

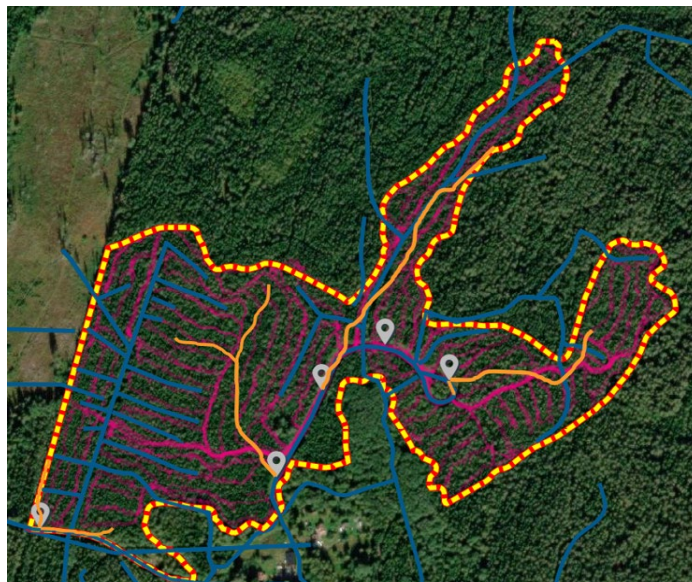


Jämförelse av uppskattat terrängtransportavstånd mellan beslutstödet Timbertrail och Stora Enso Skogs bortsättningshandbok

*Comparison of estimated extraction distance between the
decision support system Timbertrail and Stora Enso Skog's
instruction handbook*

EMIL ARKEGRIM

ANDREAS APPELBRING



Examensarbete i skogshushållning, 15 hp

Serienamn: Examensarbete /SLU, Skogsmästarprogrammet 2023:17

SLU-Skogsmästarskolan

Box 43

739 21 SKINNSKATTEBERG

Tel: 0222-349 50

Jämförelse av uppskattat terrängtransportavstånd mellan beslutstödet Timbertrail och Stora Enso Skogs bortsättningshandbok

Comparison of estimated extraction distance between the decision support system Timbertrail and Stora Enso Skog's instruction handbook

Emil Arkegrim
Andreas Appelbring

Handledare: Back Tomas Ersson, SLU Skogsmästarskolan

Examinator: Eric Sundstedt, SLU Skogsmästarskolan

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Självständigt arbete (examensarbete) med nivå och fördjupning G2E med möjlighet att erhålla kandidat- och yrkesexamen

Kurstitel: Kandidatarbete i Skogshushållning
Kursansvarig institution: Skogsmästarskolan
Kurskod: EX0938
Program/utbildning: Skogsmästarprogrammet

Utgivningsort: Skinnskatteberg
Utgivningsår: 2023

Omslagsbild: Urklipp från programmet Timbertrail Foto: Emil Arkegrim

Elektronisk publicering: <https://stud.epsilon.slu.se>

Serietitel: Examensarbete/SLU, Skogsmästarprogrammet
Delnummer i serien: 2023:17

Nyckelord: skotning, prissättning, planering, basstråk, basväg



Sveriges lantbruksuniversitet
Skogsvetenskapliga fakulteten
Skogsmästarskolan

Sammanfattning

De tio senaste åren har det i Sverige nettoavverkats mellan 84–92 miljoner m³sk per år och vanligt är att avverkningen planeras, samt beräkning av terrängtransportavståndet. Under dessa tio år har det även utvecklats flera olika beslutstöd för att effektivisera, standardisera och förbättra processen att planera basstråk och basvägar samt att beräkna terrängtransportavståndet. Något som lett till att intresset för dessa beslutstöd och vad de kan åstadkomma har ökat inom skogsbruket. För att öka användandet behövs fler studier om hur beslutstöden överensstämmer med dagens metoder.

Studiens syfte var att jämföra terrängtransportavstånd enligt Stora Enso Skogs Bortsättningshandbok med Timbertrails förslag till terrängtransportavstånd. Ett delsyfte var att undersöka produktionsledarnas spridning vid beräkning av terrängtransportavståndet enligt Bortsättningshandboken.

Datamaterialet som användes i studien hämtades hos Stora Enso Skogs register om trakter som redan var bortsatta och slutkorrigerade. Beräkningen av terrängtransportavståndet med Timbertrail utfördes på 1113 stycken trakter, avverkade under 2022 inom Stora Enso Skogs verksamhetsområde.

Resultatet visade att i genomsnitt var Timbertrails avstånd inklusive simulerad lossningssträcka endast 0,54 procent kortare än Bortsättningshandbokens avstånd. Denna skillnad var inte statistiskt signifikant. Inte heller för specifika avverkningsformer eller ursprung visade analysen på någon signifikant skillnad i avstånd mellan Timbertrail och Bortsättningshandboken.

Vid en jämförelse av de uppskattade avstånden mellan produktionsledarna, expertbedömningen och Timbertrail, framkom att expertens bedömning var den kortaste i både gallrings- och slutavverkningstrakterna, jämfört med produktionsledarna och Timbertrail. Det kan noteras att Timbertrail hade kortare avstånd än produktionsledarna. Det observerades en signifikant skillnad mellan produktionsledarnas och expertens bedömning av terrängtransportavståndet, men inte mellan produktionsledarna och Timbertrail.

Sammanfattningsvis visade studien att Timbertrails terrängtransportavstånd överensstämmer med Bortsättningshandboken. Studien indikerade även att produktionsledare beräknade ett längre terrängtransportavstånd med Bortsättningshandboken gentemot ett expertbedömt avstånd. Dessa resultat kan vara användbara för att informera beslutsfattare inom Stora Enso Skog, och hjälpa till att optimera beräkningarna för terrängtransportavståndet med hjälp beslutstödet Timbertrail.

Nyckelord: skotning, prissättning, planering, basstråk, basväg

Abstract

Over the past ten years, Sweden has logged 84 to 92 million cubic meters of wood per year. It is common practice to calculate the extraction distance before logging. During the last ten years, several decision support systems have been developed to streamline, standardize, and improve the process of planning haul trails, main extraction trails, and calculating extraction distances. This development has generated increased interest in the forestry sector regarding these decision support systems and their potential benefits. To promote their adoption, further studies are needed to examine how these systems align with current methods.

The primary objective of this study was to compare the extraction distances according to the Stora Enso Skog's instruction handbook with the proposed extraction distances by Timbertrail. The secondary objective was to investigate the dispersion of extraction distance estimates among production managers when using the guidelines provided in the instruction handbook.

The data for this study was obtained from the Stora Enso Skog's registry, which contains information on previously logged tracts. The calculation of extraction distances using Timbertrail was performed on 1113 tracts that were harvested in 2022 within the operational domain of Stora Enso Skog.

Our results showed that, on average, Timbertrail's distances, including simulated landing distances, were only 0.54 percent shorter than those calculated with the instruction handbook. However, this difference was not statistically significant. The analysis did not reveal any significant differences in extraction distances between Timbertrail and the instruction handbook for different harvesting methods (thinning vs clearcutting) or origin (own forest vs non-industrial private forests).

When comparing extraction distance estimates between the production managers, the expert assessment and Timbertrail, the expert assessment consistently yielded the shortest extraction distances in both thinning and clearcutting tracts. When comparing between production managers and Timbertrail, Timbertrail calculated shorter distances than the production managers did. There was significant difference between the production managers and the expert assessment, but not between the production managers and Timbertrail.

In conclusion, this study demonstrated that Timbertrail's terrain extraction distances align with those provided in the instruction handbook. The study also indicated that production managers estimated longer extraction distances when using the instruction handbook compared to the expert assessment. Our findings can be valuable for informing decision-makers within Stora Enso Skog and optimizing the calculations of extraction distances using the Timbertrail decision support system.

Keywords: forwarding, pricing, planning, main extraction trail, haul trail

Förord

Denna vetenskapliga rapport markerar slutet för Skogsmästarutbildning inom skogshushållning på Sveriges lantbruksuniversitet, SLU i Skinnskatteberg. Författarna har genomgående haft ett tätt samarbete och båda har varit likvärdigt involverade i alla delar av examensarbetet.

Inspiration till arbetet togs från ett examensarbete av Johan Sjöberg, utbildad jägmästare, vars studie analyserade Timbertrails förmåga att minimera körskador. Samt genom diskussioner mellan oss som skrivit arbetet. Detta arbete kan ses som en fördjupning av delar av Johan Sjöbergs examensarbete.

Vi vill ge ett stort tack till vår handledare Back Tomas Ersson för sin handledning genom vårt examensarbete. Sakkunnigheten inom området och alla råd, kommentarer och konstruktiva kritik under tiden vi skrivit arbetet har varit ovärderlig. Vi vill också tacka Fredrik Hedin, Erik Willén, Kevin Dahlberg och deltagande produktionsledare på Stora Enso Skog för deras hjälp med relevant data och information. Dessutom vill vi tacka Creative Optimization för deras hjälp att massköra och tillhandahålla data och expertis på alla trakter som ingick i studien.

Två personliga tack från Andreas riktas till min familj som ställt upp med tid och engagemang under tiden vi skrivit arbetet och till Emil som varit otroligt driven och kunnig som medskribent under hela examensarbetet.

Innehåll

1. INLEDNING	2
1.1 BAKGRUND	2
1.2 TIDIGARE STUDIER	2
1.3 BESLUTSSTÖD	3
1.4 BESTWAY	4
1.5 TIMBERTRAIL	4
1.6 STUDIENS NISCH	5
1.7 SYFTE OCH MÅL	5
2. MATERIAL OCH METODER	6
2.1 URVAL AV TRAKTER	6
2.2 JÄMFÖRELSE MELLAN TIMBERTRAIL OCH BORTSÄTTNINGSHANDBOKEN	8
2.3 TIMBERTRAIL OPTIMAL FOREST	9
2.4 AVVERKNINGSFORMER & RÄTT METOD	10
2.4.1 GALLRING	10
2.4.2 SLUTAVVERKNING	11
2.4.3 RÄTT METOD	12
2.5 TILLÄMPNING AV BORTSÄTTNINGSHANDBOKEN	12
2.6 URSPRUNG	15
2.7 STATISTISKA ANALYSER	15
3. RESULTAT	17
3.1 TIMBERTRAIL JÄMFÖRT MED BORTSÄTTNINGSHANDBOKEN	17
3.2 SKILLNADER I AVVERKNINGSFORM OCH URSPRUNG	18
3.3 PRODUKTIONSLEDARNAS UPPSKATTADE AVSTÅND JÄMFÖRT MED EXPERTBEDÖMNING OCH TIMBERTRAIL	19
4. DISKUSSION	20
4.1 HUVUDRESULTAT	20
4.2 JÄMFÖRELSE BEFINTLIG KUNSKAP	20
4.3 STUDIENS STYRKOR OCH SVAGHETER	22
4.4 REKOMMENDATIONER: FRAMTIDA STUDIER OCH IMPLEMENTERING	23
4.5 SLUTSATSER	24
REFERENSER	25
BILAGOR	29

1. Inledning

1.1 Bakgrund

De tio senaste åren har det i Sverige nettoavverkats mellan 84–90 miljoner m³sk per år (Skogsstyrelsen 2023). Ofta utförs planering av ytan där avverkningen ska ske, samt beräkning av medelterrängtransportavståndet (Laschi et al. 2016). Medelterrängtransportavstånd benämns i praktiken oftast bara *terrängtransportavstånd* (Tiger 2012). Det är även den term som kommer att användas i detta arbete (se Bilaga 7 för begreppsförklaring samt beräkning av terrängtransportavståndet). En vanlig metod för att beräkna terrängtransportavståndet är i geografiska informationssystem (GIS). Där man mäter avståndet fågelvägen mellan den punkt i avverkningstrakten som okulärt bedöms vara tyngdpunkten för volymen, till en punkt ute vid bilväg där virket ska lastas av (von Segebaden 1964). I Stora Enso Skogs beräkningar vid terrängtransportavståndet ingår även lossningsträckan vid avlägget för beräkningar av terrängtransportavståndet (Bilaga 1). I vissa fall kan även en slingerfaktor användas för att korrigera avståndet. En slingerfaktor tar hänsyn till de hinder och andra faktorer som skotaren kan behöva undvika vid terrängkörningen, något som inte mätning fågelvägen tar hänsyn till (von Segebaden 1964).

För att effektivisera och förbättra processen att planera basstråk och basvägar samt beräkna terrängtransportavståndet har det senaste decenniet utvecklats flera olika beslutsstöd. Det finns idag flera exempel på beslutsstöd inom det svenska skogsbruket, t.ex. Heureka som används vid skoglig planering (Thelberg 2011). Timbertrail med ursprung i BestWays algoritm (Skogforsk 2017) och Krönt Vägval (Lidén et al. 2009) som används för optimering mellan välta och industri. När beslutsstöd används vid avverkningsplaneringen hämtas information från flera olika datakällor och skapar visualiserade lösningar för planeraren (Stair & Reynolds 2005).

1.2 Tidigare studier

Vid användning av beslutsstöd kan planeraren redan vid fältplaneringen få med sig ett förslag på basvägar och basstråk för optimal skotning av virket. Planeraren verifierar sedan förslaget i fält (Flisberg et al. 2020), vilket är en stor effektivisering och kvalitetsökning som både sparar tid och pengar (Mohtashami et al. 2011). En skotarens arbete står för cirka 39–43 % av den totala drivningskostnaden, vilket motsvarar 39–43 kr/ m³fub i slutavverkning (Brunberg 2013). Kostnaden är direkt kopplad till produktiviteten och det finns flera olika faktorer som påverkar skotarens produktivitet. Detta är ett viktigt skäl till att använda ny teknik och nya metoder för att höja produktiviteten hos skotaren (Jussi Manner et al. 2020). Terrängtransportavståndet har stor påverkan på skotningskostnaden. Vid ett terrängtransportavstånd på 100 meter producerar en medelstor skotare i slutavverkning 26,4 m³ fub/G15-tim (produktiv arbetstimme

inklusive avbrott <15 min). Om terrängtransportavståndet ökar till 500 meter sänks produktiviteten med 9 m³ fub/G15-tim (Brunberg 2004). Genom att använda beslutsstöd minskar variationen av noggrannheten mellan enskilda trakter (von Knorring 2012). Detta är annars är en källa för diskussioner angående prissättning av avverkade trakter både innan och efter avslutad skotning mellan uppdragsgivare och entreprenör (Thorner 2011). Eftersom beslutsstöden tar hänsyn till varje trakts unika förutsättningar till exempel lutning och markfuktighet minskar körningen i terräng med dålig bärighet (Flisberg et al. 2020). Vilket även leder till en minskad spårbildning inom känsliga områden med dålig bärighet (Sjöberg 2022). Genom att använda beslutstöd har det påvisats att det totala terrängtransportavståndet minskar med 8% (Flisberg et al. 2007). Även en annan studie (Flisberg et al. 2020) har påvisat kortare terrängtransportavstånd med användandet av beslutstöd. Genom att minska spårbildningen sänks bränslekostnaderna och utsläppen efter maskinerna (Wästerlund & Andersson 2011). Ett spår efter en maskin djupare än 10 cm förbrukar 0,1 liter bränsle per ton mer än att köra på fast mark med bra bärighet (Wästerlund & Andersson 2011). Minskad spårbildning har de senaste åren blivit en stor utmaning. Det storskaliga skogsbruket har valt att satsa på större och tyngre maskiner för att klara av en större kapacitet, högre produktion och högre tillförlitlighet. Detta ökar risken för spårbildning i känsliga marker och miljöer (Hosseini et al. 2019).

1.3 Beslutsstöd

Redan 2011 undersökte Mohtashami om GIS kunde simulera körsträckan på en avverkningstrakt mellan subjektivt definierade start- och slutpunkter. Studien koncentrerade sig på att undvika skador i mark och vatten (Mohtashami 2011). Resultatet visade att GIS är ett bra verktyg till att ge förslag på var basväg och basstråk ska placeras i terrängen för att minska skador på miljön.

Under 2012 utfördes en studie (von Knorring 2012) där det lades till ytterligare fem moment vid basvägs- och basstråkssimulering, momenten var att:

- simulera en basväg utefter att produktivitets- och miljökrav var likställda.
- söka den volymvägda mittpunkten för en traktedel.
- koncentrera simuleringen av basvägen på traktdelarna.
- simulera placeringen av en basväg utifrån volymkoncentrationen på traktdelen.
- beräkna längden på delsträckorna i ett medelterrängtransportavstånd utifrån den simulerade basvägen.

De fem momenten möjliggjorde för beslutstödet att beräkna terrängtransportavståndet med hänsyn både till miljö- och produktivitetskrav.

Fördelen med ett beslutsstöd som kan beräkna terrängtransportavståndet är att det kan användas till att standardisera underlaget vid prissättning av skotningsarbetet

(Lidén et al. 2009, von Knorring 2012). Att standardisera underlaget är särskilt viktigt eftersom det uppmätts att det faktiska terrängtransportavståndet i gallring var i medel 61 % längre än vad som angetts som det planerade terrängtransportavståndet (Femling 2010). I slutavverkning var motsvarande avstånd 67,4 % längre än angivet planerat terrängtransportavstånd (Tiger 2012) utan användning av beslutsstöd. Ämnet diskuteras även i en annan studie (Flisberg et al. 2020) där det föreslogs ytterligare studier om hur beslutstödet Bestway kan användas för prissättning av drivningstjänster.

1.4 Bestway

En intervjuundersökning kring traktplanering vid sju skogsföretag och skogsägarföreningar (Willén & Andersson 2015) visade att drivningsplaneringen är en nyckelfunktion. Den primära orsaken till att det utgör nyckelfunktion är att möjliggöra hanteringen av de betydande krav som sätts på upprätthållande av både natur- och kulturhänsyn, samtidigt som man uppnår hög produktivitet och kvalitet i genomförandet av drivningsarbetet. Som ett resultat av undersökning påbörjade Skogforsk arbetet med att utveckla beslutstödet Bestway (Skogforsk 2017).

Bestway bygger på en optimeringsalgoritm som använder indata från fjärranalytkällor för att skapa ett optimerat förslag på hur basväg/basstråken på en trakt ska planeras och drivas. Indatat som krävs är volymsuppskattningar från laserdata, digital terrängmodell, markfuktighetskarta och kända hänsynsytor (Johansson 2016). Programmet verkar sedan för att minimera den totala körsträckan med hänsyn till markfuktighetsområden, hänsynsytor och virkesförrådet i olika delar av trakten (Andersson & Westlund 2015).

1.5 Timbertrail

Timbertrail bygger vidare på Skogforsks optimeringsalgoritm Bestway, men har anpassats för ett mer kommersiellt bruk och användarvänligt beslutsstöd (Hoffman 2022). Genom att använda tjänsten Timbertrail minskar de personberoende variationerna och ett mer standardiserat arbetssätt uppnås. Detta är särskilt viktigt eftersom en entreprenörs ersättning inte ska vara personberoende (Petersson & Ahlsén 2009).

Timbertrail är utvecklat av Creative Optimization och är både ett optimeringsverktyg samt ett beslutsstödsystem. Timbertrail använder digitala data exempelvis markfuktighet, lutning och skogens uppskattade volym. Genom optimeringsalgoritmer och artificiell intelligens skapas förslag till basvägar och basstråk för skotare. Datamaterialet Timbertrail använder kan viktas av olika kostnader i fasta intervall. Användaren har möjlighet att ställa in vilken/vilka av faktorerna Timbertrail ska undvika eller ignorera efter önskemål. Exempelvis kan det användas när avverkningstillfället är ovanligt blött i terrängen, användaren kan då välja att höja känsligheten för markfuktighet. I motsats kan användaren vid frusen mark sänka känsligheten för markfuktighet (Sjöberg 2022). Detta leder till minskad risk för markskador samtidigt som arbetet optimeras. Sjöberg (2022) anser att genom användning av Timbertrail minskar risken för körskador i samtidigt som terrängtransportavståndet förlängs (Sjöberg 2022).

1.6 Studiens nisch

Idag spenderar produktionsledarna mycket tid på beräkning av terrängtransportavståndet enligt Bortsättningshandboken. En sista kontroll av avståndet sker i samband med slutkorrigering där trakten avslutas och terrängtransportavståndet jämförs med körloggar inskickade av det avverkande maskinlaget. Körloggarna även kallat loggspår består av maskinens GPS spår under avverkningen. Wessmark (2019) anser dock att Bortsättningshandboken inte följs, vilket leder till stor variation av kvalitén på framräknat terrängtransportavstånd då bortsättningen blir personberoende.

Stora Enso Skog överväger att använda tjänsten Timbertrail för beräkning av terrängtransportavståndet samt som stöd till planerare för basstråk- och basvägdragning i fält. Med dagens arbetssätt måste ansvarig produktionsledare (ansvarig för entreprenörslag) eller intraprenör (ansvarig för egna lag) minst en gång per trakt manuellt beräkna terrängtransportavståndet enligt Stora Ensos bortsättningshandbok som lanserades 2017 (Wessmark 2019). Varje trakt planeras även i detalj av en planerare där kunskapen varierar vad gäller basstråk- och basvägdragning, vilket leder till negativa effekter på miljön samt produktionseffektiviteten (Femling 2010). Överensstämmer Timbertrails terrängtransportavstånd med avstånd beräknat enligt Bortsättningshandboken? Går det i förlängningen att ersätta dagens manuella beräkning av terrängtransportavståndet med Timbertrail?

1.7 Syfte och mål

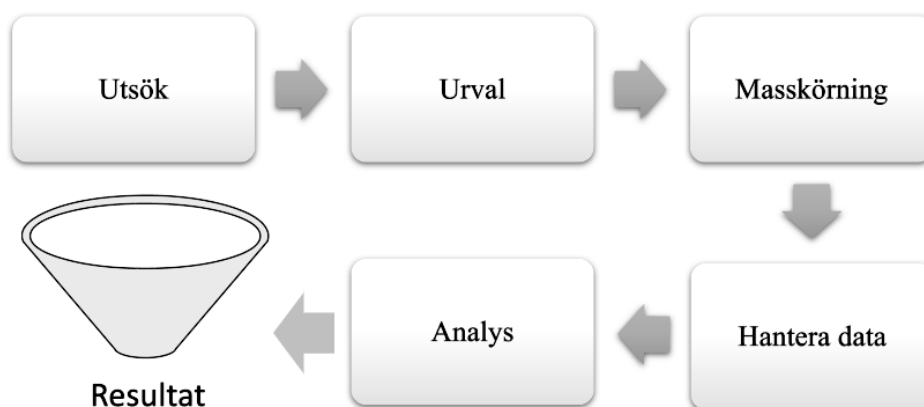
Syftet med denna studie är att jämföra terrängtransportavstånd enligt Stora Enso Skogs bortsättningshandbok mot Timbertrails förslag till terrängtransportavstånd. Ett delsyfte är att undersöka produktionsledarnas spridning vid beräkning av terrängtransportavståndet enligt Bortsättningshandboken.

Studiens mål är att bidra med komparativ kunskap till Stora Enso Skog. Baserat på kvalitativa data och resultat, kan Stora Enso Skog fatta beslut om terrängtransportavstånd beräknat med Timbertrail är ett bättre alternativ än avstånd beräknat med Bortsättningshandboken.

2. Material och Metoder

Datamaterialet som användes i studien hämtades framför allt hos Stora Enso Skogs register om trakter som redan var bortsatta och slutkorrigerade. Sekundära data och information hämtades från vetenskapliga publikationer, studentarbeten, studentlitteratur, rapporter, webbsidor, artiklar och olika bilagor från Stora Enso Skog. Litteratursökningen utgick från sökningar via Google Scholar, Sveriges lantbruksuniversitetets bibliotek och källförteckningar i relevanta artiklar.

Arbetsgången (Figur 1) för studien började med ett utsök av trakter från Stora Enso Skogs register i programmen SCOOP och VSOP. Därefter sorterades trakterna med hjälp av Excel och ett urval påbörjades. Dessa trakter exporterades sedan till Creative Optimization som är skapare av Timbertrail där Shape-filer matades in i Timbertrail för att bestämma traktens aktuella gränser, hänsynsytor och avlägg. Dessa trakter skickades sedan tillbaka från Creative Optimization med ett föreslaget terrängtransportavstånd. Med hjälp av Excel hanterades dessa trakter och analyser prövades med hjälp av studentlitteratur och Excels olika funktioner. I analysen utfördes även en enkätundersökning där produktionsledare fick beräkna terrängtransportavståndet på en slutavverkningstrakt och en gallringstrakt. Produktionsledningens arbetserfarenhet dokumenterades också i enkätundersökningen. En jämförelse utfördes mellan Timbertrail, produktionsledningens framräknade terrängtransportavstånd och ett expertutlåtande som betraktades som facit för att se spridningen mellan produktionsledningens framräknade terrängtransportavstånd. Eftersom resultatet från Timbertrail och redan slutkorrigerade trakter från beräkningar med Bortsättningshandboken var numeriska värden, kunde dessa jämföras kvantitativt med varandra och testas genom statistisk analys.



Figur 1. Arbetsgången för studien där utsök av trakter var första steget för att nå ett resultat.

2.1 Urval av trakter

Trakter som användes i studien tillhandahölls av Stora Enso Skog och drivning genomfördes mellan 1 januari 2022 till 31 december 2022. Av de cirka 7300 avverkade trakterna bestod cirka 4200 av slutavverkning där avverkningsformen kalhuggning har använts uteslutande, cirka 2100 av gallring där stickvägsgående skördare har använts uteslutande, samt cirka 1000 av övrig avverkning (Fredrik Hedin, Stora Enso Skog, pers.komm 2023-01-18). Av de cirka 7300 drivna

trakterna var cirka 50 procent privata markägare eller annan markägare, resterande 50 procent var drivna på Stora Enso Skogs egna innehav. Stora Enso Skog använde sig av cirka 140 entreprenörslag och 38 egna lag för att driva de ovan nämnda trakterna (Kevin Dahlberg, Stora Enso Skog, pers.komm. 2023-01-24).

Den senaste versionen av Bortsättningshandboken lanserades år 2021 och användes vid mätning av terrängtransportavståndet för alla trakter mellan 1 januari och 31 december 2022. De som utfört mätningarna av terrängtransportavståndet är produktionsledare för entreprenörer, och intraprenörer för de egna lagen inom Stora Enso Skog.

De trakter som klassades övrig avverkning uteslöts från underlaget. Terrängtransportavståndet vid övrig avverkning var inte relevant eftersom trakterna innefattade bortsättning per G15/h. En trakt klassades som övrig avverkning om bortsättning enligt Bortsättningshandboken ej var möjlig pga. drivningstekniska faktorer. Dessa trakter ersattes i stället efter G15-timme (Kevin Dahlberg, Stora Enso Skog, pers.komm. 2023-01-24). G15-timme=produktiv arbetstid inklusive alla arbetsavbrott kortare än 15 minuter (Lundqvist et al. 2014). Trakter med minst en faktor av GYL (grundförhållande, ytstruktur och lutning enligt en 5-gradig skala (Berg 1995) över fyra anses oftast vara övrig avverkning. Därför var inga trakter med i underlaget med högre GYL än fyra.

Trakter med fler avlägg än ett var inte heller med i underlaget. Timbertrail krävde att man antingen använde deras funktion ”Log Landings” för en automatiserad utläggning av avlägget eller att man placerade ut avlägget manuellt i programmet. Timbertrail hade en funktion till där avlägg kunde importeras i form av Shape-filer som användes i detta försök. Anledningen till urvalet av trakter med endast ett avlägg var för att fördelningen mellan volymen på flera avlägg var okänd. Trakter där flera skotare användes vid drivningen komplicerade bortsättningen av terrängtransportavståndet. Eftersom varje skotare som deltog under drivningen fick ett eget avstånd, och därför uteslöts dessa trakter också från underlaget.

Resterande 1113 trakter var med i underlaget för att jämföra Timbertrail och Bortsättningshandbokens terrängtransportavstånd. Dessa trakter hade drivits av entreprenörer på uppdrag av Stora Enso Skog och Stora Enso Skogs egna maskinlag. Stora Enso Skogs verksamhetsområde består av produktionsområdena nord, mitt och sydväst (Wessmark 2019) och där urvalet av trakter också kom ifrån. Trakternas förutsättningar varierade i följande parametrar (Tabell 1).

Tabell 1. Beskrivande parametrar med enheter och deras värden för trakter som ingår i urvalet. Terrängtransportavståndet med beräkningar utifrån bortsättningshandboken anges i meter, Traktens storlek i hektar, GYL (grundförhållande, ytstruktur och lutning enligt en 5-gradig skala (Berg 1995), där 1 anger lättaste och 5 svåraste förhållanden), Faktiska produktionsutfallet i m³fub/ha och varierande antal sortiment från 2 till 10.

Parameter	Enhet	Värde
Bortsatt terrängtransportavstånd	meter	20–1 500
Traktens storlek	hektar	0,15–80
GYL	originalskala	1–4
Faktiska produktionsutfallet	m ³ fub/ha	13–570
Antal sortiment	n	2–10

2.2 Jämförelse mellan Timbertrail och Bortsättningshandboken

Timbertrail och Bortsättningshandboken tog olika hänsyn till hur det aktuella terrängtransportavståndet beräknades. I texten nedan tydliggörs de viktigaste skillnaderna och likheterna mellan vilka faktorer som styr terrängtransportavståndet. Detta är viktigt att påvisa därför att Timbertrail och Bortsättningshandboken är i ständig utveckling och kan se annorlunda ut för framtida studier.

Virkets tyngdpunkt skiljde sig hur det beräknades med de båda beslutssystemen. Bortsättningshandbokens instruktioner (Bilaga 1) tog hänsyn till virkets tyngdpunkt i den mån produktionsledaren eller intraprenören okulärt hittade luckor i ortofotot där skog saknades helt eller delvis. Om ansvarig produktionsledare inte upptäckte några luckor, antogs hela avverkningstrakten vara homogen med avseende på virkesfördelningen. Timbertrail däremot mätte virkets tyngdpunkt genom skogliga grunddata från den senaste laserscanningen som var utförd i det aktuella området. Detta minskade de personberoende variationerna (Petersson & Ahlsén 2009) och bildade en mer rättvis bild av skogens virkesförråd på ett standardiserat sätt i den aktuella trakten. Skogliga grunddata var producerad genom sambearbetning av data från Lantmäteriets nationella laserskanning och provytor från Riksskogstaxeringen (Skogsstyrelsen 2022).

Beräkning med hjälp av Bortsättningshandboken förlängde terrängtransportavståndet beroende på vart anslutningspunkten från basstråket eller basvägen övergick till avläggsplats (Bilaga 1). Avläggets lossningssträcka var ytterligare en faktor som förlängde terrängtransportavståndet vid beräkningar med Bortsättningshandboken (ibid). Timbertrail tog inte hänsyn till avläggets lossningssträcka eller anslutningspunkten till avlägget. Timbertrail beräknade från virkestyngdpunkten i trakten ut till punkten där avlägget placerades av tidigare avverkningslag som importerades i form av Shape-fil.

Bortsättningshandboken tog hänsyn till lutning i den mån produktionsledaren eller intraprenören upptäckte större avvikelser i de lutningskurvor som fanns med i ortofotot vid beräkningen av terrängtransportavståndet (Bilaga 1). Timbertrail

baserade sin lutning på terrängtypkartan och valdes lutningskänsligheten till normal lades inga körvägar där lutningen översteg 30 procent. Denna inställning var förvalt i programmet. Lutningen beräknades på rasterdata från terrängtypkartan med en upplösning på 3 x 3 meter (Skogforsk 2017).

Markfuktigheten tog Bortsättningshandboken hänsyn till i den utsträckning produktionsledaren eller intraprenören delade in trakten i olika delområden enligt Rätt Metod, genom att titta på markfuktighetskartan (Bilaga 1). Detta gjordes för att undvika surdråg och olika vattendrag (Larsson 2014). Timbertrail tog hänsyn till markfuktighetskartan vid förslag om terrängtransportavståndet och beräknade detta genom ett standardiserat sätt som baserades på en kostnadskalkyl (Skogforsk 2017).

Den primära skillnaden mellan de två beslutsstöden var att Timbertrail är fullständigt automatiserat och innehöll en kostnadskalkyl för att bestämma terrängtransportavståndet. Bortsättningshandboken däremot utgjordes av en bilaga som var beroende av att användaren manuellt bestämde faktorer för att beräkna terrängtransportavståndet.

2.3 Timbertrail Optimal Forest

I version 2.1.0 av Timbertrail fanns ett flertal olika inställningar som användaren kunde justera för att optimera körvägarna på den enskilda trakten. I studien användes standardinställningarna vid uppstart av programmet och ingen justering gjordes (Tabell 2).

Tabell 2. Inställda parametrar i programmet Timbertrail vid masskörningen av de trakter som har valts ut för studien.

Parameter	Inställningar
(Wet area map) Markfuktighetskarta	SLU
(Tree volumes) Trädvolym	(From logging Area) Från avverkningsområde
(Tree volume factor) Trädvolym faktor	1.00
(Slope sensitivity) Lutningskänslighet	Normal (max 30%)
(Ground water sensitivity) Grundvatten känslighet	Normal
(Route within the logging area) Väg inom avverkningsområdet	Yes
(Minimum throughput volume) Minsta uttagsvolym	100 m ³
(Resolution) Upplösning	Normal
(Landing constraints) Avläggsbegränsningar	(Respect limits) Respektera begränsningar
(Generate warnings) Generera varningar	(Only high-risk) Endast hög risk

Timbertrail baserade sina förslag utifrån olika markfuktighetskartor, i denna analys användes SLU:s markfuktighetskarta. För att Timbertrail ska kunna ge ett terrängtransportförslag behövde användaren markera ut traktgränser.

Traktgränser och avläggsplats importerades till Timbertrail i form av Shape-filer. Den hänsyn som Stora Enso Skog lämnade vid avverkningen som berör natur och

kulturbänsyn importerades också via Shape-filer. Detta valdes som Nogo zon i programmet för att undvika att Timbertrails förslag om basväg och basstråk placerades över hänsynen.

2.4 Avverkningsformer & Rätt Metod

Vid beräkningar av terrängtransportavståndet med hjälp av Bortsättningshandboken utgick man från drivningskonceptet Rätt metod som Stora Enso Skog använder som metodik i sina avverkningar (Kevin Dahlberg, Stora Enso Skog, pers.komm. 2023-01-24). Metoden fungerade i både slutavverkning och gallring. Rätt metod kunde inte användas fullt ut i gallring då det till exempel lämnades kvarstående träd som hindrade att avbrytande basstråk användes fullt ut (Larsson 2014). I gallring strävade oftast lagen mer mot ett enhetligt stickvägsnät (Ekelund 2019) och förbisåg drivningskonceptet Rätt Metod. Därför utfördes en jämförelse mellan avverkningsformerna gallring och slutavverkning. För att göra denna jämförelse var det nödvändigt att klargöra de båda avverkningsformerna för avverkning genom gallring i avsnitt 2.4.1 och avverkning genom slutavverkning i avsnitt 2.4.2, samt drivningskonceptet Rätt metod i avsnittet 2.4.3 nedan.

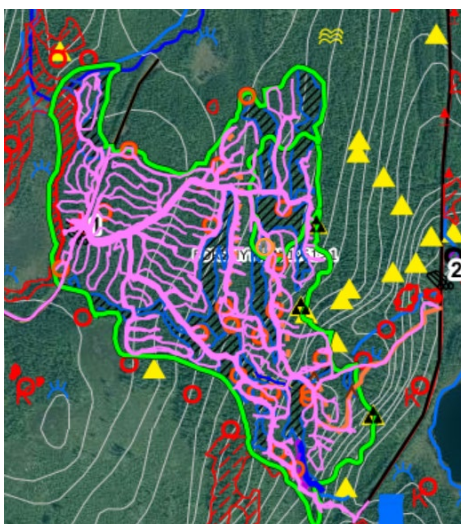
2.4.1 Gallring

För att en avverkning ska klassas som en gallring behöver det vara en beståndsvårdande utglesning av skog under tillvaratagande av virke (Agestam 2015). Avverkningsformen gallring är i Sverige en mycket vanlig åtgärd och de allra flesta skogar gallras minst en gång under sin omloppstid. Idag sker gallring främst maskinellt och de två vanligaste metoderna som används är stickvägsgående eller beståndsgående (Dahlin 2008).

Stickvägsgående gallring innebär att skördaren hugger stickvägar med ett avstånd på cirka 22 meter mellan varandra beroende på skördarens räckvidd på kranen. Skördaren sträcker ut sin kran och når så alla träd mellan stickvägarna och lägger virket längs med stickvägarna för skotare att transportera ut till avlägget (Jonsson 2014).

Beståndsgående gallring innehåller också stickvägar men skördaren ”slingrar” sig mellan stickvägarna. Anledningen till att skördaren ”slingrar” sig mellan stickvägarna är att i beståndsgående gallring används mindre skördare med kortare kran. Skördaren kan utnyttja de naturliga luckor som finns i beståndet för att undvika att plocka bort huvudstammar som ska sparas. För skotare gäller samma upplägg även med denna metod (Jonsson 2014).

På Stora Enso Skog används uteslutande metoden stickvägsgående. När stickvägsgående gallring utförs används ofta ett stickvägsmonster med långa stickvägar som går i rundslingor (Figur 2).



Figur 2. Gallringstrakt med loggspår där skördaren har upprättat ett stickvägsmönster som visas i rosa kulör. Traktgränsen visas i gröna linjer. Gallringsmetoden ”stickvägsgående” har använts.

2.4.2 Slutavverkning

Idag finns det i huvudsak tre olika slutavverkningsformer: Kalhuggning, fröträdsställning och skärmställning. För samtliga former är målet dock detsamma att föryngra avverkningsytan med en likåldrig och enskiktad ungskog (Lundqvist et al. 2014).

När metoden kalhuggning används avverkas alla träd vid ett tillfälle bortsett från de träd som ingår i någon form av naturhänsyn. Det är den vanligaste slutavverkningsformen av de tre och står för cirka 75 % av de slutavverkningarna sedan 2000-talet (ibid). Efter att avverkningen är utförd måste ny skog anläggas (SKSFS 2022:1). Den vanligaste metoden är plantering men även sådd förekommer. Vid plantering markbereds trakten i de allra flesta fall innan planteringen utförs. För sådd sker numera markberedningen samtidigt med att sådden utförs (Lundqvist et al. 2014).

När metoden fröträdsställning nyttjas sparas cirka 50–150 träd per hektar för att återbeskoga marken med frön. Lämnas fröträd på lavdominerade marker behövs normalt ingen markberedning, men på övriga marker krävs fortsatt att dessa markbereds även med denna avverkningsmetod. Slutavverkningar med fröträd är den näst vanligaste avverkningsformen och står för cirka 25 % av hyggesarealen sedan år 2000 (Lundqvist et al. 2014). Det är nästan uteslutande trädslaget tall som används till fröträdsställning (ibid).

En skärmställning har fler kvarstående träd än en fröträdsställning i utgångsläget och avverkas normalt i två eller fler avverkningar. Antalet träd minskar efter varje avverkning tills den avvecklas helt. Främsta anledningen till att skärmställning används är att beså avverkningen med frön samtidigt som de kvarstående träden skyddar föryngringen mot frost. Avverkningsmetoden har aldrig varit speciellt vanlig men har en stigande trend, dock står den bara för någon procent av alla slutavverkningar (ibid).

2.4.3 Rätt metod

Som tidigare nämnts utgår man från att maskinlaget använder sig av drivningskonceptet Rätt metod när man mäter terrängtransportavståndet enligt Bortsättningshandboken. 2010 började Stora Enso Skog att utveckla drivningskonceptet Rätt metod tillsammans med sitt avverkningslag 601 yrkesamma på Hällefors distrikt (Larsson 2014). Konceptet grundar sig på att skördarföraren skapar ett körmonster för skotaren utifrån var avläggen är belägna samt utifrån markfuktighetskartan (ibid). Detta för att minimera körskador och minimera skotarens behov av att bli tvingad till att lyfta på virke för att skapa sig nya och kortare vägar (Ekelund 2019).

Rätt metod bygger på att skördaren delar in trakten i olika delområden och till varje delområde skall det finnas minst ett väl risat huvudbasstråk skapat av skördaren (Larsson 2014). Dessa huvudbasstråk är till för att minimera vibrationer i hytten för skotarföraren, höja skotningshastigheten samt sänka andelen körskador (ibid). Målet för skördarföraren är att alltid välja närmast bäriga väg och för att konceptet ska fungera väl krävs det att skördaren hugger fram avbrytande basstråk, även dessa ska vara väl risade (ibid). Avståndet mellan dessa stråk avgörs av virkestätheten på trakten, målet är att det ska finnas skotarlass av huvudsortimentet mellan de avbrytande basstråken (Jansson & Vesterlund 2014). Finns basväg in till trakten ska även den vara väl risad (Larsson 2014). Skillnaden på basväg och basstråk är att basstråken alltid är inom traktgränsen medan basvägen är förbindelsen mellan avlägg och traktgräns (Andersson 2019). För att klara av att risa alla basstråk och eventuella basvägar används både GROT och ris (Larsson 2014).

2.5 Tillämpning av Bortsättningshandboken

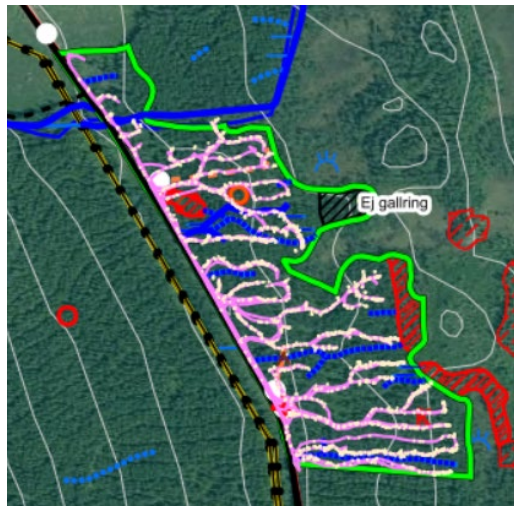
En av de mest utmanande aspekterna vid beräkningar för terrängtransportavståndet med Bortsättningshandboken är att fastställa traktens virkestyngdpunkt baserat på ortofoton. Detta påverkas av traktens virkesförråd och traktens geometri samt antalet trakttdelar som den aktuella trakten består av. Arean på trakterna kan påverka det uppskattade terrängtransportavståndet på olika sätt. Det kan vara svårt att bestämma traktens tyngdpunkt i en stor trakt med varierande virkesförråd, medan svårigheterna ökar vid mindre trakter där kantzonen utgör en större andel av ytan (Tiger 2012).

Ett tidigare examensarbete från Wessmark (2019) visar att produktionsledarna varken följer Bortsättningshandboken strikt eller arbetar på ett standardiserat sätt. Detta bidrog till att göra en enkätundersökning genom Microsoft Forms där ett frågeformulär skickades ut via e-post till 26 produktionsledare som arbetar för Stora Enso Skog. I e-postmeddelandet bifogades en länk till Stora Enso Skogs program eSkog som möjliggör beräkningar av terrängtransportavståndet. Produktionsledarnas terrängtransportavstånd jämfördes sedan med avståndet från en person som utbildar produktionsledare och intraprenörer i bortsättning, och med expertis inom ämnet av bortsättning med hjälp av Bortsättningshandboken samt Timbertrail.

Enkäten (Bilaga 6) bestod av tre frågor, varav den första frågan syftade till att ta reda på hur många år respondenterna hade arbetat som produktionsledare inom intervallet två år. Fråga två var att ange terrängtransportavståndet i meter för en gallringstrakt. Fråga tre var att ange terrängtransportavståndet i meter för en slutavverkningstrakt.

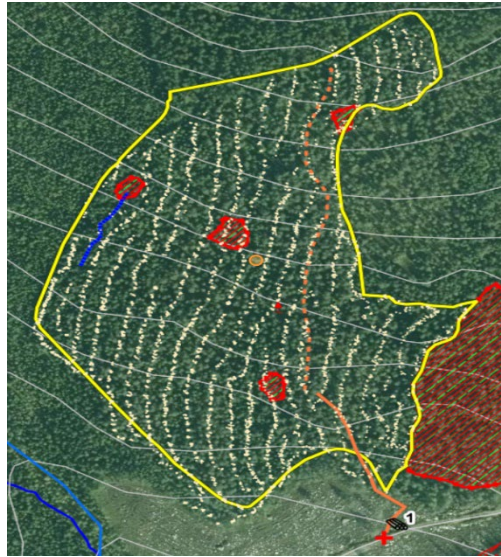
Trakterna valdes utifrån att geometrin var relativt enkel att räkna på, samt att det var en liten andel hänsyn att ta ställning till vid beräkning av terrängtransportavståndet. Båda trakterna hade drivits under året 2022 på Stora Enso Skogs egna innehav.

Gallringstrakten (Figur 3) bestod av en trakt del där bruttoarealen var 7,41 ha. Det faktiska uttaget var 52 m³fub/hektar och gallrades med en stickvägsgående skördare. Under drivningen användes tre avlägg och ingen basväg fanns till trakten.



Figur 3. Gallringstrakt med stickvägsgående skördare. Gröna linjer visar traktgränsen och rosa linjer med vita prickar visar skördarens loggspår.

Slutavverkningstrakten (Figur 4) bestod av en trakt del där bruttoarealen var 6,88 ha. Det faktiska uttaget var 161 m³fub/hektar och slutavverkades enligt kalhuggningsmetoden. Under drivningen användes ett avlägg där basväg användes till trakten.



Figur 4. Slutavverkningstrakt med avverkningsmetoden kalhuggning. Gula linjer visar traktgränsen och de vita prickiga linjerna visar skördarens loggspår.

Produktionsledaren delar upp trakten i delområden enligt drivningskonceptet Rätt Metod. Uppdelningen baseras på naturliga avgränsningar och hinder såsom traktens gränser, topografi, markfuktighet, stigar, ledningar, forn- och kulturlämningsområden (Wessmark 2019) genom att okulärt studera ett ortofoto (Bilaga 1). Sedan mäts virkestyngdpunkten i varje delområde ut till avläggsplatsen och vägs sedan på delområdets andel av trakten. Mätning av avstånd och area utförs i internetbaserade programmet eSkog. Avläggets körning summeras med tidigare mätta avstånd och beror på avläggets storlek. Avläggets storlek (i löpmeter väggkant) beräknas enligt Formel (1) (Skogforsk 2013).

$$Y = (V/10) + 5(x) \quad (1)$$

där:

Y = Avläggets längdbehov i meter

V = Traktens avverkade totalvolym i m³fub

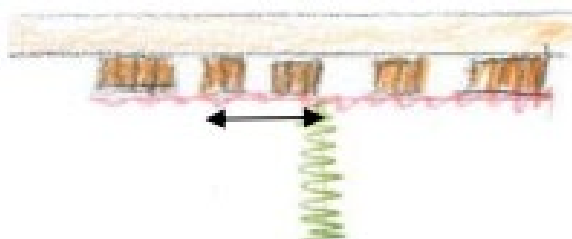
x = antal virkessortiment för trakten

Körsträckan längs avlägget avgörs av:

- Basvägens/basstråkets anslutningspunkt till avlägget
- Om avlägget är enkel eller dubbelsidigt
- Om avlägget är sammanhängande eller uppdelat i olika delar
- Antal sortiment

I detta arbete lades avläggets lossningssträcka till på Timbertrails förslag till terrängtransportavstånd för att se om Timbertrails avstånd då stämmer mer överens med avståndet från Bortsättningshandboken. Avläggets antagande var ett sammanhängande, enkelsidigt avlägg med anslutningspunkt i mitten (Figur 5), antalet sortiment valdes till fem. Denna förenkling gjordes på grund av att

avläggets utformning inte fanns dokumenterad och antagandet är relevant då det är den vanligaste utformningen för ett avlägg (Wessmark 2019).



Figur 5. Enkelsidigt sammanhängande avlägg med fem sortiment och anslutningspunkt i mitten (Bilaga 1).

Avläggets lossningssträcka för ett sammanhängande, enkelsidigt avlägg med anslutningspunkt i mitten beräknas enligt Formel (2).

$$Y/4 \quad (2)$$

där:

Y = Avläggets längd i meter enligt Formel (1)

2.6 Ursprung

I Wessmarks (2019) arbete valdes endast trakter drivna på dåvarande Bergvik Skogs innehav som idag är delvis Stora Enso Skogs innehav. Detta var för undvika att eventuella konflikter mellan markägaren och grannfastigheters ägare skulle påverka resultatet. I vår studie valdes även trakter drivna hos privata markägare (leveransrotköp) med för att se om Timbertrail och Bortsättningshandbokens avstånd skiljer sig mellan ursprungen Egen skog och Leveransrotköp.

2.7 Statistiska analyser

Deskriptiv statistik användes för att sammanfatta och beskriva det faktiskt bortsatta terrängtransportavståndet med Bortsättningshandboken och med de förslag för terrängtransportavstånd som framräknats med Timbertrail, med olika förutsättningar. I analysen blev fokus på medelvärde och standardavvikelse för att möjliggöra jämförelse mellan de två alternativen.

För att jämföra Timbertrails förslag till terrängtransportavstånd mot Bortsättningshandbokens terrängtransportavstånd vid olika förutsättningar användes linjär regressionsanalys där förklaringsgraden (r^2) var av central betydelse.

Tvåsidigt t-test med 5 procents signifikantnivå utfördes för att avgöra om det finns någon signifikant skillnad mellan medelvärdena för Borsättningshandbokens beräknande terrängtransportavstånd och Timbertrail. Testet utfördes med lossningssträckan på avlägget och exklusive lossningssträckan för Timbertrail. T-

test utfördes även på medelvärdena för olika avverkningsformer med beräkningar utifrån Bortsättningshandboken och Timbertrail, samt för medelvärdena på de olika ursprungligen egen skog och leveransrotköp.

Ensidigt t-test med 5 procents signifikantnivå utfördes mellan expertens bedömning av terrängtransportavståndet för de två trakter som ingick i enkätundersökningen, mot produktionsledarnas beräknade terrängtransportavståndet i medelvärde och Timbertrail.

Noll hypotesen var att det inte finns någon signifikant skillnad mellan medelvärdena för alla de t-test som utfördes. Alternativa hypotesen var att det finns en signifikant skillnad mellan medelvärdena. P-värdet var av central betydelse för att bestämma om nollhypotesen förkastades eller accepterades på 5 procents nivå.

3. Resultat

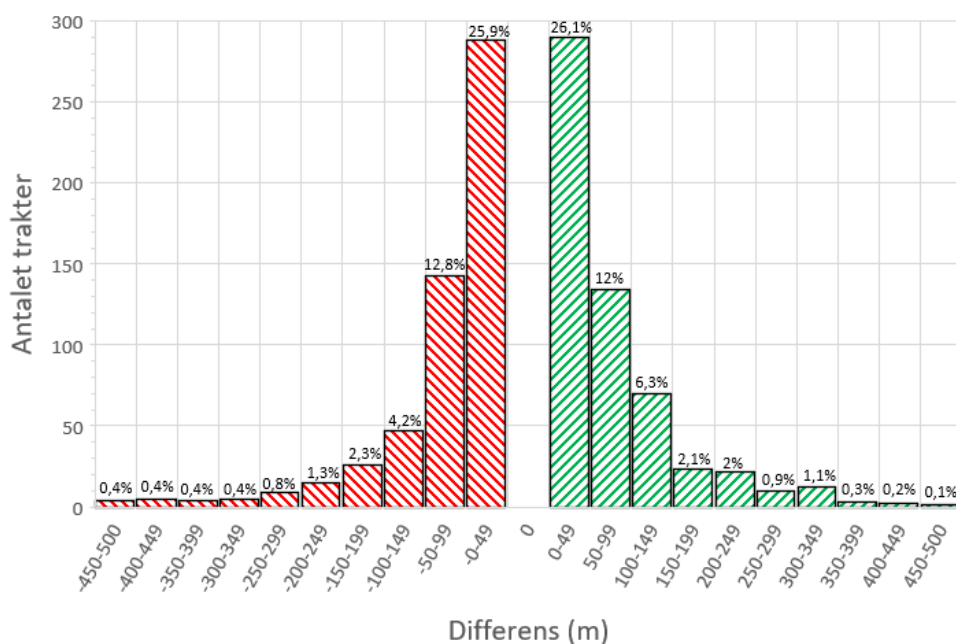
3.1 Timbertrail jämfört med Bortsättningshandboken

Medelvärdet för trakter beräknande med Bortsättningshandboken var 409 meter (Tabell 3). I jämförelse var Timbertrails avstånd inklusive körning under lossning 0,54 procent kortare (3 meter). Det fanns ingen signifikant skillnad (p-värde 0,834) mellan mätningar utförda med Bortsättningshandboken och Timbertrails förslag till terrängtransportavstånd inklusive sträckan körning under lossning.

Tabell 3. Bortsättningshandboken (BH) och Timbertrails (TT) terrängtransportavstånd (Avstånd) i meter visas i medelvärden (Medel), standardavvikelse (Std) för antal trakter (n). P-värde för tvåsidigt t-test mellan BH och TT, p-värdet (0,834) motsvarar ingen signifikans. Positiv differens visar på ett högre värde i medel för Bortsättningshandboken.

Parameter	BH			TT			Differens, (m)	P-värde
	Medel, (m)	Std, (m)	n	Medel, (m)	Std, (m)	n		
Avstånd	409	250	1113	406	246	1113	3	0,834

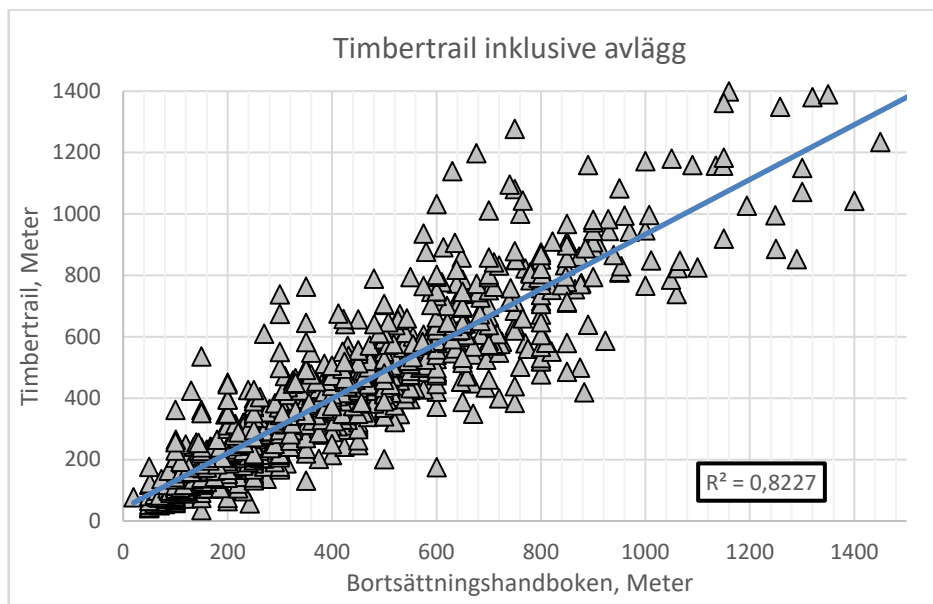
Antalet trakter där TTs terrängtransportavstånd var kortare än BHs var 546 (49% av alla trakter i underlaget (Figur 6). I motsats uppskattade Timbertrail att terrängtransportavståndet var längre än Bortsättningshandboken i 50,9 procent av fallen (567 trakter).



Figur 6. Antalet trakter som visar differensen mot noll i intervallet 50 meter. Differensen avser Bortsättningshandbokens terrängtransportavstånd och Timbertrails avstånd. Intervallet visas på X-axeln och antalet trakter på Y-axeln. Andelen trakter inom varje intervall visas i procent ovanpå

varje stapel. Negativ differens av TT mot BH visas som röda staplar och positiv differens av TT mot BH som gröna staplar i enheten meter.

Sambandet mellan Bortsättningshandbokens beräknade terrängtransportavstånd och Timbertrail inklusive körning vid lossning hade en förklaringsgrad på 0,8227 (Figur 7).



Figur 7. Sambandet mellan Timbertrail och Bortsättningshandboken vid korrigerad avläggskörning där den blåa streckade linjen visar trendlinjen mellan Bortsättningshandbokens avstånd på X-axeln och Timbertrails terrängtransportavstånd på Y-axeln. Avlägget är simulerat till avläggskombinationen enkelsidigt sammanhängande och med anslutningspunkt i mitten för basväg/basstråk samt fem sortiment. Förklaringsgraden (r^2) visas i det nedre högra hörnet i streckad svart kantlinje. Triangulära gråa symboler visar varje enskild trakt.

3.2 Skillnader i avverkningsform och ursprung

Terrängtransportavståndet för mätningar med Bortsättningshandboken visade sig vara 2 m kortare än förslaget från Timbertrail för avverkningsformen gallring (Tabell 4). I slutavverkning beräknade Timbertrail terrängtransportavståndet till 4 meter (Tabell 4) kortare än mätningar utifrån Bortsättningshandboken. Skillnaden var varken signifikant för slutavverkning (p-värde 0,728) eller för gallring (p-värde 0,925).

Timbertrails uppskattade avstånd var kortare än Bortsättningshandboken oavsett trakternas ursprung. För ursprung Egen skog var skillnaden 3 meter och för leveransrotköp 1 meter (Tabell 4). Skillnaden var inte signifikant för någon av ursprungsformerna (Egen skog: p-värde 0,852; leveransrotköp: p-värde 0,916).

Tabell 4. Terrängtransportavstånd (Avstånd) med Timbertrail (TT) och Bortsättningshandboken (BH) för ursprungen Egen skog, Leveransrotköp (LRK) och avverkningsformerna Slutavverkning (SA), Gallring (GA). Tabellen visar medelvärde (Medel), standardavvikelse (Std) och antal trakter (n) och avståndet anges i meter (m). Positiv differens visar på ett högre värde i medelvärde för

mätningar med Bortsättningshandboken, negativ differens visar motsatsen. P-värdet för två-sidigt t-test avser respektive parameter sett till alla trakter inom kategorin. Ingen av de P-värden som visas anger signifikanta skillnader.

Avstånd	BH			TT			Differens (m)	P-värde
	Medel (m)	Std (m)	n	Medel (m)	Std (m)	n		
SA (m)	389	235	750	385	231	750	4	0,728
GA (m)	449	273	363	451	268	363	-2	0,925
Egen skog (m)	425	247	503	422	245	503	3	0,852
Leveransrotköp (m)	395	252	610	394	246	610	1	0,916

3.3 Produktionsledarnas uppskattade avstånd jämfört med expertbedömning och Timbertrail

Totalt deltog 10 produktionsledare i undersökningen. Expertens bedömning var kortast i både gallrings- och slutavverkningstrakten jämfört med produktionsledarna och Timbertrail (Tabell 5). Timbertrail var kortare än produktionsledarnas avstånd för gallrings- och slutavverkningstrakten. Signifikant skillnad påvisades mellan expertens bedömning och produktionsledarna för båda trakterna ($p_{GA} = 0,015$ och $p_{SA} = 0,008$). Ingen signifikant skillnad påvisades mellan produktionsledarnas avstånd och Timbertrail (Bilaga 8).

Tabell 5. Framräknande terrängtransportavståndet (Avstånd) från expertens bedömning angivet i fet stil. Och produktionsledarnas avstånd samt Timbertrail (TT) för slutavverkningstrakten (SA) och gallringstrakten (GA). Medelvärde (Medel) beräknades för produktionsledarna, det faktiska avståndet redovisas för expertbedömningen och Timbertrail. Standardavvikelsen (Std) angavs för produktionsledarna, antalet angavs för alla beräknade avstånd (n). Differensen avser avståndet från expertbedömningen för varje framräknat avstånd; en positiv differens betyder ett högre medelvärde för produktionsledarna och beräknat avstånd av Timbertrail. P-värde för enkel-sidigt t-test mellan produktionsledarna och expertbedömningen, p-värdet ($p_{GA} = 0,015$ och $p_{SA} = 0,008$) motsvarar signifikans

Avstånd	GA					SA				
	n	Medel (m)	Std (m)	Differens (m)	P-Värde	n	Medel (m)	Std (m)	Differens (m)	P-Värde
Expertbedömning (m)	1	100	-	-	-	1	262	-	-	-
Timbertrail (m)	1	116	-	16	-	1	281	-	19	-
Produktionsledare (m)	10	140	42	40	0,015	10	309	44	47	0,008

4. Diskussion

4.1 Huvudresultat

Resultatet av vår studie visade att i genomsnitt var Timbertrails terrängtransportavstånd inklusive simulerad lossningssträcka endast 0,5 procent kortare än Bortsättningshandbokens terrängtransportavstånd, vilket motsvarade en skillnad på 2 meter. Denna skillnad var inte statistiskt signifikant, vilket indikerar att det inte verkar finnas någon skillnad mellan de två metoderna för att beräkna terrängtransportavstånd. Beräkningar utfördes även på Timbertrails förslag till terrängtransportavstånd utan lossningssträckan på avlägget. Denna exkludering visade på 6 procent kortare avstånd i medel och ett t-test visade en signifikant skillnad mellan medelvärdena (Bilaga 4). Detta får oss att tro att avläggssimuleringen fungerar tillsammans med Timbertrail. Om man ser till regressionsanalysen var förklaringsgraden för Timbertrail inklusive lossningssträckan för avlägget mot Bortsättningshandbokens terrängtransportavstånd 0,8227 (Figur 4) och utan avlägg 0,8243 (Bilaga 4).

När det gäller specifika avverkningsformer och ursprung visade resultatet att Timbertrail hade kortare avstånd än Bortsättningshandboken för slutavverkning men inte för gallring. Vad gäller gallring var inte Timbertrail inställt för gallring utan de trakterna hanterades i simuleringen som slutavverkningar. Skillnaden var inte signifikant för någon av avverkningsformerna. Timbertrail beräknade ett kortare avstånd än Bortsättningshandboken oavsett om avverkningen kom från Egen skog eller Leveransrotköp. Gällande faktorerna avverkningsform och ursprung fanns inga signifikanta skillnader (Tabell 4).

Studien inkluderade också en jämförelse mellan produktionsledarnas avstånd, expertbedömning och Timbertrail. Expertens bedömning visade sig vara kortast i både gallrings- och slutavverkningstrakterna jämfört med produktionsledarna och Timbertrail. Timbertrail hade kortare avstånd än produktionsledarna och det fanns en signifikant skillnad mellan produktionsledarna och expertens bedömning av terrängtransportavståndet, men ingen signifikant skillnad mellan produktionsledarna och Timbertrail. I enkätundersökningen fick produktionsledarna även ange hur många år de arbetat som produktionsledarna. Detta var för att se om längre erfarna produktionsledarna var mer likt expertens bedömning. Detta samband var inte något vi kunde se och därför uteslöts det från resultatet.

4.2 Jämförelse befintlig kunskap

Beräkning av terrängtransportavstånd med beslutstöd

Till skillnad från Flisberg (2007) har vi i vår studie jämfört terrängtransportavstånd i slutskedet av drivningen av trakterna. Detta indikerade en ytterst liten skillnad vid beräkning av terrängtransportavståndet mellan Timbertrail och Bortsättningshandboken. Vårt upplägg skiljer sig mot andra studier av beslutstöd som beräknar terrängtransportavståndet redan i planeringsstadiet (Flisberg et al. 2007). Vi kan inte uttala oss om användandet av beslutstöd skulle medföra ett längre terrängtransportavstånd likt von Knorring

(2012). Anledningen är att vi inom begränsningarna av vår studie inte vet vilket terrängtransportavstånd som är korrekt. Detta kan bero på att vi idag tar mer hänsyn till markfuktighet i samband med bortsättningen vilket genererar ett längre terrängtransportavstånd. Gällande avverkningsformerna gallring och slutavverkning kan inga skillnader utläsas att terrängtransportavståndet kraftigt över- eller underskattas vid jämförelse mellan metoderna. En tidigare studie (Femling 2010) visade att det bortsatta avståndet i gallring kan vara kraftigt underskattat.

Avverkningsform och Ursprung

Vid användning av drivningskonceptet Rätt metod i slutavverkning kan terrängtransportavstånd minskas med 17 procent (Larsson 2014). Minskningen är möjlig genom att maskinlaget fokuserar på att hitta närmaste bäriga väg, något även Timbertrail har som huvudsyfte. Rätt metod har haft som strategi under en längre tid att dra basväg/basstråk på den högsta punkten i terrängen (Sjöberg 2022). Det behöver nödvändigtvis inte vara den närmaste bäriga vägen. Anledningen till att Rätt Metods strategi varit så under en längre tid var för att minska risken för allvarliga körskador genom att föraren chansar på att marken har tillräcklig bra bärighet. Timbertrail väger markfuktighetskartan mot flera andra faktorer (Tabell 2) och presenterar därigenom ett förslag utifrån traktens förutsättningar.

I ett annat examensarbete (Ekelund 2019) undersöktes tolv trakter för att utvärdera om avverkningslaget följde drivningskonceptet Rätt metod i gallring. Inom dessa tolv trakter noterades totalt 68 körskador, varav 17 av dessa körskador hade kunnat undvikas genom att flytta stickvägen några meter (Ekelund 2019). Denna justering kan resultera i ett ökat terrängtransportavstånd eftersom maskinlaget fokuserar mer på stickvägsnätet. Men å andra sidan kan det även leda till ett minskat terrängtransportavstånd om maskinlaget väljer att ta genvägar för att förkorta avståndet.

Timbertrail beräknade ett kortare terrängtransportavstånd för ursprungen Egen skog och Leverensrotköp än Bortsättningshandboken. I Wessmarks (2019) examensarbete valdes ursprunget Leveransrotköp bort för att undvika att eventuella konflikter mellan markägaren och grannfastighetens ägare skulle påverka resultatet.

Enkätundersökningen

Vår enkätundersökning (Bilaga 6) styrker resultatet från Wessmarks (2019) examensarbete att produktionsledarna inte följer Bortsättningshandboken strikt eller arbetar på ett standardiserat sätt. Intressant med testet var att expertens bedömning var kortare för både gallring- och slutavverkningstrakten än vad Timbertrail beräknade. Det väcker frågan om Bortsättningshandboken vid korrekt användning beräknar kortare avstånd än Timbertrail? I enkätundersökningen beräknade experten på en annan typ av basväg för slutavverkningstrakten och därmed flyttade avläggets placering (Bilaga 2). Detta kan vara en orsak till att produktionsledarna beräknade ett längre avstånd för slutavverkningstrakten.

4.3 Studiens styrkor och svagheter

Styrkorna med studien var möjligheten att nyttja en stor datamängd av trakter med redan fastställt terrängtransportavstånd utifrån Stora Enso Skogs bortsättningshandbok. Sedan med hjälp av Creative Optimization använda Timbertrail för att simulera terrängtransportavståndet för dessa trakter.

I jämförelsen har vi inte fokuserat på varför Timbertrail mäter längre eller kortare avstånd än beräkningar utifrån Bortsättningshandboken. I stället har vårt fokus varit på statistiska skillnader mellan Timbertrail och Bortsättningshandboken. En mindre analys (Bilaga 6) utfördes för att se om grundförhållandet, ytstruktur och lutning hade någon påverkan på differensen mellan de bägge metoderna att mäta terrängtransportavstånd. Denna mindre analys visade inget samband.

Svagheterna med studien inkluderade en kraftig begränsning med enbart trakter drivna år 2022, samt med endast ett avlägg. Detta resulterar i att användningen av Timbertrail kan ge ett helt annat resultat för trakter med flera avlägg.

För att få statistisk jämförbara data har inte beslutstödet Timbertrail fått optimerat fritt, antingen har Timbertrail styrt mot ett avlägg taget ur Stora Enso Skogs traktidirektiv. Så vi kan inte med säkerhet uttala oss om hur resultatet hade sett ut om Timbertrail fått optimerat avläggets plats.

Vädrets påverkan av terrängtransportavståndet har inte heller tagits i beaktande vid användning av Bortsättningshandboken. Avverkning vid en kall eller torr tidpunkt skulle i teorin kunna innebära ett kortare terrängtransportavstånd vid användning av Bortsättningshandboken och tvärtom gällande nederbörd. Detta är något som inte vi har kunnat ta hänsyn till vid masskörningen.

Jämförelsen av de två olika metoderna för att beräkna terrängtransportavståndet använder inte samma parametrar i sina beräkningar. Timbertrail tar hänsyn till lutningen inom trakten vid beräkning vilket inte beräkning med Bortsättningshandboken gör. Beräkning av terrängtransportavståndet med Bortsättningshandboken tar däremot hänsyn till avläggets längd vilket inte Timbertrail gör. Detta har vi kompenserat genom att beräknat lossningssträckan manuellt för alla traker och adderat sträckan till Timbertrail beräknade resultat. En annan faktor vilket ingen av metoderna tar hänsyn till är avverkningstrakternas blockighet.

Användningen av enbart ett expertutlåtande i enkätundersökningen (Bilaga 6) innebär en risk att utlåtandet blir allt för subjektivt och att resultatet är svårt att replikera (Bryman & Bell 2013). En förbättring hade varit en panel av experter för att säkerställa resultatet.

4.4 Rekommendationer: framtida studier och implementering

Idag är intresset stort för användandet av beslutstöd i samband med framför allt avverkningsplanering och utförandet av avverkning (Erik Rönnqvist, Creative Optimization, pers.komm 2023-04-21). Det finns för närvarande många olika metoder för att beräkna terrängtransportavståndet och det är inte helt enkelt att jämföra hur de olika metoderna beräknar terrängtransportavståndet. Några intressanta ämnen för vidare forskning inom beslutstöd är till exempel:

- Jämför trakter med flera olika avlägg för att säkerställa hur beslutstöd beräknar terrängtransportavstånd jämfört med Stora Ensos bortsättningshandbok.
- Säkerställa att trakter är korrekt bortsatta enligt Bortsättningshandboken, undersök sedan om även dessa mäter ett kortare terrängtransportavstånd än Timbertrail likt expertens resultat i vår studie.
- Låt beslutstödet optimera fritt och jämför sedan med bortsatt terrängtransportavstånd för att undersöka potentialen hur mycket användandet av beslutstöd kan sänka terrängtransportavståndet, och utvärdera om Timbertrails förslag om avstånd är möjligt att använda.
- Traktvis undersöka varför Timbertrail mäter kortare eller längre terrängtransportavstånd mot Bortsättningshandboken.
- Undersök möjligheten att kombinera beslutstöd med väderdata och undersök om risken för allvarliga körskador minskar.
- Undersök om beslutstöd kan användas till basvägs- och basstråkssimulering för kontinuitetsskogsbruk för att minska rötbildande körskador och skador på kvarstående skog.

Vid en eventuell implementering av Timbertrail som metod för att hitta lämpliga basvägar och basstråk, samt för beräkning av terrängtransportavståndet, föreslås att Timbertrail används redan innan planering av avverkningstrakten påbörjas. Detta för att ha med ett förslag ut till avverkningstrakten för att sedan verifiera i fält om förslaget från Timbertrail är tillämpligt. Visar det sig att förslaget inte är tillämpligt kan korrigeringar göras direkt i fält. När basväg och basstråksförslaget är korrekt beräknas avläggets sträcka utifrån total volym, antal sortiment och anslutningspunkt.

4.5 Slutsatser

Våra slutsatser från studien är följande:

- Timbertrails beräknade terrängtransportavstånd är jämförbart med terrängtransportavståndet beräknat med hjälp av Bortsättningshandboken.
- Studien indikerade även att produktionsledare verkar beräkna längre terrängtransportavstånd med Bortsättningshandboken gentemot ett expertbedömt avstånd.

Sammanfattningsvis visade studien att Timbertrails terrängtransportavstånd verkar överensstämma med Bortsättningshandboken. Detta resultat kan vara användbart för att informera beslutsfattare inom Stora Enso Skog och hjälpa till att optimera beräkningarna för terrängtransportavståndet.

Referenser

- Agestam, E. (2015). Skogsskötselserien 7, Gallring. 2a uppl. Jönköping: Skogsstyrelsen.
- Andersson, G. & Westlund, K. (2015). BestWay – nästa generations drivningsplanering. Redogörelse 2015:19 Uppsala: Skogforsk.
- Andersson, P-J. (2019). Basvägar och basstråk, maskinförarens åsikter om planerade förslag. (Examensarbete /SLU, Skogsmästarprogrammet 2019:35) Sveriges lantbruksuniversitet, Skogsmästarskolan. Skinnskatteberg.
- Berg, S. (1995). Terrängtypschema för skogsarbete. Uppsala: Skogforsk
- Brunberg, T. 2004. Produktionsnormer för skotare. Redogörelse 2004:3 Uppsala: Skogforsk.
- Brunberg, T. 2013. Skogsbrukets kostnader och intäkter 2012. Redogörelse 2013:8 Uppsala: Skogforsk.
- Bryman, A. & Bell, E. (2011). Företagsekonomiska forskningsmetoder. 2a uppl. Liber AB, Stockholm.
- Dahlin, A. (2008). Produktivitet och kvalitet vid stickvägs- respektive beståndsgående förstagallring. Umeå: Institutionen för skoglig resurshållning. Sveriges lantbruksuniversitet (SLU); Arbetsrapport 216. Jägmästarprogrammet
- Ekelund, F. (2019). Implementering av Rätt metod gallring och Rätt metod planering – en uppföljning i fält inför fortsatt utvecklingsarbete. (Examensarbete /SLU Skogsmästarprogrammet 2019:32) Sveriges lantbruksuniversitet, Skogsmästarskolan. Skinnskatteberg.
- Fahlén, G. & Ohlsson, A. (2008). Arbetslivserfarenhet och kompetensutveckling i den svenska arbetsmarknaden. Arbetsliv, 10(1), 47–63. Stockholm: Arbetslivsinstitutet.
- Femling, J. (2010). Uppföljning av planerat skotningsavstånd med hjälp av geografisk informationsteknologi (GIT). Umeå: Institutionen för skoglig resurshållning. Sveriges lantbruksuniversitet (SLU); Arbetsrapport 278. Jägmästarprogrammet
- Flisberg, P., Forsberg, M., & Rönnqvist M. (2007). Optimization based planning tools for routing of forwarders at harvest areas. Canadian Journal of Forest Research. 37(11): 2153-2163.

- Flisberg, P., Rönnqvist, M., Willén, E., Frisk, M. & Friberg, G. (2020). Spatial optimization of ground-based primary extraction routes using the BestWay decision support system. *Canadian Journal of Forest Research*. 51(5): 675-691. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2020-0238>
- Hoffmann, S., Schönauer, M., Heppelmann, J., Asikainen, , Cacot, E., Eberhard, B., Hasenauer, H., Ivanovs, J., Jaeger, D., Lazdiņš, A., Mohtashami, S., Moskalik, T., Nordfjell, T., Stereńczak, K., Talbot, B., Uusitalo, J., Vuillermoz, M. & Astrup, R. (2022). Trafficability Prediction Using Depth- to-Water Maps: the Status of Application in Northern and Central European Forestry. *Current Forestry Reports*, 3. <https://doi.org/10.1007/s40725-021- 00153-8>
- Hosseini, A., Lindroos, O. & Wadbro, E. (2019). A holistic optimization framework for forest machine trail network design accounting for multiple objectives and machines. *Canadian Journal of Forest Research*, 49 (2), 111–120
- Häggström, C. & Lindroos, O. (2016). Human, technology, organization, and environment – a human factors perspective on performance in forest harvesting. *International Journal of Forest Engineering*, 27 (2), 67–78. <https://doi.org/10.1080/14942119.2016.1170495>
- Jansson, S & Vesterlund, F. (2014). Effekter av ”Rätt Metod Slutavverkning” och markförhållanden på skördad mängd GROT. Umeå: Institutionen för skogens ekologi och skötsel. Sveriges lantbruksuniversitet (SLU); Kandidatarbete 2014:21. Jägmästarprogrammet
- Johansson, S. (2016). Vision: forskning för framtidens skogsbruk 1-2016, 14-17. Skogforsk, Uppsala.
- Jonsson, M. (2014). En jämförelse avseende beståndsgående gallringsmaskiner. Examensarbete /SLU, Skogsmästarprogrammet 2014:25) Sveriges lantbruksuniversitet, Skogsmästarskolan. Skinnskatteberg.
- Larsson, J. (2014). Jämförelse av skotares körsträcka och bränsleförbrukning vid drivningskoncepten: ”rätt metod” och konventionell metod. Umeå: Institutionen för skogens biomaterial och teknologi. Sveriges lantbruksuniversitet (SLU); Arbetsrapport 6. Jägmästarprogrammet
- Laschi, A., Neri, F., Brachetti Montorselli, N. & Marchi, E. (2016). A Methodological Approach Exploiting Modern Techniques for Forest Road Network Planning. *Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and Application of Forestry Engineering*, 37 (2), 319–331
- Lidén, B., Flisberg, P. & Rönnqvist, M. (2009). Krönt Vägval hittar smartaste vägen från skogen till industri. Redogörelse 2015:137 Uppsala: Skogforsk.

- Lundqvist, L. Lindroos, O. Hallsby, G. Fries, C. (2014) Slutavverkning. Skogsskötselserien nr: 20. Skogsstyrelsen.
- Manner, J. Berg, S. Ersson, B-T. (2020) Forwarding during final felling: work element-specific distributions of driving distances at the stand level, *International Journal of Forest Engineering*, 31:1, 51–69. <https://doi.org/10.1080/14942119.2019.1657058>
- Marchi, E., Chung, W., Visser, R., Abbas, D., Nordfjell, T., Mederski, P.S., McEwan, A., Brink, M. & Laschi, A. (2018). Sustainable Forest Operations (SFO): A new paradigm in a changing world and climate. *Science of The Total Environment*, 634, 1385–1397. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.084>
- Mohtashami, S. (2011). Bättre planering av avverkningsvägar med GIS. Redogörelse 2011:9 Uppsala: Skogforsk.
- Persson, P-E. (2020). Arbete i avverkningslag Del 1. 7e uppl, Mora: Mora in Europe. ISBN 978-91-519-4781-5
- Petersson, P. & Ahlsén, S. (2009). Lean: gör avvikelser till framgång. 2a uppl. Bromma: Part Development. ISBN 978-91-633-2796-4.
- Sjöberg, J. (2022). Skonsamt från trakt till bilväg: en analys av potentialen hos ett digitalt planeringsverktyg i syfte att minska risken för körskador. Umeå: Institutionen för skogens biomaterial och teknologi. Sveriges lantbruksuniversitet (SLU); Arbetsrapport 2. Jägmästarprogrammet
- Sjöqvist, I (2017). Hur en skotares körsträcka kan påverkas vid olika fuktighetsförhållanden i terrängen. Växjö: Institutionen för Skogs- och träteknik. Linnéuniversitetet; Examensarbete 2017-05-23. Skogskandidatprogrammet
- Svensson, G (2013). Hur stort behöver avlägget vara? <https://www.skogforsk.se/kunskap/kunskapsbanken/2013/hur-stort-behover-avlagget-vara/> Uppsala: Skogforsk [2023-03-29]
- Skogskunskap, 2023. Ordlista. <https://www.skogskunskap.se/ordlista> [2023-06-01]
- Skogsstyrelsen, 2022. Mer om innehållet i karttjänsten Skogliga grunddata. <https://www.skogsstyrelsen.se/sjalvservice/karttjanster/skogliga-grunddata/skogliga-grunddata-innehall/> [2023-03-29]
- Skogsstyrelsen, 2023. Skogsstyrelsens statistikdatabas. <https://www.skogsstyrelsen.se/statistik/statistikdatabas/> Sortiment av stamved: Summa nettoavverkning, milj. m³sk År: 2012-2021 Prel. [2023-03-29]

- Stair, R.M. & Reynolds, G.W. (2005). Principles of information systems: a managerial approach. 7th ed. Boston Massachusetts: Thomson Course Technology.
- Thelberg, E. (2011). Gödslingsstrategins inverkan på Holmen Skog, Umeå distrikt. Umeå: Institutionen för skoglig resurshushållning. Sveriges lantbruksuniversitet (SLU); Arbetsrapport 336. Jägmästarprogrammet
- Thorner, M. 2011. Skotarkörning lönar sig - med korrekt betalning! . Tidningen Skogsteknik, nr 1. s 12–13.
- Tiger, K. (2012). Jämförelse av skattat och kört skotningsavstånd. Umeå: Institutionen för skoglig resurshushållning. Sveriges lantbruksuniversitet (SLU); Arbetsrapport 357. Jägmästarprogrammet
- Wessmark, N. (2019). Bortsättning av skotningsavstånd på ett svenskt skogsbolag: en granskning av hur väl metodstandarderna för bortsättningsarbetet följts. Uppsala: Institutionen för skogsekonomi. Sveriges lantbruksuniversitet (SLU); Examensarbeten 2. Jägmästarprogrammet
- Willén E. & Andersson, G. (2015). Drivningsplanering. En jämförelse mellan sju skogsföretag. (Arbetsrapport 885). Uppsala: Skogforsk.
- Willén, E., Friberg, G., Flisbeg, P., Andersson, G., Rönnqvist, M. & Westlund, K. (2017). Bestway – beslutsstöd för förslag till huvudbasvägar för skotare . (Arbetsrapport 945) Uppsala: Skogforsk
- Wählberg Von Knorring, M. (2012). Beslutsstöd för placering av basvägar i terrängen och beräkning av medelterrängtransportavstånd. Umeå: Institutionen för skoglig resurshushållning. Sveriges lantbruksuniversitet (SLU); Arbetsrapport 358. Jägmästarprogrammet

Personlig kommunikation:

Dahlberg, Kevin. Ledande inköpare. Stora Enso Skog Försörjningshantering. Falun. 2023-01-24

Hedin, Fredrik. Verksamhetsanalytiker. Stora Enso Skog Drivning. Falun. 2023-01-18

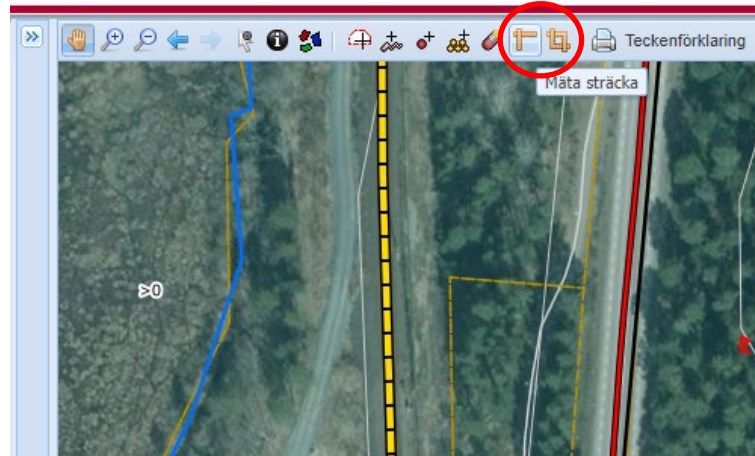
Rönnqvist, Erik. Operativ chef. Creative Optimization. Halmstad. 2023-04-21.

Bilagor

- Bilaga 1: Tillämpning av Bortsättningshandboken.
- Bilaga 2: Expertens beräkningar utifrån Bortsättningshandboken.
- Bilaga 3: Sambandet med Timbertrail och Bortsättningshandboken med och utan Nogo zoner.
- Bilaga 4: Timbertrail exklusive lossningsträcken mot Bortsättningshandboken.
- Bilaga 5: GYL:ens påverkan av terrängtransportavståndet.
- Bilaga 6: Svarsenkäten för produktionsledarna.
- Bilaga 7: Definitionen av terrängtransportavstånd.
- Bilaga 8: Produktionsledarnas avstånd mot Timbertrail i enkätundersökningen.

Bilaga 1: Tillämpning av Bortsättningshandboken.

Mätning av terrängtransportavståndet utförs i Stora Enso Skogs egna program eSkog. Mätningen baseras på ett ortofoto där körloggar oftast finns med från skördaren. Verktygen som används visas i Figur 8 nedan

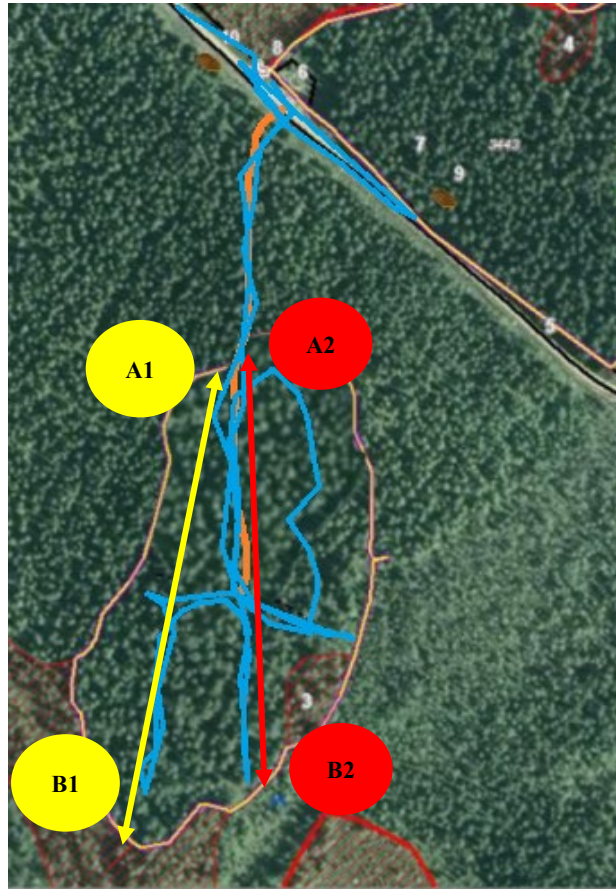


Figur 8. Urklipp från programmet eSkog där verktygen i den röda cirkeln används för att mäta terrängtransportavståndet.

För att beräkna terrängtransportavståndet med Bortsättningshandboken (2021) delar man upp arbetet i tre moment som visas i tabell 6 nedan.

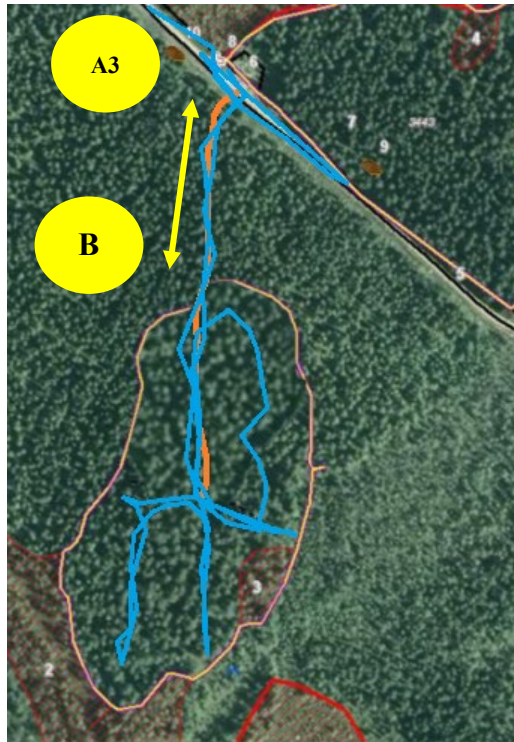
Tabell 6. Tre moment för att beräkna terrängtransportavståndet med Bortsättningshandboken (2021)

- | | |
|------|-------------------------------------|
| i) | Virkestyngdpunkten i trakt/traktdel |
| ii) | Basvägens längd |
| iii) | Avläggets längd |
- i. För att hitta virkets tyngdpunkt i trakten mäts sträckan från den bortre gräns i Figur 9 nedan mellan A1 och B1 i virkesriktningen. Denna sträcka behöver mätas på minst två men ofta flera ställen för att få en så rätt snittsträcka som möjligt (Bortsättningshandboken 2021). Om man antar att sträcka A1 till B1 är 225 meter och sträcka A2 till B2 är 183 meter ser uträkning ut på följande sett: $225/2+183/2=204/2=102$ meter. Dessa **102 meter** är då virkets tyngdpunkt i trakten som senare kommer summeras med basvägslängden och avläggets längd.



Figur 9. Avverkningstrakt med loggspår från skördare i ljusblå kulör. Samt två olika (A1-B2, A2-B2) sträckor för att mäta virkets tyngdpunkt i trakten.

- ii. För att bestämma längden på basvägen som är moment två mäts detta i Figur 10 nedan. Här utgår man från avläggets utfart (A3) till där basvägen övergår till basstråk (B3) alltså där trakten påbörjas. Om man antar att den aktuella sträckan är då 83 meter summeras den med 102 meter från föregående mätning av virkestyngdpunktens snittsträcka som då blir **185 meter**.



Figur 10. Avverkningstrakt där basvägen mäts från punkt A3 till B3.

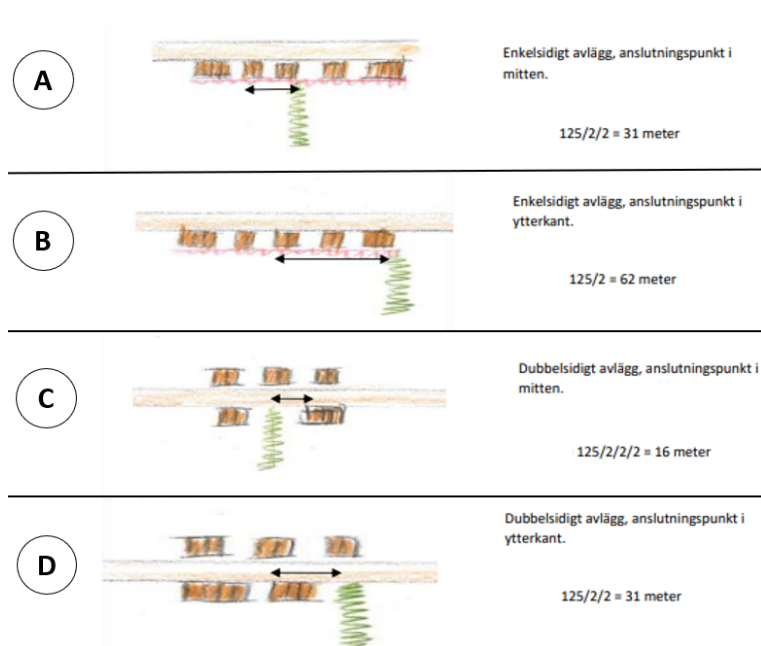
iii. För att beräkna avläggets längd utgår man från (Formel 1):
 Avläggets volym (m^3fub) / $10 + 5$ meter för varje sortiment
 (Skogforsk 2013). Körsträckan längs avläggets avgörs av:

- Basvägens/basstråkets anslutningspunkt till avläggets,
- Om avläggets är enkel eller dubbelsidigt.

Om man antar att trakten i Figur 10 avverkas och totala virket blev då $1000 m^3fub$ fördelat på fem sortiment blir uträkningen följande:
 $1000/10+5*5=125$ meter. Detta är då totala antalet meter $1000 m^3fub$ behöver för att rymmas på avläggets. Men för att beräkna skotarens aktuella körsträcka på avläggets måste hänsyn tas som tidigare nämnt till om det är dubbelsidigt avlägg eller enkelsidigt avlägg samt om vart basstråket/basvägen ansluter till avläggets. Se Figur 11 nedan för olika kombinationer av anslutningspunkt och avläggstyp.

Om avläggets förutsättningar ser ut som exempel B i Figur 11 nedan ser uträkningen ut på följande sett: $125/2=62$ meter. Detta summeras då med basvägens längd (83 meter) och virkestyngdpunktens snittsträcka (102 meter) som då blir 247 meter. Bortsättningshandboken (2021) visar på avrundningsregler till närmsta tiotal och därför blir summan ≈ 250 meter. Dessa 250 meter är det aktuella terrängtransportavståndet som skotaren kommer att få ersättning efter. Och som nämnts tidigare ska

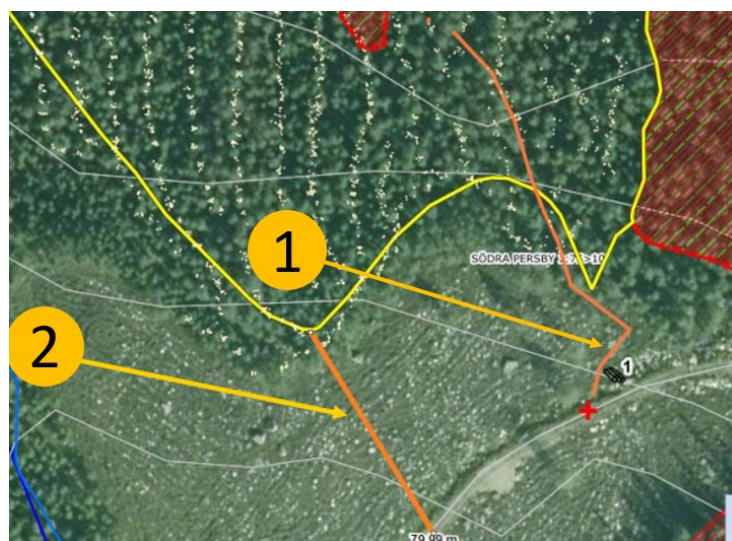
ansvarig produktionsledare och intraprenör upprepa detta på varje trakt som drivs under Stora Enso skog.



Figur 11. Fyra olika kombinationer av avläggstyp för att beräkna körsträckan på avlägget.

Bilaga 2: Expertens beräkningar utifrån Bortsättningshandboken.

Beräkningar utifrån experten visade att den basvägen som avverkningslaget följde vid drivningstillfället som visas som en etta (Figur 12) mätte ett längre avstånd med beräkningar utifrån Bortsättningshandboken än Timbertrail. Experten bedömde då att skotaren skulle ha använt förslaget som markerats som en tvåa (Figur 12) och placerat avlägget utifrån det förslaget. Timbertrail däremot beräknade ett längre terrängtransportavstånd om avlägget placerades enligt expertens bedömning än placeringen som maskinslaget använde vid drivningen. Förklaring till att Timbertrail mäter ett längre avstånd än expertens bedömning vid samma placering av avlägg, kan vara att Timbertrail tar mer hänsyn till markfuktighetskartan än den okulära bedömningen från experten. Samma sak vad det gäller virkestyngdpunkten och lutningen i trakten.



Figur 12. Urklipp från slutavverkningstrakten som användes i enkätundersökningen där basväg ett (1) visar avverkningslagets placering av basväg. Basväg två (2) visar expertens placering av basväg som beräknar ett kortare terrängtransportavstånd med Bortsättningshandboken än basväg två (2).

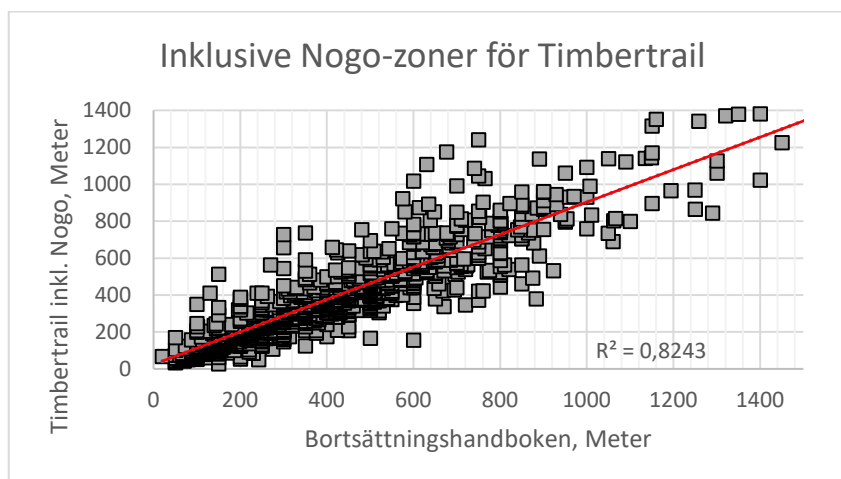
Bilaga 3: Sambandet med Timbertrail och Bortsättningshandboken med och utan Nogo zoner.

Medelvärdet för terrängtransportavståndet uppgav sig till 408,5 meter (Tabell 7) med beräkningar utifrån Bortsättningshandboken. Timbertrails förslag till terrängtransportavstånd där hänsynen på traktnivå sattes som Nogo zoner uppgav sig till 6,12 procent kortare än Bortsättningshandbokens avstånd. Timbertrails förslag där Nogo zoner slopades uppgav sig till 6,08 procent kortare med en skillnad på 0,04 procent enheter.

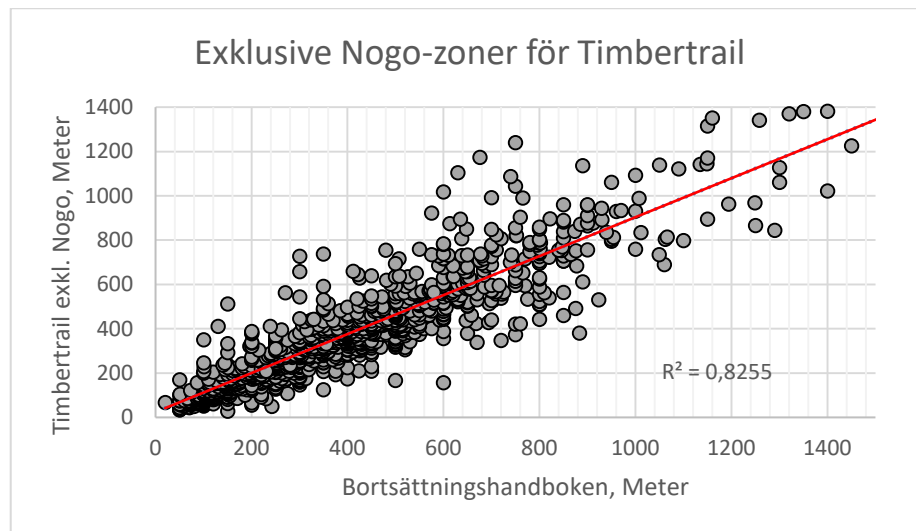
Tabell 7. Medelvärde, standardavvikelse och antal för avstånd mätta med Bortsättningshandboken (BH) och Timbertrail (TT) med trakter inklusive Nogo Zoner och exklusive Nogo zoner samt exklusive lossningssträckan vid avlägget för Timbertrail.

	BH	TT inkl. Nogo	TT exkl. Nogo
Medelvärde	408,5	383,6	383,5
Standardavvikelse	250	242	264
Antal	1113	1113	1113

Timbertrail inklusive Nogo zoner visade en förklaringsgrad på 0,8243 (Figur 13) och är något längre än för trakter exklusive Nogo zoner som uppgav sig till 0,8255 (Figur 14). Eftersom terrängtransportavståndet från Timbertrail med eller utan Nogo zoner skiljer väldigt lite, kommer avståndet inklusive Nogo zoner användas för att jämföra andra faktorer då detta avstånd inte riskerar att lägga förslaget över natur och kulturhänsyn som lämnats vid drivningstillfället.



Figur 13. Linjär regressionsanalys för trakter inklusive Nogo zoner där Timbertrail avser Y-axeln och avståndet med beräkningar utifrån Bortsättningshandboken avser X-axeln. Kvadratiska punkter avser en enskild trakt.



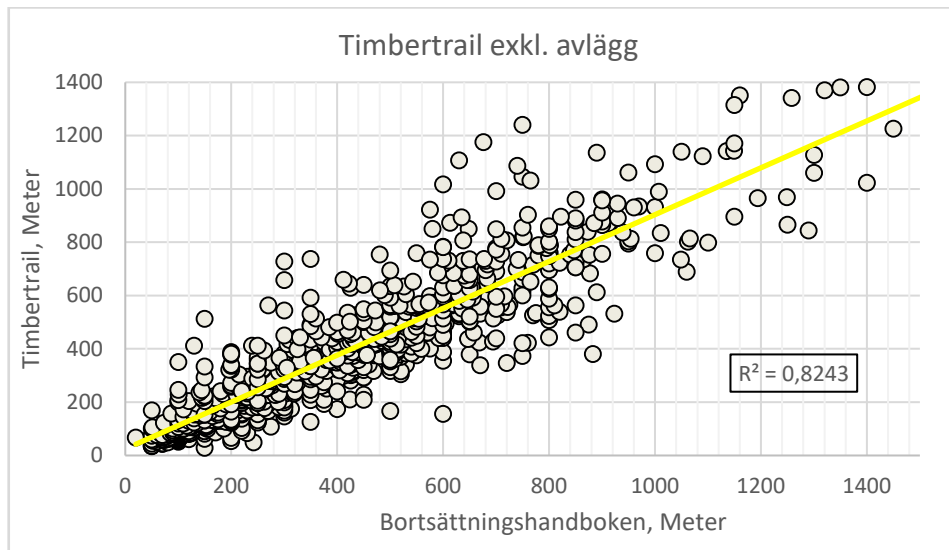
Figur 14. Linjär regressionsanalys för trakter exklusive Nogo zoner där Timbertrail avser Y-axeln och avståndet med beräkningar utifrån Bortsättningshandboken avser X-axeln. Cirkulära punkter avser en enskild trakt.

Bilaga 4: Timbertrail exklusive lossningssträckan mot Bortsättningshandboken.

Medelvärde för trakter beräknade med Bortsättningshandboken var 409 meter (Tabell 8). I jämförelse var Timbertrails avstånd exklusive körning under lossning 6 procent kortare (25 meter). Det fanns signifikant skillnad (p-värde 0,017) mellan mätningar utförda med Bortsättningshandboken och Timbertrails förslag till terrängtransportavstånd exklusive sträckan körning under lossning

Tabell 8. Bortsättningshandboken (BH) och Timbertrails (TT) terrängtransportavstånd i meter exklusive simulerat avlägg visas i medelvärden (Medel), standardavvikelse (Std) för antal trakter (n) inom given kategori. P-värde för två-sidigt t-test för respektive parameter. Fetmarkerade p-värden anger signifikanta skillnader. Positiv differens visar på ett högre värde i medel för Bortsättningshandboken.

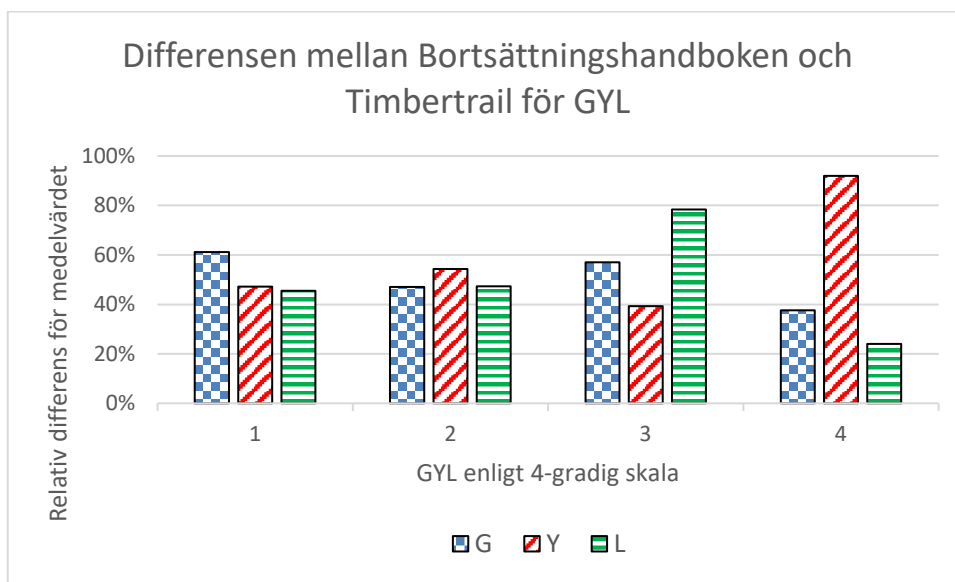
Parameter	BH			TT			Differens, (m)	P-värde
	Medel, (m)	Std, (m)	n	Medel, (m)	Std, (m)	n		
Avstånd	409	250	1113	384	242	1113	25	0,017



Figur 15. Linjär regressionsanalys där den gula streckade linjen visar trendlinjen mellan Bortsättningshandbokens avstånd på X-axeln och Timbertrails terrängtransportavstånd på Y-axeln exklusive simulerat avlägg.

Bilaga 5: GYL:ens påverkan av terrängtransportavståndet.

Grundförhållandet, ytstruktur och lutning hade inte någon påverkan på differensen mellan Bortsättningshandbokens och Timbertrails terrängtransportavstånd (Figur 16).



Figur 16. Relativa differensen som avser Bortsättningshandbokens terrängtransportavstånd minus Timbertrails terrängtransportavstånd för grundförhållande (G), ytstruktur (Y) och lutning (L) enligt en 4-gradig skala där 1 anger lättaste och 4 svåraste förhållanden.

Bilaga 6: Svarenkäten för produktionsledarna.

1. Hur länge har du jobbat som produktionsledare? *

- 0-1 år
- 1-2 år
- 2-3 år
- 3-4 år
- 4-5 år
- 5-6 år
- 6-7 år
- 7-8 år
- 8-9 år
- 9-10 år
- över 10 år

2. Skotningsavstånd för **231185846?** *

3. Skotningsavstånd för **231178534?** *

Bilaga 7: Definitionen av terrängtransportavstånd.

Medelskotningsavståndet definieras inte i Skogencyklopedin, men definieras i detta arbete utifrån Skogencyklopedin definition av termer kring skotning och uttransport (Tabell 9). Dessa definitioner om medelskotningsavstånd är framtaget av Mattias Wåhlberg von Knorring (2012) och Karl Tiger (2012) i deras respektive arbeten.

Tabell 9. Definitioner av termer som används i detta arbete kring förklaring av terrängtransportavståndet samt relaterade benämningar.

Termer	Definition enligt Skogencyklopedin (Skogskunskap 2023; Persson 2020)
Avlägg	<i>"Plats vid bilväg/skogsbilväg där virket mellanlagras före transport till industri. Kallas även virkesupplag."</i>
Avverkningstrakt	<i>"Benämning på ett skogsområde som avverkas."</i>
Basväg	<i>"Åtkomstväg för utforsling av virke. Basvägen binder samman ett skogsbestånd och leder fram till avlägg."</i>
Basstråk	<i>"Åtkomstväg för utforsling av virke inom en avverkningstrakt. Basstråket binder samman stickvägar i ett skogsbestånd och leder fram till avlägg"</i>
Skotning	<i>"uttransport av helt uppburet virke på lastbärare, t.ex. skotare, kärra eller dragen vagn i terräng, på stickväg eller skiftesväg fram till basväg eller avlägg."</i>
Stickväg	<i>"De vägar som tas upp i skogen för att skogsmaskinerna ska kunna avverka och köra ut virket från skogen."</i>
Terrängtransport	<i>"Benämning för att transportera virke från skogen ut till bilvägen. Terrängtransporten görs oftast med skotare."</i>
Trakt	<i>"Benämning på ett skogsområde som ska avverkas"</i>
Uttransport	<i>"transport av avverkat virke från avverkningsplats till avlägg, där vidaretransport tar vid."</i>
Virkes hög	<i>"mindre antal stockar upplagda som virkestrave i skogen för avhämtning av skogsmaskin eller häst."</i>

Medelskotningsavståndet (S_{medel}) är sträckan för samtliga lass som körs ut från en trakt (del (S_{tot}) dividerat med antal utkörda lass (n). Sträckan för terrängtransport körs på bas- och stickväg till, under och från lastningsområdet. I dagligt tal och i prestationsnormsunderlag menar man vanligtvis sträckan enkel väg, vilket erhålls genom att medelsträckan divideras med två. Medelskotningsavståndet enkel väg beräknas alltså enligt:

$$S_{medel} = \frac{\left(\frac{S_{tot}}{n}\right)}{2}$$

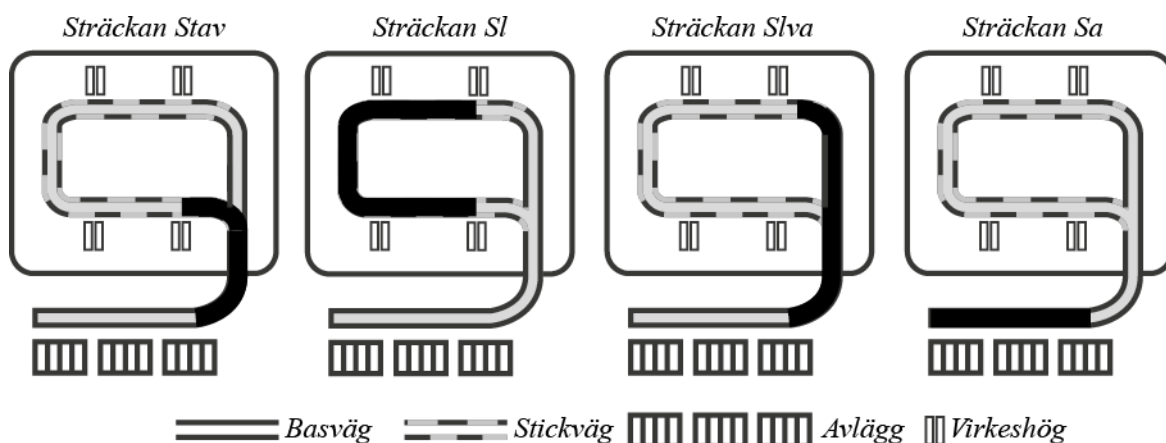
Den totala körsträckan för skotning (S_{tot}) fås genom att summera de enskilda sträckorna för respektive vända (lass) enligt:

$$S_{tot} = \sum_{k=1}^n (Stav_k + Sl_k + Slav_k + Sa_k)$$

där n = antal lass som skotas ut från en trakt och delsträckorna definieras i Tabell 10 och visualiseras i Figur 17.

Tabell 10. Definition av delsträckor som ingår i medelskotningsavståndet (S_{medel}) (Tiger 2012; von Knorring 2012).

Variabel	Sträcka (m)
<i>Stav</i>	Sträckan för tomkörning från avlägg tills lastning av virkeshögar påbörjas på avverkningsplatsen.
<i>Sl</i>	Sträckan för körning under lastning av virke från virkeshög på avverkningsplatsen.
<i>Slva</i>	Sträckan för körning med (fullt) last, d.v.s. – från lastningens avslutande (sista virkeshögen) till avlägg.
<i>Sa</i>	Sträckan för körning under avlastning (inklusive sortering) av virke på avlägg.



Figur 17. Heldragen linje visar sträckningen av delsträckan *Stav*, *Sl*, *Slva* och *Sa* på en avverkningstrakt som ingår i ett medelskotningsavstånd (S_{medel}) (Tiger 2012; von Knorring 2012).

Medelterrängtransportavståndet avser den sträcka som används för ren transport, dvs. summan av delsträckorna *Stav* och *Slva* delat antalet lass och delat med två (för att få enkel väg). Medelterrängtransportavstånd benämns i praktiken oftast bara *terrängtransportavstånd*, vilket är även är den term som kommer att användas i detta arbete.

Bilaga 8: Produktionsledarnas avstånd mot Timbertrail i enkätundersökningen.

Produktionsledarna beräknade 24 meter kortare terrängtransportavstånd på gallringstrakten än Timbertrail, och 28 meter kortare avstånd på slutavverkningstrakten (Tabell 11). Ingen signifikant skillnad påvisades mellan produktionsledarnas avstånd och Timbertrail ($p_{GA} = 0,104$ och $p_{SA} = 0,075$).

Tabell 11. Framräknande terrängtransportavståndet (Avstånd) för produktionsledarna och Timbertrail (TT) för slutavverkningstrakten (SA) och gallringstrakten (GA). Medelvärdet (Medel) beräknades för produktionsledarna, det faktiska avståndet redovisas för Timbertrail.

Standardavvikelsen (Std) angavs för produktionsledarna, antalet angavs för alla beräknande avstånd (n). Differensen avser avståndet från Timbertrail. En positiv differens betyder ett högre medelvärde för produktionsledarna. P-värde för enkel-sidigt t-test mellan produktionsledarna och Timbertrail, p-värdet ($p_{GA} = 0,104$ och $p_{SA} = 0,075$) motsvarar ingen signifikans.

Avstånd	GA					SA				
	n	Medel (m)	Std (m)	Differens (m)	P-Värde	n	Medel (m)	Std (m)	Differens (m)	P-Värde
Timbertrail (m)	1	116	-	-	-	1	281	-	-	-
Produktionsledare (m)	10	140	42	24	0,104	10	309	44	28	0,075

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Läs om SLU:s publiceringsavtal här:

<https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.