

Satellitbildskartering av lämnad miljöhänsyn i skogsbruket –en landskapsansats



Andreas Eriksson, Tomas Eriksson, Camilla Jönsson, Anders Persson, Torbjörn Rost

© Skogsstyrelsen, April 2015

Författare

Andreas Eriksson
Tomas Eriksson
Camilla Jönsson
Anders Persson
Torbjörn Rost

Projektledare

Andreas Eriksson

Projektgrupp

Charlotta Cristvall, Metria
Tomas Eriksson, Skogsstyrelsen
Håkan Gustafsson, Skogsstyrelsen
Camilla Jönsson, Metria
Anders Persson, Skogsstyrelsen
Cecilia Persson, Skogsstyrelsen
Torbjörn Rost, Metria
Magnus Wadstein, Skogsstyrelsen
Sofia Österdahl, Skogsstyrelsen

Upplaga

Finns endast som pdf-fil för egen utskrift

Best nr

1868

Skogsstyrelsens böcker och broschyrer
551 83 Jönköping

Innehåll

Sammanfattning	5
1. Bakgrund och syfte	7
1.1 Skogsstyrelsens hänsynsuppföljning	7
1.2 Tidigare arbete	7
1.3 Projekt mål	7
2. Material och metod	8
2.1 Studieområden	8
2.2 Indata	10
2.2.1 Satelitdata	11
2.2.2 Nationell höjdmodell	11
2.2.3 Trädhöjdsraster	12
2.2.4 Ortofoton	13
2.2.5 Kartdata	13
2.3 Kartering från satellit	23
2.3.1 Grov hyggesavgränsning	13
2.3.2 Kartering av trädgrupper	16
2.3.3 Kartering av kantzoner	23
2.4 Utlottning	24
2.5 Kartering från laser	25
2.6 Ortofototolkning	30
2.7 Fältinventering	31
2.8 Metodjämförelse	32
3. Resultatanalys och utvärdering	33
3.1 Beskrivning av analysdata	33
3.2 Övergripande jämförelser mellan metoderna	34
3.3 Storleksjämförelse samt hyggen utan hänsyn	37
3.4 Fördjupad analys kantzoner satellit – laser	39
4. Implementering	40
5.1 Teknisk implementering	40
5.1.1 Skogsstyrelsens infrastruktur för rasterdata	40
5.1.2 Försörjningen av fjärranalysdata	40
5.1.3 Implementering i serverbaserad miljö	42
5.2 Verksamhetsmässig implementering	43
5.3 Tillämpning	43
5.3.1 Statistikproduktion	43
5.3.2 Lärande	44
5.3.3 Fördjupade analyser	44
5. Förslag för framtida arbete	45

Litteratur/källförteckning	46
Bilaga 1	47
Exempel på tillämpning	47
Exempel 1 – Generellt mått på hänsynstagande	47
Exempel 2 – Hänsynstagande mot vatten och fuktiga områden	47
Exempel 3 – Hänsynstagande mot kända eller potentiella miljövärden	48
Exempel 4 – Hänsy till sociala värden	49
Exempel 5 – Återkoppling till skogsbruket	51

Sammanfattning

Denna rapport beskriver ett delprojekt inom Skogsstyrelsens utvecklingsprojekt Ny hänsynsuppföljning (dnr 2013/2107). Denna del som innebär utveckling av fjärranalysmetoder för hänsynsuppföljning är ett samarbete mellan Skogsstyrelsen och Metria AB och delfinansieras via Rymdstyrelsens nationella fjärranalysprogram (Rymdstyrelsens dnr 218/13).

I kapitel 1 och 2 redovisas bakgrund och syfte med projektet samt hur det har genomförts.

I kapitel 3 beskrivs det material som använts och den metod som utvecklats. Baserat på skillnadsanalys mellan två satellitbilder och mått från satellitbildsanalys för spektrala egenskaper och textur i kombination med andra kartdata till exempel ägoslag har det gjorts en hyggeskartering och utifrån den en kartering av lämnade trädgrupper och kantzoner mot vatten. Resultatet har sedan jämförts med en kartering med hjälp av trädhöjdsraster från laserskanning, med en ortofototolkning och med en fältinventering av samma hyggen.

Resultatet analyseras och utvärderas i kapitel 4. Ansatsen i analysarbetet har varit att utvärdera satellitmetodens tillförlitlighet med tre olika metoder för att mäta hänsynstagnandet vid föryngringsavverkningar (laser, ortofoto samt fält). Dessa tre metoder var tänkta att spegla ”facit” det vill säga den verkliga hänsynen. Slutsatserna av studien är:

- De jämförande studierna visar på en bra överensstämmelse mellan satellitbilden och övriga metoder för hänsynstypen trädgrupper.
- Studien av kantzoner med alla fyra metoderna innehåller ett för litet material för att dra några säkra slutsatser men den fördjupade studien av kantzoner med enbart metoderna satellitbild och laserdata visar att förhållandet de metoderna emellan är jämförbart med det för trädgrupper.
- Hyggen med fröträdsställningar visar på en sämre överensstämmelse än hyggen utan fröträdsställningar. Slutsatsen är därför att satellitmetoden inte är användbar på hyggen med fröträd.
- Satellitmetoden ger mer hänsynsareal (överskattar hänsynen) relativt sett mer på små hyggen än på stora.
- Satellitmetoden tycks underskatta arealen på små hänsynsytor (< 800 m²) och samtidigt överskatta arealen på stora hänsynsytor (>5 000 m²)
- På de hyggen där satellitmetoden inte hittar någon hänsyn hittar övriga metoder väldigt lite eller inga hänsyn. Satellitmetoden tycks alltså inte missa väsentliga (enskilda) mängder hänsyn.

För de problemområden med fröträdsställningar samt kvalitet i kartmaterial för sjöar och vattendrag som identifierats ges förslag på fortsatta studier i kapitel 6.

Metoden är tänkt att tillämpas av Skogsstyrelsen i det nya systemet för hänsynsuppföljning men kan med fördel nyttjas även av andra användare. I kapitel 5 beskrivs därför ett förslag på generell teknisk implementering tillsammans med förslag på hur Skogsstyrelsen kan implementera metoden både tekniskt och verksamhetsmässigt. Det finns idag inga hinder för att påbörja en implementering. I bilaga 1 ges dessutom några exempel på hur metoden skulle kunna tillämpas både för framtagning av generell statistik men också för lärande och fördjupade analyser ur ett landskapsperspektiv. Exempelen behandlar ett generellt hänsynstagande såväl som inriktat på vatten, biologisk mångfald och sociala värden.

1 Bakgrund och syfte

1.1 Skogsstyrelsens hänsynsuppföljning

Mot bakgrund av Skogsstyrelsens och Naturvårdsverkets så kallade ”kunskapsplattform om ett hållbart nyttjande av skog” genomförde Skogsstyrelsen under åren 2011-2013 projektet Dialog om miljöhänsyn. En av delarna i det projektet var att ta fram en utvecklad metodik för uppföljning av miljöhänsyn vid skogliga åtgärder. Ett arbete som presenterats i två rapporter, Hänsynsuppföljning – grunder och Hänsynsuppföljning – underlag för kravspecifikation. Sedan 2013 bedriver Skogsstyrelsen projektet Ny hänsynsuppföljning i syfte att utveckla och implementera ett nytt system för hänsynsuppföljning baserat på ovan nämnda arbeten. Två viktiga slutsatser till Skogsstyrelsens system för hänsynsuppföljning har varit att hitta objektiva metoder för att kvantitativt mäta hänsynstagandet samt att få underlag för landskapsanalyser. Som ett delprojekt i detta arbete har därför projektet ”Satellite data for monitoring retention trees (groups of trees) on a landscape level” genomförts.

1.2 Tidigare arbete

Projektet ”Utveckling av miljömålsindikatorer – övervakning av Naturvårdshänsyn i skogsbruket” visade på möjligheterna med en satellitbildsbaserad metod för att övervaka lämnade trädgrupper vid avverkning. Metoden hade hög träffsäkerhet när det gäller kartering på regional eller nationell nivå men bedömdes inte vara tillräckligt bra för att kunna implementeras hos Skogsstyrelsen. Framförallt fanns problem med överskattning av mängden sparad kantzon.

1.3 Projektmål

Projektet har haft som mål att integrera fjärranalysmetoder i Skogsstyrelsens framtida hänsynsuppföljning för att skapa ett kostnadseffektivt arbetsflöde som nyttjar olika datakällors (fältinventering, flygfoton, satellitbilder) styrkor.

Projektets mål har varit att:

- Anpassa och förbättra befintliga satellitbildsbaserade metoder och statistiskt utvärdera resultatet med hjälp av fältinventering, flygbildstolkning och LIDAR data.
- Utvärdera skillnaden i identifiering mellan en objektsbaserad och en pixelbaserad teknik.
- Förbättra satellitbildsidentifieringen av skyddszoner och minska överskattningen av lämnade trädgrupper både längs vattendrag och ute på avverkningsytan alternativt beräkna förhållandet mellan satellitbildsidentifieringen och verkligheten.
- Utveckla en modell för integrering av metoden i Skogsstyrelsens nya hänsynsuppföljningssystem (under förutsättning att utvärdering av ovanstående projekt mål ger rekommendation om implementering).

2 Material och metod

Metoden som utvecklats och använts syftar till att identifiera och kartera lämnade trädgrupper och kantzoner mot vatten i samband med föryngringsavverkning. För trädgrupper och kantzoner har i projektet använts följande definitioner.

- Minsta yta som registreras är 100 m² (till exempel 10 x 10 meter) (oftast en liten trädgrupp men kan i vissa fall vara ett enda stort träd).
- En trädgrupp är en yta med träd (minst 5 meter i medelhöjd) där krontäckningsgraden är minst 30 procent och avståndet mellan träden är högst 8 meter.
- Kantzon, som trädgrupp men giltigt för områden som ligger mellan det karterade hygget och ett vattendrag eller en sjö i de fall detta avstånd inte överstiger 30 meter.

2.1 Studieområden

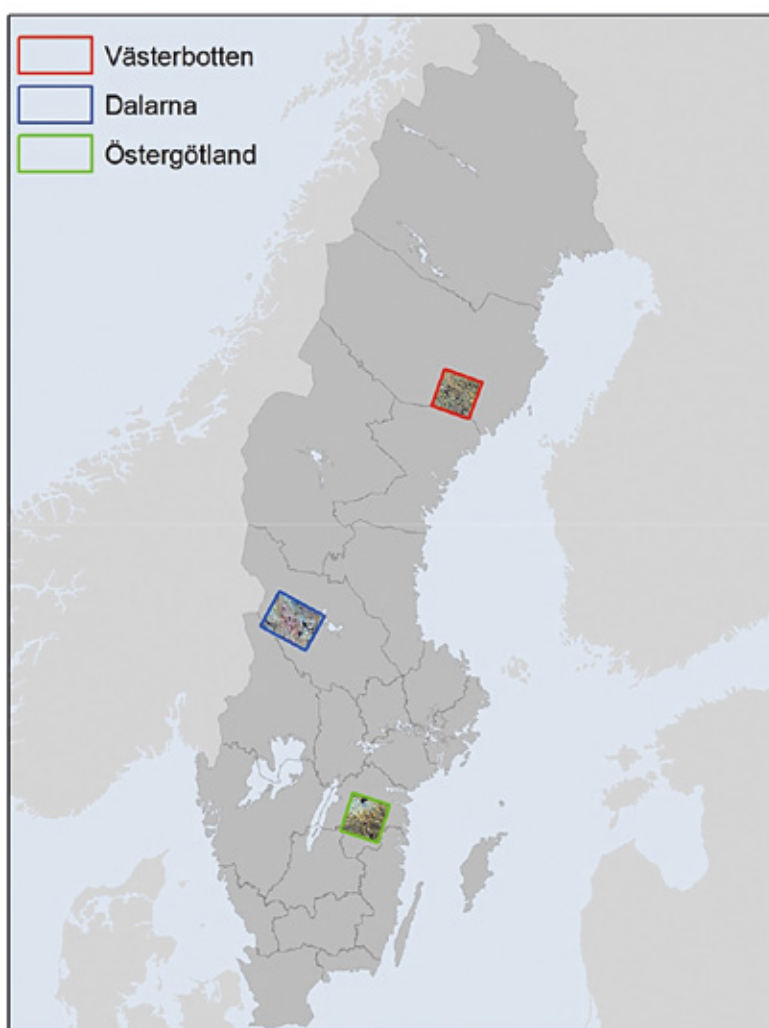
Studien har utförts i tre områden i olika delar av landet, för att täcka in flera olika typer av skog och skogsbruk. Viktiga faktorer vid val av områdena är att typiska skogslandskap ingår samt att det finns en tillräckligt stor andel skog med aktuella skogsbruksåtgärder. Områdena är också valda baserat på var det finns lämpligt indata. Östergötland utgjorde ett av studieområde även i det tidigare projektet och ger därmed också en återkoppling mot tidigare projekt.

De utvalda områdena finns i:

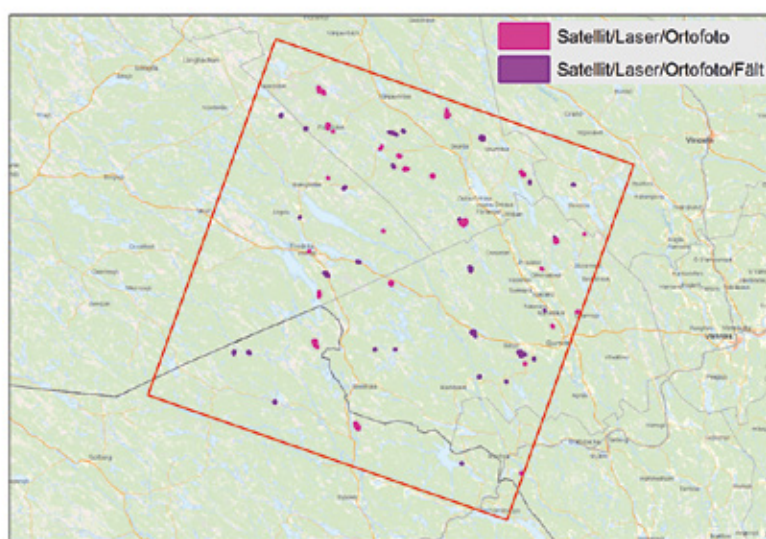
- Västerbotten (AC)
- Dalarna (W)
- Östergötland (E)

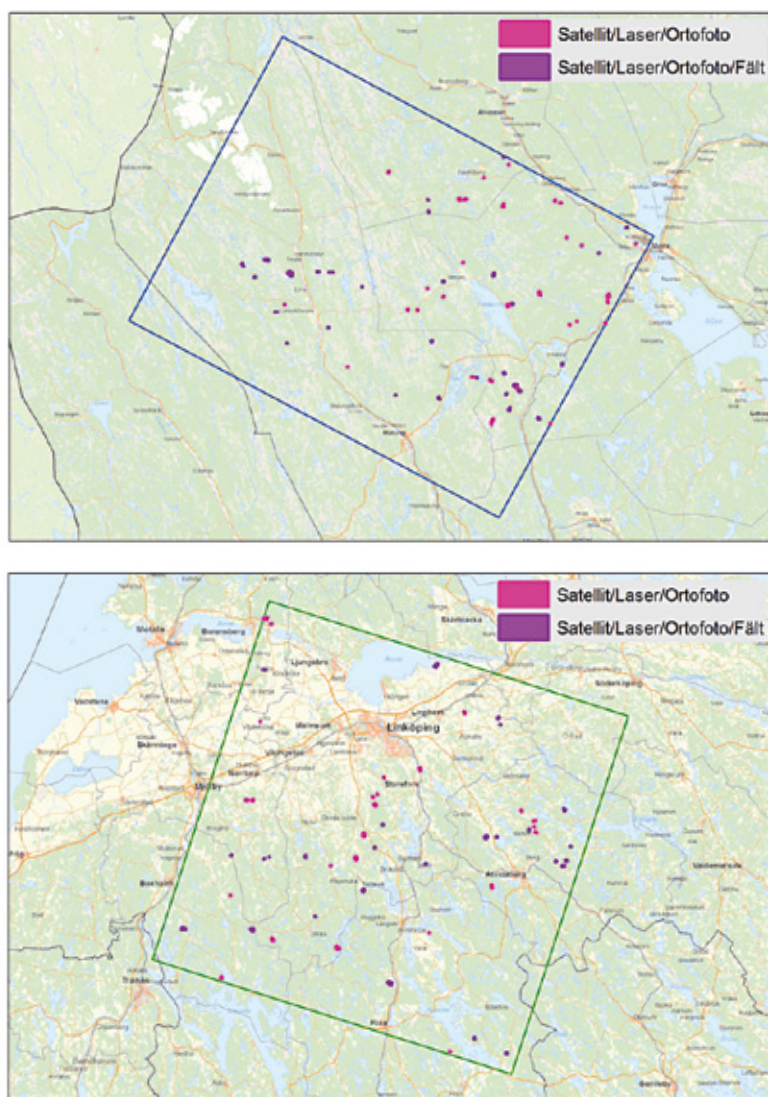
Tabell 1. Tabell över areal markslag inom de olika studieområdena (hektar)

	E	W	AC
Skogsmark	207 000	364 000	304 000
Våtmark	2 000	72 000	31 000
Odlad mark	83 000	2 000	3 000
Exploaterad mark	11 000	3 000	1 000
Övrig öppen mark	21 000	7 000	3 000
Vatten	35 000	24 000	21 000
Totalt	359 000	472 000	363 000



Figur 1. Översikt över studieområdena.





Figur 2. Studieområdena samt utlottade hyggen inom respektive område.

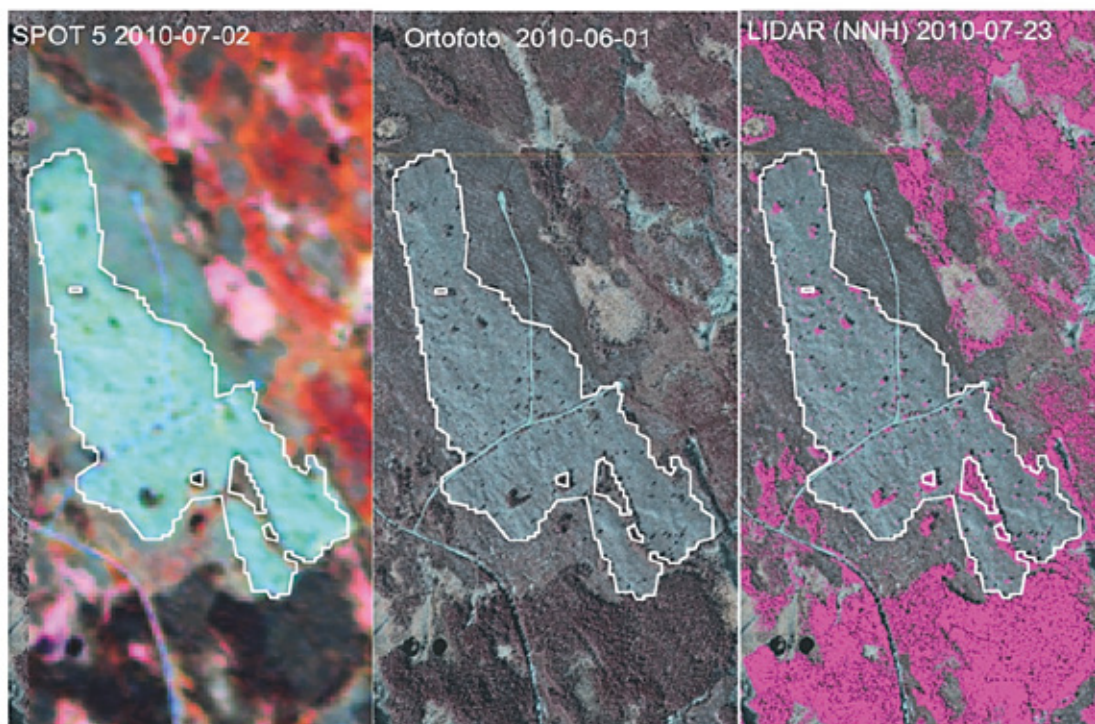
2.2 Indata

I tabell 2 listas de huvudsakliga indata källor som använts inom projektet. Det har varit viktigt att de olika indatakällorna är registrerade inom ett begränsat tidsspann för att undvika felkällor som beror på händelser/ingrepp mellan registreringstillfällena.

Tabell 2. Tabell över använda data för de tre studieområdena. De fetmarkerade SPOT-5 scenerna har använts för att kartera trädgrupperna

Studieområde	Typ	Ursprung	Datum
Dalarna	SPOT-5	Saccess	2010-07-02
	SPOT-5	Saccess	2009-06-28
	Ortofoto	Lantmäteriet	2010-2011
	LIDAR	Lantmäteriet	2010
Östergötland	SPOT-5	Saccess	2011-05-23
	SPOT-5	Saccess	2010-07-04
	Ortofoto	Lantmäteriet	2011

	LIDAR	Lantmäteriet	2011
Västerbotten	SPOT-5	Saccess	2011-08-24
	SPOT-5	Saccess	2010-06-10
	Ortofoto	Lantmäteriet	2012
	LIDAR	Lantmäteriet	2012-2013



Figur 3. Bild som visar de huvudsakliga indatakällor som använts inom projektet, det vill säga satellitdata (SPOT-5), ortofoto (för validering) och LIDAR (för validering).

2.2.1 Satellitdata

Karteringen är baserad på multitemporala SPOT-5 bilder från det nationella satellitdataarkivet Saccess. I analysen används fyra våglängdsband grönt, rött, NIR (nära infrarött) och MIR (mellaninfrarött). Bilderna har 10 meters upplösning (20 meter i MIR). Både äldre och nyare satellitdata har använts i analysen.

2.2.2 Nationell höjdmodell

Med Nationell höjdmodell (NH) menas den rikstäckande höjdmodell som Lantmäteriet tar fram med hjälp av laserskanning. I många sammanhang förekommer benämningen Ny Nationell Höjdmodell, eller förkortningen av detta; NNH. Med dessa två benämningar menas samma produkt.

Sverige håller på att skannas med flygburen laser och en ny höjdmodell med betydligt högre upplösning och noggrannhet än tidigare tas fram av Lantmäteriet. Målsättningen är att med högupplöst laserdata som grund skapa en rikstäckande höjdmodell. Fokus på skanning låg 2010–2013 och efter det sker fineditering och korrigeringar. I dagsläget är mer än 80 procent av landet skannat och endast fjällområden och vissa fjällnära områden återstår. Övriga delar av landet är klara för användning.

I stort sett hela södra Sverige har skannats under så kallad icke vegetationsperiod för att få så bra markträffar som möjligt medan Norrland har skannats oberoende av vegetationssäsong.

Den nya höjdmodellen tillhandahålls av Lantmäteriet i form av ett 2 meters grid (Grid 2+ i rasterformat). Dessutom tillhandahålls hela det laserskannade punktmolnet, vilket kan användas i till exempel tillämpningar där man behöver information om vegetation, byggnader eller andra objekt ovan mark.

2.2.3 Trädhöjdsraster

Metria har tagit fram ett Trädhöjdsraster över hela den av Lantmäteriet skannade ytan. Detta är en standardprodukt som är färdigproducerad. Ett trädhöjdsraster visar alla objekt som sticker upp ovan markmodellen. Principen för hur ett trädhöjdsraster beräknas är ungefär lika i olika typer av programvaror. Dessa höjder extraheras från punktmolnet. För varje oklassad punkt i punktmolnet trianguleras en markhöjd fram och en relativ höjd räknas ut för den punkten. Trädhöjdsrastret visar höjden relativt markmodellen och kvaliteten blir direkt beroende av kvaliteten på markklassningen av punktmolnet.

Vid produktion av Metrias trädhöjdsraster har en begränsning av höjder satts till 0,5 meter som minimihöjd och 45 meter som maximumhöjd. Detta är en åtgärd för att ta bort lägre höjder nära markytan som kan vara vegetation, stenar etc. Den övre gränsen är satt för att ta bort extremvärden över 45 meter. Värdet 45 meter kommer ifrån att inga träd i Sverige är över 45 meter.

Exempel på trädhöjdsraster över testområdet finns i figur 4. Produkten bygger på NH-laserdata men laserdata är vidareförädlad i flera steg där brister i data är korrigerat. Data-processning med hänsyn till dataskarvar och stråköverlapp är hanterade. Den version som är använd inom projektet är version 3 i Metrias interna produktionsnomenklatur.



Figur 4. Trädhöjdsraster 2 meter med färgortofoto i bakgrunden. Färgskalan går från grönt, låga höjder. Gult högre höjder och rött högsta höjderna. Objekthöjden 0m är transparent och färgortofotot syns igenom.

2.2.4 Ortofoton

Digitala ortofoton från Lantmäteriet har använts både som stöd vid satellitbildskarteringen samt vid ortofototolkningen. Bästa möjliga datum för ändamålet har använts.

2.2.5 Kartdata

Markslag, vattendrag och vägar har erhållits från Lantmäteriets fastighetskarta. Markslag har använts till att avgränsa och särskilja skog från övriga markslag inom analysområdet. Vatten och vattendrag har använts till att söka ut kantzoner mot sjöar och vattendrag. Vägar har använts för att förfina hyggesavgränsningen.

Skogsstyrelsens information över faktiskt avvercade områden har använts som stöd vid karteringen av hyggen inom projektet.

2.3 Kartering från satellit

Karteringen har gjorts med SPOT-5 data med 10 meters upplösning delvis baserat på metoder som utvecklats inom tidigare projekt. Metoden som beskrivs inom detta projekt är pixelbaserad. Karteringen genomförs i flera steg. En inledande grov hyggeskartering görs för att få fram en yttre avgränsning för det avvercade området och därefter en förfinad klassning av kvarlämnade trädgrupper/hänsyn inom den yttre hyggesavgränsningen.

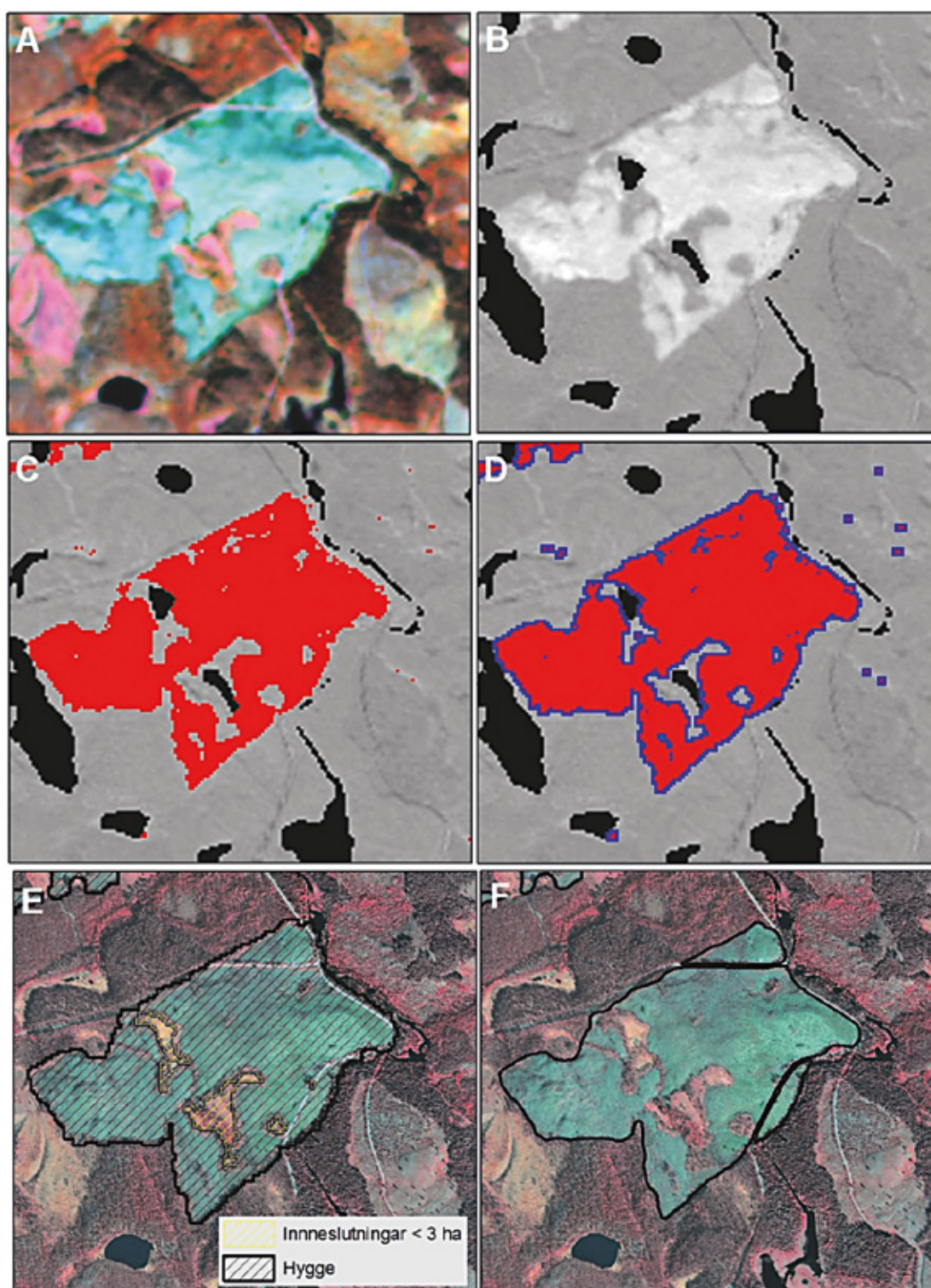
2.3.1 Grov hyggesavgränsning

För att karteringen av hänsyn endast ska redovisas inom hyggen, görs en grov avgränsning av avvercade områden. Det är också mot denna avgränsning som utsökning av lämnade zoner mot vattendrag och sjöar tas fram. Med hjälp av informationen från förändringsbilden dras gränsen för vad som är tillräckligt förändrat mellan åren för att representera en avverkning. Förändringsbilden är en skillnadsbild mellan den äldre och

den nyare satellitbildens röda band (band 2). Karteringen görs under en skogsavgränsning (från fastighetskartan), det vill säga att markområden utan skog inte tas med i analysen.

Inom den grova hyggesgränsen ingår oförändrade ytor, såsom kvarlämnade trädgrupper, som understiger 3 hektar Dessa ytor klassas sedan in i hyggesklassen. SVO hyggesskikt med faktiskt avverkade skogar används för att rensa bort felaktigheter orsakade av exempelvis moln och molnskuggor. Fastighetskartans vägnät används för att förfina hyggesavgränsningen. Exempel på de olika arbetsstegen visas i figur 5.

Gallringar är också förändrade områden vars egenskaper liknar mycket av de trädgrupper som har lämnats kvar på hyggen. Det gäller att välja ett gränsvärde i förändringbilden som gör att ytor med lägre förändringar än vad egentliga hyggen har inte kommer med.



Figur 5 A. Ny satellitbild från tidpunkt efter att skogen avverkats. Området är från Västerbotten och satellitscenen ifrån 2011-08-24 (RGB=342). B Förändringsbild i det röda bandet (band 2) mellan 2011-08-24 och 2010-06-10. C. De röda ytorna markerar de områden som sats till kraftigt förändrat mellan tidpunkt 1 och 2. D. De röda pixlarna buffras med 1 pixel (10 meter). E. Hyggeskartering samt kvarvarande inneslutningar mindre än 3 hektar. F. Slutgiltig hyggeskartering som kombinerats med vägar för att förfina hyggesavgränsningen.

2.3.2 Kartering av trädgrupper

Satellitbildskartering av trädgrupper inom hyggesavgränsningen baseras på flera ingående faktorer. Bedömning görs av graden av förändring, spektrala egenskaper som NDVI och intensitet samt mått på hur skrovliga ytorna är (texturmått).

Graden av förändring baseras på hur mycket ljusare ett område har blivit i förändringsbilden. Omfattningen på förändringen bedöms i tre nivåer där kraftig förändring är klart avverkat, svag förändring är en potentiell avverkning, samt oförändrat. Den kraftiga förändringskategorin fångar upp kalavverkningar och kan innehålla enstaka träd. Svagare förändringar inom denna kategori indikerar att en del av träden står kvar efter avverkning som exempelvis lämnad hänsyn. Det kan också vara en indikation på fröträd eller fuktiga områden som torkat upp. Även hyggen som markberetts kan visa på en förändring med vegetation.

Områden som indikerar en svag förändring kan vara ytor som tidigare inte varit trädbevuxna i samma utsträckning som den kraftigare förändringskategorin, exempelvis impediment och vägar. Det kan också vara olika grad av kvarlämnad hänsyn eller skog som har förändrats i mindre omfattning genom exempelvis stormfällning eller föryngringsåtgärder som timmerställningar. För att rensa bort felaktigt karterad hänsyn används att antal parametrar, se tabell 3.

Tabell 3. Tabell med de olika parametrar som används för att analysera trädgrupper och kantzoner

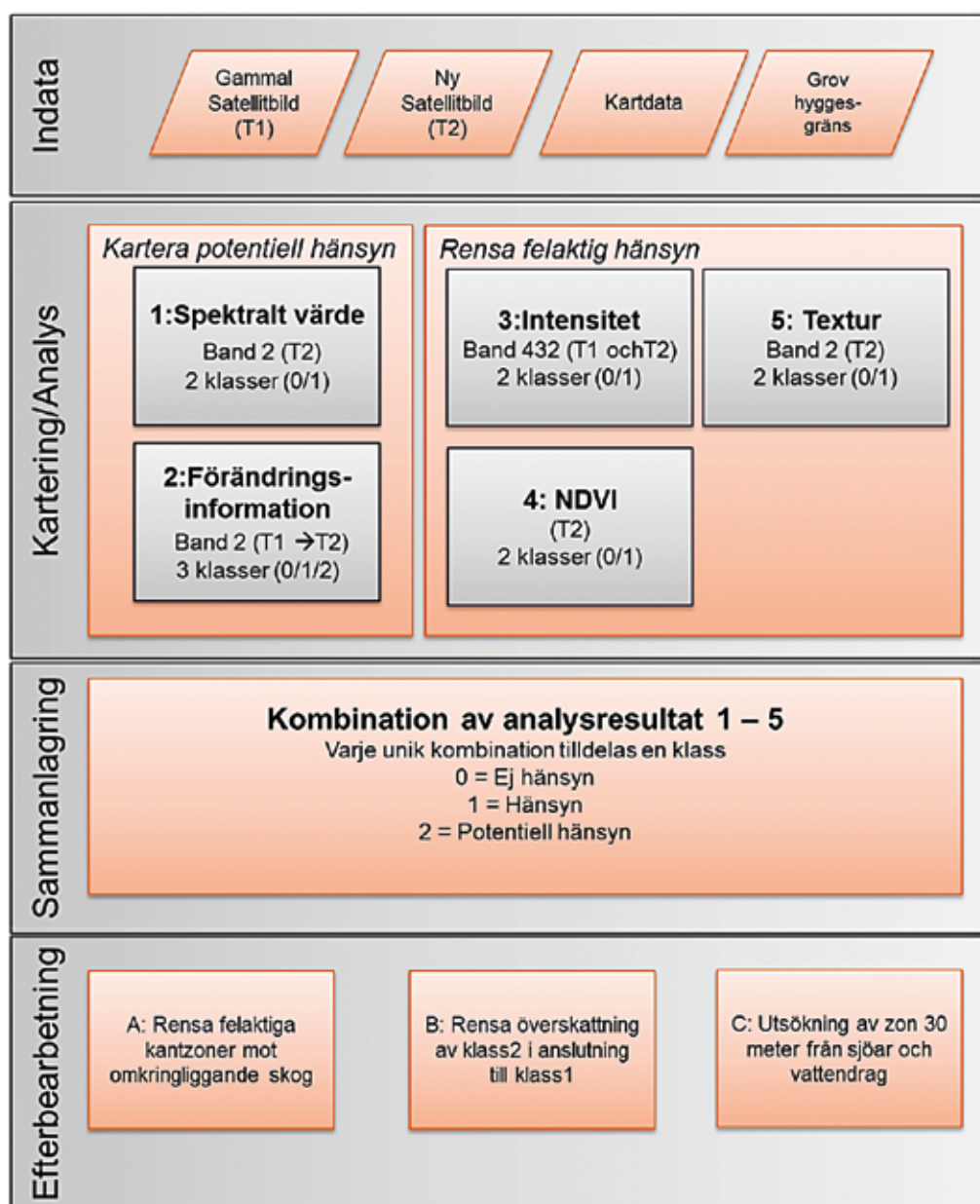
Parameter	Syfte	Klass	Hypotes
1 Band 2 (rött) Tidpunkt 2	Hitta hänsyn/gruppställda träd	0/1	Hänsyn och gruppställda träd bör vara ytor som är relativt mörka vid tidpunkt 2 i jämförelse med avverkade ytor.
2 Förändringsbild Mellan Tidpunkt1 och Tidpunkt 2	Hitta hänsyn/gruppställda träd	0/1/2	Hänsyn och gruppställda träd bör vara ytor som är oförändrade mellan tidpunkt 1 och 2.
3 Intensitet Tidpunkt1 och Tidpunkt 2	Rensa bort felaktiga ytor	0/1	Hög intensitet både före och efter avverkning tyder på öppna gräsbeklädda ytor alternativt myr, bergshällar (impediment) etc.
4 NDVI (Normaliserat vegetationsindex) Tidpunkt 2	Rensa bort felaktiga ytor	0/1	För att det skall vara vegetation (träd) i de hittade ytorna från parameter 1 och 2 bör NDVI vara relativt högt. Fuktiga områden samt skuggor bör ha ett lägre NDVI.
5 Textur Tidpunkt 2	Rensa bort felaktiga ytor	0/1	Fröträdsställningar är jämt distribuerade och får en slät textur jämfört med heterogent spridda trädgrupper.

Intensitet beräknas genom att en algoritm omvandlar röda, gröna och blå värden till intensitet, nyans och mättnad (IHS) värden. Därefter plockas intensiteten ut för vidare analys. Inom detta projekt har våglängdsband 2–4 (rött, närainfraröd och mellaninfraröd) använts.

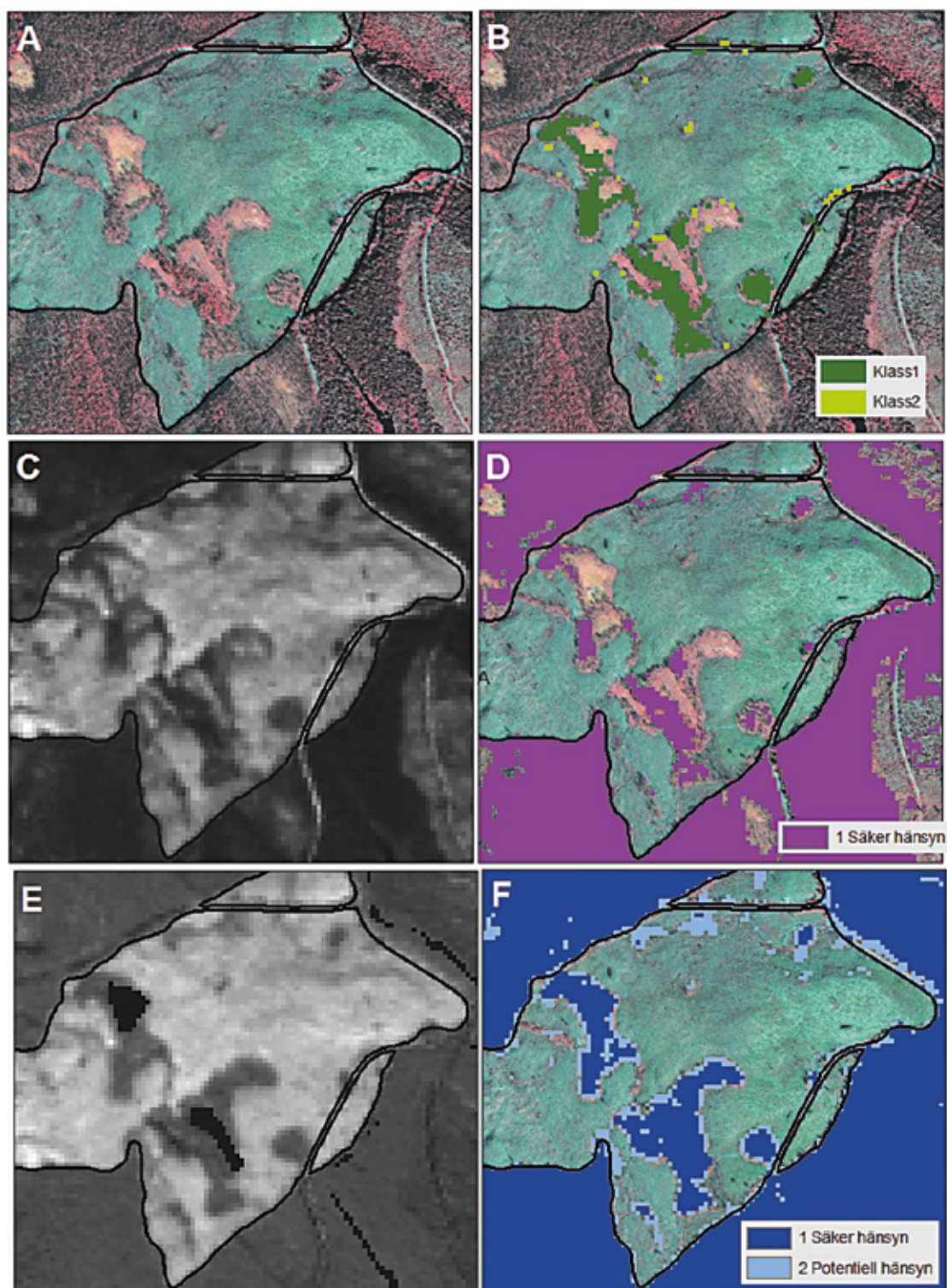
NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) är ett mått på mängden levande grön vegetation och beräknas med hjälp av det röda och närainfraröda bandet.

Texturen beräknas med hjälp av ett filter som beräknar intervallet (Range) i våglängdsbandband 2 inom ett sökfönster på 3x3 pixlar. Med intervallet menas skillnaden mellan största och minsta spektralvärdet av cellerna i det området.

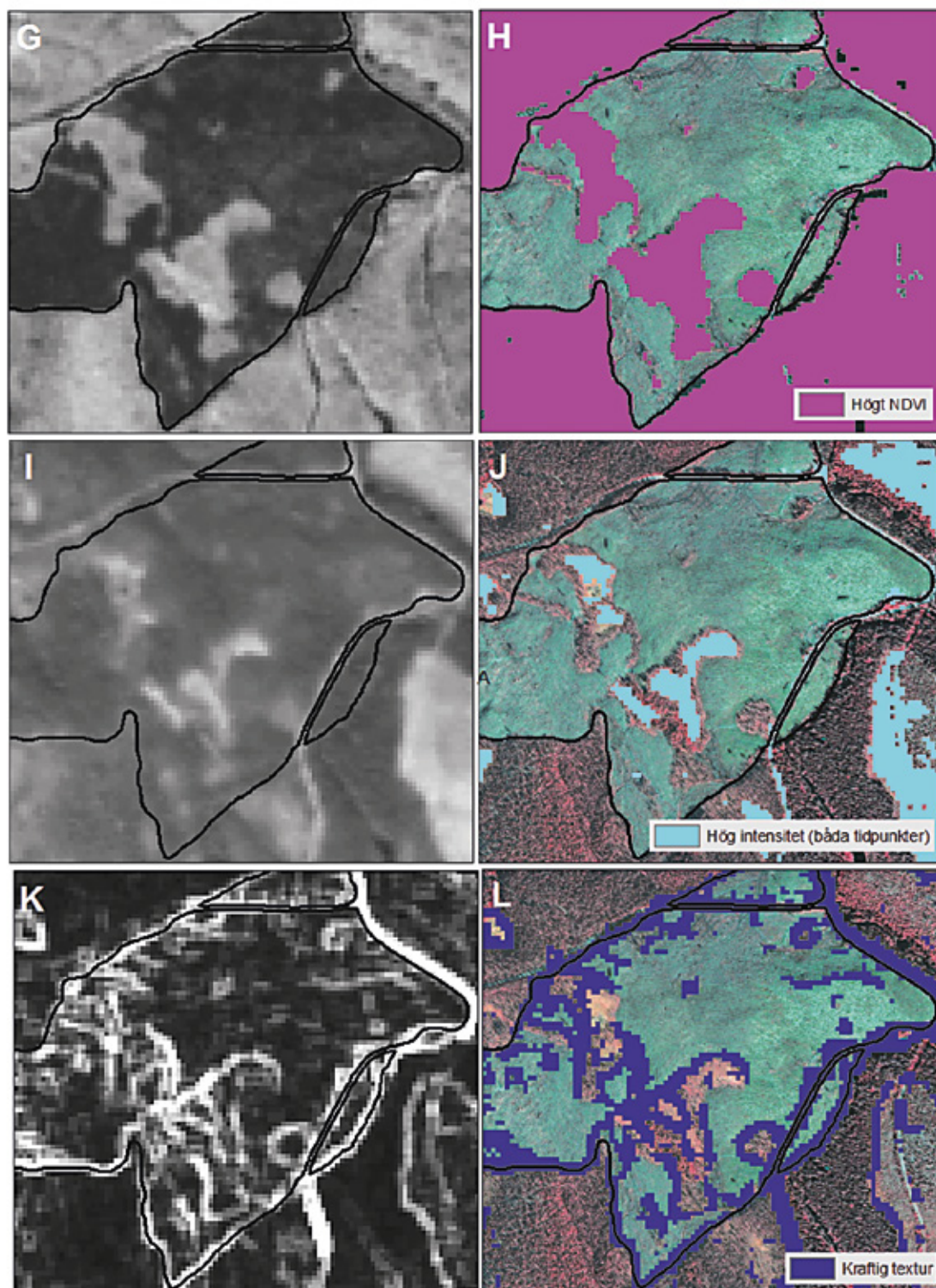
För de olika parametrarna i tabell 3 sätts gränsvärden som markerar ifall området anses vara en potentiell hänsynsyta eller inte (parameter 1–2) alternativt för att markera upp områden som INTE är trädbevuxna ytor (parameter 3–5). De olika gränsvärdena från dessa olika indatakällor kombineras för att för att komma fram till de slutliga klasserna. En översiktlig skiss av arbetsflödet redovisas nedan.



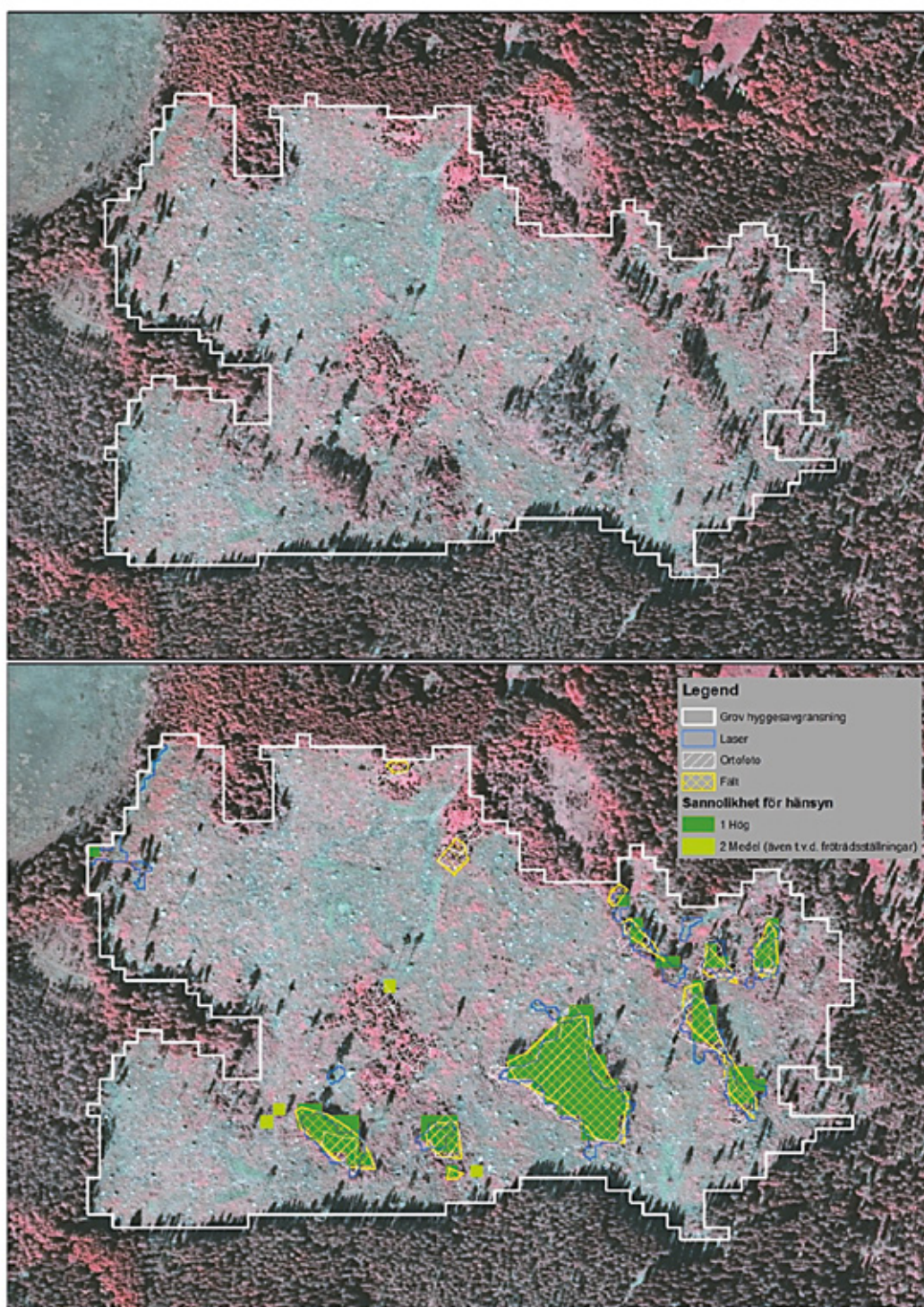
Figur 6. Översikt av de olika delmomenten i ett tänkt produktionsflöde. Delmomentet "Kartering/Analys" kräver att en operatör sätter gränsvärden med hjälp av ortofoto som referensdata.



Figur 7. A. IR ortofoto med hyggesavgränsning. B. Resultat från kartering av gruppställda träd/hänsyn i 2 klasser. C. Band 2 (rött) från tidpunkt 2 (efter avverkning). D. Resultat från kartering av hänsyn i bild C. E. Förändringsbild mellan tidpunkt 1 och 2. F. Resultat från kartering av hänsyn i bild E (två klasser).



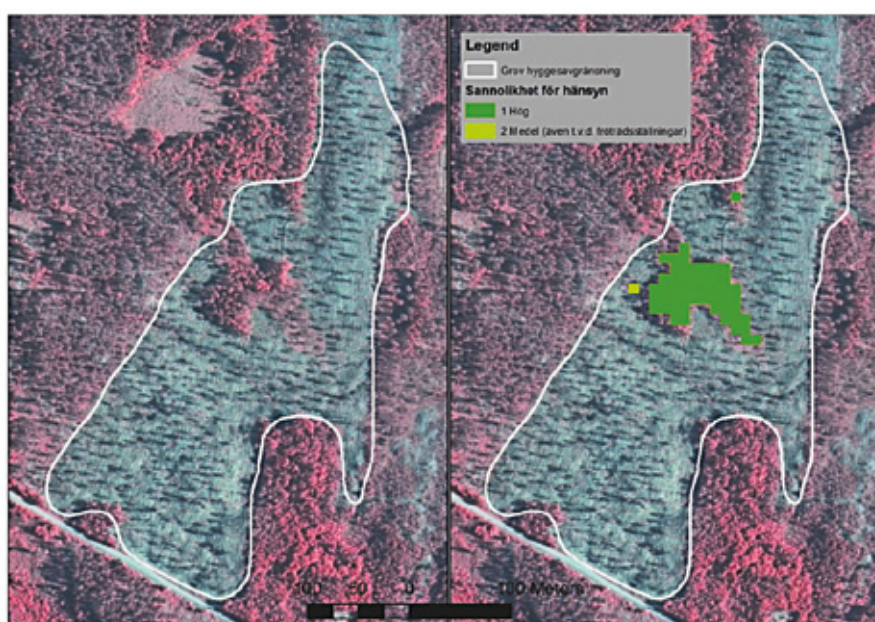
Figur 8. G. NDVI beräknat från tidpunkt 2, det vill säga efter avverkning. H. Kartering av områden med högt NDVI som indikerar att det finns vegetation. I. Intensitetsbild. J. Kartering av områden med hög intensitet både före och efter avverkning. I denna bild är det i stor utsträckning öppna våtmarker. K. Textur beräknat från "range" (3x3 pixlar). L. Klassning av områden med kraftig textur.



Figur 9. Exempel på resultat från satellitbildklassningen jämfört med de i projektet andra jämförande metoderna (fält, ortofototolkning och laserdata).

Hantering av fröträdsställningar

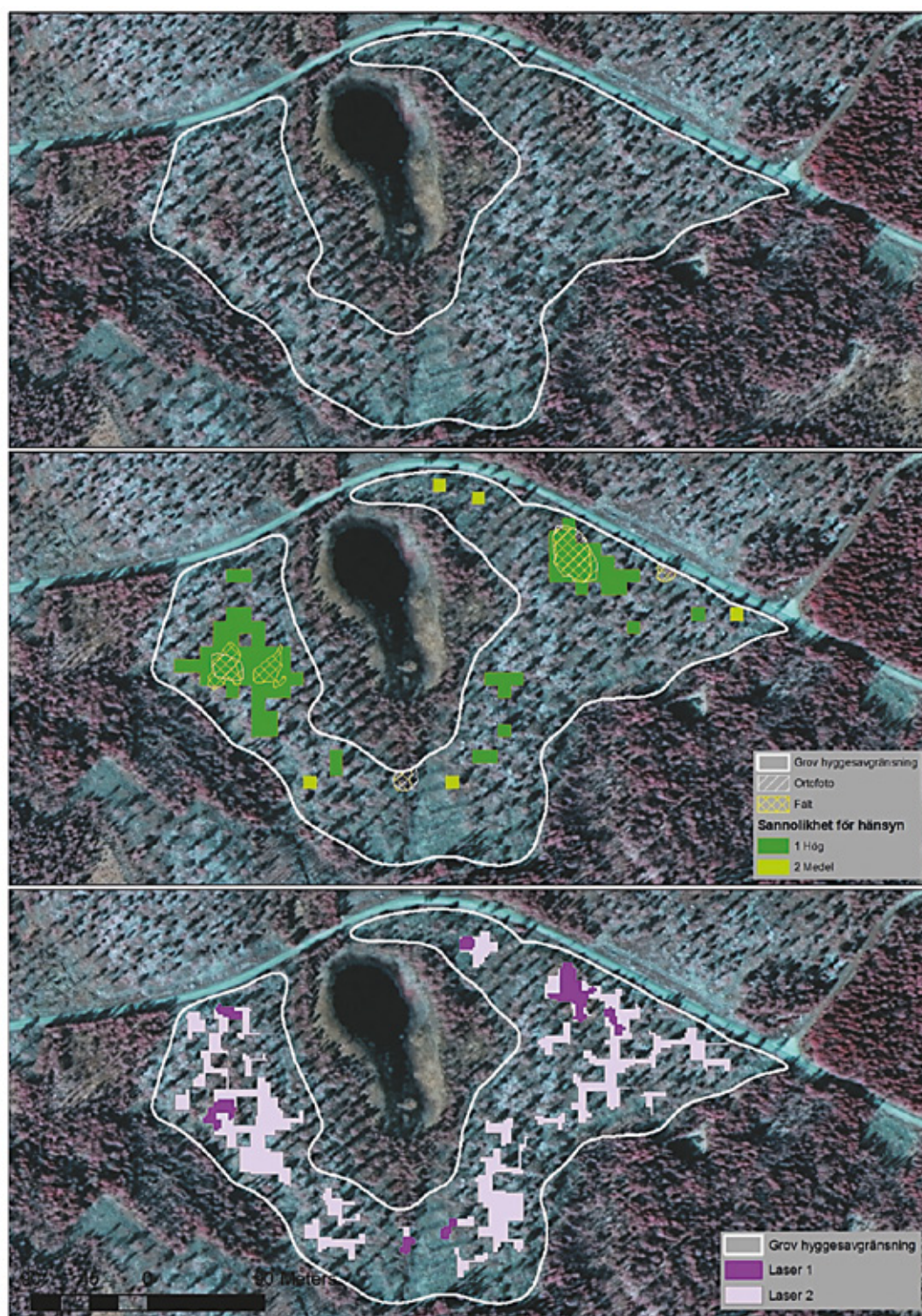
Fröträdsställningar har en benägenhet att falla ut som gruppställd hänsyn med den utarbetade metodiken. Användningen av texturmått är en anpassning av metodiken för att komma tillrätta med detta problem vilket fungerar väl i många fall men inte alltid. Figur 10 visar ett exempel med ett hygge med fröträdsställningar som blivit bra karterad.



Figur 10. Exempel på resultat från satellitbildklassningen på ett hygge i Dalarna med fröträdsställning när metoden fungerat bra.

I vissa fall lyckas inte alla fröträdsställningar plockas bort från analysen. Till del beror detta på att med den befintliga definitionen av gruppställd hänsyn så uppfyller täta fröträdsställningar denna definition.

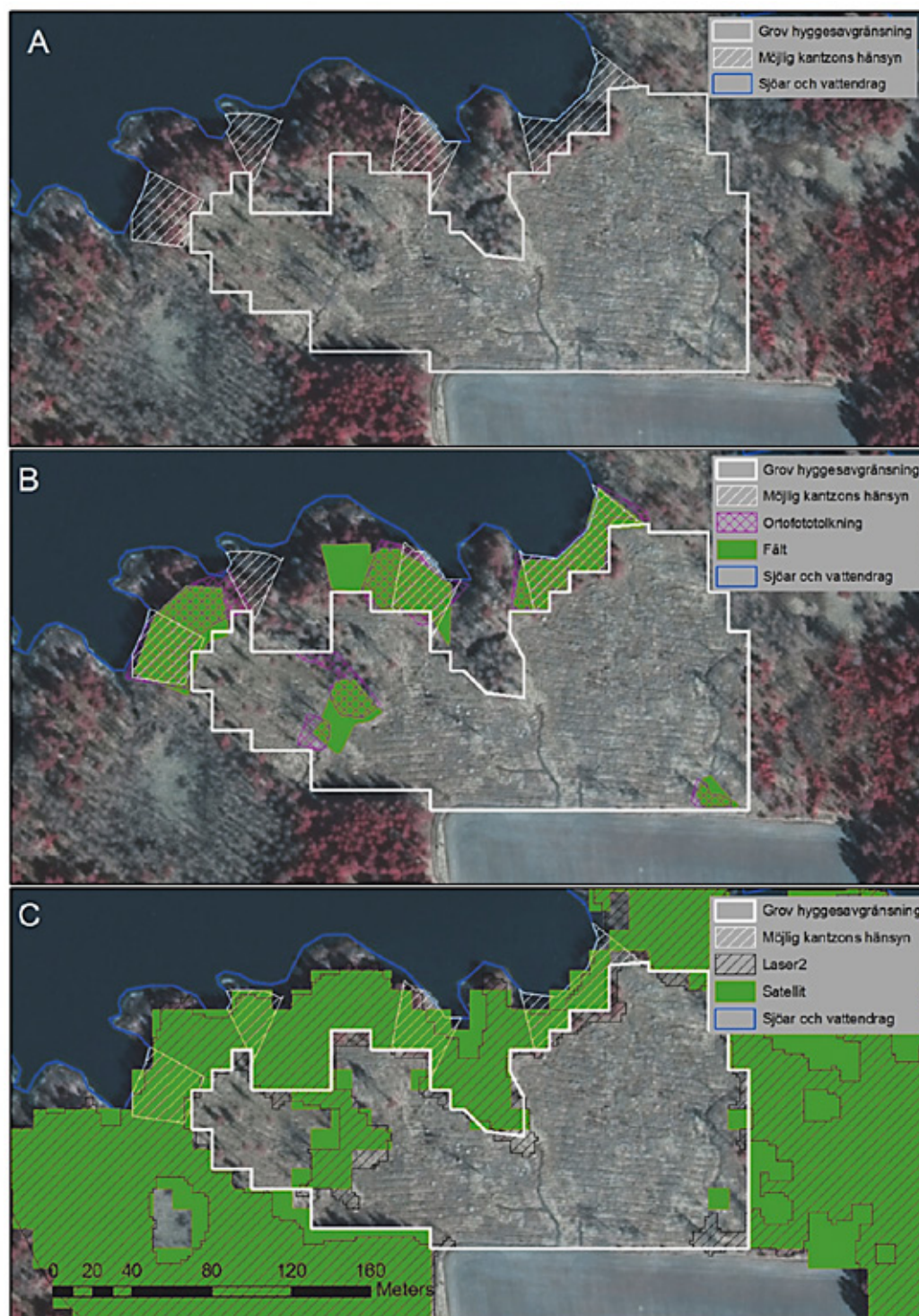
Figur 11 visar exempel på ett hygge där relativt stora delar av hygget blir karterat som trädgrupper trots att det är en fröträdsställning. Det mänskliga ögat klarar av att tolka kontexten och klassificera hygget som en fröträdsställning. Analys med laserdata visar att stora delar av hygget uppfyller definitionen på gruppställd hänsyn. Inom analysen med laserdata utarbetades två olika metoder för att kunna hantera fröträdsställningar separat (*se kapitel Kartering från laser*). Problemet kvarstår dock att separera ut fröträdsställningar med en automatisk metod.



Figur 11 Exempel på resultat från satellitbildklassningen på ett hygge i Dalarna med fröträdsställning när metoden fungerat mindre bra. Den undre bilden visar kartering med laser med två olika metoder. Laser 1 är en metod som anpassats för att användas för fröträdsställningar medan Laser 2 är den metod som använts på övriga hyggen inom projektet och som är anpassad till projektets definition på gruppställd hänsyn.

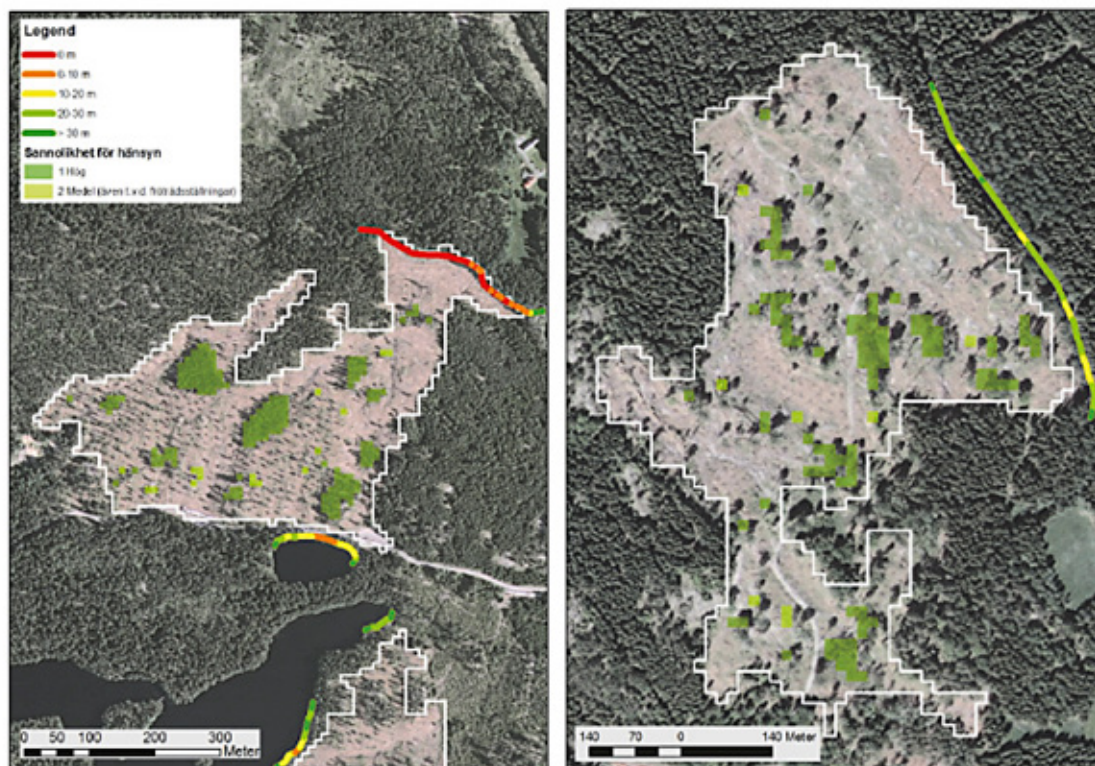
2.3.3 Kartering av kantzoner

Karteringen av kantzoner görs med samma metod och med samma gränsdragningar som för de kvarlämnade trädgrupperna. I efterhand görs en GIS-operation för att erhålla den yta som finns inom 30 meter från sjöar eller vattendrag.



Figur 12. Exempel på resultat från kartering av kantzoner på ett hygge i Östergötland. A. Visar hygget samt den zon som enligt GIS-analysen ligger inom 30 meter från hygget. B. Fält och ortofototolkning av kantzon. Bilden visar på problematiken att kartunderlaget för GIS-analysen inte alltid har tillräckligt god lägesnoggrannhet. C. Resultat från Laser och satellitbildsanalys.

För studieområdet i Östergötland testades också en alternativ metod att kartera kantzoner mot vatten. Istället för att definiera ett maxavstånd mellan hygge och vatten och beräkna den arealen försökte vi kartera längd kantzon med olika bredder (*se figur 13*). Försök att klassindela sträckan av ett vattendrag utifrån hur bred kantzon som lämnats. Eftersom vi inte hade designat fältinventeringen på motsvarande sätt kunde dessvärre inte någon analys genomföras på denna metod.



Figur 13. Försök att klassindela sträckan av ett vattendrag utifrån hur bred kantzon som lämnats.

2.4 Utlottning

Det totala antalet hyggen som karterats från satellit uppgick till 336 i Dalarna, 590 i Östergötland och 298 i Västerbotten. Dessa utgjorde undersökningspopulationen för de jämförande analyserna i projektet. För att erhålla en rimlig mängd jämförelseobjekt beslutades att det från dessa skulle lottas ut 30 objekt för fältinventering samt ytterligare 30 objekt (sammanlagt 60 objekt) för vilka satellitdata, laserdata och ortofotodata skulle produceras och jämföras.

Det bedömdes speciellt intressant att jämföra objekt i anslutning till vatten (kantzoner), objekt med många hänsynsytor samt objekt där satellitkarteringen inte hittade några hänsynsytor alls. För att om möjligt kunna dra slutsatser om dessa delgrupper stratifierades undersökningspopulationen med avseende på dessa. Genom att lotta ut proportionellt fler inom dessa grupper (stratum) än vad fallet hade varit om lottningen skett slumpmässigt på hela populationen ökar chansen att kunna uttala sig om dem utan att för den skull nämnvärt försämrade skattningar för hela populationen.

Det blev några bortfall av olika anledningar och det slutliga analysmaterialet omfattade objekt enligt följande:

Tabell 4. Beskrivning av antalet analyserade objekt

Studieområde	Metod	Utlottade	Kvar efter bortfall (slutligt analysmaterial)
Dalarna	Satellit	60	60
	Laser	60	60
	Ortofoto	60	60
	Fältinventering	30	30
Östergötland	Satellit	60	52
	Laser	60	47
	Ortofoto	60	52
	Fältinventering	30	24
Västerbotten	Satellit	60	60
	Laser	60	51
	Ortofoto	60	60
	Fältinventering	30	26

2.5 Kartering från laser

Indata till produktionen är trädhöjdsraster 2 meter och hyggeskartering som raster i 10 meter.

Ursprungsidén (metod 2) var att med utgångspunkt ur trädhöjdsrastret räkna fram densitet i varje 2*2 m² och kombinerat med höjder ur trädhöjdsrastret, extrahera fram pixlar som uppfyller kriterierna på trädgrupper. Dessutom skulle för varje yta anges antalet ingående träd, detta antal träd kom från en objektsbaserad klassning av trädhöjdsrastret i eCognition. Detta värde på antal träd skulle användas i extraktionen av trädgrupper. Vidare skulle de pixlar som klarar kriterierna expanderas 2 pixlar (4 meter) och resulterande ytor krympas motsvarande från ytterkant för att uppfylla avståndskriteriet på 8 m mellan enskilda träd. Efter detta skulle de kvarvarande ytorna under 100 m² raderas.

Östergötland fungerade som utvecklingsområde för framtagandet av karteringsmetod för laser. Det visade sig vid tester att denna idé inte fungerade fullt ut i utvecklingsområdet då för mycket av fröträdställningar kom med som trädgrupper. Metoden (metod 1) att hantera detta var att ta bort ytor mindre än 100 m² innan man gjorde expanderingen och krympning och att man dessutom bara expanderade och krympte 1 pixel i stället för det logiska 2 pixlar. Vid en visuell kontroll visade det sig att expandera och krympa 1 pixel gav det bästa resultatet och stöds också av att densitetsanalysen redan har tagit hänsyn till omgivande 4 meter i vardera riktning kring en pixel.

Antalet träd inom en yta tillförde ingen information då korrelationen mellan klassningen av träd och extraheringen av kandidater till trädgrupper var stor. De bygger på samma indata, trädhöjdsrastret, så med facit på hand var det inte så konstigt.

När sedan produktionsprocessen testades på övriga testområden (Dalarna, Västerbotten) valdes en av metoderna beroende på om hygget hade fröträd eller inte, men utan antalet träd.

Processtegen metod 1:

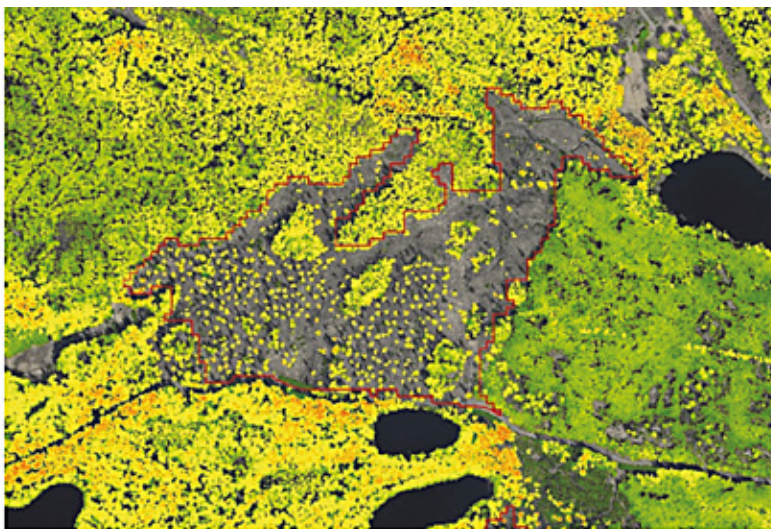
1. Körning av densitet på 2 meter trädhöjd
2. GIS-operation för att hitta pixlar som representerar träd högre än 5 meter och med en krontäckning högre än 30 procent
3. Radera alla ytor mindre än 100 m²
4. Expandera alla ytor 1 pixlar (fyller hål inom hänsynsytor)
5. Krymp alla ytor 1 pixlar (tar bort expanderingen i ytterkanter)
6. För varje kvarvarande hänsynsyta räkna ut antalet träd
7. Ta bort ytor som ligger direkt i anslutning till hyggesgränsen.

Nedan i figur 14 visas ett hygge i utvecklingsområdet med avgränsning i rött och ett ortofoto i bakgrunden.



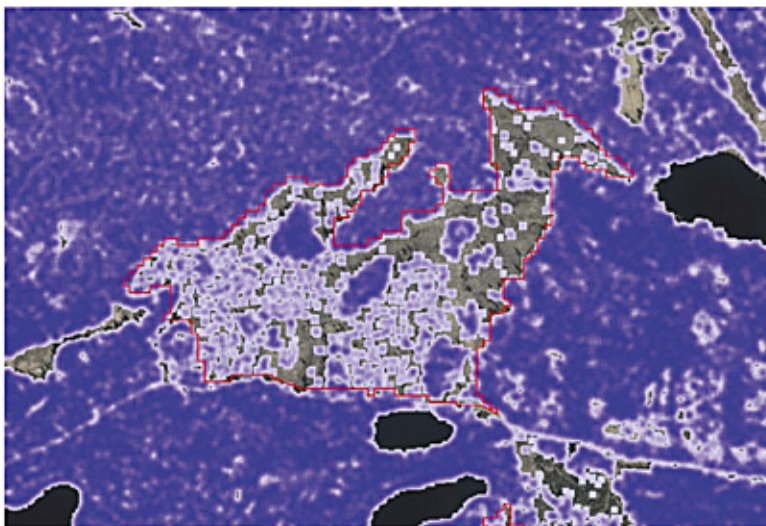
Figur 14. Exempel på hygge i testområdet. Rött visar hyggesavgränsning och ett ortofoto i bakgrunden.

I figur 15 visas samma utsnitt som i figur 14 men med trädhöjdsrastret överlagrat. Färgskalan går från grönt (låga höjder) till gult (högre höjder) och rött (högsta höjderna). Trädhöjden 0 meter är transparent. Detta är den huvudsakliga indatakällan till processen.



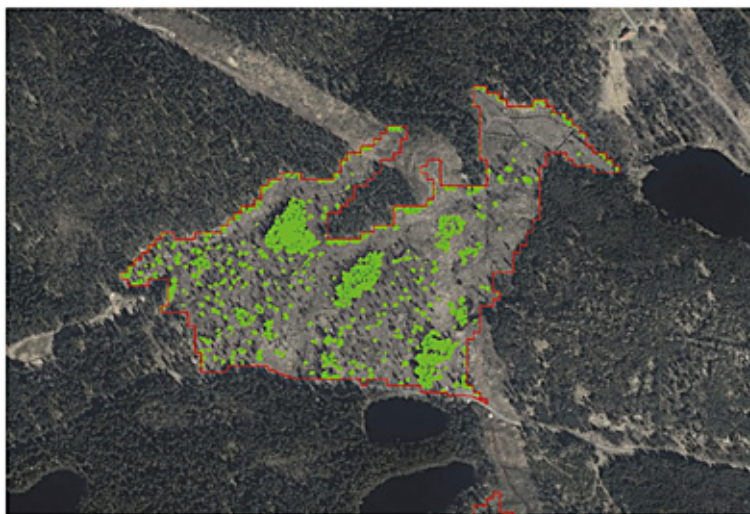
Figur 15. Exempel på Trädhöjdsraster i testområdet. Rött visar hyggesavgränsning och ett ortofoto i bakgrunden

Det första steget i produktionsprocessen är att skapa ett 2 meter densitetsraster. Det görs genom att på alla pixlar med en höjd över 5 meter körs ett 5*5 lågpasfilter och procentandelen skog beräknas. Resultat blir ett raster som visar hur tät eller vilken densitet skogen har i en 10*10 meter pixel. Resultatet multipliceras med 4 för att få resultatet i procent. Skalan blir från 0 procent till 100 procent i 4 procent steg. 100 procent så är en pixel omgiven av minst 4 meter skog.



Figur 16. Exempel på Densitetsraster i testområde, skalan går från ljusblått till mörkblått och visar täthet i procent. Rött visar hyggesavgränsning och ett ortofoto i bakgrunden.

Vidare i nästa steg görs en GIS-operation för att hitta pixlar som representerar träd högre än 5 meter och med en krontäckning högre än 30 procent. Indata till processen är hyggesavgränsning, trädhöjdsraster och densitetsraster. Resultatet kan ses i figur 17. Resultatet innehåller kandidater till trädgrupper men innehåller för många fröträd, pixlar på gränsen till hyggesavgränsningen finns med och de ytor som kommit med är inhomogena det vill säga innehåller stora hål.



Figur 17. Exempel på resultat av gis-operation i testområde, grönt visar pixlar som uppfyller kriterier för trädgrupper. Rött visar hyggesavgränsning och ett ortofoto i bakgrunden.

När kandidaterna till hänsynytor finns extraherade görs en utsökning av alla ytor mindre än 100 m^2 . Här skiljer sig de två metoderna åt och i metod 1 tas 100 m^2 ytorna bort innan man expanderar och krymper ytorna. Denna metod hanterar fröträdställningar, se figur 18. Metod 2 används för övriga hyggen.

Expandering och krympning gör man för att två angränsande ytor ska kunna slås ihop. Detta är delvis redan hanterat med densitetsrastret som tar hänsyn till 4 meter i vardera riktningen nord-syd och öst-väst, samt 5,6 meter diagonalt. Därför fungerar det med att radera ytor mindre än 100 m^2 innan expandering och krympning och dessutom behöver man inte göra operationen på två pixlar utan det räcker med 1 pixel. Resultaten från dessa GIS-operationer kan ses i figur 19 och figur 20.



Figur 18. Exempel på resultat av radering av områden mindre än 100 m^2 i testområde, grönt visar pixlar som uppfyller kriterier för trädgrupper. Rött visar hyggesavgränsning och ett ortofoto i bakgrunden.

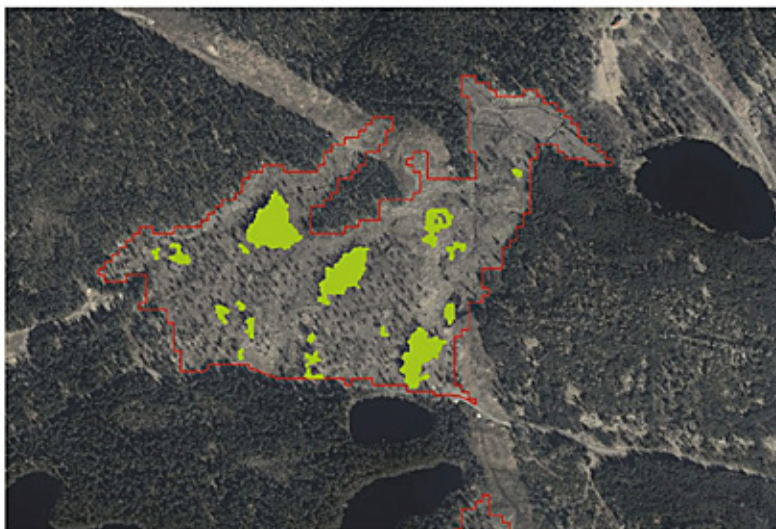


Figur 19. Exempel på resultat av GIS-operation expandera 1 pixel i testområdet, grönt visar pixlar som uppfyller kriterier för trädgrupper. Rött visar hyggesavgränsning och ett ortofoto i bakgrunden.



Figur 20. Exempel på resultat av GIS-operation krympning 1 pixel i testområdet, grönt visar pixlar som uppfyller kriterier för trädgrupper. Rött visar hyggesavgränsning och ett ortofoto i bakgrunden.

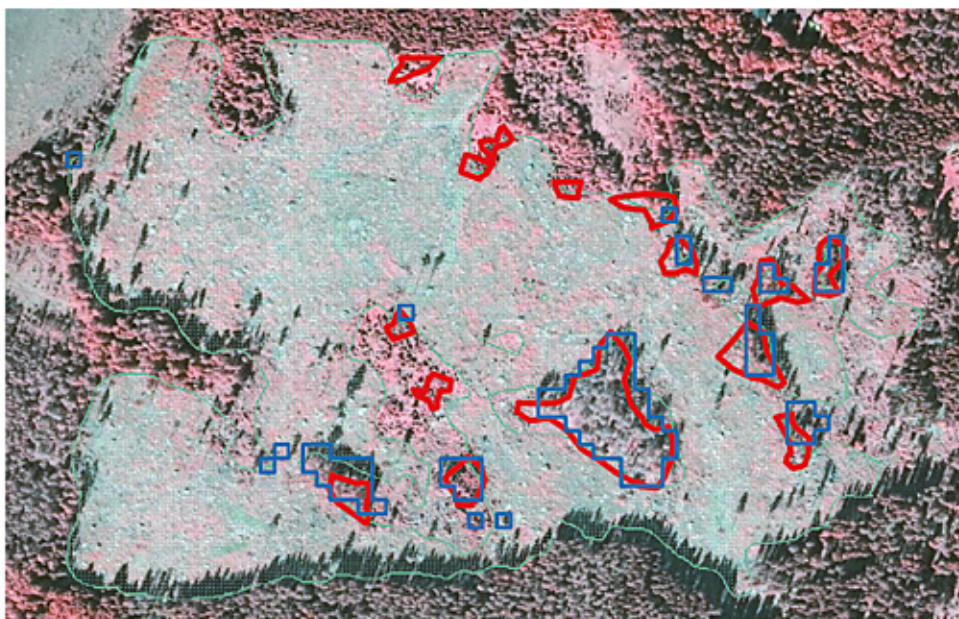
I det sista processteget tas alla kandidater till trädgrupper som ligger i anslutning till hyggesavgränsningen bort eftersom dessa endast fallit ut på grund av en grov hyggesavgränsning. Det slutgiltiga resultatet med kandidater till trädgrupper kan ses figur 21.



Figur 21. Exempel på slutresultat med kandidater till trädgrupper i testområdet, grönt visar pixlar som uppfyller kriterier för trädgrupper. Rött visar hyggesavgränsning och ett ortofoto i bakgrunden.

2.6 Ortofototolkning

Tolkning av ortofoto samt digitalisering av tolkade hänsynsytor har genomförts av tre skogskonsulenter anställda av Skogsstyrelsen. Var och en har tolkat varsitt studieområde som också sammanfaller med det område de normalt arbetar inom. Konsulenterna använder ortofoton i det dagliga arbetet och fick ingen särskild utbildning eller träning i tolkningsförfarandet. Arbetet genomfördes också i det IT-stöd, *Silvergranen*, som normalt används hos Skogsstyrelsen. Tolkningen genomfördes av samma personal som gjorde fältinventeringen. Tolkningen genomfördes innan fältinventeringen för att minska risken att tolkningen blev påverkad av vad de sett vid fältinventeringen och de hade heller ingen kunskap om hur de satellitbildskarterade ytorna såg ut.



Figur 2. Ortofototolkning av hänsynsytor. Blå polygon är hyggeskartering från satellitbildsanalys och röda polygoner är ortofototolkade och digitaliserade hänsynsytor

2.7 Fältinventering

Fältinventeringen genomfördes av tre personer, en per studieområde och samma personal som gjorde ortofototolkningen. Vid fältinventeringen hade inventeraren kännedom om satellitbildskarteringens resultat. Vid fältinventeringen hanterades fyra typer av ytor.

1. Ytor som karterats via satellitbild och som utgjorde trädgrupper utifrån de uppsatta kriterierna. Dessa ytor avgränsades på nytt och digitaliserades.
2. Ytor som karterats via satellitbild men som inte utgjorde trädgrupper utifrån de uppsatta kriterierna. För dessa gjordes en notering om felaktig kartering.
3. Ytor som inte karterats via satellitbild men som utgjorde trädgrupper utifrån de uppsatta kriterierna. Dessa ytor avgränsades och digitaliserades.
4. Ytor som utgjordes av trädgrupper och som befann sig mellan hyggeskanten och ett vattendrag i de fall detta avstånd var ≤ 30 meter.

Utöver en digitaliserad avgränsning av ytorna 1,3 och 4 beskrevs också samtliga typer för att ge underlag för att hitta felkällor i metodiken. Insamlade variabler framgår av tabell 5. Kodlista för beskrivning av ytor i fältinventering. Någon analys med hjälp av dessa uppgifter har dock inte genomförts.

Tabell 5. Kodlista för beskrivning av ytor i fältinventering

Variabel	Svarsalternativ
Ägoslag	Produktiv skogsmark (x/10) Bergimpediment (x/10) Våtmarksimpediment (x/10) Övrigt (x/10)
Trädslagsfördelning (grundtyevägd)	Tall (x/10) Gran (x/10) Löv (x/10) Ädellöv (x/10)
Medelhöjd (trädsikt)	5-15 m 15-25 m >25 m
Medelhöjd (busksikt)	3-5 m 5-10 m
Krontäckningsgrad (trädsikt)	0 % 1-9 % 10-29 % 30-49 % 50-79 % ≥ 80 %
Krontäckningsgrad (busksikt)	0 % 1-9 % 10-29 % 30-49 % 50-79 % ≥ 80 %
Andel av träden i trädgruppen utanför det verkliga hygget	0 % 1-49 % 50-99 % 100 %
Vattendrag	Uträtat Naturligt flöde

2.8 Metodjämförelse

Projektet syftar som nämnts ovan till att få fram en satellitbaserad metod för att kartera lämnad hänsyn och för utvärderingens skull har vi dessutom använt tre andra datakällor. Här redovisas övergripande de fördelar och nackdelar vi observerat med respektive metod när det gäller möjligheten att kartera lämnad hänsyn.

Tabell 6. Beskrivning av fördelar och nackdelar med respektive kvarteingsmetod

	Fördelar	Nackdelar
Satellit	• Objektiv • Kostnadseffektiv • Går att tillämpa på tidsserie sedan 2000.	• Problem med fröträdställningar. • Karterar enbart trädgrupper på hygge eller mellan hygge och vatten.
Laser	• Hög precision	• Ingen upprepning planerad • Problem med trädglesa hänsynsytor eller med träd med smala kronor.
Ortofototolkning	• Relativt kostandseffektiv • Hög utvecklingspotential till exempel 3D.	• Personberoende • Intermittent dataunderlag • Skuggproblematik
Fältinventering	• Godkänd precision (beroende på GPS). • Möjlighet att samla in kvalitativa data.	• Personberoende • Dyr

3 Resultatanalys

Ansatsen i analysarbetet har varit att utvärdera satellitmetodens tillförlitlighet med tre olika metoder för att mäta hänsynstagandet vid föryngringsavverkningar (laser, ortofoto samt fält). Utgångspunkten var att dessa tre skulle utgöra någon form av ”facit” för hur det ser ut i verkligheten. Ingen av dessa tre förutsätts vara bättre än någon annan och slutsatser om satellitmetodens kvalitet bygger på hur väl den överensstämmer med övriga metoder. Fall där alla fyra metoder visar på likartade resultat talar för att satellitmetoden är tillämpbar. Fall där metoderna visar på spridda resultat är mer svårtolkade och i brist på ”facit” vet vi inte i vilken grad satellitmetoden visar den verkliga hänsynen. I dessa fall blir slutsatsen normalt att det bör göras vidare analyser innan det går att uttala sig om satellitmetodens användbarhet. I den mån satellitmetoden visar en stabilt större areal jämfört med de tre övriga kan en omräkningsfaktor möjligen användas för att beräkna den verkliga hänsynen.

Jämförelse mellan de olika metoderna har varit fokus i analyserna. Förutom detta har vissa andra aspekter studerats. Det har till exempel konstaterats att det inte verkar finnas något samband mellan storleken på hygget och andelen som lämnats som hänsyn.

Sammanfattande resultat av analyserna

- De jämförande studierna visar på en bra överensstämmelse mellan satellitbilden och övriga metoder för hänsynstypen trädgrupper.
- Studien av kantzoner med alla fyra metoderna innehåller ett för litet material för att dra några säkra slutsatser men den fördjupade studien av kantzoner med enbart med metoderna satellitbild och laserdata visar att förhållandet de metoderna emellan är jämförbart med det för trädgrupper.
- Hyggen med fröträdsställningar visar på en sämre överensstämmelse än hyggen utan fröträdsställningar. Slutsatsen är därför att satellitmetoden inte är användbar på hyggen med fröträd.
- Satellitmetoden ger mer hänsynsareal (överskattar hänsynen) relativt sett mer på små hyggen än på stora.
- Satellitmetoden tycks underskatta arealen på små hänsynsytor ($< 800 \text{ m}^2$) och samtidigt överskatta arealen på stora hänsynsytor ($> 5\,000 \text{ m}^2$)
- På de hyggen där satellitmetoden inte hittar någon hänsyn hittar övriga metoder väldigt lite eller inga hänsyn. Satellitmetoden tycks alltså inte missa väsentliga (enskil-
da) mängder hänsyn.

3.1 Beskrivning av analysdata

För jämförelse mellan samtliga fyra metoder (satellit, laser, ortofoto och fält) fanns det totalt 80 hyggen med data för analys. En generell bedömning är att antalet räcker för att dra relativt säkra slutsatser angående totalnivåer medan det är betydligt osäkrare när det

bryts ned på kategorier, till exempel studieområde, arealstorlek, hänsynstyper, fröträdsställningar etc. Resultat på sådana nivåer bör alltså tolkas och användas med viss försiktighet. För att underlätta tolkningen av resultaten och för att bedöma osäkerheten i dem redovisas här antal objekt samt arealer av olika storheter som fanns på de 80 gemensamma objekten. Uppgifterna avser antal och arealer enligt satellitmetoden. Övriga tre metoder ger andra siffror för antal och areal hänsynsytor.

Tabell 7. Antal och areal för olika storheter enligt satellitmetoden för de 80 objekt som ingår i studien

	Östergötland	Dalarna	Västerbotten	Totalt
Antal hyggen	24	30	26	80
– varav utan hänsyn	4	8	6	18
– varav fröträdsställningar	5	2	1	8
Antal hänsynsytor	85	75	100	260
– varav trädgrupper	80	62	91	233
– varav kantzoner	5	13	9	27
Total hyggesareal (hektar)	106,5	171,6	173,3	451,5
Total hänsynsareal	5,1	8,3	12,9	26,3
– varav kantzoner	1,8	3,1	3,9	8,8
– varav trädgrupper	3,4	5,2	8,9	17,5
Hänsyn, andel av total areal	4,8 %	4,8 %	7,4 %	5,8 %
– varav kantzoner	1,7 %	1,8 %	2,3 %	1,9 %
– varav trädgrupper	3,2 %	3,0 %	5,1 %	3,9 %

3.2 Övergripande jämförelser mellan metoderna

För en övergripande jämförelse mellan metoderna återfinns sammanfattande resultat i nedan tabell 8. Sammanfattande tabell över resultaten från de fyra metoderna. Här ingår alla typer av hänsynsytor (trädgrupper och kantzoner) på samtliga 80 objekt.

Tabell 8. Sammanfattande tabell över resultaten från de fyra metoderna

Län	Antal objekt	Total areal	Hänsyns-areal S	Andel	Hänsyns-areal L	Andel	Hänsyns-areal O	Andel	Hänsyns-areal F	Andel
Östergötland	24	106,5	5,1	4,8 %	5,1	4,8 %	3,6	3,4 %	3,0	2,8 %
Dalarna	30	171,6	8,3	4,8 %	7,5	4,4 %	7,2	4,2 %	6,1	3,6 %
Västerbotten	26	173,3	12,9	7,4 %	9,0	5,2 %	10,3	6,0 %	10,5	6,1 %
Summa	80	451,5	26,3	5,8 %	21,7	4,8 %	21,1	4,7 %	19,7	4,4 %

S=satellit, L=laser, O=ortofoto och F=fält

Det framgår att den totala funna hänsynsarealen skiljer sig med 34 procent mellan den metod som gav störst areal (satellit) och den metod som gav lägst areal (fält). Andelen hänsynsytor av den totala arealen blev för dessa båda metoder 5,8 respektive 4,4 pro-

cent. Satellitmetoden är den metod som ger störst areal i alla tre studieområden vilket med stor säkerhet kan tolkas som att satellitmetoden systematiskt överskattar den totala hänsynsarealen sett till samtliga undersökta hyggen och hänsynstyper.

För att säkerställa att inte den ursprungliga stratifieringen påverkat resultaten i den objektsvisa jämförelsen har det också gjorts en totalskattning för respektive studieområde. Med hjälp av stratifieringsdata och tillhörande uppräkningsfaktorer har totaler för respektive studieområde skattats enligt följande:

Tabell 9. Skattade totala hänsynsarealer för respektive studieområde och metod

Län	Antal objekt	Total areal	Hänsyns-areal S	Andel	Hänsyns-areal L	Andel	Hänsyns-areal O	Andel	Hänsyns-areal F	Andel
Östergötland	590	1 847	61,0	3,3 %	63,3	3,4 %	43,2	2,3 %	33,5	1,8 %
Dalarna	336	1 396	65,3	4,7 %	63,6	4,6 %	56,7	4,1 %	49,7	3,6 %
Västerbotten	298	2 130	127,8	6,0 %	91,8	4,3 %	107,7	5,1 %	104,7	4,9 %
Summa	1 224	5 373	254,1	4,7 %	218,7	4,1 %	207,6	3,9 %	187,8	3,5 %

S=satellit, L=laser, O=ortofoto och F=fält

Totalskattningarna visar på ungefär samma resultat som för de objektsvisa jämförelserna. Satellitmetoden är fortfarande den metod som ger störst total hänsynsareal medan fält är den metod som ger minst. Differensen är här 35 procent. Att andelarna hänsynsareal blir lägre i totalskattningarna beror på att den ursprungliga stratifieringen styrde mot hyggen med många hänsynsytor och fler kantzoner. Vill man uttala sig om den totala andelen är det alltså resultaten i tabell 9. Skattade totala hänsynsarealer för respektive studieområde och metod. som ska användas.

Tabell 8. Sammanfattande tabell över resultaten från de fyra metoderna och tabell 9. Skattade totala hänsynsarealer för respektive studieområde och metod. innehåller den sammanlagda hänsynsarealen för kantzoner och trädgrupper. I följande två tabeller har dessa delats upp. Tabell 10. Areal kantzon på de 80 hyggen som var gemensamma för alla fyra metoder. innehåller sammanlagd areal kantzon på de hyggen sådana förekommer och tabell 11. Areal trädgrupper på de 80 hyggen som var gemensamma för alla fyra metoder. innehåller sammanlagd areal trädgrupper på de hyggen där sådana förekommer. Det framgår av tabellerna att såväl antal hyggen med kantzoner som antal kantzoner är betydligt färre än för trädgrupper. Dessutom saknar analysmaterialet ortofototolkade uppgifter för kantzoner i Dalarna.

Tabell 10. Areal kantzon på de 80 hyggen som var gemensamma för alla fyra metoder

Län	Antal hyggen	Total areal	Hänsyns-areal S	Andel	Hänsyns-areal L	Andel	Hänsyns-areal O	Andel	Hänsyns-areal F	Andel
Östergötland	24	106,5	1,8	1,7 %	1,6	1,5 %	1,1	1,0 %	0,8	0,8 %
Dalarna	30	171,6	3,1	1,8 %	2,5	1,5 %	..*	..*	1,1	0,6 %
Västerbotten	26	173,3	3,9	2,3 %	2,5	1,4 %	1,4	0,8 %	2,5	1,5 %
Summa	80	451,5	8,8	1,9 %	6,6	1,5 %	..	..	4,4	1,0 %
<i>Antal hyggen med kantzon</i>			27		27		7		20	
<i>Antal kantzoner</i>			27		27		13		33	

S=satellit, L=laser, O=ortofoto och F=fält

* Analysmaterialet saknar ortofototolkade uppgifter för kantzoner i Dalarna.

Tabell 11. Areal trädgrupper på de 80 hyggen som var gemensamma för alla fyra metoder

Län	Antal hyggen	Total areal	Hänsyns- areal S	Andel	Hänsyns- areal L	Andel	Hänsyns- areal O	Andel	Hänsyns- areal F	Andel
Östergötland	24	106,5	3,4	3,2 %	3,5	3,3 %	2,5	2,3 %	2,2	2,1 %
Dalarna	30	171,6	5,2	3,0 %	5,0	2,9 %	7,2	4,2 %	5,1	3,0 %
Västerbotten	26	173,3	8,9	5,1 %	6,5	3,8 %	8,9	5,2 %	8,0	4,6 %
Summa	80	451,5	17,5	3,9 %	15,0	3,3 %	18,6	4,1 %	15,3	3,4 %
<i>Antal hyggen med trädgrupper</i>			56		51		62		56	
<i>Antal trädgrupper</i>			233		238		260		218	

S=satellit, L=laser, O=ortofoto och F=fält

Metoderna ger relativt lika resultat för trädgrupper. Det skiljer 24 procent mellan lasermetoden som gav minst areal (15 hektar) och ortofotometoden som gav störst areal (18,6 hektar). Satellitmetoden sticker inte ut här vilket talar för att metoden fungerar ganska bra vad gäller trädgrupper.

För kantzoner är resultaten mer tvetydiga. Dels störs de av avsaknaden av ortofotodata i Dalarna och dels består dataunderlaget av få objekt. Det är väldigt stora skillnader i resultaten mellan till exempel satellitmetoden och fältmetoden och den slutsats man kan dra är att olikheterna mellan metoderna är så stor att det inte går att säkerställa hur väl satellitmetoden fungerar. Det behövs vidare analyser för att få en säkrare bedömning av satellitmetodens lämplighet.

Resultaten kan också delas upp efter om hygget till största delen består av fröträd eller inte. På samma sätt som i tabell 10. Areal kantzon på de 80 hyggen som var gemen-

Tabell 12. Areal hänsyn på de 80 hyggen som var gemensamma för alla fyra metoder.

Län	Antal hyggen	Total areal	Hänsyns- areal S	Andel	Hänsyns- areal L	Andel	Hänsyns- areal O	Andel	Hänsyns- areal F	Andel
Östergötland	24	106,5	3,0	2,8 %	3,1	2,9 %	2,2	2,1 %	2,0	1,9 %
Dalarna	30	171,6	6,0	3,5 %	6,0	3,5 %	6,6	3,8 %	5,1	3,0 %
Västerbotten	26	173,3	12,7	7,3 %	8,8	5,1 %	10,2	5,9 %	10,4	6,0 %
Summa	80	451,5	21,7	4,8 %	17,9	4,0 %	18,9	4,2 %	17,5	3,9 %
<i>Antal hyggen ej fröträd</i>			72		72		72		72	
<i>Antal hänsynsytor (kantzon + trädgrupp)</i>			205		201		247		218	

S=satellit, L=laser, O=ortofoto och F=fält

Tabell 13. Areal hänsyn på de 80 hyggen som var gemensamma för alla fyra metoder.

Län	Antal hyggen	Total areal	Hänsyns- areal S	Andel	Hänsyns- areal L	Andel	Hänsyns- areal O	Andel	Hänsyns- areal F	Andel
Östergötland	24	106,5	2,1	2,0 %	2,1	1,9 %	1,4	1,3 %	1,0	1,0 %
Dalarna	30	171,6	2,3	1,3 %	1,5	0,9 %	0,6	0,4 %	1,0	0,6 %
Västerbotten	26	173,3	0,1	0,1 %	0,2	0,1 %	0,2	0,1 %	0,1	0,1 %
Summa	80	451,5	4,6	1,0 %	3,8	0,8 %	2,2	0,5 %	2,1	0,5 %
<i>Antal hyggen, fröträd</i>			8		8		8		8	
<i>Antal hänsynsytor (kantzon + trädgrupp)</i>			55		64		26		33	

S=satellit, L=laser, O=ortofoto och F=fält

samma för alla fyra metoder och tabell 11. Areal trädgrupper på de 80 hyggen som var gemensamma för alla fyra metoder. redovisas här en uppdelning på detta sätt.

Tabell 12. Areal hänsyn på de 80 hyggen som var gemensamma för alla fyra metoder. och tabell 13. Areal hänsyn på de 80 hyggen som var gemensamma för alla fyra metoder. tyder på en större skillnad mellan metoderna på hyggen som till stor del består av fröträd. Antalet sådana hyggen är visserligen litet, men bedömningen är att skillnader finns. I analysmaterialet skiljer det hela 119 procent mellan satellitmetoden och fältmetoden. På hyggen utan fröträd är skillnaden ”bara” 24 procent.

Den uppdelning på hänsynstyp och förekomst av fröträd som hittills redovisats ger skäl att tro att skillnaderna mellan metoderna är minst om hyggen med fröträd samt hänsynstypen kantzon filtreras bort. I de följande tabellerna har detta gjorts.

Tabell 14. Areal (ha) trädgrupper på hyggen utan fröträd bland de 80 hyggen som var gemensamma för alla fyra metoder.

Län	Antal hyggen	Total areal	Hänsyns-areal S	Andel	Hänsyns-areal L	Andel	Hänsyns-areal O	Andel	Hänsyns-areal F	Andel
Östergötland	24	106,5	2,5	2,3 %	2,6	2,4 %	1,9	1,8 %	1,7	1,6 %
Dalarna	30	171,6	3,9	2,3 %	4,4	2,5 %	6,6	3,8 %	4,4	2,6 %
Västerbotten	26	173,3	8,8	5,1 %	6,3	3,6 %	8,8	5,1 %	7,9	4,6 %
Summa	80	451,5	15,2	3,4 %	13,2	2,9 %	17,2	3,8 %	14,0	3,1 %

S=satellit, L=laser, O=ortofoto och F=fält

Tabellen visar att satellitmetoden enligt dessa kriterier inte längre är den metod som ger mest areal hänsyn samt att skillnaderna mellan metoderna som högst är 30 procent (ortofoto jämfört med laser). Slutsatsen är att det visserligen finns osäkerhet om nivån i satellitmetodens resultat, men att det inte tycks finnas några systematiska överskattningar i den när metoden jämförs med de andra enligt dessa kriterier. Om satellitmetoden enbart skulle användas på hyggen utan fröträd samt endast på trädgrupper skulle det innebära att 59 procent av samtliga hänsynsytor på samtliga hyggen kan täckas av metoden (beräknat på totalskattade värden).

3.3 Storleksjämförelser samt hyggen utan hänsyn

Det gjordes också ett par analyser på om storleken på hyggerna respektive hänsynsytor har någon betydelse för hur mycket hänsyn som hittas/lämnas och om det finns några skillnader mellan metoderna i det avseendet. Den första tabellen (*tabell 15*). Total areal (hektar) hänsyn per storleksklass hygge bland de 80 hyggen som var gemensamma för alla fyra metoder.) visar den sammanlagda hänsynsarealen med fördelning på hyggesstorlek och metod. Den visar att satellitmetoden ger mer hänsynsareal relativt sett mer på små hyggen än på stora. Satellitmetoden ger i genomsnitt 50 procent mer areal på den minsta hyggeskategorin, 38 procent mer på den mellersta och 7 procent mer på den största hyggeskategorin. Även om antalet objekt är litet förefaller det som att det finns ett samband mellan hyggesstorlek och areal hänsyn. En osäkerhet finns i att analysen även omfattar hyggen med fröträd samt kantzon mot vatten vilket i andra analyser visat sig vara svårare att kartera med satellitbildsmetoden.

Tabell 15. Total areal (ha) hänsyn per storleksklass hygge bland de 80 hyggen som var gemensamma för alla fyra metoder

Hyggesstorlek	Antal objekt	Areal S	Areal L	Areal O	Areal F
<40 000	51	7,4	5,3	4,5	4,9
40 000-149 999	19	8,7	7,4	6,2	5,6
>150 000	10	10,2	9,0	10,4	9,2
Summa	80	26,3	21,7	21,1	19,7

S=satellit, L=laser, O=ortofoto och F=fält

En motsvarande analys gjordes också för olika storlekskategorier hänsynsytor. Här har emellertid kantzoner och hyggen med fröträd exkluderats.

Tabell 16. Total areal (ha) hänsyn per storleksklass trädgrupp för de trädgrupper som finns på hyggen utan fröträd (motsvarar tabell 14). Areal (ha) trädgrupper på hyggen utan fröträd bland de 80 hyggen som var gemensamma för alla fyra metoder

Hänsynsyta	Areal S	Areal L	Areal O	Areal F
1-800 m ²	3,2	3,9	4,9	4,2
801-2 000 m ²	3,3	2,8	4,2	3,0
2 001-5 000 m ²	1,7	2,7	2,5	1,8
>5 000 m ²	7,0	3,9	5,6	5,0
Summa	15,2	13,3	17,2	14,0

S=satellit, L=laser, O=ortofoto och F=fält

Resultatet är här mer svårbedömt. Satellitmetoden ger tydligt mindre areal för den minsta och tydligt mer areal för den största arealklassen, men utmärker sig inte i de båda mellanklasserna. Det kan finnas flera bakomliggande faktorer som spelar in här. Det kan till exempel vara så att metoderna hanterar riktigt stora hänsynsytor på lite olika sätt. Någon metod kanske hellre delar upp stora ytor i två medan andra håller ihop dem. Klassindelningen, eller snarare gränserna för dem, kan eventuellt också spela roll. En pixel är ju 100 m² och det kan ha viss betydelse i vilken storleksklass en viss satellit-karterad yta hamnar av den anledningen. Kontentan blir att det inte går att dra några entydiga slutsatser utan att göra fortsatta analyser. Eftersom data inte tillåter analyser på samma hänsynsytor (yta för yta mellan metoderna) kan en idé vara att i framtiden göra fallstudier på samma ytor i stället.

Det fanns totalt 18 (av 80) hyggen där satellitmetoden inte hittade några hänsynsytor. Dessa studerades speciellt för att utesluta risken att satellitmetoden av någon anledning missar väsentlig hänsyn på dessa. Det visade sig att det återfinns ytterst lite hänsynsareal med de andra metoderna på dessa hyggen. Lasermetoden hittade inga ytterligare ytor medan ortofotometoden totalt hittade 0,2 hektar hänsyn och fältmetoden hittade 0,04 hektar (obs att arealen är uttryckt i m² i tabellen). Andelen (som mest 0,2 hektar) på 22 procent av alla hyggen bedöms vara försumbart.

Tabell 17. Total areal (m²) hänsyn på hyggen där satellitmetoden inte hittade någon hänsyn

Län	Antal hyggen	Areal S (m ²)	Areal L (m ²)	Antal ytor	Areal O (m ²)	Antal ytor	Areal F (m ²)	Antal ytor
Östergötland	4	0	0	0	362	2	0	0
Dalarna	8	0	0	0	827	7	426	3
Västerbotten	6	0	0	0	530	2	0	0
Summa	18	0	0	0	1 719	11	426	3

S=satellit, L=laser, O=ortofoto och F=fält

3.4 Fördjupad analys kantzoner satellit – laser

De hyggen som karterats med alla fyra metoderna innehöll allt för få observationer av hänsynstypen kantzon mot vatten för att några slutsatser skulle kunna dras. Därför gjordes en fördjupad analys enbart mellan satellitbildskarerad och laserkarterade hyggen i syfte att få ett större underlag att analysera.

Den fördjupade studien omfattade totalt 271 hyggen. Jämfört med det ursprungliga materialet har kantzonerna här också delats upp i kategorierna vattendrag och sjöar. Även här ger satellitmetoden mer areal än lasermetoden. Skillnaden i den totala kantzonsarealen på de 271 objekten är 21 procent (85,1/70,4). Det är relativt lika de 33 procent som erhöles i den jämförande analysen i tabell 10a. Det styrker att skillnaden mellan laser och satellit ligger där någonstans när det gäller kantzoner, men vi vet inte om nivån på arealen är den rätta.

Tabell 18. Översiktstabell jämförelse kantzoner satellit-laser, antal och hektar

	Antal hyggen	Total areal	Antal hyggen med kantzon, satellit	Antal hyggen med kantzon, laser	Areal satellit	Areal laser
Östergötland	102	426,8	101	102	31,4	25,6
Dalarna	131	580,2	130	130	41,8	34,9
Västerbotten	38	429,4	38	38	11,9	9,9
Summa	271	1436,4	269	270	85,1	70,4

Nedbrutet på vattendrag och sjöar går det inte att se några skillnader mellan dessa typer av kantzoner. Däremot styrker tabellen att det föreligger skillnader mellan metoderna då satellitmetoden i samtliga 6 fall (celler i tabellen) ger mer areal samt att skillnaderna ligger i intervallet +15 till +33 procent.

Tabell 19. Resultat jämförelse kantzoner satellit-laser, hektar

	Vattendrag		Sjö	
	Areal satellit	Areal laser	Areal satellit	Areal laser
Östergötland	21,5	17,0	9,9	8,6
Dalarna	32,6	28,0	9,2	6,9
Västerbotten	8,2	6,8	3,7	3,1
Summa	62,3	51,8	22,8	18,6

Ovanstående analyser har varit inriktade på att söka fram i vilka fall satellitbildsmetoden är tillämpbar (det vill säga är samstämmig med övriga metoder) samt i vilka fall den inte är det. Det huvudsakliga problemområdet är hyggen där det lämnats fröträd. Ytterligare eventuella felkällor har inte analyserats men från fältinventeringen finns ytterligare data insamlat för att möjliggöra sådana fallstudier.

4 Implementering

I detta kapitel beskrivs hur den framtagna metoden kan implementeras tekniskt såväl hos Skogsstyrelsen som hos andra intressenter. Vidare beskrivs också en möjlig implementering ur ett verksamhetsperspektiv i Skogsstyrelsens system för hänsynsuppföljning.

4.1 Teknisk implementering

De rutiner som Metria tagit för att ur satellitbilderna få fram hänsynsyrtorna bygger på känd teknik. Det handlar till exempel om att skapa förändringsbilder, kvoter mellan spektralband och textur-information. Kombinationer och trösklingar av dessa data skapar sedan några klasser som går från låg till hög sannolikhet för att en pixel ska innehålla ett hänsynsobjekt.

Till detta kommer sedan en rad efterbearbetningar (GIS-bearbetningar) som bäst görs i vektormiljö.

4.1.1 Skogsstyrelsens infrastruktur för rasterdata

Skogsstyrelsen har sedan 2007 en infrastruktur för rasterdata som medger snabba uppdateringar och hantering av stora datamängder. Strukturen gör det enkelt att distribuera informationen till många samtidiga användare på helt olika klienter med hög prestanda. För närvarande bygger den infrastrukturen på ArcGIS-server som utvecklats av ESRI.

Det finns flera fördelar med den serverbaserade tekniken men också en del nackdelar. Jämfört med traditionellt hantering av raster där användaren jobbar mot data i vanliga filer slipper användaren helt och hållet att bry sig om både var data finns och om dessa är uppdaterade. Det går enkelt att skapa kombinationer av olika dataset men också styra parametrar från klienten. Temporära data hanteras helt och hållet automatiskt av servern och prestanda är oftast god.

Nackdelen med den serverbaserade tekniken är att den är inriktad mot visualisering av data inom begränsade områden. Analyser kan definitivt göras men när dessa täcker större områden tvingas man hantera dem på ett sätt som inte görs lika enkelt som den övriga hanteringen. Fördelarna överväger dock de nackdelar som finns, inte minst när det handlar om att kunna tillgodogöra sig stora datamängder som uppdateras ofta.

4.1.2 Försörjningen av fjärranalysdata

Tillgången till fjärranalysdata är helt avgörande för hur det går att implementera den utvecklade metodiken. Skogsstyrelsen har sedan många år arbetat med olika typer av fjärranalys, både satellitburen och flygburen. Mycket pekar på att ambitionen kommer att öka inom en snar framtid som gör det möjligt att förstärka försörjningen av fjärranalysdata.

Satellitdata

Allt sedan 1999 har Skogsstyrelsen införskaffat årliga landstäckande satellitdata. Sensorerna som används är amerikanska LANDSAT, fransk/svenska SPOT och indiska IRS. Alla dessa sensorer har förmågan att registrera bilder med 10–30 meters upplösning samt har våglängdsband som sträcker sig från det synliga gröna upp till Mellaninfrarött (MIR) ljus. Av särskild betydelse för skog är känsligheten för MIR-ljus eftersom det har både hög dynamik och gör att vissa företeelser i skogen blir lättare att skilja åt.

Från och med vegetationssäsongen 2016 kommer data vara tillgängliga från ESA:s satelliter inom *Copernicusprogrammet*. Framför allt är det Sentinel-2 sensorn som förväntas ge det stora lyftet inom landtillämpningarna tack vare att bilder kommer ofta, över stora områden och med bra upplösning. För Sveriges del handlar det om registreringar cirka var 3:e dag med 290 km breda bilder och 10 meters geometrisk upplösning.

Med data från Sentinel-2 följer också en förbättrad kalibrering så att data från olika tillfällen blir lättare att jämföra. Erfarenhetsmässiga tröskelvärden kan därmed lättare användas vilket borgar för en jämnare kvalitet och mindre personberoende tolkningar av trösklingsgränserna.

Flygbilder och Ortofoto

Lantmäteriets flygfotograferingar har sedan 2014 intensifierats så att Skogsstyrelsen nu har tillgång till ortofoton med 25 cm upplösning, vartannat år i Götaland, Östra Svealand och längs norrlandskusten. Efter påstötningar har även Lantmäteriet justerat sina planerade flygningar så att fotograferingen sker varannan gång med lövade träd och varannan gång utan. Övriga delar av landet (Norrlands och Svealands inre delar) fotograferas med 0,5 meters upplösning ungefär vart 3–5 år och i princip alltid med lövade träd.

Under 2014 har Lantmäteriet presenterat två utredningar som haft geografiska data i tre dimensioner (3D) i fokus. I utredningarna talar man även om den möjlighet som bildmatchning med flygbilder innebär för framställandet av data i 3D. Sådana data skulle kunna utgöra ett komplement till laserdata och tjäna som en form av uppdatering av lasermolnet.

Kombinationen av högre geometrisk upplösning, flygfotografering allt oftare och möjligheten att plocka ut höjdinformation ur matchade bilder gör att även ortofoton kan vara en viktig datakälla i uppföljningen av hänsynen i skogen.

Laser

De laserdata som skogsstyrelsen förfogar över kommer från Lantmäteriets laserskanning för den nya höjdmodellen. Laserskanningsarbetet påbörjades 2009 och beräknas att fullföljas 2015. Någon ny nationell skanning är för närvarande inte planerad men diskussioner förs i frågan. Det är dock oklart just nu om man ens kan räkna med en ny skanning de närmaste 5 åren.

Lasermaterialets styrkor har visat sig användbara i många tillämpningar och även i detta projekt. Nackdelen är att det tyvärr snabbt blir föråldrat.

4.1.3 Implementering i serverbaserad miljö

En implementering av den föreslagna metodiken bör ske i en serverbaserad miljö. En sådan lösning underlättar väsentligt möjligheterna till att hantera stora datamängder sömlöst över hela landet. Det gör det också lättare att hålla användare uppdaterade med de senaste fjärranalysdata.

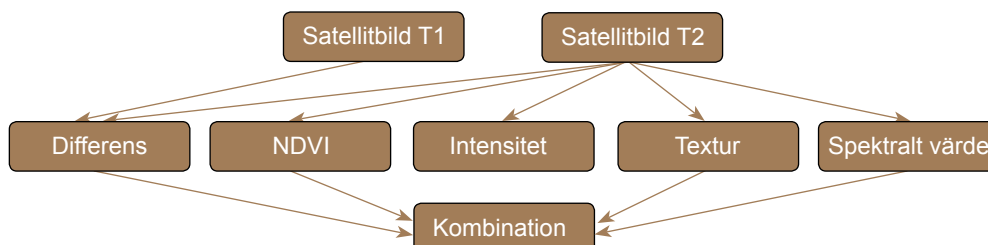
I en serverbaserad metod kan man bygga det mesta av logiken nära de stora datamängderna. Klienterna hanterar därför endast små mängder data eftersom det endast är ett antal parametrar och det utsnitt som användaren för ögonblicket tittar på som ska kommuniceras.

Skalbarheten i en serverbaserad lösning blir också bättre betydligt bättre än i en lösning som bygger på traditionell hantering av enskilda filer.

Krav på server

Servern bör medge analys på ett urval av fjärranalysdata så att bilder med lämplig fenologisk utveckling används.

Servern måste kunna skapa flera temporära data on-the-fly (till exempel vegetationsindex, texturbild, eller en intensitetsbild) som direkt kan trösklas och kombineras med varandra för att visa det enskilda eller sammanlagda resultatet av trösklingen i de olika dataseten. Se figur 23 men också figur 6.



Figur 23. Schematisk bild över hur satellitbilder från olika tidpunkter används för att skapa nya dataset som sedan kombineras i en gemensam analys.

Parametrarna för varje dataset sparas och skickas vidare till en geoprocessing-tjänst som utför klassningen av varje pixel för de avverkningsytor som ska kontrolleras.

Därefter vidtar en serie efterbearbetningar som syftar till att rensa bort felaktigheter och kontrollera zoner runt vattendrag och sjöar. Dessa GIS-operationer kan också hanteras av en geoprocessing-tjänst.

Resultatet sparas till en databas så att resultatet blir tillgängligt för alla som har rättigheter att se, analysera och kontrollera resultatet.

Krav på klienter

Med en implementering av logiken på en server blir kraven på klienterna relativt små. I praktiken handlar det om att klienterna ska kunna styra parametrarna som servern ska arbeta utifrån och sedan kunna visa resultaten av bearbetningarna. Trösklingar ska

kunna visas med infärgade pixlar för de områden som faller inom trösklingsgränserna. Övriga områden bör kunna visas transparenta.

Idag vore Skogsstyrelsens ESRI-baserade plattform Silvergranen den naturligaste platsen för en sådan klientinstallation men där diskuteras just nu ett teknikbyte som gör att den plattformen inte är aktuell.

Inom en nära framtid förväntas behovet växa av att kunna visualisera data i 3D. En ny plattform bör därför ha kapacitet att på sikt också kunna visa data i 3D.

4.2 Verksamhetsmässig implementering

Skogsstyrelsen driftsätter under 2015 ett nytt system för hänsynsuppföljning som ersätter det tidigare Polytaxsystemet. I detta system finns en komponent med fältinventering som syftar till att producera statistik användbar vid utvärdering av miljömålen (främst Levande skogar). Årligen beräknas cirka 600–800 avverkningsanmälningar följas upp och dessa inventeras vid två tidpunkter, före avverkning för att kartera potentiell hänsyn samt 2 år efter avverkning för att kartera lämnad hänsyn. En delmängd (cirka en fjärdedel av objekten) kommer också att följas upp 6 år efter avverkning.

Den viktigaste delen av datainsamlingen (och en väsentlig skillnad mot tidigare system) är att alla hänsynsytor (hänsynskrävande biotoper, kantzoner mot vatten, impediment samt kantzoner mot impediment) ska digitaliseras.

Detta innebär att den satellitbildsbaserade metod som utvecklats i detta projekt går att fortsätta kalibrera mot fältinsamlade data på motsvarande sätt som gjorts inom projektet. Förutom denna fältinventering för att statistiskt redovisa hur hänsynstagandet är innehåller också det nya uppföljningssystemet komponenter som syftar till ett lärande om hur det kan göras bättre. En huvudinriktning här är att återkoppla enskilda objekt till verksamhetsutövaren. Eftersom detta förmodas bli en stor omfattning kommer fältinventering bli allt för kostnadskrävande. Istället utvecklas metoder baserade på helikopterinventering, flygbildstolkning och användning av satellitbildsdata.

Ett tredje användningsområde är att utöka analysverksamheten och då inte minst genom att kombinera flera datakällor.

4.3 Tillämpning

4.3.1 Statistikproduktion

Den statistikproducerande delen av Skogsstyrelsens hänsynsuppföljning bygger på en gles stickprovsundersökning, de 600–800 objekten som nämns ovan motsvarar drygt 1 procent av den totala mängden avverkningsärenden. Statistiken är tänkt att publiceras på landsdelsnivå med glidande treårsmedel. I miljömålssystemet finns ett behov av länsvisa data och här skulle en satellitbildsbaserad metod kunna användas för att skapa underlag för dessa utvärderingar i de fallen fältinventerat data inte är av tillräcklig mängd. Eftersom nuvarande metod inte går att tillämpa på avverkningar med fröträdsställningar och ger ett oklart resultat för kantzoner mot vatten är det inte möjligt idag att använda metoden för att producera statistik.

4.3.2 Lärande

I den delen som syftar till ett lärande, antingen genom objektivs återkoppling eller på viss aggregerad nivå för till exempel ett skogsbolag är behovet framförallt att få ett underlag att diskutera miljöhänsyn utifrån. Det innebär att osäkerheten i underlaget kan vara något större än de kvalitetskrav som gäller för statistikproduktion. En sådan återkoppling kan till exempel innehålla en jämförelse mellan den hänsynsredovisning som följde med avverkningsanmälan och resultatet i satellitbildskarteringen. För ett enskilt objekt är såklart en flygbild tagen efter avverkning ett bättre underlag men i avsaknad av färska flygbilder och framförallt på aggregerad nivå för ett skogsbolag kan satellitbildskarteringen kunna utgöra ett viktigt underlag.

4.3.3 Fördjupade analyser

Den största användningen med nuvarande metod är troligen inom området fördjupade analyser. Förutom den analys mot avverkningsanmälan hänsynsredovisning som nämnts ovan skulle andra tänkbara analyser vara mot kända miljövärden till exempel nyckelbiotoper eller sumpskogar. Skogsstyrelsen och andra aktörer bedriver också verksamhet att inte minst via LIDAR data hitta tidigare okända miljövärden eller andra områden som bör värnas i samband med avverkning exempelvis branter eller körskad känslig mark. Även mot den typen av data kan fördjupade analyser med hjälp av satellitbildskarterade hänsynsytor vara intressant. Förutom analyser mot andra datakällor möjliggör metoden också studier i vilken utsträckning lämnad hänsyn (de karterade ytorna) finns kvar efter till exempel 10 år efter avverkning eller om de har avverkats i efterhand.

5 Förslag för framtida arbete

Som framgår av utvärderingen i kapitel 4 är den framtagna metoden inte tillräckligt bra för att användas i de fall det vid avverkningen lämnas fröträd. Eftersom detta utgör ca 20 procent av den föryngringsavverkade arealen är behovet stort att finna en lösning att kunna kartera lämnad hänsyn även för dessa avverkningar. Vi ser stora svårigheter att ytterligare justera metodiken för att sortera bort fröträd och bara kartera trädgrupper. Istället tror vi att en framkomlig väg är att vänta med karteringen på dessa avverkningar till dess att fröträden har avverkats. Tidigare studier visar att förändringsanalys och därmed hyggeskartering är möjlig att göra även vid mindre förändringar som fröträdsavverkning innebär. Svårigheten ligger snarare i att redan från börja dela upp avverkningarna i de med fröträd respektive icke-fröträd, inte minst på grund av att mängden fröträd per hektar skiljer sig åt kraftig från över 100 st. per hektar ned till kanske 30 st. per hektar. Dessutom kan en avverkning vara uppdelad i olika föryngringsmetoder. Ett sätt att sortera ut objekt med fröträd är att använda informationen från avverkningsanmälan där planerad föryngringsmetod framgår. Baserat på objekten i Skogsstyrelsens återväxtuppföljning ges att anmäld föryngringsmetod överensstämmer med utförd föryngringsmetod i 73 procent av antalet avverkningar. Det finns inget som tyder på att nivån förändrats påtagligt över tid eller mellan olika län. Ett annat sätt är att kalibrera trösklingen vid hyggeskarteringen så att efter genomförd hyggeskartering gå igenom objekten igen med en annan trösklingsnivå för att identifiera objekt med respektive utan fröträd.

Den kartering av kantzon mot vatten som gjorts i projektet baseras på befintligt kartmaterial om vattendragens geografiska läge. I tillgängligt material finns en del brister i att alla vattendrag inte finns redovisade i kartmaterial eller att de inte ligger geografiskt rätt i kartan. För att förbättra kvaliteten pågår en del projekt hos Lantmäteriet och SMHI.

Med den framtagna metoden har vi visat på möjligheter att kartera trädgrupper som är omgivna av kalmark samt kantzoner mellan kalmark och vatten. Därutöver finns ytterligare hänsynstagande i ytterkant till kalmarken till exempel mot andra ägoslag och vägar. För att fånga ännu mer av den lämnade hänsynen med denna satellitbildsmetod behöver hyggeskarteringen förfinas ytterligare.

Litteratur/källförteckning

Fridh, M. m.fl. (2012) Hänsynsuppföljning – grunder. Skogsstyrelsen rapport 2012:10

Fridh, M. m.fl. (2013) Hänsynsuppföljning – underlag inför detaljerad kravspecifikation. Skogsstyrelsen rapport 2013:4

Länsstyrelserna i Östergötland, Skåne och Norrbotten, Skogsstyrelsen och Metria
Geoanalys. (2011) Övervakning av naturvårdshänsyn i skogsbruket – slutrapport.
Länsstyrelsen i Östergötland.

Bilagor

Bilaga 1 Exempel på tillämpning

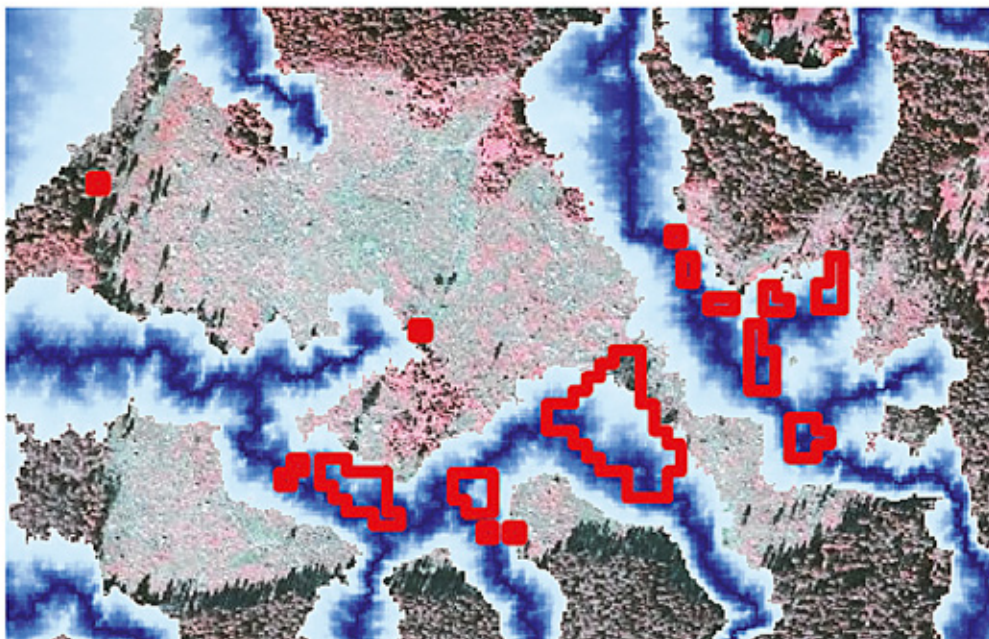
Exempel 1 Generellt mått på hänsynstagande

Objektivt insamlade kvantitativa data över mängden (andel av areal) lämnade trädgrupper i samband med föryngringsavverkning. Möjlighet till länsvis användning samt tidsserier från början av 2000-talet. Går att förfina genom att klassindela hänsynsytor efter storlek.

Exempel 2 Hänsynstagande mot vatten och fuktiga områden

Metoden som prövats i detta projekt bygger på att identifiera områden där en sjö eller ett vattendrag (enligt kartmaterial) ligger inom 30 meter från hyggeskant. För det området kan arealen trädgrupp karteras. En möjlig landskapsanalys är därmed utifrån ett givet vatten eller avrinningsområde kartera arealen som direkt påverkas av avverkning (arealen inom valfritt avstånd mellan hygge och vatten) och att därefter kartera arealen trädgrupp för att visa på i vilken utsträckning (arealandel) hänsynstagande skett. Efter som en avverkad yta kan påverka vattnet under flera år kan analysen med fördel göras ackumulerat för till exempel 5 år.

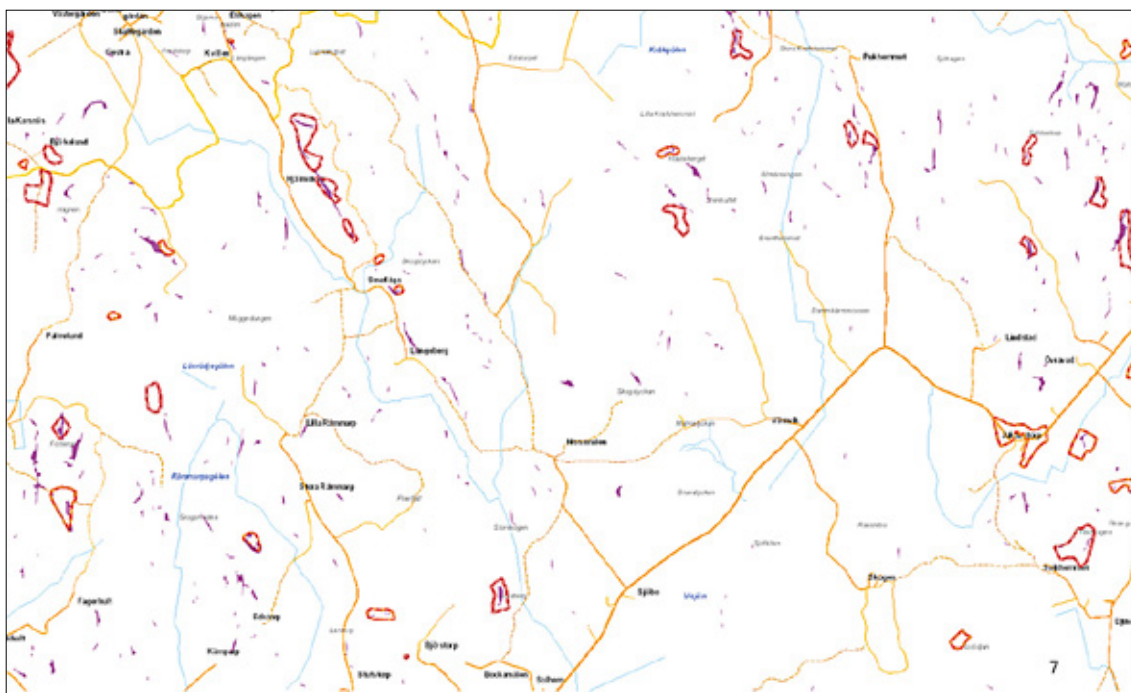
Ett sätt att gå vidare från att kartera hänsynskvantiteter med kvalitetsegenskaper kan vara att kombinera med andra datakällor. Här visas ett exempel på hur det vid en kombination av satellitbildskarterad hänsyn och markfuktighetskarta baserad på höjdmödel kan se i vilken utsträckning hänsynstagandet koncentrerats till fuktigare områden. I bilden syns de karterade hänsynsytor med röd polygon mot ortofotobakgrund och markfuktighetskarta. För att kunna använda detta i mer storskalig landskapsanalys krävs vidareutveckling av markfuktighetskarta, till exempel genom segmentering.



Figur 24. Jämförelse mellan karterad lämnad hänsyn (röda polygoner) och markfuktighetskarta.

Exempel 3 Hänsynstagande mot kända eller potentiella miljövärden

Från ett litet test (öster om Huskvarna) kommer denna bild:



Figur 25. Exempel på dataunderlag att jämföra med satellitbildskarterade lämnade hänsynsområden. Lila polygoner är branter karterade med hjälp av laserskanning, röda polygoner är Nyckelbiotoper och orange polygoner är Objekt med naturvärden.

Detta tyder på att en hel del av områdets hänsynskrävande biotoper (HB) är knutna till branter. HB klassas i tre kvalitéer: 1) Nyckelbiotop 2) Objekt med höga naturvärden 3) Övriga HB.

Genom att kombinera detta med skillnadsanalysen av faktisk lämnade hänsynsytor på avverkade ytor kan man skapa denna matris (arealandelar kända värden respektive lämnad hänsyn utav avverkningsytan):

ANDEL KÄNDA VÄRDEN				
	HÖG	PROBLEM?		BRA FALL?
	MEDEL			
	LÅG			
		LÅG	MEDEL	HÖG
		ANDEL LÄMNAD HÄNSYN		

Indelningen i andel kända värden kan eventuellt förenklas genom att göra på likartat sätt som vid stratifieringen inför utlottning av hänsynsobjekt, det vill säga NÄRA (J/N) till MILJÖ, VATTEN respektive BEBYGGELSE. Då skulle man exempelvis enkelt kunna se för de objekt som ligger nära tätort/bostadshus om andel lämnad hänsyn är Låg, Medel eller Hög.

I matrisen dels redovisa antalet avverkningar, dels deras areal, fördelade i de nio rutor. Exempelvis skulle alla utförda avverkningar under ett visst år från en viss inköpsorganisation/större markägare kunna sorteras in efter denna matris. Den skulle dels kunna användas i företagssamtal/sektordialog (och jämföra med tidigare år för samma organisation och med alla organisationer i den landsändan), dels till objektivs lärande/tillsyn. Man kan tänka sig att helikopter/bildtolkning/fältbesök riktas till objekt i den röda hörnan, och vid rådgivning, även till den/de gröna fallen (de goda exemplen).

I den objektsvisa återkopplingen (lärandet) är det lämpligt att jämföra vilken planerad hänsyn som finns redovisad i dels avverkningsanmälan, dels i traktplanen (att redovisas av inköpsföretaget).

Exempel 4 Hänsyn till sociala värden

Utifrån karteringen går det att med hjälp av GIS-operationer beräkna två värden per hygge som kan tolkas som mått på hänsynstagande till sociala värden.

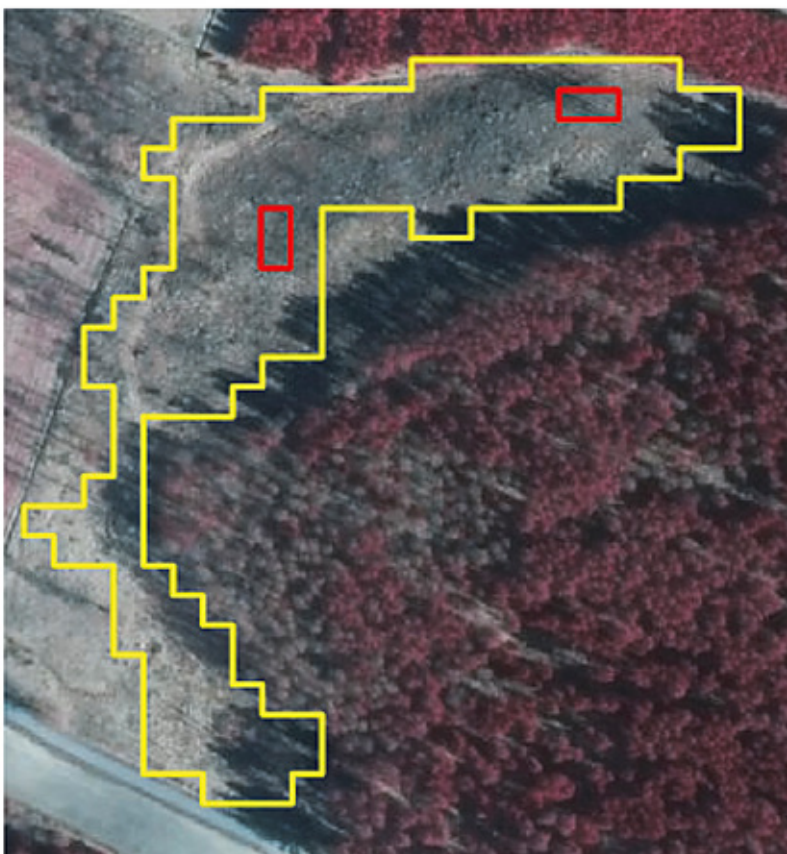
- Längsta avstånd till trädgrupp/hyggeskant. Måttet beräknas genom att först identifiera den punkt på hygget som ligger längst från trädgrupper eller hygget ytterkant. Från den punkten beräknas minsta avståndet till en trädgrupp eller hyggeskant.

Tabell 20. Redovisning av minsta avstånd till trädgrupp. Medelvärde för alla objekt per studieområde och totalt samt resultat för objekt med minsta och största avstånd

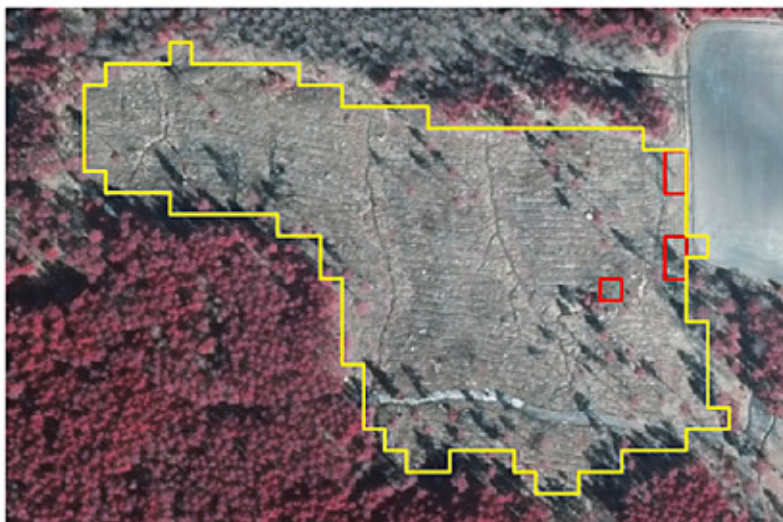
	E	W	AC	Totalt
Medel	45 m	47 m	57 m	51 m
Min	21 m	15 m	13 m	13 m
Max	101 m	139 m	146 m	146 m

- Index över hyggesutläggning. Måttet beräknas via den sammanlagda längden av hyggets och alla lämnade trädgruppers omkrets dividerat med den avverkade arealen. Måttet blir då längd hyggeskant per avverkad areal där ett högre värde indikerar mer varierad landskapsbild.

Båda måtten kan med fördel användas i landskapsanalyser gentemot tätort, större vägar eller liknande för att se om denna typ av hänsyn varierar med var i landskapet hygget är placerat.



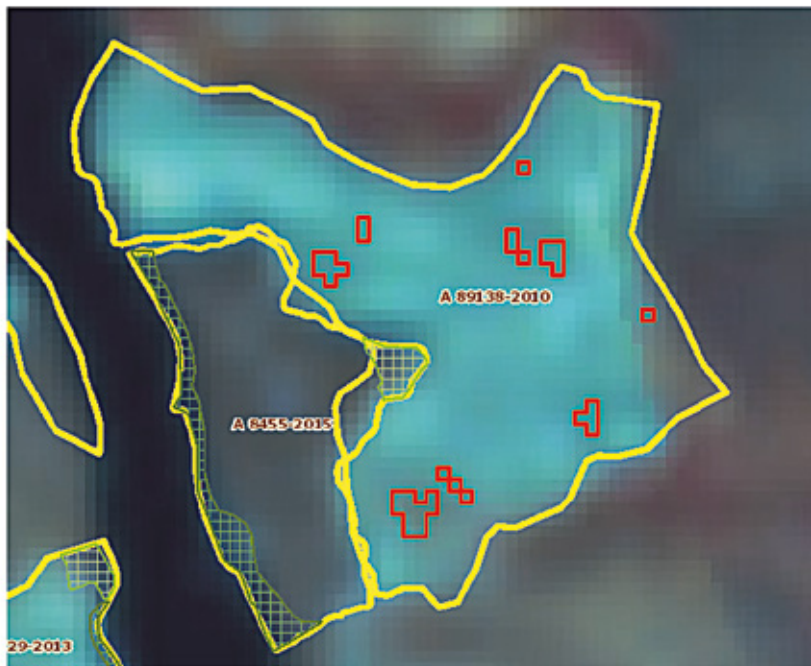
Figur 26. Objekt med 775 meter kant per avverkad ha samt maximalt 21 meter till hyggeskant eller hänsynsyta.



Figur 27. Objekt med 344 meter kant per avverkad ha samt maximalt 55 meter till hyggeskant eller hänsynsyta.

Exempel 5 Återkoppling till skogsbruket

Drygt 60 procent av antalet avverkningsanmälningar inkommer på digital väg till Skogsstyrelsen. För dessa finns förutom den yttre hyggesgränsen även de hänsynsytor som är planerade att lämnas lagrade digitalt. För dessa är det möjligt att göra en överlappsanalys mot satellitbildskarterade hänsynsytor för att avgöra i vilken utsträckning planerad hänsyn överensstämmer med lämnad hänsyn.



Figur 28. Jämförelse mellan karterad lämnad hänsyn (röda polygoner) och hänsynsområden redovisade vid avverkningsanmälan (grönrutiga polygoner).

Av Skogsstyrelsen publicerade Rapporter:

1988:1	Mallar för ståndortsbonitering; Lathund för 18 län i södra Sverige
1991:1	Tätortsnära skogsbruk
1992:3	Aktiva Natur- och Kulturvårdande åtgärder i skogsbruket
1993:7	Betespräglad äldre bondeskog – från naturvårdssynpunkt
1994:5	Historiska kartor – underlag för natur- och kulturmiljövård i skogen
1995:1	Planering av skogsbrukets hänsyn till vatten i ett avrinningsområde i Gävleborg
1995:2	SUMPSKOG – ekologi och skötsel
1996:1	Women in Forestry – What is their situation?
1996:2	Skogens kvinnor – Hur är läget?
1997:2	Naturvårdsutbildning (20 poäng) Hur gick det?
1997:5	Miljeu96 Rådgivning. Rapport från utvärdering av miljeurådgivningen
1997:6	Effekter av skogsbränsleuttag och askåterföring – en litteraturstudie
1997:7	Målgruppsanalys
1997:8	Effekter av tungmetallnedfall på skogslevande landsnäckor (with English Summary: The impact on forest land snails by atmospheric deposition of heavy metals)
1997:9	GIS-metodik för kartläggning av markförsurning – En pilotstudie i Jönköpings län
1998:1	Miljökonsekvensbeskrivning (MKB) av skogsbränsleuttag, asktillförsel och övrig näringskompensation
1998:3	Dalaskog – Pilotprojekt i landskapsanalys
1998:4	Användning av satellitdata – hitta avverkad skog och uppskatta lövröjningsbehov
1998:5	Baskatjoner och aciditet i svensk skogsmark – tillstånd och förändringar
1998:6	Övervakning av biologisk mångfald i det brukade skogslandskapet. With a summary in English: Monitoring of biodiversity in managed forests.
1998:7	Marksvampar i kalkbarrskogar och skogsbeten i Gotländska nyckelbiotoper
1999:1	Miljökonsekvensbeskrivning av Skogsstyrelsens förslag till åtgärdsprogram för kalkning och vitalisering
1999:2	Internationella konventioner och andra instrument som behandlar internationella skogsfrågor
2000:1	Samordnade åtgärder mot försurning av mark och vatten – Underlagsdokument till Nationell plan för kalkning av sjöar och vattendrag
2000:4	Skogsbruket i den lokala ekonomin
2000:5	Aska från biobränsle
2000:6	Skogsskadeinventering av bok och ek i Sydsvetige 1999
2001:1	Landmolluskfaunans ekologi i sump- och myrskogar i mellersta Norrland, med jämförelser beträffande förhållandena i södra Sverige
2001:2	Arealförluster från skogliga avrinningsområden i Västra Götaland
2001:3	The proposals for action submitted by the Intergovernmental Panel on Forests (IPF) and the Intergovernmental Forum on Forests (IFF) – in the Swedish context
2001:4	Resultat från Skogsstyrelsens ekenkät 2000
2001:5	Effekter av kalkning i utströmningsområden med kalkkross 0 - 3 mm
2001:6	Biobränslen i Söderhamn
2001:7	Entreprenörer i skogsbruket 1993–1998
2001:8A	Skogspolitisk historia
2001:8B	Skogspolitiken idag – en beskrivning av den politik och övriga faktorer som påverkar skogen och skogsbruket
2001:8C	Gröna planer
2001:8D	Föryngring av skog
2001:8E	Fornlämningar och kulturmiljöer i skogsmark
2001:8G	Framtidens skog
2001:8H	De skogliga aktörerna och skogspolitiken
2001:8I	Skogsbilvägar
2001:8J	Skogen sociala värden
2001:8K	Arbetsmarknadspolitiska åtgärder i skogen
2001:8L	Skogsvårdsorganisationens uppdragsverksamhet
2001:8M	Skogsbruk och rennärning
2001:8O	Skador på skog
2001:9	Projekterfarenheter av landskapsanalys i lokal samverkan – (LIFE 96 ENV S 367) Uthålligt skogsbruk byggt på landskapsanalys i lokal samverkan
2001:11A	Strategier för åtgärder mot markförsurning
2001:11B	Markförsurningsprocesser
2001:11C	Effekter på biologisk mångfald av markförsurning och motåtgärder
2001:11D	Urvalskriterier för bedömning av markförsurning

2001:11E	Effekter på kvävedynamiken av markförsurning och motåtgärder
2001:11F	Effekter på skogsproduktion av markförsurning och motåtgärder
2001:11G	Effekter på tungmetallers och cesiums rörlighet av markförsurning och motåtgärder
2002:1	Ekskador i Europa
2002:2	Gröna Huset, slutrapport
2002:3	Project experiences of landscape analysis with local participation – (LIFE 96 ENV S 367) Local participation in sustainable forest management based on landscape analysis
2002:4	Landskapsekologisk planering i Söderhamns kommun
2002:5	Miljöriktig vedeldning – Ett informationsprojekt i Söderhamn
2002:6	White backed woodpecker landscapes and new nature reserves
2002:7	ÄBIN Satellit
2002:8	Demonstration of Methods to monitor Sustainable Forestry, Final report Sweden
2002:9	Inventering av frötäktssbestånd av stälkek, bergesk och rödek under 2001 – Ekdöd, skötsel och naturvård
2002:10	A comparison between National Forest Programmes of some EU-member states
2002:11	Satellitbildsbaserade skattningar av skogliga variabler
2002:12	Skog & Miljö – Miljöbeskrivning av skogsmarken i Söderhamns kommun
2003:1	Övervakning av biologisk mångfald i skogen – En jämförelse av två metoder
2003:2	Fågelfaunan i olika skogsmiljöer – en studie på beståndsnivå
2003:3	Effektivare samråd mellan rennärning och skogsbruk – förbättrad dialog via ett utvecklat samrådsförfarande
2003:4	Projekt Nissadalen – En integrerad strategi för kalkning och askspridning i hela avrinningsområden
2003:5	Projekt Renbruksplan 2000–2002 Slutrapport, – ett planeringsverktyg för samebyarna
2003:6	Att mäta skogens biologiska mångfald – möjligheter och hinder för att följa upp skogspolitikens miljömål i Sverige
2003:7	Vilka botaniska naturvärden finns vid torplämningar i norra Uppland?
2003:8	Kalkgranskogar i Sverige och Norge – förslag till växtsociologisk klassificering
2003:9	Skogsägare på distans – Utvärdering av SVO:s riktade insatser för utbor
2003:10	The EU enlargement in 2004: analysis of the forestry situation and perspectives in relation to the present EU and Sweden
2004:1	Effektuppföljning skogsmarkskalkning tillväxt och trädvitalitet, 1990–2002
2004:2	Skogliga konsekvensanalyser 2003 – SKA 03
2004:3	Natur- och kulturinventeringen i Kronobergs län 1996–2001
2004:4	Naturlig föryngring av tall
2004:5	How Sweden meets the IPF requirements on nfp
2004:6	Synthesis of the model forest concept and its application to Vilhelmina model forest and Barents model forest network
2004:7	Vedlevande arters krav på substrat – sammanställning och analys av 3 600 arter
2004:8	EU-utvidgningen och skogsindustrin – En analys av skogsindustrins betydelse för de nya medlemsländernas ekonomier
2004:10	Om virkesförrådets utveckling och dess påverkan på skogsbrukets lönsamhet under perioden 1980–2002
2004:11	Naturskydd och skogligt genbevarande
2004:12	När vi skogspolitikens mångfaldsmål på artnivå? – Åtgärdsförslag för uppföljning och metodutveckling
2005:1	Access to the forests for disabled people
2005:2	Tillgång till naturen för människor med funktionshinder
2005:3	Besökarstudier i naturområden – en handbok
2005:4	Visitor studies in nature areas – a manual
2005:5	Skogshistoria år från år 1177–2005
2005:6	Vägar till ett effektivare samarbete i den privata tätortsnära skogen
2005:7	Planering för rekreation – Grön skogsbruksplan i privatägd tätortsnära skog
2005:8a-8c	Report from Proceedings of ForestSAT 2005 in Borås May 31 – June 3
2005:9	Sammanställning av stormskador på skog i Sverige under de senaste 210 åren
2005:10	Frivilliga avsättningar – en del i Miljökvalitetsmålet Levande skogar
2005:11	Skogliga sektorsmål – förutsättningar och bakgrundsmaterial
2005:12	Målbilder för det skogliga sektorsmålet – hur går det med bevarandet av biologisk mångfald?
2005:13	Ekonomiska konsekvenser av de skogliga sektorsmålen
2005:14	Tio skogsägares erfarenheter av stormen
2005:15	Uppföljning av skador på fornlämningar och övriga kulturlämningar i skog
2005:16	Mykorrhizasvampar i örtrika granskogar – en metodstudie för att hitta värdefulla miljöer
2005:17	Forskningsseminarium skogsbruk – rennärning 11–12 augusti 2004

2005:18	Klassning av renbete med hjälp av ståndortsboniteringens vegetationstypsindelning
2005:19	Jämförelse av produktionspotential mellan tall, gran och björk på samma ståndort
2006:1	Kalkning och askspridning på skogsmark – redovisning av arealer som ingått i Skogsstyrelsens försöksverksamhet 1989–2003
2006:2	Satellitbildsanalys av skogsbilvägar över våtmarker
2006:3	Myllrande Våtmarker – Förslag till nationell uppföljning av delmålet om byggande av skogsbilvägar över värdefulla våtmarker
2006:4	Granbarkborren – en scenarioanalys för 2006–2009
2006:5	Överensstämmelse anmält och verkligt GROTT-uttag?
2006:6	Klimathotet och skogens biologiska mångfald
2006:7	Arenor för hållbart brukande av landskapets alla värden – begreppet Model Forest som ett exempel
2006:8	Analys av riskfaktorer efter stormen Gudrun
2006:9	Stormskadad skog – föryngring, skador och skötsel
2006:10	Miljökonsekvenser för vattenkvalitet, Underlagsrapport inom projektet Stormanalys
2006:11	Miljökonsekvenser för biologisk mångfald – Underlagsrapport inom projekt Stormanalys
2006:12	Ekonomiska och sociala konsekvenser i skogsbruket av stormen Gudrun
2006:13	Hur drabbades enskilda skogsägare av stormen Gudrun – Resultat av en enkätundersökning
2006:14	Riskhantering i skogsbruket
2006:15	Granbarkborrens utnyttjande av vindfällan under första sommaren efter stormen Gudrun – (The spruce bark beetle in wind-felled trees in the first summer following the storm Gudrun)
2006:16	Skogliga sektorsmål i ett internationellt sammanhang
2006:17	Skogen och ekosystemansatsen i Sverige
2006:18	Strategi för hantering av skogliga naturvärden i Norrtälje kommun ("Norrtäljeprojektet")
2006:19	Kantzonens ekologiska roll i skogliga vattendrag – en litteraturoversikt
2006:20	Ägoslag i skogen – Förslag till indelning, begrepp och definitioner för skogsrelaterade ägoslag
2006:21	Regional produktionsanalys – Konsekvenser av olika miljöambitioner i länen Dalarna och Gävleborg
2006:22	Regional skoglig Produktionsanalys – Konsekvenser av olika skötselregimer
2006:23	Biomassaflöden i svensk skogsnäring 2004
2006:24	Trädbränslestatistik i Sverige – en förstudie
2006:25	Tillväxtstudie på Skogsstyrelsens obsoyter
2006:26	Regional produktionsanalys – Uppskattning av tillgängligt trädbränsle i Dalarnas och Gävleborgs län
2006:27	Referenshågn som ett verktyg i vilt- och skogsförvaltning
2007:1	Utvärdering av ÄBIN
2007:2	Trädslagets betydelse för markens syra-basstatus – resultat från Ståndortskarteringen
2007:3	Älg- och rådjursstammarnas kostnader och värden
2007:4	Virkesbalanser för år 2004
2007:5	Life Forests for water – summary from the final seminar in Lycksele 22–24 August 2006
2007:6	Rensskador i plant- och ungskog – en litteraturoversikt och analys av en taxeringsmetod
2007:7	Övervakning och klassificering av skogsvattendrag i enlighet med EU:s ramdirektiv för vatten – exempel från Emån och Öreälven
2007:8	Svenskt skogsbruk möter klimatförändringar
2007:9	Uppföljning av skador på fornlämningar i skogsmark
2007:10	Utgör kvävegödsling av skog en risk för Östersjön? Slutsatser från ett seminarium anordnat av Baltic Sea 2020 i samarbete med Skogsstyrelsen
2008:1	Arenas for Sustainable Use of All Values in the Landscape – the Model Forest concept as an example
2008:2	Samhällsekonomisk konsekvensanalys av skogsmarks- och ytvattenkalkning
2008:3	Mercury Loading from forest to surface waters: The effects of forest harvest and liming
2008:4	The impact of liming on ectomycorrhizal fungal communities in coniferous forests in Southern Sweden
2008:5	Långtidseffekter av kalkning på skogsmarkens kol- och kväveförråd
2008:6	Underlag för en nationell strategi för skötsel och skydd av sumpskogar
2008:7	Regionala analyser om kontinuitetsskogar och hyggesfritt skogsbruk
2008:8	Frötakt och frötaktso mråden av gran och tall i Sverige
2008:9	Vägledning vid skogsmarkskalkning
2008:10	Områden som skogsmarkskalkats inom Skogsstyrelsens försöksverksamhet 2005–2007
2008:11	Inventering av ädellövplanteringar på stormhyggen från 1999 i Skåne
2008:12	Aluminiumhalter i skogsbäckar och variationen med avrinningsområdenas egenskaper
2008:13	Åtgärder för ett uthålligt brukande av skogsmarken – resultat från studier finansierade inom Movib
2008:14	Användningen av växtskyddsmedel inom skogsbruket
2008:15	Skogsmarkskalkning
2008:16	Skogsmarkskalkningens effekter på kemin i mark, grundvatten och ytvatten i SKOKAL-områdena 16 år efter behandling

2008:18	Effekter av skogsbruk på rennärningen – en litteraturstudie
2008:19	Hyggesfritt skogsbruk i ädellövskog – En litteratursammanställning
2008:20	Kontinuitetsskogar och hyggesfritt skogsbruk i ädellövskogar - slutrapport för delprojekt Ädellöv
2008:21	Skoglig kontinuitet och historiska kartor – en metodstudie för bokskog
2008:22	Kontinuitetsskogar och Kontinuitetsskogsbruk – Slutrapport för delprojekt Skötsel – hyggesfritt skogsbruk
2008:23	Naturkultur – Utvecklingen i försöksserien de 10 första åren
2008:24	Jämförelse av ekonomi och produktion mellan trakthyggesbruk och blädning i skiktad granskog – analyser på beståndsnivå baserade på simulering
2008:25	Skogliga konsekvensanalyser 2008 – SKA–VB 08
2009:1	Åtgärdsplanering i reglerade vattendrag – arbetsgång och åtgärdsförslag i övre Ångermanälven
2009:2	Skog & Historia i Uppland – Gröna Jobb 2004–2008
2009:3	Utvärdering av metoder för kvantifiering av epifytiska hänglavar
2009:4	Kartläggning och Identifiering av kontinuitetsskog
2009:5	Skogsproduktion i stormområdet: Ett underlag för Skogsstyrelsens strategi för uthållig skogsproduktion
2009:6	Ekonomisk beskrivning av konsekvenser i samband med ledningsintrång i skogsmark
2009:7	Avverkning av nyckelbiotoper och objekt med höga naturvärden – en GIS-analys och inventeringsdata från Polytax
2009:8	Produktionsanalys i Gävleborgs län
2009:9	Skogsstyrelsens erfarenheter kring samarbetsnätverk i landskapet
2010:1	Föryngra – Vårda – Skydda – Underlag för Skogsstyrelsens strategi för hållbar skogsproduktion
2010:2	Effektiv rådgivning – Slutrapport
2010:3	Markägarenkäten. Skogsstyrelsens delrapport för undersökningarna om processen för formellt skydd 2005–2008
2010:4	Landskapsansats för bevarande av skoglig biologisk mångfald – en uppföljning av 1997 års regionala bristanalys, och om behovet av samverkan mellan aktörer
2010:5	Översyn av Skogsstyrelsens virkesmätningsföreskrifter – Analys och förslag
2010:6	Polytax 5/7 återväxttaxering: Resultat från 1999–2008
2010:7	Behöver omvandlingstalen mellan m ³ f ub och m ³ sk revideras? – En förstudie
2010:8	Åtgärdsprogram för bevarande av vitryggig hackspett och dess livsmiljöer 2005–2009 – Slutrapport
2010:9	Störningskänslighet hos lavar i barrskogar
2011:1	Polytax 5/7 återväxttaxering: Resultat från 1999–2009
2011:2	Inte klar
2011:3	Möjligheter att förbättra målpuppfyllelse vad gäller miljöhänsyn vid förnygringsavverkning: Rapport efter en analys och rådgivande prioritering av åtgärder
2011:4	Fastighetsavtal – vidareutveckling av modell till flygfärdig produkt, Slutrapport
2011:5	Nedre Ångermanälven och Faxälven – förslag till miljöförbättrande åtgärder
2011:6	Upprättade renbruksplaner – 2005–2010
2011:7	Kontinuitetsskogar och hyggesfritt skogsbruk – Slutrapport för delprojekt naturvärden
2011:8	Utredningsrapport – Långsiktig plan för Skogsstyrelsens inventeringar och uppföljningar
2012:1	Kommunikationsstrategi för Renbruksplan
2012:2	Förstudierapport, dialog och samverkan mellan skogsbruk och rennärning
2012:3	Hänsyn till kulturmiljöer – resultat från P3 2008–2011
2012:4	Kalibrering för samsyn över myndighetsgränserna avseende olika former av dikningsåtgärder i skogsmark
2012:5	Skogsbrukets frivilliga avsättningar
2012:6	Långsiktiga effekter på vattenkemi, öringbestånd och bottenfauna efter ask- och kalkbehandling i hela avrinningsområden i brukad skogsmark – utvärdering 13 år efter åtgärder mot förurning
2012:7	Nationella skogliga produktionsmål – Uppföljning av 2005 års sektorsmål
2012:8	Kommunikationsstrategi för Renbruksplan – Är det en fungerande modell för samebyarna vid samråd?
2012:9	Ökade risker för skador på skog och åtgärder för att minska riskerna
2012:10	Hänsynsuppföljning – grunder
2012:11	Virkesproduktion och inväxning i skiktad skog efter höggallring
2012:12	Tillståndet för skogsgenetiska resurser i Sverige. Rapport till FAO
2013:1	Återväxtstöd efter stormen Gudrun
2013:2	Förändringar i återväxtkvalitet, val av förnygringsmetoder och trädslagsanvändning mellan 1999 och 2012
2013:3	Hänsyn till forn- och kulturlämningar – Resultat från Kulturpolytaxen 2012
2013:4	Hänsynsuppföljning – underlag inför detaljerad kravspecifikation, En delleverans från Dialog om miljöhänsyn

2013:5	Målbilder för god miljöhänsyn – En delleverans från Dialog om miljöhänsyn
2014:1	Effekter av kvävegödsling på skogsmark – Kunskapssammanställning utförd av SLU på begäran av Skogsstyrelsen
2014:2	Renbruksplan – från tanke till verklighet
2014:3	Användning och betydelsen av RenGIS i samrådsprocessen med andra markanvändare
2014:4	Hänsynen till forn- och kulturlämningar – Resultat från Hänsynsuppföljning Kulturmiljöer 2013
2014:5	Förstudie – systemtillsyn och systemdialog
2014:6	Renbruksplankoncept – ett redskap för samhällsplanering
2014:7	Förstudie – Artskydd i skogen – Slutrapport
2015:1	Miljöövervakning på Obsytorna 1984–2013 – Beskrivning, resultat, utvärdering och framtid
2015:2	Skogsmarksgödsling med kväve - Kunskapssammanställning inför Skogsstyrelsens översyn av föreskrifter och allmänna råd om kvävegödsling
2015:3	Vegetativt förökat skogsodlingsmaterial
2015:4	Global framtida efterfrågan på och möjligt utbud av virkesråvara

Av Skogsstyrelsen publicerade Meddelanden:

1991:2	Vägplan -90
1991:5	Ekologiska effekter av skogsbränsleuttag
1995:2	Gallringsundersökning 92
1995:3	Kontrolltaxering av nyckelbiotoper
1996:1	Skogsstyrelsens anslag för tillämpad skogsproduktionsforskning
1997:1	Naturskydd och naturhänsyn i skogen
1997:2	Skogsvårdsorganisationens årskonferens 1996
1998:1	Skogsvårdsorganisationens Utvärdering av Skogspolitiken
1998:2	Skogliga aktörer och den nya skogspolitiken
1998:3	Föryngringsavverkning och skogsbilvägar
1998:4	Miljöhänsyn vid föryngringsavverkning – Delresultat från Polytax
1998:5	Beståndsanläggning
1998:6	Naturskydd och miljöarbete
1998:7	Röjningsundersökning 1997
1998:8	Gallringsundersökning 1997
1998:9	Skadebilden beträffande fasta fornlämningar och övriga kulturmiljövärden
1998:10	Produktionskonsekvenser av den nya skogspolitiken
1998:11	SMILE – Uppföljning av sumpskogsskötsel
1998:12	Sköter vi ädellövskogen? – Ett projekt inom SMILE
1998:13	Riksdagens skogspolitiska intentioner. Om mål som uppdrag till en myndighet
1998:14	Swedish forest policy in an international perspective. (Utfört av FAO)
1998:15	Produktion eller miljö. (En mediaundersökning utförd av Göteborgs universitet)
1998:16	De trädbevuxna impedimentens betydelse som livsmiljöer för skogslevande växt- och djurarter
1998:17	Verksamhet inom Skogsvårdsorganisationen som kan utnyttjas i den nationella miljöövervakning
1998:19	Skogsvårdsorganisationens årskonferens 1998
1999:1	Nyckelbiotopsinventeringen 1993–1998. Slutrapport
1999:3	Sveriges sumpskogar. Resultat av sumpskogsinventeringen 1990–1998
2001:1	Skogsvårdsorganisationens Årskonferens 2000
2001:2	Rekommendationer vid uttag av skogsbränsle och kompensationsgödsling
2001:3	Kontrollinventering av nyckelbiotoper år 2000
2001:4	Åtgärder mot markförorening och för ett uthålligt brukande av skogsmarken
2001:5	Miljöövervakning av Biologisk mångfald i Nyckelbiotoper
2001:6	Utvärdering av samråden 1998 Skogsbruk – rennäring
2002:1	Skogsvårdsorganisationens utvärdering av skogspolitikens effekter – SUS 2001
2002:2	Skog för naturvårdsändamål – uppföljning av områdesskydd, frivilliga avsättningar, samt miljöhänsyn vid föryngringsavverkning
2002:4	Action plan to counteract soil acidification and to promote sustainable use of forestland
2002:6	Skogsmarksgödsling – effekter på skogshushållning, ekonomi, sysselsättning och miljö
2003:1	Skogsvårdsorganisationens Årskonferens 2002
2003:2	Konsekvenser av ett förbud mot perimettrinbehandling av skogsplantor
2004:1	Kontinuitetsskogar – en förstudie
2004:2	Landskapsekologiska kärnområden – LEKO, Redovisning av ett projekt 1999–2003
2004:3	Skogens sociala värden
2004:4	Inventering av nyckelbiotoper – Resultat 2003
2006:1	Stormen 2005 – en skoglig analys
2007:1	Övervakning av insektsangrepp – Slutrapport från Skogsstyrelsens regeringsuppdrag

2007:2	Kvävegödsling av skogsmark
2007:3	Skogsstyrelsens inventering av nyckelbiotoper – Resultat till och med 2006
2007:4	Fördjupad utvärdering av Levande skogar
2007:5	Hållbart nyttjande av skog
2008:1	Kontinuitetsskogar och hyggesfritt skogsbruk
2008:2	Rekommendationer vid uttag av avverkningsrester och askåterföring
2008:3	Skogsbrukets frivilliga avsättningar
2008:4	Rundvirkes- och skogsbränslebalanser för år 2007 – SKA-VB 08
2009:1	Dikesrensningens regelverk
2009:2	Viltanpassad Skogsskötsel – Skogliga åtgärder för att minska skador
2009:3	Ny metod och nya definitioner i uppföljningen av frivilliga avsättningar
2009:4	Stubbskörd – kunskapssammanställning och Skogsstyrelsens rekommendationer
2009:5	Vidareutveckling av pågående viltskadeinventeringar
2009:6	En märkbar förändring i skogsägarnas vardag – Projekt Skogsägarnas myndighetskontakter
2009:7	Regler om användning av främmande trädslag
2010:1	Vattenförvaltningen i skogen
2010:2	Nationell tillämpning av FLEGT – Forest Law Enforcement, Governance and Trade
2011:1	Rillsyn enl 9 kap miljöbalken av verksamhet på mark som omfattas av skogsvårdslagen
2011:2	Skogs- och miljöpolitiska mål – brister, orsaker och förslag på åtgärder
2011:3	Skogliga inventeringsmetoder i en kunskapsbaserad älgförvaltning
2011:4	Uppdrag om nationella bestämmelser som kompletterar EU:s timmerförordning samt om revidering av virkesmätningslagstiftningen
2011:5	Uppföljning av hänsyn till rennärningen
2011:6	Översyn av föreskrifter och allmänna råd för 30 paragrafen SvL – Del 1
2011:7	Hjortdjurens inverkan på tillväxt av produktionsträd och rekrytering av betesbegärliga trädslag – problembeskrivning, orsaker och förslag till åtgärder
2012:1	Förslag på regelförenklingar i skogsvårdslagstiftningen
2012:2	Uppdrag om nationella bestämmelser som kompletterar EU:s timmerförordning
2012:3	Beredskap vid skador på skog
2013:1	Dialog och samverkan mellan skogsbruk och rennärning
2013:2	Uppdrag om förslag till ny lagstiftning om virkesmätning
2013:3	Adaptiv skogsskötsel
2013:4	Ask och askskottsjukan i Sverige
2013:5	Förstudie om ett nationellt skogsprogram för Sverige – Förslag och ställningstaganden
2013:6	Förstudie om ett nationellt skogsprogram för Sverige – omvärldsanalys
2013:7	Ökad jämställdhet bland skogsägare
2013:8	Naturvårdsavtal för områden med sociala värden
2013:9	Skogens sociala värden – en kunskapssammanställning
2014:1	Översyn av föreskrifter och allmänna råd till 30 § SvL – Del 2
2014:2	Skogslandskapets vatten – en lägesbeskrivning av arbetet med styrmedel och åtgärder
2015:1	Förenkling i skogsvårdslagstiftningen – Redovisning av regeringsuppdrag

Beställning av Rapporter och Meddelanden

Skogsstyrelsen,
Böcker och Broschyrer
551 83 JÖNKÖPING
Telefon: 036 – 35 93 40
växel 036 – 35 93 00
fax 036 – 19 06 22
e-post: bocker@skogsstyrelsen.se
www.skogsstyrelsen.se/bocker

I Skogsstyrelsens Meddelande-serie publiceras redogörelser, utredningar med mera av officiell karaktär.

Innehållet överensstämmer med myndighetens policy.

I Skogsstyrelsens Rapport-serie publiceras redogörelser och utredningar med mera för vars innehåll författaren/författarna själva ansvarar.

Skogsstyrelsen publicerar dessutom fortlöpande: Foldrar, broschyrer, böcker med mera inom skilda skogliga ämnesområden. Skogsstyrelsen är också utgivare av tidningen SkogsEko.

I detta projekt har uppdraget varit att ta fram en satellitbildsbaserad metod för att kartera lämnad hänsynsmark vid föryngringsavverkning. Syftet har varit att finna en objektiv och kostnadseffektiv metod som kan användas i ett landskapsperspektiv. Projektet är delfinansierat av Rymdstyrelsen och arbetet har genomförts av Skogsstyrelsen i samarbete med Metria AB.

I rapporten redovisas en framtagen metod för att kartera trädgrupper omgivna av kalmark samt trädgrupper som utgör en kantzon mellan kalmark och vatten. Analys av metoden visar att den i flertalet fall är likvärdig med metoder som bygger på fältinventering, flygbildstolkning eller laserskanning. I rapporten redovisas också flera exempel på tillämpning av metoden för såväl Skogsstyrelsen som andra användare.