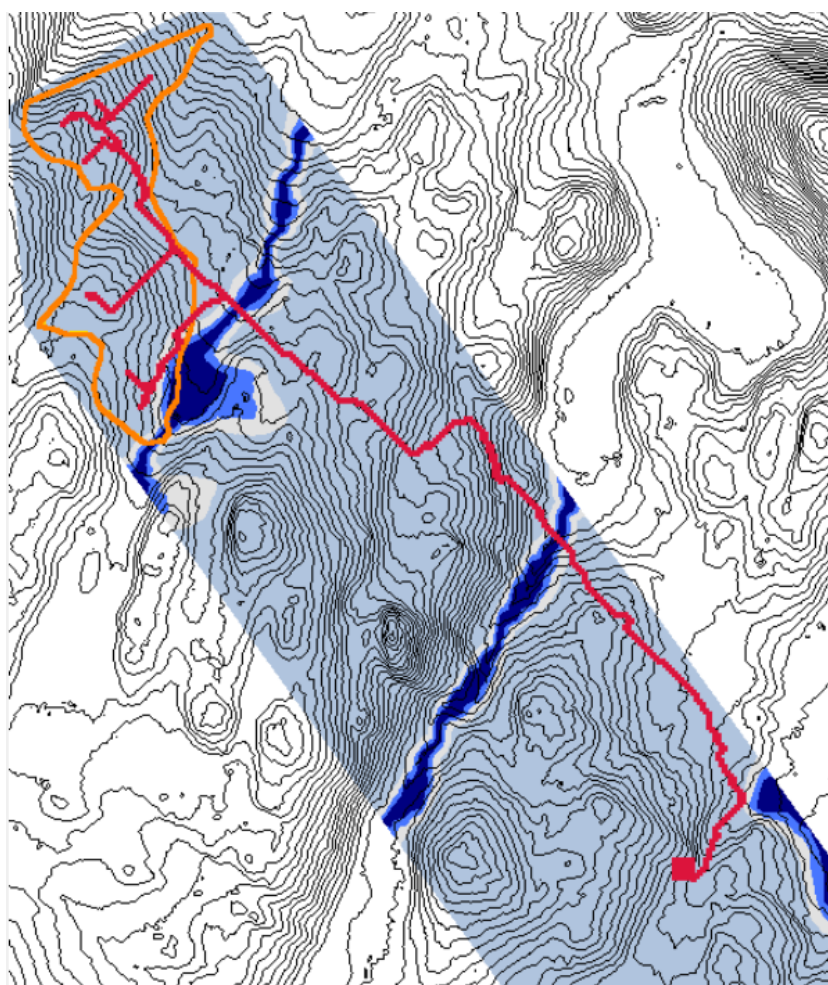


Rapport: Evaluering av Bestway – støtteverktøy for planlegging av busveger



Prosjektet ble finansiert med støtte fra
Utviklingsfondet for skogbruket (18/79935) og Skogtiltaksfondet (B2019-12)

Innhold

Introduksjon	3
Prosjektets målsetning	3
Beskrivelse av inndata	3
Bruk av programmet.....	4
Evaluering av Bestway	6
Beregning av traséforslag	6
Befaring av traséforslag	7
Oppsummering.....	8
Diskusjon	8
Kvaliteten på terrengmodellen.....	8
Beregninger på flere bestand og med flere velteplasser	8
Feltapplikasjon.....	8
Hjelpemiddel for å unngå kjøreskader.....	10
Forslag til forbedringer	11
Takk til	11
Vedlegg 1 - Befaringsrapport.....	12

Introduksjon

Arbeidet med å digitalisere operative oppgaver i skogbruket blir drevet framover av tilgang på digitale data, data-verktøy og praktisk anvendelse av informasjonen fra disse. Fokus på å effektivisere avvirkning og utkjøring av tømmer, og samtidig minimere kjøreskader har motivert produksjonen av «markfuktighetskart» som støtte for planlegging av kjøring i terrenget. En videreutvikling av dette er å kombinere informasjon om fuktighet, skogvolum, terrenghelling og plassering av velteplass for å «optimalisere» terrengkjøringen. Riktig valg av traséer for utkjøring av tømmer i forbindelse med avvirkning er avgjørende for å redusere negativ påvirkning på skogsmarka og lokal vannføring. Med dette som utgangspunkt har Skogforsk i Sverige utviklet støtteverktøyet Bestway for å lette planleggingen av driftstraséer og basveger.

Skogforsk har siden 2015 arbeidet med å utvikle Bestway og programmet har i løpet av de siste årene blitt utprøvd hos flere større skogselskap i Sverige^{1,2,3} med positive erfaringer. Noen hovedkonklusjoner var at programmet ga nyttige basvegforslag som tok hensyn til topografi, stående volum, markfuktighet og andre hensyn samtidig. For planleggere er dette utfordrende særlig på store og uoversiktlige areal. Videre ga forslagene nye idéer for trasévalg og drift, samt grunnlag for bedre kommunikasjon mellom planlegger og maskinlag.

Viken Skog og Skogkurs fikk låne programmet for utprøving i Norge med et særlig fokus på terrenghelling. Programmet ble testet hos Nordsinni Sameie i Nordre Land, en eiendom på ca. 20.000 daa. Denne rapporten sammenfatter våre erfaringer med programmet.

Prosjektets målsetning

Prosjektets hovedmål var å evaluere og dokumentere bruk av det digitale støtteverktøyet Bestway til bruk for planlegging av basveger. Dette har blitt gjort ved at programmet har blitt tatt i bruk på en større skogeiendom og erfaringer både fra bruk av programmet og hovedsakelig forslag for basveger er oppsummert i denne rapporten.

Beskrivelse av inndata

Bestway trenger tre lag med grunnlagsdata samt bestandsgrense og velteplass for å kunne kjøres. De tre grunnlagsdataene, som skal være i rasterformat, er terrengmodell, skogvolum og markfuktighet. Grunnlagsdataene ble levert av Viken skog, men er også ofte tilgjengelig fra Kartverket (terrengmodell⁴) og NIBIO (skogvolum⁵ og markfuktighet⁶). Det er også mulig

¹ Bestway – beslutsstöd för förslag till huvudbasvägar för skotare – demonstrasjonsrapport Södra. Skogforsk Arbetsrapport 959-2017.

<https://www.skogforsk.se/contentassets/dfa86cbff378473293a799a9ac19a350/arbetsrapport-959-2017.pdf>

² Bestway – beslutsstöd för förslag till huvudbasvägar för skotare – demonstrasjonsrapport BillerudKorsnäs-Mellanskog. Skogforsk Arbetsrapport 955-2017.

<https://www.skogforsk.se/contentassets/60d1a46520644987bfce2624db7fab2/arbetsrapport-955-2017.pdf>

³ Bestway – beslutsstöd för förslag till huvudbasvägar i slutavverkning – demonstrasjonsrapport Södra Skogsägarna. Skogforsk Arbetsrapport 1020-2019.

⁴ <https://hoydedata.no>

⁵ <https://www.nibio.no/tema/skog/kart-over-skogressurser/skogressurskart-sr16>

⁶ <https://www.nibio.no/tema/jord/arealressurser/andre-kart/markfuktighet>

å produsere egne grunnlagsdata med utgangspunkt i data fra flybåren laserskanning og eventuelle feltregistreringer av skogvolum. Å produsere egne grunnlagsdata er kanskje mest aktuelt for terrengmodellen hvor det erfaringsmessig har vært en del feil i modellen fra Kartverket. I denne evalueringen ble det benyttet en terrengmodell med en meters oppløsning. I Sverige er det vanlig å benytte en terrengmodell med to-meters oppløsning, dette vil gjøre beregningene raskere dersom det skal kjøres beregninger over større områder. Skogvolumet hadde en oppløsning på ca. 16 m og markfuktighetskartet en oppløsning på 1 m. Skogvolumet og terrengmodellen kunne anvendes slik de var, mens markfuktighetskartet måtte deles inn i fire klasser: mindre enn 0.25 m, 0.25 – 0.5 m, 0.5 – 1 m og mer enn 1 m. Meterangivelsen beskriver beregnet avstand til grunnvann.

Bestandsavgrensning og velteplass var i vektorformat, henholdsvis som polygon og punkt. Det er også mulig å bruke linje for velteplass, men Skogforsk anbefalte å bruke punkt. Skogbruksplandata ble levert av Viken skog med godkjenning av grunneier Nordsinni Sameie. Aktuelle bestand til evalueringen ble valgt ut med utgangspunkt i hogstklasse V, og med høy maksimal eller gjennomsnittlig terrenghelling. Totalt ble 44 bestand valgt ut som aktuelle for evaluering. Velteplasser ble registrert på befaringskart av Skogkurs.

I tillegg til de fem datasettene som programmet trenger for å kunne kjøres kan det legges inn informasjon om hvor det ikke skal kjøres (NoGo) og hvor det skal kjøres *tvingende veigar*. NoGo kan typisk være naboeiendommer hvor det ikke skal kjøres, vann, bebyggelse, kulturminner, nøkkelbiotoper o.l. Tvingende veigar kan typisk være bruer eller andre krysningspunkter for bekker og våtmark eller eksisterende driftsveigar, gamle traktorveigar o.l. NoGo kan legges inn både som områder (polygoner) og linjer, og tvingende veigar som linjer.

Bruk av programmet

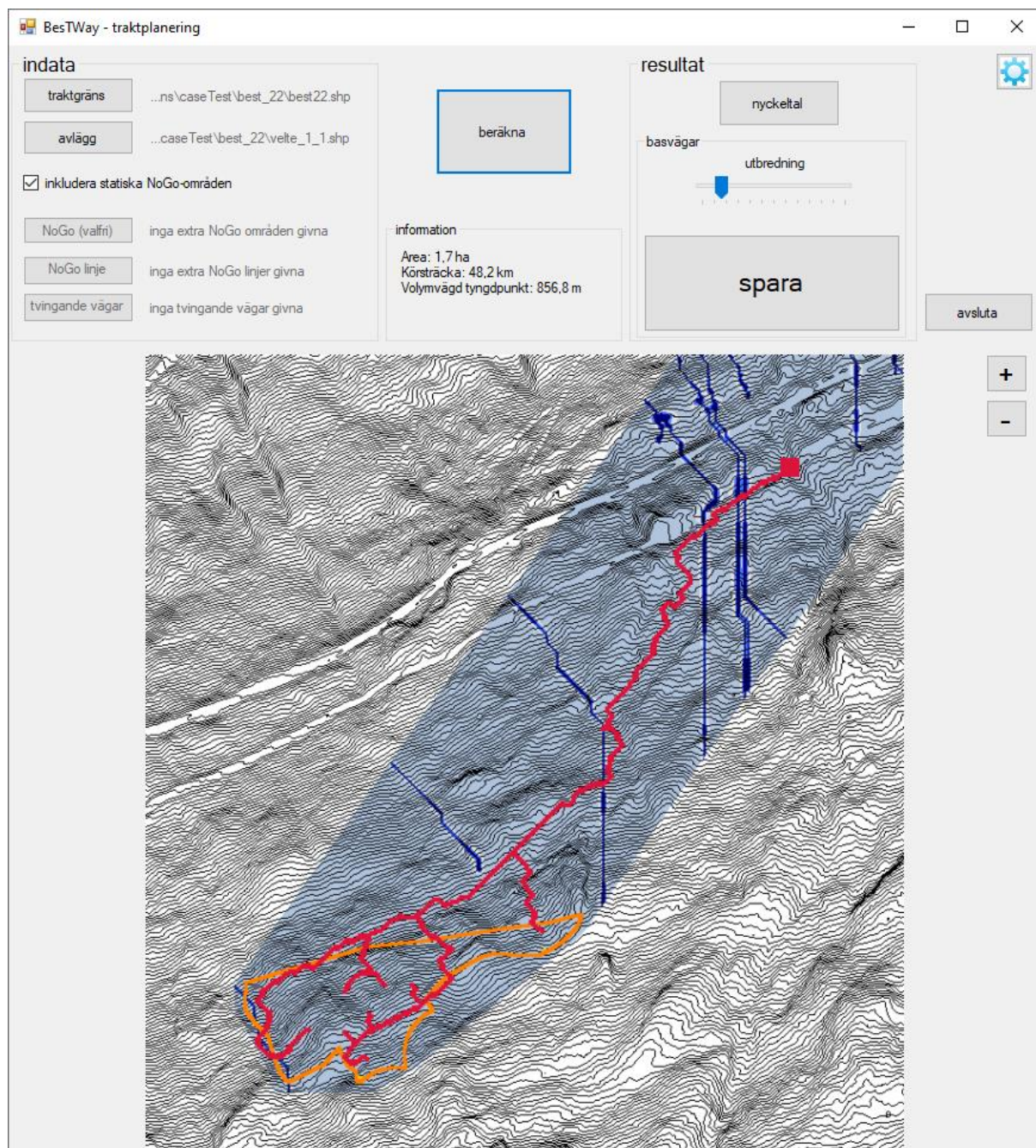
Programmet kommer med beskrivelse av filer, struktur og endringer av filer som er nødvendige for å kjøre programmet, men brukervennligheten på programmet er i utgangspunktet lav. Bestway, som levert fra Skogforsk, egner seg best til demonstrasjon av hvordan algoritmene fungerer og hvilke forslag og informasjon programmet gir. Programmet har blitt videreutviklet for enkelte av de store skogselskapene med tanke på praktisk bruk og er i bruk under navn som *Skotaroptimering*⁷ og *Timertrail*⁸.

Skogforsk versjon har et brukervindu som heter traktplanering (figur 1) hvor man angir bestandsgrense og velteplass og eventuelle NoGo-områder og tvingende veigar. Vinduet har selvforklarende funksjoner med knapper for å kjøre beregning og ta ut nøkkeltall. Det er også en skaleringsbryter som regulerer utbredelsen av sporforslaget (figur 2). *Spara*-knappen eksporterer traséforslaget i shape-format og en tekst-fil med resultater fra analysen. Shape filene gjør at forslaget enkelt kan brukes i andre GIS-verktøy. Resultatene fra analysen inneholder informasjon om areal, volum, kjøreavstand og gjennomsnittlig kjøreavstand basert på areal og volum. De samme resultatene åpnes automatisk i et eget vindu (figur 3) etter beregningen. I traktplaneringsvinduet har man også tilgang på menyen for innstillinger (symbolisert med et tannhjul). I innstillingene kan vi endre forutsetningene for beregningene med faktorer for grenser og følsomhet for: helling sideveis og i kjøreretningen. Det er videre

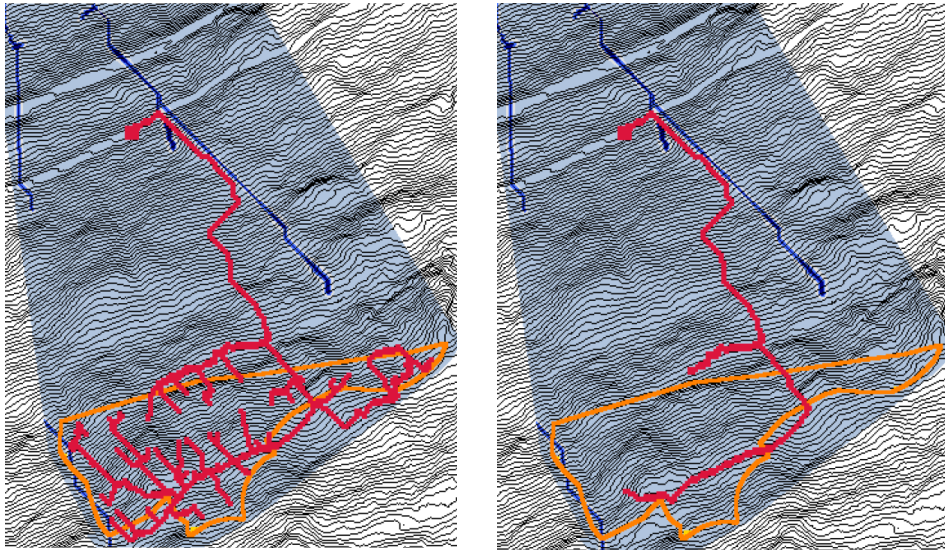
⁷ <https://www.sca.com/sv/nyheter/2019-11/smart-beslutstod-for-avverkning-bra-for-miljon-och-ekonomi/>

⁸ <https://creativeoptimization.se/en/timbertrail-en/#timbertrail>

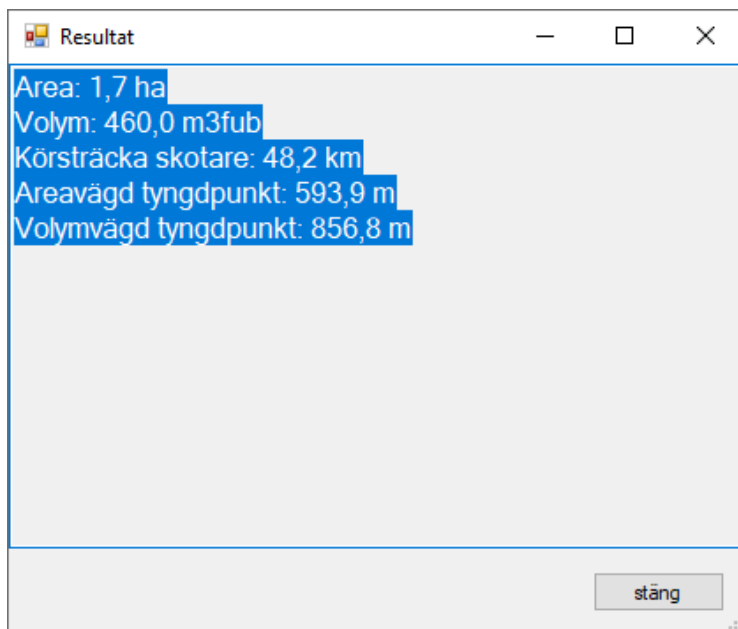
forutsetninger for kjørehastighet og andre prestasjonsfaktorer. Programmet ble kjørt med standardinnstillinger som vist i figur 6.



Figur 1. Traktplanering.



Figur 2 Man kan regulere utbredelsen av traséforslaget (rødt). Bestand i oransje.



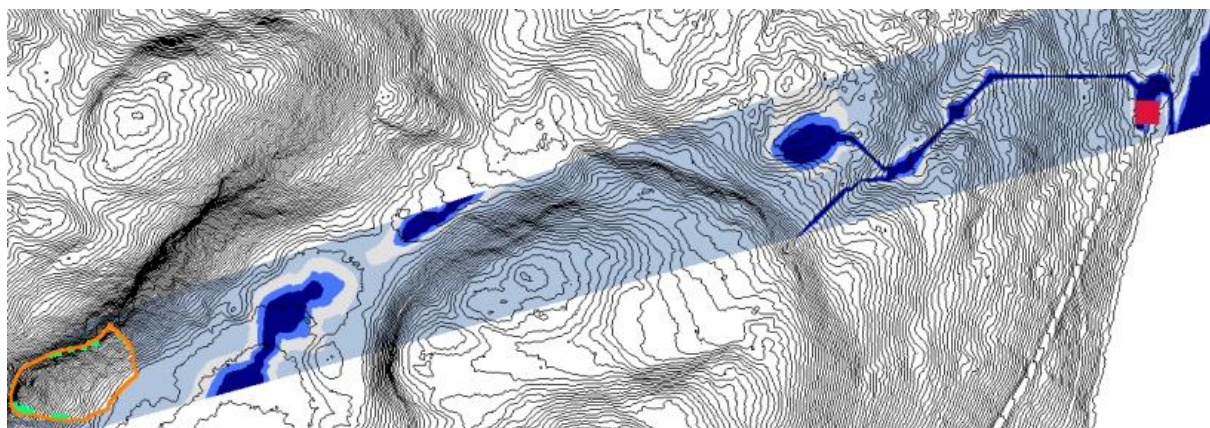
Figur 3. Resultat

Evaluering av Bestway

Beregning av traséforslag

Før beregningene ble utarbeidet ble det klart at en del av de opprinnelige 44 bestandene var for bratte til å kunne avvirket med hogstmaskin, og det ble derfor ikke utarbeidet noen traséforslag for 12 bestand som i hovedsak lå i den nord-østre delen av eiendommen. De resterende 32 bestandene ble beregnet i Bestway hver for seg og med en enkelt velteplass per bestand. For fem av bestandene ga ikke programmet noen løsning. I to av tilfellene skyldtes dette at terrenget mellom bestand og velteplass var for vanskelig tatt i betraktning til de forutsetningene som var satt for beregningen. Dette skyltes delvis en begrensning i programmet som gjør at området som er tilgjengelig for beregninger. Som grunnlag for beregningene tar programmet ut en korridor i grunnlagsdata som dekker området mellom bestandet og velteplass. Ved små bestand blir arealet lite, og ved lange utkjøringer smalt. Det

blir da vanskelig for programmet å finne gode løsninger fordi søkeområdet er begrenset. Figur 5 viser eksempel på at programmet ikke har funnet et traséforslag. Den samme effekten kan man få dersom det ligger NoGo-områder som blokkerer traséen mellom bestandet og velteplassen. I disse tilfellene kan løsningen være å flytte velteplassen nærmere bestandet eller legge inn en tvingende veg som man planlegger selv basert på å lese terrenget. De andre tre bestandene hvor programmet ikke fant noen løsning lå nær kanten av grunnlagsdata, noe som vi antok at kunne forklare problemet. Vi forsøkte derfor å løse problemet ved å flytte bestandsgrensene, uten at dette løste problemet.



Figur 4. Små bestand (oransje polygon) og lange utkjøringer gjør det vanskelig å finne løsninger for traséforslag. Velteplass som rødt kvadrat.

Befaring av traséforslag

23 av de 27 beregnede traséforslagene ble befart i felt i perioden 11.10-03.11.2019 av personell med lang erfaring i driftsplanlegging. De subjektive vurderingene og kommentarene til traséforslagene er presentert i tabellen i Vedlegg 1. Totalvurderingen er at programmet ofte finner gode løsninger. I bratt terreng betyr dette som regel å finne de slakeste partiene i terrenget. De andre faktorene som kjørelengde, volum og hensyn til markfuktighet betyr mindre.

Befaringene viste også at det er behov for forberedelse av NoGo-data som inkluderer vann, bebyggelse og evt. andre hensyn. Dette ville endret forslagene i bestandene 143, 144 og 269 hvor traséen var lagt inntil ei hytte, og for bestand 144 også over vann.

Programmet ble kjørt med standard innstillinger (figur 6, t.v.), men under befaringene ble det vurdert at en del forslag resulterte i for mye terrenghelling sidevegs, og at forslagene hadde blitt bedre med lavere verdier for sidehelling og høyere følsomhet for sidehelling. Dette ble bekreftet ved å gjenta beregningene med nye innstillinger (figur 6, t.h.) etter befaring. Dette er innstillinger som påvirkes av oppløsningen og kvaliteten på terrengmodellen. En modell med høy oppløsning vil fange opp mindre terrengformasjoner, men samtidig være mer følsom for feil, som igjen fører til feil i traséforslagene. En modell med lavere oppløsning vil kunne gi traséforslag med mindre feil og rariteter, men samtidig ikke ta hensyn til enkelte vanskelige partier i terrenget.

Oppsummering

Evalueringene fra flere områder i Sverige dokumenterer at programmet finner og beskriver aktuelle traséforslag som er nyttige for driftsplanleggingen. Denne evalueringen fra Norge, med fokus på bratt terreng, viser det samme. Vi mener basert på dette at programmet er et aktuelt verktøy for planlegging av skogsdrifter. Imidlertid vil det å kunne gjøre endringer og nye beregninger i felt være en klar fordel for praktisk bruk (se avsnitt om feltapplikasjon under diskusjonen). Under oppsummeres evalueringen punktvis:

- Krever litt forarbeid for å etablere grunnlagsdata og geodata som begrenser trasémulighetene (NoGo).
- God hjelp i ukjent og vanskelig terreng og ved lang terrengkjøring. I disse tilfellene er det ofte utfordrende å finne den slakeste ruta.
- For å utvide søkemulighetene skulle programmet gjerne hatt muligheter for å utvide søkeområdet. Dette er kanskje mer aktuelt i Norge enn i Sverige da vi oftere har mindre bestand og lengre terrengkjøring.
- God hjelp for uerfarne planleggere.
- Planlegging av drifter bør gjøres på barmark, men dersom dette må gjøres etter snøfall er forslagene svært verdifulle.
- Nyttig med «nye» forslag. Dette vil være enda mer verdifullt med muligheter for å gjøre alternative beregninger i felt.
- Tilleggsinformasjon om kjørelengder er et godt utgangspunkt for prisfastsettelse og kontrakter.

Diskusjon

Kvaliteten på terrengmodellen

Kvaliteten på terrengmodellen kan påvirke resultatet mye. I ulendt terreng med mindre hindringer, vil en modell med høy oppløsning gjøre at man «ser» viktige detaljer og små terrengformasjoner som kan være avgjørende for traséforslagene. I store deler av Norge har vi nå tilgang på en detaljert terrengmodell med 1 m oppløsning og denne anbefales brukt. Men en detaljert terrengmodell gjør også at beregningene blir tunge for større områder, og det kan derfor vurderes om for eksempel 2 m oppløsning kan benyttes i enkelte områder.

Beregninger på flere bestand og med flere velteplasser

To viktige momenter som ikke ble undersøkt var 1) beregninger på flere bestand samtidig og 2) beregninger med flere velteplasser. Begge deler er mulig, men utvider arealet og datamengden som skal analyseres. Beregninger med flere bestand og flere alternative velteplasser vil gi andre resultater og bedre resultater ved planlegging av drift i flere bestand samtidig. Noe som ofte er realiteten. Figur 8 viser en beregning med to velteplasser.

Feltapplikasjon

Å kunne bruke programmet i felt har åpenbare fordeler. Dette gir muligheter for å legge inn eller justere velteplasser, eksisterende veger eller hindringer, og å gjøre nye traséberegninger i felt. Feltapplikasjon tilbys i dag i Sverige av to konsulentfirma, Dianthus og Creative Optimization.

inställningar

lutning i sidled

max tillåten (grader)

basväg max (grader)

känslighet

branthet i körriktningen

max tillåten (grader)

basväg max (grader)

känslighet

körhastighet skotare

tomköring (m/s)

fullastad köring (m/s)

kran i arbetsläge (m/s)

övrigt skotardata

lastningstid (min/m³)

lossningstid (min/lass)

lasskapacitet (m³)

kranam längd (m)

återställ standardinställningar

inställningar

lutning i sidled

max tillåten (grader)

basväg max (grader)

känslighet

branthet i körriktningen

max tillåten (grader)

basväg max (grader)

känslighet

körhastighet skotare

tomköring (m/s)

fullastad köring (m/s)

kran i arbetsläge (m/s)

övrigt skotardata

lastningstid (min/m³)

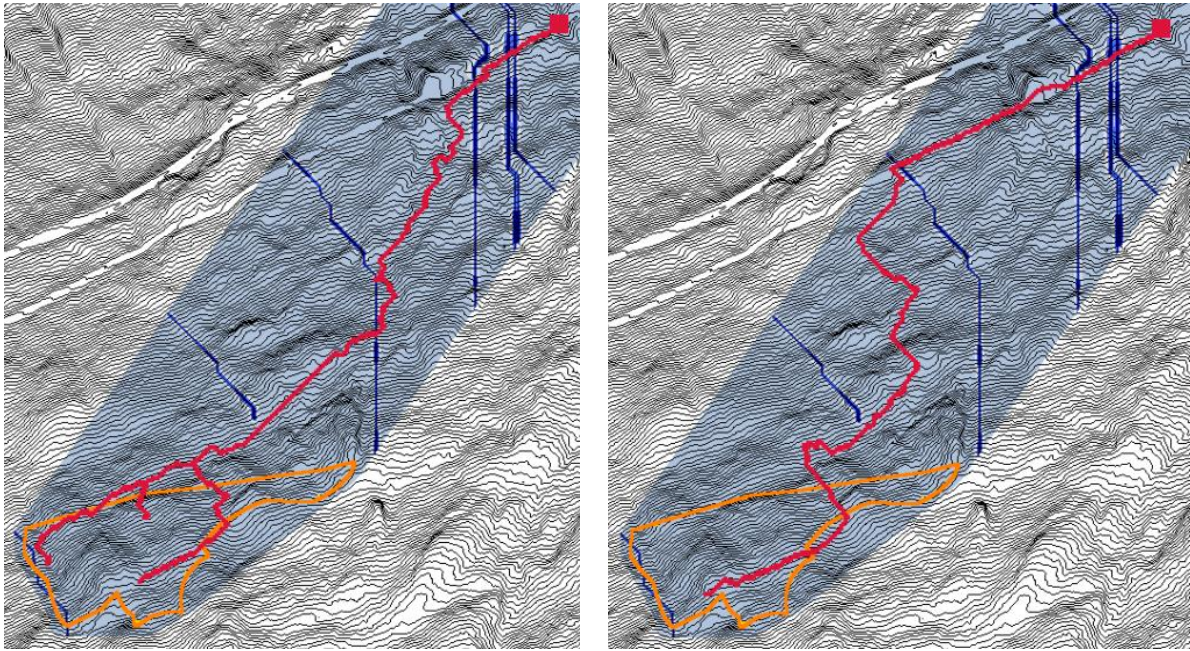
lossningstid (min/lass)

lasskapacitet (m³)

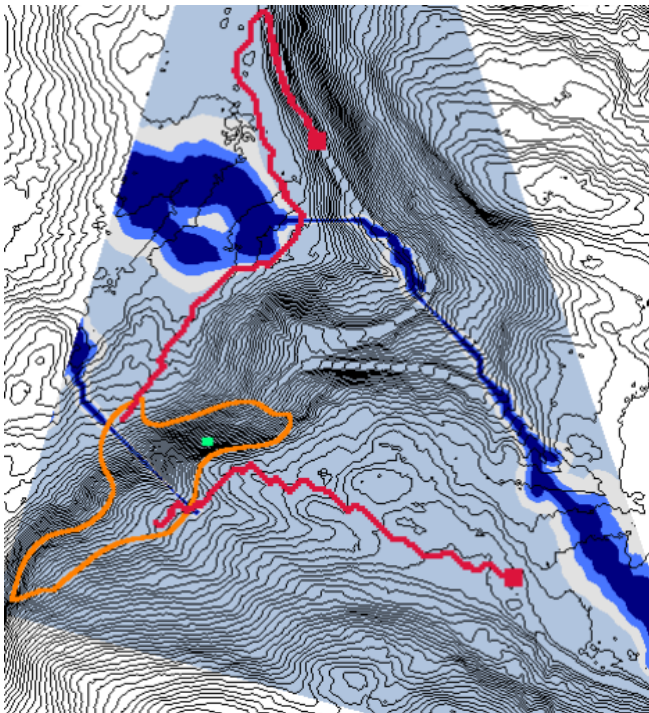
kranam längd (m)

återställ standardinställningar

Figur 5. Innstillinger for beregninger. Standard innstillinger til venstre og justerte innstillinger etter befarng av forslag til høyre.



Figur 6. Resultater av endrede innstillinger for beregninger. Resultat med standard innstillinger til venstre og justerte innstillinger til høyre



Figur 7. Beregning med to velteplasser.

Hjelpemiddel for å unngå kjøreskader

Et viktig argument for å ta i bruk programmet i Sverige har vært for å unngå kjøreskader. Dette er et aktuelt argument også i Norge, men ble ikke vurdert i denne undersøkelsen da terrenget var den dominerende faktoren for beregningene. Undersøkelsene utført i Sverige viser imidlertid at i slakere terreng blir markfuktighet viktigere og programmet et viktig hjelpemiddel for å unngå kjøreskader.

Forslag til forbedringer

Prosedyren for uttak av grunnlagsdata begrenser, som beskrevet ovenfor, det geografiske området for beregning av traséforslag. I Norge vil det derfor være en stor fordel å ha muligheten for å utvide beregningsområdet. Dette kan for løses på ulike måter, for eksempel ved å utvide området med ulike buffersoner eller med mulighet for å angi beregningsområdet manuelt.

Innstillingene for å endre begrensninger og følsomhet for terrenghelling fungerte bra etter vår vurdering. Vi kunne derfor ønsket å ha denne muligheten også for markfuktighet. Dette vil kunne være en styrke for å anvende programmet under situasjoner med særlig tørre eller fuktige deler av året.

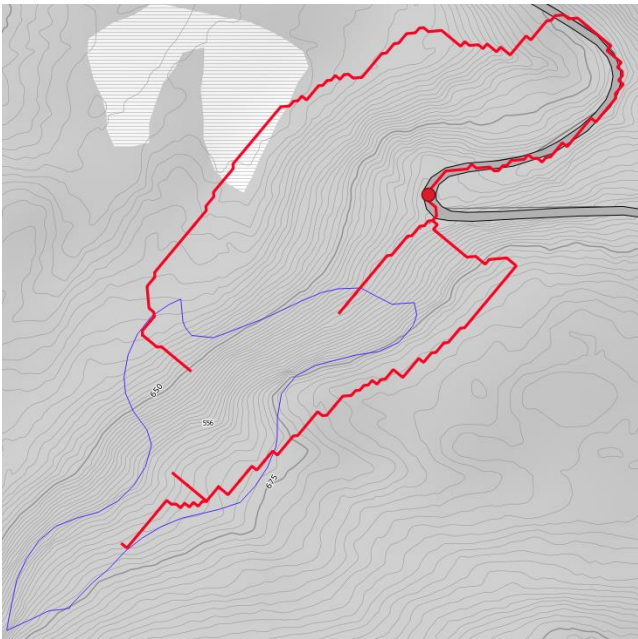
Takk til

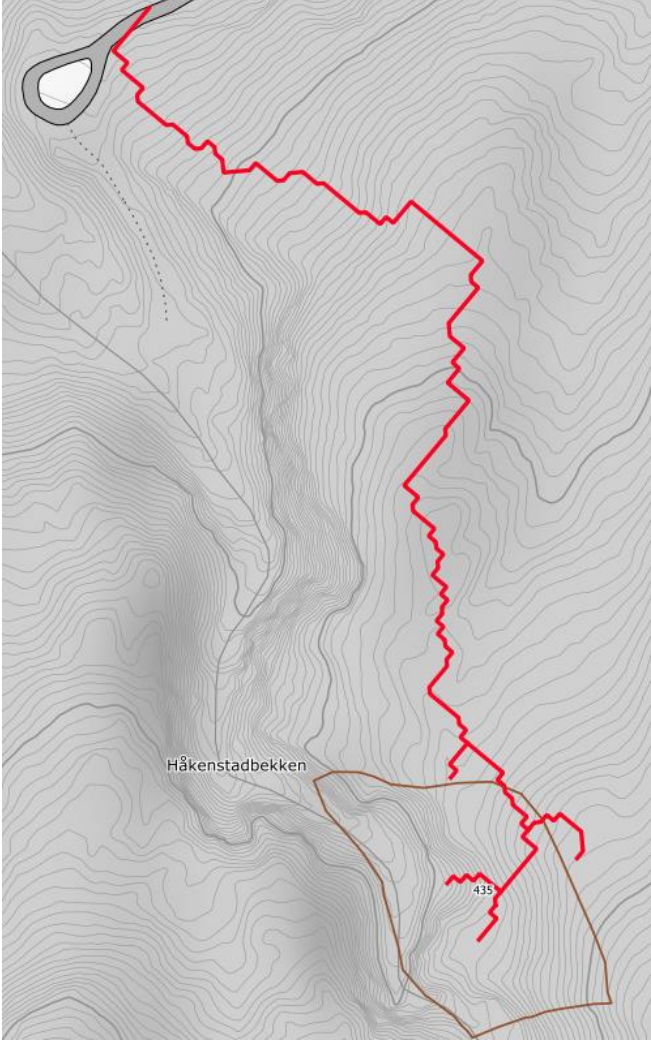
Vi ønsker å takke Hallgeir Thorsen, Nordsinni Sameie, for benyttelse av skogbruksplandata og Erik Willén, Skogforsk, for god veiledning og utlån av Bestway.

Biri/Askim 19. desember 2019,

Skogkurs ved Endre H. Hansen og **Viken Skog** v Svein Dypsund

Vedlegg 1 - Befaringsrapport

Bestand	Befaringskommentar
3	Grei linje. Kun små justeringer nødvendig. Programmet har funnet det linjeforslaget som gir slakeste linje.
5	Linje lagt i eldre utkjøringsveg
118	80 % grei linje. Noe av traséen i en bekk. Litt for mye sidehelling.
144	Vanskelig. Bestandet er i utgangspunktet for bratt for å kjøres. OK veglinje frem til vann. Har deretter lagt linja over vannet. Vann må legges inn som NoGo dersom det ikke planlegges å kjøre på isen.
143	Grei trasélinje. Noen småjusteringer. Eldre traktorveg er ikke lagt inn på kart. Bruk av denne kunne kortet ned transporten mye.
269	Grei trasélinje. Noen småjusteringer. Linja lagt inntil hytte. Bebyggelse o.l. må legges inn som NoGo for å unngå dette (gjelder også flere bestand).
203	Bratt. Linje lagt til flateste område i terrenget, bra utkjøringsveg.
204	Bratt. Linje lagt til flateste område i terrenget, bra utkjøringsveg.
282	Fin linje. Bra utkjøringsveg.
2	Grei utkjøringsveg. Litt for mye sidehelling enkelte steder. Linjer lagt på flateste områder i terrenget.
21	Bratt. Grei utkjøringsveg. Litt for mye sidehelling enkelte steder. Linjer lagt på flateste områder i terrenget.
22	Bratt. Grei utkjøringsveg. Litt for mye sidehelling enkelte steder. Linjer lagt på flateste områder i terrenget.
183	Bratt/vanskelig. Linjene er lagt i slakeste del av terrenget. Mange svinger for å finne disse, som gir utfordringer med sidehelling.
556	Dårlig løsning. Beregnet tre trasélinjer. Her burde vi antageligvis lagt inn to velteplasser. Dette ble bekreftet i etterkant med ny beregning (se figur 8). Opprinnelig traséforslag i figur under.
	
561	Grei linje. Noen småjusteringer pga. for mye sidehelling.
603	Grei linje. Noen småjusteringer.
713	Grei linje. Noen småjusteringer.

435	<p>Elvedal med store utfordringer pga. helling. Figuren under viser traséforslag og det vanskelige terrenget.</p> 
436	<p>Vanskelig. Om mulig burde det blitt kjørt ny analyse under befaring med alternativ plassering av velteplass. Dette var ikke mulig med vår versjon av programmet.</p>
442	<p>Utfordrende, men bra trasélinje. Noen justeringer.</p>
531	<p>Elvedal med store utfordringer. Ønsker muligheter for ny beregning og flytting av velteplasser under befaring.</p>
534	<p>Elvedal med store utfordringer. Ønsker muligheter for ny beregning og flytting av velteplasser under befaring.</p>
587	<p>Elvedal med store utfordringer. Ønsker muligheter for ny beregning og flytting av velteplasser under befaring.</p>