

Beslutsstöd för förslag till huvudbasvägar i slutavverkning

DEMONSTRATIONSRAPPORT SÖDRA SKOGSÄGARNA

Decision support for proposing main extraction routes in final felling.
Demonstration Report: Södra



FOTO: ARON DAVIDSSON/SKOGFORSK

Summary

Decision support for main extraction routes for final felling and commercial thinning, demonstration with Södra Skogsägarna

For several years, Skogforsk has been developing and evaluating models that generate proposals for main extraction routes. The models are based on optimisation algorithms and input data from detailed digital information about topography, wood volumes and soil moisture. The models show promising results but, as the input data is adjusted in the field, there is a need to evaluate how well a mobile application would work. There is also a need to test the models in more challenging terrain, such as sites with steeper gradients.

The aim of the project was to improve the efficiency of forestry planning, by developing and evaluating proposals for main extraction routes in the field, generated by a mobile application. The mobile solution was to be evaluated in three of Södra's production areas: Linköping, Sollebrunn and Växjö. The ability of the application to propose suitable landing sites in advance, based on various geodata, was also evaluated.

Of the 84 sites with feedback, the proposal for main extraction route was deemed viable on 73 (87%). The estimated time savings showed that planning time was shortened in 60% of the cases.

Overall, a positive evaluation; a good decision support tool that can be considered for implementation in Södra's system support and that provides a good platform for further R&I on this type of decision support.

Förord

I projektet har en mobil applikation för förslag till huvudbasvägar demonstrerats och utvärderats.

Projektet har kunnat genomföras med finansiering från EU som en del i projektet Efforte¹. Vi vill tacka många engagerade medarbetare hos Södra Skogsägarna som gjort utvärderingen. Södras egen projektledare var Joel Persson. I projektet har Skogforsk ansvarat för projektledning, metodutveckling och utvärdering medan Creative Optimization AB har utvecklat den mobila applikationen.

Vi vill också rikta ett varmt tack till samtliga som med intresse och klokskap stöttat arbetet.

Uppsala i juni 2019

Erik Willén, Aron Davidsson, Mikael Frisk,
Patrik Flisberg & Mikael Rönnqvist

¹Projektet har erhållit finansiering från Bio Based Industries Joint Undertaking inom European Union's Horizon 2020 forsknings- och innovationsprogram inom grant agreement No 720712 med en projektlängd: 1.9.2016–30.8.2019. Koordinator: Natural Resources Institute Finland (Luke).

Innehåll

Summary	2
Förord	3
Sammanfattning	5
Bakgrund	6
Syfte och mål.....	8
Material och metoder	9
Indata	9
Metod	10
Basvägskartering.....	10
Avläggskartering	10
Utvärdering	13
Resultat och Diskussion	15
Fältapplikationen.....	15
Utvärdering	17
Avläggskartering.....	20
Fortsatt utveckling av basvägsförslag	21
Referenser.....	22
Bilaga 1. Hänsynsskikt Södra	23

Sammanfattning

Skogforsk har under flera år utvecklat och utvärderat modeller för förslag till basvägsdragningar. Modellerna bygger på optimeringsalgoritmer och indata från detaljerad digital information om topografi, virkesvolymen samt markfuktighet. Modellerna visar lovande resultat, men då flera justeringar av indata sker i fält finns behov av att utvärdera hur väl en mobil applikation skulle fungera. Modellerna behöver även testas i mer utmanande terräng och mer kuperade områden.

Syftet med projektet var att effektivisera den skogliga planeringen genom att ta fram och utvärdera förslag på basvägsdragningar i fält i en mobil applikation. Målet var att genomföra utvärderingar av den mobila lösningen vid tre av Södras verksamhetsområden: Linköping, Sollebrunn och Växjö. Därutöver utvärderades möjligheten att föreslå lämpliga avläggs punkter i förväg baserat på olika geodata.

En mobil applikation för basvägsplanering utvecklades och under hösten 2018 genomfördes tester på 103 trakter. I alla områden genomfördes testerna av både inspektörer och produktionsledare. Det som kontrollerades var den egna planeringen före avverkning samt under och efter pågående drivning. Oftast fokuserades på större trakter (> 4 ha) där det fanns möjlighet till alternativa vägval. För trakterna testades också att variera optimeringsalgoritmens känslighet för lutning och markfuktighet. Återkoppling samlades in för 84 av trakterna (28 trakter i Linköping, 23 i Sollebrunn och 33 i Växjö).

Basvägsförslaget bedömdes användbart på 73 av de 84 trakterna med återkoppling (87 procent). Den uppskattade tidsbesparingen visade att det i 60 procent av fallen fanns en tidsbesparing i planeringsdelen.

När erfarenheterna och resultaten summerades under en projektgemensam workshop noterades:

1. Det finns fel i markfuktighetskartan. Eftersom markfuktighetskartan ingår som underlag i optimeringen ger detta sämre basvägsförslag.
2. Resultaten stämmer ofta bra med det val som inspektörer och entreprenörer gjort. Förslaget kan minska behovet av att besöka trakter.
3. Bra att förslaget tar hänsyn till virkesvolymvariationer på trakterna.
4. Nyttigt med nya förslag ("utanför boxen") som kan spara kostnader för skotningen och som inte nödvändigtvis nyttjar äldre basvägar.
5. Verktöget var ett stöd vid planering, framförallt med nya medarbetare eller när planering sker på nya områden.
6. Det är ett bra hjälpmedel när drivningen påbörjas i mörker eller med snötäcke.
7. Verktöget kan bidra till att säkerställa behovet att avverka och skota in virke året runt.
8. De bästa användningsområdena bedömdes vara i gallringar (utan befintliga basvägar) eller i slutavverkningar med längre skotningsavstånd.
9. Verktöget har stor potential att användas i kontakter med markägare vid kontraktering.

Sammantaget är utvärderingen positiv och ett gott beslutsunderlag för vidare beslut om implementering i Södras systemstöd samt vidare FoI-arbete kring denna typ av beslutsstöd.

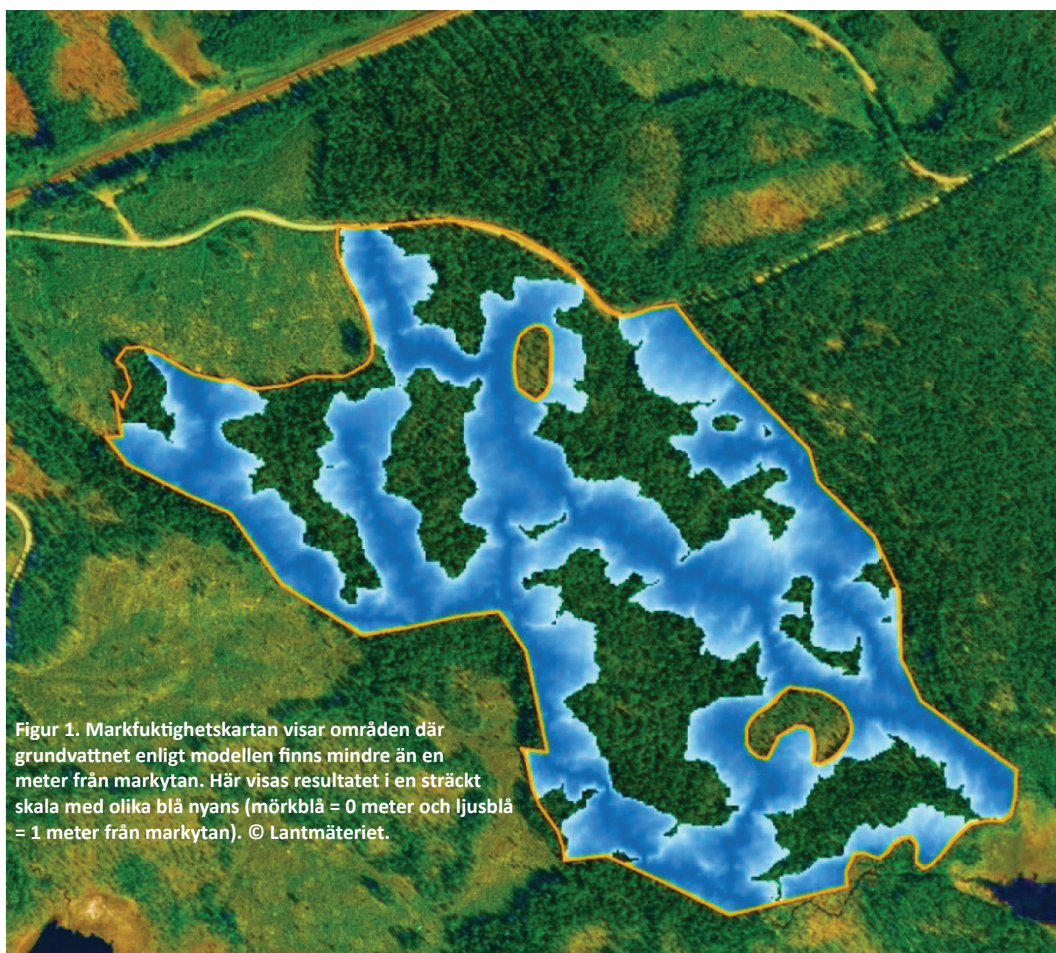
Bakgrund

Under senare år har frågeställningar kring mark och vatten uppmärksamats alltmer. Skogsbruket har genom olika insatser försökt att motverka påverkan på vatten genom att minimera körskador från avverkningsmaskinerna. En branschgemensam miljöpolicy om körskador på skogsmark har upprättats för att visa på god praxis och klassificera olika körskador (Berg, 2010).

Studier visar att skador efter avverkningsmaskinerna är koncentrerade till fuktig och blöt mark medan skadorna på torr och frisk mark är begränsade (Bergkvist m.fl., 2014; Friberg m.fl., 2016). Genom att koncentrera terrängkörning till bäriga områden och arbeta med olika metoder som att risa och bygga överfarter över blöta områden och känsliga partier kan skador på marken minskas.

Lantmäteriets nationella höjdmodell skapad genom laserskanning har inneburit ett genombrott för den skogliga planeringen. Både möjligheten att kostnadseffektivt skapa precisa digitala terrängmodeller och att med hög upplösning beskriva skogsbestånds höjd- och volymvariation innebär avsevärda fördelar.

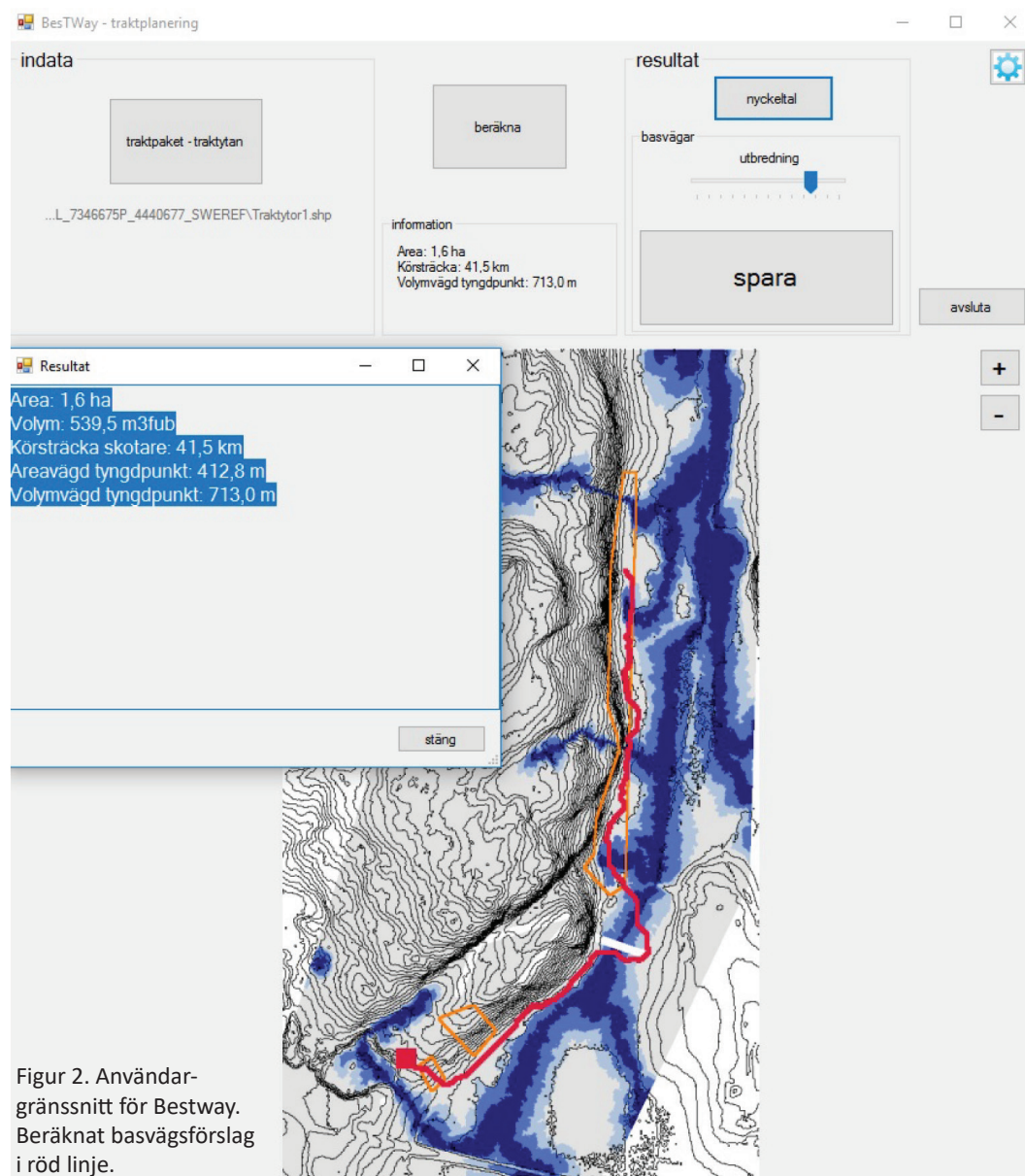
De markfuktighetskartor som University of New Brunswick utvecklat (Bergkvist m.fl., 2014; Murphy m.fl. 2009) för att modellera grundvattnets avstånd till markytan utifrån höjd- och lutningsförhållanden i terrängen i förhållande till omkringliggande terräng har varit avgörande (Figur 1). Skogforsk har använt och utvecklat denna metodik.



Utvärderingar visar att markfuktighetskartorna har stor potential att sänka antalet allvarliga körskador (Friberg m.fl., 2016). Klassningen av markfuktighet överensstämmer väl mellan fältinventering och kartbild (Bergkvist m.fl., 2014).

Ny forskning visar på möjligheterna att vidareutveckla markfuktighetskartan, men även att kartera många fler vattendrag i skogen (Lidberg 2019). Ökad kunskap om dessa kan bidra till färre allvarliga körskador under avverkning.

Sedan 2014 har Skogforsk utvecklat ett verktyg, Bestway, som tar fram förslag på basvägar från avlägg och ut över den planerade avverkningen (Figur 2). Basvägsförslaget bygger på indata i form av traktgräns och avlägg som anges av användaren. Det går även att lägga in tvingande vägar som exempelvis överfarter över vattendrag eller en i förväg bestämd väg mellan avlägg och avverkning. I verktyget sker sedan en optimering som bygger på en digital markmodell, markfuktighetskarta, virkesvolymsskattning samt olika hänsynstaganden till natur- och kulturvärden. Metoden summeras i Willén, m.fl. (2017a).



Verktyget har sedan utvärderats av BillerudKorsnäs, Mellanskog och Södra (Willén m.fl. 2017b,c). Utvärderingarna visade att verktyget fungerar väl för avverkningar större än 2–3 hektar, givet att avläggen placeras bra. Flera fördelar identifierades, som till exempel att maskinlagen får ett bra förslag till var trakten ska påbörjas, ett mer objektivt mått på medelskottningsavstånd samt kortare total skotningssträcka. Som förbättringar noterades möjligheten att verktyget skulle kunna föreslå lämpliga avläggspunkter samt att den ska fungera för fältbruk i en mobil applikation.

Syfte och mål

Syftet med projektet var att effektivisera den skogliga planeringen genom att ta fram och utvärdera förslag på basvägsdragningar i fält i en mobil applikation.

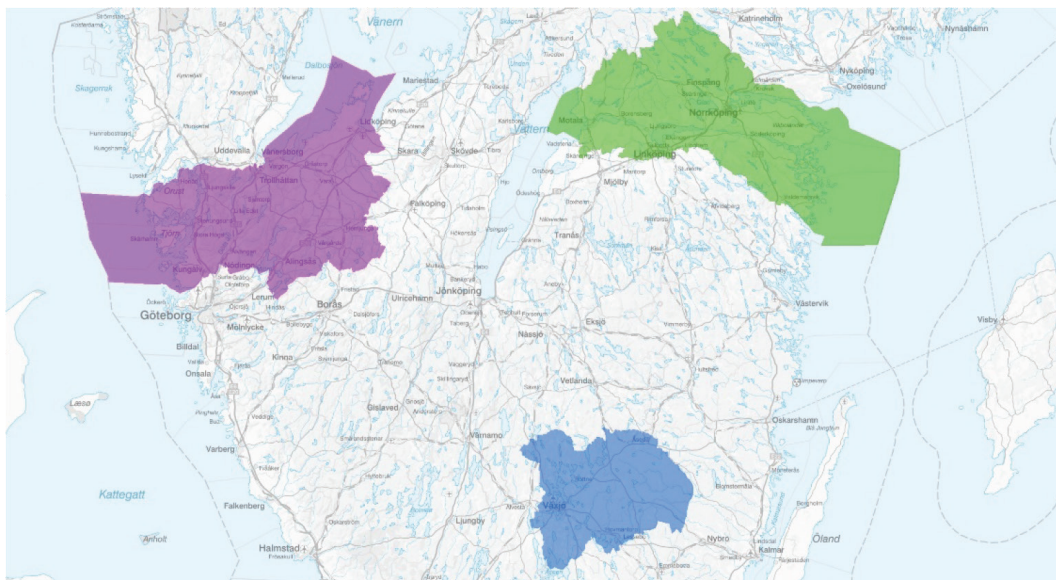
Målet var att genomföra utvärderingar av den mobila lösningen vid tre av Södras verksamhetsområden: Linköping, Sollebrunn och Växjö.

Därutöver utvärderades möjligheten att föreslå lämpliga avläggspunkter i förväg, baserat på olika geodata.

Material och metoder

INDATA

Områdena för projektet utgjordes av tre verksamhetsområden hos Södra skogsägarna: Linköping i grönt, Sollebrunn i lila och Växjö i blått (Figur 3).



Figur 3. De tre verksamhetsområden hos Södra som utgjorde studieområdet. © Lantmäteriet.

Indata till basvägsförslagen var:

- Grid 2+. Höjddata från Lantmäteriet i 2 m upplösning (geotiff).
- Markfuktighetskarta. Södras markfuktighetskarta över studieområdet fanns med kontinuerlig fuktighetsskala och kodades om till tre fuktighetsklasser för användande i Bestway (geotiff).
- Virkesvolymsskattningar. Skogliga grunddata från SLU med virkesvolymsskattningar från laserdata. Den totala volymen valdes och ett raster med 12,5 m upplösning beräknades (geotiff).
- Hänsynstaganden. Hänsynstaganden för natur, kultur och sociala värden anges som "NoGo"-ytor där inga basvägar får dras. Baserat av de hänsynsskikt som användes vid Södra bestämdes vad som var NoGo-ytor för respektive skikt. Dessa sammanställdes till en gemensam vektorfil, NoGo-ytor. Sammanställningen av val av hänsynsskikt finns i bilaga 1.

Verktyget användes sedan för de avverkningsobjekt som skulle planeras för slutavverkning. Beståndsavgränsningar och avlägg hämtades från Södras drivningsplanering.

Indata till avläggsförslagen var:

- Nationella vägdatabasen (NVDB), Enskilda vägar från företeelsen väghållare.
- Fastighetskartan
- Grid 2+. Höjddata från Lantmäteriet i 2 m upplösning (geotiff).
- NoGo-ytor

METOD

Basvägskartering

Timbertrail är en fältapplikation utvecklad för surfplattor (iPad) som bygger på samma indata och liknande metoder som Bestway för att identifiera optimala körstråk för skogsmaskiner vid avverkning och skotning. En mycket viktig funktionalitet är att planeraren direkt i fält kan revidera data som inte är korrekta och/eller osäkra. Ett exempel är att flytta förslag på överfarter över bäckar eller mycket blöta områden då den korrekta informationen om verkligheten inte är tillgänglig förrän vid själva besöket. Fältapplikationen är utvecklad av Creative Optimization, som bland annat arbetar med att implementera optimeringsmodeller för planering i den skogliga försörjningskedjan.

Applikationen använder alla tillgängliga datakällor och beräknar med en optimeringsmodell hur körstråken ska läggas för att dels minimera risken för körskador i terrängen, dels effektivisera planering och avverkningsarbete.

Användaren får fram optimala förslag till var körstråken ska läggas, information om genomsnittligt (och totalt) transportavstånd samt visualisering i applikationens karta och möjlighet att skicka resultatet till maskindatorn.

Om det finns behov att justera grunddata eller inställningar kan det göras på plats ute vid avverkningsområdet och ett nytt optimerat förslag beräknas fram direkt i applikationen.

I applikationen ges även möjligheter till editering av t.ex. NoGo-områden, passager och avläggsplatser. Det är också möjligt att välja relativa nivåer hur markfuktighetskartor, lutningar i körriktning, lutning i sidled, markfuktighet och körning inom traktgränser ska viktas i optimeringen.

Bestway använder samma datakällor som Timbertrail för att ta fram basvägar för samma problem. Fältapplikationen är användarvänlig och löser optimeringen betydligt snabbare.

Avläggskartering

För att kunna kartera lämpliga avlägg behöver först konstateras vad som är en lämplig avläggsplats. Den analysen delades upp i två steg varav den ena identifierar rent fysiska hinder för avläggsplacering och den andra identifierar hinder för avlägg i form av regelverk eller hänsyn till samhälle och miljö.

- **Fysiska hinder** (Tabell 1).

Utgjordes främst av terrängen på avläggsplatsen. Marken behöver vara relativt platt för att virket enkelt ska kunna placeras i en jämn och stabil trave. Partier som lutar eller har mycket ytstruktur som stenar och stubbar är mindre lämpliga avläggsplatser.

- **Hinder på grund av regelverk eller hänsyn till samhälle och miljö** (Tabell 2).

Kan vara lite svårare att kategorisera helt och kan också skilja sig åt mellan olika platser och regioner. Generellt handlar det om att virke inte bör placeras för nära bostadshus och samhällen. Inte heller i vägkorsningar så att sikten skymms för bilförare eller intill diken och elledningar. Avläggen bör heller inte placeras i olika skogliga hänsynsområden och intill fornlämningar. Många av dessa hinder finns karterade i olika geodataskikt och i studien har såväl rasterdata som vektordata använts för att täcka så mycket som möjligt.

Tabellerna beskriver vilka olika hinder som har tagits hänsyn till i studien.

Tabell 1. Indata för fysiska hinder

Fysiska hinder	Datatyp	Datakälla	Ägare
Lutning	Raster	Grid2+	Lantmäteriet

Tabell 2. Indata för hinder på grund av regelverk eller hänsyn till samhälle och miljö.

Hinder p.g.a. hänsyn samhälle och miljö	Bufferttyp	Buffert storlek	Datatyp	Datakälla	Ägare
Vattendrag	Korsande väg	6 m	Vektor	Fastighetskartan	Lantmäteriet
Kraftledningar	Korsande väg	6 m	Vektor	Fastighetskartan	Lantmäteriet
Ägoslag	Allt utom lövskog, barrskog, bete och öppen mark	Hela ytan	Vektor	Fastighetskartan	Lantmäteriet
Anläggningar	Samtliga ytor	Hela ytan	Vektor	Fastighetskartan	Lantmäteriet
Byggnader	Samtliga ytor	20 m	Vektor	Fastighetskartan	Lantmäteriet
Korsning	Alla korsningar för funktionell vägklass 7 och neråt	30 m åt alla håll		Nationella vägdatabasen	Trafikverket
Natur-/kulturobjekt		Hela ytan	Vektor	BillerudKorsnäs kombinerade dataskikt för skoglig hänsyn	BillerudKorsnäs Bergvik Skog Skogsstyrelsen RAÄ

Vägnätet

I studien karterades avläggsplatser intill samtliga enskilda vägar. Längs vägnätet skapades mindre ytor på var sida om vägen i vilka lämplighet för avlägg skulle kategoriseras. På detta vis kunde vägarnas långdragna sträckor på ett strukturerat och likartat sätt utvärderas efter förutsättningarna just på den plats där virket placeras.

Ytans storlek togs fram från det avstånd som behövdes vinkelrätt från vägen för att en skotare skulle kunna stå placerad innanför virkesvältan och lasta av virket. 12 meter från vägkant bedömdes vara nog för skotare och virkestrave av ordinära sortiment och yterna gjordes sedan kvadratiska.

Modell

Modellen utgick från indata med det enskilda vägnätet samt de olika hindren och utfördes i fem steg. Med NoGo menas olämpliga avläggsytor i denna kartering.

1. Längs varje väg på båda sidorna skapades rutor om 12x12 meter.
2. I varje vägruta lästes höjdvärden från Grid2+ in och analyserades. Inga höjdavvikelser över två meter inom rutan eller höjdavvikelser mer än två meter mot vägbankens höjd tilläts. Dessa blev NoGo på grund av terrängavvikelse.
3. Ett NoGo-skikt i vektorformat sattes samman med de vektoriserade hindren och utgjorde platser som ej var lämpliga för avläggsplacering.
4. De vägrutor som efter steg två fanns kvar analyserades med en overlay-analys mot NoGo-skiktet med vektoriserade hinder och om någon av avläggsrutorna tangerades av NoGo-skiktet togs dessa bort och blev NoGo på grund av vektordata.
5. Kvarvarande vägrutor klassades som godkända rutor för avläggsplacering.

De tre kategorierna:

- Godkända avläggszoner
- NoGo-terrängzoner
- NoGo-vektorzoner

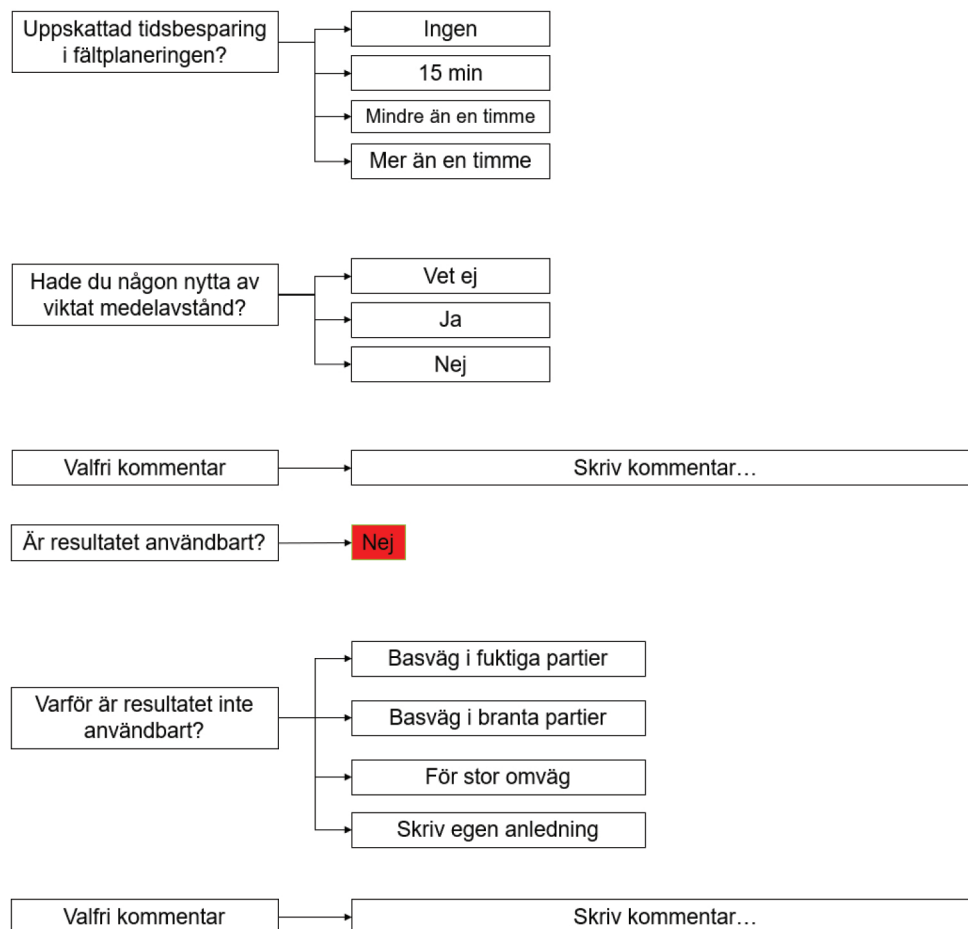
I den norra vägänden (Figur 4) där en korsning uppstår ses NoGo-vektorrutor som dessutom uppkommer ytterligare sträcka på grund av fornlämning, odlad åkermark och elledning. I mitten av det aktuella vägpartiet ligger en bostadstomt, vilken också genererar NoGo-vektorzoner. I vägavsnittets södra del i bilden syns enstaka NoGo-terrängzoner som uppkommit på grund av att terrängen där inte klarar av det avvikelsekrav på två meters höjdskillnad som ställts. Övriga zoner kan med modellen ses som godtagbara för avläggsplacering.



Figur 4: Färgkoderna visar den klassificering som varje vägzon givits efter analys med hindren. I mitten av kartan ses exempelvis en bostadstomt som ger NOGO-vektorzon. NOGO-vektorzoner finns också vid en fornlämning samt vägkorsning längst norrut. I den södra delen ses enstaka NOGO-terrängzoner där kravet på maximalt två meters avvikelse inte hållits.

Utvärdering

Utvärderingen genomfördes av inspektorer och produktionsledare från de tre virkesområdena. Från varje område var det tre till fem personer som planerades använda och utvärdera applikationen med målsättningen att hinna cirka tio trakter per månad och person. Utvärderingen skedde under september till november 2018 med en löpande inrapportering av utförda tester på aktuella trakter samt ifyllda återkopplingsformulär för varje trakt. Inrapportering av återkopplingsformulär gjordes månadsvis. Återkopplingen strukturerades enligt figur 5. Alla insamlade data samlades på ett gemensamt lagringsutrymme.



Figur 5. Återkopplingsformulär vid tester av Timbertrail

Fältkontrollerna genomfördes i huvudsak före avverkning, men i varje virkesområde strävades efter att även inkludera några avverkade trakter där inte verktyget användes i förväg. Detta gjordes för att utvärdera om basvägsförslaget var bättre än de basvägar som användes vid avverkningen.

I en avslutande gemensam workshop summerades hur verktyget hade använts och fungerat samt resultat från den traktvisa återkopplingen. Workshopen fokuserade mot:

- Erfarenheter och resultat från testerna
- Användbarhet i utförandet
- Andra användningsområden
- Tips för eventuellt införande

För att utvärdera avläggskarteringen användes de föreslagna avläggsplatserna som planerats för de trakter som ingick i utvärderingen av Timbertrail.

Bland dessa trakter återfanns avlägg vid allmän väg, enskild väg och traktorsväg.

I denna utvärdering hade vi bestämt att utvärdera avlägg vid enskild väg.

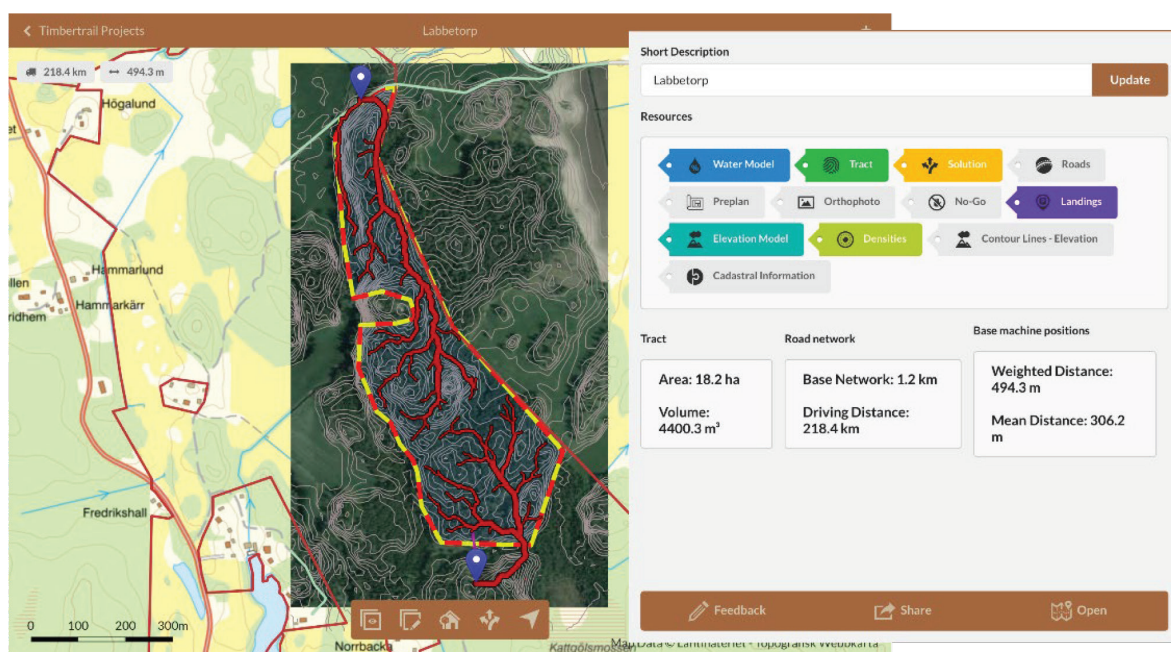
Föreslagna avlägg kunde hamna i kategorierna: Hinder där någon form av hänsyn återfanns, terräng där platsens höjdvariation eller höjdskillnad mot vägen var för stor och slutligen godkänd, där inga av föregående parametrar återfanns.

Resultat och diskussion

FÄLTAPPLIKATIONEN

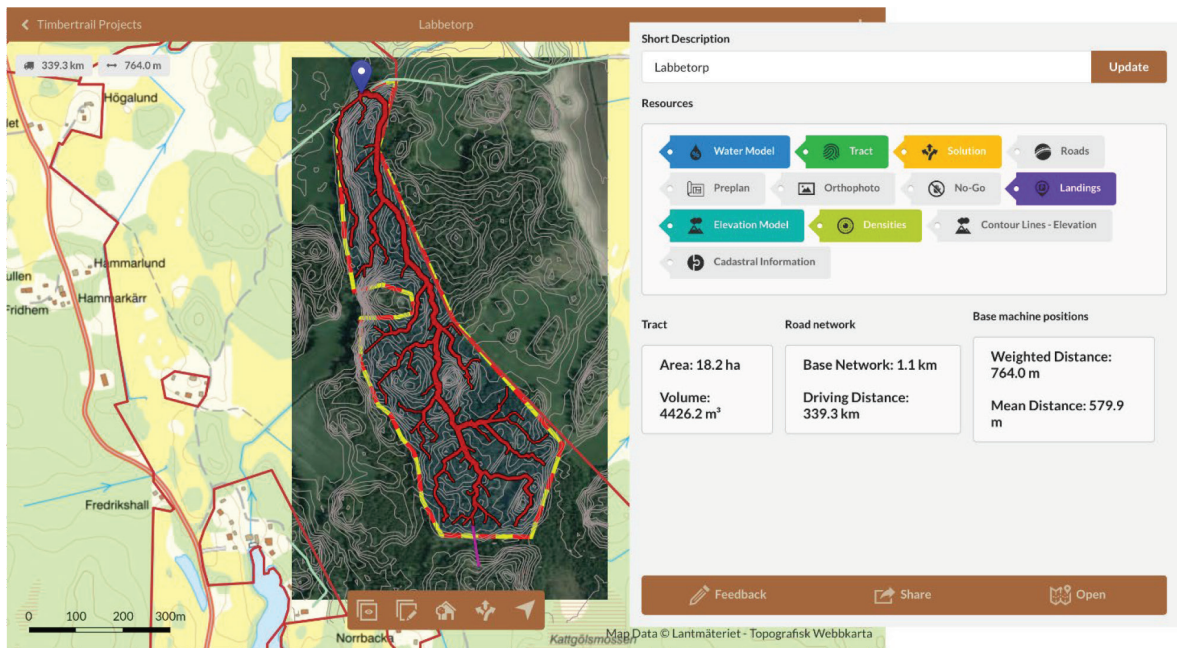
Nedan visas tre exempel på resultat från Timbertrail. Applikationen består av en kartdel och en informationsdel. I kartdelen visas basvägar och stickvägar som breder ut sig från ett valt avlägg. I informationsdelen visas vilka indata som använts, information om trakten, men framför allt information om den totala stickvägslängden, total drivningslängd och viktat skotningsavstånd och medelskotningsavstånd.

I figur 6 visas en trakt från Linköping. Trakten är relativt stor (18,2 hektar) och här har två avlägg skapats; ett i södra delen och ett i norra delen. Skillnaden i medelskotningsavstånd var stort beroende av om avståndet viktades med virkesvolym eller ej (493,3 eller 306,2 meter).



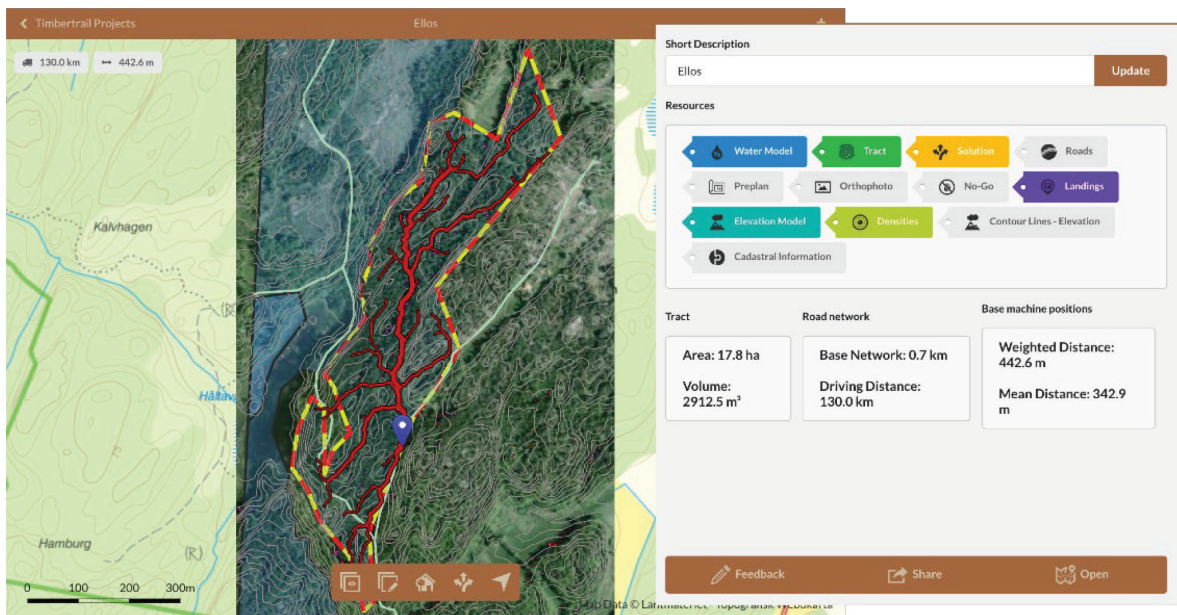
Figur 6. Resultat från en trakt med två avlägg i Linköpings verksamhetsområde.

I figur 7 visas samma trakt som i figur 6 men med bara ett avlägg i norra delen. Resultatet för trakten visar ett liknande basvägsförslag. Med ett avlägg sjunker det totala basvägnätverkets längd från 1,2 km till 1,1 km, men den totala körlängden ökar från 218,4 km till 339,3 km. Tittar vi på skillnader i medelskotningsavstånd ökar det volymviktade från 493,3 till 764 meter och det ej volymviktade från 306,2 till 579,9 meter. Att ha två avlägg i detta fall lönar sig väl för drivningskostnaderna och visar att denna typ av applikation är användbar för att utvärdera olika lösningsförslag.



Figur 7. Resultat från en trakt med ett avlägg i Linköpings verksamhetsområde.

I figur 8 visas en trakt från Sollebrunn. Trakten är också relativt stor (17,8 hektar) och använde enbart ett avlägg vilket gav långa medelskotningsavstånd, volymsviktat 442,6 meter.



Figur 8. Resultat från en trakt i Sollebrunns verksamhetsområde.

UTVÄRDERING

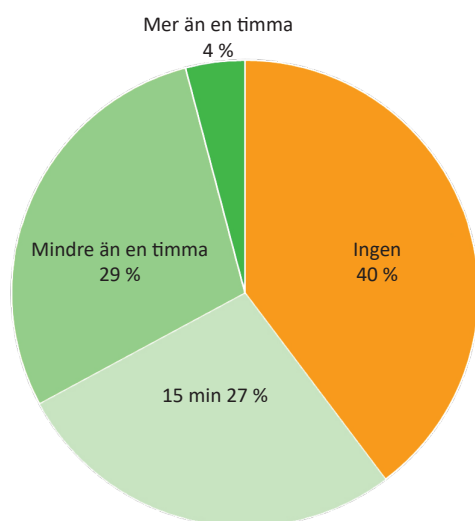
Under hösten 2018 genomfördes tester över 103 trakter och återkoppling samlades in för 84 av dem. Fördelningen av trakter var 28 i Linköping, 23 i Sollebrunn och 33 i Växjö. I alla områden genomfördes testerna av både inspektorer och produktionsledare. Det som kontrollerades var den egna planeringen före avverkning samt under och efter pågående drivning. Oftast fokuserades på större trakter (> ca. 4 ha) där det fanns möjlighet till alternativa vägval. För trakterna gjordes tester med att variera känslighet för lutning och markfuktighet.

Av de 84 trakterna med återkoppling bedömdes basvägsförslaget användbart för 73 trakter (87 procent). De främsta orsakerna till att det bedömdes som ej användbart var:

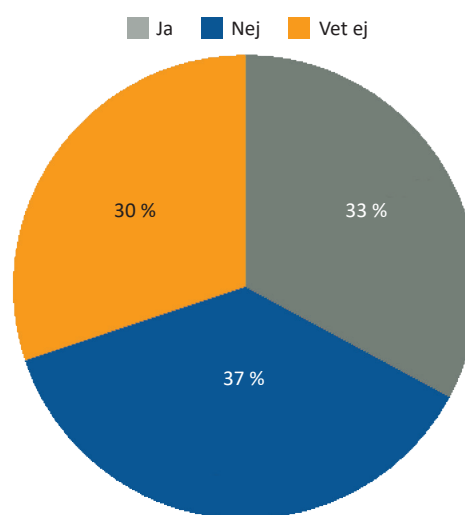
- En enkel planering (ofta mindre objekt) där basvägsförslaget var överflödigt
- För stor omväg
- För mycket av basvägen var redan förutbestämd
- Basvägsförslag i branta partier

Under testerna gjordes justeringar med olika avlägg, nya hänsynsområden (där inga basvägar får dras), nya överfarter samt fuktkänslighet (varierande motståndsställning för markfuktighetsklass).

Den uppskattade tidsbesparingen visade att det i 60 procent av fallen fanns en tidsbesparing i planeringsdelen (Figur 9) förutsatt att verktyget implementerades i Södras systemmiljö. Viktigt att poängtera är att de flesta testerna gjordes på lite större och mer svårplanerade trakter vilket gör det svårt att direkt skala upp siffran för att gälla hela organisationen.



Figur 9. Uppskattad tidsbesparing med verktyget.



Figur 10. Nyttan av det viktade måttet på medelskottningsavstånd.

När det gäller nyttan av det viktade medelskottningsavståndet bedömdes det som användbart i en tredjedel av trakterna (Figur 10). Även här spelar naturligtvis traktstorlek och planeringens komplexitet stor roll på resultatet.

De fritextkommentarer som lämnades gav också en god återkoppling över hur verktyget fungerade:

1. "Intressant om man ändrade känsligheten för vatten till stark att den då valde södra avlägget istället som är ca 400 m längre till för att undvika körning över betesmarken. Kan vara bra att ha i åtanke ifall avverkningsmetod vid dålig bärighetstidpunkt."
2. "Mycket svår terräng, förslag stämmer bra överens med befintlig basväg. Har testat 2 avläggsplatser. Avlägg på kortdistans kräver vägarbete för att fungera. Skillnad i medelköravstånd ger en grov skattning på mervärdet i kr. Blir underlag för diskussion med MÄ² "
3. "Efterkontroll på utförd avverkning, appens vägval var i många fall bättre än de val entreprenören gjort. Om de hade haft tillgång till informationen skulle resultatet ha kunnat bli betydligt bättre."
4. "För dålig upplösning i terrängdata (basväg i branta partier)"
5. "Markägaren har tidigare en befintlig basväg söder om föreslagen väg som går i ett fuktstråk. Markägaren ska fundera på att flytta befintlig basväg till föreslagen."
6. "Stämmer bra, sparade tid för entreprenören."
7. "Användes som uppföljning vid körspår efter genomförd avverkning. Visade alternativa vägar jämfört med hur gallringsgruppen valt att köra och blev underlag för diskussion om hur detta hade kunnat undvikas."
8. "Användes för att jämföra avlägg och appen valde att dra hälften av virket till vardera avlägget vilket också planeras att göras vid kommande avverkning."

Flera av fritextkommentarerna visade på nyttan med ett diskussionsunderlag till markägaren, men även att det finns nyttor för entreprenören i samband med uppstart eller under drivningen med kortare körsträckor eller flera avlägg. Möjligheten att använda verktyget som ett uppföljningshjälpmedel efter drivning i samarbete med entreprenörerna var en annan insikt.

²Mä står för markägaren

Flera av fritextkommentarerna visade på nyttan med ett diskussionsunderlag till markägaren, men även att det finns nyttor för entreprenören i samband med uppstart eller under drivningen med kortare körsträckor eller flera avlägg. Möjligheten att använda verktyget som ett uppföljningshjälpmedel efter drivning i samarbete med entreprenörerna var en annan insikt.

Summering av erfarenheterna från den gemensamma workshopen:

1. Det finns fel i markfuktighetskartan. Eftersom markfuktighetskartan ingår som underlag i optimeringen ger detta sämre basvägsförslag.
2. Resultaten stämmer ofta bra med de val som inspektorer och entreprenörer gjort. Förslaget kan minska behovet av att besöka trakter.
3. Bra att förslaget tar hänsyn till virkesvolymvariationer.
4. Nyttigt med nya förslag ("utanför boxen") som kan spara kostnader för skotningen och som inte nödvändigtvis nyttjar äldre basvägar.
5. Verktöget var ett stöd vid planering, framförallt för nya medarbetare eller när planering sker på nya områden.
6. Det är ett bra hjälpmedel när drivningen påbörjas i mörker eller med snötäcke.
7. Verktöget kan bidra till att säkerställa behovet att driva in virke året runt.
8. De bästa användningsområdena bedömdes vara i gallringar (utan befintliga basvägar) eller i slutavverkningar med längre skotningsavstånd.
9. Verktöget har stor potential att användas i kontakter med markägare vid kontraktering, exempelvis för att resonera kring alternativa avlägg för effektivare avverkning och vidaretransport.

När det gäller användbarheten under utförandet konstaterades att verktyget var bra, snabbt och enkelt. Det som krånglade till det var proceduren med att spara ned resultat från testerna som låg utanför ordinarie flöde med digital information om trakten.

De beräknade medelskotningsavstånden stämde bättre än med vanliga metoder, men bedömdes vara lite för korta. Samtidigt är det viktigt att relatera en optimal beräknad skotningssträcka med det som sker i praktiken.

Andra användningsområden med verktyget som noterades:

1. Funktionen i verktyget kan hjälpa till att identifiera avlägg med begränsad lagringsvolym där behov av prioriterad borttransport föreligger, viss volym ställt mot avläggets yta.
2. Vidareutveckla modell för gallringsplanering. Modellen skulle både kunna ange basväg/basstråk och stickvägsnätet enligt företagets gallringsinstruktion.
3. Skogsbruksplaner. Med vissa justeringar kan modellen användas som ett båtnadsverktyg för strategisk väganalys.
4. Optimera punktinsatser vid speciella drivningar, som till exempel barkborreangrepp och vindfällan. Skapa en optimal rutt för berörda områden (punktobjekt).
5. Avläggskartering, identifiera lämpliga och optimala avläggsplaceringar.

Inför ett eventuellt införande identifierades behovet av att verktyget fullt integreras i befintliga företagssystem både i drivningsplaneringen och till entreprenörer för att kunna göra justeringar i samband med drivningen, exempelvis vid förändrade förutsättningar som sena ändringar av avverkningsareal eller väder (ökad eller minskad markfuktighet).

AVLÄGGSKARTERING

För att utvärdera avläggskarteringen användes de föreslagna avläggsplatserna som valts för trakterna och som ingick i utvärderingen av Timbertrail (Tabell 3).

75 avlägg placerade längs enskild väg analyserades. Avläggskarteringen fungerade bäst i Växjö med en noggrannhet på 83 procent, följt av Linköping på 56 procent och sist Sollebrunn med 27 procent. Totalt för alla tre var träffprocenten 57 procent. Tidigare tester med avläggskartering har haft bättre träffprocent på mellan 70 och 80 procent³.

Den främsta anledningen till sämre resultat i Sollebrunn beror av topografin. Där är väldigt kuperat och svårt att hitta lämpliga platser med mindre lutning än de krav som definierades, vilket syns i vår utvärdering. Att använda åkermark är också ett måste i detta område. Växjö är ett relativt platt område där det är lättare att finna lämpliga avläggsplatser, vilket också syns i våra resultat.

Tabell 3. Avläggskarteringen i Södras tre verksamhetsområden. Kolumnen noggrannhet avser godkända avlägg vid enskild väg.

Avlägg	Totalt	Allmän väg	Tarktorväg	Ensild väg	Godkänd	Hinder	Terräng	Noggrannhet
Linköping	20	3	8	9	5	2	2	56 %
Växjö	55	9	10	36	30	5	1	83 %
Sollebrunn	48	2	16	30	8	11	11	27 %
Totalt	123	14	34	75	43	18	14	57 %

³ <https://www.skogforsk.se/kunskap/kunskapsbanken/2018/ny-gis-modell-placerar-avlaggen-ratt/>

FORTSATT UTVECKLING AV BASVÄGSFÖRSLAG

Följande förslag till fortsatt utveckling noterades under projektet:

- En strukturerad utvärdering av de justerbara lutningsparametrarna och hur dessa inställningar påverkar basvägsplaceringen i praktiken.
- Identifiera och dokumentera hur regionala avvikelser ska hanteras.
- Fördjupad utvärdering av skotningsavstånd och jämförelser med alternativa, i praktiken använda, metoder.
- Inkludera avläggen i optimeringsförslaget för ett mer komplett förslag. Även viktigt att vidareutveckla regionala krav för att identifiera lämpliga avläggsplatser.
- Utvärdera användbarheten i förstagallringar då andra basvägsalternativ saknas.

Referenser

- Berg, R., Bergkvist, I., Lindén, M., Lomander, A., Ring, E. & Simonsson, P. 2010. Förslag till en gemensam policy angående körskador på skogsmark för svenskt skogsbruk. Skogforsk.
- Bergkvist, I., Friberg, G., Mohtashami, S. & Sonesson, J. 2014. STIG-projektet 2010–2014. Arbetsrapport 818–2014. Skogforsk.
- Friberg, G. (2014). En analysmetod för att optimera skotning mot minimerad körsträcka och minimerad påverkan på mark och vatten. SLU, Institutionen för skogens produkter. Uppsala.
- Friberg, G. & Bergkvist, I. 2016. Så påverkar arbetsrutiner och markfuktighetskarter körskador i skogsbruket. Arbetsrapport 904–2016. Skogforsk. Uppsala.
- Flisberg, P., Forsberg, M. & Rönnkvist, M. 2007. Optimization based planning tools for routing of forwarders at harvest areas. *Canadian Journal of forest research* 37(11), 2153–2163.
- Jönsson, P., Westlund, K., Flisberg, P. & Rönnkvist, M. 2011. Skotningsplanering av rundvirke, GROT och stubbar. Arbetsrapport 753. Skogforsk.
- Lidberg, W. 2019. Digital wet areas mapping. Doctoral thesis. 2019:10.
- Murphy, P.N.C, Ogilvie, J., Arp, P.A., 2009. Topographic modelling of soil moisture conditions: a comparison and verification of two models, *European journal of soil science* (16), p: 94–109
- Willén, E., Friberg, G., Flisberg, P., Andersson G., Rönnkvist, M., Westlund, K. & Jönsson, P. 2017a. Bestway – beslutsstöd för förslag till huvudbasvägar för skotare – Metodrapport. Arbetsrapport 932-2017. Skogforsk Uppsala.
- Willén, E., Friberg, G., Flisberg, P. & Andersson, G. 2017b. Bestway – beslutsstöd för förslag till huvudbasvägar för skotare. Demonstrationsrapport BillerudKorsnäs – Mellanskog. Arbetsrapport 955. Skogforsk.
- Willén, E., Friberg, G., Flisberg, P. & Frisk, M. 2017c. Bestway – beslutsstöd för förslag till huvudbasvägar för skotare. Demonstrationsrapport Södra. Arbetsrapport 959. Skogforsk.

Bilaga 1. Hänsynsskikt Södra

Hänsynsskikt	No-Go Area	Kommentar
NVV_Kulturresevat	Nej	Tas bort
Nationalparker	Nej	NVV - tas bort
Natura2000	Nej	NVV
Naturresevat	Ja	NVV
Naturvardsomraden	Nej	NVV - Skogsbruk är ok - Samråd
FMIS, RAÄ linjer	Ja	Osäkra lägen, buffra 5 m
FMIS, RAÄ punkter	Ja	Osäkra lägen, buffra 5 m
FMIS, RAÄ ytor	Nej	Osäkra lägen, buffra 5 m
Sks Biotopskydd	Ja	
Sks Naturvarden	Nej	Naturvärdesobjekt -Samråd
Sks Naturvardsavtal	Ja	
Sks SkogHist linjer	Ja	Osäkra lägen, buffra 5 m
Sks SkogHist ytor	Nej	Osäkra lägen, buffra 5 m
Sks SkogHist punkt	Ja	Osäkra lägen, buffra 5 m
Sks Sumpskogar	Nej	Stora områden - Samråda 1+2
Sks Nyckelbiotop	Ja	
Södra NS, NO	Nej	