



# Stubbtransporter och bränslekvalitet hos stubbved

*Stump transport and fuel quality in stump wood*



David Lindberg

**Arbetsrapport 220 2008**  
**Examensarbete 30hp D**

**Handledare:**  
**Iwan Wästerlund**

Sveriges lantbruksuniversitet  
Institutionen för skoglig resurshushållning  
S-901 83 UMEÅ  
[www.srh.slu.se](http://www.srh.slu.se)  
Tfn: 018-671000



ISSN 1401-1204  
ISRN SLU-SRG-AR-220-SE



# **Stubbtransporter och bränslekvalitet hos stubbved**

*Stump transport and fuel quality in stump wood*

**David Lindberg**

Examensarbete i ämnet skogshushållning med inriktning teknik  
Handledare: Iwan Wästerlund  
Examinator: Tomas Nordfjell

---

## Förord

Detta arbete har utförts som ett examensarbete inom ramen för Jägmästarprogramet vid Sveriges Lantbruksuniversitet och omfattar 30 hp. Examensarbetet är en del i Holmen Skogs stubbskördsförsök på region Norrköping som skall ge information om olika produktions- och kostnadsfrågor gällande stubbskörd.

Jag vill ge stort tack till min handledare Iwan Wästerlund vid SLU för välbehövliga råd, en stödjande hand och vägledning. Även Daniel Johansson som har fungerat som handledare från Holmen Skogs sida förtjänar stort tack för det engagemang och den hjälp som jag fått därifrån.

Under arbetets gång har jag varit i kontakt med ett flertal hjälpsamma personer från flertalet företag som gett mig den information som gjort det möjligt att genomföra detta examensarbete.

Tack till:

Institutionen för skoglig resurshushållning, Sveriges Lantbruksuniversitet  
Holmen Skog  
Eon  
Linköpings Skogstjänst  
H. Bauer skogstransporter  
Rgs 90  
Belab.

David Lindberg  
Umeå, februari 2008.

## Sammanfattning

Stubbved är ett ”hett” alternativ då värmeverken skriker efter mer skogsbränsle. Målet med studien var att beräkna kostnaden i fyra olika system för transport av stubbved och undersöka om det blev skillnader på bränslekvaliteten i de olika systemen. Övriga mål med studien var att analysera om bränslekvaliteten hos stubbved påverkas av tiden vid avlägg och uppskatta hur stor plats stubbved tar vid avlägg. För att beräkna kostnaden på de olika systemen gjordes en systemanalys där vissa kostnader samlades in med fältstudier från Holmen Skogs stubbförsök, andra från kontakter och litteratur. Uppgifter som användes för att utvärdera bränslekvaliteten samlades in från inmätningen vid Eons värmeverk i Norrköping. Uppgifter till studien av avläggsstorlek samlades in genom fältstudier.

Ett system där stubbved transporteras med en GROT-bil från avlägg direkt till värmeverk är billigast på korta avstånd. Ett system där stubbarna krossas vid avlägg och därefter körs med flisbil till värmeverket blir det billigaste alternativet vid lite längre transportavstånd. Ett system där stubbdelarna körs med GROT-bil till en terminal där de krossas för att därefter köras till värmeverket med flisbil hade en kostnad strax över systemet med krossning vid avlägg. Ett system med terminal och tåg är det billigaste alternativet vid ett totalt transportavstånd på 25 mil.

Studien av bränslekvalitet på stubbved visade att stubbveden blev torrare vid längre lagringstid vid avlägg. För askhalten kunde inga slutsatser dras beroende på lagringstid. Från studien av avläggsstorlek framkom att stubbved behöver cirka 20 meter längs en väg från varje stubblyft hektar.

**Nyckelord:** Stubbar, transport, bränslekvalitet, skogsbränsle, avlägg, transportsystem.

## Summary

Stump wood is a hot alternative when the heating plants demands more and more forest fuel. The aim with the study has been to calculate the costs in four different systems for transportations of stump wood, examine if there are any differences in fuel quality for the stump wood in the different systems, analyse if the fuel quality in stump wood is affected with the time it lays by the road side and how much space the stump wood demands on the road side. To calculate the costs for the different systems a system analysis was carried out, where some of the costs were collected through field studies on Holmen Skog stump experiment and other costs were collected from literature and contacts. Data for the fuel quality study was collected from Eons heat plant in Norrköping. Data for the study of how much space stump wood takes along a roadside was collected from field studies.

A system, where stump sections are transported with a lorry from the roadside to the power plant, is the cheapest system if the transport distance is short. A system where the stump wood is crushed at the landing site is the cheapest if the transport distance is a bit longer. A system where the stump wood is taken to a terminal, crushed there and then transported with a chip lorry to the heat plant has a cost just above the system where the stumps is crushed at the landing site. A system with terminal and train is the cheapest system if the transport distance is 250 kilometres.

The study of the stump wood fuel quality revealed that stump wood becomes dryer the longer it is stored at the landing site. No conclusion could be made about how the time at the landing site affected the amount of ash content in stump wood. The study of how much space stump wood takes by the landing place revealed that stump wood needs about 20 meter along the roadside per hectare of harvested stump wood.

## Innehållsförteckning

Förord .....	2
Sammanfattning .....	3
Summary .....	4
Innehållsförteckning .....	5
1 Inledning .....	6
1.1 Bakgrund .....	6
1.2 Systemöversikt .....	9
1.3 Krossar översikt .....	11
1.4 Mål .....	12
2 Material och metoder .....	13
2.1 Allmänt .....	13
2.2 Fältstudier .....	13
2.3 Systemanalys .....	15
2.4 Avläggsutrymme .....	21
2.5 Bränsle kvalitet mot tid vid avlägg .....	21
3 Resultat .....	23
3.1 Systemanalys .....	23
3.2 Avläggsutrymme .....	26
3.3 Bränsle kvalitet mot tid vid avlägg .....	26
4 Diskussion .....	29
4.1 Material och metoder .....	29
4.2 Resultat .....	30
4.3 Framtiden .....	31
4.4 Slutsatser .....	32
Referenser .....	33
Litteratur .....	33
Personlig kommunikation .....	34
Bilaga 1 .....	35
Bilaga 2 .....	36
Bilaga 3 .....	37

# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

I dagens samhälle får klimatfrågan och dess koppling till oljeberoendet allt större uppmärksamhet. Här kan skogsindustrin ha en betydande roll eftersom den kan bidra till att minska oljeberoendet genom att förse värmeverk med skogsenergi. Detta leder dessutom till att massaved inte eldas upp utan istället kan förädlas till varor med mycket högre förädlingsvärde. För att kunna förse värmeverken med en tillräcklig mängd skogsenergi är det viktigt att hitta nya bränslealternativ. Stubbar kan vara ett sådant alternativ.

Enlig Skogsindustrierna kommer värmeverkens efterfrågan på biobränslen från skogen att öka fram till 2015 med 13,6 terrawattimmar (TWh). Enlig samma studie kan uttaget av grenar och toppar (GROT) nästan fördubblas vilket innebär att ytterligare 7 TWh kan tas från GROT. Skogsindustrin skulle också kunna utvinna stubbar, långa toppar och ta ut biobränsle från klena gallringar och röjningar för att öka uttaget med ytterligare 12,3 TWh. Stubbar är det av alternativ som kan ge det största skogsenergitillskottet förutom GROT (Anon 2007d).

Historiskt sett har stubbar använts till tjärframställning. Vid tjärframställningen användes främst kärnveden av tallstubbar. Stubbarna bröts upp ett antal år efter avverkningen eftersom splintveden då var delvis förmultnad och lätt att skilja från kärnveden. Stubbarna blev då också lättare att bryta upp. Tjära från stubbved framställdes i tjärdalar fram till början av 1900 talet då tjäran började brännas i ugn. Tjäran har även använts till bland annat framställande av drivmedel under andra världskriget. Då importen av billig olja kunde tillgodose bränslebehovet upphörde användningen av tjära för detta ändamål (Jonsson 1985).

I mitten och slutet av sjuttioalet utreddes om stubbar kunde användas för att göra massaved. Detta skedde inom Projekt Helträdsutnyttjande (PHU) som startade 1974 och avslutades 1977 (Anon 1977). När PHU avslutades lyfte man även fram möjligheten att ta tillvara på virke som inte var lämpligt för industrin och använda det för energiframställning. Forskning på transporter av stubbved fortsatte även efter Projekt Helträdsutnyttjande (Carlsson et al. 1980). Vid Mackmyra Cellulosafli AB framställdes cellulosafli från stubbved. De främsta problemen med flisframställningen var att den totala kostnaden för färdig flis blev hög och att stubbveden innehöll stora mängder föroreningar som var svåra att rensa bort (Jonsson 1985).

Det första problemet som stöttes på vid försök att transportera stubbar med lastbil var att volymvikterna blev väldigt låga och lastkapaciteten på lastbilarna utnyttjades dåligt. Ett annat stort problem var att ca 20 procent av den transporterade vikten utgjordes av jord och sten. Fukthalten var 40 - 50 % för relativt färskt stubbmaterial (Anon 1977).

Inom PHU gjordes flera studier gällande transporten av stubbved. De första studierna behandlade packning av stubbvirket, det som sågs i dessa var att betydligt högre lastvikter kunde nås om stubbvirket packades av kranen vid lastningen. Det gjordes även en studie på ett rundvirkesekipage med fordonskran som försetts med lemmar. Studien på rundvirkesekipaget påvisade låga lastvikter och långa lastningstider. Det utvecklades också



särskilda lastbilar för transport av stubbvirke. Speciellt för dessa var att lastutrymmet hade extra hög hållfasthet, insidorna på lastutrymmet var släta och att virket lossades genom tippning. Studier gjordes även på att lasta stubbilarna med separata kranlastare för att kunna lasta virket mer effektivt och packa virket bättre. Transportkalkyler gjordes för ett antal olika alternativ där man hade ett grövre och ett finare fördelat stubbmateriale. Transportkostnaden blev billigast för ett alternativ med klenare stubbfraktioner där stubbmaterialet packades, i detta alternativ uppnåddes maxlast för lastbils ekipaget (Hansen 1977).

Vid fortsatta studier efter PHU studerades transporter där stubbmaterialet rensats av en skotarränsare. En transportkalkyl gjordes och här blev systemet med en grövre stubbfraktion som var rensad och packad det billigaste alternativet. Det näst billigaste alternativet var ett system med klenare stubbfraktion som inte var rensad men packad. En slutsats som framkom av studien var att det mest lönsamma var det största stubb ekipaget, förutom vid transport av klenare stubbfraktioner som kan uppnå full lastvikt även med ett något mindre ekipage (Carlsson et al. 1980).

I Finland har man på senare år återupptagit stubbskörden i större skala. Stubbarna används där främst av stora värmeverk med fasta bränslekrossar. Till de bästa markerna för stubbskörd räknas näringsrika granmarker med lite mineraler och stenar i jorden och där även avverkningsresterna som grenar och toppar (GROT) har tagits ut (Kallio & Leinonen 2005). Vid upptagningen delas stubbarna och skakas för att minska föroreningar och underlätta torkning samt transport. Stubbarna lagras vid väg över sommaren för att torka och bli renare. Transporten in till värmeverket görs av speciella stubblastbils ekipage med stort lastutrymme för att få med så mycket stubbved som möjligt. Det görs även försök med ny utrustning för att dela stubbarna ute i fält. Vid värmeverket är de största problemen med stubbved att det kan innehålla en del mineraler, stenar och andra orenheter. Trots föroreningar så anses stubbved vara ett bra bränsle då det är torrt och har bra värmevärde (Kallio & Leinonen 2005).

Stubbhögar som läggs längs vägen för att torka upptar cirka 40 meter per hektar vid höjden sex meter på stubbhögarna om cirka 20 procent av stubbarna lämnas kvar (Falk 2007).

Askhalten för stubbved har i Finland på senare år legat runt åtta procent vid värmeverken men variationerna mellan olika leveranser är stor. Det effektiva värmevärdet för stubbar och rötter är ca 21,02 MJ/kg torrs substans för tall och 19,32 MJ/kg torrs substans för gran (Alakangas 2005).

I en Finsk studie där krossning av stubbar vid terminal med mobila krossar provades låg askhalten på mellan 1,1 och 24 procent men det mesta av det krossade stubbmaterialet hade en askhalt på under tio procent. Produktionen på krossen låg mellan 50 och 250 m<sup>3</sup>/tim. Fukthalten på materialet som levererades till värmeverket låg mellan cirka 30 och 40 procent (Ala-Fossi et al. 2007).

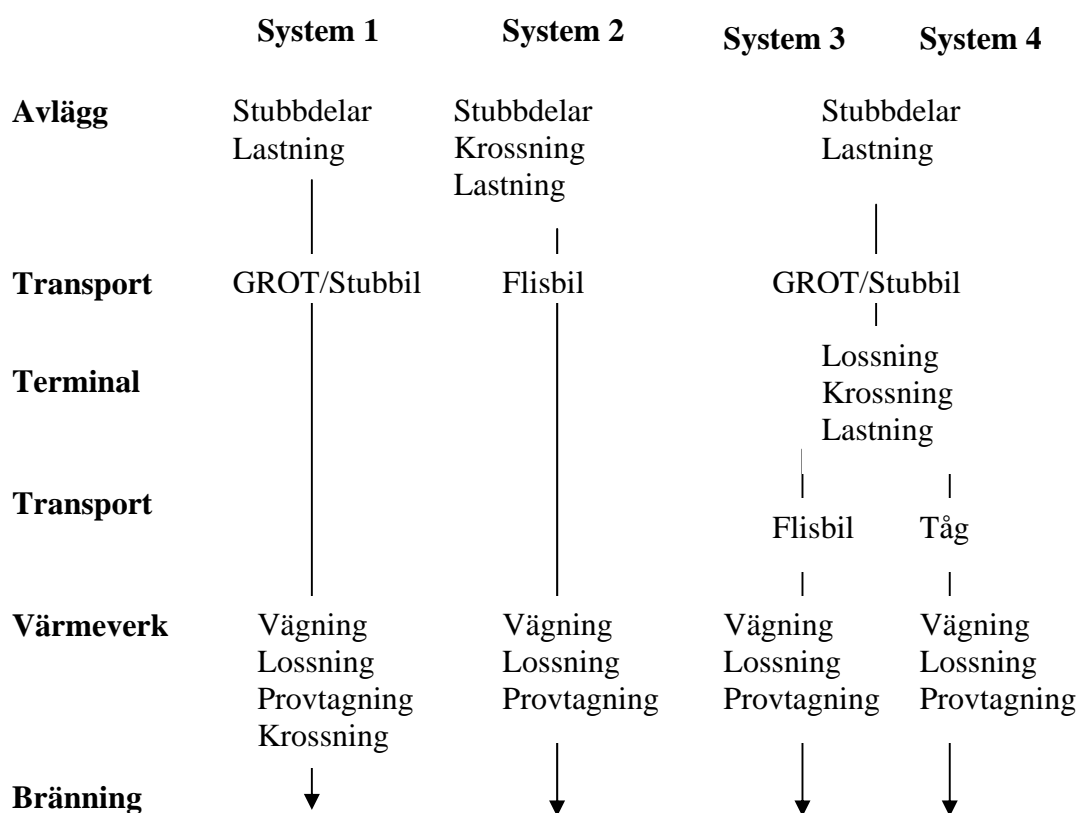
Litteraturen visar att ett av de största problemen vid stubbtransporter är att volymvikten blir låg. En låg volymvikt medför att lastkapaciteten på lastbilar utnyttjas dåligt och att transportererna blir dyra. Den låga volymvikten kan lösas genom att göra transportutrymmet större på lastbilarna eller sönderdela materialet mer. Ett annat problem är att en stor del av vikten som transporteras utgörs av föroreningar som sten och jord vilket också medför

onödigt dyra transportkostnader för stubbveden. För att minska föroreningsgraden i stubbarna kan de lagras en längre tid vid avlägg vilket medför att en del av föroreningarna regnar eller torkar bort. Sönderdelning av stubbarna vid avlägget, kanske även med rensning, medför också att föroreningsgraden minskar i stubbveden. Hög föroreningsgrad i stubbveden påverkar inte bara transporten utan är också negativt för värmeverket då det medför att askhalten blir hög.

Holmen Skog har på region Norrköping ett stubbskördsförsök som skall ge information om olika produktions- och kostnadsfrågor gällande stubbskörd. Företagets mål med stubbskördsförsöket är att förse värmeverk med energiråvara och utreda om stubbskörd är en ekonomiskt och skogsvårdsmässigt hållbar verksamhet. Holmen Skog genomför försöket eftersom man bedömer att stubbar har en stor potential som energived. Holmen har även en intresserad kund i Eon Norrköping och ett kunnigt biobränsle- och transportbolag i Linköpings skogstjänst.

I försöket har stubbskörd och skotning skett på fyra trakter om totalt 100 hektar från februari till september. Upptagningen av stubbarna har utförts av en finsk entreprenör med flera års erfarenhet av stubbskörd både i Sverige och i Finland. Utrustningen som har använts är en Volvo grävare med ett Pallari aggregat och en GROT-skotare. Vid upptagningen har stubbarna kluvits till cirka fyra bitar per stubbe och de har rensats genom skakning och genom att grävaren har släppt ner stubbarna på marken. Stubbdelarna har lagts i högar på hygget för att därefter skotas ut till avlägg vid bilväg av en skotare med speciellt underrede för att skota GROT.

## 1.2 Systemöversikt



**Figur 1.** Olika system för transport av stubbar från avlägg till värmeverk.

*Figure 1.* The different systems for transportation of stump wood from the landing site to the power plant.

### System 1, stubbdelar

I detta system lastar en GROT-bil stubbdelarna och kör därefter dessa till värmeverket där de lastas av i krossen och krossas (figur 2). Fördelen med systemet är att det är enkelt med få moment och maskiner ute vid avläggen där det är lite plats. Det är även bra att krossningen sker vid värmeverket eftersom krossningen där kan göras mera kostnadseffektiv än vid ett avlägg.

Systemet passar främst där transportavstånden är relativt korta och där det finns större mottagare med en egen kross som kan hantera stubbmaterialet.



**Figur 2.** GROT-bil som används för att köra stubbdelar.

*Figure 2. Lorry for transport of logging residues used for transportation of stump wood.*

### **System 2, krossning vid avlägg**

I system 2 krossas stubbmaterialet vid avlägg för att därefter köras till värmeverket. Två GROT-bilar alternativt GROT-skotare kör i skytteltrafik stubbdelar från stubbhögarna till krossen och matar denna. Stubbmaterialet krossas ned på marken och lastas efter det av en högtippande hjullastare på en vanlig sidotippad flisbil som kör in till värmeverket och tippar av det krossade materialet där.

Transporten till värmeverket skulle även kunna ske enligt ett par andra modeller. Ett alternativ är att använda en självlastande "skopflisbil" som lastar det krossade stubbmaterialet själv vid avlägg för att köra det in till värmeverket. Det andra alternativet är att köra med ett containersystem där krossen krossar stubbdelarna ner i containrar som därefter hämtas av en containerbil som kör containrarna till värmeverket. I containersystemet skulle containerbilen även kunna köra till en järnvägsstation där containrarna lastas över på ett tåg för att transporteras en längre sträcka.

För att krossning vid avlägg skall vara möjligt, måste det finnas bra med plats på avlägget. De områden som stubbskörden utförts på måste även vara relativt stora för att få en vettig ekonomi med att flytta runt en dyr kross. Fördelarna med att krossa vid avlägg är att lastutnyttjandet blir högre samt att en viss rensning av stubbmaterialet sker vid hanteringen.

### **System 3, terminal och lastbil**

Vid detta system lastar en GROT-bil stubbdelar vid avlägget och transporterar därefter dessa till en terminal där de krossas för att därefter transporteras vidare till värmeverket av en flisbil.

Fördelar med en terminal kan vara att stubbdelstransporterna blir kortare och att krossning sker på en terminal där den kan göras effektivare än vid krossning vid avlägg. Terminalen kan även fungera som ett mellanlager där krossat stubbmaterial lagras tills det körs in till ett värmeverk.

### **System 4, terminal och tåg**

I system 4 kör en GROT-bil stubbdelarna från avlägget till en terminal. Efter krossningen på terminalen lastas det krossade stubbmaterialet upp på ett tågset för en längre transport.

## ***1.3 Krossar översikt***

Eftersom stubbved innehåller en del föroreningar som sten och jord är det inte lämpligt att använda flishuggar med skärande knivar vid sönderdelning av stubbdelarna (Galfvensjö 2007, pers. kom; Måssebäck 2007, pers. kom). Krossar klarar föroreningar betydligt bättre än flishuggar och får endast något kortare livslängd på slitdelar vid krossning av stubbar jämfört med annat material (Dreifeldt 2007, pers. kom).

Det finns en mängd krossar på marknaden. Några av tillverkarna som har återförsäljare i Sverige är CBI, Vermeer, Doppstadt, Tim Envipro, Willibald och Rentec. Dessa tillverkare har blivit tillfrågade gällande lämpliga maskiner och om maskinernas användbarhet för stubbar, kostnader samt produktionsuppgifter.

### **Kross för avlägg**

En kross för avlägg ska vara mobil så att den enkelt kan flyttas mellan avlägg. Krossen kan antingen sitta på ett släp, en trailer eller vara monterad på en lastbil.

En lämplig kross för avlägg är Vermeer HG6000 som sitter på en trailer och har en Caterpillar motor på 630 hästkrafter (Anon 2007a). HG6000 har i ett försök med stubbar visat sig ha en produktion på ca 75 ton/timme men detta kan eventuellt förbättras genom en bättre och mer genomtänkt logistik (Dreifeldt 2007, pers. kom).

Willibald MZA 4600 är en mindre kross som kan vara lämplig för avlägg. Den har något lägre produktion jämfört med t.ex. Vermeer HG6000 men är istället billigare i inköp och drift. Willibald krossen klarar inte hela stubbar utan de måste vara sönderklippta. MZA 4600 kan fås med en förlängd utelevator med stenfälla (Nilsson 2007, pers.kom). Willibald MZA 4600 har en MAN dieselmotor på 460 hästar och en kapacitet på 60 till 150 m<sup>3</sup>/timme (Anon 2007b).

Doppstadt har ett flertal krossar, både långsamgående krossar och höghastighet krossar, som kan användas på ett avlägg. De långsamgående krossarna ger ett grovkrossat material som nästan kan liknas vid kluven brännved och höghastighetskrossarna ger ett material som ligger på 30 – 200 mm, normalt 60 – 80 mm. För högre kapacitet och minskat slitage

rekommenderas att stubbmaterialet grovkrossas innan det körs i en höghastighetskross men det går dock bra att köra klippta stubbar direkt i krossen. Höghastighetskrossarna har en produktion på 50 – 150 m<sup>3</sup>/timme beroende på modell. De långsamgående krossarna har en produktion på 40 – 120 m<sup>3</sup>/timme beroende på modell (Karlsson 2007, pers.kom).

CBI gör kraftiga robusta krossar som är lämpliga att krossa stubbar i. De har ett flertal modeller, både hjul och bandgående. CBI krossarna kan levereras med olika motoralternativ, de kraftigaste har CAT motorer på över 1000 hästkrafter (Anon 2007c).

### **Kross för terminal**

En kross för en terminal behöver inte vara lika mobil som en kross för avlägg. Terminalkrossar kan därför vara större och ha en högre produktion.

En lämplig kross för terminal är den toppmatade Vermeer Th7000 som är en något större kross än HG6000. Th7000 kan fås med två olika motoralternativ, 860 eller 1000 hästkrafter (Anon 2007a).

Rentec Dinosaurus 2600 är en långsamgående kross som kan fås i olika utföranden Antingen mobil, halvmobil eller stationär. Dinosaurus har en Caterpillar motor på 405 hästkrafter (Anon 2007b).

Doppstadt har både stora långsamgående krossar och stora höghastighetskrossar som kan vara lämpliga vid en terminal. Den största långsamgående krossen heter DW 3080 K, ligger på ett larvburet chassi och har en kapacitet på upp till 120 m<sup>3</sup>/timme. Den största höghastighetskrossen heter AK 630 och ligger på ett 3-axlat trailerchassi, den har en kapacitet på upp till 150 m<sup>3</sup>/timme. Doppstadt har även en "2 i 1" kross som heter DZ 750. Den har både långsamgående förkrossning och höghastighetskrossning. DZ 750 ligger på ett 4-axlat trailerchassi och producerar 80 – 120 m<sup>3</sup>/timme (Karlsson 2007b, pers.kom).

CBI har ett antal olika stora effektiva krossar som är lämplig att använda vid terminal. Bland annat olika modeller av CBI Magnum Force är lämpliga att använda på grund av deras höga kapacitet och slitstyrka. Magnum Force krossarna kan fås med CAT motorer på upp till över 1000 hästkrafter (Anon 2007c). CBI Magnum Force krossar har använts av olika bolag vid krossning av stubbar vid terminal och har fungerat bra för detta (Karlsson 2007a, pers.kom; Åneklint 2007b, pers.kom).

## **1.4 Mål**

Målet med examensarbetet är att:

1. För fyra olika system beräkna en kostnad i kr/MWh för transport av stubbmateriell från avlägg till värmeverk
2. Undersöka om skillnader i bränsleegenskaper avseende fukthalt, askhalt, värmevärde och materialstorlek hos stubbmaterialet beror på transportsystemet
3. Analysera om bränsleegenskaperna fukthalt, askhalt och värmevärde påverkas av hur lång tid stubbarna legat vid avlägg
4. Uppskatta hur stort avläggsutrymme stubbmaterialet behöver.

## **2 Material och metoder**

### **2.1 Allmänt**

För att svara på mål ett och två gjordes en systemanalys för fyra system där prestations- och kostnadsuppskattningar samlades in från fältstudier, litteratur och intervjuer. Insamlade data sattes in i Excel där kostnaden för olika delmoment räknades ut och adderades ihop till en total kostnad för de fyra olika systemen. De data som samlades in och beräknades för systemanalysen har enheterna ton/tim, kr/tim, kr/km, tim, ton, km/tim och kr/lasstning,lossning. I resultaten redovisas kostnaden i kr/ton och kr/MWh.

För att svara på mål tre insamlades data genom att stubbdelar från fyra olika trakter, där stubbskörd har skett vid olika tidpunkt från februari till augusti, kördes till Eons värmeverk i Norrköping för analys. Stubbdelarna krossades och prov på fukthalt togs på värmeverket och askhaltsprov skickades till ett labb för analys.

För att svara på mål fyra mättes samtliga stubbhögar från Holmen Skogs stubbförsök och en volym räknades ut. En lämplig bredd och höjd togs fram. Utifrån detta samt volymen på stubbvältorna räknades en längd vid avlägg per hektar stubbskördad mark fram.

### **2.2 Fältstudier**

#### **2.2.1 Allmänt**

Fältstudierna skedde under juni till februari 2008. Fältstudierna användes för att allmänt öka kunskaperna i ämnet, samt till att samla in data. Fältstudier som gjordes var:

- Besök hos stubbskördsentreprenör utanför Norrköping för att se hur stubbskörden går till, samt studera stubbavlägg
- Besök hos stubbskördsentreprenör utanför Umeå för att få mer erfarenhet från stubbskörd
- Mätning av stubbavlägg runt Norrköping för att samla in data på hur mycket avläggsutrymme stubbmaterial behöver
- Studie av krossning vid avlägg på två trakter utanför Norrköping, för att studera hur krossning i fält fungerar samt vilken produktion krossen hade
- Lastnings- och lossningsstudie av stubbdelar på GROT-bil runt Norrköping utfördes för att samla in data på lastnings- och lossningstid. Även kontroll av lastvikter för stubbmaterial på GROT-bil gjordes.
- Besök på Dovamyran där SCA norrbränsle krossade och siktade stubbränsle för att studera hur en trummsikt fungerade på krossat stubbmaterial.

#### **2.2.2 Mätning av stubbavlägg**

Mätningen av storleken på stubbavläggen gjordes genom besök på de fyra olika trakterna, under vilka samtliga stubbavlägg vid vägarna söktes upp. Storleken har mätts med ett huggarband och en trådmätare. Bredden mättes vid ändarna av stubbavläggen. Höjden mättes på en till tre ställen efter varje avlägg och längden mättes mellan ändarna på varje stubbavlägg.

### 2.2.3 Krossningsstudie vid avlägg

Studien av krossning vid avlägg utfördes på två trakter, Öllösa och Sävsjön (figur 3). Öllösa är den senast brutna trakten och Sävsjön är den först brutna trakten. På Öllösa kördes stubbdelarna fram till krossen av två GROT-bilar utan släp. En av bilarna hade våg, från vilken vikten på de framköra stubbdelarna kunde erhållas. På Sävsjön kördes delar av de stubbar som krossades fram i förväg och lades på platsen som krossen därefter skulle ställas upp på. Resterande del av stubbmaterialet som krossades kördes fram av ett GROT-ekipage under krossningen. Den totala vikten på det krossade materialet från Sävsjön erhöles genom att mäta inmätningvikten vid värmeverket för en GROT-bil som körde stubbdelar från Sävsjön och multiplicera vikten med antalet framkörd lass. Krossen som användes var en Vermeer Hg 6000 som lastades av en Caterpillar grävmaskin. En Caterpillar hjullastare skötte flisstacken och flyttade krossen.



**Figur 3.** Vermeer Hg 6000 krossen användes i krossningsstudien vid avlägg.

*Figure 3.* The Vermeer Hg 6000 grinder was used at the landing site.

Tiden som krossen arbetade mättes och jämfördes därefter med hur mycket som krossats. I krossningstiden har tiden som krossen väntade på GROT-bilarna räknats bort.



**Tabell 1.** Tid, vikt och produktion för krossning vid avlägg, för en Vermeer Hg 6000 kross  
*Table 1. Time, produced weight, and production for a Vermeer Hg 6000 grinder used at the landing site*

	<b>Effektiv krosstid (G<sub>0</sub>tim)</b>	<b>Krossat material (ton)</b>	<b>Produktion (ton/tim)</b>
Öllösa	1,74	78,0	44,8
Sävsjön	1,75	71,3	40,7
<b>Medelvärde</b>	<b>1,75</b>	<b>74,6</b>	<b>42,8</b>

### 2.2.4 Lastnings- och lossningsstudie

Tiden det tog för en GROT-bil med kran att lasta och lossa stubbar mättes genom att följa med en GROT-bil och göra tidsstudier på lastningar och lossningar. Lastvikterna för de tidsstuderade lasserna togs från inmätningen vid värmeverket. Tiden för lastningen mättes från det att lastbilen stannade vid stubbavlägget tills att den körde därifrån. Tiden för lossningen mättes från det att GROT-bilen anlände till värmeverket tills att den lämnade värmeverket.

**Tabell 2.** Lastnings- och lossningstider, samt lastvikter vid transport av stubbdelar med GROT-bil för de lass som kördes i lastnings- och lossningsstudien

*Table 2. Time to load and unload stump material from a lorry, and mass of the cargo for the load- and unload study*

<b>Lass</b>	<b>Lastning (G<sub>0</sub>tim)</b>	<b>Lossning (G<sub>0</sub>tim)</b>	<b>Vikt (ton)</b>	<b>Vikt TS (ton)</b>
1 Öllösa	0,51	0,63	25,06	15,29
2 Sävsjön	0,44		17,82	10,81
3 Ösjön	0,42	0,50	17,12	9,53
4 Ösjön	0,50	0,58	19,54	10,88
<b>Medel</b>	<b>0,47</b>	<b>0,57</b>	<b>19,89</b>	<b>11,63</b>

### 2.3 Systemanalys

Drivningskostnaderna för stubbskörden och skotningen erhöles från Hedman (2008, pers.kom)

För lastning av stubbdelar användes tiderna från lastnings- och lossningsstudien, se tabell 2. Vid lastning av flis med hjullastare på flislastbil användes tiden 20 min (Bauer, 2007b pers.kom).

Vid transport av stubbdelar användes en lastbil byggd för att köra GROT. Lastvikten för GROT-bilen erhöles från Linköpings skogstjänst och var en medelvikt av samtliga åtta stubbdelklass som kördes in med GROT-bil under bränslekvalitetsstudien, se tabell 3 (Åneklint 2007a, pers.kom).

**Tabell 3.** Lastvikter vid transport av stubbdelar med GROT-bil för samtliga inkörda lass  
**Table 3.** Cargo mass for stump material on a lorry for all the transports to the heat plant

<b>Trakt</b>	<b>Massa (ton)</b>	<b>Massa TS (ton)</b>
Mäselköp	19,94	13,94
Mäselköp	17,54	12,26
Ösjön	19,54	10,88
Ösjön	17,12	9,53
Sävsjön	15,64	9,49
Sävsjön	17,82	10,81
Öllösa	25,06	15,29
Öllösa	24,30	14,82
<b>Medel</b>	<b>19,62</b>	<b>12,13</b>

Vid beräkningarna av transporter med krossat material användes en sidotippad flislastbil med 38 tons lastkapacitet (Bauer 2007b pers.kom). Transportkostnaden för GROT-bilen och flislastbilen beräknades med ledning av Fjeld (2006), se bilaga 1 och 2. Kostnadsuppgifterna till lastbils kalkylerna hämtades från en intervju med en åkare, kontakt med Holmen Skog samt en examensarbetare (Bauer 2007a, pers. kom; Johansson 2007, pers.kom; Sjöo 2007, pers.kom). Medelhastigheten togs från lastnings- och lossningsstudien.

För lossning av stubbdelar vid värmeverk användes tiden från lastnings- och lossningsstudien plus 15 minuter eftersom det är tänkt att stubbdelarna i framtiden skall lastas av direkt i en kross på värmeverket och detta tar lite extra tid (Bauer 2007a pers.kom). Den extra tiden på 15 minuter skulle också ha kunnat räknas in i krossningskostnaden, vilket skulle ha gjort den kostnaden högre, men har lagts till transportkostnaden. För avlastning av stubbdelar i system 3 drogs in- och utvägningstiden bort från avlastningstiden från lastnings- och lossningsstudien eftersom terminalerna i detta system antas vara enkla och utan vågstation. För avlastningen av stubbdelar i system 4 användes tiden från lastnings- och lossningsstudien. För avlastning av flisbilen på värmeverket användes tiden 20 min (Bauer 2007b pers.kom).

Kostnaden för krossningsutrustningen vid avlägg och terminal erhöles från Gustavsson på Rgs 90 (Gustavsson 2007, pers.kom). I krossningsutrustningen för avlägg ingick en Vermeer Hg 6000 kross, en stor hjullastare och två GROT-bilar. I krossningsutrustningen vid terminal ingick en CBI 6400, en stor hjullastare och en grävmaskin. Flytt och ställkostnader räknades enligt bilaga 3 med prisuppgifter från Rgs 90 och stubbmängd per hektar från Hedmans examensarbete (Gustavsson 2007, pers.kom; Hedman 2008, pers.kom). Produktionsuppgifterna för krossen vid avlägg togs från krossningsstudien. Produktionsuppgifterna för krossning vid terminal erhöles från Rgs 90 (Gustavsson 2007, pers.kom). Krossningskostnaden vid värmeverk och priset Eon betalade för skogsbränsle (133,5 kr/MWh) erhöles av Werkelin (2007) på Eon i Norrköping.

För tågtransport erhöles kostnaden från Engblom (2007) och är en fast kostnad per vagn vid 200 km.

Uppgifterna om fukthalt och askhalt erhöles från bränslekvalitetsstudien. För stubbdelarna togs fukthalten som ett medelvärde av fukthalterna på stubbdelarna från bränslekvalitetsstudien, förutom värdet från stubbdelarna som kördes direkt till värmeverket efter upptagningen. Askhalten i system 1 togs från medelvärdet av askhalterna på stubbdelar från bränslekvalitetsstudien. För krossat material har fukthalten räknats fram genom att skillnaden i fukthalt mellan stubbdelar från Öllösa och krossat material från Öllösa har adderats till fukthalten i system 1. Detta eftersom det krossade materialet hade en högre fukthalt än okrossat material från samma trakt och samma avlägg.

**Tabell 4.** Variabler och åsatta värden för system 1, stubbdelar

*Table 4. Variable values for system 1, stump sections*

Moment	Variabel	Värde	Enhet
Drivning	Upptagning		
	Skotning		
	Drivningskostnad	205,2	kr/ton
Lastning, transport och lossning	Lastningstid ( $l_{a_{tid}}$ )	0,47	tim
	Medelhastighet	55	km/tim
	Avstånd (x)	50	km
	Körtid ( $k_{ö_{tid}}$ )	0,91	tim
	Lossningstid ( $l_{o_{tid}}$ )	0,82	tim
	Lastvikt (v)	19,62	ton
	Fasta kostnader ( $kr_{tim}$ )	340,45	kr/tim
	Variabla kostnader körning ( $kr_{km}$ )	8,72	kr/km
	Variabla kostnader lastning/lossning ( $kr_{ll}$ )	158,65	kr/lastning,lossning
Krossning	Kostnad krossning	15	kr/ton
		5	kr/MWh
Provtagning/bränning	Fukthalt (fu)	30,5	%
	Askhalt (a)	15,5	%
	Värmevärde ( $MWh_{ton}$ )	2,92	MWh/ton

**Tabell 5.** Variabler och åsatta värden för system 2, krossning vid avlägg  
**Table 5.** Variable values for system 2, crushing at the landing site

Moment	Variabel	Värde	Enhet
Drivning	Upptagning		
	Skotning		
	Drivningskostnad	205,2	kr/ton
Krossning	Flyttkostnad, ställkostnad (fs)	10,6	kr/ton
	Maskinkostnad ( $kr_{tim}$ )	3760	kr/tim
	Produktion		$m^3/s/tim$
	Produktion ( $pt_{tim}$ )	42,78	ton/tim
	Teknisk utnyttjandegrad (tu)	0,9	
Lastning, transport och lossning	Lastningstid ( $la_{tid}$ )	0,33	tim
	Medelhastighet	55	km/tim
	Avstånd (x)	50	km
	Körtid ( $kö_{tid}$ )	0,91	tim
	Lossningstid ( $lo_{tid}$ )	0,33	tim
	Lastvikt (v)	38	ton
	Fasta kostnader ( $kr_{tim}$ )	323,64	kr/tim
	Variabla kostnader körning ( $kr_{km}$ )	7,36	kr/km
Variabla kostnader lastning/lossning ( $kr_{ll}$ )	0	kr/lastning,lossning	
Provtagning/bränning	Fukthalt (fu)	34,8	%
	Askhalt (a)	8,9	%
	Värmevärde ( $MWh_{ton}$ )	2,93	$MWh/ton$

**Tabell 6.** Variabler och åsatta värden för system 3, terminalbearbetning och lastbil  
**Table 6.** Variable values for system 3, terminal and chip lorry

Moment	Variabel	Värde	Enhet
Drivning	Upptagning		
	Skotning		
	Drivningskostnad	205,2	kr/ton
Lastning, transport och lossning	Lastningstid ( $l_{a_{tid}}$ )	0,47	tim
	Medelhastighet	55	km/tim
	Avstånd (x)	30	km
	Körtid ( $k_{ö_{tid}}$ )	0,55	tim
	Lossningstid ( $l_{o_{tid}}$ )	0,47	tim
	Lastvikt (v)	19,62	ton
	Fasta kostnader ( $kr_{tim}$ )	340,45	kr/tim
	Variabla kostnader körning ( $kr_{km}$ )	8,72	kr/km
	Variabla kostnader lastning/lossning ( $kr_{l}$ )	158,65	kr/lasstning,lossning
Krossning	Flyttkostnad, ställkostnad (fs)	5,25	kr/ton
	Maskinkostnad ( $kr_{tim}$ )	4000	kr/tim
	Produktion		$m^3/s/tim$
	Produktion ( $pt_{tim}$ )	80	ton/tim
	Teknisk utnyttjandegrad (tu)	0,9	
	Kostnad krossning	60,8	kr/ton
Terminalkostnad?			
Lastning, transport och lossning	Lastningstid ( $l_{a_{tid}}$ )	0,33	tim
	Medelhastighet	55	km/tim
	Avstånd (x)	50	km
	Körtid ( $k_{ö_{tid}}$ )	0,91	tim
	Lossningstid ( $l_{o_{tid}}$ )	0,33	tim
	Lastvikt (v)	38	ton
	Fasta kostnader ( $kr_{tim}$ )	323,64	kr/tim
	Variabla kostnader körning ( $kr_{km}$ )	7,36	kr/km
	Variabla kostnader lastning/lossning ( $kr_{l}$ )	0	kr/lasstning,lossning
Provtagning/bränning	Fukthalt (fu)	34,8	%
	Askhalt (a)	8,9	%
	Värmevärde ( $MWh_{ton}$ )	2,93	$MWh/ton$

**Tabell 7.** Variabler och åsatta värden för system 4, terminalbearbetning och tåg  
**Table 7.** Variable values for system 4, terminal and train

Moment	Variabel	Värde	Enhet
Drivning	Upptagning		
	Skotning		
	Drivningskostnad	205,2	kr/ton
Lastning, transport och lossning	Lastningstid ( $la_{tid}$ )	0,47	tim
	Medelhastighet	55	km/tim
	Avstånd (x)	50	km
	Körtid ( $kö_{tid}$ )	0,91	tim
	Lossningstid ( $lo_{tid}$ )	0,57	tim
	Lastvikt (v)	19,62	ton
	Fasta kostnader ( $kr_{tim}$ )	340,45	kr/tim
	Variabla kostnader körning ( $kr_{km}$ )	8,72	kr/km
	Variabla kostnader lastning/lossning ( $kr_{ll}$ )	158,65	kr/lastning,lossning
Krossning	Flyttkostnad, ställkostnad (fs)	5,25	kr/ton
	Maskinkostnad ( $kr_{tim}$ )	4000	kr/tim
	Produktion		$m^3/s/tim$
	Produktion ( $pt_{tim}$ )	80	ton/tim
	Teknisk utnyttjandegrad (tu)	0,9	
	Kostnad krossning	60,8	kr/ton
Terminalkostnad?			
Transport flis tåg 200 km	Avstånd	200	km
	Kostnad/vagn	5400	kr/vagn
	lastvikt/vagn	60000	kg
	Tågst kostnad	0,09	kr/ton
Provtagning/bränning	Fukthalt (fu)	34,8	%
	Askhalt (a)	8,9	%
	Värmevärde ( $MWh_{ton}$ )	2,93	$MWh/ton$

Totalkostnader för de olika systemen beräknades i Excel. I de olika momenten sattes insamlade värden in och en kostnad räknades ut. Delkostnaderna i varje system adderades ihop för att möjliggöra en jämförelse mellan de olika systemen. I huvudsak har enkla linjära formler använts.

Transportkostnaden i kr/ton med returkörning beräknades enligt formeln:

$$kr_{ton} = ((k\ddot{o}_{tid} * 2 + la_{tid} + lo_{tid}) * kr_{tim} + kr_{km} * x * 2 + kr_{ll} * 2) / v$$

där  $k\ddot{o}_{tid}$  är tiden som det tar att köra den givna sträckan,  $la_{tid}$  är den tid det tar att lasta,  $lo_{tid}$  är den tid det tar att lossa,  $kr_{tim}$  är timkostnaden för lastbilen,  $kr_{km}$  är kilometerkostnaden för lastbilen vid transport,  $kr_{ll}$  är den fasta lastnings- och lossningskostnaden och v är lastvikten.

Kostnaden för krossning vid avlägg och terminal i kr/ton beräknades enligt formeln:

$$kr_{ton} = (kr_{tim} / (pt_{tim} * tu)) + fs$$

där  $kr_{tim}$  är kostnaden för krossen och maskinerna som servar krossen,  $pt_{tim}$  är produktionen i ton per timme, tu är teknisk utnyttjandegrad och fs är en fast flytt- och ställkostnad per trakt i kr per ton.

Värmevärdet i MWh/ton beräknades med formeln:

$$MWh_{ton} = (19,2 * ((1 - a/100) * (1 - fu/100)) - (2,50 * fu/100)) / 3,6$$

där 19,2 är effektivt värmevärde i MJ/kg vid torrt och askfritt prov (för GROT), a är askhalten, fu är fukthalten, 2,50 är ångbildningsvärmens och 3,6 är omvandlingstal från MJ till MWh (Norin 2008, pers.kom).

För att se hur systemkostnaden varierade vid ändrade förutsättningar genomfördes en känslighetsanalys. I känslighetsanalysen varierades ett antal olika prestations- och kostnadsuppgifter medan övriga variabler hölls konstanta.

## ***2.4 Avläggsutrymme***

För att beräkna det avläggsutrymme som behövs per hektar, på stubbskördade objekt, har siffrorna för längd, bredd och höjd tagits från fältmätningen av stubbavläggen. En volym har räknats ut på de mätta stubbhögarna. Volymen beräknades i Excel genom att anta att ett stubbavlägg ser ut som en parabel i genomskärning och då räkna ut volmen enligt  $v_a = h_a * b_a * 2/3 * l_a$ . Där  $v_a$  är volymen i  $m^3$  för avlägget,  $h_a$  är höjden,  $b_a$  är bredden och  $l_a$  är längden på avlägget. Bredden 5 meter och höjden 4 meter valdes ut som en lämplig storlek på ett avlägg utifrån fältstudierna av avlägg och intervju med en lastbilsåkare (Bauer, 2007a pers.kom). Från den utvalda storleken på avläggen och den totala avläggsvolymen räknades den totala längden på avläggen ut för varje trakt. Den totala längden på avläggen delades därefter med stubbskördad areal för varje trakt för att få fram längden på stubbavläggen per hektar stubbskördad mark då den största delen av stubbarna är uttagna.

## ***2.5 Bränslekvalitet mot tid vid avlägg***

För att analysera om och hur askhalt och fukthalt varierade med hur länge stubbarna hade legat vid avlägg kördes två lass med stubbdelar in från varje trakt där stubbskörd hade skett. Dessutom hade fukthalts- och askhaltsuppgifter erhållits från Hedmans examensarbete där stubbdelarna kördes in till värmeverket direkt efter stubbskörden (Hedman 2008, pers.kom). Stubbdelarna krossades på värmeverket i två steg, en långsamtgående valskvarn och en snabbgående Svedala 16/24. Det togs ut fem tiolitershinkar med krossat material från varje trakt. Från varje tiolitershink togs material ut för fukthaltsbestämning på värmeverket och resterande del skickades för askhalts- och värmevärdesanalys på BELAB AB som är ett externt laboratorium (Klint 2007, pers.kom). Askhalten bestämdes genom att sex delprover analyserades, det gjordes två neddelningar för att öka representativiteten (Andersson 2007, pers.kom). Askhalten och fukthalten har därefter jämförts mot när stubbarna var utskotade.

Fukthalts- och askhaltsprover från stubbmaterialet som krossades vid avlägg togs då materialet inkom till värmeverket. Proverna behandlades på samma sätt som proverna på stubbdelar. För det krossade materialet gjordes också en siktanalys på Belab där den sammanlagda vikten av olika fraktionsstorlekar på det krossade materialet togs fram (Norin 2008, pers.kom).

**Tabell 8.** Tidpunkt för avverkning av stubbmaterialet, stubbskördat och utskotat på olika trakter  
*Table 8. Time for when the stump wood is harvested, stump harvested and forwarded at different sites*

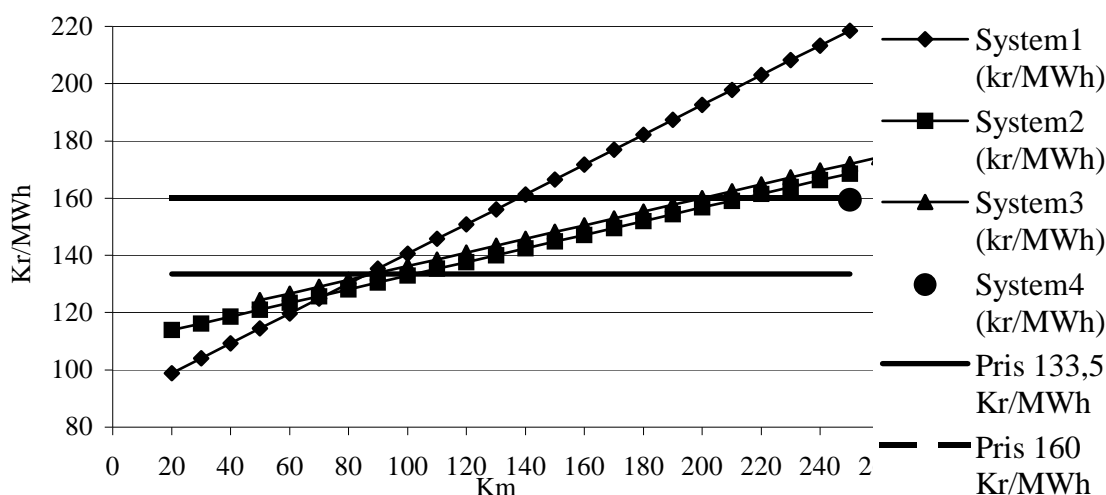
	<b>Avverkning (virke)</b>	<b>Stubbskördat</b>	<b>Skotat</b>
Sävsjön	okt-06	feb-07	mar-07
Ösjön	okt-06	mar-07	apr-07
Mäselköp	jun-06	apr-07	maj-07
Öllösa	apr-07	aug-07	sep-07
Öllösa Hedman	apr-07	jun-07	jun-07



## 3 Resultat

### 3.1 Systemanalys

Vid givna förutsättningar framstår att system 1 är billigast upp till cirka 70 km och därefter blir system 2 billigast. System 3 har en kostnad som ligger strax över system 2. Vid ett bränslepris på 133,5 kr/MWh kan krossat bränsle köras cirka 10 mil och stubbdelar enligt system 1 kan köras cirka 8 mil med lönsamhet. Vid högre ett bränslepris på 160 kr/MWh kan krossat stubbränsle köras cirka 21 mil och stubbdelar kan köras cirka 13 mil med lönsamhet (figur 4).

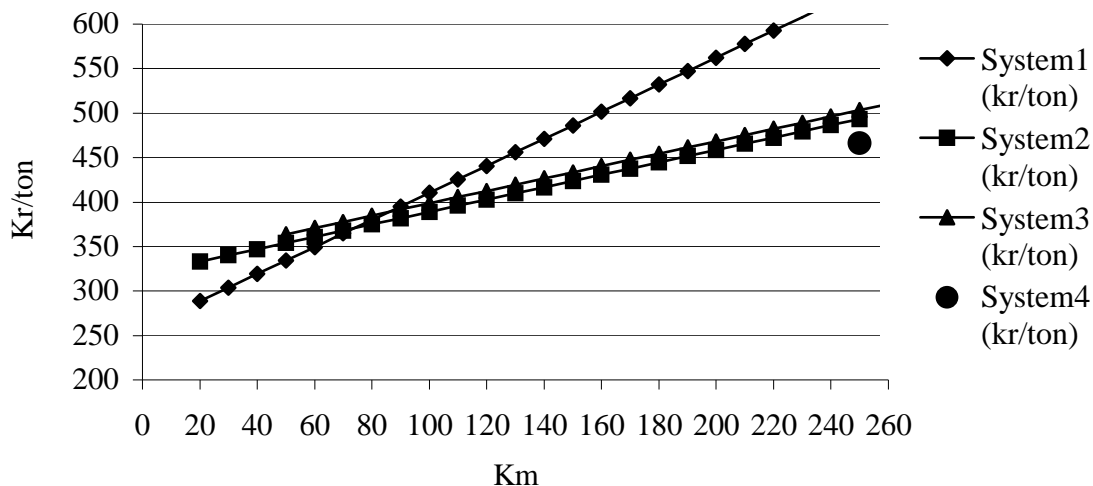


**Figur 4.** Systemkostnader och energipris i kr/MWh som funktion av transportavståndet för de olika systemen vid traktstorlek tio hektar för system 2 och stubbmängd 2500 ton för system 3 & 4. System 1 = stubbdelar från avlägg till värmeverk, System 2 = krossning vid avlägg, System 3 = terminal flisbil och System 4 = terminal tåg.

*Figure 4. System costs and energy price in kr/MWh depending on the transport distance for the four different systems whit a clearing size of ten hectares for system 2 and stump mass of 2500 ton for system 3 & 4. System 1 = Stump sections from forest to industry, System 2 = crush at the landing site, System 3 = terminal and chip lorry and System 4 = terminal and train.*

Drivningskostnaden stod för 61 procent, transportkostnaden 34 procent och krossningskostnaden för fyra procent av den totala systemkostnaden för system 1 vid 50 km transportavstånd. För system 2 stod drivningskostnaden för 58 procent, krossningskostnaden för 31 procent och transportkostnaden elva procent av den totala kostnaden vid 50 km transportavstånd. För system 3 utgjorde drivningskostnaden 53 procent, transporten av stubbdelar 20 procent, krossningskostnaden 16 procent och transporten med flisbil elva procent av den totala systemkostnaden vid ett sammanlagt transportavstånd på 80 km. För system 4 stod drivningskostnaden för 44 procent, transporten av stubbdelar för 24 procent, krossningskostnaden för 13 procent och transporten med tåg för 19 procent av den totala systemkostnaden vid ett sammanlagt transportavstånd på 250 km.

Förhållandena mellan de olika systemen blir liknande då kostnaden anges i kr/ton istället för kr/MWh. System 1 är billigast upp till ca 70 km därefter blir system 2 billigast. System 3 har en kostnad som ligger strax över system 2 (figur 5).



**Figur 5.** Systemkostnader och energipris i kr/ton som funktion av transportavståndet för de olika systemen vid traktstorlek tio hektar för system 2 och stubbmängd 2500 ton för system 3 & 4. System 1 = stubbdelar från avlägg till värmeverk, System 2 = krossning vid avlägg, System 3 = terminal flisbil och System 4 = terminal tåg.

*Figure 5. System costs in kr/ton depending on the transport distance for the four different systems with a clearing size of ten hectares for system 2 and stump mass of 2500 ton for system 3 & 4. System 1 = Stump sections from forest to industry, System 2 = crush at the landing site, System 3 = terminal and chip lorry and System 4 = terminal and train.*

Drivningskostnaden hade relativ stor inverkan på totalkostnaden som ändrades cirka åtta till nio procent vid en ändring av drivningskostnaden med 30 kr/ton (tabell 9). Vid en ökning av drivningskostnaden med 30 kr/ton minskade längsta sträckan som kan köras med lönsamhet till cirka sex mil med system 1 och fem mil med system 2 vid ett bränslepris på 133,5 kr/MWh. Vid en minskning av drivningskostnaden med 30 kr/ton ökade längsta sträckan som kan köras med lönsamhet till cirka tio mil med system 1 och 14 mil med system 2.

Ökades lastvikten med fem ton på GROT-bilen som kördes i system 1, 3 och 4, så ökades längsta sträcka som kunde köras med vinst till cirka elva mil för system 1, som därmed var det billigaste systemet fram till tolv mil. System 3 blev billigare än system 2.

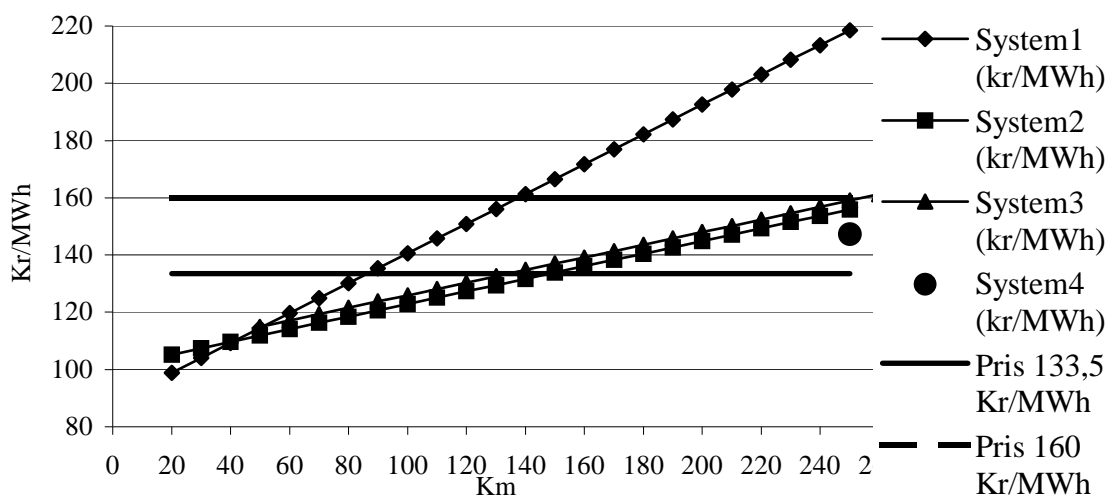
Vid en produktionsökning på krossen i system 2 med tio ton per timme blev detta system billigast redan vid knappt sex mil och var lönsamt upp till tolv mil.

**Tabell 9.** Beräknade kostnadsförändringar vid ändrade förutsättningar, vid transportavstånd 50 kilometer för system 1, 2 och 3 och transportavstånd 250 kilometer för system 4

*Table 9.* Calculated cost change with changed performance, at a transport distance of 50 kilometer for system 1, 2 and 3 and at a transport distance of 250 kilometer for system 4

Moment	Kostnad kr/MWh		
	Minskar	Normal	Ökar
Drivningskostnad system 1 (kr/ton) - 30, +30	8,97%	114,49	-8,97%
Drivningskostnad system 2 (kr/ton) - 30, +30	8,48%	120,99	-8,47%
Drivningskostnad system 3 (kr/ton) - 30, +30	8,25%	124,31	-8,25%
Drivningskostnad system 4 (kr/ton) - 30, +30	6,44%	159,33	-6,43%
Lastvikt system 1 (ton) +5,-5	6,95%	114,49	-11,72%
Lastningstid/lossningstid system 1 (min) -15, +15	1,29%	114,49	-1,30%
Krossningskostnad system 1 (kr/ton) -10, +10	2,99%	114,49	-3,00%
Fukthalt system 1 (%) -5, +5	7,82%	114,49	-9,35%
Askhalt system 1 (%) -5, +5	5,70%	114,49	-6,48%
Flyttkostnad kross system 2 (kr/ton) -5, +5	1,41%	120,99	-1,41%
Produktion kross system 2 (ton/tim) +10,-10	5,23%	120,99	-8,41%
Fukthalt system 2 (%) -4,3, +4,3	7,55%	120,99	-8,89%
Askhalt system 2 (%) -5, +5	5,61%	120,99	-6,31%
Lastvikt system 3 stubbdelar (ton) +5,-5	4,36%	124,31	-7,35%
Flyttkostnad kross system 3 (kr/ton) -5, +5	1,37%	124,31	-1,38%
Produktion kross system 3 (ton/tim) +10,-10	1,70%	124,31	-2,19%
Fukthalt system 3 (%) -4,3, +4,3	7,54%	124,31	-8,89%
Askhalt system 3 (%) -5, +5	5,61%	124,31	-6,32%
Lastvikt system 4 stubbdelar (ton) +5,-5	4,80%	159,33	-8,08%
Fukthalt system 4 (%) -4,3, +4,3	7,54%	159,33	-8,88%
Askhalt system 4 (%) -5, +5	5,61%	159,33	-6,31%
Tågstkostnad system 4 (kr/ton) -10, +10	2,15%	159,33	-2,14%

Askhalten och fukthalten hade stor inverkan på kostnaden på alla system (tabell 9). Med en sänkt fukthalt på det krossade stubbmaterialet med 4,3 procent så att fukthalten på det krossade materialet hamnar på samma nivå som för stubbdelarna i system 1 blev system 2 billigast redan vid drygt fyra mil och var lönsamt fram till 14 mil vid en bränslekostnad på 133,5 kr/MWh (figur 6).



**Figur 6.** Systemkostnader och energipris i kr/MWh som funktion av transportavståndet för de olika systemen, vid lika fukthalt för alla system och vid traktstorlek tio hektar för system 2 och stubbmängd 2500 ton för system 3 & 4. System 1 = stubbdelar från avlägg till värmeverk, System 2 = krossning vid avlägg, System 3 = terminal flisbil och System 4 = terminal tåg.

**Figure 6.** System costs and energy price in kr/MWh depending on the transport distance for the four different systems, while the same moisture content for all the systems and while a clearing size of ten hectares for system 2 and stump mass of 2500 ton for system 3 & 4. System 1 = Stump sections from forest to industry, System 2 = crush at the landing site, System 3 = terminal and chip lorry and System 4 = terminal and train.

### 3.2 Avläggsutrymme

Från fältmätningarna och beräkningarna framkom att det beräknade arealvägda medelvärdet för meter stubbavlägg per stubbskördad hektar då största delen av stubbarna tas ut var 19,6 vid en bredd på fem meter och en höjd på fyra meter (tabell 10). Den faktiska uppmätta längden på stubbavläggen var 21,0 meter per hektar. Vid en bredd på fyra meter och samma höjd var det beräknade arealvägda medelvärdet för meter stubbavlägg per stubbskördad hektar 24,5.

**Tabell 10.** Vältans längd (m) per stubbskördad hektar för stubbavlägg

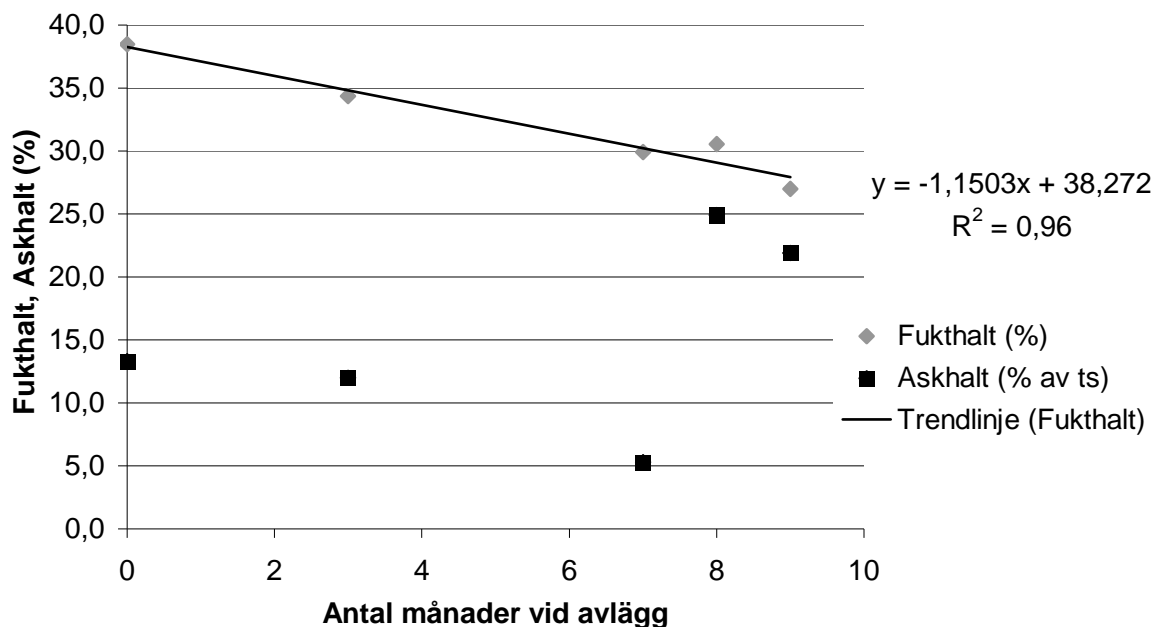
**Table 10.** Length per stump harvested hectare for stump landing site

	Stubbskördad areal (ha)	Skrymvolym avlägg (m <sup>3</sup> )	Beräknad längd	Mätt Längd/ha	Beräknad Längd/ha
Sävsjön	28,4	6840	513	20,7	<b>18,06</b>
Ösjön	10,8	2536	190	21,1	<b>17,61</b>
Mäselköp	15,2	4858	364	21,4	<b>23,97</b>
			<b>Arealvägt medel:</b>	<b>21,0</b>	<b>19,62</b>

### 3.3 Bränslekvalitet mot tid vid avlägg

Från provtagningen vid värmeverket framkom att fukthalten för stubbmateriale varierade från 38,5 procent då stubbmaterialet togs direkt från marken, till 27 procent då

stubbmaterialet legat nio månader vid avlägg. Medelvärdet för fukthalten var 32,1. Från askhaltsanalysen på laboratoriet framkommer att askhalten varierade mellan 5,3 och 24,9 procent av torrsubstansen, med ett medel på 15,5 procent.



**Figur 7.** Fukthalt och askhalt för stubbmaterial beroende på antal månader vid avlägg.

*Figure 7. Moisture content and ash content for stump wood versus number of months at the landing site.*

Då tiden från avverkning till stubbskörd lades till tiden som stubbdelarna legat vid avlägg framkom att tiden från avverkning till stubbskörd inte hade någon större inverkan på fukthalten hos stubbveden.

Från energiinnehållsanalysen vid laboratoriet framkom att medelvärdet av de effektiva värmevärdena var 19,63 MJ/kg för de fyra olika trakterna (tabell 11). Då tiden som stubbarna legat vid avlägg på de olika trakterna jämfördes med det effektiva värmevärdet kunde inget klart samband ses.

**Tabell 11.** Effektivt värmevärde (MJ/kg) vid konstant tryck, torrt och askfritt prov för stubbved, från fyra olika trakter

*Table 11. Effective heat value (MJ/kg) with constant pressure, dry and ash free sample for stump wood from four different landing sites*

<b>Energiinnehåll SS-ISO 1928 Effektivt värmevärde Konst i stubb/trakt</b>	<b>tryck - tp - askfritt (MJ/kg)</b>
Öllösa	20,11
Mäselköp	20,12
Ösjön	19,24
Sävsjön	19,06
<b>Medel</b>	<b>19,63</b>

Fukthalten på det krossade stubbmaterialet var något högre än för stubbdelsmaterialet från samma trakt. Askhalten på materialet som krossades vid avlägg var 8,9 procent. Från energiinnehållsanalysen framkom att det effektiva värmevärdet vid konstant tryck och torrt prov var 19,5 MJ/kg för det krossade stubbmaterialet.

**Tabell 12.** Fukthalt och askhalt för stubbmaterial som krossats vid avlägg

*Table 12. Moisture content and ash content for crushed stump wood*

<b>Trakt</b>	<b>Månader vid avlägg</b>	<b>Fukthalt (%)</b>	<b>Askhalt (%)</b>
Öllösa	3	38,7	
Sävsjön	9	36,4	
<b>Medel</b>		<b>37,5</b>	<b>8,9</b>

Från siktanalysen, av stubbmaterial krossat vid avlägg, som gjordes av Belab framkom att fraktionsstorlekarna fördelades enligt tabell 13. En stor del av det krossade materialet låg inom intervallet en till 30 mm vilket är ganska små fraktionsstorlekar.

**Tabell 13.** Fraktionsstorlekar för stubbmaterialet som krossades vid avlägg

*Table 13. Particle sizes for the crushed stump wood*

<b>Fraktion(mm)</b>	<b>Massa %</b>	<b>Ack.massa%</b>
>75	0	100
50-75	10,8	89,2
40-50	1,6	87,6
31,5-40	1,2	86,4
25,0-31,5	5,9	80,5
20,0-25,0	6,4	74,2
16,0-20,0	8,4	65,8
12,5-16,0	8	57,8
8,0-12,5	14,9	43
5,6-8,0	11,5	31,5
4,0-5,6	7	24,4
2,0-4,0	8,9	15,5
1,0-2,0	5,1	10,4
0,5-1,0	3	7,4
<0,5	7,4	0
	100	

## 4 Diskussion

### 4.1 Material och metoder

Generellt kan sägas att det är lite data som ligger bakom flera av de åsatta värdena på prestationerna, kostnaderna och resultaten. Säkerheten i resultaten skulle bli högre med mera data. Detta arbete tar upp flera olika delar och i många av dessa delar finns det få uppgifter och lite erfarenhet från dagsläget. Att det finns få färskare uppgifter beror på att intresset för stubbskörd och framförallt stubbtransporter har varit lågt under en längre tid och först på senare år kommit igång igen.

Vikten på det krossade materialet som användes för att bestämma produktionen på krossen för krossningsstudien vid avlägg vid Sävsjön har tagits från endast ett stubblass som är inmätt vid värmeverket, vilket kan göra produktionssiffrorna lite osäkra.

Vid lastnings och lossningsstudien har beräkningarna gjorts på endast fyra turer med en chaufför. En lastning och en lossning tidsstuderades även med en annan chaufför, men tiden från dessa avvek och togs inte med då de bara utgjordes av en enda observation.

Modellen som använts för systemanalysen är enkel och uppbyggd av linjära formler. Detta gör att den inte är så exakt. Till exempel brukar medelhastigheten öka med ökande transportavstånd men i modellen har en fast medelhastighet använts (Gille 2007, pers.kom). Den fasta medelhastigheten har dock endast ett par procents påverkan på den totala systemkostnaden vid en ökad medelhastighet på tio kilometer i timmen.

I system 3 och 4 är ingen kostnad för själva terminalen medräknad. Genom att belysa förtjänsten för de olika systemen vid olika transportavstånd framkommer vad det finns för utrymme att lägga på terminalkostnader.

I modellen ingår inte någon ersättning till markägaren. Även här kan skillnaden mellan energipriset och systemkostnaderna användas för att se vilka marginaler som finns för att ge markägaren en ekonomisk ersättning för energin från stubbarna som levereras från dennes mark.

I energiformeln som har erhållits från Eon i Norrköping, är det effektiva värmevärdet (19,2) egentligen ett värde för GROT. Detta värde används ändå i formeln, då det är enligt denna formel och detta värde som Eon betalar för energi inklusive energi från stubbar. I framtiden kan det hända att Eon anpassar det effektiva värmevärdet så att ett lite högre värde används för stubbar (Werkelin 2007, pers.kom).

Bränslekvalitetsstudien av stubbdelarna bygger på ett relativt litet material eftersom Eon hade begränsat utrymme att ta emot stubbar så säkerheten i resultaten är ganska låga. Tiden när stubbarna skotades till avläggen varierade endast från mars till juni. Det hade varit intressant att även ha med stubbar som hade legat vid avlägg längre. Stubbmaterialet som krossats vid Sävsjön fick ligga flera veckor i fuktigt väder innan det blev inkört till värmeverket, vilket kan ha medfört att det har tagit upp fukt som gjort att fukthalten blivit för hög.

## 4.2 Resultat

Systemet där stubbdelar transporteras av en GROT-bil är det system som är enklast att styra och fungerar bra redan idag. För att sänka kostnaden för system 1 kan man se till att stubbarna är tillräckligt finfördelade så att GROT-bilarna får på fulla lass och inte bara knappt 20 ton, som här. I denna studie fick GROT-bilen på större lass från trakten Öllösa än från övriga trakter, vilket troligtvis beror på att stubbdelarna var mindre på denna trakt än på de övriga trakterna. Detta medförde att GROT-bilen kunde packas bättre. Att det skulle vara fördelaktigt med lite klenare stubbdelar stämmer överens med Hansens (1977) studier av stubbtransporter, där ett system med mindre stubbdelar som packades blev det billigaste systemet.

Problemet med system 2, där stubbdelarna krossas vid avlägg, är att det i praktiken är svårt att få plats vid de små avlägg och vägar som finns i södra Sverige. I norra Sverige skulle detta system kunna fungera bättre då det ofta finns mer plats vid avläggen där. Det som skulle fungera bäst i praktiskt drift i södra Sverige är att skapa enklare terminaler med plats för krossningsutrustning. Då blir det i praktiken samma system som system 3. En annan nackdel med system 2 är att trakterna måste vara relativt stora för att det skall bli lönsamt att dra dit krossningsutrustningen. Där har system 1 en fördel då trakterna inte behöver vara lika stora. En faktor som hade stor inverkan på kostnaden för system 2 var produktionen på krossen. Skulle kapaciteten på den ökas innebär det att kostnaden sänks kraftigt.

I system 3 där stubbdelarna krossas vid terminal och därefter körs in till värmeverket med flisbil, är det tänkt att enkla terminaler utan invägning skall användas. Att ha en enklare terminal utan våg har den fördelen att det är billigare, men nackdelen är att det blir sämre kontroll på flödet av stubbränsle. System 3 skulle troligtvis vara lättare att få att fungera i praktiken än system 2, där krossningen sker vid avlägg. Det skulle alltså bli system 3 som skall användas vid längre sträckor, därför att krossat material transporteras billigare än stubbdelar.

Resultaten från system 4 där stubbdelarna krossas vid en terminal och därefter lastas på tåg för en längre transport till värmeverk, visar att det vid ett tillräckligt högt bränslepris går att transportera stubbved långt.

Fukthalten för stubbdelarna som tagits upp och direkt körts in till värmeverk låg på cirka 38 procent. Redan detta är en relativt låg fukthalt för skogsbränsle, men ligger lite över fukthalten i Karlssons (2007) examensarbete där medelfukthalten var ungefär 31 procent på rå stubbved. Resultatet är dock lägre än för färskt stubbmaterial i PHU, som visade på fukthalter mellan 40 och 50 procent (Anon 1977). Gällande fukthalten är stubbveden ett bra bränsle som blir ännu torrare då det får ligga ett antal månader vid avlägg. Fukthaltssiffrorna från resultatet stämmer bra överens med siffror från Finland, men där har stubbveden ofta legat över ett år (Ala-Fossi et al. 2007).

Askhalten för stubbveden visade stor variation. Inget samband kunde ses som skulle tala för att askhalten sjönk då stubbarna legat längre vid avlägg, vilket skulle kunna vara väntat. Att låta stubbarna ligga vid avlägg för att sänka askhalten är alltså inte någon bra metod, i alla fall inte med de relativt korta lagringstider som undersökts i den här bränslekvalitetsstudien. Medelaskhalten på 15,5 procent var betydligt högre än de åtta



procent som askhalten legat på vid finska värmeverk de senaste åren, men även där är variationen stor (Alakangas 2005). Askhalten visar på en liknande tendens som i PHU där cirka 20 procent av det transporterade vikten utgjordes av jord och sten (Anon 1977). Att askhalten är hög behöver inte vara ett stort problem om värmeverket har möjlighet att blanda stubbveden med andra bränslen, men det är givetvis en fördel om askhalten är så låg som möjligt (Werkelin 2007, pers.kom).

Det effektiva värmevärdet som framkom vid labbanalysen stämmer bra överens med värden från finsk litteratur (Alakangas 2005). Stubbmaterialet i bränslekvalitetsstudien var en blandning av tall och gran och det är troligt att variationerna i tabell 11 beror på olika andelar av tall- och granstubbved. Det effektiva värmevärdet som erhöles ligger över det värde som Eon använder vid betalning. Skulle det högre värmevärdet användas vid energiinnehållsberäkningarna blir energiinnehållet per ton högre och kostnaden per MWh för hela systemet sjunker.

För det krossade stubbmaterialet var medelaskhalten lägre än askhalten på stubbdelarna, vilket var väntat. Alltså, mer hantering sänker askhalten. En lägre askhalt innebär ett högre energiinnehåll per ton stubbmaterial vilket är bra för systemkostnaden i kr/MWh. I denna studie blev fukthalten högre för det krossade materialet än för stubbdelarna, vilket troligtvis berodde på återfuktning. Fukthaltsförändringen i det krossade materialet skulle nog bli olika stor beroende på årstid och väderlek. På vintern och vid fuktiga förhållanden tar det krossade materialet lättare upp fukt än stubbdelarna. Fukthalten har stor inverkan på totalkostnaden per MWh för systemen och ett system med en högre fukthalt har en klar nackdel gentemot ett system med lägre fukthalt.

Fraktionsfördelningen för det krossade materialet visade att krossen hade levererat ett relativt finkornigt material, som gick bra att bränna i värmeverket. Materialet skulle även kunna vara större och fortfarande brännas i Eons värmeverk i Norrköping, där storleken på brännbart material får vara sammanlagt 300 mm, till exempel en längd, bredd och höjd på vardera 100 mm. Om materialet krossas till en större storlek skulle det troligtvis gå att öka kapaciteten på krossen, vilket skulle gynna systemkostnaden.

Enligt en artikel i SkogsVärden var längden på avlägg i Finland ungefär 40 meter per hektar stubbskördad mark (Falk 2007). Det är ungefär dubbla värdet jämfört med det beräknade i den här studien. Att den faktiska uppmätta medellängden på stubbavläggen per hektar var 21 meter, samt att variationen var liten, talar för att cirka 20 meter är ett rimligt värde. Att veta hur stor plats stubbar tar vid ett avlägg är viktigt eftersom det i många fall finns ett begränsat utrymme där stubbarna kan läggas upp. Dessutom så tas GROT många gånger ut från samma trakter som stubbarna och GROT tar också mycket plats.

### ***4.3 Framtiden***

Om tillvaratagandet av stubbved kommer igång i större skala och stubbveden transporteras som stubbdelar, måste många värmeverk skaffa bättre krossningsutrustning för att effektivare kunna ta hand om stubbveden. De mindre värmeverken har inte alltid möjlighet att göra stora investeringar i krossningsutrustning. Krossas stubbdelarna däremot vid avlägg eller terminal kan det krossade stubbmaterialet köras även till de mindre värmeverken. Vid en terminal skulle det även finnas möjlighet att använda

siktningstrustning för att sänka askhalten. Detta skulle innebära att även värmeverk som är mer känsliga för hög askhalt skulle kunna ta emot stubbved.

I framtiden skulle flera olika varianter av systemen kunna användas. Till exempel skulle ett system, där man krossar stubbarna i containrar som därefter körs vidare av lastbil eller tåg, kunna vara ett bra alternativ. Självlastande flisbilar skulle också kunna vara ett bra alternativ då de är mer självständiga än vanliga flisbilar, som behöver ha en hjullastare som lastar.

#### ***4.4 Slutsatser***

- Studien tyder på att det är ekonomiskt lönsamt att ta upp och köra in stubbved till värmeverk.
- Vid korta avstånd är det mest lönsamt att köra stubbdelarna med GROT-bil.
- Vid längre transportavstånd blir det mera lönsamt om stubbdelarna krossas innan transport, vilket gör att en flisbil med en hög lastkapacitet kan användas.
- Stubbved är ett bra bränsle om man ser till fukthalten. Askhalten varierar mycket, är hög och skulle i vissa fall behöva sänkas.
- Stubbved behöver cirka 20 meters avläggsutrymme per stubbskördad hektar.

## Referenser

### *Litteratur*

Ala-Fossi, A., Ranta, T., Vartiamäki, T. & Jäppinen, E. 2007. Large-scale forest fuel supply chain based on stumps and terminals. 15th European Biomass Conference & Exhibition, 7-11 May 2007 in Berlin.

Alakangas, E. 2005. Properties of wood fuels used in Finland. Technical Research Centre of Finland, VTTProcesses. Project report PRO2/P2030/05 (Project C5SU00800). Jyväskylä Finland.

Anon 1977. Drivning och vidaretransport vid helträdsutnyttjande. Slutrapport från projektgrupp drivning. Projekt helträdsutnyttjande. Stockholm.

Anon 2007a. (Hemsida för Vermeer). <http://www.vermeer.com/vcom/EnvironmentalEquipment/environmental-equipment.htm>. Uppdaterad 2006-09-03.

Anon 2007b. (Hemsida för VB maskiner). <http://www.vbmaskiner.com/index.asp?id=7>. Använd 2007-10-04.

Anon 2007c. (Hemsida för Allan Bruks AB). <http://www.allanbruks.se/sv/produkter/kategori/cbi>. Använd 2007-10-25.

Anon 2007d. Kraftig ökning av efterfrågan på biobränsle från skogen. Pressmeddelande 2007-11-29. Skogsindustrierna. Stockholm.

Carlsson, T., Hansen, R. & Larsson., M. 1980. Lastbilstransport av stubbar, träd, träddelar och hyggesavfall – resultat av studier 1977-79. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten Redogörelse 1, 1980. Stockholm.

Engblom, G. 2007. Systemanalys av skogsbränsletransporter. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig resurshushållning Arbetsrapport 175, 2007. Umeå.

Falk, M. 2007. Mannen bakom stubbrytningsboomen i Finland: ”Skogsägarna klappar händer...”. Skogssällskapet. SkogsVärden våren 2007.

Fjeld, D. 2007. Försörjning av värmeverk med GROT eller klenstammar-Kalkyleringsmetod för skattning av kostnader vid lastbilstransport. Bioenergi från skogen, INFO från projektet Nr 125. <http://www.btk.slu.se>.

Hansen, R. 1977. Lastbilstransporter av stubb- och rotvirke. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten Redogörelse 3, 1977. Stockholm.

Jonsson, Y. 1985. Teknik för tillvaratagande av stubbved. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten Redogörelse 3, 1985. Stockholm.

Kallio, M. & Leinonen, A. 2005. Biomass-based fuels in central Finland. VTT Projekt report. Jyväskylä Finland.

Karlsson, J. 2007. Produktivitet vid stubblyftning. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig resurshushållning. Arbetsrapport 168, 2007. Umeå.

### ***Personlig kommunikation***

Andersson, L. 2007. Laboratorieingenjör Belab AB. Mailkontakt. December 2007.

Bauer, H. 2007a. Åkare. Intervju. November 2007.

Bauer, H. 2007b. Åkare. Telefonkontakt. November 2007.

Dreifeldt, T. 2007. Säljare S&H teknik. Mailkontakt. Oktober 2007.

Galfvensjö, O. 2007. Säljare Bruks. Mailkontakt. September 2007.

Gille, S.E. 2007. Gästföreläsare kursen operativ styrning och logistik.

Föreläsningsanteckningar. Februari 2007.

Gustavsson, A. 2007. Rgs 90. Mailkontakt. December 2007.

Hedman, L. 2008. Examensarbetare stubbskörd. Möte. Februari 2008.

Johansson, D. 2007. Verksamhetsutvecklare skogsbränsle Holmen Skog. Mailkontakt. Oktober 2007.

Karlsson, J. 2007a. Skogsbränslen SCA Norrbränsle. Telefonkontakt. Oktober 2007.

Karlsson, O. 2007b. Serviceingenjör OP system. Mailkontakt. Oktober 2007.

Klint, A. 2007. Laboratorieingenjör Belab AB. Mailkontakt. December 2007.

Måssebäck, R. 2007. Säljare Mus-Max Terminatorservice. Mailkontakt. Oktober 2007.

Nilsson, T. 2007. Företagsledning VB maskiner. Telefonkontakt. September 2007.

Norin, T. 2007. Driftledare Eon Värme Sverige AB. Mailkontakt. Januari 2008.

Sjöo, S. 2007. Examensarbetare GROTbilsalkyler. Mailkontakt. November 2007.

Werkelin, R. 2007. Inköpare biobränsle Eon Värme Sverige AB. Telefonkontakt. December 2007.

Åneklint, A. 2007a. Produktionsledare bränsle Linköpings Skogstjänst. Mailkontakt. Januari 2008.

Åneklint, A. 2007b. Produktionsledare bränsle Linköpings Skogstjänst. Möte. Oktober 2007. Norrköping.

## Bilaga 1

### Lastbils kalkyl stubbdelar

			<b>Bil</b>	<b>Släp</b>	<b>Kran</b>
Ränta	4,25%	Inköpskostnad (kr)	1950000	1500000	800000
Restvärde, bil	10%	Räntekostnad (kr/år)	45581	34106	18190
Restvärde, släp kran	7%	Livslängd (km, lastning)	800000	1500000	11800
Dieselpriis (kr/liter)	7,76	Avskrivning (kr/km, kr/lastning)	2,19	0,90	61,02
Utnyttjad tid (tim/år)	3800				
Utnyttjandegrad	96%				
Grundtid (tim/år)	3648				
Årlig körsträcka (mil)	15000				
<b>Fasta Årliga kostnader (kr)</b>					
Räntor	97878				
Lön	907437				
Skatt	36649				
Försäkring	50000				
Tele, garage, adm mm	50000				
Vinst	100000				
<b>Summa kostnader</b>	<b>1241964</b>				
Tid/år (tim)	3648				
<b>Fasta kostnader (kr/tim) (F)</b>	<b>340,45</b>				
<b>Variabla kostnader</b>					0,75
	Bil och släp (kr/km)	Kran (kr/lastning)			
Drivmedel		3,82		77,60	
Reparationer	Bil	0,96	Kran	20,00	
	Släp	0,40			
Däck		0,45			
Avskrivning	Bil	2,19	Kran	61,02	
	Släp	0,90			
<b>Summa kostnader</b>	<b>per km (Vkm)</b>	<b>8,72</b>	<b>per lastning (VI)</b>	<b>158,62</b>	

## Bilaga 2

### Lastbils kalkyl flisbil

			Bil	Släp	Kran
Ränta	4,28%	Inköpskostnad (kr)	1527250	868175	0
Restvärde	15%	Däckkostnad (kr)	42435	47380	
Dieselpriis (kr/liter)	7,776	Räntekostnad (kr/år)	38629,948	22531,81	0
Utnyttjad tid (tim/år)	3800	Livslängd (km, lastning)	1300000	2000000	0
Utnyttjandegrad	98%	Avskrivning (kr/km, kr/lastning)	0,999	0,369	0
Grundtid (tim/år)	3724				
Årlig körsträcka (mil)	20000				
<b>Fasta Årliga kostnader (kr)</b>					
Räntor	61162				
Lön	907437				
Skatt	36649				
Försäkring	50000				
Tele, garage, adm mm	50000				
Vinst	100000				
<b>Summa kostnader</b>	<b>1205248</b>				
Tid/år (tim)	3724				
<b>Fasta kostnader (kr/tim) (F)</b>	<b>323,64</b>				
<b>Variabla kostnader</b>	<b>Bil och släp (kr/km)</b>	<b>Kran (kr/lastning)</b>			
Drivmedel		4,43			
Reparationer	Bil	0,85	Kran		
	Släp	0,26			
Däck		0,45			
Avskrivning	Bil	1,00	Kran	0	
	Släp	0,37			
<b>Summa kostnader</b>	<b>per km (Vkm)</b>	<b>7,36 per lastning (VI)</b>		<b>0</b>	

## Bilaga 3

### Flytt och ställkostnader

#### System2

Flytt	
Trailer	880kr/tim
Sträcka	50km
Hastighet	55km/tim
Tid	1,409091tim
<b>Tot kostnad</b>	<b>4960kr</b>

Uppställning	1420kr/tim
Tid	2tim
<b>Kostnad</b>	<b>2840kr</b>

Ihopstädning	1420kr/tim
Tid	2tim
<b>Kostnad</b>	<b>2840kr</b>

<b>Summa</b>	<b>10640kr</b>
Hyggesstorlek	10ha
Stubbmängd	100ton/ha
tot stubbmängd	1000ton
<b>Traktkostnad</b>	<b>10,64kr/ton</b>

#### System3,4

Flytt	
Trailer	880kr/tim
Sträcka	50km
Hastighet	55km/tim
Tid	1,409091tim
<b>Tot kostnad</b>	<b>7440kr</b>

Uppställning	1420kr/tim
Tid	2tim
<b>Kostnad</b>	<b>2840kr</b>

Ihopstädning	1420kr/tim
Tid	2tim
<b>Kostnad</b>	<b>2840kr</b>

<b>Summa</b>	<b>13120kr</b>
Hyggesstorlek	0ha
Stubbmängd	0ton/ha
tot stubbmängd	2500ton
<b>Traktkostnad</b>	<b>5,25kr/ton</b>