

ARBETSRAPPORT 1140-2022

# Digitaliserad naturvårdsuppföljning

Modellutveckling och utvärdering

Johan J. Möller, John Arlinger, Line Djupström, Ingemar Eriksson, Björn Hannrup & Kari Hyll



Två av de hänsynsåtgärder som lämnas vid normal avverkning och som kan följas upp med hjälp av digitala datakällor: kojruin och trädgrupp

# Innehåll

<b>Innehåll</b> .....	<b>2</b>
<b>Förord</b> .....	<b>3</b>
<b>Summary</b> .....	<b>4</b>
<b>Sammanfattning</b> .....	<b>5</b>
<b>Bakgrund</b> .....	<b>6</b>
<b>Syfte, projekt mål och avgränsningar</b> .....	<b>6</b>
<b>Material och metoder</b> .....	<b>8</b>
Modell för uppföljning av hänsynsåtgärder .....	8
Utvärdering av den utvecklade modellen .....	17
<b>Resultat och diskussion</b> .....	<b>21</b>
Stamkodsregistrering – förarnas upplevelser .....	21
Mjukvaruimplementering av modellen och körbarhet .....	21
Arealbestämning .....	21
Kvarlämnat trädantal för större trädgrupper .....	24
Kvarlämnat trädantal per avverkningsobjekt .....	25
<b>Utvecklingsbehov</b> .....	<b>28</b>
<b>Referenser</b> .....	<b>29</b>
<b>Bilaga 1. Beskrivning av arealberäkningsalgoritmen</b> .....	<b>31</b>
<b>Bilaga 2. Förslag på hantering av stamkoder</b> .....	<b>39</b>



Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala  
skogforsk@skogforsk.se  
skogforsk.se

---

Kvalitetsgranskning (Intern peer review) har genomförts 5 december 2022 av Mia Iwarsson Wide, Programchef. Därefter har Magnus Thor, Forskningschef, granskat och godkänt publikationen för publicering den 15 december 2022.

Redaktör: Mats Hannerz Mats Hannerz, mats.hannerz@silvinformation.se  
©Skogforsk 2022 ISSN 1404-305X

# Förord

Denna rapport är utarbetad inom ramen för projektet “Digitaliserad naturvårdsuppföljning”. Projektet har finansierats av Stiftelsen Skogssällskapet, Mistra Digital Forest Task 1.3 samt av medel från Skogforsks ramprogram.

Avrapportering från projektet sker via två delstudier. I en första delstudie (Hannrup m.fl. 2020) skedde urval av de natur- och kulturhänsynsåtgärder som ska vara uppföljningsbara i ett system för digitaliserad naturvårdsuppföljning. Urvalet utfördes i samarbete med representanter från tre skogsföretag och inkluderade också utarbetande av definitioner för de nyckeltal som ska användas i systemet för att på aggregerad nivå beskriva utförda natur- och kulturhänsynsåtgärder.

Den föreliggande delstudien syftar till att utveckla en modell som möjliggör uppföljning av natur- och kulturhänsynsåtgärder baserat på digitala datakällor. Vidare att utvärdera den framtagna modellen utifrån manuella referensmätningar.

Under projektets utvärderingsfas gjordes mätningar på avverkade objekt hos värdföretagen. Följande personer var kontaktpersoner inför dessa mätningar: Per Nordahl (Billerud), Magnus Bohm och Robert Johansson (Holmen) samt Markus Näsman och Andreas Kjellman (SCA).

En viktig del av projektet var att testa registreringen av stamkoder i skördarna. Dessa tester gjordes av Niklas Elander (Kents Skogsavverkningar) och Jonas Walberg (SCA).

Arbetet i projektet har varit organiserat med en referens- och en arbetsgrupp. Referensgruppen har haft följande sammansättning: Anna Cabrajic (SCA), Jens Brorsson (Billerud), Staffan Mattsson (Skogssällskapet) och Olof Norgren (Holmen).

Studieupplägg, kontakter med värdföretag, programmeringsinsatser samt analys av data har utförts av en arbetsgrupp bestående av Line Djupström, Björn Hannrup, Kari Hyll och Johan J. Möller, samtliga Skogforsk, samt av John Arlinger (JdaForest) och Ingemar Eriksson (Forbis).

Ett stort Tack till samtliga som bidragit till studiens genomförande!

Uppsala 2022

Johan J Möller (projektledare)

# Summary

Nature and culture conservation measures are important elements in planning and performing virtually all forestry activities. Measures are normally followed up based on a limited sample (Djupström et al., 2019) and often with a delay in relation to the time of implementation. A switch to using existing digital information for follow up has potential to broaden and accelerate follow up and documentation of most of the conservation measures implemented in thinning and final felling.

Together with host companies, Skogforsk recently defined performance indicators that could be generated in a system for conservation follow up based on digital information (Hannrup et al., 2020). In this study, subsequent developments are described in order to: *i*) develop a model that enables follow up of the more common conservation measures in felling: high stumps, stumps in cultural environments, retention trees (including trees with high natural values and trees left to develop natural values), smaller and larger clumps of trees, such as edge zones and habitats requiring conservation, *ii*) build the model into software, and *iii*) assess the model on the basis of manual reference measurements.

Input data to the model developed in the study comprises production data from harvesters and registered stem codes, harvest plans including geometries for the planned measures and where the planned conservation is classified according to type, and geodata, including basic forest attribute data and information from the national road database (NVDB).

The calculation steps in the model are based on two main algorithm stages and a subsequent summary stage. The initial algorithm stage includes area calculation and delimitation of the conservation measures with a spatial distribution. In the second algorithm stage, the number of remaining trees is estimated, including volumes. In the concluding summary stage, descriptive performance indicators are generated at harvest site level. In this stage, the regulatory framework for the FSC standard (Anon. 2020) is also incorporated, to enable presentation of performance indicators in relation to the forestry certification systems.

The model was assessed using manual reference measurements from 13 final-felling sites in five areas, from Östergötland in southern Sweden to Ångermanland in the north. In the reference measurements, the coordinates of felled and retained forest areas were recorded, and the number of remaining trees. For analysis using the model, necessary input data was collected, i.e. harvest plans, hpr-files with stem code registration, data from the national road database, and basic forest attribute data.

Comparison of the results generated by the model and the manual reference measurements showed that the algorithm for area estimated both larger felled areas and small remaining areas with high precision. However, there was a slight tendency for the algorithm to overestimate the felled area. The model was shown to estimate the number of remaining trees per hectare with negligible systematic deviation and high precision. For example, on sites where the actual number of remaining trees is 10 per hectare, the model is expected to estimate the number of trees per hectare to be within the interval 8.3-11.7 trees.

The model developed in the study has been shown to have potential to improve efficiency in follow up of conservation in forestry. For this potential to be realised, the model should be developed further, and an example of such a refinement is given in the report.

# Sammanfattning

Natur- och kulturhansynsåtgärder är viktiga inslag vid planering och genomförande av i stort sett alla åtgärder i skogsbruket. Uppföljning av åtgärderna görs vanligen på ett begränsat stickprov (Djupström m.fl. 2019) och ofta med en stor tidsfördröjning i förhållande till tidpunkten för genomförandet. En övergång till uppföljning baserat på befintlig digital information har potential att bredda och snabba på uppföljning och dokumentation av merparten av de hansynsåtgärder som utförs vid gallring och slutavverkning.

Skogforsk har nyligen tillsammans med värd företag definierat nyckeltal som bör vara möjliga att generera i ett system för hansynsuppföljning baserat på digital information (Hannrup m.fl. 2020). I den här avrapporterade studien beskrivs efterföljande insatser i syfte att: *i*) utveckla en modell som möjliggör uppföljning av de vanligare hansynsåtgärderna vid avverkning: högstubbar, kulturstubbar vid kulturmiljöer, evighetsträd (inkluderar naturvärdes- och utvecklingsträd), mindre trädgrupper samt större trädgrupper, till exempel kantzoner och hansynskrävande biotoper, *ii*) bygga in modellen i programvara samt *iii*) utvärdera modellen utifrån manuella referensmätningar.

Indata till modellen som utvecklades i studien utgörs av produktionsdata från skördare med registrerade stamkoder, objekt direktiv med geometrier för de planerade åtgärderna och där den planerade hansynen klassificerats utifrån hansynstyp samt geodata inkluderande skogliga grunddata och information från den nationella vägdatatabasen (NVDB). Modellens beräkningssteg är uppbyggt av två huvudalgoritmer och ett efterföljande summeringssteg. I den inledande algoritmen utförs arealberäkning och avgränsning av de hansynsåtgärder som har areell utbredning. I den efterföljande algoritmen skattas antalet kvarlämnade träd, inklusive volymer. I det avslutande summeringssteget genereras beskrivande nyckeltal på objektsnivå. I detta steg implementerades även regelverket för FSC-standarden (Anon. 2020) för att möjliggöra redovisning av nyckeltal gentemot de skogliga certifieringssystemen.

Modellen utvärderades genom manuella referensmätningar på 13 avverkningsobjekt belägna inom fem områden från Östergötland till Ångermanland. Vid referensmätningarna registrerades koordinaterna för avverkade och lämnade ytor samt antalet lämnade träd. För analys med hjälp av den utvecklade modellen insamlades nödvändiga indata, det vill säga objekt direktiv från avverkningsplaneringen, hpr-filer med stamkodsregistrering, samt data från den nationella vägdatatabasen och skogliga grunddata.

Jämförelse av resultaten från modellen och de manuella referensmätningarna visade att den utvecklade algoritmen för arealbestämning skattade såväl större avverkade ytor och mindre lämnade ytor med hög precision. En svag tendens fanns dock att algoritmen överskattade den avverkade arealen. Jämförelsen gav vidare stöd för att modellen har förmåga att skatta antal kvarlämnade träd per hektar med försumbar systematisk avvikelse och hög precision. Exempelvis kan modellen förväntas skatta antalet kvarlämnade träd per hektar inom intervallet 8,3 till 11,7 träd för objekt där det sanna antalet kvarlämnade träd är 10 träd per hektar.

Sammanfattningsvis ger studien starkt stöd för att den utvecklade modellen har potential att effektivisera hansynsuppföljningen i skogsbruket. För att detta ska realiseras är det viktigt att efterföljande utvecklingsinsatser tar vid. Ett förslag på sådana insatser ges i rapporten.

# Bakgrund

Natur- och kulturhänsynsåtgärder är viktiga inslag vid planering och genomförande av i stort sett alla åtgärder i skogsbruket. Uppföljning av åtgärderna görs vanligen på ett begränsat stickprov (Djupström m.fl. 2019) och ofta långt efter genomförandet av åtgärden. Under de senaste åren har det skett en standardisering av skogliga registerdata och en systematisk uppbyggnad av företagsvisa databaser med detaljerad information om samtliga avvertrade träd (Arlinger m.fl. 2018). Denna utveckling öppnar möjligheter att, baserat på befintlig digital information, bredda och snabba upp uppföljning och dokumentation av merparten av de hänsynsåtgärder som utförs vid gallring och slutavverkning.

Inriktning och omfattning av skogliga natur- och kulturhänsynsåtgärder styrs av företagsvisa mål, av krav i skogsvårdslagen och inom de certifieringssystem som används samt av de målbilder för god miljöhänsyn vid avverkning som gemensamt formulerats inom skogssektorn (Skogsstyrelsen 2016). De åtgärder som är vanligast vid avverkning kan beskrivas i termer av: 1) åtgärder vid hänsynskrävande biotoper, inklusive vatten/våtmarker och 2) lämnade av trädgrupper, evighetsträd (inkluderar naturvärdes-/utvecklingsträd) och döda träd samt skapande av kultur- och högstubbar. I ett uppföljningsperspektiv leder den första typen av åtgärd till hänsynsobjekt med areell utbredning medan den senare skapar objekt med punktliknande karaktär.

En förstudie har nyligen genomförts i syfte att utveckla en modell för att dokumentera hänsynsåtgärder av den senare typen (Möller & Weslien 2018). Modellen bygger på att åtgärderna registreras i skördarnas produktionsdata med hjälp av så kallade stamkoder, vilka följer med i den fortsatta digitala kedjan. För kultur- och högstubbar registreras stamkoder då de egentliga träden avverkas medan registreringen för evighetsträd, döda träd och mindre trädgrupper sker då intilliggande träd avverkas. Slutsatsen från förstudien är att modellen har potential att effektivisera uppföljningen men för att nå praktisk implementering är det angeläget att modellen utvecklas vidare och följs upp med manuella referensmätningar i fält.

Genom att väva samman information från skördare med digitala objekt direktiv och registerdata bör det vara möjligt att utveckla en modell som möjliggör registrering och uppföljning av åtgärder som skapar hänsynsobjekt med areell utbredning. Kan denna ansats visa sig vara framgångsrik öppnar det upp för att ersätta en stor del av dagens manuella naturvårdsuppföljning med en automatiserad uppföljning baserad på befintliga datakällor. De potentiella nyttorna av en sådan övergång kan sammanfattas i form av: *i)* omedelbar återkoppling av utfört arbete till skördarförare och planeringsansvariga, *ii)* automatiserad uppdatering/redovisning av åtgärder i skogsbruksplan/register, *iii)* motsvarande redovisning inom ramen för certifieringssystemen, samt *iv)* möjlighet att följa trender över tid.

## Syfte, projektmål och avgränsningar

Det övergripande syftet med projektet ”Digitaliserad naturvårdsuppföljning” var att utveckla en modell för uppföljning och dokumentation av natur- och kulturhänsynsåtgärder baserad på digitala datakällor.

Projektet har varit uppbyggt av två delstudier där inledande insatser för att välja ut och definiera ingående hänsynsåtgärder avrapporterats separat (Hannrup m. fl 2020). Den nu avrapporterade delstudien har haft följande delmål:

- Att utveckla en modell som baserat på digital information möjliggör dokumentation av de natur- och kulturhänsynsåtgärder som ska vara uppföljningsbara i systemet.
- Att bygga in modellen i programvara som visualiserar genomförda natur- och kulturhänsynsåtgärder samt exporterar resultaten i standardiserat dataformat.
- Att på ett tiotal avverkade objekt göra manuell inventering av utförda natur- och kulturhänsynsåtgärder samt jämföra resultatet med motsvarande resultat från den utvecklade modellen.

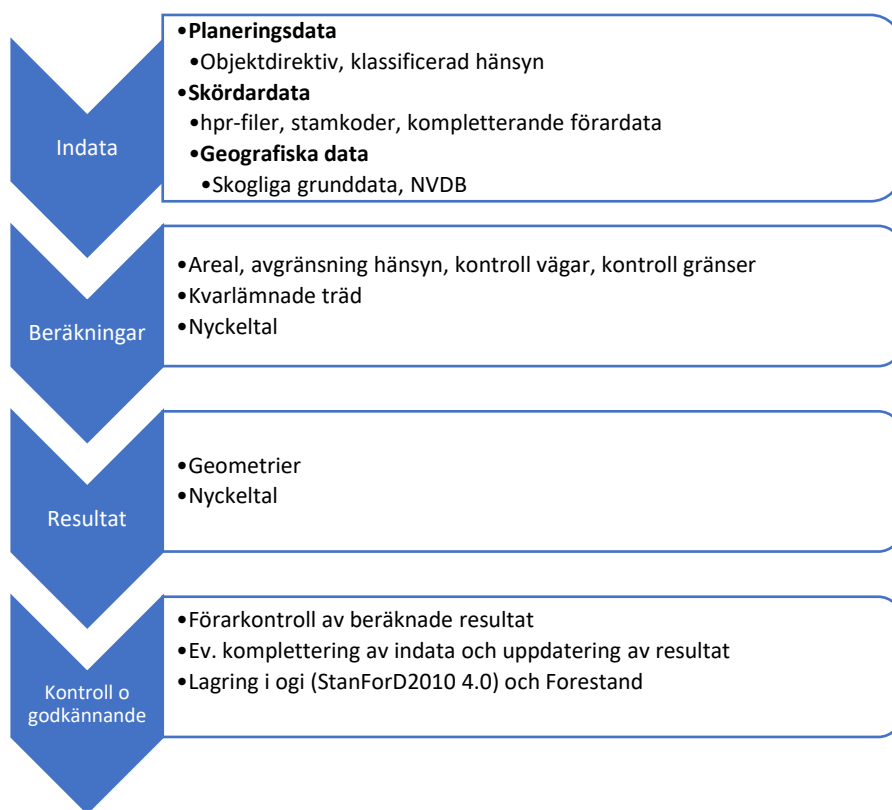


Figur 1. Illustration av de hänsynsåtgärder som kan följas upp med hjälp av modellen som utvecklades i projektet: högstubbar, kulturstubbar vid kulturmiljöer, evighetsträd, mindre trädgrupper samt större trädgrupper.

# Material och metoder

## Modell för uppföljning av hänsynsåtgärder

I projektet utvecklades en modell för uppföljning av de vanligare hänsynsåtgärderna vid avverkning: högstubbar, kulturstubbar vid kulturmiljöer, evighetsträd (inkluderar naturvärdes- och utvecklingsträd), mindre trädgrupper samt större trädgrupper, till exempel kantzoner och hänsynskrävande biotoper (figur 1). Modellen baseras på digitala datakällor och dess principiella arbetssätt kan illustreras i figur 2.



Figur 2. Principiellt arbetssätt för modellen som utvecklades i projektet för uppföljning av natur- och kulturhänsynsåtgärder vid avverkning.

Indata till modellen utgörs av produktionsdata från skördare med registrerade stamkoder, objektdirektiv med geometrier för de planerade åtgärderna och där den planerade hänsynen klassificerats (se vidare nedan) samt geodata inkluderande skogliga grunddata och information från den nationella vägdatabasen (NVDB).

Modellens beräkningssteg är uppbyggda av två huvudalgoritmer och ett efterföljande summeringssteg. I den inledande algoritmen utförs arealberäkning och avgränsning av de hänsynsåtgärder som har areell utbredning. I den efterföljande algoritmen skattas antalet kvarlämnade träd, inklusive volymer. I studien utvärderades två alternativa ansatser för skattning av antalet kvarlämnade träd. En första ansats baserades på produktionsdata från tidigare avverkade objekt och imputering med skogliga grunddata som bärardata. En andra ansats utgick från relationen inom objekt mellan de kvarlämnade ytorna och den avverkade ytan och där relationen upprättades med skogliga grunddata som grund. I det avslutande summeringssteget genereras beskrivande nyckeltal på objektsnivå. I detta steg



implementerades även regelverket för FSC-standard (Anon. 2020) för att möjliggöra redovisning av nyckeltal gentemot de skogliga certifieringssystemen.

En central del av modellens arbetssätt är att möjliggöra en löpande återkoppling av resultaten till skördarförare. Modellen medger att föraren kompletterar och justerar resultaten från modellen och lämnar godkännande av resultaten då objekt avslutas. Det slutliga resultatet kan därefter exporteras vidare i standardiserat format till mottagande system. Informationen kan användas för central uppföljning, inläsning i skogsbruksplan/skogligt register eller redovisning mot de skogliga certifieringssystemen.

De olika delarna i modellen beskrivs närmare nedan.

## Indata

Produktionsdata från skördare utgör den primära datakällan till den utvecklade modellen för uppföljning av hänsynsåtgärder. Dessa data innehåller koordinatsatt information om samtliga avverade träd. Informationen lagras i så kallade hpr-filer (harvester production) i ett format som följer standarden för skoglig datakommunikation, StanFord2010 (Arlinger & Möller 2020).

Centralt för modellens funktion är användande av stamkoder. Stamkoder är ett nytt element i skördarnas produktionsrapportering och innebär att skördarförarna registrerar olika åtgärder enligt en fördefinierad lista. Registreringen sker med hjälp av knapparna på styrsapakarna (figur 3). Registreringen innebär ett visst merarbete för förarna och som en separat del av projektet har två förarens upplevelser av stamkodsregistrering utvärderats.



Figur 3. Illustration av förarnas registrering av stamkoder.

Inom ramen för projektet avgränsades en uppsättning av åtgärder som registrerades med hjälp av stamkoder (tabell 1). Stamkodsregistrering är ett mycket användbart verktyg för registrering av flera andra åtgärder och under projektiden har användandet av stamkoder i det praktiska skogsbruket tagit fart. För att vidmakthålla en likformig hantering av stamkoder över företagsgränserna är det angeläget att de behov som uppstår i takt med ett ökat användande kan fångas inom ramen för StanForD2010-standarden. I bilaga 2 ges en översikt över nu gällande förslag på hur stamkoder ska hanteras i det svenska skogsbruket samt tillkommande funktioner kring stamkodsregistreringen i den senaste versionen av StanFord2010-standarden (version 4.0).

Tabell 1. Lista över de stamkoder som användes i projektet.

KOD	STAMKOD	KOMMENTAR
1	Högstubbe	Registrering sker då trädet avverkas
2	Kulturstubbe	Registrering sker då trädet avverkas
3	Evighetsträd	Inkluderar naturvärdes- och utvecklingsträd. Registrering sker då <i>intilliggande</i> träd avverkas
4	Trädgrupp	Registrering sker då <i>intilliggande</i> träd avverkas. En registrering från föraren innebär att 5 träd ingår i gruppen, 2 registreringar 10 träd osv. Alternativt kan en registrering motsvara 10 träd, 2 registreringar 20 träd osv.
5	Plockhuggning	
6	Överfart	

För högstubbar och kulturstubbar sker registrering när tillhörande stamdel upparbetas. För evighetsträd och mindre trädgrupper sker registrering när ett intilliggande träd avverkas. För mindre trädgrupper används en företagsspecifik översättningsnyckel som översätter en stamkodsregistrering till ett visst antal lämnade träd i trädgruppen. I projektet använde ett av företagen en nyckel som innebar att en stamkodsregistrering motsvarade 5 lämnade träd, två registreringar 10 träd och så vidare. Två av företagen använde en nyckel som innebar att en stamkodsregistrering motsvarade 10 lämnade träd, två registreringar 20 träd och så vidare.

Information från objekt direktiv upprättade vid avverkningsplaneringen utgör en annan viktig indata-källa till modellen. Informationen som utnyttjas är geometrier för den planerade hänsynen och den planerade avverkningsplaneringen. Centralt för efterföljande arealberäkning är att geometrin för en bruttopolygon inkluderas, vilken beskriver yttergränser för den yta som nyckeltal ska beräknas för. Bruttopolygonen inkluderar ytan som ska avverkas, områden som ska lämnas *inom* ytan som ska avverkas samt angränsande områden som ska lämnas och som ligger *utanför* ytan som ska avverkas.

För att den utvecklade modellen ska kunna fungera fullt ut krävs att den planerade hänsynen som redovisas i objektdirektiven är klassificerad utifrån en tregradig skala: hänsynskrävande biotop, kantzon eller övrig hänsyn. Denna klassificering kopplar till ett kriterium i den senaste versionen av FSC-standarden (Anon. 2020). Detta kriterium anger att vid förnygringsavverkning ska i genomsnitt minst 10 levande träd lämnas per hektar. Vidare finns i standarden ett regelverk som reglerar vilka träd som får inräknas beroende på läge i landet, avverkningsplanens storlek och typ av hänsyn. Till exempel får träd lämnade i kantzoner och på hänsynskrävande biotoper enbart inräknas för mindre avverkningsplaner, medan lämnade träd i kantzoner och på hänsynskrävande biotoper inte får medräknas på större avverkningsplaner. För att möjliggöra en modellbaserad automatiserad beräkning av antalet lämnade träd i överensstämmelse med regelverket i FSC-standarden är det alltså nödvändigt att informationen om den planerade hänsynen innehåller information om hänsynstyp.

Som indata till modellen används utöver skördardata och planeringsdata även geografiska data i form av skogliga grunddata och data från den nationella vägdatan innehållande information om det statliga och enskilda vägnätet (Trafikverket 2022). Skogliga grunddata är digitala kartor upprättade utifrån sambearbetning av data från Lantmäteriets nationella laserskanning och Riksskogstaxeringens nät av fasta provytor (Skogsstyrelsen 2022). Kartorna innehåller information om grundyta, volym, samt grundtyevägd diameter och höjd. Informationen har en upplösning på 12,5 x 12,5 meter.

### Algoritm för arealbestämning

I projektet utvecklades en ny algoritm för arealbestämning. I jämförelse med den rutnätsbaserade arealalgoritmen som använts tidigare, och som byggts in i ett flertal skogliga tillämpningar (Bhuiyan m.fl. 2016), bidrar den nya algoritmen med en mer verklighetstrogen visuell återgivning av gränser för avverkade och lämnade ytor samt med förmåga att hantera fall då delar av ett objekt avverkats med skördaren positionerad på väg eller på intilliggande hygge. Den tidigare algoritmen var ursprungligen framtagen för användning i skördare. Den nyttjade enbart skördardata samt var utvecklad för att vara resurssnål med avseende på minnesanvändning och beräkningskraft. Den nya algoritmen är framtagen för användning i servermiljö; utnyttjar mer indata, har högre minnesanvändning och kräver mer beräkningskraft.



Figur 4. Karta över ett avverkningsobjekt där röda punkter symboliserar avverkningspositioner, det vill säga basmaskinens position vid upparbetning av stammarna. Avverkningspositioner belägna på väg eller intilliggande hygge (gröna ellipser) identifieras med hjälp av data från den nationella vägdatan respektive skogliga grunddata och exkluderas vid bestämningen av den avverkade ytans utbredning.

Produktionsfiler från skördare, innehållande avverkningspositioner för samtliga avverkade träd, är den primära indatakällan till den nya algoritmen för arealbestämning. I dagens skördare är GNSS-mottagaren monterad på förarhytten, vilket innebär att det är koordinaterna för skördarens uppställningsplats som registreras då respektive träd avverkas. Trädens verkliga position (exklusive eventuella mätfel från positioneringsutrustningen) kan därmed avvika från det registrerade med ett maximalt avstånd motsvarande kranens räckvidd (cirka 12 meter). I dagsläget finns i Sverige ett fåtal skördare försedda med mer avancerad positioneringsutrustning som medger en noggrann bestämning av de enskilda trädens position (Hannrup & Möller 2022). Algoritmen är anpassad för den förra typen av data men kan succesivt förfinas i takt med att den senare typen av data blir mer allmänt tillgänglig.

Nedan beskrivs algoritmens huvudsteg. I bilaga 1 återfinns en mer detaljerad beskrivning av dess uppbyggnad.

1. Inläsning av avverkningspositioner från skördarnas produktionsfiler (hpr-filer).
2. Uppdelning av utspridda områden av ett objekt i sammanhållna delar baserat på avverkningspositionerna.
3. Utläggning av ett finmaskigt rutnät (1x1 m) över de sammanhållna delarna. Avverkningspositionerna placeras in i rutnätets celler och till varje cell knyts information från den nationella vägdatatabasen och skogliga grunddata.
4. I en iterativ process klassificeras celler med avseende på om de utgör en del av den avverkade ytan eller inte. I en första iteration anses celler innehållande avverkningspositioner och angränsande celler inom ett gränsvärde på sex meter tillhöra den avverkade ytan. Gränsvärdet ökas därefter successivt, upp till ett maxvärde på 12 meter, efter att objektets yttre gränslinjer etablerats. Vid klassificeringen nyttjas den kopplade informationen från den nationella vägdatatabasen och skogliga grunddata. Detta innebär till exempel att celler med avverkningspositioner belägna på en väg, eller celler med avverkningspositioner belägna i ett angränsande bestånd som baserat på skogliga grunddata klassificerats som kraftigt avvikande, inte anses ingå i den avverkade ytan (figur 4).
5. Baserat på information från klassificeringen av cellerna i rutnätet identifieras och avgränsas större lämnade trädgrupper med en yta överstigande 400 m<sup>2</sup>. För mindre trädgrupper (<400 m<sup>2</sup>) används skördarförarens stamkodsregistreringar för trädgrupp som grund för identifiering och avgränsning. Vid positionerna där stamkoderna är registrerade skapar algoritmen en cirkelformad yta där varje träd representerar en yta på 20 m<sup>2</sup>. Till exempel innebär en stamkodsregistrering för trädgrupp motsvarande 10 träd att en yta med arealen 200 m<sup>2</sup> skapas.
6. Som en integrerad del av algoritmen sker en segmentering av den avverkade ytan, ytor som är direkt angränsande till den avverkade samt lämnade ytor inom avverkningsytan. Indelningen i segment baseras på höjd- och volyminformation från skogliga grunddata. Höjd- och volyminformationen från respektive segment används i efterföljande beräkning av kvarlämnat trädantal. I detta steg sker också en sambearbetning av objektsdirektivens geometrier för den planerade, klassificerade hänsynen. Detta innebär att större lämnade trädgrupper som identifierats och avgränsats av arealalgoritmen och som har ytmässig överlappning med den planerade hänsynen tilldelas typ av hänsyn (hänsynskrävande biotop, kantzon eller övrig hänsyn) utifrån klassificeringen i objektsdirektivet. Denna information är nödvändig för efterföljande beräkning av antalet lämnade träd i överrensställelse med regelverket i FSC-standarderna.
7. Resultaten från modellen utgörs av geometrier för avverkade ytor, ytor som är direkt angränsande till den avverkade samt lämnade ytor inom avverkningsytan. Geometrierna lagras som vektordata. Till varje geometri kopplas en identitet samt information från segmenteringen. Ett exempel på beräknade geometrier för ett objekts avverkade ytor och större lämnade trädgrupper återfinns i figur 5.



Figur 5. Exempel på geometrier genererade från arealberäkningsalgoritmen för ett objekt. I figuren indikeras avverkade ytor och större lämnade trädgrupper med grön respektive lila färg.

## Algoritmer för bestämning av kvarlämnat trädantal

I studien utvärderades två olika ansatser för att bestämma antalet kvarlämnade träd i större trädgrupper. Den första ansatsen baserades på den metodik som nyligen utvecklats för framtagning av utbytesprognoser och benämns imputering (Möller m.fl. 2017, Söderberg m.fl. 2021). Den andra ansatsen baserades på relationen mellan skoglig grunddata-information för de kvarlämnade ytorna och motsvarande information för den avverkade ytan. De två algoritmerna beskrivs närmare nedan.

### Algoritm 1-Imputering

Metodik som användes i den första algoritmen bygger på att bärardata, i vårt fall skogliga grunddata, finns tillgängliga över områden som ska prognostiseras, det vill säga områden där information om de kvarlämnade träden ska skattas. Därutöver krävs tillgång på bärardata för områden som avverkats tidigare och där produktionsdata från skördare finns lagrade. Vid beräkningarna jämförs bärardata för tidigare avverkade områden med bärardata för områden som ska prognostiseras. Skördardata från de tidigare avverkade områden vars bärardata visar störst överensstämmelse med bärardata från områden som ska prognostiseras används därefter för att generera skattningar av information om de kvarlämnade träden. Processen där information om ytorna som ska prognostiseras genereras från data från tidigare avverkade områden benämns imputering.

I studien var algoritmen uppbyggd av följande huvudsteg.

1. I studien hämtades data över tidigare avverkade objekt från Skogforsks nationella databas med produktionsdata från skördare (Arlinger m.fl. 2018). I ett första steg gjordes ett bruttourval av ett större antal tidigare avverkade områden som geografiskt låg närmast området som skulle prognostiseras. I bruttourvalet inkluderades såväl gallringar som slutavverkningar.
2. Skogliga grunddata från de två nationella laserskanningarna användes som bärardata. I studien gjordes ansträngningar för att tidsmässigt skriva fram bärardata för områdena som skulle prognostiseras så att de i största möjliga mån återspeglade det aktuella skogstillståndet. På samma sätt gjordes framskrivning av bärardata för de tidigare avverkade områdena så att de så väl som möjligt återspeglade skogstillståndet vid tidpunkten för avverkning.
3. Skogliga grunddata för områdena som skulle prognostiseras jämfördes med skogliga grunddata för de tidigare avverkade områden som inkluderats i bruttourvalet. Jämförelser gjordes med avseende på den samlade likheten för de tre variablerna volym, grundytvägd höjd och grundytvägd diameter. Den samlade likheten för dessa tre variabler kvantifierades med hjälp av Mahalanobis distance (Mahalanobis 1936). Detta är ett mått som beskriver avståndet mellan olika punkter i en multivariat fördelning med hänsyn till skala och samvariation, det vill säga måttet tar hänsyn till såväl de ingående variablernas varianser som deras kovarianser med övriga ingående variabler.
4. I ett avslutande steg imputerades skördardata från de fem tidigare avverkade områden vars skogliga grunddata visade störst samlad likhet med skogliga grunddata för området som skulle prognostiseras. Imputeringen skedde i en iterativ process där en stamlista skapades för området som skulle prognostiseras. Stamlistan skapades genom att stegvis inkludera stammar slumpade från skördardata för de fem utvalda områdena. Stammar inkluderades fram tills att stammarnas summerade volym var lika stor som det prognostiserade områdets summerade volym utifrån skogliga grunddata. Antalet kvarlämnade stammar med brösthöjdsdiameter över 15 cm skattades slutligen genom att räkna antalet stammar i denna kategori utifrån stamlistan.

### Algoritm 2 - kvotskattning från skogliga grunddata

Den andra algoritmen baserades på information om relationen mellan skoglig grunddata-information för de kvarlämnade ytorna och motsvarande information för den avverkade ytan.

Stamantalet per hektar för kvarlämnade ytor kan teoretiskt beräknas genom att utgå från:

- i) Relationen mellan stamantal per hektar för den kvarlämnade ytan och stamantal per hektar för den avverkade ytan.
- ii) Stamantal per hektar för den avverkade ytan.

I ekvationsform kan sambandet uttryckas enligt följande

$$[1] \quad n_{\text{lämnat}_{15\text{ ha}}} = k * n_{\text{avverkat}_{15\text{ ha}}} = \frac{n_{\text{lämnat}_{15\text{ ha}}}}{n_{\text{avverkat}_{15\text{ ha}}}} * n_{\text{avverkat}_{15\text{ ha}}}$$

där  $n_{\text{lämnat}_{15\text{ ha}}}$  är antalet kvarlämnade träd per hektar med brösthöjdsdiameter över 15 cm,  $k$  är kvoten mellan antalet kvarlämnade träd per hektar med brösthöjdsdiameter över 15 cm och antalet avverkade träd per hektar med brösthöjdsdiameter över 15 cm ( $n_{\text{avverkat}_{15\text{ ha}}}$ ).

I ett system för digitaliserad naturvårdsuppföljning finns inte direkt information tillgänglig om värdet på  $k$ . I stället får indirekt information användas och i studien skattades  $k$ -värdet från skogliga grunddata enligt följande

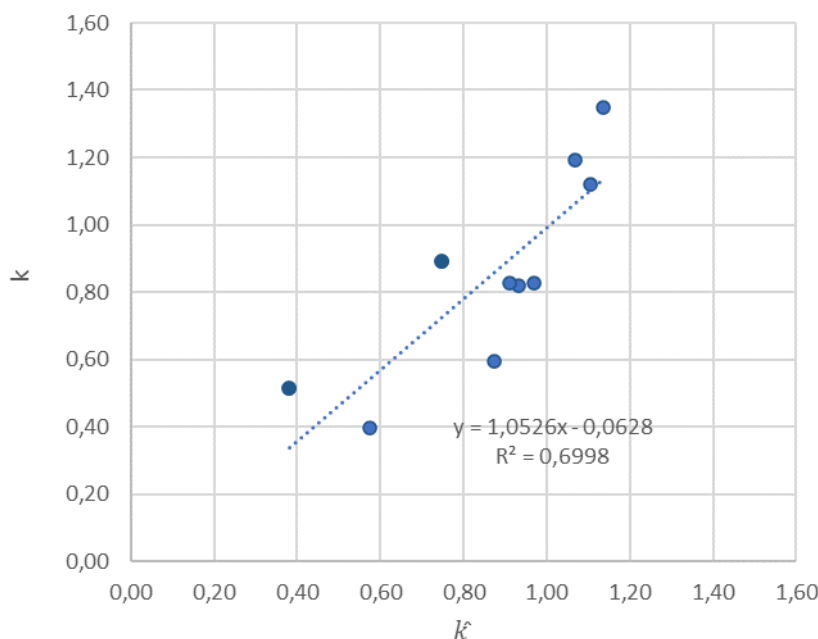
$$[2] \quad \hat{k} = SG\_vol_{lämnat} / SG\_vol_{avverkat}$$

där  $SG\_vol_{lämnat}$  är volymen för den kvarlämnade ytan enligt skogliga grunddata och  $SG\_vol_{avverkat}$  är volymen för den avverkade ytan enligt skogliga grunddata.

I studien undersöktes sambandet mellan  $k$  och  $\hat{k}$  för 10 större lämnade ytor från sex avverkningsobjekt. Värderna för  $k$  genererades från den manuella referensmätningen (se separat avsnitt) av  $n_{lämnat\_15\_ha}$  medan data för  $n_{avverkat\_15\_ha}$  hämtades från skördarnas produktionsfiler från den intilliggande avverkade ytan. För  $\hat{k}$  genererades värdena genom att hämta in skogliga grunddata för polygoner motsvarande de lämnade ytorna och de intilliggande avverkade ytorna.

För de 10 ytorna fanns det ett starkt linjärt samband mellan  $\hat{k}$  och  $k$  (figur 6). Detta samband användes i algoritmen för skattning av antalet kvarlämnade träd per hektar med brösthöjdsdiameter över 15 cm enligt följande ekvation

$$[3] \quad \hat{n}_{lämnat\_15\_ha} = (-0,0628 + 1,0526 * \hat{k}) * n_{avverkat\_15\_ha}$$

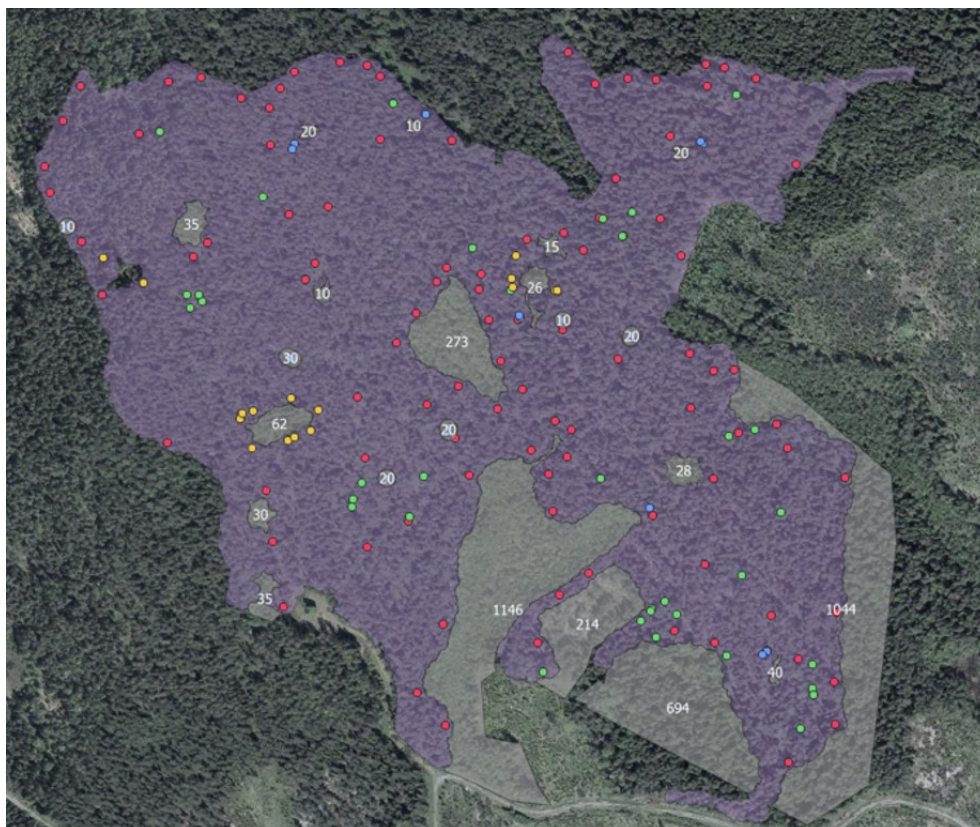


Figur 6. Sambandet mellan den sökta kvoten  $k$  och dess skattning  $\hat{k}$  där  $k$  är kvoten mellan antalet kvarlämnade träd per hektar med brösthöjdsdiameter över 15 cm och antalet avverkade träd per hektar med brösthöjdsdiameter över 15 cm och  $\hat{k}$  är kvoten mellan volymen för den kvarlämnade ytan enligt skogliga grunddata och volymen för den avverkade ytan enligt skogliga grunddata.

### Resultat från modellen

I ett efterföljande steg summeras resultaten från modellens två huvudalgoritmer. Därigenom kan rapporter skapas och nyckeltal genereras som ger beskrivande information på objektsnivå. I figur 7 ges exempel på en detaljerad GIS-rapport genererad

från modellen. För samtliga geometrier inkluderade i kartbilden finns information om beräknad area, skattat antal lämnade träd med brösthöjdsdiameter över 15 cm, hänsynstyp samt andel som medräknas vid nyckeltalsberäkningen för det aktuella objektet (tabell 2). Andelen som medräknas är ett uttryck för det aktuella objektets andel av den lämnade hänsynen och en reducerad andel ( $< 1,0$ ) används för lämnad hänsyn som är angränsande eller delvis innesluten av den avverkade ytan. Andelen beräknas med hjälp av "tårtbitsprincipen", det vill säga den medräknade andelen är proportionell mot hur stor andel av det lämnade områdets omkrets som gränsar mot den avverkade ytan (Hannrup m.fl. 2020).



Figur 7. Exempel på GIS-rapport från den utvecklade modellen för ett objekt. Färgade cirklar symboliserar högstubbar (rött), kulturstubbar (gult), evighetsträd (grönt) och mindre trädgrupper (blått). Grå ytor indikerar lämnade områden där vita siffror anger modellens skattning av antalet lämnade träd med brösthöjdsdiameter över 15 cm.



Tabell 2. Information kopplad till geometrier avgränsade med algoritmen för arealbestämning.

ID	AREA (HA)	ANTAL TRÄD (DBH>15 CM)	ANDEL MEDRÄKNAS	HÄNSYNSTYP
1	0,030	15	1,0	Övrig hänsyn
2	0,066	26	1,0	Övrig hänsyn
3	0,143	62	1,0	Övrig hänsyn
4	2,402	1146	0,73	Hänsynskrävande biotop
5	0,613	214	0,74	Hänsynskrävande biotop

I tabell 3 redovisas exempel på nyckeltal som ger beskrivande information på objektsnivå. För tre av nyckeltalen: antal högstubbar och levande träd per hektar samt ej hyggesbruten areal, finns kravnivåer inom FSC-standarden (Anon. 2020). Det senare nyckeltalet har en koppling till arealen sammanhängande kalmark och enligt regelverket får avståndet från en enskild punkt på den avverkade ytan till närmaste hyggesbrytande objekt inte överstiga 70 meter.

Tabell 3. Exempel på nyckeltal på objektsnivå genererade från den utvecklade modellen.

NYCKELTAL	VÄRDE
Avverkat (area)	31,4 ha
Övrig hänsyn (area)	0,7 ha
Hänsynskrävande biotop (area)	6,9 ha
Högstubbar (antal per hektar)	3,1 st
Evighetsträd (antal per hektar)	1,1
Levande träd med dbh > 15 cm (antal per hektar)	11,1 st
Ej hyggesbruten area (area)	0,8 ha

## Utvärdering av den utvecklade modellen

Under projekttiden har det inte varit möjligt att direkt utvärdera samtliga komponenter i den utvecklade modellen. Utvärderingen har strukturerats och avgränsats utifrån följande resonemang:

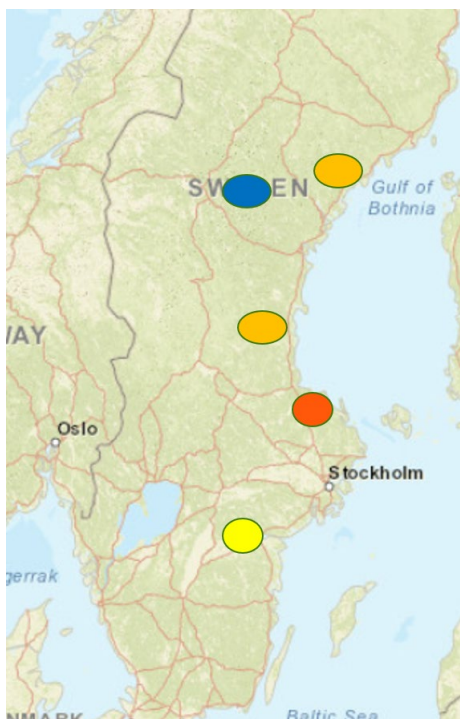
- Stamkodsregistrering. En inledande, central del av projektarbetet var att kommunicera vikten av att stamkodsregistrering implementeras i skördarnas styrsystem. Under projekttiden har samtliga maskintillverkare/tillverkare av styrsystem möjliggjort en stamkodsregistrering som följer StanForD standarden. I studien har utvärderingen avgränsats till att följa upp förarnas upplevelser av stamkodsregistrering när det gäller teknisk funktionalitet och påverkan på arbetsbelastningen.

- Mjukvaruimplementering av modellen och körbarhet. Den utvecklade modellen har implementerats i Skogforsks databasmiljö baserad på programmering i Java och SQL-server. I studien har utvärdering skett av den implementerade modellens körbarhet på data från 13 avverkningsobjekt beskrivna nedan.
- Resultat från modellen kan indelas i fyra kategorier vilka används direkt eller indirekt för nyckeltalsberäkning; *i*) area för avverkade och lämnade ytor, *ii*) antal lämnade träd för större trädgrupper, *iii*) antal lämnade träd för större och mindre trädgrupper och *iv*) punktformig hänsyn registrerad med stamkoder, det vill säga hög- och kulturstubbar samt evighetsträd.

I studien har utvärderingen varit avgränsad till att omfatta resultat för de tre förstnämnda kategorierna. Utvärdering av noggrannheten i förarnas registrering av punktformig hänsyn har inte genomförts. Detta eftersom stödsystem för registreringen inte varit tillgängliga under projektiden, det vill säga system som möjliggör att förarna kan se sina registreringar, enskilt och summerat på objektnivå, i skördarnas kartprogram.

### Datainsamling och manuela referensmätningar

I syfte att generera ett referensmaterial för utvärderingen baserat på manuela mätningar samlades data in från totalt 13 avverkningsobjekt belägna inom fem områden (figur 8). 12 av objekten var belägna på värdforetagens mark medan ett objekt låg på mark tillhörande en privat skogsägare. Objektens storlek varierade mellan tre och 30 hektar. Avverkningen utfördes av fem olika skördarlag med skördare från tre olika maskintillverkare (tabell 4).



Figur 8. Manuela referensmätningar utfördes på 13 objekt belägna inom fem områden. Två av objekten låg på mark tillhörande en privat skogsägare (gult) medan återstående objekt tillhörde värdforetagen; Billerud (rött), Holmen (orange) och SCA (blått).

Samtliga manuella referensmätningar på de 13 objekten gjordes efter avverkning. Följande mätningar/registreringar genomfördes:

- Registrering av koordinaterna för den avverkade ytans yttergränser med hjälp av en handburen GNSS-mottagare (figur 9).
- Registrering av koordinaterna för yttergränserna för lämnade områden med hjälp av handburen GNSS-mottagare. Lämnade områden inkluderade mindre och större trädgrupper, kantzoner, hänsynskrävande biotoper samt kulturmiljöer som avgränsats med kulturstubbar. De lämnade områden som mättes in var belägna inom den avverkade ytan eller i direkt angränsning till den avverkade ytan.
- Räkning av antalet lämnade träd med brösthöjdsdiameter över 15 cm för de lämnade områdena.
- Kontroll av förarnas registreringar av högstubbar, kulturstubbar, evighetsträd och mindre trädgrupper utifrån data från hpr-filerna. I de fall sådana objekt inte registrerats i hpr-filerna gjordes kompletterande manuell registrering av objektens koordinater.

Tabell 4. Identitet, läge, fabrikat på avverkande skördare, värdföretag samt areal för de objekt som referensmättes manuellt i studien.

OBJEKT	ID	OMRÅDE	SKÖRDARE	VÄRDFÖRETAG	AREAL (HA)
Olarsbo	O1	Uppland	Komatsu	Billerud	30,1
Rödhäll	O2	Uppland	Komatsu	Billerud	13,8
Lönnö Kolbotten	O3	Uppland	Komatsu	Billerud	15,5
Lönnösjön	O4	Uppland	Komatsu	Billerud	10,0
Stormyran	O5	Ångermanland	John Deere	Holmen	7,4
Rödbagarmyran	O6	Hälsingland	Komatsu	Holmen	3,4
Gammelhusåsen	O7	Hälsingland	Komatsu	Holmen	9,8
Gammelvalsbacken	O8	Hälsingland	Komatsu	Holmen	22,2
Gretastorpet	O9	Hälsingland	Komatsu	Holmen	5,5
Strandåker Södra	O10	Jämtland	Rottne	SCA	6,7
Strandåker Norra	O11	Jämtland	Rottne	SCA	18,8
Täcksjövikén	O12	Jämtland	Rottne	SCA	3,0
Råby	O13	Östergötland	Rottne	Privat	2,8



Figur 9. Manuell referensmätning av geometrier för lämnade och avverkade ytor med hjälp av handburen GNSS-mottagare.

De 13 avverkningsobjekten analyserades med den utvecklade modellen. För detta ändamål insamlades de nödvändiga indata till modellen, det vill säga objekt direktiv från avverkningsplaneringen, hpr-filer med stamkodsregistrering, samt data från den nationella vägdatan och skogliga grunddata.

# Resultat och diskussion

## Stamkodsregistrering – förarnas upplevelser

Skördarförarnas registreringar av stamkoder var knutna till knapparna på styrspakarna. Utformningen av registreringen varierade något mellan maskintillverkare men gjordes vanligen med två knapptryckningar, där förarna med en första knapptryckning synliggjorde en lista över stamkoderna och med en andra knapptryckning valde vilken stamkod som skulle registreras.

Förarnas upplevelser av registrering kan sammanfattas enligt följande:

- Tekniken för registrering fungerade mycket bra.
- Det krävdes en viss igångkörningsperiod innan det blev en vana att registrera.
- När man väl ”kommit igång” flöt registreringen på och medförde en marginellt ökad belastning.
- Det är mycket viktigt att kunna få direkt återkoppling om registreringen via det normalt använda kartprogrammet. Viktigt att också kunna tillföra kompletterande registreringar när man missat att registrera. Detta gällde såväl enskilda registreringar som uppföljning på objektsnivå.

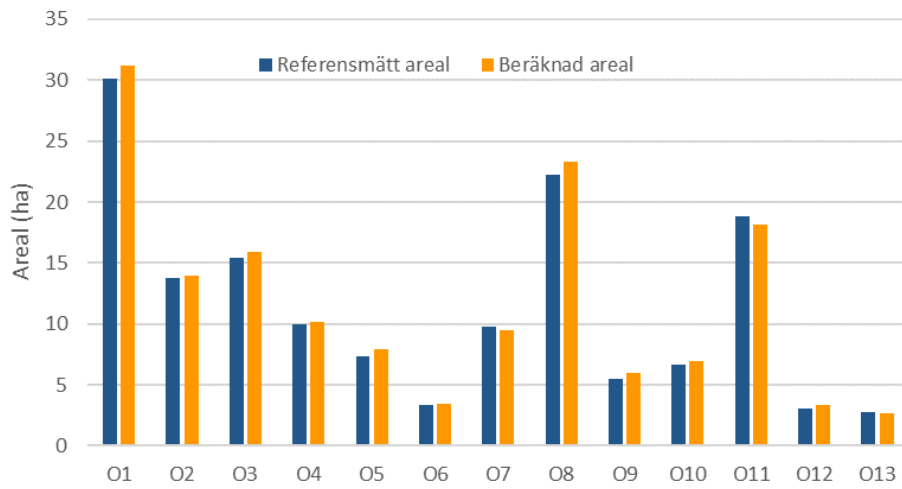
## Mjukvaruimplementering av modellen och körbarhet

Samtliga delar av modellen implementerades i Skogforsks databasmiljö så att modellen kunde köras helt automatiskt. Undantaget utgjordes av inläsningen av geometrierna för den planerade hänsynen i objektdirektiven. Dessa geometrier fick ritas in manuellt med hjälp av ett kartverktyg. För att modellen ska kunna köras helt fristående framöver är det viktigt att informationen i objektdirektiven lagras i ett standardiserat dataformat. Sådana möjligheter finns inom ramen för den kommande versionen av StanForD standarden (version 4.0).

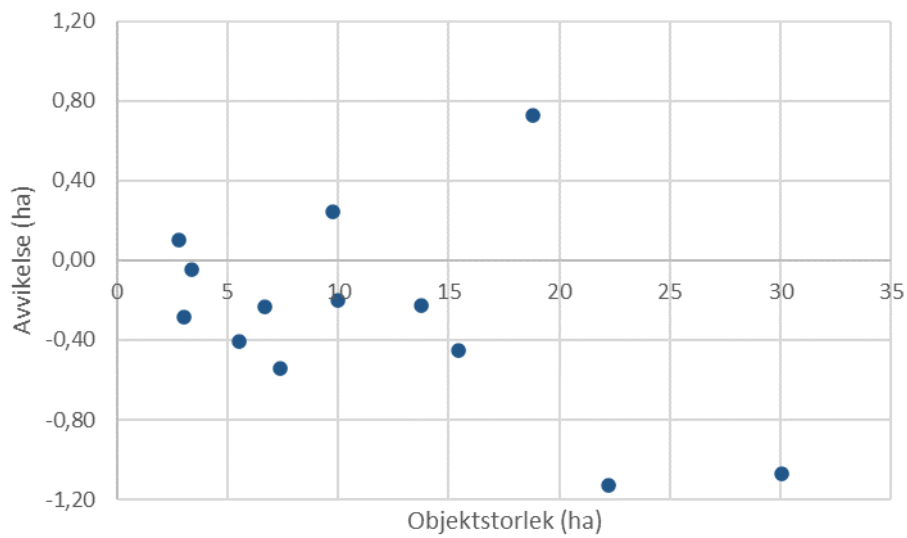
Test av modellen på de 13 avverkningsobjekten visade att den i samtliga fall var fullt körbar.

## Arealbestämning

Jämförelse mellan avverkad areal från manuell referensmätning och algoritmen för arealbestämning visade generellt god överensstämmelse (figur 10). Närmare granskning av de objektsvisa avvikelserna mellan referensmätt och beräknad area indikerade dock att det fanns en svag tendens att algoritmen överskattade den avverkade arean (figur 11). I genomsnitt uppgick avvikelsen till 0,27 ha, motsvarande 2,4 procent (tabell 5). Precisionen för algoritmen, uttryckt som standardavvikelsen för avvikelsen mellan referensmätt och beräknad area, uppgick till 4,2 procent (tabell 5). Precisionen är likartad med den precision som noterats från utvärdering av tidigare använd algoritm för arealbestämning baserad på objekt med motsvarande storlek (Hannrup m.fl. 2011).



Figur 10. Jämförelse mellan avverkad areal från manuell referensmätning och motsvarande areal beräknad med den utvecklade algoritmen för arealbestämning.

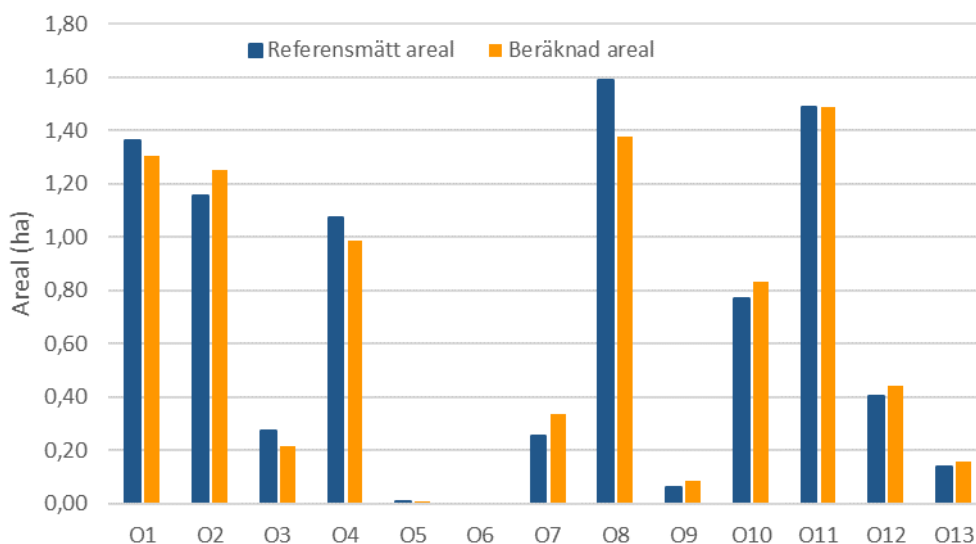


Figur 11. Avvikelse mellan referensmätt avverkad areal och motsvarande areal beräknad med den utvecklade algoritmen för arealbestämning för de 13 avverkningsobjekten.

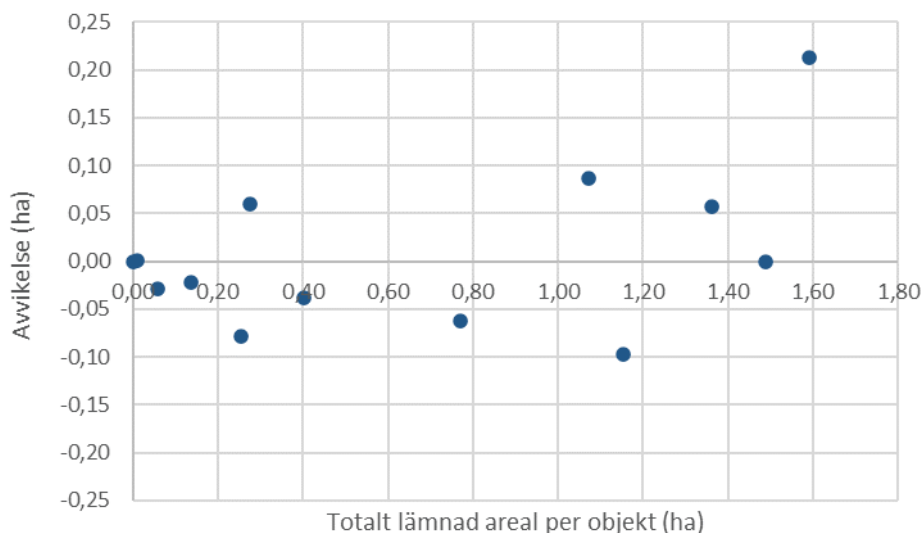
Tabell 5. Antal objekt, spridningsmått samt standardavvikelse för avvikelser mellan referensmätt avverkad respektive lämnad areal och motsvarande areal beräknad med den utvecklade algoritmen för arealbestämning.

	<b>N</b>	<b>MEDEL</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b><u>STANDARDVAV.</u></b>	
	(Antal)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(%)
<b><u>Avverkad areal</u></b>						
Referensmätt	13	11,4	2,8	30,1		
Arealalgoritm	13	11,7	2,7	31,2	0,5	4,2
<b><u>Lämnad areal</u></b>						
Referensmätt	13	0,66	0,0	1,6		
Arealalgoritm	13	0,65	0,0	1,5	0,08	18

I figur 12 redovisas en jämförelse mellan den totalt lämnade arealen per objekt för referensmätningen respektive beräknad från den utvecklade algoritmen för arealbestämning. Den genomsnittliga skillnaden (tabell 5) var marginell och uppgick till 0,007 ha (70 m<sup>2</sup>). Detta indikerar att modellens skattning av totalt lämnad areal per objekt var fri från systematiska fel vilket styrks av en närmare granskning av avvikelserna från modellen (figur 13).



Figur 12. Jämförelse mellan totalt lämnad areal per objekt från manuell referensmätning och motsvarande areal beräknad med den utvecklade algoritmen för arealbestämning.



Figur 13. Avvikelse mellan referensmätt totalt lämnad area per objekt och motsvarande area beräknad med den utvecklade algoritmen för arealbestämning för de 13 avverkningsobjekten.

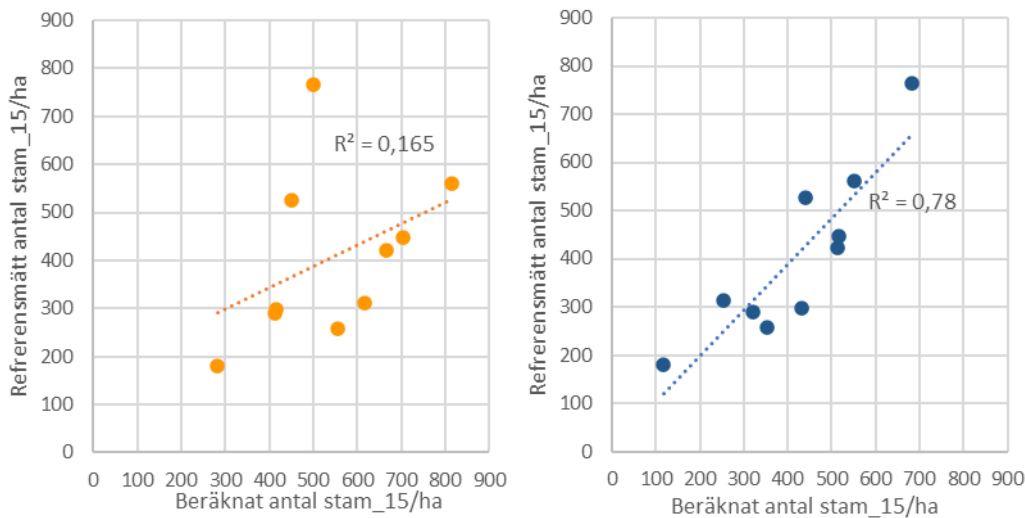
Sammanfattningsvis indikerar utvärderingen att den utvecklade algoritmen för arealbestämning har god förmåga att skatta såväl den lämnade arealen som den avverkade. I studien noterades en svag, systematisk överskattning av den avverkade arealen. Kan detta visas också i uppföljande mätningar bör algoritmen justeras.

### Kvarlämnat trädantal för större trädgrupper

I figur 14 redovisas en jämförelse mellan beräknat och referensmätt antal stammar med brösthöjdsdiameter över 15 cm per hektar för de 10 större lämnade trädgrupperna. Då beräkningarna av stamantal baserades på imputering av produktionsdata från tidigare avverkningar med skogliga grunddata som bärardata noterades en kraftig överskattning av det referensmätta stamantalet (figur 14 vänster; tabell 6). En möjlig förklaring till den kraftiga överskattningen kan vara att bruttourvalet av tidigare avverkade objekt vid imputeringen inkluderade såväl slutavverkade objekt som gallrade objekt där stamantalet varit högre. Denna potentiella orsak har dock inte undersökts närmare inom ramen för studien.

För beräkningarna av stamantal baserat på kvotskattning från skogliga grunddata var överensstämmelsen med referensmätt stamantal generellt god (figur 14, höger) med en försumbar systematisk avvikelse (tabell 6). Detta sätt att skatta stamantal användes därför i de fortsatta analyserna.





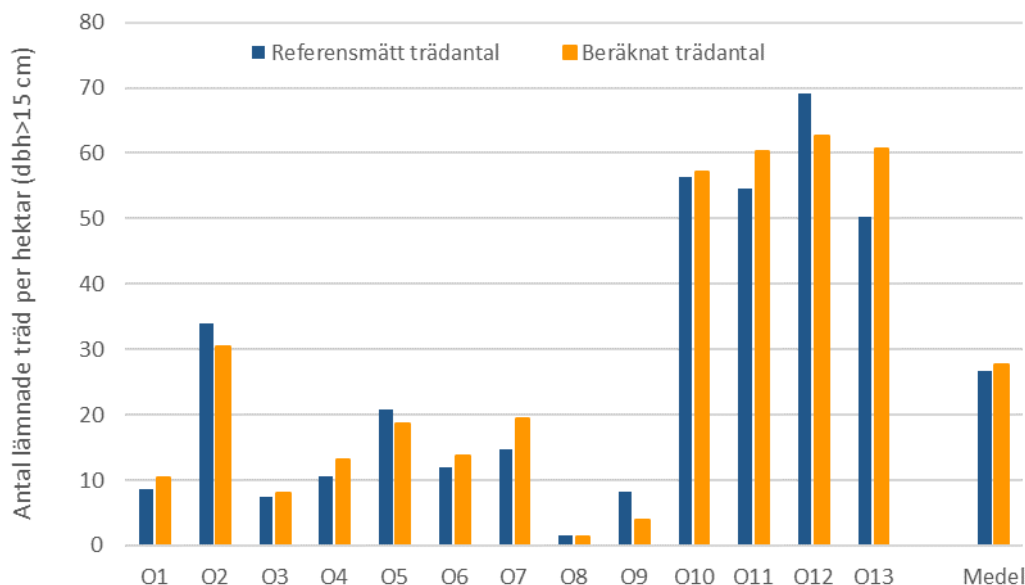
Figur 14. Samband mellan beräknat och referensmätt antal stammar per hektar med brösthöjdsdiameter över 15 cm då beräknade värden baserades på imputering av produktionsdata från tidigare avverkade objekt med skogliga grunddata som bärardata (vänster figur) respektive kvotskattning från skogliga grunddata (höger figur).

Tabell 6. Antal större lämnade trädgrupper, spridningsmått samt standardavvikelse för avvikelsen mellan referensmätt antal stammar per hektar med brösthöjdsdiameter över 15 cm och motsvarande antal stammar från beräkningar baserade på imputering respektive kvotskattning.

	<b>N</b>	<b>MEDEL</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b><u>STANDARD AVV.</u></b>	
	Antal	antal/ha	antal/ha	antal /ha	antal/ha	%
<b><u>Antal stammar</u></b>						
Referensmätt	10	406	180	765		
Imputering	10	542	282	815	183	45
Kvotskattning	10	418	118	682	82	20

### Kvarlämnat trädantal per avverkningsobjekt

I figur 15 redovisas en jämförelse mellan referensmätt totalt antal lämnade träd per hektar i större och mindre trädgrupper med brösthöjdsdiameter över 15 cm och motsvarande trädantal beräknat från den utvecklade modellen. I båda fallen är de inkluderade träden sådana som får medräknas enligt den senaste versionen av FSC-standarderna, det vill säga att för större avverkningar får träd lämnade i kantzoner och på skyddsvärda biotoper inte medräknas (Anon. 2020). I den tidigare versionen av standarden fanns inte detta regelverk och flera av de studerade objekten var avverkningsplanerade enligt den äldre versionen av FSC-standarderna. Att antalet lämnade träd för fyra av objekten understeg den nu gällande kravnivån på 10 träd per hektar ska ses i ljuset av detta.



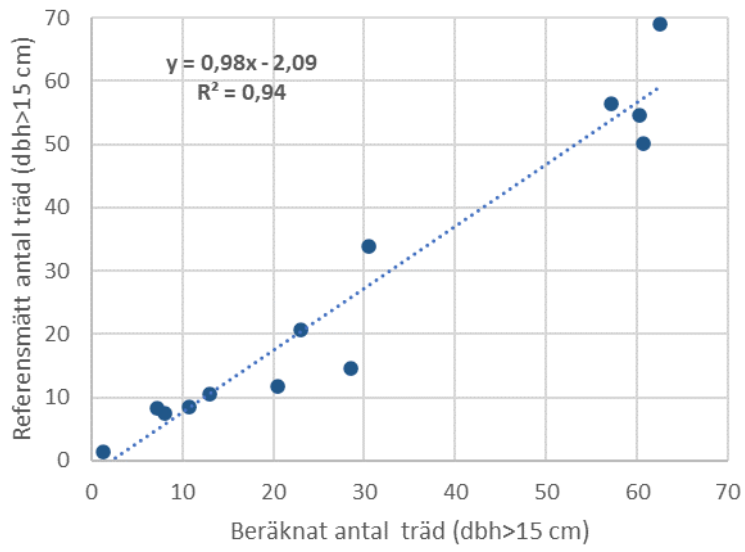
Figur 15. Jämförelse mellan totalt antal lämnade träd per hektar med brösthöjdsdimeter över 15 cm per objekt från manuell referensmätning och motsvarande antal lämnade träd beräknat med den utvecklade modellen.

Objektsvis jämförelse av beräknat och referensmätt antal kvarlämnade träd per hektar visade generellt en god överensstämmelse (figur 15, 16). I genomsnitt över de 13 objekten uppgick det referensmätta antalet till 26,8 träd medan motsvarande beräknade värde från modellen var 27,7 träd (tabell 7). Standardavvikelsen för avvikelsen mellan referensmätt och beräknat antal lämnade träd per hektar uppgick till 17 procent. Detta innebär till exempel att för objekt där det sanna antalet kvarlämnade träd är 10 träd per hektar så kan modellen i flertalet fall förväntas skatta antalet kvarlämnade träd inom intervallet 8,3 till 11,7 träd per hektar.

Sammanfattningsvis ger jämförelsen stöd för att den utvecklade modellen har god förmåga att skatta antal kvarlämnade träd med såväl hög noggrannhet som hög precision. Modellen bör därför vara användbar för flera tillämpningar till exempel: att ge återkoppling av utfört arbete till skördarförare och planeringsansvariga, att bidra till automatiserad uppdatering/redovisning av åtgärder i skogsbruksplan/register samt att generera motsvarande redovisning inom ramen för de skogliga certifieringssystemen.

Tabell 7. Antal objekt, spridningsmått samt standardavvikelse för avvikelsen mellan referensmätt totalt antal lämnade träd per hektar och objekt med brösthöjdsdiameter över 15 cm och motsvarande trädantal beräknat med den utvecklade modellen.

	N	Medel	Min	Max	<b>STANDARD AVV.</b>	
					(Antal)	(%)
<b>Antal lämnade träd</b>						
Referensmätt	13	26,8	1,5	69,1		
Beräknat	13	27,7	1,3	62,6	4,5	17



Figur 16. Sambandet mellan beräknat och referensmätt totalt antal lämnade träd per hektar med brösthöjdsdiameter över 15 cm per objekt.

# Utvecklingsbehov

Det innevarande projektet har bidragit med grundläggande utveckling av metodiken kring Digitaliserad naturvårdsuppföljning. För att nå en bred implementering av metodiken i skogsbruket är det angeläget att arbeta vidare inom nedanstående områden. De olika insatserna bör göras i bred samverkan med relevanta aktörer.

- Att utveckla nuvarande kartprogram i skördarna så att förarna löpande kan se de registrerade stamkoderna, enskilt samt på aggregerad nivå.
- Att utveckla och testa prototypprogram som möjliggör att förarna kan se resultat från Skogforsks modell för digitaliserad naturvårdsuppföljning via en så kallad server/klientlösning. Prototypprogram som möjliggör att föraren kan korrigera modellens resultat ska också utvecklas och testas.
- Att utveckla avverkningsplaneringen så att relevant och standardiserad information om den planerade hänsynen skickas till skördarlagen i objekt Direktiven. Detta inkluderar att den planerade hänsynen klassificeras som normal hänsyn, hänsynskrävande biotop eller kantzon.
- Att utföra storskaliga praktiska tester där lämnad hänsyn vid avverkning följs upp och dokumenteras med Skogforsks modell för digitaliserad naturvårdsuppföljning.
- Att utifrån de praktiska testerna vidareutveckla Skogforsks modell för digitaliserad naturvårdsuppföljning så att den får en ökad robusthet att hantera den variation som förekommer när det gäller lämnad hänsyn i svenskt skogsbruk.

# Referenser

- Anon. 2020. FSC-standard för skogsbruk i Sverige. Rapport, FSC Sverige. 76 s.  
Tillgänglig: <https://se.fsc.org/se-sv/regler/skogsbruksstandard> [22-10-13].
- Arlinger, J., Bhuiyan, N., Möller, J.J., Nordström, M., Söderberg, J. & Eriksson, I. 2018. Skördardatabasen – digital infrastruktur för skördardata. Del av rapporten ”Intressentmedelsprojekt 2017”. Tillgänglig: <https://www.skogforsk.se/produkter-och-evenemang/trycksaker/2018/intressentmedelsprojekt-2017/> [22-06-08].
- Arlinger, J. & Möller, J. J. 2020. StanForD 2010 modern kommunikation med skogsmaskiner. Tillgänglig: <https://www.skogforsk.se/english/projects/stanford/> [22-10-13].
- Bhuiyan, N., Möller, J.J., Hannrup, B. & Arlinger, J. 2016. Automatisk gallringsuppföljning – arealberäkning samt registrering av kranvinkel för identifiering av stickvägsträd och beräkning av gallringskvot. Arbetsrapport Skogforsk nr. 899. 39 s.
- Djupström, L., Sörensen, R., Ahlström, A. & Bergkvist, I. 2019. Skogsbrukets gemensamma hänsynsuppföljning – resultat från fältinventering 2018. Tillgänglig: [https://www.skogforsk.se/cd\\_20201222101123/contentassets/912ede7doc1a4f9d960841edd7a7c387/arbetsrapport-1059-2020.pdf](https://www.skogforsk.se/cd_20201222101123/contentassets/912ede7doc1a4f9d960841edd7a7c387/arbetsrapport-1059-2020.pdf). [22-12-01].
- Hannrup, B., Bhuiyan, N., & Möller, J.J. 2011. Utvärdering av ett system för beräkning och återföring av skördarbaserad information till skogliga register och planeringssystem. Arbetsrapport 757, Skogforsk, 39 s.
- Hannrup, B., Djupström, L., Hyll, K. & Möller J.J. 2020. Digitaliserad naturvårdsuppföljning. Arbetsrapport nr. 1068. Skogforsk, 11 s.
- Hannrup, B. & Möller, J.J. 2022. Positionering av enskilda träd med skördare. Arbetsrapport nr. 1111. Skogforsk, 18 s.
- Mahalanobis, P. C. 1936. On the generalised distance in statistics. Proceedings of the National Institute of Sciences of India. 2 (1): 49 – 55. Tillgänglig: [http://library.isical.ac.in:8080/xmlui/bitstream/handle/10263/6765/Vol02\\_1936\\_1\\_Art05-pcm.pdf](http://library.isical.ac.in:8080/xmlui/bitstream/handle/10263/6765/Vol02_1936_1_Art05-pcm.pdf) [22-11-21].
- Möller, J.J., Arlinger, J., Bhuiyan, N., Eriksson, I. & Söderberg, J. 2017. Utbytesprognoser baserade på skogs- och skördardata. Arbetsrapport, Skogforsk, 26 s.
- Möller, J.J., & Weslien, J. 2018. Naturhänsyn i skördardata – effektiv registrering i samband med avverkning. S. 16–17. Del av rapporten ”Intressentmedelsprojekt 2017”. Tillgänglig: <https://www.skogforsk.se/produkter-och-evenemang/trycksaker/2018/intressentmedelsprojekt-2017/> [22-12-01].
- Skogsstyrelsen. 2016. Nya och reviderade målbilder för god miljöhänsyn. Rapport nr. 12: 51 s. Tillgänglig: <https://shop.skogsstyrelsen.se/sv/publikationer/rapporter/rapport-2016-12-nya-och-reviderade-malbilder-for-god-miljohansyn.html> [22-12-01].
- Skogsstyrelsen. 2022. Tillgänglig: <https://skogsstyrelsen.se/skogligagrunddata> [22-10-18].

Söderberg, J., Wallerman, J., Almäng, A., Möller, J.J. & Willén, E. 2021. Operational prediction of forest attributes using standardised harvester data and airborne laser scanning data in Sweden. *Scand. J. For.Res.*, 36(4): 306 – 314.

Trafikverket. 2022. Tillgänglig: <https://www.nvdb.se/sv> [22-10-18].

# Bilaga 1. Beskrivning av arealberäkningsalgoritmen

## Bakgrund

Målsättningen var att åstadkomma en arealberäkningsalgoritm baserad på skördardata som förbättrar möjligheterna att identifiera, klassificera och kvantifiera lämnad hänsyn. Skogforsks hittillsvarande algoritm baserad på skördardata har varit en integrerad del i automatiserad gallringsuppföljning och beräkningsmodulen hprYield. Den har dock begränsat värde för hänsynsuppföljning, eftersom utdata inte innehåller data om lämnad hänsyn, och eftersom geometrierna inte exakt korresponderar mot den beräknade arealen.

## Syfte

Målet var att åstadkomma en algoritm som

- Så bra som möjligt identifierar gränserna för avverkningen, både mot lämnad hänsyn inom avverkningen och mot omgivningen.
- Sammanställer information om kvarlämnade ytor utifrån allmänna data.

Datakällor som skulle utvärderas var, förutom skördardata, främst nationella vägdatabasen samt skogliga grunddata.

## Beskrivning av algoritmen

Algoritmen resulterar i vektoriserade data, men beräkningarna baseras på en matrismodell. Matrisen har en upplösning på en meter, vilket innebär att för stora objekt, blir det ganska omfattande datamängder att hantera. Det första steget är därför att dela upp utspridda objekt i geografiskt sammanhållna delar, för att minska minnesåtgången och öka prestanda.

För varje del skapas en matris som även täcker en del av omgivningen. Matrisens celler tilldelas data från tillgängliga rasterdata såsom skogliga grunddata, marktäckedata och nationella höjddatabasen. Eftersom rasterdata har en lägre upplösning än matrisen, sker en avståndsvägd interpolering för varje cell från närliggande rasterpunkter. Inläsning sker också av de vägar i nationella vägdatabasen som korsar matrisen, och celler inom ett visst avstånd från vägen kategoriseras sedan som väg i de fortsatta beräkningarna.

Nästa steg är att koppla celler till stamdata baserat på position. När detta är gjort kan avståndet till närmaste träd räknas ut från varje cell och en preliminär klassificering ske beträffande om en cell ingår i objektets yta eller inte. I utgångsläget räknas alla celler inom 6 meter som inte är väg in i objektet. Men efter ett test som avgör om gränsen vetter inåt mot en annan del av objektet inom visst avstånd kan celler upp till full kranlängd (12 meter) inkluderas.

I en omvänd process kan celler ändras till att inte inkluderas i objektet. Det avgörs genom en jämförelse mellan cellens skogliga grunddata (grundyta) och den genomsnittliga grundytan för den preliminära utsträckningen. Detta steg kan leda till att stammar hamnar i celler som inte ingår i objektet, och att de i ett senare steg måste pekats om för att summeringarna av cellerna ska bli korrekta.

Med gränserna mellan objektets omgivning, kan både insidan och utsidan segmenteras i mindre ytor. Syftet med det kan vara att skapa beräkningsytor för gallringsuppföljning, eller för att få lämpliga ytor för beräkning av kvarlämnad naturvård inom eller i anslutning till objektet. Segmenteringen sker genom att celler klustras baserat på en egenskap, t.ex. volym eller höjd. Från början är varje cell ett eget kluster. Cellernas kluster

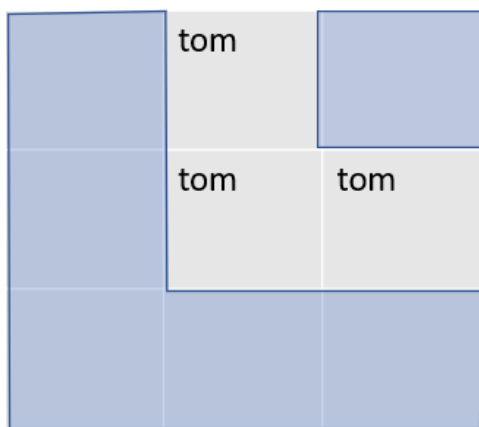
tillåts vartefter att slås samman med andra kluster, med en successivt ökande tolerans för avvikelse mellan klustrens egenskaper, till dess att en viss maxareal har uppnåtts.

Efter en avslutande sammanläggning av eventuellt förekommande smådelar som har varit isolerade eller för kraftigt avvikande för att slås samman, kan sammanställning av data göras från ytornas fjärranalysdata och/ eller från de tillhörande stammarna. För varje yta genereras dessutom vektorer för ytans yttre och inre ringar för lagring av data i vektorformat. Noderna i dessa vektorer kommer att utgöras av utsidan av de ingående cellerna.

I följande avsnitt beskrivs algoritmen i detalj.

### Dela upp hpr-data

För att dela geografiskt osammanhängande stamlistor används en matris där varje cell har sidan 30 meter. Matrisen skapas genom att utgå från max- och minvärden för x och y och dela in den resulterande rektangeln i celler. Sedan fördelas stamdata på respektive cell baserat på stammens position.



Figur 1. Matris för uppdelning av stamlista. Resultatet blir en stamlista per sammanhängande område. I exemplet skapas alltså två stamlistor.

För att avgöra vilka stammar som ska höra ihop i en stamlista kontrolleras vilka celler som är angränsande till varandra via hörn eller sida. Alla stammar som befinner sig i en viss grupp av celler som hänger ihop bildar en stamlista i resultatet.

### Skapa matris samt inläsning och interpolering av rasterdata

Den fortsatta processen sker per stamlista som resulterar från den inledande uppdelningen. Det första som sker med varje stamlista är att skapa och preparera en matris, nu med upplösningen en meter och med en ytterkant som sträcker sig 20 meter utanför de yttersta stammarna. Stamlistan fördelas ut på cellerna så att det förutom en stamlista för matrisen som helhet, även finns en stamlista per cell.

Inläsning av rasterdata sker individuellt per typ av datakälla. En databasfråga klipper ut området ur tabellens raster, fogar ihop eventuella delade bilder och gör om rasterdata till datapunkter med uppgift om x- och y-koordinat och tillhörande värden. Eftersom matrisen har högre upplösning än de data som hittills använts, sker en interpolering mellan datapunkterna för merparten av datakällorna. Interpolering görs inte för kodade datakällor som exempelvis vegetationsindex, utan där väljs i stället värdet från den närmast liggande datapunkten.

Interpoleringen går till enligt följande: Först sätts värden för de celler som överlappar datapunkterna. Därefter itereras varje cell som inte innehåller en datapunkt. För varje

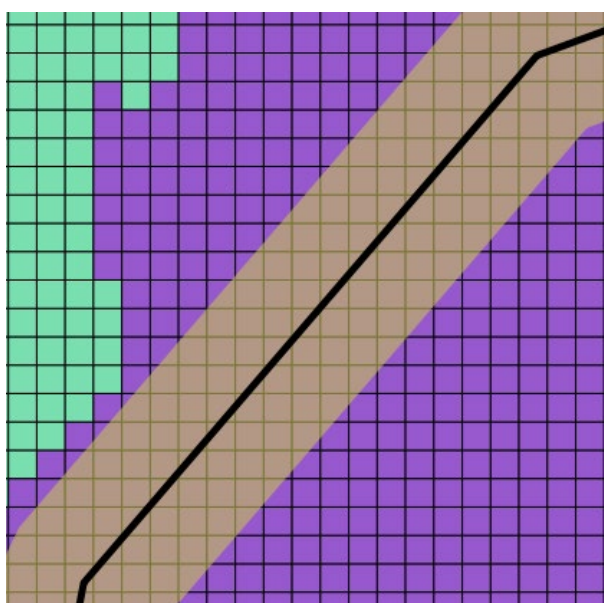


sådan cell söks sedan de datapunkter som finns inom 13 meters radie. Värdena för datapunkterna viktas till ett medelvärde genom att först addera datapunkternas värden multiplicerat med det inverterade avståndet och sedan dividera summan med summan av de inverterade avstånden:

$$A = \frac{\sum a * 1/r}{\sum 1/r}$$

### Inläsning av NVDB

Data från nationella vägdatabasen hämtas genom att använda matrisens omskrivande rektangel i en SQL-fråga. Denna resulterar i en lista med alla överlappande väglänkar (vektorer). För varje vektor beräknas sedan en omskrivande rektangel som även inbegriper vägens bredd. Med hjälp av denna rektangel kan de celler som potentiellt ska ingå i vägens utbredning väljas ut för iteration.



Figur 2. Väglänk med sex meters buffertzoon. Alla celler som har centrum inom buffertzoonen räknas som väg.

För varje cell som ingår i vektorns omskrivande rektangel, kontrolleras till att börja med om det finns en normal till vektorn som går igenom cellens centrum. I så fall beräknas därefter avståndet mellan cellen och vektorn. Annars beräknas avståndet som det minsta av avstånden till de två noder som bildar början och slut för vektorn. Om det erhållna avståndet understiger vägens halva bredd, tilldelas cellen egenskapen att den ingår i väg.

### Preliminär beräkning av den avverkade ytans utbredning

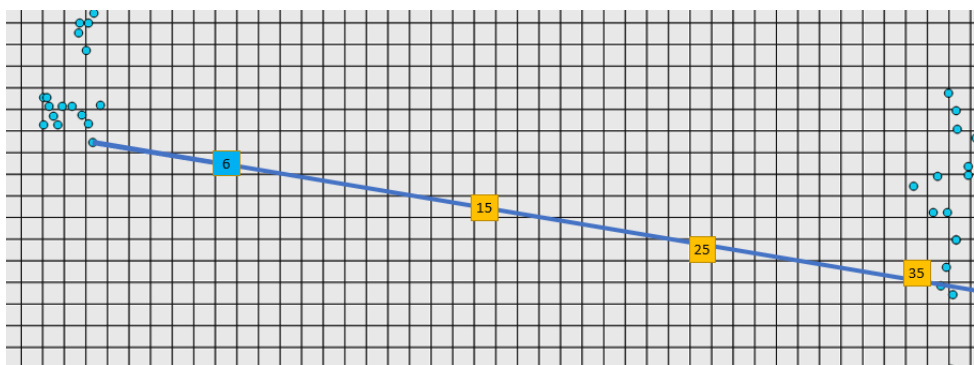
I det följande görs en avståndsberäkning från cellcentrum till närmaste träd. Det sker genom att för varje cell gå igenom de omgivande cellerna inom en omskrivande kvadrat med sidan 30 meter, och söka det minsta avståndet till en stam som ingår i någon av cellernas stamlistor. Om det minsta avståndet understiger eller är lika med 15 meter, registreras avståndet som minsta trädavstånd. Om det inte gör det, registreras 15 meter, vilket alltså i praktiken betyder större än 15. Skälet till denna avgränsning är att celler som har mer än 15 meters avstånd till närmaste träd, aldrig kommer att betraktas som en del av den avverkade ytan.

Baserat på denna beräkning kan sedan en preliminär klassning av celler som ingående i ytan ske genom att alla celler som har maximalt sex meters minsta trädavstånd och inte är väg väljs ut.

### Undersökning av omgivning

I det här läget går algoritmen vidare och undersöker om den preliminära sexmetersgränsen ska utökas till 12 meter, d.v.s. den antagna maximala kranlängden. För att avgöra det, undersöks om nuvarande gränsceller vid sex meter vetter mot en annan del av objektet. Det innebär i sin tur att algoritmen behöver beräkna en radiell riktningskoefficient, som sedan kan användas i en funktion för att stega utåt från gränscellen och kontrollera de celler som befinner sig på dessa punkter.

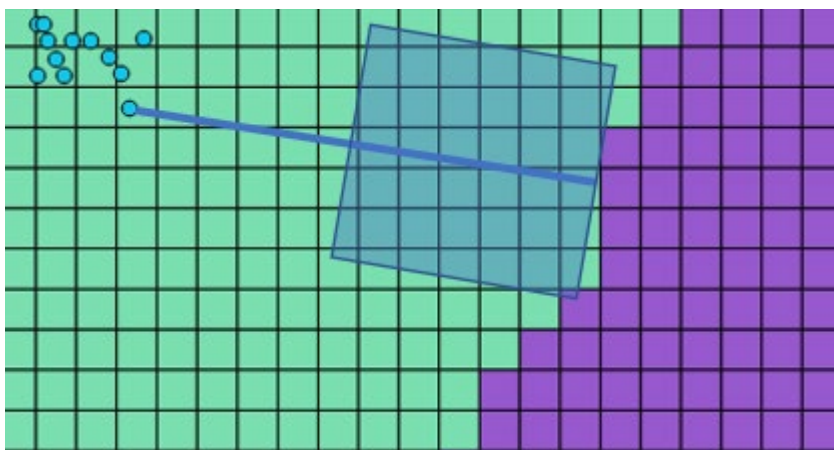
Den radiella riktningskoefficienten bestäms tillsammans med en konstanterterm genom att använda gränscellens centrumpunkt och positionen för cellens närmaste träd. Genom att även hålla reda på riktningen mellan punkterna, kan en vektor åstadkommas med sin startpunkt mitt emellan gränscellen och den närmaste stammen. Vektorns slutpunkt bestäms genom att tillämpa avstånden 15, 25 och 35 meter i en trigonometrisk beräkning där dessa avstånd bildar hypotenusor i rätvinkliga trianglar.



Figur 3. En beräknad vektor som visar att gränsen i en viss gränscell (6) vetter mot annan del av objektet, eftersom vektorn vid avståndet 35 m träffar en cell som har ett minsta trädavstånd som är mindre än sex meter.

Om det vid någon av de testade avstånden påträffas en cell som har minsta trädavstånd sex meter eller mindre, definieras gränsen i den aktuella gränscellen som en gräns som vetter mot annan del av objektet. Om så är fallet, sker en expansion från sex meter till tolv meter.

Om en gräns buktar utåt, dvs. är konvex, räcker det inte att bara behandla de celler som berörs av den radiella vektorn. Därför beräknas en omslutande kvadrat runt vektorn som har sidan sex meter, och alla celler vars centrumpunkt befinner sig innanför kvadraten och inte är väg definieras som tillhörande den avverkade ytan.



Figur 4. Alla celler med centrum innanför kvadraten ändras att tillhöra den avverkade ytan.

### Reducering baserat på tydliga gränser i skogliga grunddata

För att identifiera gräns mot kraftigt avvikande bestånd, utnyttjas den interpolerade uppgiften om grundyta per cell från den senaste tillgängliga uppsättningen skogliga grunddata. Algoritmen läser igenom hela matrisen och söker efter celler där grundytan är mindre än en tredjedel av den genomsnittliga grundytan för den preliminära avgränsningen, dvs. alla celler med ett minsta trädavstånd mindre eller lika med sex meter.

Samtliga celler som understiger villkoret för grundyta, sätts om till att inte ingå i den avverkade ytan.

### Segmentering

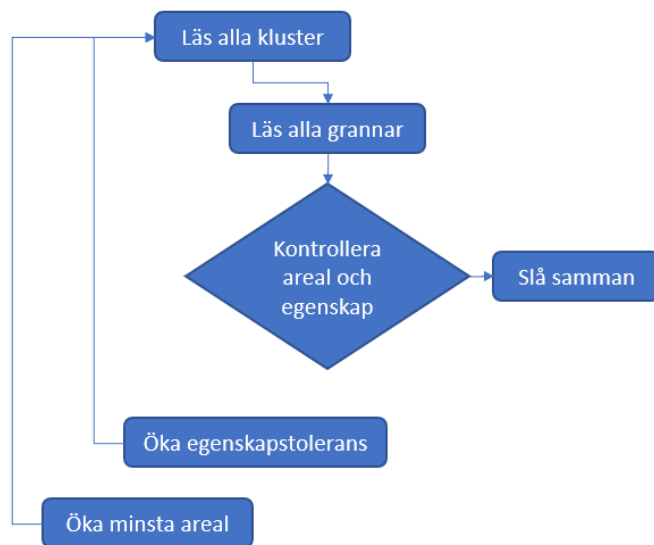
Segmentering sker först av omgivningen och därefter av själva avverkningsobjektet. Samma algoritm används i båda fallen men med olika parametrar för maximal storlek och klustringsegenskap, dvs. den cellvariabel som ligger till grund för vilka celler som ska höra samman. När omgivningen klustras begränsas storleken till 0.15 ha, medan 1.5 ha gäller för den avverkade ytan. Någon begränsning för minsta storlek finns inte i själva klustringsalgoritmen.

När omgivningen segmenteras används volym enligt skogliga grunddata, medan höjd från samma källa används i det andra fallet. Principen är att de kluster som celler tillhör slås samman om skillnaden i klustringsegenskap (alltså antingen volym eller höjd) mellan klustren är mindre än det för tillfället rådande gränsvärdet. Algoritmen läser kluster för kluster och kontrollerar om sammanslagning ska ske. Ett visst kluster fortsätter att slås samman med sina grannar så länge det finns några som uppfyller villkoret.

Då samtliga kluster har itererats, sänks sedan kravet så att skillnaden mellan kluster som slås samman kan vara större än tidigare. När så alla kluster återigen har itererats, sker sänkning av kraven igen. Denna procedur upprepas till dess att ytterligare sammanslagningar inte sker.

I det läget är det antingen själva den sammanhängande ytans storlek som begränsar sammanslagning, eller så är det arealbegränsningen för klustrens storlek. I en första omgång är den maximala arealen två tredjedelar av det slutgiltiga kravet, dvs. 0.1 eller 1.0 hektar.

Hela förloppet sammanfattas i nedanstående flödesschema.



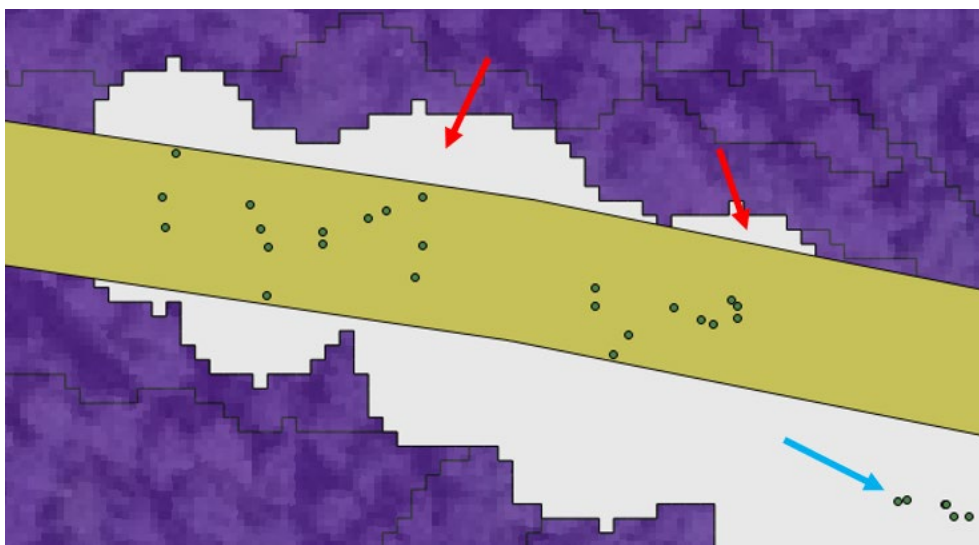
Figur 5. Flödesschema över segmenteringsalgoritmen

### Filtrering av småytor samt ytor utan stammar

Flera av ovanstående procedurer kan leda till att mycket små ytor eller isolerade ytor utan tillhörande stammar bildas. I den avslutande delen av algoritmen finns därför mekanismer för att dels låta småytor uppgå i någon av sina grannar, dels för att rensa bort isolerade ytor. Dessutom finns en funktion för att peka om stammar som hamnat utanför det avverkade objektet, till exempel för att avverkning har skett från bilväg.

Först behandlas småytorna. Om ett kluster påträffas som har färre än 10 celler, letas en granne upp som har 10 celler eller fler och det aktuella klustrets celler pekas om till grannen. Detta fortgår till dess att inga kluster som inte är isolerade har färre än 10 celler.

Därefter söks kluster som saknar stammar, dvs. alla de ingående cellernas stamlistor är tomma. Sådana kan till exempel uppkomma då avverkning sker i en riktning från en kalyta, men buffringsproceduren leder till att celler på motstående sida sätts att ingå i den avverkade ytan. Om ett kluster saknar stammar, leder det till samma logik som för småytor, dvs. klustret slås samman med en större granne.



Figur 6. Klustren vid de röda pilarna kommer att slås ihop med något av de omgivande klustren, medan det nedre söder om vägen kommer att behållas eftersom det har stammar inom sin yttergräns.

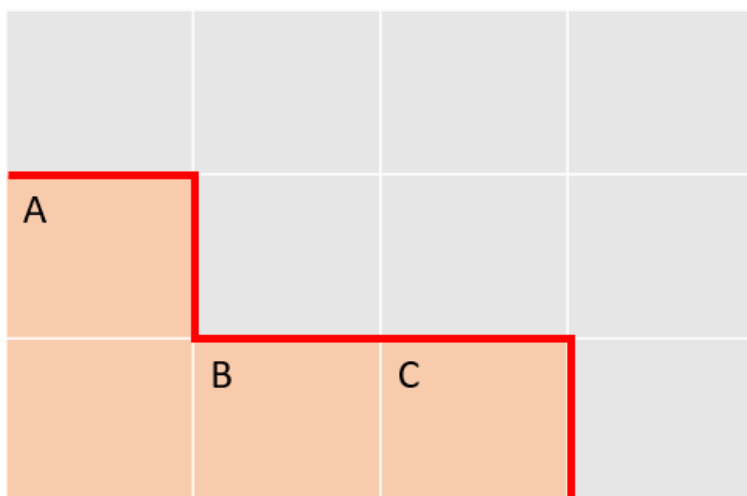
Om en cell som är kopplad till en eller flera stammar har hamnat utanför ytan, måste det sättas en pekare från en cell som är innanför gränsen för att beräkningarna per segment ska bli korrekta och stämma överens med totalen för hela objektet. En implikation är dock att kopplingen till den ursprungliga cellen fortfarande kan ha betydelse, exempelvis för beräkning av var maskinen har stått och för var stickvägarna går. Därför sker ompekning av stammar i ett separat steg, som anropas efter det att övriga beräkningar är klara.

När en utanförliggande cell med stammar i sin stamlista påträffas, söker algoritmen efter närmaste cell som ingår i ett kluster som tillhör den avverkade ytan. Stammen läggs till i den cellens stamlista.

### Vektorisering av ytor

För att åstadkomma en SQL-syntax som lagrar klustren som vektorinformation och där endast gränser mot andra kluster sparas, används en ganska invecklad procedur. Den går ut på att söka celler som har minst en granne som delar sida och som tillhör ett annat kluster (gränscell), och sedan knyta samman sidorna på alla dessa celler som bildar en ring. Proceduren avslutas då det inte finns någon gränscell som inte ingår i en ring.

Då en gränscell påträffas, skapas ett nytt ringobjekt och cellen kopplas till detta. Därefter söks angränsade cell genom en medursrotation, där nästa cell blir den gränscell som först påträffas efter det att en cell tillhörande ett annat kluster har passerats. Till slut kommer algoritmen tillbaka till den första cellen, varvid det resulterande ringobjektet består av ett antal celler kopplade till varandra i en medurs riktad ring.



Figur 7. Vektorisering sker genom att knyta samman kanterna på gränscellerna.

Själva koordinatsekvensen byggs upp genom att läsa cellerna i ringobjektet i ordning och lägga till de sidor på cellerna som utgör gränslinjer till celler tillhörande ett annat kluster. För att avgöra vilka sidor som ska läggas till utnyttjas gränscellernas inbördes förhållande. I figuren har cellen A nästa granne B i sydöst. Därmed kan slutsatsen dras att den östra sidan av cellen A ska läggas till. Nästa cell som är C befinner sig öster om B. Alltså ska norra sidan av cellen B ingå i gränsen.

### **Inre och yttre ringar**

Ett kluster kan ha flera inre ringar men bara ha en yttre ring. Med inre ringar menas ringar som omsluter ett kluster som är helt omslutet av ett annat. För att avgöra vilken ring som är den yttre, sker helt enkelt en sortering på antalet celler i ringen i fallande ordning. Den ring som hamnar först antas vara den yttre ringen. Det finns en teoretisk risk att en inre ring har fler celler än en yttre och detta är följaktligen en möjlig om än mycket sällan förekommande felkälla.

### **Lagring av resultat**

När vektorisering av klustren är klart, kan data lagras i databasen. Detta sker i ett antal steg, där det första är att skapa poster med enbart de geometriska objekten samt identiteter. Därefter fylls tabeller med statistik och data från klusterobjekt och stamlistor. Vilka tabeller som används och vilka data som finns i dem framgår av annan dokumentation.

## Bilaga 2. Förslag på hantering av stamkoder

För att bibehålla likformighet över företagsgränser föreslås ett regelverk för hur stamkoderna ska hanteras i spi-filerna. Förslaget innebär att spi-filen ska specificera ett antal stamkoder som ”måste” ingå och som behövs för att Skogforsks modell för Digitaliserad naturvårdsuppföljning ska kunna köras. Därutöver ett antal stamkoder som är frivilliga och kan variera över tid och organisation. Det är viktigt att alla svenska aktörer kommunicerar eventuella behov att utöka listan med Skogforsk innan nya koder läggs till.

### Förslag på regelverk!

<u>Högstubbe</u>	<a href="http://forestand.skogforsk.se/stemcodes/hogstubbe">http://forestand.skogforsk.se/stemcodes/hogstubbe</a>
<u>Kulturstubbe</u>	<a href="http://forestand.skogforsk.se/stemcodes/kulturstubbe">http://forestand.skogforsk.se/stemcodes/kulturstubbe</a>
<u>Evighetsträd</u>	<a href="http://forestand.skogforsk.se/stemcodes/evighetstrad">http://forestand.skogforsk.se/stemcodes/evighetstrad</a>
<u>Trädgrupp</u>	<a href="http://forestand.skogforsk.se/stemcodes/tradgrupp">http://forestand.skogforsk.se/stemcodes/tradgrupp</a>
<u>Plockhuggning</u>	<a href="http://forestand.skogforsk.se/stemcodes/plockhuggning">http://forestand.skogforsk.se/stemcodes/plockhuggning</a>
<u>Överfart</u>	<a href="http://forestand.skogforsk.se/stemcodes/overfart">http://forestand.skogforsk.se/stemcodes/overfart</a>
<u>Brandskada</u>	<a href="http://forestand.skogforsk.se/stemcodes/brandskada">http://forestand.skogforsk.se/stemcodes/brandskada</a>
<u>Insektsskada</u>	<a href="http://forestand.skogforsk.se/stemcodes/insektsskada">http://forestand.skogforsk.se/stemcodes/insektsskada</a>
<u>Vindfälle</u>	<a href="http://forestand.skogforsk.se/stemcodes/vindfalle">http://forestand.skogforsk.se/stemcodes/vindfalle</a>
<u>Toppbrott</u>	<a href="http://forestand.skogforsk.se/stemcodes/toppbrott">http://forestand.skogforsk.se/stemcodes/toppbrott</a>
<u>Grovtopp</u>	<a href="http://forestand.skogforsk.se/stemcodes/grovtopp">http://forestand.skogforsk.se/stemcodes/grovtopp</a>

**Absolut krav** för digital naturvårdsuppföljning!

**Frivilliga!**  
Behov varierar över tid och mellan organisationer!