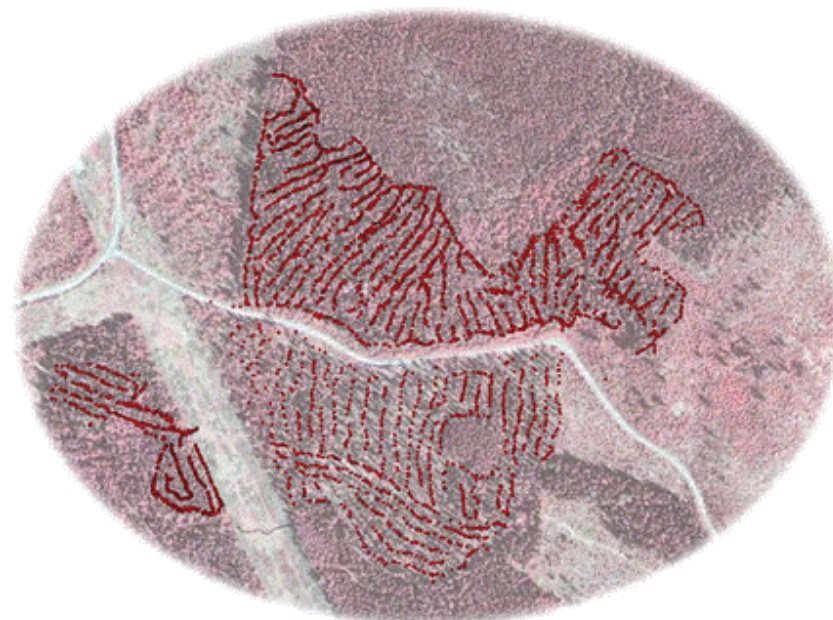


# ARBETSRAPPORT



FRÅN SKOGFORSK NR 753 2011

## Skotningsplanering av rundvirke, GROT och stubbar

Projekt SPORRE och GROTSPORRE

## Forwarding routing planning of round wood, stumps, tops and branches

Projects SPORRE och GROTSPORRE

Petrus Jönsson & Karin Westlund, Patrik Flisberg  
och Mikael Rönqvist, Skogforsk

Ämnesord: Ruttplanering, skotningsoptimering, vägnätverk.

---

## **SKOGFORSK**

### **– Stiftelsen skogsbrukets forskningsinstitut**

arbetar för ett lönsamt, uthålligt mångbruk av skogen. Bakom Skogforsk står skogsföretagen, skogsägareföreningarna, stiften, gods, skogsmaskinföretagare, allmänningar m.fl. som betalar årliga intressentbidrag. Hela skogsbruket bidrar dessutom till finansieringen genom en avgift på virke som avverkas i Sverige. Verksamheten finansieras vidare av staten enligt särskilt avtal och av fonder som ger projektbundet stöd.

## **FORSKNING OCH UTVECKLING**

### **Två forskningsområden:**

- Skogsproduktion
- Virkesförsörjning

## **UPPDRAG**

Vi utför i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter. Det kan gälla utredningar eller anpassning av utarbetade metoder och rutiner.

## **KUNSKAPSFÖRMEDLING**

För en effektiv spridning av resultaten används flera olika kanaler: personliga kontakter, webb och interaktiva verktyg, konferenser, media samt egen förlagsverksamhet med produktion av trycksaker och filmer.

# Innehåll

Sammanfattning.....	2
Bakgrund .....	2
Syfte.....	3
Genomförande .....	4
Indata och filer.....	4
Koordinatsystem.....	6
Skotningsparametrar.....	6
sortiment och samlastning.....	7
avlägg.....	7
Modellering .....	7
Extrahera och omarbeta indata.....	7
Vägnät och volymer.....	7
Optimering av rutter .....	9
Resultat .....	9
Känslighetsanalys av bränsleskotning.....	9
Väglängd i tre koordinater.....	11
Diskussion .....	13
GIS, GPS och koordinatsystem.....	13
Användandet av HPR-filen .....	14
Framtida frågeställningar och Vidareutveckling.....	14
Diskussion .....	15
Referenser.....	16
Bilaga 1 Kørschema programrutin.....	17

## Sammanfattning

SPORRE, eller GROTSPORRE, är ett ruttoptimeringsprogram för skotning av en trakt med rundvirke, GROT och/eller stubbar. Modellen kan presentera alternativa skotarvägar som valmöjlighet för att minimera det totala terrängtransportarbetet och därigenom ge föraren ytterligare en hjälp med att presentera vägval på förhand. Tanken är att ge skotarföraren, och speciellt nya och oerfarna förare, ett verktyg för att lättare kunna planera skotningsarbetet som kan vara besvärligt att planera vid snö, mörker eller spridda mindre objekt som skotas tillsammans. All indata som behövs till optimeringsmodellen bygger på StandFord-data för produktionsfiler. När all indata finns på plats körs optimeringen av skotningsrutterna genom anropa av en optimeringsmodell. Resultatet av optimeringen ges i form av de noder som skotaren ska passera och i vilken ordning. För varje nod anges vilka sortiment (högar) som ska plockas upp efter rutten, och vilken volym eller vikt, om det är GROT eller stubbar som högarna förväntas ha. Modellen hanterar flera avläggsplatser vilket ger möjlighet till bättre känslighetsanalyser. Ökad detaljkunskap om bränsleråvarans priselasticitet ges genom denna modell genom möjligheter till fler och bättre känslighetsanalyser vilka bör kunna utnyttjas i samband med försörjningsplanering, beslut om ökad användning av skogsbränsle etc.

## Bakgrund

Skotningsarbetet svarar för omkring 10 % av den totala råvarukostnaden för skogsindustrin i Sverige. Skotningen är en viktig del i råvaruförsörjningen och har betydelse för en effektiv logistikplanering.

Stort fokus har tidigare legat på skördarens produktivetsförbättring eftersom möjligheterna varit större där då systemstöden varit bättre och mer utvecklade. I dag ser bilden annorlunda ut, mycket har hänt under de senaste åren. GPS och GIS-gränssnitt har en given plats i nya maskiner. Detta tillsammans med en bra standard, Stanford (Arlinger, Möller, Sorsa & Räsänen, 2010) på produktionsdata i både skördare och skotare ger en möjlighet till bra underlag för en bättre planering och kommunikation från och mellan maskinerna.

Skogforsk genomförde under slutet av 90-talet studier av hur skotningsarbetet skulle kunna effektiviseras genom IT-stöd och optimeringsmodeller för ruttberäkning av skotningsarbetet (Flisberg, M., Forsberg, M. & Rönnqvist, M. 2007). En prototyp för att beräkna optimala skotningsrutter beräknades från manuellt inmätta indata där stockarna positionerades med hjälp av en handhållen GPS. Modellen testades och gav goda resultat. Detta indikerade en potentiell effektivisering av skotningsarbetet motsvarande 8 % mindre terrängtransport. Högre precision i rapportering och förenkling av skotarförarens arbete var andra effekter som nämndes.

Skotarföraren är i dag den som planerar drivningen av trakten, vägval och vilka volymer som skotas. Vägvalen planeras utifrån det vägnät som skördaren skapar under avverkningen. De flesta förare har genom erfarenhet lärt sig att planera för effektiva skotningsvägar. Trots detta kan det även för en erfaren förare ställa till problem med snö, mörker och vid avverkningar av små och utspridda områden, t.ex. barkborreskadade områden. Avverkningen är ofta fläckvis utspridda vid trakter med barkborreangrepp och det kan vara svårt

även för en rutinerad förare att överblicka alla volymer. Syftet med ett ruttplaneringhjälpmedel är att i huvudsak hjälpa nya oerfarna förare men även presentera alternativa rutter som val även för erfarna skotarförare.

Sedan studierna under 90-talet genomfördes har informationsteknologin utvecklats mycket och GPS-positionering, GIS-applikationer och kommunikationsmöjligheter har förbättrats. Möjligheter att göra beräkningar i maskinerna är mycket större med högre kapaciteter och bättre gränssnitt. Hantering och lagring av data på plats är i dag inget problem. Det gör att de manuella inmätningar av virkesvolymer och koordinater som tidigare gjordes kan automatiseras, då datastöd finns, och beräkningar kan göras i maskinen. Stöd finns också på många maskiner för direktöverföring av information mellan skördare och skotare och maskiner och kontor. Vanligast är dock att informationen förs över med en USB-sticka efter skiftets slut. I och med att indata som används i modellen följer en standard och i de flesta fall har systemstöd för lagring i maskinerna, går det att automatisera modelleringen.

Varje maskintillverkare har i dag egenutvecklade mjukvarusystem i maskinerna liksom skogsföretagen har egenutvecklad programvara i några fall. Detta gör att en ruttberäkningsmodul måste bygga på så standardiserade indata som möjligt för att det ska vara möjligt för alla tillverkare att applicera verktyget i befintliga system.

## Syfte

Detta projekt syftar till att genom Stanford (Arlinger m.fl., 2010) standardiserad indata från maskinerna och med hjälp av optimeringsmodellering generera en modell för att beräkna optimala ruttval på en avverkad trakt för drivning av rundvirket, GROT och stubbar. Förutom det ska det vara möjligt att beräkna gränser för lönsamhet avseende skotningsbara volymer av GROT eller stubbar genom känslighetsanalys. Vidare ska modellen kunna hantera fler än ett avlägg, vilket inte tidigare testats. Modellen ska också kunna hantera sam-sortering av olika sortiment under samma rutt och all indata ska bygga på standardiserad indata som ska finnas i alla moderna maskiner. Beräkningarna baseras på den optimeringsmodell för rundvirke som tog fram i tidigare projekt.

Målsättningen med projektet är att vidareutveckla skotar-GIS som hjälpmedel för att lättare kunna planera en effektiv skotning. Genom att ruttoptimera skotningen av en trakt och presentera alternativa skotarvägar som valmöjlighet för att minimera det totala terrängtransportarbetet får föraren ytterligare en hjälp. Tanken är att ge skotarföraren, och speciellt nya och oerfarna förare, ett verktyg för att lättare kunna planera. Speciellt vid snö, mörker eller spridda mindre objekt som skotas tillsammans. Beräkningsmodulen baseras på befintliga filer som i dag finns i de flesta skördare.

Målet är en beräkningsprototyp som ligger till grund för ett beslutsstöd för ruttplanering i skotaren. Prototypen ska vara tillgänglig för alla maskintillverkare och intressenter att anpassas till befintliga mjukvara. Förhoppningen är att maskintillverkarna anammar prototypen och implementerar i befintligt GIS. Prototypen är sammansatt av en uppsättning filer som tillsammans utgör en grund för vidareutveckling av ett komplett beslutsstöd.

# Genomförande

## INDATA OCH FILER

De indata som behövs för att kunna skapa optimala rutter för skotaren hämtas från skördarens HPR- och shapefil.

- PRI-fil (Production Individual file) i dag kallad HPR- fil (Harvester Production File).
- Skördarens spårfil (shapefil) av körvägar.

HPR-filen innehåller uppgifter om vilka sortiment som avverkats, volym av respektive sortiment och koordinat på uppställningsplatsen i x-, y- och z-led. Koordinaterna på uppställningsplatserna från HPR-filen kan se ut enligt figuren nedan, se Figur 1.



Figur 1.  
Skördarens uppställningsplatser registrerade stockvis i HPR-filen.





Figur 2.  
Skördarens registrerade spårlagerfil, SHP-fil.

Modellen stöder också det nya Stanfordformatet med HPR-filer i XML-format. Eftersom GPSen sitter på maskinens tak kommer de registrerade stockarna att ha koordinater som motsvarar uppställningsplatsen för maskinen under avverkningen.

Shapefilen innehåller skördarens vägval i form av ett spårlager och registreras i skördare under avverkningens gång, se Figur 2.

All data kommer från maskinvaran i skördaren, d.v.s. En Splitter delar GPS-signalen mellan HPR-filen och maskinens egen programvara. En GPS-position registreras var 5–10 sekund i skördarens spårlager och utgör de färgade punkterna i Figur 2.

SHP-filerna kan skilja sig mellan olika applikationer. I detta fall förutsätter modellen spårlager med uppställningsplatser, som registreras i körordning, och att vägnätet beskrivs med både noder och linjer för att minska förekomsten av felaktiga koordinater på uppställningsplatser, se vidare under kapitel ”Vägnät och volymer”.

Rutförslag och beräkningar av optimala rutter är alltså grundade på befintliga data från skördarens produktionsfil (HPR) samt skördarens registrerade spårlager i form av en shapefil (SHP-fil). Båda dessa filer finns i dag i de flesta nya maskiner. Eftersom HPR-filen bygger på StanForD-standard (Arlinger m.fl., 2010) och spårlagren av skördarens vägar är av typen SHP-fil, går det att standardisera modellen så den är kompatibel för alla maskintillverkare eftersom de i stort följer standarden.

## KOORDINATSYSTEM

HPR-filens koordinater sparas ner i formatet WGS84. I de flesta fall skapas skördarens spårlager i formatet RT90. I några fall har det vid tester förekommit att SWEREF 99 använts istället för RT90. SWEEF 99 kan fortfarande ses som ett ganska nytt system men som kommer att införas på sikt och ersätta de gamla systemen. SWEREF 99 är ett nationellt referenssystem i tre dimensioner. I de flesta fall, om inte kvaliteten på precisionen behöver vara exakt, approximeras WGS84 med SWEREF99 då det i dagsläget skiljer ca 0,5 meter mellan systemen (INFOBLAD no 9 SWEREF 99 och WGS 84, 2009).

Tidigare var RT 90, eller mer korrekt RT 90 2.5 gon V, det allmänt använda koordinatsystemet. RT 90 är Rikets Nät och är ett plant koordinatsystem, två dimensioner, som gör det lätt att använda i dagligt bruk. RT 90 är uppdelat i sex regioner där varje region har en tilldelad medelmeridian. Medelmeridianen är lämplig i de fall storskaliga mätningar görs (kartskala >1:10 000) där avvikelserna med en enda projektion av Sverige skulle göra ca 2 m per kilometer i skillnad. (Tvådimensionella system RT, 2010) Det vanliga för RT 90 är dock att använda RT 90 med medelmeridianen 2.5 gon V som går genom Stockholms gamla observatorium.

Ett problem under projektets gång var att ta hänsyn till olika koordinatsysteminställningar i olika maskiner och vad olika programvara kan hantera. I programmen ovan har alla HPR-koordinater omvandlats till RT 90 genom konvertering. Ett sätt att systematisera detta skulle kunna vara att använda programmet GeoPos (GeoPos v. 2.2.3.0, 2008) i en vidareutveckling av modellen. GeoPos är utvecklat av Lantmäteriet för att omvandla koordinater mellan SWEREF99 och RT90. För mer information om de olika koordinatsystemen, se "Vad är geodesi?" (Lantmäteriet, 2010).

## SKOTNINGSPARAMETRAR

De parametrar som används i modellen och är numeriskt bestämda är Lastningstid =  $0,0137 \times \text{medelstam}^{-0,5179}$  timmar per m<sup>3</sup>fub.

- Lossningstid [timmar per m<sup>3</sup>fub] beror på antalet sortiment.
  - Ett sortiment, 0,4 min per m<sup>3</sup>fub fub.
  - Två sortiment, 0,6 min per m<sup>3</sup>fub.
  - Tre sortiment, 1,0 min per m<sup>3</sup>fub.
- Körhastighet. Tre hastigheter har använts, 0,88 m/sek vid tomkörning, 0,73 m/sek vid körning med lass och 0,42 m/sek vid körning mellan uppställningsplatser.

Funktionerna och de numeriska värdena baseras på tidigare studier gjorda av (Brunberg, T. 2004). Redogörelse nr 4, Underlag till produktionsnormer för skotare)



## **SORTIMENT OCH SAMLASTNING**

I HPR-filen anges vilka ingående sortiment som är avverkade och i volymer sortimentsvis. Modellen hanterar sortiment, eller sortimentgrupper dynamiskt, vilket gör att antalet kan variera. Fler sortiment som kan ses som ”samma” kan slås ihop till en grupp.

För att tillåta modellen att räkna på samlastning av sortiment måste de samlastningsalternativ som tillåts specificeras. Varje alternativ ges också en samlastningskostnad.

Samlastningen bygger på beräkningen av total lastvolym på skotaren. Volymen skotaren kan ta anges också som indata till modellen.

## **AVLÄGG**

En stor förbättring av den tidigare modellen är möjligheten att ange fler än ett avlägg. I många fall är endast ett avlägg realistiskt. Modellen är vidareutvecklad för att klara fler antal avlägg och för att ta fram olika förslag på hur skotningsrutterna kan planeras utifrån olika val av avlägg. Avläggsplatserna anges med x- och y-koordinater i modellen. En känslighetsanalys är då möjlig att göras utifrån olika utfall beroende på antal avlägg.

## **Modellering**

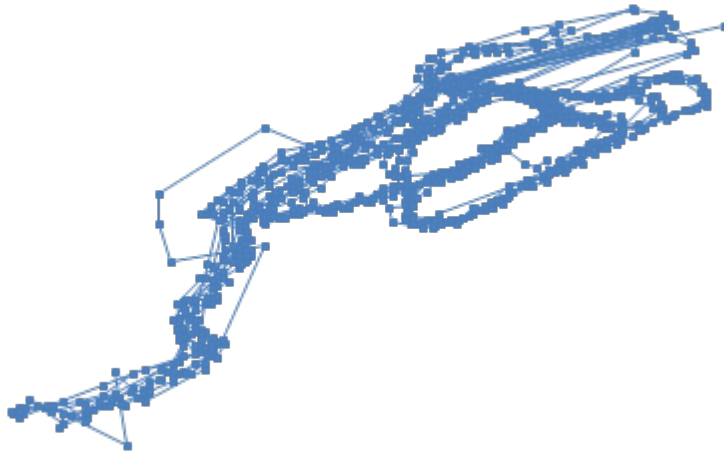
### **EXTRAHERA OCH OMARBETA INDATA**

Att generera skotarrutter är för närvarande inte en helt automatiserad process. En av anledningarna till detta är att det inte finns en standard för vilket koordinatsystem som skall användas i skördarens GPS. Omvandlingen mellan koordinatsystem är därför ännu inte automatiserad. GPS-systemet är också det system som används i alla maskiner i dag.

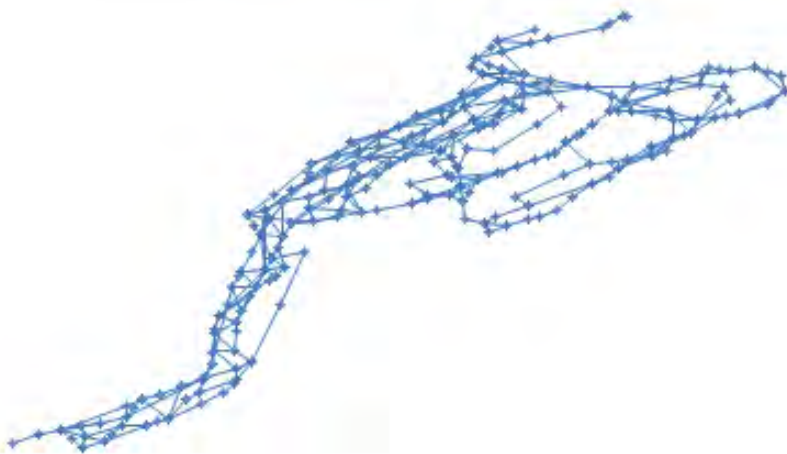
Den vanligaste inställningen är WGS84. Eftersom HPR-filen registrerar koordinater i WGS84-systemet medan spårlagren ofta registreras i RT-90-systemet. För enkelhets skull så har vi valt att använda RT 90 som baskoordinatsystem varför HPR-filens koordinater måste omvandlas. Detta kan t.ex. göras med programmet GeoPos 2.2, (Lantmäteriet, 2008) som är framtaget av lantmäteriet.

### **VÄGNÄT OCH VOLYMER**

Ett vägnät av skördarrutter skapas utifrån de framtagna noderna. I många fall har skördarens SHP-fil uppvisat ett ganska skakigt mönster av noder. Detta beror på att GPS-mottagningen ofta har varit av dålig kvalitet. Signalen blir ”skakig” och detta tillsammans med att maskinen mer eller mindre aldrig är stilla gör att noderna kan bli ganska spridda, se Figur 3. Det gör att det i vissa fall inte är helt tydligt vad som verkligen är en uppställningsplats eller inte, vilket betyder en osäkerhet i vägvalet av skördaren. För att ”tvätta” data görs en beräkning av vilka noder som kan grupperas tillsammans. Samma sak gäller för skördarens uppställningsplatser Ett exempel på detta kan ses i figuren nedan. För att kunna skapa ett vägnät i dessa fall aggregeras noder som ligger inom tio meters diameter till en punkt som får utgöra uppställningsplats. Efter att noderna slagits ihop till uppställningsplatser så får vi ett mycket renare nätverk, se Figur 4.



Figur 3.  
Registrerade noder före tvättning.



Figur 4.  
Registrerade noder efter tvättning.

När skördarens körvägar är fastställda kan så alla enskilda avverkade stockar kopplas samman men vägnätet. Varje stock med angiven position i HPR-filen ”snappas” till skördarens vägnät. Fler stockar kan ha samma koordinater (en hög) eftersom stockarnas koordinater är givna från uppställningsplatsen av maskinen, där GPS:en sitter på taket, under avverkning. En stock får ligga maximalt 10 meter från en uppställningsplats, annars genereras en ny uppställningsplats och en ny väg till skördarens vägnät.

## OPTIMERING AV RUTTER

När all indata finns på plats körs sedan själva optimeringen av skotningsrutterna. Resultatet av optimeringen ges i form av de noder som skotaren ska passera och i vilken ordning. För de nod efter ruten där högar ska lastas anges vilka sortiment det gäller samt vilken volym de har. För att kunna beskriva vägnätet på ett korrekt sätt finns fler noder än uppställningsplatser i resultatet. I dagsläget är resultatet presenterat i textfiler (.txt) som kan bearbetas i lämplig GIS-programvara för att presentera kartor på vägvalet. Textfil som resultat har valts för att det ska vara enkelt för alla tillverkare att kunna visualisera resultatet av vägval oaktat programvara i maskinerna.

Den beräkningsmodell som använts är baserad på den modell som togs fram i det tidigare projektet, se Flisberg m.fl. (2007). Modellen bygger på Repeated Matching, RM, algoritmen. Modellen kan nu också hantera fler avlägg och är också anpassad förutom till rundvirke även till stubbar och GROT. För rundvirke så ska alla högar skotas men det är inget krav för stubbar och GROT. Varje stubb- och GROT-hög ger ett värde att skota in. Den maximerade vinsten för skotningen beräknas som inskotat värde minus skotningskostnaden. Det vill säga, man skotar bara de högar som ger vinst. Detta modelleras i RM algoritmen genom att en s.k. virtuell rutt läggs till. De högar som inte skotas placeras i denna rutt och leder till en kostnad som är lika stor som värdet att skota in dem.

Flera avlägg hanteras i algoritmen genom att för varje rutt välja start och slutavlägg. Vid varje ruttkostnadsberäkning så beräknas kostnaden till samtliga avlägg för första och sista noden i ruten. Detta ger som resultat de kostnads-effektivaste avläggen. Inget krav på balans mellan avläggen finns. I en extrem lösning skulle alla rutter kunna starta vid ett avlägg och sluta i ett annat. Detta kan dock hanteras praktiskt genom att en tur kan köras i motsatt riktning.

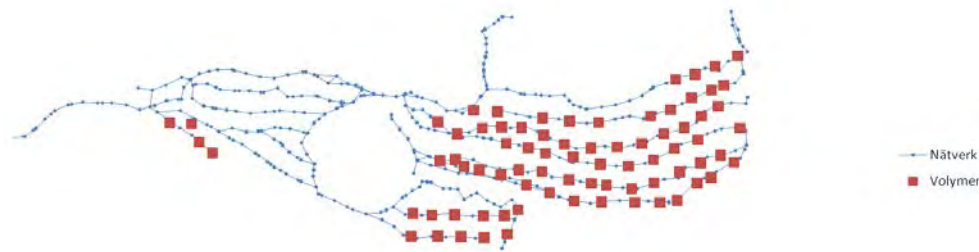
## Resultat

### KÄNSLIGHETSANALYS AV BRÄNSLESKOTNING

Grotanpassning, för att möjliggöra tillvaratagande av GROT från trakt till bilväg, bör naturligtvis endast ske på lönsamma delar av objektet. Verktøget har därför testats i fält för att få fram en känslighetsanalys för stubbar och/eller GROT skotning av en GROT-anpassad trakt. Vilka volymer är lönsamma att skota och i så fall i vilken ordning ska de skotas och till vilket eller vilka avlägg finns möjlighet att testa i modellen.

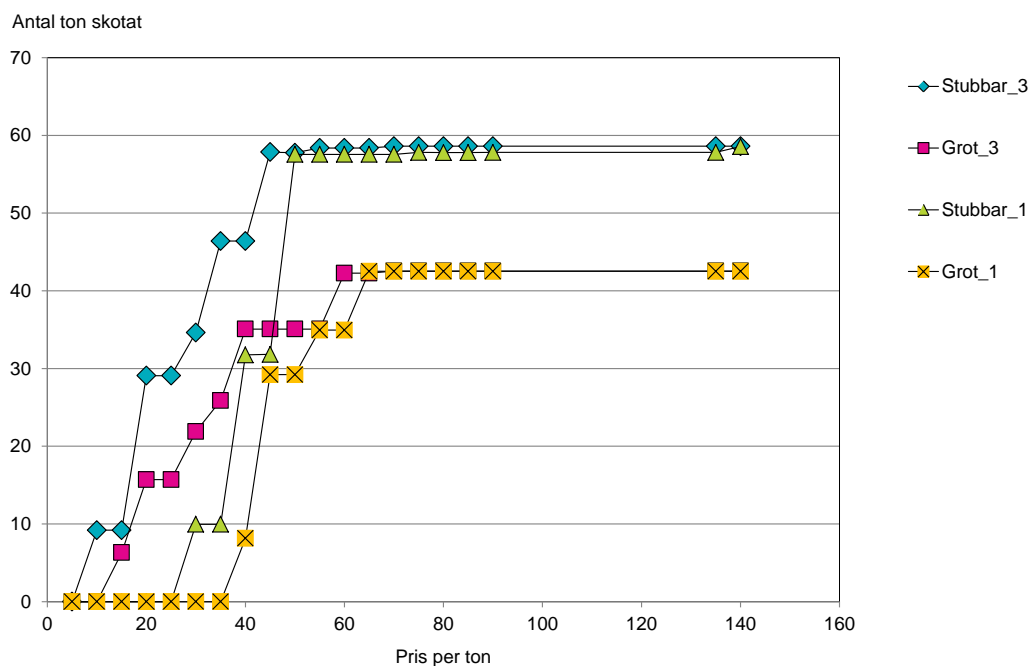
För stubbar och GROT har verktøget testats på en trakt på Korsnäs AB. Trakten är 6 ha med 40,5 ton GROT och 58,6 ton stubbar. Ett eller tre möjliga avlägg finns och de två fallen har testats mot varandra.

Skotarens upparbetningsvägar och de högar, av stubbar i detta fall, som registrerats ser ut enligt Figur 5. Storleken på högarna är inte illustrerade i figuren då endast koordinaterna märkts ut. De snappade högarna varierar således i volym.



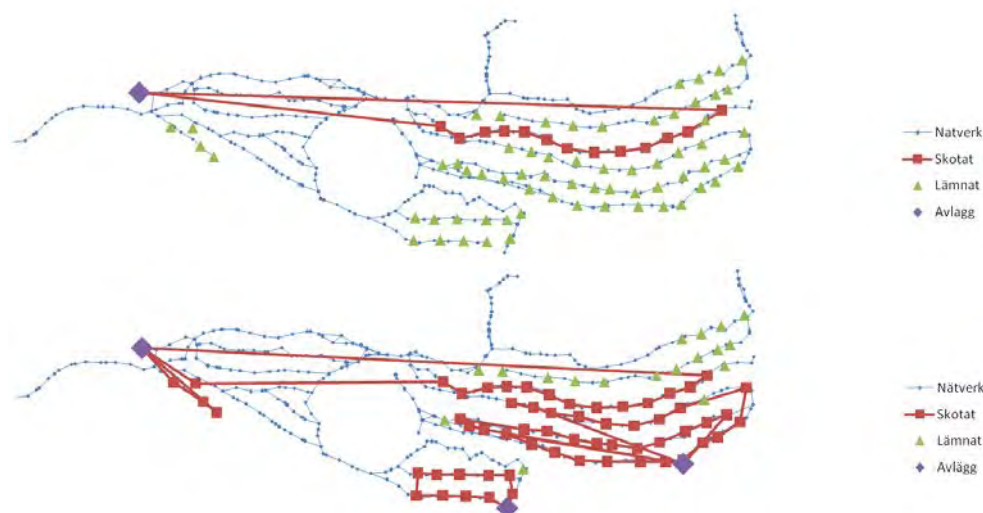
Figur 5.  
Skotarens vägnätverk och positionering av GROT och stubbhögar.

Optimeringen bygger på att optimera volymsuttaget vid ett givet pris för skotningsarbetet per ton. Genom att göra en känslighetsanalys med upprepade optimeringar går det att ta fram vilka minivolymer och vilka högar och i vilken ordning som måste skotas givet ett visst pris för att få lönsamhet. Genom att variera detta pris kan man alltså studera priskänsligheten, d.v.s. hur mycket mer GROT (eller stubbar) som kan tas ut om priset höjs och hur stora volymer som faller bort om priset sänks. Priskänsligheten för GROT och stubbar i intervallet 0–140 kr/ton visas i Figur 6 nedan. Vid prisnivån 40 kr/ton (stubbar) och 60 kr/ton (GROT) kan i princip hela objektet skotas. Dessutom ser man effekterna av att använda ett eller flera avlägg. För att skota ut 20 ton GROT är det på detta objekt en skillnad på c:a 10 kr vid ett eller tre avlägg.



Figur 6.  
Antal ton av stubbar och GROT som skotas för olika prisnivåer. Två olika scenarier med ett respektive tre avlägg representeras i diagrammet.

Det är möjligt att avgöra vilka enskilda volymer som ska skotas och med vilka rutter. I figuren illustreras vilka rutter som ska användas för optimal vinst för stubbar vid ett skotningspris på 35 kr/ton vid ett respektive tre avlägg i exempelbeståndet.



Figur 7.  
Vägval och förslag på skotningsrutter och volymer vid ett respektive tre avlägg.

Figuren ovan visar vilka högar som ska skotas samt vilka skotarrutter de tillhör. Den övre figuren gäller vid användning av ett avlägg och i den undre utnyttjas tre avlägg. Skillnaden i skotad volym mellan de två fallen är 17 % av total volym jämfört med 82 % av total volym beroende på ett eller tre avlägg.

## VÄGLÄNGD I TRE KOORDINATER

En fallstudie för att undersöka hur väglängden påverkas av att lägga till ytterligare en koordinat i höjddled har också testats. I dagens maskiner finns ofta möjligheten att även registrera en tredje koordinat på skotarens uppställningsplatser, x, y och z. I en studie som gjordes på material från en trakt på SCAs marker utanför Sundsvall, där terrängen kan vara väldigt kuperad och i vissa fall brant, hämtades koordinater från en ny John Deere skördare som registrerar koordinater i tre dimensioner. Trakten omfattade totalt drygt 4 000 m<sup>3</sup> fub rundvirke uppdelad på åtta sortiment. Trakter där terrängen är så pass kuperad som i detta fall är inte vanligt i Sverige och detta exempel är att ses som en extrem drivningstrakt. Olika optimeringar gjordes på samma sätt som tidigare men i 3D beräknades verklig väglängd, se nedan. 2D står för optimering i två dimensioner, x- och y-koordinat. 3D står för tre dimensioner, x-, y- och z-koordinat. Samlastning innebär i detta fall att alla sortiment får samlastas.

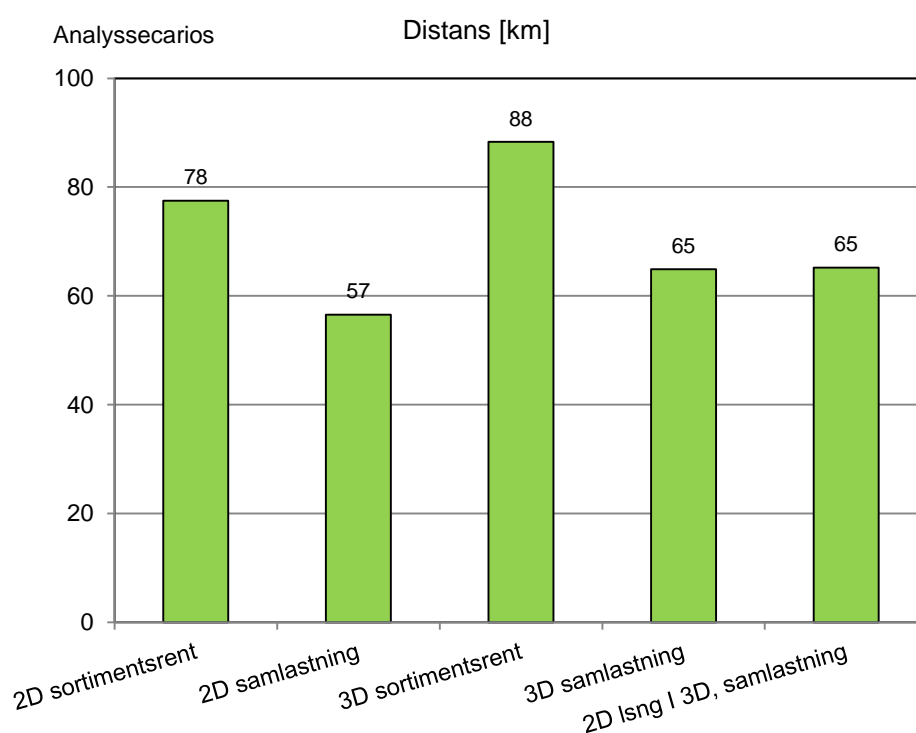
- 2D sortimentsrent.  
Lastning med endast ett sortiment i taget.
- 2D samlastning  
Flera sortiment lastas tillsammans enligt ett givet mönster.
- 3D sortimentsrent.
- 3D samlastning.
- 2D lösning i 3D, samlastning.  
Sträckan för lösningen i 2D samlastning beräknas med tre koordinater.



I jämförelse av avståndsberäkningen för 2D samlastning och 3D samlastning skiljer det ca 8 km i jämförelse, eller ca 13 %. För sortimentsrent, 2D sortimentsrent och 3D sortimentsrent, skiljer det ca 10 km och ca 12 % i köravstånd. Skillnaden i körsträcka mellan samlastning och sortimentsrent är 27 procent för båda lösningarna, vilket omräknat till sträcka är 21 km.

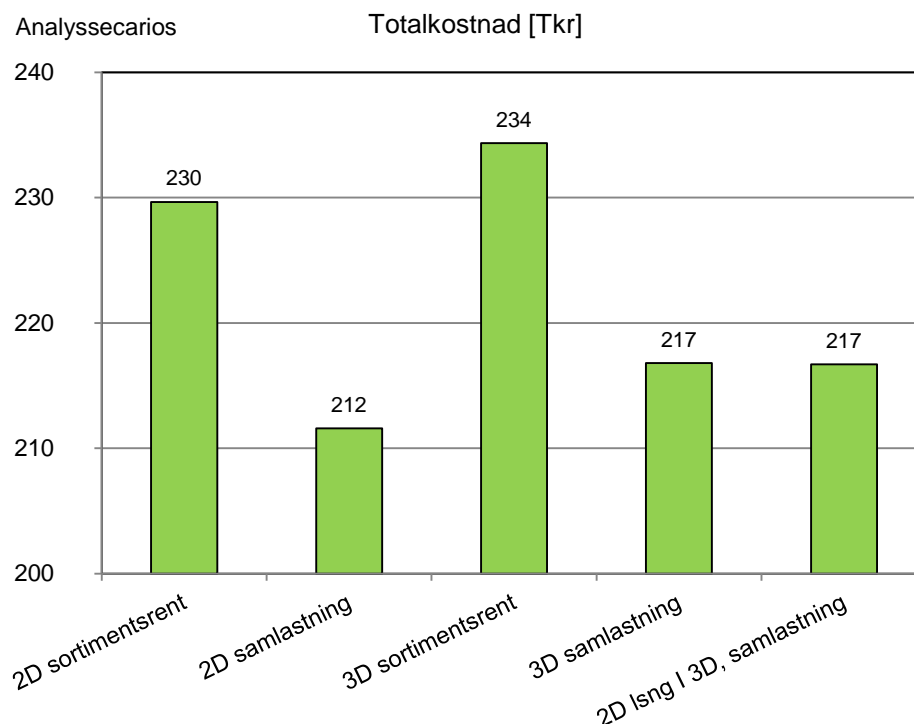
**Exempel:** framryckningshastigheten för en skotare är ca 0,8 m/sek i medelhastighet i terrängen. Detta innebär att 21 km extra skotningssträcka medför ca 7 timmar extra arbete på denna avverkning. Det betyder att i de fall där det skotas samlastade lass kontra sortimentsrena lass så minskar transport arbetet betydligt.

I jämförelsen för 2D samlastning och 2D lösning i 3D samlastning, vilket innebär en jämförelse mellan sträckorna i skotningssträckor i 2 kontra 3 dimensioner, skiljer det ca 9 km och 15 procent på faktiskt skotningsavstånd.



Figur 8.  
Olika skotningssträckor vid optimerade skotningsrutter.

Totalkostnaden för samma optimerade utfall som beskrivits ovan kan ses i Figur 9. En kostnad om 850 kr/timme för skotningen har använts i beräkningen.



Figur 9.  
Totalkostnad för olika förslag på skotningsrutter.

Slutsatsen av denna studerade trakt visar på stora potentialer i minskat skotning avstånd vid samlastning jämfört med sortimentsrent skotning. Troligen torde det finnas skillnader i verkligt skotningsavstånd i jämförelse med avståndet beräknat från ett plant karta underlag.

## Diskussion

Under projektets gång har flera frågor och problem kommit upp som till viss del hindrat projektet att nå så långt som skulle kunna vara tekniskt möjligt men också påvisat framtida utvecklingsmöjligheter och vidare intressanta områden att undersöka. Nedan beskrivs de huvudsakliga områden som bör kunna utvecklas, automatiseras mer för framtida användning eller penetreras mer genom försök.

### GIS, GPS OCH KOORDINATSYSTEM

Många olika system används i maskinerna, företagsspecifik GIS-programvara, och maskintillverkarnas standardprogramvaror. Detta gör det svårt att hitta ett gemensamt helautomatiskt angreppssätt för en applicerbar modell som stämmer överens med alla programvaror och system med programvarorna.

Alla tillverkare använder dock GPS och inte Glonass eller en kombination, vilket skulle kunna förbättra kvaliteten på koordinatprecisionen. Båda systemen används t.ex. I entreprenörsbranschen för att säkerställa en god precision i koordinater.

Någon typ av GIS levereras ofta tillsammans med en ny maskin. Vissa maskintillverkare utvecklar detta själva eller köper in programvaran. I andra fall ersätter skogsbolagen helt maskintillverkarnas GIS med egenutvecklad programvara. Floran är stor. En gemensam standard skulle kunna minska utvecklingskostnaderna och förenkla utvecklingen av applikationer detta projekt försökt att ta fram.

För de tillfällen olika GIS-programvaror funnits har det i fler fall varit koordinatangivelser i RT90, då tillskillnad från HPR-filens som anges i WGS84. Det gör att en omvandling alltid måste göras. Här finns en potential att se över att programvarorna följer samma koordinatsystem för att undvika dessa problem i framtiden om man vill undvika en omvandlingsrutin.

## **ANVÄNDANDET AV HPR-FILEN**

Trots att tekniken för att samla in koordinater i HPR-filen finns har det varit svårt att få fram kompletta filer, HPR-fil med koordinater tillsammans med en skördarfil med spårager. I flera fall har HPR-filen varit tom eller har någon av informationen; sortiment, volym och koordinat fattats. I några fall där detta funnits har det istället fattats information om volymer. Vid ett tillfälle med mycket god indata i övrigt var träden flerträdshanterade och rutinen för att registrera koordinater för enskilda stockar i HPR-filen satts ur spel. Således, trots upprepade försök att få fram bra testdata har det varit svårt att uppnå. Det som kan konstaterats med dessa fakta är att tekniken trots allt inte används i den utsträckning man kan tänka sig. Avsaknaden av koordinater i HPR-filen är mest förekommande. Anledningen till detta måste vara att efterfrågan av denna typ av information är ringa intressant och heller inte i uppföljningssyfte.

## **FRAMTIDA FRÅGESTÄLLNINGAR OCH VIDAREUTVECKLING**

Vad som framkommit under projektets gång är att för medeltrakten är valet av skotningsvägar svårt att påverka. Eftersom skördaren redan under avverkning lagt upp det vägsystem som finns att tillgå för skotaren är påverkansmöjligheterna för en skotarförare kraftigt begränsad. Det gör att olika matematiska lösningsmetoder såväl som möjligheten att lägga till en tredje koordinat för att hitta den verkliga väglängden inte ger så stora möjligheter att hitta så mycket bättre vägval.

För att kunna ta fram optimala vägval, för skördare såväl som skotare och GROT-skotare, behöver vägvalet göras redan under planering innan avverkning. Möjligheterna till att inkludera drivningskostnader såväl som markstruktur och andra markpåverkansfaktorer är då också möjliga. En optimal vägplanering behöver således göras innan avverkning, och så det passar alla drivningsmaskiner och vägnätet anpassat till verkliga volymer och överfartsmöjligheter, kopplat till markpåverkan.

Möjligheterna till att ta fram optimalt vägval genom matematisk optimering innan drivning finns i och med tillgång till:

- Laserscannade volymer.
- DTM (digital terrängmodell).
- Jordartslager.
- Höjd- och lutningskartor.

Genom att utveckla modellen framtagna i detta projekt med fiktiva kostnader för markegenskaper över en trakt kopplat till rotstående volymer och virkesutfall skulle ett mer kostnadseffektivt vägnät kunna tas fram för skördaren att köra efter. Ett sådant verktyg förutsätter bra traktdirektiv eller att resultaten kan presenteras i skördaren GIS innan avverkningen startar. En sådan planeringsrutin skulle kunna ingå i den generella planeringen av en avverkningstrakt.

## Diskussion

I början av projektet inbjöds maskintillverkare till att vara med under projektets gång. Intresset var stort. Eftersom många av de funktioner, modeller och tankar som mjukvarutillverkarnas framgång bygger på är konfidentiellt material, har denna optimeringsmodul tagits fram oaktat maskintillverkare. Med anledning av detta har inte mjukvaruutvecklarna varit med under utvecklingen av modellen eller haft möjlighet att utforma verktyget rent tekniskt. Modellen är dock tillgänglig för alla. Förhoppning är att denna modell ska kunna implementeras i befintlig maskinmjukvara.

I detta projekt har gallringstrakter inte testats. Detta eftersom tillförlitligheten på positioneringen av skördaren och då virkeshögarna redan i slutavverkning varit i många fall svajig. I och med att en skärm av trädkronor försvårar ytterligare en bra positionering med den antennutrustning som finns i dag har tillförlitligheten sett som för dålig för att testa verktyget på någon gallringstrakt.

Genom ESS-projektet ”Skördarrapportering av GROT och stubbar” ges möjlighet att bygga vidare med ett planeringsverktyg för skotning av GROT och stubbar. Effektivaste körupplägg bör då beräknas i förväg och presenteras grafiskt för skotarföraren, tillsammans med traktdirektivet. Därvid kan olönsamma delar av hygget för GROT- respektive stubbuttag identifieras och undantas. Projektet visar att detta är möjligt, men för att rutinen skall kunna användas praktiskt krävs flera tester och sannolikt även ökad detaljeringsgrad vad gäller modellens parametrar.

Den ökade detaljkunskap om bränsleråvarans priselasticitet som erhålls genom analyser med hjälp av GROTSPORRE bör kunna utnyttjas i samband med försörjningsplanering, beslut om ökad användning av skogsbränsle etc.

## Referenser

Arlinger, J., Möller, J., Sorsa, J.A. & Räsänen, T. 2010. *StanForD 2010 DRAFT – DATA CONTENT AND STRUCTURE*, Skogforsk. Tillgänglig på Internet: [http://www.skogforsk.se/PageFiles/60716/StanForD 2010 Content and structure 100310.pdf](http://www.skogforsk.se/PageFiles/60716/StanForD_2010_Content_and_structure_100310.pdf) [Hämtad 101208].

Brunberg, T. 2004. Underlag till produktionsnormer för skotare. Redogörelse nr 3. Skogforsk.

Flisberg, M., Forsberg, M. & Rönnqvist, M. 2007. Optimization based planning tools for routing of forwarders at harvest areas, Application of operations research in operative planning in the forest industry. Linköping studies in science and technology (2007).

Jivall, L., Lidberg, M., Lilje, M. & Reit, B.G (2001), Rapportserie: Geodesi och Geografiska informationssystem. Transformationssamband mellan SWEREF 99 och RT 90/RH 70. Gävle: Lantmäteriet. [Elektronisk version] Tillgänglig på Internet: [http://www.lantmateriet.se/upload/filer/kartor/geodesi\\_gps\\_och\\_detaljmatning/Rapporter-Publikationer/LMV-rapporter/Lmv-rapport\\_2001\\_7\\_SW99\\_pdf\\_anpassad6.pdf](http://www.lantmateriet.se/upload/filer/kartor/geodesi_gps_och_detaljmatning/Rapporter-Publikationer/LMV-rapporter/Lmv-rapport_2001_7_SW99_pdf_anpassad6.pdf) [Hämtad 101208].

*Enhetligt Geodetiskt Referenssystem: INFOBLAD n:o 9 SWEREF 99 och WGS 84* (2009) Lantmäteriet. Tillgänglig på Internet: [http://www.lantmateriet.se/upload/filer/kartor/geodesi\\_gps\\_och\\_detaljmatning/Nytt\\_referenssystem/Infoblad/info\\_blad-9.pdf](http://www.lantmateriet.se/upload/filer/kartor/geodesi_gps_och_detaljmatning/Nytt_referenssystem/Infoblad/info_blad-9.pdf) [Hämtat 101208].

*Geodesi: Vad är geodesi?* (2010) Lantmäteriet Division Informationsförsörjning Geodesi. Tillgänglig på Internet: [http://www.lantmateriet.se/upload/filer/kartor/geodesi\\_gps\\_och\\_detaljmatning/geodesi/presentation/Vad\\_ar\\_geodesi.pdf](http://www.lantmateriet.se/upload/filer/kartor/geodesi_gps_och_detaljmatning/geodesi/presentation/Vad_ar_geodesi.pdf) [Hämtad 101208].

GeoPos (v. 2.2.3.0) (2008) [Datorprogram] Lantmäteriet. Tillgänglig på Internet: <http://www.djuvfeldt.se/> [Hämtat 101207]

*Tvådimensionella system,- RT 90* (2010) Gävle, Lantmäteriet. Tillgänglig på Internet: [http://www.lantmateriet.se/templates/LMV\\_Page.aspx?id=4766](http://www.lantmateriet.se/templates/LMV_Page.aspx?id=4766) [Hämtat 101208]



## Bilaga 1

### Körschema programrutin

Generellt gäller att alla filer ska ligga i samma bibliotek därifrån alla program körs. Den HPR-fil (PRINamn.pri) med tillhörande SHP-lager som ska köras läggs till i samma bibliotek (mapp).

Data ur HPR-filen extraheras genom anropet i DOS-promten:

➤ ReadPri.exe PRINamn.pri

Utdatafil blir StockarToRT90.txt där de två första kolumnerna anger koordinaterna i RT90, x och y meter, och vidare volym, och sortiment per uppställningsplats. Som tidigare beskrivits skulle programmet GeoPos kunna användas här vid en vidareutveckling av programrutinen (GeoPos v. 2.2.3.0, 2008). I detta fall transformeras koordinaterna manuellt. Kolumn ett och två, samt kolumnerna tre till fem sparas sedan ner till filen StockarRT90.txt. Kolumnerna måste sparas som tabavskilda.

Skördarens spårlagerfil anges oftast i RT90 vilket gör att den inte behöver transformeras på samma sätt. I det fall det skulle vara ett annat koordinatsystem behöver även dessa koordinater transformeras till RT 90.

Data ur spårlagerfilen, SHPNamn.shp, extraheras genom anropet ReadShape.exe SHPNamn.shp.

Som utdatafil genereras SkordareBagarRT90.txt. Här ges alla noder mellan vilka skördaren har kört igenom i RT 90-format.

Nu ska det verkliga vägnätet som optimeringen kommer att använda skapas.

Filer som då måste finnas i biblioteket innan vägnätet kan skapas är:

- SkordareBagarRT90.txt
- StockarRT90.txt
- SortGrupper.txt

För att skapa vägnätet som stockarna ska snappas mot, utifrån dessa filer, körs anropet:

➤ GenNatverk.exe

GenNatverk.exe läser in shapefilens positioner från SkordareBagarRT90.txt för att sedan skapa korsningar för de bågar som kommer korsa varandra.

Sedan läser programmet in koordinater för stockarna. Nu kan uppställningsplatser för stockarna generas.

Stockarnas ”uppställningsplatser” kommer sedan att kopplas till vägnätet.

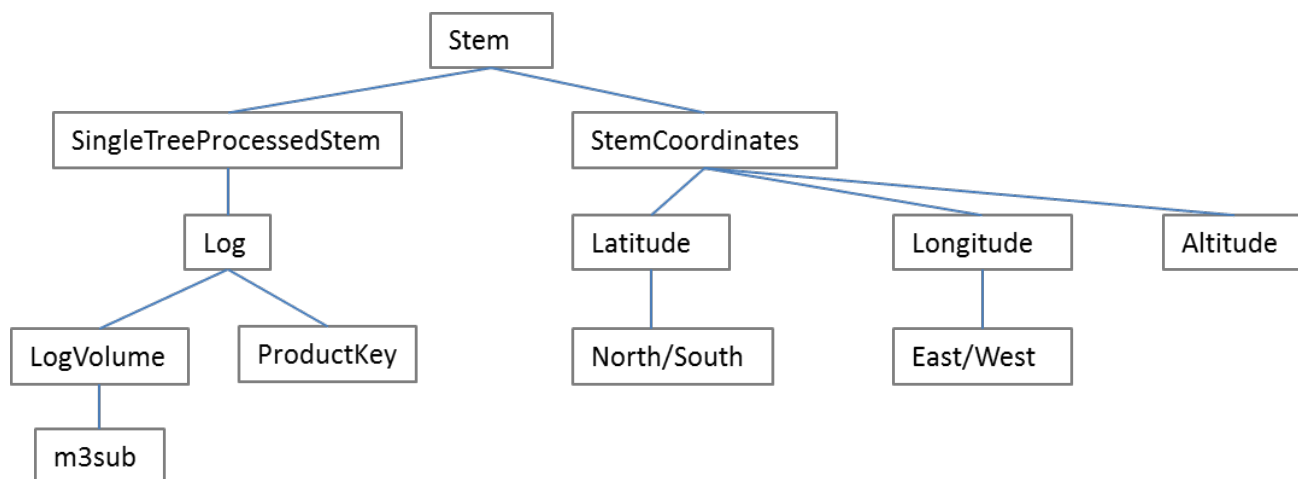
I filen PlottVagar.txt sparas start och slutkoordinater för alla bågar.

Utdatafiler från anropet är också:

- Volym.txt
- Lasttid.txt
- Frantill.txt
- Bestand.txt
- NodCoord.txt

### HPR-filen

De fält som används i HPR-filen är:



För att köra optimeringen måste filerna:

- Skotare.txt
- Optinställningar.txt
- Samlastning.txt

Finns i biblioteket.

Dessa filer utgör i sin tur indatafiler till själva skotaroptimeringsrutinen.

## I filen **Optinställningar.txt** anges:

- Max\_tid : maximal tid programmet ska köras, ges i antal hela sekunder.
- UPPREPN\_2 : slumpningsfaktor vid byte av uppdrag mellan rutter.
- Max\_opt\_matchn : maximalt antal rutter vid losn av opt\_matchning, annars kors en heuristik .
- Double VAND\_KOSTNAD (default 60), tid i sekunder det tar att vända skotaren.
- Double AVLAST\_K1 (default 12), en avlastningskonstant.
- Double LAG\_HAST (default 15), kortare avstånd mellan två högar så kör skotaren långsammare.

Filen Samlastning ät tidigare beskriven ovan. För detaljerad beskrivning av filerna.

## Anropet till optimeringen görs genom:

➤ OptSkotare.exe

Observera att filerna ska ligga i samma mapp på vilket anropet körs, t.ex. C:\OptSkotare.exe Skotarcase.

Utdatafil från optimeringen är PlottVagar.txt. PlottVagar.txt de noder som skotaren ska passera och i vilken ordning. För varje nod anges vilka sortiment (högar) som ska plockas upp efter ruten. För att kunna beskriva vägnätet på ett korrekt sätt finns fler noder än uppställningsplatser i filen.

## INDATAFILER

### Skotare.txt

Tom-körning [m/s]	Lasskörning Fullastat [m/s]	Körning mellan Uppställningsplatser [m/s]	Lastvolym [m <sup>3</sup> fub]	Griparea [m <sup>2</sup> ]	XX	XXX	XXX
0,88	0,73	0,42	16,00	1,00	12	12	12

### SortGrupper.txt

Vilka sortimentgrupper, enskilda sortiment och grupperingar, anges i filen SortGrupper.txt. Här anges totalt antal grupper, den totala volymen skotaren kan ta samt en uppräknig av grupperna och vilka de ingående sortimenten i grupperna är.

6	16	.0				
0	1	12				
1	1	9				
2	1	11				
3	1	2				
4	4	10	7	4	5	
5	5	19	0	13	1	15

### Samlastning.txt

	Sortiment 1	Sortiment 2	Sortiment 3	Sortiment 4	Sortiment 5	Sortiment 6	Kostnad
							[XXX]
Sortiment 1	1	0	0	0	0	0	24.00
Sortiment 2	0	1	0	0	0	0	24.00
Sortiment 3	0	0	1	0	0	0	24.00
Sortiment 4	0	0	0	1	0	0	24.00
Sortiment 5	0	0	0	0	1	0	24.00
Sortiment 6	0	0	0	0	0	1	24.00

### Optinstallningar.txt

Här anges körspecifik indata.

## UTDATAFILER

### SkordareBagarRT90.txt

X-koordinat	Y-koordinat
7038519.814	1476351.604
7038541.919	1476352.184
7038529.843	1476352.094
7038538.807	1476345.842

### StockarRT90.txt

### StockarToRT90.txt

I programmet StockarToRT90.txt, se beskrivning i kapitel ”Omarbetning av indata” nedan.

SWEREF99 Latitud	SWEREF99 Longitud	Volym [m <sup>3</sup> fuB]	XXX	Sortiment
57.532920	14.785170	0.125100	4.370000	15
57.532920	14.785170	0.060300	5.370000	15
57.532920	14.785170	0.116600	3.790000	9
57.532920	14.785170	0.056200	3.120000	11

### TradPositioner.txt

TradNr	xCoord	yCoord	zCoord	OstVast	NordSyd	nStockar
0	1478517	5753292	-1	1	1	-1
1	1478517	5753292	-1	1	1	-1
2	1478516	5753293	-1	1	1	-1

TimeObjective.txt

PlottVagar.txt

Optimställningar.txt

Datakontroll.txt

Checkerror.txt

Matchningar.txt

### Bestand.txt

Startnod	Slutnod					
505	505	505	505	505	505	505

### Frantill.txt

Frånnod	Tillnod	Avstånd
6	22	7.21
5	23	3.00
18	31	3.60



### Area.txt

	Nod	Xposition	Yposition	Lastkörning	xxx	xxx		
1	1515766.47	6514270.27	0.848799989819527	0.701506742835045	0.825222811102867	0.492101730108261	0.401292935013771	0.20951581299305
2	1515763.75	6514264.22	0.877034929990768	0.219005261063576			3.58282560110092E-02	
3								

### Lasttid.txt

Nod						
1	120	71	116	75	47	42
2	123	32			20	
3						

### Volym.txt

Nod	Volym 1	Volym 2	Volym 3	Volym 4	Volym 5	Volym 6
1	2.20687997353077	1.82391753137112	2.14557930886745	1.27946449828148	1.0433616310358	0.544741113781929
2	2.280290817976	0.569413678765297	0	0	0	0.093153465628624
3						

## Arbetsrapporter från Skogforsk fr.o.m. 2010

2010	
Nr 700	Hannerz, M. & Cedergren, J. 2010. Attityder och kunskapsbehov – förädlad skogsodlingsmaterial. 56 s.
Nr 701	Rytter, R.M. 2010. Detektion av röta i bokved – resultat av mätthöjd, riktning och tidpunkt. 10 s.
NR 702	Rosvall, O. & Lundström, A. 2010. Förädlings effekter i Sveriges skogar - kompletterande scenarier till SKA-VB 08. 31 s.
Nr 703	von Hofsten, H. 2010. Skörd av stubbar – nuläge och utvecklingsbehov. 18 s.
Nr 704	Karlsson, O. & Nisserud, F. 2010. Utveckling av en dynamisk helfordonsmodell för skotare. 73 s.
Nr 705	Eliasson, L. & Johannesson, T. 2010. Förröjningens påverkan på grotskotning – En studie av produktivitet, ekonomi, grotkvalitet hos SCA skog. 9 s.
Nr 706	Rytter, L. & Stener L.G. 2010. Uthållig produktion av hybridasp efter skörd – Slutrapport 2010 för Energimyndighetens projekt 30346. 23 s.
Nr 707	Bergkvist, I. 2010. Utvärdering av radförbandsförsök anlagda mellan 1982-1984. 16 s.
Nr 708	Hannrup, B. & Jönsson, P. 2010. Utvärdering av sågmotorn F11-iP med avseende på uppkomsten av kapsprickor – en jämförande studie. 28 s.
Nr 709	Iwarsson Wide, M., Belbo, H. 2010. Jämförande studie av olika tekniker för skogsbränsleuttag i mycket klen skog Skogsbränsleuttag med Naarva-Gripen 1500-40E och Log Max 4000, Mellanskog, Simeå 28 s.
Nr 710	Englund, M., Löfroth, C. & Jönsson, P. 2010. Inblandning av rött ljus i LED-lampor – Laboratoriestudier av hur människor uppfattar tre olika ljusblandningar. 7 s.
Nr 711	Mullin, T.J., Hallander, J., Rosvall, O. & Andersson, B. 2010. Using simulation to optimise tree breeding programmes in Europe: an introduction to POPSIM™. 28 s.
Nr 712	Jönsson, P. 2010. Hydrauliskt dämpad hytt – ett lyft för arbetsmiljön? 14 s.
Nr 713	Eriksson, B. & Sonesson, J. 2010. Tredje generationen skogsbruksplaner – Slutrapport DELproj 4 – Arbetsgång vid planläggning. 23 s.
Nr 714	Sonesson, J. 2010. Nya arbetssätt i skogsbruksplanläggning. 20 s.
Nr 715	Eliasson, L. 2010. Huggbilar med lastväxlarssystem. 13 s.
Nr 716	Eliasson, L. & Granlund P. 2010. Krossning av skogsbränsle med en stor kross – En studie av CBI 8400 hos Skellefteå Kraft. 6 s.
Nr 717	Stener, L.G. 2010. Tillväxt, vitalitet och densitet för kloner av hybridasp och poppel i sydsvenska försök. 46 s.
N 718	Palmquist, C. & Sandberg, J. & Vibrationskomfort och ergonomi på förarstolar i skotare. 100 s.
Nr 719	Thor, M. 2010. Avverkning och hantering av virke och avverkningsrester vid angrepp av tallvedsnematoder i svensk skog. 42 s.
Nr 720	Fogdestam, N. 2010. Studier av Biotassu Griptilt S35 i gallring. 11 s.
Nr 721	Brunberg, T. 2010. Bränsleförbrukningen i skogsbruket. 12 s.
Nr 722	Brunberg, T. 2010. Rätt begrepp. 25 s.
Nr 723	Löfroth, C. & Svenson, G. 2010. ETT – modulsystem för skogstransporter – Delrapport för de två första åren. 130 s.
Nr 724	Rytter, L. & Lundmark, T. 2010. Slutrapport för Energimyndighetens projekt 30658. Trädslagsförsök med inriktning på massaproduktion. – Tree species trial with emphasis on biomass production. 24 s.
Nr 725	Rytter, R.M. & Högbom, L. 2010. Slutrapport för Energimyndighetens Projekt 30659. Markkemi och fastläggning av C och N i produktionsinriktade bestånd med snabbväxande trädslag – Soil chemistry and C and N sequestration in plantations with fast-growing tree species. 64 s.
Nr 726	Brunberg, T., Eliasson, L. & Lundström, H. 2010. Skotning av färsk och hyggestorkad grot. 15 s.
Nr 727	Enström, J. 2010. Inlandsbanans potential i Sveriges skogsbränsleförsörjning. 34 s.

Nr 728	Häggström, C. & Thor, M. 2010. Human factors in forest harvester operation. 25 s.
Nr 729	Westlund, K. 2010. WP-5100 Alternative logistics concepts fitting different wood supply situations and markets. 50 s.
Nr 730	von Hofsten, H. Jämförelse mellan CeDe stubbrytare och Pallari 140. 9 s.
Nr 731	Berg, R., Bergkvist, I., Lindén, M., Lomander, A., Ring, E. & Simonsson, P. Förslag till en gemensam policy angående körskador på skogsmark för svenskt skogsbruk 18 s.
Nr 732	Jönsson, P. 2010. Stolar och armstöd – Ergonomisk granskning enligt European ergonomic and safety guidelines for forest machines. 37 s.
<b>2011</b>	
Nr 733	Rytter, L., Johansson, T., Karačić, A., Weih, M. m.fl. 2011. Orienterande studie om ett svenskt forskningsprogram för poppel. 210 s.
Nr 734	Hannerz, M. & Fries, C. 2011. Användningen av webbtjänsterna Kunskap Direkt och Skogsskötselserien. – En enkätundersökning bland skogsbrukets fältpersonal. 48 s.
Nr 735	Andersson, M. & Berglund, A. 2011. Test av pekskärmsmobiler. 22 s.
Nr 736	Löfgren, B., Englund, M., Fogdestam, N., Jönsson, P., Lundström, L. & Wästerlund, I. 2011. Spårdjup och vibrationer för banddrivna skotare Lightlogg C och ProSilva. 32 s.
Nr 737	Brunberg, T. 2011. Studie av flerträdshantering i slutavverkning med John Deere 1470D hos SCA Skog hösten 2010. 8 s.
Nr 738	Fogdestam, N. & Lundström, H. 2011. Studier av Offset Crane Concept, OCC hos Kjellbergs Logistik & Teknik i Hällefors. 15. S.
Nr 739	Enström, J. & Röhfors, G. 2011. Effektivare järnvägstransporter med större fordon – En förstudie. 28 s.
Nr 740	Iwarsson Wide, M. & Fogdestam, N. 2011. Jämförande studie av olika uttagsmetoder av massaved och skogsbränsle i klen gallring. – Energived- och massavedsuttag med LOG MAX 4000B, Stora Enso Skog, Dalarna. 36 s.
Nr 741	Brunberg, T. 2011. Uppföljning av utbildningseffekten hos maskinlag hos SCA Skog AB 2010. 8 s.
Nr 742	Hannrup, B., Andersson, M., Bhuiyan, N., Wikgren, E., Simu, J., Skog, J. 2011. Vinnova_Slutrapport_P34138-1_101221. – Slutrapport för projekt ”Beröringsfri diametermätning i skördare – utveckling av mätsystem och tester i produktionsmiljö”. 84 s.
Nr 743	Åström, H. 2011. Förbättring av arbetsförhållande i skördare. Improvement of working conditions in harvester. 126 s.
Nr 744	Cheng, C. 2011. Forwarder. Modellering av åkkomforten i en skotare. Modeling the Ride Comfort of a Forwarder. 93 s.
Nr 745	Jonsson, J. 2011. Dynamisk däckmodellering och markinteraktion för skogsmaskiner. Dynamic tire modeling and soil interaction regarding forestry machines. 52 s.
Nr 746	Grönqvist, D. 2011. Konzeptutveckling av hybriddrivlina för skogsmaskiner. Concept development of a hybrid powertrain for forest machines. 180 s.
Nr 747	Bhuiyan, N., Arlinger, J. & Möller J.J. 2011. Utveckling och utvärdering av en standardiserad metod för volymbestämning och stamräkning vid avverkning med flerträdshanterande skördaraggregat. 34 s.
Nr 748	Brunberg, T. & Hagos Lundström. 2011. Studier av TimBear Lightlogg C i gallring hos Stora Enso Skog våren 2011. 9 s.
Nr 749	Eliasson, L., Granlund, P., Johannesson, T. & Nati, 2011. Prestation och bränsleförbrukning för tre flishuggar. 15 s.
Nr 750	Wilhelmsson, L., Arlinger, J., Hannrup, B. & Nordström, M. m.fl. 2011. D3.5-Methods and models for relating wood properties and storage conditions to process efficiency and product quality. 67 s.
Nr 751	Mohtashami, S. 2011. Planning forest routes for silvicultural activities using GIS based techniques – A case study of Selesjö in Östergötland, Sweden. 39 p.
Nr 752	Bergkvist, I. & Fogdestam, N. 2011. Slutrapport – Teknik och metoder vid energiuttag i korridor. 26 s.
Nr 753	Westlund, K., Jönsson, P., Flisberg, P. & Rönnqvist, M. 2011. Skotningsplanering – SPORRE- och GROTsporreprojektet. 22 s.

Nr 754	Sjöström, L. 2011. Fuktighetsmätning av skogsbränsle – Genomgång av tekniska principer och översikt av marknadsförda utrustningar. 36 s.
Nr 755	Eliasson, L. & Lundström, H. 2011. Skotning av färsk och hyggestorkad grot variabelt lastutrymme. 11 s.
Nr 756	Möller, J.J., Arlinger, J., Barth, A., Bhuiyan, N. & Hannrup, B. 2011. Ett system för beräkning och återföring av skördarbaserad information till skogliga register och planeringssystem. 56 s.
Nr 757	Hannrup, B., Bhuiyan, N. & Möller, J.J. 2011. Utvärdering av ett system för beräkning och återföring av skördarbaserad information till skogliga register och planeringssystem. 72 s.