

Projekt SWX-Energi

Rapport nr 23

Kartläggning och nulägesbeskrivning av pelletskedjan

Jonas Berghel, Stefan Frodeson, Karin Granström,
Roger Renström och Magnus Ståhl



En investering för framtiden



FÖRORD

Rapporten **Kartläggning och nulägesbeskrivning av pelletskedjan** är framtagen av Jonas Berghel, Stefan Frodeson, Karin Granström, Roger Renström och Magnus Ståhl inom delprojekt Pellets.

Rapporten redovisar ett tiotal förslag på konkreta utvecklingsbehov som finns i kedjan från fuktig råvara till färdigt bränsle. Analysen tar sin utgångspunkt från forskning och testverksamhet vid Karlstads Universitet samt intervjuer, studiebesök och seminarier.

Syftet är att visa på behovet av fortsatt satsning på forskning och utveckling inom pelletsbranschen.

Vi försöker beskriva vilka drivkrafter som finns för att förbättra pelletskedjan.

Ett varm tack riktas till alla medverkande företag.

2011-09-01

Lars Persson
Projektchef, SWX-Energi
0653-77211, 070-2117896
lars.persson@gde-kontor.se

Jonas Berghel
Projektledare, delprojekt Pellets
054-7001247
jonas.berghel@kau.se

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	INGRESS	4
1.1	Inledning.....	5
2	FÖRUTSÄTTNINGAR.....	6
2.1	Utrustning och kompetens vid Karlstads universitet	6
2.2	Kvalitetsmätning, utrustning och standarder.....	8
2.3	Teorigenomgång av torkprocessen.....	9
3	DRIVKRAFTER OCH PERSPEKTIV	12
3.1	Integrering av pelletsproduktion med annan verksamhet	12
3.2	Pelletering med nya råvaror eller tillsatsämnen	15
3.3	Probleminventering från producenter och leverantörer	18
4	ANALYS OCH KONKRETA UTVECKLINGSBEHOV	19
4.1	Energianvändningen i pelletskedjan	20
4.2	Igensättningar i torksystemet.....	22
4.3	Styrning av torksystemet.....	22
4.4	Kapacitetsbrister i torksystemet	23
4.5	Konditionering av spån före pelletering	23
4.6	Pelletering av nya blandningar av biofibrer	24
4.7	Lagring av färdig pellets	24
4.8	Villakundens kvalitetsaspekter på pellets	24
4.9	Utsläpp och rening från pelletsfabriken.....	25
5	ANKNYTNING TILL GRUNDUTBILDNINGEN	26
6	DISKUSSION	26
7	REFERENSER.....	27

1 INGRESS

1.1 Inledning, sida 5, är en allmän nulägesbeskrivning av pelletsanvändandet i småhus ur ett historiskt perspektiv. Där vidgas perspektivet till att även omfatta vad som kan hända i byggnadens konstruktion om uppvärmningssystemet byts. Inledningen avslutas med att redogöra för motiven till denna rapport.

Under rubriken **2 Förutsättningar**, sida 6, beskrivs den utrustning och kompetens som finns vid Karlstads universitet för att arbeta med forskning och utveckling av pelletsrelaterade problemställningar. Torkning av spån, som återkommer som ett kapacitetsproblem för många pelletsproducenter, har hög prioritet. Torkning är en mycket energikrävande process om den inte integreras med andra verksamheter.

Under rubriken **3 Drivkrafter och perspektiv**, sida 12, redovisas de starkaste drivkrafterna och perspektiven som ligger till grund för detta arbete:

- Utgångspunkterna i perspektivvalen är främst kontakter med företrädare och intresserade som varit med i probleminventeringen.
- Perspektivdelen beskriver en tankemodell avseende integrering av pelletsproduktion med annan industriell verksamhet, pelletering med tillsatsämnen samt hur probleminventeringen och nätverksarbetet gått till.
- Integreringsdelen syftar till att ge en metodmässig tankemodell om energianvändningen i pelletskedjan.
- Pelletskedjan från fuktigt spån till värme är rätt omfattande och involverar ofta flera intressenter som väldigt ofta har skilda, och ibland motstridiga, perspektiv på vilka åtgärder som är gynnsamma för att gynna pelletsanvändningen. En tillsats eller materialblandning som förbättrar en del i processen kanske försämrar en annan del.
- Perspektivdelen om tillsatser syftar till att beskriva orsakerna till de valda tillsatserna.
- I stycket som handlar om probleminventeringen beskrivs de kontaktytor som finns och hur informationen i resultatdelen kommit fram.

Under **Probleminventering från producenter och leverantörer**, sida 18, kommer en del fackuttryck med nödvändighet att användas. Därför har ett teoriavsnitt som beskriver för probleminventeringen relevanta delar av torkprocessen tillkommit. Observera att torkavsnittet inte är någon heltäckande beskrivning av torkförloppet. Det som står i avsnittet är allmängiltigt för torkning av biomassa. Målet med denna del av rapporten är att läsaren ska få en förbättrad insikt om hur torkning går till. Lyckosamma integreringar tros av arbetsgruppen bakom denna rapport vara en nyckelfaktor vid nyetableringar av pelletsfabriker. Målet med integreringsavsnittet är att öka kunskapen om behoven och vinsterna av att integrera pelletsproduktion med annan verksamhet, både när det gäller råvara och energianvändning.

I kapitel **4 Analys och konkret utvecklingsbehov**, sida 19, har de uppgifter som kommit fram i probleminventeringen kategoriserats och tolkats med det huvudsakliga syftet att komma fram till konkretiserbara utvecklingsbehov.

I kapitel 65 **Anknytning till grundutbildningen**, sida 26 redovisas på vilket sätt studenter som en direkt följd av SWX-Energi-projektet har getts en ökad förståelse och kunskap om pelletsindustrins förutsättningar och villkor. Stor vikt läggs vid att forskning, utveckling och grundutbildning ska ha största möjliga beröringsytor.

1.1 Inledning

Pelletsindustrin är en relativt ung men vid det här laget ändå en väletablerad bransch. Då tillgången på torr råvara är starkt begränsad har pelletsindustrin på samma sätt som spånskiveindustrin tvingats till lösningar där råvaran först måste torkas innan den ska pressas samman. För att hålla kostnaderna för logistik, transport och energi nere undersöks lösningar för att integrera pelletsanläggningar med annan industri.

Inom pelletsindustrin används i huvudsak trumtorkar, ett arv från nyss nämnda spånskiveindustri. Torkarna värms direkt med rökgaser från en panna. Brandrisken är uppenbar om inte tork och panna samtrimmas på ett bra sätt. I en del tillämpningar återcirkuleras torkgaserna och ånghalten i drivs upp. Det leder till en mer komplicerad tork vad gäller styrning. Ett sådant styrsystem kan leda till minskad brandrisk.

I Sverige har användning av biobränslen historiskt spelat en stor roll för uppvärmning av våra bostäder. För ett fyrtiotal år sedan var fortfarande öhembränningen en viktig del av uppvärmningen för många småhus på landsbygden. Ändrade livsmönster med billigare och tillförlitligare värmepumpsteknik och tillgängligheten av pellets har dock gjort att många slutat elda ved i dess enklaste form.

Av de som fortfarande vill värma sina hus genom att förbränna biobränslen har en del gått över till att elda pellets. Som orsak anges att priset på vedråvaran har gått upp och att det är bekvämare att elda pellets. Eldas pellets kan husägaren åka bort över helgen utan att komma hem till ett iskallt hus. Arbetsinsatsen blir också betydligt mindre med pellets än med ved. Detta är ett viktigt argument både för pensionärer som inte riktigt orkar längre och för barnfamiljer som stressas av det som brukar kallas livspusslet. Resonemanget ovan motsägs i viss mening, eftersom någon större ändring i användningen av ved för uppvärmning av småhus inte har noterats i den officiella statistiken. Mer om detta längre fram i denna rapport.

Äldre hus har inte någon fuktspärr mellan bostadsdelen och vinden. I hus utan fuktspärr är det ofrånkomligt att det läcker upp lite luft från bostadsdelen till vinden. Eftersom luften i bostaden innehåller mer fukt än utomhusluften kan luftläckaget medföra problem om eldningen i huset upphör och fastighetsägaren övergår till att värma med elektricitet, värmepump eller fjärrvärme. Om skorstenen är varm så värmer den vinden. Upphör eldningen så upphör den värmekällan och temperaturen på vinden sjunker. Risker är då att den fukt som läcker upp på vinden kondenserar där. Om det blir långvariga perioder med kondensation så blir det även mögelproblem.

Det finns två bra sätt att motverka risken för kondensation och mögelbildning. Ett är att husägaren kan låta installera en avfuktare på vinden. Nackdelen med det alternativet är att avfuktarna är dyra och avfuktarna och drar ström. Det andra sättet är att fortsätta att elda och värma vinden med spillvärme från skorstenen.

I all konvertering från eldning med olja eller ved till värmepump eller fjärrvärme borde det ingå en grundlig analys av konsekvenserna för byggnaden. I många fall kan det finnas betydande byggnadstekniska fördelar med att låta en konvertering från ved eller olja bli en konvertering till pellets.

En i och för sig vettig förändring i ett system (i ovanstående fall i uppvärmningssystemet) får stora negativa konsekvenser i andra delar av systemet (i ovanstående fall byggnaden). Förändringar av en del i pelletskedjan kan mycket väl, på liknande sätt som för en byggnad, medföra stora problem i andra delar av pelletskedjan. Särskilt allvarlig är det om försämringen uppstår i användarledet efter en längre tids lagring. I ett sådant fall kan stora mängder pellets tvingas att användas till annat ändamål än avsetts och användarnas uppfattningar om pelletsen försämrats.

Rapporten är en inventering av de problem som kommit fram under arbetet med SWX-Energi-projektet. Syftet med att presentera kartläggningen på detta samlade sätt är att visa problem från olika perspektiv och att, efter analys, vaska fram konkreta utvecklingsbehov.

2 FÖRUTSÄTTNINGAR

Här presenteras de förutsättningar som finns vid Karlstads Universitet för att utifrån ett helhetsperspektiv möta de konkreta utvecklingsbehov som kommer fram i probleminventeringen. Den energikrävande torkprocessen kommer ofta upp i olika sammanhang som något som industrin vill försöka att förbättra. Detta är inte lätt eftersom torkprocessen är mycket energikrävande. Det går exempelvis åt cirka 700 gånger så mycket energi att förångas en viss mängd vatten jämfört med att värma samma vattenmängd en grad. Av denna anledning ligger det i avsnittet förutsättningar en kort teorigenomgång, se 2.3 sida 9, av de fysikaliska förutsättningar som gäller vid torkning. Avsnittet är också tänkt att underlätta förståelsen av energianvändningen i pelletskedjan.

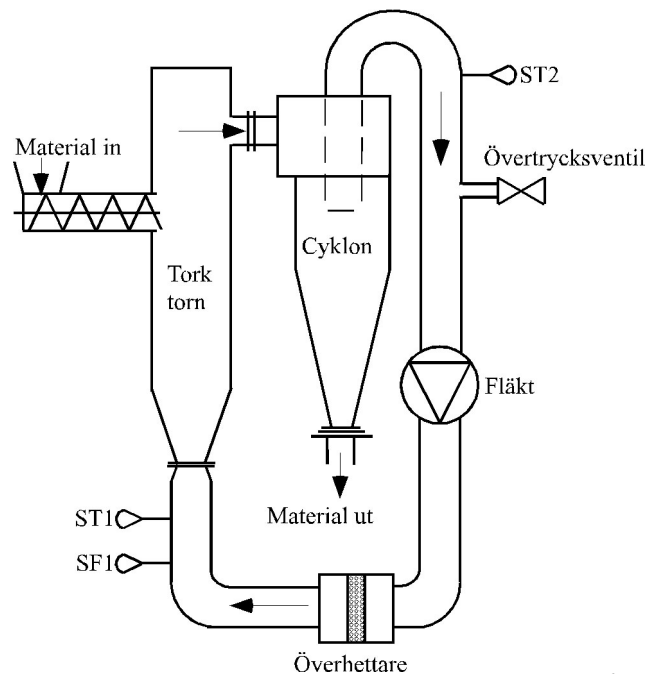
2.1 Utrustning och kompetens vid Karlstads universitet

Vid Karlstads universitet finns en forskningsanläggning där hela kedjan från fuktigt spån till färdig pellets kan testas. Att utrustningen täcker en så stor del av pelletskedjan gör den lämplig för olika systemstudier.

Den tork som finns är flexibel. Där kan genomföras tester med lågtemperatortorkning med luft, torkning med överhettad vattenångan och torkning i höga temperaturer med luft. Efter torken finns ett materialberedningssystem bestående av en blandare där olika blandningar, som senare ska pelleteras, kan göras i ordning. Det finns även möjlighet att via en doserare tillsätta små mängder tillsatser för att exempelvis undersöka möjligheten att pelletera fuktigare spån eller tillsätta ämnen som förbättrar pelleteringsegenskaper, pellets kvalitet, lagringsegenskaper eller förbränning. Direkt i anslutning till beredningssystemet finns pelletspressen. I denna kan den torkade och beredda råvaran pelleteras med god kontroll avseende in- och utgående data på det som pelleteras. I själva pelletspressen kan matristemperaturer och presstryck övervakas och utvärderas.

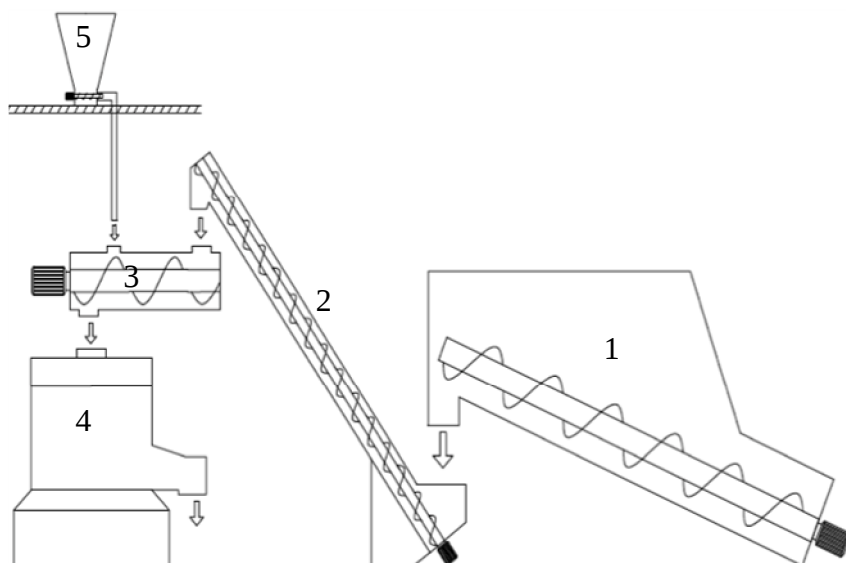
Torkanläggningen är i pilotskala och kan torka cirka 1 kg spån per minut från en fukthalt på ca 50 % ner till 10 %. Pilottorken är en öspouted bed tork, vilket innebär

att merparten av torkningen sker när varje spånpartikel svävar fritt inne i torktornet. Vått spån matas kontinuerligt in i torken där det möter en uppåtgående ström av torkgas. Spånet torkar i torktornet där det vartefter torkningen fortgår minskar i vikt. Torkgasens hastighet är så avpassad att när den enskilda spånpartikeln torkat klart transporteras den pneumatiskt ut ur torktornet till cyklonen. Där avskiljs spånet och matas ut från i botten av cyklonen.



Figur 1. Torksystemet med mätsystemet indikerat. Mätsystemet har två temperaturgivare: ST 1 och ST2 och en flödesgivare SF1. Torktornet har en diam. av 0.3 m och är 1.9 m högt.

Reglersystemet består av tre PID-regulatorer som är justerade för att hålla torkgasflöde, temperatur efter överhettare och temperatur efter cyklon på förutbestämda värden. Således finns utrustning för att torka spånet på ett på förhand förutbestämt sätt. Spån som torkats någon annanstans kan tas emot och lagras i en blandare nr (1) i figur 2.



Figur 2. Pelletsanläggning vid Karlstads Universitet.

Beredningssystemet och pressen är sammanbyggd. Pellets kan tillverkas i industri-liknande förhållanden med god processkontroll, (se figur 2 och 3). Beredningssystem och pelletspress består av: (1) en blandare, (2) en transport skruv, (3) en skruvmatare där befuktning sker vid behov, (4) en Amandus Kahl C33-390 pelletspress med en planmatris med en maximal kapacitet av 300 kg/h, och (5) en volymetrisk doserare för tillsatser.

Tillsatser kan blandas in i huvudflödet i matarskruven (3) med en doserare (5) innan materialet faller ner i pelletspressen (4). Doseraren består av en behållare, en växel-låda och en agitator som roterar ovanför skruven för att hålla en konstant flöde. Flödet av tillsats från doseraren beror på skruvhastigheten och tillsatsämne.



Figur 3. Pelletspress av märket Kahl med skruvmatare och blandare.

När det gäller mätutrustning så finns det förutom de direkt apparatmässiga mätningarna, som nämnts ovan, även möjligheter att mäta pelletprocessens miljöbelastning både till luft och vatten. Detta är inte minst viktigt när hela pelletsprocessen ska studeras. Vid såväl torkning, pelletering och lagring frigörs gaser som i första hand är ett arbetsmiljöproblem. Om torksteget utförs i ånga avges dessutom organiskt material i condensatet.

2.2 Kvalitetsmätning, utrustning och standarder

För att veta om den pellets som producerats är tillräckligt bra krävs att det utförs olika former av kvalitetstester på den färdiga pelletsen. Detta kan göras kvalitativt, genom att fråga kunderna hur de upplever köpt pellets (vad gäller smulning, förbränningsegenskaper, lagringsegenskaper, och så vidare) alternativt kvantitativt, exempelvis mäta hur väl de uppfyller dagens standard.

Sverige var ett av de första länderna som införde en standard på pellets, främst för att underlätta handeln, och det är också Sverige och SIS (Swedish Standard Institute) som varit drivande i den nu rådande Europeiska standarden (samt i kommande internationella ISO-standard). Idag följer de flesta svenska producenter antingen den äldre svenska standarden (SS 187120) eller den nya Europeiska standarden (SS-EN 14961-1:2010). I standarden regleras pelletsens diameter, längd, fukthalt, askmängd, håll-

fasthet, smulningsförmåga, tillsatsämnen, bulkdensitet, värmevärde, asksmältpunkt samt eventuellt innehåll av svavel, kväve samt klor.

För att veta om pellets uppfyller kraven i standardspecifikationen finns standarder för att utföra tester på respektive kvalitetsparameter:

- Fukthalt, testas enligt standarden SS-EN 14774-1:2009. Ett prov på minst 300 gram tas ut och placeras i en torkugn med temperaturen 105 ± 2 °C tills provet är helt torrt. Provet vägs före och efter placeringen i torkugnen, skillnaden i vikt anses vara vatten. Klass 1 pellets ska vara ≤ 10 % fukt.
- Längd, testas i enlighet med den äldre svenska standarden (SS 187120), enligt vilken minst 10 pellets tas ut och mäts med skjutmått. I våra studier mäts minst 20 pellets, längsta måttet, med ett elektroniskt skjutmått i 2 omgångar, vartefter en medellängd beräknas. För 8 mm pellets gäller 3,15 $\leq L \leq 40$ mm (5 vikts-% får vara längre än 40 mm, maximal längd < 45 mm.)
- Bulkdensitet, testas enligt SS-EN 15103:2010. Pellets fylls på i en stöttålig behållare om 5 liter. Fyllningen görs så att en kon av pellets bildas på toppen av behållaren, sedan släpps behållaren 3 gånger från 15 cm höjd för att sedan fyllas igen som ovan. Efter detta tas en linjal och förs längs kanten på behållaren. Pellets och behållare vägs och bulkvikten kan beräknas som vikt per volymenhet. Minst två prover ska tas ut för bulkviktsbestämning. Klass 1 pellets ska vara > 700 kg/m³.
- Pelletsdensitet, testas enligt egen metod. Fem pellets tas ut ur ett prov för densitetsbestämning. Pelletsen vägs enskilt för att sedan släppas i en behållare (100 ml bägare) med 2,2,4 Trimethylpentan (även kallad isooktan), sedan pipetteras volymökningen upp och densiteten beräknas som vikt per volymenhet. Pelletsdensitet ingår inte i standarden.
- Hållfasthet, testas enligt SS-EN 15210-1:2010. Ett prov på minst 2,5 kg tas ut och läggs i en hög. Högen delas i fyra lika delar och två prover tas ut därur. Dessa sållas med ett 3,15 mm såll och vägs så att 500 ± 10 g finns kvar. Dessa två prover hålls i hållfasthetsprovningssmaskinen, vilken sätts igång för att snurra runt pelletsen i 10 minuter (50 ± 2 rpm i 500 varv), för att efterlikna behandlingen i pellets-kedjan från fabrik till slutanvändare. Efter att pelletsen snurrat färdigt sållas proven igen och sedan vägs kvarvarande hel pellets (större än 3,15 mm) och denna vikt delas med initialvikten. Procent hel pellets kan sedan beräknas. Klass 1 pellets ska vara $\geq 97,5$ %.

Förutom dessa kvalitetstester utförs också bestämning av pelletsens halt av extraherbara ämnen samt analys av härskningsprocessen. Detta för att bedöma pelletsens lagringsbarhet, *se kommande delrapport nr 25, Miljöaspekter på produktion och lagring av träpellets*.

2.3 Teorigenomgång av torkprocessen

Den absolut dominerande delen av råvarubasen för pelletsframställning utgörs av blöt råvara som måste torkas före komprimering till pellets. Huvuddelen av energitillförseln i en bra konstruerad tork används för att förångat vatten.

Fukthalten hos torkbiten när den nått jämvikt med omgivande luft är en viktig faktor som ingår i de flesta torkmodeller. Detta betyder att för en given temperatur och relativ fuktighet på luften finns en given jämviktsfukthalt för torkbiten. Det finns gott om data om jämviktsfukthalter. Jämviktsfukthalten beror på många olika faktorer: kemisk sammansättning, fysisk struktur, omgivande mediums egenskaper.

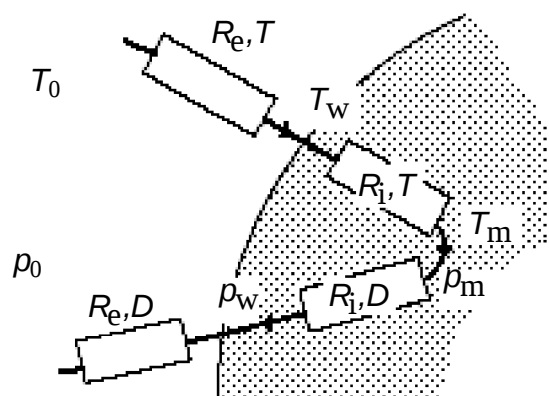
Vid torkning i luft eller rökgas fortgår två processer samtidigt:

1. Energi transporteras in i materialet för a) uppvärmning och b) förångning av vatten.
2. Fukt transporteras inifrån materialet till ytan för att där sedan förångas.

Överföring av energi från luften till materialet kan ske genom konvektion, ledning och/eller strålning, ibland alla tre samtidigt. Beroende på, hur vattnet finns i materialet, skiljs på bundet och fritt vatten. Med fritt vatten menas sådant som finns i materialet utan några kopplingar till materialet. Detta vatten finns i träets hålrum, lumen. Med bundet vatten menas sådant som på något sätt sitter fast i materialet genom kemiska bindningar eller tillhör byggstrukturen. Vatten kan bindas på olika sätt i ett material. Det kan förekomma som vatten i materialets hålrum men också vara bundet genom kapillära bindningar och adsorptionsbindningar. Detta innebär att den mängd energi som åtgår för att avdunsta vattnet beror på vilket sätt vattnet är bundet. För att exemplifiera är det fria vattnet som mekaniskt centrifugeras bort från de tvättade kläderna och det bundna vattnet som termiskt torkas bort i en torktumlare.

I en väl designad spåntork begränsas torkningen av det fria vattnet av energitillförseln till torkbiten. Höga torkgastemperaturer kan hållas utan att det uppstår brandrisk eftersom torkbitens temperatur inte ökar ordentligt förrän det fria vattnet torkats bort. När det fria vattnet är borta minskar torkhastigheten väsentligt och temperaturen i torkbiten ökar, detta sker vid fukthalter kring 20 %. Om torkprocessen drivs ner till riktigt låga fukthalter, under ca 10 %, kommer torkbiten att ha i princip samma temperatur som torkgasen. Denna principiellt viktiga skillnad mellan torkning av fritt respektive bundet vatten är viktig att ha med sig vid design av en tork eller torksystem.

Först ska värme in i materialet. Sedan ska vattnet ut ur detsamma. För att försöka att bringa ytterligare ljus till vad som inträffar vid torkningen kan allt som hindrar en omedelbar torkning betraktas som motstånd R . Likheterna mellan värmeläran och elläran är slående. För en spånbit som torkas kan transporten anses vara beroende av två inre motstånd (R_i) och två yttre motstånd, (R_y) se figur 4. Två av motstånden har temperaturdifferens som drivkraft (R_y, T) respektive (R_i, T). De andra två har skillnad i tryckdifferens som drivkraft, (R_i, D) resp R_y, D .



Figur 4. Symbolisk skiss över transportmotstånd i mikroskala (Eriksson 1996).

Sätts torkningen igång av utifrån kommande värme är värmemotståndet, R_e, T , det första motståndet som torkprocessen stöter på. Sedan kommer ett värmetransportmotstånd, R_i, T . Därefter är motstånden ett fuktransportmotstånd inne i materialet, R_i, D och ett ångtransportmotstånd R_e, D . De båda externa motstånden är beroende av strömningsförhållandena omkring det enskilda spånbiten. Av de två inre motstånden är i synnerhet fuktransportmotståndet beroende av materialets fukthalt.

De inre motstånden är lätta att kvantifiera om materialet är känt. I allt väsentligt finns motståndsdata i tabellsamlingar. Dessa data är viktiga att ha med i utformningen av en tork. De externa motstånden är däremot väldigt komplexa och är orsaken till att torkning sägs vara en mix av vetenskap och praktiska erfarenheter. För att kvantifiera de yttre motstånden där värme-, mass- och rörelsemängdstransporter fortgår samtidigt behövs bra utformade modeller för att reda ut hur torkningen fortgår. Att få fram bra modeller för ett visst torkförlopp har varit och är fortfarande målsättningen för många forskare. Det behövs många fysikaliska data för att utforma ett torksystem.

Det behövs uppgifter om:

- Värmeövergång mellan torkgasen och torkbiten (externmotstånd)
- Termisk ledningsförmåga (inre motstånd)
- Fuktdiffusivitet (inre motstånd)
- Massövergång mellan torkgasen och torkbiten (externmotstånd)

Värmeövergången (externt motstånd) mellan torkgas och torkbiten är en designparameter. Det är skillnader i temperatur mellan torkgasen och torkbiten som driver processen. Värmeövergångstalet kan sägas beskriva hur väl varm torkgas kommer i termisk kontakt med torkbiten. Det är även viktigt att ny varm torkgas kontinuerligt tillförs torkbiten. Värmeövergången beror även på torkbitens form och läge i förhållande till andra torkbitar och torkgasens strömningsriktning. Att enbart utifrån beräkningar och simuleringar utlova prestanda är mycket vanskligt.

Termisk ledningsförmåga (inre motstånd) hos ett material är ett mått på hur bra värme kan ledas i materialet. Den effektiva termiska ledningsförmågan kan bestämmas genom olika standardmetoder. Metoderna kan delas in i stationära och transienta. De transienta metoderna är vanligare på grund av att försöken blir korta, ända ner till 10 sekunder. Detta är en fördel då fukthalt och andra storheter inte hinner ändra sig under försökets gång. Det finns gott om data i litteraturen om termisk ledningsförmåga. Data för homogena material finns tillgängligt i handböcker till exempel Handbook of chemistry and physics [1]. Termisk ledningsförmåga för trä är i området 0,25 till 2,22 W/mK, men det finns även en hel del data utanför området, till exempel för ek-trä anges 0,21 W/mK.

Fuktdiffusivitet (inre motstånd) är ett samlingsbegrepp för flera olika fenomen som påverkar fuktransporten i fasta porösa material. Fuktdiffusiviteten involverar molekylär diffusion, kapillärflöde, Knudsenflöde, hydrodynamiska flöden och ytdiffusion. Ett gemensamt namn på de uppräknade flödena är effektiv diffusivitet. Det finns inga standardmetoder för att experimentellt bestämma diffusiviteten. För fasta material kan den effektiva diffusiviteten bestämmas med hjälp av torkmetoder eller sorptionskinetik. Värden för effektiv diffusion för matprodukter är i området 10^{-13} till 10^{-6} m²/s, medan för andra material är värdena mellan 10^{-12} till 10^{-5} . Diffusion påverkas mycket av temperatur och fuktighet i fasta material. Fuktdiffusivitet beror till stor del

på temperatur och väldigt ofta på fukthalt hos det fasta materialet. En positiv effekt på diffusivitet är tydlig då materialets fukthalt ökar, det samma gäller även för temperaturökning. Det är tydligt att fukt och temperatur påverkar mer än materialsort. Hos porösa material påverkar även hålvolymen och porstrukturen diffusionen i stor utsträckning.

Massövergång (externt motstånd) är precis som värmeövergång en designparameter. Den bildade vattenången måste ventileras bort för att torkbiten ska bli torrare. Massövergångstalet beskriver hur väl den bildade vattenången överförs till torkgasen. Luft kan bara ta upp en viss mängd vattenånga innan den blir mättad. Vid torkning i luft eller rökgas är det skillnaden mellan den maximalt möjliga vattenmängden i luften och den verkliga som driver processen. Vid torkning i vattenånga försvinner detta motstånd helt.

Tidigare talades det om de stora skillnaderna mellan att torka fritt och bundet vatten. I de allra flesta fall så avslutas inte torkningen förrän en stor del av det bundna vattenet torkats bort. Detta gäller även vid torkning av spån för pelletsproduktion. Alla som har erfarenhet av ett gammaldags plankgolv vet att springornas omfattning förändras med årstiderna. Springorna är störst på vårvintern och minst på senhösten. Detta beror på att träet kontinuerligt försöker vara i fuktbalans med omgivningen. Detta gäller även för pellets. I dagsläget är pellets torrare efter tork och pelleteringsprocessen än en typisk jämviktfuktskvot. Detta innebär att pellets återfuktas vid lagring.

3 DRIVKRAFTER OCH PERSPEKTIV

Det har i arbetet med projektet framkommit tre viktiga perspektiv för drivkrafter till en förbättrad pelletskedja. Drivkraften mot en ökad integrering är den mest komplexa drivkraften och den beskrivs därför ingående.

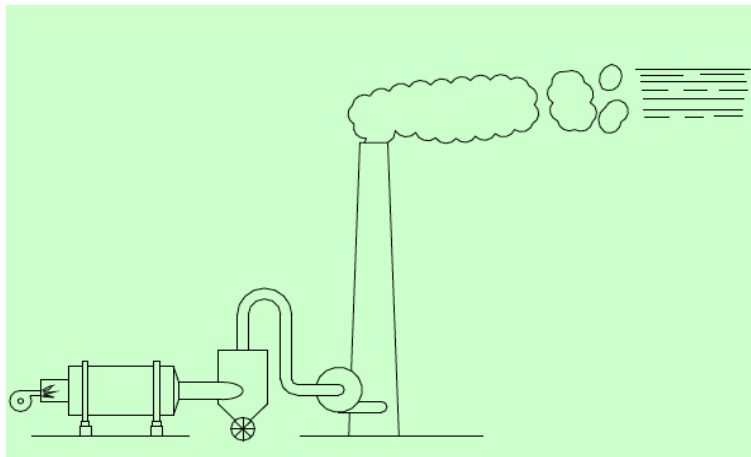
Pelletering med olika tillsatsämnen där själva tillsatsen är biologisk har i detta projekt ansetts intressant. Resultaten av de försök som utförts presenteras i ***delrapport nummer 22, Tillsatser som kvalitetshöjare för pellets.***

I avsnitt **63.3 probleminventering från producenter och leverantörer**, sida 18, finns en beskrivning av hur den delen av arbetet är utförd. De som producerar och levererar pelletsen är de som bäst kan området. Produktionen går dock alltid först och det är många gånger svårt att stoppa produktionen för att göra ett kortare försök för att testa någon idé. Svårigheten att stoppa produktionen är nästan oöverstiglig om inte fabriksledningen är förvissad om ett framgångsrikt utfall av försöket. Detta leder till stagnation och främjar inte utveckling. Pelletsproducenternas perspektiv och drivkrafter är centrala i analysen och de konkreta utvecklingsbehoven.

3.1 Integrering av pelletsproduktion med annan verksamhet

Den dominerande energianvändningen vid förädling av spån till pellets är torkprocessen. Brister i torksystemen medför även produktionsbortfall och merarbete. Det finns därför ett stort intresse att förbättra torkningen. Om det exempelvis tillförs så pass mycket effekt till en process att det tar en minut att värma en viss mängd vatten från rumstemperatur kokning så tar det ungefär sju minuter att med samma effekt

Pelletsindustrin arbetar på olika sätt för att hålla kostnaderna för torkningen på låg nivå. Olika strategier finns. En vanlig strategi i Sverige är att köpa en egen panna där det förbränns ett biobränsle som kan köpas billigt. Pannor i vilka det kan eldas med billigt, ofta blött och askrikt biobränsle riskerar dock att bli dyra. Väljs alltför enkla lösningar riskeras stora energiförluster eller otillräcklig tillförlitlighet. Torkarna som används i dessa anläggningar är ofta öppna trumtorkar som använder rökgaser för torkningen. Torkningen sker genom att rökgaser leds genom en stor roterande trumma där spånen finns. Denna typ av tork, *se figur 5*, är den vanligaste. Tekniken är ett arv från spånskiveindustrin. I andra delar av världen, exempelvis Kanada, används även naturgas som torkbränsle. Det kan tyckas att det är lite långsökt att använda fossila bränslen i stor omfattning för att producera biobränsle. Mer om detta under rubrik **4.1 Energianvändningen i pelletskedjan, sida 20.**



Integrering av en pelletsfabrik med fjärrvärmenätet är ytterligare ett sätt att hålla nere energikostnaderna för torkningen. Även i dessa tillämpningar finns en egen panna där det förbränns billigt biobränsle. Själva torken är ofta precis som i fallet ovan en trumtork. Men, torkgasen är en blandning av dels rökgaser och dels gaser som har gått genom torken en gång och sedan recirkuleras. Torktypen kallas för sluten rökgastork, *se figur 6*. På detta sätt fås en hög ansamling av fukt i torkgasen. Denna varma torkgas med högt fuktinnehåll kyls då mot ett fjärrvärmenät. På så sätt återvinns förångningsenergin. Ju bättre man lyckas med recirkuleringen desto mer värme kan återvinnas på detta sätt.



Figur 6. En roterande trumtork med återcirkulation av torkgasen och återvinning av kondensvärmnet.

I Ulricehamn har pelletsfabriken en egen panna som eldas med billigt biobränsle. Torkningen sker direkt i en sluten rökgastork. Torkenergin återvinns genom att torkgasen kyls mot Ulricehamns fjärrvärmenät. För att tekniken ska fungera bra ställs, förutom krav på en god recirkulation, även önskemål på att fjärrvärmenätet har en låg returtemperatur.

Om torkningen sker i överhettad vattenånga så stiger kondenseringstemperaturen ytterligare. Om torkningen exempelvis sker i ånga med 1 bars absoluttryck så sker kondensering vid 100°C. Detta är en mycket användbar temperaturnivå både i industriella applikationer och för fjärrvärme. Vid Karlstads universitet har det genomförts försök med ångtorkning av spån. I Skellefteå finns en trycksatt ångtork som är ansluten till stadens fjärrvärmenät.

I ångtorken är kondenseringstemperaturen högre än i den slutna rökgastorken. Därmed kan all ångbildningsenergi återvinnas mot ett fjärrvärmenät eller sågverkens virkestorkar. I en ångtork ligger kondenseringstemperaturen på en än mer användbar nivå, 70-110°C. Den i torken avdrivna ångan kondenseras mot ett värmebehov och där avge ångbildningsenergin. För att fördelarna med sluten rökgastorkning eller ångtorkning ska komma till sin rätt måste de ovillkorligen ligga i anslutning till ett värmebehov, till exempel ett fjärrvärmenät. Vidare måste värmebehovet ligga på en så låg temperatur som möjligt.

Integrering av ångtork för spån i sågverksmiljö är en lovande ide som ännu inte har testats kommersiellt. Idéen går ut på kondensering mot sågverkets virkestorkar och att på så sätt värma virkestorken med spillvärme från ångtorken. Studier som gjorts visar att detta är en mycket energieffektiv lösning. Dessutom undviks transporter av spån, flis och bark. Den infrastruktur som behövs finns redan på sågverket. Transporter kan minimeras. Det enda som behöver levereras är plank/bräder samt pellets. De andra sidoprodukterna kan förbrännas. Trots lovande studier har ingen sådan pelletsfabrik ännu byggts.

Att integrera en pelletsfabrik till en massafabrik och ett sågverk är ett exempel på genomtänkt användning av biomasseresursen. I Grums utanför Karlstad har en sådan integrering gjorts. Torken använder spillvärme från den intilliggande massafabriken för att torka spånet från det intilliggande sågverket. Pappersindustrin har under en längre tid arbetat hårt med att energieffektivisera sina anläggningar med den uttalade målsättningen att öka elproduktionen. Investeringskalkylerna har blivit mycket fördelaktiga på grund av ökade elpriser och elcertifikat; torkprocessen för pelletsproduktion ger också möjlighet till energieffektiv el- och värmeproduktion. I ett slutet torksystem är en minimering av den tillförda energin per torkad enhet bara en del av energioptimeringsproblematiken. Den andra delen består i att maximera elproduktionen och den totala återvinningsbara energin i kondensorn. Eftersom pelletsproducenten inte kan påverka temperatur och värmebehov på kondensorsidan uppstår en komplex optimeringsalgoritm.

Trenden inom pelletsindustrin är att allt mer använda ångtorkar och slutna rökgastorkar. Nyetableringar har under en tid gärna skett i utkanterna av små och medelstora städer och samhällen. Det har visat sig ha en potential att vara ekonomiskt lönsamt samt miljö- och energieffektivt, men kan medföra luktproblem i angränsande bostadsområden.

En del av de doftämnen som avges vid torkning och pelletering utgörs av terpenener. Terpenavgång från trä är störst i början av en torkprocess. Den största delen avges under de första minuterna av torkningen [3, 4]. Mycket tyder på att medeluppehållstiden i torken har betydelse för mängden avgivna terpenener [5]. Eftersom det är mycket svårt att direkt mäta eller simulera medeluppehållstiden under drift saknas ett viktigt verktyg för att minska utsläppen av terpenener. Torkprocessen är den största källan till terpenutsläpp i produktionen av pellets [6, 7]. I dagsläget är tillgängligheten på pelletsfabrikernas torkar ofta ett problem. För att förbättra kunskaperna om torkens funktion kan medeluppehållstiden och uppehållstidsfördelningen vara viktiga parametrar. För att minska variationerna i utgående fukthalt eller för att öka kapaciteten i torken är en förbättrad kunskap om hur materialet strömmar i och genom torken nödvändigt.

3.2 Pelletering med nya råvaror eller tillsatsämnen

Ska biobränsleproduktionen utvecklas och pelletsbranschen bli riktigt stor måste synen på nya biobaserade råvaror förändras och ny kunskap erhållas. Sågspån har en gräns för vad som kan levereras. Ursprungligen var råvaran till pellets en torkad restprodukt från träindustrin. När denna råvara inte räckte kom fuktig råvara från sågverken in som komplement och spåntorkar tillkom i pelletsanläggningarna. När nu inte den fuktiga råvaran räcker och branschen vill fortsätta utveckla och ta ytterligare marknadsandelar borde ögonen lyftas från det traditionella och blicka mot nya råvaror och nya blandningar.

Verkligheten är en annan, istället för att skapa kunskap om nya material, byggs anläggningarna i andra länder där traditionellt material kan pelleteras. Den färdiga pelletsen transporteras sedan till de länder, ofta Sverige, där den förbrukas. Vilket inte bara leder till ökad miljöpåverkan i form av transporter utan även till förlorade arbetstillfällen. Branschen borde inrikta sig mot att hitta ny alternativ biobränsleråvara inom landet.

Det finns också problem kopplat till att bara inrikta sig mot en råvara, så som sågspån. Ska biobränsle ha en framtida större roll i Svensk energisystem måste de alternativa råvarorna öka. I dagsläget är det sågverksindustrin som står för den största delen av råvaran oavsett om det är i Sverige eller andra länder. En industri som har som huvudspår att tillverka virke till byggindustrin.

Något som borde lyftas är råvarans påverkan om byggindustrin hamnar i en långvarig svag byggkonjunktur. Ett sågverk som inte har avkastning för virke kommer dra ner på produktion, vilket leder till minskad tillgång på spån som i sin tur leder till minskad råvara till pellets. Detta medför att tillgången på pellets är direkt kopplad till byggkonjunkturen. Med den utveckling som sker i Sverige idag och med faktisk lokalisering av nya anläggningar, kopplas framtida pelletspriser och pelletstillgångar alltmer till byggkonjunkturen i våra grannländer.

Många av de stora fjärrvärmeproducenterna som idag värmer sina fjärrvärmealäggningar med pellets upprättar avtal med pelletsproducenter för att säkerställa sina leveranser. Skulle en byggkonjunktur leda till minskad tillgång på råvara kommer aktuella producenter i första hand att leverera till kunder som de har avtal med, vilket kan leda till att villakundernas leverans riskeras. En pelletsbransch som inriktar sig bara på en råvara kan således medföra att villaägaren som värmer sitt hus med pellets drabbas av utebliven leverans om en längre svag byggkonjunktur sammanfaller med sträng kyla. I grunden ett problem som skulle kunna vara åtgärdat med andra biobränsleråvaror. Olika pannanläggningar har olika krav på biobränslets renhet avseende förbränningsegenskaper, aska, etcetera. De pannanläggningar som många av fjärrvärmeleverantörerna har kan klara av något ösmutsigare biobränsle vilket inte en villakund kan. Ett alternativ till ren träpellets, som kan levereras till större pannanläggningar skulle inte bara kunna innebära ytterligare konkurrenskraft för inhemsk industri utan även säkra leveranskapacitet till villakund. Något som hela pelletsbranschen skulle vinna på



Figur 7. Pellets tillverkat från alternativa biobränslen, lignin och stallgödsel.

Att bygga en ny pelletsanläggning eller eventuellt bygga om en befintlig kräver kunskap och inkörningar. När en anläggning projekteras, oavsett ny- eller ombyggnad, utgår konstruktören från råvaran på plats och upprättar en för platsen lämplig design. Exempelvis när matris ska väljas måste den ha rätt tjocklek för att få rätt presslängd. Val av presslängd baseras på erfarenhet från andra anläggningar, aktuell råvara, trä-

slag samt breddgrad där råvaran vuxit. Skulle valet av bli fel måste nya matriser beställas, vilket är förknippat med leveranstider och kostnader både i form av stillestånd i anläggningen.

Nya råvaror till pelletsindustrin innebär att befintliga anläggningar kanske inte är optimala för aktuellt bränsle. Kunskapen hos de konstruktörer, som idag bygger anläggningar baseras på erfarenheter från tidigare anläggningar, vilket inte inkluderar de nya råvarorna. Här finns ett stort utvecklings- och forskningsbehov. Karlstads universitet har i sin anläggning pelleterat en rad olika alternativa råvaror, allt från olika sädesslag till rent lignin och stallgödsel. Detta material som kräver olika förutsättningar i pelleteringsstadiet för att bli aktuella som råvaror till pelletsbranschen. Ska branschen ta steget fullt ut och nyttja alternativ biobränsleråvara måste de testanläggningar som finns idag utnyttjas mer. Kunskapen kring presslängder, temperaturer och fukthalter som är aktuella för just denna råvara, finns inte hos någon konstruktör och innan en ny anläggning tas i bruk/konstrueras måste erfarenhet fås.

Det kan vara fråga om nya råvaror alternativt vilka blandningar som är lämpliga i en befintlig anläggning. En stor del av våra experiment har handlat om att pelletera med blandningar av olika biomass-baserade råvaror samt att pelletera med tillsatser. Syftet med pelleteringsförsök med tillsatser har varit att undersöka om tillsatsen förändrar pelleteringsprocess, pellets kvalitet eller lagringsbeständighet.



Figur 8. Pellets med tillsatser från vänster 3 % oxiderad majsstärkelse, 30 % raps, 3 % lignin, 3 % vetestärkelse tillverkad vid Karlstads universitet.

Inom SWX-Energi-projektet har det gjorts många olika pelleteringsförsök med framförallt olika tillsatser. Pelleteringsförsök, miljöpåverkan och förbränningsförsök redovisas i detalj **i färdig delrapport nummer 22 och i kommande delrapporter.**

3.3 Probleminventering från producenter och leverantörer

För att möta en rådande konkurrens om råvaran och kommande konkurrens om pelletskunderna samt för att energieffektivisera i pelletsindustrin finns ett behov av kompetensutveckling i branschen. Det första steget för att komma tillstånd med samverkan var att kartlägga vilka industrier som finns i närområdet, Värmlands, Dalarnas och Gävleborgs län, (SWX-län) och få till arenor där universitet och industri kan träffas och diskutera forsknings- och utvecklingsfrågor.

Kartläggning ledde till att nya kontakter etablerades och gamla kontakter fördjupades samt att nya spännande forskningsfrågor kom upp. För att kunna starta upp ett nätverk och nya mötesarenor där universitetet kan samverka med pelletsindustrin genomfördes en inledande telefonintervju med personer i ledande ställning på pelletsfabrikerna inom SWX-länen. De fabriker som kontaktats och finns i Värmland är Stora Enso Pellets vid Gruvöns sågverk i Grums, Pemco Träpellets AB i Säffle, V-Pellets AB i Segmon, Bäckeborns sågverk i Sunne, Sågverksassistance AB i Svan-skog, Nordic Pellets AB i Kristinehamn, Dejeträ AB i Deje, Staben i Edane samt Wermlandsved i Höljes. I Dalarna finns Vansbrofästet i Vansbro, Mockfjärds Bio-bränsle AB i Mockfjärd, Maskincenter Älvdalen i Älvdalen, Dalarnas Pellets AB i Linghed, Johannisbergs Trä och Pall AB i Hedemora, Pelab Pellets AB i Nås samt Älvdals Bygg AB i Älvdalen. I Gävleborg finns Neova AB, Främlingshem i Främlingshem, Helsingepellets AB i Edsbyn, Neova AB, Ljusne i Ljusne, Alfta Skogstekniska Maskinskola AB i Alfta, Forsaträ AB i Forsa, Stocka Emballage AB i Stocka, Wallsta Träprodukter AB i Vallsta samt Wallströms Trävaru AB i Sandviken.

Kartläggningen inleddes med att söka reda på information om pelletsindustrierna i SWX-länen, via webbplatser, tidningsartiklar med mera, samt att begära in fabriker-nas miljötillstånd från respektive Länsstyrelse. Med denna information samlad och telefonintervjumanuset skrivet så inleddes en intervju, vilken oftast bedrevs med fabrikschefen.

För att följa upp rundringningen har fördjupade kontakter etablerats på olika sätt:

- Representanter för pelletsindustrin och verksamheter som tangerar pelletstillverkning har bjudits in till universitetet för att diskutera samarbete och utvecklingsfrågor.
- Studiebesök har genomförts på ett flertal fabriker i närregionerna.
- Två workshops har hållits. Den 16 januari 2009 hölls en workshop om bioenergi-utveckling i SWX-länen, samt Hedmark och Akershus i Norge. Den 21 maj 2010 hölls en halvtidsredovisning samt workshop inom SWX-Energi-projektet rörande pelleteringsteknik.
- Deltagande har skett vid flertalet torknings- och pelletskonferenser med syfte att knyta kontakter med branschen och med andra forskare både nationellt och internationellt samt att presentera forskningsrön.
- Stort engagemang sker också i NäPFo (Nätverket för pelletsforskare) samt EuPRN (European Pellets Researcher Network). I detta arbete ingår att knyta kontakter med forskare men också personer på forskningsavdelningar runt om i Europa som forskar på pellets. I uppdraget ligger också att sprida forskningsresultat till alla pelletsintressenter runt om i Europa.

4 ANALYS OCH KONKRETA UTVECKLINGSBEHOV

Telefonintervjun gav att det sammantaget finns drygt 20 pelletsfabriker i SWX-länen. De har en samlad kapacitet på 620 000 ton/år. Produktionen år 2009 var cirka 320 000 ton. Mest pellets producerats i Värmland där det under år 2010 producerades 150 000 ton. Att fabrikerna inte producerar maximalt är normalt och är normen världen över.



Figur 9. Pelletsproducenter i SWX-länen [8], cirklarnas storlek markera ungefärlig kapacitet.

Alla pelleterar gran och/eller tallpellets och få använder något tillsatsmedel vid pelletisering. Tillsats har prövats, men alla tillfrågade anser att de pelleterar tillräckligt bra pellets utan tillsatsmedel.

De flesta industrierna är inte integrerade med annan verksamhet. Undantag finns dock, såsom Stora Enso pelletsfabrik i Grums. Här finns många intressanta utvecklingsmöjligheter. För att klara av kommande konkurrens så finns det många energiefektiviseringsåtgärder att utveckla vid olika typer av integrering. Det kan vara rent logistiskt, att pelletera där råvaran faller, eller energimässigt, att använda lågenergiånga från virkestorkarna för att torka pelletsråvaran, och så vidare.

Probleminventeringen visar att, förutom vissa igångkörningsproblem vid nystart av fabriker, så har de flesta brist på torkad råvara vilket gör att torkningen är en flaskhals för att expandera ytterligare. Här finns det behov av nytänkande kring vilken fukthalt som krävs innan pelletering.

De flesta producenter vill åt småhusägarmarknadsandelar eftersom de betalar bäst för bränslepelletsen. Detta skapar i sig ett intressant problem eftersom dessa kunder också är de mest kvalitetskänsliga. Att minimera driftstörningsmoment för småhusägarna genom att producera en högkvalitativ pellets är en utmaning.

Sammantaget finns det flera utvecklingsfrågor att bearbeta, exempelvis:

- Hur undviks att torkad råvara blir en flaskhals i produktionen?
- Kan tillsatser i pelletsen öka dess kvalitet?
- Kan tillsatser bredda råvarubasen för pellets?
- Hur kan utsläppen från pelletsindustrin minimeras?

4.1 Energianvändningen i pelletskedjan

I pelletskedjan används idag en hel del fossil och elektrisk energi innan pelletsen börjar leverera sin värme hos slutanvändaren. Med stigande olje- och elpriser är det viktigt att ha kontroll över energin som används för att ta fram pellets. Främst gäller det när man utökar råvarubas/produktion eller fraktar pellets över stora distanser.

Svensk bioenergi är sedan en tid tillbaka inne i en stark utvecklingsfas. I början av 2000-talet utgjorde utvecklingen till stor andel av en ökande produktion och användning av träpellets. År 2001 utgjordes 16 % eller 95 TWh av den totala svenska energitillförseln av biobränsle. Industrin var den största användaren med 57 %, 34 % användes inom fjärrvärmeindustrin och 10 % eller ca 9,5 TWh användes av småhus. Produktionen av träpellets motsvarade samma år, 5 130 GWh och drygt 7 miljoner kubikmeter travad ved användes för uppvärmning av småhus [9]. (Ekberg 2003).



Figur 9. Pelletspanna med automatisk uraskning.

Om energianvändningen år 2001 och år 2008 jämförs så finns en del skillnader. Den totala energimängden som tillfördes samhället ändrades inte särskilt mycket, lite mer exakt minskade energianvändningen med -0,7 %. Biobränslen, torv, med mera för energiändamål ökade med 22 %. Industrin var fortfarande den största användaren med 50 %. 40 % användes inom fjärrvärmeindustrin och 10 % eller ca 11,6 TWh användes av småhus. Det är fjärrvärmeindustrin som står för den största ökningen av trädbänsleanvändningen. Någon större ändring i användningen av ved för uppvärmning av småhus har inte noterats i den officiella statistiken.

Biobränslen är visserligen en förnybar energikälla men den är dessvärre begränsad. En ökad användning av trädråvara riskerar att driva upp priserna till oönskade nivåer. Eftersom råvaran inte kommer att räcka till allt såsom, papper, fast biobränsle, flytande bränsle och biogas, så är det viktigt att den begränsade råvaran används på ett energieffektivt och klokt sätt. Målet borde vara att ersätta så mycket fossilt bränsle som möjligt med trädbränsle. För ett inte alltför stort antal år sedan så ansågs det inte vara lönsamt att samla ihop och ta tillvara på avverkningsrester (grenar och toppar) i våra svenska skogar. Det har ändrats och nu har även stubbar börjat tillvaratas. Förändringen har tagit några år.

Europa parlamentet har beslutat att 25 % av vår totala energianvändning år 2020 ska vara förnybar energi. (European Parliament resolution of 14 December 2006). Det är ett tufft mål som kommer att driva på utvecklingen på flera sätt. Bland annat är det sannolikt så att beslutet har drivit på importen av pellets från Nordamerika till Europa. Men frågan är hur energieffektivt det egentligen är att producera pellets i Kanada för att sedan skeppa över den till Europa?

Magelli et. al. 2009 gjorde en livscykelstudie om miljöpåverkan av att producera pellets i Kanada för export till Europa [10]. Som ett av resultaten i den studien kom det fram att ungefär 39 % av energiinnehållet i pellets går åt för att transportera och producera pelletsen. Av detta är båttransporten mellan kontinenterna en betydande del. Författarna föreslår att biobränsleresursen används på ett effektivt sätt för att ersätta fossila bränslen så ska bränslepellets inte produceras för transport mellan kontinenter. Energin som används för torkning av råvaran utgör även den en stor del.



Figur 11. Pelletsfabrik

Integrering av pelletsindustrin med andra verksamheter förefaller vara nästa steg i utvecklingen av branschen. Om inte alltför många år tror vi att pelletsfabriker som inte integrerats på något sätt, kommer att läggas ner i brist på lönsamhet.

4.2 Igensättningar i torksystemet

I cirkulerande rökgastorkar förekommer problem med igensättningar. Det leder till ökad brandrisk vid underhållsstopp. Igensättningar av fläkt, cykloner och recirkulationskanaler leder till underhållsstopp upp till var tredje vecka. Stoppen innebär att anläggningen måste snabbkylas och rengöras för att sedan åter värmas upp innan produktionen kan återupptas. Kunskapen om orsaken till igensättningsproblemen är i dagsläget liten. Känt är att problemen tenderar att minska om spånet torkas till en lägre utgående fukthalt på torkgodset. Flera pelletsproducenter har samma problem, dock i olika omfattning. Om stopp kan undvikas skulle produktionen ökas med i storleksordningen 5-10 %, energiförlusterna vid kylning av torkanläggningen försvinna och förbränningen ske utan en sådan betydande driftstörning.

För att öka kunskapen om igensättningar bör man:

- Genomföra energi-, vatten- och torrsubstansbalanser för torken. Syftet är att via jämförande balanser systematiskt kvalitetssäkra mätsystemen som finns på anläggningen.
- Genomföra en askbalans för anläggningen. Bestämma ask- och vatteninnehåll och torrsubstans för materialet som sätter igen anläggningen. Syftet är att utreda vad som fastnar och om fukt-, ask- och torrsubstansmängden i detta på något sätt avviker från det torkade spånet. Exempelvis finns det misstankar att igensättningsproblemen härrör från förbränningsprocessen. Om detta stämmer kan en lösning på problemet vara att sätta en rökgascyklon mellan pannan och torken.
- Utreda igensättningsens beroende av spånets utgående fukthalt samt konsekvenserna av att hela tiden torka för att minimera igensättningarna. Utveckla system för att i efterhand justera utgående fukthalt till den önskvärda.

4.3 Styrning av torksystemet

Det är allmänt känt att styrningen av torksystemet försvåras av att torken sluts jämfört med att den är öppen. I dagsläget styrs de slutna torkarna bara delvis på automatik. Huvudorsaken till detta uppges vara att någon tillräckligt tillförlitlig styrparameter inte har identifierats. Berghel och Renström har arbetat med problematiken av styrning mot utgående fukthalt [11, 12]. Artiklarna visar på två olika styrstrategier. Den ena av styrstrategierna har med framgång introducerats på ASKOs torktumlare.

För att öka kunskapen om styrning bör man:

- I en teoretisk studie utreda och simulera konsekvenserna av att tillämpa de ovan nämnda styrstrategierna i en sluten rökgastork. Vid ett positivt utfall kan en ombyggnad ske för att testköra styrsystemet med de nya styrparametrarna.

4.4 Kapacitetsbrister i torksystemet

Flera pelletsfabriker uppger idag att torkens kapacitet begränsar produktionen. En ny tork är en stor investering särskilt om även en ny panna måste byggas. För att klara en kapacitetsökning utan att en ny panna behöver byggas måste torkningen göras mer energieffektiv. Lösningen heter kaskadkoppling vilket innebär två torkar på olika temperaturnivå. Den tork som arbetar i det övre temperaturintervallet kan få merparten av sin värme direkt från värmekällan. Torkgasen från torken som arbetar i det övre temperaturintervallet kommer att vara varm och innehålla mycket fukt. Den torkgasen kondenseras mot torken i den lägre temperaturnivån. I litteraturen omnämns ingen pelletstillverkare som utnyttjat denna möjlighet.

Under rubrik **2.3 Teorigenomgång av torkprocessen, sida 9**, berättas det om de stora skillnaderna och fysikaliska skillnaderna i att torka fritt och bundet vatten. Detta innebär att, i en tork som använder samma torkteknik för torkning av fritt och bundet vatten, måste antingen mycket varma gaser användas vid frivattentorkningen, med ökad brandrisk som följd eller också upptas en stor del av torkutrymmet för torkning av bundet vatten.

För att öka kunskapen om torkteknik bör man:

- Genomföra en studie för att söka olika kombinationer av torkar för att åstadkomma en mer energieffektiv torkning som samtidigt ökar torkkapaciteten. Studien bör ha både ett energieffektivitetsperspektiv och ett företagsekonomiskt perspektiv.

4.5 Konditionering av spån före pelletering

Många gör en så kallad konditionering av det torra spånet med vattenånga strax före pelleteringen. Konditioneringen innebär återfuktning av det torkade spånet, ofta med vattenånga som genereras med elektricitet. Om torken är pelletsfabrikens trånga sektor innebär hanteringen både minskad produktion och ökade kostnader. De positiva effekterna vid pelleteringssteget av denna övertorkning med efterföljande återfuktning är väl dokumenterade. Det är även fullt klarlagt att träets struktur förändras i samband med torkningen. Det är dock inte klarlagt om det är denna strukturförändring som medför att övertorkning och återfuktning är gynnsam för pelletsprocessen eller om det är brister i torkarnas styrsystem som är orsaken. Den pellets som produceras idag återfuktas även i lagret. Detta innebär att torkningen skett till en för låg nivå. Produktion av pellets med högre fukthalt skulle ge arbetsmiljömässiga fördelar, lägre produktionskostnader och högre produktion i en befintlig anläggning.

För att öka kunskapen om konditionering bör man:

- Undersöka om samma positiva effekter, som med ångkonditionering, kan nås genom att exempelvis genomföra konditionering/ fukthalthöjning genom förändrad/förbättrad torkstyrning och/eller malning. Produktion av pellets med högre slutfukthalt än idag, som inte återfuktas vid lagring, är ett rimligt mål för en sådan studie.

4.6 Pelletering av nya blandningar av biofibrer

Konkurrens om råvara och de prishöjningar som den lett till är ett växande problem för branschen. Råvarubasen måste vidgas på sikt för att inte pellets ska bli för dyr för att vara attraktiv. Forskning med inriktning mot kemiteknik skulle kunna fungera som inspirationskälla, speciellt forskning inom områden papper och cellulosa. I den forskningen är kunskapen om fibern och dess egenskaper central. Det finns sannolikt en stor potential i en kunskapsöverföring från pappersindustrin till pelletsindustrin, särskilt när det gäller pelletering av annat än barrved.

För att öka kunskapen om nya blandningar bör man:

- pelletera, lagra, transportera och förbränna pellets med olika inblandning av andra växtbaserade fibrer.

4.7 Lagring av färdig pellets

Pellets produceras året runt men används huvudsakligen på vintern. Detta förhållande genererar ett säsongslagringsbehov. Med dagens teknik att förpacka i smäsäck är det egentligen inga problem med lagringsutrymme. Däremot är pellets precis som allt annat biologiskt material inte stabilt vid lagring. Lagringsförluster, och smulning är på marginalen ett stort problem eftersom produkten är färdig med allt vad det innebär på kostnadssidan. Bara 1 % lagringsförlust betyder väldigt mycket i balansräkningen eftersom det är 1 % av försäljningen som försvinner. Ännu värre blir det om kunderna returnerar leveranser eller i allra värsta fall byter uppvärmningssystem på grund av alltför mycket problem med smulning och påföljande driftstörningar. Dessutom sker det under lagring av sågspån och pellets oxidationsprocesser (härskning) som kan bilda illaluktande ämnen [13] och tros vara en orsak till självantändning vid förvaring i stora silor [14].

För att öka kunskapen om lagring bör man:

- pelletera, lagra, transportera och förbränna pellets med olika inblandning av några växtbaserade oxidationshämmande additiv. Studera möjligheterna att slutoxidera pelletsen innan lagring. Utredda ekonomisk och praktisk modifiering av befintliga storlager.

4.8 Villakundens kvalitetsaspekter på pellets

Tidigare i rapporten nämndes att kvalitet kunde mätas kvalitativt genom att fråga kunderna hur de upplever pellets som energikälla. Den som är mest känslig för att pellets håller god kvalitet är villakunden. Användningen av pellets för hushållsuppvärmning har ökat kraftigt med cirka 50 % mellan år 2005 och år 2009. Under år 2010 levererades 785 000 ton pellets till villamarknaden av den totala pelletsförbrukningen i Sverige på 2,3 miljoner ton. Efter år 2009 har en tydlig avmattning skett av antal hushåll som bytt till uppvärmning med pellets.

För att få fler hushåll att konvertera måste branschen vända sig till en ny kundkategori. Denna kundkategori ställer ytterligare krav på hela kedjan, inte minst bekvämlighetsaspekter. För denna kundkategori ska det vara nära nog lika bekvämt att elda pellets som att elda olja eller värma med elektricitet. Den nya kundkategorin vill sänka sina kostnader för energi, de vill förbättra sin uppvärmningsekonomi genom

att konvertera sitt värmesystem. De kräver underhållsfria värmeanläggningar. Brister i pelletskedjan från fuktig råvara till värme kan i detta kundsegment vara kritiskt liksom om det i media framkommer att någon länk i kedjan ger en oväntad miljöbelastning.

För pionjäranvändarna av pelletsteknik var det inte så viktigt med design, service och funktion. De var entusiaster för att få igång miljövänliga uppvärmningssystem. De investerade sitt eget arbete att få systemet att fungera, och de var mycket toleranta mot driftsstörningar. Nu är det nya tider. Pelletsvärme konkurrerar med fjärrvärme och värmepumpar, som en källa till villauppvärmning, och då är det viktigt att problem i samband med användning av pellets reduceras till ett minimum. Därför måste pellets som levereras till nya hushållsanvändare ha tillräcklig kvalitet.

I en probleminventering drogs slutsatsen att smulad pellets eller höga halter av finpartiklar eller felaktiga uppställningar av utrustningen orsakar de flesta av de problem som pelletsanvändare upplever [15]. De flesta fabriker vill komma åt villa-marknaden eftersom de kunderna betalar bäst för pelletsen. För att möta de nya kunderna med höga krav på bekvämlighet så krävs att industrin håller hög kvalitet. Kanske är det till och med att kundernas krav borde styra utvecklingen av kvaliteten på framtida pellets.

4.9 Utsläpp och rening från pelletsfabriken

En direkt rökgastork genererar huvudsakligen utsläpp till luft. Ett undantag är vid rengöringen i samband med ögensättningar^o, se 4.2, sida 22. Merparten av det som fastnar i torksystemet i dessa ögensättningar hamnar löst i vatten eller i en vattensuspension. I en indirekt tork flyttas delar av utsläppen från luft till vatten. Ett sätt att minska utsläppen till luft är alltså att recirkulera torkmediet. Det är gynnsamt både sett till minskade utsläpp och minskad energiåtgång för torkningen. Denna processmodifikation blir därför allt populärare. En nackdel är att det bildas ett kondensat som behöver tas om hand. Kondensatet innehåller organiska ämnen och har rapporterat ge luktproblem [16]. Hur de ämnen som avgår från träet fördelar sig mellan luft och kondensat beror av processvariabler som tryck och temperatur och givetvis av vilka ämnen som avgått från deras kokpunkt, polaritet, etcetera. Det bildade kondensatet leds vanligen till sandfilter eller markbädd, för att sedan ledas till recipient eller hamna i dagvattensystemet för vidare transport till recipient. Större anläggningar har i miljötillstånd fått krav på att rena kondensatet, vanligen genom sandfilter eller markbädd samt att pH-justera kondensatet innan det släpps ut till recipient. Att använda biologisk rening på torkkondensat har provats med varierande resultat. I flera fall har det visat sig svårt att hålla mikroorganismerna vid liv. Vid indirekt torkning kommer torktemperaturerna att ändras. Vad detta innebär för själva bildandet av utsläpp och hur utsläppsprofilen påverkas är ännu inte fullt klarlagt.

För att minimera utsläpp bör industrin:

- Utnyttja kompetens inom utsläpps- och reningsområdet och koppla ihop den med kompetens inom torkteknik med det övergripande syftet att förebygga eller reducera potentiella miljöeffekter.

5 ANKNYTNING TILL GRUNDUTBILDNINGEN

Resultat från delprojekt Pellets har framgångsrikt använts i grundutbildningen på flera sätt. Vi har ökat kunskapen om pellets och pelletsproduktion i allmänhet för alla studenter som läser våra kurser genom att vi pratar om projektet och visar vår utrustning. Detta gäller även för Yrkehögskolans elever på Energiteknikerutbildningen (vilken drivs av Folkuniversitetet i Karlstad), samt alla de gymnasieelever som besöker oss under året.

Projektresultat har använts i kursen *Forskning och utveckling, 15 hp*. I denna kurs ska studenterna självständigt sätta sig in i ett nytt område och hittills har de avhandlat bibränslepellets samt torkning av energigrödor. I ett flertal kurser har även studiebesök genomförts vid Stora Enso's pelletsfabrik i Grums samt vid Pemcos pelletsfabrik i Säffle. Studenterna är också alltid inbjudna till disputationer på avdelningen.

Ett examensarbete har genomförts av Patrik Johansson med Magnus Ståhl som handledare och Roger Renström som examinator. Examensarbetet har titeln *Stärkelse som additiv vid pelletstillverkning – En studie som jämför hur vete- och potatisstärkelsetillsats vid tillverkningen påverkar kvalitén på bränslepellets*. Examensarbetet var experimentellt och utfördes vid Karlstads universitet. Små mängder stärkelse tillfördes pelleteringsprocessen för att kontrollera om pellets kvalitet samt pelleteringsegenskaper förbättrades. Resultatet visade positiva effekter på pelletsens hållfasthet, längd, bulkdensitet samt andelen smul efter sållning. Att stärkelsen skulle ha en smörjande effekt kunde denna studie inte visa (kanske på grund av för torr råvara). Examensarbetet ledde vidare till att nya studier initierades med flera olika stärkelsetyper.

Genom att studenterna får upp ögonen för bibränslen och främst pellets är förhoppningen att vi kan påverka utvecklingen i branschen. I sin roll som konsument kan man påverka företag genom tydliga val vid olika inköp. I sin yrkesroll som ingenjör kommer dagens studenter att långsiktigt påverka utvecklingen inom energiområdet.

6 DISKUSSION

Både de teoretiska studierna och probleminventeringen från producenter och leverantörer visar med all önskvärd tydlighet att de ekonomiska marginalerna inom branschen är små och att det på sikt bara är de som satsat rätt som kommer att finnas kvar om några år. Kort och långsiktig ekonomisk lönsamhet måste vara centralt i det fortsatta arbetet.

En jämförelse av den teoretiska studien med probleminventeringen ger vid handen att det hitintills har funnits brister i den forskning som har utförts i den meningen att den har saknat ekonomiskt perspektiv. Detta perspektiv är ett måste för att forskningen ska upplevas relevant för industrin. Det räcker inte med kvalitativt goda idéer. Forskarna måste räkna om idéerna till en ökad produktion eller minskade kostnader för att idéerna ska få relevans.

Även de större producenterna har mycket begränsade resurser, både ekonomiskt och personellt för att initiera, genomföra och utvärdera ett utvecklingsarbete. Man vågar inte heller genomföra försök i sin egen anläggning eftersom det dels kan medföra

mekaniska haverier men främst för att det riskerar att leda till produktionsbortfall. Dessa två aspekter leder snarare till konservativa beslut än utvecklande och framåt-riktade. För att motverka detta är det viktigt att det finns möjlighet att utföra utvecklingsarbetet utanför produktionsenheten.

Transporter och lokal infrastruktur är kritiskt för lönsamheten och energieffektiviteten i pelletssystemet totalt. Detta talar för en utveckling mot att råvaran förädlas lokalt. Trenden går dock mot att det blir allt större och mer specialiserade enheter som producerar pellets. Anläggningarna blir färre men större, något som kan leda till ett ökat transportbehov med försämrad energieffektivitet och lönsamhet som följd. Om denna utveckling fortgår kan det mycket väl leda till att lönsamheten i producentleden minskar med ökat oljepris. Detta är en utveckling som måste undvikas.

Förslagen på konkreta utvecklingsbehov som baseras på probleminventeringen hos producenter och leverantörer är alltför omfattande för att en enskild leverantör på egen hand ska genomföra utvecklingen. De flesta av förslagen är därtill sådana att de kräver omställningar av produktionen med stora risker för produktionsbortfall som följd. Detta innebär att om inte försöken kan genomföras i liten skala med en bred finansiering så blir det inga försök och därmed ingen utveckling.

Sammanfattningsvis finns det en stor potential till utveckling av en ökad samverkan mellan forskningsbaserad utveckling och den utveckling som sker hos producenter-na. Samtidigt finns det stora risker om denna utveckling inte blir av.

7 REFERENSER

1. Handbook of Chemistry and Physics, 91st Edition, Internet Version 2011, Editor-in-Chief, W. M. Mickey Haynes.
2. Jensen, A. S. 2011. Drying in Superheated Steam under Pressure. Nordic Drying Conference NDC2011, 18-21 June, at Helsinki, Finland.
3. Banerjee, S. 2001. Mechanisms of terpene release during sawdust and flake drying, *Holzforschung*, Vol. 55 (Compendex), pp. 413-416.
4. Bengtsson, P., and Sanati, M. (2004), Evaluation of hydrocarbon emissions from heart- And sapwood of Scots pine using a laboratory-scale wood drier, *Holzforschung*, Vol. 58 (Compendex), pp. 660-665.
5. Ståhl M., Granström, K., Berghel, J., Renström, R. 2004. Industrial Processes for Biomass Drying and their Effects on the Quality Properties of Wood Pellets. *Biomass and Bioenergy*, 27, 621-628.
6. Granström, KM. 2007. Wood processing as a source of terpene emissions compared to natural sources. *Air Pollution XV*, Eds: C.A. Brebbia, Series: WIT Transactions on Ecology and the Environment, Vol 101, 263-272.
7. Granström, KM. 2008. Kolväten från träbränsleindustrin i sågverk, trätorkar och pelletspressar. Rapport inom Energimyndighetens program Uthållig tillförsel och förädling av biobränsle, Projekt P30895-1.
8. Haaker, A. 2010. Ny prognos: Pelletsproduktionen når 10 TWh under 2010. *Bioenergi* 2010.

9. Ekeberg, K. 2003. Production from Wood industry, in Statistical Yearbook of Forestry, K. Ekberg, Editor. 2003, National Board of Forestry, Sweden: Jönköping. p. 169-187.
10. Magelli, F., Boucher, K., Bi, H. T., Melin, S., Bonoli, A. 2009. An environmental impact assessment of exported wood pellets from Canada to Europe, Biomass & Bioenergy. Vol. 33 (3), pp. 434-441.
11. Berghel, J., Renström, R. 2004. Controllability of Product Moisture Content when Non-Screened Sawdust is Dried in a Spouted Bed. Drying Technology 22 (3), 505-517.
12. Berghel, J., Renström, R. 2002. Basic design criteria and corresponding results performance of a pilot-scale fluidized superheated atmospheric condition steam dryer. Biomass and Bioenergy 2002, 23 (2), 103-112.
13. Arshadi, M., and Gref, R. 2005. Emission of volatile organic compounds from softwood pellets during storage, Forest Products Journal, Vol. 55, 132-135.
14. Järvinen, S., Lehtovaara, J., Sirén, P., Pakkanen, H., Salo, M. and Alén, R., 2009, Self-heating of wood pellets and possibilities for its control. Book of Proceedings Bioenergy 2009. Sustainable Bioenergy Business 4th International Bioenergy Conference. 31st August 2009 Jyväskylä, Finland.
15. Persson, H., Blomqvist, P. 2009. Silo fires and silo fire fighting. Book of Proceedings Bioenergy 2009. Sustainable Bioenergy Business 4th International Bioenergy Conference. 31st August 2009 Jyväskylä, Finland.
15. Ståhl, M., Wikstrom, F. 2009. Swedish perspective on wood fuel pellets for household heating: A modified standard for pellets could reduce end-user problems. Biomass and Bioenergy, Vol 33:803.
16. Salomonsson, P. 2006. Utvärdering av biobränsletorkanläggning på Borås Energi AB 2005. Examensarbetet på utbildningen till Civilingenjör i Kemiteknik vid Lunds Tekniska Högskola.

RAPPORTER

- 1) Säffle biogas ñ Förstudie
- 2) Skogsskötselmodeller anpassade för skogsbränsleuttag ñ några exempel
- 3) Framtidens pelletsfabrik
- 4) Småhusens framtida utformning ñ Hur påverkar Boverkets nya byggregler?
- 5) Långa toppar
- 6) Ackumulerande fällaggregat i gallringsbestånd
- 7) Undersökning av efterfrågan på GRÖN grot
- 8) Byggregler och småhustillverkare. Husens framtida utformning.
- 9) Möten med husföretag
- 10) Solvärme i nybyggda hus
- 11) Husköparens val av värmesystem ñ Hinder och möjligheter
- 12) Solvärme i nybyggda hus
- 13) Husköparens val av värmesystem ñ Hinder och möjligheter
- 14) Användning och vidaretransport av skogsenergisortiment
- 15) Vidaretransport av skogsenergisortiment ñ Tidsstudier och kostnadskalkyler
- 16) Utveckling av logistiken för skog
- 17) Transport av skogsenergisortiment ñ Företags- och samhällsekonomiska kostnader
- 18) Beräkning och analys av skogsbränslepotentialer i Värmland
- 19) Ekonomi vid skogsskötsel inriktad mot energi- och industrisortiment
- 20) Biogas Säffle ñ Förstudie Värmlandsnäs
- 21) Småskalig rökgasrening ñ metoder för att minska utsläppen från småskalig bio-bränsleeldning
- 22) Tillsatser som kvalitetshöjare för pellets
- 23) Kartläggning och nulägesbeskrivning av pelletskedjan

Projekt SWX-Energi omfattar Värmlands, Dalarnas och Gävleborgs län.

Projektägare: Region Gävleborg

Delprojektansvariga: Högskolan Dalarna och Karlstads Universitet

Projektbudget: 32 miljoner kronor

Projektid: 2008-2011

www.regiongavleborg.se/verksamhet/swxenergi

Projektet delfinansieras av Europeiska Unionen.

Finansiärer

Offentliga

EU, Norra Mellansverige
Region Gävleborg
Region Dalarna
Högskolan Dalarna
Karlstads Universitet
Gävle Dala Energikontor
Värmlands Energikontor

Energimyndigheten
Banverket
Säffle kommun
Gävle Energi
Hofors Energi
Borlänge Energi
Fortum Värme AB

Privata

Neova
Mellanskog
Naturbränsle
Bruks Klöckner