



**Två nya trailerkoncept för transport av
rundvirke hos Stora Enso
– en analys av prestation och flexibilitet**

*Two new trailer concepts for roundwood transport at
Stora Enso
– an analysis of performance and flexibility*

Madeleine Engdahl

Arbetsrapport 227 2008
Examensarbete 30hp D

Handledare:
Dag Fjeld

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för skoglig resurshushållning
S-901 83 UMEÅ
www.srh.slu.se
Tfn: 018-671000



ISSN 1401-1204
ISRN SLU-SRG-AR-227-SE

**Två nya trailerkoncept för transport av
rundvirke hos Stora Enso
– en analys av prestation och flexibilitet**

*Two new trailer concepts for roundwood transport at
Stora Enso
– an analysis of performance and flexibility*

Madeleine Engdahl

Förord

Denna studie har utförts på uppdrag av Stora Enso Skog som ett examensarbete motsvarande 30 p i huvudämnet skogshushållning vid institutionen för resurshushållning och geomatik, avdelningen för skogsteknologi, vid Sveriges Lantbruksuniversitet i Umeå.

Jag vill rikta ett tack till Stora Enso som givit mig denna möjlighet att fördjupa mig i en del av de möjligheter som finns inom den skogliga transportsektorn. Jag hoppas att denna studie i framtiden kan leda vidare till ytterligare studier eller på annat sätt komma till nytta även för andra.

Jag vill även tacka mina handledare: Dag Fjeld vid avdelningen för skogsteknologi vid Sveriges Lantbruksuniversitet i Umeå för all hjälp i studiens inledande fas, samt Anders Örtendahl på transportenheten vid Stora Enso Skog som tog vid när studien kom ut i verkligheten.

Avslutningsvis vill jag rikta ett stort tack till P-O Ohlsson på Timmerlogistik Väst (TLV) för hjälpen vid studiens datainsamling, men framför allt för hans tålamod med alla de frågor och funderingar jag haft under arbetets gång.

Tack

Skällebyn, januari 2008

Madeleine Engdahl

Sammanfattning

Kapacitetsbehovet vid rundvirkestransport varierar över året. Behovet per period påverkas främst av transportvolym, antal arbetsdagar under perioden, årstidsvariation i väglag och virkesvikt samt andelen virke från privat- respektive bolagsskog. Generellt är behovet störst vintertid samt efter tjällossning. Virkesbils- och chaufförsbrist gör det svårt att hyra in extrahjälp vid ökat kapacitetsbehov. Att ha virkesbilar som endast nyttjas vid ökat behov är kostsamt.

Två nya koncept, där transporten delvis sker med dragbil, har undersökts för att fastställa möjlig prestations- och flexibilitetsökning. I koncept 1 nyttjas rangerplatser, dit transport från skog sker med virkesbil med tillkopplad dolly och semitrailer. På rangerplatsen lastas virkestraven på virkesbilen över på en link, vilken kopplas samman med semitrailern. Detta transporteras vidare till industri med dragbil. I koncept 2 nyttjas en sedvanlig virkesterminal, dit transport från skog sker med konventionella virkesbilar som lastar av hela lasset. Vidaretransport till industri sker med dragbil och semitrailer.

Två modeller konstruerades med syftet att hitta balans mellan virkesflöde till och från rangerplats respektive terminal. För koncept 1 begränsades väntetider till maximalt 10 minuter. För båda modellerna kunde kombinationer av mellan 1-3 av vardera virkesbilar och dragbilar nyttjas. På systemnivå fanns 12 virkesbilar tillgängliga.

För koncept 1 är fördubbling av flexibiliteten möjlig, medan det för koncept 2 kan ske en ökning med upp till en femtedel. Dock innebär väntetidsbegränsningen hos koncept 1 begränsningar i avstånd skog – rangerplats. Transportplaneringen vid nyttjande av koncept 1 påverkas då trakter på lämpliga avstånd måste väljas i förväg. Vid koncept 2 blir transportplaneringen lik den vid traditionell körning mot terminal

Nyckelord: transportkapacitet, dragbil, rangerplats, terminal.

Summary

The need for roundwood transport capacity vary throughout the year. The need during a period is influenced mainly by the volume transported the period, the number of days during which transport can be carried out, seasonal variations in road conditions and the weight of the roundwood, and the origin of the wood (private forest owners/ forest companies). The need for transport capacity generally increase during the winter and in spring, after thawing. Lack of logging trucks combined with a lack of drivers for these trucks make it hard to hire extra help during periods of increased transport capacity needs. It is also very expensive to keep logging trucks for use only during these periods.

In this thesis, two new concepts based on the partial transport by truck tractors have been examined, to find out the possibility for increased performance and flexibility. Concept 1 uses load exchange sites as the breaking point between logging trucks and truck tractors. The roundwood transport from the forest to the load exchange site uses logging trucks with attached dollies and semitrailers. At the load exchange site, the wood pile on the logging truck is reloaded to a link, which is then connected to the semitrailer. The link and semitrailer are then transported to the paper, pulp or sawmill using a truck tractor. Concept 2 uses an ordinary terminal as the breaking point, and roundwood transport from forest to terminal is carried out by regular logging trucks, which drop off the entire load at the terminal. Transport from terminal to industry is carried out by truck tractors and semitrailer.

Two different models were designed. Both were based on balancing the ingoing and outgoing wood flows to the load exchange site or terminal, to avoid any increase or decrease of stock in the terminal or to create a stock at the load exchange site. In concept 1 the waiting periods were limited to a maximum of 10 minutes. Both models could be applied, using combinations of 1-3 logging trucks and 1-3 truck tractors. At system level there were 12 logging trucks available.

For concept 1 a doubling of flexibility is possible to manage. For concept 2 there can be an increase of flexibility by one fifth. However, for Concept 1, the minimization of waiting periods leads to restrictions in possible distances from forest to load exchange sites. Transport planning will also be affected by Concept 1, since the fitting loading sites must be chosen several weeks in advance. Concept 2, on the other hand, will not alter transport planning much, as it quite similar to traditional use of terminals.

Innehållsförteckning

FÖRORD	2
SAMMANFATTNING	3
SUMMARY	4
1. INLEDNING	6
1.1. TRANSPORTKAPACITET.....	6
1.2. FORDONSTÅG.....	7
1.3. MÅL.....	7
2. MATERIAL OCH METODER	9
2.1. CASEOMRÅDET	9
2.2. KONCEPT 1 – RANGERPLATSER	10
2.3. KONCEPT 2 – TERMINAL	12
2.4. MODELLER FÖR BERÄKNINGAR.....	13
2.5. BERÄKNINGSMODELL FÖR KONCEPT 1 – RANGERPLATSER	16
2.5.1. <i>Prestation på fordonsnivå</i>	17
2.5.2. <i>Flexibilitet på systemnivå</i>	21
2.6. BERÄKNINGSMODELL FÖR KONCEPT 2 – TERMINAL.....	22
2.6.1. <i>Prestation på fordonsnivå</i>	23
2.6.2. <i>Flexibilitet på systemnivå</i>	25
3. RESULTAT	26
3.1. KONCEPT 1 – RANGERPLATSER	26
3.1.1. <i>Prestation på fordonsnivå</i>	26
3.1.2. <i>Flexibilitet på systemnivå</i>	27
3.2. KONCEPT 2 – TERMINAL	29
3.2.1. <i>Prestation på fordonsnivå</i>	29
3.2.2. <i>Flexibilitet på systemnivå</i>	30
4. DISKUSSION	31
4.1. SJÄLVKRITIK	31
4.2. VIDAREUTVECKLING AV MODELL.....	31
4.3. TOLKNING AV RESULTAT	31
4.4. PRAKTISKA KONSEKVENSER AV IMPLEMENTERING	32
4.4.1. <i>Koncept 1 – Rangerplatser</i>	32
4.4.2. <i>Koncept 2 – Terminal</i>	33
4.5. FÖR- OCH NACKDELAR.....	34
4.5.1. <i>Koncept 1 – Rangerplatser</i>	34
4.5.2. <i>Koncept 2 – Terminal</i>	34
5. SLUTSATSER	35
REFERENSER	36

1. Inledning

1.1. Transportkapacitet

Under 2005 transporterades 54,6 miljoner ton rundvirke med lastbil, med ett medeltransportavstånd på 94 km. Transportarbetet för transport med lastbil uppgick till 4700 milj. ton – km. Motsvarande siffror 2004 var 41,9 miljoner ton, 93 km och 3889 milj. ton – km (Anon. 2007a). Att siffrorna var högre 2005 kan säkert till viss mån kopplas mot stormen Gudrun. Dock kan man se att industrins förbrukning under de senaste åren har ökat stadigt (Björklund, Lundgren, 2006) vilket i sin tur leder till ökade krav på transportsektorn.

Hur mycket som transporteras dagligen, och därmed vilken kapacitet som är nödvändig, varierar starkt över året. Det finns, enligt Örtendahl, 4 huvudsakliga faktorer som påverkar kapacitetsbehovet:

- Volym per period samt transportavstånd: Ju större volym som ska transporteras under perioden, desto mer kapacitet behövs. Ökande transportavstånd leder även det till ökat kapacitetsbehov.
- Antal arbetsdagar per period: Vissa perioder har fler helgdagar än andra, vilket leder till att man har färre dagar på sig att köra in volymen. Färre arbetsdagar leder på så vis till ett ökat kapacitetsbehov.
- Årstidsvariation: På vintern tar transporten längre tid pga. exv. halka, dålig sikt, oplogade vägar och översnöade vältor. Dessutom väger virket mer på vintern vilket resulterar i att en virkesbil som har en totalvikt på 60 ton, inkl. last, får med sig ca 35 m³fub. Detta kan jämföras med att samma ekipage på sommaren kan få med sig upp till 50 m³fub, utan överlast.
- Ursprung: Virke som köpts från privata skogsägare tar generellt mer tid i anspråk, jämfört med virke från bolagsskog. Detta eftersom det ofta rör sig om små volymer utspridda på flera avlägg. Dessutom kan vägarna ofta vara av sämre kvalitet. Andelen av volymen som kommer från privata skogsägare varierar starkt över året, vilket i sin tur påverkar kapacitetsbehovet (Örtendahl, pers. komm. 2007). Andelen leveransvirke från privata skogsägare ökar starkt under senvinter och tidig vår då virket som avverkats under vintern kommer fram till väg. Denna topp avtar sedan mot semesterperioden och under hösten är andelen leveransvirke mycket låg (Ohlsson, pers. komm. 2007).

Enligt Ohlsson gäller generellt att kapacitetsbehovet har sin stora ökning när vintern börjar och fortsätter sedan fram till tjällossningen. Detta motsvarar ungefär perioden december till mars (beroende på var i landet man befinner sig samt när tjällossningen inträffar). Sedan kommer en ny topp som varar från ca mitten av maj till juni ut. Den beror på att virke som, p.g.a. kapacitetsbrist, inte hanns köras bort under vintern och som legat instängt under tjällossningen blir körbart igen och att detta enligt SVL ska köras in innan vissa datum infinner sig (Ohlsson, pers. komm. 2007).

Ohlsson säger även att alternativet att ha virkesbilar stående under perioder när kapacitetsbehovet inte är lika högt egentligen inte är något alternativ då detta är mycket kostsamt. Att hyra in extra virkesbilar under vissa perioder för att höja kapaciteten är inte

heller lätt då det råder brist på virkesbilschaufförer och eftersom virkesbilar är specialfordon. De virkesbilar som finns har i regel redan full sysselsättning (Ohlsson, pers. komm. 2007). Av samma anledning kan de åkerier som normalt kör inte producera speciellt mycket mer än i normalläget vid toppar och konjunktursvängningar (Simonsson, 2007). På grund av detta vill man hitta alternativ där man kan nyttja mer standardiserade fordon. Stora Enso Skog är engagerade i utvecklingsarbete med avsikt att ta fram koncept för trailertransport av rundvirke. Målsättningen är att utveckla nya metoder för rundvirkestransport där både lastbärare och personal från andra transportsegment på transportmarknaden kan nyttjas.

1.2. Fordonståg

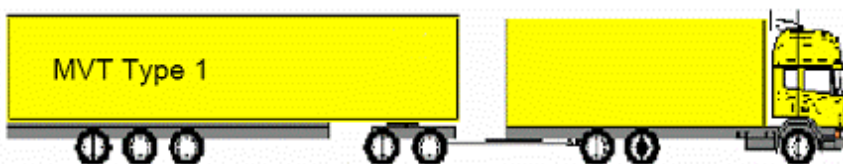
Enligt EU-upplysningen finns inom EU gemensamma regler för maximal längd, bredd, höjd och vikt för fordonsekipage. Högsta tillåtna höjd är 4,00m, bredd 2,55m och vikt 44ton. Maximal längd på fordon varierar beroende på bl.a. fordonstyp. Den längsta fordonstypen är ett s.k. fordonståg, vilket får ha en total maxlängd på 18,75m. Dock finns möjlighet för ett medlemsland att låta större dimensioner vara tillåtna för inhemsk trafik. Denna möjlighet har Sverige och Finland utnyttjat och tillåter vissa fordonstyper att vara upp till 25,25m långa och 60 ton tunga. Att undantaget blivit godtaget beror på de stora avstånd som fordonen måste köra. Maxlängden på 25,25m gör det även möjligt att koppla på en släpvagn på lastbilar som kommer in från andra länder, så att de kan uppnå samma längd som de inhemska fordonen och konkurrera på lika villkor (Anon. 2007c). Detta öppnar upp för 4 huvudtyper av fordonståg i Sverige enligt figur 1. Alla dessa fordonstyper används inte normalt till virkestransport, men typ 1 och typ 3 kommer att behandlas för ett sådant syfte i detta arbete.

1.3. Mål

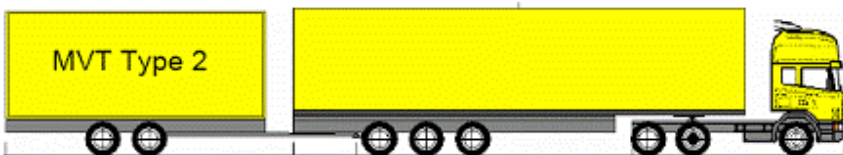
Syftet med examensarbetet är att kartlägga påverkan på Stora Enso Skogs transportverksamhet vid införande av två olika trailerkoncept vid rundvirkestransport. Examensarbetet avgränsas till en Case-studie av transportererna inom Värmbodals distrikt på Stora Enso Skog.

Följande delmoment ska inkluderas:

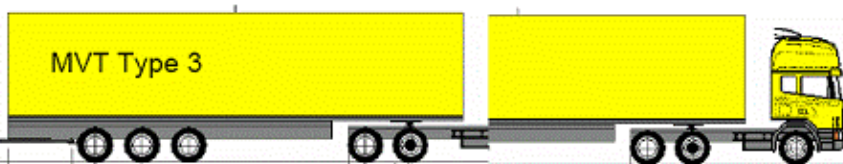
- Grundläggande operativa förutsättningar för koncepten ska beskrivas och tänkbara operativa upplägg föreslås,
- Beräkningar av prestation för de båda koncepten ska göras,
- De olika trailerkonceptens potential till ökad flexibilitet på systemnivå ska beräknas.
- Eventuella förändringar i hur transportererna planeras ska identifieras och
- För- nackdelar för den operativa verksamheten ska belysas.



Typ 1. Lastbil – dolly – trailer (60ton).



Typ 2. Dragbil – trailer – kärra (60ton).



Typ 3. Dragbil – linktrailer – semitrailer (60ton). För att begränsa arealbehovet vid sväng ska en av trailerna ha styrande axlar¹.



Typ 4. 12 m lastbil – 12 m påhängsvagn (48 ton).

Figur 1. Fyra huvudtyper för fordonståg i Sverige (Anon. 2006).

Figure 1. Four main types of truck – trailer configurations in Sweden.

¹ Detta för att kunna vända inom en cirkelarea med godkänd radie (Anon. 2006) vilken regleras till en yttre svängradie på 12,5 m och en inre på 5,3 m enligt 4 kap 17§ trafikförordningen (Anon. 2007b.)

2. Material och metoder

De grundläggande operativa förutsättningarna kommer att beskrivas i Material och metoder. Beräkningar av prestation och flexibilitet kommer att göras under rubriken Beräkningar medan eventuella förändringar i hur transporter planeras samt för och nackdelar med respektive koncept kommer att behandlas under rubriken Diskussion.

2.1. Caseområdet



Värmbodal (VBD) är ett av Stora Ensos sydligaste distrikt, med en yta på 1013086 ha, eller ca 10131km² (Örtendahl, pers. komm. 2007). Distriktet omfattar Bohuslän (ner t.o.m. Munkedals kommun), Dalsland (ej Vänersborgs kommun) och sydvästra Värmland (Årjängs kommun, södra halvan av Eda kommun samt den del av Arvika kommun som ligger väster om Glafs fjorden) (Ohlsson, pers. komm. 2007). Se figur 2.

Merparten av virket som levereras från VBD kommer från privata skogsägare (Örtendahl, pers. komm. 2007). Det finns enligt Ohlsson ytterst lite bolagsskog att kompensera vid hastiga svängningar eller toppar i virkesflödet. Den bolagsskog som finns är belägen i distriktets norra delar (Ohlsson, pers. komm. 2007).

Under ettårsperioden 2006-09 till 2007-08 fraktades ca 400 000 m³ fub med ett medelavstånd på 85 km (Örtendahl, pers. komm. 2007). Transporten skedde med 12 virkesbilar, fördelade på 7 åkerier (Ohlsson, pers. komm. 2007).

Figur 2. Värmbodals geografiska belägenhet i Sverige. De mörkare fälten motsvarar Stora Ensos verksamhetsområde (Bäck, pers. komm. 2007).

Figure 2. The geographical situation of district Värmbodal. The darker areas corresponds to the operation areas of Stora Enso, Sweden.

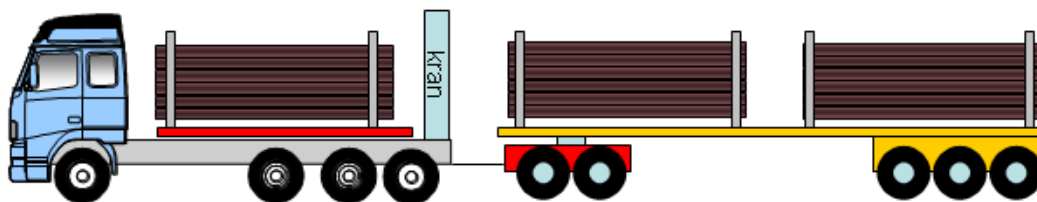
Virkesvolymerna från VBD fraktas, enligt Ohlsson, huvudsakligen till 11 industrier, varav 7 sågverk och 4 massabruk. Av dessa industrier är det endast 5 stycken (1 sågverk och 4 massabruk) som har lossningsmöjlighet, dvs. som kan ta emot virkesfordon utan kran (Ohlsson, pers. komm. 2007). Det är dessa 5 industrier som är av intresse för denna

undersökning, då lossningsmöjlighet är ett krav för att något av koncepten ska kunna genomföras.

Under 2006 och 2007 (dvs. 2 tjällossningsperioder) har avstängningen av det allmänna vägnätet för tung trafik (över 12 ton) legat på 30-35 % i Dalsland. I norra Bohuslän ligger motsvarande siffra på ca 10 % (Thörnblad, pers. komm. 2007), och för sydvästra Värmland ca 25 % (Danielsson, pers. komm. 2008). Räknas även in de enskilda vägarna, där en stor del av virkestransporterna sker, in blir siffrorna betydligt högre (Ohlsson, pers. komm. 2007).

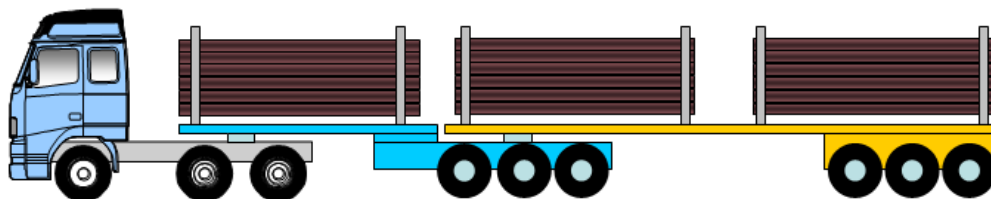
2.2. *Koncept 1 – Rangerplatser*

Tillvägagångssättet för detta koncept är enligt följande: en virkesbil med tillkopplad dolly, kopplad till en semitrailer, lastar vid skogsbilväg och kör sedan till en rangerplats. Se figur 3. Vid rangerplatsen kopplas semitrailern loss och traven som ligger på virkesbilen lastas över på en link vilken kopplas samman med semitrailern. Virkesbilen kopplar på en ny, tom, semitrailer och kör sedan tillbaka till skogen för att hämta ett nytt lass. En inhyrd dragbil sköter sedan landsvägskörningen från rangerplats till industri. Dragbils ekipaget består då av dragbil, link och semitrailer och får med sig tre travar till industri. Se figur 4. Efter lossning på industri kör ekipaget tillbaka till rangerplatsen och lämnar av den tomma linken och semitrailern, kopplar på lastade och kör åter igen mot industrin.



Figur 3. Virkesbils ekipage som kör mellan skog och rangerplats (Cider, pers. komm. 2007).

Figure 3. Modified logging truck configuration (self loading) which runs between forest and load exchange site.



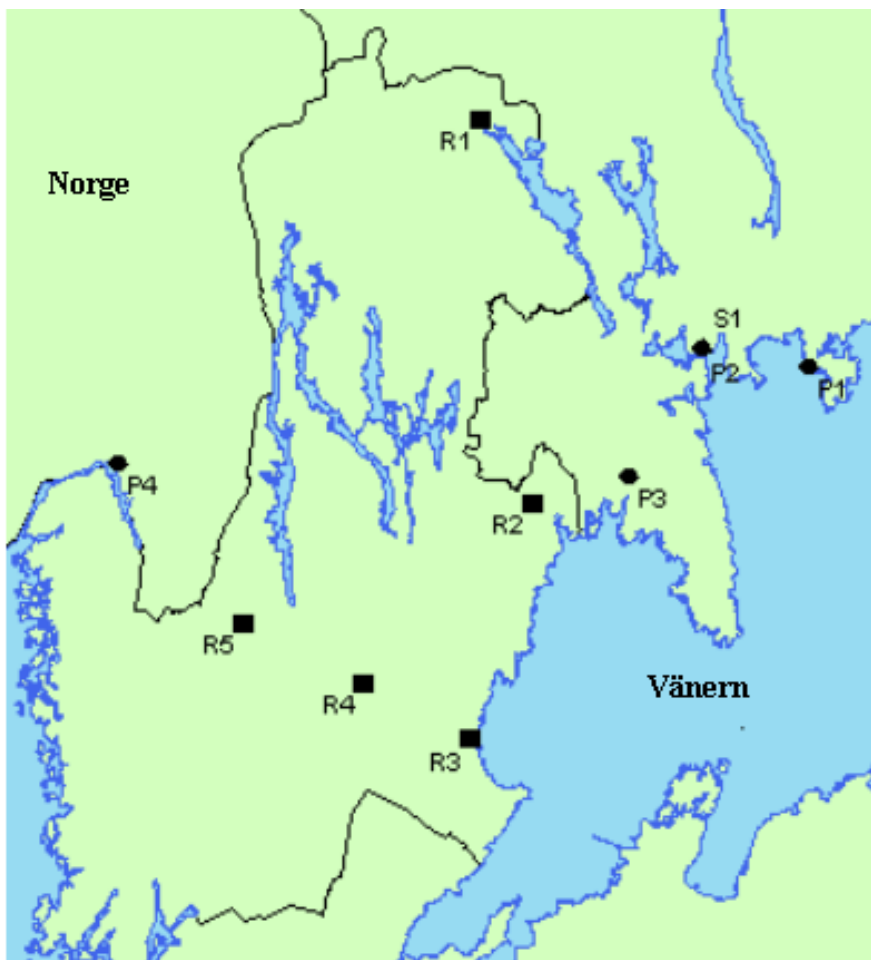
Figur 4. Dragbils ekipage som kör mellan rangerplats och industri (Cider, pers. komm. 2007).

Figure 4. Modified truck – trailer configuration, which runs between load exchange site and industry.

Inför kommande försök som ska göras med detta koncept ska det ansökas om dispens hos vägverket gällande fordonsvikt, och därmed även lastvikt. Normalt är maximalt tillåten vikt för fordon och last 60 ton. Detta ger en lastvikt på ca 38 ton för virkesbilen och även för dragbilen då denna på grund av konceptets upplägg inte kan frakta större volym än virkesbilen. Dispens har sökts för att få köra med maximalt tillåten vikt 73 ton. Detta skulle ge

en lastvikt på ca 45 ton för både virkesbil och dragbil, eftersom dispensen inte påverkar fordonsvikten (Örtendahl, pers. komm. 2007).

För detta koncept fanns vid undersökningstillfället redan planerade rangerplatser, se figur 5, och de beräkningar som gjorts har delvis gjorts utifrån detta.

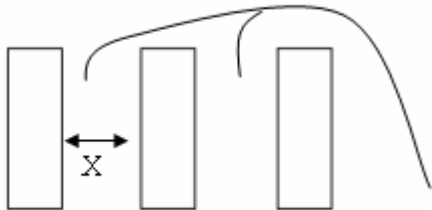


Figur 5. Rangerplatsernas samt industriernas geografiska belägenhet. P står för pappersbruk, S för sågverk och R för rangerplats.

Figure 5. The geographical situation of the load exchange sites and the industries. P is for pulp mill, S is for saw mill and R is for load exchange site.

För att konceptet ska fungera krävs inte bara nya fordon (i form av inhyrda dragbilar). Det ställs även vissa krav på rangerplatserna i fråga. Underlaget ska vara stabilt nog att klara av den omfattande körning som konceptet kräver utan att ge efter. Det behövs även någon form av stöd under stödbenen. Till detta kan t.ex. sprängmattor användas (Ohlsson, pers. komm. 2007). Dessutom ska ytan som utgör rangerplatsen vara stor nog för att tre till fyra väntande semitrailers, tomma eller lastade, sammankopplade med link, kan ställas upp. Avståndet mellan dessa måste dessutom vara stort nog för att en virkesbil ska kunna köra in mellan dem och lasta över från virkesbil till link. Ytan måste även vara stor nog för att virkesbilen sedan ska kunna koppla över semitrailern på linken (koppla loss semitrailer, koppla på link, koppla

ihop semitrailer med link samt ställa ihopkopplad link och semitrailer i rätt position för vidaretransport med dragbil) enligt figur 6.



Figur 6. Koncept 1 – krav på rangerplats. Avståndet X mellan två uppsättningar linktrailer + semitrailer måste vara brett nog för en virkesbil att köra emellan och kunna lasta om. Detta avstånd uppskattas till ca 3-4 m.

Figure 6. Concept 1 – demands on a load exchange site. The distance X between two sets of linktrailer + semitrailer must be big enough for a logging truck to drive in between them and make the reload. The distance of 3-4 m would be enough.

2.3. **Koncept 2 – Terminal**

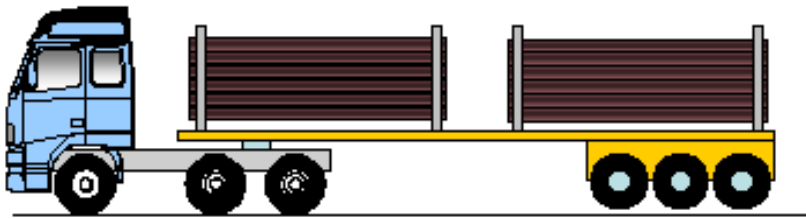
Ett alternativ till koncept 1 är att med konventionella virkesbilar transportera in virket till en omlastningsterminal där det mäts in och lastas av. Se figur 7. Vidaretransport till industri utförs sedan med dragbil och semitrailer; ett ekipage som kan lasta på 2 virkestravar (figur 8).

För detta koncept finns ingen dispens angående totalvikt likt det i koncept 1 utan virkesbilen lastar ca 38 ton per lass in till terminal. Dragbilen kan frakta ca två tredjedelar av detta per lass, vilket ger en lastvikt på ca 27 ton från terminal till industri.



Figur 7. Konventionell virkesbil som fraktar virke från skog till terminal.

Figure 7. Conventional logging truck which runs between forest and terminal.



Figur 8. Dragbilssekipage som kör mellan terminal och industri.

Figure 8. Modified truck – trailer configuration which runs between terminal and industry.

För att detta koncept ska kunna genomföras krävs inte bara nya fordon utan även en terminal. Kraven på en terminal är större än de på en rangerplats. Hur mycket större beror bland annat på terminalens nyttjandegrad samt storlek (Ohlsson, pers. komm. 2007). En terminal ska enligt skogsvårdslagen ha ett lager över 5000 m³ för att virket inte ska räknas in under skogsskyddslagen (Anon 2003).

Beroende på stor hur stor terminalen ska vara, och hur mycket den ska nyttjas, ställs olika krav på den och övrig utrustning som behövs vid inmätning. Om terminalen under kortare perioder ska nyttjas som en större yta för lagring av virke krävs i stort sett endast en stor hårdgjord plan samt en mätstation. Denna station kräver el, telefon, Internet m.m. för att kunna koppla upp sig mot SDC, samt belysning. Om terminalen kräver inmätning endast under kortare perioder kan det räcka med en mätbrygga samt en barack med indragen el och liknande som mätstation. Om terminalen däremot ska nyttjas permanent ställs högre krav på mätstationen då denna blir en långvarig arbetsplats. Ett exempel på dessa krav är att det ska dras avloppsledningar till mätstationen så att de vanligaste faciliteterna finns och fungerar som de ska (Ohlsson, pers. komm. 2007). En stor, permanent, terminal kan även ha bevakningsmöjligheter. Detta leder dock till att stora miljökrav ställs på terminalen. Exempelvis skall det finnas avrinningsanordningar, reningsbassänger m.m., vilket är mycket kostsamt. Det är inte troligt att en sådan terminal kommer byggas inom case-området (Ohlsson, pers. komm. 2007). Oavsett vilken sorts terminal som ska nyttjas krävs personal för inmätning samt personal och fordon för lossning och lastning.

2.4. Modeller för beräkningar

I detta avsnitt beskrivs kort de förutsättningar som fanns att ta hänsyn till inom case-området. Dessutom ges en kort beskrivning av modellerna för respektive koncept, samt tillvägagångssätt för och beskrivning av beräkningar.

Grundförutsättningar

- Antal tillgängliga virkesbilar: 12 st.
- Dagens medeltransportavstånd till industri: 85 km.
- Antal ton i lastvikt utan dispens: 38 ton.
- Antal ton i lastvikt med dispens: 45 ton.
- Belägenhet för rangerplatser fastställda.
- Belägenhet för terminal ej fastställd.

- Antal set link + semitrailer som nyttjas i en fordonskombination i koncept 1 är det samma som antalet virkesbilar + antalet dragbilar. Ex: 1 virkesbil och 2 dragbilar ger 5 set med link + semitrailer.
- Upptagningsområde, dvs. avstånd från skog till rangerplatser erhöles från handledare på värdorganisationen och är beräknade utifrån antagandet att alla rangerplatserna är öppna samtidigt.

Tabell 1. Medelavstånd från industri till rangerplats samt upptagningsområde om alla rangerplatser är öppna samtidigt

Table 1. Average distance from load exchange site to industry and catchment area if they were all open at the same time

Medelavstånd från rangerplats till industri samt upptagningsområde

	Avstånd rangerplats - industri (km)	Antaget upptagningsområde (km)
R1	87	30
R2	62	25
R3	94	35
R4	101	30
R5	104	40

Kort modellbeskrivning

De båda modellerna kan delas in i tre huvuddelar, vilka har samma syften hos båda modellerna. Dock är tillvägagångssättet inte detsamma.

1. Beräkning av prestation på fordonsnivå för olika fordonskombinationer.
2. Jämförelse med olika avstånd från skog till rangerplats/terminal och från rangerplats/terminal till industri för att hitta de kombinationer som ger balans i virkesflöden till och från rangerplats/terminal för olika fordonskombinationer.
3. Beräkningar för hur ovanstående kan användas för att öka flexibiliteten på systemnivå.

Kort tillvägagångssätt

I beräkningarna har två olika modeller byggts upp i Excel. En för rangerplatskonceptet, dvs. koncept 1 och en för terminalkonceptet, dvs. koncept 2. Det gemensamma för de två modellerna är att de har som mål att hitta optimala avståndskombinationer, dvs. de avstånd från skog till rangerplats/terminal och avstånd rangerplats/terminal till industri där balans i transporterad volym per tidsenhet erhöles. Dessa mål sattes för att undvika bildande av lager på rangerplatserna och för att undvika en höjning eller sänkning av lager på terminal.

I rangerkonceptet är det dessutom viktigt att minimera väntetiderna på rangerplatserna, och därmed kostnaderna. Därför har modellen byggts upp kring hur lång tid de tar mellan ankommande respektive avgående lass vid nyttjande av olika antal virkesbilar respektive dragbilar, samt hur väl dessa tider korrelerar med varandra. Då rangerplatsernas geografiska belägenhet redan var fastställd utgick beräkningarna delvis utifrån de avstånd från rangerplats till industri som kom av detta.

I terminalkonceptet däremot, fanns inget förvalt läge för terminalens belägenhet, och därmed inte heller några bestämda avstånd från terminal till industri. Dessutom är konceptet inte lika beroende av att minimera väntetider eftersom terminalen har lagringsmöjlighet. Därför är modellen för terminalkonceptet inriktad endast på att få balans i virkesflödena till respektive från terminal och inte på att minimera väntetider.

En schematisk bild över respektive modell visas i figur 9 och 10, och de beskrivs mer ingående i löpande text och tabeller i stycke 2.5 och 2.6.

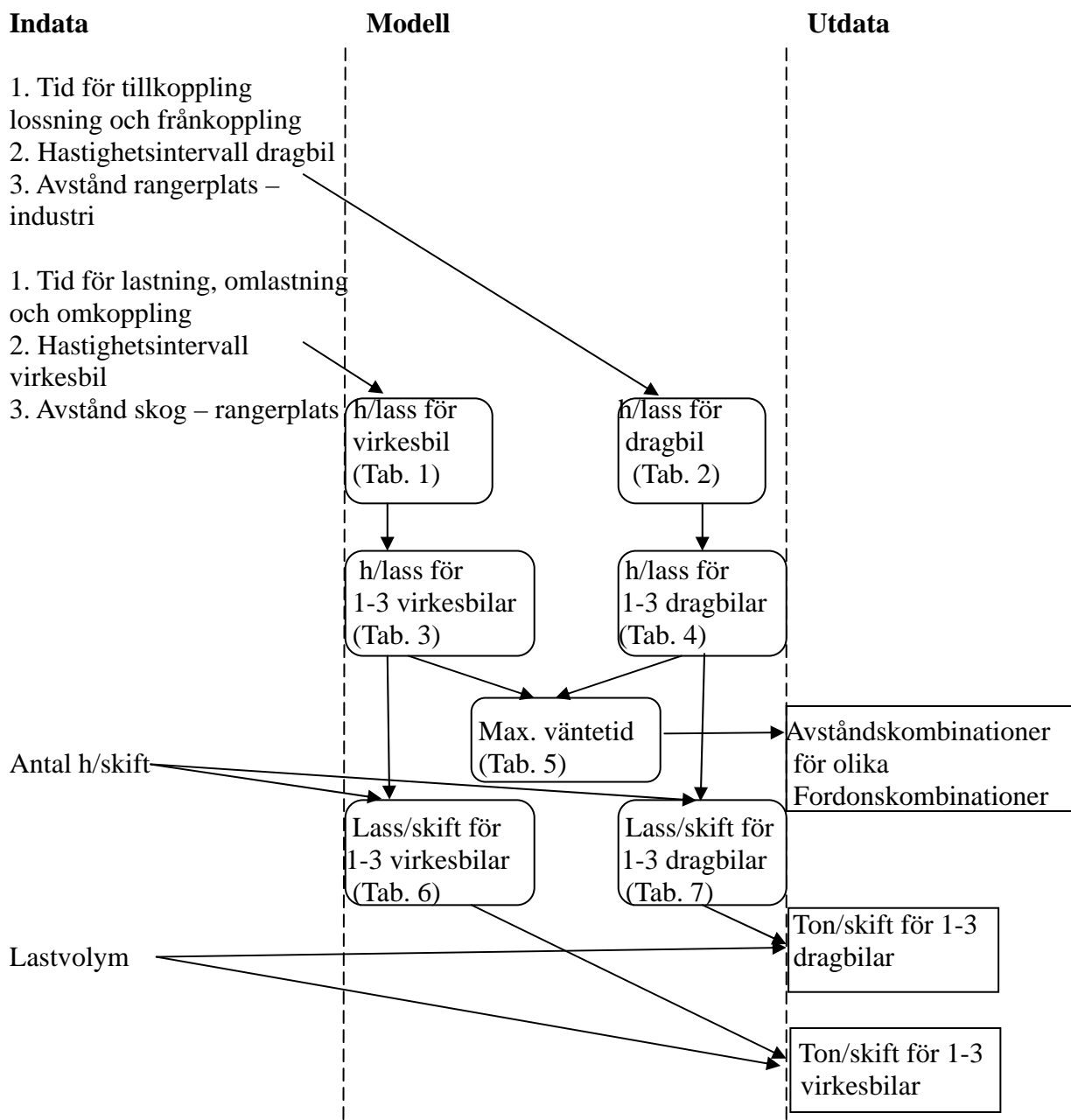
Beskrivning av beräkningar

I tabell 2-8 visas delar av beräkningarna för prestation på fordonsnivå för koncept 1. I de exempelberäkningar som visas för koncept 1 gäller följande: Avståndet från skog till rangerplats var 30 km och avståndet från rangerplats till industri var 72 km. I flexibilitetsberäkningarna jämfördes koncept 1 med om virkesbilarna kört mot samma totalavstånd från skog till industri, samt om de kört dagens medeltransportavstånd på 85 km.

I tabell 9-10 visas delar av beräkningarna för prestation på fordonsnivå för koncept 2. I de exempelberäkningar som visas för koncept 2 gäller följande: Avståndet från terminal till industri var i 89 km. I flexibilitetsberäkningarna varierades avståndet från terminal till industri mellan 50 och 100 km. För de avstånd från skog till terminal som genererades från detta och som gav ett totalavstånd från skog till industri under 160 km jämfördes prestationen mot konventionell körning på medelavståndet på 85 km för beräkning av flexibilitet.

2.5. Beräkningsmodell för Koncept 1 – Rangerplatser

I figur 9 visas en övergripande bild över modellens uppbyggnad för beräkningar av Koncept 1 – Rangerplatser.



Figur 9. Beräkningsmodell för Koncept 1 – Rangerplatser.

Figure 9. Calculation model for Concept 1 – Load exchange sites

2.5.1. **Prestation på fordonsnivå**

Avstånd från dessa befintliga rangerplatser till de olika aktuella industrierna hämtades ur Stora Ensos virkesförsörjningssystem SCOOP och varierade mellan ca 20-150 km. Medelavstånd från skog till rangerplats hade redan mätts upp under förutsättningen att alla rangerplatser skulle vara i drift samtidigt och varierade mellan 25 och 40 km, uppdelat på 25, 30, 35 och 40 km.

Data för tidsåtgång för, i virkesbilens fall, lastning i skog, omlastning och omkoppling av link samt för, i dragbilens fall, tillkoppling av link och trailer, lossning vid industri samt frånkoppling av trailer samlades in genom kommunikation med på området erfarna personer. För själva körtiden varierades medelhastigheten med sträckan. Ju längre sträcka ett fordon kör, desto högre antogs dess medelhastighet vara. Vilka hastigheter som skulle gälla samt för vilka intervall sattes även de efter dialog med på området erfarna personer.

Virkesbil:

Tidsåtgång lastning i skog: 45 min.

Tidsåtgång omlastning + omkoppling: 20 min.

Hastighet vid < 30 km: 30km/h.

Hastighet vid 30-50 km: 35 km/h.

Hastighet vid > 50 km:45 km/h.

Lastvikt: 45 ton.

Dragbil:

Tidsåtgång tillkoppling: 8 min.

Tidsåtgång lossning vid industri: 20 min.

Tidsåtgång frånkoppling: 8 min.

Hastighet vid < 50 km: 60 km/h.

Hastighet vid 50-100 km: 65 km/h.

Hastighet vid > 100 km: 70 km/h.

Lastvikt: 45 ton.

Utifrån dessa värden beräknades i Excel tidsåtgången per lass för vardera virkesbilen och dragbilen utifrån sträcka, vilken varierades för dragbilen. För virkesbilen användes de avstånd som angetts från skog till rangerplats. Beräkning skedde enligt formeln:

$$t = (2s / v) + k$$

t = tidsåtgång (h)

s = sträcka (km)

v = hastighet (km/h)

k = tiden för alla moment som inte är körning, dvs. lastning, omlastning och omkoppling för virkesbilen samt tillkoppling, lossning och frånkoppling för dragbilen. (h)

Excelmodellen byggdes upp enligt följande:

En tabell gjordes i där tidsåtgången per lass beräknades för de fyra olika avstånden från skog till rangerplats. Se tabell 2. Dessutom gjordes en tabell där tidsåtgången för endast ett avstånd från rangerplats till industri beräknades. Detta avstånd varierades för att se hur tidsåtgången stämmer vid olika avståndskombinationer (Tabell 3).

Tabell 2. Tidsåtgång i timmar för ett lass för virkesbil. Denna får fyra olika tider beroende på de fyra olika avstånden från skog till rangerplats

Table 2. Amount of time for a logging truck to transport one load. It shows four different amounts of time depending on distance between forest and load exchange site

Tidsåtgång per lass för virkesbil	
Avstånd från skog till rangerplats (km)	Tidsåtgång/lass (h)
25	2,75
30	2,80
35	3,08
40	3,37

Tabell 3. Tidsåtgång i timmar per lass för dragbil. Denna får endast en tidsåtgång som är oberoende av sträckan från skog till rangeringsplats. I detta fall är sträckan från rangerplats till industri 72km och ger tidsåtgången 2,82 h för ett lass och överensstämmer bäst med tidsåtgången 2,80 h som infaller vid 30 km avstånd från skog till rangerplats för virkesbilen (Tabell 2)

Table 3. Amount of time for a truck trailer to transport one load. The amount of time is not depending of the distance between forest and load exchange site. In this case the distance between load exchange site and industry is 72 km and the amount of time for transporting one load is 2.82 hours, which correlates best with the amount of time for one load at the distance 30 km with a logging truck (table 1)

Tidsåtgång per lass för dragbil	
Avstånd från rangerplats till industri (km)	Tidsåtgång/lass (h)
72	2,81

För varje avstånd från skog till rangerplats gjordes en tabell som beräknade tidsåtgång mellan lassens ankomst med virkesbil till rangerplats om man varierade antalet virkesbilar mellan 1 och 3 samt tidsåtgången mellan lassens avgång från rangerplats med dragbil om man varierade antalet dragbilar mellan 1 och 3 (Tabell 4).

Tabell 4. Tidsåtgång i timmar mellan med virkesbil ankommande lass till rangerplats vid avståndet 30 km från skog till rangerplats

Table 4. Amount of time, in hours, between incoming loads transported by 1-3 logging trucks to the load exchange site if the distance between forest and load exchange site is 30 km

Tidsåtgång mellan ankommande lass	
Antal virkesbilar	Tid mellan lass (h)
1	2,80
2	1,40
3	0,93

Tabell 5. Tidsåtgång i timmar mellan med dragbil avgående lass från rangerplats vid avståndet 72 km från rangerplats till industri. Vid jämförelse med tabell 4 ges att tidsåtgången vid dessa avstånd passar samman bäst om antalet dragbilar och virkesbilar är lika

Table 5. Amount of time (hours) between outgoing loads transported by 1-3 truck tractors from the load exchange site if the distance between load exchange site and industry is 72 km. Comparison to table 3 shows that the amount of time for these distances correlates best if the number of logging trucks and truck tractors are the same

Tidsåtgång mellan avgående lass	
Antal dragbilar	Tid mellan lass (h)
1	2,81
2	1,40
3	0,93

Efter detta gjordes för varje avstånd från skog till rangerplats nya tabeller som visade väntetider vid nyttjande av de olika fordonskombinationerna (Tabell 6). En uppsättning tabeller lik tabell 6 gjordes för varje avstånd mellan skog och rangerplats.

Tabell 6. Väntetider i minuter vid olika fordonskombinationer och avståndet från skog till rangerplats 30 km och från rangerplats till industri 72 km

Table 6. Waiting periods (minutes) when using different logging truck - truck trailer configurations. The distance between forest and load exchange site is 30 km and the distance between load exchange site and industry is 72 km

Väntetid i minuter vid 30 km från skog till rangerplats vid olika fordonskombinationer		
Fordonskombination (virkesbil:dragbil)	virkesbil	dragbil
3:1	328	0
2:1	163	0
3:2	80	0
1:1	0	3
2:3	0	87
1:2	0	170
1:3	0	338

Med hjälp av dessa tabeller kunde de optimala avståndskombinationerna hittas för varje fordonskombination. Med en optimal avståndskombination menas ett avstånd från rangerplats till industri och ett avstånd från skog till rangerplats som inte genererar någon väntetid. Den ger dessutom samma mängd transporterad volym per skift för virkesbilarna och dragbilarna eftersom de har samma volym på sina lass. Dessutom kunde olika kombinationer testas för att se vilken väntetid de gav.

Utifrån beräknad tidsåtgång mellan ankommande lass och beräknad tidsåtgång mellan avgående lass beräknades antalet transporterade lass per skift vid transport med 1-3 dragbilar respektive 1-3 virkesbilar.

Lass/skift = (1/h per lass)*antal h i skift

Tabell 7. Antal transporterade lass/skift för 1-3 virkesbilar vid avståndet 30 km från skog till rangerplats

Table 7. Number of transported loads/shift when using 1-3 logging trucks at the distance 30 km between forest and load exchange site

Antal transporterade lass/skift	
Antal	
virkesbilar	Lass/skift
1	2.86
2	8.72
3	8.85

Tabell 8. Antal transporterade lass/skift för 1-3 dragbilar vid avståndet 72 km från rangerplats till industri

Table 8. Number of transported loads/shift when using 1-3 truck tractors at the distance 72 km between load exchange site and industry

Antal transporterade lass/skift	
Antal	
dragbilar	Lass/skift
1	2.91
2	5.81
3	8.72

För varje rangerplats testades vilka avstånd från rangerplats till industri som för de olika fordonskombinationerna skulle ge samma transporterade volym som avstånden 25, 30, 35, 40 respektive 45 km från skog till rangerplats. Genom att tillåta en väntetid på maximalt 10 minuter gavs ett spann i avståndskombination för varje fordonskombination inom vilket transport var möjligt utan långa väntetider och därmed ökande kostnader. Detta spann kan ses i tabell 10, vilken visar för vilka avståndskombinationer de olika fordonskombinationerna kan användas. För dessa avståndskombinationer beräknades prestationen, dvs. antalet lass/skift som den givna fordonskombinationen kunde leverera. Dessutom beräknades hur mycket 1-3 virkesbilar skulle ha presterat på samma avståndskombination, om transporten hade skett på konventionellt vis. Fordonskombinationernas prestation jämfördes sedan med prestationen för det antal virkesbilar som ingick i fordonskombinationen. Exempel: prestationen för fordonskombinationen 2:3 jämfördes med den hos 2 virkesbilar. På detta vis erhöles prestationsökningen för de fordon som körde i fordonskombination istället för att köra enligt det konventionella systemet.

Det visade sig att de avståndskombinationer som planeras idag inte är de optimala, dvs. det finns inte alltid en fordonskombination som fungerar. De givna avstånden från skog till rangerplats generade inte avstånd från rangerplats till industri som stämde överens med de i verkligheten. Om sträckan skog – rangerplats kan anpassas efter sträckan rangerplats – industri så finns det däremot alltid en fordonskombination som fungerar. För närmare förklaring se figur 11.

Medelavståndet från de olika rangerplatserna till industri beräknades. För dessa avstånd fastställdes sedan vilka fordonskombinationer som skulle kunna nyttjas på respektive rangerplats, samt vilka avstånd från rangerplats till industri som skulle vara optimala, dvs. inte leda till väntetider för de inblandade fordonen. Prestationen för de olika fordonskombinationerna beräknades och jämfördes sedan mot den prestation som motsvarande virkesbilar skulle åstadkomma under konventionell körning.

2.5.2. Flexibilitet på systemnivå

Med flexibilitet menas i detta arbete den relativa ökning i prestation på systemnivå som kan åstadkommas.

För varje rangerplats beräknades medelavstånd till industri. Utifrån detta avstånd kunde möjliga fordonskombinationer och avstånd från skog till rangerplats för dessa tas fram för respektive rangerplats. Antalet virkesbilar som kunde köra till de olika rangerplatserna under förutsättningen att de var öppna var för sig fastställdes efter samtal med en av de berörda transportledarna. De fördelades enligt följande:

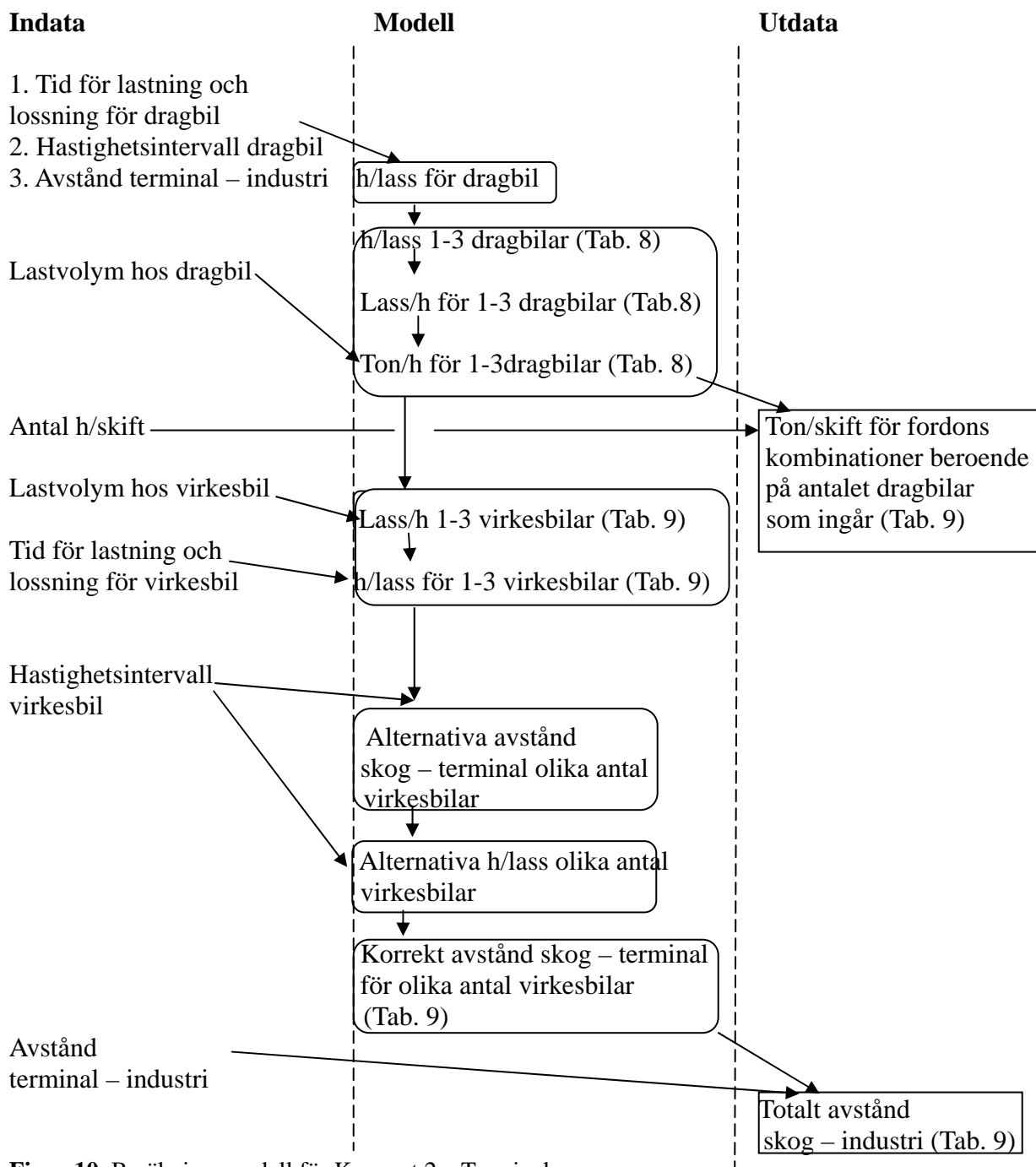
R1: 4 st. virkesbilar, R2: 3 st. virkesbilar, R3: 2 st. virkesbilar, R4: 5 st. virkesbilar samt R5: 3 virkesbilar. Summan av dessa virkesbilar överstiger de som finns på distriktet. Detta beror på att de 5 virkesbilar på R4 är desamma som de som kör mot R3 och R5. Om R3 och R5 har full beläggning kan ingen transport ske till R4. Om R3 har full beläggning och R5 är stängd finns 3 virkesbilar som kan köra mot R4, osv.

Prestationen på systemnivå vid konventionell körning beräknades utifrån antagandet att virkesbilarna skulle köra på samma avstånd som de beräkningarna för koncept 1 gjordes ifrån. Prestationen beräknades för både 38 tons last, vilket är det konventionella, samt 45 tons virkeslast, vilket skulle vara möjligt om den konventionella körningen omfattades av dispensen. Dessa jämfördes sedan mot den prestation som kunde åstadkommas med koncept 1. Detta jämfördes även med de avstånd som virkesbilarna kör i dagsläget, för att se vilken teoretisk prestation och därmed flexibilitet som kan uppnås på systemnivå.

Medeltransportavståndet i VBD distrikt är, som tidigare nämnts, ca 85 km. Detta leder till att varje virkesbil kan frakta strax under 2 lass per skift. Tidigare har även nämnts att transporten i VBD sker med 12 virkesbilar. Vid en lasstorlek på 38 ton innebär detta att prestationen på systemnivå blir 888 ton/skift. Motsvarande siffra för 45 ton är 1056 ton/skift. Även mot dessa siffror gjordes en jämförelse med prestationen som koncept 1 åstadkommer.

2.6. Beräkningsmodell för Koncept 2 – Terminal

I figur 10 visas en övergripande bild över modellens uppbyggnad för beräkningar av Koncept 2 – Terminal.



Figur 10. Beräkningsmodell för Koncept 2 – Terminal.
Figure 10. Calculation model for Concept 2 – Terminal.

2.6.1. **Prestation på fordonsnivå**

Data för tidsåtgång för, i virkesbilens fall, lastning i skog och lossning vid terminal och för, i dragbilens fall, lastning vid terminal och lossning vid industri samt medelshastighet vid olika sträckorna samlades in samtidigt och på samma sätt som de för rangerplatskonceptet.

Virkesbil:

Tidsåtgång lastning i skog: 45 min.

Tidsåtgång lossning vid terminal: 30 min.

Hastighet vid < 30 km: 40 km/h.

Hastighet vid 30-40 km: 45 km/h.

Hastighet vid 40-50 km: 50 km/h.

Hastighet vid 50-60 km: 55 km/h.

Hastighet vid > 60 km: 65 km/h.

Lastvikt: 38 ton.

Dragbil:

Tidsåtgång lastning vid terminal: 20 min.

Tidsåtgång lossning vid industri: 20 min.

Hastighet vid < 50 km: 60 km/h.

Hastighet vid 50-100 km: 65 km/h.

Hastighet vid > 100 km: 70 km/h.

Lastvikt: 27 ton.

Eftersom väntetider inte är av samma intresse vid en terminal som på en rangerplats då virket ändå kan mellanlagras på terminal kunde inte beräkningarna för detta koncept baseras på väntetider. En virkesbil fraktade ca 38 ton medan en dragbil fraktade ca 27 ton och detta gör att samma avståndskombinationer som kom fram ur beräkningarna i rangerkonceptet inte kunde nyttjas till terminalkonceptet. De baserades istället på transporterad volym över tiden.

Excelmodellen byggdes upp enligt följande:

En tabell gjordes som beräknade tid mellan lassens avgång med dragbil från terminal för 1-3 dragbilar vid ett avstånd från terminal till industri. Avståndet från terminal till industri varierades och gav sålunda olika resultat. Därefter räknades h/lass om till lass/h som sedan räknades om till ton/h enligt formlerna.

Lass per timme = 1/ tid (h) mellan lassens avgång

Ton per timme = lass per timme * 27

Tabell 9. Tidsåtgång mellan lassens avgång, antal transporterare lass samt mängden transporterad vara för olika antal dragbilar vid avståndet 89 km från terminal till industri

Table 9. Amount of time between outgoing loads, number of transported loads and amount of transported tonnes when using 1-3 truck tractors. The distance between terminal and industri is 89 km

Antal dragbilar	Tidsåtgång mellan lassens avgång från terminal (h/lass)	Antal transporterade lass (lass/h)	Mängd transporterat virke (ton/h)
1	3.4	0.3	7.9
2	1.7	0.6	15.9
3	1.1	0.9	23.8

En förutsättning för att lagret vid terminal skulle hållas konstant och varken öka eller minska var att de inblandade virkesbilarna hade samma produktivitet som de inblandade dragbilarna. För att åstadkomma detta beräknades antalet lass/h som en virkesbil måste köra för att ha samma produktivitet som en dragbil:

$$\text{Lass/h (virkesbil)} = (\text{ton/h (dragbil)})/39$$

För varje dragbils antal (1-3) beräknades det antal lass/h för 1-3 virkesbilar som skulle ge samma produktivitet. Antalet lass/h räknades sedan om till tidsåtgång mellan lassens ankomst till terminal enligt formeln:

$$\text{Tid, i timmar, mellan lassens ankomst} = 1/\text{Antalet lass per timme}$$

Med hjälp av tidsåtgången mellan ankommande lass för virkesbilarna i varje fordonskombination beräknades sedan motsvarande sträcka skog - terminal för var och en av de 5 hastigheterna.

$$s = ((t - k) / 2) * v$$

s = sträcka (km)

t = tidsåtgång (h)

v = hastighet (km/h)

k = tiden för alla moment som inte är körning, dvs. lastning i skog och lossning vid terminal för virkesbilen samt lastning vid terminal och lossning vid industri för dragbilen. (h)

Detta genererade fem olika sträckor från skog till terminal. För att avgöra vilken av dessa sträckor som var den korrekta beräknades tidsåtgången för var och en av dem, utifrån de hastighetsintervall som angetts för virkesbil. Detta gav 5 olika tidsåtgångar varav en var densamma som den för dragbil. På detta vis visade beräkningarna att endast en av tiderna, och därmed endast en av sträckorna gav samma tid mellan ankommande och avgående lass. Därefter valdes den sträcka som gav samma tid för ankommande och avgående lass vid olika fordonskombinationer ut.

Tabell 10. Antal lass/h som måste fraktas till terminal, tidsåtgång mellan ankommande lass till terminal med samt avstånd från skog till terminal för att upprätthålla samma produktivitet på virkesbilar som dragbilar vid olika fordonskombinationer och avståndet från terminal till industri 89km

Table 10. Number of loads that had to be transported from forest to industry, amount of time between incoming loads and distance between forest and terminal required to reach the same productivity in both logging truck and truck tractors using different logging truck - truck trailer configurations at 89 km distance between terminal and industry

Fordonskombination (virkesbil:dragbil)	Antal lass till terminal (lass/h)	Tidsåtgång mellan ankommande lass (h/lass)	Avstånd Skog- Terminal (km)	Total sträcka (km)	Mängd fraktat virke (ton/skift)
3:1	0,07	14,4	427	516	63,4
2:1	0,10	9,6	271	360	63,4
3:2	0,14	7,2	193	282	126,9
1:1	0,21	4,8	115	204	63,4
2:3	0,31	3,2	49	138	190,3
1:2	0,42	2,4	23	112	126,9
1:3	0,63	1,6	7	96	190,3

I denna Excelmodell kan avståndet från terminal till industri ändras och avstånd från skog till terminal för de olika fordonskombinationerna beräknas automatiskt.

2.6.2. 2.6.2 Flexibilitet på systemnivå

Mellan 50 och 100 km från terminal till industri, med 10 km intervall, beräknades det avstånd från skog till terminal som genererar lika stora flöden in till som ut från terminal för de olika fordonskombinationerna. För de kombinationer som gav en rimlig totalsträcka utifrån distriktets förutsättningar (under 160 km) beräknades volymen som en uppsättning av respektive fordonskombinationen transporterar under ett skift. Den totala prestationen för konventionell körning med endast virkesbilar beräknades utifrån medeltransportavståndet 85 km till 888 ton/skift. Prestationen på systemnivå vid nyttjande av en uppsättning av någon av fordonskombinationerna beräknades enligt följande:

$$a = b - c + d$$

a = Total prestation vid nyttjande av den valda fordonskombinationen (ton/skift).

b = Total prestation för systemet vid nyttjande av endast virkesbilar (ton/skift).

c = Prestation i konventionell körning för det antal virkesbilar som ingår i den valda fordonskombinationen dvs. de virkesbilar som ska köra koncept istället för konventionellt. (ton/skift).

d = Prestation för den valda fordonskombinationen (ton/skift).

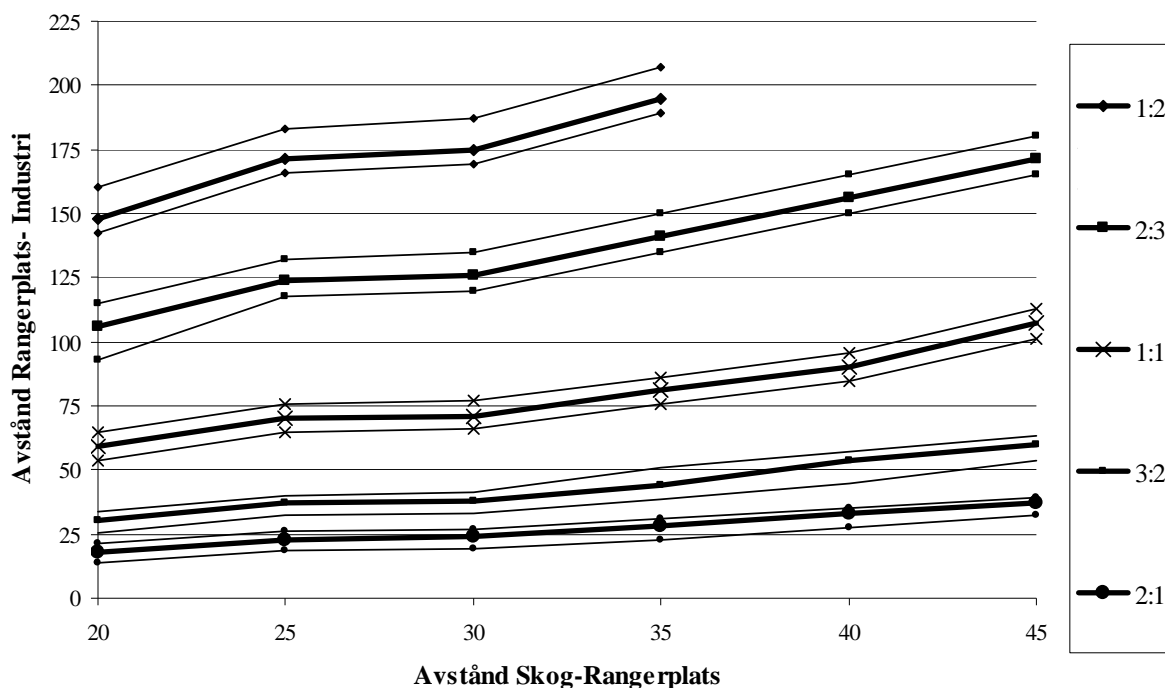
Uttryckt i ord så ersattes prestationen för ett visst antal virkesbilar vid traditionell körning med den prestation som erhöles då dessa istället kör enligt koncept 2.

3. Resultat

3.1. Koncept 1 – Rangerplatser

3.1.1. Prestation på fordonsnivå

I figur 11 visas de möjliga avståndskombinationerna, som ger balans i virkesflödet från skog till rangerplats och från rangerplats till industri, för de olika fordonskombinationerna. Om upptagningsområdet, dvs. avståndet från skog till rangerplats kan anpassas så finns det alltid en fordonskombination som fungerar mot avstånd från rangerplats till industri, dvs. funktionerna för de olika fordonskombinationerna täcker hela y-axeln.



Figur 11. Möjliga avståndskombinationer, som ger balans i in och utflöde vid rangerplats, för varje fordonskombination vid maximalt 10 minuters väntetid. Den övre linjen indikerar 10 min. väntetid för virkesbil, den undre för dragbil och vid den mittersta linjen finns ingen väntetid.

Fordonskombinationerna beskrivs som Antalet virkesbilar : Antalet dragbilar.

Figure 11. Possible combinations of distances for each logging truck - truck trailer configuration that gives balance in in- and outgoing woodflow to the load exchange site, when allowing waiting periods of maximum 10 minutes. The upper line indicates waiting periods for logging trucks while the lower one indicates waiting periods for truck tractors. The line in between them indicates no waiting periods. The logging truck - truck trailer configurations is described as Number of logging trucks : Number of truck tractors.

I tabell 11 visas den prestation som kan åstadkommas vid nyttjande av olika fordonskombinationer på de olika rangerplatserna. Tabellen visar även vilken prestation som kan åstadkommas vid konventionell körning utan dispens (38 ton lastvikt) och med dispens (45 ton lastvikt) vid samma totalavstånd som vid koncept 1, samt vilken flexibilitet på fordonsnivå som då kan åstadkommas på fordonsnivå vid nyttjande av koncept 1.

Tabell 11. Prestation samt ökning i denna i förhållande till konventionell körning vid samma avstånd (dvs. flexibilitet) på fordonsnivå som koncept 1 åstadkommer vid de olika rangerplatserna
Table 11. Transport capacity and the increase of it (flexibility) compared to conventional driving at the same distances, that concept 1 makes possible at the different load exchange sites

Procentuell ökning av prestation på fordonsnivå för respektive rangerplats

Ranger- plats	Fordons- komb.	Medel- avstånd rangerplats- industri (km)	Avstånd skog- rangerplats (km)	Prestation koncept 1 (ton/skift)	Prestation 38 ton konv. (ton/skift)	Prestation 45-ton konv. (ton/skift)	Flexibilitet mot 38 ton konv. (%)	Flexibilitet mot 45 ton konv. (%)
R1	1:1	87	38	110	56	66	96	67
R2	1:1	62	21	144	76	90	89	60
R3	1:1	94	42	103	53	62	94	66
R3	2:3	94	18	309	122	144	153	115
R4	1:1	101	42	103	51	60	102	72
R4	2:3	101	18	310	116	138	167	125
R5	1:1	104	43	101	49	59	106	71
R5	2:3	104	19	302	114	134	165	125

3.1.2. Flexibilitet på systemnivå

Tabell 12 visar maximalt möjlig prestation per rangerplats samt vilken flexibilitet på systemnivå denna åstadkommer. Avståndet antas vara detsamma, dvs. vid konventionell körning är sträckan densamma som sträckan från skog till rangerplats adderad till sträckan från rangerplats till industri. Det är dock inte endast att addera värdena för rangerplatserna och få ut maximal flexibilitet. Alla rangerplatser kan inte vara öppna samtidigt, eftersom virkesbilarna inte skulle räcka till. Att ha alla rangerplatser öppna samtidigt skulle kräva 17 virkesbilar. Dock finns endast 12 att tillgå. Detta gäller främst rangerplatserna R3, R4 och R5. Om R3 och R5 är öppna samtidigt finns varken virkesbilar eller upptagningsområde nog för att hålla även R4 öppen. Om R3 och R5 är stängda kan däremot alla de virkesbilar som tidigare körde mot dessa rangerplatser istället köra mot R4, vilken då kan ha upp till 5 virkesbilar. Det finns även möjlighet att låta R4 och antingen R3 eller R5 vara öppen, vilket ger R4 antingen 2 eller 3 virkesbilar beroende på vilken av de andra rangerplatserna som inte används. Rangerplatsernas belägenhet visas i figur 5.

Ett exempel på upplägg där alla 12 virkesbilar kör enligt koncept 1 skulle vara: 4 virkesbilar kör mot rangerplats R1, 3 virkesbilar mot R2, 2 virkesbilar mot R3, 0 virkesbilar mot R4 samt 3 virkesbilar mot R5. Detta skulle ge en prestation för konventionell körning med 38 tons last på 737 ton/skift, eller 871 ton/skift vid konventionell körning med 45 tons last. Vid körning med koncept 1 skulle prestationen bli 1584 ton/skift, vilket innebär en ökning på 114,9 % respektive 81,9 % jämfört med konventionell körning med 38 resp. 45 ton.

Tabell 13 visar möjlig prestation per rangerplats samt vilken flexibilitet på systemnivå denna åstadkommer, vilket är detsamma som tabell 12. Här är dock avståndet för konventionell körning 85 km, vilket motsvarar medeltransportavståndet för VBD.

Tabell 12. Prestation per rangerplats vid samma avstånd för konventionell körning och för koncept 1, samt flexibilitet på systemnivå då systemet nyttjar 12 virkesbilar

Table 12. Performance for each load exchange site, at conventional driving compared with concept 1 at the same distance. Also flexibility on system level when the system is using 12 logging trucks

Flexibilitet på systemnivå, per rangerplats

(samma avstånd för konventionell körning som vid koncept 1)

Rangerplats	Antal virkesbilar	Prestation 38 ton konventionellt (ton/skift)	Prestation 45 ton konventionellt (ton/skift)	Max. Prestation koncept 1 (ton/skift)	Flexibilitet på systemnivå, 38 ton (%)	Flexibilitet på systemnivå, 45 ton (%)
R1	4	224	264	440	29,3	20,2
R2	3	228	270	432	27,7	18,6
R3	2	122	144	309	32,2	23,7
R4	5	167	198	723	75,0	60,3
R5	3	163	193	403	32,6	24,1

Tabell 13. Prestation per rangerplats vid medelavstånd för konventionell körning på 85 km, och för koncept 1. Dessutom flexibilitet på systemnivå då systemet nyttjar 12 virkesbilar

Table 13. Performance for each load exchange site, for conventional driving at an average distance of 85 km, and for concept 1. Also flexibility on system level when the system is using 12 logging trucks

Flexibilitet på systemnivå, per rangerplats

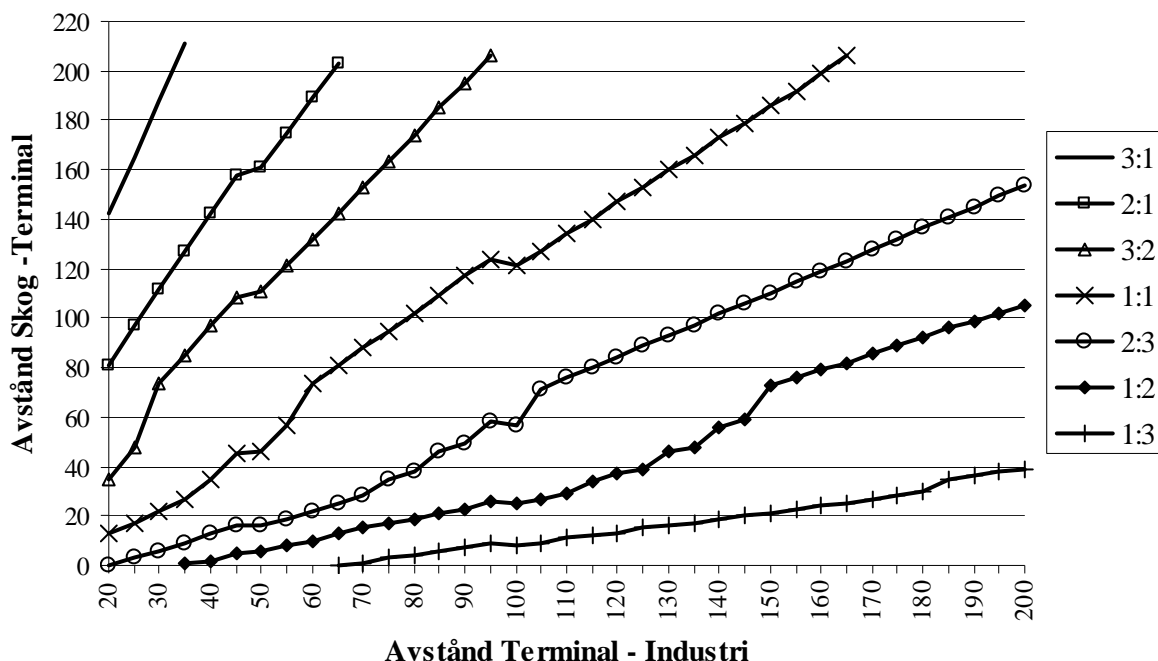
(medelavstånd för konventionell körning 85 km)

Rangerplats	Antal virkesbilar	Prestation 38 ton konventionellt (ton/skift)	Prestation 45 ton konventionellt (ton/skift)	Max. prestation koncept 1 (ton/skift)	Flexibilitet på systemnivå, 38 ton (%)	Flexibilitet på systemnivå, 45 ton (%)
R1	4	296	352	440	16,2	8,3
R2	3	222	264	432	23,6	15,9
R3	2	148	176	309	18,1	12,6
R4	5	370	440	732	40,8	27,7
R5	3	222	264	403	20,4	13,2

3.2. *Koncept 2 – Terminal*

3.2.1. *Prestation på fordonsnivå*

Figur 12 visar de avståndskombinationer, som ger balans i virkesflödet från skog till terminal och från terminal till industri, för de olika fordonskombinationerna dvs. då in- och uttransport till terminal är lika stora. För varje avstånd från terminal till industri finns det minst en fordonskombination, och därmed ett avstånd från skog till terminal som passar.



Figur 12. Avståndskombinationer som ger balans i transporterad volym/tidsenhet för varje fordonskombination. Fordonskombinationerna beskrivs som Antalet virkesbilar : Antalet dragbilar.
Figure 12. Combinations of distances that gives balance in transported volume/time unit for each logging truck - truck trailer configuration. The logging truck - truck trailer configurations is described as Number of logging trucks : Number of truck tractors.

Prestationen hos en fordonskombination ökar, relativt konventionell körning på samma sträcka, med ökad sträcka. En sträcka från terminal till industri på 20 km kräver för balans i in- och utflöde till terminal en sträcka på 142 km från skog till terminal för fordonskombinationen 3:1, vilken ger en prestationsökning (flexibilitet) på 11 % jämfört med om transporten på sträckan 162 km (20+142 km) sker endast med en konventionell virkesbil. En sträcka från terminal till industri på 40 km behöver för balans i in- och utflöde till terminal sträckan 234 km från skog till terminal för samma fordonskombination, vilken då ger en prestationsökning på 15 %.

Prestationen för koncept 2 ökar även med ett ökat antal dragbilar per virkesbil. Dvs. kombination 1:2 har en högre prestation relativt konventionell körning än kombination 2:1. En sträcka från terminal till industri på 60 km behöver för balans i in- och utflöde till industri en

sträcka på 189 km från skog till terminal för fordonskombinationen 2:1 och ger en prestationsökning med 26 % jämfört med om transporten sker endast med konventionella virkesbilar (i detta fall med 2 st.). Motsvarande sträcka från terminal till industri för fordonskombinationen 1:2 behöver en sträcka på 10 km från skog till terminal och ger en prestationsökning med 103 % jämfört om transport sker endast med konventionella virkesbilar (i detta fall 1 st.).

3.2.2. Flexibilitet på systemnivå

Tabell 14 visar vilka medelavstånd från skog till terminal, vilka vid olika avstånd från terminal till industri, är optimala för de lämpliga fordonskombinationerna. Med lämpliga menas de fordonskombinationer som genererar totalavstånd från skog till industri som är möjliga att uppnå utifrån distriktets förutsättningar. Den visar även hur stor ökning en uppsättning av respektive fordonskombination ger på prestationen på systemnivå jämfört med om virkesbilarna kört konventionellt, med ett medelavstånd på 85 km och 12 virkesbilar, dvs. hur stor flexibilitet respektive fordonskombination kan ge. Fordonskombinationen 1:3 kräver för balans i in- och utflöde till terminal för långa avstånd från skog till terminal för att kunna nyttjas inom caseområdet och kan därmed bortses ifrån. Det ger att fordonskombinationen 2:3 är den som ger störst ökning i prestation och därmed kan bidra mest till flexibilitet.

Tabell 14. Avstånd från skog till terminal, och flexibilitet på systemnivå för olika fordonskombinationer, vid olika avstånd från terminal till industri

Table 14. Distances from forest to terminal and flexibility on system level for different logging truck - truck trailer configurations at different distances between terminal and industry

Avstånd samt flexibilitet per fordonskombination									
Avstånd terminal- industri (km)	Avstånd skog-terminal (km) per fordonskombination				Ökning på systemnivå (%) per fordonskombination				
	1:1	2:3	1:2	1:3	1:1	2:3	1:2	1:3	
50	46	16	6	-	2,7	16,4	13,7	-	
60	74	22	10	-	1,4	12,4	11,0	-	
70	88	25	15	1	0,3	9,2	8,9	17,6	
80	102	38	19	4	- 0,6	6,6	6,8	15,0	
90	117	49	23	7	-	4,6	5,9	13,0	
100	-	57	25	8	-	4,1	5,5	12,4	

4. Diskussion

4.1. Självkritik

Viktigt att tänka på är att det i beräkningarna för de båda koncepten förutsätts att det inte finns någon väntetid vid industri, vilket inte alltid överensstämmer med verkligheten. Väntetider vid industri är relativt vanliga, särskilt för de fordon som inte har möjlighet att lossa själva. Om väntetider vid industri lades till i beräkningarna skulle avståndskurvorna förändras så att det krävda avståndet från skog till rangerplats skulle öka. Väntetid för dragbilen vid industri ger virkesbilen längre tid att hämta ett lass till rangerplats. Dessutom är de flesta kurvorna i resultatdiagrammen ojämna, vilket beror på att medelhastigheten för dragbil respektive virkesbil inte ökar kontinuerligt i beräkningarna utan sker i intervall.

4.2. Vidareutveckling av modell

Den modell som gjordes i Excel för koncept 1 – Rangerplatser är för tidskrävande för att kunna användas i praktiskt planeringsarbete, eftersom både avstånd från rangerplats till industri och skog till rangerplats kan ändras. Även om avståndet från rangerplats till industri i verkligheten är fast måste olika avstånd från skog till rangerplats testas för att hitta det som ger balans i virkesflödet till och från rangerplats. Denna ”trial and error” – metod skulle kanske kunna undvikas. Modellen som gjordes för koncept 2 – Terminal kan med enkla medel göras om för att anpassas till koncept 1 genom att ändra tidsåtgång vid lastning, lossning och andra grunddata så att dessa stämmer in mot de i koncept 1. Denna modell skulle i så fall dock endast ge de avstånd från skog till rangerplats som inte genererar väntetider, och därmed ges inget intervall för godtagbara avstånd från skog till rangerplats. Modellen för koncept 2 borde även kunna utvecklas så att ett avstånd från rangerplats till industri anges och tre olika avstånd från skog till rangerplats beräknas, där ett avstånd baseras på en bil med 10 minuters väntetid på virkesbil, ett med 10 minuters väntetid på dragbil samt ett utan väntetider.

4.3. Tolkning av resultat

En jämförelse mellan koncept 1 med dispens (lastvikt 45 ton) och konventionell körning utan dispens (lastvikt 38 ton) kan tyckas ogrundad, men det visar vilken ökning i prestation koncept 1 innebär jämfört med det system som används idag. Dock har en jämförelse gjorts med konventionell körning med dispens för att se vilken procentuell ökning som själva konceptet åstadkommer, utan dispens. De procentuella ökningarna av prestationen skulle vara de samma vid jämförelse med koncept 1 utan dispens med det system som används idag, även om ökningen i transporterad volym inte blir densamma.

Vissa avståndskombinationer som beräknats fram för koncept 1 blir orimliga i verkligheten. Detta kan ha flera olika orsaker.

- Avståndet från rangerplats till industri blir för kort för att vara lönsamt. Transport kan lika gärna ske direkt från skog till industri.
- Avståndet från skog till rangerplats blir så långt att virket kan transporteras till en annan industri till en lägre kostnad.

Då dessa avstånd sållats bort kan man även se att det för största delen av figur 11 inte är möjligt att nyttja konceptet. Således finns det fler icke-fungerande avståndskombinationer - balans i in- och utflöde till rangerplats kan ej uppnås inom en maximalt tillåten väntetid på 10

minuter - än vad det finns fungerande. Detta koncept är mycket känsligt för förseningar i någon del av systemet.

Avstånden från skog till terminal vid koncept 2 ska ses som medelavstånd snarare än som exakta enskilda avstånd. Vid terminalkonceptet är beroendet mellan virkesbilar och dragbilar inte lika stort som vid rangerkonceptet eftersom terminalen kan hålla visst lager, vilket ger en större tolerans för kortvarig obalans i in- och utflöde av virke till terminal.

4.4. Praktiska konsekvenser av implementering

Koncept 1 och 2 kan vara till stor nytta genom att de kan nyttjas då behovet av transportkapacitet är extra högt, och kan därmed ”kapa topparna” i behovet av kapacitet och prestation som uppstår under olika perioder över året. T.ex. kan den ökning i prestation och flexibilitet som kan åstadkommas genom antingen koncept 1 eller 2 nyttjas för att t.ex. öka intransporten till industri innan tjällossning. På det viset blir inte lika stora volymer virke liggande ”inlåst” under den period då stora delar av vägnätet stängs av för tung trafik. Dessutom kan endera konceptet även nyttjas efter tjällossningen för att öka intransporten till industri av virke som legat kvar länge vid bilväg pga. tjällossning. En ökad intransport efter tjällossning innebär en ökad möjlighet att följa skogsvårdslagen gällande skogsskyddet som säger att obarkat virke av tall och gran får inte lagras i skogen eller vid bilväg över sommaren (Anon. 2003).

Viktigt förbehåll är de siffror som räknats fram är beräkningar och endast en förenkling av verkligheten. De kan ses som en riktlinje för vilka avstånds- och fordonskombinationer som är lämpliga. Verkligheten har dock en tendens att vara oregelbunden och att inte kunna beskrivas exakt i siffror och genom beräkningar. Man bör även tänka på att det vid införande av något av koncepten krävs mer än utrustning i form av fordon och omlastningsplatser. Transportplaneringen kommer att påverkas, precis som arbetsinsatsen och även själva arbetsgången för de inblandade aktörerna.

4.4.1. Koncept 1 – Rangerplatser

Transportplaneringen kan komma att påverkas inför körning med koncept 1. Exempelvis kan det vara nödvändigt att under en kortare period spara volymer av lämpligt sortiment på lämpliga avstånd för att det ska finnas körbara volymer när konceptet startas upp. Om avstånden inte stämmer påverkas väntetiderna vilket kan leda till ökande kostnader. Ett sätt att hantera detta skulle kunna vara att ha ett set med link och semitrailer stående, lastat och klart, vid rangerplats så att en dragbil kan köra detta lass istället om det finns tecken på att väntetiden skulle bli lång annars. På detta sätt skulle en viss flexibilitet skapas i avstånd från skog till rangerplats som ger balans med avståndet från rangerplats till industri.

Transportplaneringen påverkas även genom att andra inflöden till industri kan behöva regleras under den period intransport sker med koncept 1. Detta för att inflödet till industrin ska hållas relativt jämnt

Dessutom bör personal vid industrin, framför allt inmätningen, förvarnas om när konceptet ska köras då det kan krävas mer arbete från deras sida och eventuellt kan extrapersonal behöva kallas in. Utöver detta ska dragbilar med förare hyras in. Till en början kan det p.g.a.

oerfarenhet vara svårt för dragbilsförarna att veta t.ex. vart de ska köra för att mäta in lasset, samt vart de ska köra för att lossa det. En ökad grad av guidning vid industri, t.ex. skyltning, kan komma att bli nödvändig.

Koncept 1 kan även komma att kräva en större insats från virkesbilsförarna. Till exempel så måste virkesbilsföraren se till att virke från olika avlägg kan hållas isär när det kommer till industri. Enligt Ohlsson (pers. komm., 2007) brukar den främre traven på lasset vanligtvis inte delas. Detta bör även gälla för koncept 1 då den främre traven är den som lastas över från virkesbil till link. Om denna innehåller virke från flera avlägg är risken stor att dessa kan komma att delvis blandas ihop. Till de andra två travarna brukar det vanligtvis inte lastas från fler än tre olika avlägg per trave. Detta borde fungera även för koncept 1 då dessa travar inte lastas om utan körs till industri så som virkesbilen lastat dem. Ett ekipage i koncept 1 kan därmed frakta virke från 7 olika avlägg (virke från 1 avlägg på den främre traven och virke från tre olika avlägg på vardera av de andra två travarna) (Ohlsson, pers. komm. 2007). Då virkesbilsföraren inte finns med vid inmätning måste denne se till att beskrivningen över hur lasset fördelar sig över olika avlägg är fullgod, för att undvika felinmätning. En eventuell felinmätning påverkar bland annat utbetalningen om virket kommer från privata skogsägare så att en skogsägare kan få betalt för en annans virke. Dessutom påverkas även transportplaneringen då de siffror transportledaren ser över volym kvar på olika trakter inte är korrekta oavsett om virket kommer från privata skogsägare eller från bolagsskog.

Troligen är det inte optimalt att låta alla 12 virkesbilar köra mot rangerplats enligt koncept 1 samtidigt eftersom hänsyn måste tas till exempelvis tillgång på virke vid väg samt industrins efterfrågan. Dessutom ska inte de virkesbilar och virkesbilsförare som sedan ska köra konventionellt inte bli lidande. Kör man allt för stor volym på koncept 1 på kort tid, utan att reglera övrig intransport, ökar lagret på industri vilket leder till en kompensation genom minskad intransport när virkesbilarna sedan återgår till den konventionella körningen. Dessutom begränsar rangerplatsens area hur många uppsättningar av link och semitrailer som kan ställas upp. Hur många sådana fordonskombinationer som kan nyttjas begränsar givetvis antalet virkesbilar och dragbilar som kan köra mot en rangerplats.

4.4.2. Koncept 2 – Terminal

Transportplaneringen för koncept 2 borde inte skilja sig stort från planeringen för andra terminaler, bortsett från att dragbilar med förare ska hyras in istället för virkesbilar eller tåg.

För virkesbilsförarna blir det ingen skillnad mellan detta koncept och konventionell körning, eftersom de kör med konventionella fordon från skog till terminal där virket mäts in. För personalen vid industri kan arbetsbördan däremot komma att öka, p.g.a. eventuell oerfarenhet hos dragbilsförarna, eftersom virket fortfarande måste mätas in vid industri. Till en början kan skyltning eller liknande vid industri behövas även för detta koncept för att visa dragbilsförarna vart på industriområdet de ska köra med virket.

4.5. För- och nackdelar

4.5.1. Koncept 1 – Rangerplatser

En tydlig fördel med koncept 1 är att det innebär möjlighet till en högre flexibilitet, jämfört med koncept 2. Däremot är koncept 1 väldigt känsligt vad gäller de avståndskombinationer som ger balans i in och utflöde till rangerplats. Det är ett relativt litet spann av avstånd från skog till rangerplats där körning utan komplikationer leder till väntetider kortare än 10 minuter. Tillkommer dessutom komplikationer som påverkar transporttiden för antingen virkesbil eller dragbil påverkas väntetiderna ytterligare.

4.5.2. Koncept 2 – Terminal

En fördel med koncept 2 är att det är mer robust än koncept 1. Genom att det på terminal finns lagringsmöjlighet är konceptet inte beroende av väntetider. Detta gör det även mer lätthanterligt planeringsmässigt eftersom spelrummet för avstånden från skog till terminal blir större. En nackdel med koncept 2 jämfört med koncept 1 är att det inte ger lika hög flexibilitet.

5. Slutsatser

Koncept 1 och 2 kan komma till stor nytta genom att ”kapa topparna” i kapacitetsbehovet som uppstår under olika perioder.

Prestationsökningen på fordonsnivå ökar med ett ökat antal dragbilar per virkesbil samt med en ökande total transportsträcka, om alternativet annars varit att virkesbilen sköter transporten på totalsträckan själv.

På systemnivå leder en ökande totalsträcka till en lägre flexibilitet, oavsett vilket koncept som nyttjas. Detta eftersom prestationen på systemnivå har beräknats utifrån ett medeltransportavstånd på 85 km för konventionell körning.

De avståndskombinationer som planeras idag för koncept 1 är inte de optimala för att uppnå jämnt virkesflöde till och från rangerplatser utan att väntetiden för antingen virkesbil eller dragbil överstiger 10 minuter. Däremot finns det alltid en fordonskombination som fungerar mot avstånd från rangerplats till industri om man är villig att anpassa upptagningsområdet för rangerplatserna.

Om alla rangerplatser nyttjas samtidigt vid koncept 1 skulle en flexibilitetsökning på ca 115 % kunna erhållas. Det är dock inte möjligt att ha alla rangerplatser öppna samtidigt. Det finns i nuläget varken upptagningsområde eller efterfrågan som berättigar det.

Koncept 1 är känsligt för exempelvis förseningar vilket gör det svårhanterligt planeringsmässigt.

Fordonskombinationen 2:3 är den som ger högst flexibilitet utifrån distriktets förutsättningar vid koncept 2, beroende på att den ger samma lastkapacitet för dragbilarna som för virkesbilarna.

Flexibilitetsökningen på systemnivå som kan åstadkommas med koncept 2 varierade mellan ca 1-18 % beroende på fordonskombination samt avstånd till från terminal till industri.

Koncept 2 är inte känsligt vad gäller förseningar eftersom virkesbilar och dragbilar arbetar oberoende av varandra och viss lagermöjlighet finns som kan kompensera om in- och utflöde periodvis inte är lika.

Referenser

Skriftliga dokument

Anon. 2003. Skogsvårdslagen, sid 52-54. Trelleborg, Berlings Skogs. ISBN: 91-88462-59-5

Anon. 2007a. Skogsstatistisk årsbok 2007, sid 157-166. Jönköping. Skogsstyrelsen. ISBN: 91-88462-74-9

Anon. 2007b. Sveriges rikes lag, sid B1418. Stockholm. Nordstedts Juridik AB. ISBN: 978-91-39-01189-7

Elektroniska dokument

Anon. 2006. (2006-11-07). Faktuelt notat om modulvogntog og om foreslåede krav til modulvogntog. [online]. Tillgänglig:

<http://www.folketinget.dk/samling/20061/Lovforslag/L35/spm/5/svar/endeligt/20061120/323180.HTM> [2007-08-01]

Anon. 2007c, Eu-upplysningen (2007-08-08). Vägtrafik. [online]. Tillgänglig: <http://www.eu-upplysningen.se/Amnesomraden/Transporter/Vagtrafik/> [2007-12-06]

Björklund, L. Lundgren, C. 2006. Skogsindustrins virkesförbrukning samt produktion av skogsprodukter 2001-2005. [online]. Tillgänglig: <http://www.virkesmatning.se> (<http://www.virkesmatning.se/Admin/html/vmr/html/pdf/Virkesforbrukning/Skogsindustrins%20virkesf%C3%B6rbrukning%20samt%20produktion%20av%20skogsprodukter%202001-2005.pdf>) [2007-09-08]

Konferenser

Simonsson, L. En transportsäljares perspektiv. Logistik 2007, Skogforsk. Knivsta 13-14 mars.

Personlig kommunikation

Bäck, Martin. Transportledare. Stora Enso Skog. Personlig kommunikation 2007.

Cider, Lennart. Project manager. Volvo lastvagnar. Personlig kommunikation 2007.

Danielsson, Roger. Projektledare, Trafikantservice. Vägverket Karlstad. Personlig kommunikation 2008.

Ohlsson, Per-Olof. Transportledare. Timmerlogistik Väst (TLV). Personlig kommunikation 2007.

Thörnblad, Lars. Sektionschef, Kundbehov och samhälle. Vägverket Vänersborg. Personlig kommunikation 2007.

Örtendahl, Anders. Planeringschef. Stora Enso Skog. Personlig kommunikation 2007.