

# Bränsleförädling och jordbruksbränslen

*En syntes från  
Energimyndighetens  
bränsleprogram 2007-2011*

*ER 2011:22*

Böcker och rapporter utgivna av Statens  
energimyndighet kan beställas via  
[www.energimyndigheten.se](http://www.energimyndigheten.se)  
Orderfax: 08-505 933 99  
e-post: [energimyndigheten@cm.se](mailto:energimyndigheten@cm.se)

© Statens energimyndighet

ER 2011:22

ISSN 1403-1892

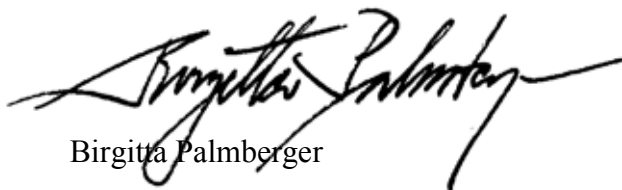
## Förord

Energimyndighetens forskningsprogram Uthållig tillförsel och förädling av biobränsle, även kallat Bränsleprogrammet, pågick från 2007-01-01 till 2011-06-30. Resultaten från programmet redovisas i syntesrapporter för programmets olika delområden. Syftet med syntesrapporterna är att sammanställa kunskapen inom olika områden, att identifiera kunskapsluckor som behöver belysas vidare samt att placera och diskutera de sammanvägda forskningsresultaten i ett större energi- och samhällsperspektiv.

Denna rapport omfattar delarna Bränsleförädling, Jordbruksbränslen samt delområdet Standarder som bedrivits under åren 2007-2011. Rapporten behandlar projekt inom programmet Uthållig tillförsel och förädling av biobränsle, näraliggande enskilda projekt som Energimyndigheten finansierar, samt viss annan nationell näraliggande verksamhet.

Arbetet har genomförts av Lennart Gustavsson och Marie Rönnbäck, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut. Rapporten har granskats av Energimyndigheten. En referensgrupp har lämnat värdefulla synpunkter under arbetets gång.

Det är vår förhoppning att denna syntesrapport ska ge läsaren en inblick i kunskapsläget på detta område. Målgruppen för rapporten är forskare, myndigheter, företag och branschorganisationer inom bioenergisektorn samt övriga med verksamhet som berörs av bioenergin.



Birgitta Palmberger  
Energimyndigheten



# Sammanfattning

I programmet ”Uthållig tillförsel och förädling av biobränsle”, allmänt kallat ”Bränsleprogrammet”, har Energimyndigheten samlat sin FoU-verksamhet rörande tillförsel och förädling av biomassa för energiändamål 2007 - 2010. Programmet finansierades med 40 Mkr per år från Energimyndigheten. Verksamheten omfattar både grundläggande forskning och industridrivna projekt samt enskilda projekt, tvärdisciplinära storprojekt och externt administrerade utvecklingsprogram. Totalt har stöd utgått till 23 projekt eller program. För tre av dessa var stödet ca 20 MSEK vardera, för tre st 3-5 MSEK vardera och för resterande projekt 0,1-1,8 MSEK vardera.

Denna rapport utgör en syntes av programmets tematiska områden Jordbruk och Förädling samt Standarder ur det tvärgående området Strategisk kunskap. Parallellt med denna rapport har syntesarbeten av områdena Skog och resterande del av området Strategisk kunskap genomförts. Det övergripande syftet med synteserna är att sammanställa kunskap från det egna och näraliggande program och att dra slutsatser om lämplig utformning av biobränslesystemet. Det andra syftet är att få underlag för planering av framtida FoU-insatser. Syntesen ska påvisa kunskapsluckor och behov av ytterligare FoU.

## *Delområde Jordbruk*

Inom området Jordbruk har totalt 13 st projekt eller program erhållit stöd. Ca 60 % av satsade medel har gått till forskning kring nya förädlingsmetoder för Salix som skett i samarbete mellan industri och universitet. Ca 30 % av områdets medel har satsats på inventering och utveckling av skördeteknik för Salix. Därutöver har medfinansiering skett i Stiftelsen Lantbruksforskningens Bioenergiprogram som innefattar ett 20-tal projekt inom odling, skörd, förädling och logistik. Utöver detta ingår också en fristående logistikstudie samt en orienterande studie om förutsättningarna för introduktion av snabbväxande poppel som energiråvara.

I projektet **Hög och uthållig biomassaproduktion från Salix** utvecklas metoder för att effektivisera förädlingen av Salix. I projektet söker man kombinera molekylärgenetik, växtfysiologi och traditionell växtförädling för att utveckla genetiska markörer som är kopplade till goda egenskaper hos växtindividerna. Generellt har denna typ av metodik huvudsakligen utvecklats under de senaste tio åren och används nu för många typer av nyttoväxter. Genkartor för Salix har arbetats fram inom projektet, och använts för att söka genetiska markörer som påverkar viktiga växtegenskaper. Man har fokuserat på egenskaperna hög tillväxt, resistens mot skadeinsekter och sjukdomar samt tolerans mot frost, torka och värme. Inte minst de senare egenskaperna är viktiga för att bibehålla och utveckla svensk Salixförädlings ledande ställning då Salix-intresset växer i södra Europa, och sorter med nya egenskaper efterfrågas. De metoder som utvecklats kan dels effektivisera urvalet av plantor för vidareförädling vilket förkortar tiden till kommersialisering av nya sorter, dels göra urvalet i fråga om sådana egenskaper som är svåra att utvärdera i fält säkrare. Väsentliga framsteg har gjorts vad gäller identifiering av genmarkörer för tillväxtegenskaper, kväveekonomi samt resistens mot bladgall-

mygga resp. bladrost. För resistens mot bladbagge och torktolerans har man ännu inte nått lika långt. Ett viktigt övergripande mål för projektet har också varit att bedöma om det går att förutsäga produktionsförmågan hos Salix-bestånd i fält utifrån studier på unga krukodlade plantor. En preliminär modell för detta har utvecklats som dock behöver valideras i ett större material.

Dagens skördeteknik har identifierats som en väsentlig flaskhals för ökad Salix-produktion. Skördeteknik och -metoder som tillåter att maskinerna kan skörda dels under svårare väderförhållanden, dels klarar av grövre stammar och som tillåter att den skördade Salixen kan lagras under en längre tid är en förutsättning för en ökning av användning av Salix har studerats. Inom olika projekt har direktflisning med nya skärbord, buntning av långa skott, balning av grov flis i rundbalar, skörd av korta stumpar (s.k. billets) samt användning av skogsmaskinteknik studerats. Resultaten visar både att de olika teknikerna har utvecklingspotential och att skördetekniken behöver differentieras och anpassas för lokala förhållanden.

Inom Stiftelsen Lantbruksforskningens program har i huvudsak tillämpade FoU-projekt avseende Salix, hampa, rörflen och halm bedrivits. Inom området **Systemstudier och logistik** märks kunskapssammanställningar och systemstudier där olika aspekter av en bränsleråvaras möjligheter analyserats. Ettåriga grödor som t.ex. hampa är intressanta för odlarna och kommer att behövas om en kraftig efterfrågan ska kunna mötas. En kunskapslucka är vilka ettåriga grödor som kan bli mest kostnadseffektiva. Hampa har inte odlats i Sverige på många år, och tidigare inte heller för energiändamål, och därför är kunskapen bristfällig på många områden. Det främsta hindret för hampan i dagsläget är dock en relativt hög kostnad. För att hampa ska bli intressant måste kostnaderna pressas genom effektivare metoder och/eller genom samtidig inkomst från frön, fibrer eller olja. Flera aspekter av **odling av Salix har** behandlats inom programmet såsom lönsamheten med gödsling, uppbrytning av äldre Salixodlingar, omdrevstidernas längd, förlängd planteringssäsong och metoder för mätning i stående biomassa. Ett väsentligt resultat är att nya gödslingsrekommendationer för Salix har tagits fram dels utifrån försök med olika gödslingsstrategier och dels med en kalkylmetod anpassad till en flerårig energigröda. De ekonomiska beräkningarna visar att lönsamhet är möjlig både i nya odlingar och i äldre, dvs det är motiverat att gödsla mer än vad som tidigare rekommenderats. Gödslingen måste dock anpassas till lokala förutsättningar och salix-sort. Det är ofta lönsamt att gödsla även gamla odlingar med låga givror och att inte gödsla kan minska lönsamheten avsevärt. Det är dock inte utrett om intensiv gödsling och kortare skördeintervall kan resultera i en lägre totalproduktion pga ökad konkurrens och ökade körskador.

Erfarenheter från Danmark om system och ekonomi för bärgning, transport och lagring av **halm för energiändamål** har samlats in. Projektet har fokuserat på att minska kostnaden för lastning och transport av helsäd och andra stråbränslen, att simulera tillgångar, kostnader och kvalitet hos bränslehalm och hur detta påverkas av väderlek och geografi samt val av hanteringssystem. Tillgänglig halmmängd för bränsleändamål har uppskattats till knappt 1 miljon ton/år, motsvarande 3-4 TWh/år, vilket är nästan en halvering av den uppskattning som fanns vid programmet start. En fallstudie av **logistik för Salix och halm** visade att båda bränslena är känsliga för transportkostnader och att dessa kan sänkas med ökad volym-

vikt, samtidig hantering av andra bränslen och färre hanteringssteg. Dock är investeringar i hanteringsteknik fortsatt kritiska faktorer för storskaliga, effektiva logistikkedjor för halm och Salix liksom flexibla terminaler där bränslet kan hanteras. Lämpliga avtalstider och övergripande samordning rekommenderas för att minimera störningar i leveranserna.

En systemstudie i ett femårsperspektiv om **pelletering och förädling av jordbruksråvaror** kom till slutsatsen att Salix och rörflen är de mest intressanta råvarorna för storskalig produktion av pellets. Halm har visserligen låga produktionskostnader men ger allvarliga askrelaterade förbränningsproblem, hampa har höga produktionskostnader och de alternativa råvarorna drank och rapsmjöl har högre värde som proteinfoder. Avrens kan vara intressant i en mix med andra råvaror. Småskalig pelletering förutsätter billiga råvaror och högt utnyttjande för att vara lönsamt. Oftare är det billigare att brikettera.

I Sverige är Salix den helt dominerande åkergrödan för energjändamål. I södra Europa och i USA har man mera satsat på poppel och hybridasp, som också har en hög tillväxt, är mera trädformade men som kräver en längre omloppstid. En **förstudie** för att ge underlag för beslut om en eventuell ökad satsning på **forskning för poppel som energigröda** har därför genomförts. Projektet redovisar möjligheter och problem för hybridasp och poppel som en storskalig energiråvara på sikt, strategier och hinder för att åstadkomma detta samt vilka forskningsinsatser som bedöms nödvändiga för att åstadkomma detta. Utredningens generella slutsats är att poppel och hybridasp är högintressanta kandidater för odlingssystem med inriktning på hög produktion av biomassa. En central slutsats är att poppel- och hybridaspodling uppvisar hög energieffektivitet. De beräkningar som utredningen gjort pekar på att trädslagen är de effektivaste ”grödorna” ur energi- och klimatsynpunkt som idag finns tillgängliga. Utredningen identifierar vidare ett antal områden där FoU-insatser är viktiga för att realisera potentialen. Utifrån dessa föreslås ett inledande forskningspaket för att snabbt kunna öka arealen poppelodlingar. Detta innefattar framtagning av odlingsmaterial för mellersta och norra Sverige, metoder för kostnadseffektiva föryngringar, skötselmodeller för planteringar och skottföryngrade bestånd, miljöeffekter av storskalig odling samt kommunikation av befintlig kunskap till markägare, myndigheter och allmänhet.

**Växtmaterial av rörflen** från tidigare växtförädlingsprogram hos Svalöf Weibull har förvaltats av SLU men ingen direkt växtförädling har skett sedan 2005. Från odlarhåll börjar det finnas efterfrågan på nya rörflenssorter och även på utvärdering av befintliga marknadssorter på olika jordarter och i olika klimat. I ett fortsatt arbete kan förmågan att stå emot angrepp av insekter och svampar vara angelägna. Om rörflen skall kunna bli en storskalig energigröda finns det ett fortsatt behov av att utveckla sorter som är avpassade till olika jordar och som är resistent mot insekter. Det kommer även att krävas fortsatta insatser för att effektivisera hela värdekedjan, t.ex. anläggnings- och skördeteknik som minimerar antalet överfarter på åkern, och vilken produktpaketering som är optimal - hackad form, briketterad eller kanske på sikt pelleterad eller torrefierad.

En ökad efterfrågan på biobränslen kommer att leda till att fler typer av råvaror med varierande egenskaper måste utnyttjas. **Analys av logistikkedjor och hante-**

**ring** av bränslen pekas ut som ett kunskapsområde där insatser kommer att behövas, bl.a. beräkning av effektivitet, väntetider, lagringsförluster, ekonomi, och miljöprestanda. **Livscykelanalyser** bör genomföras av olika bränslen och bärings/skörde-system, med olika typer av lager och även olika mängd lagringsförluster.

### *Delområde Förädling*

Verksamheten inom området Förädling består av sex projekt som kan inordnas under rubrikerna Metoder att mäta bränslekvalitet, Produktion av pellets, Förbränningsegenskaper hos pellets och Nya bränsleformer. Ca 70 % av de satsade medlen inom området har gått till forskning kring produktion av pellets i samarbete mellan universitet och industri. Verksamheten har haft karaktären av långsiktig forskning med stark industrirelevans. Avsikten är ytterst att långsiktigt och uthålligt möta en starkt ökande efterfrågan på bränslepellets. Huvudmålet för verksamheten inom området **produktion av pellets** är att kunna använda nya råvaror och att åstadkomma effektivare teknik, process och lagring för tillverkning av bränslepellets och långsiktig och säker försörjning av förädlade biobränslen.

En framtida **utvidgad råvarubas** förväntas innebära inblandning av energived, grot, stubbar, strå och torv samt lantbrukets rest- och biprodukter. Detta ger en mer komplex råvara som ställer andra krav vid pelleteringen och har besvärligare askkemi, vilket leder till ökade krav på karaktärisering och kontroll både vid produktion och vid förbränning. Inblandning on-line av tillsatsämnen och additiv utifrån friktions- respektive askmodeller med målet att nå hög kvalitetsklass trots ändrad råvarumix är intressanta möjligheter. Bränslekvaliteten bör även anpassas för olika ändamål och marknadssegment.

Viktiga framsteg har varit recept för nya råvaror, där några redan tillämpas. Ur mer vetenskaplig synvinkel är framstegen en **fördjupad förståelse av pelleteringsprocessen** samt samverkan med och förbehandling av råvaror för att påverka bindningsprocesser. Pelleteringsförsök har genomförts dels vid en pilotanläggning, dels vid industrier. Exempel på råvaror är tallspån med olika lagringstider och fukthalter, barkad och obarkad energived, torv, lignin och rapskaka.

Flaskhalsar i hela kedjan inklusive **ny pelleteringsteknik och materialfrågor** har behandlats. Metoder som elektronbestrålning och mikrovågor vid förhöjda temperaturer samt pelletering av ved och ren cellulosa har undersökts i laboratorieskala. Industriförsök med fokus på styrning av kvarn/tork och smulfraktionens betydelse har genomförts liksom studier av damm i arbetsmiljön.

**Minimering av fett- och hartssyror** är nyckelfaktorer vid lagring av råmaterial. Sambandet mellan råvarans mognad och lagringstid har studerats i ett storskaligt lagringsförsök. Superkritisk koldioxid har testats för att extrahera bort fett- och hartssyror i laboratorieskala. Försök att påskynda oxidationen bl.a. med elektronbestrålning har också initierats. Eventuell värmeutveckling i ett antal pelletlager har undersökts och försök med industriell lagring av pellets har genomförts.

**Karakterisering av råvaran för processtyrning med on-line teknik** har skett genom att ett flertal råvaruegenskaper har kartlagts och kalibreringsmodeller tagits fram. Ur forskningssynpunkt är hela det spektrala området av intresse. Fyra



fabriker och en tork har installerat NIR-baserad on-line övervakning. Initiala arbeten rörande röntgenfluorescens (XRF) har påbörjats som en ny metod att on-line klassificera pelletkvalitet.

För att **öka kunskapen om pelletkvalitet och pelletklassificering** har ett flertal egenskaper studerats, såsom betydelsen av partikelstorlek, styckedensitet och adsorptionsförmåga.

**Nya och innovativa metoder att förbehandla biomassa** i syfte att optimera biomaterialens kvalitet för pelletproduktion samt för olika omvandlingsprocesser är ett intressant spår. En sådan kan vara mild pyrolys i form av torrefiering eftersom bl.a. problematiska extraktivämnen då elimineras. S.k. ångexplosion är en annan intressant möjlighet eftersom materialets bindningsegenskaper påverkas positivt.

**Röntgenspektroskopi som metod att on-line bestämma askelement och -halter** bedöms ge helt nya möjligheter att prediktera askors egenskaper, speciellt i kombination med NIR-teknik. Båda metoderna kan användas för att mixa bränslen och eventuella additiv på lämpligt sätt och/eller för att styra den termiska omvandlingen mot högre verkningsgrader och minskade partikelutsläpp.

Inom Värmeforsks Fukthaltsmättningsprogram har **metoder för automatisk bestämning av fukthalten i biobränslen** studerats. Syftet har varit att utveckla alternativa metoder till den hittills använda manuella metoden där uttagna prov torakas och vikt förlusten bestäms. Denna metod har begränsningar i fråga om representativitet, kräver relativt stor manuell arbetsinsats och ger svar först efter upp till 24 timmar. Kontinuerliga metoder som kan användas både för prisavräkning av bränsleleveranser och som insignal till regleralgoritmer för pannans drift är därför önskvärda. I första hand har NIR-teknik för dessa tillämpningar studerats med gott resultat, men även RF-teknik (RF = Radiofrekvens). En utrustning för NIR-mätning i bränsleleveranser har utvecklats och utvärderats i praktisk drift. Metoden bygger på att en mätsond monterad på en kranarm sticks ned i bränslet, varefter NIR-absorptionen i bränslet bestäms. Metoden kräver en del kalibreringsarbete för att täcka in olika bränsletyper och fukthalter, och kalibreringen är i huvudsak knuten till det aktuella mätsystemet. NIR-metodens osäkerhet har dock visat sig vara klart mindre än referensmetodens; och metoden har godkänts för prisavräkning av den dominerande aktören på marknaden (VMF). Goda resultat har även uppnåtts med NIR-mätning i direkt ingående bränsle till pannan för användning som insignal till regleringen, främst ifråga om bättre reglering av bäddtemperaturen som lett till lägre utsläpp av CO och NO<sub>x</sub> samt högre elutbyte, allt med väsentlig ekonomisk betydelse. Tekniken kan anses vara kommersiellt färdig, och flera anläggningar har sålts. Vidare utvecklingsbehov finns främst i fråga om kalibreringsmetoder och automatisering av sondens instick. RF-metoden har hittills inte visats sig ha samma omedelbara potential, men visst utvecklingsarbete pågår och metoden har inte avskrivits.

**Temperaturstyrning av pelletsmatriser** har studerats som ett möjligt sätt att säkerställa en stabil pressning av pellets med god kvalitet från stråbränslen. Råvaror av denna typ ger idag ofta problem med ojämn produktion av pellets med ojämn kvalitet i fråga om hållfasthet och densitet, och detta har ett klart samband

med temperaturen i matrisen vid pressningen. Eftersom denna temperatur idag inte kan styras är det troligt att temperaturen inte är optimal ut produktions- och kvalitetssynpunkt.

Syftet med projektet har varit att undersöka om en styrning av matristemperaturen till optimala värden för respektive råvara kan ge bättre produktionsjämnhet, bättre kvalitet och mindre energiåtgång. Inledande försök med rörflen visade tydligt att en kylning av matriserna till ca 30 °C gav en mycket stabil pelletproduktion vid en motorström på 20-30 A. Motorströmmen visade sig vara en mycket god indikator för produktionsförhållandena vid pelletering. För att utvidga studien till ett större temperaturintervall genomfördes försök med en blandning av gran- och tallspån som råvara. Multilinjär modellering visade att för bulkdensitet och motorström var modellernas förklaringsgrad och prediktionsförmåga mycket god, för hållfasthet god medan fines inte alls kunde modelleras utifrån de valda faktorerna. Bulkdensitet och hållfasthet visade sig ha en negativ korrelation till matristemperaturen, dvs. ju lägre temperatur desto bättre pellets. Detta resultat för pressning i ringmatris är helt omvänt mot vad som tidigare visats vid laboratoriepressning av enstaka pellets, men överensstämmer med den uppställda hypotesen.

Parallellt med pressningsförsöken har ett arbete med att utveckla en fysikalisk karakteriseringsmetod för kvantifiering av råvarans friktionsegenskaper i pelleteringsprocessen bedrivits. Försöken visar att friktionskoefficienten varierar med pulvrets fukthalt och för rörflenspulver har ett maximum vid en fukthalt på ca 13-15 %. Detta överensstämmer med den fukthalt som tidigare i produktionsförsök visats ge maximal hållfasthet för rörflenspellets. I det fortsatta arbetet har studier av råvarans ytfriktion vid olika temperaturer genomförts, men dessa resultat är ännu inte utvärderade.

**Förbränningsegenskaper hos pellets** har studerats i ett projekt med ett övergripande syftet att sammanföra forskning kring produktion av pellets med forskning kring förbränning av pellets. Projektet har även utvecklat **principer och underlag för kvalitetssäkringssystem** avseende hela leveranskedjan från råvara till brännare. Förbränningsförsök med pellets från olika råvaror har bidragit med **teoretiska modeller som beskriver bränslets beteende och eventuella problem vid förbränningen**. Dessa modeller förväntas bli användbara för att styra bränslekvalitén genom smarta råvarumixar och eventuella additiv. Återkoppling sker till metoder för styrning baserade på XRD och NIR. För fosforrika bränslen, som åkerbränslen, har projektet bidragit till att förbättra jämviktskemiska modeller för askomvandlingsprocessen. Kunskapsnivån för fosforrika bränslen har genom detta och integrerade projekt ökat jämfört med 2-3 år sedan. Förbränningsförsök med torv har också ingått, där syftet att med lämpligt val av torvslag och inblandningsgrad minska utsläpp av partiklar.

**Nya bränsleformer** i form av s.k. **knubbved** har studerats. Knubbveden kan liknas vid mycket stor flis (tjocklek 10-20 mm, längd 50-150 mm) och kan antas ha fördelar i fråga om energiåtgång vid flisning, torkning m.m. jämfört med vanlig bränsleflis, men ändå ge möjlighet till automatiserad hantering i alla led. Förutsättningarna för produktion, hantering, inmatning i panna och förbränning av

denna bränsletyp med låga utsläpp har utretts och provats i två typer av pannor med i huvudsak positiva resultat.

### *Delområde Standarder*

Inom delområdet har arbete bedrivits som **prenormativ forskning**, som drivande i **europaisk och internationell standardisering** av biobränslen samt som arbete med en europeisk **databas för egenskaper hos biobränslen och deras askor**. De s.k. Tekniska Specifikationer för biobränslen och deras egenskaper som utarbetades under första halvan av 2000-talet under ledning av SIS har under 2007-2009 efter utvärdering av erfarenheter från tre års användning omarbetats till slutliga Europastandarder under fortsatt svenskt sekretariat. Bränsleprogrammet har bidragit till SIS' arbete med detta, liksom till det arbete med internationell standardisering inom ISO som nu pågår, också med svenskt sekretariat för den ansvariga tekniska kommittén. Bränsleprogrammet har också stött prenormativ forskning i det s.k. Bionorm II-projektet, där ett trettiotal laboratorier samverkat för ytterligare utveckla metoderna, bl.a. ifråga om precision. Bränsleprogrammet har också stött svenskt deltagande i ett IEE-projekt där en befintlig europeisk databas för bränslen och askor har utvecklats och byggts ut. Sådana databaser har stort intresse för att beskriva olika bränsletyper i form av medelvärden och spridningsintervall för olika egenskaper.



# Summary

In the programme “Sustainable Supply and Refinement of Biofuels”, generally known as “The Fuel Programme”, the Swedish Energy Agency unified its R&D activities regarding the supply and refinement of biomass for energy purposes in the period 2007–2010. The programme was financed by the Energy Agency in the amount of SEK 40 million annually. Activities comprise fundamental research and industry-driven projects, free-standing projects, large multi-disciplinary projects and externally administered development programmes. In total, funding has been given to 23 projects or programmes. For three of these, the funding was about 20 MSEK each, for three 3-5 MSEK each and for the remaining projects 0,1-1,8 MSEK each.

This report constitutes a synthesis of the thematic programme areas Agriculture, Refinement, and Standards from the multi-disciplinary area Strategic knowledge. Synthesis reports for the thematic programme area Forestry as well as for the remaining portion of the Strategic knowledge area run in parallel to this report. The overall objective of the syntheses is to bring together knowledge from our own and nearby programmes and to draw inferences regarding the appropriate design of the biofuel system. The other objective is to provide support documentation for planning future R&D efforts. The synthesis aims to highlight knowledge gaps and the need for further R&D.

## *Thematic area Agriculture*

In the thematic area Agriculture, in total 13 projects or programmes has been granted funding. About sixty per cent of resources invested have gone to research into new breeding methods for willow in collaboration between industry and universities. During 2010, 30 per cent of the area’s resources have been invested in developing and taking stock of harvesting technologies for willow. In addition, contributory financing within the Bioenergy Programme of the Swedish Farmers’ Foundation for Agricultural Research has covered around 20 projects within cultivation, harvesting, refinement and logistics. There is also an independent logistics study and a preliminary study regarding the conditions for the introduction of fast-growing poplar as an energy raw material.

In the project **High, Sustainable Biomass Production from Willow**, methods to render the production of willow more efficient have been developed. The project seeks to combine molecular genetics, plant physiology and traditional plant breeding in order to develop genetic markers associated with good characteristics in individual plants. In general, the development of this type of methodology has mainly taken place during the past ten years and is now used for many varieties of useful plants. Such genetic maps for willow have now been developed within the project, and are used in the hunt for genetic markers that influence important growth characteristics. The focus has been on the characteristics high growth-rate, resistance to insect pests and diseases, and tolerance toward frost, drought and heat. The last of these characteristics is not least in importance for maintaining and developing Sweden’s leading position in willow breeding now that the inter-

est for willow increases in southern Europe, and varieties with new characteristics are in demand. The methods developed are expected not only to render the selection of plants for onward processing more efficient – which will reduce commercialization time for new kinds – but also to make the selection of characteristics that are difficult to evaluate in the field more reliable. Important steps forward have been made in identifying genetic markers for growth characteristics, nitrogen economy as well as resistance to gall midge and leaf rust. For resistance to leaf beetle as well as tolerance toward draught the progress has been less. Another important overall project goal is to see if it is possible to predict the production capacity of a stand of willows in the field based on studies of young, pot-cultivated saplings. A preliminary model for this has been developed, but needs to be further validated.

Today's **harvest technology for willow** has been identified as a major bottle-neck for increased willow production. Harvest technologies and methods that not only allow equipment harvest under difficult weather conditions, but can also cope with thicker trunks and allows harvested willow to be stored longer, are prerequisites for an increase in the use of willow. Within separate projects, direct chipping with new cutting heads, bundling of long sprouts, baling of thick chips in round bales, harvest of short stumps (billets) as well as use of forestry machinery technology have been studied. The results show that the different technologies have development potential and that the harvest technology needs to be differentiated and adapted to local conditions.

Within the Swedish Farmers' Foundation for Agricultural Research programme projects mainly having the character of applied research concerning Salix, hemp, reed canary grass and straw have been run. In the field of **systems studies and logistics**, knowledge surveys and system studies in which different aspects of fuel raw material capabilities are analyzed are worth mentioning. Annual crops such as hemp are interesting for growers and will become a necessity if strong demand is to be met. However, one knowledge gap is which annual crops would be the most cost efficient. Hemp has not been cultivated in Sweden for many years, and never previously for energy purposes, so knowledge is lacking in many areas. The biggest obstacle for hemp today however is its relatively high cost. In order for hemp to be of interest, costs must be reduced through more efficient methods and/or simultaneous income from seeds, fibres and oil.

Many aspects in the **cultivation of willow** are dealt with in the programme such as profitability with manuring, the ploughing up of old willow plantations, re-cultivation times, extended planting seasons and methods for measuring biomass stands. An important outcome is that new manuring recommendations for Salix have been elaborated, partly based on tests with different manuring strategies and partly based on a calculation method adapted to perennial energy crops. The calculations show that profitability is possible both in new and old cultivations, i.e. it is motivated to manure more than previously recommended. The manuring must however be adapted to local conditions and also to the Salix type. It is often profitable to manure also old plantations with low doses of mineral fertilizers and to refrain from manuring can decrease the profitability significantly. It is however

not shown if intense manuring and shorter harvesting intervals can result in a lower total production due to increased competition and driving damages.

Danish experiences regarding the systems and economics of harvesting, transporting and storage of **straw for energy purposes** were collated. Programme projects focused on reducing loading and transport costs of whole-crop cereals and other straw-based fuels, the simulation of resources, costs and quality of straw and how these are affected by weather, geography and the choice of handling system. The amount of straw available for fuel purposes is estimated at just less than 1 million tons per year, the equivalent of 3–4 TWh/year, which is almost a halving of the estimate from the beginning of the programme. A field study covering **logistics for willow and straw** showed that both fuels are sensitive to transport costs and that these may be reduced with increased dimensional weights, the simultaneous handling of other fuels and fewer handling stages. However, investments in handling technologies continue to be critical factors for large-scale, efficient logistics chains for straw and willow, as well as flexible terminals for fuel handling. Suitable contractual periods and overall coordination is recommended in order to minimize disruptions in deliveries.

A system study with a five-year perspective regarding the **pelletizing and processing of agricultural raw materials** came to the conclusion that willow and reed canary grass are the most interesting raw materials regarding large scale pellet production. Although straw does have low production costs it causes severe ash-related combustion problems, while hemp has high production costs and the alternative raw materials druff and rapeseed meal have higher values as protein fodder. Waste from cereals may be of interest in a mix with other raw materials. Small-scale pelletizing requires cheap raw materials and high degree of utilization to be profitable. It is often cheaper to make briquettes.

Willow is the predominant Swedish energy field crop. In southern Europe and the USA efforts have been directed more toward poplar and hybrid asp which also have high growth rates, are more tree-like but which require longer rotation times. In order to investigate the conditions for large-scale cultivation of poplars in Sweden, a **preliminary study** to provide support for a decision regarding a possibly increased effort on **research into poplar as an energy crop** will be carried out within the programme. This preliminary study will look into the areas cultivation materials, cultivation systems, market & economics, and environment & opinion. The project will report the opportunities and problems for hybrid aspen and poplar as large-scale energy raw materials over time, strategies and obstacles to achieve this and the research efforts deemed necessary for their accomplishment. The general conclusion from the study is that poplar and hybrid aspen are very interesting candidates for cultivation systems directed to a high production of biomass. A central inference is that poplar and hybrid aspen cultivations show a high energy efficiency. The calculations made indicate that these varieties are the most efficient “crops” from a energy and climate point of view that there are today. The investigation further identifies a number of areas where R&D efforts are important in order to realize the potential. Based on these, a initial R&D package is proposed in order to rapidly the acreage of poplar cultivations. This includes the breeding of cultivation material for middle and north Sweden, cost-efficient

methods for regeneration, management models for plantations, environmental aspects of large-scale cultivation as well as communication of existing knowledge to landowners, authorities and the public.

Reed canary grass plant material from earlier plant processing programmes at Svalöf Weibull have been managed by the Swedish University of Agricultural Sciences (SLU) but no direct plant breeding has taken place since 2005. There is nascent demand from growers for new kinds of reed canary grass and also for the evaluation of existing market varieties in different soil types and climates. The ability to withstand attacks from insects and fungi may become urgent in continued studies. If reed canary grass is to become a large-scale energy crop there will be a continued requirement to develop varieties suited to different kinds of soil and resistant to insects. There will also be demand for continued efforts to render the entire value chain more efficient, e.g. equipment and harvesting technologies that will minimize the number of passes over a field, and optimize the type of product packaging: chopped, briquettes, or in time maybe pelletized or torrefied.

Increased demand for biofuels will mean that more types of raw materials with varying characteristics must be utilized. The **analysis of logistics chains and handling** of fuel are indicated as knowledge areas where efforts will be required, e.g. the calculation of efficiency, waiting times, storage losses, economics and environmental performance. **Life cycle analyses** should be carried out regarding different fuels and recovery/harvesting systems with different types of storage and different levels of storage losses.

### *Thematic area Refinement*

Activities within this thematic area comprise six projects that can be sorted under the headings Fuel Quality Measurement Methods, Pellets Production, Combustion Characteristics of Pellets and New Fuel Types. About 70 per cent of the resources invested in the area go to research into the production of pellets in collaboration between universities and industry. The activities are a continuation of earlier research programmes and have the character of long-term research with a strong industrial relevance. The ultimate objective has been to meet the long-term rapidly increasing demand for fuel pellets sustainably.

The main objective of activities in the **pellets production area** is the ability to use new raw materials and to achieve more efficient technologies, processes and storage for the production of fuel pellets and a long term and reliable support of refined biofuel. An extended raw materials base in the future is supposed to include an admix of energy wood, forestry waste, stumps, straw, peat and agricultural waste and by-products provides, compared to today's pellets, more complex raw materials that place different pelletisation demands with a more difficult ash chemistry, which leads to increased demands for characterization and control both during production and combustion. On-line mixing of ingredients and additives based on friction and ash models with the aim of achieving high quality despite changed raw materials mixes is an interesting possibility. Fuel quality should also be adapted to suit different purposes and market segments.



Important advances include recipes for new raw materials, of which some have already been introduced. From a more scientific point of view, the advance represents a **greater understanding of the pelletizing process** and the pre-treatment of – and the interaction between – raw materials influencing the binding process. Some pelletizing trials have been carried out at a pilot plant and promising results have been tested in industrial scale. Examples of raw materials are pine sawdust with varying storage times and moisture levels, energy wood with and without bark, peat, lignin and rapeseed cake.

Bottlenecks throughout the chain, including **new pelletizing technology and materials issues**, have been studied. Methods such as electron and microwave radiation, increased temperatures and the pelletizing of extracted wood and pure cellulose have been investigated at laboratory level. Industrial trials focusing on the control of mills/driers and the significance of crumbs and fines have been carried out, as have studies of dust in working environments.

Key factors in the storage of raw materials are the **minimization of fatty acids and resin acids**. The connection between the maturity of a raw material and storage time was studied in a large-scale storage trial. Supercritical carbon dioxide was tested in the extraction of fatty acids and resin acids at laboratory level. Attempts to accelerate oxidation were also initiated using electron radiation. Potential heat generation was studied in a number of pellet storage facilities, and trials of industrial pellets storages were completed.

The **characterization of raw materials for process control using online technology** took place through the mapping of a large number of raw materials characteristics and the establishment of calibration models. From a research point of view the entire area of the spectrum is of interest. Four factories and a drying unit have installed NIR-based online monitoring. Initial work was carried out using X-ray fluorescence (XRF) for ash composition as a new method for the online classification of pellet quality.

In order to increase knowledge of **pellet quality and pellet classification**, a number of characteristics were studied, such as the significance of particle size, particle density and absorption ability.

The idea of new and innovative **methods for the pre-treatment of biomass** with the aim of optimizing biomass quality for pellet production and for various transformative processes is a promising track. One such could be mild pyrolysis in the form of torrefaction since e.g. problematic extractive substances are then eliminated. Another interesting possibility is “steam explosion”, since the binding characteristics in influenced positively.

It is thought that **X-ray spectroscopy as a method of determining ash elements and ash levels online** will provide completely new capabilities of predicting the characteristics of ashes. The method is considered to have great potential, especially in combination with NIR technology. Both methods can be used to mix fuels and possible additives in appropriate ways and/or to control the thermal transformation toward higher efficiency levels and reduced particulate emissions.

**Methods for the automatic determination of moisture levels in biofuels** were studied in the Värmeforsk (Swedish Thermal Engineering Research Institute) moisture level measuring programme. The objective was to develop alternatives to the manual method currently in use where samples are dried and the weight loss measured. This method has limitations in regard to representativity, is relatively labour intensive and does not provide answers until up to 24 hours later. Continuous methods which can be used both in price calculations for fuel deliveries and for input signals to control algorithms for boiler operations are therefore desirable. NIR technology was the main area for study for these applications and showed good results, but so too did RF technology (Radio Frequency). One prototype for NIR measurement of fuel deliveries was developed and evaluated in practical operations. The method is based on a measuring probe installed on a crane jib; the probe is inserted into the fuel upon which NIR adsorption by the fuel is determined. The method requires quite a lot of calibration work in order to cover different fuel types and moisture levels, and calibration is in principal tied to the measurement system concerned. Under these circumstances the NIR method level of uncertainty though proved to be distinctly lower than the reference method's. The method has been approved by the dominant player on the market, the Swedish Timber Measurement Association. Good results were also achieved with NIR measurement of moisture levels directly in the fuel feed to the boiler for use as an input signal to the control system, leading to improved control of bed temperatures that gave lower emissions of CO and NO<sub>x</sub> as well as higher power output, both of considerable economic significance. The technology can be considered commercially viable, and several installations have been sold. Requirements for further development pertain mainly to calibration methods and automation of the probe motion. The RF method has not yet shown the same immediate potential, but some development work continues and the method has not been written off.

**The control of pellet matrix temperatures** has been studied as a possible method of ensuring the stable pressing of good quality pellets from straw fuels. Raw materials of this type today often present problems with the production of pellets of uneven quality in regard to durability and density, and this has a clear connection to the temperature in the matrix at the time of pressing. Because this temperature is not possible to control today, it is probable that temperatures are not optimal from production and quality standpoints. The aim of the project has been to investigate if a control of the temperature to optimal values can render a more uniform production, higher quality and lower energy consumption. Initial tests with reed canary grass clearly showed that a cooling of the matrixes to 30 °C gave a very stable pellet production at a motor current of 20-30 A. When the matrix temperature was allowed to increase in an uncontrolled way, pellets were only produced intermittently. In a study over a larger temperature interval, a mixture of pine and spruce sawdust was used as raw material. Multilinear modelling was used to study the parameters fines, mechanical strength, bulk density and motor current in relation to the matrix temperature. For bulk density and motor current, the degree of explanation and the prediction ability was very good, for mechanical strength good while the amount of fines could not at all be modelled by the chosen factors. Bulk density and mechanical strength had a negative correlation to the matrix temperature, i.e. the lower temperature, the higher pellet quality. This re-

sult from pressing in a ring matrix in inverse to what has earlier been shown in laboratory pressing of a single pellet, but validates the hypothesis put forward.

Parallel to the pressing tests, work to develop a physical method for quantification of the friction characteristics of the raw material has been made. The tests show that the friction coefficient varies with the moisture content of the material. For a reed canary grass powder, a maximum exists at a moisture content of 13-15 %. This coincides with the value which in earlier production tests has given the highest mechanical strength for reed canary grass pellets. In the further work, the surface friction of the raw material at different temperatures has been studied.

**Pellet combustion characteristics** have been studied in a project with the overarching aim of combining research into pellets production with research into pellets combustion. The project has also developed principles and documentation for **quality assurance systems** in respect of the entire delivery chain from raw material to burner. Combustion trials with pellets from different raw materials have contributed to **theoretical models that describe fuel behaviour and possible problems at combustion**. These models are expected to be applicable in controlling fuel quality through smart raw materials mixes and possible additives. Feedback takes place to control methods based on XRD and NIR. In the case of fuels rich in phosphorous such as agricultural fuels, the project is expected to contribute to improved chemical equilibrium models for the ash transformation process. Compared to 2–3 years ago, the level of knowledge regarding fuels rich in phosphorous has increased markedly thanks to this and other integrated projects. Combustion trials using peat are included, where the aim is to reduce the emissions of particulates through the appropriate choice of peat variety and mixing percentage.

**New types of fuel** in the form of so-called **chunk wood** have been studied. Stump wood can be likened to very large wood chips (thickness 10–20 mm, length 50–150 mm) and is assumed to have advantages in regard to energy consumption during chipping and drying etc. in comparison to regular fuel chips, but it still provides the possibility of automated handling at every level. Conditions for the production, handling, furnace feed and combustion of this type of low-emission fuel have been investigated and tested in two types of boiler in the project with generally positive results.

### *Thematic area Standards*

Efforts in this subsidiary area cover **pre-normative research**, the proactive **participation in European and international standardization of biofuels** and work on **a European database for the characteristics of biofuels and their ashes**. During the first half of the 2000s The large number of so-called common European Technical Specifications for biofuels and their characteristics which were established during the first half of the 2000s under the secretariat of SIS (Swedish Standards Institute), has after an evaluation of experiences been revised final European standards under a continued Swedish secretariat. The fuel programme contributed to SIS's efforts in this, just as it has for the work with international standardization within ISO that is now running, it too with a Swedish secretariat for the technical committee responsible. The fuel programme also supported pre-normative research in the so-called Bionorm II project where around thirty labora-

tories cooperate in the further development of methods, e.g. in regard to accuracy. Regarding databases, the fuel programme supported Swedish participation in an IEE project where an existing European database for fuels and ashes has been developed and extended. Such databases are of great interest in order to describe different fuel types in the form of average values and distribution intervals of different characteristics.

## Innehåll

<b>Sammanfattning</b>	<b>5</b>
<b>Summary</b>	<b>13</b>
<b>1 Inledning</b>	<b>23</b>
1.1 Syntes av Bränsleprogrammet	23
1.2 Mål och målgrupp	24
1.3 Metod	24
<b>2 Syntesens omfattning</b>	<b>25</b>
2.1 Delområde Jordbruk	26
2.2 Delområde Förädling	30
2.3 Delområde Strategisk kunskap standarder	34
<b>3 Resultat från projekten</b>	<b>37</b>
3.1 Delområde Jordbruk	37
3.2 Delområde Förädling	47
<b>4 Angränsande forskning</b>	<b>61</b>
4.1 Energimyndighetens program	61
4.2 Jordbruksverkets Landsbygdsutvecklingsprogram	62
4.3 Projekt och program vid Högskolor och Universitet	62
<b>5 Analys och diskussion</b>	<b>65</b>
5.1 Behandlade frågeställningar	65
5.2 Kvarstående kunskapsluckor och flaskhalsar	70
5.3 Omvärldsanalys	77
5.4 Hur kan resultaten tillämpas?	83
5.5 Vad betyder resultaten i ett större energisammanhang?	85
<b>Bilaga A – Projekt behandlade i denna rapport</b>	<b>87</b>
Projektförteckning	88
Projektbeskrivningar – område jordbruk	92
Projektbeskrivningar – område förädling	107
Projektbeskrivningar – område Strategisk kunskap standarder	121
<b>Bilaga B - Angränsande forskningsprojekt och -program</b>	<b>123</b>
Energimyndighetens program	123
Jordbruksverkets Landsbygdsutvecklingsprogram	125
Större SLU-projekt utanför Bränsleprogrammet	128
Andra Högskolor	130
Övrigt	131
Formas-bioenergi	132
IEA- projekt	133



# 1 Inledning

Programmet ”Uthållig tillförsel och förädling av biobränsle”, allmänt kallat ”Bränsleprogrammet”, löpte från den 1 januari 2007 till den 30 juni 2011. Den årliga budgeten 2007-2010 var 40 Mkr från Energimyndigheten. I programmet samlade Energimyndigheten all sin FoU-verksamhet rörande tillförsel och förädling av biomassa för energiändamål. Verksamheten spände över såväl grundläggande forskning som industridrivna utvecklingsprojekt. Programmet finansierade både enskilda projekt och sammanhållen verksamhet såsom tvärdisciplinära storprojekt och externt administrerade utvecklingsprogram.

Programmet bestod av de tre tematiska områdena Jordbruk, Skogsbruk och Förädling, samt det tvärgående området Strategisk kunskap. Det sistnämnda täckte systemfrågor och andra ämnesområden som inte kunde knytas till de tekniskt definierade delområdena. För programmets olika delområden fanns specificerade delmål. Programmets övergripande mål var att bidra till att: *En framtida kraftigt ökande efterfrågan på biobränsle kan mötas av en ökande och kostnadseffektiv tillförsel av bränslen av rätt kvalitet och med acceptabla miljökonsekvenser. Svensk industri och kompetenscentra kan utnyttja den ökade bränsleefterfrågan för att stärka sin konkurrenskraft på områden där man redan har, eller bedöms kunna få, en internationellt ledande position.*

## 1.1 Syntes av Bränsleprogrammet

I Bränsleprogrammets slutskede skrevs syntesrapporter från de olika delområdena. Syntesarbetet skulle uppfylla två syften och genomföras i etapper. Det övergripande syftet var att sammanställa kunskap från det egna och näraliggande program samt att dra slutsatser om lämplig utformning av biobränslesystemet. Detta kunde göras först när programmets projekt var avslutade och rapporterade, dvs under 2011. Det andra syftet var att få underlag för planering av framtida FoU-insatser. För detta behövdes en preliminär syntes som fanns färdig januari 2010. Den här rapporten utgör den slutliga syntesen för området Jordbruk, Förädling och delområdet Standardiseringsarbete inom Strategisk kunskap.

I detta sammanhang tål att definieras vad en syntes är respektive inte är:

- En syntes är *inte* en värdering av gjorda insatser, eller av måluppfyllelse.
- En syntes är *inte enbart* en kunskapssammanställning. En sådan förmedlar en bild av den kunskap som finns inom ett område, t.ex. en sammanhängande bild av vad ett program och dess projekt lett fram till. Läsaren får själv dra slutsatser och göra tolkningar.
- En syntes innehåller *inslag av* kunskapssammanställning, men *därutöver* tolkningar och bedömningar av vad den erhållna kunskapen betyder i ett större sammanhang, ex för energisystemets utveckling.
- Syntesen bör innehålla bedömning av flaskhalsar och kunskapsluckor.

## 1.2 Mål och målgrupp

Målgrupper för den slutliga syntesen är personer inom näringsliv, myndigheter, forskarvärld och politik som arbetar med det aktuella området. Texten är därför skriven så att den kan förstås av andra än specialister.

## 1.3 Metod

Arbetet med den syntesen har genomförts på följande sätt:

- genomgång, sammanställning och analys av ansökningar, projektbeslut, lägesrapporter och slutrapporter samt programtexter och projektresultat från ingående externa program,
- kontakt med och i vissa fall besök hos projektledare för diskussion och statusbestämning,
- särskilda kontakter med syntesansvariga för ingående externa program,
- deltagande i forskarseminarier etc inom programmet,
- projektmöten med samordnare för programmet, ansvarig för delsyntes "Skog och Miljö" och "Strategisk kunskap" samt Energimyndighetens handläggare,
- workshopar där preliminära bedömningar och slutsatser diskuterats
- sammanställande av preliminär syntesrapport juni 2010 och
- slutlig syntesrapport augusti 2011.

I arbetet har vi haft stor hjälp av en referensgrupp där följande experter ingått:

Pär Aronsson, SLU

Ulf Björklund, Enköping Energi och Miljö

Ulf Jobacker, LRF

Håkan Johansson, Länsstyrelsen i Dalarna

Anders Nilsson, SLU

Camilla Tolke-Lagerkvist, Jordbruksverket.

Författarna framför härmed sitt stora tack för det engagerade arbete referensgruppen lagt ned!



## 2 Syntesens omfattning

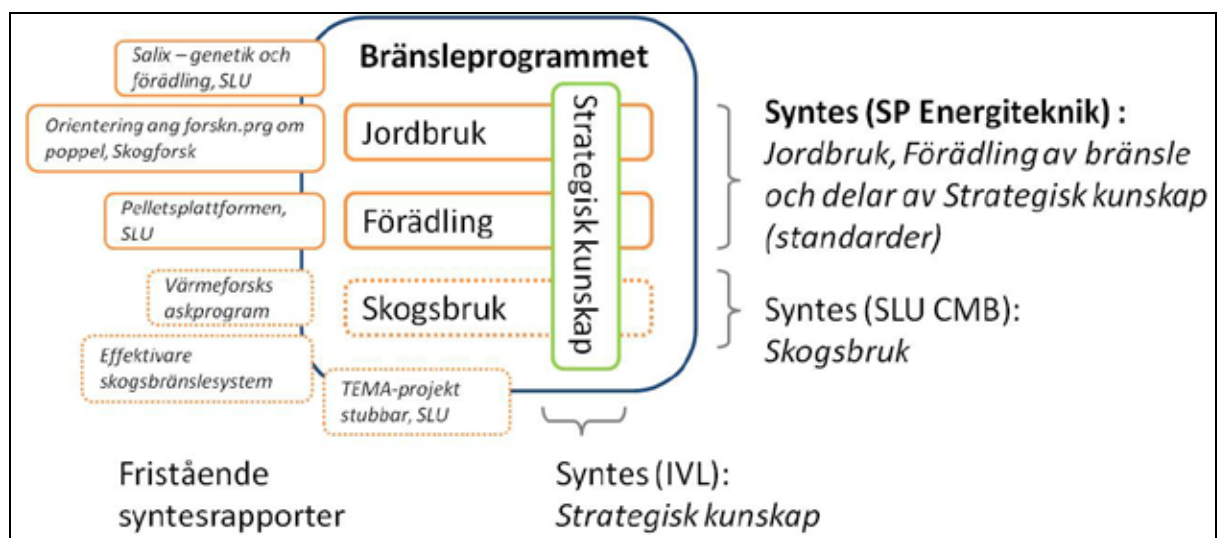
Bränsleprogrammet består av tre tekniskt definierade delområden och ett tvärgående:

- *Jordbruk*,
- *Skogsbruk*
- *Förädling*
- *Strategisk kunskap (tvärgående)*

Programstrukturen illustreras i Figur 1, där även syntesarbetet innefattas. Som figuren visar är syntesen av programmet delad i fyra delar:

- Syntes – Jordbruk, Förädling och delar av Strategisk kunskap (standarder) (SP)
- Syntes – Skogsbruk (SLU)
- Syntes – Strategisk kunskap (IVL)
- Syntes – Projekt med fristående syntesarbete

Denna rapport utgör syntesen av områdena *Jordbruk* och *Förädling*, och dessutom två projekt ur *Strategisk kunskap* som rör standardisering. De större projekt inom Bränsleprogrammet som genomfört fristående syntesarbete finns utsatta i Figur 1. De projekt som tagits hänsyn till i detta syntesarbete är inringade med hel linje: *Salix – genetik och förädling*, *Pelletplattformen* och *Orientering angående program om poppel*. De övriga fristående synteserna (inringade med streckad linje) tas hänsyn till i *Skogsbruk*-syntesen.



**Figur 1. Struktur av Bränsleprogrammet och uppdelning av syntesarbetet. Denna rapport omfattar områdena Jordbruk, Förädling och ett projekt om standarder inom det tvärgående området Strategisk kunskap.**

I kapitel 1.1-1.3 introduceras de olika projekt och program som ingått i programmet genom kortfattad beskrivning av syfte, bakgrund och innehåll. I Bilaga A återfinns dessutom en förteckning över beviljade projekt inklusive beviljad finansiering från Bränsleprogrammet, sökande och en kort sammanfattning av ansökan.

Utöver de fristående syntesarbetena inom *Bränsleprogrammet* finns ett antal projekt och program som utgör omvärld till Bränsleprogrammet. Den omvärld som bedömts som relevant för detta syntesarbete listas nedan och behandlas i kapitel 4, ”Angränsande forskning”:

- Värmeforsk Grödor från åker till energi
- LBU-projekt från Jordbruksverket
- SLU-projekt utanför Bränsleprogrammet
- Andra universitet/högskolor
- Formas
- Småskalig uppvärmning med biobränsle och sol
- Bioenergigårdar

## **2.1 Delområde Jordbruk**

Inom området jordbruk har stöd beviljats med 34 Mkr från Energimyndigheten för 13 projekt eller program. I det följande ges korta beskrivningar av målsättningar och arbetsinnehåll i respektive projekt.

### **2.1.1 Hög och uthållig biomassaproduktion från Salix.**

Projektet är ett samarbetsprojekt mellan SLU:s Fakultet för naturresurser och lantbruksvetenskap och Lantmännen Agroenergi AB. Projektet pågår under perioden 2007-2011.

Det övergripande, långsiktiga målet för projektet är att utveckla nya förädlingsmetoder för viktiga men komplexa egenskaper hos Salix så att motståndskraftiga och snabbväxande kloner kan tas fram på ett snabbt och kostnadseffektivt sätt. För många av dessa egenskaper är det med traditionella metoder svårt att göra effektiva urval. Idag anses Sverige vara ledande på att framställa högavkastande nya kloner av Salix, men om denna position skall kunna bibehållas och utvecklas ytterligare måste nya kloner tas fram som är anpassade för de olika växtbetingelser som finns i Europa. Från att salixodlingen i stort sett varit koncentrerad till Sverige, har under de senaste fem åren intresset för att odla Salix även i andra delar av Europa ökat starkt. Exempelvis bedömdes i en prognos att mindre än 10 % av Salixplanteringarna i Europa under 2010 skulle göras i Sverige.

Traditionella förädlingsmetoder, som baseras på korsningar och provodling av plantor med löpande urval av de bästa individerna, innebär att relativt många plantor måste testas i fält. I metoderna finns också inbyggda begränsningar, t.ex. den relativt långa tid som behövs för att individerna skall utvecklas så långt att relevanta urval är möjliga. Idag anses det ta ca tio år att få fram en ny, signifikant förbättrad klon. Likaså förutsätter utvärdering av vissa egenskaper, t.ex. resistens mot vissa sjukdomar, att dessa uppträder under provodlingarna, något som inte

alltid är fallet. Det finns därför stora vinster att göra om andra metoder för tidigt urval av rätt individer kan tas fram.

I arbetet med att ta fram nya metoder för effektivt urval av plantindivider söker man i projektet kombinera molekylärgenetik, växtfysiologi och traditionell växtförädling för att utveckla s.k. molekylära markörer i genmassan som är kopplade till goda egenskaper. Om sådana kan identifieras med tillräcklig säkerhet, kan urvalet göras utan fältförsök. De egenskaper som man i projektet fokuserar på är tillväxt, resistens mot bladbaggar och bladrost samt tolerans mot frost, torka och värme. Möjligheterna till denna typ av metodik har i huvudsak utvecklats under de senaste tio åren, och används nu i förädlingsarbete för många typer av nyttoväxter. Eftersom metodiken bygger på kartläggning av respektive arts genom så krävs dock relativt omfattande molekylärgenetiskt arbete för varje enskild art. Det aktuella projektet innefattar en hel del arbete av denna typ. Arbetssättet är dock väl känt från andra arter, och i viss utsträckning kan kunskaper från motsvarande kartläggning för poppel användas som stöd.

Med traditionella metoder kan en någorlunda säker bedömning av produktionsförmågan hos en flerårig gröda som Salix göras först efter flera års tillväxt i fält. Studier av den genetiska bakgrunden för viktiga växtegenskaper, såsom i det ovan beskrivna projektet, utförs däremot oftast på unga krukodlade plantor. Ett viktigt övergripande mål för projektet är även att bedöma om det utifrån studier på unga krukodlade plantor går att förutsäga produktionsförmågan hos ett fullvuxet Salix-bestånd i fält.

### **2.1.2 Produktion och förädling av energigrödor inom jordbruket**

Produktion och förädling av energigrödor inom jordbruket är ett forskningsprogram lett av Stiftelsen Lantbruksforskning (SLF). Under perioden 2006-2010 medfinansierade Energimyndigheten programmet genom Bränsleprogrammet tillsammans med Lantbrukarnas Riksförbund (LRF). Programmet fortsätter under våren 2011, men för tillfället utan stöd från Bränsleprogrammet. Programmet har även tillfört 3 Mkr till Värmeforsk's program "Grödor från åker till energiproduktion" med motivet att man ser ett stort värde i att kunna finna samverkan mellan producenter och avnämare för att underlätta utvecklingen av en marknad för biobränslen från jordbruket.

Programmets vision är att bygga kunskap samt samla och föra ut erfarenhet så att jordbruket på lång sikt kan producera bränsle- och drivmedelsråvara motsvarande 20 TWh bioenergi, i jämförelse med de ca 1 TWh som producerades vid programmets start. Under samma period pågick även några projekt som behandlar spannmål som bränsle. Dessa behandlas inte här eftersom spannmål inte är intressant som biobränsle i nuläget p.g.a. högt pris och hög efterfrågan på spannmål till matproduktion.

Forskningsprogrammet har fyra delområden varav endast delområdet "Bränsleråvaror för marknaden" behandlas i denna syntes. Inom området fanns 2006-2010 arton projekt som behandlade olika aspekter av fyra grödor med potential som bränsle: halm, rörfen, hampa och Salix. Det fanns även några projekt som behandlar spannmål som bränsle, men de behandlas inte här eftersom spannmål inte

är intressant som biobränsle i nuläget p.g.a. ett högt pris och en hög efterfrågan på spannmål till matproduktion.

Programmet inleddes med kunskapssammanställningar om de olika grödorna ur olika perspektiv: potential, befintlig teknik och metoder, ekonomi, erfarenheter från energianvändning, rekommendationer om var kommande forskningsinsatser bör sättas in etc. De projekt som sedan genomfördes kan delas in i projekt som behandlade systemstudier och logistik, odlingsfrågor för respektive gröda, tekniska frågor relaterade till skörd av stråsäd och hampa samt småskalig bränsleförädling.

### **2.1.3 Tågtransport och terminalhantering av Salix – Förstudie**

Denna förstudie har syftat till att öka samordningen mellan biobränslen från åker och skog vid transport med tåg och hantering vid bränsleterminaler i akt och mening att hitta effektivare transportlösningar. Man har tittat på flisat, buntat och pelleterat/briketterat material, i första hand Salix. Projektet har genomförts i samverkan med Skogforsk's projekt "Järnvägsterminaler". Studierna har förutom möjligheterna till samordning mellan skogs- och åkerbränslen innefattat utformning av effektiva terminaler, olika typer av lastbärare samt kostnader för olika alternativ. Förutom samordning av de rent tekniska och ekonomiska aspekterna såg man även till behovet av samordning mellan involverade parter.

### **2.1.4 Orienterande studie om ett svenskt forskningsprogram för poppel**

Poppel och hybridasp (korsning mellan europeisk och amerikansk asp) framförs ibland som ett alternativ till Salix. Dessa arter har liksom Salix en hög tillväxt och är dessutom mer trädformade, vilket möjliggör även alternativa användningsområden. De odlingsystem som är aktuella för poppel och hybridasp ligger i gränslandet mellan åkerbruk och skogsbruk; arterna är mer snabbväxande än skog med kräver längre omloppstid än Salix. En del forskning avseende bl.a. växtmaterial och odlingsystem för poppelarter bedrivs både inom Europa och i Nordamerika. Resultaten pekar på en mycket intressant potential för biobränsleproduktion.

Inom Sverige har förhållandevis lite forskning om poppel och hybridasp bedrivits, och då uteslutande i enskilda, kortare projekt. Mot bakgrund av bl.a. de positiva resultat man nått i andra länder kan det dock finnas anledning att systematiskt studera förutsättningarna för en storskalig odling av poppel i Sverige. Inom bränsleprogrammet har därför en "Orienterande studie om ett svenskt forskningsprogram för poppel" genomförts. Studien har genomförts av Skogforsk med SLU som underleverantör. Huvudsyftet med studien har varit att ge ett underlag till Energimyndigheten för bedömning av om det finns anledning att starta ett långsiktigt nationellt forskningsprogram för poppel. Studien har inriktats på att undersöka möjligheterna till storskalig och lönsam poppelodling med energirelevans i Sverige. En viktig del i studien har också varit att peka ut vilka forsknings-, utvecklings- och informationsinsatser som är nödvändiga för att förverkliga en storskalig och lönsam poppelodling.

### **2.1.5 Främjande av produktion och användning av energigrödor på europeisk nivå – Encrop salixdelen**

Det övergripande målet med projektet har varit att främja produktion och användning av Salix i Sverige och Europa. Arbetet, som genomfördes av SLU, skedde i anslutning till EU-projektet ENCROP. Detta projekt har haft som syfte att uppdatera och sprida kunskap om energigrödor inom EU rörande ekologi, teknik, ekonomi, logistik och administrativa regelverk för energigrödornas hela produktionskedja. Potentiella flaskhalsar skulle identifieras och en positiv syn på produktion och användning av energigrödor främjas. Delmål för SLU:s arbete med Salixdelen var att medverka i företagsseminarier i länder utanför Sverige, att utvärdera affärsmodeller för Salix enligt ”Enköpingskonceptet”<sup>1</sup>, att organisera internationella studiebesök i Sverige, att översätta en handbok om produktion av Salix och att bedriva kurs/seminarieverksamhet.

### **2.1.6 Salix - förbättrad skördeteknik/system samt attitydundersökning**

En viktig flaskhals för utvecklingen av Salix som energigröda har varit att det inte funnits tillräckligt tillförlitlig och flexibel skördeteknik som kan användas på otjälad mark och som klarar grövre stammar. Ett antal projekt genomfördes därför i slutet av programperioden för att dels identifiera hinder för en expansion av Salixodling och dels utveckla bättre skördeteknik. Projekten hade följande innehåll:

- I en attitydundersökning intervjuades odlare och entreprenörer om deras erfarenheter och ett antal handfasta råd för en positiv utveckling togs fram
- Ett antal skärbord modifierades och testades med syfte att få fram ett robustare system för direktskörd i storskalig drift i områden där man har stora värmeverk.
- Ett koncept för ett system för skörd och buntning av Salix togs fram och kostnaden för att utveckla, konstruera och tillverka konceptet beräknades.
- En befintlig rundbalspress för klenare Salixbestånd provades och utvärderades.
- Olika skördemetoder från skogsbruket analyserades för möjlig skörd av övergrovt Salix.
- Ett system för skörd av salix via gröve flis ”billets”, hämtat från sockerrörsindustrin, har utprovats tekniskt och ekonomiskt. Den grova flisen tillåts självtorka på fältet och finfördelas senare.

### **2.1.7 Torkning och huggning av flis**

Stöd har getts för att ta fram en prototyp för en enkel spåntork som kan användas i ett maskinsystem för småskalig bränslepelletering. Stöd har även getts till att bygga en fullstor prototyp av en flishugg som drivs med elhybridteknik istället för diesel.

---

<sup>1</sup> Enköpingskonceptet innebär en integration av Salixodling, avloppsvattenbehandling, recirkulation av aska och energiproduktion,

## 2.2 Delområde Förädling

Inom området Förädling har sex projekt beviljats med totalt 26,1 Mkr. Dessa omfattar:

- Metoder att mäta bränslekvalitet – 2 projekt
- Produktion av pellets – 2 projekt
- Förbränningsegenskaper hos pellets – 1 projekt
- Nya bränsleformer – 1 projekt

### 2.2.1 Metoder att mäta bränslekvalitet

Två projekt inom programmet behandlar mätning av bränslekvalitetsparametrar. Mätning av askhalt och askelement kan användas både vid produktion av pellets och hos användaren. Mätning av fukthalt tros ha sin största användning hos användarna (värmeverken) för att styra och optimera förbränningen, men är som metod generell.

#### *Karaktärisering av askelement hos bränslen*

Detta är ett doktorandprojekt som syftar till att utnyttja energidispersibel röntgenspektroskopi (ED-XRF) för att bestämma askhalten i ett bränsle och dess element. Projektet startades under 2009 och förväntas avslutas 2012. Metoden tros bli till nytta för värmeverken då den kan användas till att styra blandningar av bränslen in till pannan utifrån askhalt och asksammansättning. För pelletproduktionens del bedöms tekniken i första hand komma att användas vid klassificeringen av pellet från nya råvaror och råvarublandningar med sikte på olika marknader. Dessa råvaror har ofta en betydligt mer spridd sammansättning av den oorganiska delen, dvs. de komponenter som bildar aska. Exempel på element som är betydelsefulla för askans egenskaper är alkalimetaller och alkaliska jordartsmetaller, kisel, krom och svavel. Det har visat sig att även pellets som uppfyller kraven för Klass 1-pellets i fråga om askhalt, dvs. <0,7 %, i vissa fall är problematiska ur beläggnings- och sintringssynpunkt, vilket kan leda till omfattande driftstörningar. Metoder för att kontinuerligt bestämma askparametrar vid tillverkning av pellets och/eller före inmatning av andra bränsletyper till pannan är därför av mycket stort intresse att utveckla till kommersiell användning.

I den första fasen av detta projekt är avsikten att gruppera och klassificera ett stort antal biomaterial med XRF och att konstruera robusta kalibreringsmodeller för relevanta askvariabler och askelement. Exempel på askvariabel är deformationstemperaturen som är av största intresse för möjligheterna till säker drift av pannan på det aktuella bränslet.

#### *Värmeforsk Fukthaltsmättnings-program 2006-2008*

Värmeforsks program för Fukthaltsmätning av biobränsle bedrevs under 2006-2008. Programmet var en fortsättning på ett tidigare program med samma namn som bedrevs under 2004-2005. Den grundläggande orsaken till att dessa program bedrivits är att fukthalten hos ett biobränsle har en avgörande inverkan på både bränslets värmevärde och på förbränningskvalitet. Det är därför viktigt att kunna

bestämma fukthalten kontinuerligt på ett relevant och effektivt sätt, dels ur betalningssynpunkt och dels för att kunna optimera driften av pannan. Den hittills normalt använda metoden att ta ut prov, torka dessa i ugn samt väga proven är arbetskrävande, har begränsningar i fråga om representativitet beroende på svårigheten att ta ut prov och producerar resultat först efter ett antal timmar, upp till ett dygn. Som underlag för avräkning mellan bränsleleverantör och anläggningsägare har den därmed klara nackdelar. En alternativ metod som är tillförlitlig, ger omedelbara resultat och kräver liten arbetsinsats har därför en stor potential. Den traditionella metoden ger heller inget användbart underlag för kontinuerlig anpassning av pannparametrar till ingående bränsles fukthalt så att t.ex. en konstant bäddtemperatur kan upprätthållas eller spikar i CO- eller NO<sub>x</sub>-utsläpp kan undvikas. För att möjliggöra en sådan reglering av driften detta måste mätning ske med kontinuerliga, instrumentella metoder.

Programmets övergripande mål har varit följande:

- Att utveckla en standardiserad mätteknik baserad på NIR-teknik (NIR = Near InfraRed) eller radiofrekvensteknik för automatisk fukthaltsmätning vid leverans av bränsle till en förbränningsanläggning
- Att utveckla metoder för online-mätning med NIR för styrning av en panna
- Att ta fram en branschgemensam databas med kalibreringar för framför allt NIR-data för ett stort antal bränslesortiment, som sanktionerats av alla berörda parter.

Totalt har sex projekt genomförts inom programmet, varav fyra med bäring på mätning vid bränsleleverans och två med bäring på styrning av pannan. Sedan programmet avslutades har ytterligare två projekt inom området påbörjats inom Värmeforsk inom dess Processtyrningsprogram. I ett av dessa har man arbetat med ett automatiserat kransystem för fukthaltsmätning i bränsleleveranser (containrar).

### **2.2.2 Produktion av pellets**

Två projekt inom programmet har behandlat produktion av pellets -- dels ett forskningsprogram (Pelletsplattformen), som sträcker sig över fem år och omfattar flera delområden, och dels projektet "Temperaturstyrning av pelleteringsmatri-ser".

#### *Produktionsteknisk plattform för svensk pelletsindustri (Pelletsplattformen)*

Pelletsplattformen är kortnamn för forskningsprogrammet "Produktionsteknisk plattform för svensk pelletsindustri" som är ett samarbete mellan pelletsindustrin via Pelletsindustrins Riksförbund (PiR), teknikleverantörer och forskare. Programmet sträcker sig över 2006-2010 och SLU Biomassatekologi och kemi (BTK) är projektledare. Finansiärer är Energimyndigheten (40 %) PiR (13 %) SLU (10 %) och övriga privata finansiärer (37 %).

Huvudmålet för Pelletsplattformen är att använda nya råvaror och att åstadkomma effektivare teknik, process och lagring för försörjning av bränslepellets som till-

godoser olika användares behov och som är avpassade till utvecklingen inom förbränningsteknikens område. Pelletsplattformen är en fortsättning på det tidigare projektet *SLU-Projektpaket pelletsproduktion*. FoU-arbetet sker i huvudsak inom fem insatsområden:

- Vidgad råvarubas - Nya råvaror för pelletstillverkning ()
- Effektivare pelleteringsteknik och -system
- On-lineteknik för styrning av processer
- Effektivare pelletslagring
- Pellets kvalitet och pelletsklassificering

Inom insatsområdet ”*Vidgad råvarubas*” genomförs pelleteringsförsök dels vid pilotanläggningen Biobrännletekniskt Centrum (BTC) vid SLU BTK, dels vid olika pelletsfabriker. Målet är att ta fram 16 responsrecept för olika blandningar vid BTC och åtta processrecept för industrin. Exempel på råvaror pelleterade vid BTC är tallspån med olika lagringstider och fukthalter, energived, torv, lignin och rapskaka. Industriförsök har genomförts där rötved, energived, obarkad färsk energived (tall, gran, björk), lignin och rapskaka har ingått. Vid forskningsanläggningen BTC har en ny linje för torkning, malning, konditionering och pelletering samt installation av kvarn och pelletpress installerats. Inom insatsområdet ”*Effektivare pelleteringsteknik och -system*” är fokus på produktionstekniska flaskhalsar i hela kedjan, inklusive ny pelleteringsteknik och materialfrågor.. Modifieringar av råvaran med elektronstrålebehandling och mikrovågor, samt pelletering vid förhöjda temperaturer genomförs i laboratorieskala, liksom pelletering av ved och ren cellulosa En ny testtrigg för att undersöka en ny pelleteringsteknik har byggts upp. Tre industriförsök med fokus på styrning av kvarn/tork och smulfraktionens betydelse genomförs liksom studier av damm i arbetsmiljön.

Insatsområdet ”*On-line teknik för styrning av processer*” omfattar on-line karakterisering av råvaran för processtyrning vilket förutsätter karakterisering i realtid. Ett flertal råvaruegenskaper har kartlagts och kalibreringsmodeller tagits fram. Olika installationsplatser i råvaruströmmar har testats. Ur forskningssynpunkt är hela det spektrala området av intresse. Fyra fabriker har installerat NIR-baserad on-line övervakning. Metoden har även utvärderats vid en tork. Initiala arbeten är genomförda rörande röntgenfluorescens (XRF) samt en ny metod att on-line klassificera pelletkvalitet.

Inom insatsområdet ”*Effektivare pelletslagring*” ingår minimering av fett- och hartssyror som nyckelfaktorer i värmeutvecklande och luktskapande autooxidation med olika metoder som extraktion, elektronbestralning och blockering av oxidationen. De kemiska mekanismerna för denna oxidation undersöks också. Sambandet mellan råvarans mognad och lagringstid studeras i ett storskaligt lagringsförsök. Eventuell värmeutveckling i ett antal pelletlager har undersökts och fyra försök med industriell lagring av pellets har genomförts.

Insatsområdet ”*Pellets kvalitet och pelletsklassificering*” har målet att anpassa pellets kvalitet till olika användare utifrån förbränningstekniska behov. Insatsområdet har den minsta budgeten av de fem insatsområdena eftersom det vid plane-



ringen av Pelletsplattformen framgick att förbränning av pellets skulle genomföras i ett annat delprogram inom Energimyndigheten. Därför har endast synnerligen enkla förbränningstester, t.ex. enskilda pellet, genomförts inom insatsområdet. Ett flertal egenskaper har studerats som t.ex. betydelsen av partikelstorlek, styckedensitet och adsorptionsförmåga.

#### *Temperaturstyrning av pelleteringsmatriser*

Detta projekt, som genomförs vid SLU-BTK, har sin grund i att man vid pelletering av särskilt stråbränslen ofta får en ojämn produktion av pellets med ojämn kvalitet i fråga om densitet och hållfasthet. Det har konstaterats att fenomenet har ett klart samband med temperaturen i pressmatriserna, på så sätt att en högre temperatur ger en ojämnare produktion. I de pelleteringsprocesser som idag används bestäms matristemperaturen av de friktionsförhållanden som råder, och dessa kan endast indirekt påverkas av materialets fukthalt och ev. ångtillsats. Om temperaturen i matrisen kunde styras oberoende av dessa faktorer skulle däremot den temperatur som är optimal för en jämn produktion av pellets med hög kvalitet kunna upprätthållas. I detta projekt undersöks därför möjligheterna att åstadkomma en sådan styrning och effekterna av detta. Projektet genomförs vid SLU, Enheten för biomassateknologi och kemi, och påbörjades under hösten 2009.

### **2.2.3 Förbränningsegenskaper hos pellets**

#### *Förbränningskaraktärisering och förbränningsteknisk utvärdering av olika pelletbränslen, (FUP)*

Projektet är ett samarbetsprojekt mellan universitet (Umeå Universitet och Luleå Tekniska Universitet), institut (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut) och industri (energiverk, Torvforsk och tillverkare av pelletsutrustning). Det övergripande syftet är att sammanföra forskning och utveckling kring bränslepelletts med den förbränningstekniska forskningen och utvecklingen inom. Detta sker bl.a. genom att stor- och småskaliga försök sker med bränslen tillverkade av Pelletsplattformen varefter kunskapsåterföring kan ske.

Projektet innehåller sju olika arbetspaket. Bland delmålen märks: att utveckla kriterier för definition av pelletkvalitet från olika råvaror och användning, att utveckla principer för ett kvalitetssäkringssystem för pellets, att utvärdera förbränningsresultatet vid nyttjande av kommande pelletkvaliteter i typiska villaanläggningar och närvärmeanläggningar av rost- och pulvertyp, att utveckla teoretiska modeller som beskriver kritiska parametrar för bränsleomvandlingsprocessen avseende askrelaterade driftsproblem och emissioner, att utveckla modeller baserade på jämviktsskemiska beräkningar och praktiska erfarenheter vid förbränning av fosforrika åkergrödor och att återkoppla resultat som kan utnyttjas av de metoder baserade på NIR och XRF som inom Pelletsplattformen.

### **2.2.4 Nya bränsleformer**

#### *Styckeved för småskalig eldning*

Tanken med detta projekt är att undersöka förutsättningarna för ett nytt bränslesortiment med en bitstorlek mellan flis och traditionell ”spis- eller pannved”, här

kallad styckeved. Ett alternativt namn, som möjligen är mera tydligt, är ”knubbved” (eng. ”chunkwood”). Sortimentet tillverkas på liknande sätt som bränsleflis, men tjockleken är ca 10-20 mm och längden ca 50-150 mm. Fördelarna med detta sortiment är flera: lägre energiåtgång än för bränsleflis, snabbare torkning, maskinell hantering är möjlig samt att sortimentet ger förutsättningar för automatisk inmatning i pannan. Syftet med projektet är att dels utvärdera tillgänglig utrustning för produktion, torkning, lagring, hantering, matning och småskalig eldning av knubbved, dels att identifiera utrustning och tekniska principlösningar som behöver utvecklas. En väsentlig del är dessutom att undersöka hur det fungerar att elda knubbved i på marknaden befintliga pannor, dels ur driftsynpunkt, dels ur utsläpps- och effektivitetssynpunkt.

### 2.3 Delområde Strategisk kunskap standarder

Inom denna del av programmet har ett antal projekt bedrivits med syfte att beskriva och påverka omvärldsfaktorer som är av betydelse för en ökad uthållig användning av biobränsle. I huvudsak är det inom två områden som projekt bedrivits, dels standardisering av biobränslen och dels modell- och scenariostudier för biobränslemarknaden. I denna syntesrapport behandlas dock endast området standardisering. Huvudaktör inom Sverige på standardiseringsområdet är SIS, som också varit utförare i detta fall.

Inom CEN, den europeiska standardiseringsorganisationen, har ett arbete pågått sedan 1997 för att utarbeta ett stort antal **Europastandarder** för fasta bränslen. Sverige, representerat av SIS, har haft hand om sekretariatet för den ansvariga tekniska kommittén (TC 335), och därmed varit drivande i arbetet. Utöver detta har man också ansvarat för sekretariatet i en arbetsgrupp, CEN TC335/WG2 – Physical/Mechanical test methods. Sverige har även varit aktivt inom motsvarande kommitté för fasta återvunna bränslen, CEN TC343, och där ansvarat för CEN/TC343/WG4 – Fuel specifications and classes. Inom vardera TC 335 och TC 343 fastställdes totalt 26 tekniska specifikationer, som efter tre års användning och påföljande utvärdering skall uppgraderas och överföras till fullvärdiga Europastandarder. Detta arbete har stötts av Energimyndighetens Bränsleprogram och är nu avslutat.

Parallellt med arbetet inom CEN har ett arbete påbörjats inom ISO, den internationella standardiseringsorganisationen, med att ta fram **ISO-standarder** för fasta förnybara bränslen, dvs. biobränslen. Nya stora marknader för biobränslen är t.ex. Kanada, USA, Brasilien, Kina och Indien. Den internationella handeln med biobränslen förväntas också öka starkt. Arbetet inom ISO utnyttjar i hög grad de erfarenheter som gjorts inom det europeiska arbetet, och SIS har även hand om sekretariatet för den ansvariga tekniska kommittén inom ISO. Också detta arbete stöds av Bränsleprogrammet.

Som en del av underlaget för uppgraderingen av CEN:s tekniska specifikationer till Europastandarder genomfördes också s.k. **prenormativ forskning** på bred Europeanivå. Detta har skett i det s.k. Bionorm II-projektet, där ett trettiotal laboratorier samverkar för ytterligare utveckla de metoder, bl.a. ifråga om precision, som beskrivits i CEN/TS. Bränsleprogrammet har stött SP:s deltagande avseende-

främst att förbättra metoder för bestämning av huvud- och spårelement med hjälp av röntgenfluorescens (XRF), metoder för klor- och svavelbestämning samt metoder för online-bruk.

Relevanta och kvalitetssäkrade bränsleanalyser har ett stort intresse för att beskriva olika bränsletyper i form av medelvärden och spridningsintervall för olika egenskaper. Detta är tanken bakom att bygga **databaser för bränslen och askor**. Bränsleprogrammet har därför stött SLU:s deltagande i ett IEE-projekt där en befintlig europeisk databas av detta slag, PHYLLIS, utvecklas och byggs ut till en ny sådan, BIODAT. Projektet, har dessutom haft en viktig målsättning att sprida kunskap om standardiserade analysmetoder och hur de praktiskt används. SLU:s deltagande i projektet har byggt dels på den databas för askanalyser som man tidigare tagit fram, dels på att tillföra BIODAT en stor mängd nya kvalitetsgranskade analysdata för både biobränslen och askor från dessa.



## 3 Resultat från projekten

### 3.1 Delområde Jordbruk

#### 3.1.1 Hög och uthållig biomassaproduktion från Salix

Projektets övergripande syfte har varit att utveckla metoder för att effektivisera förädlingen av Salix med fokus på att identifiera genetiska markörer som kan kopplas till goda egenskaper såsom hög tillväxt, resistans mot skadeinsekter, sjukdomar och klimat. Första steget inom projektet har varit att ta fram genkartor för Salix. Två detaljerade sådana har utvecklats inom projektet. Man har med hjälp av genkartorna sedan kunnat hitta de delar av genmassan som påverkar ett antal viktiga egenskaper. Markörer för resistens mot bladgallmygga och bladrost har identifierats på ett säkert sätt. Viktiga resultat beträffande markörer för tillväxtegenskaper, kväveekonomi samt flera fenologiska egenskaper såsom tidpunkt för knoppsprickning, tillväxtavslutning samt lövfällning har också erhållits. Variationer i tillväxtegenskaperna som undersökts både i fältförsök och i s.k. fytotron (där dagslängd etc kan styras) har också kunnat kopplas ihop med variationer i de aktuella markörerna, vilket bekräftar relevansen hos arbetssättet. Däremot har det visat sig svårt att hitta genetiska markörer för direkt resistens mot den viktigaste skadeinsekten, bladbaggen.

För att markörerna skall vara så stabila som möjligt i olika växtmaterial behöver markörerna dock preciseras ytterligare. Detta förutsätter en noggrannare kartering av arvsmassan i de intressanta områdena så att markörerna ligger nära de exakta gener som styr egenskaperna. För att utvärdera stabiliteten hos markörerna i olika miljöer har fältförsök etablerats även i Slovakien, Italien och Portugal under 2009. Dessa kommer att utvärderas främst med avseende på påverkan av värme och torka i form av bladrollning och skador på stammen, men även avseende tillväxtegenskaper. Detta kan dock endast ske på skott som är äldre än ett år, vilket först blir möjligt fr.o.m. 2011.

Projektet har även sökt identifiera markörer för egenskaper som främjar effektivt näringsutnyttjande. Sådana egenskaper kommer att vara viktiga i framtiden då mark- och vattenresurser tros bli mer begränsade samt priset på handelsgödsel öka liksom vikten av miljöhänsyn. Vad gäller kväveekonomi har arbetet varit lyckosamt.

Sorter med god värme- och torktolerans kommer med hög säkerhet att bli alltmer efterfrågade i takt med att odlingsintresset i Sydeuropa ökar. Sverige bör kunna utnyttja sin erfarenhet av Salix-förädling för att tillgodose detta, men arbetet med att identifiera, verifiera och precisera genetiska markörer för de relevanta egenskaperna behöver då fortsätta. Det har inte varit möjligt att inom projektets löptid identifiera några genetiska markörer som fungerar som bra indikatorer för värme- och torktolerans. Utöver genetiska metodstudier har även frågan om huruvida den långsiktiga avkastningen på beståndsnivå kan förutsägas från tillväxtegenskaper hos unga plantor. För detta har man funnit goda förutsättningar. Genom att kom-

binera egenskaperna skottbiomassa och bladkvävekoncentration i unga plantor kan produktionsförmågan förutsägas ganska väl. Områden i arvsmassan som påverkar regleringen av för dessa två egenskaper har identifierats inom projektet. En preliminär modell för långsiktig avkastning på beståndsnivå utifrån tillväxtdata från unga krukodlade plantor har därmed kunnat utvecklas inom projektet men behöver valideras i ett större material.

### **3.1.2 Produktion och förädling av energigrödor inom jordbruket**

#### **Systemstudier och logistik**

I en förstudie till detta program beskrevs system och ekonomi för bärning, transport och lagring av halm för energiändamål. Erfarenheter från Danmark samlades in. Även teknik för förädling presenterades översiktligt. Man rekommenderade att fokus under kommande program borde ligga på informations- och demonstrationsprojekt, hanteringskostnader och bärningssäkerhet, bränslekvalitet, förädling och askhantering.

En systemstudie i ett 5-årsperspektiv har genomförts om pelletering och förädling av jordbruksråvaror. Slutsatsen var att de mest intressanta råvarorna för storskalig produktion av pellets är Salix och rörflen, både avseende förbränningsegenskaper och kostnader. Halm har visserligen låga produktionskostnader men allvarliga askrelaterade förbränningsproblem. Hampa har för höga produktionskostnader. Drank och rapsmjöl har högre alternativvärde som proteinfoder. Avrens kan vara intressant i en mix med andra råvaror. Småskalig pelletering förutsätter billiga råvaror och högt utnyttjande för att vara lönsamt. Oftare är det billigare att brikettera.

Hampa konstaterades i en förstudie och i en workshop ha de högsta kostnaderna per producerad MWh bland energigrödorna. En ekonomisk jämförelse mellan hampa och rörflen visade att odlingskostnaderna måste sänkas ordentligt för hampa för att kunna konkurrera med rörflen. Även täckningsbidrag för samtidig skörd av biobränsle och frö har beräknats, men resultatet är svårt att bedöma då marknaden för hampafrö är liten i Sverige.

En dynamisk simuleringsmodell för kostnader, tillgångar och kvalitet hos bränslehalm och hur detta påverkas av lokala variationer i väderlek och geografi samt val av hanteringssystem har utvecklats för att systematiskt kunna studera olika förutsättningar i dessa avseenden.(se vidare under Tekniska frågor relaterade till skörd ff).En halvering av kostnaden för lastning och transport av helsäd och andra stråbränslen förväntas genom att använda idag tillgänglig och enkel teknik, exempelvis sådan som används inom avfallshantering. En screening av lämplig teknik har gjorts men resultat kommer inte att rapporteras förrän december 2011.

Logistik av Salix och halm har studerats i ett projekt där förutsättningarna för lantbrukare att leverera åkerbränslen till stora värmeverk undersökts. Detta har skett i form av en fallstudie för ett planerat kraftvärmeverk i Värtan, Stockholm. Projektet studerade ett antal alternativa logistikkedjor och kostnaderna beräknades för två olika transportavstånd. Halm i balform och Salix i flisad form gav bäst ekonomi, med 150 kr/MWh för halm och 190 kr/MWh för Salix vid transport med

tåg. Lastbil var billigast för halm vid båda transportavstånden och för Salix vid det kortare. Båda bränslena är känsliga för transportkostnader och dessa kan sänkas genom ökad volymvikt, samtidig hantering av andra bränslen samt färre hanteringssteg.

Sammanfattningsvis har det visats att det finns det mycket att vinna vid effektivare transport, lossning och lastning av stråbränslen. Det finns också möjligheter till samordning mellan bränslen. När fler råvaror kommer till användning blir det även viktigt att hela hanteringskedjan fungerar effektivt. En avgörande del hanteringskedjan för att hitta smarta kostnadseffektiva transportlösningar från åker/skog till anläggning är nära samverkan mellan involverade parter. Genom att hantera bränslen på terminaler ökar möjligheterna att förse värmeverken med de kvaliteter de önskar. Terminalhantering kräver investeringar och övergripande samordning mellan olika parter, men kan öka leveranssäkerheten.

### **Odlingsfrågor – Salix**

För salix har nya gödslingsrekommendationer tagits fram dels utifrån försök med olika gödslingsstrategier och dels med en kalkylmetod anpassad till en flerårig energigröda. De ekonomiska beräkningarna visar att lönsamhet är möjlig både i nya odlingar och i äldre, dvs det är motiverat att gödsla mer än vad som tidigare rekommenderats förutsatt att lantbrukaren kan sälja till ett pris som motsvarar värmeverkets prissättning minus verkliga skörde- och transportkostnader. En hög tillväxt kan motivera tätare skördeintervall vilket beräknas ytterligare öka lönsamheten. Gödslingen måste dock anpassas till lokala förutsättningar och salixsort. Det är ofta lönsamt att gödsla även gamla odlingar med låga givor och att inte gödsla kan minska lönsamheten avsevärt. Det är dock inte utrett om intensiv gödsling och kortare skördeintervall kan resultera i en lägre totalproduktion pga ökad konkurrens och ökade körskador.

Inverkan av omdrevstid på avkastning och likaså inflytandet av flexibel planteringssäsong på avkastning och tillväxt har undersökts. Effekterna av omdrevstider på 3 respektive 4 år har jämförts i planteringar anlagda 1990 respektive 1994. Uppmätt biomassa per ytenhet visar att 3-åriga omdrev gav mer ackumulerad biomassa och lägre stoldödlighet än 4-åriga omdrev, något man tror beror på att konkurrensen om ljus ökar med ökad mängd stående biomassa. Slutsatsen är att för en given planttäthet och bördighet bör längden på skördeintervallen anpassas så att täthetsberoende plantdödlighet minimeras. I dessa försök med en planteringstäthet på 20 000 sticklingar/ha bör skörd genomföras då den stående biomassan närmar sig 30 ton TS/ha. Om nya kloner med snabbare tillväxt börjar användas kan dock förutsättningarna ändras. Genom att förlänga planteringssäsongen för Salix skulle man få ökad flexibilitet i planteringen i förhållande till årliga variationer i vädret och dessutom utnyttja planteringsmaskinerna mer effektivt. I ett projekt undersöktes hur planteringstidpunkten påverkar överlevnad och tillväxt hos salixplanter. Resultatet visar att plantering av salix bör ske så tidigt som möjligt på våren för att få de bästa förutsättningarna för en lyckad odling. Plantering kan dock ske med godkänt resultat fram till mitten av juni. Vid plantering i juli eller senare minskar överlevnad och tillväxt så mycket att etableringen av odlingen löper stor risk att misslyckas. Höstplantering av Salix är inte möjlig.

Nya mätmetoder för salixodlingar har studerats. Genom att med säker och billig teknik kunna mäta den stående biomassan skulle lantbrukaren enklare kunna veta vad det växande beståndet var värt och också få en ökad förståelse för de faktorer som påverkar tillväxten. Inom ett projekt har tre olika metoder jämförts: 1) användning av fjärranalys med obemannade flygplan (UAV), 2) 3D-modeller från lasermätningar med helikopter samt 3) fältmätningar av skottdiameter. Spektrala analyser från UAV visar att det går att se skillnader mellan olika Salixkloner. Bättre tillväxt vid dräneringsledningarna syns tydligt i bildmaterialet liksom viltangrepp. Denna typ av oförstörande metoder kan komma att bli intressanta för bestämning av stående biomassa vid Salixodling. I så fall kan det finnas intresse av att automatisera någon process, samt att undersöka hur representativa de är för respektive klon. Det är dock tveksamt om metoderna kan bli ekonomiskt intressanta och efterfrågade på marknaden.

Erfarenheten av hur återgång från salix till konventionell gröda bäst sker är ännu begränsad. Två olika metoder att bryta en äldre Salixodling har utvärderats och visar stor skillnad i tids- och bränsleåtgång. Vid djupfräsning var bränsleåtgången mellan 3 och 6 gånger högre, och tidsåtgången mellan 3 och 5 gånger högre än vid ytfräsning följt av tallriksharvning. Metodernas inverkan på nästa gröda kommer att utvärderas.

### **Odlingsfrågor – Rörflen**

De tre projekt som bedrivits rörande odling av rörflen har samtliga haft inriktning mot förvaltning och provning av befintligt växtmaterial. Sortförädlingen av rörflen har upphört efter 2005 pga brist på medel. Däremot har växtmaterial som tagits fram under tidigare växtförädlingsprogram hos Svalöv Weibull (exempelvis den kommersiella sorten Bamse) förvaltats av SLU. Frön från intressanta linjer har förökats och fältförsök har genomförts. Utvärdering av de bästa nummersorterna ur förädlingsprogrammet visar på en betydande variation i skörd, vilket innebär att möjligheterna att hitta linjer med en avsevärt högre avkastning än Bamse får anses som goda. Vidare har SLU erbjudits att ta hand om Lantmännen SW Seed's förädlingsmaterial, och sortförsök planeras också på Röbbäcksdalen med nya oprövade nummersorter. Frömaterial måste även successivt förnygras, och hittills framtagna resultat från SLU och SW samordnas i en gemensam databas.

Flertalet tidigare utförda och befintliga sortförsök har gjorts i Umeå. I ett pågående projekt prövas sorter även i Västerbotten, Jämtland och Sörmland, samt på mulljordar. Projekten avslutas sommaren 2011, och har ännu inte slutrapporterats.

### **Odlingsfrågor – Hampa**

Inverkan på bränslekvaliteten av skördetidpunkt (höst, vinter eller vår), växtplats (mineralrik eller mullrik jord) och sort (fyra olika sorter) vid odling av hampa i norra Sverige har belysts. Andel ogräs som följer med skörden har stor betydelse för kvalitén. I det rena hampamaterialet var askhalten lägre i vinter- och vårskördat material jämfört med höstskördat. Spridningen i kväve- och svavelhalt i både höst- och vårskördat material var dock ganska stor. Asksmältpunkten var hög både i höst- och vårskördad hampa.



## **Tekniska frågor relaterade till skörd av stråsäd och hampa samt småskalig bränsleförädling**

Nya metoder för vårskörd av olika stråbränslen har studerats, främst hampa och rörfen, där materialet direktskördas på rot samtidigt som det pressas i fyrkantsbalar av Hesston-typ. Teknik som används i Österrike vid vårskörd av bl.a. elefantgräs har provats och skördeförlusterna reducerades från 40 % till ca 25 % genom lägre spill. Olika tänkbara metoder och tekniker för vårskörd av hampa har undersökts, liksom spillförluster när tvåstegsskörd i form av strängläggning och balning med några olika typer av maskiner har tillämpats. Ett annat projekt har syftat till att klarlägga hur samtidig bärgning av halm, agnar och boss inverkar på baldensitet, avkastning, fälttorkningsförlopp och förbränningskaraktäristika. Fyra tröskningar har genomförts varav två med tröskan inställd så att agnar och boss blandas in i halmsträngen. Halmsträngen med agnar och boss blev initialt torrare än den utan, och mängden bärgade skörderester ökade med 14 %. Inga skillnader i balvikt eller baldensitet kunde visas, inte heller i förbränningsegenskaper. Askhalten ökade dock med 1 % när agnar och boss skördades.

Försök med sönderdelning och brikettering av hampa visade att vårskördad råvara går att riva, mala och brikettera i utrustning designad för träbaserade material. Viss ombyggnation av inmatningssystemet krävs dock för att undvika att materialet trasslar in sig i transportskrivar. Briketterna eldades malda i en pelletbrännare. Låg densitet hos hampabränslet gjorde det svårt att mata in tillräcklig mängd, men i övrigt var CO och andel oförbränt i bottenaska jämförbart med pelleteldning. Dock återfanns 5 % sintrat material i bottenaskan. I en fallstudie av småskalig brikettering av hampa på gårdsnivå konstaterades även att produktionskostnaden för hampabriketter låg strax under eller i nivå med marknadspriset för träbriketter. Marknaden för hampabriketter bedömdes som god för småskalig tillverkning och försäljning till småskalig eldning såsom braskaminer, kakelugnar med korta transportsträckor och utan mellanhänder.

Halmöverskott från jordbruket som skulle kunna utnyttjas som bränsle har uppskattats till 0,8-1,0 miljoner ton per år, motsvarande 3-4 TWh/år. Detta är nästan en halvering från tidigare uppskattningar och beror bl.a. på att sorter med kortare strå odlas samtidigt som stubbhöjden har ökat. Halmöverskott finns framförallt i Skåne, Östergötlands, Västra Götalands, Uppsala, Västmanlands, Södermanlands, Örebro och Stockholms län. Kostnad och kvalitet hos bränslehalm beror till stor del på logistikkostnader, där bulkdensiteten spelar stor roll, och på halmens fukthalt. Ett modellverktyg för dynamisk simulering av skörd och hantering har tagits fram. Tillämpning av modellen visade i ett fall på ett pris för halmen fritt levererat till värmeverket som låg under snittpriset för skogsflis. Dock tillkommer kostnader för hantering av balarna på värmeverket. I en annan tillämpning visade modellen att teknik med högre baldensitet har god potential att minska kostnaderna, liksom utomhuslagring och effektivare transportmedel. Modellverktyget är främst avsett som hjälpmedel vid forskning på universitetet och är inte en kommersiell produkt.

### **3.1.3 Tågtransport och terminalhantering av Salix – Förstudie**

Förstudiens övergripande syfte är att bidra till en ökad samordning av biobränslen från skog och åker (i synnerhet flisad och buntad Salix) vid tågtransport och terminalhantering. Slutsatser har sammanställts rörande samordningsmöjligheter samt utformning av effektiva terminaler. En slutsats är att det för större flöden av biobränsle är mest ekonomiskt att utforma stora terminaler med fasta investeringar för effektiv hantering. För mindre flöden är det intressant med lösningar som medger flexibel och temporär lastning i olika områden där råvaran finns samt lägre fasta investeringar. Intermodala lösningar (att samma lastbärare kan användas för lastbil och tåg för smidig omlastning) som bygger på standardkomponenter är då att föredra. För flisad Salix liksom för briketterat eller pelletat åkerbränsle finns tåg- och terminallösningar att tillgå, med skillnaden att tak kan krävas på containern för torrare bränslen. Eventuella bär buntar av grot eller Salix kunna hanteras med samma infrastruktur som används för rundved med vissa anpassningar.

### **3.1.4 Orienterande studie om ett svenskt forskningsprogram för poppel**

Syftet med detta arbete har varit att ta fram ett beslutsunderlag för om en eventuell satsning på ett långsiktigt nationellt forskningsprogram för poppel (begreppet innefattar både rena poppelarter och hybrider samt hybridasp) som energiråvara. Studien har haft i uppdrag att lägga stor vikt vid energirelevans och marknadsmöjligheter. Utredningen ger både en redovisning av forskningsläget på området och en beskrivning av andra förutsättningar av betydelse för att ta ställning till ett eventuellt svenskt forskningsprogram för poppel.

Utredningen konstaterar att poppelodlingar idag finns kommersiellt etablerat i många länder, t.ex. Kina, Frankrike, Turkiet, Italien, Tyskland och Spanien. Totalt uppskattas arealen till ca 5,4 miljoner ha. Den totala arealen produktiv poppel- och Salix-skog i världen uppskattas till drygt 50 miljoner ha, varav poppel utgör den absolut största delen. Poppel används till många olika ändamål, t.ex. biomassa, fiberprodukter och fasta sågverksprodukter.

I Sverige finns idag endast ca 2000 ha poppel och hybridasp att jämföra med ca 13 000 ha Salix. Arealen sägs dock ha ökat på senare tid. Utredningen gör en överslagskalkyl om vilken areal som skulle krävas för att nå ett biomassauttag från poppel och hybridasp motsvarande 10 % av dagens uttag av grot och skogsflis. Resultatet hamnar på i storleksordningen 20 – 25 000 ha, vilket t.ex. endast utgör en mindre del av de 300 000 – 500 000 ha jordbruksmark som anses vara tillgängliga för nya odlingstyper. Till detta kommer de skogs- och marginalmarker som kan vara lämpliga för odling av poppel och hybridasp.

Utredningens generella slutsatser är att både Salix och Populus är högintressanta kandidater för odlingssystem med inriktning på hög produktion av biomassa. Den förhållandevis ringa forskning som hittills bedrivits om poppel i Sverige tyder på att popplar och hybridasp har mycket hög tillväxt och att de lämpar sig för odlingssystem med inriktning på biomassa. En fördel är att deras trädformade växt ger möjligheter till avsättning på flera användningsområden. Ytterligare en speci-

En viktig faktor till poppelns/hybridaspens fördel är att den maximala omloppstiden för energigrödor vid odling på åkermark föreslås sättas så högt som 20 år, vilket gör att poppel och hybridasp skulle godkännas som energigröda med de ekonomiska fördelar detta innebär.

En mycket central slutsats i utredningen ur energirelevanssynpunkt är att hybridasp- och poppelodling uppvisar hög energieffektivitet. De beräkningar som utredningen gjort pekar på att **poppel och hybridasp är de effektivaste energi-grödorna ur energi- och klimatsynpunkt som idag finns tillgängliga**. Med denna huvudpunkt som bakgrund identifierar projektet ett antal områden där FoU-insatser är viktiga för att realisera potentialen. I elva punkter redovisas insatser inom förädling/föryngring, odlings-, skötsel- och skördesystem som styr mot olika slutprodukter, studier av tillgängliga arealer och odlingssystemens klimat- och energinytta samt utveckling av besluts- och informationsstrukturer som kan säkerställa att kunskapen och incitamenten för poppelodling omsätts på ett effektivt sätt.

Som alla FoU-insatser tar de föreslagna insatserna ett antal år att genomföra. Utredningen föreslår därför ett inledande forskningspaket för att snabbt kunna öka arealen poppelodlingar. Paketet föreslår aktiviteter inom följande områden:

- Framtagning av testat odlingsmaterial av godtagbar kvalitet för mellersta och norra delarna av Sverige. Detta görs snabbast genom att lägga ut klon-tester över hela landet med det odlingsmaterial som finns idag och därefter göra urval.
- Metoder för kostnadseffektiva föryngringar, som tidigare för poppel och hybridasp visat sig ge både problem och höga kostnader. Fokus anser man bör ligga på billigare plantproduktion och behovet av hägn.
- Skötselmodeller för både planteringar och skottföryngrade bestånd. Fokus bör ligga på produktionsnivåer, utfall av olika sortiment för energiändamål (stam, grot och stubbar), ekonomi och teknisk utveckling.
- Miljöeffekter av storskalig odling i termer av kolinlagring, markpåverkan och sociala hänsyn.
- Kommunikation till markägare, myndigheter och allmänhet av den kunskap som redan finns och av den som kommer fram ur FoU-insatserna. Utredningen bedömer att detta är en ytterligt central punkt för en framgångsrik utveckling av poppel/hybridasp-odlingar.

Slutsatsen från utredningen är alltså att den biologiskt-tekniska potentialen för att kraftigt öka tillgången på biobränsle från poppel- och hybridaspodlingar är mycket god, men att det krävs ganska omfattande FoU-insatser för att säkerställa de ekonomiska och marknadsmässiga betingelserna. Precis som med Salix så måste odlarna förutom att ha stabila kunskaper om etablering, odling och skörd också kunna känna en säkerhet i att det finns en avsättning och en långsiktig lönsamhet för grödan.

En aspekt som inte tas upp i studien är poppel/hybridaspens lämplighet som bränsle ur användningssynpunkt. Med hänsyn till arternas växtsätt och tänkta

växtplatser finns det ingen egentlig grund till att befara oförutsedda driftproblem i förbränningsanläggningar p.g.a beläggningar el. dyl. Eftersom detta dock är en grundläggande förutsättning för ett nytt bränsle, och att det bör vara ganska enkelt att komma till en rimligt säker slutsats, är det lämpligt att säkerställa svaret i ett tidigt skede. Det kan förmodligen ske genom en kombination av bränsleanalyser, insamling av erfarenheter från anläggningar i länder med större poppelodlingar och eventuellt mindre eldningsförsök i lämpliga anläggningar i Sverige.

### **3.1.5 Främjande av produktion och användning av energigrödor på europeisk nivå – ENCROP - Salixdelen**

ENCROP är ett projekt inom EU-programmet Intelligent Energy Europe, där partners från Finland, Italien, Tyskland, Spanien, Sverige och Österrike samarbetar. Den europeiska bioenergiorganisationen AEBIOM är en av parterna, och från Sverige deltar SLU-BTK. Det övergripande målet är att främja odling, produktion och användande av lignocellulosiska energigrödor inom Europa. Mer specifikt vill man stimulera affärsutvecklingen för energigrödor genom att anordna t.ex. nationella, internationella och regionala seminarier, studiebesök, ta fram handböcker för olika energigrödor samt att sammanställa och utvärdera affärsmodeller från olika länder. Det svenska deltagandet motiverades i första hand av att man ville sprida kunskap och erfarenheter av Salix som energigröda, och få del av motsvarande för andra energigrödor. SLU-BTK anordnade t.ex. ett seminarium om rörfilen som energigröda som ett ”side-event” till World Bioenergy 2008 i Jönköping. Via projektet representerades Sverige vid flera internationella seminarier och konferenser. ”Enköpingsmodellen” för Salix utvärderades och en handbok om rörfilen togs fram. Man bidrog också till en internationell handbok ”Energy from field energy crops – a handbook for energy producers”.

### **3.1.6 Salix - förbättrad skördeteknik/system samt attitydundersökning**

Den intervjustudie med trettio salixodlare och fyra entreprenörer om deras erfarenheter och synpunkter på salixodling som genomfördes visade att odlarna anser att lönsamheten för salix är för dålig, och att även organisationen för skörd och leverans alltför ofta fungerar undermåligt. Entreprenörerna anser att den dåliga lönsamheten beror både på ett lågt pris på flisen och på att odlingarna inte gödslas och sköts på rätt sätt. Kostnader för transport och lastning konsumerar en stor del av bruttointäkten, samtidigt som det ibland inte finns värmeverk i närområdet som vill ta emot salixflis. Odlarna är medvetna om att gödsling utöver slam krävs för att öka avkastningen. Samtidigt har merparten av odlarna gamla kloner på sämre marker, vilket gör det svårt att öka avkastningen motsvarande den kostnad som gödsling innebär

Den idag dominerande skördetekniken för salix är **direktflisning**. Tekniken passar i storskalig drift i odlingsområden där man har stora värmeverk som kunder och antalet skördedagar kan minimeras. Robustare system för direktskörd, med hög tillgänglighet och som klarar de grövre stammar som är aktuella i dagens kloner, har inom programmet tagits fram av Henriksson Salix AB i form av två prototyper av skärbord anpassade för fälthackar från Claas Jaguar och från Krone.

Båda prototyperna har fältprovats. På den ena har en uppföljning av produktionen skett och det har sedan tillverkats i fem exemplar varav ett har sålts. Enligt uppgift har skärborden fungerat bra, och det finns idéer för ytterligare justeringar och ökad prestanda. Den djupa snön under vintern 2011 innebar dock svårigheter i form av att klara framdrivning och produktionsförluster då stubben blir högre i djup snö. Modifierade och/eller alternativa system till direktflisning är intressanta, speciellt teknik som möjliggör skörd över en längre period av året tillsammans med kostnadseffektiv teknik för mindre arealer. För detta syfte har Salixmaskiner i Hedemora inom programmets ramar tagit fram en prototyp för direktflisning som är i drift och som kan vara ett intressant alternativ, speciellt för mer småskalig och lokal verksamhet, då den bärs av en jordbrukstraktor. Alternativet **buntning av långa stammar** har undersökts i en förstudie av Rogbico AB. Ett tekniskt koncept bestående av enheter som används inom skogsindustri och lantbruk; buntare som bygger på Rogbicos grotbuntare, sågutrustning som används i skogsbruket samt en transportör från befintlig energiskördare, har tagits fram. Buntning av salix medger längre tids lagring och utsträckning av leveransperioden. Konceptet förväntas producera buntar med en vikt på ca 1 ton och en längd på minst 5 m med en kapacitet på 53 ton/timme. Kostnaden för att utveckla, konstruera och tillverka den nya skördaren har beräknats till 9 MSEK med en utvecklingstid på 12 månader. Därefter behöver skördaren fälttestas under en säsong. Därefter beräknas skördaren ha ett marknadspris på 6 MSEK. Den totala produktionskostnaden från skörd till upparbetad flis på kundens terminal beräknas till 69 kr/MWh, vilken med dagens marknadspris på 200 kr/MWh uppskattas ge en god marginal för att motivera odlare, energitjänstföretag och entreprenörer att arbeta för utvecklingen av salix i Sverige. Det pågår nu arbete med att säkra finansiering för tillverkning och prov av en prototyp.

En alternativ buntningsteknik, tidigare testad i Polen, **”Biobaler”**, har också undersökts i svenska förhållanden av Henriksson Salix AB. Tekniken skulle kunna utgöra ett komplement till både annan buntningsteknik och direktskördesystemet. Tekniken bygger på en **rundbalspress** i vilken materialet formas till en rundbal av samma mått som en halmbal. Praktiska prover av skörd i normalgrov salix, hur bränslekväliten ändras genom torkning samt test av olika sönderdelningsmetoder för buntarna har genomförts. Maskinen (Biobaler) fungerar väl i bestånd med ca 40-50 mm stammar (20-25 t ts/ha) vilket är klenare bestånd än vad en fälthack klarar, och innebär ett års kortare omdrev. Balarna torkar under sommaren utomhus i stack utan mögelbildning. Transportkostnaden blir hög pga låg vikt på balarna. Slutsatsen är att användning av Biobaler för produktion till större värmeverk blir dyrare än skörd med fälthack även med hänsyn till att bränslet blir torrare. Biobaler lämpar sig däremot för produktion av lagringsbart bränsle i ett relativt småskaligt system med leverans till användare som kan elda hela balar inom högst några km transportavstånd. I ett sådant system bör Biobalern kunna hävda sig väl t.ex. gentemot halm.

Salix med en stamdiameter över ca 5-7 cm har tidigare teknik för direktflisning inte klarat att skörda. Idag finns det en del bestånd med övergrov salix pga brister i skördesystemen. Med avseende på detta har utvärdering av **skogsmaskinteknik** genomförts med två system; ett skördare-skotaresystem och ett en-maskinsystem

(drivare). Stammarna skördas hela och kräver efterföljande transport och flisning. Skörd i fält med övergrov salix jämfördes med skörd i fält med normala dimensioner. Studien visade att skördare-skotaresystemet gav ett positivt netto i båda odlingarna, medan drivaresystemet gav ett negativt netto. Dagens jordbruksmaskinsystem (direktflisning) är dock mer kostnadseffektiva i alla typodlingar jämfört skogsmaskinsystemen. Ett hypotetiskt buntskördaresystem skulle dock kunna ge högre netto i det mer övergrova området jämfört med det normala. Skogsmaskinsystem kan vara intressanta för mer småskalig verksamhet och längre omloppstider, speciellt i områden där det finns etablerad skogsteknik men inte specialmaskiner för salixskörd. I vissa fall kan det också krävas skogsmaskiner för att överhuvudtaget kunna skörda de grova stammarna.

Ytterligare en typ av skördesystem har erhållit stöd för utvärdering av Henriksson Salix AB; en maskin som används för skörd av sockerrör kapar stammen i bitar, s.k. ”billets” som sedan lagras och torkas före transport till slutanvändaren. Fördelen med tekniken är att bitarna kan lagras. En nackdel är dock att det krävs ett uppberedningssteg hos mottagaren. Billets kan även användas för etablering av odlingar. Hittills har systemet studerats vid en resa till England, men projektet är inte slutfört och rapporterat. Skörd av ”billets” återstår att utvärdera, tillsammans med möjligheten att använda billets för etablering av odlingar.

### **3.1.7 Torkning och huggning av flis**

Projektets mål är ta fram en prototyp för en enkel spåntork som kan användas i ett maskinsystem för småskalig pelletering av pellets. En ökad konkurrens om torra spån-biprodukter leder till att man önskar bredda råvarubasen för den småskaliga pelletstillverkningen. Projektet ska resultera i en prototyp för en enkel spåntork. Denna ska tillverkas, provköras och utvärderas inom projektet.

### **3.1.8 Övrigt**

Inom programmet har förbränningsförsök med hampa genomförts i en pelletbrännare med resultatet att förbränningen bör fungera väl med rätt injustering och anpassning av bränsleinmatningen. Dock såg man en ökad andel sintrat material i bottenaskan, jämfört med träbaserat bränsle. Dokumenterade erfarenheter av hampaeldning i större skala avseende slaggnings-, korrosions- och emissionsegenskaper fattas fortfarande, och därmed även råd till energiverk om hur hampan bäst eldas, hur den lämpligast mixas med andra bränslen mm.

Askhaltsmätningar på halm kan göras i fält på halm som väntar på bärgning, även göras inom fält, på olika grödor och sorter, platser, jordmåner, olika typ av gödsling, olika typ av besprutning, årsmån mm.

Metoder för snabb uppskattning av eldningsegenskaper behövs/saknas/finns? hos halm (men även andra stråbränslen) i fält, vid tröskning och pressning, samt vid hantering av halm i värmeverket samt vid styrning av pannor. Dessa metoder kan t.ex. baseras på NIR (nära infraröd reflektans), röntgenspektroskopi eller liknande.

## 3.2 Delområde Förädling

### 3.2.1 Metoder att mäta bränslekvalitet

Bränslekvalitet i detta sammanhang avser dels innehåll av askbildande ämnen av olika slag, dels bränslets fukthalt.

#### Karaktärisering av askelement hos bränslen

Askinnehållet i bränsle kan orsaka stora driftproblem och därmed kostnader för både användare och pelletsproducenter. Inom Pelletsplattformen har därför NIR prövats för bestämning av askhalt on-line vid produktion av pellets. En allvarlig begränsning i denna teknik är dock att den inte kan detektera kontaminerande jordpartiklar. Det kan däremot energidispersibel röntgenspektroskopi (ED-XRF) göra, vilket är bakgrunden till att ett doktorandprojekt avseende denna metod påbörjats.

Inom doktorandprojektet har ett mycket stort antal prover analyserats med ED-XRF. De flesta av dessa prov erhöles från företag som tidigare i egen regi genomfört mer eller mindre fullständiga askanalyser av proverna. De flesta prover var analyserade avseende askhalt, halter av askelement (Ca, K, Si, Al, Mg, Na, P och i något mindre utsträckning S och Cl) och i vissa fall askans deformationstemperatur. Utöver detta genomfördes en del metodtekniska försök med syftet att förenkla det fortsatta kalibreringsarbetet. T.o.m. mars 2011 har kalibreringsmodeller för ett begränsat antal biomaterial konstruerats för XRF-data med hjälp av multivariat dataanalys. Det visade sig att mycket robusta kalibreringsmodeller för askhalt samt för Ca och K kunde utvecklas, men att även modeller för de flesta lättare askelement var tillförlitliga. Det har även kunnat indikeras samvariationer mellan element som ofta ligger nära detektionsgränsen och andra element som säkrare kan kvantifieras, vilket underlättar modellbygget för de förra. Vad gäller askans deformationstemperatur kunde en kalibreringsmodell konstrueras där felet i prediktionen i ett exempel var 73 °C inom intervallet 860 – 1450 °C.

Sammanfattningsvis blir slutsatsen från arbetet i projektets första fas att XRF tillsammans med multivariata metoder för datautvärdering tycks ha god potential för att kunna användas i främst pelletsindustri och bioraffinaderier.

#### Fukthaltsmätning

Den tidigare enda accepterade metoden för mätning av bränslefukthalt består i att ta ut manuella prover från container (leverans) eller transportband (styrning av panna), torka dessa och slutligen bestämma viktskillnaden. Denna metod har dock visat sig vara arbetskrävande, ge fördröjda resultat och att det är svårt att ta representativa prov som ger rättvisande resultat. Bedömningen har därför gjorts att nya mer effektiva metoder kan vara av stor ekonomisk betydelse, både beträffande prissättning och panneffektivitet. Nya metoder med mer kontinuerlig mätning med snabbare svarstid innefattar framför allt indirekta metoder, NIR-teknik och radiofrekvensteknik. De indirekta metoderna, i vilka bränslefukthalten beräknas utifrån mätning/uppskattning av fukthalten i rökgaser från pannan, har fördelen av att vara billiga, robusta samt att de bygger på beprövad teknik. En studie gjord av Chalmers i samarbete med EON Värme Sverige visar att både mätning av relativ

fukthalt i rökgasflödet och registrering av värmeeffekt i rök-gaskondensor kan användas för att beräkna bränslefukthalten med god precision. Mätning av relativ fukthalt ger dessutom ett mycket snabbt svar. Å andra sidan är nackdelen att de indirekta metoderna endast kan användas för återkopplingsreglering. NIR- och radiofrekvensteknik har däremot potential att kunna användas för kontinuerlig mätning på bränslet redan vid leverans eller inmatning till panna. Nackdelen med dessa metoder är dock att de hittills varit relativt oprövade och att de bygger på avancerad optisk teknik och radioteknik.

#### *Värmeforsk Fukthaltsmättnings-program 2006-2008*

Resultaten från Värmeforsks Fukthaltsmättningsprogram visar tydligt att NIR-tekniken har goda förutsättningar att kunna användas för fukthaltsbestämning både för ekonomisk avräkning mellan leverantör och användare av biobränsle och för kontinuerlig styrning av en panna. Eftersom så korrekta värden som möjligt på fukthalten har mycket stor ekonomisk betydelse är resultaten i programmet mycket positiva. Beträffande mätning med radiofrekvensteknik har dock denna teknik ännu inte visat sig lika användbar som NIR-tekniken, Fortsatt utvecklingsarbete pågår dock och metoden har inte avskrivits.

Två av projekten inom Värmeforsks Fukthaltsmättningsprogram har varit inriktade på mätning av fukthalt i bränsleleveranser med hjälp av NIR. I det ena utvecklades en fungerande prototyp för automatisk mätning med hjälp av en sonda, monterad på en kranarm. Tanken är att kranarmen skall kunna styras av ett dataprogram så att nedstick av sonden i bränslecontainern, mätning och rapportering sker automatiskt medan chauffören väntar. I det andra projektet studerades tekniska och organisatoriska förutsättningar för att metoden skall kunna accepteras av leverantörer och köpare av bränsle och andra intressenter för prisavräkning av bränsle. Man konstaterade att principen har mycket goda förutsättningar att med bättre noggrannhet kunna ersätta den traditionella torknings- och vägningsmetoden. I ett tredje projekt studerades möjligheterna att använda RF-teknik (RF = radiofrekvens). Man konstaterade att detta var möjligt men att mätnoggrannheten i detta skede var förhållandevis låg. Metoden har dock inte avskrivits som potentiell, utan arbetet med att utveckla metoden fortsätter.

NIR har också använts för kontinuerlig mätning av bränslets fukthalt på transportbandet in till pannan. Signalen har använts som kompletterande insignal för styrning av bäddtemperaturen i en 47 MW CFB-panna och visade sig kunna ge en snabbare reglering än den traditionella återkopplingsregleringen. En komplicerande faktor är dock skillnaden i signal mellan tinat och fruset bränsle, och lokala kalibreringsmodeller vid olika temperaturer kan därför vara nödvändiga. Också i en BFB har kontinuerlig NIR-mätning av fukthalten använts som en av flera insignaler, i detta fall till en MPC-regulator (Model predictive control). Resultaten var mycket goda med både förbättrade miljöprestanda och högre elproduktion. NIR-metoden visade sig ge mycket konsistenta mätresultat. Standardavvikelsen i precisionen, som anger spridningen mellan upprepade mätningar på samma prov var för NIR-metoden mindre än 25 % (ca 0,9 procentenheter) av motsvarande värde för den traditionella metoden (ca 4,6 procentenheter). Precisionen i NIR-metoden, var mycket god; avvikelsen var mindre än 0,1 procentenheter från be-



stämning med torknings- och vägmetoden. Mätmetodens goda egenskaper fortsatte att verifieras hos användarna, och vid årsskiftet 2009-2010 erhöles ett formellt godkännande av VMF så att mätresultat från NIR-metoden kan användas för avräkning av bränsleleveranser.

Efter valideringen av NIR-metoden för kontinuerlig mätning av bränslefukthalt med har den prototyp för automatiserad mätning i bränsleleveranser, vilken beskrivits ovan, använts med mycket goda resultat. I ett följande Värmeforsk-projekt har man arbetat med att robotisera provtagningen, så att spettet slumpvis sticks ned på olika djup och positioner i en leverans, bestående av upp till tre containrar. Robotiseringen har i huvudsak fungerat, men för att uppnå tillräcklig hastighet och säkerhet i provtagningen krävs viss vidareutveckling av utrustningen. Detta bedöms dock vara helt genomförbart. En viktig aspekt av implementeringen av metoden är hur man åstadkommer tillräcklig personsäkerhet runt robotens arbetsområde. Detta anses dock ha lösts i detta projekt.

NIR-system för styrning av pannor finns på minst två anläggningar. Det företag som kommersialiserat tekniken förväntar sig att sälja ytterligare några anläggningar. I den ena anläggningen mäter man fukthalten på bränslet mellan bränslelager och panna, och signalen går in till en pannregulator som bl.a. styr uppfuktningen av förbränningsluften. Genom detta uppnår man en betydligt stabilare bäddtemperatur med en variation på ca 5 °C jämfört med 20-30 °C utan denna styrning. Detta resulterar i sin tur i lägre utsläpp av både NO<sub>x</sub> och CO, eftersom de spikar och dippar i bäddtemperatur som medför förhöjda utsläpp till stor del undviks. Än mera positivt är att högre ångdata kan upprätthållas, vilket uppskattas ge 3-5 % högre elproduktion och därav följande ekonomiska vinster. Även i den andra anläggningen har man goda erfarenheter; hittills används dock NIR-signalen endast för manuell styrning av pannan. I det andra projektet kunde man konstatera att temperaturen hos bränslet och inte minst förekomsten av fruset bränsle påverkar spektra signifikant. Denna komplikation kunde dock hanteras, och goda resultat i form av klart bättre reglering av bäddtemperaturen erhöles också här. Det kunde dock konstateras att det kan vara nödvändigt att ta hänsyn till årstidsvariationer vid kalibreringen av ett NIR-system, åtminstone i de mera nordliga delarna av Sverige där fruset bränsle inte är ovanligt. En generell lärdom som ganska snabbt drogs av de båda styrningsprojekten är att varje NIR-system är unikt avseende spektras utseende för olika fukthalter och olika sortiment. Det inenbar bl.a. att den idé om att bygga upp en generell databas för NIR-spektra, öppen för alla användare, som fanns inte visade sig hållbar. Tanken övergavs därför, och i stället är det på de kommersiella anläggningarna i praktiken så att leverantören sköter all kalibrering åt användaren, liksom allt underhåll.

### **3.2.2 Produktion av pellets**

Huvudmålet för Pelletsplattformen har som tidigare sagts varit att möjliggöra användning av nya råvaror och att utveckla effektivare teknik för råvaruanvändning, produktion och lagring. Vetenskapligt sett innebär detta att utveckla en fördjupad förståelse av pelleteringsprocessen och av samverkan med och förbehandling av råvaror för att påverka t.ex. bindningsprocesser. Centralt har också varit att utgå från de problem och begränsningar som industrin upplever, och att FoU-insatserna

prioriterar att finna lösningar på dessa som snabbt kan omsättas i verklig produktion.

Ett exempel på viktiga resultat av detta slag som åstadkommit är recept för nya råvaror. Några av de som tagits fram tillämpas redan av ett antal fabriker. I det följande redovisas ett antal mer generella viktiga resultat inom respektive arbetsområde. Totalt sett innebär dessa väsentliga byggstenar till en mer systematisk kunskap om samspelet råvara – tillsatser – pelletering – processtyrning – lagring – pelletegenskaper, både i en beskrivande mening och i en förklarande mening. Kunskapsbasen för att utgående från råvarans egenskaper, inkl. ”nya” råvaror, styra pelleteringsprocessen bättre mot produkter med förutsägbara, goda egenskaper har därmed ökat.

Från de enskilda försöken inom området ”*Vidgad råvarubas*” har det visat sig att

- både fukthalt och lagringstid hos tallspån inverkar på friktion (vid pelletering), studerat med friktionsmätare,
- dessa parametrar är de viktigaste för pellets kvalitén vid pelletering av tallspån
- inblandning av upp till 15 % torv av vissa torvslag i spån och energived är möjlig utan nämnvärd försämring av förbränningsegenskaperna,
- inblandning av 1,0-1,5 % lignosulfonat respektive stärkelse vid fullskaligt försök minskade smulbildningen med en faktor 4, förbättrade pelletsens hållfasthet med upp till 4 % samt minskade energiåtgången med upp till 15%,
- olika typer av lignin som additiv vid pelletstillverkning uppvisar stora skillnader vad gäller pellets kvalitét, smulbildning och energiåtgång
- låg inblandning (ca 3 %) av rapskaka i spån vid pilotförsök sänkte energiförbrukningen med ca 10 % med bibehållen eller förbättrad pellets kvalitét,
- inblandning av upp till 10 % fuktig torv (ca 50 %) i spån är möjlig med bibehållen kvalitét och något minskad energiförbrukning.

Från försöken inom området ”*Effektivare pelleteringsteknik och -system*” finns följande resultat:

- Vid pelletering av cellulosa gav högre temperatur och lägre fukthalt högre densitet och starkare pellets. Ren cellulosa gav dock pellets med betydligt högre densitet och styrka över hela det undersökta området. Detta visar att det inte är ligninet, hemicellulosan eller extraktivämnena som binder ihop materialet. Det återstår att undersöka vilka andra möjliga kemiska och mekaniska bindningsmekanismer som kan vara aktuella. Mycket tyder på att det är vätebindningar som håller ihop materialet. Försök vid BTC-anläggningen att blanda in små mängder (< 2 %) mald cellulosa som bindemedel visade dock ingen positiv effekt på styrka eller smulbildning.

- Vid pelletering av extraherat spån visade det sig att skillnaden mellan färskt spån och extraktivämnesfritt spån var liten men signifikant. Extraherat spån gav något starkare pellets än färskt spån.
- Elektronbestrålning av spån påverkar pelletsegenskaperna positivt. Behandlingen påverkar materialets bindningsegenskaper och ger starkare pellets med högre densitet.
- Mikrovågstorkning av spån påverkar antagligen hur vattnet inne i veden är distribuerat. Mikrovågtorkat spån gav pellets med högre densitet och hållfasthet än ugnstorkad spån.
- Vid pelletsfabriken i Skellefteå har mätning skett av stoft, aldehyder, syre, kolmonoxid, koldioxid, luftfuktighet och temperatur efter klagomål på arbetsmiljön. Inga oroväckande värden har dock detekteras och eventuellt kommer dessa mätningar att kompletteras med fler analyser.
- Test av samband mellan hållfasthetsmätning och krossmätning av pellets visade i detta försök inte på någon korrelation. Detta kan bero på att krosstesten utfördes på olika långa pelletar. I fortsatta undersökningar bör längden på de pelletar som ska krosstestas vara den samma i alla försök. Mer forskning behövs på detta område och krosstest kan vara en viktig egenskap hos pelletarna som kompletterar den hållfasthetsmätning som nu görs.
- Torkning av hydrolyslignin i tornadotork har visat sig fungera alldeles utmärkt. Även torv har torkats med gott resultat. Processen är mycket intressant för behandling av material som inte kan torkas i en konventionell anläggning. Mer detaljerade studier planeras. Detta ledde till en fördjupad studie tillsammans med SEKAB, Eurocon och Fibre Tornado AB. Studien ”Undersökning av energiåtgång vid torkning av hydrolyslignin med tornadoteknik” finansierades av Processum AB. Ett fortsatt samarbete runt denna teknik pågår fortfarande.
- Optimering av kvarninställningarna hos SCA Bionorr i Härnösand i kombination med byte av vissa kvarndetaljer har lett till att fabriken har gjort stora besparingar i strömförbrukning på kvarnen utan att pellets kvaliteten påverkas. Enbart genom att optimera inställningarna på kvarnen var det möjligt att minska elförbrukningen med 12 % jämfört med att köra icke optimerat. Det var också möjligt att samtidigt minska andelen fines med 20 % genom att köra kvarnen på rätt sätt. Detta visar att det fortfarande finns möjligheter att optimera delprocesser ute på fabrikena.
- Återföring av sekundärsmul vid Lantmännen Agroenergis fabrik i Malmköping visar att ju mer smul som återförs desto sämre blir produktionen. Mer smulinblandning gör att pressarna går tyngre. Kvaliteten på produkten (pellets) påverkas dock inte. Det var möjligt att blanda in upp till 10 % sekundärsmul utan försämring av pellets kvaliteten.

Från enskilda projekt inom insatsområdet ”*On-line teknik*” finns följande resultat:

- Kalibreringsmodeller har tagits fram baserade på NIR-data från råvaruprov samt analysvärden från dessa. Huvudresultatet är att de flesta råvaruegenskaper kan modelleras och predikteras med NIR-teknik. Detta gäller även den färdiga råvaran. Enda frågetecknet är att prediktera hållfasthet hos pellets utifrån NIR-spektra från sågspån. Kalibreringsmodeller för NIR har långtidstestats i industri med goda resultat.
- Inledande studier av röntgenfluorescens (XRF) har utförts och utgör underlag för ett doktorandprojekt. Arbetet visade på god potential att använda XRF-teknik som komplement till NIR-teknik för att även erhålla information om biomassans oorganiska delar (askelement, askegenskaper etc).
- Ett försök att styra en tork har gjorts och då med operatör för NIR-instrument. Denna styrning blev inaktuell att implementera på grund av ombyggnad som medförde synnerligen effektiv homogenisering av råvaran.
- Ombyggnad av ett NIR-instrument pågår och beräknas bli klart vid årsskiftet varvid även kvarvarande försök att klassificera och simulera sortering av pellets kan genomföras. Med detta instrument kan även frågan om prediktion av pellets hållfasthet tacklas utifrån NIR-spektra från pellets i stället för från spån. Under 2010 återstår styrförsök baserade på NIR och överflyttningar av kalibreringar.
- En helt ny on-line baserad metod att bestämma bulkdensitet har tagits fram.

Från försöken inom området ”*Effektiva lagring*” finns följande resultat:

- Emissionsstudier (aldehyder och ketoner) visar att pellets med hög andel färskt tallspån avger mest aldehyder under lagring på grund av autooxidation av fett- och hartssyror. Under lagringstiden minskar mängden fett- och hartssyror och därmed emissioner av aldehyder från pellets. Sambandet mellan temperaturstegring och autooxidation har förslagits.
- Preliminära resultat från inverkan på pelletkvalitén av additiver vid lagring av pellet visar att mängden avgasad aldehyd kan variera.
- Preliminära resultat från försök att separera extraktivämnen från färskt tallspån med superkritisk koldioxid tog bort 97 % av de extraktivämnena.
- Elektronbestralning av spån minskade andelen fett- och hartssyror.
- Mikrovågor gav mindre påverkan på totala fettsyreinnehållet men påverkade hartssyra sammansättningen.
- Inblandning av lövved och rötskadad granved i råvarumixen vid ett fullskaleförsök visade att fett- och hartssyra sammansättningen var låg och påverkades inte nämnvärt. Fuktvandring förekom inte i de lagrade pellets-

högarna. Lagringsstabiliteten mätt under 1 månad hos de producerade pelletserna var hög.

- Ett annat fullskaleförsök med inblandning av energived i råvarumixen visade att temperaturstegring och fuktvandring förekom i vissa högar. Andelen fett- och hartssyror i de lagrade pelletshögarna minskade under lagringstiden och påverkade pellets kvaliteten.

De viktigaste resultaten inom insatsområdet ”*Pellets kvalitet och pelletsklassificering*” är:

- Råvarans partikelstorlek har liten inverkan på pelleteringsprocessen och de termomekaniska egenskaperna på industriellt producerad pellets.
- Resultaten indikerar att malning av råvara med en partikelstorlek  $\leq 8$  mm inte är nödvändig vid produktion av pellets med 8 mm i diameter.
- Förbränningsegenskaperna för pellets tycks påverkas av partikelsammansättningen. Stora partiklar tenderar ge en snabbare koks förbränning.
- Tryckhållfasthet och partikelstorlek uppvisar en viss korrelation till förbränningsegenskaperna. Relativt höga halter av oförbränt material (koks) i villabrännare har observerats och en subjektiv bedömning av pelleten visade på hård pellets (svåra att bryta sönder). Som ovan antytts ger små partiklar en högre tryckhållfasthet. Detta antyder att man bör eftersträva en pellets med tryckhållfasthet anpassad till koksfasens förbränningstid.

#### *Temperaturstyrning av pelleteringsmatriser*

Syftet med projektet har varit att studera om en styrning av temperaturen i pelletpressens matriser kan användas för att upprätthålla en jämnare produktion av pellets med förbättrad kvalitet. Målsättningen har varit att kunna beskriva optimala pelleteringsbetingelser i fråga om matristemperatur och fukthalt hos råvaran, så att maximal driftsäkerhet och minimal energiåtgång uppnås med önskad pellets kvalitet.

För studien tillverkades en uppsättning pressmatriser med kanaler (kopparrör) för kylmedium (olja), vilken monterades i pressen. En kylutrustning och ett värmeaggregat med styrsystem anslöts. Efter vissa tekniska svårigheter med bl.a. kyl- respektive värmekapacitet samt tätheten i systemet har ett antal försöksserier genomförts. Inledande försök med rörflen visade tydligt att en kylning av matriserna till ca 30 °C gav en mycket stabil pelletproduktion vid en motorström på 20-30 A. Motorströmmen är en mycket god indikator för produktionsförhållandena vid pelletering. När matristemperaturen istället tilläts stiga okontrollerat, eller reglerades till 70 – 90 °C, försämrades pelletproduktionen; pellets producerades endast pellets stötvis varvid spikar i motorströmmen på upp till 90 A erhöles. Vid försök med vetehalm, som är ännu mer svårpelleterad än rörflen, krävdes en kylning av matriserna ned till ca 20 °C för att uppnå stabil produktion.

I nästföljande försöksserie med rörflen studerades inverkan av matristemperaturen på pellets kvaliteten i form av hållfasthet och bulkdensitet, samt den specifika energiförbrukningen vid högre fukthalter på råvaran och högre ångtillsatser. Stabil

produktion erhöles endast i intervallet 30 – 45 °C för matristemperaturen . P.g.a. detta snäva intervall erhöles därför inte särskilt entydiga samband mellan matristemperatur och pelletskvalitet. Kvalitativt kunde dock konstateras att en lägre matristemperatur gav högre pelletkvalitet i form av bulkdensitet och i viss mån hållfasthet, men att energiförbrukningen ökade vid låg matristemperatur. För att utvidga studien till ett större temperaturintervall har därefter försök med en blandning av gran- och tallspån som råvara genomförts. Multilinjär modellering användes för att studera parametrarna fines, hållfasthet, bulkdensitet och motorström i förhållande till matristemperaturen. För bulkdensitet och motorström var modellernas förklaringsgrad och prediktionsförmåga mycket god, för hållfasthet god medan fines inte alls kunde modelleras utifrån de valda faktorerna. Bulkdensitet och hållfasthet visade sig ha en negativ korrelation till matristemperaturen, dvs. ju lägre temperatur desto bättre pellets. Detta resultat för pressning i ringmatriis är helt omvänt mot vad som tidigare visats vid laboratoriepressning av enstaka pellets, men överensstämmer med den uppställda hypotesen.

Parallellt med pressningsförsöken har ett arbete med att utveckla en fysikalisk karakteriseringsmetod för kvantifiering av råvarans friktionsegenskaper i pelleteringsprocessen bedrivits. Anledningen är flerfaldig: att friktionskrafter till stor del styr pelleteringsprocessen och därmed både pelletkvalitet och energiåtgång, att en fungerande metod för att bestämma friktionsegenskaperna ansågs nödvändig för att tolka pilotförsöken och bygga förklarande teorier samt att kunskapen om friktionsegenskaper hos biologiska pulvermaterial vid höga tryck är mycket begränsade. Försöken, som innebär att den kinetiska friktionskoefficienten för pulver av respektive råvara bestäms, visar att friktionskoefficienten varierar med pulvrets fukthalt. Friktionen har för röflenspulver ett maximum vid en fukthalt på ca 13-15 %. Detta överensstämmer med den fukthalt som tidigare i produktionsförsök visats ge maximal hållfasthet för röflenspellets. En preliminär tolkning är att det vid optimal fukthalt bildas en mycket slät och tätt bunden yta på pelleten i matrisens kanaler beroende på en hög ytfriktionskoefficient, dvs pelleten pressas ihop mera. Vid högre fukthalter däremot är motståndet i presskanalen lägre och pelleten pressas ihop mindre, vilket ger lägre bulkdensitet och lägre hållfasthet. Vid lägre fukthalter är ytfriktionen så hög att materialet i pelleten hela tiden omlagras med lägre hållfasthet som följd men med hög bulkdensitet p.g.a. det höga mottrycket. I det fortsatta arbetet har studier av råvarans ytfriktion vid olika temperaturer genomförts. Resultaten av dessa försök är ännu inte utvärderade.

### **3.2.3 Förbränningsegenskaper hos pellets**

Projektet har haft som övergripande syfte att sammanföra bränsleteknisk FoU rörande pellets med relevant förbränningsteknisk FoU. Arbetet har skett i sex arbetspaket med följande inriktningar:

- Identifikation av relevanta faktorer och definition av kriterier för vad pelletskvalitet innebär
- Genomförande av förbränningsförsök i villaanläggningar
- Genomförande av förbränningsförsök i närvärmeanläggningar

- Utveckling av principer och underlag för ett relevant kvalitetssäkrings-system
- Utveckling av teoretiska modeller som beskriver kritiska parametrar för askrelaterade driftsproblem och emissioner
- Användning av torv för partikelreduktion.

Ett stort antal specifika mål (12 st) för projektet har funnits formulerade för att konkretisera arbetet och för att uppnå så stora synergieffekter mellan arbetspaketen som möjligt.

Arbetet med att identifiera faktorer och definiera kriterier för vad pellets-kvalitet är ur ett förbränningsperspektiv har utgått från att beskriva två processer, asktransformation och bränsleomvandlingen. Med asktransformation avses ”hur de i bränslet ingående oorganiska ämnena under påverkan av temperatur och oxiderande/reducerande förhållanden och resulterar i dels bottenaska och slagg, dels flyktigt material som skapar beläggningar och flygaska”. Med bränsleomvandling menas ”hur de brännbara delarna i bränslet omvandlas och avger sitt värme. Fördelningen mellan hur mycket material som omvandlas till flyktiga ämnen respektive koks och den hastighet med vilken framförallt omvandlingen av koks sker har stor betydelse”. Hur asktransformation och bränsleomvandling ser ut i det enskilda fallet beror alltså på både bränslets egenskaper, förbränningsanläggningens utformning och drift och på samspelet mellan dessa faktorer.

Tidigare erfarenheter vad gäller slagg- och beläggingsbildning har visat att för fosforfattiga pelletbränslen (dvs. stamvedsbaserade sådana) beror mängden som bildas både på bränsletyp och på typ av förbränningsanläggning, medan sintringsgraden (dvs. hårdheten) hos beläggningarna främst beror på bränslesammansättningen. För bränslet är det främst kiselhalten men även aluminium- och järninnehållet som är avgörande, dvs. i praktiken graden av kontaminering med sand och jord från produktion och hantering. En högre kiselhalt liksom en högre kaliumhalt påverkar både mängd och hårdhet hos beläggningarna i negativ riktning. Kalcium och/eller magnesium höjer däremot asksmälttemperaturen markant, och sintringsproblemen minskar. Detta avspeglas i att bränslen med högre Si/(Ca+Mg)-kvot tycks visa högre slaggningsbenägenhet än bränslen med lägre sådant.

För fosforrika bränslen, t.ex. rapsmjöl, vetedrank och spannmål, är kunskapen om slagg- och beläggingsbildning betydligt mindre. Det har dock visats att inblandning av additiv kan påverka egenskaperna i detta avseende positivt.

Sju stycken pelletbränslen enligt följande användes i projektet: träpellets med inblandning av 1,5 % lignosulfonat resp. 1,5 % potatis- och majsstärkelse, pellets tillverkad av barkad resp. obarkad energived, pellets av torv, pellets av 50 % sågspån och 50 % energived samt en referenspellets. Samtliga utom referenspelletsen hade en högre askhalt än vanlig träpellets tillverkad av stamvedsråvara från tall/gran. Bränslena eldades i dels tre närvärmeanläggningar: en pulverpanna på 5 MW, en rörlig snedrost på 2 MW och en planrost på 300 kW. Dessutom eldades ett urval av bränslena i tre olika typer av villabrännare; den övermatad, en undermatad och en framåtbrinnande.

I närvärmeanläggningarna gav bränslet med tillsats av lignosulfonat upphov till både svåra beläggningsproblem med glasaktig slagg i eldstaden och kraftigt förhöjda emissioner av fina partiklar. Bränslet med stärkelseadditiv gav också liknande problem men i mindre omfattning. I villaanläggningarna var konstaterades motsvarande förhållanden, men där var beläggningsproblemen koncentrerade till hårt, sintrat material i brännarkopp/brännarrör, medan beläggningarna på eldstadens väggar var mindre och mjuka. Torvpelletsen gav upphov till kraftig slaggbildning på rosten i de båda anläggningarna, liksom bränslet som tillverkats av obarkad energived när det eldades i pannan med planrost. Bränslena som tillverkats av barkad energived resp. en blandning av energived och sågspån gav inte upphov till några driftproblem i närvärmeanläggningarna. Däremot gav pellets från obarkad energived något högre stoftemissioner än referenspellets i både närvärme- och villaanläggningarna.

De resultat som erhöles vid proveldningarna har ställts i relation till de krav på ”Träpellets för icke-industriell användning” i den Europa-standard som nu gäller, SS-EN 14961, Del 2. I denna anges gränsvärden för ett antal fysikaliska och kemiska storheter, varav askhalt, ett antal spårämnen och halt av additiv är av intresse för drifttegenskaperna. För asksmälttemperaturen anges inget gränsvärde; däremot skall den anges. Projektet visar att de krav som ställs på träpellets för villabruk i standarden inte är tillräckliga för att garantera en säker drift och hög tillgänglighet varken i dagens villabrännare eller i närvärmeanläggningar. Praktiska slutsatser i övrigt var följande:

- De båda additiv som använts, lignosulfonat resp. stärkelse, bör inte användas vid pelletstillverkning eftersom de ger upphov till både svåra drift- och beläggningsproblem och höga emissioner av fina partiklar.
- Torvpellets gav både höga NO<sub>x</sub>-halter och svåra slaggningsproblem. En möjlig lösning på detta är att samelda eller sampelletera med ett kalciumrikt bränsle som t.ex. barkpellets.
- Pellets från obarkad energived bör i första hand eldas på rörlig rooster.
- Alla tre villabrännare fungerade med alla bränslena under provtiden (tre dagar), men de övermatade brännaren visade sig klart känslig för påverkan av sintrat material (bränslen med additiv eller av energived). Den behöver därför förses med någon slags anordning för rengöring av brännarkoppen. Den framåtbrinnande kunde hantera sintringen med hjälp av sin renblåsning, och den övermatade med hjälp av sin askskrapa.

Slutsatsen rent generellt från projektet är att det saknas en relevant beskrivning av bränslets slaggningsbeteende och dess stoftbildning för att bränslekvaliteten skall anses kunna beskrivas på ett tillfredsställande sätt. De kriterier som bedömdes behövas ur asktransformationssynpunkt kan beskrivas på följande sätt:

- Kriterier som beskriver vid vilka förhållanden slaggnings sker (främst temperatur) samt vilken typ av slaggnings som kan inträffa (saltsmälta resp. silikat-smälta)



- Kriterier för graden av stoftbildning och risk för beläggning/korrosion/ stoftutsläpp

Vad gäller kriterier för bränsleomvandling så har projektet inte primärt innefattat experiment för att ge underlag för detta. Man har dock kunnat konstatera att ett relevant kriterium för bränsleomvandlingen hos olika pellettyper är koksutbränningstiden. En annan faktor som är viktigt för anpassningen mellan bränsle och förbränningsanläggningens design är hur mycket av bränslet som förbränns i gasfas och hur mycket som förbränns på rosten.

Arbetet med principer och underlag för ett kvalitetssäkringssystem innefattade dels en genomgång och analys av befintliga system, dels en enkät och uppföljande diskussioner med pelletstillverkare om hur ett relevant kvalitetssäkringssystem skulle se ut. Under projektets gång har flera nationella system för kvalitetssäkringssystem för pellets inom Europa ersatts av det gemensamma certifieringssystemet ENplus, som nu växer ytterligare. Detta bygger till stora delar på erfarenheter från de tidigare tyska systemen DINplus resp ÖNORM som i sin tur ligger till grund för den preliminära Europa-standarden FprEN 15234-1. Den svenska pelletbranschen har dock ännu inte anammat ENplus, mycket därför att man inom PIR anser att detta ställer för låga krav på pelletskvaliteten, framför allt i fråga om askhalt, och dessutom innebär för stor byråkrati och för höga kostnader i förhållande till nyttan. Detta avspeglades i resultatet från enkätundersökningen, men å andra sidan kunde inget behov av ett helt annorlunda system konstateras. Slutsatsen från arbetet är att ett system för den svenska marknaden för att inte försvåra framtida export och/eller import bör bygga på användbara delar av ENplus, men att arbete bör läggas ned på utveckling i fråga om:

- Administration och avgifter
- Definition av produktkvaliteter
- Långsiktiga kvalitetsmål
- Krav på brännarutrustning

De två senare aspekterna behandlas inte alls inom ENplus, men upplevs av svenska aktörer som mycket väsentliga för acceptansen av systemet. Det anses också viktigt att det ansvariga organet för ett svenskt system är väl förankrat i branschen och arbetar med full transparens. Svebio föreslås därför som huvudman för systemet.

Arbetet med teoretiska modeller som beskriver kritiska parametrar för askrelaterade driftsproblem och emissioner har tagit sin utgångspunkt i jämviktskemiska antaganden. Dessa baseras i sin tur på termokemi i form av framförallt grunddata och fasdiagram samt bränslenas innehåll av askbildande element. Tillsammans med tidigare erfarenheter sammanfattas resultaten i projektet inom detta område enligt följande:

- Slaggningsdenser för både silikat- och fosfatdominerade bränsleaskor kan kvalitativt predikteras med hjälp av ternära fasdiagram. Slaggningsdenserna ökar med närheten till de delar i fasdiagrammen där låga smälttemperaturer uppträder. Användning av additiv eller sameldning kan då vara lämpliga metoder.

der för att ändra asksammansättningen i riktning bort ifrån det problematiska området, i första hand mot (CaO+MgO)-komponenten.

- För askor med betydande innehåll av både fosfor och kisel finns inte relevanta fasdiagram beskrivna.
- Bidning av fina partiklar kan också predikteras med hjälp av fasdiagram. Två faktorer är avgörande: a) mängden fina partiklar är relaterad till halten alkali i bränslet, dvs huvudsakligen kalium och b) förhållandet mellan kalium till kisel resp. till fosfor är avgörande för avgången av kalium och därmed partikelbildningen. Både kisel och fosfor har förmåga att binda kalium till bottenaskan och därmed minska tendensen att bilda partiklar. Kisel bör vara reaktivt (organiskt bundet eller i form av lermineral) för att vara effektivt. Förmågan att inhibera partikelbildning ökar med minskande kvoter K/P och K/Si.

Försöken med inblandning av torv för att minska partikelutsläppen var lyckosamma. Redan vid inblandningsgrader på 10-15 vikts-% TS torv i trädränslen (grot, salix och stamved) erhöles en kraftig reduktion, 50-80 vikts-%, av utsläppen av fina partiklar (< 1 µm) vid förbränning i villabrännare och rosterpannor. Den bästa effekten visade sig erhållas med Carex(starr)baserad torv med hög ask-och kiselhalt. Detta beror på att kaliumet i biobränslet binds till torvens askkomponenter i stället för att förångas och därefter kondenseras till fina partiklar. Dock ökade samtidigt slagningstendensen, men detta kan minimeras om Carex-torven har högt Ca/Si-förhållande. Den höga reduktionsgraden avseende partikelutsläpp erhöles oavsett om torven sampelleterats med trädränslet eller om enskilda torvpartiklar blandats med enskilda trädränslepartiklar före bränslelagret.

### 3.2.4 Nya bränsleformer

#### *Styckeved för småskalig eldning*

Det nya bränslesortimentet **knubbved** har studerats ur flera synvinklar i ett övergripande projekt, i vilket fokus främst har legat på studier av hela system för produktion, distribution och eldning. Jämförelser har gjorts med system för bränsleflis och konventionell pannved. Vidare har eldningsförsök med knubbved gjorts, dels i en panna för styckeved (0,5 m) och dels i en panna med automatisk bränsleinmatning avsedd för pellets.

Knubbveden kan på goda grunder antas ha fördelar ur tillverknings-, hanterings- och torkningssynpunkt jämfört med traditionell bränsleflis. Beträffande tillverkningen så producerades i projektet knubbveden med en maskin som med hjälp av en konisk skruv skär av bitar av de inmatade stammarna (diameter upp till ca 15 cm). Vid skärningen sprack bitarna i fiberriktningen så att tjockleken blev 1-2 cm. Längden bestäms av skruvens stigning och var i försöket ca 60 mm. Maskinen har funnits på den finska marknaden sedan 1980-talet i olika utföranden, både för traktor- och elmotor drift. I en jämförelse mellan denna maskin och en konventionell flishugg som gjordes 1987 visade sig kapaciteten för knubbvedsmaskinen teoretiskt vara dubbelt så hög som för flishuggen. Dock kunde detta inte utnyttjas i praktiken eftersom man inte hann med att mata in virke och sköta annan kring-

hantering i tillräcklig takt. Energiförbrukningen per producerad enhet var dessutom ca hälften för knubbvedsmaskinen jämfört med flishuggen.

Den producerade knubbveden lades på EU-pallar med 1 m pallkragar för att självtorka under bar himmel. Fukthalten mättes vid fyra tillfällen under torkperioden (slutet av april till slutet av juli). I jämförelse med okluven och kluven halvmetersved så torkade knubbveden snabbare än de båda alternativen i början, men återfuktades delvis under senare delen. I slutet av juli var fukthalten ca 20 %, dvs. ungefär samma som i halvmetersveden. Det skall noteras att pallarna med halvmetersved inte hade pallkragar, vilket troligen bidrog till bättre torkningsförhållanden än för knubbveden.

Proveldning gjordes dels i två manuellt eldade villapannor och i en automatiskt eldad panna. Vid eldning i den första manuellt eldade villapannan erhöles i stort sett likvärdiga resultat för knubbved och halvmetersved?, både avseende utsläpp och verkningsgrad. I den andra manuellt eldade pannan erhöles först betydligt högre utsläpp med knubbved än med pannved, men då primärlufttillförseln flyttades blev utsläppen av både CO och stoft avsevärt lägre än för halvmetersveden. Eldning av knubbved i den automatiskt eldade pannan fungerade i stort sett bra, utom vid något tillfälle då överstora ändbitar från tillverkningen blockerade matningen. Vid låg pannlast var det dock svårt att få stabil förbränning; CO- och CO<sub>2</sub>-halterna liksom effekten varierade kraftigt och till slut uppstod bakbrand.

Resultaten från försöken med knubbved sammanfattas i följande slutsatser:

- Knubbved kan produceras med lägre effekt- och energibehov än bränsleflis
- Knubbved går att producera och leverera i liten skala till en kostnad som är lägre eller i nivå med kostnaden för bränsleflis och konventionell pannved
- Knubbved kan eldas i småpannor (< 50 kW), satsvis som ved såväl automatiskt som bränsleflis. Därmed bör den även kunna eldas i något större pannor, t.ex. sådana som nu eldas med briketter
- Luftiga storsäckar för knubbved kan vara en rationell hanteringsenhet från produktion, via torkning under lagring, leverans samt till och med lagring hos kund. Däremot finns det ingen billig och tillförlitlig utrustning för det sista steget från storsäck till panna.

Den övergripande slutsatsen från projektet är att knubbved är ett bränslesortiment som kan ha förutsättningar att etableras på marknaden, främst i lokal skala. För att underlätta detta behövs enligt forskarna vissa FoU-insatser för att rätta ut frågetecknen i villaskala och för att demonstrera hela system för knubbved i panncentraler och närvärmeanläggningar.



## 4 Angränsande forskning

Pågående forskning som berör områdena bränsleförädling och jordbruksbränslen beskrivs i korthet i Bilaga B – Angränsande forskning. Här följer en sammanfattning.

### 4.1 Energimyndighetens program

Energimyndigheten har flera pågående (eller just avslutade) forskningsprogram där beröringspunkten med Bränsleprogrammet är användning av olika förnyelsebara råvaror för produktion av värme och/eller elektricitet. Följande program har bl.a. till syfte att utveckla teknik anpassad till en varierad råvarubas:

- Inom ”*Småskalig värmeförsörjning med biobränsle och sol, 2007-2010*” finns syftet att kunna utnyttja en bredare råvarubas för anläggningar mellan 50 kW och 10 MW.
- Inom ”*ERA-NET Bioenergy - Clean Biomass Combustion, 2009-2012*” finns syftet att stödja teknik för förbränning och emissionsminimering vid anläggningar < 20 MW. Även hälsoaspekter från småskalig eldnings ingår. Beröringspunkten med Bränsleprogrammet är även här användningen av olika råvaror vid förbränning.
- Programmet ”*Turbokraft – Elproduktion från termiska turbomaskiner och processer 2007 – 2010*” stöder tillämpad forskning kring gas- och ångturbiner som nyckelkomponenter för framtida uthållig elproduktion.
- ”*Energigastekniskt utvecklingsprogram 2009 – 2012*” ska utveckla produktion, distribution och användning av energigaser, med fokus på förnybara bränslen.
- Även programmet ”*Konsortium för materialteknik och termiska energiprocesser 2006-2009*” nämner i sitt syfte att det ska utveckla materialtekniska lösningar (för gasturbiner, ångturbiner mm) för främst inhemska förnybara bränslen.

Branschorganisationen Värmeforsk finansieras till 40 % av Energimyndigheten. Syftet med verksamheten är att bedriva konkurrensneutral forskning med fokus på samordning mellan forskning, teknisk utveckling och tillämpning. Programmet ”*Grödor från åker till energiproduktion 2006 – 2009*” har haft som långsiktigt mål är att öka produktion och användning av bioenergi från jordbruket till förbränning för värme- och elproduktion i Sverige. Programmet har haft fokus på att få fram bränslen, dvs på odling, logistik, hantering, samarbetsformer etc. Även andra program inom Värmeforsk berör på olika sätt användning av olika bränslen och bränslekvaliteter, exempelvis programmet ”*Miljövänlig användning av askor 2009-2011*”.

Inom ”*ERA-NET Bioenergy - Short Rotation Coppice*” deltar Sverige sedan 2008 i ett projekt som syftar till öka produktionen av Salix med genetiska redskap, och i ett projekt som syftar till att minska inverkan på miljön av Salixodling.

## 4.2 Jordbruksverkets Landsbygdsutvecklingsprogram

Sveriges nuvarande landsbygdsprogram, LBU, är ett verktyg för att nå målen i landsbygdspolitiken och finansieras gemensamt av Sverige och EU. Programmet är uppdelat på fyra områden vars mål och inriktningar är gemensamma för EU-länderna. Inom varje område har länderna olika åtgärder. Stöden kan bl.a. sökas som projektstöd, företagsstöd och miljöersättningar. Stöden söks framförallt hos länsstyrelserna som har strategier med olika prioriteringar och maxtak. Jordbruksverket beslutar om nationella projekt. För att stärka satsningen på energi- och klimatprojekt har Jordbruksverket några gånger gjort riktade insatser. Exempelvis fanns 2006 en satsning på bioenergi och både 2010 och 2011 har riktade utlysningar gjorts till projekt som innehåller klimatåtgärder eller förnybar energi. Jordbruksverket har också tagit fram ett stöd till biogas som är sökbart fr.o.m. 2009 hos länsstyrelserna. Det är svårt att få en samlad bild över projekten inom programmet. Många har karaktären av förstudie, stöd för företagsutveckling eller demonstrationer samt har stark lokal anknytning. Det finns ett flertal projekt som berör produktion och användning av åkerbränslen.

Projektet ”*Bioenergigårdar i ett nytt landskap 2008-2011*” (finansieras huvudsakligen från Nutek) och innehåller satsningar på att använda nedlagd åkermark för rörlensproduktion.

## 4.3 Projekt och program vid Högskolor och Universitet

På SLU bedrivs flera forskningsprojekt som berör Bränsleprogrammet med olika finansierare och olika inriktning. Det finns flera projekt och program som behandlar skogliga resurser och bränsleproduktion och som inte direkt berör områdena Bränsleförädling och jordbruksbränslen (se Bilaga B).

Följande projekt som berör produktion av flytande och gasformiga drivmedel från biobränslen, dvs är intressanta för området Förädling:

- ”*MicroDrive*” behandlar olika metoder för omvandling av jordbruksbränslen till drivmedel.
- ”*E.On Biogas Crop Rotation – Sustainable Cropping and Continuous Supply of Substrate for Biogas Production 2008-2011*” odlar grödor för biogasproduktion.
- ”*Göteborgs Energi - LTH Energy and Environmental Systems Analyses of Biogas Systems*”. En systemstudie som syftar till att jämföra olika teknik för biogasproduktion (total miljöpåverkan och energieffektivitet).

Det finns även ett antal pågående forskningsprojekt som studerar lustgasutsläpp av biobränsleanvändning:

- *"Energimyndigheten - Göteborgs universitet. Bioenergi och lustgasemission". Projektet ska ge en förståelse för när och var man kan förvänta stora eller små lustgasemissioner vid produktion av olika biobränslen.*
- *"Energimyndigheten - Göteborgs universitet. Beräkning av lustgas från odling av jordbruksgrödor för biodrivmedel"*
- *"Energimyndigheten - Lunds universitet. Effekter av stubbrytning på markens kolbalans utbytet av växthusgaserna CO<sub>2</sub> lustgas och metan samt effekterna på vattenbalans och kväveläckage"*
- *"Energimyndigheten - Göteborgs Universitet. Coupmodellen som verktyg för att avgöra storleken på lustgasemission vid produktion för biobränslen"*

Formas finansierar ett antal projekt vid olika lärosäten som behandlar ekonomi, politik, miljö och material:

- *"Politiken kring bioenergi: En jämförelse mellan EU, FAO och IEA"*
- *"Integrering av miljöfrågor: en flernivåstudie av bioenergi-policy"*
- *"Analys av energiproduktion och energianvändning med särskilt beaktande av effekter på klimat och miljö"*
- *"Ekosystemtjänster i jordbrukslandskap: utformandet av ett ramverk för att hitta synergier och upptäcka avvägningar mellan ett flertal tjänster"*
- *"Bioenergi, klimat och ekonomi"*
- *"Modifiering av struktur och egenskap hos aspens hemicellulosa"*
- *"Strategier för minskad klimatpåverkan - framtidsbilder för markanvändning på landsbygden"*
- *"NRA-koordinering inom området skog"*
- *"Effekt av extracellulära polymera substanser (EPS) på viskositetsförändringar i totalomblandade tankreaktorer för biogasproduktion relaterat till substratsammansättning och mikrofloras dynamik"*





## 5 Analys och diskussion

I detta kapitel ges en analys av forskningsprogrammets resultat i förhållande till bedömda vetenskapliga och samhällliga behov. Kapitlet inleds med en sammanfattning av behandlade frågeställningar. Därefter ges en analys av kvarstående kunskapsluckor och flaskhalsar i förhållande till de övergripande mål programmet haft. I ett tredje avsnitt görs ett försök till omvärldsanalys, där viktiga externa faktorer för biobränsleutvecklingen belyses. I det fjärde avsnittet redovisas en bedömning av hur programmets resultat kan tillämpas för att medverka till att målen nås. Slutligen görs i det sista avsnittet ett försök till att beskriva vad resultaten betyder i ett större energisammanhang.

### 5.1 Behandlade frågeställningar

#### 5.1.1 Området Jordbruk

Verksamheten inom området Jordbruk har stötts med totalt ca 34 Mkr från Energimyndigheten. Insatserna har innefattat projekt rörande Salix, halm, rörflen och hampa. Inga projekt rörande spannmål som bränsle har bedrivits.

En ökad tillgång på bränsle från jordbruket kan stimuleras genom FoU på flera områden. Exempel på centrala sådana är:

- Bättre sortmaterial
- Effektivare odlingssystem (anläggning, skötsel, uppbrytning etc.)
- Effektivare och säkrare skördemetoder
- Effektivare hanterings- och leveransmetoder
- Attraktivare affärsmodeller

Insatser har inom programmet gjorts på samtliga dessa områden, dock i olika stor omfattning för olika grödor.

Hittills har Salix varit den vanligaste energigrödan på åkermark. Utvecklingen av Salixodling har dock stagnerat. Salix-odlingarna i Sveriges etablerades under 90-talet men odlad areal minskar nu sedan några år. I huvudsak beror detta på att odling och skörd av Salix har dragits med dålig lönsamhet och svårigheter med att genomföra skörden vilket bekräftats i den attitydundersökning som genomfördes inom programmet. De sorter som planterades från början håller heller inte måttet idag; de planterades också till stor del på fel marker och skötseln har haft brister. Detta tillsammans med låg tillgänglighet på skördemaskiner, svårigheter att skörda på otjälad mark och ibland svårigheter att hitta köpare har lett till en trovärdighetskris för Salix.

Den satsning som gjorts inom programmet har, tillsammans med initiativ från Värmeforsk och från vissa odlare och entreprenörer, stimulerat intresset och i viss mån vänt den negativa trenden. Det finns idag möjlighet att nå god lönsamhet, och

det finns flera exempel på maskiner som kan ge hög tillgänglighet och god ekonomi, om de utvecklas.

Ca 60 % av de satsade medlen inom området Jordbruk har gått till forskningen kring nya förädlingsmetoder för Salix. Projektet har karaktären av långsiktig, grundläggande tvärdisciplinär forskning med ett uttalat syfte att Sverige ska behålla en ledande position internationellt på sortmarknaden för Salix. För detta krävs samlad kompetens och samarbete från olika områden inom växtförädling. Frågeställningen i detta projekt är hur man genom modern genteknik kan effektivisera växtförädling av Salix. Det långsiktiga målet är att lyckas maximera tillväxten och minimera skördeförlusterna på ett ekonomiskt och miljömässigt hållbart sätt.

Projektet har hittills resulterat i att två detaljerade genkartor har konstruerats, vilket är en förutsättning för att man ska kunna identifiera genetiska markörer. Genetiska markörer för väsentliga egenskaper såsom tillväxtegenskaper, resistens mot sjukdomar och insekter samt värme- och torktolerans har identifierats eller är under identifiering. För att markörerna skall vara så stabila som möjligt i olika växtmaterial behöver markörerna dock preciseras. Detta förutsätter en noggrannare kartering av arvsmassan i de intressanta områdena så att markörerna ligger nära de exakta gener som styr egenskaperna.

Arbetet med att utveckla markörer för resistans mot bladrost kan anses klart. Arbetet med att hitta markörer för resistens mot insekter är mer komplicerat och man har ännu inte hittat någon markör för resistens mot den största skadegöraren, bladbaggen. Däremot har man hittat markörer för resistens mot bladgallmygga.

En annan viktig frågeställning som behandlats är hur man ska kunna förutse egenskaper för en flerårig gröda utifrån studier av unga plantor. Här har en preliminär modell för långsiktig biomassetillväxt på beståndsnivå utifrån unga plantor odlade i kruka utvecklats, men denna modell behöver verifieras i ett större material.

Ca 10 % av satsade medel inom området Jordbruk har medfinansierat SLF:s forskningsprogram inom bioenergi. Programmet har haft en bred ansats, men arton projekt har identifierats med det direkta syftet att öka mängden bränsleråvaror från lantbruket. Mest resurser har lagts på Salix samt stråbränslen (halm m.fl.), men även frågeställningar kring rörflen och hampa har bearbetats. Projekten har huvudsakligen haft karaktären av tillämpad forskning som relativt snabbt ska kunna tillämpas, men det finns också projekt av mer generell karaktär. Utförarna har varit högskola, universitet och institut. SLFs program fortsätter våren 2011 men utan stöd från Bränsleprogrammet.

Frågeställningarna inom SLFs program har handlat om odling, logistik, systemstudier och tekniska frågor relaterade till skörd av Salix, stråsäd och hampa samt småskalig förädling. Bland resultaten kan nämnas flera goda exempel på tekniska lösningar samt kunskapssammanställningar och förstudier som lägger grunden för fortsatt forskning och utveckling.

För rörflen har insatserna fokuserats på att utvärdera det tillgängliga växtmaterialet genom fältförsök. För hampa har odlingsfrågor i vidare bemärkelse studerats. Speciellt har intresset riktats mot tidpunkt och metoder för skörd. Vårskörd med

balning av hampa direkt på rot har visat sig vara ett intressant alternativ som gav både lägre skördeföruster och lägre askhalt i bränslet. Förädling av vårskördad hampa i form av brikettering samt proveldning i pelletsbrännare har också studerats och bedöms ha utvecklingsmöjligheter.

För halm konstaterades att det tillgängliga överskottet är betydligt mindre än vad som tidigare antagits. Förändringar i sortval och skördemetoder är anledningen till detta. Det har också bekräftats att halmens potential som kommersiellt bränsle i huvudsak avgörs av logistikkostnader samt kvaliteten, i första hand fukthalten. Ett par mindre studier med målsättningen att konkret påverka dessa faktorer i positiv riktning har också genomförts.

Kunskapen om odling och hantering av Salix har genom projekt inom SLF-programmet fördjupats i flera avseenden. Uppbrytning av Salixårar, effekten av olika långa omdrevstider, metoder att uppskatta stående biomassa, effekten av förlängd planteringssäsong, möjligheter och kostnader för olika transportsätt är exempel på detta. Ett viktigt resultat är att nya rekommendationer för gödsling av Salix har tagits fram. Försök och kalkyler visar att det kan vara motiverat att gödsla mer än vad som tidigare rekommenderades. Gödslingen måste dessutom anpassas till lokala förutsättningar och Salixsort. Det är ofta lönsamt att gödsla även gamla odlingar med låga givor och att inte gödsla alls kan minska lönsamheten avsevärt.

Flera olika skördetekniker för Salix har i ett separat delprogram testats under 2010. Ca 17 % av de satsade medlen inom området Jordbruk användes till denna satsning. Inom olika projekt har direktflisning med nya skärbord, buntning av långa skott, balning av grov flis i rundbalar, skörd av korta stumpar (.k. billets) samt användning av skogsmaskinteknik studerats. Resultaten visar både att de olika teknikerna har utvecklingspotential och att skördetekniken behöver differentieras och anpassas för lokala förhållanden. I vissa områden finns mottagare som kan ta emot stora volymer under kort tid, i andra områden måste större volymer lagras. Vinster finns även med att samordna maskiner för skogsbruk med Salix-skörd. Det kommer då att krävas dels fortsatt maskinutveckling, rekommendationer för omloppstider i olika tekniker, ökad kunskap om torkning och lagring av olika typer av skörd. Inte minst kräver en sådan differentiering och anpassning utveckling av affärsmodeller som passar för olika förhållanden.

En fristående förstudie om tågtransporter och logistiklösningar för Salix och stråbränslen har fått stöd. För tågtransport och terminalhantering av större flöden är det ekonomiskt fördelaktigt att utforma stora terminaler med fasta investeringar för effektiv hantering. För mindre flöden av agrara bränslen med ett spritt upptagningsområde kan det lämpa sig med enklare temporära terminalslösningar. Flisad Salix kan hanteras med samma utrustning som skogsflis. Detsamma gäller transport av briketterat eller pelleterat åkerbränsle, men krav kan behöva ställas på att hålla transporten torr. Transport av balat stråbränsle kräver anpassad avhantlingsutrustning och vagnar och lösningar för att nå tillräcklig volymvikt och ett bra lastutnyttjande saknas.

Slutligen har ett nytt forskningsområde för odlade bränslen under programmet väckts till liv, nämligen möjligheten till poppel- och hybridaspodling för bränsle-

ändamål. Dessa arter har många egenskaper som gör dem mycket intressanta för odling som energigröda. I den orienterande studie om ett svenskt poppelprogram som pågått under 2010 har olika aspekter behandlats: växtmaterial, odlingssystem, ekonomi och miljö. Målet med studien har varit att ge ett underlag för beslut om en eventuell satsning på ett långsiktigt nationellt program. En viktig sådan faktor är att de beräkningar som utredningen gjort pekar på att poppel och hybridasp är de effektivaste energigrödorna ur energi- och klimatsynpunkt som idag finns tillgängliga. Utredningen bekräftar att förutsättningarna i övrigt i många avseenden är mycket goda, men att FoU-insatser inom ganska många områden krävs för realisera potentialen. Syntesens slutsats är att det finns många starka skäl att allvarligt pröva poppel och hybridasp som framtida energigrödor, och att det bör gå att få fram preliminära svar på några grundläggande, centrala frågor genom hårt prioriterade insatser i ett första skede.

### 5.1.2 Området Förädling

Verksamheten inom området Förädling kan inordnas under följande rubriker:

- metoder att mäta bränslekvalitet
- produktion av pellets
- förbränningsegenskaper hos pellets
- nya bränsleformer.

Verksamheten har stötts med totalt ca 26 Mkr från Energimyndigheten

Ca 70 % av de satsade medlen inom området har gått till forskning kring produktion av pellets i samarbete mellan universitet och industri inom den s.k. Pellets-plattformen.

I verksamheten har fem frågeställningar behandlats: utvidgad råvarubas, effektivare pelleteringsteknik och -system, on-line teknik för processtyrning, effektivare lagring, samt pelletskvalitet och klassificering. De delprojekt som ingått har ofta varit integrerade för att nå hög effektivitet.

För att kunna möta ett ökat behov av pellets i framtiden samtidigt som olika användares kvalitetsbehov tillgodoses krävs att råvarubasen vidgas. Nya råvarukvaliteter påverkar både tillverkningsprocessen (homogenisering, blandning, förbehandling, additiv etc.) och lagringen. Olika råvaror från skogen samt restprodukter från jordbruk och industri har testats både i pilotskala och vid storskaliga industri-försök och flera framtagna ”recept” för råvarublandningar används idag.

Inom området effektivare pelleteringsteknik och -system har fokus varit på att undanröja flaskhalsar i produktionen. Försök har skett med nya råvaror och ny teknik för förbehandling av råvaran har testats såsom mikrovågstorkning, elektronbestrålning och tornadotork.

Inom området effektivare lagring har minimering av fett- och hartssyror behandlats eftersom dessa ämnen är nyckelfaktorer vid värmeutveckling i lagren och orsakar luktproblem. Flera nya reduktionsmetoder har testats, liksom olika råvarors och additivs egenskaper i detta avseende.

För att i realtid kunna karaktärisera råvara och styra tillverkningsprocessen har NIR-teknik installerats, kalibrerats och testats med gott resultat. De flesta intressanta råvaruegenskaper har kunnat modelleras, men frågetecken finns avseende prediktion av hållfastheten hos pellets utifrån spektra för spån.

Ett doktorandprojekt har startats med syfte att vidareutveckla röntgenfluorescens som ett redskap för realtidskaraktärisering av råvara vid produktion av pellets, men också vid processtyrning vid förbränningsanläggningar. Röntgenfluorescens-teknik har god potential för att ge information om råvarans askelement och askegenskaper, och metoden bedöms ha stor användningspotential, speciellt i kombination med NIR-teknik som ger information om råvarans fukthalt. Doktorandprojektet har stötts under 2010 men förväntas pågå under ytterligare några år.

Stöd har också utgått till ett projekt med syfte att nå en jämnare produktion och kvalitet hos stråpellets (halm och rörflen) genom att styra temperaturen i pressmatriken. Detta förväntas påverka pelletkvaliteten i form av bl.a. produktens hållfasthet men även slitage och energibehov i positiv riktning.

Arbetet med att utveckla metoder för att mäta bränslekvalitet har i huvudsak avsett metoder för kontinuerlig fukthaltsbestämning. Arbetet bedrevs inom Värmeforsk's fukthaltsmättningsprogram som under programperioden stöddes med ca 0,5 Mkr. Programmet avslutades 2008 och har bl.a. resulterat i en prototyp för automatisk mätning av fukthalt vid bränsleleveranser. Prototypen har därefter utprovats i praktisk drift och visat på goda egenskaper jämfört med dagens manuella torkprover. Det återstår dock att trimma upp hastighet och säkerhet innan metoden kan anses kommersiellt färdig. Ett formellt godkännande av metoden för avräkning vid bränsleleveranser har getts av Virkesmättningsföreningen, som är den centrala aktören på detta område. Programmet resulterade även i teknik för styrning av pannor varvid stabilare bäddtemperatur följt av sänkta emissioner av NOx och CO erhålls. Tekniken har kommersialiserats och visat sig kunna innebära väsentliga ekonomiska fördelar vid t.ex. elproduktion

En utvidgad råvarubas för pelletering leder till att även förbränningsegenskaperna påverkas. Ca 20 % av de satsade medlen inom området Förädling har gått till ett projekt med syfte att utvärdera dessa egenskaper vid både småskalig och storskalig eldning. Ett övergripande syfte är att sammanföra forskning kring produktion av bränslet med forskning kring förbränning och tillverkning av förbränningsteknik. Projektet sker i samarbete mellan universitet, institut och industri. En viktig frågeställning är hur förbränningsegenskaper kan beskrivas med semiempiriska modeller. Andra frågeställningar är vilka parametrar som beskriver vad pelletkvalitet är ur förbränningssynpunkt. Försök är planerade med pellets av olika kvaliteter levererade från andra projekt inom programmet. Genomförda försök har skett med fosforrika bränslen (jordbruksbränslen) vilket bidragit till dagens knappa kunskap om askkemiska förlopp på detta område.

### 5.1.3 Kunskapsöverföring mellan bränsleteknisk och förbränningsteknisk FoU kring pellets

En övergripande syfte med det ovanstående projektet var att **sammanföra bränsleteknisk FoU kring pellets med relevant förbränningsteknisk FoU**. Detta har skett genom att projektdeltagare har varit med på workshops och seminarier som Pelletsplattformen har arrangerat, genom diskussioner kring val av bränslen till förbränningsförsöken och genom återkoppling av resultat från förbränningsförsöken. Kunskapsåterföring till branschen (tillverkare av pellets och tillverkare av förbränningsutrustning) har skett via samma workshops/seminarier, arbete i styrgruppen och genom Energimyndighetens programkonferenser och genom publikationer.

Erfarenhetsutbytet mellan de som tillverkar pellets och de som eldar pellets bedöms som fortsatt centralt för att få till stånd en obruten, problemfri bränslekedja till konsument. En svårighet i det genomförda projektet var att mycket stora mängder av bränslen behövde tas fram till förbränningsförsöken (30 ton per kvalitet). Så stora mängder är kostsamma att producera, men framförallt besvärliga att hantera logistiskt (transport och lagring utan att de blandas med andra kvaliteter). Metoder för förbränningsförsök i mindre skala är därför att föredra. Samtidigt är försök utförda i fullskala värdefulla och bör inte uteslutas.

### 5.1.4 Området Standarder

Verksamheten avseende Standarder inom området Strategisk forskning standarder har stötts med sammanlagt drygt 4 Mkr. Syftet är att underlätta handel, produktion och användning av fasta förnyelsebara bränslen. Sverige har, representerat av SIS, varit drivande i arbetet inom den europeiska standardiseringsorganisationen CEN. Detta har resulterat i att ett stort antal Europastandarder nu finns tillgängliga. Som underlag för CEN:s arbete har även genomförts s.k. prenormativ forskning på bred nivå i Europa. Bränsleprogrammet har stött även Sveriges deltagande i denna forskning. Eftersom nya stora marknader för biobränslen förväntas öppnas även utanför Europa stöds även arbetet inom den internationella standardiseringsorganisationen, ISO. Igångsättandet av arbetet inom ISO 238, ”Solid biofuels” har väckt stort intresse över hela världen, och stora aktörer utanför Europa som Canada, USA, Kina, Indien m.fl deltar mycket aktivt. Totalt deltar 27 länder i arbetet. Erfarenheten är att arbetet inom ISO i hög grad utnyttjar de erfarenheter som gjorts inom det europeiska arbetet, och Sverige är drivande även här.

## 5.2 Kvarstående kunskapsluckor och flaskhalsar

Här beskrivs de kunskapsluckor och flaskhalsar som i dagsläget bedöms kvarstå efter Bränsleprogrammets slut. Dessa kunskapsluckor och flaskhalsar är satta i relation till programmets mål och till de visioner som finns i Energimyndighetens ”Temarapport Det bränslebaserade energisystemet”.

## 5.2.1 Området Jordbruk

### Salixproduktion

Den gängse uppfattningen har varit att en första förutsättning för att Salix skall bli en energigröda av betydelse är att lönsamheten förbättras. Inom Värmeforsk's program togs en kalkylmetod fram anpassad för fleråriga grödor, vilken dock visade högre lönsamhet för Salix än för ettåriga grödor. Andra faktorer som kan bidra till en förändring på området är att Lantmännen Agroenergis verksamhet kring skörd och försäljning har övergått till annan ägare, och att Jordbruksverket planerar för insatser på området. En samlad bild av Salixområdet är att en fortsatt positiv trend kräver, förutom fortsatt teknisk utveckling, stöd även till följande "mjuka" frågor:

- Information till lantbrukarna om dagens möjligheter som ger en mer positiv bild av salixodling.
- Utveckling av effektiva mellanled som sköter skörd, transport och försäljning.
- Utveckling av lokala fungerande marknader kring användare som är intresserade och anpassa affärsmodeller mot lokala lösningar. Affärsmodellerna kan exempelvis utnyttja samspel mellan skogsflis och salix, terminallösningar, etc.
- Lämpliga former för avtal, prissättning, avsättningstrygghet och styrmedel
- Demonstrationsprojekt som kan visa på goda exempel

Ett effektivt och motståndskraftigt växtmaterial är en av flera viktiga faktorer för att större mängder Salix skall komma ut på bränslemarknaden. Utveckling av nya, förbättrade kloner är tidsödande och metoder för att effektivisera förädlingsarbetet är därför önskvärda. De områden som kan urskiljas för fortsatt arbete i detta avseende är i första hand:

- verifiering av stabiliteten hos markörer för olika egenskaper i olika miljöer
- vidare identifiering av markörer för effektivt näringsutnyttjande
- identifiering av markörer för god värme- och torktolerans
- validering av modellen för långsiktig avkastning utifrån tillväxtdata från unga krukodlade plantor
- Noggrannare identifiering av markörer för rostresistens

En viktig fråga i utvecklingen av goda värme- och torktoleransegenskaper är dock hur relevanta dessa egenskaper är för att ytterligare förbättra det växtmaterial som är intressant att använda i Sverige, eller om dessa är mål som huvudsakligen kommer att omsättas i en verksamhet med export av sticklingar.

Om man ytterligare skall bredda arbetet med förädlingsmetoder för Salix är fördjupad kunskap om vilka växtegenskaper och genavsnitt som styr effektiviteten i näringsutnyttjandet central. Ytterligare frågor där kunskapen idag är bristfällig är toleransen mot ogräs samt modeller för hur olika växtegenskaper och genetiska markörer för dessa samverkar och kan utnyttjas för effektivisering av förädlingen.

För att tillgången på **Salix** ska öka både i volym och över större delen av året, krävs vidare framförallt insatser inom området **Skördeteknik och skördemetoder**. Metoderna bör tillåta att maskinerna kan skörda på otjälad mark och vid stora snödjup, dessutom klara övergrov salix och att den skördade Salixen kan lagras under en längre tid. De insatser som gjorts inom programmet för att utveckla ny teknik och nya metoder bör följas upp och vid behov utvecklas vidare. Generellt bör kunskapen om ”rätt maskin på rätt typ av odling” utvecklas. Direktflisningsmaskiner med hög produktion kräver en köpare som kan ta emot stora volymer under kort tid. Mer småskalig verksamhet skulle kanske kunna tillåtas en längre omloppstid och sedan skördas med aggregat anpassat för grova stammar, som bärs av en jordbrukstraktor. Det behövs även ökad kunskap om lagring/torkning vid olika typer av skörd – flis, buntar, billets, stammar.

Om salix ska bli en **energigröda i norra Sverige** krävs kloner och lämplig teknik för klimatet. Det är dock tveksamt om alternativet salix står sig bredvid t.ex. odling av poppel i norra Sverige.

Ett sätt att nå ökade odlingsvolymen och ökad lönsamhet för salix och andra energigrödor är att främja koncept som innehåller flera vinster samt kan bidra till ett hållbart samhälle. Ett sådant exempel är ”Enköpingskonceptet” som rönt stort intresse inom IEE-projektet ENCROP. Sådana vinster kan exempelvis vara mindre transport genom användning av en lokal energikälla, minskad användning av handelsgödsel genom återvinning av slam och aska, minskat läckage av kväve till vattendrag eller marksanering.

**Snabbväxande lövträd** kan odlas på förhållandevis stora arealer i skogs- och mellanbygder, främst på marker som tagits ur traditionell jordbruksproduktion. För detta krävs skötselsystem med inriktning mot hög bränsleandel, och system för bränsleuttag anpassade för bränsleuttag på trädbevuxna marginalmarker. Snabbväxande poppel och hybridasp kan vara exempel på sådana lövträd. I den orienterande studie om ett svenskt poppelprogram som pågått under 2010 pekades insatser inom följande områden ut som prioriterade: testning av odlingsmaterial, metoder för kostnadseffektiva föryngringar, skötselmodeller, miljöeffekter av storskalig odling samt kommunikation mellan olika typer av intressenter. Som bakgrund en satsning på FoU runt poppel/hybridasp för bränsleproduktion bedöms att en inledande utvärdering av egenskaperna ur förbränningssynpunkt för bränsle från dessa arter bör göras. **Rörflen** är fortfarande en relativt ny energigröda där det finns behov av att praktiskt tillämpa och utvärdera den forskning och den erfarenhet som erhållits. Om rörflen ska bli en energigröda av större volym kommer det att finnas ett fortsatt behov av att få fram sorter anpassade till olika typer av jordar, och resistent mot skadeinsekter. Det kommer även att krävas fortsatta insatser för att effektivisera hela värdekedjan, t.ex. anläggnings- och skördeteknik som minimerar antalet överfarter på åkern, och vilken produktpacketering som är optimal - hackad form, briketterad eller kanske på sikt pelleterad eller torrefierad. Under 2011 har Hushållningssällskapet startat projekt som bör följas, för stöd till utveckling av bränslekedjan rörflen.

Från odlarhåll börjar det finnas efterfrågan på nya rörflenssorter och även på utvärdering av befintliga marknadssorter på olika jordarter och i olika klimat. Även



sorternas förmåga att stå emot både kända och nya insektsangrepp och svampangrepp är en angelägen uppgift i det fortsatta arbetet. Under de senaste åren har angrepp av en gallmygga identifierats som kan antas minska grödans produktionsförmåga om angreppen är kraftiga. Man vet att det finns genetisk variation mellan rörfleksindivider i förmågan att klara sig mot rörflessgallmyggan, varför en undersökning av det befintliga förädlingsmaterialet vad gäller motståndskraft mot denna vore värdefullt för sortval i framtiden.

En fråga som bör ställas i detta sammanhang är om molekylärgenetiska metoder av den typ som utvecklas för *Salix* på sikt skulle kunna användas för rörflex och andra åkergrödor.

Ettåriga energigrödor är intressant för odlarna, mycket på grund av den snabbare omloppstiden än exempelvis salix. En kunskapslucka är vilka ettåriga grödor som kan bli mest kostnadseffektiva. Vårskördad hampa har också relativt goda förbränningsegenskaper (hög asksmältpunkt och genererar inte heller höga stoftmängder). Det finns dock ett antal kunskapsluckor i hela kedjan från odling, skörd, hantering till förbränning eftersom fiberhampa inte odlats för energiändamål tidigare i Sverige. Kunskapsluckor kvarstår också kring vad som är optimal stubbhöjd vid skörd av hampa. För lägre stubbhöjd krävs modifierade majsbord vid skörd. De positiva erfarenheterna från minskat spill vid vårskörd av hampa på rot i Österrike, behöver verifieras via skörde försök i Sverige och då både för rörflex och hampa (förutsatt att grödan bedöms som lönsam). Vad som är optimal stubbhöjd m.a.p. spill och vattenhalt är heller inte klarlagt. Det främsta hindret för hampan i dagsläget är dock en relativt hög kostnad. Om dessa kan pressas genom effektivare metoder och/eller genom inkomst även från frön, fibrer eller olja, eller genom hampanns "alternativvärde" i växtodlingen, kan hampa bli intressant i större volymer.

För **halm och andra stråbränslen** behöver kunskapen öka vad gäller effektiva skördemetoder, logistikkedjor och bränslehantering. Exempel på tänkbara lösningar är flexibla terminaler där bränslen kan blandas till lämplig kvalitet för leverans till de energiverk som inte vill/kan blanda själva. Potentialen för halm från stråså till energiomvandling har uppskattats till 3-4 TWh. Några aktuella potentialuppskattningar för rapshalm har inte hittats, bara att mängderna idag är betydligt mindre än för stråså.

För att optimera användning av åkerbränslen föreslås, utifrån de undersökta projekten, studier om möjligheterna för samverkan mellan olika bioenergislager, på så vis att de kan skördas med samma eller likartade maskiner, nyttja samma lager och/eller nyttja samma pannor. Beträffande enskilda råvaruslag så behövs för halm jämförande studier mellan tröskningsmetoder med skakare respektive rotor, då skakartröskor respektive rotortröskor river sönder halmen olika mycket vilket leder till att olika mycket av halmen kan tas omhand. Vidare finns en potential för ökad lönsamhet vid hantering av bränslehalm om baldensiteten höjs, utomhuslagring kan utnyttjas och transportmetoderna bli mer effektiva. Det finns också oklarheter kring hur bränslekvaliteten påverkas av väder mm under tiden den ligger i strängarna mellan tröskning och pressning. En ytterligare fråga som rör bränsle-

halm är när i hanteringskedjan och hur halmen ska sönderdelas till hackelse i syfte att underlätta blandning med andra bränslen.

För att kedjan från åker till energiverk ska fungera kommer även ”mjukare frågor” in. Förutom att logistiken ska samordnas och vara effektiv måste **bränslekvalitet och leveranssäkerhet** garanteras. Kvalitén skulle kunna bedömas redan på fältet, eller styras genom prissättning. Leveranssäkerheten skulle kunna förbättras med lämpliga avtalsformer och/eller samverkan i leverantörsledet. Dessa frågor har berörts inom exempelvis Värmeforsk’s energigrödeprogram.

### 5.2.2 Området Förädling

Förädling i olika former bedöms vara ett nyckelområde för framtida FoU-insatser. Genom att ha möjligheter att förbehandla ett allt bredare spektrum av råvaror med lämpliga metoder kan de utnyttjas allt effektivare i fast, flytande eller gasform. En bättre anpassning till olika typer av förbränningsutrustning med högre energiutnyttjande, bättre tillgänglighet och lägre utsläpp som resultat möjliggörs därmed.

En effektiv förädling förutsätter i många fall säkra metoder för kontinuerlig mätning av viktiga egenskaper hos råvaran. Metoderna kan ofta också tillämpas på det färdiga bränslet för styrning av pannan. Den ekonomiska potentialen för sådana tillämpningar bedöms vara stor.

#### Metoder för mätning av bränsleegenskaper

Även om Värmeforsk’s Fukthaltsmätningprojekt med inriktning mot NIR-metoder visat sig vara framgångsrikt kvarstår en del utmaningar. Det som kvarstår för att helt utnyttja dess potential för prisavräkning av bränsle är att utrustningen fullt ut automatiseras till den hastighet och säkerhet som krävs i en fullskalig, kommersiell anläggning så att ingen manuell insats behövs för provtagning. Kalibreringsmetoder och rutiner för detta kan förmodligen också utvecklas ytterligare. Detta kan även gälla on-linemätning för styrning av pannan, men för denna applikation är det i första hand modeller och regleralgoritmer för styrning som kan utvecklas ytterligare.

NIR bedöms också ha god potential för bestämning av andra egenskaper än bränslets fukthalt. Kombinationen av röntgenspektroskopi och NIR är ett intressant spår som bedöms ge helt nya möjligheter att on-line bestämma biobränslets organiska och oorganiska delar t.ex. askelement och deras halter för att exempelvis prediktera askors smältförlopp, kontamination etc. Målet är även här att möjliggöra ökad styrning vid produktion av pellets samt vid förbränning eller förgasning av biobränslen bl.a. för att underlätta tillsats av additiv för att minska partikelutsläpp och minska andel oförbränt i bottenaskan, att styra energiflödet till en panna genom bestämning av fukt- och askhalt, att energiutnyttjandet och att kvalitetssortera slutprodukter m.a.p. prestanda.

Inom Bränsleprogrammet har förädling i första hand varit synonymt med **pelletering**. Inom Pelletsplattformen har studier för en breddning av råvarubasen skett genom att andra kvalitéer från skogen har blandats in, samt försök skett med inblandning av industriella restprodukter som rapsmjöl och lignin. Det återstår dock en hel del arbete för att man på ett säkert och effektivt sätt skall kunna ta in nya

råvaror som erbjuds och veta vilka produktkvaliteter som kan åstadkommas i den egna processen. Fortsatt forskning behövs också för att kunna styra blandning av råvaror och additiv on-line vid produktionen, för att minska produktionskostnader och för att kunna anpassa bränslekvaliteten för olika användare och marknadssegment.

Det är viktigt att arbetet sker med en tydlig koppling mellan industrinära projekt för att lösa problem och flaskhalsar, effektivisera processen etc och mer vetenskapligt inriktade projekt för att studera och förklara de viktiga grundläggande processerna. Både storskaliga produktionssystem och nya småskaliga försörjningskedjor att producera och förädla bioenergi är intressanta. Råvarumässigt innefattas främst energived, grot, stubbar, strå och torv samt lantbrukets rest- och biprodukter, som i jämförelse med spån från sågverk har en mer komplex pelletterbarhet och askkemi. Detta ökar kraven på karakterisering och styrd kontroll i realtid, men ger också möjligheter till en säkrare produktkvalitet. Viktigt för att utveckla dessa är bättre kunskap om inblandning on-line av tillsatsämnen (s.k. pellethelpers) och additiv utifrån friktions- respektive askmodeller.

Förbehandling av biomassa inför pelletering är ett område som inte behandlats inom Pelletsplattformen i någon större utsträckning, men som kan innebära stora möjligheter. Ett högintressant exempel är mild pyrolys i form av **torrefiering**, bl.a. eftersom problematiska extraktivämnen då elimineras. Torrefiering väcker idag ett mycket stort intresse internationellt som ett sätt att höja energitätheten hos träbränsle och dessutom göra det okänsligt för yttre påverkan av fukt etc. Dessa egenskaper gör torrefierat bränsle mycket attraktivt för globala handelsaktörer som ser stora likheter med kol som bränsle, men utan dess klimatmässiga nackdelar. Inför en större satsning på FoU inom området bör dock metoden studeras vidare ur flera perspektiv: ur energisystemmässigt perspektiv, ur processperspektiv och ur ett ekonomiskt perspektiv.

En annan tänkbar process för förbehandling av råvaror är s.k. ”**steam explosion**”, där materialet utsätts för vatten vid förhöjt tryck och temperatur (ca 200°C) under en viss tid och därefter trycket släpps momentant, varvid i första hand hemicellulosan kraftigt påverkas. Resultatet blir helt andra egenskaper ur bl.a. ur bindnings-synpunkt, men utan egentliga materialförluster. Metodens potential för att öka produktkvaliteten i fråga om t.ex. hållfasthet och densitet behöver utredas, liksom dess möjligheter ur ett process- och energimässigt systemperspektiv.

Enligt Pelletsplattformens egen bedömning innebär industrins kommande behov och de kunskapsluckor som nu finns att:

”den framtida forskningen inom området bör inriktas på:

- att minska produktionskostnader vid storskalig förädling av pellets genom grundläggande forskning i laboratorieskala samt genom tillämpad forskning och experimentell utveckling i industriskala. Exempelvis: styrd ångbehandling och minskad andel primär- och sekundärsmul genom processoptimering och tillsatser.

- att öka andel grundforskning för att ta fram bra teorier om de faktorer som påverkar pelletering, grundläggande bindningsmekanismer samt lagringsegenskaper i pellets.
- att bredda råvarubasen för förädling till främst pellets genom grundläggande studier av pelleterings- och lagringsegenskaper vid olika inblandningar av lövved, grot, stubbar, torv och agrobränslen i råvarumixen. Lovande råvarumixar bör verifieras genom tillämpad forskning i fullskaliga industriförsök.
- att utifrån grundläggande forskning ta fram nya och innovativa berednings- och förädlingstekniker i syfte att optimera biomaterialens kvalitet för pelletproduktion samt för olika omvandlingsprocesser. T.ex. förbehandling i retentionsskruv, finfraktionsborttagning innan pelletering, optimal spånfraktionsfördelning och partikeldesign, avskiljning av värdefulla biprodukter så som extraktivämen liksom utnyttjande av lågvärdig varmluft vid torkning och askreducering genom mekanisk avvattning.
- att ta fram tekniker, bl.a. friktions- respektive askmodeller, baserade på grundläggande mekanismer för att uppnå högsta kvalitetsklass trots ändrad råvarumix och säsongsvariationer.
- att i laboratorieskala utveckla nya och förenklade metoder för produkttester samt systematiskt sammanställa tester gjorda enligt nuvarande standardmetoder
- att genom grundläggande forskning utveckla analysrutiner syftande till standardisering av snabba metoder för karakterisering baserade på spektroskopiska tekniker
- att ta fram processrecept för olika råvaror, råvarublandningar och förbehandlingar. Detta bör göras genom tillämpad forskning i fullskaliga industriförsök.
- att anpassa bränslekvaliteter för olika ändamål och olika marknadssegment.

För att implementera den kunskap som byggts upp kommer det att finnas behov av att demonstrera småskalig förädling (pellets och briketter) anpassade för lokala förutsättningar.”

Dessa slutsatser bedöms som rimliga och relevanta utifrån de perspektiv som Bränsleprogrammet arbetat mot.

Områdena förädling och **förbränningsegenskaper** hänger intimt samman. I takt med att råvarubasen för pelletproduktion breddas kommer det att finnas ett fortsatt behov av att kunna beskriva kritiska parametrar för hur ett bränsle omvandlas, speciellt avseende askrelaterade driftsproblem och emissioner. Behovet av kvalitetssäkring av hela kedjan inklusive förbränning blir därför alltmer uttalat. Ett långsiktigt syfte är att medverka till att ”rätt” pelletkvalitet används i ”rätt” anläggning (storlek, användarkategori, förbränningsteknik) så att bränslet används optimalt och med minsta miljöbelastning.

Kvalitetssäkring och beskrivning av bränslen beror både av de parametrar man styr mot vid produktion (densitet, fukthalt, hårdhet etc) och de parametrar som också är viktiga för förbränningsprocessen (reaktivitet, askhalt, askans sammansättning etc). Beskrivningsmodeller för bränslen bör vila på vetenskaplig grund för att vara generellt användbara, exempelvis vid styrning av bränlemixar med NIR- och XRF-teknik. Detta arbete behöver utvecklas och implementeras i samarbete med både bränsleproducenter och användare. Även metoderna NIR och XRF i sig behöver vidareutvecklas och implementeras.

Vad gäller förståelsen för förbränningsegenskaper m a p askkemiska förlopp vid förbränning av fosforrika bränslen har det under projekttiden utförts ett antal försök och kampanjer, både inom ramen för FUP-projektet och inom parallella kompletterande projekt finansierade via Energimyndigheten, Värmeforsk och SLF.

Sammantaget kan det konstateras att förståelsen och kunskapsnivån kring fosforrika bränslens askkemi har ökat markant jämfört med för 2-3 år sedan. Grundläggande termokemiska data för fosforföreningar med relevans för framtida biobränslens askor och partiklar saknas dock ännu till stora delar. Modellutveckling och utvärdering behövs för att kemiskt modellera dessa bränslens askkemiska beteende vid förbränning och förgasning.

## 5.3 Omvärldsanalys

### 5.3.1 Energimyndighetens framtidsbild

I Energimyndighetens Temarapport ”Fokus III – Bränslebaserade energisystem” ges följande framtidsbild (här i förkortad version):

**Globalt:** ”Global tillväxt leder till ökad konkurrens om energiråvaror och energibärare, vilket i sin tur leder till ökade priser. Världens befolkning ökar och nya stora ekonomier är på frammarsch, särskilt i Asien. Efterfrågan på råvaror, energi och livsmedel ökar. Biomassa kommer att användas i nya sammanhang, t.ex. som råvara för kemiska produkter. Ökande konkurrens om såväl mark som biomassa väntas. Hög effektivitet vid utnyttjande av mark, råvaror och energi blir därmed av fundamental betydelse. I den framtida energimixen kan både förnybara och icke förnybara energislager komma att spela stor roll. Vår framtidsbild blir att en kraftig utveckling av bioenergin är av central betydelse. Internationella samarbeten inklusive bilaterala avtal blir viktiga för utvecklingen.”

**Inom EU:** ”EU har i RES-direktivet angett att andelen förnybar energi ska vara minst 20 % år 2020. EU som helhet blir beroende av import av biobränslen för att klara målen i RES-direktivet. EU ställer krav på bränslena genom ett antal kriterier för hållbarhet. Kriterierna har tagits fram för att hindra oönskade miljöeffekter av bränsleproduktion i ett globalt perspektiv, men är delvis illa anpassade till förhållandena inom det skandinaviska skogsbruket.”

”För att påskynda utvecklingen och införandet av kostnadseffektiva tekniker med låga koldioxidutsläpp har den Europeiska kommissionen presenterat en strategisk plan: SET-planen (Strategic Energy Technology Plan). Den sträcker sig till 2050 och omfattar åtgärder relaterade till planering, implementering, resurser och inter-

nationellt samarbete inom energiteknik. En av huvuduppgifterna är att utforma ett program för långsiktig EFUD<sup>2</sup> för Europa för att få forma nya energitekniker och stödja marknadsintroduktion av dessa. En annan är att få till stånd utökat internationellt samarbete. Man strävar också efter att få en mer effektiv marknadsintroduktion av tekniska genombrott.”

**Inom Sverige:** ” Idag används 120 TWh biobränslen per år i Sverige och användningen ökar med ca 3 TWh per år. Massaindustrins avlutar och skogsindustrins övriga fasta biprodukter utgör merparten i biobränsletillförseln. Dessutom används trädbränslen i form av GROT, rundved, bränslen från jordbruket avfalls samt också en del torv. Enligt EU:s direktiv om förnybar energi ska 49 % av den totala energianvändningen i Sverige vara baserad på förnybar energi 2020. Samma år ska 10 % av drivmedlen komma från förnybar energi. Sveriges åtagande innebär att den totala tillförda energin behöver öka med ca 40 TWh från 2005 till 2020 (biobränslen, vindkraft mm)<sup>3</sup>.

Tillförseln av inhemskt biobränsle i Sverige bedöms kunna öka med 40-50 TWh eller mer<sup>4</sup>. Ökningen kommer från brännbart avfall, skogsrestprodukter och åkerbränslen. Energimyndighetens långtidsprognos från mars 2009 räknar med att tillförseln ökar med 33 TWh från 2005 till 2020 utan utvecklingsinsatser och med oförändrade styrmedel.

På längre sikt ökar framförallt behovet av biobränsle för drivmedelsproduktion för att realisera ambitionen att Sveriges fordonsflotta skall vara oberoende av fossila bränslen 2030. Sannolikt innebär detta att framförallt pannor för kraftvärme, fjärrvärme och närvärme hänvisas till bränslekvaliteter med besvärligare egenskaper, i första hand högre askhalt och ogynnsamma asksammansättningar.”

### 5.3.2 Hållbarhetsfrågor

En av de långsiktigt absolut viktigaste faktorerna för hur bioenergin kommer att utvecklas är hållbarhetsfrågorna. Det pågår för närvarande omfattande arbeten i många fora för att på olika sätt säkerställa att den framtida bioenergianvändningen kan ske på ett långsiktigt hållbart sätt. Detta område beskrivs utförligt i den parallella syntesrapporten ”Strategisk kunskap” och behandlas därför inte närmare här.

### 5.3.3 En global bränslemarknad

En tydlig trend i omvärlden är att biobränslen väcker allt större intresse som handelsvara. De fossila bränslenas klimateffekter, oro för att tillgången på olja skall minska dramatiskt, inverkan av politiska faktorer på tillgång och pris för fossila bränslen gör biobränslen till ett mycket attraktivt alternativ. Detta visar sig inte minst genom att mycket stora aktörer i form av handelshus, råvarumäklare etc. nu gör sin entré på den internationella biobränslemarknaden. Satsningarna är i många fall stora och långsiktiga och innefattar t.ex. delfinansiering av mycket stora pelletfabriker. Det är också så att nya, potentiellt mycket stora marknader håller på att öppnas upp för biobränslen t.ex. i Asien och i Nord- och Sydamerika.

<sup>2</sup> EFUD, energirelaterad forskning, utveckling och demonstration

<sup>3</sup> Energimyndigheten, Långtidsutredningen 2008

<sup>4</sup> Temarapport ”Det bränslebaserade energisystemet”, s. 10. Energimyndigheten

För att biobränslen skall fungera bra i internationell handel måste några villkor vara uppfyllda:

- det måste finnas etablerade sätt att beskriva och kvalitetssäkra varan
- det måste finnas en utbyggd och effektiv handels- och logistikstruktur mellan producent och användare
- bränslet måste ha en tillräckligt hög energitäthet så att transporter mellan producent och användare är ekonomiskt möjliga
- bränslet måste ha en sådan enhetlighet och form att det kan hanteras på ett rationellt och effektivt sätt
- bränslet måste kunna lagras och transporteras utan att väsentliga egenskaper försämras eller att säkerhets- eller miljörisker uppstår.

I allt väsentligt innebär dessa förutsättningar att någon form av förädling av bränslet är nödvändig. Kompaktering och torkning är de mest närliggande åtgärderna, vilket i praktiken oftast innebär en produktion av pellets eller eventuellt briketter. Denna drivkraft visar sig tydligt i hur världsmarknaden för pellets har utvecklats de senaste åren.

### ***Pellets – internationell utveckling***

Ett antal väl underbyggda studier av hur pelletanvändningen kan förväntas utvecklas de närmaste 5-10 åren har nyligen genomförts. År 2009 producerades drygt tio miljoner ton pellets inom Europa i ca 650 anläggningar. Efterfrågan inom EU-27 var ungefär lika stor, men täcktes till ca 25 % av import utifrån. Den totala pelletanvändningen i världen var ca 15 miljoner ton. Åren 2009 och 2010 var dock ”dåliga år” för pelletindustrin med betydande överkapacitet, inte minst i Nordamerika.

Fram till år 2015 förväntas dock en kraftig ökning i efterfrågan i Europa, där prognoserna varierar från 24 till ca 50 Mton. För år 2020 förutsäger den mest konservativa prognosen en efterfrågan på ca 45 Mton.

Som jämförelse visar en sammanställning av de nationella handlingsplanerna för förnybar energi för medlemsstaterna att under rimliga antaganden kommer efterfrågan inom EU år 2020 att uppgå till ca 80 Mton pellets, varav ca 50 % för elproduktion.

Givetvis är dessa prognoser behäftade med betydande osäkerheter. Några av de mest intressanta öppna frågorna är:

- Hur kommer produktionen inom och utanför EU att påverka varandra?
- Hur kommer tillgängligheten och pris på råvaror att se ut? Vilka är alternativen?
- Hur påverkar konkurrensen om råvaror från annan användning?
- Vilka effekter får övergången från nuvarande överkapacitet till ev. kapacitetsbrist att påverka priserna?
- Vilken inverkan får ev. kommande hållbarhetskriterier för fasta biobränslen?

- Kommer torrefiering att spela en roll?

Även om dessa osäkerheter tas i beaktande så är den kvalitativa slutsatsen förhållandevis säker: att **efterfrågan på bränslepellets kommer att öka väsentligt både i Europa och i andra delar av världen**. Förutom Nordamerika förväntas även Kina, Japan, Sydkorea och Sydamerika att utveckla en märkbar efterfrågan.

### 5.3.4 Åkerbränslen

#### *Åkerbränslen i det svenska energisystemet*

Tillförseln av bränslen från jordbruket uppskattas till ca 2 TWh per år för närvarande, och de största posterna utgörs av vete för etanoltillverkning och oljevaxter för RME-tillverkning. I sitt energiscenario 2005 uppskattade LRF potentialen för energi från jordbruket till 20 TWh på 20 år. Potentialen för Salix uppskattades 4 TWh. Halm som biprodukt har uppskattats av ett pågående projekt att ha en potential för förbränningsändamål på 3-4 TWh per år. Bioenergi från jordbruket har dock ännu inte fått något marknadsgenombrott, med undantag från en utbyggnad av etanolproduktionen. Salix odlas på knappt 12 000 ha med en genomsnittlig skördenivå på 5 ton ts/ha och år. Rörflen odlas för tillfället på begränsade arealer. Det är möjligt att ett genombrott kommer att ske i takt med ökad konkurrens om biobränslen till olika ändamål, men också till följd av ökad export av bränslen med högre kvalitet. En ökad export av skogsflis, eller snarare någon form av pellet baserad på långsamväxande skogsråvara är lätt att använda vid sameldning med befintliga kolpannor i Europa.

#### *Erfarenheter från Värmeforsks program ”Grödor från åker till energi”*

Värmeforsk drev under 2006-2009 ett program med det långsiktiga målet att öka produktion och användning av bioenergi från jordbruket till förbränning för värme- och elproduktion i Sverige. Erfarenheterna från programmet diskuterades under en workshop i november 2009 och finns inarbetade i den syntesrapport som skrevs över programmet. Trots den uteblivna ”boomen” för bioenergi från jordbruket konstaterades att en väsentlig kunskapsuppbyggnad skett under programtiden. Det lyftes fram flera förslag på fortsatt arbete som kommer att krävas oavsett vilket åkerbränsle som blir stort på marknaden. Ledord i syntesrapporten är *demonstration, goda exempel, implementering av kunskap, samverkansformer, systematisk utvärdering/verifiering av kunskap, informationsspridning*. Ord som *forskning* och *försök* finns med men i mycket mindre utsträckning.

I maj 2011 skriver Värmeforsk följande på sin hemsida:

*”För ta vara på forskningsresultaten från programmet ”Grödor från åker till energi” har vi inom Värmeforsk skissat på en fortsättning bestående av tre delar för nya bränslekedjor:*

1. *Demonstrationsverksamhet – visa på goda exempel på åkerenergi från frö till aska.*



2. *Undanröjande av "icke tekniska barriärer". Detta kan innebära att ta fram affärsmodeller, initiera en marknad förenergigrödor, men framför allt att ändra attityder.*
3. *Teknisk forskning och utveckling. Fortfarande finns det en del att utveckla kring tekniken, till exempel maskiner, logistik, pannor och askhantering.*

*Punkt 1 är avgörande i nuläget. God lokal förankring krävs där både odlare och slutanvändare är starkt engagerade. Detta i sin tur bedömer vi kräver regionala, väl förberedda dialogmöten där kunskap och affärskoncept hos intresserade parter lyfts fram. Användarsidan, som Värmeforsk primärt representerar, är beredd att ta emot stora volymer hållbara energigrödor till marknadsmässigt acceptabla priser, som ger goda ekonomiska motiv för båda parter.*

*Vägen är förberedd, behovet är uppenbart, lönsamheten finns för både odlare och slutanvändare, potentialen är väsentlig, politisk och miljömässig korrekthet föreligger. Förhoppningarna är stora inför 2011 att lantbrukets företrädare kraftfullt samordnar konkreta aktiviteter för mer klimatriktig energi – och från Värmeforsk är vi beredda att driva vår del vidare och samverka för att få fram ökade volymer hållbara energigrödor."*

### **Brasklappar Jordbruksbränslen**

Den framtida marknaden för bioenergi från jordbruket beror på en rad olika faktorer, vars inverkan vi ännu så länge har liten erfarenhet av. Exempel på sådana faktorer är:

1. Ökad efterfrågan på biobränslen – leder ökad efterfrågan till höjda priser, och i vilket tidsperspektiv?
2. Ökad efterfrågan på "rena" biobränslen till drivmedelsproduktion, kemiindustri m.m.
3. Konkurrens om jordbruksmark p.g.a. ökat behov av matproduktion. Kan ökad konkurrens leda till "bad-will" för bränsleproduktion vilket i sin tur leder till motstånd från lantbrukarna till att odla bränslen?
4. Vilka blir konsekvenserna om nya FoU-program inom rimligt kort tid inte för med sig ökade volymer av åkerbränslen till marknaden? Innebär detta t.ex. att importen av pellets måste öka kraftigt till högre priser? Om brist på biobränslen börjar uppstå, sänker detta förtroendet för branschen på ett allvarligt sätt?
5. Vad blir konsekvenserna för kompetensen på området jordbruksbränslen om FoU-satsningar inom vissa segment uteblir från Energimyndigheten eller andra finansiärer?
6. Hur skulle området jordbruksbränslen påverkas om utveckling skedde fokuserat i exempelvis ett geografiskt område där en stor potentiell användare dramatiskt kan öka efterfrågan på ett visst bränsle? I viss utsträckning

sker ju detta redan i Mälarenregionen vad gäller Salix. En region kan ju driva fram utveckling i andra regioner i senare.

### 5.3.5 Förädling

Förädling av ”råa” biobränslen kan ske på flera sätt. Det som har överlägset störst omfattning idag är kompaktering till pellets eller briketter. I första hand används då sågspån men även andra råvaror såsom grot, flis och åkerbränslen är i princip möjliga. Vid sidan av kompaktering kan även förädling i form av torkning av t.ex. flis och andra ”råa” bränslen vara aktuella.

#### *Nya råvaror*

Tillgänglig högkvalitativ råvara för pelletering/brikettering i form av sågspån bestäms av produktionen av sågade trävaror. Även om en viss ökning av denna eftersträvas och kan förväntas, så är tillgången på sågspån begränsad. Eftersom efterfrågan på främst pellets förväntas öka starkt både nationellt och inte minst internationellt, måste andra råvaror komma till användning. Exempel på sådana är grot, flis, stråbränslen, torv, restprodukter från lantbruk samt (rest-)produkter från skogsbaserade kombinat (bioraffinaderier).

Faktorer som påverkar utvecklingen i detta avseende är t.ex.

- Förbättrad kunskap om sambanden mellan fysikaliska och kemiska egenskaper hos de nya råvarorna och förbrännings- och driftegenskaperna hos de producerade bränslena, samt hur dessa kan påverkas, t.ex. med mixade råvaror och/eller tillsatser.
- Förbättrade, säkrare och mera kostnadseffektiva sätt att beskriva och kvalitetssäkra olika klasser av förädlade biobränslen så att olika användarsegment kan förses med olika klasser.
- Utvecklingen av den internationella (främst europeiska) pelletmarknaden, där t.ex. implementeringsåtgärder för RES-direktivet (och EcoDesign-direktivet?) kan förväntas öka efterfrågan kraftigt.
- Utveckling och utbyggnad av skogsbaserade kombinat med samtidig produktion av el, drivmedel, pellets etc.
- Konkurrensen om sågspån från andra användningsområden såsom byggmaterial.
- Den internationella konjunkturen för sågverksindustrin och därmed tillgången på sågspån och andra högkvalitativa råvaror.

FoU-insatser är avgörande för de två första punkterna. Om inte tillräcklig kunskap och tekniska resurser finns så blir dessa faktorer avgörande flaskhalsar för utvecklingen. Därför är målinriktade insatser på detta område centrala. Väsentliga delar av den internationella FoU som idag bedrivs inom pelletområdet har fokus på hur nya råvaror kan utnyttjas så effektivt och problemfritt som möjligt. En näraliggande väg är att arbeta med inblandning av de nya råvarorna i proportioner som bestäms av kunskap om de fysikaliska och kemiska egenskaperna hos råvarorna. Ju mer man vet om dessa och resulterande förbrännings- och driftegenskap-

er för bränslet, desto närmare ”maxgränserna” för inblandning kan man lägga sig och desto större blir förhoppningsvis råvarubasen. Eftersom känsligheten för olika egenskaper hos bränslet i viss utsträckning beror på typ av förbränningsanläggning så kan inblandningen av nya råvaror också anpassas för olika användare, dvs bränslen designas. Väsentliga FoU-insatser med detta syfte bedrivs på flera håll inom Europa och väcker stort industriellt intresse.

### **Torrefiering**

Det starkt ökande intresset för förädling av biobränslen genom torrefiering som nämnts ovan har flera orsaker. Förutom ökad energitäthet, större motståndskraft mot fukt och biologisk nedbrytning samt bättre hanteringsegenskaper så har torrefierat biobränsle egenskaper som gör det mycket lämpligt för sameldning med kol i t.ex. kraftproducerande kolpulverpannor. En mycket stor andel av Europas och Nordamerikas kraftpannor är av denna typ, och sannolikt kan denna marknad på relativt kort sikt utvecklas till en betydande global biobränsleanvändare. Torrefierade biobränslen är då högintressanta eftersom de dels har förbränningsegenskaper som liknar kol och dels kräver små investeringar för konvertering av befintliga pannor. Befintliga kolkvarnar kan normalt användas för malningen före inmatning till pannan, och kapaciteten hos bränslehanteringsutrustningen i övrigt minskar mindre än om oförädlad biobränsle skulle användas.

Det återstår en hel del FoU-arbete innan torrefiering klart kan sägas bli en ”stor spelare” på biobränslemarknaden, men mycket talar för denna möjlighet. Om detta blir fallet kommer dock säkert inverkan på både storlek, struktur, produkttyper och aktörer att bli stor. Det återstår dock att visa att torrefiering har tillräckligt stora fördelar, energi- och kostnadsmässigt för att detta.

## **5.4 Hur kan resultaten tillämpas?**

Det övergripande målet för programmet har varit att bidra till att ”en framtida kraftigt ökande efterfrågan på biobränsle kan mötas av en ökande och kostnadseffektiv tillförsel av bränslen av rätt kvalitet och med acceptabla miljökonsekvenser”. Med andra ord, forskningen skall bidra till att tillgången på biobränsle ökar, att kostnaderna minskar och att detta inte medför oönskade miljöeffekter. Dessutom skall kunskapen om olika bränslens egenskaper i förhållande till olika typer av förbränningsanläggningar öka så att olika bränsletyper används på ett systemmässigt optimalt sätt. Inom de områden som denna syntes omfattar skall detta uppnås främst genom att möjliggöra en ökad tillgång på åkerbränslen av skilda slag, samt genom att utveckla metoder och redskap för karakterisering och förädling av bränslen.

Forskningen kan t.ex. bidra till **ökad tillgång på åkerbränslen** på flera sätt. Uppenbara exempel är t.ex. följande:

- utveckling av växtmaterial (inom resp. art) med lämpliga egenskaper för produktion av bränsle
- utprovning av ”nya” arter för produktion av bränsle

- vidareutveckling av etablerings- och skötselmetoder vid odling av åkerbränslen
- vidareutveckling av skördemetoder för åkerbränslen
- vidareutveckling av hanterings- och leveranssystem för åkerbränslen
- vidareutveckling av förädlingsmetoder för åkerbränslen

Allt detta ”kokar ner” till att ett ökat antal producenter med en ökad produktionskapacitet långsiktigt skall kunna och vilja erbjuda tillräckliga kvantiteter bränsle med ”rätt” egenskaper till ett sådant pris att avnämarna långsiktigt är intresserade av att använda dessa bränslen. Det innebär att rätt tillräcklig kunskap måste finnas, att denna kunskap måste vara känd, tillgänglig och förståelig för de aktörer som tar investeringsbeslut m.m. och att dessa aktörer måste känna tillräckligt förtroende för marknadens bärkraft under tillräckligt lång tid.

Om aktiviteterna inom programmet analyseras blir slutsatsen att totalt har projekt bedrivits som behandlar samtliga punkter ovan. Ett par projekt har praktisk betydelse **i första hand** på längre sikt, t.ex. ”Hög och uthållig produktion av Salix” och den orienterande studien om ett forskningsprogram för poppel. Huvuddelen av projekten har dock **klar praktisk betydelse även på kort sikt**, och kan om resultaten omsätts på ett effektivt sätt, bidra till ett klart ökat utbud av åkerbränslen relativt omgående. Bättre etablerings- och skötselmetoder, säkrare och effektivare skördemetoder liksom nya hanterings- och leveranssystem är faktorer som är centrala för att åkerbränslenas potential skall kunna utnyttjas. De projekt som bedrivits har visat på ett antal goda exempel i dessa avseenden som direkt kan börja tillämpas. I andra fall har behov av fortsatta FoU-insatser kunnat identifieras på ett väl specificerat sätt.

Vad gäller **förädling av biobränslen** så kan utifrån Temarapporten ”Fokus III – Bränslebaserade energisystem” följande krav ställas på det sammantagna arbetet inom Bränsleprogrammet:

- Insatserna skall bidra till att ”sämre” bränslen kan användas för värme- och elproduktion utan att detta leder till o acceptabla drift- eller underhållsmässiga problem och/eller kostnader.
- Insatserna skall bidra till att kunskapen om vilka egenskaper hos råvaran som påverkar egenskaperna vid produktion och användning av förädlade bränslen, t.ex. pellets, och hur detta kan utnyttjas ökar väsentligt
- Insatserna skall bidra till att en väsentligt större råvarubas kan användas för produktion av förädlade bränslen
- Insatserna skall bidra till att olika bränslesortiment kan beskrivas och kvalitetssäkras för olika typer av användare på ett bättre sätt än tidigare.

Även i detta fall ger de genomförda projekten bidrag till utvecklingen. Större kunskaper om olika bränslenas och råvarors kemiska och fysikaliska egenskaper, metoder att kontinuerligt mäta dessa samt större kunskaper om pelleteringsprocessens grunder möjliggör ett allt mera effektivt utnyttjande av tillgängliga resurser. Inte minst bör nya råvaror bli möjliga att använda utan att driftsäkerhet och miljöprestanda äventyras för förbränningsanläggningarna. Nya ”recept” för designade

bränslen där råvaror med olika egenskaper blandas i bestämda proportioner för användning i vissa typer av anläggningar har realiserats inom programmet, och en avsevärd vidareutveckling kan förväntas.

Kontinuerlig mätning av centrala bränsleegenskaper som fukthalt har visat sig ge mycket goda resultat både för säkrare avräkning av levererat bränsle, men inte minst som underlag för styrning av panndriften. I båda fallen handlar det om stora ekonomiska vinster, och teknikerna förväntas få ett tydligt kommersiellt genomslag inom förhållandevis kort tid. Det kan också förväntas att mätprinciperna kan utvecklas vidare för användning av andra intressanta egenskaper hos bränsle och råvaror.

## **5.5 Vad betyder resultaten i ett större energisammanhang?**

Utgående från några generella förväntade utvecklingslinjer som bl.a. beskrivits i Temarapporten, kan följande krav ställas på det sammantagna arbetet inom Bränsleprogrammet:

- Insatserna skall bidra till att tillgången på biobränslen ökar väsentligt
- Insatserna skall bidra till att produktionskostnaderna sänks signifikant
- Insatserna skall bidra till att ”sämre” bränslen kan användas för värme- och elproduktion utan att detta leder till oacceptabla drift- eller underhållsmässiga problem och/eller kostnader.
- Insatserna skall bidra till att handel med biobränslen, även internationellt, underlättas under iakttagande av relevanta randvillkor i fråga om t.ex. miljöpåverkan etc.
- Insatserna skall bidra till att de bioenergiressurser som tas i anspråk används på ett så optimalt sätt som möjligt, även i ett vidare perspektiv som innefattar användning som drivmedelsråvara, kemikalieråvara etc.

Dessa krav är på ett sätt allmänt hållna och mer eller mindre omöjliga att kvantifiera. I en annan mening är de väldigt konkreta och fokuserade på forskningens genomslag i samhällets energianvändning på ganska kort sikt. Ett helikopterperspektiv på arbetet inom Bränsleprogrammet ger emellertid klart vid handen att insatser och resultat bidrar till en utveckling i rätt riktning. För att den erhållna kunskapen skall omsättas på effektivast möjliga sätt är det viktigt att branschens aktörer, både nuvarande och potentiella, aktivt deltar i problemformulering, genomförande och resultatutvärdering. I många fall har detta varit fallet i projekten inom Bränsleprogrammet. Frågan om hur FoU-insatser ges bästa möjliga förutsättningar till genomslag i praktisk verksamhet måste dock prövas kontinuerligt mot de givna förutsättningarna i varje enskild situation. Eftersom biobränslen inte i nuläget kan sägas vara en ”mogen marknad” utan ett fält med stora, i vissa fall okända, utvecklingsmöjligheter är det centralt att användarnas perspektiv får tillräckligt genomslag. Endast om det finns tillräckligt många och stora intresserade kunder för de produkter som erbjuds kan biobränsleanvändningen öka på det sätt som behövs bl.a. ur klimatperspektiv.



## **Bilaga A – Projekt behandlade i denna rapport**

På följande sidor återfinns:

- Förteckning över beviljade projekt inklusive beviljad finansiering från Bränsleprogrammet, sökande och en kort sammanfattning från ansökan.
- Korta beskrivningar av varje projekt inom områdena Jordbruk, Förädling och Strategisk kunskap standarder.

## Projektförteckning

Titel	Projekt nr	Beviljat totalt	STEM andel	Sökande	Sammanfattning
<b>Jordbruk</b>					
Hög och uthållig bi-massa-produktion från Salix: integrering av molekylär-genetik, ekofysiologi och växt-förädling	P30599-1	20 884 000	0,58	Sara von Arnold, SLU	Beslut om stöd till forskningsprojekt rörande växtförädling av Salix. Projektets långsiktiga mål är att med hjälp av molekylära markörer utveckla nya förädlingsmetoder där traditionella metoder är alltför ineffektiva. Viktigaste skälen för beslutet är dels att växtmaterialets produktionsförmåga har stor betydelse för bibränslets konkurrenskraft, samt att beslutet bidrar till att understödja svensk industris konkurrenskraft
Produktion och förädling av energigrödor samt energibesparing inom jordbruket	P22461-2	3 330 000	0,40	Stiftelsen lantbruksforskning, SLF, Eva Pettersson	Stiftelsen Lantbruksforskning, SLF, är ansvariga för en verksamhet med målet att på kort och lång sikt förbättra lantbrukets möjligheter att öka den egna användningen samt försäljning av energigrödor och bioenergi i förädlad form och därigenom skapa nya affärsmöjligheter för jordbruket med målet att minska användningen av fossila bränslen. Detta är etapp 2 som fullföljer den redan uppstartade verksamheten.
Förstudie – Tågtransport och terminalhantering av Salix	P31721-1	130 000		Maya Forsberg, JTI - Institutet för jordbruks- och miljöteknik	Förstudien syftar till att få en övergripande bild av transporter av biobränsle på järnväg. Slut-satser om samordningsmöjligheter mellan agrara bränslen, främst Salix, och skogsbränslen ska göras. Arbetet inkluderar förslag till utformning av effektiva terminaler, kostnadsberäkningar för tågterminaler och -transporter av t ex Salix i flisad och buntad form. Målet är att förstudien ska bilda underlag för en fördjupad studie av mobil terminalhantering av agrara bränslen.
Orienterande studie om ett svenskt forskningsprogram för poppel	P32514-1	950 000	1,0	Lars Rytter, Skogforsk	Poppel och hybridasp är högtintressanta för bi-massaproduktion men kunskapen om dem är bristfällig, inte minst praktiskt ekonomiskt. Projektet ger underlag för en eventuell satsning på ett långsiktigt forskningsprogram om poppel och hybridasp. Målet är att sammanställa, analysera och dra slutsatser om odlingsmaterial, odlingsystem, marknad och ekonomi samt miljö och opinion. Särskilt fokus på poppelodlingens lönsamhet, areella betydelse och energirelevans.
Främjande av produktion och användning av energigrödor på europeisk nivå – Encrop salixdelen	P31724-1	576 700	1.0	Shaojun Xiong, SLU	Projektet syftar till att uppdatera och sprida kunskap om Salix i EU. Detta projekt kompletterar projekt ENCROP beslutat 2007-12-17. Huvudprojektet är en samverkan mellan 7 europeiska länder där syftet är att sprida kunskap och informera om energigrödor i de deltagande länderna. Övriga länder ser det som positivt att huvudprojektet kompletteras med ämnesområdet
System för direktskörd av salix	P33112-1	3 084 200	0,60	Annika Henriksson, Henriksson Salix AB	Målet är att utveckla ett robustare system för direktskörd av Salix. Skärbord tas fram som, efter endast mindre anpassningsarbete, ska kunna användas på vanligt förekommande fälthackar som finns på marknaden. Ett paket med åtgärder fastställs för uppgradering av de aktuella fälthacken/basmaskinen från majs/grässkörd till salixskörd. Aktiviteter i projektet är nytt skärbord till Claas Jaguar och Krone fälthackar, teknisk uppgradering av basmaskinerna Claas Jaguar och Krone fälthackar, avseende inmatning och bärighet, provning i fält, under våren och hösten



Teknisk förstudie salix-skördare	P33083-1	1 162 000	0,60	Sören Ödmark Rog-bico AB	Projektets mål är att ta fram förslag på koncept på system för kontinuerlig skörd och buntning av Salix. För konceptet ska prestanda, tillverkningskostnader, marknadsförutsättningar och fortsatta utvecklingsinsatser fastställas. Framtaget underlag ska sedan fungera som beslutsunderlag för de olika aktörerna inför utvecklingsetappen. Robico kommer att i framtiden marknadsföra och sälja det utvecklade buntningssystemet.
Utvärdering av skörde-system för salix	P33211-1	294 020	0,58	Annika Henriksson, Henriksson Salix AB	Projektet ska utreda om, en alternativ teknik, tidigare testad i Polen fungerar för skörd av Salix i svenska förhållanden. Tekniken skulle kunna utgöra ett komplement till annan buntningsteknik och direktskördsystemet. Praktiska prover och undersökning av torkning av material i producerade buntar ska utföras.
Utvärdering av salixodlars erfarenheter och attityder till odling	ID 1342	339 000	1	SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Marie Rönnbäck	Uppdraget avser attitydsundersökning, bla Salixodlare och Salixentreprenörer med bla LRFs energienkät som bakgrund.
Utveckling av spåntork	P32717-1	170 000	0,45	Fredrik Malmberg, LäfteStällaren AB	Projektets mål är ta fram en prototyp för en enkel spåntork som kan användas i ett maskinsystem för småskalig pelletering av pellets. En ökad konkurrens om torra spån biprodukter leder till att man önskar bredda råvarubasen för den småskaliga pelletstillverkningen.
Skörd av salix med skogsbrukets maskiner	P33713-1	645 000	1	Tomas Nordfjell, SLU Uppsala	Projektet undersöker om skogsbrukets konventionella maskiner för avverkning är kostnadseffektiva vid skörd av "övergrova" salixodlingar samt belyser vilken kommersiell skoglig avverkningsteknik som är mest effektiv och har störst utvecklingspotential i detta sammanhang. Projektet genomförs i tre steg: 1) sammanställning av skogsteknik "lämplig" för salixskörd, 2) idéseminarium, 3) en fältstudie där utvald skogsteknik testas för salixskörd.
Hybrid Chippin Systems Delprojekt 1	P33368-1	1 810 000	0,25	Daniel Kristoffersson, Kornsjö Byrån	En grupp företagare arbetar med idén att utnyttja El-Forests drivlina baserad på elhybridtekniken i en flishugg. I detta projekt ska en prototyp byggas av olika komponenter. Den färdiga prototypen ska sedan provas av för att man ska kunna bedömma energibesparingspotentialen i ett utvecklat system. Detta projekt utgör första etappen av planerade fyra där sista avser att ett fungerande system med nya logistiklösningar.
Storskalig skörd och lagring av "billets" för självtorkning och vidareförädling	P33210-1	247 000	0,45	Annika Henriksson, Henriksson Salix AB	Projektet syftar till att värdera ett nytt system för skörd av Salix via så kallade "billets" med maskiner baserade på sockerrörsteknik. Salixen skördas i form av grövre flis, "billets", vilka lagras i stuka över sommaren. Vattenhalten sjunker från ca 55% till 35% eller lägre. Systemet utvärderas ur teknisk och ekonomisk synvinkel för eventuellt tillämpning i Sverige. Tänkbar marknad i Sverige är värmeverk med krav på torr flis samt råvara till pelletstillverkning.

Titel	Projekt nr	Beviljat totalt	STEM andel	Sökande	Sammanfattning
<b>Förädling av bränslen</b>					
Pelletsplattformen	P20569-3	18 000 000	0,40	SLU, Torbjörn Lestander	Produktionsteknisk plattform för svensk pelletsindustri" ingår i programmet "Uthållig försörjning och förädling av biobränsle". Det övergripande målet för detta delprogram är att skapa långsiktiga förutsättningar för en ökad pelletsförsörjning till energisystemet. Detta ska ske genom att, i samarbete mellan forskningen och pelletsindustrin, utveckla en bredare bas av råvaror lämpade för pelletering, utveckla en kostnads- och resurseffektivare pelleteringsteknik/-process samt att utveckla och anpassa pelletskvaliteter till olika användare/varierande förbränningstekniker.
Styckeved för småskalig eldning	P30887-1	400 000	0,64	SLU, Jan Erik Mattsson	Projektet syftar till att utvärdera system för småskalig produktion och eldning av styckeved, ett träbränsle med 50-150 mm bitstorlek, dvs mellan flis och spisved. Tidigare studier tyder på att styckeved kan kombinera flisens fördelar i tillverkning, hantering, inmatning och kostnad med spisvedens fördelar i lagring och torkning. En princip för att producera styckeved finns kommersiellt tillgänglig. Ett viktigt steg är att utvärdera automatisk inmatning i panna eller förugn lämplig för uppvärmning av villa eller mindre gård. Dessutom behöver hela systemet från skog till värme studeras.
Förbränningskaraktärisering och förbränningsteknisk utvärdering av olika pelletbränslen	P30646-1	4 905 000	0,59	SP, Claes Tullin	Syftet är ytterst att skapa förutsättningar för en ökad försörjning av marknaden med pelleterade bränslen i takt med att efterfrågan ökar och med utgångspunkten i en vidgad råvarubas. Projektets övergripande mål är att sammanföra bränsleteknisk och förbränningsteknisk forskning och utveckling, i syfte att långsiktigt möjliggöra en optimal användning och förbränning av pellet, med avseende på användarkategorier, resurs-/ energieffektivitet samt driftsäkerhet och med minsta möjliga miljöbelastning.
Värmeforsk Fukthaltsmättnings-program 2006-2008	P21515-3	571 000	0,82	Värmeforsk	Projektets mål är att utveckla en standardmätteknik baserad på Near Infrared (NIR) och/eller radiofrekvens (RF) för automatisk fukthaltsmätning vid biobränsleleveranser till anläggningar, utveckla on-line mätning med NIR för styrning av pannan samt att ta fram en branschgemensam databas med omfattande kalibreringar sanktionerade av olika parter.
Karakterisering av askelement i biobränslen	P31754-1	1 128 000		Torbjörn Lestander Sveriges Lantbruks-universitet	Doktorandprojektets syfte är att ta fram kalibreringsmetoder baserade på röntgenspektroskopi för att bestämma innehåll av olika askelement i biobränslen, dels i lab, dels i fält samt för on-lineapplikationer. Den grundläggande forskningen i projektet ska leverera billiga och snabba metoder för att bestämma askhalt och askelement samt överflyttbara kalibreringsmodeller i syfte att bidra till lösningen av flera olika problem relaterade till varierad asksammansättning och askhalt i biobränslen
Temperaturstyrning av pelleteringsmatriser	P31729-1	1 116 000		Sylvia Larsson Sveriges Lantbruks-universitet	Projektet syftar till att, via temperaturstyrning av pelletsmatrisen, utveckla en jämnare pelletproduktion vid pelletering av stråråvara än vad fallet ofta är idag, där problem med ojämn och i svåra fall avstannande produktion är vanlig förekommande. Målet är att hitta en robust produktionsmetod för olika stråråvaror samt att minska energitågängen i pelletsprocessen med åtminstone 10%, med bibehållen eller ökad pellets-kvalitet.

Titel	Projekt nr	Beviljat totalt	STEM andel	Sökande	Sammanfattning
<b>Strategisk kunskap: standarder</b>					
Utveckling utbildning och standardisering av en europeisk databas för biomassa bränslen och askor	P30669-1	680 000	0,56	Erik Karlton, SLU	Bra information om biobränslen och askor är nödvändig för en snabb spridning av biobränslen som ett förnyelsebart bränsle i EU och angränsande länder. Producenter, säljare, köpare, utrustningstillverkare, lagstiftare och andra aktörer som är involverade i biobränsleanvändning behöver oberoende och tillförlitlig information om sammansättning och kvalitet på biobränslen och biobränsleaskor, som tagits fram med standardiserade metoder. Projektet syftar till att skapa en ny databas från en existerande, PHYLLIS, och en stor mängd existerande men inte sammanställd information. Vidare kommer projektet att anordna utbildningar i användandet av databasen och i användandet av standardiserade analysmetoder, särskilt inriktat på EU:s nya medlemsstater.
Prenormativ forskning för fasta biobränslen	P30552-1	711 000	0,50	Conny Haraldsson, SP	Projektet är ett EU-projekt och avser bistå det pågående arbetet med framtagning av CEN-standarder för fasta biobränslen. Den huvudsakliga uppgiften för projektet är att bedriva forskning och utveckling för att ta fram kunskap om metodik och mättningsfrågor som kan utgöra underlag för standardiseringsarbetet. Det tidigare Bionormprojektet har tagit fram underlag till framtagning av de ca 30 tekniska specifikationer som idag finns. Det nu aktuella projektet, Bionorm II, ska på samma sätt genomföra den FoU som ska stödja uppgraderingen av dessa tekniska specifikationer till fullvärdiga standarder
SIS - Fasta bränslen	P11365-4	1 800 000	0,40	Lars Sjöberg, SIS	Framtagning av CEN-standarder, dessa gäller inom Europa, inleds med med att ta fram tekniska specifikationer. 26 st sådana är framtagna för fasta bränslen. För avfallsbränslen är liknande arbete långt framskridet. I det nu aktuella projektet ska dessa tekniska specifikationer nu granskas och korrigeras för att uppgraderas till gällande standarder. Arbetet ska även ligga till grund för att ta fram världsomfattande standarder, ISO-standarder. Standarder förväntas leda till effektivare förbränning av bränslen. Handel med bränslen ska ske lättare. Genomförande av systemstudier och livscykelanalyser som rör bränslen och dess användning underlättas.
SIS Fasta bränslen	P30908-1	1 140 000		SIS, Swedish Standards Institute, Lars Sjöberg	Projektets avsikt är att ta fram världsomfattande standarder, ISO-standarder, över fasta biobränslen. Behovet av sådana ökar i takt med att fossila bränslen i ökad utsträckning ersätts med förnybara fasta biobränslen över hela världen. För europeiska länders vidkommande finns en bra grund i de europeiska tekniska specifikationerna, CEN-nivå, som redan tagits fram och som nu revideras och lyfts upp till färdiga svenska standarder. Sverige kommer med stor sannolikhet att ta hand om sekretariatet för hela standardiseringsarbetet.

## Projektbeskrivningar – område jordbruk

### Hög och uthållig biomassaproduktion från Salix: integrering av molekylär-genetik, ekofysiologi och växtförädling (projekt P30599-1)

*Syfte/mål:* Det övergripande, långsiktiga målet för projektet är att utveckla förädlingsmetoder för viktiga men komplexa egenskaper hos Salix där man med traditionella metoder har svårt att göra effektiva urval. Idag sägs Sverige vara ledande på att framställa högvakastande nya kloner

De egenskaper som man fokuserar på är tillväxt, resistens mot bladbaggar och bladrost samt tolerans mot frost, torka och värme. I projektet söker man kombinera molekylär-genetik, växtfysiologi och traditionell växtförädling för att utveckla s.k. molekylära markörer för växtindivider med goda egenskaper. Som en bas för detta arbete kommer genkartor att konstrueras för salixindividerna, och man hoppas identifiera områden i arvsmassan som indikerar goda egenskaper. Genom att kunna mäta dessa på unga plantor i stora populationer hoppas man vidare i en tidig screening kunna identifiera lovande individer. Dessa genetiska markörer måste vara både generella och stabila, och man kommer därför att testa dem på annat växtmaterial och på Salix i olika miljöer och under olika år.

*Resultat:* Första steget inom projektet har varit att ta fram genkartor för Salix. Man har med hjälp av genkartorna kunnat hitta de delar av genmassan som påverkar ett antal viktiga egenskaper. Markörer för resistens mot bladgallmygga och bladrost har identifierats på ett säkert sätt. Viktiga resultat beträffande markörer för tillväxtegenskaper, kväveekonomi samt flera fenologiska egenskaper såsom tidpunkt för knoppsprickning, tillväxtavslutning samt lövfällning har också erhållits. Variationer i tillväxtegenskaperna har också kunnat kopplas ihop med variationer i de aktuella markörerna, vilket bekräftar relevansen hos arbetssättet. Däremot har det visat sig svårt att hitta genetiska markörer för direkt resistens mot den viktigaste skadeinsekten, bladbaggen. Projektet har även sökt identifiera markörer för egenskaper som främjar effektivt näringsutnyttjande. Vad gäller kväveekonomi har arbetet varit lyckosamt. Frågan om huruvida den långsiktiga avkastningen på beståndsnivå kan förutsägas från tillväxtegenskaper hos unga plantor har undersökts. En preliminär modell för långsiktig avkastning på beståndsnivå utifrån tillväxtdata från unga kruklade plantor har kunnat utvecklas inom projektet men behöver valideras i ett större material.

*Av projektet utpekade kvarstående kunskapsluckor:* För att markörerna skall vara så stabila som möjligt i olika växtmaterial behöver markörerna preciseras ytterligare. Detta förutsätter en noggrannare kartering av arvsmassan i de intressanta områdena så att markörerna ligger nära de exakta gener som styr egenskaperna. För att utvärdera stabiliteten hos markörerna i olika miljöer har fältförsök etablerats även i Slovakien, Italien och Portugal under 2009. Dessa kommer att utvärderas främst med avseende på påverkan av värme och torka, men även avseende tillväxtegenskaper. Detta blir möjligt först fr.o.m. 2011. Sorter med god värme- och torktolerans kommer med hög säkerhet att bli alltmer efterfrågade i takt med att odlingsintresset i Sydeuropa ökar. Sverige bör kunna utnyttja sin erfarenhet av

Salix-förädling för att tillgodose detta, men det har inte varit möjligt att inom projektets löptid identifiera några markörer som fungerar som bra indikatorer för värme- och torktolerans.

*Kvarstår i projektet:* -

*Kontaktperson:* Sara von Arnold, Sara.von.Arnold@vbsg.slu.se,  
tel: 018-673230

### **Produktion och förädling av energigrödor inom jordbruket (projekt P22461-1 och P22461-2)**

Arton projekt beskrivs i korthet nedan under rubrikerna:

- Systemstudier och logistik.
- Odlingsfrågor – Salix.
- Odlingsfrågor – rörflen.
- Odlingsfrågor – hampa.
- Tekniska frågor relaterade till skörd av stråsäd och hampa samt småskalig bränsleförädling.

### **Systemstudier och logistik**

*Hampa som bränsleråvara (projekt 0540001-förstudie)*

*Syfte/mål:* Projektet genomfördes som en förstudie till programmet med syfte att belysa viktiga frågeställningar. Intresset för hampaodling var stort, men efter ett långt odlingsuppehåll av hampa i Sverige är emellertid kunskapen i många avseenden bristfällig. Flera av de användningsområden för hampan som idag diskuteras är också nya för landet.

*Resultat:* Realistisk avkastningsnivå för välskötta hampaodlingar på lämpliga jordar bör kunna uppgå till 10 ton torrsbstans per hektar i stamskörd, och något mer på mycket goda, bördiga mulljordar. Kostnaden för att odla fram ett hampabestånd färdigt för skörd har beräknades till knappt 5 000 kr per hektar, varav stor del utgörs av kostnader för utsäde och gödselmedel. Att skörda hampa med konventionella eller något modifierade lantbruksmaskiner är i många fall möjligt men inte optimalt. Kontakter med energibolag och andra nyckelpersoner inom biobränsleområdet visade att det finns ett stort intresse från energibolagens sida att använda hampa som biobränsle. I slutändan är det emellertid som alltid till stor del en prisfråga.

*Av projektet utpekade kvarstående kunskapsluckor:* För att säkerställa en rationell och problemfri skörd vid storskalig användning av hampa till biobränsle krävs utveckling av lämplig skördeteknik. För att kunna optimera utnyttjandet av hampa som biobränsle behövs ytterligare och fördjupad kunskap inom ett flertal områden, till exempel näringsbehov, effekten av olika odlingsåtgärder, passande sorter, skörde- och hanteringsteknik samt förbränningsegenskaper.

*Kontaktperson:* Martin Sundberg, martin.sundberg@jti.se, tel: 018-303324

### *Halm som energikälla (projekt 050001-förstudie)*

*Syfte/mål:* Syftet var att ge en översikt över dagens teknik för bärgning, transport och eldning av halm i små- och storskaliga system, samt att föreslå olika forsknings- och utvecklingsinsatser för att öka den framtida användningen av bränslehalm i Sverige.

*Resultat:* I studien beskrivs system för bärgning, transport och lagring av storbalar hackning, ihopsamling, transport och lagring av lös hackad halm. Alternativa system med fältbrikettering och system med helsädesskörd beskrivs. Danska erfarenheter samlades in via en studieresa. Kostnaderna beräknades för olika system från skörd till värmeverk. System med storbalar befanns vara billigast följt av system med mindre stora fyrkantbalar och fältbriketterad halm. Inomhuslagring påverkade kostnaderna i väsentlig grad. Fältbriketterad halm får kostnads fördelar vid långa transporter och inomhuslagring p.g.a. hög volymvikt som ger ett högt utnyttjande av transportfordonen respektive lagret.

Vid förbränning av halm leder en för hög fukthalt till driftstörningar i den utrustning som hanterar halmen, samt ojämn förbränning i pannan. Aska med en för låg smältpunkt riskerar att smälta i pannan och bilda slagg som ger driftstörningar.

Förädlingsmöjligheter som brikettering, pelletering, pulver och nyare teknik såsom förgasning, flash-pyrolys, stirlingmotorer, ångmaskiner och användning av halm som råvara till etanol, metanol, DME eller Fischer-Tropsch-diesel beskrivs översiktligt. Tekniken för hantering och eldning av bränslehalm fungerar tillfredsställande idag och kostnaderna är konkurrenskraftiga.

*Av projektet utpekade kvarstående kunskapsluckor:* Fokus bör ligga på informations- och demonstrationsprojekt, hanteringskostnader och bärgningssäkerhet, bränslekvalitet, förädling och askhantering. För att snabbt öka användningen av bränslehalm behövs därför olika informationsinsatser, och även demonstrationsanläggningar, vilka kan tjäna som goda praktiska exempel. För att öka halmanvändningen även i områden med sämre bärgningsförutsättningar, behöver studier genomföras när det gäller relationen mellan hanteringskostnader och bärgningssäkerheten mellan olika år. Dessutom behövs fördjupade studier om hur olika faktorer (regn, dag, jordart, m.m.) påverkar bränslekvaliteten, och metoder tas fram för säkra och snabba mätningar av olika kvalitetsegenskaper. Då halm är en relativt billig råvara, bör möjligheterna till att förädla halmen och/eller använda den i nya tekniska applikationer studeras mer ingående. Slutligen bör alternativa sätt att hantera askan, t.ex. genom inblandning i olika organiska gödselmedel, undersökas.

*Kontaktperson:* Per-Anders Hansson, Per-Anders.Hansson@et.slu.se,  
Tel: 018-67 18 77

### *Utvärdering av lösningar för effektivare transport av helsäd och andra stråbränslen (projekt V0840053)*

*Syfte/mål:* Olika lösningar som bygger på idag enkel och tillgänglig teknik tillämpad för transport av helsäd och andra stråbränslen utvärderas i ett projekt med syfte att halvera kostnaderna. Exempel på lösningar är att utnyttja teknik från avfallsbranschen som stationära och mobila komprimatorer. Bredvid teknik för

kompaktering inventeras materialförsluter vid hantering och kostnaden beräknas uppdelad på olika poster.

*Resultat:* En litteraturstudie är delvis genomförd i form av en screening av möjliga tekniska lösningar som finns för att effektivisera lastning och transport av helsäd och andra stråbränslen. Screeningen utförs från en framtagna kravspecifikation där parametrar som ekonomi, energi och teknikens tillgänglighet ingår.

*Kvarstår i projektet:* Komprimeringsförsök med utvald teknik ska genomföras. Slutrapport december 2011.

*Kontaktperson:* Andras Baky, andras.baky@jti.se, Tel: 010-516 69 22

#### *Kostnader, tillgångar och kvalitet hos bränslehalm (projekt H0640048)*

*Syfte/mål:* Att ta fram en dynamisk simuleringsmodell för kostnader, tillgångar och kvalitet hos bränslehalm och hur detta påverkas av lokala variationer i väderlek och geografi samt val av hanteringssystem.

Syftet med detta projekt var att öka kunskaperna om förutsättningarna för bärgning och hantering av halm från fält till panna, och att sedan tillämpa dessa kunskaper för att utveckla en dynamisk simuleringsmodell med vars hjälp olika logistiksystem kan analyseras. Projektet delades upp i tre delar, där den första delen bl a handlade om tillgångar och skördetidpunkter, den andra delen om halmens kvalitet relaterat till dess fuktegenskaper, och den tredje om kostnads- och prestanda-analys av olika logistiksystem med hjälp av datorsimulering.

*Resultat:* Tillgänglig halmmängd för bränsleändamål har uppskattats till knappt 1 miljon ton/år, motsvarande 3-4 TWh/år. Halmöverskottet finns i Skåne, Östergötlands, Västra Götalands, Uppsala, Västmanlands, Södermanlands, Örebro och Stockholms län. Halmens jämviktsvattenhalt mättes med resultatet att den når 18 % vid en relativ luftfuktighet på 85-90 %. Detta bekräftar att man bör undvika pressning av halm med vattenhalt över 18 %. En dynamisk simuleringsmodell har tagits fram som är ett effektivt verktyg för att analysera olika logistiksystem. Genom att kombinera olika moduler kan man simulera en mängd olika typer av scenarier för biobränslehantering.

*Kontaktperson:* Daniel Nilsson, daniel.nilsson@bt.slu.se, Tel: 018-67 35

#### *Optimal pellets och brikett – en systemstudie med framtidsperspektiv (projekt V0640015)*

*Syfte/mål:* Arbetets syfte var att genomföra en kartläggning av egenskaperna för system baserade på olika råvaror och tekniker med målet att finna de system som har potential att producera pellets och briketter till så låg kostnad och så hög energiverkningsgrad som möjligt. Vidare kommer beräkningar göras för ett antal troliga framtidsscenarier, när det gäller råvaru- och produktionskostnader.

*Resultat:* I en systemstudie om pelletering och brikettering av jordbruksråvaror i ett 5-årsperspektiv dras slutsatserna att de mest intressanta jordbruksråvarorna för storskalig produktion av pellets är Salix och rörflen. De har konkurrenskraftiga priser och acceptabla förbränningsegenskaper. Halm har låg produktionskostnad men allvarliga askrelaterade problem. Hampa har för höga produktionskostnader

för att vara intressant. Drank och rapsmjöl har ett högre alternativvärde som proteinfoder. Avrens kan vara intressant i en mix med andra, mer problemfria, råvaror. Kostnadsberäkningar resulterade i att produktionsskalan har stor betydelse för kostnaderna. Småskalig pelletering förutsätter billiga råvaror och högt utnyttjande för att vara lönsam. Oftast är det billigare att brikettera.

*Kontaktperson:* Per-Anders Hansson, per-anders.hansson@bt.slu.se,  
Tel: 018-67 18 77

*Jordbruket som leverantör av åkerbränsle till storskaliga kraftvärmeverk - Fallstudie Värtan (projekt H0640055)*

*Syfte/mål:* Logistik av Salix och halm har studerats i ett projekt där förutsättningarna för lantbrukare att leverera åkerbränslen till stora värmeverk undersökts i form av en fallstudie.

*Resultat:* Ett antal alternativa logistikkedjor för halm och Salix studerades och kostnaderna beräknades för två olika transportavstånd. Resultaten visade att halm i balform och Salix i flisad form gav bäst ekonomi, med 150 kr/MWh för halm och 190 kr/MWh för Salix vid transport med tåg. Lastbil var billigast för halm vid båda transportavstånden och för Salix vid det kortare. Båda bränslena är känsliga för transportkostnader och dessa kan sänkas genom ökad volymvikt, samtidig hantering av andra bränslen samt färre hanteringssteg.

*Av projektet utpekade kvarstående kunskapsluckor:* Kritiska faktorer för att åstadkomma storskalig, effektiva logistikkedjor är investeringar i hanteringsteknik samt flexibla terminaler där bränslet kan hanteras. För att minimera störningar i leveranserna rekommenderas lämpliga avtalstider och övergripande samordning.

*Kontaktperson:* Maya Forsberg, maya.forsberg@jti.se, Tel: 018-30 33 62

### **Odlingsfrågor – Salix**

*Gödsling av Salix – gödslingseffekt i nya sorter och vid nya gödslingsstrategier (projekt V0740012)*

*Syfte/mål:* Projektet syftar till att studera gödslingseffekt och att undersöka hur nya gödslingsstrategier påverkar tillväxt och därmed ekonomin i odlingen.

*Resultat:* Gödslingseffekten vid tre gödslingsstrategier och delvis nya sorter har kvantifierats genom biomassemätningar och visat på stora skillnader i tillväxt mellan olika givor. Värdet av gödslingen beräknades och resultaten har, tillsammans med resultat från tidigare försöksserier, använts för gödslingsrekommendationer.

Gödslingsförsöken motiverar en högre gödslingsnivå än vad som tidigare rekommenderats, förutsatt att lantbrukaren säljer till ett pris som motsvarar värmeverkets prissättning minus verkliga skörde- och transportkostnader. Gödslingen måste anpassas till lokala förutsättningar och salix-sort. Det är ofta lönsamt att gödsla även gamla odlingar med låga givor.

*Kontaktperson:* Pär Aronsson, par.aronsson@vpe.slu.se, Tel: 018-67 25 67



*Uppbrytning av en äldre Salixodling – maskininsats och förfruktseffekt vid olika brytningsmetoder (projekt V0840058)*

*Syfte/mål:* Att kvantifiera åtgång av tid och drivmedel för två olika metoder att bryta en äldre Salixodling och att kvantifiera metodernas inverkan på nästa gröda, genom praktiska försök och intervjuer med odlare.

*Resultat hittills:* De två olika metoderna visar stor skillnad i tids- och bränsleåtgång. Vid djupfräsning var bränsleåtgången mellan 3 och 6 gånger högre, och tidsåtgången mellan 3 och 5 gånger högre än vid ytfräsning följt av tallriksharvning.

*Kvarstår i projektet:* Projektet är framskjutet ett år och kommer att slutrapporteras under 2012. Utvärdering av nysådd av olika grödor på den uppbrutna marken kommer att ske samt en enkätundersökning av lantbrukares erfarenheter genomförs.

*Kontaktperson:* Nils-Erik Nordh, Nils-Erik.Nordh@vpe.slu.se, Tel: 018-67 25 6122.

*Långsiktig avkastning och odlingssäkerhet i Salixodlingar i relation till skördeintervallens längd (projekt H0840063)*

*Syfte/mål:* Syftet är att öka kunskapen kring hur skötselåtgärder i Salixodlingar påverkar avkastning och odlingssäkerhet på lång sikt. Effekterna av omdrevstider på 3 respektive 4 år jämförs i planteringar anlagda 1990 respektive 1994.

*Resultat:* Uppmätt biomassa visar att 3-åriga omdrev gav mer ackumulerad biomassa och lägre stoldödlighet än 4-åriga omdrev. Man tror att 4-årigt omdrev gav nedsatt produktion pga ökad stoldödlighet då konkurrensen om ljus ökar med ökad mängd stående biomassa. Slutsatsen är att för en given planttäthet och bördighet bör längden på skördeintervallen anpassas så att täthetsberoende plantdödlighet minimeras. I dessa försök med en planteringstäthet på 20 000 sticklingar/ha bör skörd genomföras då den stående biomassan närmar sig 30 ton TS/ha. Om nya kloner med snabbare tillväxt börjar användas kan förutsättningarna ändras igen.

*Av projektet utpekade kvarstående kunskapsluckor:* Frågor som kvarstår är hur andra tillväxtfaktorer såsom klonval, gödsling, nederbörd och konkurrens om ljus pga ökad mängd biomassa samspelar med omdrevstid och påverkar avkastningen. För att kunna dra generella slutsatser krävs att systematiska trender kan påvisas.

*Kvarstår i projektet:* Slutrapport 2012.

*Kontaktperson:* Theo Verwijst, theo.verwijst@vpe.slu.se, Tel: 018-67 25 5022

*Ny teknik för bestämning av stående biomassa i energiodlingen (projekt V0840052)*

*Syfte/mål:* Projektet syftar till att med ny teknik och avancerad mjukvara ta fram en enkel, billig och oförstörande metod för att skatta mängden biomassa i växande Salix. Fjärranalys med obemannade flygplan (UAV) jämförs med 3D-modeller från lasermätningar med helikopter samt klassiska fältmätningar av skottdiameter. Slutligen kommer metoderna att jämföras med resultatet från avverkning. Ur marknadsekonomiska aspekter är det fördelaktigt att veta hur mycket som växer

på fältet innan det skördas, dels för att köparen ska kunna säkerställa en viss mängd material och dels för att säljaren ska få möjlighet att själv kontrollera den mängd som faktiskt säljs. Det är även intressant att få nya metoder att utvärdera Salixtillväxten över tiden för att utvecklingen av Salixodling ska ta ny fart.

*Resultat:* Två flygningar med UAV har genomförts. Resultaten från de spektrala (färg) analyserna visar att det går att se skillnader mellan olika Salixkloner. Även om fälten består av flera kloner går det att särskilja klonerna på färgskillnaden. Bättre tillväxt vid dräneringsledningarna syns tydligt i bildmaterialet liksom viltangripen Salix.

*Av projektet utpekade kvarstående kunskapsluckor:* Om fortsatta studier är nödvändiga beror bland annat på hur bra de blir och om det finns intresse av att automatisera någon process i så fall, samt hur representativa de är för respektive klon.

*Kvarstår i projektet:* Databearbetning och utvärdering återstår, samt slutrapport i slutet av 2011.

*Kontaktperson:* Anna Rydberg, anna.rydberg@jti.se, Tel: 018-30 33 5522

*Planteringstidpunktens betydelse för etablering, tillväxt och överlevnad i Salixodlingar (projekt H0640040)*

*Syfte/mål:* Syftet med studien har varit att undersöka hur planteringstidpunkten påverkar överlevnad och tillväxt hos salixplantor och om planteringssäsongen för salix kan förlängas under sommaren och ända till senhösten utan att odlingen får en sämre start. En förlängd planteringssäsong skulle leda till ett mer effektivt utnyttjande av planteringsmaskinerna.

*Resultat:* Resultatet visar att plantering av salix bör ske så tidigt som möjligt på våren för att få de bästa förutsättningarna för en lyckad odling. Vid den tiden är markfukten god och växtsäsongen blir så lång som möjligt. Plantering av salix kan ske med godkänt resultat fram till mitten på juni. Vid plantering i juli eller senare minskar överlevnad och tillväxt så mycket att etableringen av odlingen löper stor risk att misslyckas. Höstplantering av Salix är inte möjlig.

*Kontaktperson:* Nils-Erik Nordh, Nils-Erik.Nordh@vpe.slu.se, Tel: 018-67 25 6122

## **Odlingsfrågor – rörfilen**

*Rörfilen – växtförädling, sortframställning och utsädesproduktion (projekt V0640005)*

*Syfte/mål:* Projektet har som syfte att ta vara på det växtmaterial som för tagits fram inom det förädlingsprogram som Svalöf Weibull AB bedrivit för förädling av rörfilen för industri- och energiändamål sedan 1989. Arbetet genomförs med urval i redan etablerade planteringar, plantering i polycross för produktion av utsäde till fältförsök med olika förädlingslinjer, förökningar för produktion av utsäde till större fältförsök, samt fältförsök med förädlingslinjer och nummersorter där dessa utvärderas. För de mest intressanta nummersorterna påbörjas också en förökning med målsättning att introducera sorterna på marknaden.

*Kontaktperson:* slutat på SLU

*Rörflen – sortframställning och utsädesproduktion (projekt V0840059)*

*Syfte/mål:* Detta projekt avser att i fältförsök prova de olika linjer av rörflen som finns vid Svalöf Weibull AB och som är frukten av ett förädlingsarbete som under perioden 1989 - 2005 bedrivits vid företaget. Med finansiering från SLF har vi under 2006 och 2007 kunnat skörda fältförsök med nya linjer, sått ett nytt avkastningsförsök 2006, samt förökad utsäde från intressanta linjer. Detta projekt utgör en fortsättning på den verksamheten och innebär skörd av försöket som anlades 2006, samt insådd av avkastningsförsök med avancerat material på två platser, samt insådd av linjer i ett enklare urvalsörsök på en plats.

*Kvarstår i projektet under 2010:* Slutrapport juni 2011.

*Kontaktperson:* slutat på SLU.

*Rörflen – sortframställning och utsädesproduktion (projekt V0840070)*

*Syfte/mål:* Detta projekt avser att i fältförsök prova olika linjer av rörflen som finns vid Svalöf Weibull Seed och som är frukten av ett förädlingsarbete som under perioden 1989-2005 bedrivits vid företaget. Under 2006-2008 har skörd och nyanläggning skett av fältförsök med olika linjer, samt förökning av utsäde från intressanta linjer. Detta projekt utgör en fortsättning på den verksamheten.

*Kvarstår i projektet:* Slutrapport juni 2011.

*Kontaktperson:* Cecilia Palmberg, Cecilia.Palmberg@njv.slu.se,  
Tel: 090-786 87 1322

## **Odlingsfrågor – hampa**

*Produktion och karakterisering av hampa som råvara för fasta biobränslen (projekt H0640028)*

*Syfte/mål:* I projektet fanns ett antal delmål som skulle belysa inverkan på bränslekvaliteten, såsom skördetidpunkt (höst-/vårskörd), jordtyp (mineral-/mulljord), hampasort (fiber-/oljehampa) och skördeteknik (repning/ingen repning). Dessutom studerades lämpliga förbehandlingsmetoder (kvarntyp) för brikett- och pelletsproduktion.

*Resultat:* Av tre jämförda skördemetoder har man i projektet erfarit att andelen ogräs som följde med vid skörden hade avgörande betydelse för askhalt och asksmältpunkt. Därför rekommenderar man att vårskörd sker innan ogräset börjat växa, vilket kan vara problematiskt om inte fältet hunnit torka upp. Analys av det rena hampamaterialet visade tydligt att kvalitén förbättrades i vinter- och vårskördat material jämfört med höstskördat. Spridningen i kväve- och svavelhalt i både höst- och vårskördat material varierade dock ganska mycket. Asksmältpunkten var hög både i höst- och vårskördad hampa. Sönderdelningsförsök visade att vårskördad hampa går att riva och mala i utrustning designad för träbaserade material. Briketteringsförsök genomfördes med slutsatsen att hampa går att brikettera i en linje avsedd för träbaserade material. En del ombyggnad av inmatningssystemet krävs dock för att undvika att materialet trasslar in sig i transports kruvar. Bri-

ketterna eldades malda i en pelletbrännare. Låg densitet hos hampabränslet gjorde det svårt att mata in tillräcklig mängd, men i övrigt var CO och andel oförbränt i bottenaska jämförbart med pelleteldning. Dock återfanns 5 % sintrat material i bottenaskan. En ekonomisk jämförelse mellan hampa och rörflen visade att odlingskostnaderna måste sänkas ordentligt för hampa för att kunna konkurrera med rörflen. Även täckningsbidrag för samtidig skörd av biobränsle och frö har beräknats, men resultatet är svårt att bedöma då marknaden för hampafrö är liten i Sverige.

*Kontaktperson:* Michael Finell, michael.finell@btk.slu.se, Tel: 090-786 87 96

### **Tekniska frågor relaterade till skörd av stråsäd och hampa samt småskalig bränsleförädling**

*Utvärdering av metoder för vårskörd av stråbränslen (projekt V0840057)*

*Syfte/mål:* Syftet är utvärdering och demonstration av nya metoder för vårskörd av olika stråbränslen, främst hampa och rörflen, där materialet direktskördas på rot samtidigt som det pressas i stora fyrkantsbalar. Projektet har även delfinasierat ett examensarbete som och beskriver olika tänkbara metoder och tekniker för vårskörd av hampa samt redovisar spillförluster vid vårskörd av hampa när tvåstegsskörd i form av strängläggning och balning tillämpas med några olika typer av maskiner.

*Resultat:* I Österrike har befintlig teknik för vårskörd av elefantgräs provats av SLU Alnarp i hampa. Metoden ser ut till att kunna reducera skördeförlosterna från ca 40 % till ca 25 % genom lägre spill. Tekniken består av självgående fyrkantspressar med majsskärbord och den är ursprungligen utvecklad för vårskörd av bl.a. elefantgräs. Beräknade spillförluster visar att hampan inte ska läggas på marken innan pressning och att det är viktigt att optimera stubbhöjden.

*Av projektet utpekade kvarstående kunskapsluckor:* Kunskapsluckor kvarstår kring vad som är optimal stubbhöjd vid vårskörd av hampa, bla. är vattenhalten högre längst ned i plantan. För ännu lägre stubbhöjd krävs modifierade majsbord. De positiva erfarenheterna från minskat spill vid vårskörd av hampa på rot, i Österrike, bör verifieras via skörde försök i Sverige och då både i rörflen och hampa.  
*Kontaktperson:* Sven-Erik Svensson, sven-erik.svensson@ltj.slu.se, tel: 040-415134

*Småskalig brikettering av hampa (projekt 064001)*

*Syfte/mål:* Syftet var att belysa produktionskostnader, teknik och marknadspotential för småskalig förädling av hampa genom brikettering.

*Resultat:* I rapporten beskrivs produktionskedjan från odling och skörd till småskalig brikettering på Gudhems kungsgård i Västergötland. Befintlig teknik för produktionskedjan beskrivs översiktligt, inklusive tre tekniker för brikettering. Beräknade produktionskostnader för hampabriketterna låg strax under eller i nivå med marknadspriset på träbriketter. Största kostnadsänkningen ansåg man kunna åstadkomma vid odling (billigare utsäde), skörd (maskiner anpassade för hampa) och lagring (befintliga byggnader). Hampaodling kan även ge ekonomiska fördelar genom minskad kostnad för jordbearbetning före sådd. Marknaden för hampa-

briketter bedömdes som god för småskalig tillverkning och bäst lönsamhet utgjordes av småskalig eldning, exempelvis braskaminer och kakelugnar, och där försäljningen sker inom korta transportavstånd utan mellanhänder.

*Av projektet utpekade kvarstående kunskapsluckor:* Man konstaterade att det inte fanns någon dokumenterad erfarenhet av förbränning av hampa.

*Kontaktperson:* Maya Forsberg, maya.forsberg@jti.se, tel: 018-303332

*Hur samtidig skörd av halm, agnar och boss påverkar bränslekvalitén studeras genom praktiska försök. (projekt H0840065)*

*Syfte/mål:* Syftet är att klarlägga hur samtidig bärgning av halm, agnar och boss inverkar på baldensitet, avkastning, fälttorkningsförlopp och förbränningskaraktäristika. Den nytta som avses åstadkommas är ökad produktivitet vid bärgning och transport, förbättrad leveranssäkerhet, snabbare fälttorkning och enklare såbäddsberedning och minskat patogentryck i påföljande gröda.

*Resultat:* Fyra tröskningar har genomförts varav två med tröskan inställd så att agnar och boss blandas in i halmsträngen. Halmsträngen med agnar och boss blev initialt torrare än den utan, och mängden bärgade skörderester ökade med 14 %. Dessa skillnader ledde dock inte till märkbara skillnader i balvikt eller baldensitet och inte heller till märkbara skillnader i förbränningsegenskaper. Askhalten ökade med 1 % när agnar och boss skördades.

*Kontaktperson:* Gunnar Lundin, gunnar.lundin@jti.se, Tel: 018-30 33 56

### **Tågtransport och terminalhantering av Salix – Förstudie (projekt P31721-1)**

*Syfte/mål:* Det övergripande syftet med denna förstudie är att bidra till en ökad samordning av biobränslen från skog och åker vid tågtransport och terminalhantering. Ett mål var att sammanställa slutsatser till nytta för lantbrukets aktörer om samordningsmöjligheter av bränsleflödena mellan agrara bränslen (i synnerhet flisad och buntad Salix) och skogsbränslen. Vidare att sammanställa slutsatser om utformning av effektiva terminaler samt relaterade kostnader. *Resultat:* Projektet drog slutsatsen att det vid tågtransport och terminalhantering av större flöden av biobränsle är mest ekonomiskt fördelaktigt att utforma stora terminaler med fasta investeringar för effektiv hantering. Flisad Salix kan vid eventuell tågtransport hanteras med samma hanteringsutrustning som skogsflis med likvärdiga kostnader. Detsamma gäller vid transport av briketterad eller pelleterat åkerbränsle, med skillnaden att en container med tak kan krävas då materialet är torrare. Eventuella buntar av grot eller Salix bör kunna hanteras med infrastruktur som används för rundved med vissa anpassningar.

*Av projektet utpekade kvarstående kunskapsluckor:* För transport av stråbränslen i balform, såsom halm och rörflen, finns tågagnar och utrustning att använda, men mer anpassning krävs för att en bra helhetslösning ska nås. En tillräckligt hög volymvikt krävs för ett bra lastutnyttjande, och lösningar för effektiv lastning och lossning behöver studeras närmare. Avgörande för att hitta smarta kostnadseffektiva transportlösningar från åker/skog till anläggning är samarbete mellan involverade parter.

*Kontaktperson:* Maya Forsberg, maya.forsberg@jti.se, Tel: 018-30 33 62

### **Orienterande studie om ett svenskt forskningsprogram för poppel (projekt P32514-1)**

*Syfte/mål:* Projektet skall ge ett underlag för beslut om en eventuell satsning på ett långsiktigt nationellt forskningsprogram för poppel som energiråvara. Studiens mål är en analys av möjligheterna till en storskalig, lönsam odling av poppel i Sverige med en tydlig tyngdpunkt på energirelevans och marknadsmöjligheter. Analysen skall innefatta frågeställningar avseende odlingsmaterial, odlingsystem, marknad och ekonomi samt miljö och opinion. Om utredningen finner att motiv finns för ett nationellt forskningsprogram skall ett förslag på hur ett sådant program kan se ut tas fram.

*Resultat:* Utredningen konstaterar att poppelodlingar idag finns kommersiellt etablerat i många länder, t.ex. Kina, Frankrike, Turkiet, Italien, Tyskland och Spanien. I Sverige finns idag endast ca 2000 ha poppel och hybridasp att jämföra med ca 13 000 ha Salix. För att nå ett biomassauttag från poppel och hybridasp motsvarande 10 % av dagens uttag av grot och skogsflis, beräknar utredningen ett arealbehov på i storleksordningen 20 – 25 000 ha. Utredningens generella slutsatser är att både Salix och Populus är högintressanta kandidater för odlingsystem med inriktning på hög produktion av biomassa. Popplel och hybridasp har mycket hög tillväxt och att lämpar sig för odlingsystem med inriktning på biomassa. En fördel är att deras trädformade växt ger möjligheter till avsättning på flera användningsområden. Ytterligare en specifik faktor är att den maximala omloppstiden för energigrödor vid odling på åkermark föreslås sättas så högt som 20 år, vilket gör att poppel och hybridasp skulle godkännas som energigröda med de ekonomiska fördelar detta innebär.

De beräkningar som utredningen gjort pekar på att poppel och hybridasp är de effektivaste energigrödorna ur energi- och klimatsynpunkt som idag finns tillgängliga. Med denna huvudpunkt som bakgrund identifierar projektet ett antal områden där FoU-insatser är viktiga för att realisera potentialen. I elva punkter redovisas insatser inom förädling/föryngring, odlings-, skötsel- och skördesystem som styr mot olika slutprodukter, studier av tillgängliga arealer och odlingssystemens klimat- och energinytta samt utveckling av besluts- och informationsstrukturer som kan säkerställa att kunskapen och incitamenten för poppelodling omsätts på ett effektivt sätt. Ett inledande forskningspaket för att snabbt kunna öka arealen poppelodlingar föreslås. Paketet föreslår aktiviteter inom följande områden:

- Framtagning av testat odlingsmaterial av godtagbar kvalitet för mellersta och norra delarna av Sverige.
- Metoder för kostnadseffektiva föryngringar.
- Skötselmodeller för både planteringar och skottföryngrade bestånd.
- Miljöeffekter av storskalig odling i termer av kolinlagring, markpåverkan och sociala hänsyn.

- Kommunikation till markägare, myndigheter och allmänhet. Utredningen bedömer att detta är en ytterligt central punkt för en framgångsrik utveckling av poppel/hybridasp-odlingar.

*Av projektet utpekade kvarstående kunskapsluckor: Se ovan*

*Kontaktperson: Lars Rytter, lars.rytter@skogforsk.se, tel. 0418-471304*

### **Främjande av produktion och användning av energigrödor på europeisk nivå – Encrop salixdelen (projekt P31724-1)**

*Syfte/mål:* Det övergripande målet är att främja produktion och användning av Salix för energiändamål i Sverige och Europa. Projektet genomfördes i anslutning till EU-projektet ENCROP som har samma syfte för en rad olika energigrödor.

*Resultat:* Följande uppdrag har utförts inom detta projekt:

- Ett kapitel om salix för energi har skrivits och ingår i en internationell handbok. Handboken innefattar produktion av rörflen, Salix, hampa, poppel samt åkergrödor för biogasproduktion.
- Tre svenska representanter deltog i nationella seminarier och internationella konferenser i Spanien, Finland och Polen. Presentationer om utveckling och nyttjande av salix i Sverige hölls vid dessa händelser.
- Affärsmodellen för salix i produktionskedjan ("Enköpingskonceptet") har utvärderats.
- En internationell studieresa anordnades i Enköping i februari 2010.
- Aktiviteterna anses ha bidragit till främjandet av snabbväxande grödor i Europa där produktion och användning av biobränslen säkerligen ökat, och också möjliggjort export av svensk teknologi.

Enköpingskonceptet behandlades som en kärna av projektet. Konceptet har lockat folk från hela världen. Nästan alla är överens om att konceptet innebär ett nytänkande inom hållbar utveckling. Viktigt med konceptet är att det innehåller flera värdefulla komponenter såsom: användning av lokal energikälla, återvinning av slam och aska från samhället som gödselmedel, minskning av kväveläckage till Östersjön, minskat behov av att bygga konventionella kväverenningsanläggningar, minskning av den energi som används för att hantera avfall, förbättring av markmiljön via filtration och marksanering genom att salix tar upp de föroreningar som näringsämne.

*Av projektet utpekade kvarstående kunskapsluckor: Fler aktiviteter för utveckling och främjande av konceptet krävs.*

*Kontaktperson: Shaojun Xiong, Shaojun.Xiong@btk.slu.se, tel. 090-7868778*

## **Salix - förbättrad skördeteknik/system samt attitydundersökning**

### *System för direktskörd av salix (projekt P33112-1)*

*Syfte/mål:* Målet är att utveckla ett robustare system för direktskörd av Salix med högre tillgänglighet. Minskat marktryck samt förmåga att klara grövre stammar än dagens teknik och som passar för storskalig skörd med regelbundna större flisleveranser. Tekniken ska fungera i storskalig drift i odlingsområden där man har stora värmeverk som kunder och antalet skördedagar kan maximeras. Skärbord tas fram som, efter endast mindre anpassningsarbete, ska kunna användas på vanligt förekommande fälthackar som finns på marknaden.

*Resultat:* Inom projektet har två skärbord tagits fram och fältprovats. Det ena skärbordet har tillverkats i 5 exemplar, varav ett har sålts vidare.

Ytterligare fältprovning och modifieringar kvarstår. Den djupa snön under vintern 201-2011 gjorde det svårt att sköra och att utvärdera skärborden.

*Av projektet utpekade kvarstående kunskapsluckor:* Slutrapport saknas, men projektet är rapporterat i en rapport från beställargruppen..

*Kontaktperson:* Annika Henriksson, [almhog@swipnet.se](mailto:almhog@swipnet.se), Tel: 0706-245 171

### *Teknisk förstudie salixskördare. (projekt P33083-1)*

*Syfte/mål:* Projektets mål är att ta fram förslag på koncept på system för kontinuerlig skörd och buntning av Salix. För konceptet ska prestanda, tillverkningskostnader, marknadsförutsättningar och fortsatta utvecklingsinsatser fastställas. Framtaget underlag ska sedan fungera som beslutsunderlag för de olika aktörerna inför utvecklingsetappen. Målet är att Rogbico i framtiden ska marknadsföra och sälja det utvecklade buntningssystemet.

*Resultat:* Ett tekniskt koncept för helskottsskördare med komprimering och bandning har tagits fram. Konceptet består av enheter som används inom skogsindustri och lantbruk. Den förväntas producera buntar med en vikt på ca 1 ton och en längd på minst 5 m med en kapacitet på 53 ton/timme. Kostnaden för att utveckla, konstruera och tillverka skördaren beräknas till 9 MSEK och utvecklingstiden till 12 månader. Marknadspriset för den färdiga skördaren beräknas, efter fälttester och optimering, till 6 MSEK. Behovet av antal skördare idag uppskattas till tre, och vid en areal på 50 000 ha salix till minst åtta. Kostanden från skörd till bränsleterminal blir ca 69 kr/MWh. Med dagens marknadspris på salix på ca 200 kr/MWh finns en god marginal för utveckling av denna maskin.

*Kontaktperson:* Sören Ödmark, [rogbico@rogbico.se](mailto:rogbico@rogbico.se), Marcus Johansson Tel: 076-11 65 205

### *Utvärdering av skördesystem för salix. (projekt P33211-1)*

*Syfte/mål:* Projektet ska utreda om en alternativ teknik, tidigare testad i Polen, fungerar för skörd av Salix i svenska förhållanden. Tekniken skulle kunna utgöra ett komplement till annan buntningsteknik och direktskördesystemet. Praktiska prover av skörd i normalgrov salix, hur bränslekvaliteten ändras genom torkning samt test av olika sönderdelningsmetoder för buntarna ska genomföras.



*Resultat:* Maskinen (Biobaler) fungerar väl i bestånd med ca 40-50 mm stammar (20-25 t ts/ha) vilket är klenare bestånd än vad en fälthack klarar. Materialet formas till en rundbal med samma mått som en halm/höbal. Balarna torkar under sommaren utomhus i stack utan mögelbildning. Transportkostnaden blir hög pga låg vikt på balarna. Slutsatsen är att användning av Biobaler för produktion till större värmeverk blir dyrare än skörd med fälthack även med hänsyn till att bränslet blir torrare. Biobaler lämpar sig för produktion av lagringsbart bränsle i ett relativt småskaligt system med leverans till användare som kan elda hela balar inom högst några km transportavstånd. I ett sådant system bör Biobalern kunna hävda sig väl t.ex. gentemot halm.

*Av projektet utpekade kvarstående kunskapsluckor:* Om balen ska söderdelas blir kostanden hög med dagens teknik men kan minskas med stationär flisning på värmeverk.

*Kontaktperson:* Annika Henriksson, [almhog@swipnet.se](mailto:almhog@swipnet.se), Tel: 0706-245 171

*Utvärdering av salixodlarnas erfarenheter och attityder till odling (projekt ID1342)*

*Syfte/mål:* Målet med projektet är att genom dialog och intervjuer klargöra salixodlarnas attityder och erfarenheter av att odla och leverera salixflis. Därtill att utvärdera vad som fungerar bra och mindre bra och vilka flaskhalsar och hinder som finns.

*Resultat:* En rad faktorer ligger bakom att lantbrukare inte satsar på utökad eller förnyad salixodling. Av de intervjuade uppger merparten att en viktig faktor är otillräcklig lönsamhet. Hälften av salixodlarna anser att organisationen kring skörd och leverans till kund fungerar dåligt och att skördesystemet måste utvecklas. Entreprenörerna anser att flisen betalas för lågt och att många odlingar inte gödslas och sköts på rätt sätt.

*Av projektet utpekade kvarstående kunskapsluckor:* För att öka intresset måste lönsamheten förbättras, gamla dåliga odlingar måste bort, skördesystemet utvecklas, organisationen som sköter skörden bli effektivare och informationen förbättras.

*Kontaktperson:* Susanne Paulrud, [susanne.paulrud@sp.se](mailto:susanne.paulrud@sp.se), Tel: 010-516 5905

*Skörd av salix med skogsbrukets maskiner. (projekt P33713-1)*

*Syfte/mål:* Projektet undersöker om skogsbrukets konventionella maskiner för avverkning är kostnadseffektiva vid skörd av "övergrova" salixodlingar samt belyser vilken kommersiell skoglig avverkningsteknik som är mest effektiv och har störst utvecklingspotential i detta sammanhang. Projektet genomförs i tre steg: 1) sammanställning av skogsteknik "lämplig" för salixskörd, 2) idéseminarium, 3) en fältstudie där utvald skogsteknik testas för salixskörd.

*Resultat:* Om en salixodling innehåller stammar grövre än 5-7 cm i diameter får konventionella direktflisande skördemaskiner tekniska problem. I dagsläget finns det i Sverige arealer med salix som växt sig övergrova och vid skörd av dessa kan skogsmaskiner vara ett kostnadseffektivt alternativ. Projektet visade att skördare-skotaresystem gav ett positivt netto i både normal och övergrova salix, men att drivarsystem genomgående gav ett negativt netto. Jordbruksmaskinsystemen var mer kost-

nadseffektiva i både normal, övergrov och mer övergrov salix jämfört med skogsmaskinsystemen. Skogsmaskiner utgör dock ett robust alternativ som alltid fungerar oavsett hur övergrova salixodlingarna har blivit

*Kontaktperson:*

Dan Bergström, Dan.Bergstrom@slu.se, Tel: 0730498014

*Storskalig skörd och lagring av "billets" för självtorkning och vidareförädling (projekt P33210-1)*

*Syfte/mål:* Projektet syftar till att värdera ett nytt system för skörd av Salix via ska "billets" med maskiner baserade på sockerrörsteknik. Salixen skördas i form av grövre flis, "billets", vilka lagras i stuka över sommaren. Vattenhalten sjunker från ca 55% till 35% eller lägre. Systemet utvärderas ur teknisk och ekonomisk synvinkel för eventuell tillämpning i Sverige. Tänkbar marknad i Sverige är värmeverk med krav på torr flis samt råvara till pelletstillverkning.

Tekniken kan ses som ett alternativ till dagens heta system som förutsätter direktleverans av bränslet till användarna. Billets är bränsleråvara som är lagringsbar och dessutom kan man få en upptorkning av den producerad råvaran. Lagringen kan ske rationellt och enkelt hos producenten som sedan också kan sköta leveranserna till användarna. En konsekvens är dock jämfört med dagens system att man får ett ytterligare uppberedningssteg hos användarna.

Billets kan även användas för etablering av odlingar.

*Resultat:* Systemet har studerats vid en resa till England.

*Av projektet utpekade kvarstående kunskapsluckor:* En ekonomisk kalkyl ska genomföras. rojektet är inte slutfört och rapporterat.

*Kontaktperson:* Annika Henriksson, [almhog@swipnet.se](mailto:almhog@swipnet.se), Tel: 0706-245 171

## **Torkning och huggning av flis**

*Utveckling av spåntork (projekt P32717-1)*

*Syfte/mål:* Projektets mål är ta fram en prototyp för en enkel spåntork som kan användas i ett maskinsystem för småskalig pelletering av pellets. En ökad konkurrens om torra spån-biprodukter leder till att man önskar bredda råvarubasen för den småskaliga pelletstillverkningen. Projektet ska resultera i en prototyp för en enkel spåntork. Denna ska tillverkas, provköras och utvärderas inom projektet.

*Av projektet utpekade kvarstående kunskapsluckor:* Slutrapport saknas.

*Kontaktperson:* Fredrik Malmberg, [lappestallaren@telia.com](mailto:lappestallaren@telia.com), Tel: 0151-601 65

*Hybrid Chipping Systems. Delprojekt 1 (projekt P33368-1)*

*Syfte/mål:* Projektets mål är bygga en fullstor prototyp för en flishugg som drivs med elhybridteknik istället för diesel. Energianvändningen förväntas sänkas med 30 %.

*Av projektet utpekade kvarstående kunskapsluckor:* Slutrapport saknas.

*Kontaktperson:* Daniel Kristoffersson, Tel: 0660-22 01 61

## Projektbeskrivningar – område förädling

### Metoder att mäta bränslekvalitet

#### *Karakterisering av askelement i biobränslen (projekt P 31754-1)*

*Syfte/mål:* Doktorandprojektet syftar till att ta fram kalibreringsmetoder baserade på röntgenspektroskopi för att bestämma innehåll av olika askelement i lab och i fält men även för on-lineapplikationer. Snabba och billiga metoder för askhalt och askelement samt överflyttningsbara kalibreringsmodeller ska levereras. För att åstadkomma detta behövs av kalibreringsdata från en mängd olika biomassaprover med kemiska analyser av askelement och askans egenskaper, mätningar i fält av biomaterial med varierande ursprung samt och provtagningsmetodik för säkerställande av representativ provtagning. Det behövs även information om materialets form vid XRF-mätning dvs. hur olika partikelstorlekar, densitet, fukthalt osv. påverkar XRF-spektrat. Teknikutveckling för XRF är mycket snabb och nya typer av detektorer utvecklas. Deras för- och nackdelar vid detektering av askelement (detektionsgränser, mätsnabbhet etc) behöver undersökas.

*Resultat:* Ett stort antal prover har analyserats och kalibreringsmodeller har konstruerats. XRF tillsammans med multivariat metodik tycks ha en stor potential.

*Kvarstår i projektet:* Projektet startades 2009 och förväntas avslutas 2012. Fortsättningen finansieras från annat håll än Bränsleprogrammet.

*Kontaktperson:* Mikael Thyrel, Mikael.Thyrel@btk.slu.se, Tel: 090-7868776

#### *Värmeforsk Fukthaltsmättnings-program 2006-2008 (projekt P21515-3)*

Följande projekt ingick i Värmeforsks fukthaltsmättningsprogram:

#### *Titel: Automatiserad fukthaltsmätning vid bränslemottagning (Värmeforsk-projekt I6-601)*

*Syfte/mål:* Målet har varit att ta fram en fungerande prototyp till ett automatiserat system för mätning av fukthalt i bränsleleveranser. Systemet baseras på NIR-teknik (NIR = Near InfraRed) och skall vara automatiserat så att manuell provtagning och bearbetning bortfaller. Systemet skall kunna ersätta den vanligen använda gravimetriska metoden, där manuella prover tas ut, torkas och fukthalten bestäms genom bestämning av viktförlusten.

*Resultat:* En prototyp till mätsystem konstruerades och installerades vid Eskilstuna Energi och Miljö. Mätsystemet består av en 2,5 m lång mätprob i syrafast stål med inmonterad optik, en optisk fiber samt ett FFT-NIR-instrument. Mätproben är monterad på en kranarm, och med hjälp av denna sticks proven ned i bränslet i lastbilens containers för mätning under ca 15 sekunder per stick. Normalt gjordes fem st nedstick (mätningar) i varje container. Kranarmen styrdes manuellt av lastbilens chaufför, och hårdvaran fungerade mycket bra. Även mjukvaran fungerade bra. Mycket arbete fick dock läggas ned på utveckling och anpassning av kalibreringsmodeller och spektraldiagnostik. En del av detta beror på oväntat stor inhomogenitet i fukthalten i leveranserna, vilket gav en stor osäkerhet i referensmetoden. Spridningen hos denna beräknades till ca 4,6 procentenheter,

medan NIR-metoden hade en spridning på endast ca 2 procentenheter. NIR-metoden visade sig vara avsevärt noggrannare än referensmetoden, som idag normalt används för prisavräkning mellan beställare och leverantör.

*Av projektet utpekade kvarstående kunskapsluckor:* Ytterligare kalibreringar vid fler installationer, gärna i andra delar av landet resp. med andra typer av bränslen, bedömdes önskvärda. På detta sätt erhålls ett utvidgat underlag för bedömning av NIR-systemets prestanda och dels en bättre bild av referensmetodens prestanda. För att helt utnyttja systemets möjligheter ansågs en robotisering av kranarmen önskvärd så att mätningar görs i slumpvisa positioner utan manuell arbetsinsats. Detta kräver dock en viss anpassning av systemet ur arbetsmiljö- och säkerhets-synpunkt.

*Kvarstår i projektet under 2010:* Projektet avslutades under 2008. Vidareutveckling av metoden sker dock i samarbete mellan leverantör och användare.

*Kontaktperson:* Sam Bohman, Eskilstuna Energi och Miljö, [sam.bohman@eem.se](mailto:sam.bohman@eem.se), tel. 016 – 710 23 59. Mikael Karlsson, Bestwood AB, [mikael.karlsson@bestwood.se](mailto:mikael.karlsson@bestwood.se), tel. 08 – 445 07 71.

*Titel: Standardisering av fukthaltsmätning med NIR-spektroskopi vid bränslemot-tagning (Värmeforsk-projekt I6-604)*

*Syfte/mål:* Målet har varit att identifiera och belysa de tekniska och organisatoriska avvägningar som måste beaktas innan en standard för bestämning av fukthalt med NIR-metoden kan etableras. Denna standard skall kunna accepteras av alla berörda parter för prisavräkning mellan köpare och säljare.

*Resultat:* Berörda intressenters inställning till och krav för att acceptera användning av NIR-metoden för fukthaltsbestämning kartlades genom att enkäter sändes ut till ett 80-tal respondenter. Frågorna fokuserade på repeterbarhet, representativ provtagning, praktisk hanterbarhet, relevans i precisionskrav samt trovärdighet. Utöver enkäten bearbetades frågeställningarna vid en workshop. Projektet visade att berörda intressenter i huvudsak är mycket positivt inställda till NIR-metoden som ett bättre alternativ för fukthaltsbestämning än dagens metod med torkning och vägning. Arbetet resulterade i en mätspecifikation som kan anses vara förankrad i branschen. Huvudpunkterna är följande: Precisionskravet bör vara samma som för dagens standardmetod. Normalt skall 3 + 3 stick göras i dragbil och släp, och om variansen för dessa överstiger ett visst värde skall ytterligare stick göras, dock maximalt 12 st. Mätning för leveranskroll och prisavräkning skall endast ske för de betingelser som systemet är kalibrerat för. Dessa innefattar bränsleslag, fysisk form hos bränslet samt fukthaltsintervall. Rutiner för praktisk hantering av avvikande bränsle, funktionsfel hos systemet återkallande av mätvärden samt hur kranarmen manövreras och därmed hur provpunkter väljs måste finnas.

*Av projektet utpekade kvarstående kunskapsluckor:* Den beskrivna mätspecifikationen bör utprovas i praktisk drift. Metoder för validering bör studeras ytterligare. Då mera erfarenheter från praktisk användning av mätspecifikationen gjorts, bör den i ett första steg antas som branschrekommendation eller branschpraxis. I ett senare skede kan utveckling till svensk eller europeisk standard bli aktuellt. Möj-

ligheter till att skapa ett gemensamt referensbibliotek med spektra för olika slags bränslen och av olika fukthalt bör utredas noggrant.

*Kvarstår i projektet under 2010:* Projektet avslutades under 2008. Vidareutveckling av metoden sker dock i samarbete mellan leverantör och användare.

*Kontaktperson:* Sam Bohman, Eskilstuna Energi och Miljö, [sam.bohman@eem.se](mailto:sam.bohman@eem.se), tel. 016 – 710 23 59. Mikael Karlsson, Bestwood AB, [mikael.karlsson@bestwood.se](mailto:mikael.karlsson@bestwood.se), tel. 08 – 445 07 71.

*Titel: Water content measurement of biofuel with RF directly in trailer truck containers (Värmeforsk-projekt I6-602)*

*Syfte/mål:* Målet har varit att ta fram en prototyp som kan mäta fukthalten i biobränsle med hjälp av RF-teknik (RF = radiofrekvens) direkt i containers på lastbilar vid leverans. Följande delmål ingick: att få en RF-signal att passera fram och tillbaka genom ett lass med biobränsle, att studera förhållandet mellan RF-signalen och fukthalten samt att visa hur bra RF-metoden kan mäta fukthalten i olika typer av biobränslen och i olika typer av containers.

*Resultat:* Projektets första del innefattade val av antenner och utformning av mät-rigg. Därefter gjordes drygt hundra jämförande mätningar med denna utrustning för RF-mätning, NIR-metoden från projekt I6-601 ovan samt den gravimetriska referensmetoden. Utprovningen av utrustning visade att det är möjligt att driva en RF-signal genom hela bränslemängden i en container med tillgång till endast ytan av bränslet i containern. Detta gällde både i stål- och plywoodcontainrar. Mätdata från de jämförande mätningarna utvärderades med hjälp av både multivariat analys och som beräknad dielektricitetskonstant och spridningen utvärderades i form av RMSEP (root mean square error of prediction). Minsta felet för RF-metoden, 6,5 %, vilket var något högre än för NIR-metoden, erhöles med multivariat analys.

*Av projektet utpekade kvarstående kunskapsluckor:* Möjligheterna till minskning av RMSEP genom flera mätningar med antennen i olika positioner över ytan bör undersökas. En djupare utvärdering av referensmetodens prestanda behövs för att säkrare kunna bedöma RF-metodens förutsättningar. Den senare bedöms kunna utvecklas vidare med hjälp av antennutformningar som anpassats för applikationen, avancerad signalbehandling m.m.

*Kvarstår i projektet under 2010:* Projektet avslutades under 2008. Viss vidareutveckling av metoden sker dock av Mälardalens Högskola (??)

*Kontaktperson:* Erik Dahlqvist, Mälardalens Högskola, [erik.dahlqvist@mdh.se](mailto:erik.dahlqvist@mdh.se), tel. 021 – 15 17 68.

*Titel: Forskning kring pannstyrning med on-line fukthaltsmätning på biobränsle (Värmeforsk-projekt I6-603)*

*Syfte/mål:* Projektets mål har varit att hitta styrstrategier för att stabilisera bäddtemperaturen i bubblande fluidbäddpannor genom att utnyttja kontinuerlig mätning av bränslefukthalten för styrning av bäddtemperaturen.

*Resultat:* I projektet har en simuleringsmodell över Eskilstuna Energi & Miljö AB:s biobränsleeldade BFB-panna på 110 MW byggts upp för att användas som

analysverktyg för processen och för utveckling av en MPC-regulator (MPC = Multi Predictive Control). Denna modell har kopplats ihop med dels en mätning av bränslefukthalten vid mottagning, dels en kontinuerlig NIR-mätning av fukthalten i bränslet på transportbandet in till pannan. Mätningen av leveransfukthalt möjliggör en säkrare och aktivare blandning av olika bränslepartier till en mera konstant fukthalt. Modellen har sedan använts för att studera dels hur den kontinuerliga fukthaltsmätningen kan utnyttjas för att åstadkomma en stabilare bäddtemperatur, dels hur ändringar av styrparametrarna primärluftflöde, mängden recirkulerade rökgaser samt uppfuktning av bränslet påverkar bäddtemperaturen. Resultaten visar att variationerna i bäddtemperatur kan minskas avsevärt genom att utnyttja fukthaltsmätningen. Detta i sin tur har medfört att panneffekten kunnat höjas och en ökad el- och värmeproduktion med väsentlig ekonomisk betydelse har uppnåtts. Dessutom har bättre miljöprestanda vad avser NO<sub>x</sub> och CO uppnåtts. Detta har skett genom att en MPC-regulator som utnyttjar bl.a. fukthaltsmätningen har installerats, trimmats in och tagits i kontinuerlig drift under projektet.

*Av projektet utpekade kvarstående kunskapsluckor:* Fortsatt utveckling av regleralgoritmer etc för MPG-regulatorn.

*Kvarstår i projektet under 2010:* Projektet avslutades under 2007.

*Kontaktperson:* Erik Dahlqvist, Mälardalens Högskola, [erik.dahlqvist@mdh.se](mailto:erik.dahlqvist@mdh.se), tel. 021 – 15 17 68.

*Titel: On-line NIR-fukthaltsmätning för styrning av panna i värmekraftverk (Värmeforsk-projekt I6-605)*

*Syfte/mål:* Projektets mål har varit att med on-line NIR.-teknik bestämma andelen fritt och bundet vatten i tinat och fruset bränsle och att med hjälp av dessa signaler förbättra pannstyrningen och optimera förbränningen. Ett långsiktigt mål var också att visa på potentialen hos on-line NIR-teknik för styrning av pannor.

*Resultat:* Projektet genomfördes i 47 MW CFB-panna i norra Sveriges inland för att säkerställa förhållanden med olika temperaturer och fruset resp. tinat bränsle. En NIR-spektrometer installerades på bränsleinmatningen och denna kalibrerades genom att ta ut prov som torkades och vägdes på traditionellt sätt. En reglermodell av processen togs fram där framkoppling av fukthaltssignalen användes för reglering av bäddtemperaturen. Reglermodellens prestanda jämfört med en traditionell återkopplingsmodell utvärderades och visade sig ge en jämnare och mera robust reglering av bäddtemperaturen. Det krävs dock ett relativt omfattande lokalt kalibreringsarbete för att ge stabila korrelationer mellan NIR-spektra och bränslefukthalt under olika temperatur- och frysningsförhållanden.

*Av projektet utpekade kvarstående kunskapsluckor:* Reglermodellen bör kunna utvecklas vidare bl.a. avseende snabbhet. Vidare bör en komplett implementering av mät- och reglersystemet genomföras och långtidsutvärderas i en eller flera anläggningar för att den verkliga vinsten skall kunna kvantifieras.

*Kvarstår i projektet under 2010:* Projektet avslutades under 2008.

*Kontaktperson:* Torbjörn Lestander, torbjorn.lestander@btk.slu.se, Tel: 090-786 87 95

## **Produktion av pellets**

*Produktionsteknisk plattform för svensk pelletsindustri (Pelletsplattformen, projekt P20569-3)*

*Syfte/mål:* Huvudmålet för Pelletsplattformen är att åstadkomma effektivare teknik, process och lagring för försörjning av bränslepelletts, som tillgodoser olika användares behov och som är avpassade till utvecklingen inom förbränningsteknikens område.

*Resultat:* FoU-arbetet har skett i huvudsak inom fem insatsområden:

- Nya råvaror för pelletstillverkning (vidgad råvarubas)
- Effektivare pelleteringsteknik och -system
- On-lineteknik för styrning av processer
- Effektivare pelletslagring
- Pellets kvalitet och pelletsklassificering

Forskargruppen har använt experimentellt designade försök i lab- och pilotskala samt i fabrikskala för att utreda och kvantifiera den komplexa samverkan mellan många faktorer. En ny pelleteringslinje från Buhler har installerats på BTC. I denna linje ingår kvarn, konditioneringsutrustning och pelletspress. Nybyggnad av testrigg i bänkskala på för avancerade pelleteringsstudier har genomförts.

Industriförsök har genomförts vid Laxå Pellets, Lantmännen Agroenergi (2 st), SCA Bionorr, Bioenergi i Luleå (3st), Skellefteå Kraft och Derome. I dessa försök har rötved, energived, obarkad färsk energived (tall, gran, björk), lignin, stärkelse och rapskaka undersökts. I sju av de hittills nio genomförda industriförsöken har råvarublandningar varit i fokus.

Pelletplattformens arbete redovisas i en egen syntesrapport, som för närvarande är under färdigställande. Nedan redovisas i punktform de aktiviteter som ingått.

### **Vidgad råvarubas:**

#### *Pilotförsök vid BTC-anläggningen*

*Lagringsförsök med tallspån kombinerat med friktionsstudier vid olika lagringstid och fukthalt*

Friktionsstudier av tallspån lagrat vid fem olika tider och med tre olika fukthalter samt studier av förändring av temperatur och nedbrytning av extraktivämnen med tid.

#### *Pelleteringsförsök med tallspån vid olika lagringstid och fukthalt*

Pelleteringsstudier av tallspån där effekten av fukthalt och lagringstid på pellets-kvaliteten studerats.

*Pelletering av blandningar av två olika torvmaterial med spån respektive energived samt efterföljande förbränningsstudier*

I samarbete med Luleå Tekniska Universitet och ETC, Piteå har pellets från blandningar av två olika torvmaterial med spån respektive energived producerats med efterföljande studie av förbränningsegenskaperna. *Pelleteringsförsök med inblandning av tre olika typer av lignin i spån*

Pelleteringsförsök har genomförts där effekten av olika inblandningsgrader av tre olika ligninmaterial i spån studerats med avseende på pellets kvalitet och energiåtgång.

*Två pelleteringsförsök med inblandning av rapskaka i spån*

Två pelleteringsförsök har genomförts där effekten av olika inblandningsgrader av rapskaka i spån studerats med avseende på pellets kvalitet och energiåtgång.

*Pelleteringsförsök med inblandning av fuktig torv i spån*

Ett pelleteringsförsök har genomförts där effekten av inblandning av fuktig torv (30-60%) i spån studerats med avseende på pellets kvalitet och energiåtgång. Status: Resultat avrapporterat och rapportskrivning pågår.

*Pelleteringsförsök med inblandning av stärkelse i spån*

Pelleteringsförsök har genomförts där effekten av inblandning av potatisstärkelse (0-2%) i spån studerats med avseende på pellets kvalitet och energiåtgång.

*Pelleteringsförsök med inblandning av nya additiv i spån.*

Pelleteringsförsök har genomförts där effekten av inblandning av nya additiv (0-2%) i spån studerats med avseende på pellets kvalitet och energiåtgång.

*Pelletering av stamved respektive grot från contortatall.*

Ett pelleteringsförsök har inletts där färsk och lagrad stamved respektive grot från contortatall studeras med avseende på pellets kvalitet och energiåtgång.

*Försök vid olika pelletsfabriker*

*Inblandning av lövved och rötskadad granved i råvarumixen*

Fullskaleförsök vid Lantmännen Agroenergis pelletsfabrik i Malmbäck.

*Inblandning av energived i råvarumixen*

Fullskaleförsök vid Laxå Pellets fabrik i Laxå.

*Inblandning av etanollignin vid pelletstillverkning*

Fullskaleförsök i Luleå.

*Optimeringsförsök av tork-/malningsprocess hos SCA Bionorr*

Fullskaleförsök i Härnösand.

*Effekt av smulåterföring på pellets kvalitet och energiåtgång.*

Fullskaleförsök vid Lantmännen Agroenergis pelletsfabrik i Malmbäck.

*Björk-, gran- och tallblandning vid pelletering*



Fullskaleförsök vid Skellefteå Krafts anläggning i Storuman.

*Inblandning av rapsexpeller i råvarumixen*

Fullskaleförsök vid Derome i Kinnared.

*Inblandning av lignosulfonat, potatisstärkelse och dalumstärkelse vid pelletstillverkning*

Fullskaleförsök i Luleå.

*Produktion av stärkelse- resp. lignosulfonatpellets för förbränningsförsök i FUP*

Produktion av 50 ton av resp. pellets.

### **Pelleteringsteknik:**

*Pelletering av spån och ren cellulosa vid höga temperaturer*

Vi jämförde pelletering av färskt tallspån med ren cellulosa (dissolvingcellulosa) vid olika temperaturer (80-200 °C) och fukthalter (6-10 %) i laboratorieskala.

För att testa om ren cellulosa kan användas som bindemedel blandades upp till 2 % mald cellulosa in i råvarumixen i pilotförsök vid BTC-anläggningen.

*Pelletering av extraherad ved*

Inverkan av spånfukthalt (6 och 12 %), pelleteringstemperatur (100 och 180 °C) och presstryck (70 och 150 MPa) på pelletsdensitet och -hållfasthet för färskt tallspån och extraktivämnesfritt tallspån undersöktes i laboratorieskala. Samarbeta med D. Bergström, Skoglig planering och teknologi, SLU.

*Korrelation mellan krosstest av enskild pellets och ”vanligt” hållfasthetstest*

Vid pelletering i den s.k. ”enpetaren” så kan man inte mäta hållfastheten på de producerade pelletarna på samma sätt som man gör med industriellt producerade pellets. I stället mäter man kraften som krävs för att kollapsa en liggande pellet. Frågeställningen är om det finns någon korrelation mellan denna testmetod och vanlig hållfasthetstestning. Vi testar därför BTC-pellets med varierande hållfasthet/densitet genom att krossa ett antal pellets och mäta kraften för detta. Samarbeta med T. Ulvcrone, SLU, Vindelns försöksparker.

*Torkning av etanollignin i tornadotork*

Ligninet som blir kvar efter etanoltillverkning i etanolpiloten i Övik har en fukthalt på 50-55 %. För att kunna mata in materialet som ett pulver före pelletspressarna krävs att man torkar det till 10-20 % fukthalt. Under mars 2009 har vi testat tornadotorkning av materialet tillsammans med FibreTornado AB i Skelleftehamn. Utvidgning av samarbetet med Airgrinder AB är på gång för att göra mer detaljerade studier.

*Retentionsskruv för ökad kapacitet och förhöjd kvalitet*

Genom att behandla råvaran i en s.k. retentionsskruv under en bestämd tid vid förhöjd temperatur hoppas vi kunna öka produktionen och förbättra kvaliteten på de producerade pelletarna. Försöket görs i pilotskala på BTC-anläggningen.

## **Aktiviteter integrerade mellan Pelleteringsteknik och -system samt Effektivare lagring**

### *Elektronbestrålad spån – pelletsegenskaper*

Torkat tallspån EB-behandlades för att aktivera och/eller förändra vedkomponenterna. Det undersöks om behandlingen påverkar fett- och hartssyror i råvaran samt densitet och hållfasthet hos pellets som produceras av materialet. Samarbete med Leibniz Institute for Surface Modification.

### *Mikrovågstorkat spån – pelletsegenskaper*

Färskt tallspån har torkats med mikrovågsbehandling till olika slutfukthalter. Effekten på andelen fett- och hartssyror undersöktes samt också om det blir några skillnader i pelletsegenskaperna hos MW-torkat material jämfört med vanligt ugnstorkat material. Samarbete med L. Antti, LTH, Skellefteå.

### *Dammätning i Skellefteå*

Vid pelletsfabriken i Skellefteå har personalen upplevt hälsoproblem såsom rinnande näsa, hosta etc. som tros härröra från trädammet i fabrikslokalerna. Under tiden 2008-12-03 till 2008-12-30 har mätningarna genomförts på olika platser i fabriken. De parametrar som är undersökta är: Stoft, aldehyder, O<sub>2</sub>-halt, CO-halt, CO<sub>2</sub>-halt, luftfuktighet och temperatur.

## **On-line teknik:**

### *Off-line mätning av råvaruegenskaper*

NIR-data från en mängd olika råvaruprover har samlats in liksom analysvärden. Studierna går ut på att ta fram nya kalibreringsmodeller för hittills ej studerade egenskaper.

### *On-line karakterisering i pelleteringspilot*

Framtagning av olika kalibreringsmodeller i pelleteringspilot.

### *On-line-karakterisering i industri*

Långtidstest av olika kalibreringsmodeller i industri.

### *Initiala XRF-studier rörande askelement i biobränslen*

Inledande studier med XRF (röntgenfluorescens) har utförts genom att använda lösa respektive pressade prover av torr mald pelletsråvara har undersökt med hjälp av XRF och möjligheter att ta fram kalibreringsmodeller för några material.

### *Ny metod att on-line fastställa pellets kvalitet*

En ny metod att on-line fastställa pellets kvalitet har tagits fram.

### *Nytt on-line instrument för att fastställa pellets kvalitet*

En ny metod att on-line fastställa pellets kvalitet håller på att tas fram.

## **Effektivare lagring:**

*Inblandning av rötad gran och lövvedsspån samt kutter vid pelletering i pilot skala (BTC)*

Vid en pilotförsök framställdes pellets vid inblandning av rötad gran, lövved samt kutterspån i granspån och effekten på bränslekvaliteten studerades.

#### *Inblandning av additiv i pellets*

Inblandning av olika additiv i pellets har genomförts och proverna har analyserats med avseende på aldehyder för att se om det är någon skillnad när additiv är med. Designade försök har genomförts.

#### *Superkritisk koldioxid extraktion*

Färskt tallspån har extraherats med modern utrustning för koldioxidextraktion för att undersöka möjligheten att separera extraktivännen från spån. Undersökningen genomfördes i samarbete med UK.

#### *Fett och hartssyror analyser*

*Kvarstår i projektet:* Redovisning av syntesrapport (under färdigställande)

*Kontaktperson:* Torbjörn Lestander, torbjorn.lestander@btk.slu.se, Tel: 090-786 87 95

#### *Temperaturstyrning av pelleteringsmatriser (projekt P31729-1)*

*Syfte/mål:* Projektets målsättningar är att genom att styra matristemperaturen dels utveckla en robust och driftsäker metod för pelletering av stråråvara, och dels minska energiåtgången vid pelletering med åtminstone 10 % med bibehållen eller ökad pellets kvalitet. Detta skall ske genom att identifiera kombinationer av fukthalt och matristemperatur som ger en kontinuerlig produktion av pellets för olika stråråvaror. I ett andra steg genomförs detaljerade optimeringsförsök där råvara, fukthalt och matristemperatur varieras, och utfallet i form av momentan eleffekt och specifik energiförbrukning samt bulkdensitet och hållfasthet hos produkten studeras.

*Resultat* För studien tillverkades en uppsättning pressmatriser med kanaler för kylmedium), vilken monterades i pressen. En kylutrustning och ett värmeaggregat med styrsystem anslöts. Inledande försök med rörflen visade tydligt att en kylning av matriserna till ca 30 °C gav en mycket stabil pelletproduktion vid en motorström på 20-30 A. När matristemperaturen istället tilläts stiga okontrollerat, eller reglerades till 70 – 90 °C, försämrades pelletproduktionen; pellets producerades endast pellets stötvis varvid spikar i motorströmmen på upp till 90 A erhöles. I nästföljande försöksserie med rörflen studerades inverkan av matristemperaturen på pelletkvaliteten i form av hållfasthet och bulkdensitet, samt den specifika energiförbrukningen vid högre fukthalter på råvaran och högre ångtillsatser. Stabil produktion erhöles endast i intervallet 30 – 45 °C för matristemperaturen. Kvalitativt kunde dock konstateras att en lägre matristemperatur gav högre pelletkvalitet i form av bulkdensitet och i viss mån hållfasthet, men att energiförbrukningen ökade vid låg matristemperatur. För att utvidga studien till ett större temperaturintervall har därefter försök med en blandning av gran- och tallspån som råvara genomförts. I dessa kunde matristemperaturen varieras mellan 35 och 105 °C. Multilinjär modellering användes för att studera parametrarna fines, hållfasthet, bulkdensitet och motorström i förhållande till matristemperaturen. För bulkdensitet och motorström var modellernas förklaringsgrad och prediktionsförmåga mycket

god, för hållfasthet god medan fines inte alls kunde modelleras utifrån de valda faktorerna. Bulkdensitet och hållfasthet visade sig ha en negativ korrelation till matristemperaturen, dvs. ju lägre temperatur desto bättre pellets. Detta resultat för pressning i ringmatris är helt omvänt mot vad som tidigare visats vid laboratoriepressning av enstaka pellets, men överensstämmer med den uppställda hypotesen.

Parallellt med pressningsförsöken har ett arbete med att utveckla en fysikalisk karakteriseringsmetod för kvantifiering av råvarans friktionsegenskaper i pelletteringsprocessen bedrivits. Försöken visar att friktionskoefficienten varierar med pulvrets fukthalt. Friktionen har för rörlenspulver ett maximum vid en fukthalt på ca 13-15 %. Detta överensstämmer med den fukthalt som tidigare i produktionsförsök visats ge maximal hållfasthet för rörlenspellets. En preliminär tolkning är att det vid optimal fukthalt bildas en mycket slät och tät bunden yta på pelleten i matrisens kanaler beroende på en hög ytfriktionskoefficient, dvs pelleten pressas ihop mera. Vid högre fukthalter däremot är motståndet i presskanalen lägre och pelleten pressas ihop mindre, vilket ger lägre bulkdensitet och lägre hållfasthet. Vid lägre fukthalter är ytfriktionen så hög att materialet i pelleten hela tiden omlagras med lägre hållfasthet som följd men med hög bulkdensitet p.g.a. det höga mottrycket. I det fortsatta arbetet har studier av råvarans ytfriktion vid olika temperaturer genomförts. Resultaten av dessa försök är ännu inte utvärderade.

*Kvarstår i projektet:* Utvärdering av studierna av råvarans ytfriktion vid olika temperaturer.

*Kontaktperson:* Sylvia.Larsson@btk.slu.se, Tel: 090-786 87 96

## **Förbränningsegenskaper hos pellets**

*Förbränningskaraktärisering och förbränningsteknisk utvärdering av olika pelletbränslen, (FUP, projekt P30646-1))*

*Syfte/mål:* Projektets övergripande mål är att sammanföra forskning och utveckling kring bränslepellets med den förbränningstekniska forskningen och utvecklingen inom området. Delmål är att:

- utveckla kriterier för definition av pelletkvalitet från olika råvaror och med tillämpning i olika förbränningsanläggningar,
- utveckla principer och underlag för ett kvalitetssäkringssystem för pellets,
- demonstrera utvecklingsbehov av brännarteknik,
- utvärdera förbränningsresultatet (drifttillgänglighet och emissioner) vid nyttjande av kommande pelletkvaliteter i typiska villaanläggningar och närvärmeanläggningar av rost- och pulvertyp,
- ge förbränningsteknisk återföring till bränsletillverkare för utveckling av metoder och recept för produktion av specifika pelletkvaliteter
- främja ett kreativt erfarenhetsutbyte mellan bränsleproduktion och förbränningsteknik

- utveckla teoretiska modeller som beskriver kritiska parametrar för bränsleomvandlingsprocessen avseende askrelaterade driftsproblem och emissioner
- utveckla modeller baserade på teoretiska beräkningar (jämviktskemiska) och praktiska erfarenheter som beskriver askomvandlingsprocesser med avseende på slagging, beläggingsbildning/korrosion och emissioner vid förbränning av fosforrika åkergrödor
- återkoppla resultat beträffande kritiska värden på olika parametrar avseende pelletskvalitet för styrning (t ex baserad på NIR och XRF) av pelletteringsprocessen mot olika pelletegenskaper, vilket studeras inom Pelletsplattformen,
- demonstrera lämpliga val av torvslag och inblandningsgrader i pelleterade bränsleblandningar med olika biobränslen för nyttjande i närvärmeanläggningar (av rostertyp) i avsikt att reducera mängden emitterade, fina rökgaspartiklar

*Resultat:* Arbetet har skett i sex arbetspaket med följande inriktningar: identifikation av relevanta faktorer och definition av kriterier för vad pellets-kvalitet innebär, genomförande av förbränningsförsök i villaanläggningar, genomförande av förbränningsförsök i närvärmeanläggningar, utveckling av principer och underlag för ett relevant kvalitetssäkringssystem, utveckling av teoretiska modeller som beskriver kritiska parametrar för askrelaterade driftsproblem och emissioner samt användning av torv för partikelreduktion.

Sju st pelletbränslen enligt följande har använts: träpellets med inblandning av 1,5 % lignosulfonat resp. 1,5 % potatis- och majsstärkelse, pellets tillverkad av barkad resp. obarkad energived, pellets av torv, pellets av 50 % sågspån och 50 % energived samt en referenspellets. Samtliga utom referenspelletsen hade en högre askhalt än vanlig träpellets tillverkad av stamvedsråvara från tall/gran. Bränslena eldades i dels tre närvärmeanläggningar: en pulverpanna på 5 MW, en rörlig snedrost på 2 MW och en planrost på 300 kW. Dessutom eldades ett urval av bränslena i tre olika typer av villabrännare; den övermatad, en undermatad och en framåtbrinnande.

I närvärmeanläggningarna gav bränslet med tillsats av lignosulfonat upphov till både svåra beläggingsproblem med glasaktig slagg i eldstaden och kraftigt förhöjda emissioner av fina partiklar. Bränslet med stärkelseadditiv gav också liknande problem men i mindre omfattning. I villaanläggningarna var beläggingsproblemen koncentrerade till hårt, sintrat material i brännarkopp/brännarrör, medan beläggningarna på eldstadens väggar var mindre och mjuka. Torvpelletsen gav upphov till kraftig slaggbildning på rosten i de båda närvärmeanläggningarna, liksom bränslet som tillverkats av obarkad energived när det eldades i pannan med planrost. Bränslena som tillverkats av barkad energived resp. en blandning av energived och sågspån gav inte upphov till några driftproblem i närvärmeanläggningarna. Däremot gav pellets från obarkad energived något högre stoftemissioner än referenspelletsen i både närvärme- och villaanläggningarna.

Projektet visar att de krav som ställs på träpellets för villabruk i gällande Europastandard inte är tillräckliga för att garantera en säker drift och hög tillgänglighet varken i dagens villabrännare eller i närvärmeanläggningar. Praktiska slutsatser i övrigt var följande:

- De båda additiv som använts, lignosulfonat resp. stärkelse, bör inte användas vid pelletstillverkning eftersom de ger upphov till både svåra drift- och beläggningsproblem och höga emissioner av fina partiklar.
- Torvpellets gav både höga NO<sub>x</sub>-halter och svåra slaggningsproblem. En möjlig lösning på detta är att samelda eller sampelletera med ett kalciumrikt bränsle som t.ex. barkpellets.
- Pellets från obarkad energived bör i första hand eldas på rörlig rooster.
- Alla tre villabrännare fungerade med alla bränslena under provtiden (tre dagar), men de övermatade brännaren visade sig klart känslig för påverkan av sintrat material (bränslen med additiv eller av energived). Den framåtbrinnande kunde hantera sintringen med hjälp av sin renblåsning, och den övermatade med hjälp av sin askskrapa.

Slutsatsen rent generellt från projektet är att det saknas en relevant beskrivning av bränslets slaggningsbeteende och dess stoftbildning för att bränslekvaliteten skall anses kunna beskrivas på ett tillfredsställande sätt. De kriterier som bedömdes behövas ur asktransformationssynpunkt kan beskrivas på följande sätt:

- Kriterier som beskriver vid vilka förhållanden slaggnings sker (främst temperatur) samt vilken typ av slaggnings som kan inträffa (saltsmälta resp. silikat-smälta)
- Kriterier för graden av stoftbildning och risk för beläggning/korrosion/ stoftutsläpp

Ett relevant kriterium för bränsleomvandlingen hos olika pellettyper är koksutbränningstiden. En annan faktor som är viktigt för anpassningen mellan bränsle och förbränningsanläggningens design är hur mycket av bränslet som förbränns i gasfas och hur mycket som förbränns på rosten.

Arbetet med principer och underlag för ett kvalitetssäkringssystem innefattade dels en genomgång och analys av befintliga system, dels en enkät och uppföljande diskussioner med pelletstillverkare om hur ett relevant kvalitetssäkringssystem skulle se ut. Under projektets gång har flera nationella system för kvalitetssäkringssystem för pellets inom Europa ersatts av det gemensamma certifieringssystemet ENplus, Den svenska pelletbranschen har dock ännu inte anammat ENplus, mycket därför att man inom PIR anser att detta ställer för låga krav på pelletskvaliteten, framför allt i fråga om askhalt, och dessutom innebär för stor byråkrati och för höga kostnader i förhållande till nyttan. Å andra sidan kunde inget behov av ett helt annorlunda system konstateras. Slutsatsen är att ett system för den svenska marknaden för att inte försvåra framtida export och/eller import bör bygga på användbara delar av ENplus, men att arbete bör läggas ned på utveckling i fråga om administration och avgifter, definition av produktkvaliteter, arbete med långsiktiga kvalitetsmål samt krav på brännarutrustning. De två senare aspekterna be-

handlas inte alls inom ENplus, men upplevs av svenska aktörer som mycket väsentliga för acceptansen av systemet.

Arbetet med teoretiska modeller som beskriver kritiska parametrar för askrelaterade driftsproblem och emissioner har tagit sin utgångspunkt i jämviktskemiska antaganden. Resultaten i projektet inom detta område sammanfattas enligt följande:

- Slaggnings-tendenser för både silikat- och fosfatdominerade bränsleaskor kan kvalitativt predikteras med hjälp av ternära fasdiagram. Slaggnings-tendenserna ökar med närheten till de delar i fasdiagrammen där låga smälttemperaturer uppträder. Användning av additiv eller sameldning kan då vara lämpliga metoder för att ändra asksammansättningen i riktning bort ifrån det problematiska området, i första hand mot (CaO+MgO)-komponenten.
- För askor med betydande innehåll av både fosfor och kisel finns inte relevanta fasdiagram beskrivna.
- Bildning av fina partiklar kan också predikteras med hjälp av fasdiagram. Två faktorer är avgörande: a) mängden fina partiklar är relaterad till halten alkali i bränslet, dvs huvudsakligen kalium och b) förhållandet mellan kalium till kisel resp. till fosfor är avgörande för avgången av kalium och därmed partikelbildningen.

Försöken med inblandning av torv för att minska partikelutsläppen var lyckosamma. Redan vid inblandningsgrader på 10-15 vikts-% TS torv i träbränslen (grot, salix och stamved) erhöles en kraftig reduktion, 50-80 vikts-%, av utsläppen av fina partiklar (< 1 µm) vid förbränning i villabrännare och rosterpannor. Den höga reduktionsgraden avseende partikelutsläpp erhöles oavsett om torven sampel-  
leterats med träbränslet eller om enskilda torvpartiklar

*Av projektet utpekade kvarstående kunskapsluckor:* Projektet föreslår följande områden för fortsatt arbete:

- Att systematiskt studera och utvärdera bränsleomvandlingsprocessen och hur den beror av reaktivitet hos de ingående brännbara delarna, av askbildande element och av fysikaliska storheter.
- Att fortsatt studera och ta fram grundläggande kunskap kring asktransformationsprocessen genom att ta fram fundamentala temodynamiska data samt ökad erfarenhet av viktiga askkomponenters beteende vid bränsleomvandlingen.
- Att utveckla s.k. bränsleindex som utifrån bränslets askbildande element kan förutsäga viktiga risker/tendenser för slagg- och beläggingsbildning och potentiella emissioner av fina askpartiklar.
- Att stödja utveckling av experimentell metodik som på ett effektivt sätt kan utgöra redskap för utvärdering av nya bränslen och deras egenskaper.
- Att, i samarbete med branschen, ta fram ett svenskt kvalitetssäkringssystem som omfattar pellets från produktion fram till konsument, dvs även förbränningsegenskaper. Systemet bör vara kompatibelt med ENplus.

*Kontaktperson:* Marie Rönnbäck, marie.ronnback@sp.se, Tel: 010-516 55 05

*Styckeved för småskalig eldning (projekt P30887-1)*

*Syfte/mål:* Projektets mål är att undersöka förutsättningarna för ett nytt bränslesortiment med en bitstorlek mellan flis och traditionell ”spis- eller pannved”, här kallat styckeved. Ett alternativt namn, som möjligen är mera tydligt, är ”knubbved” (eng. ”chunkwood”). Sortimentet tillverkas på liknande sätt som bränsleflis, men tjockleken är ca 10-20 mm och längden ca 50-150 mm. Syftet med detta projekt är att dels utvärdera tillgänglig utrustning för produktion, torkning, lagring, hantering, matning och småskalig eldning av knubbved, dels att identifiera utrustning och tekniska principlösningar som behöver utvecklas.

Sortimentet har följande fördelar:

- Sönderdelningen kräver endast 30-70 % av motsvarande energi för sönderdelning till vanlig bränsleflis
- Knubbveden kan hanteras i stort sett som bränsleflis
- Knubbveden självtorkar snabbare än flis; vid maskinell torkning är torktiden kortare alternativt kan tjockare lager torkas än för normal bränsleflis.
- Sortimentet bör kunna matas automatiskt in till en panna, varför eldningen även i en mindre (<50 kW) bör kunna ske utan bränslepåfyllning
- Inom projektet skall följande delstudier göras:
- Provelldningar i dels en helvedspanna (<50 kW), dels i en flispanna (<200 kW). Emissionsmätningar enligt gällande krav görs
- Studier av matningssystem för knubbved för anslutning till panna
- Utvärdering av hela system för knubbved från skog till panna, dels för en panna i villaskala.

*Resultat:* Tillgänglig teknik för produktion och hantering av knubbved har inventerats. En maskintyp för produktion av knubbved, en s.k. skruvhugg, finns på marknaden. Maskinen har hög kapacitet och ger fin knubbved. Produkten kan antingen hanteras ”i bulk” eller i storsäck med hjälp av frontlastare. I det senare fallet kan huggningen ske direkt ned i storsäcken. I denna kan även veden lagras, torkas och distribueras. En panna i storlekar från 30 till 120 kW med automatisk inmatning som kan hantera och elda knubbved har identifierats på marknaden.

Resultaten från försöken med knubbved sammanfattas i följande slutsatser:

- Knubbved kan produceras med lägre effekt- och energibehov än bränsleflis
- Knubbved går att producera och leverera i liten skala till en kostnad som är lägre eller i nivå med kostnaden för bränsleflis och konventionell pannved



- Knubbved kan eldas i småpannor (< 50 kW), satsvis som ved såväl automatiskt som bränseflis. Därmed bör den även kunna eldas i något större pannor, t.ex. sådana som nu eldas med briketter
- Luftiga storsäckar för knubbved kan vara en rationell hanteringsenhet från produktion, via torkning under lagring, leverans samt till och med lagring hos kund. Däremot finns det ingen billig och tillförlitlig utrustning för det sista steget från storsäck till panna.

Den övergripande slutsatsen från projektet är att knubbved är ett bränslesortiment som kan ha förutsättningar att etableras på marknaden, främst i lokal skala. För att underlätta detta behövs enligt forskarna vissa FoU-insatser för att rätta ut frågetecknen i villaskala och för att demonstrera hela system för knubbved i panncentraler och närvärmeanläggningar.

*Kvarstår i projektet:* -

*Kontaktperson:* Jan-Erik Mattsson, Jan.Erik.Mattsson@ltj.slu.se, Tel: 040 - 41 51 39

## **Projektbeskrivningar – område Strategisk kunskap standarder**

### *SIS Fasta bränslen (projekt P11365-4)*

*Syfte/mål:* Att uppgradera och överföra 26 st tekniska specifikationer (CEN/TS) till fullvärdiga Europastandarder inom vardera området Fasta biobränslen och Fasta återvunna bränslen. Att introducera dessa och göra dem kända hos avnämare via konferenser, mässor, tidningsartiklar etc.

*Resultat:* Sverige har genom SIS hand om det tekniska sekretariatet för CEN TC 335, Solid Biofuels, samt ansvarar för sekretariaten i två arbetsgrupper, CEN/TC 335/WG 4, Physical/Mechanical test methods samt CEN/TC343/WG2 Fuel Specifications and classes, den senare inom TC 343, Solid Recovered fuels. Inom TC 335 har totalt ca 30 st tekniska specifikationer överförts till EN-standarder och ytterligare ca tio st kommer att färdigställas under första halvåret 2012. För fasta återvunna bränslen är förhållandet ungefär motsvarande.

*Kvarstår i projektet:* Se ovan.

*Kontaktperson:* Lars Sjöberg, lars.sjöberg@sis.se, Tel: 08- 555 520 76

### *ISO standardisering av fasta bränslen (projekt P30908-1)*

*Syfte/mål:* Att SIS skall leda ett projekt inom ISO med innebörd att arbeta fram och upprätta ISO-standarder över fasta förnybara bränslen.

*Resultat:* Det internationella standardiseringsarbetet inom ISO påbörjades i praktiken under våren 2008, och ett andra plenarmöte i den tekniska kommittén ISO 238 "Solid Biofuels" hölls i oktober 2009 Sverige ansvarar här för kommitténs sekretariat. Kommittén har för närvarande tjugo fullt deltagande länder, s.k. P members och sju "observing countries", O members. En s.k. "Business Plan" för varför och hur arbetet skall bedrivas har godkänts av ISO centralt. Denna innebär

bl.a. att arbetet skall bedrivas i sex arbetsgrupper med definierade ansvarsområden från Terminologi till Provtagning och provberedning. Totalt skall ett femtiotal standarder tas fram enligt planen.

*Kontaktperson:* Lars Sjöberg, [lars.sjöberg@sis.se](mailto:lars.sjöberg@sis.se), Tel: 08- 555 520 76

# Bilaga B - Angränsande forskningsprojekt och -program

## Energimyndighetens program

### *Småskalig värmeförsörjning med biobränsle och sol*

Programmet "Småskalig värmeförsörjning med biobränsle och sol" drivs av Energimyndigheten 2007-2010. Programmet syftar till att minska hinder för konvertering från olje- och eluppvärmning till uppvärmning med bioenergi genom vidareutveckling av konkurrenskraftig småskalig bioenergiteknik. Även systemlösningar där biobränslen kombineras med solvärme och värmelager ska vidareutvecklas. Huvudinriktningen är anläggningar med en effekt på upp mot 10 MW, men även tillförselsystem samt miljö- och utsläppsfrågor ingår. Programmets fokus ligger på förbränningsteknik och emissionsminimering. Projekten är både av forsknings-, företagsutvecklings och demonstrationskaraktär. Beröringspunkten med Bränsleprogrammet ligger främst i syftet att kunna utnyttja en bredare råvarubas för anläggningar mellan 50 kW och 10 MW.

### *ERA-NET Bioenergy*

Energimyndigheten deltar i ERA-NET Bioenergy som är ett nätverk mellan forskningsfinansiärer i tio europeiska länder. Nyligen statades programmet Clean Biomass Combustion där flera Europeiska länder deltar. Syftet med programmet är att stödja forskning kring teknik för förbränning och emissionsminimering vid anläggningar upp till 20 MW. Även hälsoaspekter av förbränning i anläggningar < 3 MW ingår. Sedan 2008 pågår programmet Short Rotation Coppice där Sverige deltar i ett projekt som syftar till öka produktionen av salix med genetiska redskap, och i ett projekt som syftar till att minska inverkan på miljön av salixodling.

### *Turbokraft – Elproduktion från termiska turbomaskiner och processer 2007 – 2010*

Programmet avser att bygga upp teknik och kompetens för industri, universitet och högskolor. Forskningen är tillämpad och behovsstyrd och omfattar termiska kraftverk och där ingående energiomvandlande turbomaskiner såsom gasturbiner och ångturbiner som nyckelkomponenter för ett framtida uthålligt elproduktions-system. Målet är att uppnå ett högre energiutnyttjande, bättre drift-ekonomi samt bränsleflexibilitet, speciellt avseende förnybara bränslen, för dessa processer.

### *Energigastekniskt utvecklingsprogram 2009 - 2012*

Utvecklingsprogrammet behandlar produktion, distribution och användning av energigas. Fokus ligger på de förnybara energigaserna. Målet på längre sikt är att ökad användning av energigas ska leda till effektivare och miljövänligare energianvändning och förbättrade verkningsgrader inom energisektorn och industrin. Vidare förväntas en kraftfull introduktion av förnybar gas i det svenska energisystemet.

### *Konsortium för materialteknik och termiska energiprocesser 2006-2009*

All utveckling av gasturbiner, ångturbiner, pannor m.m. går mot högre verkningsgrader. Det uppnås till stor del genom högre temperaturer, vilket leder till kraftigare materialpåfrestningar. Konsortiets övergripande är att utveckla materialtekniska lösningar för bättre prestanda, livslängd, tillgänglighet och funktion. Det gäller både dagens termiska energiprocesser och nya framtida processer av intresse för främst inhemska förnybara bränslen.

### *Värmeforsks program*

Värmeforsk är ett branschorgan för forskning och utveckling inom energisektorn, speciellt inriktat mot bränslebaserad el- och värmeproduktion. Värmeforsk finansieras av Energimyndigheten och av branschen. I Värmeforsk samlas energiproducenter såväl som skogsindustri, energikonsulter och tillverkande industri. Syftet med verksamheten är att bedriva konkurrensneutral forskning med fokus på samordning mellan forskning, teknisk utveckling och tillämpning.

Värmeforsk har för närvarande följande program med beröringspunkter med Bränsleprogrammet:

**Miljöriktig användning av askor från energiproduktion 2009-2011.** Programmet är en fortsättning på tidigare askprogram inom Värmeforsk. Inom området *Skog & Mark* bedrivs en relativ omfattande forskning på området och den nisch som Askprogrammet stöder är främst där aska gör bäst ekonomisk nytta dvs. bland annat till dikad torvskogsmark. Miljö- och klimatteffekter samt askans tillväxteffekter på dikade torvskogsmarker och lite bördigare fastmarker undersöks. Områden som studeras är tillväxteffekter på olika bördiga marker och intensivodling för bioenergi. Ett tillkommande område är återföring av näringsämnen vid uttag av åkerbränslen.

**Anläggnings- och förbränningsteknik med** övergripande syfte att ta fram kunskap som bidrar till att öka effektiviteten för befintliga och nya energianläggningar.

**Material- och kemiteknik** och Processtyrning behandlar frågor ”innanför grindarna” på kraft- och värmeverk och hos skogsindustrins lut- och biobränslepannor.

**Systemteknik** sin tyngdpunkt i en mer långsiktig utveckling av energisystemlösningar, som skall möta kraven på resurshushållning och energieffektivisering. Programmets fokus ska ligga på energiomvandlingsprocesser, dock med en helhetssyn på energianvändningen. Utvecklingen ska inriktas på optimering av energianläggningar och industriella processer. Primärt är det anläggningarnas utveckling som ska vara styrande för projekten.

**Grödor från åker till energiproduktion 2006 – 2009.** Programmets långsiktiga mål är att öka produktion och användning av bioenergi från jordbruket till förbränning för värme- och elproduktion i Sverige. Visionen är att det under programmets gång tas avgörande steg mot en väl fungerande och bättre bränslemarknad för bioenergi från jordbruket. Programmet avslutas dec 2009 och diskussioner pågår om en fortsättning.

### *Stiftelsen Lantbruksforskning*

Stiftelsen Lantbruksforskning är lantbruksföretagarnas egen forskningsstiftelse. Stiftelsen har ca 15 olika forskningsprogram. Pengarna som används till forskningen kommer från lantbruksnäringen via avräkningspriser, återförda miljöskatter och andra avtal med organisationer inom de gröna näringarna. Inom området Bioenergi pågår följande projekt med anknytning till produktion och förädling av energigrödor inom jordbruket:

- *”Sådd av salix” – etablering och tillväxt efter plantering med liggande sticklingar.* Metoden utvärderas och jämförs med konventionell metod med plantering av fryslagrade sticklingar. I projektet ingår en ekonomisk analys av betydelsen av de resultat som erhålls. Resultaten kan komma att få stor betydelse för ekonomin för odlingssystemet salix.
- *Rörflen, sortprovning och bevarande av sortmaterial.* Flertalet tidigare utförda och befintliga sortförsök har gjorts i Umeå. Inom detta projekt avses att skörda 8 befintliga sortförsök i Västerbotten, Jämtland och Sörmland, samt anlägga 3 nya försök på mulljordar våren 2011. SLU har erbjudits ta hand om Lantmännen SW Seed's förädlingsmaterial och sortförsök planeras också på Röbbäcksdalen med nya, ej tidigare provade nummersorter. Dessutom måste detta frömaterialet successivt förnygras, och hittills framtagna resultat från SLU och SW samordnas i en gemensam databas.
- *Odling av energigräs på marginell jordbruksmark, kostnader och miljöpåverkan.* Beräkning av kostnader och intäkter för odling av energigräs på marginell jordbruksmark, såsom vändtegar, små fält och fält med mindre bördig jord, där odling till livsmedel har svag lönsamhet. En fall-studie görs på Låtra Gård i Sörmland där rörflen odlas och briketteras redan idag. Dessutom studeras miljöpåverkan såsom energiåtgång och ökade/minskade utsläpp av växthusgaser.

### **Jordbruksverkets Landsbygdsutvecklingsprogram**

Sveriges landsbygdsprogram, LBU, är ett verktyg för att nå målen i landsbygdspolitiken. Programmet finansieras gemensamt av Sverige och EU. Det övergripande målet är en hållbar utveckling, ekonomiskt, ekologiskt och socialt. Landsbygdsprogrammet är i huvudsak indelat i tre områden: att förbättra jord- och skogsbrukets konkurrenskraft, att förbättra miljön och landskapet och att förbättra livskvalitén, bredda företagandet och främja utvecklingen av landsbygdens ekonomi. Stöden inom LBU kan utgå som investeringsstöd eller projektstöd.

Hittills har tre fjärdedelar av stödet utgått till miljöersättning i form av vård och utveckling av odlingslandskapet, miljövänliga metoder som ökade kantzoner etc. Inför 2010 finns en målsättning att ge riktade pengar till projekt som innehåller klimatåtgärder eller förnybar energi. En utlysning kommer i januari 2010.

Nedan finns en lista med exempel på projekt som berör produktion och användning av biobränsle i nuvarande program.

### *Förstudie förnybar energi i Östergötland*

Projektet syftar till att göra en förstudie för ett efterföljande fullskaligt projekt inom bioenergi. Man ska framför allt studera marknaden och förutsättningar för kommande bioenergiansatningar.

*Kontaktperson:* Lantbrukarnas Ekonomi AB, Norrköping, 011-19 45 30, Projektledare Britt-Marie Gustafsson

### *Förstudie till regionalt Bioenergiprojekt*

Projektet syftar till att ta fram underlag och skapa kontaktnät som krävs för att planera för, bygga upp, samla aktörer och utarbeta strategier för en projektansökan till huvudprojektet.

*Kontaktperson:* Länsstyrelsen i Dalarnas Län, Falun, 023-818 04, Projektledare Martin Henriksson

### *Förstudie om förädling av hampa*

Utvärdering av cyklonmetod för torkning, malning och separation av hackad grön hampa till fibrer och pulveriserade skävor.

*Kontaktperson:* Institutionen för Teknik och Byggd miljö, Högskolan i Gävle, 026-64 85 00, Projektledare Peter Norberg

### *Brasved-En Brännhet Näring*

En förstudie för att behovsinventera och fastlägga strategi för satsning på vednäringen. Ett embryo till nationellt nätverk.

*Kontaktperson:* STIFTELSEN TRÄCENTRUM NÄSSJÖ, Projektledare Anders Åkström

### *Finansiering och strukturbyggnad för demonstrationsverksamhet-småskaliga stråbränslesystem*

Förstudie för att organisera finansiering och struktur för demonstrationsverksamhet kring småskaliga stråbränslesystem.

*Kontaktperson:* IVL Svenska miljöinstitutet AB

### *Restaurering av odlingsmark för produktion av bioenergi*

Pilotverksamhet för att stärka råvarutillgången för energiproduktion

*Kontaktperson:* Jämtlands läns landsting, Projektledare Per-Olof Nilsson, 0696-30150

### *Utveckling av hampa som energigröda i Mellansverige genom separering av ved och fibrer*

Utveckla en fibersepareringsmaskin för vårskördad hampa som kan användas på gård och lokalnivå i syfte att leda till nya företagsetableringar.

*Kontaktperson:* Agroväst AB, Skara, 0511-67000

### *Närvärme med biobränsle*

Utveckla närvärme med biobränsle

*Kontaktperson:* Lantbrukarnas Ekonomi AB, Stockholm, 0771573573, Projektledare Ulf Jobacker

### *Småskalig pelleteringsanläggning för lantbruket*

Anpassa och demonstrera en mobil pelleteringsanläggning för småskalig produktion på gårdsnivå.

*Kontaktperson:* Agroväst AB, Skara, 0511-67000, Kent-Olof Söderqvist

### *Energilots i Dalarna*

Energilots i Dalarna. Stimulera entreprenörskapet och erbjuda riktad företagscoaching till de som visar intresse för bioenergibranschen.

*Kontaktperson:* Lantbrukarnas Ekonomi AB, SANDVIKEN, Birgitta Gunnarsson, 026-24 59 77

### *Förstudie av hampa*

Sammanställa nuläget för hampa i Sverige och övriga världen. Kartlägga vilken kunskap som behövs för att affärsutveckla hampa i Sverige

*Kontaktperson:* Lantbrukarnas Ekonomi AB, Falkenberg, 0346-71 69 60, Projektledare Tina Brunius

### *Förstudie "Utvecklingscentrum för stråbränslen och biprodukter"*

Skara/Helena Utreda om det finns behov och möjligheter att starta och driva ett utvecklingscentrum för stråbränslen och biprodukter.

*Kontaktperson:* Agroväst AB, Skara, 0511-670 00

### *Bioenergiportalen*

Vidareutveckla Bioenergiportalen för att främja företagande, tillväxt och sysselsättning på Sveriges landsbygd när det gäller förnybar energiproduktion.

*Kontaktperson:* JTI Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Projektledare Carina Johansson, 018-30 33 28

### *Salix Mälardalen*

Att maximera förutsättningar och lönsamhet för länets Salix odlare samt via avtal med kraftvärmeverk skapa bra förutsättningar för en långsiktig

*Kontaktperson:* Farmarenergi i Hallstahammar AB, Projektledare Hans Eriksson, 0708479979

### *Bioenergigårdar i ett nytt landskap*

Projektets syfte är att utveckla en modell för samverkan mellan jord/skogsbruksföretag och mellan dessa företag och energibolag för att öka produktionen av bioenergiråvara på skogs- och åkermark

*Kontaktperson:* Länsstyrelsen i Västerbottens Län, Umeå, Anders Jonsson

### *Biobränsle från odlingsmark*

Ta fram metoder för pelletstillverkning av blandningar från odlade produkter. Provpresning av pellets i samarbete med Karlstads Universitet. Främst rapsfrökaka och rörflen.

*Kontaktperson:* Energioglarna, Sören Pettersson, 0155-26 48 42

## **Större SLU-projekt utanför Bränsleprogrammet**

### *MISTRA - Energimyndigheten "Future Forest"*

Framtidens skog är ett Mistraprogram som samfinansieras med hela det svenska skogsbruket och utgör den största skogliga forskningssatsningen i modern tid. Programmet ska utveckla skogens nyttjande för att möta en framtid som karaktäriseras av förändring. Fokus ligger på hållbara strategier för markanvändning där bioenergi är en väsentlig del av framtiden. Energimyndighetens medverkan säkerställer att bioenergiperspektivet ges nödvändigt utrymme i programmet. I forskningsprogrammet analyseras hela det skogliga systemet ur ett hållbarhetsperspektiv, inte bara metoder för att öka tillgången på råvara utan även effekter på andra ekosystemtjänster på kort och lång sikt.

*Kontaktperson:* Tomas Lundmark, SLU och Gustaf Egnell, SLU Umeå

### *SLU - SLF Temaprogram "MicroDrive"*

To integrate research projects on biopreservation, enzymatic pre-treatment of plant feed stock, ethanol fermentation, bioprocessing and fermentation of ethanol process by-products, biogas fermentation, and the re-circulation of plant nutrients in biogas digestates. Initially, the focus will be on using cereal grains and sugar beets as feed stock, later straw and other cellulosic biomass sources will be explored.

*Kontaktperson:* Johan Schnürer, SLU

### *E.On Biogas Crop Rotation –*

#### *Sustainable Cropping and Continuous Supply of Substrate for Biogas Production*

Under fyra år, 2008 - 2011, kommer grödor för biogasproduktion att odlas i ett stort forskningsprojekt som är förlagt till 35 ha åkermark på Wrams Gunnarstorps gods i nordvästra Skåne, en satsning som omfattar nästan fyra miljoner kronor. Projektet går ut på odling av grödor, med hänsyn till energieffektivitet och miljöeffekter, som skall användas som biogassubstrat i den biogasanläggning som finns på gården. Grödorna skall dessutom kunna lagras med bibehållen kvalitet för biogasprocessen så att biogasanläggningen "blir försörjd" med substrat under hela året och inte bara under normal skördetid under sommaren och hösten

*Kontaktperson:* Charlott Gissen, SLU-Alnarp



*E.on "Skogsbränsle-ekonomi" Ekonomisk skogsproduktion med hänsyn till skogsindustri och energiindustri*

Målsättningen är att analysera hur ekonomiskt optimal skogsproduktion kan uppnås med hänsyn till såväl skogsindustrins som energiindustrins råvaruefterfrågan för olika möjliga framtida utvecklingar.

*Kontaktperson:* Peter Lohmander, SLU

*Energimyndigheten - ERA-Net Bioenergy "Rating-SRC"*

Optimering av energiskogens miljönytta genom utnyttjande av evidens-baserat beslutsstöd ” (RATING-SRC) är ett forskningsprojekt inom ERA-NET Bioenergy, där institutioner från två ERA-NET Bioenergy länder (Sverige och Tyskland) deltar. Energimyndigheten finansierar de svenska deltagarna (SLU and Chalmers) och Agentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) de tyska partners vTI, Rostock Universitet och Biop Institut. Projektet pågår från september 2008 till augusti 2011.

*Kontaktperson:* Jannis Dimitriou, SLU

*E.On "Skogsbränsle" Ökad tillgång och tillgänglighet på skogsråvara*

Nulägesanalys av biobränslen med fokus på skog, globala och nationella trender, uttagspotential med dagens skogsbruk (nationell, regional och lokal nivå) (SKA 03/08), restriktioner (ekonomiska och miljömässiga). Vertikal fördelning av biomassa – Utveckling av beslutsstöd som skattar skördad biomassa (massaved, timmer, träddelar (lång topp)) ovan stubben vid olika apteringsalternativ i samband med gallring. Ungskogsbehandling – Utveckling av beslutsstöd för ungskogsbehandling med hög biomassaproduktion fram till tidpunkten för första gallring. Nya trädslagsförsök.

*Kontaktperson:* Tomas Lundmark, SLU

*Energimyndigheten - SLU NL-fakulteten "Stubbskörd och miljöeffekter"*

Skogens stubbar är en hittills nästan outnyttjad resurs i biobränslesammanhang, och där finns mer än 20 procent av barrträdens biomassa. Idag finns det dock stora kunskapsluckor, vilket gör det svårt att bedöma om det är miljömässigt acceptabelt att skörda stubbar i stor skala. Därför görs nu en storsatsning på forskning vid SLU i Uppsala om såväl positiva som negativa följder av stubbrytning. Energi-myndigheten, skogsindustrin och SLU satsar tillsammans 38 miljoner kronor (Energimyndigheten 21 MSEK, skogsindustrin 2 MSEK och SLU 15 MSEK) i ett forskningsprogram och 2010 ska det finnas ett faktaunderlag för en utvidgad miljöanalys. Studierna syftar till att ta fram rekommendationer om vilka stubbar och miljöer som bör undantas vid miljöanpassad stubbskörd och hur markstörningar bäst ska undvikas.

*Kontaktperson:* Tryggve Persson

*EU:s regionala utvecklingsfond - SLU m.fl. "Botnia-Atlantica; Ökat nyttjande av skoglig biomassa*

amarbete Sverige, Finland och Norge med syfte Att höja värdet och kvaliteten på skogsbränslen, att öka produktiviteten och i försörjningskedan, att skapa nya affärsmodeller, att minska utsläppen från biobränsleeldade pannor, samt informationsförmedling

*Kontaktperson:* Magnus Pettersson, SLU

## **Andra Högskolor**

*Göteborgs Energi - LTH "Energy and Environmental Systems Analyses of Biogas Systems"*

The aim of this project is to identify, quantify and economically evaluate the overall environmental effects of different types of biogas systems, and their energy efficiency, including production/recovery of different raw materials (agricultural residues, municipal and industrial organic wastes etc), conversion technologies (small and large scale fermentation reactors) and final use of biogas (for electricity, heat, or transportation fuel). The results will be used for comparing different biogas systems, e.g. small scale and large scale systems, and biogas systems with fossil fuel systems, considering the total environmental impact and energy efficiency. The analyses will also identify specific steps within biogas systems where significant potentials exist considering environmental and energy efficiency improvements

*Kontaktperson:* Pål Börjesson

*DESS - LTH PELLETS: Wood pellets use in households"*

*Kontaktperson:* Peter Helby, LTH

*SEI, LTH, Fridtjof Nansens Institutt, m.fl. "Climate change Altering Nordic Energy Systems (CANES)"*

CANES is a Norwegian-Swedish research project in which Nordic research institutions cooperate with some of the most prominent players in the energy sector to find answers to the following question: How are the Nordic energy markets and infrastructure affected by existing and future climate policies on EU and national levels?

*Kontaktperson:* Måns Nilsson, Stockholm Environmental Institute

*Energimyndigheten - Göteborgs universitet "Bioenergi och lustgasemission"*

Målet med projektet är att ge orientering och bakgrundskunskap till varför lustgas bildas i mark, när vi kan förvänta oss höga emissioner och hur man kan mäta, beräkna eller uppskatta emissionens storlek. Projektet ger en förståelse för när och var man kan förvänta stora eller små lustgasemissioner vid produktion av olika biobränslen. Projektet rapporteras genom en skrift som vänder sig framförallt till beslutsfattare i samhälle och företag. Den ska också kunna användas som utbildningsmaterial för politiker med ansvar för struktur och utveckling av samhället.

*Kontaktperson: Åsa Kasimir Klemedtsson, GU*

*Energimyndigheten - Göteborgs universitet "Beräkning av lustgas från odling av jordbruksgrödor för biodrivmedel"*

Lustgas från odling kan i LCA-perspektiv vara en väsentlig del av emissionerna från drivmedel som framställs av ettåriga grödor. För att svenskproducerade biodrivmedel ska klara EUs hållbarhetskriterier behövs att Sverige kan redovisa medelvärden för emissioner av växthusgaser vid odling av energigrödor, som medelvärden per s.k. NUTS 2 eller NUTS 3-region. Detta projekt uppskattar bildningen av lustgas, och är en del i ett uppdrag från Jordbruksdepartementet till SLU.

*Kontaktperson: Åsa Kasimir Klemedtsson, GU*

*Energimyndigheten - Lunds universitet "Effekter av stubbrytning på markens kolförhållanden utbytet av växthusgaserna CO<sub>2</sub> lustgas och metan samt effekterna på vattenbalans och kväveläckage"*

Stubbskörd innebär en väsentlig störning av marken vilket ofta leder till ökad nedbrytning av kvarvarande organiska materialet och ökad avgång av CO<sub>2</sub>. Det finns även risk att emissionerna av lustgas, N<sub>2</sub>O, ökar om kväve frigörs i samband med störningen samt att upptaget av metan, CH<sub>4</sub> minskar eller till och övergår till emission. Detta projekt studerar hur utbytet av växthusgaserna CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O och CH<sub>4</sub> påverkas av stubbrytning jämfört med markberedning enbart samt kontroll. Därutöver studeras markens kolförrådsförändring samt utlakningen av kväve till grundvattnet.

*Kontaktperson: Anders Lindroth*

*Energimyndigheten - Göteborgs Universitet "Coupmodellen som verktyg för att avgöra storleken på lustgasemission vid produktion för biobränslen"*

Ett motiv för att använda biobränslen är att utsläppen av växthusgaser behöver minska. Men det finns uppskattningar att vissa åkergrödor knappast ger någon klimatvinst p.g.a. lustgasemissioner. Uppskattningarna speglar inte faktisk emission på enskilda fält; där gröda, jordmån, klimat och odlingsteknik avgör. För att avgöra vilka grödor och system som är acceptabla behövs en modell som är validerad på svenska data för att beräkna emissionen. Projektet samlar data genom mikrometeorologiska mätningar 2009-2010 i en växtföljd på Västgötaslätten, som sen används för utveckling av CoupModellen.

*Kontaktperson: Leif Klemedtsson, GU*

## **Övrigt**

*LRF "Gröna Piloter"*

Projekt Gröna Piloter genomförs av LRF Norrbotten/LRF Västerbotten i samarbete med många olika partners ex. Norra Skogsägarna, Sveaskog, Nutek, Skogsstyrelsen, länsstyrelser och landsting i båda länen och företag med jord och skog som bas. Pilotsatsningar och konceptutvecklingen sker inom energi, entreprenad och turism. Merparten av pilotsatsningarna kommer att ske inom energiområdet. Projekt Gröna Piloter bygger på att få fram innovativa och entreprenöriella före-

bilder som ligger i framkant och som kan inspirera andra företag och skapa tillväxt på landsbygden i Norrbotten och Västerbotten.

*Kontaktperson:* Håkan Stenmark, LRF-Norrbotten

*SIS - Energimyndigheten m.fl. "Hållbarhetskriterier för biomassa för energianvändning, SIS/TK 526"*

Sverige deltar via SIS i CEN-arbete inom CEN/TC 383 för standardisering av hållbarhetskriterier för biomassa för energianvändning (SIS/TK 526). Syftet med projektet är att ta fram en serie standarder med hållbarhetskriterier för biomassa främst för energianvändning. Arbetet är kopplat till direktivförslaget om förnybar energi "Renewable Energy Directive". Standarderna kommer att gälla bland annat terminologi, gränsvärden för utsläpp, mät- och analysmetoder, miljöaspekter och ekonomiska och sociala aspekter. Bakgrunden är att EU vill öka andelen biobränslen, som till exempel pellets, etanol och biodiesel för att därmed minska utsläppen av koldioxid. Finansiärer och deltagande är Bil Sweden, Elforsk, Energimyndigheten, Jordbruksverket, LRF, SEKAB, Neova, Svebio och Svenska Petroleuminstitutet.

*Kontaktperson:* Ana Olaru Verouhi, SIS

*Bioenergigårdar i ett nytt landskap*

Projektet drivs av Länsstyrelsen i Västerbotten (finansieras huvudsakligen från Nutek) och innehåller tre delområden, *Skog*, *Åker* och *FoU*. Projektet pågår 2008-2011.

Inom området *Åker* är syftet att använda nedlagd åkermark för rörlensproduktion. Detta ska ske genom att omsätta tidigare forskningsresultat rörande rörlensodling i praktiska försök, genom att testa av olika skörde- och transportlösningar och genom att ett antal skötselsamverkansområden skapas, i vilka markägare och odlare i samverkan kan utveckla både lönsamhet i odling och i beredning eller förädling av råvaran. Exempel på konkreta delmål är bildandet av odlarföreningar, nyanläggning av 200 ha rörlens och utveckling av balning, fälthackning och komprimering.

Syftet med projektet är att åstadkomma ökad produktion av bioråvara inom både jordbruks- och skogssektorn. De bioenergigårdar som deltar kommer att arbeta med olika produktionshöjande insatser: rörlensodling, energigallring, gödsling, stubbrytning, markrestaurering, efterbehandling torvbrytning med mera.

Arbetet bedrivs inom 4-5 geografiska insatsområden i Västerbotten i närheten av större anläggningar för värmeproduktion eller knutpunkter för transporter.

*Kontaktperson:* Anders Jonsson, Länsstyrelsen Västerbotten

## **Formas-bioenergi**

*Politiken kring bioenergi: En jämförelse mellan EU, FAO och IEA*

*Kontaktperson:* Jonas Anselm, Linköpings Universitet

*Integrering av miljöfrågor: en flernivåstudie av bioenergi-policy*

*Kontaktperson:* Katarina Eckerberg, Umeå Universitet

*Analys av energiproduktion och energianvändning med särskilt beaktande av effekter på klimat och miljö*

*Kontaktperson:* Sven Kullander, KVA

*Ekosystemtjänster i jordbrukslandskap: utformandet av ett ramverk för att hitta synergier och upptäcka avvägningar mellan ett flertal tjänster*

*Kontaktperson:* Regina Lindborg, Stockholms Universitet

*Bioenergi, klimat och ekonomi*

*Kontaktperson:* Tommy Lundgren, SLU

*Modifiering av struktur och egenskap hos aspens hemicellulosa*

*Kontaktperson:* Eva Mellerovicz, KTH

*Strategier för minskad klimatpåverkan - framtidsbilder för markanvändning på landsbygden*

*Kontaktperson:* Rebecka Milestad, KTH

*NRA-koordinering inom området skog*

*Kontaktperson:* Kaj Rosén, Skogforsk

*Effekt av extracellulära polymera substanser (EPS) på viskositetsförändringar i totalomblandade tankreaktorer för biogasproduktion relaterat till substratsammansättning och mikrofloras dynamik*

*Kontaktperson:* Bo Svensson, Linköpings Universitet

## **IEA- projekt**

*International Pellet Handbook*

På uppdrag av IEA har SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut tillsammans med pelletsforskare från bland annat Österrike och Kanada skrivit en handbok om pellets. Handboken täcker ett brett område - råvaror, tillverkning, kvalitetssäkring, förbränning, rökgasrening, marknad, etc. Texten är ca 550 sidor och har publicerats under 2010.

*Kontaktperson:* Claes Tullin, SP

### **Vårt mål - en smartare energianvändning**

Energimyndigheten är en statlig myndighet som arbetar för ett tryggt, miljövänligt och effektivt energisystem. Genom internationellt samarbete och engagemang kan vi bidra till att nå klimatmålen.

Myndigheten finansierar forskning och utveckling av ny energiteknik. Vi går aktivt in med stöd till affärsidéer och innovationer som kan leda till nya företag. Vi visar också svenska hushåll och företag vägen till en smartare energianvändning.

Alla rapporter från Energimyndigheten finns tillgängliga på myndighetens webbplats [www.energimyndigheten.se](http://www.energimyndigheten.se).



Energimyndigheten, Box 310, 631 04 Eskilstuna  
Telefon 016-544 20 00, Fax 016-544 20 99  
E-post [registrator@energimyndigheten.se](mailto:registrator@energimyndigheten.se)  
[www.energimyndigheten.se](http://www.energimyndigheten.se)