



KOKO
FOREST

Katupuiden kunnon seuranta kaukokartoituksen avulla

Samuli Junttila
Chief Scientist

KOKO Forest Oy
Karavaanikatu 4, 00980 Helsinki

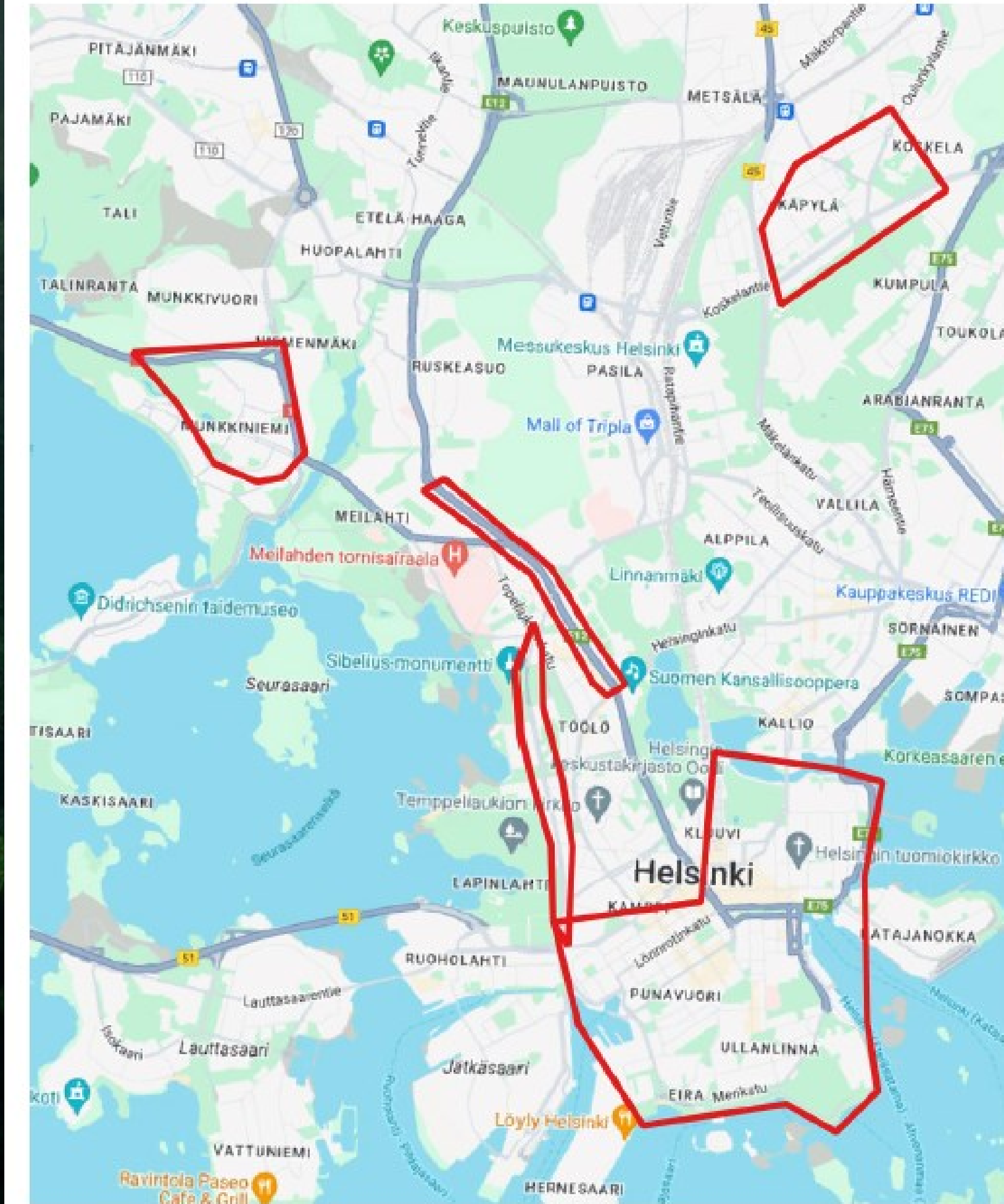
TAUSTAA

- Kaupunkipuut merkittäviä hiilen sidonnan, viilennyksen, hulevesien hallinnan ja viihtyvyyden kannalta
- Ilmastonmuutos uhkaa kaupunkipuiden terveyttä
- Kuivuus ja kuumuus keskeisimpiä stressin aiheuttajia
- Lämpösaarekeilmiö pahentaa tilannetta kaupungeissa
- Tarvitaan uusia menetelmiä kaupunkipuiden terveyden seurantaan



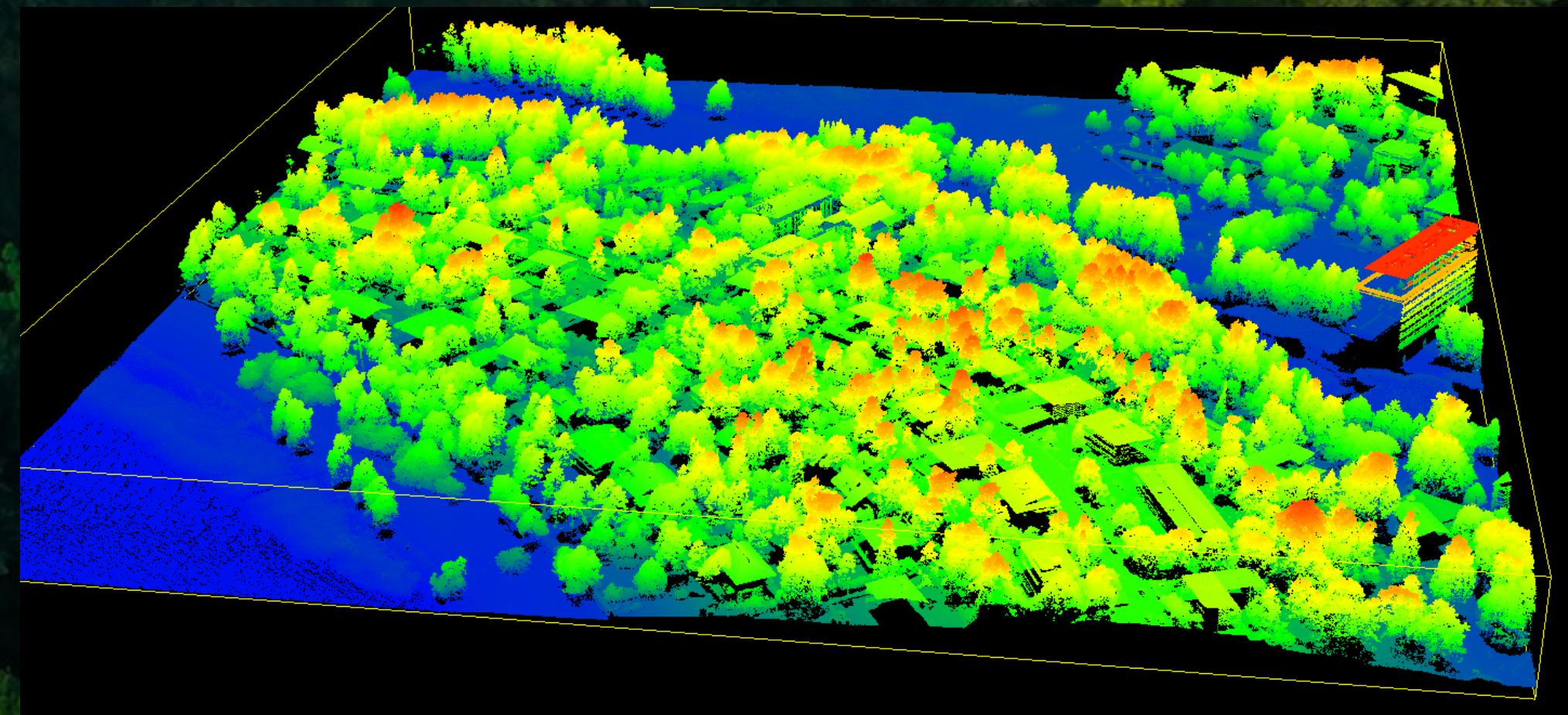
TUTKIMUSALUE JA TAVOITE

- Tavoitteena kehittää kustannustehokas kaukokartoitukseen perustuva menetelmä katupuiden kunnon seurantaan
- Tutkimusalueina kantakaupunki, Mechelininkatu, Mannerheimintie, Munkkiniemi ja Käpylä
- Pystymmekö ennustamaan puiden kuntoa tulevaisuuteen mittaamalla niiden kasvua?



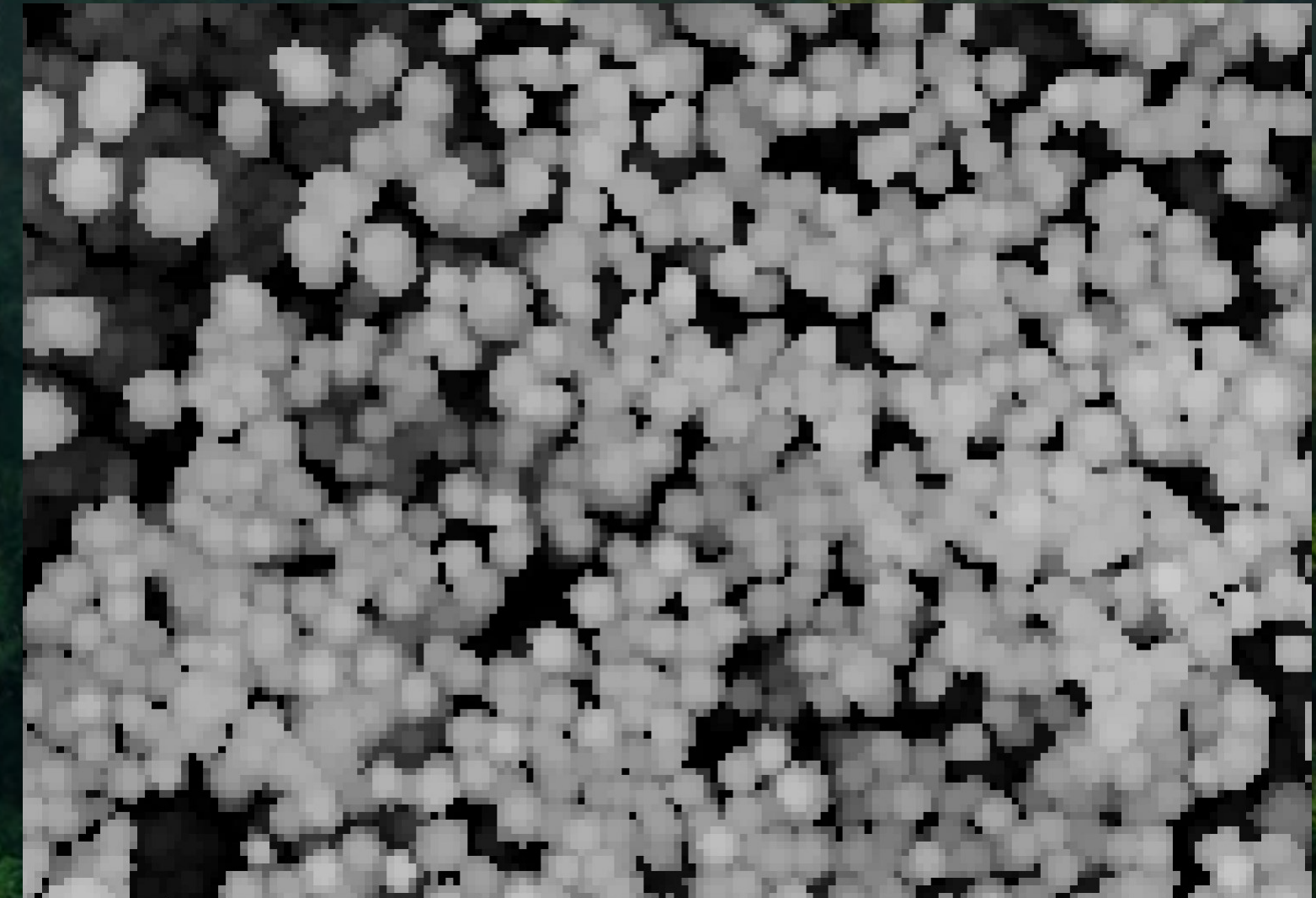
MENETELMÄT - LASERKEILAUS

- Laserkeilausaineisto vuosilta 2015 ja 2021 (yhteensä n. 2 miljardia analysoitua pistettä)
- Pistetiheys n. 55 pts/m²
- Kuvaa puuston rakennetta tarkasti



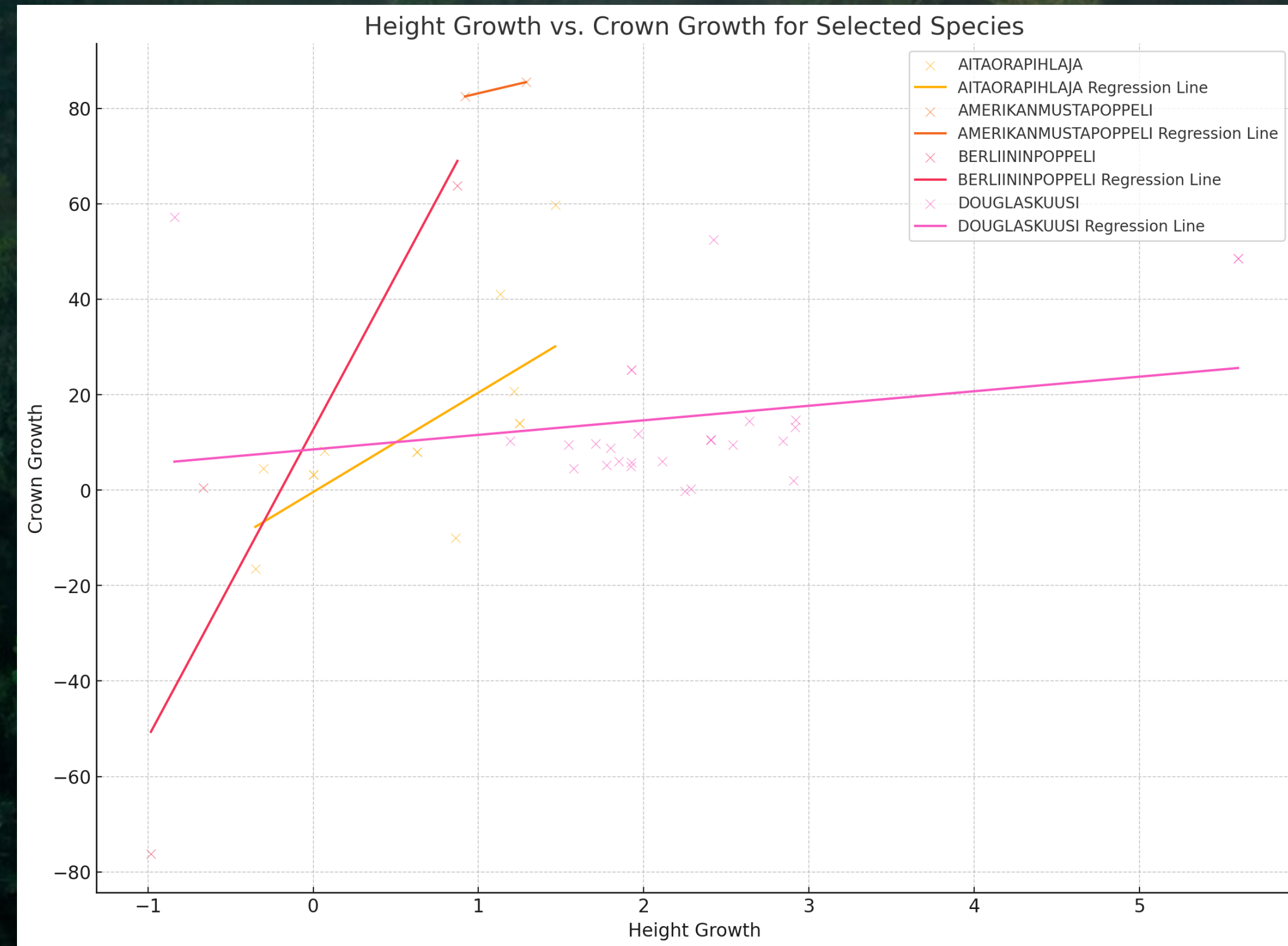
MENETELMÄT - LASERKEILAUS

- Pistepilvistä muodostettiin maastomalli, joka kuvaa maaston piirteitä ja sen avulla muodostettiin puuston latvusmalli
- Latvusmallin avulla tunnistettiin puut etsimällä lokaalit maksimit (Silva ym. 2016) ja segmentoitiin jokaisen puun latvus (Dalponte ja Coomes 2016)
- Tuloksena saatiin jokaisen puun pituus ja latvuksen koko

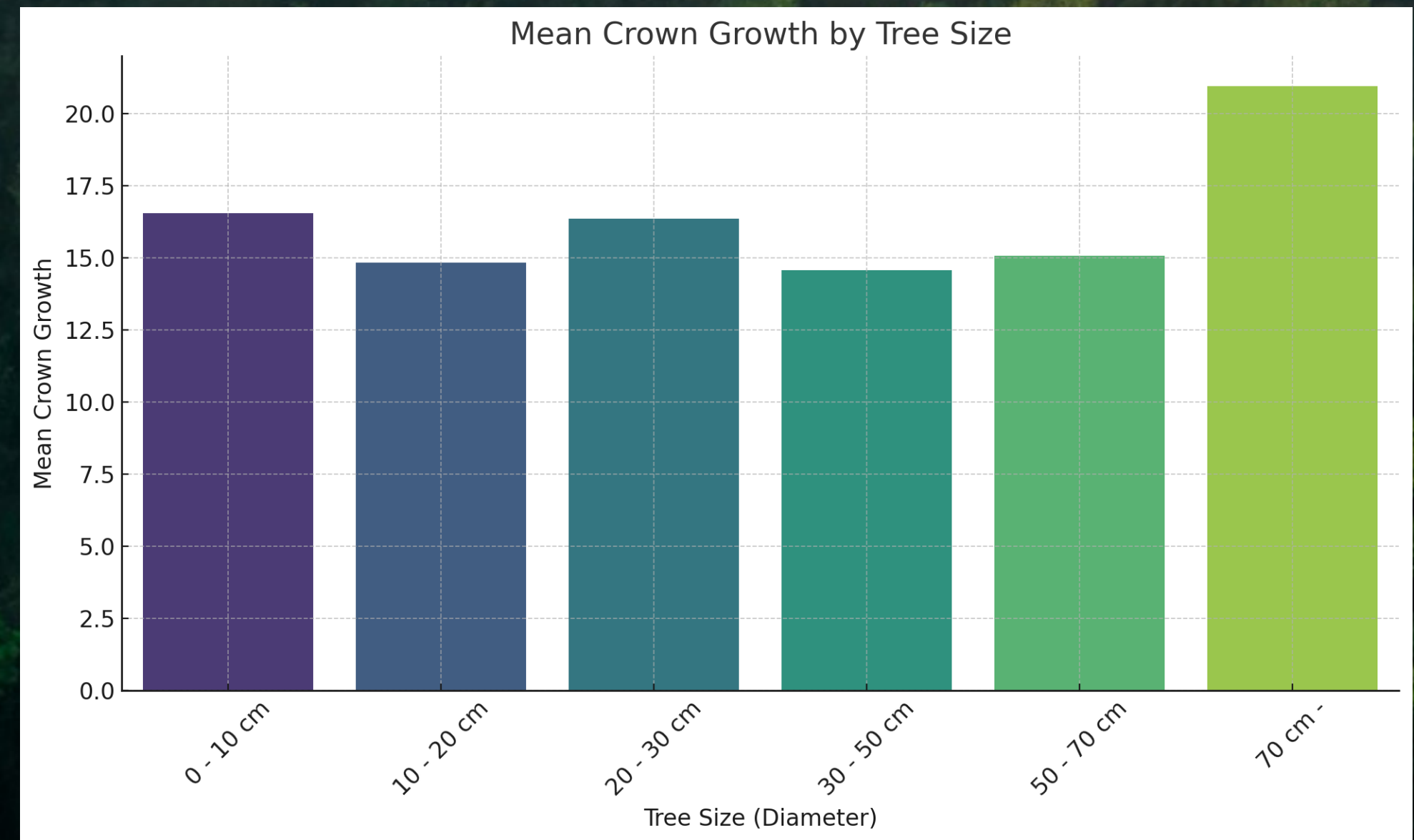
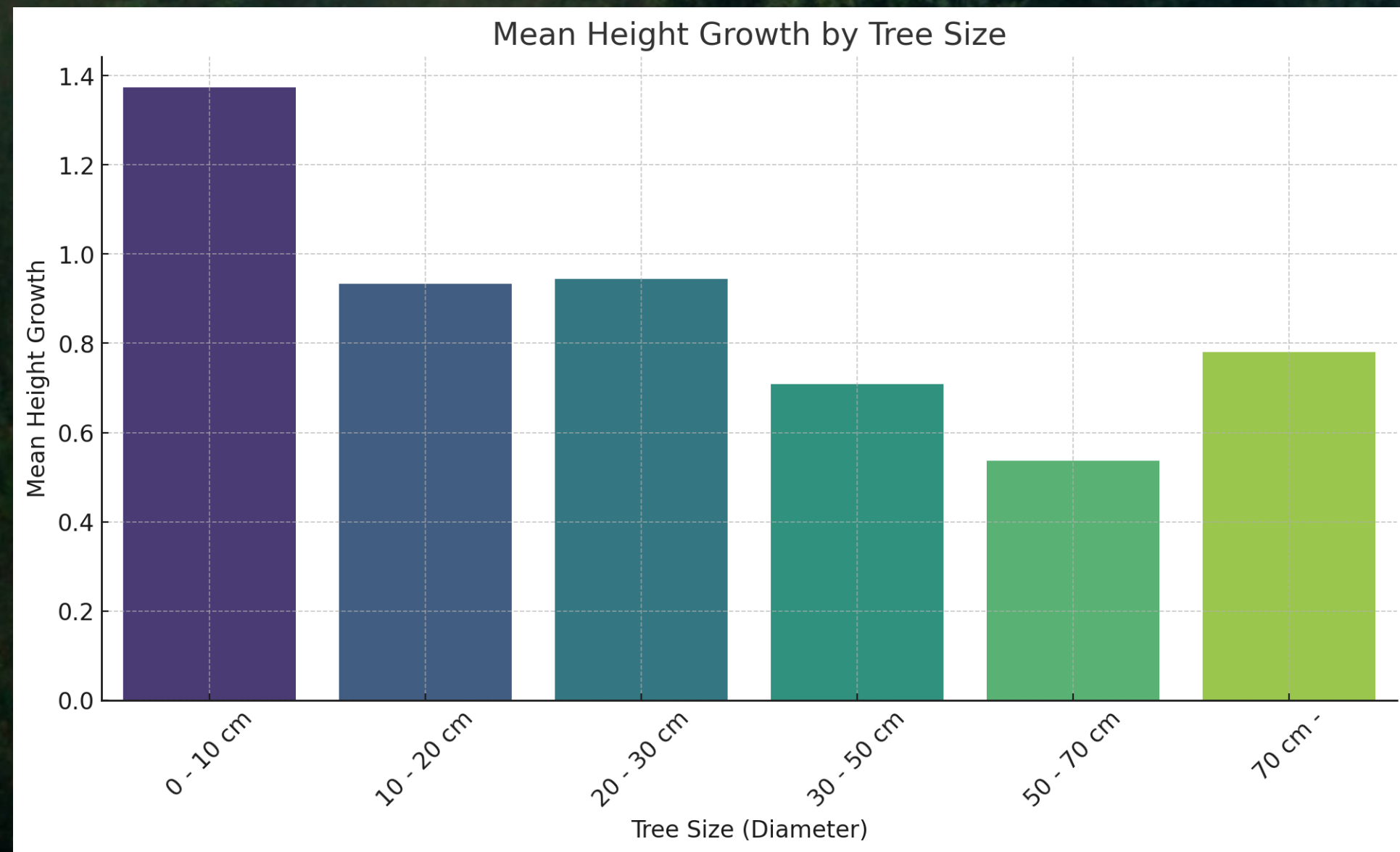


MENETELMÄT - LASERKEILAUS

- Sama prosessi toistettiin 2015 ja 2021 aineistolle, jotta saatiin laskettua puiden pituuden ja latvuksen kasvu
- Tämä aineisto yhdistettiin katupuurekisteriin, jotta saatiin puille läpimittaluokka ja puulaji



TULOKSET - LASERKEILAUUS



Puiden kasvuindeksit

Composite Growth Index (CGI)

$$\text{CGI} = \alpha \times \left(\frac{\text{height_growth} - \mu_{\text{height_growth}}}{\sigma_{\text{height_growth}}} \right) + \beta \times \left(\frac{\text{crown_growth} - \mu_{\text{crown_growth}}}{\sigma_{\text{crown_growth}}} \right)$$

$$\text{ECGI} = \alpha \times \left(\frac{\text{height_growth} - \mu_{\text{height_growth}}}{\sigma_{\text{height_growth}}} \right) + \beta \times \left(\frac{\text{crown_growth} - \mu_{\text{crown_growth}}}{\sigma_{\text{crown_growth}}} \right) \times \gamma_{\text{size}}$$

- Jokaiselle puulle laskettiin kasvuindeksi yhdistämällä latvuksen ja pituuden kasvutiedot (n=6878)
- Composite growth index (CGI) kuvaa puiden absoluuttista kasvua ja hiilen sidontaa.
- Enhanced composite growth index (ECGI) kuvaa puiden suhteellista kasvua läpimittaluokittain (huomioi puun koon)

- α and β are weights for height and crown growth.
 - $\mu_{\text{height_growth}}$ and $\sigma_{\text{height_growth}}$ are the mean and standard deviation of height growth.
 - $\mu_{\text{crown_growth}}$ and $\sigma_{\text{crown_growth}}$ are the mean and standard deviation of crown growth.
- γ_{size} is a size adjustment factor.

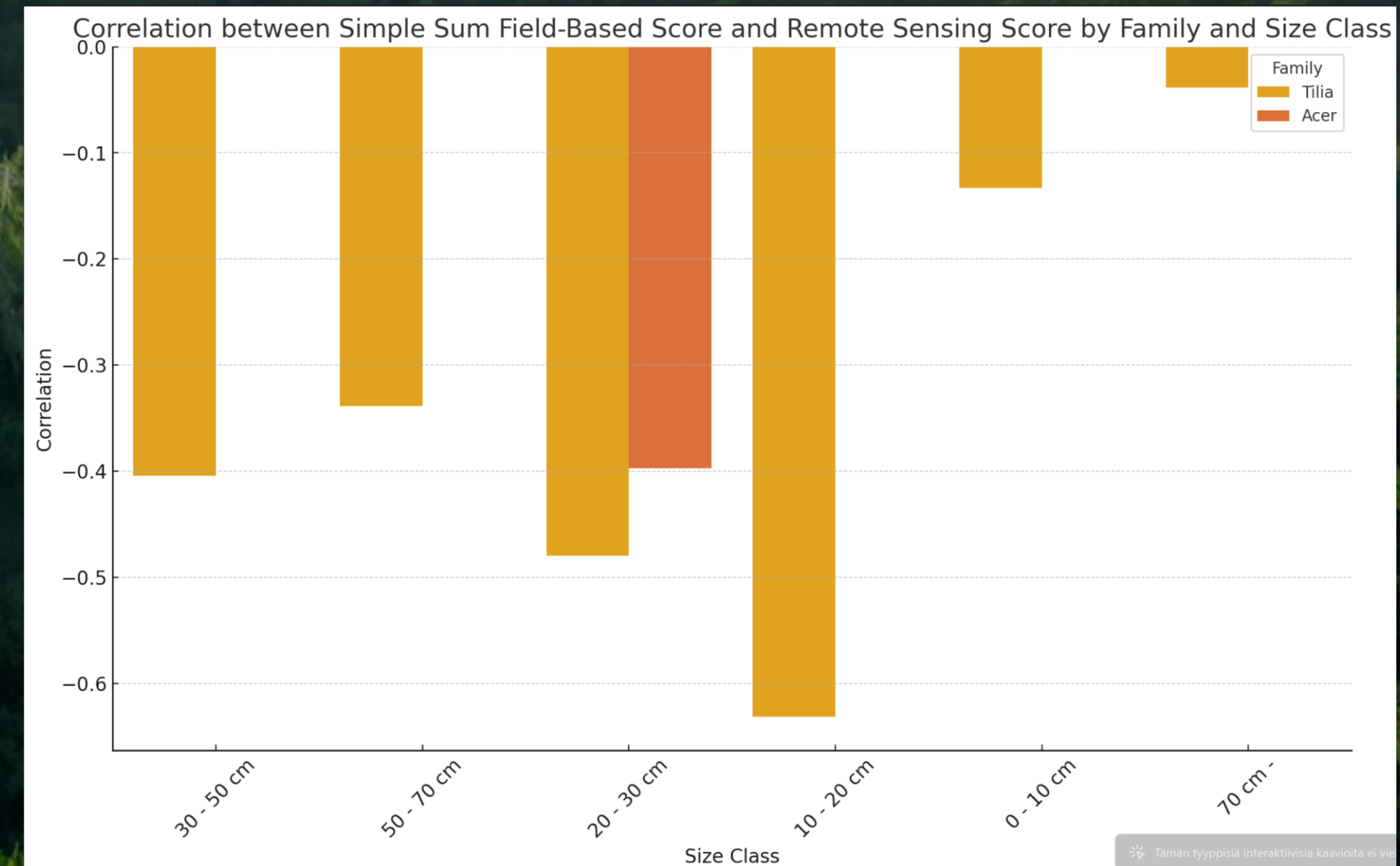
Maastoaineisto

- Maastossa luokiteltiin puun kunto 809 puusta eri puolilta tutkimusaluetta (6.-14.8.)
- Elossa/kuollut, harsuuntuminen (viisi luokkaa, 0-4), värimuutokset (kolme luokkaa, 0-2), kuolleet oksat (kolme luokkaa, 0-2), poikaoksat (kaksi luokkaa, 0-1)
- Kuntoindeksi: mitattujen kuntoluokkien summa (0-9)



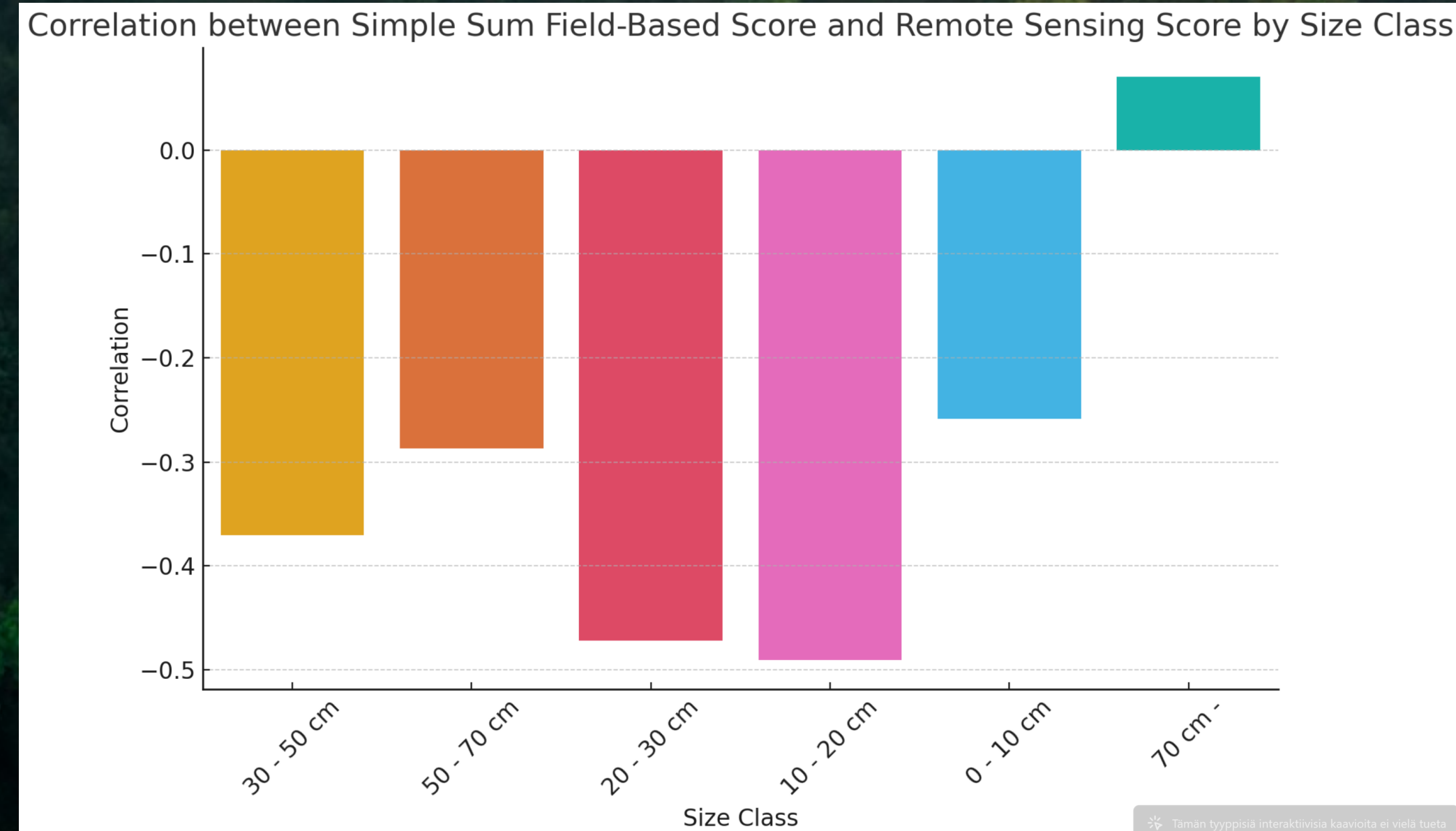
Maastoaineisto vs kaukokartoitustulkinta

- Kaukokartoitusperusteinen indeksi korreloi merkittävästi maastossa havaitun puun kunnon kanssa
- Puun koko luokka vaikuttaa korrelaatioon, parhaat tulokset pienemmillä/nuoremmilla puilla
- TULOS: Pystymme ennustamaan puiden kuntoa tulevaisuuteen!



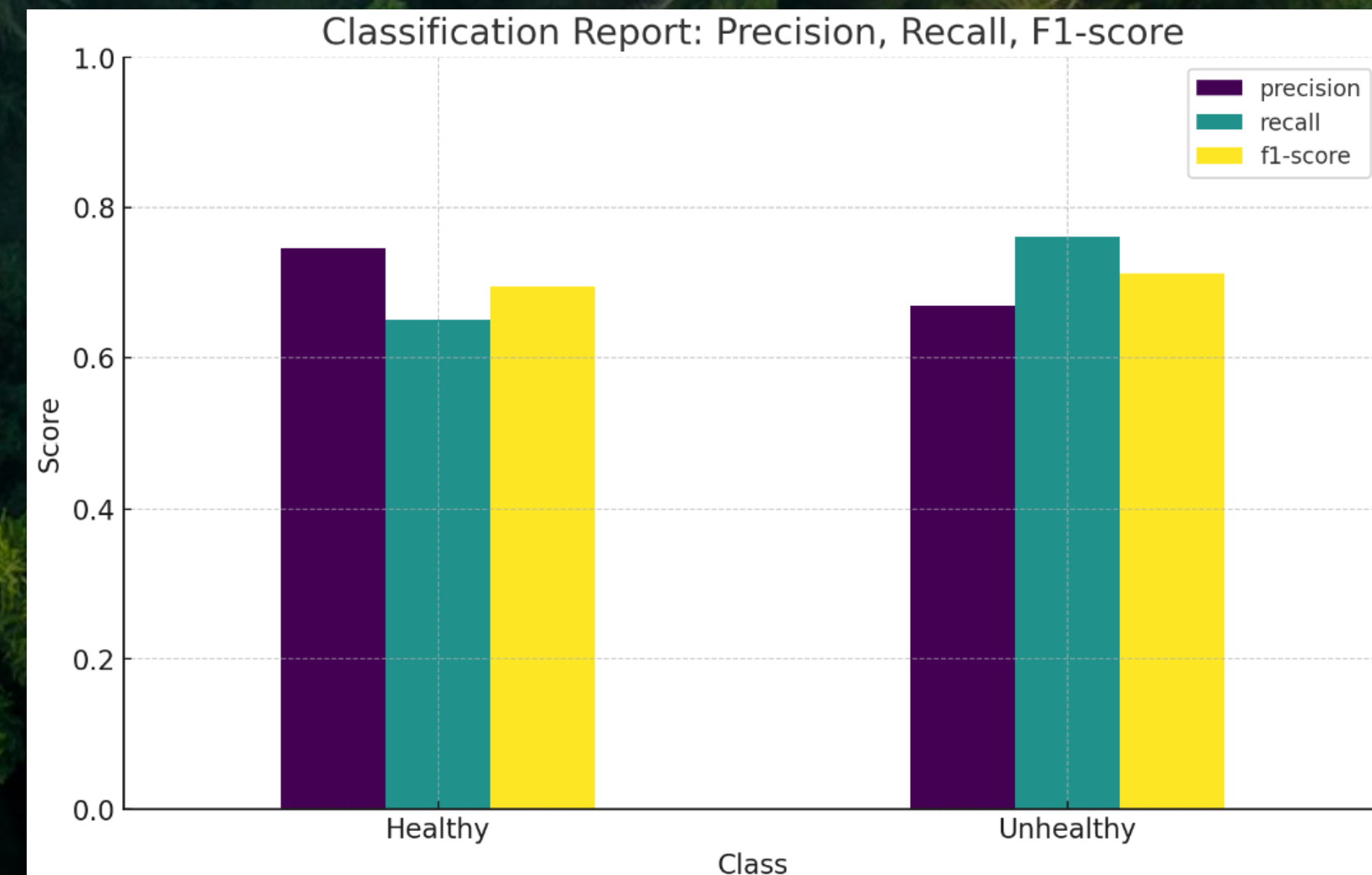
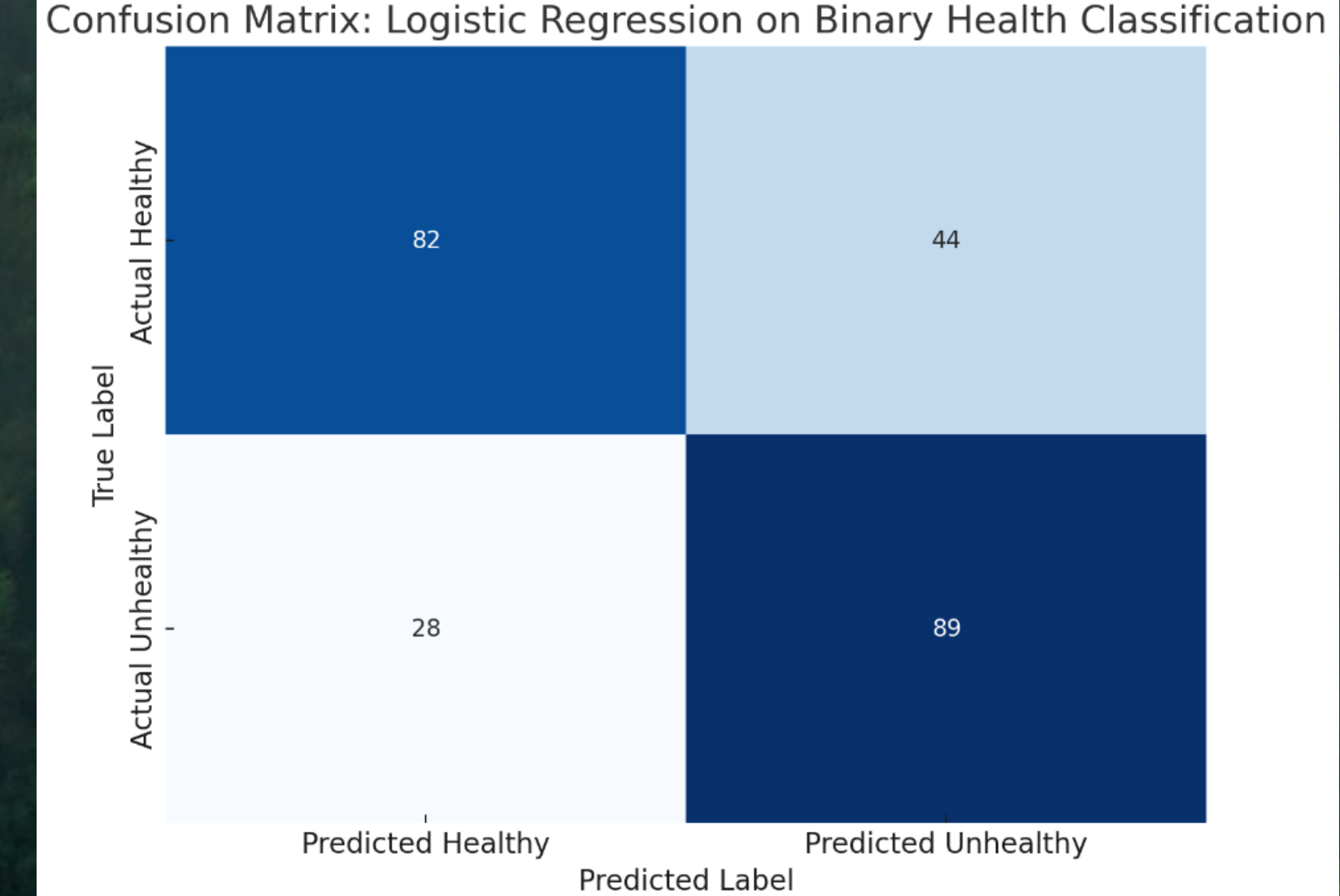
Maastoaineisto vs kaukokartoitustulkinta

- Tulokset saman suuntaisia myös kun kaikki puut laitetaan samaan analyysiin
- Suurimpien puiden kuntoa vaikein ennustaa kasvun perusteella (tulos tukee puufysiologian perusteita ja oli odotettavissa)



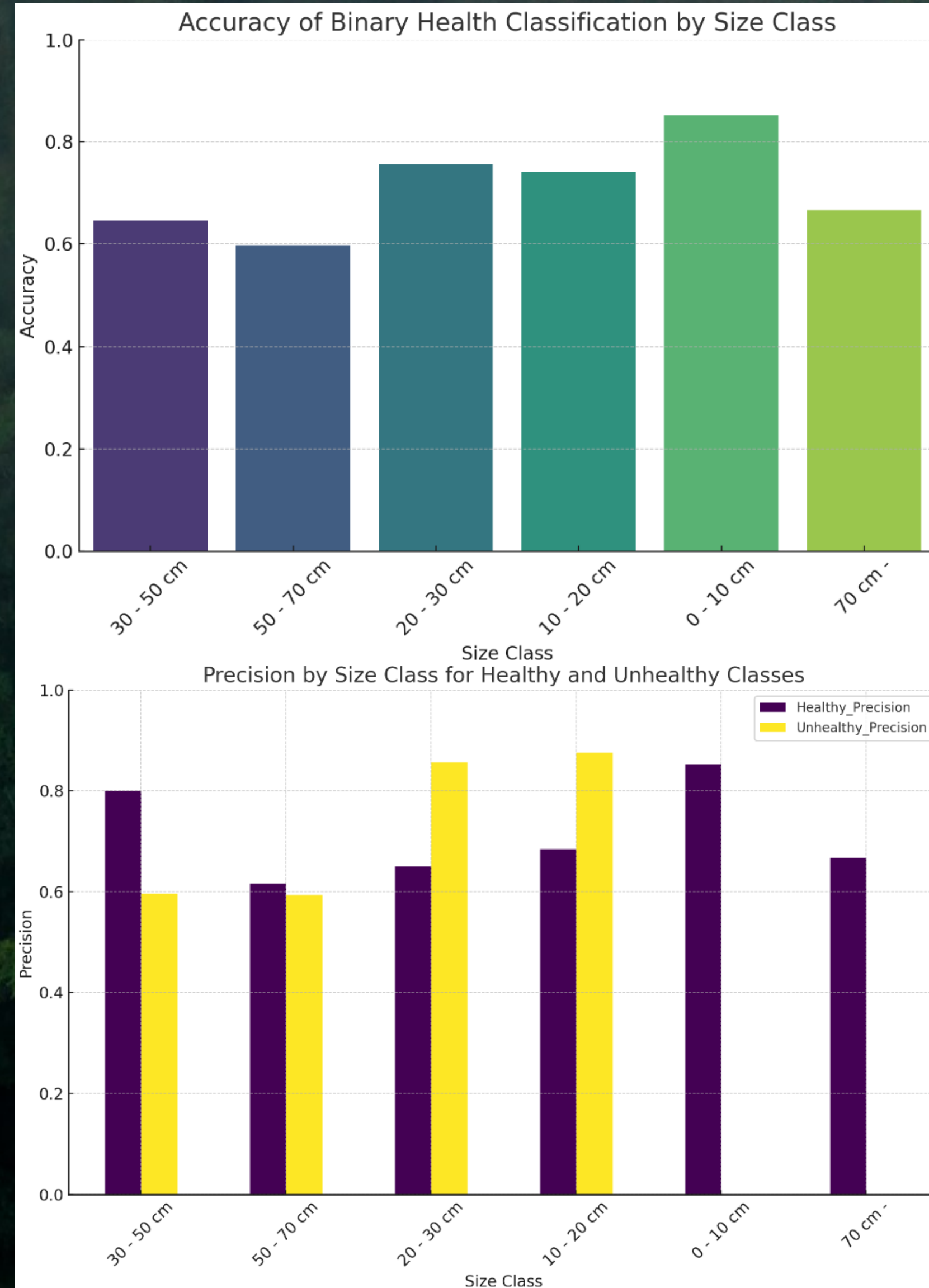
Puun kunnan ennustaminen

- Kaksi luokkaa: terve (0-33 persentiili) ja epäterve (34-100 persentiili)
- Logistisella regressiolla ennustettiin puun kuntoa, 30% aineistosta jätettiin testiaineistoksi
- 70% puista luokiteltiin oikein testiaineistossa (n=243)

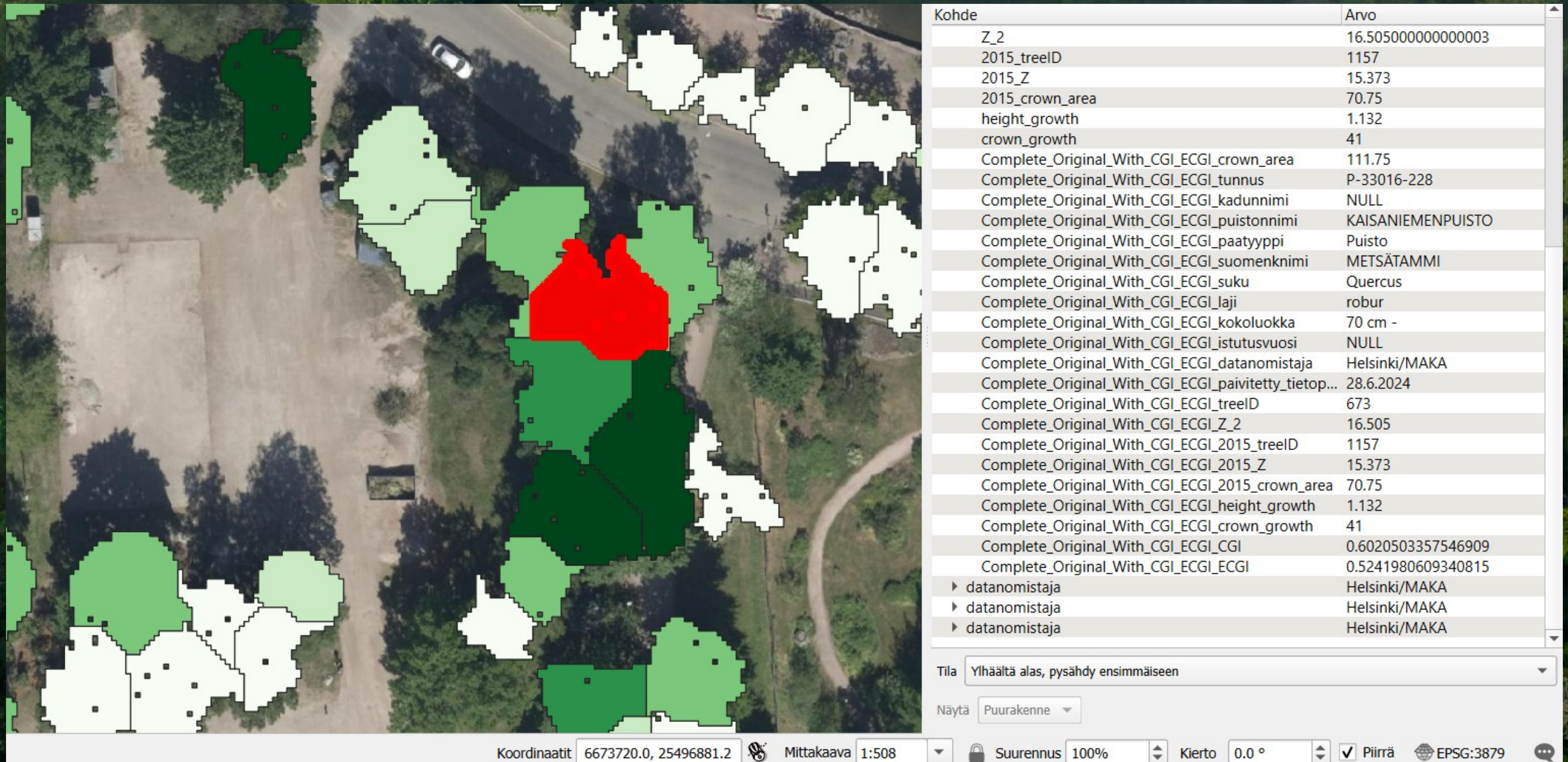


Puun koon vaikutus

- Kuten edellä huomattiin, kunnon ennustaminen on tarkempaa nuoremmille puille ja pienemmille puukokoluokille
- Pituuden ja latvuksen kasvu hidastuu iän myötä



Puiden kasvuindeksit



Puiden kasvuindeksit - ECGI



Puiden kasvuindeksit - ECGI



Miten eri puulajit menestyvät?

Table x. ECGI by species in decreasing order (only n>9).

suomenknimi	mean	count
DOUGLASKUUSI	0.911304	28
TUURENPIHLAJA	0.673825	15
HOPEASALAVA	0.647188	10
VAAHTERA	0.593126	20
METSÄLEHMUS	0.553764	46
SAARNIVAAHTERA	0.488004	25
METSÄ„TAMMI	0.46846	178
KATSURA	0.414051	16
TUOMI/KIRSIKKA	0.33743	13
PAPERIKOIVU	0.327327	14
SCHALININKIRSIKKA	0.324981	12
METSÄ„KUUSI	0.285235	43
VUORIJALAVA	0.274261	400

ISOLEHTILEHMUS	-0.05089	140
TERVALEPPÄ	-0.10488	76
AITAORAPIHLAJA	-0.19581	13
METSÄMÄNTY	-0.20915	142
RUOTSINPIHLAJA	-0.24857	102
PUISTOLEHMUS	-0.25956	2576
RAUTATIENOMENAPUU	-0.28868	10
NIVERÄ„VAAHTERA	-0.35306	17
KOIVU	-0.39527	18
HIESKOIVU	-0.46089	56
MUSTAMARJAORAPIHLAJA	-0.46832	13
ORAPIHLAJA	-0.55649	22

Voidaan tarkastella alueellisia eroja

region	median	Q1	Q3	count	IQR
RUNEBERGIN ESPLANADI	-0.86723	-0.91603	0.139119	12	1.05515 2
KAISANIEMENRANTA	-0.71967	-0.9367	-0.47274	98	0.46396 3
ARKADIANKATU	-0.69213	-0.88702	-0.22652	20	0.66049 3
SIBELIUKSENKATU	-0.66691	-0.8667	-0.42426	24	0.44244
MECHELININKATU	-0.6628	-0.88097	-0.30823	125	0.57273 8
KAPTEENINPUISTIKKO	-0.65225	-0.74602	-0.56897	27	0.17704 9

region	median	Q1	Q3	count	IQR
FREDRIKINTORI	1.12808 6	-0.14993	1.88039 7	18	2.03032 3
KULLERVONPUISTO	0.88943 5	0.60541	1.71336 7	11	1.10795 6
ETELÄINEN RAUTATIEKATU	0.64555 9	0.45097 2	0.82906 4	31	0.37809 2
PUISTOKAISTA	0.57508 4	0.01215 7	0.67336 3	11	0.66120 6
TOVE JANSSONIN PUISTO	0.57362 5	-0.42689	0.61598 4	32	1.04287 2
SINEBRYCHOFFIN PUISTO	0.551162	0.05271	1.15233 6	162	1.09962 6

Yhteenveto

- Laserkeilauksen avulla mitattu puun pituuden ja latvuksen kasvu tuottaa hyödyllistä tietoa puiden terveydestä
- Puiden kasvu on tehokas indikaattori niiden kokemasta stressistä
- Kehitimme uuden kustannustehokkaan menetelmän puiden terveydentilan seurantaan



THANK YOU



Samuli Junttila

Chief Scientist / Partner

+358 40 715 3477

samuli.junttila@kokoforest.com



Aki Snellman

Business Director / Partner

+358 40 022 8839

aki.snellman@kokoforest.com



KOKO FOREST