

Strategisk innovationsagenda

Biomassaförgasning och pyrolys - Nycklar till fossilfrihet

Joakim Lundgren, Luleå tekniska universitet

Lars Waldheim, Waldheim Consulting

Magnus Marklund, SP ETC

Ingvar Landälv, Luleå tekniska universitet

Rikard Gebart, Luleå tekniska universitet

Förord

Denna strategiska innovationsagenda för förgasnings- och pyrolysisprocesser har finansierats av VINNOVA, Energimyndigheten och FORMAS. Arbetsgruppen skulle vilja tacka vår referensgrupp, ledningsgruppen för Svenskt förgasningscenter (SFC) och de intressenter som deltog vid agendaarbetets startmöte. Ett särskilt tack till de som svarade på den utskickade webenkäten och de som tog sig tid att kommentera och ge värdefulla synpunkter på innehåll och utformning av föreliggande agenda.

Stockholm, den 30 juni 2016

Joakim Lundgren, projektledare, Luleå tekniska universitet

Lars Waldheim, Waldheim Consulting

Magnus Marklund, SP ETC

Ingvar Landälv, Luleå tekniska universitet

Rikard Gebart, Luleå tekniska universitet

Sammanfattning

Termokemisk omvandling av biomassa via förgasning och snabb pyrolys möjliggör en uthållig, klimatgynnsam och energieffektiv förädling av inhemska råvaruresurser till högvärdiga produkter och därmed stora möjligheter till utveckling och förnyelse för svensk basindustri, främst för skogsnäringarna. Omvandlingsteknikerna skulle på ett betydande sätt kunna bidra till målsättningen om en fossiloberoende fordonsflotta till år 2030 och visionen om ett fossilfritt samhälle år 2045. Baserat på nya bedömningar om den svenska skogsbränslepotentialen dras slutsatsen att det finns tillräckligt med skogsråvara för att tillåta en storskalig introduktion av förgasnings- och pyrolysteknik för både produktion av biodrivmedel och för kraftvärme. Detta skulle kunna medföra ett utökat skogsbränsleuttag om ca 30 TWh per år, men som enligt vår bedömning inte skulle inkräkta på dagens och prognostiserad framtida energianvändning inom industri och energisektor.

Vi drar slutsatsen att vid en gynnsam omvärldsutveckling fram till år 2030, kan omvandlingsteknikerna utnyttjas i olika tillämpningar i betydligt större omfattning än idag. Det största bidraget i steget mot en fossilfri framtid bedömer vi att förgasningsbaserade biodrivmedel kan ge.

Vi uppskattar att år 2030:

- Upp till fem fullskaliga biomassa-förgasare och en fullskalig industriellt integrerad snabb-pyrolysanläggning skulle kunna vara i kommersiell drift och därmed ersätta ca 7 TWh per år av fossila bränslen
- Ett större antal industriella ugnar kan konverteras helt eller partiellt till biobränslebaserad bränngas eller pyrolysvätska och ersätta fossila bränslen i storleksordningen 3 TWh per år
- Ett 50-tal anläggningar för småskalig kraftvärme skulle kunna installeras i mindre industrier som sågverk och i lokala mindre närvärmesystem samtidigt som några större förgasningsbaserade kraftvärmeanläggningar skulle kunna tas i drift och producera drygt 5 TWh förnybar el per år
- Ett tiotal snabb-pyrolysanläggningar kan samtidigt försörja fjärrvärmesystem och vissa industrier med pyrolysvätska som ersättning till fossil olja motsvarande ca 5 TWh årligen

Vi gör alltså bedömningen att teknikerna skulle bidra med att ersätta fossila bränslen i storleksordningen 20 TWh per år 2030 under antagna gynnsamma förutsättningar. Sverige är idag ett föregångsland i klimatpolitiken och har också stora möjligheter att bli ett föregångsland och internationellt ledande i områdena biomassa-förgasning och pyrolys. Vi menar att politikerna snarast bör skapa förutsättningar för att få till stånd de anläggningsinvesteringar som krävs för att bidra till att nå de nationella målen om ett fossilfritt samhälle år 2045. Vi rekommenderar därför bland annat att:

- Regering och myndigheter i samråd med skogsindustrin, och i samarbete med andra länder, fortlöpande och med kraft, verkar för att behålla en full svensk kontroll av denna naturtillgång med så få, och i sammanhanget enbart relevanta, inskränkningar som möjligt
- Det politiska systemet snarast via myndigheter ger tydliga mål och regler som kan omsättas i totala fysiska kvantiteter av biodrivmedel och samtidigt beaktar den långsiktiga volympotentialen hos förgasningstekniken, och därmed sammanhängande samhällseffekter som en introduktion av storskalig förgasningsteknik skulle medföra
- Det politiska systemet via myndigheter snarast introducerar stabila och långsiktiga styrmedel för biodrivmedel på en nivå som startar en önskad inhemsk utveckling
- Stat och industri gemensamt säkrar en fortsatt forskning på förgasnings- och pyrolysområdet även under en fortsatt period med stora osäkerheter i hur och när teknikernas kommer att realiseras i industriell skala Sverige

Summary

Thermochemical conversion of biomass via gasification and fast pyrolysis enables a sustainable, environmentally friendly and energy-efficient conversion of domestic forest feedstocks into high value-added products and constitutes a great potential for development and renewal of the Swedish industrial sector, mainly the forest industries. The technologies could significantly contribute to the national target of a fossil-fuel independent vehicle fleet by 2030 and the vision of a fossil free society in 2045. Based on new estimates of the Swedish forest fuel potentials, it can be concluded that there is enough forest resources to allow a large-scale introduction of gasification and pyrolysis for biofuel production as well as for cogeneration. This could potentially lead to an increased supply of forest fuels of about 30 TWh per year, but which, in our opinion, would not impinge on the current or the forecasted bioenergy use in industry and the energy sector.

We conclude that at favourable conditions in 2030, the technologies can be used in various applications in a much greater extent than they are today. We believe that gasification-based biofuels can provide the largest contribution towards a fossil-free future in Sweden. We estimate that in 2030:

- Up to five full-scale biomass gasification plants and one full-scale industrial integrated pyrolysis plant could be in commercial operation, thus replacing some 7 TWh per year of fossil fuels
- A large number of industrial furnaces could be converted partially or completely to biomass-based fuel gas or pyrolysis liquids and replace fossil fuels in the order of 3 TWh per year
- Some 50 plants for small scale cogeneration plants could be installed in industries like sawmills and local smaller district heating systems, while a few larger gasification-based cogeneration plants would be operational and producing more than 5 TWh of renewable electricity per year
- A dozen fast-pyrolysis plants can simultaneously supply district heating systems and certain industries with pyrolysis liquids as replacements for fossil oil, equivalent to about 5 TWh annually

We thus make the assessment that the technologies would contribute to replace fossil fuels in the order of 20 TWh in 2030 under the assumed favourable conditions. Today, Sweden is a pioneer in climate policy and we believe that the country also has great potential to become a pioneer and the international leader in the fields of biomass gasification and fast pyrolysis. We believe that politicians should urgently create the conditions to bring about the capital investment required to contribute to achieve the national targets of a fossil free society in 2045. We therefore recommend that:

- Swedish government and authorities, in in close cooperation with the forest industry and other forest rich countries, continuously and with emphasis, work to maintain a full Swedish control of our forest resources with as few, and only relevant, restrictions as possible
- The political system as soon as possible formulates clear targets and rules concerning biofuels that can be translated into physical quantities and that also takes into account the long-term potential of gasification based biofuels, and the related socio-economic effects that such a large-scale introduction would bring
- The political system, through the authorities urgently, introduce stable and long-term policy instruments for biofuels at a level that will initiate the desired national development
- Government and industry jointly ensure continued research on biomass gasification and pyrolysis, even during a continued period of great uncertainties in how and when the technologies will be realized on an industrial scale in Sweden

1. Bakgrund

Sverige har ambitionen att bli ett av världens första fossilfria välfärdsländer¹. I Miljömålsberedningens förslag 2016 är målsättningen att Sverige inte ska ha några nettoutsläpp av växthusgaser senast år 2045². Miljömålsberedningen menar vidare i sitt slutbetänkande att transportsektorns utsläpp skall minskas med 70 % till 2030. Vi, författarna till denna innovationsagenda, anser att biomassaeförgasning och snabb-pyrolys är nyckeltekniker som kan spela en stor roll i ett framtida fossilfritt energisystem genom att de möjliggör en energieffektiv förädling av inhemska råvaruresurser till högvärdiga produkter. Produkterna kan ersätta fossila bränslen, drivmedel och kemikalier och kan därmed på ett betydande sätt bidra till målsättningarna för 2030 2045. Att nå dessa mål innebär inte bara minskade utsläpp, utan också en ökad energiförsörjningstrygghet och en rad andra positiva samhällseffekter.

Sedan CO₂-skattens införande i början av 90-talet så har värmesektorn till stor del lyckats fasat ut fossila bränslen i sin basproduktion (med visst undantag för naturgas i Malmö och Göteborg och användning av stålindustrins restgaser) och inom fjärrvärmesektorn används idag ca 9 TWh av fossila bränslen. De allra största utmaningarna att minska användningen finns nu inom industri- och transportsektorn. Idag används ca 72 TWh fossila bränslen per år för inrikes transporter. I industrin uppgår den fossila bränsleanvändningen till ca 27 TWh per år, där stål- och cementtillverkning är stora användare³. År 2014 släppte Sverige ut 54,4 miljoner ton koldioxidekvivalenter, varav en tredjedel av dessa härrör från inrikes transporter och en knapp fjärdedel från industrin⁴. Minskade utsläpp kan ske både genom att förbättra teknik och infrastruktur samt genom att ersätta fossila drivmedel med förnybara alternativ. Sverige ligger redan långt framme och andelen biodrivmedel uppgår till 15 %, att jämföra med knappt 6 % som är genomsnittet i EU. EU's mål för 2020 om 10 % förnybara drivmedel kommer sannolikt inte att nås på grund av otillräckliga stöd och styrmedel på såväl nationella nivåer som på EU-nivå.

Om flera länder strävar efter att öka användningen av biodrivmedel 2020, så kan detta medföra att den internationella konkurrensen om såväl bioråvara som biodrivmedel ökar. Eftersom Sverige idag importerar ca 80 % av de biodrivmedel och dess råvaror som vi använder⁵, så kan en ökad konkurrens om dessa påverka möjligheten för Sverige att nå utsläppsmålen för 2030 och 2045 om inte inhemska bioråvaror utnyttjas i en betydligt större omfattning än idag. Vi anser att biomassaeförgasning och pyrolys är nyckeltekniker för att utnyttja de hållbara och betydande skogsbränsletillgångarna som Sverige besitter och som samtidigt skapar stora möjligheter till utveckling och förnyelse av svensk basindustri och därmed arbetstillfällen. Vi vet redan idag att förgasning av biomassa fungerar rent tekniskt för produktion av kraftvärme, bränn gas och drivmedel. Genom snabb pyrolys kan skogsrester och andra lågvärdiga biomassor på ett effektivt sätt nyttiggöras för framställning av pyrolysvätska som en lagrings och transporterbar intermediär energibärare. Förgasnings- och pyrolysteknik är efter många år av forskning och utveckling redo för demonstrationer i stor skala och på god väg att introduceras industriellt. Exempel på detta är förgasningsanläggningarna GoBiGas i Sverige och Enerkem i Kanada samt Fortums pyrolysanläggning i Finland samt EMPYRO's pyrolysanläggning i Nederländerna.

Omställningen till ett fossilfritt samhälle är förknippat med initiala kostnader, oavsett på vilket sätt den genomförs. Men genom att utnyttja svenska naturtillgångar för att bygga upp en komplementindustri till nuvarande skogsindustri stärks området, samtidigt som den ekonomiska aktiviteten sker i Sverige.

¹ <http://www.regeringen.se/regeringens-politik/fossilfritt-sverige/>

² SOU 2016:47 En klimat- och luftvårdsstrategi för Sverige

³ Energimyndigheten. Energiläget i siffror 2016

⁴ Naturvårdsverket. Nationella utsläpp och upptag av växthusgaser

⁵ Hållbara biodrivmedel och flytande biobränslen under 2014. Energimyndigheten ET 2015:12, juni 2015.

2. Syfte och genomförande

Agendans övergripande syfte har varit att illustrera och tydliggöra möjligheterna och potentialerna för biomassaförgasning och snabb pyrolys i Sverige. Agendan diskuterar också exempel på olika former av erforderliga stöd som krävs för att kommersiella fullskaliga anläggningar ska börja byggas i landet. Även behov av fortsatt forskning, utveckling och demonstration på området tas upp.

Två olika framtidsbilder har skapats för att illustrera potentiella utvecklingar och tillämpningar inom teknikområdena fram till 2030. Den ena framtidsbilden (Business-as-usual, BAU) representerar den utveckling som vi tror kan inträffa med dagens trender och omvärldsförutsättningar. Den andra (Önskvärd teknikutveckling, ÖTU) avser att illustrera en, i vår synpunkt, mer önskvärd utveckling för teknikerna fram till 2030 och under vilka omvärldsförutsättningar som detta kan tänkas ske.

Arbetet med föreliggande agenda har utförts av en arbetsgrupp bestående av författarna till denna rapport. Till stöd för gruppen har en industriell referensgrupp funnits, bestående av:

- Malin Hedenskog, Göteborg Energi
- Anna Berggren, COWI
- Lars Josefsson, Västsvenska Kemi och materialklustret
- Anders Persson, BillerudKorsnäs
- Kurt Sjöblom, MEVA Innovation

Arbetet initierades med ett startmöte den 24 september 2015, där ca 80 intressenter bjöds in att delta. Till mötet kom ca 40 personer och vid tillfället presenterades syftet med agendaarbetet, teknikläget och resultaten från ett motsvarande arbete i Finland. Därefter skedde en diskussion i grupper kring ett antal frågeställningar, vilket redovisas tillsammans med deltagarlistan i Bilaga 2.

I syfte att få intressenternas bedömningar av i sammanhanget relevanta nyckelfrågor, genomfördes en webbaserad enkät i början av 2016 med 100 utskick och med 51 svar. Enkäten skickades ut till relevanta industri- och företagsrepresentanter, akademi och myndigheter. Resultaten från denna enkät samt från gruppdiskussionerna har utgjort viktiga delar av underlaget till denna agenda.

Agendan fokuserar på förgasning och pyrolys av främst skogsbaserade råvaror, och därför inleds rapporten med en redogörelse för dagens och framtida inhemska skogbränslepotentialer och hur dessa förhållers sig till nutida och framtida användning av bioenergi (kapitel 3). Därefter följer en historik för hur utvecklingen har skett för de två teknikerna samt en nulägesbeskrivning där bland annat status på aktuella projekt och anläggningar diskuteras (kapitel 4). I kapitel 5 beskriver vi vår övergripande syn på kommande forskning, utveckling och demonstration på teknikområdena och dess roll vid en introduktion. Därefter följer ett resonemang om de ekonomiska förutsättningarna och erforderliga styrmedel för att omvandlingsteknikerna och dess slutprodukter (kraftvärme, drivmedel, kemikalier) ska kunna bli konkurrenskraftiga gentemot fossila alternativ (kapitel 6). Slutligen presenterar vi våra framtidsbilder BAU och ÖTU där även en tidtabell för omvärldsförutsättningar inkluderas (kapitel 8), bland annat för att illustrera vikten av att beakta tidsperspektivet, samt våra slutsatser och rekommendationer till regering och stadsmakt (kapitel 9). I Bilaga 1 redovisas en sammanställning av svaren med kortfattad analys från den enkät som skickades ut. En summering av gruppdiskussionerna presenteras i Bilaga 2, där också deltagarlistan bifogas. Bilaga 3 består av två faktarutor om tekniker och processer för förgasning och pyrolys till olika slutprodukter.

Utkast av föreliggande rapport har skickats till vår referensgrupp och ett antal utvalda intressenter för kommentarer och synpunkter.

3. Nationella skogsbränsletillgångar

Sverige besitter stora skogstillgångar och tillståndet för den svenska skogen är mycket gott⁶. Detta innebär en framtida varaktigt hög tillväxt och därmed en möjlighet till varaktigt höga avverkningsnivåer. Den årliga skogstillväxten har sedan en lång tid tillbaka överstigit avverkningsnivån, vilket har lett till att virkesförrådet kontinuerligt har växt⁶. I ett hundraårsperspektiv har skogsvolymen fördubblats och kan även i framtiden förväntas att öka bland annat på grund av klimatförändringar och en intensifierad och förbättrad skogsskötsel⁷. Dagens totala årliga skogstillväxt i form av stamved inklusive grenar och toppar (GROT) och stubbar har uppskattats till drygt 400 TWh⁸. Genom en hög och jämn avverkningsnivå, givet att tillräckliga åtgärder är vidtagna för att främja skogens andra värden än virkesproduktion, bidrar skogen i mycket hög grad till välståndet i landet. Det finns därför ur ett samhällsperspektiv motiv för ett högt resursutnyttjande, det vill säga en hög avverkningsnivå.

Idag förbrukas, förutom den andel som går till pappers- och massa samt träförädlingsindustrin, 103 TWh inhemsk skogsbiomassa per år för energiändamål, varav 42 TWh är svartlut som används inom skogsindustrin³. Resterande delar består av tallolja, bark, spån, flis, GROT, röjningsved, brännved och en mindre volym stubbar som används för att producera el och värme och i viss utsträckning även biodrivmedel.

Enligt en färsk studie⁹ utförd av Pöyry på uppdrag av Skogsindustrierna, uppgår det idag maximalt möjliga uttaget av skogsbiomassa till 165 TWh per år med hänsyn tagen till Skogsstyrelsens restriktioner. Uttaget skulle alltså idag kunna öka med 62 TWh per år. År 2050 har den maximala potentialen stigit till 201 TWh per år, vilket innebär nästan en fördubbling av det möjliga uttaget jämfört med nuvarande förbrukningsnivå. Börjesson² anger en något lägre potential och uppskattar att uttaget skulle kunna öka med 24 – 33 TWh per år idag, och med 36 – 50 TWh år 2050 (men med ett osäkerhetsintervall upp till 74 TWh). En ytterligare potential finns i ytterligare avverkningar enbart för energiändamål samt olika former av energigrödor odlade på nedlagd åkermark

De båda potentialuppskattningarna utgår ifrån att dagens skogsbruk fortsätter att producera sina huvudprodukter och att de skogsresurser som idag inte tas tillvara utnyttjas. En stor del av de uppskattade potentialerna finns därför i ökat uttag av avverkningsrester som GROT, stubbar och klen stamved. Den främsta orsaken till att de två potentialuppskattningarna skiljer sig åt handlar om nivån på uttaget av stubbar.

GROT är en skogsråvara som blir tillgängligt främst vid slutavverkningar och gallringar och betraktas i dag som ett bränsle av låg kvalitet. Den har överlag en sämre bränslekvalitet än sortiment från t.ex. röjningar. Förgasnings- och pyrolysteknik är råvaruflexibla och, ur effektivitetssynpunkt, de mest fördelaktiga för att omvandla skogsrester till högvärdiga produkter. Förgasningsprocesser kan med konventionella förbehandlingsmetoder utnyttja obehandlad skogsråvara, till såväl kraftvärme som biodrivmedelsproduktion.

Inom EU pågår en debatt om olika bioråvarors hållbarhet. Sedan tidigare är jordbruksbaserade biobränsleråvaror som utnyttjar odlingsbar mark eller som leder till direkt eller indirekt ändrad

⁶ Skogsstyrelsen (2015) Skogliga konsekvensanalyser 2015 – SKA 15

⁷ IVA (2015)

⁸ Börjesson P. (2016). Potential för ökad tillförsel och avsättning av inhemsk biomassa i en växande svensk bioekonomi, Rapport nr 97, Miljö- och energisystem, Lunds Universitet, Lund

⁹ Pöyry Management Consulting (2016). Bioenergi från skog och skogsindustri

landanvändning, starkt ifrågasatta. År 2015 infördes också ett direktiv¹⁰ där sådana råvaror begränsades eller helt förbjöds för biodrivmedelsproduktion. Skogsbränslen betraktades dock som biprodukter till eller avfall från befintlig skogsindustri och berördes därför inte. EU diskuterar just nu om och hur skogsuttag påverkar växthusgasbalanserna utifrån olika tidsperspektiv. Det finns viljor att införa liknande hållbarhetskriterier för biobränsle som för kraft och värme. Dessa regelverk skulle kunna påverka kostnaden för framtagning av ytterligare skogsbränslen och därmed den framtida uttagsvolymen. Således borde det finnas ett starkt nationellt intresse att verka för att skogländerna ska kunna utnyttja sina råvarutillgångar på ett rimligt sätt för att i framtiden kunna ersätta fossila bränslen i enlighet med uppsatta och föreslagna mål.

Sammanfattningsvis fastslår vi att:

- Det finns en betydande potential för ett ökat hållbart uttag av inhemsk skogsbiomassa såväl på kort (24-62 TWh per år) som på lång sikt (36-98 TWh per år)
- GROT står för en stor del av potentialen, men har en sämre bränslekvalitet än andra bränslesortiment
- Förgasnings- och pyrolysteknik är mycket råvaruflexibla och, ur effektivitetssynpunkt, de mest fördelaktiga för att omvandla skogsrester som GROT till högvärdiga produkter
- Den svenska staten starkt måste verka för att skogländer inom EU hållbart ska kunna utnyttja sina råvarutillgångar för att i framtiden kunna ersätta fossila bränslen i enlighet med uppsatta och föreslagna mål

3.1. Alternativ användning skogsbränslen

Det finns fortfarande vissa möjligheter att öka mängden biobränsle för kraftvärme och ren värmeproduktion. En ersättning av fossila bränslen i kraftvärmesektorn och i industrin, samt en ökad biobränslebaserad kraftvärmeproduktion från dagens ca 15 TWh_{el} per år till 25 TWh_{el} bedömer vi skulle innebära en maximal biobränsleförbrukning om ca 25 TWh fram till perioden 2030-2040^{11,12}. I ett betydligt mer ambitiöst scenario, som presenteras i en parallell strategisk innovationsagenda¹³ ansätts 40 TWh_{el} per år från biobränslebaserad kraftvärmeproduktion år 2040, vilket skulle öka förbrukad mängd biomassa med ytterligare upp till 15 TWh per år. Huruvida en sådan ökning av kraftvärmeproduktion är realistiskt kan diskuteras mot bakgrund av förväntad ökad elproduktion från sol och vind.

Vi bedömer därför att en ökning av användning av skogsbiomassa för kraftvärmeproduktion kan ske parallellt med en uppbyggnad av kapacitet inom förgasnings- och pyrolysteknik inom ramen för de bedömda bränsletillgångarna.

¹⁰ <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy/biofuels/land-use-change>

¹¹ Energimyndigheten (2013). Heltäckande bedömning av potentialen för att använda högeffektiv kraftvärme, fjärrvärme och fjärrkyla.. ER 2013:24

¹² Energimarknadsinspektionens statistik (2014). Produktion per prisområde 2014.

¹³ Biokraft år 2040-10 GW installerad effekt som ger 40 TWh elenergi per år. Rapport från Biokraftplattformen 2015.

4. Kort historik och nulägesbeskrivning

Förgasning och pyrolys av biomassa har varit områden för FUD-verksamhet sedan 1970-talets oljekris. Fokus låg då främst på metanolproduktion för att möta en befard brist på drivmedel, medan pyrolystekniken siktade mot att framställa ersättning av fossila eldningsoljor. I mitten på 1980-talet, då oljekrisen avtynat, och fram till sekelskiftet riktades förgasningsintresset istället mot kraftvärme. Den höga verkningsraden till el och det höga el/värme-förhållandet relativt konventionell teknik (både för kraftvärme och utomlands för kondensdrift), som nås med förgasningsteknik i kombination med gasturbin-kombicykler, framstod som intressant. För svensk del med en förestående avveckling av kärnkraften till 2010 förväntades kraftigt stigande elpriser, exemplifierat med Sydkrafts Värnamoanläggning på 6 MW_{el}/ 10 MW_{th}. Sedan sekelskiftet, med kärnkraften kvar och med fallande elpriser, sker ingen aktiv utveckling av denna teknik.

Förutsättningarna på elmarknaden ändrades runt sekelskiftet och konventionell biokraftvärme fick ett stort genomslag genom elcertifikatsystemet. Fallande elpriser medförde att förgasningsteknikens högre el/värme-förhållande inte skapade något mervärde, vilket gjorde förgasningsteknik mindre intressant.

Dock har CFB-förgasare skalats upp (50-140 MW_{th}) och används idag inom skogsindustri i Finland och Asien, i kolpannor och även för avfallsförgasning. I Sverige skulle tekniken kunna tillämpas för att ersätta ca 7 TWh fossila bränslen i olika typer av industriella fastbränsle- eller gasugnar. Dessa ugnar har olika driftförhållanden och processkrav som gör det svårt att generalisera kring dessa. Sameldning har inte så stort intresse då det inte finns koleldade pannor där gasen skulle kunna utnyttjas (avfallsförgasning ligger utanför ramen för denna innovationsagenda), och endast en gasturbinanläggning med tillsatseldning i avgaspannan finns (Ryaverket, Göteborg).

I vissa länder (Tyskland, Österrike, Italien, Schweiz m.fl.) har gynnsamma stödsystem gjort att småskalig förgasningsbaserad kraft- och kraftvärme byggts och fortfarande byggs. Antalet anläggningar är stort (något tusental i EU), men samtliga med mycket liten produktionskapacitet och därmed mycket begränsad effekt på elbalansen. I Sydostasien finns ett mycket stort intresse på grund av brister i mer storskalig infrastruktur. I Sverige finns bara ett mikrokraftvärmsystem (40 kW_{el}) baserat på förgasning installerat vid Emåmejeriet. För större anläggningar är i första hand sågverk en målgrupp, men hittills har ingen förgasningsbaserad anläggning byggts vid en industri. I Hortlax utanför Piteå, finns dock en förgasningsbaserad fjärrvärmeanläggning på 1 MW_{el}.

Med klimatfrågans ökade aktualisering efter år 2000 och bland annat lagstiftning på EU-nivå¹⁴ 2003 återkom intresset för förnybara drivmedel. Detta medförde en ny våg av utvecklingsaktiviteter rörande biomassa-förgasning. Kunskapen var vid denna tidpunkt tillräcklig för att snabbt driva relativt storskaliga utvecklingar, dels genom planer på en ombyggnad av Värnamoanläggningen och dels genom en komplettering av Chemrecs pilotanläggning för svartlutsförgasning med produktion av DME i samarbete med Haldor Topsøe, ett världsledande företag på syntesgasteknik. Liknande satsningar på utvecklingsanläggningar har gjorts bland annat av Choren i Tyskland, Neste-Stora Enso (NSE) i Finland i samarbete med VTT, Lurgi-KIT (bioliq®) i Tyskland, och EON, Andritz, UPM, GTI m.fl. i Chicago (TIGAS) och nu senast TKK, Axens m.fl. (BioTfuel) i Frankrike.

Svartlutsförgasningen i Piteå, och dess produktion av metanol och DME gick efter processutvecklingsskedet i Chemrec regi 2013 över i ett liknande upplägg med Chemrec, skogs- och fordonsindustrin som deltagare tillsammans med Haldor Topsøe.

¹⁴ Direktiv 2003/30/EG om främjande av användningen av biodrivmedel eller andra förnybara drivmedel

I ännu större skala, planerades senare industriella anläggningar (30-300 MW_{th}) för syntetisk naturgas och DME/metanol av EON (Bio2G), Göteborg Energi (GoBiGas), Värmlandsmetanol, Södra Mörrum, Domsjö och Rottneros, i många fall baserat på utländska teknikleverantörer. Här skedde alltså ett svenskt perspektivskifte från teknikutvecklare till användare.

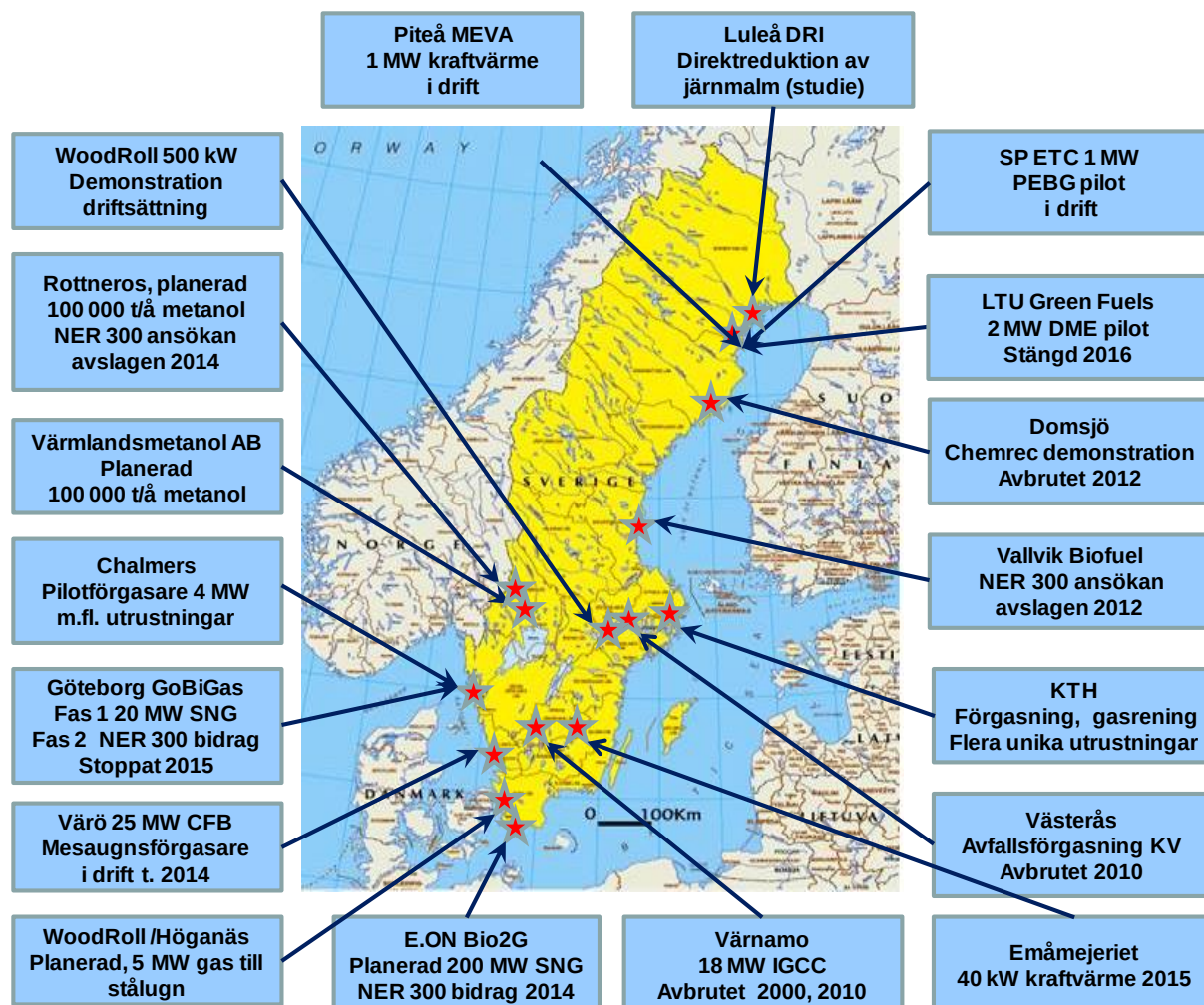
Många av dessa planerade projekt har bedömts positivt och betydande finansiellt stöd har säkrats från Energimyndigheten, från EU via NER 300 programmet eller av andra nationella program t.ex. i USA.

Efter 2010-2012 har denna utveckling i många avseenden inte fullföljts och rent av gått i en negativ på grund av avsaknaden av tydliga styrmedel. Av alla annonserade anläggningar har förutom GoBiGas första etapp (30 MW_{th}) endast fyra anläggningar med industriell kapacitet byggts. En i Tyskland (av Choren som gick i konkurs 2010), en i Kanada (Enerkem, 38 000 m³ etanol per år) och två i USA (Range Biofuels, som också gick i konkurs 2010, och INEOS Bio (drygt 30 000 m³ etanol per år, 6 MW_{el} brutto). Ingen av dessa har förutom GoBiGas, nått en mer fortvarig produktion i närheten av nominell kapacitet. En likande utveckling som GoBiGas har även setts utanför Sverige med ett flertal planerade större drivmedelsprojekt i Finland, Tyskland, Frankrike, Holland och USA, men där de flesta i dagsläget inte kommit bortom planeringsstadiet.

I december 2015 stoppade Göteborgs Kommun den andra etappen av GoBiGas och beslutade att på billigaste sätt avveckla GoBiGas 1 och andra biogassatsningar inom företaget. Nästan samtliga övriga planerade NER300-projekt som beviljades bidrag har antingen avbrutits eller fördröjts, och i dagsläget är framtiden för de två återstående förgasningsbaserade projekten som formellt kvarstår, EONs Bio2G och holländska Woodspirit, mycket osäker. De tre övriga förgasningsbaserade projekten (GoBiGas 2 respektive ForestBTL i Finland och Stracel i Frankrike) har avbrutits. I USA avbröts flera planerade projekt (t.ex. New Page, Flambeau River, Sundrop Biofuels) eller har inte heller kunnat realiseras (Sierra Biofuels, Red Rock Biofuels). Denna utveckling hos projektägarna har sedan medfört att leverantörer som t.ex. Andritz och Haldor Topsøe har minskat sin förgasningsverksamhet. Svårigheten med att kunna mobilisera industriella parter i utvecklingsprojekt har också nyligen lett till att LTU Green Fuels f.d. Chemrecs pilotanläggning, har varslat sin personal om avsked och står inför en malpåseläggning. Figur 1 ger en översikt av pågående och skrinlagda/avslutade industriella projekt och aktiviteter inom biomassaeförgasning i Sverige efter 2010.

Svensk pyrolysforskning initierades av KTH under oljekrisen på 1970-talet, men då främst under trycksatta förhållanden, och avbröts efter ett fåtal år. 2012 drev Billerud ett projekt för att bygga en anläggning som även fick stöd från NER300 programmet, men som sedan avbröts på grund av marknadsosäkerheter. I dagsläget finns inget industriellt drivet projekt inom pyrolys. Däremot finns ett svenskt samverkansinitiativ inom snabb pyrolys, SWEPOIL, där KTH och SP ETC ingår. Hos SP ETC finns sedan 2011 en pilotuppställning för cyklonbaserad produktion och uppgradering av pyrolysvätska. Vid KTH finns en labbuppställning för katalytisk ång-pyrolys i en fluidbädd där ett antal doktorandprojekt har genomförts sista fem åren. Figur 2 ger en överblick av vad som pågår eller pågått i Sverige under de sista fem åren. Vidare har Preem uttryckt en ambition om att inom en fem årsperiod kunna blanda in upp emot 100 000 ton pyrolysvätska per år med fossil råolja i existerande oljeraffinaderier.

I Europa finns idag två kommersiella demonstrationsprojekt (10-50 kton per år): Joensuu i Finland (VTT, Fortum, Valmet) samt Hengelo i Holland (BTG-Btl, EMPYRO). Dessa levererar en väl specificerad pyrolysvätska som ersättning till olje- och gaseldade värmeverk och är inne på sitt andra driftår sedan starten och visst stillestånd. Fortum har därutöver fått stöd från NER300 för två likande anläggningar som den i Joensuu för uppförande i Estland och Lettland. Dessutom finns ett antal anläggningar byggda av Ensyn i Kanada sedan ett antal år tillbaka. Hittills har pyrolysvätskan ersatt brännolja, men siktet är inställt mot att uppgradera vätskan på olika sätt så att den kan samprocessas fossil olja till drivmedel i ett raffinaderi.



Figur 1. Översikt av pågående och skrinlagda/avslutade industriella projekt och aktiviteter inom biomassaeförgasning i Sverige efter 2010

5. Forskning, utveckling och demonstration

Förgasningsteknik har varit ett aktivt forskningsområde i Sverige under många decennier och tyngdpunkten har gradvis förskjutits från forskning till utveckling och demonstration. I nuläget finns en betydande samsyn kring att det tekniska kunskapsläget för förgasning och pyrolys är sådant att teknikerna är mogna att gå vidare till demonstrationer. Fortsatt FoU kommer givetvis att kunna bidra till och stötta demonstrationer, men aldrig ersätta en uppskalning till mer industriell skala. Nedanstående diskussion ska läsas i ljuset av detta.

Genom flera mycket ambitiösa och framgångsrika projekt sedan 90-talet så har det byggts upp en forskningsinfrastruktur av världsklass i Sverige. På institut och universitet finns det avancerade och unika experimentuppställningar och verksamheten bedrivs numer i nationellt sammanhållna fora, exempelvis genom Svenskt Förgasningscentrum (SFC) där tidigare separat forskning vid KTH, Chalmers och LTU samt delar av SP med flera, nu samordnas. Därutöver har det under decennier bedrivits processutveckling i större skala. Speciellt kan man nämna MINO (2 MW_{th} trycksatt syntesgas i fluidbädd, 80-talet), VVBGC (18 MW_{th} fluidbäddförgasare, integrerad med gasturbiner för elproduktion, 90 -talet), Chemrec och sedan 2013 LTU Green Fuels (3.5 MW_{th} medströmsförgasare, integrerad med drivmedelsyntes 4 ton DME eller metanol per dag, 2005-2016) och i en ännu större och mer industriell skala GoBiGas (18 MW_{th} tvillingbäddförgasare, integrerad med metansyntes, 2013-). I samtliga dessa exempel fanns en aktiv utvecklare, ett företag eller grupp av företag, som byggde och drev infrastrukturen med uttalade kommersiella ambitioner, men med en kraftig anknytning till en eller flera högskolor som bedrev understödande forskning såväl med egna utrustningar som i den större strukturen. Denna koppling mellan forskning och driftförhållanden i en kontinuerlig anläggning ger betydande mervärden för alla inblandade, nu senast med Chalmers i samband med driftsättningsproblemen i GoBiGas.

Dessa piloter eller demonstrationer har dock höga driftkostnader i förhållande till intäkterna och vid låga energipriser får även en industriell prototyp svårigheter. Ett problem är att samtliga de tre kvarvarande flaggskeppsanläggningarna, GoBiGas, LTU Green Fuels och Värnamo, i nuläget hotas av nedläggning eller skrotning samtidigt som det idag enbart är mindre företag som bedriver egen processutveckling.

I och med att många av de erfarna personerna inom förgasningstekniksområdet närmar sig eller har passerat pensionsåldern, samtidigt som få utvecklingsverksamheter pågår, så betyder det att erfarenheten inte på ett organiskt sätt förs över till en ny generation ingenjörer och forskare. Utan nya projekt och verksamheter riskeras ett glapp som kan utgöra ytterligare ett hinder för att genomföra en snabb kommersialisering av tekniken, som vi anser är nödvändigt för att uppnå politiska mål om fossilfrihet och andra miljömål. Strategin för forskning, utveckling och demonstration bör vara inriktad på att minska de tekniska riskerna vid uppskalning och kommersialisering samt reducera kostnader bland annat genom förbättrad tillgänglighet och effektivitet. Dessutom bör strategin verka för att åstadkomma en effektiv kunskapsöverföring från erfarna ingenjörer och forskare till yngre och dubbelriktat flöde mellan akademi och industri.

Forskning och utveckling på området spänner över såväl fundamentala frågor som kinetik, strömningsfenomen, katalys, ny mätteknik som mer tillämpade områden som bränslekaraktistik, modellering och materialfrågor) och till utvecklingsinriktade frågeställningar som uppskalning, gasreningsprocesser och processintegration. Nedan ges några huvudinriktningar för aktuell forskning:

Förgasnings- och gasreningskemi: Det finns en ekonomisk drivkraft att utnyttja billiga och mer komplexa biobränslen och att ha en hög bränsleflexibilitet. Kunskapsnivån för termokemisk omvandling av olika typer av inhomogena biobränslen med varierande kvalitet är i dagsläget inte tillräckligt hög. Både förgasningskinetik och askegenskaper är viktiga områden, liksom modellering av hela förgasningsprocessen, exempelvis via numeriska beräkningsmetoder som CFD (Computational Fluid Dynamics) och andra typer av verktyg och metoder. I modelleringen ingår ofta avancerade modeller för turbulent värmeöverföring, strålning och flerfasströmning och som måste valideras mot robusta experimentella data för att ge tillförlitliga resultat. För olika gasreningsprocesser där katalysatorer, filter och tvättvätskor används behövs en ökad förståelse för hur dessa material interagerar med gaskomponenter. Vid kommande uppskalningar av anläggningar kommer längre drifttider och erfarenheter att ge upphov till frågeställningar som inte kan beaktas i mindre provanläggningar.

Processdesign och processintegration: Förgasningsprocessen behöver anpassas till den tillämpning där den ingår för att man ska uppnå hög verkningsgrad, hög tillförlitlighet och låga kostnader. Här ingår val av och optimering av processer för gasrening och gaskonditionering samt utnyttjande av spillvärme i den totala processens alla delsteg. Frågor som rör integration av teknikerna i befintlig industriinfrastruktur, exempelvis skogsindustri, stål-, raffinaderi- och kemiindustri, eller existerande biodrivmedelsindustri, för att nå ekonomiska skaleffekter och högre resurseffektivitet är av stor vikt. Viktiga metoder är processintegration (matematisk programmering, Pinch-analys etc), "flow sheet modeling", avancerade processimuleringar och kombinationer av dessa.

Inneslutningsmaterial: förgasningsprocesser sliter hårt på materialen som används för att innesluta processens olika steg. Både keramiska och metalliska material används i olika delar och påverkan på dessa skiljer sig ofta från den i vanliga förbränningsprocesser eftersom miljön är reducerande. Materialfrågorna är starkt kopplade till förgasningskemin och det behövs både experimentella och teoretiska resultat från detta område för att man ska kunna definiera de materialtekniska frågorna. Forskningen bör inriktas på de speciella förhållanden som gäller i förgasare av olika typer.

Funktionsoptimering: det finns ett antal olika principlösningar för biomassaförgasning. Samtliga har både fördelar och nackdelar och det inte att utnämna en "vinnare" som skulle kunna passa i samtliga kommersiella tillämpningar. Varje lösning har sin optimala tillämpning. Det är därför av intresse att stödja fortsatt funktionsoptimering så att kunskapen ökar samtidigt som de tekniska riskerna vid kommersialisering kan minskas. Funktionsoptimeringen kan ske både teoretiskt och experimentellt men i slutändan behövs alltid en experimentell verifiering i industriellt relevant skala.

Pyrolysteknik När det gäller pyrolysteknik har Sverige inte samma ställning kunskapsmässigt som i länder som Finland, Nederländerna och Kanada. Teknikfrågorna som fortfarande kan besvaras i mindre anläggningar är hur själva pyrolysprocessen (betingelser, katalysatorer) och utvinningen av produkten (gasfasfiltrering, stegad kondensering mm) ska ske för att åstadkomma en så bra och stabil pyrolysvätska som möjligt ska nås, inte minst med hänsyn till en uppgradering till drivmedel, samt nedströmsprocessen för att kunna samprocessa pyrolysvätska i ett befintligt raffinaderi, alternativt uppgradera direkt, till en drivmedelsprodukt.

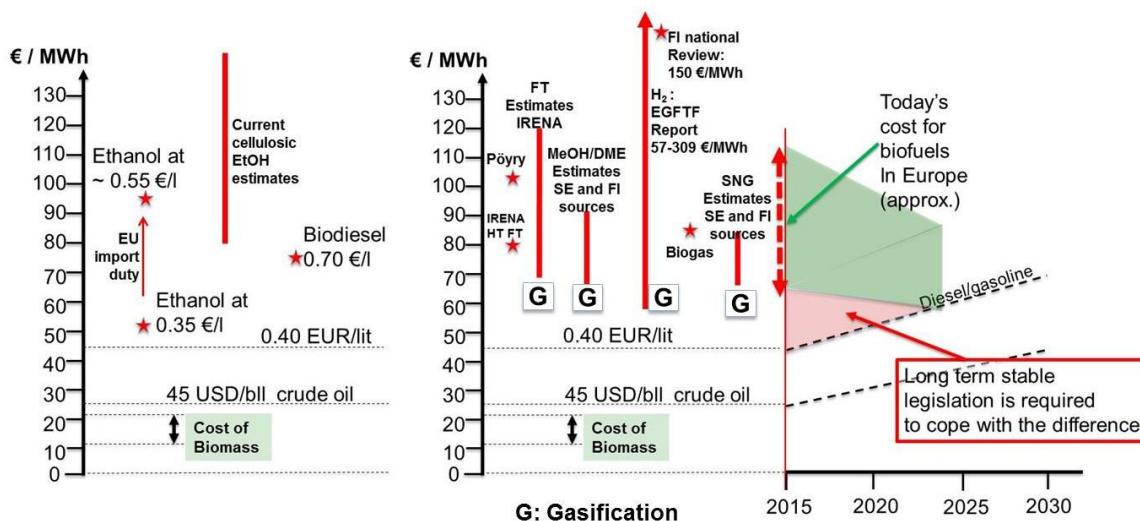
6. Ekonomiska förutsättningar och styrmedel

6.1. Biodrivmedel från förgasning och snabb pyrolys

Rapporter inom området produktion av biodrivmedel talar ett entydigt språk: Biodrivmedel är med dagens förutsättningar, utan undantag dyrare att producera än motsvarande alternativ med fossilt ursprung^{15,16}.

Under 2010-2014, den senaste perioden med höga råoljepriser, kring 100 USD per fat (bbl) och uppåt, fanns det vissa undantag, oftast i form av produkter som förädlats fram ur råvaror som endast var i behov enklare/färre uppgraderingssteg för att nå acceptabel kvalitet. I dagens råoljescenario med råolja som "bara" kostar 40-50 USD per fat (motsvarande 200-250 kr per MWh att jämföra med priset för obehandlat biobränsle som uppgår till 180-200 kr per MWh i Sverige och högre för pellets) är undantagen mycket få eller inga. Råoljebaserad produktion har också fördelen av extrem storskalighet med anläggningsstorlekar som betydligt större än vad biobaserad produktion kan komma i närheten av.

För att en industriell storskalig produktion av förnybara drivmedel skall komma till stånd måste denna differens i pris/produktionskostnad långsiktigt överbryggas. Figur 3 visar till vänster produktionskostnad för etablerade första generationens biodrivmedel (sockerrörsetanol, spannmålsetanol, biodiesel) samt motsvarande andra generationens process för cellulosasetanol. För de etablerade produkterna visas priset, uttryckt som EUR per MWh, som diskreta ungefärliga värden med marknadsbakgrund medan för etanolproduktion ur cellulosa, där det i dagsläget finns ett knappt tiotal industriella prototyper byggda så att faktiska kostnadsunderlag finns, ett spann angetts, då olika producenter ger olika värden på produktionskostnaden, och har olika råvaror (majscolvar, bagasse, träråvara etc.) och sammanhängande kostnader. Priset på råolja och sammanhängande ungefärligt pris på diesel och bensin samt typiskt prisintervall för biomasseråvara visas också som jämförelse.



Figur 3. Produktionskostnader för första generationens och andra generationens biodrivmedel

Till höger visas produktionskostnader för olika andra generationens biodrivmedel förutom cellulosabaserad etanol som visas till vänster. De som baseras på förgasningsteknik är markerade med ett "G". Här utgörs kostnadsunderlaget i huvudsak av studier av framtida kommersiella anläggningar, då

¹⁵ <http://ec.europa.eu/transport/themes/urban/studies/doc/2015-07-alter-fuels-transport-syst-in-eu.pdf>

¹⁶ http://www.ertrac.org/uploads/documentsearch/id32/2014-03_12_Roadmap_Energy_Carriers_for_Powertrains.pdf

enbart ett fåtal anläggningar byggts till dags dato. Något underlag för pyrolysbaserade biodrivmedel finns inte medtaget då detta saknas, även om man i USA hävdar att denna väg kan vara konkurrenskraftig med andra biodrivmedel vid samprocessande av pyrolysvätska i ett fossilt raffinaderi.

Som framgår av diagrammen finns, förutom Brasiliansk etanol, inget biodrivmedel som kan produceras under ca 60 EUR per MWh. Ett stort antal biodrivmedel kan produceras i intervallet 60-110 EUR per MWh (streckad vertikal dubbelpil). Notera till exempel att om bioråvaran kostar 20 EUR per MWh och energiverkningsgraden för förgasningsbaserad produktion är 50-70 % (eller mer) så utgör kostnaden för råvaran 30-40 EUR per MWh av drivmedlets totala produktionskostnad.

Diagrammet längst till höger illustrerar vad ett stigande råoljepris till nivån ca 100 USD per fat till 2030 skulle innebära för priset för fossila drivmedel exklusive andra pålagor. Det kan noteras att ett högre pris på dessa också skulle kunna bli verklighet genom att fossil CO₂ beskattas eller ingår i ett verkningsfullt emissionshandelssystem. Det röda fältet illustrerar nödvändigheten att införa långsiktiga incitament (röda triangeln visar den minsta skillnad mellan förnybart och fossilt vilken måste "fyllas" för att investeringar i biodrivmedelsanläggningar skall kunna komma till stånd) för att produktion som är klart dyrare än fossila drivmedel skall kunna komma in på marknaden i volymer av betydelse. Det är här som styrmedel måste komma in för tekniker, som via forskning och pilotanläggningar nått en tillräcklig teknisk mognad. Styrmedel utgör då den överbrygning som krävs, dels riktat till de första demonstrationerna med högre teknikrisk och högre produktionskostnader, dels för att utjämna prisskillnaden gentemot fossila bränslen. Även om enskilda demonstrationsprojekt för ny teknik behöver ett större investeringsstöd för att lyfta av en del av teknikrisken, är det de nödvändiga, långsiktiga styrmedlen som utgör det stora bidraget under anläggningens livslängd.

Det gröna fältet illustrerar att om anläggningar för biodrivmedelsproduktion börjar byggas kommer produktionskostnaden över tid att minska (genom den så kallade "lärokurvan" som belagts för en rad tekniker). Beroende på var fossilbaserade produkters pris hamnar är det inte osannolikt att kurvorna möts. Lutningen på den gröna fyrhörningen indikerar produktionskostnadsminskningar om 15-20 % under ett 10-årsintervall. Detta kommer inte att inträffa, såvida man inte är villig att bygga de första anläggningarna och äntra lärokurvan som över tid leder till sänkta produktionskostnader. En annan effekt av lärande är att om ett definierat mål sätts för produktionsvolymen vid ett årtal som t.ex. 2030 blir den genomsnittliga kostnaden för att nå målet lägre ju tidigare som utbyggnaden startas då vunna erfarenheter kan omsättas i följande anläggningar och kostnadsfördelarna erhålls på större volymer. Vid en sen start, kommer utbyggnaden att ske utifrån samma kunskapsläge och med en kraftigt ökad volymuppbyggnad. Därav följer att det är viktigt och ett stort värde att komma till demonstrationer så snart som teknisk mognaden nås.

Vad är då merkostnaden för konsumenten vid en ökad tillförsel av biodrivmedel? Anta att dagens fossila drivmedel kostar 50 EUR per MWh vilket motsvarar ca 450 EUR per m³ eller 4,3 kr per liter (Figur 3 visar 45 EUR per MWh för bensin/diesel). Som framgår av samma figur skulle ett biodrivmedelspris på 100 EUR per MWh leda till att flera alternativ skulle kunna produceras med acceptabel ekonomi. Vid introduktion av andra generations biodrivmedel kommer produktionskostnaden att vara relativt hög bland annat på grund av att ny teknik används i anläggningar som inte är fullskaliga. Om man en beräkning görs där merkostnaden av biodrivmedlen läggs på toppen av priset av totala drivmedelskonsumtionen finner man att påverkan på priset för konsumenten inte är särskilt stor. 5 % inblandning av biodrivmedel till ett dubbelt energipris utslagen på hela konsumtionen innebär en kostnadsökning hos konsumenten på drygt 20 öre per liter bränsle ($4,3 \times 0,95 + 8,6 \times 0,05 = 4,52$). Alltså en ökning med drygt 20 öre per liter. För en inblandningsgrad om 20 % skulle merkostnaden bli ca 90 öre per liter. Prisförändringar större än dessa upplever Sveriges konsumenter redan idag på grund av svängande oljepris och varierande dollarkurs mot kronkurs. Dessutom skulle en inblandning om 20 % ta

ett antal år att åstadkomma och då kan, som tidigare beskrivits, skillnaden mellan fossilt och förnybart ha minskat av flera skäl varför en kostnadsökning på mer än 1 SEK per liter inte är mindre sannolik.

Beräkningen ger alltså en fingervisning om merkostnaden för konsumenten. Mekanismen för överföring av dessa extra medel till biodrivmedelsproducenterna kan framstå som komplicerad, men lösningar borde gå att identifiera. Två viktiga noteringar är att stödet skall utfalla på energibas och skall tillfalla både rena biodrivmedel och sådana som blandas in i fossila drivmedel.

Det finns en god överensstämmelse mellan den ovan gjorda beskrivningen och de enkätsvar som berör prisbild och behov av långsiktiga styrmedel för prissättning av förnybara drivmedel. Det finns också stöd för att byggande av anläggningar över tid leder till lägre produktionskostnader, såsom bilden ovan indikerar (se Bilaga 1).

6.2. Bränslen och kraftvärme från förgasning och pyrolys

När det gäller förgasningsbaserad elproduktion integrerad i större fjärrvärmenät eller i industrier behövs liknande långsiktiga incitament som för biodrivmedel för att ta sig in på marknaden. Den specifika kostnaden för biobränslebaserade kraftvärmeanläggningar, konventionella eller förgasningsbaserade, ligger relativt lika¹⁷. Men, i absoluta termer innebär detta att investeringen för en förgasningsbaserad anläggning för ett visst värmebehov blir 50-100 % högre på grund av ökat elutbyte i förhållande till värmeunderlaget. Den sammanlagda uteffekten av el och värme blir då större varför bränsleförbrukningen ökar med ca 25-30 % relativt en konventionell anläggning. Genom att värmeintäkten blir densamma som för konventionell teknik måste en ökad del av bränsle-, kapital och driftkostnader därmed bäras av elförsäljningen. Förgasningsteknik blir i då första hand är ekonomisk intressant om dels elintäkten (systempris plus certifikat) är hög och dessutom ifall skillnaden mellan el- och värmepris ökar.

Energiuppgörelsen som lanserades i juni 2016 kan, genom förlängningen av elcertifikatsystemet efter 2020, förväntas ge en ytterligare kraftig utbyggnad av sol- och vindel. Utbyggnad sker också av överföringskapaciteten inom och till/från Norden. Detta sätter de redan låga elpriserna under press nedåt, men med den kvarvarande osäkerheten kring kärnkraftens framtid i Sverige och Finland. En fortsatt god tillgång på el till låga priser gynnar inte biobaserad kraftvärme och i synnerhet inte förgasningsbaserad elproduktion med dess höga elutbyte. Dessutom är kraftvärmetekniken i Sverige, som potentiellt skulle ersättas av förgasningsteknik, i huvudsak redan baserat på biobränslen och avfall. Klimatnyttan blir därmed låg. En möjlighet kan dock vara att installera förgasningsbaserad kraftvärmeproduktion i fjärrvärmesystem där värmelasten understiger 10 MW och där idag kraftvärme inte utnyttjas av ekonomiska skäl.

Det finns även här en god överensstämmelse mellan denna beskrivning och de enkätsvar som berör prisbild och konkurrenskraft för förgasningsbaserad kraftvärmeteknik, se Bilaga 1.

¹⁷ Elforsk (2014). El från nya och framtida anläggningar. Rapport 14:40

7. Biomassaförgasning och pyrolys i Sverige år 2030

Scenarier kan hjälpa oss att förstå långsiktiga konsekvenser av beslut och val som vi gör i dag. Framtidsbilderna har diskuterats fram baserat på arbetsgruppens bedömningar och med hänsyn till intressenternas inspel vid gruppdiskussioner och enkät. Det primära syftet med skapandet av framtidsbilderna är att illustrera den potential som teknikerna besitter och därmed kunna kvantifiera hur mycket fossila bränslen som rimligtvis skulle kunna ersättas fram till år 2030.

I det följande presenteras två olika framtida utvecklingsscenarion för biomassaförgasning och pyrolys för olika tillämpningsområden för år 2030. Utvecklingarna utgår ifrån en bedömning av den realistiska maximala potentialen att antingen ersätta en viss mängd fossila bränslen i olika tillämpningar alternativt utnyttja det befintliga bränsle- eller värmeunderlaget. Den ena framtidsbilden, Business-as-usual (BAU), representerar den utveckling som vi bedömer inträffa med nuvarande trender och omvärldsförutsättningar. Det andra scenariot (Önskvärd teknikutveckling, ÖTU) som avser att illustrera, en i vår synpunkt realistisk och önskvärd utveckling för teknikerna fram till 2030 under de omvärldsförutsättningar som antas. En tidplan för hur framtidsbilderna kan komma att realiseras följer.

Energigastillämpningar		
Potentiella anläggningar föremål för användning av biomassabaserad produktgas eller pyrolysvätska samt uppskattad tillförsel av fossilt bränsle idag	Ca 40 ugnar, mesa-. LECA och kalkugnar, cementugnar, pelletsverk, gipsskiveindustrier, glasindustri Stålintustrins ugnar, externbränsle (ej kol, koks eller interna gaser)	
	Total tillförsel av fossilt bränsle uppskattas år 2016 till ca 7 TWh per år	
Scenario	Business-as-usual 2030	Önskvärd teknikutveckling 2030
Bedömning av produktion och anläggningsstatus 2030	Ett mindre antal anläggningar konverteras helt eller partiellt till bränngas eller pyrolysvätska	En mer omfattande konvertering av anläggningar, som helt eller partiellt konverteras till bränngas eller pyrolysvätska
	Biomassaförgasning tillämpas i två till sex mesa-/kalkugnar och i en till tre industriugnar	Biomassaförgasning tillämpas i 15 mesa-/kalkugnar och fem industriugnar
	Totalt ersatt fossilt bränsle: < 1 TWh per år	Totalt ersatt fossilt bränsle: 3 TWh per år
Förutsättningar omvärld	Högre priser på fossila bränslen jämfört med 2015-2016, men lägre nivå än 2009-2014	Högre priser på fossila bränslen jämfört med 2015-2016
	ETS-systemet, fas 4, efter 2020, får litet ekonomiskt genomslag med hänsyn till industrins teknikstatus, antal rättigheter och undantag för "carbon leakage" ¹⁸	ETS-systemet, fas 4, efter 2020, får stort ekonomiskt genomslag med hänsyn till industrins teknikstatus, antal rättigheter och undantag för "carbon leakage" ¹⁸

¹⁸ Med "carbon leakage" menas att om exempelvis cementproduktion riskerar att flyttas från Europa till Kina på grund av höga kostnader för ETS, kan undantag från ETS kriterier medges

Småskalig kraftvärme		
Potentiella anläggningar för installation av biomassaförgasning för kraftvärmeproduktion och bedömd elproduktionspotential	130 sågverk Ett större antal mindre industrier, lokala värmenät och jordbruk Total bedömd elproduktionspotential år 2016: ca 1-2 TWh el per år	
Scenario	Business-as-usual 2030	Önskvärd teknikutveckling 2030
Bedömning av produktion och anläggningsstatus 2030	Ett fåtal småskaliga förgasningsbaserade kraftvärmeanläggningar i drift Total uppskattad elproduktion: <0.1 TWh el per år	Ett 50-tal anläggningar småskaliga förgasningsbaserade kraftvärmeanläggningar i drift Total uppskattad elproduktion: ca 0.5 TWh el per år
Förutsättningar omvärld	En långsam kärnkraftavveckling och fortsatt utbyggnad av vind- och solel Elpriser på nuvarande nivå eller lägre, vilket ger ökad användning av värmepumpar Certifikatsystemet förlängs och målet ökas till minst 40 TWh år 2030	Snabb kärnkraftavveckling efter 2020 och fortsatt utbyggnad av vind- och solel Elpriserna är högre än nuvarande nivå, särskilt vintertid Certifikatsystemet förlängs och förstärks till minst 50 TWh år 2030 Reglerbar och inbäddad kraft premieras relativt sol- och vindkraft

Förgasning till kraftvärme i fjärrvärme och industri		
Potentiellt värmeunderlag för förgasningsbaserad kraftvärme och bedömd maximal elproduktionspotential	Värmeunderlag idag ca 40 TWh i fjärrvärmesystem, tillgodoses via fossilt bränsle	
	Värmeunderlag idag större (skogs)industri ca 50-60 TWh Totalt bedömd elproduktionspotential år 2016: 30-40 TWh per år (Elcertifikatsystemets mål för år 2020 är 30 TWh per år ny förnybar el (jmf med år 2002). Innovationsagendan för biokraft anger målet 40 TWh el på sikt från biomassa. Andra källor anger ca 25 TWh _{el} 2030 relativt 15 TWh idag	
Scenario	Business-as-usual 2030	Önskvärd teknikutveckling 2030
Bedömning av teknik och anläggningsstatus 2030	Inga förgasningsbaserade kraftvärmeanläggningar	Två-tre förgasningsbaserade kraftvärmeanläggningar i fjärrvärmesystem ger ca 1 TWh Två-tre förgasningsbaserade industriella kraftvärmeanläggningar ger ca 4 TWh
	Total uppskattad elproduktion: 0 TWh per år	Total uppskattad elproduktion: ca 5 TWh per år
Förutsättningar omvärld	En långsam kärnkraftavveckling och fortsatt utbyggnad av vind- och solel Elpriser på nuvarande nivå eller lägre Certifikatsystemet förlängs och målet ökas till minst 40 TWh år 2030 Värmeunderlaget minskar eller stabiliseras på ungefär samma nivå som idag. Låga elpriser ger ökad användning av värmepumpar. De fullastekvivalenta timmarna per år i kraftvärme sjunker ETS-systemet, fas 4, efter 2020, får litet ekonomiskt genomslag inom kraftvärmesektorn	Snabb kärnkraftavveckling efter 2020 och fortsatt utbyggnad av vind- och solel Elpriserna är väsentligt högre än nuvarande nivå, särskilt vintertid Certifikatsystemet förlängs och förstärks till minst 50 TWh år 2030 Värmeunderlaget stabiliseras på dagens nivå alt mindre ökning genom nätintegrering. Värmepumpar utnyttjas inte i samma utsträckning pga. högre elpriser. De fullast-ekvivalenta timmarna i kraftvärme ökar, och högre elutbyte blir intressant Reglerbar och inbäddad kraft premieras relativt sol- och vindkraft, vilket gör att även småskalig kraftvärme blir mer intressant ETS-systemet, fas 4, efter 2020, får ett kraftigt ekonomiskt genomslag inom kraftvärmesektorn och naturgasanläggningar fasas ut

Pyrolysvätska i fjärrvärme och industri		
Potentiella anläggningar föremål för användning av pyrolysvätska och uppskattad tillförsel av fossilt bränsle idag	Som spetslast används ca 1.4 TWh fossil olja och 1.9 TWh förnybar olja (FAME, VO mm.)	
	Inom industrin används idag ca 10 TWh fossil olja	
	Total tillförsel av fossil olja uppskattas år 2016 till drygt 10 TWh fossilt bränsle per år	
Scenario	Business-as-usual 2030	Önskvärd teknikutveckling 2030
Bedömning av produktion och anläggningsstatus 2030	Måttlig ersättning av fossil olja Fjärrvärmesystemens olja ersätts delvis och ett fåtal industrier vinnlägger sig om fossilfrihet	Fjärrvärmesystemens olja ersätts och vissa industrier vinnlägger sig om fossilfrihet
	En till två större pyrolysanläggningar byggs	Ett tiotal pyrolysanläggningar byggs
	Totalt ersatt fossilt bränsle: <1 TWh fossilt bränsle per år	Totalt ersatt fossilt bränsle: ca 5 TWh fossilt bränsle per år
Förutsättningar omvärld	Högre priser på fossila bränslen jämfört med 2015-2016, men lägre nivå än 2009-2014	Högre priser på fossila bränslen jämfört med 2015-2016
	ETS-systemet, fas 4, efter 2020, får litet ekonomiskt genomslag med hänsyn till industrins teknikstatus och antal utsläppsrätter	ETS-systemet, fas 4, efter 2020 får stort ekonomiskt genomslag med hänsyn till industrins teknikstatus och antal utsläppsrätter

Förgasning och pyrolys till biodrivmedel och kemikalier		
Bedömning av realistisk maxpotential baserat på uppskattad tillförsel av fossilt bränsle idag	Total användning av fossila bränslen för transporter uppgår till 72 TWh per år.	
	Total användning av fossila bränslen i kemisk industri uppgår till 1.7 TWh per år.	
	13 sodapannor i massabruk som är äldre än 25 år	
	Totalt bedömd realistisk maximal potential för ersättning av fossila drivmedel och kemikalier till 2030: 25-35 TWh per år	
Scenario	Business-as-usual 2030	Önskvärd teknikutveckling 2030
Bedömning av produktion och anläggningsstatus 2030	Inga förgasningsbaserade drivmedelsanläggningar	Tre fullskaliga svartlutsförgasare i kommersiell drift
	Ett par pilot och demonstrationsanläggningar för förgasning i sporadisk drift i forskningssyfte	Två fullskaliga fastbränsleförgasare i kommersiell drift En fullskalig industriellt integrerad pyrolysanläggning
	Totalt ersatt fossilt bränsle: 0 TWh per år	Totalt ersatt fossilt bränsle: 7 TWh per år (motsvarande ca 7-800 000 m³ fossil diesel/bensin)
Förutsättningar omvärld	Högre priser på fossila bränslen jämfört med 2015-2016, men lägre nivå än 2009-2014, inga pålagor	Högre eller lika höga priser på fossila bränslen jämfört 2009-2014, inklusive pålagor
	EUs begränsning av jordbruksbaserade biodrivmedel ligger kvar på nivån max. 7 %, och ytterligare målsättningar är svaga och förs inte över på medlems-staterna	EUs begränsning av jordbruksbaserade biodrivmedel ligger kvar på nivån max. 7 %, men ytterligare målsättningar är starka och förs över på medlemsstaterna
	Nya hållbarhetskriterier på EU-nivå begränsar användning av skogsbränslen utöver kaskad-utvinning i samband med andra industriella aktiviteter. Kan även leda till råvarukonkurrens med kraftvärme	Nya hållbarhetskriterier begränsar inte användning av skogsbränslen Klara politiska mål och stödsystem som gynnar inhemsk produktion
	Fortsatt oklara politiska mål och stödsystem missgynnar svensk produktion. Huvuddelen av biodrivmedlen importeras eller produceras via samprocessande i fossila raffinaderier	

För att scenarierna ska kunna realiseras så krävs att ett antal omvärldsfaktorer inträffar. Nedan beskrivs en, under dagens förutsättningar, bedömd tidtabell för de faktorer som på ett eller annat sätt påverkar scenarierna var och en för sig eller genom kombinerade effekter.

År	Business-as-usual (BAU)	Önskvärd teknikutveckling (ÖTU)
2016	Energiuppgörelsen ger ramarna, dels för kärnkraften och dels för ett förlängt certifikatsystem med en ökad målsättning för 2030	Energiuppgörelsen ger ramarna, dels för kärnkraften och dels för ett förlängt certifikatsystem med en ökad målsättning för 2030
2016	Ett nytt förnyelsedirektiv, RED II, offentliggörs i Bryssel och klargör målsättningar med sikte på 2030. Randvillkor mm. återstår i förhandlingar med medlemstaterna. Hållbarhetskriterier förhindrar i ökat uttag från skogen utöver vad som sker idag (kaskadprincipen) och gäller all energianvändning, icke enbart drivmedel	Ett nytt förnyelsedirektiv, RED II, offentliggörs och klargör målsättningar och randvillkor i form av acceptabla råvaror, växthusgas-reduktion, ILUC, LUCCLUF mm. med sikte på 2030. Tydliga indikationer ges för perioden 2040-2050. Hållbarhetskriterier för biobränsle medför inte ytterligare begränsningar av skogsuttag, utöver vad svensk lagstiftning och praxis redan utgör.
2017	RED II förhandlas under lång tid i parlamentet och rådet	RED II passerar parlamentet och rådet
2017	Svenska regeringen offentliggör ett förslag för mål för transportsektorns växthusgasreduktion och sammanhängande investeringsstöd och marknadsstyrmedel fram till 2030. Men EUs regelverk både med avseende på RED II och statstödsreglerna är fortsatt oklara.	Svenska regeringen offentliggör ett förslag för mål för transportsektorns växthusgasreduktion och sammanhängande investeringsstöd och marknadsstyrmedel fram till 2030. Dessa står i samklang med EUs regelverk både med avseende på RED II och statstödsreglerna. Detta blir en startpunkt för en utveckling av ett flertal förgasningsprojekt
2018	De svenska reglerna för biodrivmedel träder i kraft, men innehåller fortsatta oklarheter relativt RED II.	De svenska reglerna för biodrivmedel träder i kraft. Därmed kan framtiden för ex GoBiGas säkras.
2019-2020	En intensiv debatt kring ETS-systemet skapar ett reformerat system under perioden från 2020 med tydligare målsättningar men också betydande undantag för länder och industrigrenar	En intensiv debatt kring ETS-systemet skapar ett starkt reformerat system under perioden från 2020 med tydligare målsättningar och regler som ger ett betydligt högre värde på koldioxidutsläpp. Ett stödsystem, NER 400, som förändrats i grunden ger ett mer målinriktat riskavlyft för ett antal anläggningar för förnyelsebara drivmedel.
2020	UNFCCC's Parisavtal om att begränsa växthusgaseffekten till 2 C ratificeras inte av tillräckligt antal länder. Nya förhandlingar vidtar	UNFCCC's Parisavtal om att begränsa växthusgaseffekten till 2 C ratificeras av tillräckligt antal länder för att nå 55 % av växthusgasemissionerna och träder därmed i kraft.
2021		Den första kommersiella storskaliga förgasningsanläggningen för drivmedelsproduktion i Sverige tas i drift
2022	RFS2 upphör 2022 utan ett tydligt RFS3, eller sär andra generationens biodrivmedel ges ytterligare stöd.	I USA införs ett nytt system när RFS2 upphör 2022. RFS3 ger ett lika långsiktigt perspektiv som RFS2, dvs. 15 år. Ökat intresse för förgasningsbaserade drivmedel följer på detta beslut.
2023		En andra anläggning i drift
2025		En systemanläggning till den 1:a anläggningen i drift
2027		En systemanläggning till den 2:a anläggningen i drift
2029		En systemanläggning till den 1:a (och 3:e) anläggningen i drift

7.1. Summering av framtidsbilderna

Under de omvärldsförutsättningar som vi antar i vårt business-as-usual (BAU) scenario för år 2030 med bland annat fortsatt oklara spelregler och avsaknad av långsiktiga och tillräckliga styrmedel, kommer teknikpotentialerna för biomassaeförgasning och pyrolys att utnyttjas minimalt. Pyrolys är troligtvis den som får störst genomslag av teknikerna i detta scenario och det är möjligt att en eller två fullskaliga anläggningar skulle kunna vara i drift år 2030. Pyrolysvätskan skulle då ersätta fossil olja för spetslast i fjärrvärmesystem och i vissa andra industrier. Biomassaeförgasning tillämpas i ett mindre antal mesa-/kalkugnar och i andra typer av industriugnar. Ett par pilot och demonstrationsanläggningar för biomassaeförgasning är i sporadisk drift, men i endast forskningssyfte, och möjligtvis ett fåtal mindre förgasnings kraftvärmeanläggningar. Bidraget till målet om en nationell fossilfrihet är marginellt och teknikerna uppskattas i bästa fall kunna tillföra ett par TWh per år. Inhemsk produktion av biodrivmedel kommer sannolikt även fortsättningsvis till allra största delen vara baserad på importerad råvara.

I vårt önskvärda teknikutvecklingsscenario (ÖTU), utnyttjas teknikpotentialerna i betydligt större, men i vår mening realistisk omfattning. Detta möjliggörs av att tydliga mål formuleras och att verkkningsfulla styrmedel införs, både internationellt, inom EU och i Sverige, då dessa nivåer interagerar. Ett större antal industriella ugnar konverteras i detta scenario helt eller partiellt till biobränslebaserad bränngas eller pyrolysvätska och tillför i storleksordningen 3 TWh per år. Ett 50-tal anläggningar för småskalig kraftvärme är installerade i mindre industrier som sågverk och i lokala mindre närvärmesystem samtidigt som några större förgasningsbaserade kraftvärmeanläggningar har tagits i drift. Dessa kan tillsammans tillföra ca 5 TWh per år. Här påverkas dock utfallet av hur mål och styrmedel påverkar inom olika sektorer, mer förnyelsebar el från sol och vind bedöms påverka biokraftvärmens utbyggnad.

Ett tiotal pyrolysanläggningar är byggda och försörjer fjärrvärmesystemen och vissa industrier med pyrolysvätska som ersätter fossil olja och bidrar även de med ca 5 TWh årligen.

Det största bidraget i steget mot en fossilfri framtid bedöms dock förgasningsbaserade biodrivmedel ge. Vi uppskattar att det under de antagna förutsättningarna är fem fullskaliga biomassaeförgasare i kommersiell drift samt en fullskalig industriellt integrerad pyrolysanläggning och kan därmed ersätta ca 7 TWh per år av fossilt bränsle, vilket motsvarar ca 7-800 000 m³ fossil diesel eller bensin, eller ca 10 % av dagens drivmedelsförbrukning. Till detta kommer andra biodrivmedel som redan idag ligger på ca 15 % och kan förväntas öka, dvs. upp till 1/4 eller mer av dagens fossila drivmedel skulle kunna ersättas i detta scenario. Effekten blir större då en betydande reduktion av drivmedelsförbrukningen förväntas till 2030 till följd av utvecklingen på fordonssidan.

Vi bedömer alltså att termokemisk omvandling av skogsbiomassa via förgasning och pyrolysteknik skulle kunna ersätta fossila bränslen i storleksordningen ca 20 TWh per år 2030 under antagna förutsättningar. Detta skulle kräva en utökad tillförsel av skogsenergi om ca 30 TWh per år, vilket det borde finnas utrymme för enligt de potentialbedömningar som gjorts (se kapitel 3).

8. Slutsatser och rekommendationer

Sverige har en betydande och värdefull tillgång i skogen. Skogstillgångarna ökar dessutom genom att avverknings- och pyrolystekniken möjliggör drivmedelsproduktion som uppfyller denna kravprofil, något som agendans intressentkrets står bakom. I dagsläget är nuvarande biodrivmedel i huvudsak baserade på import (ca 80 % som produkt eller som råvara), har i vissa fall tveksam växthusgas- och uthållighetsprofil, eller baseras på avfalls- eller nisch-biprodukter som inte räcker för en mer allmän omställning i t.ex. ett EU-perspektiv. Även om det också finns en utveckling för att utnyttja inhemska biprodukter som t.ex. partiell avskiljning av lignin, och som har starkt stöd av delar av industrin, är inte heller här kvantiteten tillräcklig för att nå mer ambitiösa mål på området. Samtidigt finns det biobränsleresurser i vårt land, i skogen eller hela den tillgängliga mängden lignin i svartlut, som via förgasning, pyrolys eller annan teknik skulle kunna ge ett betydligt större tillskott av biodrivmedel, utan att inverka på värmesektorn. Denna långsiktiga potential med spridning utanför vissa nuvarande industrier måste beaktas i resursprioriteringar.

Det finns en långvarig tradition, kompetens och vilja att bedriva ett uthålligt skogsbruk i Sverige. För att säkerställa detta finns ett lagverk och ett tydligt regelsystem. Men formella hållbarhetskrav på EU-nivå med ursprung utanför skogsländerna hotar den svenska kontrollen över vår skog och riskerar att leda till ökade transaktionskostnader.

Rekommendationen är att regering och myndigheter i samråd med skogsindustrin, och i samarbete med andra länder, fortlopande och med kraft, verkar för att behålla en full svensk kontroll av denna naturtillgång med så få, och i sammanhanget enbart relevanta, inskränkningar som möjligt

Generellt så bör de drivmedel som ska ersätta fossila alternativ uppfylla en rad krav;

- ge en hög växthusgasreduktion
- produceras hållbart i sådana kvantiteter att de kan göras tillgängliga på en marknad och att därmed växthusgasreduktionspotentialen realiseras
- kunna produceras i större kvantiteter till en förhållandevis låg kostnad för att minska den ekonomiska belastningen på staten och konsumenter
- drivmedlet kan utnyttjas i befintlig infrastruktur, inkl. fordon, eller i infrastruktur som kan byggas upp på kort eller medellång sikt till rimlig kostnad

Till dessa kommer mer nationella kriterier

- produktioner av drivmedlet ger positiva sociala och ekonomiska effekter i Sverige
- produktioner av drivmedlet förbättrar försörjningstryggheten för Sverige.

Förgasnings- och pyrolystekniken möjliggör drivmedelsproduktion som uppfyller denna kravprofil, något som agendans intressentkrets står bakom. I dagsläget är nuvarande biodrivmedel i huvudsak baserade på import (ca 80 % som produkt eller som råvara), har i vissa fall tveksam växthusgas- och uthållighetsprofil, eller baseras på avfalls- eller nisch-biprodukter som inte räcker för en mer allmän omställning i t.ex. ett EU-perspektiv. Även om det också finns en utveckling för att utnyttja inhemska biprodukter som t.ex. partiell avskiljning av lignin, och som har starkt stöd av delar av industrin, är inte heller här kvantiteten tillräcklig för att nå mer ambitiösa mål på området. Samtidigt finns det biobränsleresurser i vårt land, i skogen eller hela den tillgängliga mängden lignin i svartlut, som via förgasning, pyrolys eller annan teknik skulle kunna ge ett betydligt större tillskott av biodrivmedel, utan att inverka på värmesektorn. Denna långsiktiga potential med spridning utanför vissa nuvarande industrier måste beaktas i resursprioriteringar.

För att nå bortom demonstrationer måste den beslutade drivmedelsmarknadens storlek vara tydlig. Målsättningar som ”vara fossilberoende 2030” är tolkningsbart och säger lite om vilka volymer som detta kan tänkas medföra på 5 eller 10 års sikt. Avsaknaden av en tydlig målbild som utgör ett klart hinder för de aktörer som kan engagera sig enligt ett av de tydligaste budskapen från intressentkretsen.

Rekommendationen är att det politiska systemet snarast via myndigheter ger tydliga mål och regler som kan omsättas i totala fysiska kvantiteter av biodrivmedel och samtidigt beaktar den långsiktiga volympotentialen hos förgasningstekniken, och därmed sammanhörande samhällseffekter som en introduktion av storskalig förgasningsteknik skulle medföra

Kostnaden för produktion av biodrivmedel, förgasningsbaserade eller andra, kan förväntas vara högre än för fossila drivmedel under en längre framtid. Detta leder till att utöver det stöd som första anläggningar behöver på grund av teknikrisk med ny teknik, måste också ett system av styrmedel med varaktighet över en anläggnings ekonomiska livslängd (typisk 13 år eller mer från projektbeslut) införas som säkerställer att tagna lån kan återbetalas. I dagsläget finns inget system för detta och skattelättnaderna som idag finns är dels enbart ettåriga beslut, dels kommer dessa att fasas ut utan att ett förslag till ett framtida system presenterats. Avsaknaden av ett långsiktigt system av styrmedel är det som hindrar industri m.fl. att ta konkreta initiativ. Intressentkretsen har en stor samsyn kring att detta är ett mycket stor hinder för utvecklingen på området och att trots utredningar och politiska uttalanden har detta ännu inte kommit på plats.

Rekommendationen är att politiska systemet via myndigheter snarast beslutar och inför stabila och långsiktiga styrmedel för biodrivmedel på en nivå som startar den omställning till fossilfria transporter som så klart har förespråkats av majoriteten av de politiska partierna i Sveriges riksdag

En majoritet av agendans intressentkrets anser att förgasningstekniken har en teknikmognad som möjliggör att bygga demonstrationsanläggningar under de närmsta åren, men att möjligheten att finansiera sådana projekt inte finns på grund av bristande stöd från samhället (se Bilaga 1). De första drivmedelsanläggningarna, med en uppskattad produktion om 50 000- 100 000 årston, kommer att ha en hög specifik investering och sämre prestanda än nästkommande och följande generationers teknik, vilket gör att intäkterna svårligen kan matcha drift- och kapitalkostnader. Men utan en demonstration av olika tekniker kommer inget genombrott att ske, varför ett riktat stöd i detta skede bedöms som mycket viktigt.

Rekommendationen är att politiska systemet via myndigheter snarast hittar system som underlättar finansiering av denna ”merkostnad” i samband med uppförande av de första anläggningarna som utnyttjar nyutvecklad teknik

Sverige har under en lång period satsat på forskning inom termisk konvertering av biobränslen, och då framförallt med avseende på förgasning och med en inriktning mot egen processutveckling. Detta innebär att det finns kompetens och uppbyggda forskningsmiljöer som kan bistå industriella aktiviteter på området, och som fortfarande håller hög internationell klass (eller har högt internationellt renommé). Speciellt för de första anläggningarna, är tillgången på sådan kompetens av stort värde, både tekniskt men också i ekonomiska termer. Dessutom kommer mätningar, uppföljningar och andra aktiviteter vara av central betydelse för att gradvis sänka kostnader och förbättra prestanda i de följande anläggningarna. För tillfället bedöms utsikterna för förgasningsbaserad el inte vara så goda. Detta kan

dock ändras fort ifall kärnkraften avvecklas i snabb takt och den uppbyggda kompetensen kan då nyttiggöras.

Det finns således flera viktiga anledningar till att bibehålla denna resurs även i perioder då industrins intresse av olika anledningar inte är så inriktat på omedelbar exploatering (Dock kan forskning inte ersätta pilotanläggningar och teknikdemonstrationer, då dessa ger erfarenheter av längre drifttider och fysiskt större komponenter som inte kan uppnås via traditionell akademisk forskning).

Rekommendationen är att stat och industri gemensamt säkrar en fortsatt och gärna utökad forskningsinsats på förgasnings- och pyrolysområdet även under perioder med stora osäkerheter i hur och när teknikernas kommer att realiseras i Sverige

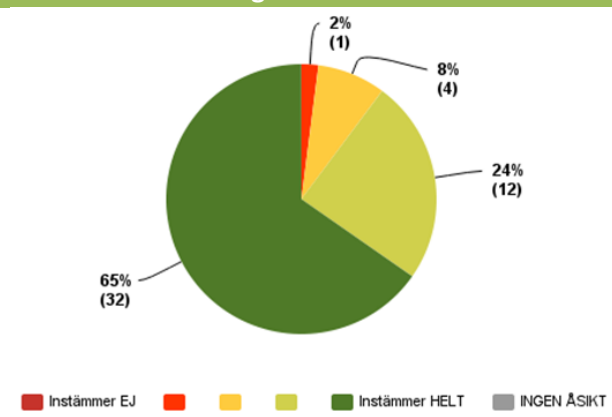
Dessutom visar erfarenhet från de första anläggningarna, att demonstrationer av 1:a eller 2:a generationens anläggningar, oavsett teknikval, får längre driftsättningstider och ombyggnadsbehov. Detta påverkar kassaflödet för anläggningarna och leder ofta till att verksamheten avbryts i ett tidigt skede trots att tekniska problem identifierats, men inte kunnat åtgärdas.

Rekommendationen är att relevanta myndigheter, förutom direkta bidrag för investeringar enligt ovan, även inför ett system för lånegarantier till dessa projekt för att säkerställa att driftsättningsperioden kan få en utsträckning så att eventuellt uppkomna tekniska problem kan åtgärdas och en stabil driftsituation kan nås

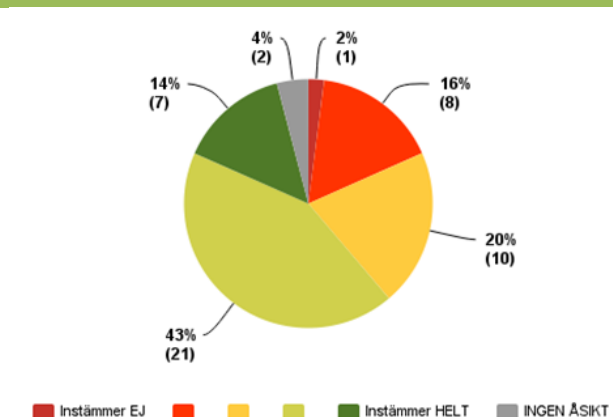
Bilaga 1: Sammanställning av enkätsvaren

Enkätsvar om svensk skogsråvara

I Sverige finns det tillräckligt med råvaruunderlag för storskalig introduktion av drivmedel och för kraftvärme från skogsråvara

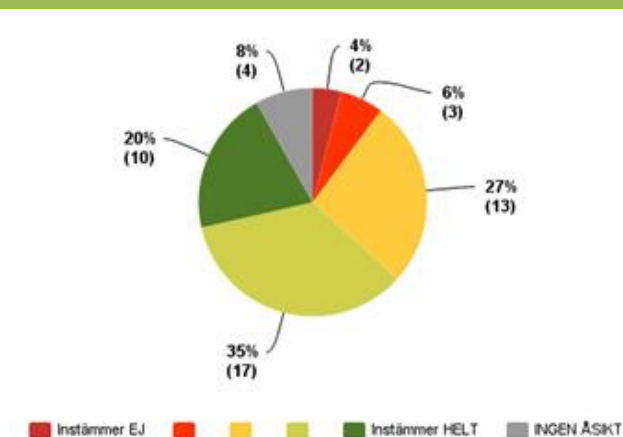


Infrastrukturen för biobaserade råvaror är väl utbyggd och kostnadsstrukturen är väl känd

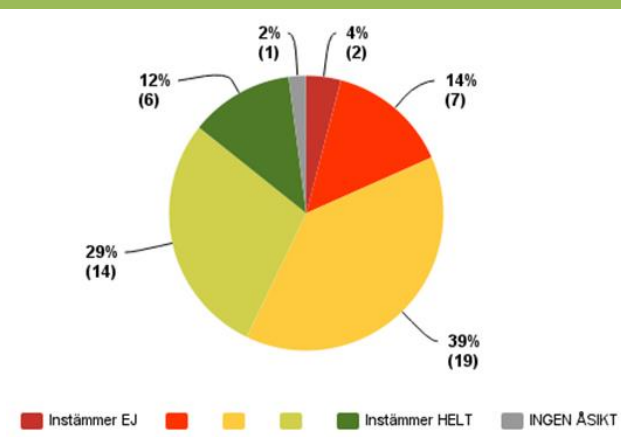


En mycket stor majoritet anser att det finns tillräckligt med råvaruunderlag för storskalig introduktion av biodrivmedel och för kraftvärme från skogsråvara i Sverige. Drygt hälften (57 %) anser också att infrastrukturen är väl utbyggd och att kostnadsstrukturen är väl känd

Uttag av skogsråvara till drivmedelsproduktion kan ske idag utan negativ påverkan för andra aktörer på samma marknad eller skogsindustrin i stort



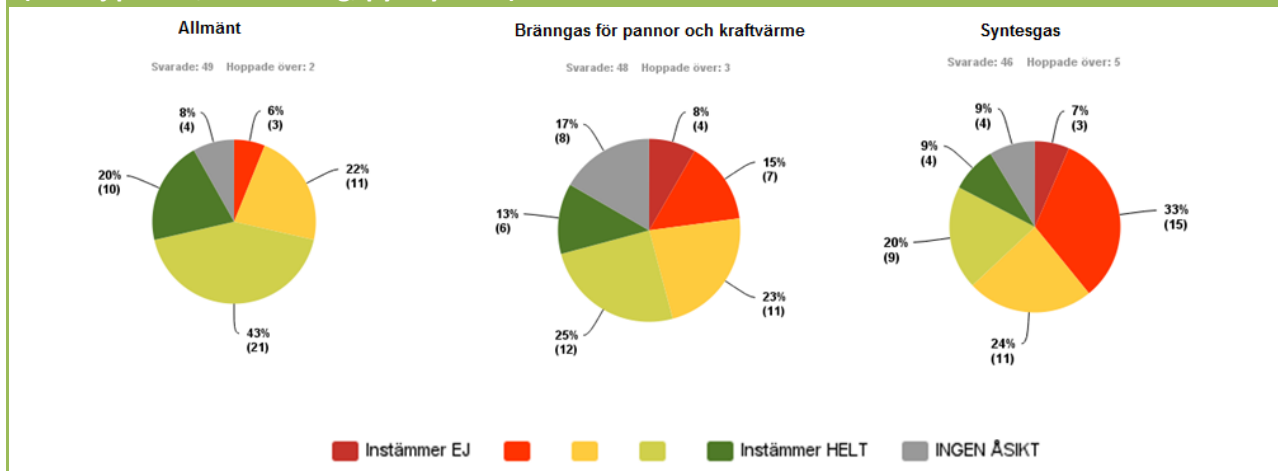
Ökat uttag av skogsråvara kommer att mötas positivt av samhälle och enskilda



En majoritet anser att uttag av skogsråvara för biodrivmedelsproduktion kan ske idag utan negativ påverkan för andra aktörer eller på skogsindustrin, men det finns en tveksamhet huruvida ett ökat skogsbränsleuttag kommer att mötas positivt av samhälle och enskilda.

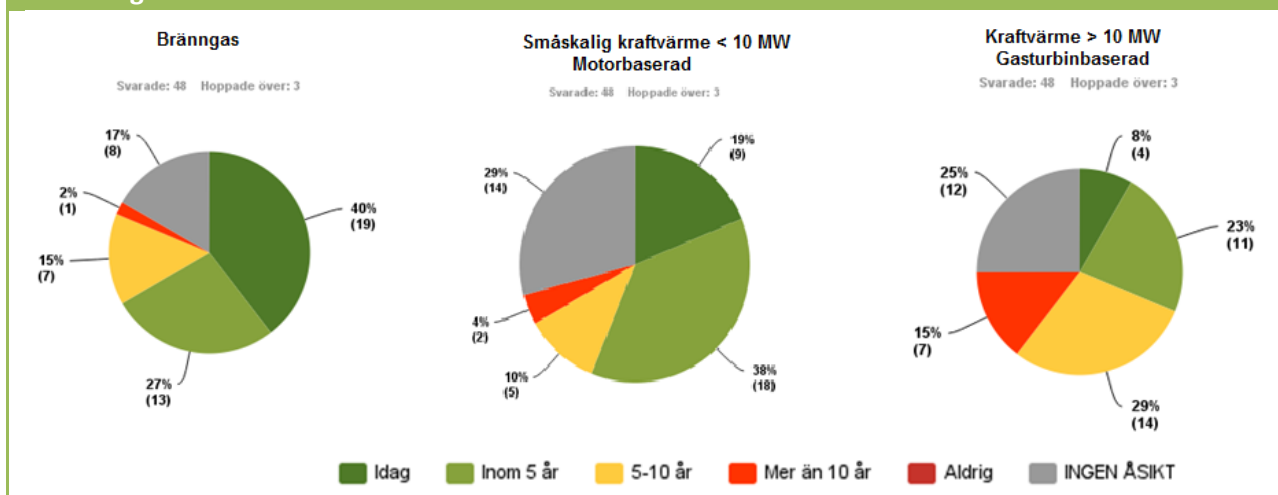
Enkät svar om förgasningsteknik

Förgasare kan med konventionell förbehandling hantera kommersiellt förekommande obehandlade (dvs. ej pellets, torrefiering, pyrolys mm) biobränslen



Förbehandling (av fasta bränslen) ses i allmänna termer som konventionell teknik (63 % i det gröna fältet). Ställs däremot frågan om ytterligare utvecklingsbehov finns sjunker de gröna delarna till 38 % för brännigas medan det röda fältet når 23 %. För samma fråga gällande syntesgasframställning så minskar det gröna fältet till 29 % och hela 40 % anser att det finns ytterligare utvecklingsbehov. Detta kan då tänkas bero på att för trycksatt drift och framförallt suspensionsförgasare för fasta bränslen finns behov av ytterligare utveckling

Förgasningsteknik för brännigas/småskalig gasmotorbaserad kraftvärme/gasturbinbaserad kraftvärme är en mogen teknik



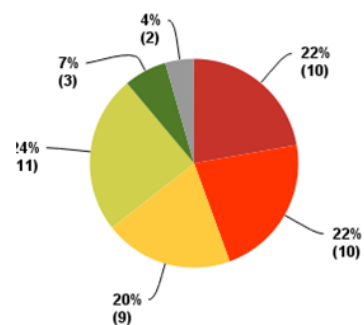
Teknikmognaden för förgasningsprocesser för brännigasprocesser och småskalig kraftvärme bedöms vara hög, de flesta ser brännigasprocesser som mognatekniker inom 5 år, medan betydligt färre är har samma bild av den storskaliga kraftvärmetekniken med gasturbiner

Enkät svar om tekniska risker och tekniskmognad

Den tekniska risken är inget hinder för kommersiella projekt

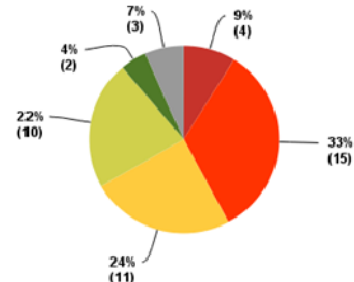
Teknisk risk, allmänt, förgasningsteknik

Svarade: 45 Hoppade över: 6



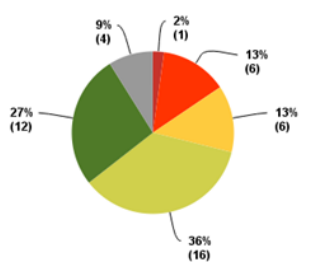
Teknisk risk, allmänt, gasreningsteknik

Svarade: 45 Hoppade över: 6

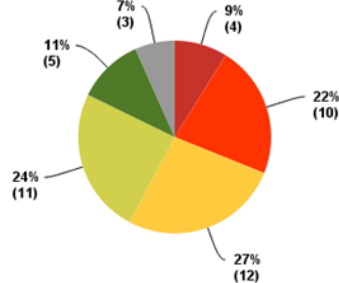


Teknisk risk, gasens förbränning i en gasmotor

Svarade: 45 Hoppade över: 6

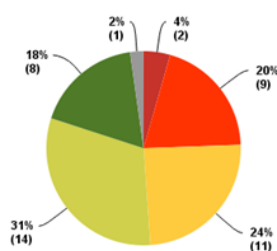


Teknisk risk, gasens förbränning i en gasturbin



Teknisk risk, gasens omvandling i en syntesprocess

Svarade: 45 Hoppade över: 6

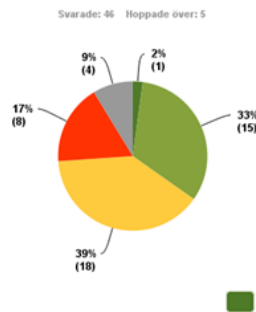


Instämmer EJ Instämmer Instämmer HELT INGEN ÅSIKT

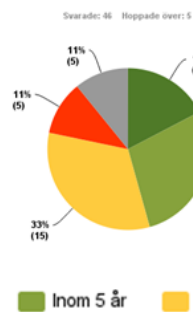
De flesta, drygt 40 % i båda fallen, anser att det idag kvarstår tekniska risker både i själva förgasningstekniken och i gasreningstekniken allmänt på en nivå som hindrar kommersiella projekt, medan mellan 25 och 30 % inte ser detta som hinder, samtidigt som en relativt stor grupp antingen inte vet eller ligger på ett varken/eller-alternativ. När det gäller riskbedömningen för nedströmsanvändning av gasen i motorer, gasturbiner eller synteser ser en majoritet risken vid motordrift som minst, följt av synteser, som knappt hälften bedömer ha en icke hindrande risk, medan gastrubindrift bedöms ha högre risk. För samtliga nedströmsprocesser bedöms dock den tekniska risken utgöra ett mindre hinder än för förgasnings- och gasreningsprocesserna uppströms

Teknikmognad

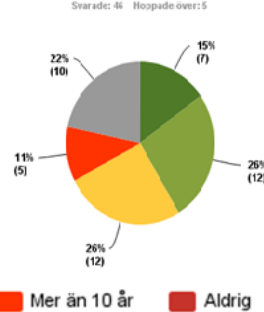
Syntesgasteknik, allmänt



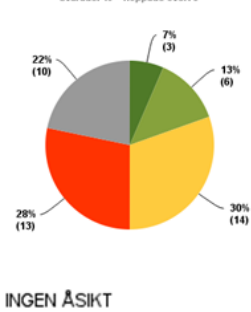
Fluidbäddar



Suspensionsförgasning, svartlut



Suspensionsförgasning, fast bränsle

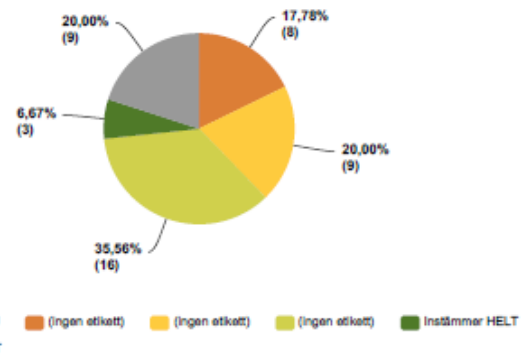
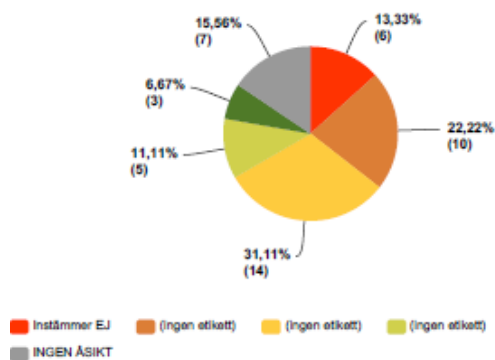


Teknikmognaden för förgasningsprocesser för syntesgas bedöms inte fullt så hög, de flesta ser teknikmognaden i perspektivet 5-10 år, men denna allmänna bild är mer positiv för fluidbäddförgasare och för suspensionsförgasare med ett flytande bränsle som svartlut än för suspensionsförgasare för fastbränslen. Detta till trots ansåg 59 % att syntesgastekniken tekniken var mogen för demonstration idag, och ytterligare 24 % att den blir mogen för demonstration inom fem år

Enkät svar om kraftvärme

Grön el från förgasningsbaserade kraftvärmeprocesser är på längre sikt konkurrenskraftiga gentemot konventionell teknik i både små och stora värmenät

Bränslebaserad kraftvärme i nya anläggningar kommer att ha svårt att konkurrera med annan förnyelsebar elgenerering



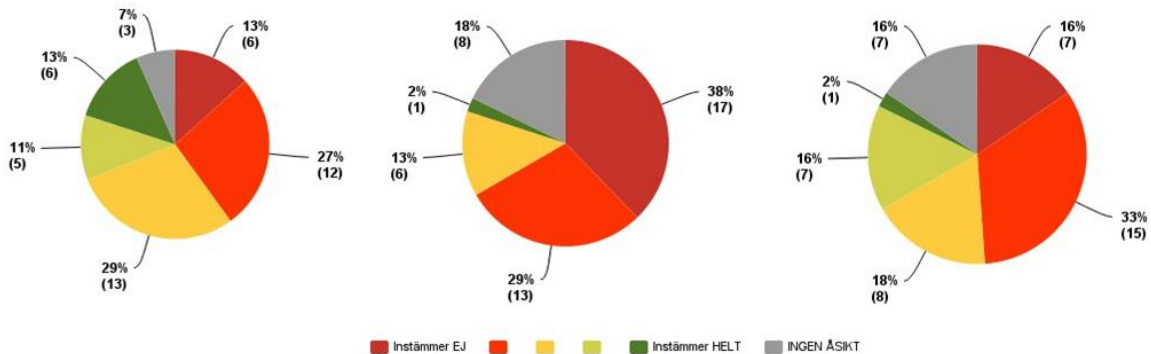
Det finns stor tveksamhet hos svaranden att förgasningsbaserad elgenerering via förgasning i kraftvärmeapplikation kan konkurrera med konventionell kraftvärmeteknik. Endast 18 % tror att sådana koncept kan ha framtiden för sig. Över 40 % är samtidigt tveksamma till om biobränslebaserad kraftvärmeel över huvud taget kan konkurrera med annan förnyelsebar el, dvs. all kraftvärme sätts under press av värmepannor och mer elintensiv uppvärmning

Förväntningar på utbyggnad av förgasningsbaserad kraftvärme

Småskalig kraftvärme (<10 MW el) kommer att märkbart bidra till grön el 2030

Småskalig kraftvärme (<10 MW el) kommer att byggas ut i betydande omfattning till 2030

Storskalig kraftvärme (>10 MW el) kommer att byggas ut i betydande omfattning till 2030



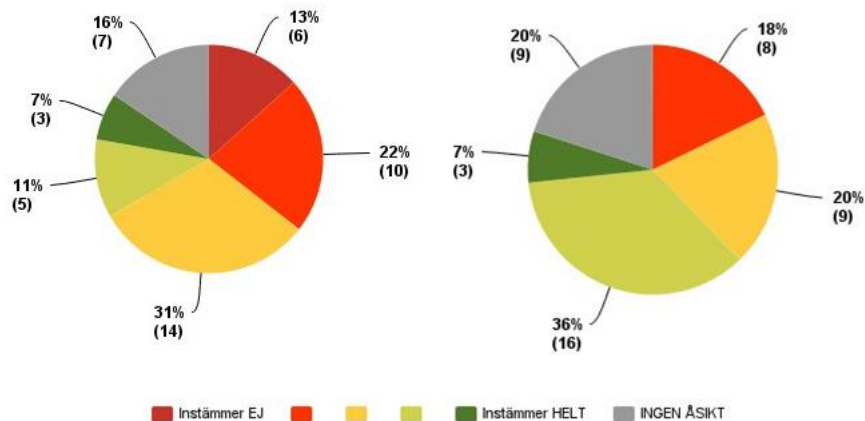
Över hälften av de svarande anser att förgasningsbaserad kraftvärme är resurseffektivt, medan bara var femte inte håller med

När det gäller de tekniska förutsättningarna har dessa berörts tidigare och inte bedömts vara ett hinder för småskalig kraftvärme på kort sikt medan gasturbinkopplingen kräver mer utveckling. Trots detta anser de flesta inte att småskalig kraftvärme få ett genomslag till 2030, och inte heller storskalig förgasningsbaserad kraftvärme till 2050

Konkurrensmöjligheter för förgasningsbaserad kraftvärme

Förgasningsbaserad kraftvärme är konkurrenskraftig gentemot konventionell kraftvärmeteknik

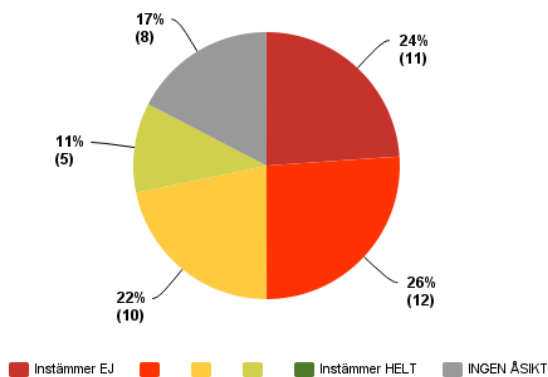
Bränslebaserad kraftvärme kommer att ha svårt att konkurrera med annan förnyelsebar el



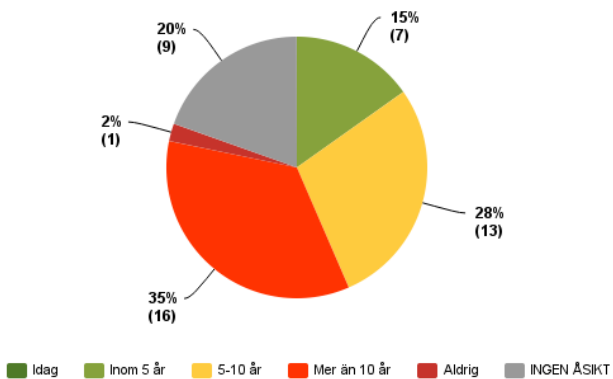
Huvudskälet till resultatet i föregående fråga har att göra med konkurrensförutsättningarna, vilket illustreras i ovanstående figur. Detta gäller både vad gäller konkurrenskraften gentemot konventionell värme, men också mer generellt för bränslebaserad kraftvärme gentemot annan förnyelsebar el

Enkät svar om pyrolyys

Egenskaperna hos pyrolysvätska som ersättning för fossil olja är fördelaktiga

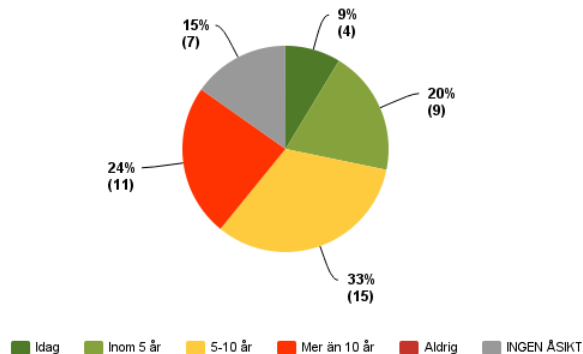


Att uppgradera pyrolysvätska till en råvara för nuvarande oljeraffinaderier kommer att vara en etablerad teknik

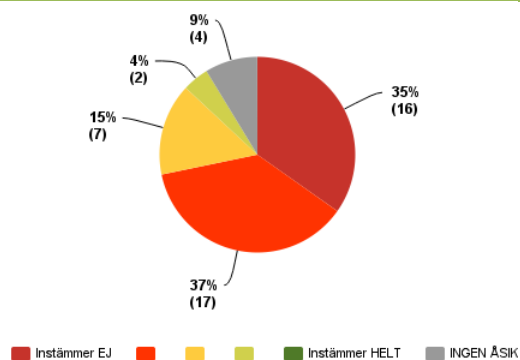


Pyrolysvätska anses vara ett svagt alternativ till direkt ersättning av fossil olja på grund av skillnad i egenskaper. Tilltron förefaller också vara låg när det gäller tillämplighet för biodrivmedelsproduktion vid nuvarande oljeraffinaderier

Teknik för produktion av pyrolysvätska kommer att vara industriellt mogen



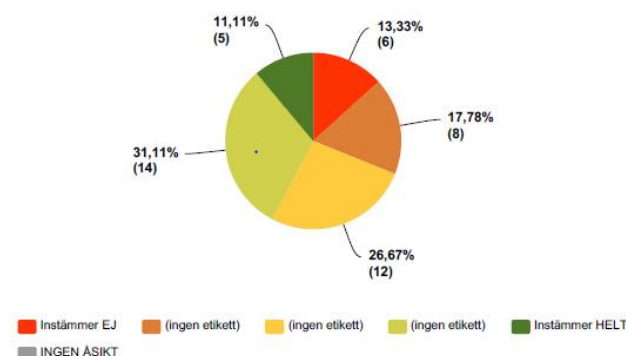
Pyrolystekniken kommer att vara den dominerande tekniken för biodrivmedelsproduktion 2030



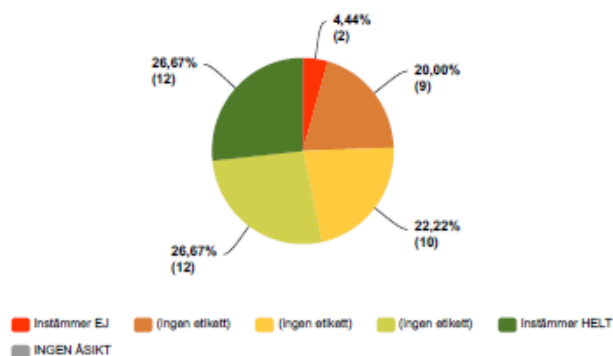
Man tror generellt på pågående teknikutveckling och mognad för pyrolysteknik. På medellång sikt (inom 10 år) finns tydlig tilltro till industriellt mogen teknik för produktion av pyrolysvätska. De svarande tror dock inte att tekniken kommer att vara dominerande för biodrivmedelsproduktion.

Enkät svar om biodrivmedel och finansiering

Det finns en politisk vilja att satsa på en kraftigt ökad biodrivmedelsproduktion i Sverige

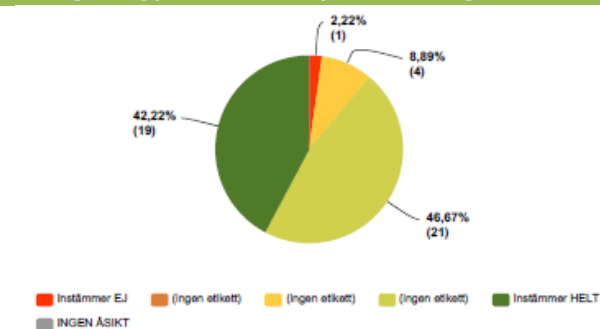


En politisk samsyn kan nås om att införa ett långsiktigt och kraftfullt styrmedelssystem för en biodrivmedelsatsning

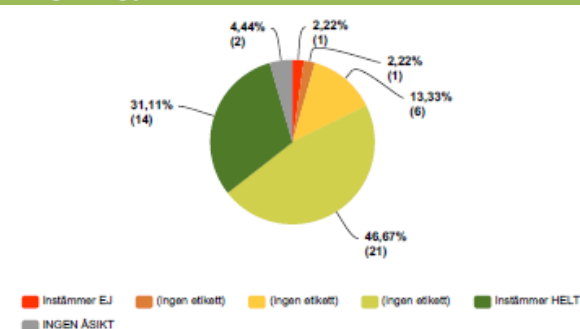


Det är inte uppenbart att den politiska viljan finns att kraftigt öka biodrivmedelsandelen i Sveriges transportsystem. Det finns en viss övervikt i enkät svaren för att det finns en politisk vilja, men också en relativt stor grupp är tvivlande. Fler tror däremot mer på att en politisk samsyn kan nås om införande av långsiktiga och kraftfulla styrmedel. Detta kan förstås komma att ändras om exempelvis något eller några EU-länder tar tåten och visar vilja. Det kan initiera en omställning.

Ökad produktion av biodrivmedel i Sverige är gynnsamt för sysselsättningen



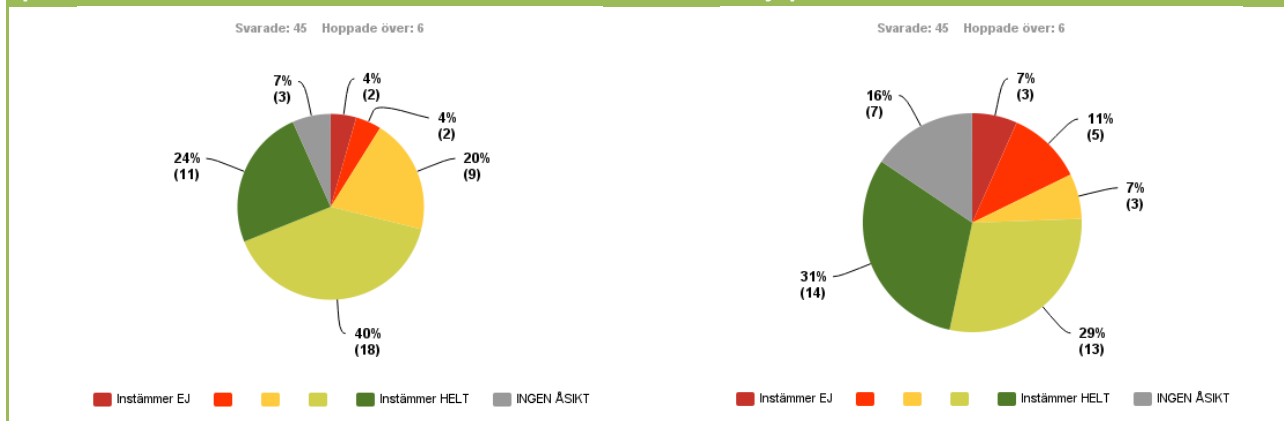
Ökad produktion av biodrivmedel i Sverige är gynnsamt för ekonomin i stort



Den svenska ekonomin i stort skulle må mycket bra av en ökad inhemsk produktion av biodrivmedel. Att sysselsättningen skulle öka är kanske självklart (Ingen har svarat "ingen åsikt") men det råder också en stark uppfattning (78 %) att investeringar i biodrivmedelsproduktion är bra för Sveriges ekonomi liksom för landets handelsbalans (75 %). 13 % har dock ingen åsikt, dvs. finner det svårt att bedöma detta

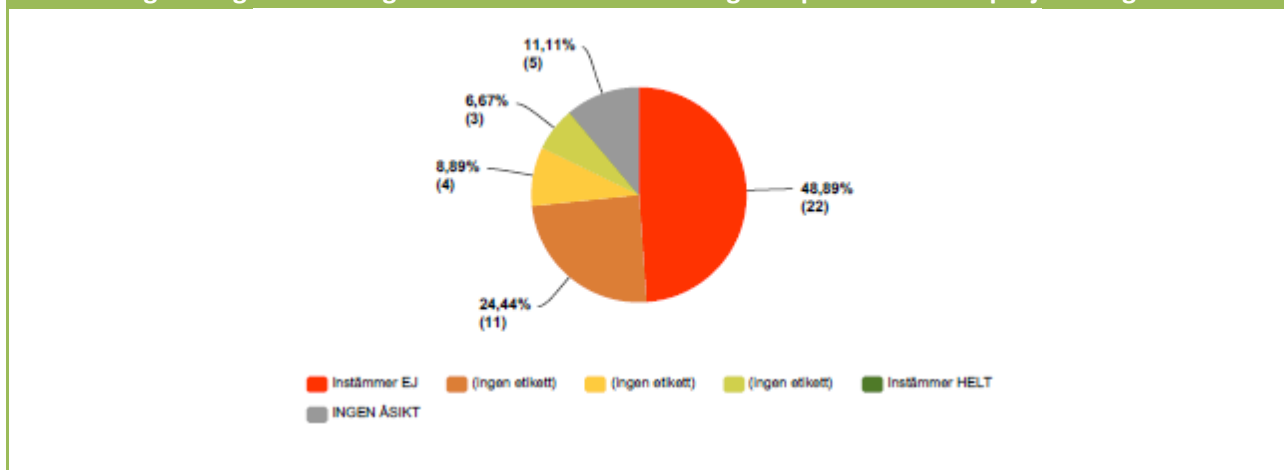
Växthusgasreduktionspotentialen kommer att vara styrande vid utformning av styrmedel för produktion av biodrivmedel.

Framtida ekonomiska incitament för biodrivmedelsproduktion skall vara frikopplade från oljepriset.



Byte från fossilt till förnybart skall medföra en tydlig växthusgasreduktion. De svarande ger en tydlig fingervisning om att det bör finnas en koppling mellan graden av växthusgasreduktion och storleken på styrmedlet. Priserna på fossila drivmedel har varit mycket volatila det senaste årtiondet. Kostanden att omvandla bioenergi till ett drivmedel styrs bara till en mycket ringa del av dessa kraftiga prisvariationer. De svarande tycker därför att det är viktigt att de incitament som utformas är oberoende av prisvariationerna på de konventionella fossila drivmedlen

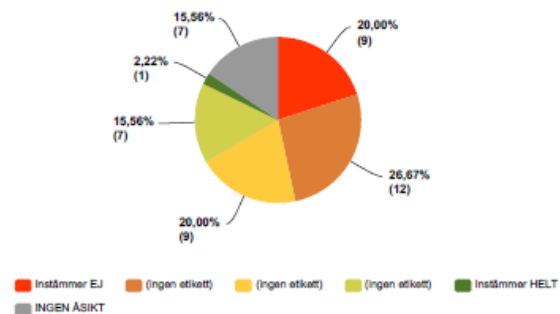
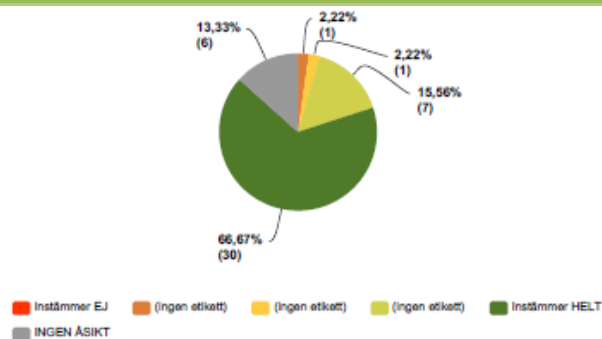
Investeringsbidrag är tillräckligt för att tillsammans med eget kapital finansiera projekt idag



Slutligen kan det noteras att investeringsbidrag inte leder till att anläggningar byggs. Det är kassaflödet som försäljning av produkten genererar som är det avgörande parametern för anläggningens långsiktiga ekonomiska överlevnad.

Idag är det svårt att erhålla finansiering utöver eget kapital och bidrag pga. osäkerheter i produktens försäljningsintäkter och stöd.

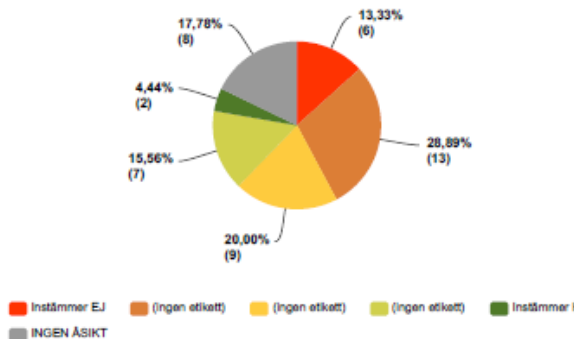
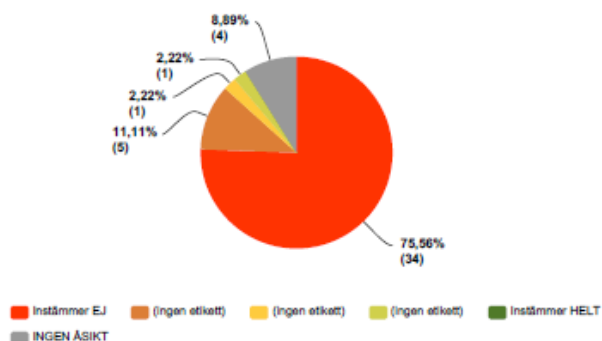
Det kommer 2030 att vara möjligt att finansiera en investering i biodrivmedel utan bidrag eller annat stöd.



Det råder stor enighet om att dagens biodrivmedelspriser inte kan utgöra bas för ett positivt investeringsbeslut i en produktionsanläggning. Hela 83 % instämmer helt eller nära helt i påståendet att extern finansiering är svår (notera att färgerna i diagrammet kan upplevas omkastade i diagrammet till vänster). Nära 50 % har uppfattningen att också om 14 år, 2030, kommer det fortfarande krävas bidrag eller annat stöd för att nå investeringsbeslut. Uppfattningen att någon form av stöd är nödvändig är så stark att även 2050 tror ca 22 % att så är fallet

Det är idag möjligt att långsiktigt säkra intäkterna för att tillåta en investering

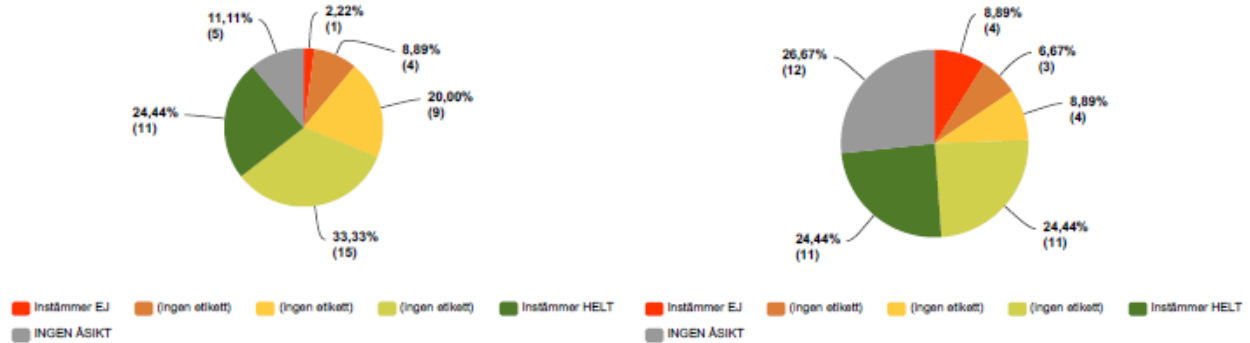
Det kommer att finnas stödsystem inom fem år för att långsiktigt säkra produkternas försäljningsvärde tillräckligt för att tillåta en investering



I analogi med svaret ovan tror en stor majoritet (87 %) inte att det är möjligt att säkra intäkterna under idag rådande omständigheter. Det finns dock en positiv syn på att omständigheterna kommer att förändras och det är färre än 50 % som inte tror att stödsystem kommer att finnas om fem år som gör det möjligt att investera

Efter ett antal demonstrationer av förgasningsbaserade projekt kommer det att i framtiden vara möjligt projektfinansiera stora delar av kapitalinsatsen i enskilda projekt till rimliga villkor

Det finns tillräckligt med kapital för att finansiera en utbyggnad mot målet



Det finns en positiv syn på teknikutvecklingen, på att byggandet av anläggningar leder till sänkt investeringsintensitet och ökat utbyte. Denna utveckling bedöms vara så stark att projektfinansiering kommer att kunna genomföras av nya projekt. Detta anser ca 56 % av svaranden. När rätta förutsättningar råder så att anläggningar kan byggas och drivas med säkrat kassaflöde anser man inte att brist på kapital i sig utgör ett hinder för byggande av anläggningar. Kapital anses finnas tillgängligt.

Bilaga 2: Sammanfattning av gruppdiskussioner

Vid en workshop i Stockholm den 24 september 2015 deltog ca 40 intressenter för att introduceras till arbetet med denna strategiska innovationsagenda och för att diskutera nyckelfrågor om teknikerna och dess tillämpningar. Deltagarna delades in i fem grupper som fick diskutera fem huvudfrågor med tillhörande delfrågor. Varje grupp fokuserade på en huvudfråga. Resultaten har till stor del legat till grund för agendan och frågor och noteringar följer nedan. En lista på deltagare hittas i slutet av bilagan.

Fråga 1: Varför gå över till förgasning och/eller pyrolys i svensk processindustri?

- a. Vad är drivkrafterna för samhälle, företag och individer som gör detta intressant?
- b. Finns det några branscher som är speciellt intresserade och varför i så fall?

Noteringar

- a. Drivkrafterna för en storskalig introduktion av förgasning och pyrolys av biomassa är ur samhällssynpunkt främst miljömässiga men också att åstadkomma en stärkt nationell energitillförsäkerhet och en ökad grad av självförsörjning. Det borde också vara viktigt för Sverige som nation att förstärka den internationella bilden av landet som duktig på utveckling och implementering av effektiv energiteknik.

För företag och industri så finns det i dagsläget inga ekonomiska incitament att investera i teknikerna på grund av avsaknaden av långsiktiga spelregler. Investeringsrisken är helt enkelt för stor. I USA har nya energitekniker ofta drivits fram i statlig ledning och inte av marknaden.

En faktor som försvårar investeringar i Sverige är att landets energiintensiva industri till stor del är utlandsägd och att man där tänker globalt snarare än nationellt. Det som är bäst för Sverige är inte alltid optimalt i en global koncern, och därför måste politikerna ställa upp reella garantier för att dessa företag skall vilja ta investeringsrisken att utveckla ny energiteknik i Sverige.

Gemeneman har egentligen inte heller någon direkt drivkraft i dagsläget. Här gäller det att på ett pedagogiskt sätt förmedla att det finns en politisk beslutsamhet att ställa om från fossila bränslen till biomassa inom en given tidsram.

- b. De branscher som borde vara mest intresserade av förgasning och pyrolys är framförallt skog och stålindustrierna, men också kemi- och cementindustrin. Skogsindustrin har redan idag en välutvecklad logistik för skogsråvaror och produkter samt goda förutsättningar för effektiv värmeintegration. Stålindustrin är också mycket intressant. Syntesgas kan bland annat användas för att direktreducera malm till primärt järn (DRI), som kan chargerats på masugn eller stålugn. Vid integrerad ståltillverkning genereras ett överskott av stålverksgaser (bland annat väte-rik koksgas) som mycket fördelaktigt kan blandas med CO-rik biobränslebaserad syntesgas för drivmedelsproduktion.

Kemiindustrin är mycket intresserad av till exempel metanol och upplever dessutom ett stort konsumetryck på gröna produkter. Det är förmodligen inte de som skall implementera förgasningstekniken men de kan vara viktiga kunder och användare av produkterna som produceras (gäller ju även pyrolysvätska) och torde således ha intresse av att få vara med och diskutera utvecklingen.

Fråga 2: Vad finns det för tillämpningar och branscher?

- a. Vilka kommer att vara mest offensiva i utvecklingen?

Noteringar

- a. Med stor sannolikhet är det transportbranschen som kommer att gå i bränschen för nya förgasningsbaserade processer eftersom det finns en politisk vilja att skapa styrmedel som gör det intressant att investera i förnybara drivmedel.

För kemibranschen kommer det troligen inte att komma några liknande styrmedel men det är möjligt att det istället kan komma ett kundtryck på en förändring från fossila till förnybara råvaror och i en sådan situation kan förgasningstekniken bli intressant eftersom den kan omvandla en mängd olika typer av lågvärdiga biobränslen och omvandla dem till syntesgas som passar i kemiska processer.

Man bör försöka hitta marknader som efterfrågar förgasningsbaserade produkter.

Inom flyget finns det bioflygbränsle som är framställt med två olika tekniker (FT och HEFA) som är certifierat och godkänt som "drop-in"-bränsle upp till 50% i Jet A1. Ytterligare tekniker är på gång att godkännas, bl.a. ATJ, även i dessa fall handlar det om Jet A1. Boeing har gjort tester med låg inblandning av "flygdiesel" och hoppas på certifiering under nästa år.

Flygplatserna är en annan möjlighet och Swedavias verksamhet på Arlanda och de andra nio flygplatserna ska vara fossilfri 2020. Swedavia stöttar även flyget i övergången till förnybara drivmedel, bland annat genom Fly Green Fund (FGF). Syftet med FGF är att skapa en efterfrågan på bioflygbränsle idag och på så sätt öka förutsättningarna för att en storskalig produktion kommer igång i Norden. En av råvarorna som är av intresse är skogsbiomassa.

Fördelen med en flygplats är att den har en stor drivmedelsförbrukning inom ett geografiskt litet område. Detta är en fördel när man ska bygga upp en drivmedelsdistribution för ett nytt bränsle som inte är drop-in kompatibelt med de fossila.

Vi får heller inte glömma bort möjligheten att kombinera pyrolys med produktion av biokol som kan användas som jordförbättring. Det finns månghundraårig erfarenhet av detta från Sydamerika och det finns forskningsresultat som visar att biokol som används på detta sätt binds i jorden under mycket långa tider, kanske tusentals år. På så sätt kan en pyrolys-process ge en netto-extraktion av CO₂ ur atmosfären. Problemet i dagsläget är att sådana effekter inte har något ekonomiskt värde.

Fråga 3: Hur ska det gå till när förgasning/pyrolys introduceras?

- a. Vilka tillämpningar är intressanta och varför?
- b. Vem ska ta *lead* för introduktion?
- c. Vilken skala är mest trolig vid introduktionen och kommer detta att ändras över tid?
- d. Vilka bränslefraktioner kommer att förgasas?
- e. Behöver man använda fraktioner som används för något annat ändamål idag och hur kommer detta i så fall att påverka detta ändamål?

Noteringar

- a. Det finns två intressanta tillämpningar, den ena med inriktning mot kraftvärme, den andra med syntegas som intermediär.

I processkedjan bränsleberedning, konvertering till syntegasintermediär och omvandling av denna till produkt bör fokus ligga på konverteringssteget då bränsleberedning och produktframställning är mer kända tekniker. Konverteringssteget består i sin tur av förgasningen och gasreningen. Det är förgasare med tillhörande gasrening i industriell skala som har störst behov att utvecklas mot industriell skala, framförallt ifall för att nå bredare tillämpningar än enbart direkt förbränning i en ugn eller panna.

Dessutom finns ett spår från pyrolysvätska som intermediär (och träkol) till dels kraftvärme och dels vidarebearbetning (hydrering mm) till t ex drivmedel. Pyrolysen är där främst ett steg att minska transportkostnaderna för avlägset belägen biomassa. Här kan det finnas en del samspel med övriga anläggningar för vidareförädlingssteg.

- b. För kraftvärme är lead-partner de värme- och kraftvärmebolag som redan är aktiva idag.

När det gäller syntegas som intermediär eller slutprodukter från denna är det svårare att se att en typ av aktör ensamt kan eller vill leda. Det är snarare så att aktörer efter hela värdekedjan behöver samarbeta i lämpliga former. Detta innebär bränsleleverantör (externt bränsle, internt som svartlut, värd (anläggningsägare och/eller massabruk i svartlutsfallet) och avnämare av produkt är delintressenter i enskilda projekt.

Det finns då ytterligare en nyckelaktör, den som kan installera tekniken i form av en anläggning, och som kan se affärsdelen i ett större antal framtida leveranser än vad övriga gör pga. geografiska, marknadsmässiga eller finansiella begränsningar. Forskningen med all ära men det måste finnas någon som sätter forskningsresultat i praktiken. I de flesta fall är utvecklarna/leverantörerna av kärntekniken för förgasning mm ofta svaga, finansiellt och resursmässigt, och specialiserade på vissa delar i tekniken. Det finns därför behov av större aktörer på leverantörssidan som har ett mer övergripande anläggningskunnande.

Utan en aktör som är anläggningsbyggare och leverantör är det svårt att komma vidare. Bränsleleverantörer och andra intressenter vill ha en sådan tydlig huvudaktör som leder arbetet.

Det gäller då att hitta en korrespondens mellan, å ena sidan, insatser och risker och, å andra sidan, värden/vinster mellan dessa aktörer i det enskilda fallet för att få till stånd ett anläggningsprojekt. Där utgör stöd mm i olika former initialt en nödvändig del, men är i sig inte tillräckligt för att komma vidare.

- c. Det gäller att hitta en relevant skala, dvs. teknisksteget ska vara tillräckligt stort för att ge ett avstamp för ytterligare uppskalning utan att samtidigt ta för stor teknisk risk genom att gå till den "optimala" kapaciteten. Samtidigt måste storleken vara så att den ska kunna ge någon form av rimlig ekonomisk bärkraft genom produktförsäljning. Initialkostnaden kan ju vara acceptabel att ta, särskilt om det fanns ett stöd, men behov av årliga rörelsebidrag är inte gångbart efter en driftsättningsperiod.

Vidare är det en stor fördel om introduktionen är "kompatibel" med existerande struktur (vårdanläggning resp avnämare) så att tillgänglighet, behov av modifieringar mm kan vara minimalt störande/kostsamt, respektive att produkten/produkterna ut kan flexibelt integreras i existerande struktur.

- d. Principiellt måste en långsiktigt bra förgasningsteknik kunna hantera ett rimligt spektrum av bränslefraktioner då marknadens utbud i form av kvantitet, pris och kvalitet, liksom konkurrerande efterfrågan, kommer att variera över tid, både kortsiktigt och långsiktigt.

Det finns i sig inte skäl att konkurrera med bränslefraktioner som används för andra ändamål, då det dels finns bränslefraktioner tillgängligt där denna typ av konkurrens inte föreligger, och dels att förädlingsvärdet hos andra ändamål förmodligen är högre, det vill säga att betalningsförmågan för råvara är högre.

Fråga 4: När är det troligt att marknadsgenombrotten kommer att ske?

- a) Vilka bivillkor måste uppfyllas för att genombrottet ska ske?
- b) Vad är det som är mest drivande för utvecklingen?

Noteringar

- a. Förslag om långsiktigt hållbara och stabila styrmedel ska läggas senast i BP 2018. Nya regler kan således träda i kraft först 2018. Gruppen trodde därmed att beslut om en anläggningsinvestering tidigast kan komma kring 2018 och åren därefter beroende på investerarnas framförhållning och djärvhet. Stora projekt har långa ledtider vilket är lätt att glömma vid övergripande prognoser.

Investeringsstöd kan vara till hjälp för riskavlyft vid första anläggning men helt avgörande för genombrott är att produktionen av biodrivmedel är lönsam på längre sikt. Det betyder att det måste skapas ett regelverk som ger efterfrågan och därmed lönsam avsättning för produkten under projektets ekonomiska livslängd, alltså under ca 10 år efter produktionsstart eller ca 13 år från investeringsbeslut. Styrmedlet kan gärna kopplas till fossilbränslepriset eftersom det är så volatilt. USA har ett system som åstadkommer detta om än med eftersläpning.

Skattereglerna måste tillämpas på så sätt att biodrivmedel alltid är billigare än fossila drivmedel. Det förslag, som kommer att antas av höstriksdagen, garanterar endast att biodrivmedel vid pump hamnar på samma prisnivå som fossila drivmedel.

Det är politiken/nationen som måste visa tydligt ledarskap och skapa de ekonomiska förutsättningar som behövs för att göra en introduktion av de nya teknikerna möjlig. Det handlar dock inte bara om konkreta långsiktiga subventioner/styrmedel utan även om en tydlighet och kraft i ambition, vision och vilja ("direction of search")

Industrin anpassar sig till de spelregler som finns. Finns det inga spelregler händer ingenting.

Vi bör bilda någon form av allians med Finland eftersom vi har liknande förutsättningar bland annat gällande råvaruresurser och de har också identifierat förgasning och pyrolys som intressanta tekniklösningar. Tillsammans har de båda länderna en betydligt större chans att skapa den kritiska massa i marknad och aktörer som behövs för att driva fram ny energiteknik

- b. Drivande för utvecklingen är i grunden behovet av att begränsa utsläppen av koldioxid. Detta måste visas i en långsiktig politisk vilja och beslut att införa biodrivmedel. Idag finns mål men inget regelverk. Då händer inget.

Fråga 5: **Kommersiella frågeställningar**

- a. Vilken lönsamhet behövs för att motivera risktagande med ny teknik?
- b. Skiljer det något mellan olika tillämpningar?
- c. Vilken är rekommendation om styrmedel och dess utformning?
- d. Finns det någon tillämpning eller bransch där det går att få lönsamhet utan styrmedel (bonus/malus, kvotplikt eller annat)?

Noteringar

- a. För ny teknik på en ny marknad gäller höga avkastningskrav från investerare, olika beroende på projektets karaktär, på ca 40-70 % ROE (avkastning på eget kapital (EK)) och krav från långivare på hög andel EK ca 50 %, vilket ger möjlighet att låna återstående ca 50 %, men till hög ränta.

För t.ex. Domsjö projektet med en investering om ca 350 miljoner € som innebar stor uppskalning av ny teknik samt försäljning på en ny marknad och därför beviljats 55 miljoner € i bidrag av svenska Energimyndigheten gav EU DG Competition prövning av detta statstöd följande resultat: max 22% ROE (avkastning på EK) utgör tillåtet statsstöd och för avkastning därutöver är stödmottagaren återbetalningsskyldig avseende erhållet bidrag. För detta projekt var investerarnas återbetalningskrav för att satsa EK min 18% ROE, förutsatt att alla projektrisker, inklusive politisk risk, var allokerade.

Finansieringsformen är också avgörande för vilka avkastningskrav som gäller ett projekt:

- Cooperate finance upplägg: Innebär att stora aktörer går in och finansierar projekt antingen helt med EK eller med egen balansräkning som säkerhet.
- Project finance upplägg: Innebär att finansiering av projekt sker med projektets kassaflöde som säkerhet, vilket medför att alla projektrisker, inklusive den politiska risken, måste vara allokerade.

Inget projekt kan projekt-finansieras om den politiska risken, som t.ex. för biodrivmedel i Sverige, innebär att mer än halva kassaflödet kan försvinna genom politiska beslut och resultera i att låntagaren inte kan betala räntor och amorteringar.

När man allokerar risker (t.ex. marknadsrisk) genom avtal över lånens löptid bör avkastningskraven på EK bli lägre.

- b. Andra slutprodukter än energi t.ex. kemiprodukter har mycket lägre politiskt beslutade intäkter, vilket ger en betydligt lägre politisk risk.

Projektets storlek är en betydande faktor då mindre projekt ger mer hanterbara ekonomiska konsekvenser för investerarna vid misslyckande än stora projekt.

- c. Vid utformning av styrmedel är det viktigt att ta hänsyn till hur effekten av lärdomar från anläggning no. 1-n ("Learning curve effect") och ökande anläggningsstorlek ("economy-of-scale") stegvis minskar stödbehovet. Teknikmognad, marknadsosäkerhet och konkurrens från existerande alternativ är avgörande.

En kombination av marknads-/produktstöd och stöd till uppförande av de första produktionsanläggningar, som möjliggör investeringar i de specifika fallen.

Beskattning av utsläpp av fossila växthusgaser tex. CO₂ till atmosfären har visat sig kunna driva fram en marknad för förnybar energi. Det är en enkel och begriplig princip som borde leda till att förnybara drivmedel endast belastas med CO₂ skatt i proportion till sin andel fossila CO₂ utsläpp, på samma sätt som i Finland!

FFF-utredningsförslaget med kvotplikt som generellt styrmedel och pris-premiemodellen för att möjliggöra stora anläggningsinvesteringar är attraktiv men erfordrar en "regulator" som t.ex. Energimyndigheten för att prioritera projekt och övervaka att parterna i avtal följer modellen.

Inte avgränsa marknaden nationellt utan möjliggöra både import och export för olika produkter.

För att möjliggöra investeringar i stora produktionsanläggningar måste styrmedlen gälla långsiktigt (min 3 års uppförande och 10 års drift = min. 13 år) för att eliminera politisk risk.

Tysklands modell bör studeras (har tillämpat upp till 25 år fasta spelregler för elproduktion, s.k. feed in tariff).

Förslag finns om att komma ur den svenska statsstödsdiskussionen för CO₂ skattebefrielse genom att samarbeta med Finland.

Man upplever en oförståelse för att man inte i större utsträckning vänder sig till industri/näringsliv för utformning av rätt styrmedel.

En granskning av lagförslag för validering av t.ex. Europeiska Investeringsbanken (EIB) skulle kunna ge klarhet om lagförslagen möjliggör investeringar i ny storskalig produktion av drivmedel.

Varför finns inte användarråd som möjliggör konsumentdriven feedback till förslag på ny lagstiftning?

Statsstödsreglerna används som argument mot ganska rimliga nya regelsystem. Som extern betraktare får man intrycket att den svenska tolkningen av EU-reglerna är onödigt sträng. Detta är ett stort problem som man måste komma runt på något sätt.

Sverige kanske kan lära sig av hur man arbetar i Finland och Frankrike där man verkar klara av det. Frankrike säger helt enkelt att frågan inte ligger inom EUs jurisdiktion och Finland undviker att tala om "skattebefrielse" och använder EUs egna rapporter som underlag för egna beslut.

Nuvarande regelsystem är anpassade efter fossila industrin och är väldigt dåligt anpassade efter förnybar energi. Detta måste ändras om man ska få en utveckling av förgasningsbaserad förnybar energi.

Ett problem som inte nämns officiellt är att staten får stora intäkter från drivmedelsskatter och andra intäkter kopplade till transportsystemet. Det kan därför finnas ett medvetet eller omedvetet motstånd mot förändringar av regelverket eftersom det är svårt att förutse exakt hur det kommer att påverka skatteintäkterna på både kort och lång sikt.

Det politiska systemet måste få information som gör att man både förstår behovet av en övergång till "förnybara transporter" och vilka tekniska möjligheter som finns. Speciellt är det viktigt att få med i diskussionen de positiva nationalekonomiska effekter som är kopplade till en övergång till förnybara transporter baserade på inhemsk råvara. Den analys som presenterades av Nils-Olov Nylund borde generaliseras till svenska förhållanden och kommuniceras till det politiska systemet. Allmänheten kan också vara en kraft att räkna med när det gäller att påverka det politiska systemet. Saklig information riktad till allmänheten kan därför vara ett verktyg för att indirekt nå politiken.

Något att tänka på i diskussionen om hur många jobb som skapas under en utbyggnad av ny industri är att många av de som bygger nya anläggningar kommer att flygas in från utlandet eftersom den svenska industrin inte har haft några stora industriprojekt på många år. Före EU var det möjligt att styra beställningarna på ett annat sätt så att nationalekonomiska vinster kunde uppstå samtidigt som en inhemsk industri utvecklades. Exempelen med 400 kV- och HVDC-systemens utveckling och utbyggnad, där Sverige var först i världen men där resten av världen snabbt tog efter när man såg fördelarna med den nya tekniken, togs upp som exempel på hur det kunde gå till före globaliseringens genomslag. Detta möjliggjordes av en nära allians mellan en kvalificerad beställare (Vattenfall) och en kvalificerad och innovationsinriktad utrustningsleverantör (ASEA). Det är svårt att se hur detta skulle kunna ske idag när allt styrs av statsstödsregler. Man ska därför vara försiktig när man anger hur många "svenska" jobb som introduktion av en ny teknik ger. Driften av de nya anläggningarna och försörjning av dessa med råvara kommer däremot att skapa "svenska" jobb.

Allt som behövs rent industriellt för en snabb utbyggnad finns redan på plats. Det som saknas är regler som gör det möjligt att hantera risken för investerarna att satsa på den nya tekniken.

Beskattnings- och investeringsstöd är svårknäckta nötter. Inte ens miljardstöd (E.ON Bio2G är ett sådant exempel) räcker när man inte vet hur skattereglerna för produkten relativt de fossila konkurrenterna ser ut.

Fluktuationer i marknadspriserna är en annan faktor som gör det svårt att genomföra kommersiella projekt. Eventuella styrmedel bör vara utformade så att man tar hänsyn till normala fluktuationer så att inte lönsamheten i ett projekt havererar om de fossila priserna ändras inom normala gränser.

En sak som vi inte får glömma är att det finns ett motstånd mot storskaligt utnyttjande av skogen, både ute i Europa och inom landet. Frågan hör egentligen hemma i angränsande SIA kopplade till skogsbruket men denna SIA bör kommunicera med dessa.

Vi bör göra gemensam sak med Finland eftersom vi har liknande förutsättningar och har prioriterat förgasningsbaserade lösningar.

- d. Finns det någon tillämpning eller bransch där det går att få lönsamhet utan styrmedel (bonus/malus, kvotplikt eller annat)?

Där marknadsrisken är liten som när man ersätter en försörjning internt, t.ex. pyrolysvätska vid Fortum, Joensuu.

Övrigt som framkom vid diskussionerna

Det är viktigt att fortsätta forska och demonstrera teknik för termokemisk produktion av biodrivmedel under tiden tills styrmedel träder i kraft. Några förslag är att:

- Inte *bara* utföra systemstudier
- Fokusera på de svaga delarna i de olika teknikerna
- Skala upp fler tekniker

Deltagarlista vid workshopen

Namn	Organisation
Måns Collin	SFC
Lars Hylander	SLU
Wollmar Hintze	VärmlandsMetanol AB
Anna von Schenck	NiNa Innovation
Niklas Berglin	NiNa Innovation
Ingemar Gunnarsson	Göteborgs Energi
Mats Wallin	Södra Skogsägarna
Anders Hjörnhede	SP Energi och Bioekonomi
Gunnar Larsson	Sveriges Lantbruksuniversitet
Erik Furusjö	LTU
Claes Tullin	SP
Rolf Ljunggren	Cortus AB
Niclas Davidsson	Meva Energy
Jonas Thelaus	AGA Gas AB
Magnus Marklund	SP ETC
Mikael Ahlroth	Innventia AB
Martin Göring	Sweco Energuide
Lena Eriksson Sonebrink	VärmlandsMetanol
Björn Gillberg	VärmlandsMetanol AB
Christina Sares	Swedavia
Eva-Katrin Lindman	Fortum Värme
Tomas Ekbohm	Svebio
Christer Gustavsson	Pöyry Sweden AB
Jonas Rudberg	Porcupine AB
Johanna Mossberg	f3
Hans-Erik Hansson	EUROTURBINE AB
Hassan Salman	Sveaskog
Nils Lindman	
Carl-Johan Hjerpe	Sagacitas AB
Nippe Hylander	ÅF
Per Wiklund	Nynas AB
Henrik Thunman	Chalmers
Elisabeth Wetterlund	Luleå tekniska universitet
Martin Palm	Regeringskansliet
Nils-Olov Nylund	VTT
Joakim Lundgren	Luleå tekniska universitet
Ingvar Landälv	Luleå tekniska universitet
Rikard Gebart	Luleå tekniska universitet
Lars Waldheim	Waldheim Consulting

Bilaga 3: Fakta om biomassaförgasning och pyrolys

Fakta: Förgasningsteknik

En förgasningsanläggning innehåller minst fyra delar; bränsleberedning till den kvalitet som förgasningsprocessen kräver, själva förgasningsdelen där bränslet omvandlas till gas, gasrening till den renhetsgrad som den efterföljande processen kräver och slutligen omvandling av den renade gasen. Omvandlingen kan ske via kemisk konvertering till fysiska produkter som drivmedel eller kemikalier eller genom termisk konvertering till el- och värmeenergi, se Figur 3.1.

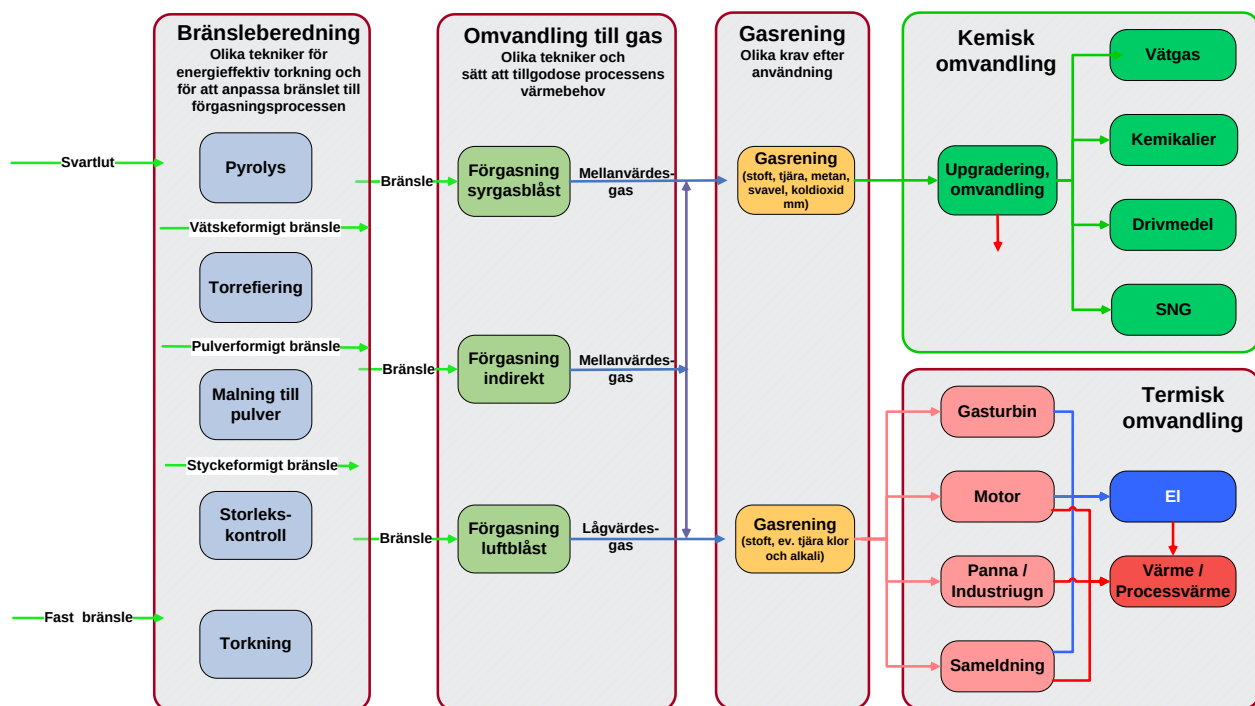
Bränsleberedningen har två syften, dels att reducera fukthalten i bränslet till lägre än 20 %, dels att se till att bränslet har en form som är anpassad till den valda förgasningstekniken. Fastbäddsförgasare av både med- och motströmstyp (< 1 MW respektive < 10 MW_{th}) behöver ett styckformigt bränsle där både överstort och fint material har avskilts. Fluidiserade bäddar (10- 200 MW_{th}) kan hantera en bredare partikelstorleksfördelning inom samma intervall som motsvarande förbränningspannor, dvs. bränsleflis. Suspensionsförgasare (< 100 MW_{th}) kräver ett pulverformigt bränsle (< 1 mm) eller att bränslet är i en form av vätska eller slurry.

Förgasningssteget kan utnyttja syre eller luft som oxidationsmedel för att ge processvärme (partiell förbränning), eller värmas indirekt från en förbränningsdel utanför förgasaren varifrån värmen överförs via en cirkulerande värmebärare eller via överföring, för att tillgodose värmebehovet. Med luft som oxidationsmedel erhålls en lågvärdig gas, 4-7 MJ/Nm³ som endast kan användas som en energigas i pannor eller industriugnar, motorer eller gasturbiner medan syrgasblåst och indirekt förgasning undviker utspädning med luftkväve och ger en mellanvärdesgas, 10- 15 MJ/Nm³ som också kan vara en energigas men i större anläggningar vanligtvis används för kemiska produkter. Förgasningen kan drivas från atmosfärstryck i luftblåsta och indirekta anläggningar upp till 20-30 atm., främst i syrgasblåsta fluidiserade bäddar eller suspensionsförgasare i stor skala.

Efter omvandling av bränslet till gas krävs i de flesta fall någon form av gasrening för att avlägsna stoft, tjärar och andra kolväten mm. från gasen. För detta ändamål finns en rad reningsprocesser av mer eller mindre konventionell art som t.ex. gasfilter och skrubbrar som påminner om de som används i förbränningsanläggningar. Det behövs även processer för att omvandla tjärar och kolväten som kan vara dels termiska och dels katalytiska. Dessa är under utveckling upp till industriell skala.

Olika reningsprocesser kombineras i olika steg för att ge en lämplig gaskvalitet, ger en bränngas som är tillräckligt ren för att användas i ugnar och pannor respektive i olika kraftvärmeprocesser, eller som syntesgas. En bränngas kan då ersätta fossila bränslen i ugnar och pannor som inte kan eldas direkt med biobränsle eller användas i kraftvärmeprocesser. Genom att elda bränngasen i motorer (0.05-10 MW_{el}, el/värmeförhållande 0.5-0.7) och gasturbiner (> 20 MW_{el}, el/värmeförhållande ca 1) ger värmeunderlaget möjlighet att utvinna 50- 80 % mer elenergi än med konventionell kraftvärmeteknik (el/värmeförhållande 0.2-0.5) i motsvarande skala, dock på bekostnad av återvinningen av värmeenergi.

För syntesändamål är reningskraven betydligt högre än för en bränngas, förutom tjära och stoft som kan gälla även för en bränngas, tillkommer bl.a. svavelrening. För detta finns dock processer som redan används inom kemisk industri att tillgå för denna slutliga rening. Likaså är syntesprocesserna väl etablerade inom denna industri. Utbytet i dessa kan sträcka sig från 40-45 % som drivmedel för Fischer-Tropsch processen för att framställa bensin- och diesel-liknande kolväten, s.k. drop-in-bränslen, till 50-60 % för metanol och DME och uppemot 60-70 % för bio-metan och vätgas.



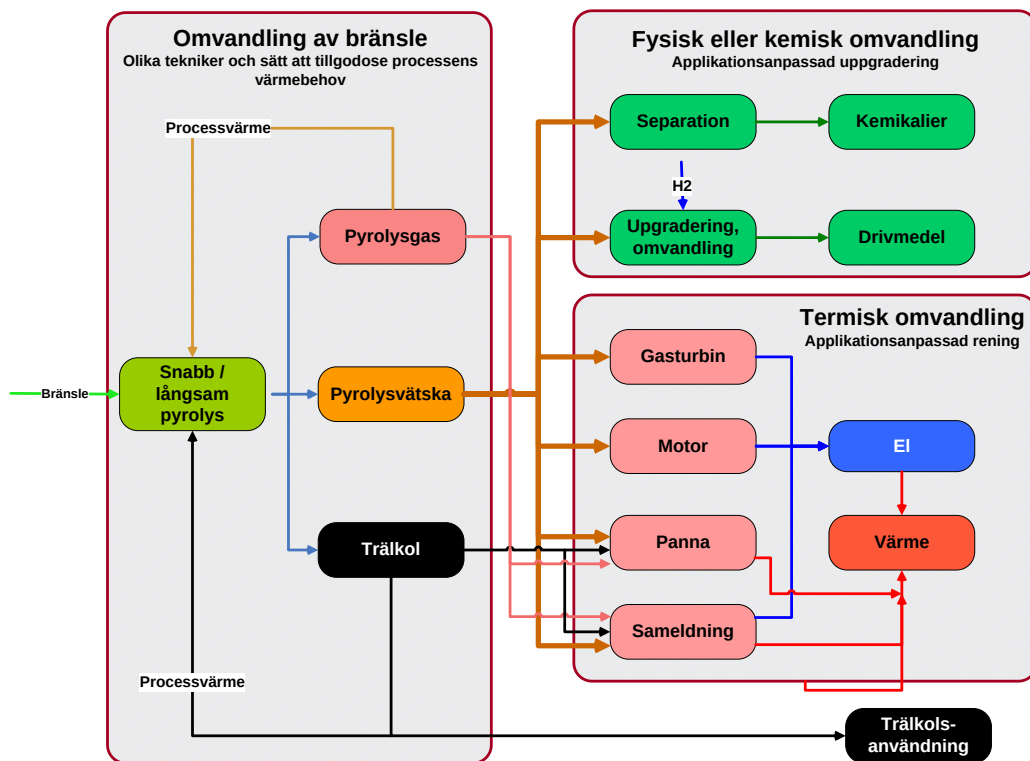
Figur 3.1. Processalternativ för förgasning av skogsbiomassa till drivmedel, kemikalier och el- och värme

Fakta: Pyrolysteknik

Snabb pyrolys är en metod där en flytande produkt (pyrolysvätska) önskas, dvs. ett fast bränsle uppgraderas till ett flytande bränsle med fler användningsområden och med högre energitäthet jämfört med ursprungsmaterialet.

Principiellt bryts råmaterialet termiskt ner i frånvaro av, eller med mycket låg andel, syrgas och bildar pyrolysvätska (även innehållande vatten från fukt och bildat i processen), fast koks och icke kondenserbara gaser. För att nå en snabb upphettning krävs att bränslet prepareras till hög torrhet och liten partikelstorlek ($< 5 \text{ mm}$). Liksom för förgasning finns det en mängd olika tekniker som översiktligt finns välbeskrivna i litteraturen, med ett gemensamt att en mycket snabb upphettning av bränslet sker, vanligen via en värmebärare som t.ex. sand, men också att bildade gaser och ångor kan störtkylas inom ett par sekunder efter att dessa bildats för att förhindra olika former av oönskade reaktioner som minskar pyrolysvätskeutbytet. Figur 3.2 visar schematiskt på olika tillämpningar och tillhörande materialflödesvägar från ursprungligt bränsle. När det gäller uppgradering till drivmedel från pyrolysvätska så ligger utmaningarna främst i att reducera mängden syre, vatten och fastmaterial samt motverka ogynnsamma fysikaliska storheter som hög viskositet.

Vid långsam pyrolys är det istället den fasta restprodukten som utgör produkten och bränslet omvandlas i större utsträckning till träkol. Träkol var en insatsråvara till stålframställningen innan koksen tog över men kan nu återigen vara av intresse för bl.a. stålindustrin som en ersättning för koks. Detta har varit en viktig process historiskt (kolmilor) och har även bedrivits mer industriellt i företrädesvis schaktugnar.



Figur 3.2. Processalternativ för pyrolys av skogsbiomassa till drivmedel, kemikalier, material och el och värme