

Optimerad lagring av biomassa

– En strategisk innovationsagenda

Carina Gunnarsson, Erik Anerud, Maria Iwarsson Wide,
Nils Jonsson, Ann Segerborg-Fick



Optimized biomass storage

– A strategic innovation agenda

Carina Gunnarsson, Erik Anerud, Maria Iwarsson Wide,
Nils Jonsson, Ann Segerborg-Fick

En referens till denna rapport kan skrivas på följande sätt:

Gunnarsson, C., Anerud, E., Iwarsson Wide, M., Jonsson, N., Segerborg-Fick, A. 2016. Optimerad lagring av biomassa – en strategisk innovationsagenda. Rapport 442, Lantbruk & Industri. JTI – Institutet för jordbruks- och miljö teknik, Uppsala

A reference to this report can be written in the following manner:

Gunnarsson, C., Anerud, E., Iwarsson Wide, M., Jonsson, N., Segerborg-Fick, A. 2016. Optimized biomass storage – a strategic innovation agenda. Report 442, Agriculture & Industry. JTI – Swedish Institute of Agricultural and Environmental Engineering. Uppsala, Sweden

Innehåll

Förord.....	5
Sammanfattning	7
Summary	8
Inledning	8
Vision.....	9
Syfte, mål och avgränsning.....	10
Genomförande	10
Biobränsle som energiråvara	10
Fokusområden med utvecklingsbehov och föreslagna aktiviteter	12
Kvalitet	12
Lagringsstabilitet och förluster	12
Analys och provtagning	13
Homogenitet och sönderdelning	14
Management	14
Säkerhet	15
Brand och explosionsrisk.....	15
Skalsäkerhet.....	16
Hälsa.....	16
Respirabelt damm	16
Emissioner	17
Fysisk skaderisk.....	17
Miljö.....	17
Lakvatten	17
Nulägesbeskrivning	17
Biomassa från skogen.....	17
Bakgrund	17
Primära skogsbränslen	18
För- och nackdelar med att hyggeslagra grot	18
Val av tidpunkt och teknik för sönderdelning och transport	19
Lagring av sönderdelade trädbränslen	19
Biomassa från jordbruket	21
Inledning.....	21
Bärgning av halm och salix	22
Torkning och lagring	23
Lagringsstabilitet	24
Arbetsmiljö	25

Nyckelreferenser	26
Bilaga 1. Intervjuer med intressenter	27
Förteckning över intervjuade intressenter	27
Följebrev till intervjuerna	27

Förord

Denna forsknings- och innovationsagenda har tagits fram av JTI, Skogforsk och SLU (rapportförfattare) tillsammans med en referensgrupp med representanter från råvaruproducenterna Sveaskog och LRF samt slutanvändarna Fortum, Vattenfall och Söderenergi.

Genom workshops med referensgruppen samt telefonintervjuer med ytterligare producenter och slutanvändare av biomassa, har projektgruppen tagit del av tankar och visioner från näringslivet och arbetat in dem i agendan.

I referensgruppen har deltagit Olle Ankarling (Söderenergi), Oskar Gustavson och Lena Bruce (Sveaskog), Ulf Jobacker (LRF), Anders Jonsson (JTI), Eva-Katrin Lindman (Fortum), Anders Lönnermark (SP) och Nader Padban (Vattenfall). Synpunkter på agendan har även givits av Lennart Ryk.

Denna rapport inleds med en utförlig sammanfattning innehållande de viktigaste resultaten följt av en kort inledning, vision, mål och avgränsning. För att sätta agendan i sin kontext följer därefter en beskrivning av området. Därefter beskrivs identifierade fokusområden för kunskapsluckor och forskningsbehov samt en Roadmap, dvs. de aktiviteter vi föreslår för att uppfylla behoven och nå agendans vision. Sist i rapporten finns fördjupad information om kunskapsläget idag för biobränslen från jord- och skogsbruk.

Vi tackar alla deltagare för deras engagemang och värdefulla bidrag.

JTI vill slutligen tacka Energimyndigheten för det bidrag som har finansierat utarbetandet av agendan.

Uppsala i april 2016

Anders Hartman

VD för JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik

Sammanfattning

I dag finns stor kunskap inom området lagring av biomassa, även om kunskapen i delar är fragmenterad. Inom energiområdet finns problem med både lagringsförluster och arbetsmiljö. Vid lagring av grödor till foder och livsmedel är bibehållen kvalitet hos biomassan under lagring en förutsättning, och mycket forskning och utveckling har bedrivits inom detta område. Genom samverkan mellan olika områden skapar vi förutsättningar att tänka i nya banor och öka möjligheterna för en optimerad lagring av biomassa. Arbetet med agendan har gett nya gränsöverskridande diskussioner och samarbeten.

Med en förväntad kraftigt ökad efterfrågan och därmed konkurrens om biomassa blir effektivitet och hållbarhet nyckelfaktorer för fortsatt god tillgång. Kontinuerliga förbättringar i alla led av tillförselkedjan är nödvändiga för att hantera dessa i grunden positiva marknadsförändringar. Ett billigare och mer homogent biobränsle från jord- och skogsbruk leder till ökad konkurrenskraft gentemot andra idag billigare bränslen.

Vid biobaserad värme- och kraftvärmeproduktion står bränslet för en av de största kostnadsposterna, vilket gör hantering och lagring med låga förluster högt prioriterat. Biobränslen från jord- och skogsbruk har en hög fukthalt vid skörd, vilket innebär att de har låg lagringsstabilitet. För att få ned kostnaderna för hantering och lagring, och kunna leverera efterfrågade kvaliteter och därmed öka biobränslenas konkurrenskraft, behövs mer kunskap om vad som händer med bränslet under olika lagringsförhållanden med olika lagrings- och hanteringsmetoder.

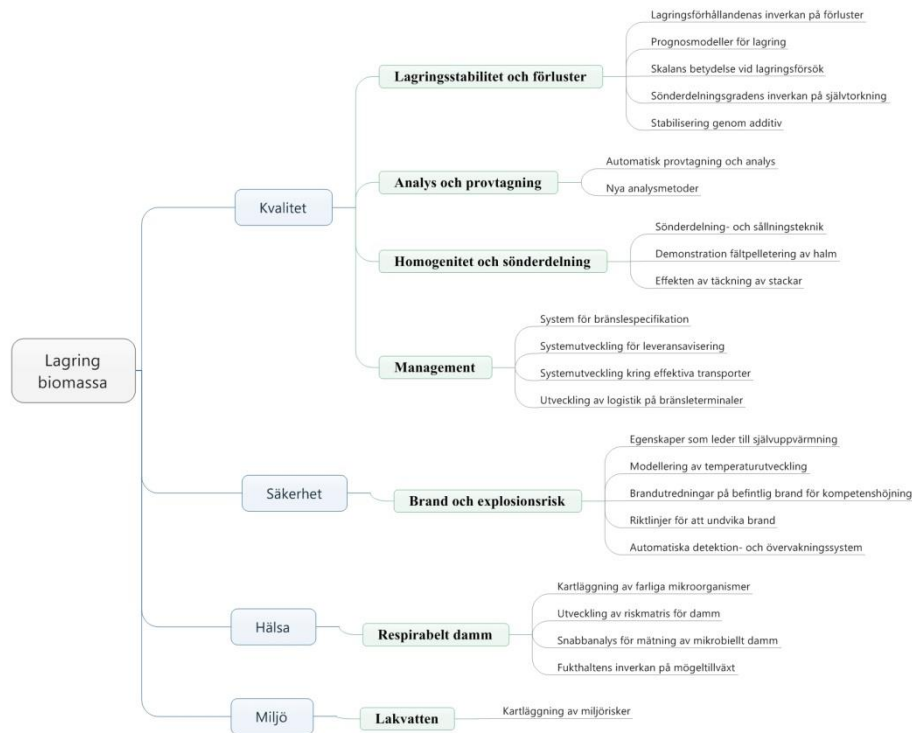
Grundläggande och fördjupade kunskaper för att bedöma lagringsstabiliteten för biomassa, framför allt livsmedelsbaserade såsom spannmål och rapsfrö, finns och är helt nödvändig för att garantera livsmedelssäkerhet. Dessa erfarenheter kan användas för att öka kunskapen om lagringsstabilitet och lagringsförluster hos biomassa som helhet. Denna agenda har tagits fram i samverkan mellan forskare från jord- och skogsbruk samt representanter från råvaruproducenter och energibolag som slutanvändare. Agendans syfte är att skapa ett bra utgångsläge för en effektivare hantering av biomassa genom kunskapsöverföring mellan branscher. Agendans mål är ta fram forskningsbehov för utveckling och innovationer inom området som ska leda till effektiv och kvalitetssäkrad hantering av biomassa.

Fokus är användning av biomassa inom energisektorn. Agendan avgränsas till att omfatta primära och sekundära oförädlade biobränslen från skogsbruk och jordbruk samt återvinna trädbränslen för värme- och kraftvärmeproduktion för anläggningar större än 1 MW.

Vår vision är att använda biobränslets fulla potential genom kontrollerad lagring med låga förluster som ger effektiva och lönsamma leveranser med förutsägbar och homogen kvalitet utan hälsorisker.

Vid två workshops på JTI i Uppsala träffades deltagarna för att identifiera kunskapsluckor, forskningsbehov och aktiviteter. För att inkludera synpunkter från fler aktörer genomfördes telefonintervjuer med ytterligare personer med koppling till biomassalagring.

I figuren nedan sammanfattas identifierade fokusområden med behov av ny kunskap och utveckling, uppdelade i de fyra huvudgrupperna kvalitet, säkerhet, hälsa och miljö. Till höger i figuren visas föreslagna aktiviteter för framtida forskning inom lagring av biomassa som behövs för att nå vår vision och täcka identifierade kunskapsbehov.



Summary

A lot of research has been conducted within the field of biomass storage, however the knowledge is fragmented. In the energy sector there are problems with both losses during storage and working environment. In the feed and food sector, maintaining quality is the major concern and this is where most research has been focused. Through interdisciplinary cooperation, we create opportunities to think in new ways and increase opportunities for optimizing storage of biomass. The work with this agenda has given room for new discussions and collaborations.

As demand and competition for biomass increases, efficiency and sustainability of storage techniques become key factors for ensuring supply. Continuous improvements in all stages of the supply chain is necessary to deal with the fundamentally positive market changes we are experiencing. A cheaper and more homogeneous biofuels from agriculture and forestry will lead to increased competitiveness against other cheap fuels today.

For biomass-based district heating and combined heat and power plants, fuel is one of the largest cost items and with a high priority to minimize losses during handling and storage. Biofuels from agriculture and forestry initially have a high moisture content which reduces storage stability. To increase the competitiveness of biofuels there is a strong need for new knowledge about how different storage conditions, storage techniques and handling practices affects fuel quality.

Both general and indepth knowledge for assessing storage stability of biomass, particularly food biomass such as cereals and rapeseed, exists and is absolutely necessary to ensure food safety and quality. These experiences can be used to increase knowledge of storage stability and storage losses for biomass as a whole. This strategic agenda has been developed in collaboration between researchers from agriculture and forestry sectors, the producers of raw materials and energy companies as end users. The aim of the agenda is to create a good starting point for more efficient management of biomass through the transfer of knowledge between sectors. The goal of the agenda is to compile current research needs for developing innovation in the biomass storage field that will lead to effective and quality-assured management of biomass.

The focus has been primarily biomass used in the energy sector. The agenda is defined to include primary and secondary unprocessed biofuels from agriculture and forestry, and recycled wood for district heating and combined heat and power plants larger than 1 MW.

Our vision is to maximize the potential of the biofuel through controlled storage with low losses to provide efficient and profitable delivery of predictable and homogeneous quality without health risks.

At two workshops at JTI in Uppsala project participants met to identify knowledge gaps, research needs and activities. Telephone interviews were conducted to obtain input from additional stakeholders within the biomass storage field who were not able to attend the workshops.

Four main focus areas were identified as in need of new knowledge and development including: quality, safety, health and environment. Activities needed to achieve our vision and meet identified research needs were proposed.

Inledning

Utvecklingen på en rad marknader mot en biobaserad ekonomi aktualiserar frågor som rör potential, effektivitet och hållbarhet i användningen av förnybara resurser som biomassa. Dit hör bioenergin, som kan förväntas bibehålla och utveckla sin roll i förnyelsen av Europas energisystem och att förverkliga EU:s 2020-mål.

Övergången till biobaserade råvaror sker i ett perspektiv där svenskt jord- och skogsbruk är bland de mest avancerade och mest produktiva. Med en förväntad kraftigt ökad efterfrågan och därmed konkurrens om biomassa blir effektivitet och hållbarhet nyckelfaktorer för fortsatt god tillgång. Kontinuerliga förbättringar i alla led av tillförselkedjan är nödvändiga för att hantera dessa i grunden positiva marknadsförändringar. Ett billigare och mer homogent biobränsle från jord- och skogsbruk leder till ökad konkurrenskraft gentemot andra idag billigare bränslen.

Vision

Att använda biobränslets fulla potential genom kontrollerad lagring med låga förluster som ger effektiva och lönsamma leveranser med förutsägbar och homogen kvalitet utan hälsorisker.

Syfte, mål och avgränsning

En effektivare hantering av biomassa skapas genom kunskapsöverföring på hög nivå mellan branschernas aktörer och olika forskningsutförare. Agendan stöds av industrin i hela värdekedjan, från råvara till energibolag. Den är gränsöverskridande och inkluderar institut och universitet. Ett gemensamt synsätt ger stora möjligheter att med gemensamma kompetenser bygga en unik kunskap som är internationellt gångbar.

Agendans mål är att ta fram forskningsbehov för utveckling och innovationer inom området som ska leda till en effektiv och kvalitetssäkrad hantering av biomassa.

Agendan skall ge kundnytta i flera led som undanröjer dagens flaskhalsar vid produktion och användning av biomassa främst avsedd till förnybar energi. Resultaten kan också användas inom hela området för bioekonomi.

Fokus är användning av biomassa inom energisektorn. Agendan avgränsas till att omfatta primära och sekundära oförädlade biobränslen från skogsbruk och jordbruk samt återvunna trädbränslen för värme- och kraftvärmeproduktion för anläggningar större än 1 MW.

Genomförande

I arbetet med att utforma denna forsknings- och innovationsagenda deltog en referensgrupp bestående av råvaruproducenterna Sveaskog och LRF, slutanvändarna Fortum, Vattenfall och Söderenergi samt projektgruppen med representanter från SLU, Skogforsk, SP och JTI. Agendarapporten sammanställdes av projektgruppen.

Vid två workshops på JTI i Uppsala träffades deltagarna och diskuterade lagring av biomassa. På den första workshopen var fokus på att identifiera kunskapsluckor och forskningsbehov. Den avslutande workshopen fokuserade på att identifiera aktiviteter för att täcka dessa luckor. Där diskuterades även rapportens innehåll och utformning. Dessutom hölls en avstämning per telefon. Dessa nätverksträffar var även viktiga för att se möjligheter till samarbeten.

För att inkludera synpunkter från flera aktörer genomfördes telefonintervjuer med ytterligare personer med koppling till biomassalagring. Information om projektet, de utvecklingsbehov och frågeställningar som identifierades på den inledande workshopen samt några ytterligare frågeställningar skickades ut per E-post innan intervjutillfället. Intervjuade intressenter samt det brev med frågor som skickades ut innan intervjuerna redovisas i Bilaga 1.

Biobränsle som energiråvara

Bioenergi är i nuläget det största förnybara energislaget inom EU och biobränslena har en dominerande roll inom värme och transport. Användningen av biobränslen i det svenska energisystemet har ökat kraftigt genom åren. Om man ser till nyttiggjord energi i alla samhällssektorer kommer ca 35 % från bioenergi.

För ett fungerande energisystem är därför biomassaförsörjningen och lagringsfrågorna viktiga för Sverige.

Biomassan används främst i värme- och kraftvärmeverk och ersätter importerade fossila bränslen såsom kol, gas och olja och bidrar därmed till att koldioxidutsläpp från fossila källor minskar. Potentialen för att ytterligare öka användningen av biobränslen inom värme- och kraftvärmesektorn i Sverige är dock begränsad. Enligt beräkningar från Svebio stod bioenergi för 34 % (125 TWh) av Sveriges energiförbrukning 2014. Bilden förändras dock om och när kärnkraften avvecklas (50 TWh, 14 % av energianvändningen). Skogs- och jordbruksbränslen konkurrerar idag också med avfall i form av returträ och hushållsavfall.

I stora delar av landet är de naturgivna förutsättningar för biomassaproduktion utmärkta i form av t.ex. bördiga jordar och gynnsamma nederbördsförhållanden. Bidragande är också en hög kunskapsnivå hos brukarna, en avancerad forskning och utbildning inom sektorn, och en väl integrerad miljöhänsyn. Sverige är ett av de mest skogsrika länderna i världen i relation till folkmängd. Av landytan på 41 miljoner hektar är 23 miljoner hektar produktiv skogsmark medan arealen jordbruksmarken är betydligt mindre och uppgår till knappt 3 miljoner hektar. På grund av högre torrsubstansavkastning är dock skillnaden i totalt producerad mängd biomassa inte lika stor. Med dagens nivå på insatsmedel är den totala tillväxten uttryckt som torrsubstans (ts) per år ca tre gånger större på skogsmark jämfört med på åkermark.

Biomassan måste nästan alltid lagras innan användning. Exempelvis skördas biobränslen från skogen alternativt uppstår som restprodukter inom skogsindustrier under hela året men förbrukas i huvudsak under den kalla årstiden. Jordbruksgrödor skördas under en mycket begränsad del av året men vidareförädlas under hela året. Lagring är förknippad med förluster och storleken på dessa förluster varierar beroende på material, lagringsförhållanden och lagringstid. De lager-skador som uppstår på grund av mikrobiell tillväxt orsakar inte enbart substansförluster utan ökar också läckaget av näringsämnen och riskerna beträffande arbetsmiljön.

Det finns en stor potential att öka uttagen från skogen, främst genom att öka uttaget av grot, men även andra outnyttjade resurser. Den årliga potentialen för grot, efter ekonomiska, ekologiska och tekniska restriktioner, har uppskattats vara från 16 till 25 TWh enligt skoglig konsekvensanalysen 2008. Vad gäller klena träd kan uttagen i bestånd öka från ca 1,5 TWh till ca 8 TWh, och dessutom finns ytterligare 7 TWh potential längs vägar och på igenväxande marker. Motsvarande siffra för det outnyttjade sortimentet stubbar är 21 till 34 TWh. Uttag av stubbar är idag inte ekonomiskt intressant men det kan vara en potential på längre sikt.

Inom jordbruket finns en stor potential för att odla grödor för energi, vilken 2007 bedömdes till 20 TWh mot dagens 2-2,5 TWh. Inom EU pågår dock en diskussion om konkurrens mellan livsmedelproduktion och energigrödor på åkermark. Eventuella restriktioner i energiproduktion på åkermark medför ett ökat behov av att utnyttja restprodukter. Halm som är en restprodukt vid spannmålodling har då en fördel jämfört med specifika energigrödor. I dag motsvarar uttaget av halm ca 0,4 TWh medan potentialen bedöms vara 4-7 TWh. Ett argument för att odla mer salix skulle kunna vara för att sanera åkermark från höga halter av tungmetallen kadmium. Detta skulle kunna motivera att salix ingår i växtföljden på 10 % av

åkermarken mot idag ca 0,5 %. På kort sikt har jordbrukets energigrödor dock svårt att konkurrera med fasta bränslen från skogen och även med avfall.

På lång sikt innebär en fortsatt övergång till biobaserade råvaror en stor utmaning. Förutom att produktionen behöver bli mer uthållig inom jordbruket genom lägre insatser av miljöbelastande produktionsmedel kommer behovet av livsmedel att öka beroende på befolkningstillväxten. Detta kommer sannolikt att kräva en omprioritering av råvaruanvändningen och ökad effektivitet beträffande odlingsåtgärder, växtförädling och återföring av näringsämnen. En viktig åtgärd för att effektivisera produktionen är att minska förlusterna i samband med hantering och lagring av biomassan.

Fokusområden med utvecklingsbehov och föreslagna aktiviteter

Ekonomi är den övergripande drivkraften för optimal användning av biomassa. Arbetsgruppen inom agendan har enats kring fyra prioriterade huvudgrupper:

- Kvalitet
- Säkerhet
- Hälsa
- Miljö

De intervjuade personerna fick prioritera 3-5 fokusområden och resultaten visas i tabellen nedan. Därefter följer en fördjupad beskrivning av fokusområdena.

Hälsa	Prio	Miljö	Prio	Kvalitet	Prio	Säkerhet	Prio
Respirabelt damm	6 st	Lakvatten	1 st	Lagringsstabilitet & förluster	9 st	Brand- & explosionsrisk	7 st
Emissioner	1 st			Analys & provtagning	4 st	Skalsäkerhet	1 st
Fysiska skaderisker	1 st			Homogenitet & sönderdelning	3 st		
				Management	7 st		

Kvalitet

Lagringsstabilitet och förluster

Utveckling av prognosmodeller för torkningsförloppet i grothögar på hygge respektive välter vid väg har påbörjats men behöver vidareutvecklas och valideras. Förnärvarande saknas modeller av substansförluster. Prognosmodeller för torkningsförloppet är också användbara för biomassa från jordbruket såsom stränglagd halm och helskottsskördad salix.

Från användarsidan finns det ett stort behov av ökad kunskap om när energiförlusterna inträffar för att bestämma vilket parti de ska använda direkt och vilket som kan lagras längre utan att stora förluster uppkommer. Därför efterfrågas kunskaper om hur stora energiförlusterna är under olika lagringsförhållanden

och med olika typer av bränslen. Den lägre bränsleförbrukningen varma vintrar kan också innebära behov av överlagring till kommande år.

Metoder för att prognostisera temperaturutvecklingen eller substansförluster under lagring i flis- eller barkstackar saknas. Detta medför svårigheter att uppskatta lämpliga lagringstider med tanke på förluster och arbetsmiljörisker.

Föreslagna aktiviteter

- Vidareutveckling av modeller för lagring av osönderdelade biobränslen för att kunna prognostisera vattenhalter och substansförluster utifrån lättillgängliga indata.
- Utveckling av modeller för ts-förluster under lagring i stack av olika bränslesortiment.
- Grundläggande väl kontrollerade lagringstudier med olika material för att öka kunskapen om mekanismer och samband bakom förluster vid olika fukthalter och temperaturer vid lagring av framför allt den sönderdelad biomassa. Resultatet från studierna kan sedan användas vid modellstudier och i prognosverktyg.
- Resultat från tidigare gjorda lagringsförsök i mindre skala skulle behöva verifieras i fullskaleförsök. För att kunna utröna eventuella skillnader behöver denna typ av studier ske genom parallell lagring med samma material i olika skala.
- Fortsatta studier av sönderdelningsgradens inverkan på lagringsstabiliteten och möjligheten till självtorkning under lagring i stack. Detta bör ha effekter på såväl bränslekvalitet, förluster som hälsoaspekter.
- Utveckla metoder för stabilisering av biomassan vid lagring. Biomassan är från början alltid fuktig och ett alternativ till torkning för att öka lagringsstabiliteten skulle kunna vara genom biologiska (mikroorganismer) och kemiska tillsatser eventuellt kombinerat med restriktivt lufttillträde.

Analys och provtagning

Idag sker provtagning av biomassan manuellt vid ankomst till värmeverket men när analys svaren är färdiga är biomassan ofta redan förbrukad. Online-bestämningar av bränslekvalitet, gärna redan innan leverans, efterfrågas så att rätt kvalitet kan styras till rätt användning. System finns som täcker vissa parametrar. On-line mätningar kräver transportband och sådana finns inte alltid. Olika metoder för automatisk fukthaltsmätning av inkommande flisleveranser har studerats i tidigare projekt.

Föreslagna aktiviteter

- Utveckla alternativt testa utrustning med t.ex. hyperspektral teknik, radar eller röntgen, för snabb och enkel on-line bestämning av bränslekvalitet, t.ex. fukthalt, vid leverans av biobränslen.
- Ta fram en ny svensk standard för betalningsgrundande automatiserad provtagnings- och analysteknik.

Homogenitet och sönderdelning

Användaren av biomassa efterfrågar ett homogent bränsle med jämn fukthalt men har ibland problem med att få önskad fukthalt och önskad fraktionsstorlek på inköpt råvara. Ojämn fukthalt i bränslet kan ge förbränningstekniska problem, energiförluster samt hälsoproblem vid hantering, transport och inmatning men också leda till självuppvärmning och självantändning. För att minska driftstörningar pga. felaktig fraktionsstorlek är lösningen i vissa fall att köpa in osönderdelad biomassa och sönderdela själva.

För utomhuslagring av torra bränslen (returträflis, torrflis) efterfrågas kunskap om t.ex. billig och effektiv täckning för att minska uppfuktning.

Förelagna aktiviteter

- Maskinens design har en stor inverkan på den producerade flisen. En utveckling och optimering av inställningen för flisningsutrustningen (m.a.p. sönderdelningsprincip, knivkonfigurationer och knivlängder, bottensåll alt. stickbrytare och utmatningsanordning) bör göras för att minimera finfraktionsandelen och styra mot efterfrågad mållängd på flisen.
- Undersöka effekten av täckning på fukthaltens jämnhet i flisstackar.
- Demonstrationsprojekt med ny teknik för fältpelletering av halm för homogenera och kostnadseffektiva biobränsle.

Management

Ett problem vid värmeverken är att personalen ofta inte vet vilket material de får in i samband med inleverans bl a beträffande fukthalt, fraktionsstorlek, finfraktionsandel, grönandel i grot och träddelar samt askhalt. Om bränslets kvalitet är känd kan den matchas mot användarnas krav och vid leverans styras till rätt användning, lager eller bränsleblandningar. Generellt är det för alla biobränslen viktigt att känna till vad den ska användas till och användarens krav. För att sänka kostnaderna är det önskvärt att öka maskinutnyttjadet genom att sönderdela skogsbränslen under hela året. Detta medför att den sönderdelade biomassan måste lagras i skogen eller på andra platser längs tillförselkedjan. Hur påverkar detta den totala kostnaden för sönderdelning och lagring samt risken för brand?

Kostnadseffektiva lösningar för användning av asfalterade eller hårdgjorda lagringsytor efterfrågas.

Föreslagna aktiviteter

- Utveckla ett bränslespecifikationssystem där egenskaper hos biobränslet såsom fukthalt, fraktionsstorlek och finfraktionsandel, lagringstid, metod för lagring och skotning etc. redovisas och följer med bränslet vid leverans. Data och information gällande avverknings-, skotnings- och sönderdelningstidpunkt loggas redan idag tillsammans med traktdata om trädslagsfördelning, uttag och geografi. Detta arbete behöver ske i samverkan med SDC (Skogsbrukets Datacentral) och som ett branschgemensamt arbete, vilket redan är påbörjat via arbetet med nya informationshanteringssystemet VIOL3.

- Fortsatt arbete med ett produktifieringssystem gällande skogsbränslen. En möjlig väg är även att ta fram ett sortiment av basprodukter med kända specifikationer. Ett förslag till basprodukter gällande skogsbränslen finns redan beskrivet i ett arbete under ledning av Skogforsk.
- Utveckla system för leveransavisering och kösystem så att leveranser av biobränslet kan ske vid lämpliga tidpunkter och med känd kvalitet. Detta möjliggör en effektivare hantering på terminalen.
- För att utöka marknaderna och förstärka möjligheterna att frakta biomassa längre sträckor både nationellt och internationellt behöver systemen utvecklas kring infrastrukturer för långväga transporter med väg, räls och vatten.
- Ett forskningsprojekt föreslås kring internlogistik på bränsleterminal och som innefattar kostnadseffektiv utformning och användning av lagerytor, stackhöljder etc.
- Utredda hur mycket det kostar råvaruproducenterna att leverera rätt bränsle när mottagarna har respektive inte har lagringsytor (om mottagaren har större lagerytor borde inköpskostnaden kunna sänkas genom att det blir enklare att leverera).

Säkerhet

Brand och explosionsrisk

Mer kunskap om vad som orsakar bränder vid flislagring och hur brand kan undvikas efterfrågas. Även vid lagring av halm är brandrisk ett fokusområde. En annan materialfraktion som skapat brandproblem är bark. En säker lagring kräver kunskap om de hanterade och lagrade materialfraktionerna. Bränderna innebär inte bara ekonomiska problem, utan även negativ image och miljöproblem.

Att självuppvärmning förekommer vid lagring av biomassa är mycket välkänt men det finns mycket oklarheter kring vilka faktorer det är som gör att en ”normal” självuppvärmning resulterar i en självantändning och brand. Från industrin finns önskemål att ta fram nya kunskaper, att utarbeta rekommendationer för att reducera brandrisken samt att utveckla förbättrade detektionsmöjligheter, framförallt vid lagring av sönderdelat material.

På grund av risk för damm och emissioner kan täckt lagring och inomhuslagring bli mer aktuellt i framtiden. Detta ökar behovet av att undersöka riskerna för t.ex. dammexplosioner vid en efterföljande hantering av material som härrör från täckt lagring.

Ett behov finns för bättre automatiska övervakningssystem av lagringsstabiliteten och risken för brand. För lokala system som blandningsfickor och bunkrar finns övervakningssystem som fungerar bra. För att övervaka och få säkerhet i större områden saknas emellertid bra och användbara metoder och utrustningar. Eftersom man kan minimera både problem och kostnader vid tidig detektion är just övervakning och detektion ett viktigt och efterfrågat område.

Föreslagna aktiviteter

- Studier som kopplar olika biobränsletyper och kvaliteter samt olika bränsleblandningar till självuppvärmningsegenskaper. De rekommendationer som används idag är till stor del baserade på ett relativt fåtal fältförsök, utförda i mitten av 1980-talet och här finns behov av ytterligare studier där man också utgår från dagens hantering och lagring och sönderdelning av material. Även relevant för lagringsstabilitet.
- Ta fram modell av temperaturutveckling vid olika lagringsmetoder. Även relevant för lagringsstabilitet.
- Brandutredningar vid bränder som uppstår i biobränslelager för att följa upp och dra lärdom av när och varför bränder uppstår och hur de kan undvikas.
- Ta fram generella riktlinjer för hur brand kan undvikas, t.ex. genom att utveckla och lista brandförebyggande åtgärder. Även miljötillståndsaspekterna bör beaktas.
- Utveckla automatiska detektions- och övervakningssystem som kan förvarna om en onormal temperaturökning sker så att lämpliga åtgärder kan vidtas innan brand uppstår. Detta projekt kan med fördel utnyttjas för att samla in temperaturdata från olika bränslelager för att ge indata till ovan nämnda projektet kring självuppvärmningsegenskaper och modellering av temperaturutveckling.

Skalsäkerhet

Skalsäkerhet är en viktig punkt för att undvika sabotage, pyromani etc. Bränder har förekommit vid bränslelager där brandorsaken inte har kunnat klargöras.

Hälsa

Respirabelt damm

Frågeställningar som framkommit är hur mikrobiell tillväxt och hälsoproblem pga. termofila svampar och mykotoxiner kan undvikas och förebyggas. I returträflis kan det förekomma asbest.

Vid lagring av flis i stack är en viktig fråga hur mögelbildning kan minska och torkeffekten öka. Riskbedömning för att fastställa skyddsåtgärder efterfrågas, befintliga riktlinjer för skyddsåtgärder behöver ses över.

Föreslagna aktiviteter

- Forskningsprojekt med utgångspunkt i tidigare gjorda kartläggningar om vilka riskabla mikroorganismer, såsom *Aspergillus fumigatus*, som förekommer i olika biobränslen och hur förekomsten påverkas av olika metoder för lagring & hantering. Uppdatera befintliga rekommendationer för skyddsåtgärder utifrån den nya kunskapen.
- Utveckla en ”riskmatris” för damm vid lagring inomhus respektive utomhus.

- Utveckla en billig och snabb metod för bestämning av luftburna mikroorganismer.
- Försök för att undersöka om mögeltillväxt kan förhindras genom exempelvis förbättrad självtorkning vid lagring i stack om sönderdelningsgraden minskas eller annan sönderdelningsteknik används.

Emissioner

Vissa av de intervjuade aktörerna uppger att de har problem med lukt och emissioner vid utomhuslagring av biobränslen, t.ex. returträflis. Flyktiga organiska föreningar (t.ex. terpenier) uppfattas dock inte som ett problem, men mer kunskap behövs sannolikt.

Fysisk skaderisk

På bränsleterminaler och vid värmeverk innebär trafik av lastbilar och hjullastare en risk för t.ex. att personal ska bli påkörda. Hantering av staplad ved vid terminaler utgör också en skaderisk.

Miljö

Lakvatten

Lakvatten från biomassalager kan vara ett miljöproblem och vid värmeverk och bränsleterminaler finns ofta övervakningsprogram. Returträflis är inhomogen och kan vara förorenat såväl kemiskt som mekaniskt, vilket i sin tur kan påverka lakvatten.

Föreslagna aktiviteter

- En kartläggning av lakvattnet från en biobränsleterminal under en säsong med olika typer biomassor för att undersöka vilka ämnen som förekommer och i vilka koncentrationer.

Nulägesbeskrivning

Biomassa från skogen

Bakgrund

Skogsbränslemarknaden kännetecknas av en obalans mellan tillgång och efterfrågan. Detta medför att bränslet måste lagras i någon form, men kan samtidigt leda till en högre bränslekvalitet genom att biomassan torkar och därmed resulterar i ett högre effektivt värmevärde. Skogsbränslen kan delas in i primära och sekundära bränslen. Primära bränslen, vilket främst utgörs av småved, grot och nedklassad stamved är idag en reglerbar resurs medan de sekundära bränslena utgörs av skogsindustrins avfall och biprodukter. Produktionen i den senare kategorin är en direkt effekt av sågverks- och massaindustrins produktion och följlaktligen oundviklig. Potentialen att öka andelen skogliga biobränslen är därför direkt kopplat till ett ökat uttag av de primära bränslen som faller idag och/eller ökade avverkningsnivåer i Sverige.

Primära skogsbränslen

Andelen och volymen primära skogsbränslen i den svenska energiförsörjningen ökade stadigt fram till 2011, men har därefter minskat på grund av konkurrens från andra bränslen, framförallt returflis och hushållssopor. En ökad efterfrågan på skogsbränslen kan, sett till genomförda och beslutade nyinvesteringar, förväntas. Detta kräver dock en bra och sammanhållen planering, vilket är möjligt genom att effektivisera hanterings- och tillförselsystemet så att ett bränsle med högre, men framförallt jämnare, kvalitet kan produceras till en lägre kostnad.

Grovt sett kan tillförselkedjan indelas i skörd, sönderdelning, lagring samt transport och att de olika stegen går att kombinera i en rad olika former. Valet av maskinsystem påverkas av hur lagringen planeras och när bränslet ska sönderdelas. Primära skogsbränslen lagras antingen i osönderdelad form eller som flis och valet av lagringsmetod styrs av lagringsplatsens förutsättningar vid avlägg, terminal eller industri. Planeringsarbetet försvåras dock ofta av långa ledtider för bränslet samt inblandningen av många aktörer i tillförselkedjan.

Det vanligaste tillvägagångssättet vid tillvaratagande av grot är att lämna den i mindre högar på hygget. Dessa får sedan torka på hygget under våren och försommaren och skotas därefter samman i vältor längs väg eller på hygget under sommaren och hösten. Valet av lagringsplats är av stor vikt och låglänta, skuggiga och vindskyddade platser är direkt olämpligt oavsett om materialet lagras i småhögar eller vältor. Materialet torkar sämre och risken att det återfuktas underifrån är stor. Det kan därför löna sig att skota groten eller klenträden direkt till ett avlägg med bättre förhållanden för torkning såsom höglänta, sol- och vindexponerade platser på torr mark, vilket ger goda torkmöjligheter. Uppföljningar har visat att val av vältplats och sättet hur väl vältans byggs och läggs upp, hänsyn till förhärskande vindriktningar, täckning och tillfälle för uppläggning påverkar fukthalt och andra kvalitetsparametrar i hög grad.

I dag täcks i stort sett alla grotvältor och merparten av trädelsvältorna med papp. Täckning av grotvältor leder till en lägre fukthalt men ger framförallt en jämnare fukthalt. Generellt sett resulterar täckning med en bredare papp i en lägre fukthalt.

För- och nackdelar med att hyggeslagra grot

Allt sedan 1980-talet har det förordats att groten ska hyggeslagras under en sommar, dels för att materialet ska torka för att öka det effektiva värmevärdet, dels för att groten ska ”barra av”. Värmeverken vill inte elda barr, då det kan ge problem i pannan och det leder även till högre utsläpp av NO_x. Därutöver anses det också viktigt att näringen i barren blir kvar på hygget. Vid antagandet att 20 procent av groten lämnas på hygget, i normalfallet inom intervallet 20 till 40 procent, och 30 procent av barren i högarna faller av under hyggeslagringen, så blir 40-50 procent av den totala barmängden kvar vid hyggeslagring jämfört med 20-30 procent vid skotning av färsk grot. Argumentet för lagring och torkning av grot i små högar på hygget med syfte att merparten av barren ska falla av kan därför ifrågasättas. Hyggeslagring av grot innebär att grotskotningen måste utföras med en annan maskin än den som skotade rundvirket, vilket medför en extra kostnad. Hyggeslagring av grot medför även att grotskotningen koncentreras till barmarksperioden och att tidpunkten för markberedning och plantering för-

skjuts upp ett år. Sammantaget har detta lett till ett ökat intresse för att skota grotten direkt efter avverkning och torka den i en vält vid väg.

En av de absolut viktigaste bränslekvalitetsparametrarna är fukthalten, vilken direkt påverkar det effektiva värmevärdet, och indirekt substansförlusterna. Sett till skillnader i fukthalt har en svensk studie visat att valet av skotningstillfälle endast har en liten effekt på grotens fukthalt vid leveranstillfället. Därutöver är skillnaden i bränsleegenskaper mellan hyggestorkad och vältlagrad grot ofta marginell vid val av gynnsam lagringsplats och skillnaderna mellan olika hyggen tycks ha större inverkan än när själva skotningen till större vält genomförs.

Fukthalten är idag svår att bedöma under lagringsperioden och den erhålls vanligen inte förrän i samband med inmätning vid förbränning. Modeller, vilka håller på att valideras, har av den anledningen tagits fram för att utifrån vältans lagringstidpunkt och plats kunna prognosticera fukthaltsutveckling.

Val av tidpunkt och teknik för sönderdelning och transport

Sönderdelning av grot sker vanligen vid avlägget efter vältlagringen och i direkt samband med leverans. För att klara leveranstoppas behöver dock en viss andel sönderdelas under sommaren och tidig höst för att sedan lagras vid terminal eller industri fram till förbränning. Detta medför en ökad risk för kända lagringsproblem, vilket i sin tur lett till att lagring av sönderdelat material i möjligaste mån begränsats.

Sönderdelning av skogsbränsle till flis är en kostsam process, till stor del beroende på låg utnyttjandegrad på huggar och krossar. Utnyttjandegraden begränsas efter efterfrågan på det färdiga bränslet, vilket i sin tur är säsongsberoende. Ett sätt att sänka dessa kostnader kan vara att utnyttja maskinerna under en längre period och därefter lagra den flis som producerats. Detta möjliggör även att en plötslig ökad efterfrågan lättare kan mötas och att kostnader för vinterväghållning kan minska då färdigproducerad flis kan lagras på terminal. Ett annat sätt är att sönderdela mot en grövre målfraktion, vilket ökar prestationen samtidigt som bränsleförbrukningen sjunker.

Lagring av sönderdelade träbränslen

Idag lagras såväl biprodukter som sönderdelade primära skogsbränslen till största delen i stora ”limpformade” otäckta stackar utomhus. Gällande lagringsrekommendationer reglerar främst stackhöjden för olika bränslesortiment och grundar sig på ett flertal olika studier. Lagring av biprodukter, som torrflis och kutterspån, är förhållandevis riskfritt då fukthalten i regel understiger fibermättnadspunkten, vilket reducerar risken för mikrobiell aktivitet och därigenom i minimala substansförluster. Detsamma gäller vid lagring av torrt returträ. Däremot är returflis, till skillnad från skogsindustrins biprodukter, ofta ett mycket heterogent bränsle och kan innehålla en stor mängd såväl kemiska som mekaniska föroreningar. Detta medför en ökad risk för giftigt lakvatten, och problem relaterat till en hög askhalt, men även sammansättningen av densamma. Sågspån är betydligt fuktigare och stackarna är även mer kompakta pga. liten partikelstorlek. Initialt sker en förhållandevis snabb temperaturstegring i dessa stackar, men torkningseffekten är trots detta mycket låg och materialet återfuktas lättare än andra biprodukter och avfall.

Lagring av bark och grothflis kan leda till höga substansförluster och en kraftig temperaturutveckling, vilket i värsta kan leda till självantändning. Ett flertal studier visar på ts-förluster i storleksordningen 2,5 till 3 procent per månad för sönderdelad grot, men samtidigt är variationen mellan olika studier stor. Generellt sett är substansförlusterna högst under de första lagringsveckorna och avtar därefter. Utvecklingen är dock svår att prognosticera och egentligen vet vi bara att nedbrytningsprocessen, som ger upphov till substansförlusterna, inte är linjär. Däremot finns det väl underbyggd kunskap om de bakomliggande orsakerna till nedbrytning av biomassa och de negativa lagringseffekterna kan ofta minimeras vid en varsam hantering.

Biomassa alstrar värme under lagring, vilket framförallt kan härledas till mikrobiell aktivitet och kemiska oxidationsprocesser, men även till parenkymcellernas cellandning och fuktutjämnningar i bränslet. Flera olika faktorer, såväl bränslefaktorer som lagringsfaktorer, påverkar denna utveckling. Sett till bränsleegenskaperna är framförallt fukthalten och näringsinnehållet i biomassan direkt avgörande för den mikrobiella aktiviteten i stacken. Mikrobiell aktivitet utgörs i regel till största delen av rötsvampar och för att dessa ska kunna växa måste fukthalten vara över fibermättnadspunkten, d.v.s. över ca 25 % beroende på trädslag. En fukthalt på 30 till 60 procent utgör goda förhållanden för mikrobiellaktivitet och en hög fukthalt resulterar generellt i en hög mikrobielltillväxt. I färsk biomassa finns det i regel en god tillgång på lättillgängliga näringsämnen, framförallt i barr och löv men även i barken. En hög andel barr, löv eller bark leder därför till högre substansförluster. Utöver att mikroorganismerna kräver näring och en viss fukthalt för sin tillväxt producerar de själva vatten och koldioxid, vilket leder till värmeutveckling. Detta i sin tur gynnar tillväxten då de flesta mikroorganismernas temperaturoptimum ligger mellan 20°C till 40°C.

Vid temperaturer över 55 °C sker nedbrytningen främst på grund av kemiska oxidationsprocesser, vilket i sin tur kan accelerera temperaturutvecklingen. Vid lagring av grothflis och bark är vanligt att de centrala delarna i stacken når en temperatur upp mot 80°C redan inom ett par dagars lagring och stannar därefter vid denna temperatur under ett par månader för att slutligen sjunka. Temperaturutvecklingen kan dock även leda till självantändning, om inte värmen drivs ut från stacken tillräckligt snabbt. Stackstorlek, kompakteringsgrad och permeabilitetsgrad har en stor inverkan på vad som sker inuti stacken och generellt sker reaktionerna snabbare vid en ökad sönderdelningsgrad, men även vid ökad stackhöjd eller ökad kompakteringsgrad.

Ett statistikprojekt kring brandincidenter som lett till insats från räddningstjänsten visar att det årligen inrapporterats i storleksordningen 300-500 bränder som har koppling till utomhuslagring av biobränsle och avfall under åren 2005-2014. En noggrannare analys av statistiken för 2012 visade att av de 340 rapporterade bränderna så handlade det om industriell hantering och lagring i ca 150 fall. Det vanligaste brandobjektet var en stack eller hög med lagrat material och de vanligast förekommande materialen i brandstatistiken var flis, bark, sågspån, torv samt GROT. Samma undersökning visar att självantändning är den vanligaste brandorsaken.

Lagring resulterar inte enbart i substans- och energiförluster utan kan även medföra en ökad hälsorisk, främst genom allergiska reaktioner orsakade av höga koncentrationer av sporer och organiskt damm. Samtidigt leder lagring, generellt sett, till en lägre fukthalt, vilket därmed resulterar i ett högre effektivt värmevärde.

Fukthalten i otäckta flisstäckor är dock mycket inhomogen, med en inre kärna som påvisar en betydligt lägre fukthalt än den yttre manteln. Detta leder inte enbart till en kraftigare nedbrytning i övergången mellan fuktigare och torrare material utan även till att den yttre manteln gärna fryser ihop och blir mer svårhanterlig under vintern. Lagringsmetoder, som förbättrar bränslekvaliteten samtidigt som substansförlusterna minimeras, är därför önskvärda ur såväl ett kostnadsperspektiv som ur ett säkerhetsperspektiv. Flera olika lagringsmetoder, för att påskynda torkningsförloppet och därmed minska de negativa lagringseffekterna har studerats. Studierna innefattar allt från sönderdelning mot en grövre målfraktion, via kallluftsventilation under stackarna, kompaktering och olika täckningsmetoder. Sönderdelning mot en grövre målfraktion, är inte bara en mer kostnadseffektiv metod utan det har även visat sig att det leder till lägre substans- och energiförluster eftersom det samtidigt inte återfuktas i samma grad. Återfuktning av biomassan leder inte enbart till ökade substansförluster utan ökar även risken för självantändning. Täckning av flisstäckor är ett effektivt sätt att förhindra återfuktning av bränslet, men resultatet varierar kraftigt mellan olika täckningsmaterial, t.ex. leder täta material inte till en förbättrad bränslekvalitet utan snarare till högre substansförluster och bibehållen fukthalt. Ett täckningsmaterial, som däremot förhindrar att nederbörd återfuktas det flisade materialet samtidigt som vattenånga släppts ut, har resulterat i en markant förbättrad torkprocess, med påfallande låga substansförluster. Problemet med denna metod kan främst relateras till svårigheter vid hantering av duken under täckning och avtäckning av flisstäcken.

Biomassa från jordbruket

Inledning

Energigrödorna från åkermark kan delas in i traditionella livsmedels- och fodergrödor (stråsäd, raps, sockerbetor), nya anpassade grödor för energiändamål (salix, majs, rörfen, hampa) samt restprodukter (halm, blast) från växtodlingen. Enligt en ekonomisk analys har de tre energigrödorna spannmål (etanol), salix (värme och el) samt raps (RME) bäst ekonomiska förutsättningar. RME har högst lönsamhet men volymerna begränsas till maximalt ett par TWh eftersom rapsodlingens utbredning i Sverige begränsas av klimatet och av växtföljdsrestriktioner. Spannmål och salix skulle däremot kunna produceras i stora volymer. Spannmål är den största energigrödan i jordbruket och ungefär en tiondel av den totala produktionen används till framställning av etanol. Därefter kommer restprodukten halm som främst används till uppvärmning på gården. Mindre än en tiondel av den halm som skulle kunna vara tillgänglig för energiändamål (4-7 TWh) används dock idag. Salix har många positiva egenskaper, förutom goda miljöegenskaper är den en resurs-, energi- och kostnadseffektiv gröda. För att exempelvis producera 20 TWh åtgår det i dagsläget drygt 20 procent av åkermarken om den är av genomsnittlig kvalitet. Övriga grödor kräver större arealer. Odlingen av salix har dock minskat de senaste åren och idag uppgår odlingsarealen till knappt en halv procent av jordbruksarealen sannolikt beroende på sämre lönsamhet, bundenheten till grödan (20 år), rädsla att den ska påverka landskapsbilden negativt samt risken för igensättning av dräneringsrör. Det finns ett politiskt motstånd för att odla annat än livsmedel och foder på åkermark. Salix skulle dock kunna vara en värdefull gröda i växtföljd med spannmål pga.

dess förmåga att ta upp tungmetaller såsom kadmium. I storleksordningen 10 % av landets åkermark innehåller höga till mycket höga halter av kadmium.

Bärgning av halm och salix

Bärgning halm

Halmen bärgas i anslutning till den förhållandevis korta skördeperioden för spannmål i augusti-september. Bärgningskapaciteten är viktig, dels för att man skall hinna bärga en tillräckligt torr halm med önskad kvalitet med tillgängliga maskinresurser innan klimatet hinner bli fuktigare under hösten men även för att få en rationell och effektiv hantering med bra ekonomi. Dessutom skall fälten i många fall beredas för höstsådd av nästkommande års gröda direkt efter bärgningen. Ett av problemen med halm är den låga volymvikten, vilket leder till höga lagrings- och transportkostnader framförallt om den skall användas utanför gården. Därför balas nästan alltid halmen även om det finns teknik för bärgning av lös halmen med hög kapacitet. Det finns prototyper framtagna av fältmaskiner som antingen briketterar eller pelletterar ohackad halm direkt från strängen. Genom att tillverka briketter eller pellets av halmen redan på fältet kan stråmaterialet hanteras som bulkvara med hög densitet i hela hanteringskedjan. Fältpkapaciteten är dock lägre jämfört med storbalspressar. Det finns dock stationära pelletspressar som kan matas med fyrkantsbalar, vilket ökar utnyttjadegraden väsentligen.

Om halmen skall pelleteras/briketteras med konventionella stationära pelletspressar som kräver hackad halm eller ingå i en bränslemix i en närbelägen värmeanläggning skulle det kunna vara aktuellt att bärga halmen med hjälp av bogserad eller självgående exakthack som sedan blåser över hackelsen i en efterföljande vagn. Moderna exakthackar har lika hög kapacitet som storbalspressar. Låg densitet och relativt komplicerad hanteringsteknik gör dock transporter och lagring dyrare.

Bärgning salix

Salix skördas första gången fyra till fem år efter plantering, medan tiden till nästa skörd brukar kunna vara något kortare. Salixen skördas efter att växten fällt sina löv och invintrat, vilket brukar infalla vid mitten av oktober. Skörden kan sedan pågå till mars-april. En förutsättning är också att marken är bärig då skördemaskiner med följefordon är tunga. Den rådande tekniken vid skörd av salix är direktflisning med en självgående exakthack, vilket hittills visat sig vara det mest ekonomiska alternativet trots en fukthalt över 50 %. Det flisade materialet blåses/skruvas över till medföljande traktor med vagn (container). Därefter ställs vagnen nära skördeplatsen för upphämtning eller så töms flisen på upphämtningsplatsen för att sedan lastas på nytt för vidare transport till förbränningsanläggningen. Målsättningen är att den mycket fuktiga flisen lagras så kort tid som möjligt innan förbränningen.

Under de senaste åren har det bedrivits flera projekt som studerat lönsamheten för olika skördemetoder och utveckling av ny teknik. Målet har varit få fram robustare skördesystem med färre avbrott och ökad lagringsbarhet hos den skördade produkten. Exempel på skördesystem som har studerats är helskottsskörd, vilka samlas på skördemaskinen som lösa skott eller som buntar för senare flisning, direktskörd genom kapning av hela skott i bitar på skördaren istället för flisning samt rundbalspressning där salixen skördas och klipps i mindre bitar som sedan balas i en rundbalspress.

Torkning och lagring

Halm

Under svenska förhållanden har halmen nästan alltid en hög vattenhalt vid skörd, vilken oftast är betydligt högre än spannmålets. Den stränglagda halmen torkar respektive uppfuktas snabbt som ett resultat av att halmstrået bearbetas kraftigt i skördetröskan. Väderleksförhållandena under skördeperioden medger oftast att halmen kan fälttorkas till en lagringsstabil vattenhalt inom ett par dygn om den inte innehåller mycket gröna växtdelar. Det kan dock vara en fördel om bränslehalmen får ligga ute en tid och exponeras för nederbörd så att askhalten och vattenlösliga ämnen som sänker bränsle kvaliteten minskas genom urlakning, vilket leder till att halmen blir grå. Vissa år kan det dock vara svårt att fälttorka halmen. Ett bra sätt att utvärdera potentialen för fälttorkning är att använda en matematisk modell av torkningsförloppet i en halmsträng. En validering av en sådan modell framtagen för linhalm visade att modellen beskrev torknings- och uppfuktningsförloppet med en acceptabel noggrannhet även för höstvetehalm. Denna typ av modell kan användas för att bedöma potentialen för fälttorkning i olika geografiska områden av Sverige baserad på historiska väderleksdata.

När halmen pressas till rund- eller fyrkantbalar minskar fukttransporten betydligt, en minskning som ökar med ökad baldensitet. Detta innebär bl.a. att om vattenhalten är hög vid pressningen sker ingen ytterligare torkning av halmen om inte torkluft tillförs. Om halmen däremot är torr och pressas till rundbalar uppfuktas i huvudsak halmen i balens periferi om den lagras oskyddat utomhus. Däremot verkar vatten lättare kunna tränga in i en oskyddad fyrkantsbal trots en högre baldensitet. För att undvika en kraftig uppfuktning av balens anläggningsyta mot underlaget måste halmen oavsett baltyp lagras på ett underlag som är väl dränerat och har ett kapillärbrytande skikt. Om rundbalar ställda i pelare och försedda med täckning överst kan självtorka ned till ca 18 % vattenhalt om bärgningsvattenhalten inte är för hög. Det föreligger dock en stor risk för mögelangrepp. Halm-balar kan också torkas på planbottentorkar med kallluft om de staplas noggrant för att förhindra luftläckage. På marknaden finns också speciella baltorkar anpassade till rundbalar eller fyrkantsbalar avsedda för hö till hästar.

Vid studier av lagring av hackad halm utomhus utan täckning har oftast endast det yttre lagret blivit påverkat av nederbörd medan stacken i övrigt förblivit förhållandevis opåverkad. Denna teknik med stacklagring har tillämpats under hela 1900-talet i exempelvis Öststaterna, USA, Kanada och Australien. Man kom fram till att halmens finhackningsgrad är en viktig parameter för god täthet på stacken och därmed en god vattenavvisning.

Salix

Nyskördad salixflis håller drygt 50 % fukthalt. Trots detta har flisning i samband med skörd hittills visat sig vara totalekonomiskt mest fördelaktigt för salixflis till bränsle. Från början var avsikten med denna metod att skörden skulle ske i den takt som flisen förbrukades. Det har dock visat sig vara omöjligt att helt undvika lagring. Lagring av grön fuktig flis måste begränsas i tiden om stora förluster av torrs substans och energi samt de arbetsmiljömässiga olägenheterna med mögeldamm skall kunna undvikas. Investeringar i torkning har i allmänhet bedömts som olönsamt. Salixen kan i allmänhet torkas ned till 30 % fukthalt om de lagras i välta som helskott eller i rundbal. Skall vattenhalten sänkas mer bör materialet flisas och kan då torkas med kallluft med eller utan tillsatsvärme på en planbotten-

tork eller i en bandtork/satstork. Vid exempelvis pellettering eller brikettering bör fukthalten först ned till cirka 12 procent. Energiåtgången vid kallluftstorkning påverkas av omgivningsluften vattenupptagande förmåga, vilken varierar mycket under året och även mellan regioner. Vid stora pelletsanläggningar används ofta varmlufts-/hetluftstorkar i form av trumtorkar som torkar med rökgaser med hög temperatur. I denna typ av torkar brukar energiåtgången bli högre. Även om torkningen är effektiv innebär den stora mängden vatten som måste avlägsnas och därmed den stora energiåtgången att torkningskostnaden per enhet blir hög jämfört med exempelvis vid torkning av spannmål.

För att minska exponeringen för mikroorganismer och öka möjligheterna till självtorkning kan salix lagras i form av helskott eller kapas i mindre bitar, s.k. billets. Även lagring av salix i form av helskott i rundbalar förekommer. Olika studier av lagrad billets har kommit fram till lite olika resultat men genomgående gav en större partikelstorlek en bättre självventilation i stacken, vilket ledde till att värmebildningen i stort uteblev och att ts-förlusterna i allmänhet blev betydligt lägre.

Lagringsstabilitet

Fuktig biomassa är inte lagringsstabil. Orsaken är att växtmaterial innehåller levande celler och alltid närvarande mikroorganismer, vilket om förhållandena är tillräckligt fuktiga och varma leder till accelererande metabolisk omsättning i materialet med förluster av torrs substans samt värmebildning. TS-förlusterna kan bli stora och uppgå till tiotal procentenheter vid längre tids lagring. I extremfallet kan brand uppstå, vilket kan leda till totalförluster. Den effektivaste åtgärden för att uppnå lagringsstabilitet är torkning till lagringsstabil fukthalt medan kylning mera bromsar de nedbrytande processerna. Ett reducerat lufttillträde genom ”lufttät lagring” kan också bromsa och få dessa processer att stanna av. Andra möjligheter är att tillsätta additiv i form av konserveringsmedel eller antagonistiska mikroorganismer för att förhindra eller bromsa den mikrobiella utvecklingen och/eller förhindrar att mikroorganismer som är skadliga att inandas tillväxer. Exempelvis mjölksyrabakterier som används vid ensilering producerar organiska syror med konserverande verkan.

Den viktigaste faktorn som bestämmer om mikroorganismer kan tillväxa är vattnets tillgänglighet i materialet, vilket kan fastställas genom bestämning av dess vattenaktivitet. I litteraturen finns det en hel del information om när olika mikroorganismer tillväxer beträffande vattenaktivitet och temperatur. Nästan inga mikroorganismer kan växa vid en vattenaktivitet under 0,65-0,70 vid optimal temperatur (20-30 °C). Vissa termofila svampar kan tillväxa upp till 70 °C vid höga fukthalter. Vid vattenaktiviteter strax över gränsen för växt sker tillväxten mycket långsamt medan tillväxten sker snabbt när vattenaktiviteten är över 0,90-0,95. Om man inte har tillgång till en vattenaktivitetsmätare är kurvor av sambandet mellan vattenhalt (fukthalt) och vattenaktivitet vid jämvikt samt information om lagringstemperaturen användbara för att bedöma lagringsstabiliteten. Denna typ av data finns framförallt framtagen för spannmål. Däremot saknas tillförlitlig och/eller verifierad information om detta samband för många växtmaterial, vilket bland annat gäller för halm, salix och skogsbränslen. JTI har också tagit fram information om hur lång tid det tar för mögelsvampar att börja växa i aerobt lagrad spannmål vid olika vattenaktiviteter och temperaturer en typ av information som också bör vara användbar för andra växtslag. En modell av säker

lagringstid innan mögelväxt och mykotoxinbildning baserade på dessa data har bland annat använts för att utvärdera de engelska och svenska rekommendationerna för kallluftstorkning av spannmål baserade på historiska väderleksdata. Med hjälp av samma utrustning (respirometer) har också vattenaktivitetens och temperaturens inverkan på ts-förlusternas tidsutveckling kunnat studeras hos spannmål. I en orienterande studie har också ts-förlusterna hos nyskördad salixflis med ca 50 % vattenhalt undersökts.

Tillväxtförhållanden för flertalet mikroorganismer bör vara goda i nyskördad salixflis. Orsaken är den höga vattenhalten (>50 %) samt god tillgång på näring. Tillgången på kväve, vilken gynnar mikrobiell tillväxt, är betydligt högre i Salix jämfört med i stamveden hos barrträd. Näringen hos flis är också lättillgänglig på grund av stor angreppsyta. I JTI:s studie med salixflis ökade andningsaktivitet kraftigt redan efter något dygn och åtminstone inledningsvis bidrog den mikrobiella tillväxten till den största andelen av förlusterna/värmebildningen. Andningsaktiviteten ökade något med ökad sönderdelningsgrad.

Kunskaperna när det gäller svampars nedbrytning av trä är fragmentariska. Tre stadier kan eventuellt urskiljas: 1) invasion av primära saprofytiska svampar vilka lever på socker och enkla kolföreningar; 2) angrepp av cellulosedbrytande svampar, åtföljda av sekundära saprofytiska svampar, vilka utnyttjar nedbrytningsprodukterna från cellulosan; 3) angrepp av lignindbrytande svampar. Mögelsvampar är ofta anpassade att tillväxa under vissa speciella förhållanden när det gäller tillgång på näring och vatten samt omgivningstemperatur. Exempelvis är termofila svampar inte ovanliga vid värmebildning och dominerade de inre delarna av stacken medan de termotoleranta förekom mest i de yttre delarna. Enligt finska erfarenheter inleds andningsaktiviteten först när temperaturen överstiger 0 °C och dess intensitet ökar upp till 40 °C. Dock finns det rapporter från Kanada om värmebildning hos spannmål som lagrats vid temperaturer under fryspunkten. De viktigaste faktorerna som bestämmer förlusternas storlek vid lagring av flis i stack utan mekanisk ventilation är förutom materialets vattenhalt och temperatur troligtvis också flisens partikelstorlek, upplagets storlek och packningsgrad och därmed förutsättningarna för kylning genom självventilation.

Arbetsmiljö

Olika studier av hantering av växtmaterial inom lantbruket har visat att exponering för organiskt damm kan ge en rad olika besvär och sjukdomar såsom akut toxisk alveolit (*organic dust toxic syndrome*, ODTS), allergisk alveolit, kronisk bronkit, astma och allergier. Trots gränsvärden för halten organiskt damm och trädamm saknas uppgifter om halter vid olika arbetsmoment vid hantering av halm och flis i litteraturen.

En viktig komponent i det organiska dammet är de luftburna mikroorganismerna. Mängderna av dessa i samband med hantering av lagrad biomassa bestäms av den mikrobiella tillväxtens omfattning samt av florans sammansättning. Det är framförallt vid tillväxt av *Actinomyces* samt av arter av *Aspergillus* eller *Penicillium* som halterna blir höga. Vid normalhanterad otorkad flis har totalmängden kolonibildande enheter uppmätts till 10^6 till 10^9 per m^3 luft, vilket ligger i intervallet när det föreligger risk för allergisk alveolit.

En risk är också förekomsten av patogena mikroorganismer, vilka kan orsaka infektioner. Den termotoleranta opportunistiska patogena och allergena mögel-

svampen *Aspergillus fumigatus* verkar var vanligt förekommande i flisstackar och lagrad halm som tagit värme men förekommer också när värmebildning uteblivit. Under senare år har exponering för mykotoxiner genom inandningsluften fått ökad uppmärksamhet. I miljöer som är höggradigt kontaminerade med luftburna mögelsvampar, exempelvis i vattenskadade byggnader och i lantbruket, kan exponering av mögelgifter via inandning utgöra en potentiell hälsorisk. En svensk studie vid KTH visade att arter av *Penicillium* kan producera mykotoxiner (patulin och ochratoxin A) när de växer på trä. I en studie med spannmål som JTI genomförde i samarbete med Livsmedelsverket konstaterades att risken för förekomst av ochratoxin A i ohälsosamma halter förelåg redan vid begynnande tillväxt av den mykotoxinproducerande svampen.

Nyckelreferenser

- Baky, A., Forsberg, M., Rosenqvist, H., Jonsson, N., och Sundberg, M. 2009. Skördeteknik och logistik för bättre lönsamhet från små odlingar av *Salix*. Grödor från åker till energi, 1143. Värmeforsk, Stockholm
- Bernesson S., Nilsson D. 2005. Halm som energikälla. Översikt av existerande kunskap. Rapport miljö, teknik och lantbruk 2005:07, Institutionen för biometri och teknik, SLU, Uppsala.
- Eliasson, L. och Nilsson, B. 2015. Skotning av grot direkt efter avverkning eller efter hyggeslagring. Skogforsk, Arbetsrapport Nr 878.
- Energiläget 2015, Energimyndigheten, ET 2015:08
- Iwarsson Wide, M, redaktör. 2015. Skogens energi – en källa till hållbar framtid. Skogforsk.
- Jirjis., R. 1995. Storage and drying of wood fuel. *Biomass & Bioenergy*. 9:181-190.
- Jonsson N. & Jirjis R., 1997. Torrsubstansförluster och mikrobiell aktivitet vid lagring av *Salix*flis. JTI-rapport 237.
- Jonsson N. & Pettersson H., 1999. Utvärdering av olika konserveringsmetoder för spannmål - baserad på analyser av hygienisk kvalitet. JTI-rapport 263.
- Käärik A., 1975. Succession of microorganisms during wood decay. In: *Biological Transformation of Wood by Microorganisms* (W. Liese, Ed.), pp. 39-51. Springer-Verlag, Berlin.
- Lehtikangas, P. 1999. Lagringshandbok för träbränsklen. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för virkeslära. ISBN 91-576-5564-2.
- Lönnermark, A., Persson, H., Blomqvist, P., och W. Hogland. 2008. Biobränslen och avfall - Brandsäkerhet i samband med lagring, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, SP Rapport 2008:51, Borås.
- Persson, H., Leandersson, A., Amen, M., och A. Lönnermark. 2014. Lagring av biobränsle och avfall - Statistik och erfarenheter från incidenter och bränder, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, SP Rapport 2014:55, Borås.
- Thörnqvist, 1983, Fuel chips change during one year of storage. The Swedish University of Agricultural Science, Department of Forest Products, Report No 148.
- Thörnqvist, T. 1984. Hyggesrester som råvara för energiproduktion – Torkning, lagring, hantering och kvalitet. Sveriges lantbruksuniversitet Institutionen för virkeslära rapport nr 152.
- Thörnqvist, T., och R. Jirjis. 1990. Bränsleflisens förändring över tiden – vid lagring i stora stackar. Sveriges lantbruksuniversitet Institutionen för skogens produkter rapport nr 219.

Bilaga 1. Intervjuer med intressenter

Förteckning över intervjuade intressenter

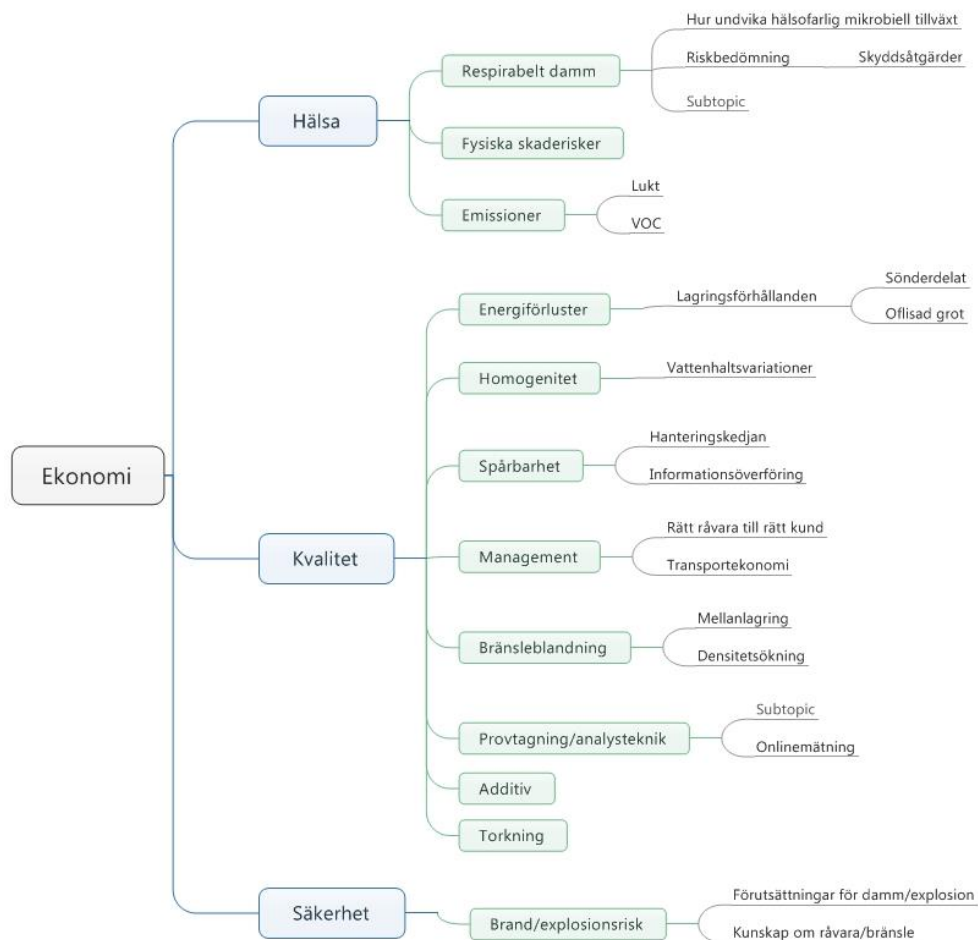
- Agroenergi Neova (Åke Andersson)
- Bal & Bobcat (Magnus Eriksson)
- First Bioenergy (Henrik Lundberg)
- Grästorps värmeverk (Lennart Edvardsson)
- Lantmännen Agrovärme (Lars Blom)
- Sala Heby Energi (Tommy Jönsson)
- SCA (Simon Hellgren)
- Stora Enso Bioenergi (Peter Sondelius)
- Sveaskog (Oskar Gustavsson)
- Söderenergi (Olle Ankarling)
- Södra skog (Torbjörn Carlsson)
- Tekniska verken (Erik Lindhe, Stig-Olov Taberman)

Följebrev till intervjuerna

Vi behöver Er input till pågående Strategiska Innovationsagenda ”Optimerad lagring av biomassa”!

Att lagra biomassa till energianvändning kan medföra stora problem, såsom energi- och torrsubstansförluster, arbetsmiljöproblem samt brandrisk. Problem som är kända hos energibolagen men där helhetslösningar fortfarande efterfrågas. JTI har fått uppdrag av Energimyndighet att ta fram en strategisk innovationsagenda med rubriken ”Optimerad lagring av biomassa” i samarbete med bland annat Vattenfall, Fortum, Skogforsk, Sveaskog, LRF och SLU. Agendan ska fokusera på hur lagring av biomassa kan genomföras för att säkerställa kvalitet, säkerhet, hälsa och ekonomi. I dagsläget används biomassa främst inom energisektorn och agendan är därför avgränsad till att omfatta biomassa för värme- och kraftvärmeproduktion för anläggningar större än 1 MW. En gemensam agenda ger stora möjligheter att påverka forskningen och därmed möjlighet att utveckla området och kompetenser för att bygga en unik kunskap som är internationellt gångbar.

I samband med projektets uppstartsmöte i oktober i år togs ett förslag fram på fokusområden och forskningsfrågor som skall ingå i agendan (se diagrammet nedan). De gröna rutorna i diagrammet visar de fokusområden som bedömdes som viktiga och längst till höger de forskningsfrågor och kunskapsluckor som identifierades på mötet.



En viktig del av arbetet med agendan är att öka deltagandet från andra intressenter än de som redan deltar så att inget faller mellan stolarna. Utifrån fokusområden och forskningsfrågor i figuren ovan skulle vi uppskatta om ni **via telefonintervju** vill svara på följande frågor:

1. Vilka 3-5 fokusområden är mest prioriterade för er?
2. Är det något fokusområde som saknas?
3. Vilka är de viktigaste frågeställningarna inom de prioriterade fokusområdena?
4. Har ni några mål och visioner för området lagring av biomassa?
5. Vilka aktiviteter och insatser behövs för att nå mål och vision?

Vänliga Hälsningar

Projektgruppen genom Carina Gunnarsson

JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik

Vi är ett tekniskt jordbruksinstitut med tydlig miljö- och energiprofil. Institutets fokus ligger på innovation och utveckling i nära samarbete med företag, organisationer och myndigheter.

På vår webbplats publiceras regelbundet notiser om aktuell forskning och utveckling vid JTI. Gratis mejlutskick av JTI:s nyhetsnotiser kan beställas på www.jti.se

På webbplatsen finns publikationer som kan läsas och laddas hem gratis. Se www.jti.se under fliken Publicerat.

Vissa publikationer kan beställas i tryckt form. För trycksaksbeställningar, kontakta oss på tfn 010-516 69 00, e-post: info@jti.se



JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik
Box 7033, 750 07 Uppsala
Telefon: 010-516 69 00, Telefax: 018-30 09 56
E-post: info@jti.se
www.jti.se