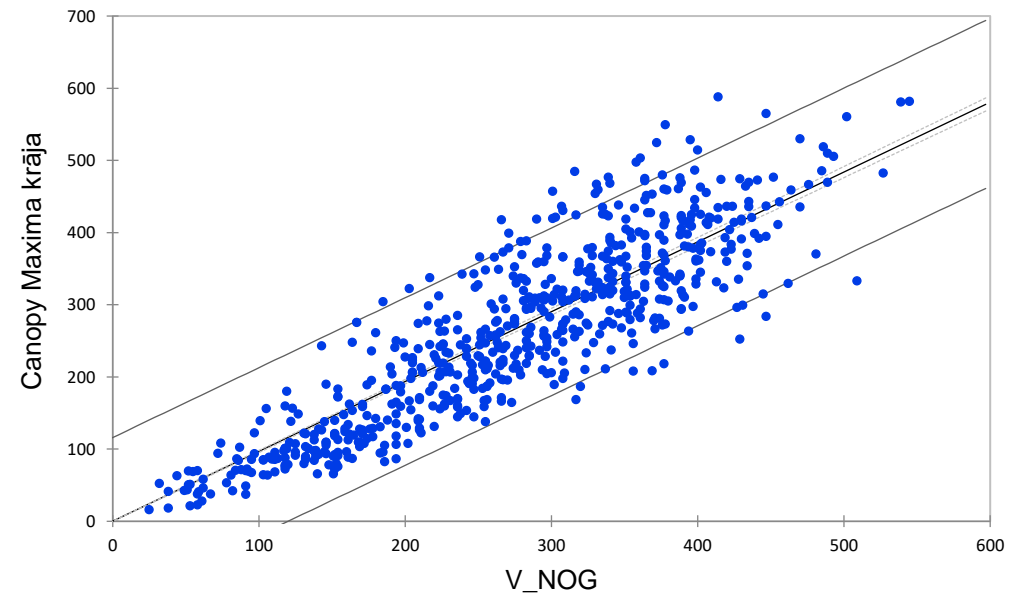
Atsevišķo koku balstīta aprēķināta krāja attiecībā uz Meža inventarizācijas krāju ( $V\_NOG \text{ m}^3 * \text{ha}^{-1}$ )

	Obs.nr	$R^2$	RMSe $\text{m}^3 * \text{ha}^{-1}$	Mean $\text{m}^3 * \text{ha}^{-1}$	% of mean	Lin.reg. koef.
Priede	677	0.96	59	273	22%	0.98
Egle	270	0.9	68	260	26%	0.91
Bērzs	141	0.95	55	198	28%	1.03
Melnalksnis	112	0.9	82	263	31%	1.01

Bērzs – INV Krāja vs Canopy maxima krāja

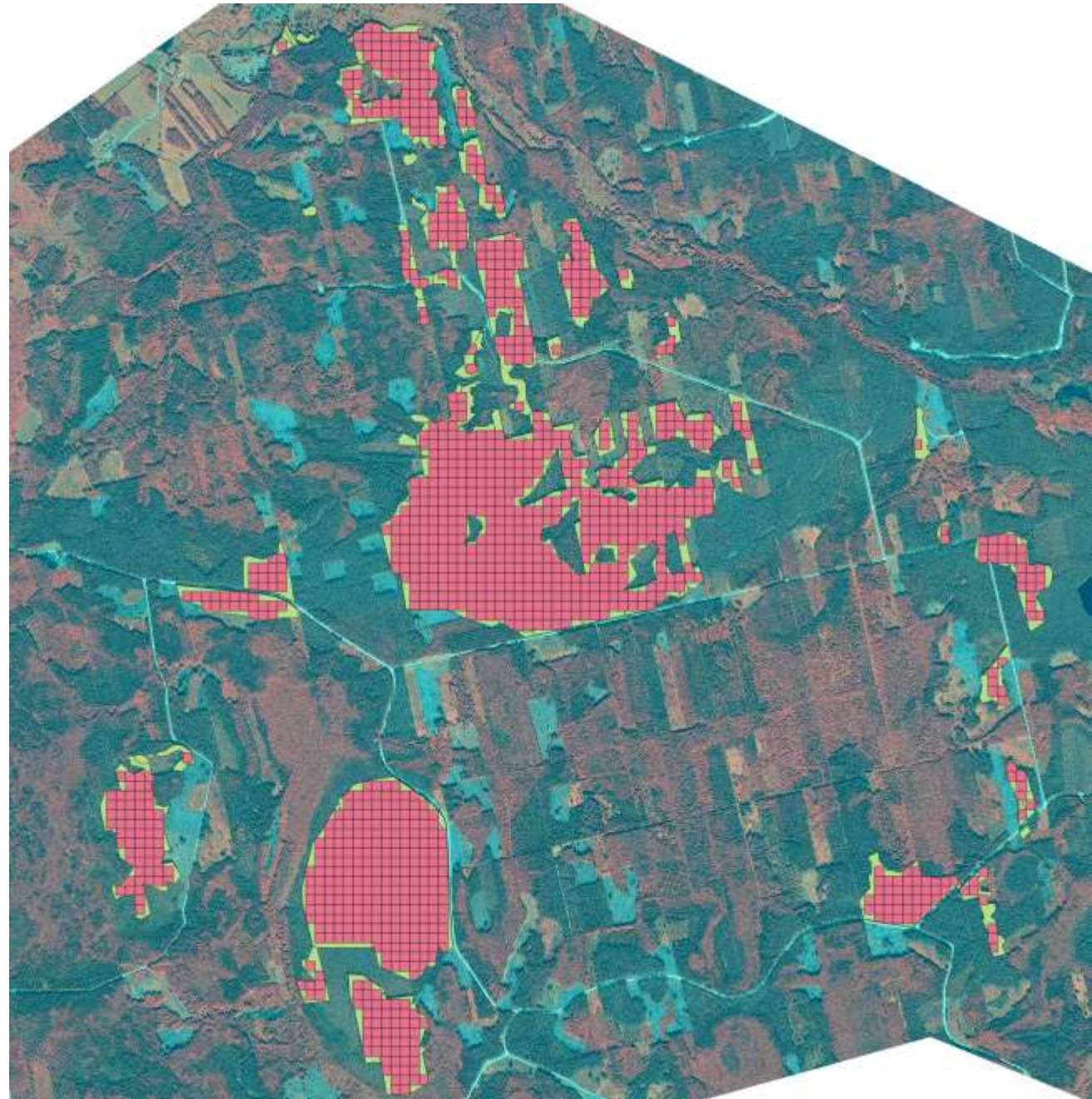
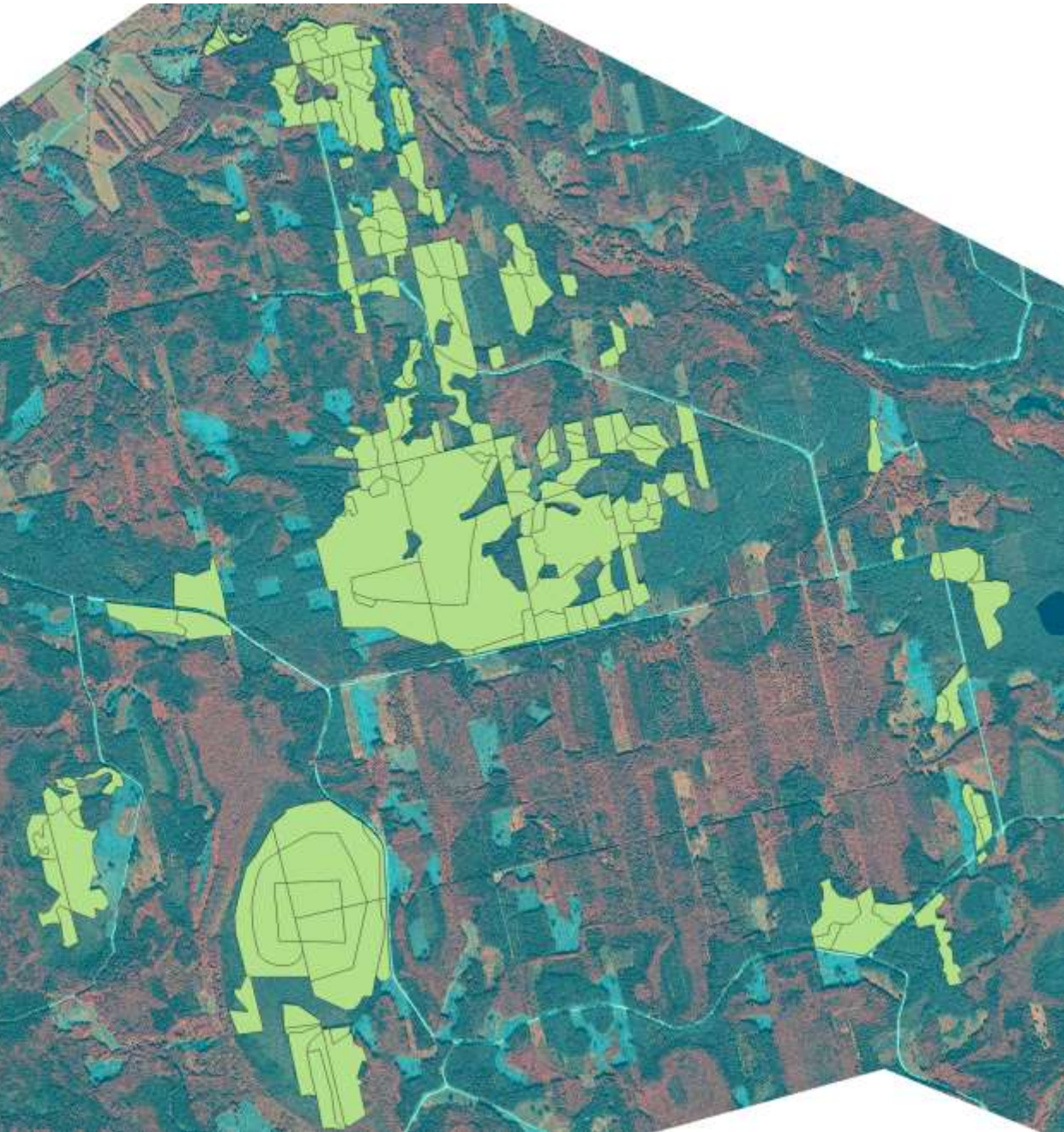


Priede



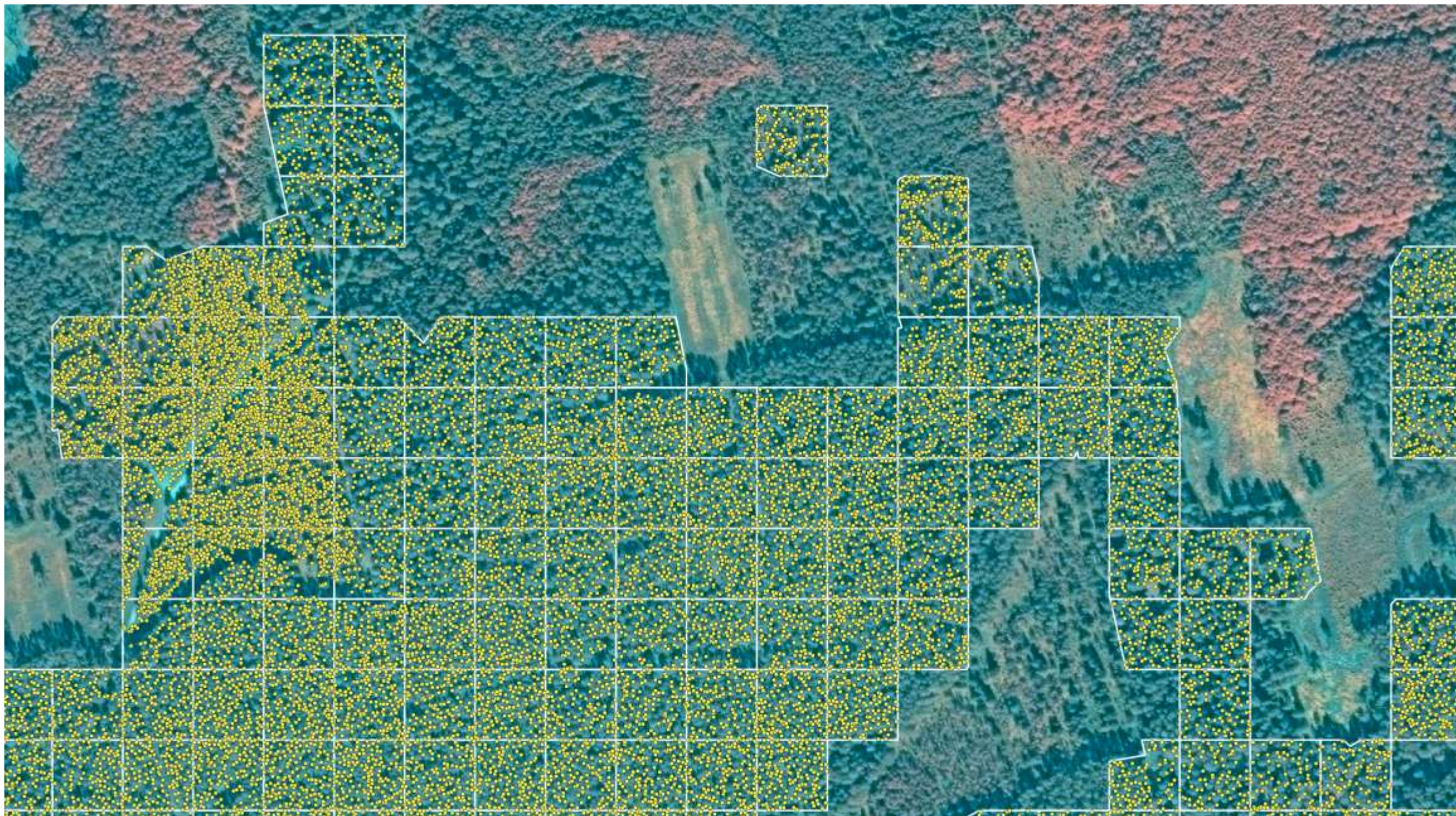


Laukumu-balstītā metode - 0.25Ha režģis (priede)

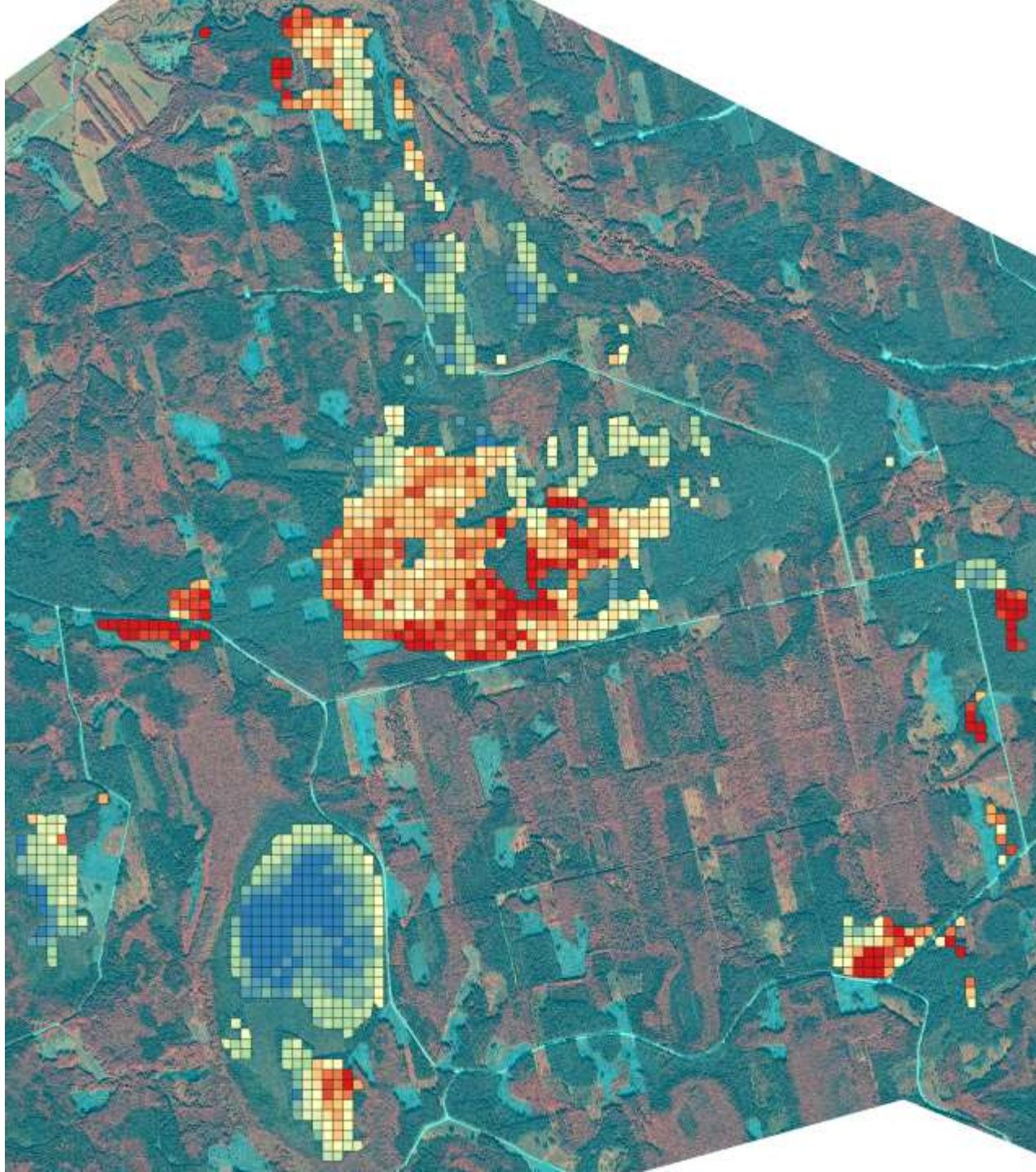




Canopy Maximas (yellow dots) ITD based (LiDAR 0.75m CHM) > Reference ABA Stem Volume







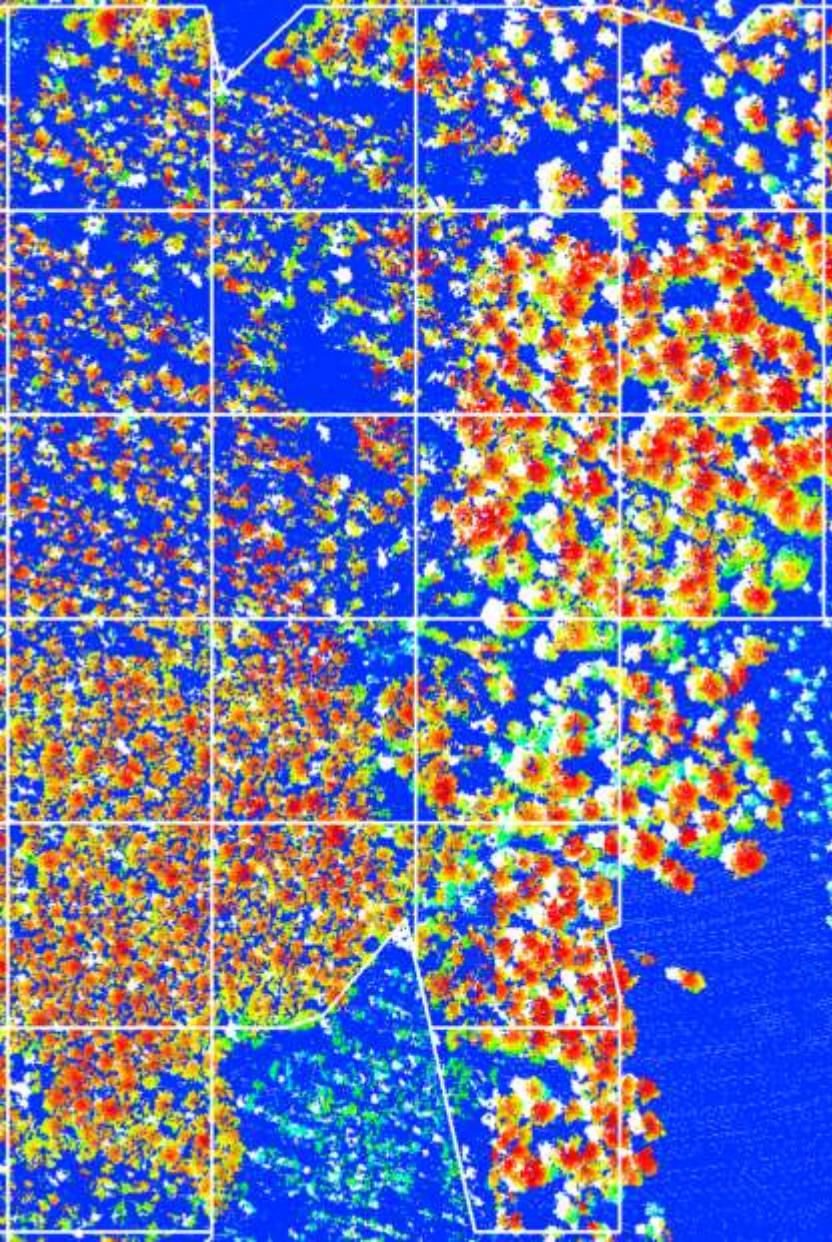
*Priede* Reference polygons (0.25 ha)  
Stumbru tilpums (kopā)

✓	0.3 - 8.6 [93]
✓	8.6 - 13.8 [92]
✓	13.8 - 19.2 [92]
✓	19.2 - 25.1 [92]
✓	25.1 - 33.1 [92]
✓	33.1 - 53.7 [92]
✓	53.7 - 72.1 [93]
✓	72.1 - 85.8 [92]
✓	85.8 - 94.6 [92]
✓	94.6 - 103.9 [92]
✓	103.9 - 116.4 [92]
✓	116.4 - 127.5 [92]
✓	127.5 - 210.7 [93]

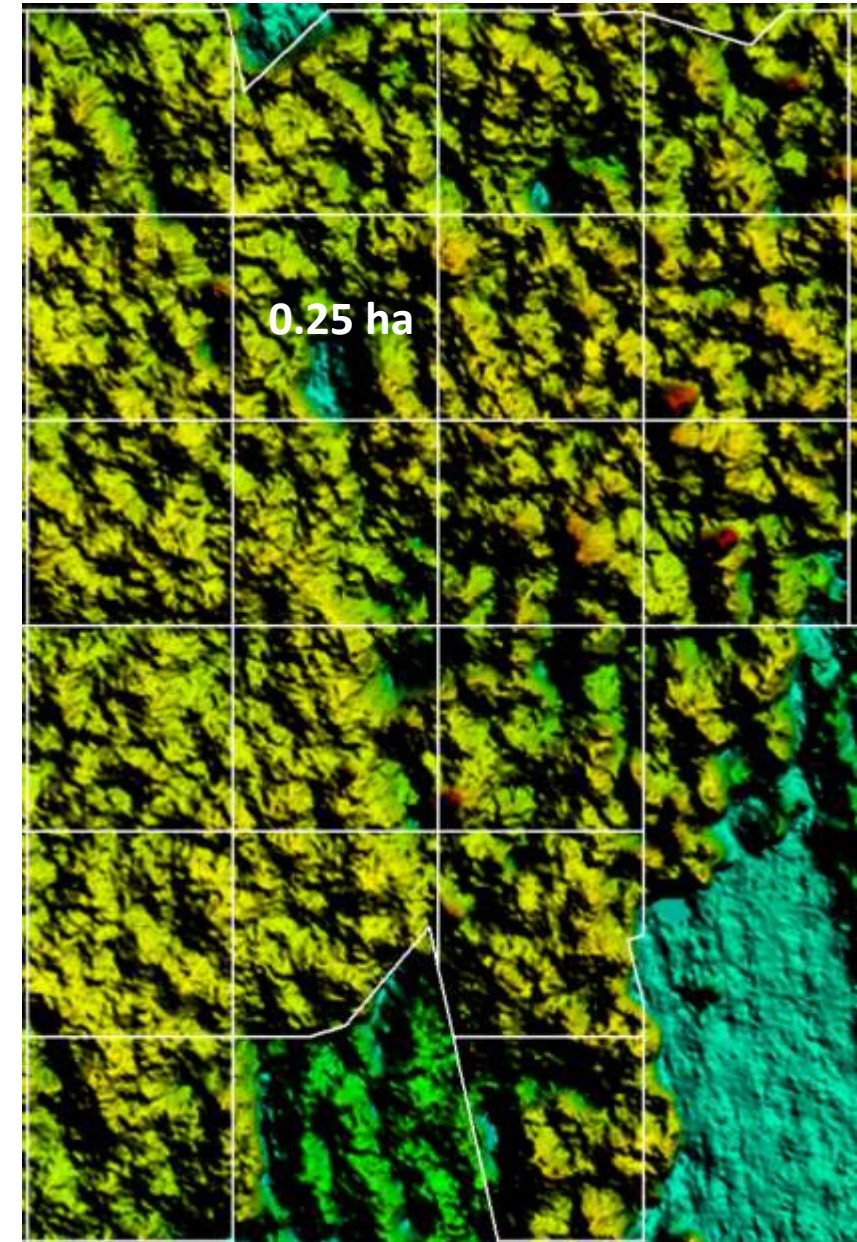
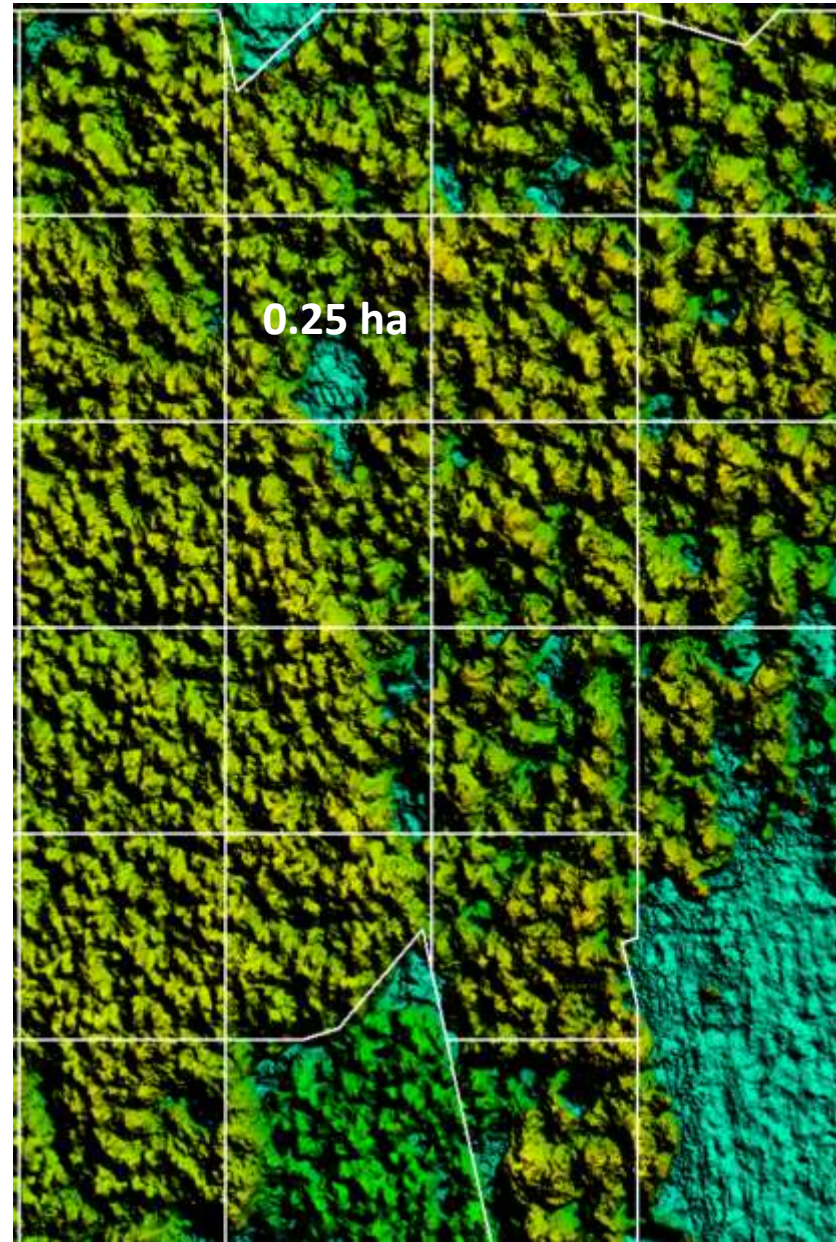


Laukumu-balstītā metode – augstumu metriku/rādītāju savākšana

LiDAR (Cloud metrics)



CHMs GRID metrics: UltraCam (0.25m)

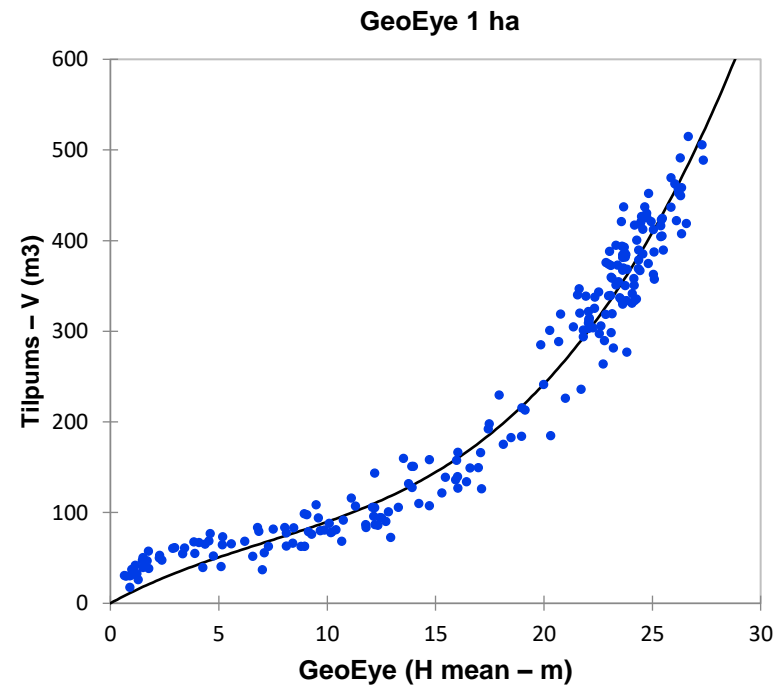
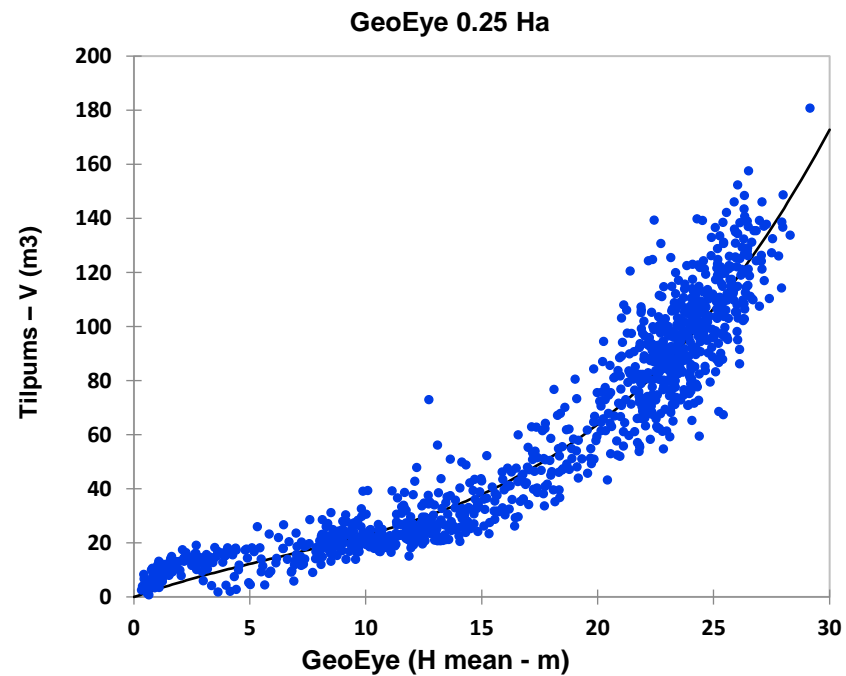




# Krāja (ABA) – Priede

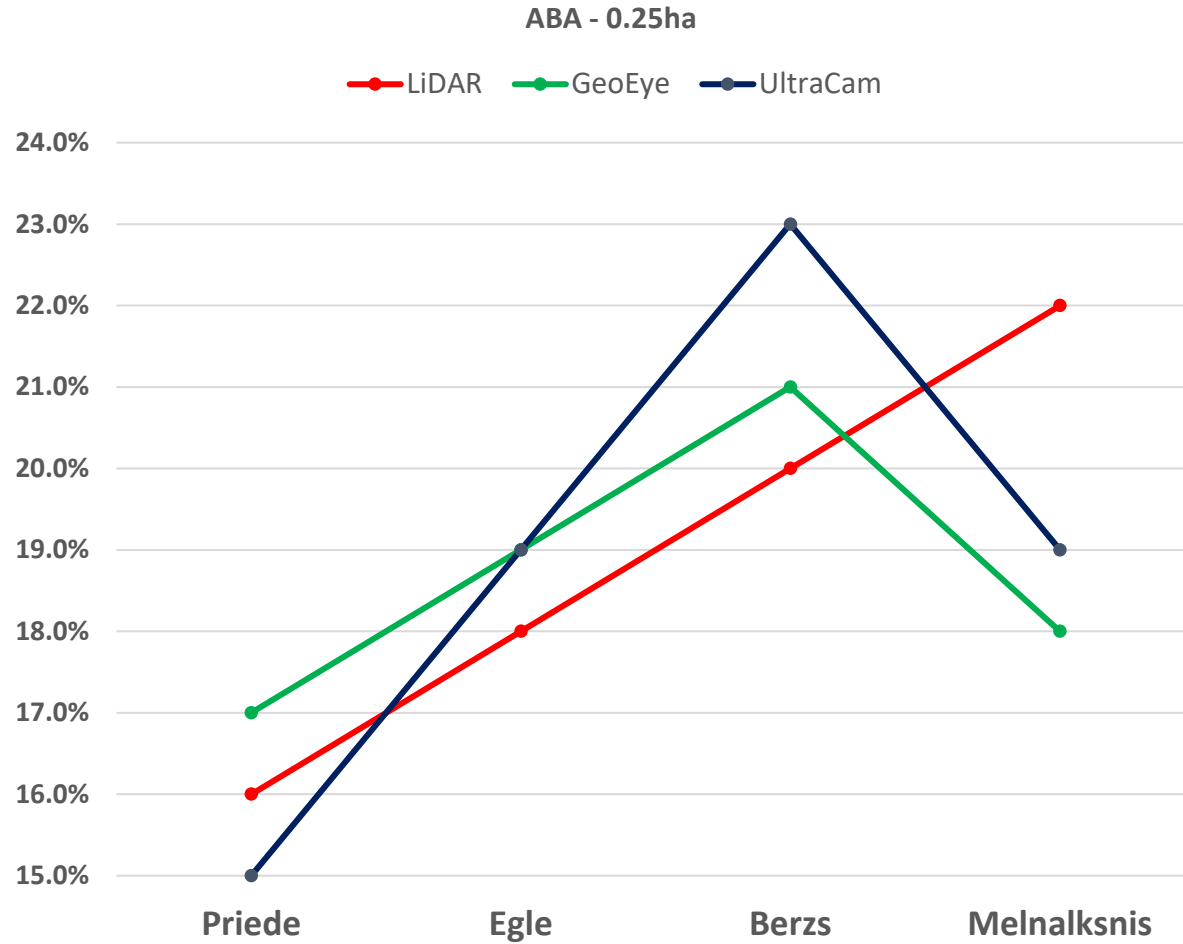
## Priede

		0.25 ha					1 ha				
		Obs.nr	Best Variable	R <sup>2</sup>	RMSe m <sup>3</sup> * ha <sup>-1</sup>	% of mean	Obs.nr	Variable	R <sup>2</sup>	RMSe m <sup>3</sup> * ha <sup>-1</sup>	% of mean
Lidar (0.50m cut)	Cloud Metrics	1089	P50	0.93	42	<b>16%</b>	218	P50	0.95	34	<b>14%</b>
GeoEye (0.5m)	Grid Metrics	1088	Mean	0.92	44	<b>17%</b>	218	Mean	0.96	30	<b>13%</b>
UltraCam (0.25m)	Grid Metrics	1089	Mean	0.94	36	<b>15%</b>	218	Mean	0.97	26	<b>11%</b>





## Krājas ABA-balstīto rezultātu precizitātes apkopojums – *RMSe % of mean*



	LiDAR		GeoEye		UltraCam	
	RMSe m <sup>3</sup> * ha <sup>-1</sup>	% of mean	RMSe m <sup>3</sup> * ha <sup>-1</sup>	% of mean	RMSe m <sup>3</sup> * ha <sup>-1</sup>	% of mean
<b>Priede</b>	42	17.5%	44	18%	38	16.5%
<b>Egle</b>	26.5	18.5%	28	19.5%	28	19.5%
<b>Berzs</b>	32	20%	34	21%	38	23%
<b>Melnalksnis</b>	49	22%	40	17%	42	18%

# Secinājumi

1. *Harvester* dati – ļauj iegūt maksimālā daudzumā koku stumbra savstarpējo parametru (DBH, Ht, Stem volume) regresijas un korelācijas;
2. Atsevišķo koku noteikšana (ITD):

LiDAR-based Canopy Maxima nodrošina 100 +/-10% visa pirmā stāva koku dešifrēšanu;

Atsevišķo koku apjomu noteikšana izmantojot tikai vienu parametru (koka augstums) pēc *harvester*  $Ht > Vol$  regresijas vienādojuma;

Atsevišķo koku noteikšanas metodes var tiks izmantoti reference krājas aprēķiniem un apmācītu poligonu izveidei priekš ABA.

3. Krājas noteikšana ar Laukumu balstītām metodēm (ABA):

Fotogrammetriskā ceļā iegūtie virsmas modeļu augstuma metrikas nodrošina līdzīgu krājas noteikšanu precizitāti attiecībā uz LiDAR 3D mākoņa augstumu metrikām;

Stereo aerofoto un satelītu datu iegūtie virsmas modeļi var tiks izmantoti krājas/koku biomasu regulārai (LGIA 3 gadu aerofoto) noteikšanai un izmaiņu monitoringam.



## Problēmas un ierobežojumi

1. Harvester dati – Koka pilnais augstums (raukuma noteikšana)
2. Atsevišķo koku noteikšana (ITD):
  - Lidar CHM izšķirtspējas izvēlē
  - Canopy Maxima uzstādījumi > ITD algoritma izvēle
  - Otra stāva koku neiespējamā identificēšana - nenovērtēšana (underestimation)  
no 20% (skujkokiem) līdz 30% (lapkokiem) no visa koku skaita
3. Laukuma balstītas metodes (ABA) – koku sugas robežu un laukuma noteikšana
4. Stereo satelītu bildes > mākoņi un optimālas B/H ratio izvēle, CHM completeness
5. LiDAR un stereo attēlu iegūšana bezlapu lapkoku gadalaikā (CHM completeness).



# *Paldies par uzmanību un sadarbību!*

