



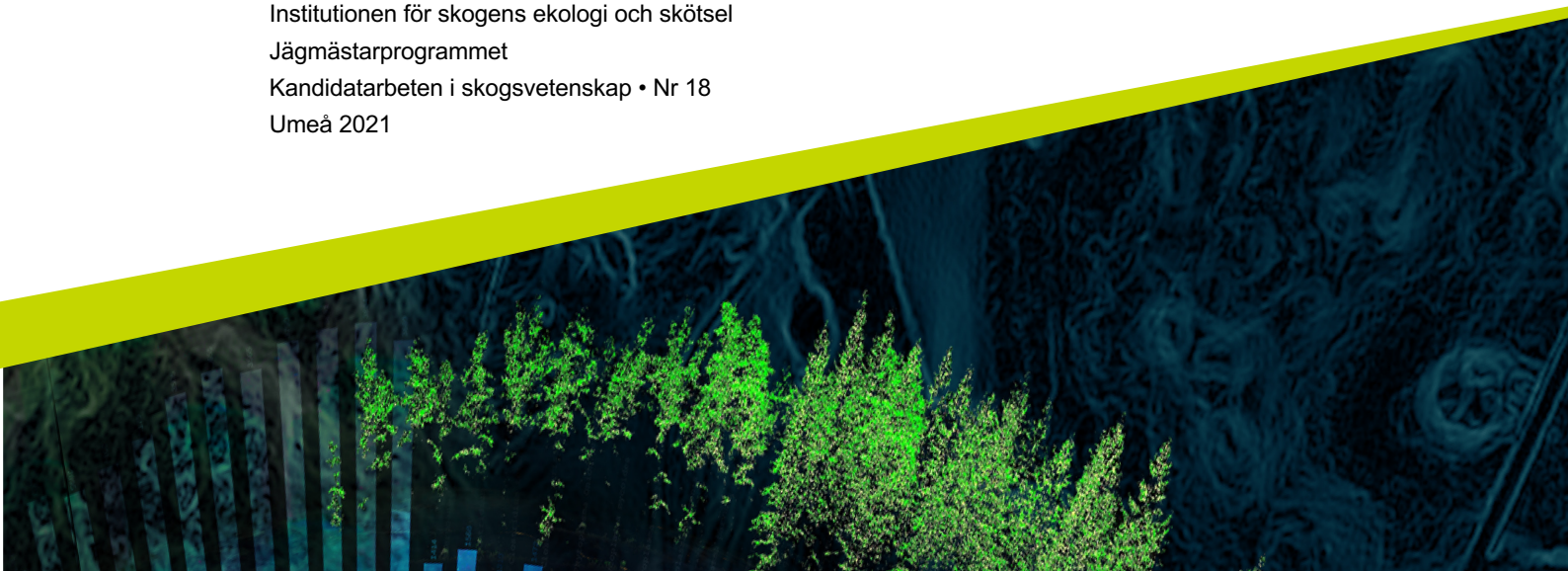
Skogsbilvägens tillgänglighet och framkomlighet

– en analys av beslutsunderlag för val av vägstandard för skogsbilvägar

Forest road standards, an analysis of decision variables and methods for choosing road standard for forest roads

William Svederberg & Rikard Olsson

Kandidatarbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Fakulteten för skogsvetenskap
Institutionen för skogens ekologi och skötsel
Jägmästarprogrammet
Kandidatarbeten i skogsvetenskap • Nr 18
Umeå 2021



Skogsbilvägens tillgänglighet och framkomlighet – en analys av beslutsunderlag för val av vägstandard för skogsbilvägar

William Svederberg & Rikard Olsson

Handledare: Björn Edlund, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogens biomaterial och teknologi
Bitr. handledare: Mikael Bergqvist, Skogforsk
Bitr. handledare: Daniel Noreland, Skogforsk
Examinator: Gustaf Egnell, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogens ekologi och skötsel

Omfattning: 15 hp
Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E
Kurstitel: Kandidatarbete i skogsvetenskap
Kurskod: EX0911
Program/utbildning: Jägmästarprogrammet
Kursansvarig inst.: Institutionen för skogens ekologi och skötsel
Utgivningsort: Umeå
Utgivningsår: 2021
Serietitel: Kandidatarbeten i skogsvetenskap
Delnummer i serien: 18

Nyckelord: skogsbilvägar, framkomlighet, tillgänglighet, transportkostnad, övergångskvantitet

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för skogsvetenskap

Institutionen för skogens ekologi och skötsel

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.

Sammanfattning

Ett välfungerande system med skogsbilvägar är viktigt för att öka åtkomsten till skogen och minska kostnader för drivning och annan skötsel. Att anlägga skogsbilvägar har varit en viktig del av skogens brukande sedan mekaniseringen tog fart och tillvägagångssättet har varierat med tiden. År 1983 släppte Skogsstyrelsen boken "Kalkylteknik vid skoglig vägnätsplanering" för att användas som verktyg vid projektering av skogsbilvägar.

Syftet med det här arbetet har varit att granska handbokens beräkningar avseende val av geometrisk standard för att undersöka dess aktualitet i dagsläget och samtidigt utreda möjligheter till revidering av densamma.

Skogsbilvägar kategoriseras efter dess vägstandard. Vägstandard beskriver framkomlighet och tillgänglighet för en väg. Framkomlighet beskriver hur väl ett fordon kan färdas på vägen och därmed vilken färdhastighet som är lämplig, detta kallas ofta för geometrisk standard. Tillgänglighet beskriver under vilka förhållanden vägen är tillgänglig främst beroende av väderlek och årstid.

Studien genomfördes genom att undersöka kalkylhandbokens beräkningsmodeller. Modellerna har granskats för att klargöra vad olika delar i modellen består av samt vilka data de är framtagna från. Dessutom har modellerna testats genom att applicera aktuella data på samma modell för att utreda hur användbar modellen är i dagsläget. Genom litteraturstudie och intervju med representanter från skogsbranschen har praktik och teori kunnat vägas mot varandra och beskrivas i text.

Resultatet av studien är en kartläggning av teorin och delar av branschens förhållning till vägprojektering med fokus på vägstandard. Dessutom uppmärksammas behovsområden för vidare forskning avseende val av vägstandard och väghållning i skogen. Studien har även resulterat i en uppdaterad, mer interaktiv, beräkningsmodell för övergångskvantitet. Beräkningsmodellen kan nyttjas vid eventuella vidare studier på ämnet vilket skulle vara nödvändigt för att prova modellen i praktik och validera begreppet övergångskvantitets plats i vägprojekteringen.

Nyckelord: skogsbilvägar, tillgänglighet, framkomlighet, vägstandard, övergångskvantitet

Abstract

A well-functioning system of forest roads is important for enhancing accessibility to the forest and lowering costs for acquiring raw material. The construction of forest roads has been an important aspect of forestry since the mechanization in the second half of the 20th century and the procedure of constructing roads has varied over time. In 1983 the Swedish Forest Agency released their handbook “Principles of calculus for forest road planning¹” which aimed to be a tool for anyone working with economical calculations in forest road projects.

The aim of this study was to evaluate certain parts of this handbook regarding changes in forestry since it was written and to suggest possible revisions.

Forest roads are categorized based on their standard. Road standard describes the accessibility and passability of a certain road. Passability describes what kind of vehicle that can use the road and what speed the road is suited for; this is also often referred to as geometric standard. Accessibility describes in what conditions the road can be used for transport which is mainly dependent on weather conditions.

The method for this project was to investigate the calculation models in the handbook combined with a literature study and an interview with relevant actors in the forest sector. The models have been reviewed to find out what different variables mean and what data they were based on. To analyze the actuality of the models, recent data has been applied on the models. The literature study and interview contributed by making it possible to weigh theoretical descriptions and recommendations to practical implementation and identify any differences between these.

The result of this study is shining a light on the differences between the theoretical and practical approaches to forest road planning. The study has also resulted in a modernized, more interactive, model for calculation turnover quantity. This new model could be used in further practical studies to validate if turnover quantity is an effective measure to use.

Keywords: forest roads, turnover quantity, passability, road standard, accessibility

¹ Kalkylteknik vid skoglig vägnätsplanering – Skogsstyrelsen 1983

Förord

Det här är ett kandidatarbete utfört våren 2021 som avslutning på de tre första åren av jägmästarprogrammet.

Stort tack till vår handledare Björn Edlund på SLU för kloka råd och engagerad stöttning under hela arbetet.

Vi vill även tacka Skogforsk med Mikael Bergqvist och Daniel Noreland i spetsen, er djupa kunskap har varit till stor hjälp under arbetets gång.

William Svederberg och Rikard Olsson

Umeå

April 2021

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	11
Figurförteckning	12
1. Inledning	13
1.1. Bakgrund.....	13
1.2. Framkomlighet	14
1.3. Tillgänglighet.....	16
1.4. Mål	17
2. Material och metoder	18
2.1. Litteraturstudie	18
2.2. Kalkylhandbokens beräkningar	19
2.2.1. Beräkning av persontransportkostnad – Kalkylhandboken	20
2.2.2. Beräkning av virkestransportkostnad – Kalkylhandboken	21
2.2.3. Väghållningskostnad – Kalkylhandboken	22
2.3. Egna Beräkningar	23
2.3.1. Beräkning av transportkostnader	23
2.3.2. Underhållskostnad.....	24
2.3.3. Byggnationskostnad	24
2.4. Intervju med Stora Enso.....	25
3. Resultat	26
3.1. Övergångskvantitet – Kalkylhandboken.....	26
3.2. Egna beräkningar – Transportkostnad.....	27
3.3. Egna beräkningar – Övergångskvantitet.....	28
3.4. Intervju med Stora Enso.....	31
4. Diskussion	33
4.1. Förbättringar av kalkylhandboken	33
4.2. Felkällor.....	35
4.3. Miljöaspekt	36
4.4. Klassning av skogsbilvägar år 2021	36
4.5. Slutsats	38

5. Referenser	40
6. Bilagor.....	42
6.1. Bilaga 1	42
6.2. Bilaga 2 – Kalkylhandbokens hjälptabeller	46

Tabellförteckning

Tabell 1: Framkomlighetsklasser för skogsbilvägar samt dess dimensionerade hastigheter och begränsningar (Skogskunskap 2021)	14
Tabell 2: Tillgänglighetsklasser för skogsbilvägar (Skogskunskap 2021).....	16
Tabell 3: Kostnad för persontransport per hastighet och tidshorisont.....	21
Tabell 4: Enligt kalkylhanboken angivna vägtransportkostnader per lastbilstyp, hastighet och tidshorisont. Sida 33 Kalkylhandboken	22
Tabell 5: Indata för omräkning från lastvikt till lastvolym angiven i m ³ sk.....	23
Tabell 6: Underhållskostnad per framkomlighetsklass	24
Tabell 7: Byggnationskostnad per framkomlighetsklass.....	24
Tabell 8: Övningsexempel Kalkylhandboken med data från 1983	27
Tabell 9: Lastvolym för olika lastbilstyper	27
Tabell 10: Timkostnad för olika lastbilstyper	28
Tabell 11: Kostnad för vägtransport vid olika hastigheter för 64- respektive 74-ton kranbilar	28
Tabell 12: Utdrag från den slutgiltiga kalkylen av övergångskvantitet i Microsoft Excel.....	29
Tabell 13: Framkomlighetsklasser enligt Biometria	36
Tabell 14: Klassindelning för skogsbilvägar. Framkomlighetsklass 1-3 enligt tidigare beskriven klassning enligt Biometria med underklasser av geometrisk standard klass 1-4 med given dimensionerad hastighet. Tillgänglighet anges enligt klass A-D likt i tabell 2. Notera att framkomlighetsklass 0 och 4 utelämnas på grund av att fordonskombinationerna inte är relevanta för virkestransport	37
Tabell 15: Data enlighet HCT-kalkyl	42

Figurförteckning

Figur 1: Effekt på övergångskvantitet till följd av minskad transportkostnad på den högre vägklassen. Transportkostnaden för den lägre vägklassen hålls konstant på 0,59 kr/m ³ sk o km.	31
Figur 2: Kalkylhandbokens hjälptabeller (Skogsstyrelsen 1983).....	46

1. Inledning

1.1. Bakgrund

Att bygga en skogsbilväg innebär ofta en stor investering och en avskrivningstid på ca 10-30 år beroende på vägstandard (Skogskunskap 2021). Det är därför viktigt att analyser föregående beslutet att bygga en väg är grundade i underlag som är aktuella nog att ge en tydlig bild av vägens framtida nyttor och dess medföljande kostnader för byggnation och underhåll. I dagsläget finns flera frågetecken kring hur aktuella de modeller som används för att ta fram besluts- och byggnationsunderlag egentligen är.

År 1983 släpptes boken ”Kalkylteknik vid skoglig vägnätsplanering” vidare benämnd kalkylhandboken. Detta var den första delen av Skogsstyrelsens vägserie och har kommit att bli ett sedan länge välanvänt verktyg för aktörer som ägnar sig åt projektering av det skogliga vägnätet (Skogsstyrelsen 1983). Sedan dess har skogsbruket förändrats i flera aspekter speciellt avseende besöksfrekvens samt gällande vilka kostnader och nyttor dessa besök är förknippade med (Stoor 2008). Ny teknik och förändringar av lagstiftningen har medfört ytterligare aspekter att ta hänsyn till jämfört med de som beskrevs på 80-talet. Beskrivningar i kalkylhandboken vittnar om ett skogsbruk som då fortfarande inkluderade en stor del motormanuellt arbete. Sedan den stora mekaniseringen under 70-talet har motormanuellt arbete i skogen minskat och idag utförs, av privata skogsägare, mindre än en femtedel av gallringsåtgärder och mindre än en tiondel av slutavverkningsåtgärder motormanuellt (Skogskunskap 2020b). Avseende lagstiftning har flera förändringar gjorts. 2015 höjdes maxvikten för vägar med bärighetsklass 1, dessa kom efter ändringen att tillåta vikter upp till 64 ton (SFS:1998:1276 2020). Så sent som 2018 infördes den nya bärighetsklassen BK4 för det allmänna vägnätet (Natanaelsson & Eriksson 2020) vilket möjliggjorde högre lastvikter och bättre effektivitet. Den nya bärighetsklassen tillåter fordonsvikt upp till 74 ton vilket har möjliggjort tyngre timmertransporter. Hittills har lastbilar med 74 ton bruttovikt inte fått det fäste som branschen hoppats på. Det har

uppskattats att det enligt 2017 års förutsättningar skulle gå att utföra ca 2,3% av skogsbrukets transportarbete på de då tillgängliga BK4-vägarna (Asmoarp et al. 2017). Enligt Trafikverket (2020) sker dock en ökning av antal vägar inom det statliga vägnätet som är godkända för BK4. I april 2020 var ca 20% av det statliga vägnätet godkänt för denna bärighetsklass (Natanaelsson & Eriksson 2020). Skogsbrukets nytta av ökad andel vägar av denna standard är till stor del beroende av att de inte enbart förläggs till större motorvägar eller liknande utan även till vägar som når till landsbygden där råvaran finns. Samtidigt måste även vägarna i skogen klara dessa vikter för att transporter inte ska bli begränsade till allmän väg, således lägger vägstandard grunden till vilken typ av transporter som kan köras på vägar nu och i framtiden.

1.2. Geometrisk standard och framkomlighet

Det finns en hel del frågetecken kring hur geometrisk standard och tillgänglighetsklass för vägen bestäms. Den geometriska standarden är kopplad till vägens framkomlighet och beskriver vilken hastighet och typ av lastbil en skogsbilväg är dimensionerad för och anges i klasserna 1–6 (Tabell 1).

Tabell 1: Framkomlighetsklasser för skogsbilvägar samt dess dimensionerade hastigheter och begränsningar (Skogskunskap 2021)

Framkomlighetsklass	Dimensionerad hastighet	Begränsning
1	60 km/h	Lastbil med släp, full längd
2	40 km/h	Lastbil med släp, full längd
3	30 km/h	Lastbil med släp, full längd
4	20 km/h	Lastbil med släp, full längd
5	20 km/h	Lastbil med förkortat släp
6	20 km/h	Lastbil utan släp

Vägens framkomlighet avgörs bland annat av mötessikt, dikesdjup, jämnhet på vägyta och vägslänt samt stoppsikt (Skogskunskap 2021). Stoppsikt beskriver hur långt det klara siktfältet behöver vara för att två fordon ska kunna stanna för varandra vid en viss hastighet och är därför en av de viktigaste delarna för en vägs säkerhet (Trafikverket 2012). Den avgörande faktorn är utformningen av vertikal- respektive horisontalkurvor. Radien på dessa avgör bland annat sikt och således hastighet i vilken lastbilarna kan färdas på vägen. Klasserna 1–4 är de som generellt eftersträvas då de möjliggör transport med 24 meter långa fordon. Lägre klasser än så har begränsade vändmöjligheter och kräver kortade släp eller kan ej nyttjas med

släp. Klass 5 och 6 beaktas ej i denna analys då att bygga enligt denna låga standard ej anses försvarbart i de flesta fall till följd av dess begränsningar.

Geometrisk standard väljs för skogsbilvägar främst utifrån ekonomiska analyser. Är kostnaden för att bygga en väg enligt högre standard större än den förväntade nyttan av detta kan valet av högre vägstandard ej motiveras (Skogsstyrelsen 1983). Valet av geometrisk standard avgör alltså hur vägen byggs och vilken maxhastighet vägen är dimensionerad för. Att vägen medger högre färdhastighet innebär att varje lastbil som nyttjar en väg med högre standard ökar sin medelhastighet och till följd av det minskar tidsåtgången för transport vilket effektiviserar processen och minskar kostnader kopplade till detta. Således kan upprustning av sämre vägar och nybyggnation av vägar med högre standard vara ett effektivt verktyg för att på sikt minska kostnader genom effektivisering av råvarutransport. För den enskilde skogsägaren som själv inte har några direkta kostnader förknippade till transporten av virke till industrin är uppgradering till högre standard sannolikt ej försvarbart om ingen större nytta tillkommer skogsägaren till följd av att ha en bättre väg. Den enskilde skogsägaren kan exponeras för alternativkostnader i form av utebliven leveransbonus. Leveransbonus kan förekomma i form av en bonus per levererad volymenhet råvara i det fall leverans kan ske under perioder då utbudet av virke på systemnivå är lågt på grund av yttre faktorer så som tjällossning. Tillkommen bonus har visat sig vara en viktig aspekt vid kalkylering av nyttan av en skogsbilväg (Stoor 2008). Viktigt att beakta här är också att effektivare transporter kan gynna systemet av köpare och säljare som helhet. Detta skulle på sikt kunna resultera i exempelvis högre virkespriser då det ekonomiska utrymmet utvidgas med den högre effektiviteten som bättre vägar medför. Valet av vägstandard, såväl för framkomlighet som för tillgänglighet, är därför en viktig komponent i projekteringen av en skogsbilväg.

1.3. Tillgänglighet

Vägens tillgänglighet kopplas starkt till dess bärighet. En vägs bärighet beror på dess konstruktion och aspekter att beakta i detta är materialval, tjocklek på överbyggnaden samt vägens och markens dräneringsegenskaper (Skogskunskap 2021). Skogsbilvägars tillgänglighet klassas enligt en skala från A till D (Tabell 2).

Tabell 2: Tillgänglighetsklasser för skogsbilvägar (Skogskunskap 2021)

Klass	Tillgänglighet
A	Tillgänglig för lastbils- och personbilstrafik året runt.
B	Tillgänglig för lastbilstrafik året om förutom vid svår tjällossning. Personbilstrafik året runt.
C	Tillgänglig för lastbilstrafik året om förutom vid svår tjällossning och kraftigt ihållande regn. Personbilstrafik året runt förutom vid svår tjällossning.
D	Tillgänglig för lastbilstrafik vintertid. Personbilstrafik även under sommaren.

Vid val av vägstandard presenteras i kalkylhandboken ett verktyg för att beräkna vilken årlig produktion som krävs inom ett givet båtnadsområde för att val av högre vägstandard ska anses lämpligt. Denna årliga produktion benämns övergångskvantitet och anges som $m^3sk/år$ (Skogsstyrelsen 1983). Genom att nyttja detta verktyg kan den som arbetar med ett vägprojekt motivera eller förkasta byggnation i en specifik vägklass genom att jämföra dessa med motsvarande kostnader för byggnation i en högre respektive lägre vägklass. Kostnaderna som beaktas vid denna analys är byggkostnad, underhållskostnad, transportkostnad samt persontransportkostnad. Vid användande av detta verktyg balanseras dessa kostnader och den resulterande övergångskvantiteten beskriver den produktion per år vid vilken besparingar i transportkostnad är i jämvikt med kostnaden av att bygga en bättre väg. Denna punkt beskriver således också vid vilken punkt det är lämpligt att välja en högre klass.

Valet av vägklass är dock inte enbart ett resultat av kalkylering enligt denna princip. Valet utgår också till stor del ifrån båtnadskalkylen. Båtnadskalkylen är en av de viktigaste delarna vid projektering av skogsbilvägar. En vägs båtnad beskriver skillnaden mellan nyttan en väg tillför ekonomiskt i form av bland annat förkortat avstånd för terrängtransport och kostnaderna som vägen innebär som är kopplade till anläggning samt underhåll av vägen (Skogsstyrelsen 1983). Båtnaden beskriver alltså ett nettovärde för nyttan med att etablera en väg. De ingående faktorerna som avgör en vägs båtnad är främst minskade kostnader för drivning, dess tillgänglighet över året och tillståndet på den omgivande skogen. Tillståndet på den omgivande skogen har stor inverkan på båtnadskalkylen då större inkomster från exempelvis

föryngringsavverkning innebär att kostnaden för vägen kan avskrivas snabbare och inte blir föremål för påverkan av ränta under längre tid (Skogskunskap 2020a). Val av vägstandard påverkar byggkostnaden genom att högre vägklass innebär en högre kostnad till följd av att vägen då kräver en annan struktur på överbyggnaden samt att anläggning av vägen kan komma att kosta mer då mer maskinellt arbete kan krävas för att anpassa vägbanan enligt de krav som ställs för en högre geometriska standard.

I Skogsstyrelsens kalkylhandbok presenteras även metoder för båtnadskalkyl. Behovet av att uppdatera dessa metoder har tidigare uppmärksammats i examensarbetet ”Uppdatering av båtnadskalkyl med hänsyn till nya faktorer” (Stoor 2008). Denna modell för båtnadskalkyl inkluderar flera av en vägs funktioner som tidigare ej beaktats vid nyttoberäkning. I modellen inkluderas flera variabler som bonus, kanteffekter förknippade med väggata, transport av skördare, transport av virke och transport av skogsbränsle. Modellen tillåter ändring av alla ingående variabler vilket gör det möjligt att nyttja den med nya data.

1.4. Mål

Huvudsyftet med denna studie är att analysera utvalda delar av kalkylhandboken som berör val av vägstandard med avseende på förändringar i svenskt skogsbruk som skett sedan handboken skrevs 1983, samt att kartlägga dagens syn på vägstandard och dess påverkan vid nyttokalkyler för skogsbilvägar. En interaktiv och flexibel modell för beräkning av övergångskvantitet ska också tas fram i Microsoft Excel för att kunna användas vid projektering.

2. Material och metoder

Det grundläggande materialet för projektet är boken Kalkylteknik vid skoglig vägnätsplanering (Skogsstyrelsen 1983). De modeller och kalkyler som presenteras i kalkylhandboken jämfördes mot aktuella data för att verifiera eller förkasta kalkylhandbokens aktualitet i dagsläget. Jämförelse av resultat från kalkylerna ämnade ge större förståelse för beräkningstekniken som nyttjas vilket skulle hjälpa vid argumentation för eller emot eventuella ändringar.

Skogforsk har tillhandahållit data för olika typer av virkestransportbilar som använts i Svealand i den så kallade HCT-kalkylen (Johansson & Von Hofsten 2017). Datat kommer från försök som inte har dokumenterats och fick istället jämföras med uppgifter rapporterade av Noreland (2020) som undersökt transporter med samma fordon i Svealand. Efter denna jämförelse korrigerades variabler avseende lassfyllnadsgrad men alla andra variabler lämnades oförändrade. Datat nyttjades i kalkylhandbokens modeller för att ta fram dagsaktuella exempelberäkningar av övergångskvantitet och kostnadsscenario som användes i jämförelser med de exempel som togs fram då boken skrevs. Detta beskrivs vidare där studiens olika delar presenteras.

2.1. Litteraturstudie

Förutom att på egen hand testa olika scenarier så utfördes också en litteraturstudie med avsikten att finna användbart material för att underlätta undersökningen av kalkylhandbokens aktualitet. Det fordras olika källor för de olika delar som har inverkan på beslutsunderlaget.

För att finna relevanta artiklar och rapporter användes sökmotorerna Primo, Web of Science, samt Google Scholar. När ett intresseområde konstaterats, till exempel slitage, så utfördes en sökning i sökmotorerna genom att inkludera begrepp som är av intresse. I Primo användes exempelvis i detta fall begrepp som ”slitage och skogsbilvägar”. Detta avgränsade sökningen tillräckligt för att finna artiklar som ansågs relevanta.

För grundläggande information om till exempel klassningar för skogsbilvägar har Skogskunskaps hemsida använts (Skogskunskap 2021).

2.2. Kalkylhandbokens beräkningar

De tre vägklasser som räknas som permanenta vägar, det vill säga vägar som har en avskrivningstid på 30 år skiljer sig främst från varandra genom att en högre vägklass tillåter en högre färdhastighet än en lägre vägklass. Att anlägga och underhålla en väg av högre vägklass är mer kostsamt än en lägre vägklass (Skogsstyrelsen 1983). Att bestämma vilken vägklass som är optimal att anlägga i ett aktuellt fall beror enligt kalkylhandboken på övergångskvantiteten för det aktuella området där vägen ska anläggas. Övergångskvantiteten visar en brytpunkt där det är lämpligt att välja en högre vägklass, övergångskvantitet skrivs i formler som q . Ekvation 1 beskriver formeln för övergångskvantitet. Dess förenklade form anges i ekvation 2.

$$q * z1 + y1 = q * z2 + y2 \quad (1)$$

$$q = \Delta y / \Delta z \quad (2)$$

y – Väghållningskostnad

z – Undervägs kostnad

q – Övergångskvantitet

$z1$ – Undervägs kostnad alternativ 1

$z2$ – Undervägs kostnad alternativ 2

$y1$ – Väghållningskostnad alternativ 1

$y2$ – Väghållningskostnad alternativ 2

Δy – Differens mellan $y1$ och $y2$

Δz – Differens mellan $z1$ och $z2$

Variabeln y representerar här väghållningskostnaden, det vill säga den sammanlagda kostanden för att bygga och underhålla vägen. Skillnad i väghållningskostnad mellan de vägar man ska analyseras är därför ”delta y ”.

Variabeln z representerar undervägs kostnad. Med undervägs kostnad avses den totala transportkostnaden. Kalkylhandboken delar främst upp undervägs kostnaden i Z_p och Z_v . Där Z_p står för persontransportkostnad och Z_v står för virkestransportkostnad. Skillnaden i undervägs kostnad mellan de vägar som ska analyseras är alltså ”delta z ”.

Till en början granskades denna formel för att få en förståelse över hur den fungerar och vad den visar i praktiken. För att använda sig av formeln som presenteras i

kalkylhandboken krävs en hel del information om platsen där den tänkta vägen ska anläggas samt vilken typ av fordon som kommer framföras på vägen. Kalkylhandboken presenterar övningsexempel för att visa hur formeln kan användas i praktiken. För att utföra övningarna presenteras information om två alternativa vägprojekt med olika vägklass som jämförelse. Data om de olika klassernas byggnadskostnad per meter, vilka fordon som ska brukas på vägen samt vart i landet vägen befinner sig ges för att kunna lösa uppgiften tillsammans med tidshorisont och räntesats. Begreppet tidshorisont förklarar vilken ekonomisk avräkningstid som används för den planerade vägen. Det som anges i uppgiften är alltså det som den som ska anlägga vägen förväntas veta på förhand. Med denna information används sedan hjälptabeller som presenteras i kalkylhandboken (bilaga 2). Hjälptabellerna är uppdelade efter den planerade vägens avskrivningstid samt efter vilken data man vill kunna granska det ekonomiska utfallet av. Här finns tabeller för vilket värde som ska användas baserat på vägklass, vilken byggkostnad som ska användas i beräkningen beroende på byggkostnaden per meter samt underhållskostnad beroende på vart i landet vägen är belägen och vägklass (bilaga 2) (Skogsstyrelsen 1983).

2.2.1. Beräkning av persontransportkostnad – Kalkylhandboken

Persontransportkostnaden som presenteras i kalkylhandboken betecknas i kalkyler som Z_p . När kalkylhandboken skrevs 1983 så baserades persontransportkostnaden på kostnad och produktivitet för arbeten utförda med motormanuellt arbete i gallring. Kostnaden består av ersättningar som utbetalas till de anställda gallringslagen och är kalkylerad utifrån gällande kollektivavtal för skogsarbeten år 1983. Förutsättningarna för persontransport som är hämtade från kollektivavtalet är följande:

Timersättning för resa till trakten: 75kr/timme.

Bilersättning: 0.96kr/km.

Ersättning för medpassagerare: 0,05kr/km (Kalkylhandboken förutsätter att två personer samåker per bil).

Slingertillägg: 5%.

Produktiviteten för arbetet som utförs på trakten har beräknats i dagsverken per producerad kubik. Sammantaget för samtliga skogliga arbeten har det i boken angetts en produktivitet om 0,16 dagsverken per skogskubikmeter. För att korrigera för en antagen framtida prisutveckling av konsumentprisindex så används i kalkylhandboken en prolangeringsfaktor på 1,05. Denna multipliceras med den slutliga kostnaden om vägen har en avräkningstid på 30 år istället för 10 för att kompensera för eventuell värdeförändring av valutan över tid. Dessa faktorer räknas samman för att generera en sammanställning av hur olika hastigheter på

skogsbilvägen påverkar persontransportkostnaden i öre per skogskubikmeter och kilometer enligt tabell 3 (Skogsstyrelsen 1983).

Tabell 3: Kostnad för persontransport per hastighet och tidshorisont

Hastighet (km/h)	Horisont 10 år (öre/m ³ sk·km-1)	Horisont 30 år (öre/m ³ sk·km-1)
15	193	203
25	123	129
35	93	98
45	76	80
55	66	69
65	58	61
75	53	56

2.2.2. Beräkning av virkestransportkostnad – Kalkylhandboken

Kostnader för virkestransport presenteras i kalkylhandboken som Z_v . Kalkylhandboken baserar sin information om transporterat virke på Skogsbrukets motortransport-kommittés halvårsrapport 1982. Denna anger att under detta halvår fraktades 20,2 miljoner ton rundvirke med lastbil över ett medeltransportavstånd på 77,4 km till en kostnad av 29 kr/ton.

Underlaget för Z_v -värdet baseras på data insamlat från ett antal transportköpare och transportsäljare med spridning över landet. Precis som vid Z_p har en prolongeringsfaktor på 1,05 utöver konsumentprisindex använts för att justera mot förväntade prisökningar vid en tidshorisont på 30 år. Kostnaden för lastbilskipage beräknas som en summa av tidsberoende och avståndsberoende kostnader tillsammans med administration och liknande till cirka 270 kronor per timme. Denna kostnad har sedan satts i jämförelse med olika biltypers produktivitet baserat på hur mycket volym de lastar. Denna kalkyl appliceras sedan på vilken färdhastighet vägens geometriska standard tillåter för att utvärdera en undervägs-kostnad i öre per hanterad kubikmeter och körd kilometer, kr/m³sk·km-1 enligt tabell 4 (Skogsstyrelsen 1983).

Tabell 4: Enligt kalkylhandboken angivna vägtransportkostnader per lastbilstyp, hastighet och tidshorisont. Sida 33 Kalkylhandboken

Lastbils kombination och axel/boggitryck						
Hastighet km/h	Lastbil med släp 10/16		Lastbil med släp 10/18	Lastbil utan släp 10/16		Lastbil utan släp 10/18
	Last ca 42,5 m ³ sk		Last ca 54,7 m ³ sk	Last ca 16,6 m ³ sk		Last ca 19,6 m ³ sk
	Horisont 10 år	Horisont 30 år	Horisont 30 år	Horisont 10 år	Horisont 30 år	Horisont 30 år
5	1,70	1,79	1,39	4,36	4,58	3,88
15	0,85	0,89	0,69	2,17	2,28	1,93
25	0,51	0,54	0,41	1,30	1,37	1,16
35	0,36	0,38	0,30	0,93	0,98	0,83
45	0,28	0,29	0,23	0,72	0,76	0,64
55	0,28	0,24	0,19	0,59	0,62	0,53
65	0,19	0,20	0,16	0,50	0,53	0,45

2.2.3. Vaghållningskostnad – Kalkylhandboken

Kostnaden för att anlägga och underhålla en väg kallas tillsammans för vaghållningskostnad och benämns i kalkylhandboken med variabel y . Vaghållningskostnaden består främst av ränta och amorteringar på kostnaden för vägbyggnationen. En annan del i vaghållningskostnaden är underhåll av vägen under dess "levnadstid". Underhållskostnaden anges i kalkylhandboken i kronor per kilometer och år. Kostnaderna är uppdelade för norra respektive södra Sverige då det på den tiden då boken skrevs fanns vissa skillnader mellan kostnadslägena beroende på var i landet vägen var belägen.

Vägar av högre vägklass, det vill säga klass 1–3, anges uteslutande ha en avräkningstid på 30 år medan klass 4 i boken alltid tilldelas en avräkningstid på 10 år. Detta gör att annuitetsfaktorn skiljer sig beroende på vilken vägklass som anläggs. Kalkylhandboken beräknar den diskonterade kostanden för att anlägga en väg med hjälp av en annuitetsfaktor som ser ut enligt ekvation 3.

$$\frac{\text{Ränta}}{1 - (1 + \text{Ränta})^{-\text{Tid}}} = \text{Annuitetsfaktor} \quad (3)$$

Kalkylhandboken förutsätter att kostnaden för att anlägga väg per meter är känd. Med hjälp av vetenskapen om kostnaden per anlagd meter och annuitetsfaktorn beräknas sedan den totala kostnaden per anlagd kilometer och år enligt ekvation 4.

$$\text{Kostnad per meter} * 1000 * \text{Annuitetsfaktor} = \text{Kostnad kr/km och år} \quad (4)$$

2.3. Egna Beräkningar

Att ta fram en övergångskvantitet för ett givet vägprojekt kräver beräkning av en rad ingående variabler så som undervägs kostnad för vägtransport, kostnader för persontransport, samt byggnations- och underhållskostnader. Nedan anges de olika stegen var för sig.

2.3.1. Beräkning av transportkostnader

Denna del i studien utfördes genom att ta del av data från Skogforsks försök inkluderande 64- och 74-tons lastbilar i Svealand (Johansson & Von Hofsten 2017). Från detta hämtades timkostnader för de olika lastbilstyperna med hänsyn till givna förutsättningar (Bilaga 1). Till skillnad från försökets ursprungliga data ändrades lassfyllnadsgraden till 95% för de typer av lastbilar som undersöktes. Utifrån timkostnaderna kunde en kostnad per skogskubikmeter och kilometer anges. Dessa kostnader är starkt beroende på lastbilarnas hastighet och på grund av detta påverkas de starkt av skogsbilvägens geometriska standard. Den antagna timkostnaden för transporten inkluderar sociala avgifter, skatt och försäkring, slitage samt andra associerade kostnader. Timkostnaden är beräknad utifrån ett medeltransportavstånd om 100 km vilket omfattar transport över alla typer av vägar. Det gjordes även antagande om att alla lastbilar har en genomsnittlig lassfyllnadsgrad om 95% samt att tillhörande kostnadsposter för personal är samma för de olika ekipagen. Från timkostnaden behövde en kostnad per $m^3sk \cdot km^{-1}$ tas fram för att passa in i modellen från 1983. Enligt tabell 5 antas rådensiteten för virke vara $950 \text{ kg}/m^3fub$ (Svenskt Trä 2017). Lastvikterna utgår från data angivna i HCT-kalkylen och lastvikten för bil utan släp antas vara ca en tredjedel av lastvikten för en 64 tons bil med släp då den får med en av tre travar. Omräkning från m^3fub till m^3sk görs med en omräkningsfaktor på $1,2 \text{ m}^3sk$ per m^3fub enligt Skogssverige (2020).

Tabell 5: Indata för omräkning från lastvikt till lastvolym angiven i m^3sk

Rådensitet virke	Lastvikt, ton
Lastvikt kranbil med bruttovikt 64 ton och 95% lassfyllnadsgrad	39,9
Lastvikt kranbil med bruttovikt 74 ton och 95% lassfyllnadsgrad	47,5
Lastvikt lastbil utan släp	13,3

Utifrån beräknade timkostnader och lastvolymen beräknades kostnaden per skogskubikmeter och kilometer enligt ekvation 5.

$$Kostnad\ transport = \frac{\frac{1}{Hastighet\ (km/h)} * timkostnad\ (Kr)}{Lastvolym\ (m^3sk)} \quad (5)$$

2.3.2. Underhållskostnad

Underhållskostnad visade sig vara en svår variabel att uppskatta då detta varierar kraftigt. Därför valdes att nyttja kalkylhandbokens värden korrigerade för valutans värdeförändring. För denna korrigerings nyttjades 1979 års penningvärde för att räkna om till värde år 2021. Underhållskostnaden avser norra Sverige och anges för de olika framkomlighetsklasserna avrundat till närmsta hundratal (Tabell 6).

Tabell 6: Underhållskostnad per framkomlighetsklass

Framkomlighetsklass	Underhållskostnad (kr/km·år ⁻¹)
1	11 600
2	8 500
3	5 400
4	3 100

2.3.3. Byggnationskostnad

Likt för underhållskostnad korrigerades byggnationskostnader för valutans värdeförändring. Korrigerade anläggningskostnader från kalkylhandboken (Tabell 7) angivna per framkomlighetsklass nyttjades för att ta del i exempelberäkningar. Byggnationskostnaden beräknades även om för att anges i kr/km·år⁻¹ enligt ekvation 4 med en avräkningstid om 20 år till 3% ränta. Kostnaderna avrundades till närmsta tiotal och klass 4 utelämnades då denna ej beaktas i kalkylhandboken till följd av den kortare avräkningstiden som anges för denna typ av vägar.

Tabell 7: Byggnationskostnad per framkomlighetsklass

Framkomlighetsklass	Byggnationskostnad (kr/m)	Byggnationskostnad (kr/km år)
1	420	28 230
2	370	24 870
3	310	20 840
4	270	18 150

2.4. Intervju med Stora Enso

För att få vidare förståelse för hur vägprojektering fungerar i praktiken och en vidare inblick i kostnaderna som förknippas med vägbyggnation och underhåll intervjuades två representanter från Stora Enso. Dessa har i dagsläget befattningarna strategisk vägansvarig samt vägspecialist. Intervjun utfördes semi-strukturerat och frågor avseende kostnader, förhållningssätt till vägprojektering samt skillnader i tankesätt kring vägar jämfört andra branscher. Intervjun spelades ej in men svar relevanta för studien noterades och används i studien efter muntligt godkännande av detta.

3. Resultat

3.1. Övergångskvantitet – Kalkylhandboken

Övningsuppgifterna som presenteras i kalkylhandboken för att demonstrera hur övergångskvantitet kan beräknas i praktiken har beräknats i enlighet med formeln som presenteras för beräkning av q i ekvation 1.

Förutsättningarna vid exempelberäkning A visar hur övergångskvantiteten mellan vägklass 3 och 2 beräknas i enlighet med tabell 8. En byggkostnad på 80 respektive 95 kronor per meter ger enligt hjälptabellen för väghållningskostnad (bilaga 2) en total byggkostnad på 7000 respektive 8500 kronor per kilometer och år. Hjälptabellerna för underhållskostnad (bilaga 2) anger att underhållskostnaden för en väg av klass 3 i norra Sverige är 1400 kronor per kilometer och år samt 2200 kronor per kilometer och år för klass 2. Detta resulterar i en total väghållningskostnad på 10 700 kronor för vägklass 2 (y_1) och 8400 kronor för klass 3 (y_2). Förflyttningskostnaden av virke på väg baseras helt på hjälptabellerna och resulterar för en timmerbil med ett axel-och boggitryck på 10/18 som drar släp på $0,25 \text{ kr/m}^3\text{sk}\cdot\text{km}^{-1}$ för vägklass 2 och $0,35 \text{ kr/m}^3\text{sk}\cdot\text{km}^{-1}$ för klass 3. Vidare förutsätter övningsexemplet att både persontransport och rundvirkestransport går på samma sträcka. Det vill säga att skogsbilvägen endast ansluter till allmän väg på en plats eller att industrier samt personalens bostadsorter ligger i samma riktning som virket ska transporteras. Persontransportkostnaden är i räkneexemplet $0,75 \text{ kr/m}^3\text{sk}\cdot\text{km}^{-1}$ för klass 2 och $0,95 \text{ kr/m}^3\text{sk}\cdot\text{km}^{-1}$ för klass 3. Detta ger en total kostnad på $1 \text{ kr/m}^3\text{sk}\cdot\text{km}^{-1}$ för klass 2 och $1,25 \text{ kr/m}^3\text{sk}\cdot\text{km}^{-1}$ för klass 3. Med vetskap om både y_1 , y_2 , z_1 och z_2 kan nu övergångskvantiteten beräknas i enlighet med ekvation 1 till $9200 \text{ m}^3\text{sk}$ per år. Detta innebär att den planerade vägens båtnadsområde bör producera $9200 \text{ m}^3\text{sk}$ per år eller mer för att vägklass 2 ska vara ekonomiskt gynnsam att anlägga. Att $9200 \text{ m}^3\text{sk}$ inom båtnadsområdet krävs kan med fördel analyseras som att vid en medelbonitet inom båtnadsområdet på $5 \text{ m}^3\text{sk/ha}$ och år så fodras ett båtnadsområde om 1840 hektar.

På samma sätt har övning B och C beräknats. Det enda som skiljer dessa två övningar från den som just demonstrerats är olika förutsättningar som därmed ger annat resultat. Viktigt att observera är att i övning B så transporteras endast virke på den planerade vägen. Detta gör att Z_p , persontransportkostnader, inte inkluderas i beräkningen.

Tabell 8: Övningsexempel Kalkylhandboken med data från 1983, exempel A, B och C

Förutsättningar	A	B	C
Väggklass	3 vs. 2	3 vs. 2	2 vs. 1
Horisont (år)	30	30	30
Räntesats, %	8	8	8
Byggkostnad (kr/m)	80 / 95	80 / 95	95 / 110
Underhållskostnad	Normal*	Normal*	Normal*
Industrier, arbetskraftens bostadsorter m.m.	Ligger åt samma håll	end. Virke transporteras på vägen	Ligger åt samma håll
Axel- och boggitryck (ton)	10/18	10/18	10/18
y1	10 700	10 700	12 900
y2	8400	8400	10 700
z1	1,25	0,35	1,00
z2	1,00	0,27	0,87
Delta y	2300	2300	2200
Delta z	0,25	0,08	0,13
q (Övergångskvantitet)	9200	28 750	16 923

*Norra Sverige

3.2. Egna beräkningar – Transportkostnad

Efter inmatning av förutsättningar i HCT-kalkylen enligt bilaga 1 erhölls lastvolym och timkostnader enligt tabell 9 & 10.

Tabell 9: Lastvolym för olika lastbilstyper

Lastbilstyp och lassfyllnadsgrad	Lastvolym, m ³ sk
Lastvolym kranbil med bruttovikt 64 ton och 95% lassfyllnadsgrad	50,4
Lastvolym kranbil med bruttovikt 74 ton och 95% lassfyllnadsgrad	60,0
Lastvolym lastbil utan släp	16,8

Tabell 10: Timkostnad för olika lastbilstyper

Timkostnad kranbil med bruttovikt 64 ton och 95% lassfyllnadsgrad	888 kr/h
Timkostnad gruppbil med bruttovikt 74 ton och 95% lassfyllnadsgrad	927 kr/h
Timkostnad lastbil utan släp	800 kr/h

Enligt antagna timkostnader och lastkapacitet för moderna bilar beräknades schablontal för transportkostnad vid olika hastigheter (**Fel! Hittar inte referenskölla.**).

Tabell 11: Kostnad för vägtransport vid olika hastigheter för 64- respektive 74-ton kranbilar

Vägtransportkostnad per lastbilstyp och hastighet			
Zv, kr/m ³ sk·km ⁻¹			
Lastbilstyp/hastighet	64 ton	74 ton	Lastbil utan släp
20 km/h	0,88	0,77	2,38
30 km/h	0,59	0,52	1,59
40 km/h	0,44	0,39	1,19
60 km/h	0,29	0,26	0,79

Timkostnaden betraktas som ett medelvärde trots att timkostnaden sannolikt kan vara högre vid transport på skogsbilväg till följd av exempelvis högre bränsleförbrukning som en effekt av underlag och vägens utformning. Effekterna av dessa är svåra att kartlägga varför ett medelvärde antas som gott nog för att uppskatta kostnaderna för transporten. Då dessa siffror också enbart nyttjas som schablontal för att ta fram exempel på beräkningar är noggrannheten i detta stadiet nedprioriterad. Vid vidare användning av modellen kan värden korrigeras efter användarens önskan.

3.3. Egna beräkningar – Övergångskvantitet

Den uppdaterade, mer interaktiva, modellen för beräkning av övergångskvantitet nyttjades med korrigerade värden för underhålls- och byggnationskostnad (Tabell 6 & 7) samt beräknade vägtransportkostnader för moderna fordon (**Fel! Hittar inte referenskölla.**). Beräkningarna resulterade i följande exempel vilket ämnar spegla exempeluppgiften från kalkylhandboken (**Fel! Hittar inte referenskölla.**).

Tabell 12: Utdrag från den slutgiltiga kalkylen av övergångskvantitet i Microsoft Excel

64 ton lastbil (3% ränta, 30 år)		64 ton lastbil (3% ränta, 30 år)		
Klass 3 vs. 2		Klass 2 vs. 1		Enhet
Byggekostnad lägre vägklass		Byggekostnad lägre vägklass		
310		370		Kr/m
20 836,9		24 869,8		Kr/km·år ⁻¹
Byggekostnad högre vägklass		Byggekostnad högre vägklass		
370		420		Kr
24 869,8		28 230,6		Kr/km·år ⁻¹
Underhållskostnad lägre vägklass		Underhållskostnad lägre vägklass		
5400		8500		Kr/km·år ⁻¹
Underhållskostnad högre vägklass		Underhållskostnad högre vägklass		
8500		11 600		Kr/km·år ⁻¹
Transportkostnad på väg lägre vägklass		Transportkostnad på väg lägre vägklass		
0,59		0,44		Kr/m ³ sk·km ⁻¹
Transportkostnad på väg högre vägklass		Transportkostnad på väg högre vägklass		
0,44		0,29		Kr/m ³ sk·km ⁻¹
Övergångskvantitet		Övergångskvantitet		
48 581		43 071		M ³ sk/år
Kontroll		Kontroll		
Båtnadsområdets areal		Båtnadsområdets areal		
5000		5000		Ha
Medelbonitet i båtnadsområdet		Medelbonitet i båtnadsområdet		
8		8		M ³ sk/ha·år ⁻¹
Areal som krävs för att klara ö.kvantitet		Areal som krävs för att klara ö.kvantitet		
6072		5384		Ha
Produktion i båtnadsområdet		Produktion i båtnadsområdet		
40 000		40 000		M ³ sk/år

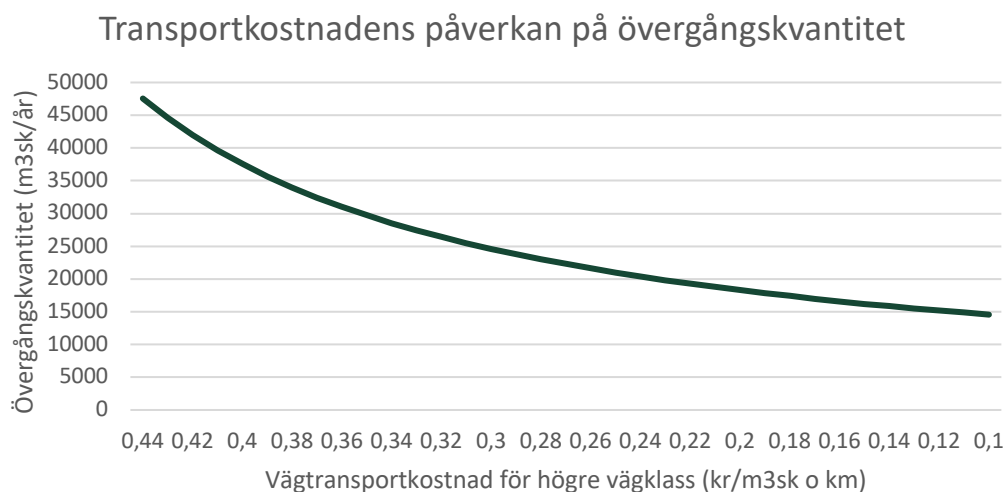
I den slutgiltiga modellen för beräkning av övergångskvantitet för användaren in data för två olika alternativ med olika hastighet alternativt lastbilstyp. Användaren anger också en ränta och avräkningstid och får ut en övergångskvantitet i den form som presenteras i tabell 12. För att göra det enkelt att kontrollera om ett givet

båtnadsområde når upp till övergångskvantiteten finns även en sektion vid namn ”kontroll” där användaren för in båtnadsområdets areal och dess medelbonitet. Kalkylen jämför sedan produktionen i båtnadsområdet med den kalkylerade övergångskvantiteten och ger en grön eller röd ruta beroende på om området uppfyller kravet.

Enligt analysen är byggnationskostnaden den avgörande komponenten för den resulterade övergångskvantiteten. Med oförändrad underhållskostnad för de två alternativen i kalkylen för klass 3 mot klass 2 ökar övergångskvantiteten med 4481 m³sk/år vid en ökning om 10 kr för byggnationskostnaden för den högre klassen. Detta motsvarar i areal med given bonitet ca 560 ha. Små förändringar här kan alltså göra stor skillnad på övergångskvantiteten.

Underhållskostnaden påverkar analysen annorlunda. Vid samma givna förutsättningar som i fallet där klass 3 och 2 jämförs (**Fel! Hittar inte referenskölla.**) medför en minskning av underhållskostnaden om 100 kr/km·år⁻¹ för den högre klassen en minskning av övergångskvantiteten om ca 667 m³sk/år. Detta motsvarar ett minskat arealkrav om ca 83 ha. Att underhållskostnaden påverkar mindre än byggnationskostnaden är väntat. Detta på grund av storleksskillnaden i de olika kostnaderna. Den annuitetsberäknade byggnationskostnaden motsvarar en större del av kostnaden och utgör därför en mer avgörande variabel.

Vägtransportkostnaden påverkar övergångskvantiteten enligt figur 1. Vid minskning av vägtransportkostnaden för alternativet med högre vägklass i samma exempel som tidigare angivits syntes en trend där minskningen av övergångskvantiteten avtog mindre ju mer transportkostnaden minskades (**Fel! Hittar inte referenskölla.**). Vid noll kronor i transportkostnad, vilket i sig är orealistiskt, är den totala övergångskvantiteten ca 12 090 m³sk/år. Vid minskad transportkostnad rör sig övergångskvantiteten, i detta specifika fall, mot detta minimum med alla andra förutsättningar givna.



Figur 1: Effekt på övergångskvantitet till följd av minskad transportkostnad på den högre vägklassen. Transportkostnaden för den lägre vägklassen hålls konstant på 0,59 kr/m³sk o km.

3.4. Intervju med Stora Enso

Intervjun med Stora Enso gav viktiga insikter i hur vägprojektering fungerar i praktiken. Enligt respondenterna finns stor variation i kostnadslägena mellan olika lokaler, dessa påverkar dels byggnationskostnad men också underhållskostnad. Byggnationskostnaden påverkas starkt av markförhållanden i området vägen ska anläggas och underhållskostnaden påverkas av hur frekvent vägen nyttjas.

I praktiken byggs inom Stora Enso enligt respondenterna vägar i de flesta fall för att nyttjas vid en eller flera specifika avverkningar och sedan läggs vägarna i träda innan de behöver nyttjas igen. Den senast planerade avverkningen i följden avgör också avräkningstiden för vägen vilket enligt respondenterna brukar vara max 20 år. Beroende på skogens dynamik och hur stora områden vägen ger båtnad till kan vägen ligga i träda i olika lång tid. Ligger vägen i träda utförs i princip inget löpande underhåll men det gjordes tydligt att dikesröjning är en viktig åtgärd för att undvika att snabbväxande lövträd och annan vegetation förstör vägkroppen och över tid får vägen att växa igen. Huruvida vägar i träda stängs av för allmän trafikering angavs ej. Till följd av den stora variationen mellan olika objekt kunde Stora Enso inte presentera en konkretiserad underhållskostnad per km och år.

Inom Stora Enso byggs vägar i störst utsträckning i klass C avseende tillgänglighet. Vägar i klass D är också vanligt i form av vad som kan liknas med nollvägar, alltså vägar som befinner sig lägst ut i vägnätet och nyttjas under kort tid till en specifik åtgärd. Vid projektering tas mycket hänsyn till att bygga så rakt som möjligt, enligt

föreskrivna radier för vertikal- och horisontalkurvor och lutning. Detta innebär en generellt god framkomlighet på vägarna som byggs. Dock kunde ingen generell framkomlighetsklass för vägarna som byggs presenteras. Snarare kunde detta variera mycket. På vissa vägar av klass C kan hastigheter upp mot 60 km/h hållas och på andra vägar med samma framkomlighetsklass krävs enligt respondenterna lägre hastigheter.

I generella drag handlar vägprojekteringen på Stora Enso alltså med tillgänglighet som den avgörande faktorn. Framkomligheten görs så god som möjlig utifrån givna förutsättningar.

4. Diskussion

4.1. Förbättringar av kalkylhandboken

Kalkylhandboken baserar sina kostnader för persontransport på produktivitet och kostnader för gallring utförd med motormanuellt arbete. Att använda sig av motormanuellt arbete vid gallring förekommer visserligen fortfarande, men det är betydligt vanligare att såväl gallring som slutavverkning utförs av maskinlag med skotare och skördare.

Hur och när Z_p (persontransportkostnad) ska inkluderas i kalkyler har handboken baserat på om en planerad väg endast kommer att transportera virke eller om vägen ligger i en riktning som är mot arbetarnas bostadsorter. Det råder oklarheter gällande vad kalkylhandbokens författare menar med arbetarnas bostadsorter och vägens geografiska läge i relation till dessa. Boken skulle kunna förutsätta att alla arbetare bor på samma ort, eller att de anställda bor i en huggarkoja i närområdet till den aktuella trakt där de arbetar. Detta är frågor som är svåra att besvara då detta inte härleds någonstans i boken. Oavsett vad detta är beräknat på så framgår det tydligt i kalkylhandboken att om endast virke ska transporteras på vägen så ska Z_p inte inkluderas i kalkylen för transportkostnader. I dagsläget förekommer sällan att anställda maskinförare och andra skogligt anställda bor i fält under en hel arbetsperiod. Ökad andel ensamarbete på grund av skiftarbete leder också till minskad samåkning (Ager 2012). Allt detta sammantaget har gjort att persontransportkostnad inte har inkluderats i exempelberäkningarna. Den uppdaterade kalkylmodellen har dock funktionalitet för att hantera persontransportkostnad. Det är också viktigt att beakta hur mycket annan trafik som kan tänkas nyttja vägen. Exempelvis om vägen kan nyttjas som en alternativ väg till ett populärt resmål som en sjö, vandringsled eller en frekvent nyttjad jaktmark. Detta kan ge stora mängder oväntat slitage varför det kan vara bra att i största möjliga mån planera för eventuellt nyttjande av allmänheten och överväga alternativ för att minska den kostnad detta kan medföra.

Hjälptabellerna som används i kalkylhandboken var förmodligen mycket användbara sett med dåtidens ögon då det gav användaren en möjlighet att snabbt omvandla ingående information om till exempel byggkostnader per meter till kostnad per kilometer och år utan att behöva räkna på detta själv. Problemet med tabeller som är uppbyggda på det här viset är att de öppnar för felaktiga tolkningar på grund av den mänskliga faktorn. En interaktiv modell som är baserad på exempelvis Microsoft Excel där ingående data kan infogas i enskilda celler och med hjälp av färdiga formler beräkna ett önskat värde är betydligt lättare att använda och är bland annat det som eftersträvats under detta arbete.

Båtnadskalkylen utnyttjar transportkostnaden för att fastställa den totala nyttan av vägen (Stoor 2008). Då transportkostnaden beror på hastigheten beaktas här således också framkomligheten. Att vid framtida utveckling ta fram båtnadskalkyler som beskriver nyttan av att bygga framkomliga vägar för att höja medelhastigheten torde vara ett effektivt sätt att förenkla processen med att jämföra vägprojekt med olika val av standard. I detta bör tydliga kopplingar även göras till tillgängligheten och underlag för eventuell premie som kan tillkomma för möjliggörande av leverans vid specifika tider på året.

Intervjun med Stora Ensos personal indikerade att färdhastigheten på en väg är svår att beräkna innan vägen är anlagd, det man kan veta vid planeringen är vilken typ fordon som ska kunna färdas på vägen. I praktiken byggs vägen efter företagets egna kravmål där rakhet, svag lutning och liknande eftersträvas. Vilken färdhastighet som är lämplig på vägen visar sig sedan när vägen är färdigbyggd, vilken färdhastighet som är lämplig påverkas av flera faktorer och kan variera efter årstid. Denna typ av tillvägagångssätt är enligt Stora Ensos personal genomgående för många skogsbolag. Det har också framkommit att det inte är enkelt att särskilja vägar av olika klass från varandra, vilket gör att i praktiken är det inte alltid fastställt vilken vägklass en väg håller. Detta omkullkastar mycket av beräkningar kring övergångskvantitet som analyserats under det här arbetet. Kalkylhandboken delar tydligt upp alla vägar i klasser och förutsätter att det är tydliga skillnader mellan dessa. Dessutom baseras beräkningar av övergångskvantitet helt på vilken färdhastighet som ska hållas på vägen, vilket alltså sällan beaktas i praktiken. Detta gör att det finns mycket få aktuella fall att validera kalkylhandbokens beräkningar mot. I och med detta finns viss skepsis mot övergångskvantitetens praktiska tillämplighet. En konkretiserad modell är visserligen effektiv och nödvändig för att kunna göra beräkningar. Dock behöver den också vara så gott som lika effektiv i sitt resultat vilket vi inte har kunnat bevisa eller förkasta i denna studie. För att vidare undersöka övergångskvantitetens relevans föreslås att vidare forskning utförs genom att ta fram mer data om många olika vägprojekt avseende kostnader och båtnadsområdets utformning. Detta för att sedan gå vidare med att analysera vilka olika variabler som påverkar valet av vägstandard.

En vidare intervjustudie med vägspecialister inom både skogsbolag och Transportstyrelsen vore av intresse för att finna hur olika aktörer ser på geometrisk standard och hur denna värderas vid anläggandet av skogsbilvägar. Utfallet av en sådan studie skulle sedan kunna vägleda framtida undersökningar gällande vad som är relevant att undersöka runt geometrisk standard och övergångskvantitet. Arbetet som utförts under denna studie har fokuserat starkt på kalkylhandboken och dess beräkningar av geometrisk standard. Utfallet har främst blivit en modell som beräknar övergångskvantitet som förvisso är tydlig och praktisk att använda.

4.2. Felkällor

Exempelberäkningarna som gjorts utgår ifrån kostnadsläget 1979 korrigerat för valutans värdeförändring fram till 2021. Det är troligt att kostnaderna idag ser annorlunda ut mot dessa korrigerade värden och exemplen är därför enbart grova estimeringar med enda syfte att exemplifiera kalkyltekniken. Aktuella kostnader tillhandahålls av Stora Enso. Dock var dessa enbart angivna per tillgänglighetsklass och för övergångskvantitetskalkylen där kostnadsskillnader mellan framkomlighetsklasser beaktas ansågs dessa inte ge en tillräckligt tydlig bild.

Beräknade transportkostnader grundas i försöksdata för 64 och 74 tons kranbilar. Transportkostnad för bil utan släp är antagen enligt muntlig källa från Skogforsk. Valet av lassfyllnadsgrad kunde också ha varierat mellan lastbilstyper då det i praktiken kan skilja några procentenheter mellan typerna. Antagandet om 95% lassfyllnadsgrad anses dock ej realistiskt då lassfyllnadsgraden kan bero av exempelvis lastade sortiment och inte är statisk mellan varje transport. Transportkostnaden kan skilja sig i praktiken till följd av många olika aspekter kopplade till transporten. Felkällorna anses dock ej påverka studiens resultat. Detta då transportkostnaderna enbart fyller funktionen att agera som exempel och stor variation finns även i praktiken.

Intervjun som presenteras skulle med fördel kunnat följas av fler intervjuer med andra bolag för att få vidare möjligheter att dra någon form av slutsats kring förhållningssättet till frågeställningen inom branschen. Med respondenter från enbart ett bolag kan inga generaliseringar göras utan denna del av resultatet behöver istället beaktas som en beskrivning av hur det kan se ut i praktiken snarare än en generell beskrivning av hur branschen ser ut.

4.3. Miljöaspekt

Effektivisering av transporter är positivt för miljön till följd av mindre utsläpp per transporterad enhet råvara. Vägklassens påverkan på bränsleförbrukning och påföljande utsläpp är i dagsläget inte kartlagd. Med vidare forskning skulle intressanta slutsatser kunna dras ifall det finns signifikanta skillnader i utsläpp beroende på vägstandard som kan förknippas med vägens utformning. I ett tänkbart scenario där transporter beläggs en avgift för sina utsläpp torde det vara viktigt att effektivisera på alla punkter. Vägstandard skulle i ett sådant scenario kunna bidra till ännu en nytta i form av kostnadssänkningar.

4.4. Klassning av skogsbilvägar år 2021

Biometria utför idag inventering av skogsbilvägar vilka registreras i den skogliga nationella vägdatan (SNVDB). Vid denna inventering används samma tillgänglighetskala som beskrivits i denna studie. Dock nyttjas en skala från 0–4 för att beskriva framkomlighet (Biometria 2019). Olikt den skala som beskrivits tidigare i denna studie utförs här inte klassindelning per hastighet. I Biometrias klassning definieras istället enbart vilken typ av fordon som kan nyttja vägen (Tabell 13). Den tidigare beskrivna indelningen i enlighet med kalkylhandboken kan dock ses som en undergrupp till Biometrias indelning enligt Tabell 14.

Tabell 13: Framkomlighetsklasser enligt Biometria

Framkomlighetsklass	Fordonskombination
0	God framkomlighet för trailerekipage
1	God framkomlighet för lastbil med släp
2	Begränsad framkomlighet för lastbil med släp
3	Endast framkomlig med lastbil
4	Ej framkomlig för lastbil

Tabell 14: Klassindelning för skogsbilvägar. Framkomlighetsklass 1-3 enligt tidigare beskriven klassning enligt Biometria med underklasser av geometrisk standard klass 1-4 med given dimensionerad hastighet. Tillgänglighet anges enligt klass A-D likt i tabell 2. Notera att framkomlighetsklass 0 och 4 utelämnas på grund av att fordonskombinationerna inte är relevanta för virkestransport

	Framkomlighetsklass 1				Framkomlighetsklass 2	Framkomlighetsklass 3
	Dimensionerad hastighet km/h					
Tillgänglighet	60	40	30	20	20	20
Last- och personbilstrafik hela året	1A	2A	3A	4A	5A	-
Lastbilstrafik hela året förutom vid svår tjällossning	1B	2B	3B	4B	5B	-
Lastbilstrafik hela året förutom vid svår tjällossning och ihållande regnperioder	1C	2C	3C	4C	5C	6C
Lastbilstrafik i huvudsak vintertid	1D	2D	3D	4D	5D	6D

Att klassningarna skiljer sig åt medför vissa problem om enbart framkomlighet enligt Biometrias definition används. Främst handlar det om att information om vägarnas framkomlighet, i relation till dess dimensionerade hastighet, utelämnas. Detta innebär för transportplanering en begränsning av möjlighet att göra kostnadsanalyser. Det innebär också att beräkning enligt principen för övergångskvantitet blir i det närmaste oanvändbart så länge vägen i fråga inte inventeras på nytt med hänsyn till förväntad färdhastighet. Vi förespråkar därför att även geometrisk standard med hänsyn till förväntad färdhastighet noteras vid alla inventeringar av vägar, oavsett om inventering utförs internt hos skogsbolag eller hos Biometria. Detta skulle på sikt kunna innebära att vägdatabanken blir mer värdefull sett till möjligheten att nyttja data direkt från SNVDB vid kostnads kalkyler för transport och vid granskning inför upprustning av vägar om valet finns att eventuellt göra ett klassbyte.

Hastigheten vid vilket ett fordon kan färdas på vägen anser vi är en viktig del att beakta. Visserligen är det situationsberoende och det kan argumenteras för att hastigheten blir en avgörande faktor först på längre vägsträckor och att anläggningskostnaden för klassbytet, i många fall, inte kan kompenseras av den minskade transportkostnaden. Att identifiera och utnyttja potential till högre

hastigheter kan dock på systemnivå ha god ekonomisk effekt. Att finna eventuella brytpunkter och rekommendationer för när dessa analyser är relevanta är också ett möjligt mål för framtida studier.

4.5. Slutsats

Omfattningen av detta arbete och den tid som tillhandahållits har gett möjlighet att gå igenom delar som senare kan komma att vara viktiga i det fortsatta arbetet med att ta fram riktlinjer för skogliga vägnätskalkyler. Kalkyler kring övergångskvantitet har varit den del vilken fokus riktats mot till följd av dess direkta koppling till geometrisk standard enligt kalkylhandboken. Analysen av denna har inte resulterat i en modell med fler variabler utan snarare en mer interaktiv version av samma modell. I den slutliga modellen kan användaren frånga svårtydda hjälptabeller och istället föra in egna erfarenhetsdata och få fram ett resultat utifrån dessa istället för att begränsas till givna värden för exempelvis underhållskostnad. Modellen är flexibel vad gäller kalkylering av transportkostnader för olika typer av lastbilar. Användaren kan enkelt föra in önskade timkostnader för olika lastbilstyper i dokumentet och få ut kostnaden i $\text{kr/m}^3\text{sk}\cdot\text{km}^{-1}$. Modellen tillåter även nyttjande av andra enheter. Detta gäller så länge utbytet av enhet sker konsekvent genom hela analysen. Att exempelvis ta ut transportkostnaden i $\text{kr/m}^3\text{fub}$ resulterar i en övergångskvantitet angiven i $\text{m}^3\text{fub/år}$ vilket i sig eventuellt inte blir användbart utan en konvertering till m^3sk .

En styrka med arbetets utformning och resultat är att den interaktiva modellen underlättar vid fortsatt arbete med kalkylhandboken och dess eventuella revidering. Att arbeta med äldre material som kalkylhandboken är inte alltid optimalt om arbetet är under tidspress då det finns mycket oklarheter. Metoden att granska formlerna och försöka applicera aktuella data på dessa är effektivt för att kunna bilda en rationell uppfattning om hur användbar en modell eller formel är i dagsläget. Arbetet är en god start för framtida studier mot ett ämne som är svårt att tolka och där många beräkningar i kalkylhandboken inte är härledda. Dessa beräkningar har klargjorts i arbetet.

Persontransportkostnaden påverkar övergångskvantiteten kraftigt i kalkylhandbokens formel. Enligt vad vi erfarit under arbetets gång gällande skillnader i dagens skogsbruk mot dåtidens är persontransportkostnaden sannolikt mindre påverkande än vad som antogs i kalkylhandboken. Ska persontransportkostnad inkluderas i framtida formler bör denna granskas vidare för att finna ett sätt att avgöra hur stor del persontransportkostnaden ska stå för. Vår uppfattning är att med det material och de kunskaper vi innehar i nuläget kan

persontransportkostnaden kopplad till praktiskt arbete i skogen utelämnas ur kalkylen utan att riskera en större missbedömning.

Vägstandard tycks för skogsbruket ha blivit en fråga om tillgänglighet snarare än att olika standarder jämförs ur ett ekonomiskt perspektiv. För att reda ut branschens förhållningssätt och finna vilka delar som kan vara relevanta att ta upp i framtida rekommendationer för skoglig vägnätsplanering skulle mer forskning vara nödvändig. Förslagsvis genom intervjuer och vidare insamling av data kring kostnader och transportprestation. Påföljande arbete bör kunna visa vilken förbättringspotential som finns samt vilken effekt förbättringarna skulle få.

5. Referenser

- Ager, B. (2012). Skogsarbetets rationalisering och humanisering 1900-2011 och framåt. (378). Umeå. <https://pub.epsilon.slu.se/9130/> [2021-03-26]
- Asmoarp, V., Davidsson, A. & Flisberg, P. (2017). Skogsbrukets möjlighet att utnyttja föreslagna BK4-vägar för 74-tonsfordon. 2017, 32
- Johansson, F. & Von Hofsten, H. (2017). HCT-kalkyl – en interaktiv kalkylmodell för att jämföra lastbilsstorlekar.
<https://www.skogforsk.se:443/kunskap/kunskapsbanken/2017/hct-kalkyl--en-interaktiv-kalkylmodell-for-att-jamfora-lastbilsstorlekar/> [2021-03-16]
- Natanaelsson, K. & Eriksson, T. (2020). Implementering av bärighetsklass 4. 2020, 28
- Noreland, D. (2020). HCT-fordon för rundvirkesvirkestransporter - ÄR DET EN LÖNSAM INVESTERING? Skogforsk.
https://www.skogforsk.se/cd_20210107141246/contentassets/3e3ac1ac1a4d449b8a9ff59ee75698d1/arbetsrapport-1065-2020.pdf [2021-04-15]
- SFS:1998:1276 (2020). Trafikförordning. Stockholm: Infrastrukturdepartementet.
<https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2015/04/tva-regeringsbeslut-for-langre-och-tyngre-fordon/> [2021-03-25]
- Skogskunskap (2020a). Båtnadskalkyler.
<https://www.skogskunskap.se:443/vagar-i-skogen/vagnatsplanering/batnadskalkyler/> [2021-02-23]
- Skogskunskap (2020b). Gallring för självverksamma.
<https://www.skogskunskap.se:443/skota-barrskog/gallra/gallring-for-sjalvverksamma/> [2021-04-27]
- Skogskunskap (2021-01-22). Vägklasser i skogen.
<https://www.skogskunskap.se:443/vagar-i-skogen/om-skogsbilvagar/skogsbilvagar-och-andra-enskilda-vagar/vagklasser-i-skogen/> [2021-02-23]
- Skogsstyrelsen (1983). Kalkylteknik vid skoglig vägnätsplanering. 2. uppl. Jönköping: Skogsstyrelsen. (Vägserien; 1)
- Skogssverige (2020). Omföringstabell för kubikmetermått. SkogsSverige.
<https://www.skogssverige.se/omvandlare> [2021-04-14]
- Stoor, M. (2008-10-24). Uppdatering av båtnadskalkyl med hänsyn till nya faktorer. [Annat]. <https://stud.epsilon.slu.se/12214/> [2021-02-23]

Svenskt Trä (2017). Definitioner - Träguiden. <https://www.traguiden.se/om-tra/materialet-tra/traets-egenskaper-och-kvalitet/densitet1/definitioner/>
[2021-04-14]

Trafikverket (2012). Vägars och gators utformning begrepp och grundvärden.
Borlänge: Trafikverket.
http://publikationswebbutik.vv.se/shopping/ShowItem____5851.aspx
[2021-02-23]

Muntliga källor

Intervju med Staffan Ludewig och Mikael Hindrikes, vägspecialister Stora Enso Skog 28/3-2021.

6. Bilagor

6.1. Bilaga 1

Tabell 15: Data enligt HCT-kalkyl

		64 ton	74 ton
Fasta kostnader			
Körsträcka år	Mil	15 840	15 260
Investering	Kr	2 793 920	3 218 200
Fasta kostnader			
Fast avskrivning	Kr/år	329 800	362 000
Ränta och avkastning	Kr/år	138 988,2	159 034
Skatt och Försäkring	Kr/år	78 500	78 500
Övrigt	Kr/år	95 000	95 000
Summa fasta kostnader		642 288,2	694 534
Rörliga kostnader			
Rörlig avskrivning	Kr/mil	2,8	3,4
Däck	Kr/mil	7,59	9,3
Drivmedel	Kr/mil	88,2	93,9
Service och reparationer	Kr/mil	14,6	17,2
Summa rörliga kostnader	Kr/mil	113,2	123,8
Rörlig årskostnad	Kr	1 792 786	1 889 411
Andel rörliga kostnader	%	81	81
Lön	Kr/år	996 912	996 912
Total kostnad	Kr	3 431 986	3 580 856
Vändor per år		792	763
Kr/vända		4333,3	4693,1
ton/år		31 600,8	35 880,1
Lastning	Kr/ton	108,6	99,8
kr/ton, skillnad i procent	%	100	92
Kr/mil		216,7	234,7
Kr/tim		888,2	926,7
Rörligkostnad	Kr/tim	464,0	489,0

Fast kostnad	Kr/tim	166,2	179,7
Lön	Kr/tim	258	258
Rörligt	Kr/ton	56,7	52,7
Fast kostnad	Kr/ton	20,3	19,4
Lön	Kr/ton	31,5	27,8
kr/tonkm		1,1	1,0
Kapital			
Årsdagar		365	365
Helgdagar		115	115
Stillestånd		10	10
Årsarbetsdagar		240	240
Semester		30	30
Årsarbetsdagar		210	210
Arbetsstimmar		8	8
Skift		2,5	2,5
Användning		3864	3864
Utnyttjandegrad		0,92	0,92
Körtid	Tim/år	3554,9	3554,9
Körsträcka år	Mil	15 840	15 260
Avskrivning			
Bil		1 513 920	1 858 200
Däck Uppsättning	Kr	60 000	72 000
Avskrivning mil	Mil	100 000	100 000
Ekonomisk livslängd	År	5,3	5,5
Restvärde	%	20	20
Årligavskrivning	Kr	218 000	259 000
Fast avskrivning	%	80	80
Fast avskrivning	Kr/år	174 400	207 200
Rörlig avskrivning	Kr/mil	2,2	2,7
Släp	Kr	730 000	810 000
Däck Uppsättning	Kr	96 000	120 000
Avskrivning/mil	Kr	150 000	150 000
Ekonomisk livslängd	År	8,2	8,5
Restvärde	%	10	10
Årligavskrivning	Kr	68 000	71 000
Fast avskrivning	%	80	80
Fast avskrivning	Kr/år	54 400	56 800
Rörligavskrivning	Kr/mil	0,6	0,7
Extra ex. kran	Kr	550 000	550 000
Avskrivning	Kr	100 000	100 000
Ekonomisk livslängd	År	4,9	5,0
Restvärde	%	10	10

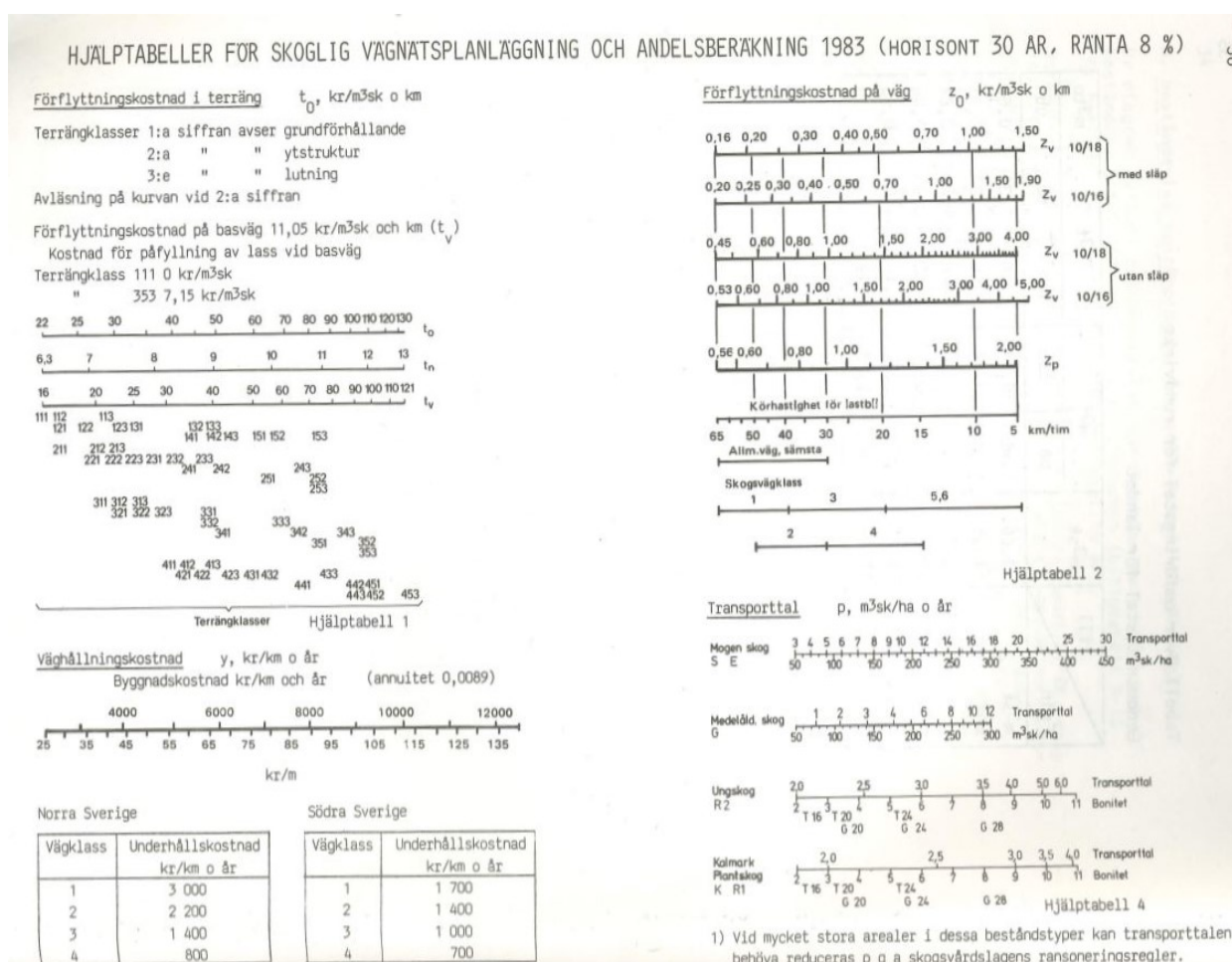
Årligavskrivning	Kr	101 000	98 000
Fast avskrivning	%	100	100
Fast avskrivning	Kr/år	101 000	98 000
Rörligavskrivning	Kr/mil	0	0
Totalt investering	Kr	2 793 920	3 218 200
Årligavskrivning	Kr	387 000	428 000
Rörligavskrivning	Kr/mil	2,8	3,4
Prestation			
Bruttovikt	Ton	64	74
Tjänstevikt	Ton	22	24,5
kran (avställd)	Ton	-	-
Lastvikt	Ton	39,9	47,0
Medeltransportavstånd	Km	100	100
Körhastighet	Km/tim	60,6	58,6
Framkörning	Min	5	5
Lastning	Min	26,5	30,0
Kran av	Min	10	10
Bandning	Min	5	5
Mätning/vägning/lossning	Min	15	15
Lossningstid	Min	4,4	4,4
Spilltid	Min/lass	5	5
Körtid	Min	198,1	204,9
Vändatid	Min	269,0	279,3
Körtid	Min/år	213 292,8	213 292,8
Vändor	St	792	763
Vändor dag	St	3,3	3,2
Prestation	Ton/år	31 600,8	35 880,1
Mil/år		15 840	15 260
Medelhastighet	Km/tim	44,6	42,9
Lastkörning	%	50	50
Lassfyllnad	%	95	95
Driftprocent	%	90	90
Lastningstid	%	10	11
Ton/tim		8,9	10,1
Lön			
Timmar/år		3864	3864
Lön	Kr/tim avgifter	inkl. 258	258
Lönekostnad	Kr	996 912	996 912
Skatt och försäkring			
Fordonsskatt	Kr/år	27 000	27 000
Besiktning	Kr/år	1500	1500
Försäkring	Kr/år	50 000	50 000

Total skatt och Försäkring	Kr	78 500	78 500
Däck			
Bil			
Antal axlar		3	4
med dubbelmontage		2	2
med singelmontage		1	2
å pris	Kr	6000	6000
Livslängd	Mil	16 000	16 000
Antal däck		10	12
Kr/Uppsättning		60 000	72 000
kr/mil		3,75	4,50
Släp			
Antal axlar		4	5
med dubbelmontage		4	5
med singelmontage		0	0
å-pris	Kr	6000	6000
Livslängd	Mil	25 000	25 000
Antal däck		16	20
Kr/Uppsättning		96 000	120 000
kr/mil		3,84	4,80
Totalt			
Antal axlar		7	9
antal däck		26	32
Kr/Uppsättning		156 000	192 000
kr/mil		7,59	9,3
Drivmedel			
Förbrukning	l/tonkm	27,1	24,5
Förbrukning	l/mil	5,4	5,8
Pris drivmedel	Kr/l	16	16
Förbrukning lastning	l/ton	0,1	0,1
Adblue	l/mil	0,27	0,287525
Pris adblue	Kr/l	5,8	5,8
Totalt	Kr/mil	88,2	93,9
Liter/mil, inkl. lastning	-	5,6	6,0
Reparationer			
Reparationskostnad	Kr/mil	9,3	10,5
Service			
Servicekostnad	Kr/år	56 700	66 420
Totalt kostnad	Kr/mil	14,6	17,2
Övrigt			
Administration	Kr	50 000	50 000
Garage	Kr	25 000	25 000

Kommunikation	Kr	10 000	10 000
Tvätt	Kr	10 000	10 000
Totalt	Kr	95 000	95 000

(Johansson & Von Hofsten 2017)

6.2. Bilaga 2 – Kalkylhandbokens hjälptabeller



Figur 2: Kalkylhandbokens hjälptabeller (Skogsstyrelsen 1983)