

## Numeeriset ilmakuvat taimikon perkaustarpeen määrittämisessä



Kaukokartoitusmenetelmiä hyödynnetään laajasti metsävarojen inventoinnissa ja metsätalouden suunnittelussa. Numeeriset kuva-aineistot antavat mahdollisuuksia automaattiseen tulkintaan ja niistä saadun tiedon tehokkaaseen yhdistelyyn muihin informaatiolähteisiin. Hyödyntämisen pääpaino on ollut varttuneiden metsien puustotunnusten arvioinnissa ja toimenpidesuunnittelussa. Metsänhoitotöiden toteutusta tukevia sovelluksia ei ole käytössä. Tutkimuksessa kokeiltiin numeeristen ilmakuvien hyödyntämistä taimikon puustotunnusten ja perkaustarpeen määrittämisessä.

Ilmakuvat tulkittiin numeerisesti ja siinä käytettiin sekä tekstuuripiirteitä (kuvapikseleiden muodostama pintakuviointi) että sävyarvopiirteitä. Kuvapiirteiden laskennassa käytettiin punaisena näkyvää infrapunakanavaa. Suoraan kuvapiirteistä sekä kuvapiirteiden ja kuviotietojen yhdistelmistä muodostettiin regressiomalleja, joilla selitettiin taimikon puustotunnuksia. Puusto- ja kuviotiedoista pyrittiin edelleen mallintamaan taimikon perkaustarvetta.

Taimikon ja kilpailevan lehtipuuston puustotunnuksia ei saatu luotettavasti estimoiduksi pelkkien kuvapiirteiden avulla. Kun kuvapiirteiden lisäksi otettiin huomioon taimikon ikä sekä kasvupaikkaa ja uudistamismenetelmiä koskevia kuviotietoja, havupuiden puustotunnusennusteet paranivat. Parhaimmillaan havupuiden pituutta, tilavuutta ja pohjapintalaa kuvaavien mallien selitysaste oli 63–70 %. Kilpailevan lehtipuuston pituuden ja tiheyden estimointi ei onnistunut kuviotietojenkaan tuella, vaan mallien selitysasteet jäivät 29–34 %:iin.

Eri kuvamittakaavojen vertailussa parhaimmat tulokset saatiin 1:14 000 -kuvilla. 1:8 000 -kuvat vaikuttivat sisältävän liikaa yksityiskohtaista informaatiota, kuten oksia ja aluskasvillisuutta, jotka sekoittivat tulkintaa. 1:30 000 -kuvilta saatiin

puolestaan heikoimmat tulokset lähes kaikkien kuvapiirteiden kohdalla.

Koska puustotunnusten ennustaminen kuvilta ei onnistunut luotettavasti, myös niihin perustuvat taimikon perkaustarve-ennusteet jäivät epävarmoiksi. Tutkimuksessa laadittiin myös alustava, maastossa mitattuihin puustotietoihin ja koelakohtaisesti määriteltyyn perkauksen kiireellisyyteen perustuva malli perkaustarpeelle. Tärkeimmät selittäjät mallissa olivat odotetusti taimikon ja vesakon pituus sekä vesakon tiheys. Mallia voidaan hyödyntää esim. taimikon käsittelyvaihtoehtojen simuloinnissa, jossa taimikkoa ja vesakkoa kasvatetaan tunnetusta lähtötilanteesta eteenpäin.

Tutkimuksessa arvioitiin myös visuaalisen kuvatulkinnan edellytyksiä ilmakuvien ja neljä metriä koealojen yläpuolelta otettujen panoraamakuvien avulla. Todettiin, että pienikokoisia puita (< 1,5 m) oli vaikea erottaa aluskasvillisuudesta ilmakuvista, eikä se aina onnistunut kunnolla edes panoraamakuvista. Lehti- ja havupuilla ei taimikkovaiheessa näyttänyt olevan ilmakuvilta selvästi havaittavia visuaalisia eroja. Nämä havainnot vastaavat kuvien numeerisessa tulkinnassa ilmenneitä hankaluuksia eri kasvillisuusryhmien erottamisessa.

**Taimikon metsätyyppi, ikä ja perkaustarve tutkimuskoealoilla.**

*Young stand age, forest site type and need for pre-commercial thinning in research testing plots.*

Metsätyyppi Forest site type	Koealoja Test plots	Taimikon ikä, vuotta Young stand age (yrs)	Koealoja Test plots
OMT Lehtomainen kangas Oxalis-Myrtillus Type	5	1-2	5
		3-4	13
MT Tuore kangas Myrtillus Type	22	5-6	14
		7-8	16
		9-10	7
		11-12	8
VT Kuivahko kangas Vaccinium Type	35	> 12	2
		Yhteensä / Total	65
CT Kuiva kangas Calluna Type	3		
		Yhteensä / Total	65

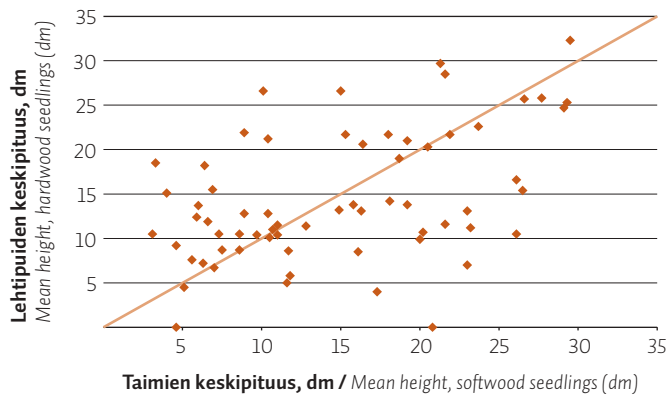
Perkaustarve Pre-commercial thinning need	Koealoja Test plots
Heti / Immed.	15
0-2 vuotta / yrs	13
Ei / None	37
Yhteensä / Total	65

**Kasvatettavien havupuutaimien ja kilpailevan lehtipuuston pituus koealoilla.**

*Taimikoiden keskipituus vaihteli vajaasta puolesta metristä kolmeen metriin. Lehtipuuden tiheys oli keskimäärin 13 300 kpl/ha. Kuvaan piirretty suora kuvaa tilannetta, jossa koealan havu- ja lehtipuut ovat samanpituisia.*

**The mean height of softwood and competing hardwood seedlings in test plots.**

*The mean height of seedlings varied from just under a half metre to three metres. Hardwood density was an average of 13,300 st/ha. The diagonal bisecting the figure indicates a situation where the test plot hardwood and softwood trees are the same height.*



**Ilmakuva-aikeet ja 4 metrin korkeudelta otettu panoraamakuva vastaavasta koealasta maastossa.**

*Esimerkitapauksena tuoreen kankaan istutuskusikko. Istutustaimien keskipituus 2,9 m, luontaisia lehtipuita 15 000 kpl/ha ja niiden keskipituus 2,5 m. Ei välitöntä perkaustarvetta.*

**Aerial photograph details and panoramic images of the same test plot in the terrain taken from a height of 4 metres.**

*Example planted spruce stand, mean height of planted seedlings 2.9 m, hardwood trees 15,000 st/ha with a mean height of 2.5 m. No immediate need for pre-commercial thinning.*

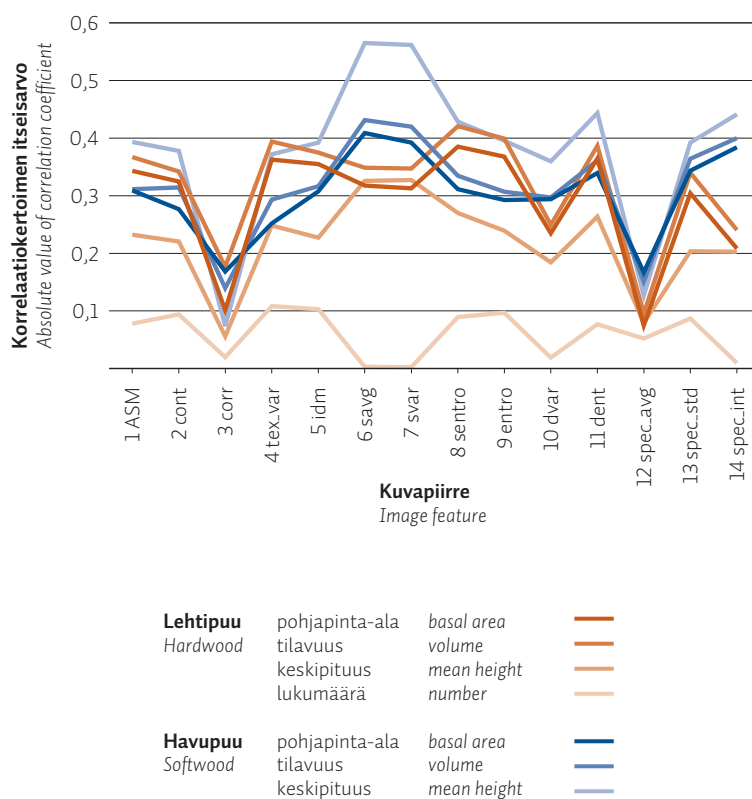
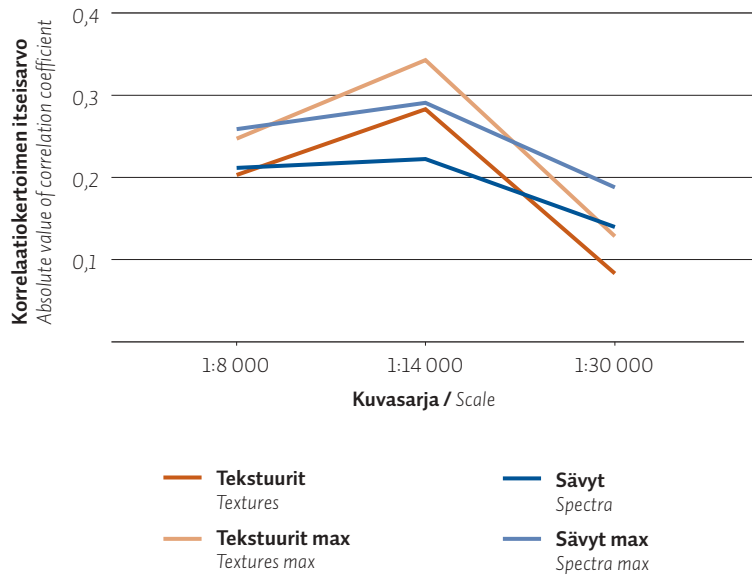


Mittakaava / Scale 1:8000



Mittakaava / Scale 1:14000





**Kuvapiirteiden ja puustotunnusten välinen keslikorrelaatio eri kuvasarjoilla.** Parhaat tulokset saavutettiin 1:14 000 mittakaavan kuvilla, mutta yleisesti ottaen kuvalta analysoitujen kuvapiirteiden ja puustotunnusten välinen yhteys jäi heikoksi.

**Average correlation between image features and stand characteristics in different image series.** The best results were obtained in 1:14,000 scale images, but, generally speaking, the correlation between the image features and stand characteristics analysed in the photograph was ambiguous.

**Haralickin tekstuuripiirteiden (1–11) sekä sävyarvopiirteiden (12–14) ja puustotunnusten välinen korrelaatio 1:14 000 -kuvilta.** Havupuiden pituus korreloi yleensä parhaiten kuvapiirteiden kanssa ja lehtipuiden lukumäärä selvästi huonoiten.

**Correlation between Haralick textures (1–11), spectral features (12–14) and stand characteristics in 1:14,000 scale images.** The height of hardwood trees usually correlates with image features in the best cases, and particularly the number of hardwood trees in the worst cases.

#### Kirjoittajat

Tuukka Tuomola, Helsingin yliopisto  
Jarmo Hämäläinen, Metsäteho Oy  
Tapio Räsänen, Metsäteho Oy

Ilmakuva-aineistona oli vuosina 2002 ja 2004 kuvattuja numeerisia väri-infrakuvia Hyytiälän seudulta. Vanhempien kuvien mittakaava oli 1:30 000 ja tuorempien 1:8 000 sekä 1:14 000. Yhden kuvapikselin kattama alue maastossa oli mittakaavaa vastaavasti 42–12 cm. Puusto- ja kasvupaikkatunnukset mitattiin keväällä 2005 yhteensä 65:ltä tarkasti paikannetulta koealalta, jotka sijoitettiin 25 taimikkoon. Yhteensä 48 koealaa oli kuusen ja 17 koealaa männyn taimikoissa, ja perattava puusto oli pääosin koivua.

Tutkimus on osa Metsätehon Taimikonhoidon kehittäminen ja koneellistaminen -projektiä ja se toteutettiin yhteistyössä Helsingin yliopiston metsävarojen käytön laitoksen kanssa. Maat. ja metsät. yo. Tuukka Tuomola teki aiheesta opinnäytetyön, jota ohjasi MMT Ilkka Korpela.

## Perkaustarve ei selviä pelkästään ilmakuvista – muita informaatiolähteitä tarvitaan

**T**utkimuksen tarkoituksena oli selvittää, voitaisiinko numeeristen ilmakuvien avulla rationalisoida taimikonhoidon työmaasuunnittelua. Kehittämistavoitteena on parantaa taimikonhoidon kohdevalintaa ja ajoitusta, helpottaa työmaan sisäistä rajausta sekä vähentää maastokäyntejä ja tehostaa muutenkin suunnittelutyötä.

Tässä kokeilussa ilmakuvien kuvapiirteistä ei saatu tarpeeksi luotettavaa informaatiota suunnittelun tueksi. Ongelmana oli mm. eri kasvillisuusryhmien sekoittuminen, jolloin kasvatettavien havupuiden ja lehtipuuston kilpailutilannetta ei saatu kunnolla selville. Muun pintakasvillisuuden ja lehtipuiden sekoittuminen oli pahinta nuorimmissa taimikoissa.

Tutkimuksessa perkaustarve pyrittiin johtamaan verraten yksityiskohtaisten puustotunnusten kautta. On mahdollista, että kuvatulkinnassa päästäisiin parempiin tuloksiin, jos perkaustarve pystyttäisiin kuvaamaan suoremmin, esimerkiksi lehtipuuston latvuspeittävyyttä kuvaavan tunnuksen avulla.

Rohkaisevaa oli se, että taimikoiden ikä-, olosuhde- ja menetelmätietojen kytkentä kuvapiirteisiin paransi merkittävästi kuvatulkinnan tarkkuutta. Sellaiset tiedoitan ovat suunnittelutilanteessa useimmiten käytettävissä. Lisäksi taimikoiden kehitysnopeudesta alkaa olla jo varsin hyvä tietämys, ja tutkimustietoa vesakonkin kehityksestä kertyy kaiken aikaa lisää. Tulevaisuuden suunnittelujärjestelmät

voitaneen rakentaa – tämänkin työläjain osalta – monilähteesen informaation varaan, jossa kaukokartoitusaineistoja, kasvumalleja sekä uudistamismenetelmä- ja olosuhdetietoja yhdistämällä päästään käyttökelpoisiin ennusteisiin käsittelytarpeesta.

Satelliittikuvaus on yksi varteenotettava vaihtoehto taimikoita koskevaan informaation hankintaan. VMI-mittauksiin yhdistetyistä satelliittikuvista on saatu hiljattain lupaavia tuloksia Metlan ja Joensuun yliopiston hankkeessa. Menetelmä vaikuttaa soveltuvan etenkin selvästi viivästyneiden taimikonhoitokohteiden kartoitukseen.

Myös laserkeilaus on tulossa voimakkaasti mukaan metsäsuunnittelun työvälineisiin. Metsätehossa on käynnissä yhdessä Helsingin yliopiston kanssa selvitys laserkeilauksen ja ilmakuvien yhdistämisen tuottamasta informaatiosta taimikkovaiheessa.

Taimikonhoidon suunnittelusovelluksen elementtejä ja kustannustehokkuutta ei tässä vaiheessa voitu tarkemmin hahmotella, koska ilmakuvilta saatava informaatio osoittautui riittämättömäksi. On kuitenkin ilmeistä, että taimikonhoitoa tukevan kaukokartoitusmateriaalin hankinta pitäisi kustannussyistä pystyä kytkemään muihin metsävaratiedon hankintatehtäviin, kuten metsäsuunnitteluun, puunhankinnan suunnitteluun ja VMI:iin.

## Use of digital aerial photographs in specifying the need for pre-commercial thinning

**T**he use of digital colour infrared photographs to specify young stand characteristics and the need for pre-commercial thinning was tried. The aerial photographs were interpreted digitally, using texture and spectral features.

It was not possible to estimate reliably the characteristics using only image features. When the age of young stand as well as the site type and regeneration method are taken into consideration in addition to the image features, the estimates of softwood stand characteristics are improved. In the best cases the coefficient of determination ( $R^2$ ) for models

describing the height, volume and basal area of softwoods was 63–70%. The estimation of competing hardwood height and number of stems was not accurate even using pattern data; the coefficient of determination for models was a low 29–34%.

The study found that assessing the need for pre-commercial thinning required not only aerial photographs, but also other remote sensing data as well as basic young stand data and growth models.