

Logistik, komprimering och ekonomi angående hackad Hampa

Yvonne Söderström

**Logistik, komprimering och ekonomi angående
hackad hampa**

**Chopped hemp: Logistics, compaction and
financial viability**

Yvonne Söderström

E06-636

Förord

Jag skulle vilja tacka alla som har varit delaktiga i detta projekt både finansiärer och medarbetare.

Jag vill tacka de personer som har ställt sin privata tid och sina marker till förfogande.

Projektgruppen:

Nils-Gunnar Bylund, odlare

Holger Forsberg, odlare

Erik Moberg, odlare

Ove Johansson, odlare

Gunnar Källström, odlare

Kjell-Åke Andersson, odlare

Jag vill även tacka för det stöd jag har fått från styrgruppen och referensgruppen.

Styrgruppen:

Clas Engström, Framtidens Bioraffinaderi

Jan Nyman, Örnköldsviks kommun, Tillväxtavdelningen

Hans Åström, Övik Energi AB

Odd Johanson, Övik Energi AB

Roger Johansson, LRF Västernorrland

Michael Finell, SLU BTK Umeå

Referensgruppen:

Peter Nyström, Eskilstuna Energi & Miljö

Odd Johansson, Övik Energi AB

Erik Holmen, Ena Energi

Speciellt vill jag tacka Kjell Östman som har arbetat som administratör och ekonom inom projektet. Kjell har varit ett stort stöd för mig under projektets gång.

Abstract

I projektet har ett flertal komprimeringsförsök utförts med hackad hampa vilket visat vilket logistiksystem som har bäst potential ekonomiskt och miljömässigt.

Sammanfattning

Intresset för bioråvaror är stort, beroende på att användningen av biobränsle vid framställning av energi samt att drivmedels- och kemikalieproduktion med biologisk råvara som bas har ökat avsevärt. Det innebär att pappers- och massaindustrin som tillsammans med sågverken i princip varit ensamma om att nyttja råvaran från skogen har fått konkurrens. Genom att öka produktionen av bioråvaran från åkermark och få en långsiktigt hållbar råvaruproduktion kan konkurrensen minska.

Projektet bidrog till forskningsområdet med att göra komprimerings- och logistikförsök med hackad hampa. Målet var att komprimera hampan till 250 kg/m^3 samt att hitta det logistiksystem som ur ett ekonomiskt och miljömässigt perspektiv är mest fördelaktigt. Projektet riktade sig främst mot markägare och energibolag. Andra intressenter är industrier, universitet och andra pågående projekt i närliggande ämnesområde.

Inom projektet har logistiksystem studerats från åker till slutanvändare. År 2008 gjordes det praktiska försök att lasta, transportera och lossa hampa med flisbil, containersystem (som lastas med en traktor) och ensilageslang. Det har även utförts komprimeringsförsök med en traktorskopa (Volvo L90), RollPac-rullkomprimator, slangpressing, rundbalspress, flisbil, Fligelvagn och komprimering direkt från skördemaskin. Utifrån resultaten från försöken valdes två system. Det ansågs att flisbilen samt ett containersystem, där containrarna fylls direkt efter skördemaskin, var de system som var intressantast att testa i ett fullskaligt försök. Urvalsfaktorer var flexibilitet, antal mantimmar, antal maskiner och komprimeringsgrad. Praktiska logistikförsök gjordes våren 2009. Resultaten från dessa försök användes vid beräkningar av kostnader och koldioxidutsläpp.

Studien har visat att det går att komprimera hackad hampa från en densitet av 60 kg ts/m^3 ($0,30 \text{ MWh/m}^3$) vid direkt skörd i container till 202 kg ts/m^3 ($1,01 \text{ MWh/m}^3$) i balpressen. Målet med komprimeringen var att uppnå en volymvikt på 250 kg/m^3 . Detta uppnåddes inte men resultaten visade sig ligga i närheten av resultaten från praktiska försök på Gotland [7]. Skillnaden mot Gotlands resultat var att ju kortare hampan var hackad desto lägre volymvikt fick den. I Gotland hade hacklängden en motsatt effekt. Resultatet från rundbalspressen var jämförbart med en Orkelpress enligt rapporten "Hampans möjligheter som energigröda" [8]. En jämförelse med studien "Orienterande studie av transportkapacitet i befintliga transportsystem" [9] där komprimering av halm gjordes, visade att resultaten inte skiljde sig särskilt mycket från varandra. Därigenom visade det sig att halm och hampa fungerade ungefär på likartat sätt vid komprimering.

Projektet har visat att flisbilen var det logistiksystem som hade bäst potential jämfört med de övriga system som har testats i projektet. Enligt beräkningarna var flisbilen mest kostnadseffektiv räknat i kronor per energiinnehåll. Den var också flexibel. Energibalansen visade att det ur miljösynpunkt sett var lite bättre att använda containersystemet.

Sökord: Hampa, logistik, komprimering och energibalans

Executive Summary

Background

At present there is significant interest in biological raw materials due to the marked increase in the use of biofuels to produce energy and in the production of motor fuels and chemicals based on biological raw materials. This in turn means that the paper and pulp industry, which, together with sawmills, has largely stood alone in its use of forestry raw materials, now finds itself competing with other industries to obtain the raw material. This competition can be reduced by increasing production of the biological raw material on cultivated land and by creating a production process for the raw material that is sustainable in the long term.

Businesses in Örnsköldsvik and Umeå, Sweden, have expressed great interest in collaborating on a cooperative project called Biorefinery of the Future (*Framtidens bioraffinaderi*). Current project collaborators include Övik Energi and most of the companies operating at the industrial park in Domsjö, Sweden, and that utilise one another's products and by-products. See www.framtidensbioraffinaderi.se.

Övik Energi AB is a wholly owned municipal company that supplies its customers with steam, electricity, district heating and cooling, and broadband Internet connections. Övik Energi's combined power and heating plant, Hörneborgsverket, is a newly-built facility that was brought online in autumn 2008. Hörneborgsverket produces energy in the form of steam, electricity and district heating. The plant has a maximum output capacity of 130MW, of which 40MW is electricity and 90MW steam and heat for district heating purposes. The plant produces 500GWh of steam, 300GWh of electricity and 300GWh of heat annually.

Aim and target group

The project contributed to this field of research by conducting compaction and logistics experiments using chopped hemp. The aim was to reduce the hemp to 250kg/m³, as well as to identify the best possible logistical system for compaction and subsequent transportation to the end-user in terms of cost and environmental impact. The project primarily focused on landowners and power companies. Other stakeholders are industries, universities and other ongoing projects in related fields.

Execution

The project included studies of logistical systems for chopped hemp processing covering all aspects from harvest to end-user. A preliminary investigation was carried out in 2008 in which practical experiments with loading, transporting and unloading hemp from woodchip lorries, container systems (loaded by tractor), and a silage bag were conducted. Compaction experiments using a tractor loader bucket (Volvo L90 wheel loader); Roll-Pac roller compactor; silage bag press; round baler; transport rig fitted with a crane; a Fliegl trailer and; compaction straight from the harvester were also conducted. Two systems were selected on the basis of the results of the preliminary testing carried out in 2008. It was decided additional investigation of the transport rig and the container system in which the containers are filled directly from the harvester in

a full-scale experiment during 2009. The deciding factors were flexibility, the number of man hours and machines required and the degree of compaction. The hemp was stored at a depot over the course of the summer, and was later transported to the area adjoining the combined power and heating plant. *Grotapp* (large sheets laid over piles of felled timber to prevent it becoming moist) was used to cover the raw material and was held in place by laying branches, treetops and stumps over it.

Handling processes such as loading, transportation method and unloading were documented in both the preliminary investigation and the full-scale experiment. Both productive and idle time was also documented. Sub-contractors were also asked to estimate the diesel fuel consumption of their machines. The total carbon dioxide emission for the process was then calculated using Preem's Emission Calculator based on the amount of diesel consumed.

The transport vehicles were weighed at the timber weigh stations in either Husum or Domsjö after each compaction attempt. Moisture content of the loads was calculated at the respective weigh stations using the same procedure as for woodchips, in accordance with the Swedish Timber Measurement Council's Quality Manual (*Virkesmätningensrådets Kvalitetshandbok*). The measurements were conducted by experienced personnel who regularly carry out moisture content analyses, weight measurements and estimations of volumes of wood and woodchips.

The planning assumed that realistic logistical experiments would be possible where transports would 'run smoothly' so that several comparable measured values would be produced. One precondition for achieving this was that five to six tonnes of dry matter (dm) would be produced per hectare, whereas in reality, it proved to be that only one tonne was produced per hectare. This means that the calculations made for the systems were made based on real times and costs, but not entirely on logistical systems that had been put to the test in practice. The cost incurred for the use of a Jaguar harvester has not been included in these calculations, as it was used in all experiments and is therefore a basic cost for all systems. The calculations were based on the actual harvest yield and the conditions prevailing at the time. The cost estimate has been calculated on the assumed basis of five trips made with a realistic amount of chopped hemp in the containers/wagons, from field to end-user.

Results

Tractor with wagon used immediately after harvesting

The experiment showed that the compaction of the hemp achieved immediately following harvesting was not significantly lower than that achieved with the use of a tractor loader bucket. The density from compaction at harvest was 76kg dm/m³ compared to 99kg dm/m³ using the tractor loader bucket. As such, this experiment suggested that it may be more cost-effective to fill the container directly after harvesting as opposed to using an additional tractor in a full-scale logistical experiment. The result also suggested that it may be more effective to use a taller trailer with perforated walls so as to both reduce wastage and hopefully increase the degree of compaction. This method was to be tested in a logistical experiment during 2009.

Compaction using a tractor loader bucket

We had intended to use a tractor from the farm for this experiment, but the reach of this tractor proved not to be high enough to allow it to compact the hemp using its loader bucket. For this reason, a much larger tractor was obtained for the experiment. Consequently, it was assumed that it would now be more difficult to keep costs low in future logistical experiments. The test revealed that compaction using a tractor loader bucket increased the density of the hemp from 62kg to 99kg dm/m³, in spite of the fact that the bucket proved unable to compact the hemp before the container reached three-quarters full.

Compaction in a container using a Roll-Pac compactor

The experiment showed that it was possible to achieve approximately the same density (117kg dm/m³) using this method as was possible using the crane and loader bucket fitted to a transport rig (115kg and 137kg dm/m³ respectively). Given that a larger tractor than was originally intended was required to fill the container and the fact that it was time-consuming to position the container alongside the Roll-Pac compactor, it was decided that this method would be too costly to warrant attempting an experiment at full-scale.

Silage bag compaction, handling and storage

The maximum density achieved using this method was approximately 126kg dm/m³. This is an approximate figure given that the volume of the bag was difficult to measure (see Figure 7). The result achieved fell far below that of the test performed on straw in Västerbotten County, Sweden, where a density of 176kg dm/m³ was achieved. The logistical tests carried out revealed the need for a cargo net and a large tractor in order to be able to raise the bag high enough to place it into a container. Dividing the bag into sections was not successful because hemp does not stick together after being compacted using a silage bag press. It was decided that it would be neither cost-effective nor realistic to use a silage bag press in a full-scale logistical experiment. Also, because the plastic had been destroyed during the process and the covering was blown away by heavy rain and strong winds, the hemp became damp and began to mould.

Compaction using round balers

Baling the chopped hemp resulted in the best compaction (202kg dm/m³). Unfortunately, too much spillage occurred in the process for this to be a satisfactory method to attempt at full scale.

Compaction using a Fliegl trailer

The result of this test using a Fliegl trailer showed that compaction using the Fliegl system made it possible to increase the volumetric weight of the hemp by 50 per cent as compared with loose hemp. The difference in density was measured as 54kg dm/m³ compared with 80 kg dm/m³. The tests showed that neither repeated compaction nor the amount of hemp in the trailer made a significant difference to the density achieved.

Practical logistical experiments

Compaction in a transport rig using a crane and loader bucket

The results of these experiments varied markedly. During the experiment carried out in 2008, the density achieved was 130kg dm/m³ for the entire lorry. In 2009, several attempts yielded a density of only 90kg dm/m³ or 0.45MWh/m³. This discrepancy may be a result of the fact that two different sub-contractors were used, and thus, two different buckets. It is also possible that the hemp differed somewhat, e.g. in the coarseness of its straws, the length of the straw and in its moisture content.

Immediate compaction inside the container upon harvesting

The result from this test showed that the range of results was not as great as was seen with the transport rig. Three separate measurements revealed a density of between 60kg and 71kg dm/m³, or between 0.30MWh and 0.36MWh/m³. The other two measurements were a combination of measurements taken from several growers. There was some doubt as to the degree of accuracy of these measurements and they were not fully documented.

Results pertaining to the cost and energy balance of the two logistical systems

Using the system with containers, transportation from the field to the roadway cost almost the same amount as transportation from there to the end-user. For the system that made use of the transport rig, transportation from the field to the roadway cost five times as much as did transportation from there to the end-user. This was because the transport rig system was able to transport nearly twice as much for each trip made as the container system could; also because it required a greater number of trips to transport the hemp from the field using a tractor trailer. The tractor trailer carried 1,588kg and the containers 2,137kg per trip, respectively. The energy balance calculations for the container system and the transport rig system were 59MWh and 52MWh hemp per MWh of diesel consumed, respectively. Recalculated so as to show how much each system cost based on energy content and distance, it was shown to be SEK 32/MWh cheaper to use the transport rig a distance of 10km and SEK 13kr/MWh cheaper at a distance of 70km than to use containers.

Conclusion

These studies have shown that it is possible to compact chopped hemp from a density of 60kg dm/m³ (0.30MWh/m³) when harvesting directly into the container, to a density of 202kg dm/m³ (1.01MWh/m³) using the baler. The original compaction target was a volumetric weight of 250kg/m³. Though this aim was not realised, the results achieved proved to be close to those of the practical experiments carried out on the island of Gotland in Sweden [7]. The results differed from those achieved on Gotland in as much as that the shorter the length at which the hemp was chopped, the lower the volumetric weight achieved. On Gotland, the length at which the stalks were cut proved to have the opposite effect. The result of the test carried out using the round baler was comparable with that of an Orkel round baler, according to the report *Hampans möjligheter som energigröda* (Translation: Hemp's Suitability as an Energy Crop) [8]. A comparison with the study *Orienterande studie av transportkapacitet i befintliga transportsystem* (translation: Orientation Study of the Transport Capacity in Existing Transportation

Systems) [9], in which the compaction of hemp was performed, showed that results did not differ significantly. As such, it was determined that straw and hemp react similarly to compaction.

This project has demonstrated that the transport rig system has the best potential for large-scale use as compared with the alternate systems trialled. According to our calculations, the transport rig was the most cost-effective system measured in kronor per energy content. In addition, this system is also flexible. From an environmental standpoint, however, the energy balance showed that the container system was slightly superior.

Keywords: Hemp, logistics, compaction and energy balance

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	1
1.1	BAKGRUND	1
1.2	BESKRIVNING AV FORSKNINGSSOMRÅDET	2
1.3	FORSKNINGSUPPGIFTEN OCH DESS ROLL INOM FORSKNINGSSOMRÅDET	3
1.4	MÅL OCH MÅLGRUPP	4
2	UTFÖRANDE OCH RESULTATREDOVISNING.....	5
2.1	KOMPRIMERINGS- OCH HANTERINGSFÖRSÖK.....	6
2.2	PRAKTISKA LOGISTIKFÖRSÖK	20
2.3	BERÄKNING AV LOGISTIKSYSTEM	22
3	RESULTATANALYS	27
4	SLUTSATSER.....	29
5	REKOMMENDATIONER OCH ANVÄNDNING.....	30
6	FÖRSLAG TILL FORTSATT FORSKNINGSGÄRBE	31
7	LITTERATURREFERENSER	32

Bilagor

- A SAMMANSTÄLLNING AV RESULTAT**
- B ENERGILATHUND "EFFEKTIVA VÄRMEVÄRDEN FÖR BIOBRÄNSLEN VID OLIKA FUKTHALT"**
- C PROGRAM FÖR WORKSHOPEN "FRÅN ÅKER TILL FÖRBRÄNNING"**

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Intresset för bioråvaror är stort beroende på att användningen av biobränsle vid framställning av energi samt attdrivmedels- och kemikalieproduktion med biologisk råvara som bas har ökat avsevärt. Det innebär att pappers- och massaindustrin som tillsammans med sågverken i princip varit ensamma om att nyttja råvaran från skogen har fått konkurrens. Genom att öka produktionen av bioråvara från åkermark och få en långsiktigt hållbar råvaruproduktion kan konkurrensen minska. Projektet har skett i samarbete med ett flertal markägare, SLU i Umeå, LRF i Västernorrland och Jämtlands län, Maskinring Norr och Maskinring Västernorrland, Framtidens bioraffinaderi, SITA, Domsjö Fiber och Örnsköldsviks kommun. Några av dessa företag beskrivs nedan.

Det finns ett stort intresse från företag i Örnsköldsvik och Umeå att vara delaktiga i ett samarbetsprojekt som kallas Framtidens bioraffinaderi [1]. Där ingår Övik Energi och stora delar av företagen på industriområdet i Domsjö som använder varandras produkter och biprodukter.

Övik Energi AB är ett helägt kommunalt bolag som levererar ånga, el, fjärrvärme, fjärrkyla och bredband. Övik Energis kraftvärmeverk "Hörneborgsverket" är nybyggt och startade upp hösten 2008. Hörneborgsverket producerar energi i form av ånga, elkraft och fjärrvärme. Kraftvärmeverkets effekt uppgår till 130 MW av detta blir 40 MW elkraft och 90 MW ånga och fjärrvärme. På ett år producerar kraftvärmeverket 500 GWh ånga, 300 GWh el och 300 GWh fjärrvärme [2].

Industrin har ett växande behov av ånga till sina processer. En del av den ånga som produceras i Hörneborgsverket förses de närliggande industrierna Domsjö Fabriker, Akzo Nobel och SEKAB med energi. Genom det unika samarbetet med industrin kan kraftvärmeverket användas med full kapacitet året om.

Hörneborgsverket producerar förnyelsebar energi. Energin kommer till största delen från biomassa som bark, grot (toppar och grenar), torv och flis. Intresset har på senare tid ökat för nya bränslen som kvistmassa, bioslam och bioharts. I kraftvärmeverket eldas det också biogas. Den produceras i Domsjö Fabrikens, AkzoNobels och Sekabs anaeroba biorening.

Energigrödor från åkermark som hampa, rörflen och salix är också nya bränslen vilka kan ingå i bränslemixen. Andelen energigrödor av det totala råvaruintaget kan bestå av 7- 10 % på sikt. Detta innebär att det behövs ca 5 000 ha energiodlingar för att täcka behovet. Enligt beräkningen ska det finnas odlingsbara marker, som sannolikt kommer att bestå av mindre arealer, på en radie av ca 7-8 km från Hörneborgsverket. Energibolaget vill köpa in biobränslen i flisad eller hackad form som ska levereras direkt i flisficka utan mellanlagring och med minsta möjliga hanteringskostnad. 1,1 TWh biobränsle per år kommer att behövas när kraftvärmeverket går för fullt. Bränslet kommer via lastbilar, tåg och fartyg.

Marknaderna för cellulosaved och biobränsle har allt mer utvecklats till en gemensam marknad. Därför har Domsjö Fabriker AB och Övik Energi AB gått ihop och bildat ett gemensamt bolag Domsjö Fiber. Bolaget samordnar inköp, logistik och administration. Domsjö Fiber förser sina ägare med en stor mängd biomassa som motsvarar ca 2,86 TWh till Domsjö Fabriker och 1,1 TWh till Övik Energi. Dessa biobränslen anskaffas huvudsakligen på den norrländska virkesmarknaden samt genom import från Östersjöområdet. Domsjö Fiber ser gärna att entreprenörer anordnar terminaler där grott och andra skogsbränslen ska samlas in för att eventuellt bearbetas för vidare transport på lastbil eller tåg till kraftvärmeverk. Entreprenörerna ska säkerställa leveranssäkerhet, kvalitet och bästa energi- och miljöbalans. Domsjö Fiber vill köpa in färdigbearbetat bränsle som kan transporteras direkt till flisfickan antingen med lastbilar, tåg eller med båt. Målet är att öka tågtransporterna från 3 i veckan till 1-2 tåg per dag [3]. Entreprenören ska även vara den som är kontakten mellan skogsägare och Domsjö Fiber.

Projektet samarbetar med Örnsköldsvik kommuns tillväxtavdelning. Tillväxtavdelningen driver ett utvecklingsprojekt, som kallas Världsklass 2015. Där ingår en arbetsgrupp vars syfte är att stödja projekt som vill ersätta fossila bränslen med förnyelsebara. Arbetsgruppen som kallas "Bortom oljan" deltar i detta projekt genom att sitta i styrgruppen. Kommunens främsta syfte med att delta är att de ser potential ur ett miljö- och samhällsperspektiv. Aktiviteterna ger både ett öppnare landskap, fler arbetstillfällen och företag i landsbygden.

SITA, som inte ingår i Framtidens bioraffinaderi, arbetar med avfallshantering. De har egna behandlingsanläggningar, deponier samt egen konsult- och transportverksamhet. Koncernen omsätter cirka 1,8 miljarder kronor [4]. SITA och andra aktörer som håller på med transporter är i stort behov av att minska kostnaderna för dessa genom bl.a. komprimering. SITA's driftansvarig i Örnsköldsvik har tagit fram ett par olika metoder för komprimering. Projektet valde att använda en RollPac-rullkomprimator [5] som används till att komprimera till exempel träpallar.

1.2 Beskrivning av forskningsområdet

Här visas en sammanställning av de försök som har gjorts på energigrödor, vilka resultat som de har gett och vilka komprimeringsnivåer som bör eftersträvas för att få en kostnadseffektiv logistik.

En tidigare litteraturstudie "Förstudie angående energigrödor" [6] visade på områden som inte var klargjorda. Det fanns inte så många studier på komprimering av hackad hampa (där samma testmaterial) hade används till olika metoder. Därigenom går det inte att direkt jämföra metoderna.

I Värmeforsk rapport "Förstudie - sammanställning och syntes av kunskap och erfarenheter om grödor från åker till energiproduktion" [7] framkommer att det finns ett behov av åtgärder för att minska kostnaderna för stråbränslen i frågan om hantering,

lagring och transport. Komprimering ingår som ett exempel på önskvärda åtgärder. Det efterfrågas även systemstudier för att identifiera effektiva logistiska lösningar inom specifika regioner. Det sägs vidare att projekten bör beakta samordning av olika energigrödor, analysen bör inkludera leveranssäkerhet samt analysera systemets miljöbelastning. Enligt Värmeforsks förstudie [7] har praktiska erfarenheter från Gotland visat att volymvikten vid transport av lös hackad hampa bedömts till ca 70 kg ts/m³ vid en hacklängd på 26 mm och till 115 kg ts/m³ vid en hacksel längd på 18 mm.

I Energigårdens slutrapport "Hampans möjligheter som energigröda" [8] vars syfte var att studera hampans väg från åker till konsument samt ekonomin kring detta. Green4u (som ingick i projektet) testade tre olika metoder att komprimera exakthackad hampa, vilket fungerade bra. Metoderna var att pressa vårskördad, hackad hampa i rundbalar med balpress, vilket gav resultatet 162 kg/m³ till en kostnad av 770 kr/ton hampa.

Orkelpress, en övermatad majspress, vilket gav resultatet 204 kg/m³ till en kostnad av 357 kr/ton. Vanlig sopbil, vilket gav resultatet 197 kg/m³ till en kostnad av 127 kr/ton.

Erfarenheter från pressmetoderna visade att "hampaullen" (fiber och skävor) går att komprimera till ca 190 kg/m³. Dock blir kostnaden alldeles för hög om inte värde sätts på inplastning för lagring utomhus. Transport med en komprimeringsbil (sopbil) kan vara ett billigare alternativ, om mängden inte är för stor. Vid stora mängder som skall flyttas många mil, blir säkert öppna containers, som används till skogsflis, det i särklass billigaste transporten. Det är en metod som Green4u ej har provat.

I en studie "Orienterande studie av transportkapacitet i befintliga transportsystem" [9] har komprimering av halm utförts av Maskinring Norr. Metoder som användes var fyrkantsbalar (175 kg/m³), rundbalar 150cm (162 kg/m³) och 120cm (175 kg/m³), snittvagn (104 kg/m³), hack + 40m³ container (57 kg/m³), container 40m³ packad av lastmaskin (100 kg/m³), slangpress (176 kg/m³) samt en sopbil 17m³ (233 kg/m³). Resultatet gav att högsta komprimeringen skedde i sopmaskinen, men att den hade för lite volym för att kunna transporteras långt. Det intressantaste var att det visade sig att slangpressning komprimerades lika mycket som i balarna. Importören rekommenderar att exakthackat material bör användas.

I JTI's rapport "Jordbruket som leverantör av åkerbränslen till storskaliga kraftvärmeverk- Fallstudie Värtan" [10] där de har studerat ett antal logistikkedjor för halm och salix. Studien bygger på olika hanteringsformer och transport med lastbil, tåg och båt för avstånden 100 respektive 250 km. I rapporten har det kommit fram bland annat att det krävs åtgärder kring komprimering av grödorna för att minska transportkostnaderna. Volymvikten anses vara en kritisk faktor vid val av hanteringsform, och bör den optimala volymvikten för tåg ligga kring 300-350 kg/m³ och för lastbil 250 kg/m³.

1.3 Forskningsuppgiften och dess roll inom forskningsområdet

Projektet bidrog till forskningsområdet med att göra komprimerings- och logistikförsök med hackad hampa. Projektets viktigaste fråga var att svara på vilket logistiksystem som är det mest effektiva avseende hackad hampa med tanke på ekonomi och koldioxidutsläpp.

1.4 Mål och målgrupp

Målet var att hitta ett logistiksystem som ur ett ekonomiskt och miljömässigt sätt är mest fördelaktigt. Projektet riktade sig främst mot markägare och energibolag. Andra intressenter är industrier, universitet och andra pågående projekt i närliggande ämnesområde.

2 Utförande och resultatredovisning

Inom projektet har logistiksystem studerat hackad hampa från åker till slutanvändare. Ett förförsök utfördes under 2008. Då gjordes praktiska försök att lasta, transporter och lossa hampan med en flisbil, containersystem (som lastas med en traktor) och ensilageslang. Det har även utförts komprimeringsförsök med traktorskopa (Volvo L90), RollPac-rullkomprimator, slangpressing, rundbalspress, grotbil, Fligelvagn och komprimering direkt från skördemaskinen. Utifrån resultaten från förförsöket som gjordes under 2008, valdes två system. Det ansågs att flisbilen samt ett containersystem där containrarna fylls direkt efter skördemaskin var de system som var intressantast att testa i ett fullskaligt försök under 2009. Urvalsfaktorer var flexibilitet, antal mantimmar, antal maskiner och komprimeringsgrad. Hampan lagrades under sommaren på terminal för att sedan transporteras till området vid kraftvärmeverket. Som täckmaterial användes grotpapp och sedan användes grot och stubbar för att hålla kvar pappen.

Under både förförsöket och fullskaleförsöken har hanteringen av lastning, transport sätt och lossning dokumenterats. Det dokumenterades också på arbetstider och ståtider. Entreprenörerna har fått uppskatta dieselförbrukningen för maskinerna. Utifrån denna förbrukning av diesel har mängden koldioxidutsläpp beräknas med hjälp av Preems utsläppssnurra.

Efter varje komprimeringsförsök har transportfordonen vägs in vid virkesmätning terminalerna i Husum eller i Domsjö. Torrhaltsbestämning har gjorts på respektive virkesmätningsterminal med samma rutiner som vid hantering av flis, enligt VMR.s kvalitetshandbok. Mätningarna har utförts av erfaren personal som har vana med torrhaltsprov, mätning av vikt och att uppskatta volymer av virke och flis.

2.1 Komprimerings- och hanteringsförsök

2.1.1 Komprimering direkt från skördemaskin



Figur 1. Skörd av hampa våren 2008. Det skördades med en Jaguarhack med majsbord. Test gjordes för att visa hur mycket hampan komprimerades direkt från skördemaskinen. Foto Yvonne Söderström

Figure 1. Hemp harvest, spring 2008. The hemp was harvested using a Jaguar harvester with a Maize header. Tests were conducted in order to determine how much hemp was compacted directly by the harvester itself. Photo Yvonne Söderström

Våren 2008 skördades hampa strax norr om Örnsköldsvik. En Jaguarhack med majsbord användes för ändamålet. Det gjordes ett test hur mycket hampan komprimerades direkt från skördemaskinen. Vid testet användes en jordbruksvagn som rymde 12 m^3 . Vagnen hade en meter höga lemmar, se figur 1. När vagnen var fylld, åkte traktorn iväg med den till virkesmätningsterminalen i Husum. Där vägdes den och hampan torrhaltsbestämdes. Terminalens personal uppskattade volymen till 8 m^3 . Resultatet från testet visade att hampan hade densiteten 76 kg ts/m^3 eller motsvarande energiinnehåll $0,38 \text{ MWh/m}^3$.

2.1.2 Komprimering med en flisbil



Figur 2. Lastning och komprimering av hackad hampa med en kran med skopa. Foto Yvonne Söderström

Figure 2. Loading and compaction of chopped hemp using a crane and loader bucket. Photo Yvonne Söderström

I början av juni 2008 hämtades hampa hos två stycken odlare i Bjärtrå, Kramfors. Till transporten användes en lastbil med släp som tillsammans hade en volym på 128 m³. Fordonet hade en kran vars räckvidd var 10 meter. På kranen satt en skopa som rymde 1,4 m³, se figur 2. Under lastningen pressades hampan ner med hjälp av skopan. En fördel med flisbilen var att skopan hade en inbyggd våg så odlarna fick veta ungefär hur mycket hampa de hade skickat iväg. Det var en differens på ca 4 % mer i lastbilen än vad skopan vägde in. Vägning och fuktighetsbestämning utfördes utan problem på virkesmätningsterminalen i Husum. Hampan transporterades efter att ekipaget hade vägs till terminalen i Dombäck, se resultatet i tabell 1. Lossningen fungerade men det blev ett stort dammoln vilket kan skapa ett kommande problem för arbetsmiljön och området kring flisfickan.

Tabell 1. Resultatet från komprimeringen i en flisbil 2008

Table 1. Result of compaction using a transport rig, 2008.

Komprimeringsförsök i en flisbil 2008	kg ts/m ³	MWh/m ³
1. Bil med uppskattad volym av 30 m ³	115	0,58
2. Släp med uppskattad volym av 60 m ³	137	0,69

2.1.3 Ej komprimerad hampa i container



Figur 3. Traktor som fyller en 38 m³ container med lös hackad hampa utan att komprimera. Detta försök ska fungera som en referens till de kommande komprimeringsförsöken. Foto Yvonne Söderström

Figure 3. Tractor filling a 38m³ container with loosely chopped hemp (no compaction). This experiment served as a reference sample for the subsequent compaction attempts. Photo Yvonne Söderström

I början av juni 2008 utfördes det två logistikförsök med containrar. Containrarna rymde 38 m³ och hade ett rörligt tak som fälldes upp mekaniskt från ena sidan. Det var planerat att använda en jordbrukstraktor att fylla containern men lyftarmarna hade inte tillräcklig räckvidd, istället användes en Volvo L70. Containern fylldes upp till kanten utan att komprimera hampan, se figur 3. Detta test skulle användas som referens till de andra containerförsöken. Lastbilen åkte sedan till virkesmätningsterminalen i Husum för

torrhaltsbestämning, vägning och uppskattning av volymen. Sedan transporterades hampan till terminalen i Dombäck för vidare komprimeringstester.

Resultatet på icke komprimerad hampa i container visade en densitet på 62 kg ts/m³ eller energiinnehållet 0,31 MWh/m³.

2.1.4 Komprimering i en container med en traktorskopa



Figur 4. Traktor komprimerar hampan med skopan i en 38 m³ container. Foto Yvonne Söderström

Figure 4. The tractor compacts the hemp in a 38m³ container using its bucket. Photo Yvonne Söderström

I det andra försöket lastades samma, 38 m³, container med hjälp av en Volvo L90. Hampan komprimerades med traktorns skopa, se figur 4. Valet av traktor bestämdes efter hur högt traktorn kunde lyfta lyftarmarna. Både jordbrukstraktorn och Volvo L70 valdes bort. Det visades sig att det inte var möjligt att börja komprimera förrän containern var fylld till ca 3/4 för att skopan inte räckte ner och/eller traktorn var för låg. Lastbilen åkte till virkesmätningsterminal i Husum för vägning, torrhaltsbestämning och uppskattning av volymen. Sedan transporterades hampan till terminalen i Dombäck för vidare försök. Containern tömdes genom att tippa containern med hjälp av hydraulik från lastbilen. Hampan lossades utan problem.

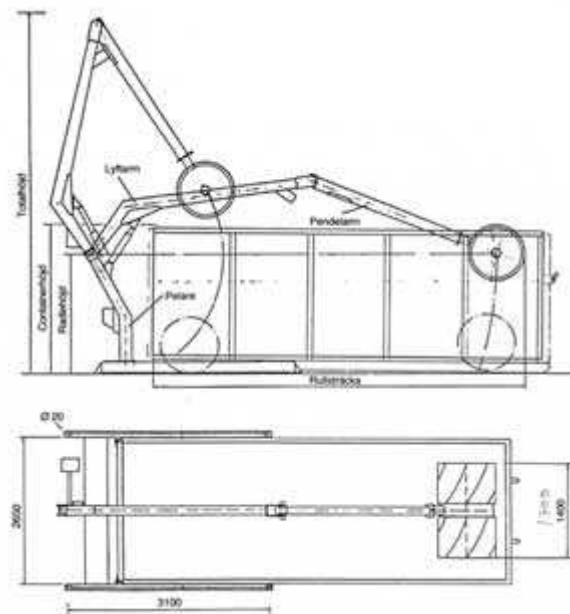
Resultatet från komprimeringen med hjälp av traktorskopa blev densiteten 99 kg ts/m³ eller energiinnehållet 0,50 MWh/m³.

2.1.5 Komprimering i en container med en RollPac



Figur 5. Visar Roll-Pac-komprimatorns placering vid en container och hur rollen rullar och komprimerar hampan. Foto Yvonne Söderström

Figure 5. Here the Roll-Pac compactor's position alongside a container and the way the roller turns and compacts the hemp is shown. Photo Yvonne Söderström



Figur 6. Figuren visar en skiss över en Roll-Pac-komprimator, standard modell. Källa www.rollpac.se

Figure 6. This figure shows a diagram of a Roll-Pac compressor, standard model. Source: www.rollpac.se

I juni 2008 gjordes ett försök att komprimera hampan med hjälp av en Roll-Pac-komprimator. Systemet fungerade så att en container (här 30 m^3) ställdes mellan Roll-Pac-komprimatorns stödben och dess arm med rullen nedfäld i containern, se figur 5. Rullen snurrar och driver armen framåt och vid ändläge byter rullen rotationsriktning och armen går tillbaka, detta sköts med automatik, se figur 6. Rullens vikt är 1000 kg och trycks ner av egen tyngd. Vid försöket visade det sig att hampan inte hade tillräckligt med motstånd så att rullen kunde arbeta sig till ändläget, vilket gjorde att den grävde ned sig i materialet. Försök gjordes att fylla mest vid kortsidorna av containern för att rullen skulle få mer att arbeta med och på så sätt kunna ändra rörelseriktning vid kortsidorna. Det blev inte någon förbättring. När containern var fylld till 3/4 kunde rullen arbeta som den skulle. Om Roll-Pac-komprimatorn hade haft bredare rulle så den tog hela containerns bredd plus att styrningen skulle sitta på armen och regleras när rullen närmar sig containerväggen, skulle den troligtvis fungera bättre på löst material som hampa. Hampan transporterades till värmeverket i Bjästa och lossades genom att tippning av containern. Detta fungerade utan problem. Resultatet från försöket gav en densitet på 117 kg ts/m^3 eller energiinnehåll på $0,59 \text{ MWh/m}^3$.

2.1.6 Slangpressning



Figur 7. Hampan komprimerades med en slangpress på terminalen i Dombäck. Närmast ligger ett cargonät som skulle användas till att lyfta slangen. Foto Yvonne Söderström

Figure 7. The hemp was compacted using a silage bag press at the depot in Dombäck. In the foreground is the cargo net that was used to lift the bag. Photo Yvonne Söderström

Ett försök att komprimera hampan med hjälp av en slangpress gjordes i juni 2008. Metoden används i vanliga fall vid lagring av ensilage. I detta projekt har det används exakthackad hampa och slangpressen som användes i detta försök gjorde "8 fots slang". Det användes Euro bag plast som vägde 1,7 kg per löpmeter. Två slangar producerades med en längd på vardera 7 meter. Längden bestämdes utifrån att slangen skulle lyftas upp på ett lastbilsflak. Det gick bra att komprimera hampan, fibern fastnade inte i inmatningen som man kunde befara. När slangen var gjord visade det sig att den inte var så fast som det var förväntat. Den sjönk ihop och hade mer en oval form än rund med måtten ca 2,8 meter bred och en medelhöjd på 1,8 meter, se figur 7. Lastbilen med visiröppning (öppnas på sidan, ej tippbar) vars innermått var 2,50 meter skulle användas vid försöket fick avskrivas då den inte skulle kunna stänga sidan. Därför användes en traktor och en vagn med öppet flak i försöket för att kunna väga slangen, se nedan.

2.1.7 Lastningsförsök av "slangar"



Figur 8. Traktor försöker lyfta "slangen" med pallgafflar till ett lastbilsflak. Slangen gav vika och plasten gick sönder. Foto Yvonne Söderström

Figure 8. The tractor attempts to lift the 'bag' onto a lorry platform using pallet forks. The stress on the bag caused the plastic to split. Photo Yvonne Söderström

Förutsättningen inför detta försök var förhoppningen att hampans fiber skulle ha en förmåga att haka i varandra, så att den skulle hålla formen vid en hantering efter den hade pressats i en slang. Därför utfördes tre olika försök att lyfta slangar, för att visa om uttalandet stämde. Först gjordes det ett försök att lyfta slangan med hampa med hjälp av en Volvo L90. Traktorn var försedd med pallgafflar. Tanken var att kunna lyfta upp slangan på ett lastbilsflak. Det resulterade i att slangan vek sig och plasten gick sönder, se figur 8.



Figur 9. Lastning av slang med hjälp av ett cargonät för vidare transport till virkesterminalen för vägning. Foto Yvonne Söderström

Figure 9. Loading the bag with the help of a cargo net for transport to the timber terminal for weighing. Photo Yvonne Söderström

I det andra försöket användes ett cargonät tillverkat av lastband. Cargonätet har sytts upp med måtten 4 x 7 meter med rutöppningar på 0,5 x 0,5 meter och öglor i ändorna. I första försöket med cargonätet användes två lyftstroppar som var fastsatta i ändarna på nätet. En Volvo L90 med pallgafflar användes för att försöka lyfta slangen. Resultatet visade att nätet grävde in sig i slangen samt spännbanden tämjdes ut och blev för långa. Detta gjorde att traktorns lyftarmar inte nådde tillräckligt högt så att slangen kunde lyftas från marken. I ett andra försök användes ett spännband som sattes i mitten av slangen men även den tämjdes ut så att det inte gick att lyfta slangen. Vid ett tredje försök tömdes slangen till 6 meter för att kunna utnyttja mer av nätet som hade hamnat under slangen. Därefter lades en stålbalk ovanpå (längst efter slangen) och spändes fast med nio spännband och två lyftstroppar. Slangen kunde nu lyftas (ca 1,4 meter högt) med en Volvo L90. Slangen lastades på ett öppet flak, se figur 9, för vidare transport till virkesmätningsterminalen för vägning.

Resultatet visade att slangen hade en densitet på 126 kg ts/m³ eller 0,63 MWh/m³.



Figur 10. Fotot visar lastning av en slang i en container. Foto Yvonne Söderström

Figure 10. This photo shows a bag being loaded into a container. Photo Yvonne Söderström

Försök med att lossa slangen när den låg på det öppna flaket gjordes inte eftersom flaket inte var tippbart. När hampan skulle transporteras från terminalen till värmeverket i Bjästa lyftes slangen med hjälp av cargonätet upp på en 20 m³ container. Valet av storlek av container berodde på att slangen inte gick att lyfta mycket mer än 1,50 meter högt med L90, det visades sig sedan att det krävdes en L180 för att få ner den i containern. Slangen var inte så formbar som vi hade hoppats, utan det behövdes två stora traktorer (Volvo L90 och L180) för att få den på plats. Vid lossning av slangen tippades den ur containern utan problem. Tanken var att binda fast kortsidan på slangen som var mot hytten. Därefter skulle den andra änden skäras upp och hampan falla ur slangen när flaket tippades. Detta gjordes inte på grund av att vi ville ha kvar plasten i lagringssyfte.

I denna omgång gjordes inget försök att lyfta en sprättad slang med lastbilskran. Resultat av lastning med gafflar och skopa visade att materialet inte höll ihop som var vår förhoppning.

Resultatet visade att det inte var ett ekonomiskt eller flexibelt sätt att transportera hackad hampa i slangar.



Figur 11. Fotot visar lastning av en tredjedels slang. Foto Yvonne Söderström

Figure 11. This photo shows the loading of a one-third section of a bag. Photo Yvonne Söderström

I det tredje försöket lastades slangen med hjälp av en traktorskopa. Slangen hade först delats i 2 meters bitar, men det var problem att få upp slangen i skopan. Det behövdes två traktorer för att få i en del av slangen i en skopa. Materialet höll inte ihop utan det föll enkelt ut ur plasten. Utifrån försöket antogs det att om skopan hade tagit hampan utan plast, skulle inte komprimeringen bevaras vid hanteringen.

Resultatet visade att hampan inte bevarade sin form efter slangpressning, detta gjorde att systemet inte användes i de fullskaliga försöken under 2009.

2.1.8 Rundbalspressning



Figur 12. Hackad hampa som har komprimerats med en Rundbalspress. Efter balen syns en ca 15 centimeters tjock "matta" av skävor som har sållats bort från balpressen. Foto Yvonne Söderström

Figure 12. Chopped hemp that has been compacted using a round baler. Behind the bale is an approximately 15cm-thick 'carpet' of shives that have been left behind by the baler. Photo Yvonne Söderström

Det gjordes ett test att bala den hackade hampan för att se hur hög densitet som kunde uppnås. Det användes en rundbalspress för att göra balarna, och ett nät för att hålla ihop dem. Testet visade att pinnarna för upptagandet tog med sig mestadels fiber och sållade bort skävorna, se figur 12. Fibern fastnade inte i de roterade maskindelarna som var befarat utan det fungerade tekniskt bra. Det gjordes sju balar som ställdes på en traktorvagn för vägning på virkesmätningsterminalen i Husum. I beräkningarna togs det ett medeltal av vikten och volymen av balarna. När balarna skulle lastas för vidare transport till värmeverket, användes en traktor med pallgafflar. Det visade att balarna var svåra att hantera eftersom nätet inte riktigt kunde hålla ihop balen. Balarna var ganska lösa och hampan rasade lätt ut på sidorna. Balarna lastades i en container och när de skulle lossas (tippa container) gick flera av dem sönder. Det krävdes en varsam hantering vid lastning och lossning.

Resultatet av testet visade att balarnas densitet var 202 kg ts/m^3 eller hade energiinnehåll av $1,01 \text{ MWh/m}^3$.

2.1.9 Komprimering i en Flieglvagn



Figur 13. Bilden visar när den gröna framgaveln har förskjutits bakåt i vagnen och när bakgaveln är upplyft. Foto Yvonne Söderström

Figure 13. This picture shows when the green front plate was pushed backward into the trailer and the back plate was raised. Photo Yvonne Söderström

Under en dag, våren 2009, gjordes en rad komprimeringsförsök med en Flieglvagn som rymde 30 m³. Flieglvagnen var konstruerad så att den kunde skjuta framgaveln bakåt i vagnen, se figur 13. I vanliga fall används funktionen för att lossa material från vagnen. Framgavelns funktion samt lyftfunktionen av bakgaveln var helt hydraulisk, de var kopplade till traktorns hydraulsystem.



Figur 14. Bilden visar när framgaveln var i framkant och bakgaveln var nerfälld. Skotaren fyllde vagnen med hampa med hjälp av en grip. Foto Yvonne Söderström

Figure 14. This picture shows when the front plate was at the front and the back plate was lowered. The forest tractor filled the trailer with hemp using a grapple loader. Photo Yvonne Söderström

I försöket komprimerades hampan mot bakgaveln med hjälp av framgaveln. Komprimeringen gjordes med max 100 bars tryck och det var möjligt att trycka kontinuerligt eller intermittent. Det användes en skotare med grip som fylldes Flieglvagnen med hampa, se figur 14.

Först gjordes en referenstest där hampan inte komprimerades. Därefter komprimerades den fyllda vagnen i sex omgångar (2-3 komprimeringar per omgång), totalt 14 tryckningar. Skotaren kunde fortsätta fylla vagnen mellan varje komprimeringsomgång. För att spara tid i det tredje försöket utgick framgavlen från mitten av vagnen, därefter fylldes vagnen. Varefter vagnen komprimerade hampan och fylldes igen flyttades framgaveln framåt tills vagnen var full. Det komprimerades i 16 omgångar (med 2-4 komprimeringar per omgång), totalt 39 tryckningar. Vid de två sista testerna lastades vagnen med en tredjedel åt gången. Framgaveln utgick från framkant och komprimerade med fulla utslag efter varje påfyllning, detta gjordes i tre omgångar (med 2-3 komprimeringar per omgång), totalt sju komprimeringar. Se resultaten i tabell 2.

Tabell 2. Resultatet från komprimeringen i en Flieglvagn 2009. Torrhalten var 87 %.

Table 2. The result of compaction using a Fliegl trailer in 2009. Dry matter content: 87%.

Komprimeringsförsök i en Flieglvagn (30m ³)	kg ts/m ³	MWh/m ³
1. Referens full vagn m. lös hampa	54	0,27
2. Full vagn kompr. med helt utslag, 6 x 2-3 kompr. totalt 14 kompr.	80	0,40
3. 1/4 vagn kompr. från mitten av vagnen, 16 x 2-4 kompr. totalt 39 kompr.	80	0,40
4. 1/3 lastas var gång med, 3 x 2-3 kompr. totalt 7 kompr.	75	0,38
5. 1/3 lastas var gång med, 3 x 2-3 kompr. totalt 7 kompr.	75	0,37

2.2 Praktiska logistikförsök

2.2.1 Flisbil



Figur 15. Lastning med en flisbil som har kran och skopa. Hampan komprimerades sedan med hjälp av skopan. Foto Yvonne Söderström

Figure 15. Loading using a transport rig fitted with a crane and loader bucket. The hemp was then compacted using the bucket. Photo Yvonne Söderström

Våren 2009 gjordes det praktiska logistiktester med en flisbil, se figur15. Vid skördetillfället lades hampa i stack på en asfalterad plan. Dagen efter anlätades en entreprenör som hämtade och transporterade hampan till en terminal för grot. Skopan rymde 100-150 kg hampa och genom att trycka ner skopan i vagnen ett flertal gånger komprimerades hampan. Flisbilen rymde totalt 133 m³ och den fylldes alldeles till kanten. Innan flisbilen lossade sin last körde den till Domsjö Fabrikers virkesmätningsterminal för torrhaltsbestämning och vägning. Flisbilen fick åka två vändor för att hämta upp hela skörden. Entreprenören hämtade även upp hampa på ett annat ställe där det räckte med att fylla flaket på bilen, se punkt 3 i tabellen nedan. Resultatet visade sig ha en stor spridning, se tabell 3. Det har inte undersökts varför det blev så. Det skulle behövas göras fler försök och mätdata för detta.

Tabell 3. Resultatet från logistikförsök en flisbil 2009

Table 3. Result of logistical experiment, transport rig, 2009.

Logistikförsök med en flisbil 2009	kg ts/m ³	MWh/m ³
1. Bil med släp 133 m ³	90	0,45
2. Bil med släp 133 m ³	65	0,33
3. Bil utan släp 46 m ³	89	0,45

2.2.2 Direkt i containrar efter skördemaskin



Figur 16. Container som fylls direkt vid skörden. Foto Holger Forsberg

Figure 16. Container being filled directly during harvesting. Photo Holger Forsberg



Figur 17. Containrarna fraktades med en lastväxlare till en terminal där de lossades. Foto Yvonne Söderström

Figure 17. The containers were transported to a depot, where they were then unloaded. Photo Yvonne Söderström

Våren 2009 utfördes ett praktiskt försök med att köra ett containersystem. Det planerades för att använda tre containrar och på så sätt hålla nere kostnaden för transporten men eftersom skördenivån var låg användes två containrar istället, se figur 17. Containrarnas volym var 40 m^3 . I försöket användes en traktor som med hjälp av en lastväxlare kunde dra en container efter sig. Traktorn körde bredvid skördemaskinen och fick därmed containern fylld direkt, se figur 16. Det gick bara att fylla containrarna till två tredjedelar. Dels kunde detta bero på det inte gick att fylla jämt i containrarna från hacken samt att hampan kunde ha sjunkit ihop under transporten till virkesmätningsterminalen. Containrarna flyttades därefter till en lastbil med växlarflak. Lastbilen åkte till Domsjö Fabrikers virkesmätningsterminal för torrhaltsbestämning och vägning. Därefter lossades hampan på en terminal för grot. Det kördes tre vändor med containrar som fylldes direkt från skördemaskinen, se resultaten i tabell 4.

Tabell 4. Resultaten från komprimeringen i containrar 2009

Table 4. Results of compaction in containers, 2009.

Logistikförsök med containrar 2009	kg ts/m ³	MWh/m ³
1. Två containrar direkt efter skördemaskin, 60 m^3	71	0,36
2. Två containrar direkt efter skördemaskin, 60 m^3	67	0,33
3. Två containrar direkt efter skördemaskin, 80 m^3	60	0,30

2.3 Beräkning av logistiksystem

I projektplanen fanns det förhoppningar om att göra fullskaliga logistikförsök där transporterna skulle "flyta" på bra och att flera jämförbara mätvärden skulle visas. En förutsättning för detta var att skördenivån det skulle vara 5-6 ton ts per hektar. I verkligheten växte det bara 1 ton ts per hektar. Beräkningarna på systemen baserades på verkliga tider vid skörd av 1 ton ts per hektar och tillhörande kostnader. Till skillnad mot verkligt utföra logistiksystem skiljer sig beräkningarna på några punkter. Till exempel kördes det med två containrar i verkligheten men i beräkningarna användes sex

stycken och den tid som skördemaskin stod still har inte heller tagits med. I kostnadsberäkningarna har det antagits att det fraktades fem vändor med verklig mängd i containrarna/vagnarna med hackad hampa från åkern till slutanvändare. Skördekostnaden för jaguarhacken har inte tagits med i dessa beräkningar, eftersom den har använts i alla försök. Utifrån tidsstudierna tog det ca en timme att skörda en hektar. För att beskriva kostnaden för transporter i enheten kronor per MWh, har det använts en energilathund "Effektiva värmevärden för biobränslen vid olika fukthalt" se bilaga B. Enligt energilathunden är det effektiva värmevärdet 5 MWh per ton torr hampa.

2.3.1 Logistik med flisbil

Beräkningarna visar hur mycket det kostade att anlita en flisbil för att transportera hackad hampa till en slutanvändare. Scenariot var att flisbilen hämtade hampan och transporterade till kraftvärmeverket där lasten vägs och torrhaltsbestäms hos en oberoende virkesmätningsterminal. Beräkningarna är baserat på fem vändor tur och retur för att ge ett realistiskt resultat. För att fylla flisbilen fem gånger behövdes det skörda 59,8 ton hampa. Det motsvarade ca 300 MWh. I kostnadsberäkningarna ingår transporten med traktor och vagn från åkern till åkerkant. Traktorvagnen tog ca 1,6 ton per vända till åkerkant, alltså behövde traktorn köra 38 stycken vändor. I beräkningarna har det antagits att det tog 1 timme att fylla en vagn, och att det tog 5 minuter per vända att köra och lossa traktorvagnen till åkerkanten. Hampan var upplagd så att föraren utav flisbilen kunde fylla flaken med kran och skopa utan hjälp av traktor. Det tog 6 minuter att ställa i ordning flisbilen och 75 minuter att lasta och lossa ekipaget per vända. Varje vända fraktade flisbilen 11970 kg torr hampa. Flisbilen förutsattes köra med en konstant fart av 70 km i timmen. Det tog i genomsnitt en kvart att "väga in" och 9 minuter att "väga ut" på virkesmätningsterminalen. Traktor med vagn kostade 1000 kr i timmen och flisbilen kostade 806 kr i timmen. Kostnaden för vägning och torrhaltsbestämning har inte tagits med eftersom den var lika för båda systemen. Se resultaten från beräkningarna i tabellerna 5 och 6.

Tabell 5. Tabellen visar resultatet från beräkningarna av logistikförsöket med en flisbil. Kostnad för att transportera hampa (totalt 299,3 MWh) i 10 km om fem vändor till slutanvändare.

Table 5. This table shows the results of the calculations made for the logistical experiment using a transport rig. The cost of transporting hemp (total 299.3MWh) a distance of 10km if five trips are made to the end-user.

Kostnadsbärare	Tid, tim	Kostnad kr/tim	Summa Kr/MWh
Traktor med vagn	41,2 h	1 000	137,5
Flisbil	10,2 h	806	27,4

Tabell 6. Resultatet från beräkningarna av logistikförsök med en flisbil. Kostnaden för att transportera fem vändor från olika avstånd till slutanvändare utifrån transporternas energiinnehåll på 299,3 MWh.

Table 6. The result of the calculations for logistical experiments using a transport rig. The cost of transporting five loads from varying distances to the end-user based on the energy content of the transports at 299.3MWh.

Kostnad kr/MWh	10 km	30 km	50 km	70 km
	165	173	180	188

2.3.2 Containersystem

Transport av lös hackad hampa

I kostnadsberäkningarna för transport av lös hackad hampa i ett containersystem, ingick en traktor med flakväxlare som fraktar containrarna. Traktorn följde skördemaskinen som fyllde direkt i containern. Det tog 1 timme att fylla en container med 2137 kg torr hampa. Därefter transporterades och lossades containern vid åkerkant. Det tog 5 minuter att transportera hampan från åkern till åkerkant. I beräkningarna har det antagits att lastbilen åkte fem vändor till slutanvändaren. Lastbilen tog tre containrar per vända. Totalt fraktades 6412 kg torr hampa per vända. För att hålla nere ståtiden för lastbilen, användes sex containrar i omlopp. Det tog 30 min för lastbilen att lasta och lossa containrarna vid varje vända. Lastbilen började med att lasta av sina containrar så att skördemaskinen kunde börja fylla dem, därefter åkte lastbilen tillbaka och hämtade tre nya containrar. När systemet flöt, fyllde skördemaskinen containrarna medan lastbilen transporterade containrarna till slutanvändaren. Det har antagits att lastbilen körde i en konstant fart av 70 km i timmen och att det tog en kvart att väga in lastbilen på mätstationsstationen och det tog nio minuter att väga ut (tara vikt) lastbilen. Lastbilen lämnade av containrarna på vägen tillbaka innan den hämtade de sista containrarna. Se resultaten från beräkningarna i tabellerna 7 och 8.

Tabell 7. Tabellen visar resultatet från beräkningarna av logistikförsöket med containrar. Kostnad för att transportera 160,3 MWh hampa om fem vändor på olika avstånd (10,30, 50 eller 70 km) till en slutanvändare.

Table 7. This table shows the result of the calculations for the logistical experiment using containers. The cost of transporting 160.3MWh of hemp if five trips are made from varying distances (10, 30, 50 and 70km) to an end-user.

Kostnadsbärare	Tid, tim	Kostnad kr/tim	Summa Kr/MWh
Traktor med container	16,2 h	1 000	101,4
Lastbil med tre containrar 10 km (ståtid)	20,5 h (11,3)	747	95,7
Lastbil med tre containrar 30 km (ståtid)	20,8 h (7,8)	747	97,0
Lastbil med tre containrar 50 km (ståtid)	21,1 h (4,4)	747	98,4
Lastbil med tre containrar 70 km (ståtid)	21,4 h (1,0)	747	99,7

Tabell 8. Tabellen visar resultatet från beräkningarna av logistikförsök med containrar. Kostnaden för att transportera fem vändor från olika avstånd till slutanvändare utifrån transporternas energiinnehåll på 160,3 MWh.

Table 8. This table shows the results of the calculations for logistical experiments using containers. The cost of transporting five loads varying distances to the end-user based on the energy content of the transports at 160.3MWh.

Kostnad kr/MWh	10 km	30 km	50 km	70 km
	197	198	200	201

2.3.3 Energiberäkningar

Beräkningar har utförts på hur mycket energi som fanns i hampan jämfört med hur mycket energi som förbrukades under transporten. Koldioxid och energiförbrukning var baserat på Preems diesel med inblandning av 2 % RME. I beräkningen användes data från Preems webbsida [11], som visade hur mycket koldioxidutsläppen var vid förbrukning av diesel. I beräkningen togs endast hänsyn till koldioxid som härrör från fossila kolväten. I ett flisbilssystem transporterades 52 gånger så mycket energi (MWh) som förbrukades, se tabell 9. I ett containersystem transporterades 59 gånger mer energi än som förbrukades, se tabell 10.

Tabell 9. Tabellen visar hur mycket energi hampan innehåller jämfört med hur mycket som förbrukas vid transporten med en flisbil, beräknat på ett avstånd av 70 km i fem vändor. Hampans energiinnehåll var 299,3 MWh.

Table 9. This table shows the amount of energy contained in hemp as compared with the amount used to transport it using a transport rig, calculated at a distance of 70km for five trips. The energy content of the hemp was 299.3MWh.

Transporterad energi	Diesel liter	Utsläpp ton C ₂ O	Diesel MWh	Energibalans MWh (hampa)/ MWh (diesel)
Traktor med vagn	493,9	1,2	4,8	
Flisbil	84,4	0,2	0,8	
Totalt	578,3	1,4	5,7	52,5

Tabell 10. Tabellen visar hur mycket energi hampan innehåller jämfört med hur mycket som förbrukas vid transporten med ett containersystem, beräknat på ett avstånd av 70 km i fem vändor. Hampans energiinnehåll var 160,3 MWh.

Table 10. This table shows the amount of energy contained in hemp as compared with the amount used to transport it using a container system, calculated at a distance of 70km for five trips. The hemp's energy content was 160.3MWh.

Transporterad energi	Diesel liter	Utsläpp ton C ₂ O	Diesel MWh	Energibalans MWh (hampa)/ MWh (diesel)
Traktor med container	195,0	0,5	1,9	
Lastbil med tre containrar	85,6	0,2	0,8	
Totalt	280,6	0,7	2,7	59,4

3 Resultatanalys

Komprimeringsförsök

Traktor med vagn direkt efter skördemaskin

Försöket visade att komprimeringen av hampan direkt efter skörd inte blev så mycket lägre än vid komprimering med en traktorskopa. Skillnaden av densiteten var 76 kg ts/m³ respektive 99 kg ts/m³, se bilaga A. Därför gav detta försök en indikation på att det kunde vara mer kostnadseffektivt att fylla containern direkt vid skörd än att använda en extra traktor i ett logistikförsök. Resultatet gav indikatorer på att det skulle användas en högre trakturvagn med luftgenomsläppbara väggar för att minska spillet och förhoppningsvis öka komprimeringsgraden. Detta skulle prövas vid ett fullskaligt logistikförsök under 2009.

Komprimering med en traktorskopa

Det var tänkt att använda en jordbrukstraktor från gården men det visades sig att den inte nådde tillräckligt högt för att kunna pressa med skopan. Därför anlätades en mycket större traktor. Genom detta antogs att det skulle vara svårare att hålla kostnaden nere i ett kommande logistikförsök. Testet visade att komprimeringen med en traktorskopa gjorde att densiteten ökade från 62 till 99 kg ts/m³, trots att skopan inte kunde komprimera hampan förrän tre fjärdedelar var fylld i containern, se bilaga A.

Komprimering i en container med en Roll- Pac-komprimator

Försöket visade att det gick att uppnå ungefär samma densitet (117 kg ts/m³) som med en komprimering med en kran och skopa på en flisbil (115 och 137 kg ts/m³), se bilaga A. Eftersom det krävdes en större traktor för att fylla containern och att det var tidskrävande att ställa i ordning containern vid Roll-Pac-komprimatorn, antogs det att det skulle bli för kostnadskrävande vid ett fullskaligt försök.

Slangpressning- komprimering, hantering och lagring

Densiteten uppgick till ca 126 kg ts/m³, se bilaga A. Detta var en ungefärlig siffra eftersom volymen av slangen var svår att mäta, se figur 7. Resultatet var långt under det test av halm som gjordes i Västerbotten, där densiteten var 176 kg/m³ [9]. I de logistiktester som gjordes visade det sig att det behövdes ett cargonät och en stor traktor för att kunna lyfta upp slangen tillräckligt högt för att få den i en container. Att dela upp slangen i bitar fungerade inte eftersom hampan inte håller ihop efter en komprimering med en slangpress. Det antogs att det skulle bli kostsamt och inte realistiskt att använda en slangpressare i ett senare logistikförsök. Eftersom plasten hade blivit förstörd vid hanteringen och pressningar hade blåst iväg vid kraftiga regn och blåsväder, hade det börjat växa mögel i hampan.

Komprimering med en rundbalspress

Att bala hackad hampa gav den bästa komprimeringen (202 kg ts/m³), se bilaga A. Men med tanke på att balarna innehöll mestadels fiber så skulle densiteten troligtvis ha blivit en annan om skävorna hade varit med. Tyvärr blev det för mycket spill för att vara ett bra alternativ att ta med i ett kommande försök.

Komprimering med en Flieglvagn

Resultatet visade att komprimering med flieglvagnen gjorde det möjligt att öka lastad kvantiteten med 50 % jämfört med lastning av lös hampa. Skillnaden i densitet uppmättes från 54 kg ts/m³ till 80 kg ts/m³, se bilaga A. Testerna visade att det inte gjorde någon stor skillnad om det komprimerades många gånger eller hur mycket som var i vagnen då hampan komprimerades. För att minska på tiden för lastningen skulle vagnen lastas full och därefter komprimeras och sedan fyllas igen o.s.v.

Praktiska logistikförsök

Komprimering i en flisbil med kran och skopa

Resultaten från försöken visade på en stor spännvidd. Vid försöket 2008 var densiteten 130 kg ts/m³ på hela flisbilen. 2009 uppnåddes vid några försök endast till 90 kg ts/m³ eller 0,45 MWh/m³, se bilaga A. Skillnaden kunde bero på att det var två olika entreprenörer och med två olika skopor. Det kunde också bero på att det var skillnader på hampan som t.ex. grovleken på stråna, hackelselängden eller fukthalten.

Komprimering direkt i container efter skördemaskin

Resultatet i detta test visade att spridningen inte var lika stor som med flisbilen. Tre mätningar visade att densiteten låg mellan 60 till 71 kg ts/m³ eller 0,30 till 0,36 MWh/m³, se bilaga A.

Resultat av kostnadsberäkningarna och energibalansen av båda logistiksystemen

I systemet med containrarna kostade transporten på åkern till åkerkant ungefär lika mycket som transporten till slutanvändare, se tabell 7. För systemet med flisbilen kostade det fem gånger så mycket att frakta hampan från åker till åkerkant som transporten till slutanvändaren, se tabell 5. Detta berodde på att flisbilen kan transportera nästan dubbelt så mycket vid varje vända som containersystemet, samt att det krävdes fler vändor för att frakta från åkern med en traktorvagn som tog 1588 kg än med containrar som tog 2137 kg per vända.

Energibalansen för containersystemet och flisbilssystemet var 59 respektive 52 MWh hampa per MWh förbrukad diesel, se tabell 9 och 10. Omräknat hur mycket systemen kostade per energiinnehåll och avstånd. Visade att det blev 32 kr/MWh billigare med flisbilen med ett avstånd på 10 km och 13 kr/MWh vid ett avstånd på 70 km än med containrar, se tabellerna 6 och 8.

Workshop

Under hösten 2009 planerades en workshop med syfte att öka förståelsen och behovet av energigrödor. Workshopen skulle arrangeras i ett nära samarbete med LRF Jämtland- och Västernorrlands län. Programmet till workshopen, se bilaga C, gick ut via kontaktnäten inom Framtidens bioraffinaderi, LRF och Bio Fuels Region samt annonsering i lokala tidningar. Tyvärr kom det in för få anmälningar så workshopen fick ställas in. Det planeras ett seminarium våren 2010 istället, då i ett samarbete med LRF Jämtland- och Västernorrlands län och Encrop i Umeå.

4 Slutsatser

Studien har visat att det går att komprimera hackad hampa från en densitet av 60 kg ts/m³ (0,30 MWh/m³) vid direkt skörd i container till 202 kg ts/m³ (1,01 MWh/m³) i balpressen, se bilaga A. Målet med komprimeringen var att uppnå en volymvikt på 250 kg/m³. Detta uppnåddes inte men resultaten visade sig ligga i närheten av resultaten från praktiska försök på Gotland [7]. Skillnaden mot Gotlands resultat var att ju kortare hampan var hackad desto lägre volymvikt fick den. I Gotland hade hacklängden en motsatt effekt. Resultatet från rundbalspressen var jämförbart med en Orkelpress enligt rapporten "Hampans möjligheter som energigröda"[8]. En jämförelse med studien "Orienterande studie av transportkapacitet i befintliga transportsystem" [9] där komprimering av halm gjordes, visade att resultaten inte skiljde sig så mycket från varandra. Därigenom visade det sig att halm och hampa fungerade ungefär på likartat sätt vid komprimering.

Projektet har visat att flisbil utrustad med kran och skopa för lastning och vägning var det logistiksystem som hade bäst potential jämfört med de övriga system som projektet har testat. Enligt beräkningarna var flisbilen mest kostnadseffektiv räknat i kronor per energiinnehåll. Den var också flexibel. Genom att utnyttja skopans inbyggda våg kunde odlarna samordna transporterna. Flisbilen hade en dator i kranhytten som var kopplad till vågen. Den räknade ut hur mycket som lastades hos varje odlare. Vid lastningstillfället togs ett torrhaltsprov som lämnades in på virkesmätningsterminalen. Utifrån resultatet av vägningen och torrhaltstestet kunde slutanvändaren betala varje odlare för deras skörd. Projektet har visat att en stor del av kostnaderna bestod i att transportera hampa från åkern till åkerkant. Den transporten var starkt kopplad till hur snabbt skördemaskinen kunde skörda och på skördenivån på åkern.

Den beräknade energibalansen visade hur mycket energi hampan innehåller jämfört med hur mycket som förbrukas vid transporten till slutanvändaren. Resultatet visade, att det ur miljösynpunkt sett var lite bättre att använda containersystemet.

5 Rekommendationer och användning

För att kunna jämföra olika komprimeringsmetoder skulle det vara önskvärt att i rapporterna använda samma enheter t ex kg, ton, torrsubstans och MWh. Och för att kunna omvandla till MWh behövs det en gemensam omräkningstabell. Ett exempel på en sådan omräkningstabell, se bilaga B.

Under projektet har vi lärt oss att vara observant vid hanteringen av den torra och lättantändliga hampan. Det hände en incident vid ett skördetillfälle, där hampan började brinna i en traktorvagn. Troligtvis antändes hampan av varmgång i materialet eller av en gistbildning vid hackningen. Vagnen blev utbränd och förstörd. På grund av händelsen skedde lastningen därefter väldigt försiktigt. Följande åtgärder för att höja säkerheten utfördes och rekommenderas därför:

- Informera om faran till berörda
- Avlägsna hampa från flisbilens avgasrör vid lastning,
- Undvika att skrapa mot asfalten och stenar med skopan.
- Undvika att anlägga odlingar eller att ha lagringsplatser i direkt anslutning till bebyggelse.

6 Förslag till fortsatt forskningsarbete

Det skulle behövas göras fler logistiktester med flisbilen för att göra den mer kostnadseffektiv med bland annat tidsbesparingar. Helst skulle dessa göras på ett underlag där skördenivån efter skörd är 7-10 kg ts per hektar.

7 Litteraturreferenser

- [1] www.framtidensbioraffinaderi.se
- [2] www.horneborgsverket.ovikenergi.se
- [3] Martin Forsén, Domsjö Fiber, personlig kontakt.
- [4] www.sita.se
- [5] www.rollpac.se/produkter/enkel/
- [6] Söderström, Y. "Förstudie angående energigrödor" Processum, Örnsköldsvik, 2008.
- [7] Berg, M., Bubholtz, M. Forsberg, M., Myringer, Å., Palm, O., Rönnbäck, M. "Förstudie – sammanställning och syntes av kunskap och erfarenheter om grödor från åker till energiproduktion" Värmeforsk 2007
- [8] Johansson, S., Olofsson, R. "Hampans möjligheter som energigröda. Slutrapport. Energinätverket Green4u, 2006
- [9] Nilsson, N. Orienterande studie av transportkapacitet i befintliga transportsystem-slutrapport-delprojekt., 2007, Maskinring Norr.
- [10] Forsberg, M., Baky, A., Westlin, H., Ljungberg, D., Ytterberg, P. Jordbruket som leverantör av åkerbränsle till storskaliga kraftvärmeverk.-Fallstudie Värtan. JTI-rapport 361.
- [11] www.preem.se/templates/page9469.aspx

A Sammanställning av resultat

Tabell 11. Sammanställning av resultat från komprimerings- och logistikförsöken 2008 och 2009.

Table 11. Compilation of the results of the compaction and logistical experiments, 2008 and 2009.

Resultat 2008 o 2009	Torrsubstans,	Vikt hampa	Max volym,	Fylld volym,	Densitet	Densitet	Energiinnehåll
Komprimeringsförsök	(ts) %	ts, kg	m ³	m ³	kg/m ³	kg ts/m ³	MWh/m ³
Komprimering direkt från skördemaskin	90	610	12	8	85	76	0,38
Komprimering i en flisbil 2008, bilflak	90	3464	128	30	128	115	0,58
Komprimering i en flisbil 2008, släp	91	8232		60	151	137	0,69
Ej komprimerad hampa i container lastat med en traktorskopa	91	2358	38	38	68	62	0,31
Komprimering i en container med en traktorskopa	91	3772	38	38	109	99	0,50
Komprimering i en container med en RollPac	90	3519	30	30	130	117	0,59
Slangpressning	93	3783		30	136	126	0,63
Rundbalspressning	92	303		1,5	219	202	1,01
Komprimering i en Flieglvagn							
1. Referens full vagn m. lös hampa lastat med kran och grip	87	1611	30	30	62	54	0,27
2. Full vagn kompr med helt utslag 6 x 2-3 kompr.	87	2414	30	30	92	80	0,40
3. 1/4 vagn kompr från mitten av vagnen 16 x 2-4 kompr.	87	2414	30	30	92	80	0,40
4. 1/3 lastas var gång med 3 x 2-3 kompr.	87	2257	30	30	86	75	0,38
5. 1/3 lastas var gång med 3 x 2-3 kompr.	87	2239	30	30	86	75	0,37
Logistikförsök							
1. Logistikförsök med en flisbil, bil och släp 2009	95	11970	133	133	95	90	0,45
2. Logistikförsök med en flisbil, bil och släp 2009	97	8682	133	133	67	65	0,33
3. Logistikförsök med flisbil, bil utan släp 2009	88	4101	46	46	101	89	0,45

VÄRMEFORSK

Forts. Resultat 2008 o 2009	Torrsubstans,	Vikt hampa	Max volym,	Fylld volym,	Densitet	Densitet	Energiinnehåll
	(ts) %	ts, kg	m³	m³	kg/m³	kg ts/m³	MWh/m³
Logistikförsök med containrar 2009							
1. Två containrar direkt efter skördemaskin	95	4275	80	60	75	71	0,36
2. Två containrar direkt efter skördemaskin	94	3995	80	60	71	67	0,33
3. Två containrar direkt efter skördemaskin	90	4815	80	80	67	60	0,30

B Energilathund "Effektiva värmevärden för biobränslen vid olika fukthalt"

Tabell 12. Energilathund, effektiva värmevärden för biobränslen vid olika fukthalt. Underlaget för tabellen är gjord av BTK SLU i Umeå på uppdrag av Övik Energi AB, Örnsköldsviks kommun (Världsklass 2015), Processum Biorefinery Initiative och LRF Y- och Z län.

Table 12. Energy calculation chart, net calorific value for biofuels at various moisture content levels. Supporting material for the table compiled by the Unit of Biomass Technology and Chemistry at the Swedish University of Agricultural Sciences in Umeå, Sweden, for Övik Energi AB, Örnsköldsvik Municipal Government (World-class 2015), Processum Biorefinery Initiative and LRF Västernorrland and Jämtland counties.

Bränsle	Effektivt värmevärde för torrt bränsle		Effektivt värmevärde för fuktigt bränsle (MWh/ton)					
	MJ/kg ts	MWh/ton ts	Fukthalter 10%	20%	30%	40%	50%	60%
Stamved, barr- och lövträd	19	5,3	4,7	4,1	3,5	2,9	2,3	1,7
Bark, från barr- och lövträd	19	5,3	4,7	4,1	3,5	2,9	2,3	1,7
GROT från barr- och lövträd	19	5,3	4,6	4,0	3,4	2,8	2,3	1,7
Energiskog, salix och poppel	18	5,0	4,4	3,9	3,3	2,7	2,2	1,6
Rörflen, vårskördad	18	5,0	4,3	3,8	3,2	2,7	2,1	1,5
Hampa	18	5,0	4,4	3,9	3,3	2,7	2,2	1,6
Halm	17	4,7	4,2	3,6	3,1	2,6	2,0	1,5
Kärnor från stråsåd	17	4,7	4,2	3,6	3,1	2,6	2,0	1,5
Torv, hög	23	6,4	5,7	5,0	4,3	3,6	2,9	2,1
Torv, låg	19	5,3	4,7	4,1	3,5	2,9	2,3	1,7

Värmevärden för ett bränsle kan variera mycket beroende på dess sammansättning. Främst beror det på hur stor andel den icke brännbara delen är, d.v.s. askhalt och fukthalt. Varje extra procent aska ger en motsvarande procentuell minskning i värmevärde och effekten av extra fukt är ännu större. Den brännbara delens kemiska sammansättning har också betydelse för värmevärdet. Värmevärden för liknade bränslen med olika ursprung kan därför variera, speciellt gäller detta för bränslen med inhomogen sammansättning. På grund av speciellt stor variation för torv har två värden angivits som båda ligger inom det normala. Värdena i tabellen ska alltså inte betraktas som "sanna" värden, eller ens statistiskt genomsnittliga värden, utan de är typiska värden för sina bränsleslag, beräknade utifrån typiska askhalter och bygger på data hämtade ur flera källor.

Vid analys av bränslet får man i allmänhet det "kalorimetriska värmevärdet" som gäller vid konstant volym. Detta räknas om till ett "effektivt värmevärde" som gäller vid konstant tryck. Detta värde är det som oftast är tillämpligt i praktiken och som därför brukar anges i analysprotokoll.

Värmevärde angivet i MJ/kg räknas om till MWh/ton genom att dela det förra värdet med 3,6:

$$(MJ/kg)/3,6 = MWh/ton$$

Referenser:

Värmeforsk, Bränslehandboken

SIS-CEN/TS 14961:2005. Fasta biobränslen – Specifikationer och klassificering.

CTF, SLU, "Vad innehåller torv?"

SGU http://www.sgu.se/sgu/sv/naturresurs/torv/torvkem_s.htm

Phyllis, database for biomass and waste <http://www.ecn.nl/phyllis> Energy research Centre of the Netherlands

Bränslelaboratoriet i Umeå AB

C Program för workshopen ”Från åker till förbränning”

5-6 november i Örnsköldsvik

Välkommen till en Workshop om energigrödor

Från åker till förbränning

Kedjan mellan odling och förbränning av åkerbränslen, såsom salix, rörflen och hampa har idag sina brister. Det är okunskap om hur de ska odlas, logistik från åker till värmeverk och hur förbränningen ska ske.

Vi inbjuder till en **Workshop** där vi tar upp denna problematik och hur lösningar kan se ut. Under workshopen ska vi lyssna på föreläsningar om odling och hur åkerbränslen betar sig i olika pannor samt fältvandring i odlingar med energigrödor. I grupper kommer vi också att diskutera problematiken och försöka se lösningarna och workshopens resultat blir en sammanställning av diskussionerna.

Datum: 5-6 november
Tid: 12.00-12.00 (lunch till lunch)
Plats: Arken, Örnsköldsvik

Efter Workshopen ges möjlighet till studiebesök på Övik Energis kraftvärmeverk, Hörneborgsverket.

Vi som bjuder in till detta seminarium är Övik Energi AB och LRF i Jämtland och Västernorrland. Mer info och inbjudan hittar du på: www.energigrödor.nu.

Anmälningsavgift: 500 kr per deltagare. Anmälan, senast 28 oktober, till Annica Österlund, LRF 0612-77 18 07, annica.osterlund@lrf.se

Boka in workshopen i kalendern redan idag!


En investering för framtiden

EUROPEISKA UNIONEN
Europeiska regionala utvecklingsprogrammet


ÖRNSKÖLDSVIK
VÄRLDSKLASS 2015


**LANTBRUKARNAS
RIKSFÖRBUND**


värmeforsk
SAVÄRTE, ÅKER, FÖRBRÄNNING OCH UTVECKLING

Program: Workshop om energigrödor

5-6 november i Örnköldsvik

5 - 6 november, Arken i Örnköldsvik

Torsdag den 5 november

12.00	Lunch
13.00	Föredrag: • Förbränningspannor - CFB, BFB, Roster och effekter av åkerbränslen • Odling - problematik och ekonomi. Hampa, rörflen, salix
14.30	Fika
15.00	Fortsättning föredrag: • Praktiska erfarenheter av eldning och hantering av åkerbränslen
15.45	Workshop
17.30	Avslutning
19.00-21.30	Middag Arken

Fredag den 6 november

8.00	Fältvandring: Samling vid Arken • Kasa Försöksodling av Hampa • Bodum Försöksodling av Salix
10.00	Fortsättning Workshop
12.00	Lunch
13.00	Visning av Hörneborgsverket för de som vill, uppge om du vill delta vid visningen när du anmäler dig.

Boende för övernattnig i Örnköldsvik bokar du själv. Tänk på att ta med lämpliga kläder och skor för fältvandring.

Hotellförslag:

First Hotel Statt, 0660-26 55 90

Hotell Focus, 0660-821 00

Scandic Hotel Örnköldsvik, 0660-27 22 00

Hjärtligt välkomna!

En investering för framtiden



EUROPEISKA LIEDEN
Europeiska regionala
utvecklingsprogram



LANTBRUKARNAS
RIKSFÖRBUND



Värmeforsk är ett organ för industrisamverkan inom värmeteknisk forskning och utveckling. Forskningsprogrammet är tillämpningsinriktat och fokuseras på energi- och processindustriernas behov och problem.

Bakom Värmeforsk står följande huvudmän:

- Elforsk
- Svenska Fjärrvärmeföreningen
- Skogsindustrin
- Övrig industri

VÄRMEFORSK SAMARBETAR MED
STATENS ENERGIMYNDIGHET

VÄRMEFORSK SERVICE AB
101 53 Stockholm
Tel 08-677 25 80
Fax 08-677 25 35
www.varmeforsk.se

Beställning av trycksaker
Fax 08-677 25 35