

**Energikontor Värmland**  
Christer Pettersson, 054-701 10 94  
christer.pettersson@regionvarmland.se

## BiodriV – Biodrivmedel i Värmland

### Förstudie 2

# Potential för produktion av biodrivmedel vid bioraffinaderier i Värmland

April 2012

*En investering för framtiden*



---

#### REGION VÄRMLAND - KOMMUNALFÖRBUND

**Postadress**  
Box 1022  
651 15 KARLSTAD

**Besöksadress**  
Lagergrens gata 2

**Telefon** 054-701 10 00 vx  
**Fax** 054-701 10 01  
**E-post**  
energikontoret@regionvarmland.se  
**Webbplats**  
regionvarmland.se/energikontor

**Orgnr** 222000-1362  
**Bankgiro** 5344-2984  
**PlusGiro** 437 33 98-9

## **Faktasammanställning och text**

Grontmij:

Tomas Ekbon

Andreas Henriksson

## Förord

Förstudien **Potential för produktion av biodrivmedel vid bioraffinaderier i Värmland** är framtagen av Grontmij på uppdrag av Region Värmland.

Förstudien har beställts för att inom ramen för projekt BiodriV undersöka vilken potential det finns för produktion och användning av olika biodrivmedel i Värmland.

Förstudien visar fördelning och lokalisering av tänkbara råvaror och vad olika hänsyns- och tekniknivåer kan innebära.

Inom Värmlands gränser finns det råvarupotential i form av ett uttag av skogsbränsle om 3,1 TWh inom 10 år. Om man räknar bort dagens uttag/behov om 1,4 TWh, återstår 1,7 TWh skogsbränsle. Om sedan detta överskott ska omvandlas till biobränsle är främst en fråga för länets intressenter och aktörer.

Sannolikt kommer de allt högre priserna på fossilt bränsle att på sikt gynna en värmländsk biodrivmedelsindustri och därmed också bidra till att uppsatta nationella och regionala miljömål nås.

Oberoende av vad som kommer att hända ges här ett underlag för diskussion om praktiska och ekonomiska ställningstaganden. Det ger möjlighet till en regional, långsiktig bedömning av hur Värmlands biobränslepotential kan användas på bästa sätt, till gagn för hela regionen.

Christer Pettersson  
Projektledare, BiodriV

## Sammanfattning

Region Värmland och Länsstyrelsen i Värmland tillsammans med en referensgrupp antog år 2008 ett regionalt klimatmål; ”**Värmland är klimatneutralt år 2030**”. Det innebär att länet bland annat måste bli oberoende av fossila bränslen för uppvärmning, service och transporter. Tidsperspektivet understryker att omställningen måste ske snabbt och på bred front.

I nuläget visar den regionala miljömålsuppföljningen att utsläppen totalt sett minskar, främst på grund av övergången från olje- till biobränslebaserad uppvärmning och minskad användning inom industrin. I transportsektorn har däremot utsläppen ökat med en prognos som pekar i samma riktning. Att bryta den trenden är komplicerat, men avgörande i arbetet med att uppnå det regionala miljömålet.

Region Värmland har mot bakgrund av detta anlitat Grontmij AB för att tillsammans med regionala aktörer titta på möjligheter att skapa förutsättningar för en ökad produktion och användning av biodrivmedel i regionen. Uppdraget består av fem delmål där denna rapport redovisar resultatet för delmål 2 om bioraffinaderier.

Delmål 2 omfattar att utreda hur mycket biodrivmedel som värmländsk massa- och pappersindustri långsiktigt kan utvinna ur tillgänglig råvarubas. Förstudien utreder bioenergipotentialen på 5-10 års sikt med möjliga produkter och marknadsförutsättningar för dessa. Utöver det redovisar rapporten en teknisk/ekonomisk analys av ett bioraffinaderi och genom det förutsättningar för att etablera ett bioenergikombinat vid befintlig industri. Projektets organisation består av Region Värmland och kommuner, The Paper Province, Värmlandstrafik, Länsstyrelsen och Trafikverket. Rapporten för delmål 2 har cellulosabaserad råvara som bas och termisk förgasning som förutsatt processteknik. Syftet med delmål 2 är att undersöka förutsättningarna för att på längre sikt utveckla eller etablera bioraffinaderi/bioenergikombinat i regionen kopplat till befintliga industrier eller kraftvärmeverk. Det främsta målet har varit att besvara frågeställningen om *Hur mycket biodrivmedel kan värmländsk massa- och pappersindustri långsiktigt hållbart utvinna ur tillgänglig råvarubas?*

Värmland är för massa- och pappersindustrin världsunik i det att producenter, forsknings- och utvecklingsenheter, maskintillverkare och universitet ryms i samma region. Majoriteten av dessa aktörer är del av det branschsammanhållande klustret The Paper Province (TPP). 2010 renommerades TPP av European Cluster Observatory som ett av världens främsta kluster genom att den unika kompetensen i regionen tas tillvara och driver utvecklingsprojekt inom bland annat miljö, energieffektivisering, nya innovativa produkter samt kompetensförsörjning och företagstillväxt.

Massa- och pappersindustrin kan genom innovationskraft spela en central roll i klimatomställningen. Skogen kommer vara en viktig resurs för uppfyllandet av detta och här har bland annat Rottneros tagit fram ett projekt om ett bioraffinaderi för metanolproduktion och sökt medel ur EUs program NER300 för demonstrationsstöd.

### Skogs- och biodrivmedelspotential

Skogsstyrelsen Östra Värmland och Region Värmland har på uppdrag av projekt SWX-Energi bedömt potentialen av skogsbränsle i Värmland till ca 3,1 TWh/år från ett brutto om ca 10 TWh/år (exkl svartlut och råttalolja), vilket redovisades 2011. Detta motsvarar en effekt om ca 390 MW skogsbränsle, vilket ger produktionspotential enligt tabell 1. Samtidigt produceras en stor mängd värme, större än vad något fjärrvärmenät i regionen kan ta emot. Oberoende på lokalisering får därför en viss värmeeffekt kylas bort under en del av den årliga produktionstiden.

**Tabell 1 - Biodrivmedelspotential i Värmland.**

Produkt	Metanol	DME <sup>1</sup>	FTD <sup>2</sup>	SNG <sup>3</sup>
Bränsle, in (50 % fukt)	390 MW	390 MW	390 MW	390 MW
Bränsle, in (50 % fukt)	1,20 milj ton/år	1,20 milj ton/år	1,20 milj ton/år	1,20 milj ton/år
Årsproduktion	280 000 ton	225 000 ton	35 000 ton nafta 82 000 ton diesel	209 milj Nm <sup>3</sup>
Energimängd per år	1,5 TWh	1,8 TWh	1,4 TWh	2,0 TWh
Teoretisk bränsleandel	170 000 m <sup>3</sup> bensin	185 000 m <sup>3</sup> diesel	45 000 m <sup>3</sup> bensin 100 000 m <sup>3</sup> diesel	220 000 m <sup>3</sup> bensin

År 2010 levererades 1,36 TWh bensin och 2,12 TWh diesel till Värmlands län vilket kan jämföras med ovanstående siffror för potentialen. Metanol kan låginblandas i bensin idag med maximalt 3 %. Utöver detta finns en potential att distribuera metanol blandad i E85. För detta krävs dock förändring av nuvarande regelverk och bränslespecifikationsstandarder. DME är ett bränsle som idag ses som en ersättning av diesel för godstransporter men kan ej blandas i diesel idag utan fordrar nya motorer och tanksystem. En specialutvecklad dieselmotor har tagits fram av Volvo som för närvarande testas av 10 lastbilar i ett nationellt fälttest. En kommersialisering inom 10 år med full utnyttjandegrad i länet är inte omöjligt, men kan bedömas som mindre sannolik.

Vid produktion av FT Diesel erhålls två fraktioner, nafta och diesel där nafta kan klassificeras som en bensinfraktion. Dessa kan båda efter uppgradering distribueras i nuvarande bränsleinfrastruktur och användas i konventionell bensin- respektive dieselmotorteknologi. SNG (vilket kan användas som biogas) har den högsta energiverkningsgraden av de olika produktionsfallen och bilar drivna på fordonsgas finns på marknaden idag. Nackdelen med SNG är dock att det idag endast finns ett tankställe i Karlstad och i ett glesbebyggt län som Värmland måste täckningen öka för att nå en marknadsacceptans som innebär att konsumenter får en ökad benägenhet att köpa gasdrivna bilar.

<sup>1</sup> DME - Dimetyleter.

<sup>2</sup> FTD - Fischer-Tropsch Diesel.

<sup>3</sup> SNG - Substitute Natural Gas.

Sammanfattningsvis finns den största potentialen i närtid hos metanol och FTD. Detta då dessa drivmedel redan idag kan levereras till kund i befintliga distributionssystem och kan användas i konventionella motorer. SNG och DME är intressanta bränslen men är för regionen inte ännu fullt ut etablerade fordonsbränslen på marknaden, inte minst på grund av den nödvändiga utbyggnaden av bränslelogistiken.

### **Biodrivmedelsmarknad och klimatpåverkan**

Sedan många år tillbaka pågår forskning och utveckling kring ett antal biobaserade drivmedel där det finns en teknisk möjlighet att ersätta diesellojja eller bensin. Förutom de tekniska frågorna måste även frågor om hur mycket utsläppen av koldioxid (nettoutsläppen) reduceras, energieffektivitet, långsiktig hållbarhet, utnyttjande av land, emissioner etc. belysas och sedan beaktas ur ett livscykelperspektiv.

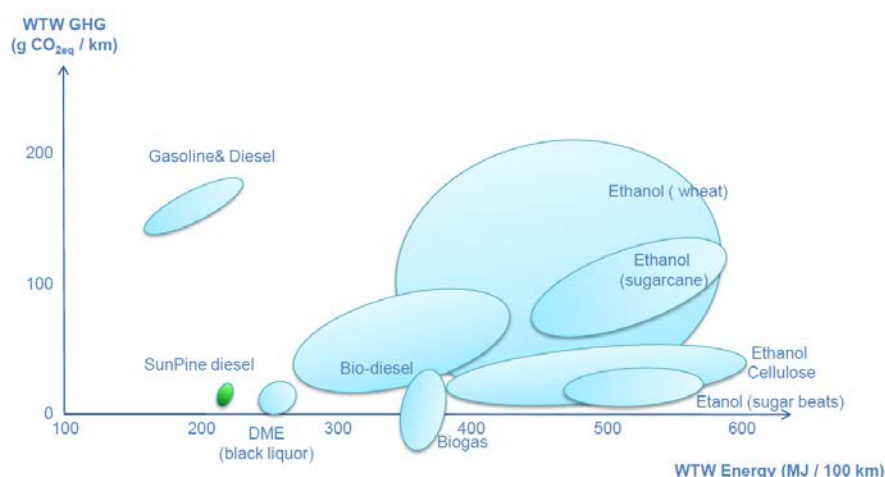
Den befintliga marknaden för biodrivmedel domineras av etanol, biodiesel (FAME) och fordonsgas. De syntetiska drivmedlen som studeras här kan ersätta och/eller komplettera dessa bränslen där ytterst en fråga om produktionskostnad och konkurrenskraft avgör om de kan introduceras på en marknad som idag till största delen är importberoende av etanol och där politiska styrmedel är mest tungt vägande faktor för att uppnå kommersiell introduktion.

Uppskattningar av växthusgasutsläpp har gjorts för flera tillverkningsprocesser av bland annat JRC<sup>4</sup>. Detta har publicerats av EU i Förnybartdirektivet (2009/28/EG) i Annex V. Detta ger enkla beräkningsregler för beräkning av växthusgaspåverkan av biodrivmedel mot en jämförelse av dess fossila motpart. Det visar att biodiesel av raps, vilket är den typ av biodiesel som dominerar den svenska biodieselmarknaden, har en reduktion om typiskt 45 % vilket kan jämföras med etanol av spannmål som ligger på 87 %. De syntetiska drivmedlen gjorda av skogsbränsle ligger omkring 95 %. Det ger att biodiesel inte är lika bra ur klimatsynpunkt som etanol och de andra biodrivmedlen som har mycket bra värden.

Ett aktuellt svenskt exempel med mycket goda värden är produktion av talldiesel. Tack vare att råttaldiesel är en restprodukt och härstammar från skogsråvara som anses CO<sub>2</sub>-neutral ger detta en uppskattad CO<sub>2</sub>-reduktion runt 90 %, se Figur 1. Talldiesel har här en energiverkningsgrad som är långt bättre än alla andra biodrivmedel och mycket låga utsläpp av växthusgaser. Värmlands kemiska massabruk har därmed en råvara som ger mycket gott resultat och kan redan idag omvandlas till en biodiesel av god kvalitet vid ett raffinaderi.

---

<sup>4</sup> JRC – Europeiska kommissionens gemensamma forskningscenter (Joint Research Centre)



**Figur 1 - Well-to-Wheel-analys (källa till hjul) för flertal drivmedel [SunPine, 2011].**

### Ekonomisk konkurrenskraft

För de fall som tidigare redovisats har en ekonomisk kalkyl beräknats, där samma grundförutsättningar antagits med ekonomiska parametrar. Det ger en slutlig värdering av hur pass konkurrenskraftig produktion av antaget biodrivmedel bedöms att ha för en vald storlek på anläggning.

Produktionskostnaden är kanske det enskilt mest betydelsefulla resultatet i denna studie. Till det ska läggas distributionskostnaden för att en korrekt jämförelse kan göras av hur konkurrenskraftig ett drivmedel är till slutkund mot ett annat.

Viktig input till den ekonomiska analysen inkluderar detaljerade mass- och energibalanser och kostnadsbedömning för varje process, vilka integrerats till en fullständig anläggning. Biprodukterna förutsätts att kunna säljas till marknadspris och är ett tilläggsbidrag till produktionskostnaden.

Investeringskostnaderna har bedömts utifrån gjorda studier, budgetestimat från leverantörer och egen databas, vilka har uppdaterats till första kvartalet 2012 och skalats till de studerade anläggningarnas storlekar med hjälp av allmänt accepterade faktorer. De direkta kostnaderna är hårdvarukostnader för process och anläggning inklusive uppförande. Till det tillkommer indirekta kostnader som är projektkostnader innan driftstart.

**Tabell 2 - Sammanfattning av beräknade kostnader [MSEK].**

Investeringskostnad	Metanol	DME	FTD	SNG
<b>Direkta kostnader</b>	<b>4025</b>	<b>3840</b>	<b>5180</b>	<b>3370</b>
Indirekta kostnader	1080	990	1300	880
<b>Totala kostnader</b>	<b>5105</b>	<b>4830</b>	<b>6480</b>	<b>4250</b>
Driftskostnader	814	766	845	796
Kapitalkostnad	505	478	641	420
<b>Totala kostnader</b>	<b>1319</b>	<b>1244</b>	<b>1486</b>	<b>1216</b>
<b>Produktionskostnad</b>	<b>900</b>	<b>800</b>	<b>1150</b>	<b>660</b>
	<b>kr/MWh</b>	<b>kr/MWh</b>	<b>kr/MWh</b>	<b>kr/MWh</b>
<b>Produktionskostnad</b>	<b>4980 kr/ton</b>	<b>6420</b>	<b>14 060</b>	<b>6,3 kr/Nm<sup>3</sup></b>
		<b>kr/ton</b>	<b>kr/ton</b>	
<b>Ekvivalentliter</b>	<b>8,0 kr/liter</b>	<b>7,1 kr/liter</b>	<b>10,2</b>	<b>6,3 kr/liter</b>
			<b>kr/liter</b>	

De relativt höga investeringskostnaderna som redovisas i rapporten har ett antal underliggande orsaker. I designarbetet har grunden varit att implementera de flesta lösningar som bedöms vara tillgängliga för en anläggning i denna skala. Förgasningsteknik för framställning av syntesgas har ännu inte demonstrerats kommersiellt i fullskala. Produktutbyten, tillgänglighet och teknisk effektivitet är därför de faktorer som prioriterats i detta skede.

Produktionskostnaden ges även i kronor per bensen- och dieselekvivalentliter, där enheten har justerats för skillnader i värmevärde och densitet. De stora kostnaderna är kapital- och bränslekostnader. Investeringen är mycket stor och kostnaden för elbalansen är en variabel som kan fördelas på rörliga och fasta kostnader beroende på designval. Samtidigt är det svårt att få avsättning för de stora värmeeffekterna. Värmeintäkterna ger relativt sett små tillskott då försäljningsvärdet på drivmedelsprodukten är så mycket högre.

Konsultföretaget Ecotraffic har gjort flera studier angående analys av distributionskostnader. Det är svårt att idag uppskatta dessa kostnader då det måste räknas på en korrekt bas med jämförelse där referensen är olja fraktad från Rotterdam. Vätskeformiga bränslen har mycket lägre distributionskostnader än gasformiga, vilket beror av att bränslesystem och tillhörande infrastruktur är mindre kostsamma för vätskor än för gaser. En grov uppskattning är att distributionskostnaden för fossila bränslen är 1-1,5 kr/liter och att metanol och etanol har cirka 20-30 % högre kostnader. Syntetisk diesel har troligen lägre kostnader, i princip i nivå med fossil diesel. DME har liksom SNG mycket högre kostnader och det har gjorts en uppskattning om ca 2 kr/liter för SNG (Nilsson et al, 2009). DME är mer svåruppskattad då hela system är nya men enligt Ecotraffic ligger det omkring 80 % över diesel, räknat på hela system.

Sammanfattningsvis är den viktigaste faktorn som påverkar konkurrenskraften för biomassebaserade drivmedel priset på alternativen, huvudsakligen bensen och diesel. I förlängningen är det således främst politiska beslut kring beskattning av fossila drivmedel samt råoljepriset, som uppenbarligen är volatilt, som styr biodrivmedlens konkurrenskraft. Med ett fortsatt mycket högt drivmedelspris kan dessa syntetiska drivmedel konkurrera på marknaden och ge betydande värden för värmländsk industri, om tekniken kan förverkligas och bli fullt ut kommersiellt tillgänglig. Utöver detta finns svartlut och råtallolja som potentiellt skulle kunna användas för drivmedelstillverkning. Siffror för drivmedelspotential skulle då bli högre och totalt sett skulle en än bättre effekt på klimatpåverkan nås. Den potentialen har inte tagits med i denna rapport som lagt tonvikt på skogsbränsle i skogen. Det exkluderar inte en rekommendation att utforska denna potential och ta med i kommande strategiplan.

Med den råvarubas som inte tas tillvara idag i Värmland finns en betydande potential som ger gynnsamma förutsättningar för att etablera biodrivmedelsproduktion. Resultaten visar att styrkorna finns främst råvarumässigt, ekonomiskt och industriellt där betydande värden går att skapa. Det är därför en rekommendation att en strategi tas fram och grupper med intressenter för att attrahera investerare. För att detta ska kunna förverkligas behövs många aktörer då det krävs en mångmiljardsatsning,



vilken kan bli en framgång som kan ge en ny stor affärsmöjlighet för hela regionen.

## Innehåll

<b>1</b>	<b>Inledning.....</b>	<b>12</b>
1.1	Bakgrund.....	12
1.2	Biodrivmedelsutveckling i Värmland – Biodriv .....	12
1.3	Omfattning och organisation.....	13
1.4	Avgränsningar.....	13
<b>2</b>	<b>Syfte .....</b>	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>Metodik .....</b>	<b>15</b>
<b>4</b>	<b>Råvara.....</b>	<b>16</b>
4.1	Råvarutyper .....	16
4.2	Råvarutillgång i Värmland.....	17
4.3	Råvaruanskaffning och distribution.....	18
4.4	Råvarukostnad.....	20
4.5	Energibalans i Värmland.....	21
<b>5</b>	<b>Industrier i Värmland.....</b>	<b>25</b>
5.1	Massa och pappersbruk.....	25
5.2	Sågverk.....	26
5.3	Pelletsverk .....	27
5.4	Energibolag.....	27
5.5	Aktuella förgasningsprojekt.....	28
5.5.1	Rottneros Biorefinery .....	28
5.5.2	Värmlandsmetanol.....	29
<b>6</b>	<b>Drivmedel och gröna produkter från massabruket ....</b>	<b>31</b>
6.1	Bensin .....	31
6.2	Diesel .....	31
6.3	Biodiesel.....	32
6.3.1	RME .....	32
6.3.2	Hydrerad vegetabilisk olja – HVO .....	34
6.4	Bio-SNG och biogas .....	36
6.5	Bio-metanol.....	39
6.6	Bio-DME.....	40
6.7	Bio-etanol.....	41
6.8	Syntetisk diesel (Fischer-Tropsch diesel).....	42
6.9	Vätgas.....	43
6.10	Gröna produkter från massabruket.....	43
6.10.1	Extraktion av lignin.....	43
6.10.2	Produktion av biobränsle genom mikroalger .....	44
6.10.3	Viskosmassa för textiltillverkning.....	45
6.10.4	Nanocellulosa .....	45
6.10.5	Gröna kemikalier.....	45
6.10.6	Talldiesel.....	46
<b>7</b>	<b>Marknad för produkterna .....</b>	<b>48</b>
7.1	Drivmedelsmarknad .....	48
7.2	Användning av biodrivmedel i motorer .....	48
7.3	Låginblandning och bränslekvalitetsdirektivet .....	49
7.4	Hållbarhetskriterier.....	50
7.5	Styrmedel och skatter .....	51
7.6	Konkurrenskraft.....	53
7.6.1	Befintliga biodrivmedel.....	53
7.6.2	Framtida biodrivmedel .....	53
7.6.3	Importbränslen .....	54
<b>8</b>	<b>Bioraffinaderiet .....</b>	<b>55</b>

8.1	ASU (Luftsepareringsenhet) .....	56
8.2	Termisk förgasning och reformering .....	57
8.3	Koldioxid- och svavelrening samt vattengas-skift .....	60
8.4	Produktsyntes .....	62
8.4.1	Metanolsyntes .....	62
8.4.2	DME-produktion .....	63
8.4.3	Fischer-Tropsch diesel.....	63
8.4.4	BioSNG (Biometan) .....	64
8.5	Ångcentral och Balance of Plant.....	64
8.6	Mass- och energibalanser.....	64
8.7	Miljö.....	66
8.7.1	Potentiella emissioner till mark .....	66
8.7.2	Potentiella emissioner till luft.....	66
8.7.3	Potentiella emissioner till vatten .....	67
<b>9</b>	<b>Ekonomi.....</b>	<b>68</b>
9.1	Ekonomiparametrar .....	68
9.2	Investeringskostnad .....	68
9.3	Produktionskostnad .....	71
9.4	Distributionskostnad.....	71
9.5	Bränsleprismarknadsanalys.....	72
<b>10</b>	<b>Diskussionsanalys .....</b>	<b>75</b>
10.1	Värmländsk massa- & pappersindustri i framtiden .....	75
10.2	Biodrivmedelspotential.....	76
10.3	Lokaliseringsstudie .....	77
10.4	Biodrivmedelsmarknad .....	79
10.5	Klimatpåverkan och växthusgasutsläpp .....	81
<b>11</b>	<b>Förklaringar.....</b>	<b>83</b>
<b>1</b>	<b>Referenser .....</b>	<b>84</b>
1.1	Internet.....	84
1.2	Tryckta källor.....	84
<b>2</b>	<b>Bilagor .....</b>	<b>87</b>
2.1	Bilaga A: Frågeformulär för projekt BiodriV .....	87

## 1 Inledning

### 1.1 Bakgrund

Region Värmland och Länsstyrelsen i Värmland tillsammans med en referensgrupp antog år 2008 ett regionalt klimatmål; **”Värmland är klimatneutralt år 2030”**. Det innebär att länet bland annat måste bli oberoende av fossila bränslen för uppvärmning, service och transporter. Tidsperspektivet understryker att omställningen måste ske snabbt och på bred front.

Arbetet med en förankring av målet initierades år 2009; **”Ett upprop för klimatet”**, där fokus låg på att få med kommuner, organisationer, företag, kluster och medborgare. Länet ska arbeta ambitiöst, målmedvetet och gemensamt för att nå klimatneutralitet och därmed utvecklas som ett län med en stark grön profil.

I nuläget visar den regionala miljömålsuppföljningen att utsläppen totalt sett minskar, främst på grund av övergången från olje- till biobränslebaserad uppvärmning och inom industrin. I transportsektorn har däremot utsläppen ökat med en prognos som pekar i samma riktning. Att bryta den trenden är komplicerat, men avgörande i arbetet med att uppnå det regionala miljömålet.

För att lyckas måste möjligheter ges till att resa kollektivt där så är möjligt och nyttjandegraden i redan utbyggd kollektivtrafik måste maximeras.

Transportsektorn kommer dock fortsatt bestå av person- och godstransport varför nya hållbara bränslen måste kunna ersätta bensin och diesel.

Värmland har en råvarubas som innebär en potential för produktion av de flesta typer av biodrivmedel och har en utbyggd industristruktur som är en möjliggörare i en klimatomställning.

### 1.2 Biodrivmedelsutveckling i Värmland – Biodriv

Med denna bakgrund har Region Värmland tagit initiativ till projektet Biodrivmedelsutveckling i Värmland – Biodriv – i syfte att skapa förutsättningar för produktion och användning av biodrivmedel i Värmland. Projektet bedrivs under 2011 – 2013 med stöd från Europeiska regionala utvecklingsfonden, kommuner i Värmlands län och ett antal andra intressenter.

Region Värmlands övergripande mål är att skapa förutsättningar för ekonomiskt, socialt och miljömässigt hållbar tillväxt i regionen. En satsning på biodrivmedel bedöms kunna bidra till målet genom att skapa möjligheter för etablering av industriell produktion och utveckling av värmländsk industri. Som stöd för utvecklingen krävs samordning och en regional strategi.

Diskussionerna om regionens försörjning av drivmedel i framtiden är högaktuell och det finns behov av samordning för att stödja utvecklingen. Det behövs någon typ av regional organisation som kan ta till vara lokala och regionala intressen. Liknande organisationer har byggts upp i regionerna runt Värmland, både österut, norrut och sedan länge söderut. Inom dessa regioner har olika typer av studier och utredningar om förutsättningar, potentialer och möjligheter genomförts. Projektet Biodriv avses leda till en liknande organisation byggs upp i Värmland.

Med utgångspunkt i Värmlands förutsättningar är projektet inriktat på två fördjupningsområden:

1. Biogas producerad av restprodukter från samhälle och jordbruk
2. Biodrivmedel från cellulosabaserade råvaror.

### **1.3 Omfattning och organisation**

Denna rapport omfattar att utreda hur mycket biodrivmedel som långsiktigt kan utvinnas ur länets tillgängliga cellulosabaserade råvarubas. Förstudien utreder bioenergipotentialen på 5-10 års sikt med möjliga produkter och marknadsförutsättningar för dessa. Rapporten redovisar också processtekniska lösningar baserat på tillgänglig teknik och redovisar till detta tillhörande mass- och energibalanser, vilket leder till en ekonomisk analys gällande investerings- och produktionskostnader. Avslutningsvis används resultaten till en diskussion om potentialer, industrins utveckling, miljöpåverkan och marknadsutveckling.

Projektets organisation består av en styrgrupp med representanter från Region Värmland, avdelningen Energikontor Värmland och kommuner, The Paper Province, Värmlandstrafik, Länsstyrelsen och Trafikverket.

Projektgruppen därunder består av projektledare samt de medarbetare som är engagerade från övriga organisationer, däribland Grontmij. Det finns också en referensgrupp bestående av en rad organisationer som kan bistå med kompetens och synpunkter.

### **1.4 Avgränsningar**

Rapporten för delmål 2 har cellulosabaserad råvara som bas och termisk förgasning som förutsatt processteknik. Den termiska förgasningen är också avgränsningen mot delmål 1 "Förstudie biogas". Tidsperspektivet för rapporten är 5-10 år, vilket utesluter teknik som inte är kommersialiserad ännu och som inte bedöms bli det inom satt tidsram. Det innebär att enbart teknik som anses vara eller kan bli kommersiell inom 10 år har beaktats. Svartlutsförgasning som använder råvaran svartlut och är en integrerad process i ett kemiskt massabruk bedöms bli kommersiellt tillgänglig inom ett fåtal år men har inte studerats i denna rapport. För mer läsning om tekniken och potentialen hänvisas till EU-rapporten BLGMF – Black Liquor Gasification with Motor Fuel production av Ekbom et al från 2000.

## 2 Syfte

Syftet med delmål 2 är att undersöka förutsättningarna för att på längre sikt utveckla eller etablera bioraffinaderi/bioenergikombinat i regionen kopplat till befintliga industrier eller kraftvärmeverk.

Drivkrafterna bakom rapporten är en kombination av att finna ekonomiskt konkurrenskraftiga och miljömässigt hållbara vägar för att minska beroende av fossil energi där det ytterst handlar om att analysera, bedöma och rekommendera vilka vägar som värmländsk skogsindustri bör satsa på för att även generera merintäkter på nya marknader.

Det är enbart med en lönsam skogsindustri en transformation kan göras från dagens produktion med diversifiering till nya, högvärdiga produkter med nya, innovativa processer på nya, bärande marknader.

Målet är att besvara följande frågeställningar:

- *Hur mycket biodrivmedel kan värmländsk massa- och pappersindustri långsiktigt hållbart utvinna ur tillgänglig råvarubas?*
- *Vilket eller vilka utvecklingsvägar är mest intressant för värmländsk skogsindustri att satsa på?*
- *Vilka volymer av biodrivmedel kan tas fram som ersätter fossila drivmedel?*
- *Vad är värdeskapande för värmländsk massa- och pappersindustri?*
- *Hur kan värmländsk massa- och pappersindustri bidra till att klimatpåverkan minimeras?*

### 3 Metodik

Som utgångspunkt för undersökningen används de metoder som användes inom de två stora EU-studier som avhandlade Trestadsregionen, Trollhättan-Uddevalla-Vänersborg, kallade BioMeeT (Planning of Biomass based Methanol energy combine – Trollhättan region) [Ekbom, et al, 2000, 2003]. Dessa studier syftade till en undersökning av en större regions möjligheter att dels framställa biodrivmedel, el och värme, dels integrera detta i regionen och ersätta fossil energianvändning.

Ett bioraffinaderi baserat på förgasningsteknik kan använda lågvärdig biomassa som grot, returträ och rivningsvirke samt restflis från skogen och sågverk och konkurrerar därmed inte med massabruken om massaveden.

Ändå kan ett mycket högt utbyte av högvärdiga produkter till en konkurrenskraftig produktionskostnad erhållas. Dock finns ett flertal val som behöver göras och det finns inte en bästa väg till produkt. Det gäller såväl utifrån design och teknik såsom val av råvaror och produkter, men även utifrån dimensionering och integrering. Därför är det viktigt att först identifiera och sammanställa råvarupotentialer och användning av fossil energi samt värmesänkor så att ramvillkoren kan definieras. Detta görs med berörda företag inom sektorer som energi, skog och pappersmassa och tillverkningsindustri tillsammans med intresse- och branschorganisationer, myndigheter och kommuner.

Denna nulägesbeskrivning utgör grunden för att ta fram olika beräkningsfall och scenarier, vilka bör vara de mest marknadsanpassade för att ge högst informationsvärde så att en verklig framtida bild kan tas fram. Med detta som bas genomförs beräkning av de tekniska delarna med material- och energibalanser, inklusive optimeringsstudier samt ekonomiska prestanda med uppskattning av investeringskostnad och produktionskostnad samt en känslighetsanalys. Resultaten kommer att visa hur stor potentialen är och hur mycket som kan produceras inom regionen.

Sammantaget omfattar analysen bland annat följande frågeställningar:

- Hur en anläggning kan designas och vilka vägar samt produkter som kan tas fram på ett kostnadseffektivt sätt.
- Vilka råvaror och biprodukter som kan vara aktuella samt var i regionen de finns och hur stor potential som finns.
- Material- och energibalanser med utbyten och verkningsgrader samt ekonomisk analys med uppskattade investerings- och produktionskostnader.
- Regionalt kraft- och värmebehov och fossil energianvändning för lokalisering och bästa möjliga integrering
- Sammanfattande analys av hur stor potentialen är av biodrivmedel och värdeskapandet tillsammans med värmländsk industri.

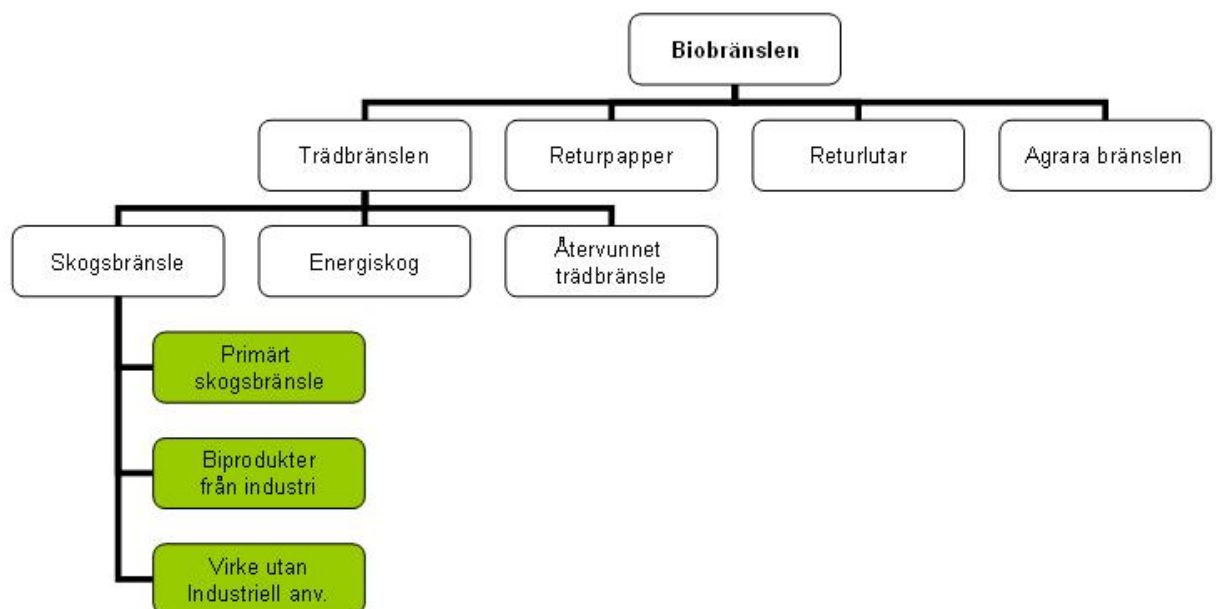
Sammantaget är metodiken lagd med syfte att främja de olika utvecklingsprojekt som nu bedrivs, samt ge planeringsunderlag till strategin för att utveckla större bioraffinaderier. Utgångspunkten är att beskriva de kommersiella förutsättningarna och planerna för kommande produktion av biodrivmedel.

## 4 Råvara

Detta kapitel syftar till att ge en bild över vilka råvarutyper som är aktuella för ett bioraffinaderi av den typen som avhandlas i denna rapport. Med råvarutyperna definierade ger studien också svar på hur stor användningen är idag samt hur stor uttagspotentialen är på tio års sikt. Därefter redovisas prisutvecklingen för trädbränsle samt aktuella skogsbränslepriser från energimyndighetens prisblad. Avslutningsvis redovisar kapitlet det regionala energiläget.

### 4.1 Råvarutyper

Vid biodrivmedelsframställning förädlas olika typer av *biobränslen*. Enligt Svensk Standards definition är biobränslen ”material med biomassa som utgångsmaterial, som kan ha genomgått kemisk och/eller biologisk behandling och annan användning”. Biobränslen grupperas enligt nedan:



**Figur 2 - Indelning av biobriens och trädbränslen.**

Delmål 2 inom BiodriV avser att se hur mycket drivmedel som kan produceras ur befintlig råvarubas. För Värmlands del består den till största del av råvara som sorteras under skogsbränslen. Grot (Grenar och toppar), avverkningsrester och stubbar är exempel på primära skogsbränslen som kan användas till biodrivmedelsproduktion. De är speciellt intressanta eftersom de är lågvärdiga och inte konkurrerar med råvaran som används av sågverk och massa- och pappersbruk. Utöver detta kan biprodukter från industrin och virke utan industriell användning användas. Alla fraktioner måste dock bearbetas för att motsvara de kvalitetskrav som ställs i processen.



## 4.2 Råvarutillgång i Värmland

De fraktioner som definierats som intressanta i kapitel 4.1 har en allt starkare efterfrågan på marknaden. För att se på potentialen har ett antal studier gjorts på vad den verkliga skogsbränslepotentialen är. Under 2011 redovisades detta i en studie utförd inom Projekt SWX-energi (Eriksson, Persson, 2011). Av rapporten framgår att länet består av totalt 1,33 miljoner hektar produktiv skogsmark<sup>5</sup>, vilket motsvarar 75 procent av den totala landarealen i länet. Bruttoavverknigen var 5,7 miljoner m<sup>3</sup>sk/år under 2006-2008. Detta ska jämföras mot tillväxten, som var cirka 8,4 miljoner m<sup>3</sup>sk/år under 2005-2009. Det råder alltså en tillväxt av virkesförrådet i länet och den trenden har varit konsekvent i över 50 år.

För att göra en framtidsanalys utförde Skogsstyrelsen på uppdrag av regeringen en utredning - *Skogliga konsekvensanalyser och virkesbalanser 2008 (SKA-VB 08)*. I den utredningen fastställdes fyra framtidsscenarier; referens, miljö, produktion och miljö+produktion. Alla fall har bäring på virkesbalansen och därmed potentialprognosen. Referensfallet är bas för redovisade siffror i denna rapport och det definierar följande förutsättningar:

- att nuvarande ambitioner i skogsskötsel kvarstår.
- att miljöpolitiken beslutad fram till 2010 kvarstår (Levande skogar delmål 1).
- att klimatet förändras med ökade temperaturer och därmed ökad skogstillväxt.

Levande skogar är ett nationellt miljömål för tidsperioden 1999-2010 där delmål 1 avser långsiktigt skydd av skogsmark. I Värmland sattes i enlighet med detta ett regionalt mål om att 59 100 ha skulle avsättas i form av naturskydds- och biotopskyddsområden, varav 23 100 ha av samhället. Resterande 36 000 ha omfattades av frivilla avsättningar inom skogssektorn. Länsstyrelsen i Värmland har gjort en uppföljning efter tidsperiodens slut där de såg att målet inte kunnat uppnås. Framförallt beror det av otillräckliga statsanslag som ersättning till markägare<sup>6</sup>.

Utöver referensscenariot så finns ett antal ekologiska och tekniska restriktioner för uttag av skogsbränsle i föryngringsavverkning och gallring där de definierat tre nivåer enligt nedan:

1. Alla rester vid avverkning, gallring och röjning tas tillvara.
2. Ekologiska restriktioner liknande skogsstyrelsens rekommendationer följs.
3. Lämnad grottmängd ökas, samt minskade potentiella uttagsarealer av tekniska och ekonomiska skäl.

---

<sup>5</sup> Mark där tillväxten är större än 1 m<sup>3</sup>sk/ha,år och där marken i huvudsak inte används för andra ändamål än skogsbruk.

<sup>6</sup> Uppföljning, långsiktigt skydd av skogsmark:  
<http://www.miljomal.se/Systemsidor/Regionala-miljomal1/?eqo=12&t=Lan&l=17#11290>

Nivå 1 avser inga restriktioner alls utan i det fallet tas allt grot och stubbar tillvara och inga arealer undantas. För denna nivå har en bruttopotential för skogsbränslen beräknats i länet till cirka 9,8 TWh. Nivå 2 följer skogsstyrelsens rekommendationer för skogsbränsleuttag och den säger att viss mark undantas och att 20 % av grot och stubbar lämnas kvar efter avverkning eller gallring. För nivå 2 motsvarar potentialen 5,9 TWh.

Nivå 3 bedöms vara motsvarande de metoder som används idag och är en förutsättning för de siffror som redovisas härnäst i denna rapport. Nedan följer en definition av nivå 3 i uttagsrestriktioner.

- att uttagsmängder reducerats med i huvudsak ekologiska restriktioner hämtade från skogsstyrelsens rekommendationer (nivå 2).
- att mängd lämnad grot och stubbar av totala mängden är 40 %.
- areal med ytstruktur 4 och 5, eller lutning klass 4 och 5 enligt terrängtypschemat lämnas därhän för avverkning och gallring.
- att alla bestånd mindre än 1 ha tas bort ur potentialberäkningen.

Dagens skogsbränsleuttag i Värmland motsvarar cirka 1,4 TWh och fördelas enligt nedanstående tabell.

**Tabell 1 - Uttag av skogsbränsle i Värmland 2010 (Eriksson, Persson, 2011).**

Sortiment	[m <sup>3</sup> s]	[MWh]
Grot	500 000	400 000
Stubbar	25 000	20 000
Träddelar (oflisat)	200 000	160 000
Bränsleved (rötved)	1 000 000	800 000
<b>Totalt</b>	<b>1 725 000</b>	<b>1 380 000</b>

Med hänsyn taget till restriktioner motsvarande nivå 3 som beskrivits ovan bedöms skogsbränslepotentialen till cirka 3,1 TWh/år inom 10 år. Detta motsvarar en bränsleeffekt om ca 390 MW. Till detta finns även svartlut och råttalolja, vilka inte beräknats vidare i denna rapport.

### 4.3 Råvaruanskaffning och distribution

Uttaget av nämnda fraktioner är en process som kräver sin optimering för att vara rationell. Det är avgörande för ekonomin i affären att hanteringen under hela produktionskedjan är optimerad ur logistisk synpunkt. Mycket fokus har på senare tid lagts på att optimera systemen för uttag av skogsbränslen. Biofuel Region<sup>7</sup> har tillsammans med Sveriges Lantbruksuniversitet fått beviljat stöd om 22 miljoner kronor till projektet Forest Refine för att under tidsperioden januari 2012 till april 2014 för att titta på hur man kostnadseffektivt kan försörja framtidens bioraffinaderier med skogsråvara. Målet är en kostnadsminskning om 15 % under projektperioden<sup>8</sup>.

<sup>7</sup> BioFuel Region är ett samarbete mellan kommuner, företag, regionförbund, länsstyrelser, landsting och universitet i de fyra nordligaste länen.

<sup>8</sup> SLU:s hemsida, pressmeddelande 2012-02-22: <http://www.slu.se/sv/om-slu/fristaende-sidor/aktuellt/alla-nyheter/2012/2/forest-refine/>

Rebio AB beskriver, som ett exempel på dagens hantering, en uttagsmetod för grot. Den innebär att vid avverkning fälls träden längs med körstråkets riktning och på så sätt upparbetas virke och grot i separata högar, se nedanstående bild.



**Figur 3 – Metod för grotavverkning (Ref. Rebio AB).**

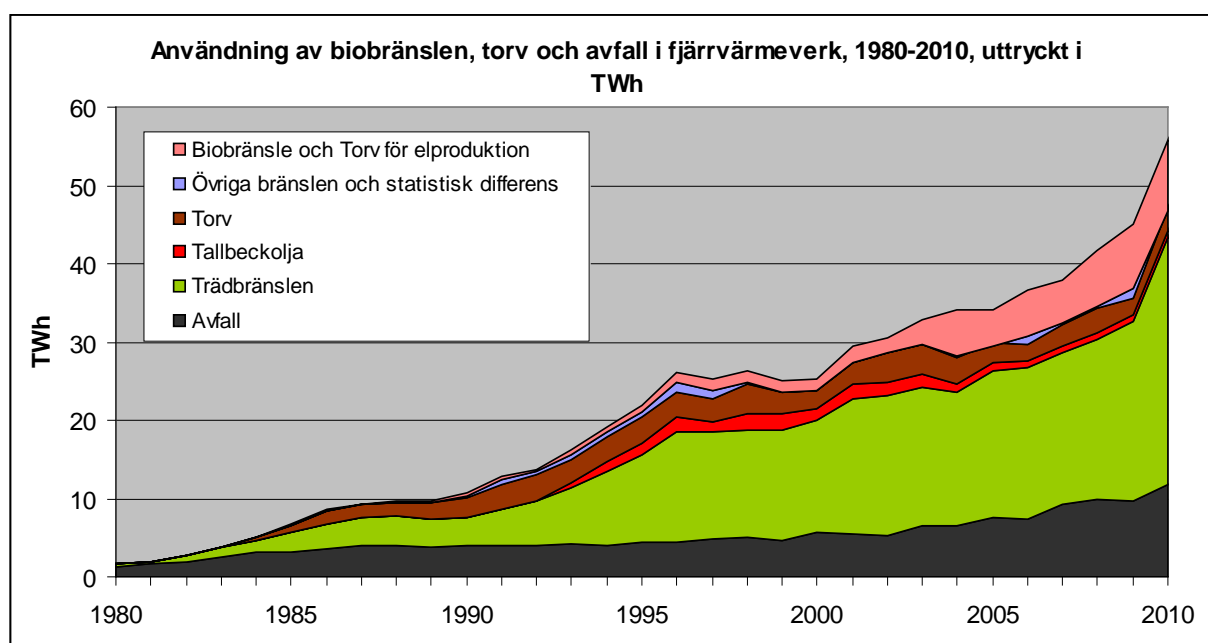
Där det är möjligt lämnas sedan grot-högarna kvar för avbarrning och torkning, varefter specialkonstruerade skotare transporterar grotet till vägen för lagring i vältor. Vältorna måste täckas med papp för att skydda mot fukt och förhindra hopfrysning, men de måste också läggas upp på ett sådant sätt att upphämtningen kan göras på ett optimalt sätt. På grund av att grot är ett bulkigt material har det utvecklats särskilda bunningsmaskiner för att öka bulkdensiteten hos bränslet. Detta gör att transportererna av bränslet effektiviseras genom att man får in mer material per last. Fortsättningsvis finns utmaningar för grot-hantering i att ytterligare optimera uttagssystemen, samt i att optimera fraktioner med högsta möjliga kvalitet till slutkund.

Stubbskörd utförs normalt under tjälfria månader och utförs normalt i anslutning till avverkningen eller som separat åtgärd efteråt. Maskinen som utför upptaget är ofta en grävmaskin med ett specialaggregat på kranen. Efter upptaget skakas stubbarna för att minimera kvarvarande rester av jord och sten, varpå de klipps och lagras i högar till dess att de är torra nog för vidare förädling, ofta i någon månad. Lövträdsstubbar skördas inte då de är hem för fler rödlistade (hotade) arter. Efter att stubbarna har legat kvar och torkat på avverkningsplatsen transporteras stubbarna med skotare till bilväg. Därifrån kan stubbarna antingen direkt transporteras med lastbil eller flisas direkt vid väg innan vidare transport i container till slutanvändare.

Energived, eller rötved, är råvara som inte motsvarar specifikationen för att klassas som massaved eller timmer. Dessa kan då säljas som energived till förbränning.

#### 4.4 Råvarukostnad

Användningen av skogsråvara har haft en ständigt ökande trend sen 80-talet. Klimatdirektiv och andra politiska styrmedel som implementerats har under årens lopp har inneburit incitament till att använda förnybar råvara. Exempel på styrmedel som påverkat är höjd koldioxidskatt, handel med el-certifikat och höjda el-priser. Utöver detta har det ökade oljepriset haft en inverkan. I nedanstående figur redovisas energimyndighetens statistik för användning av förnybar råvara i fjärrvärme. Sen 1990 har ökningen gått från cirka 10 TWh till cirka 55 TWh och ökningen ser ut att fortsätta med planer på omfattande investeringar i ny kraftvärmeproduktion runt om i landet. Den ökade avfallsbränslebaserade värmeproduktionen beror bland annat på deponiförbud mot utsorterat brännbart avfall, men även på grund av en gynnsam driftsekonomi med avfall som bränsle.



**Figur 4 - Användning av biobränsle, torv och avfall i fjärrvärmeverk 1980 - 2010, uttryckt i TWh (Ref. Energimyndigheten).**

Den ökande användningen av förnybara bränslen återspeglas i prisutvecklingen för skogsbränslen. Sedan 10 år tillbaka har priset ökat och i nuläget kostar oförädlade skogsbränslen 200-220 kr/MWh. Energimyndigheten redovisar kvartalsvis ett prisblad för torv och biobränslen. Nedan redovisas ett utdrag ur Energimyndighetens prisblad för trädbränslen gällande kvartal 4, 2011:

Tabell 2 - Prisblad för trädbränslen (Ref. Energimyndigheten).

Period	2007	2008	2009				2010	2010:4	2011:1	2011:2	2011:3 <sup>f</sup>
			Hela Sverige	Norra 1,2	Mellersta 1,3	Södra 1,4					
<b>Förädlade trädbränslen:</b> (briketter & pellets)											
Värmeverk	244	271	298	300	257	312	301	290	296	295 <sup>R</sup>	316
<b>Skogsflis:</b>											
Industri	128	146	176	200	- <sup>1</sup>	-	- <sup>1</sup>	197	186	203	205
Värmeverk	158	167	181	197	195	210	186	201	214	212 <sup>R</sup>	218
<b>Biprodukter:</b>											
Industri	153	160	172	188	- <sup>1</sup>	-	- <sup>1</sup>	187	203	196	187
Värmeverk	134	157	170	179	176	194	173	182	176	183	178
<b>Returträ:</b>											
Värmeverk	64	69	78	107	79	110	98	112	109	120 <sup>R</sup>	119

1) Den regionala redovisningen omfattar endast värmeverken. Observera att medelpriserna i regionerna är mera osäkra än medelpriset för riket. 2) Y, Z, AC och BD län. 3) AB, C, D, E, S, T, U, W och X län. 4) Övriga landet. 5) Allför få uppgifter i underlaget för att redovisa. R) Uppgiften har reviderats sedan 2011 08 31. P) Preliminär uppgift.

#### 4.5 Energibalans i Värmland

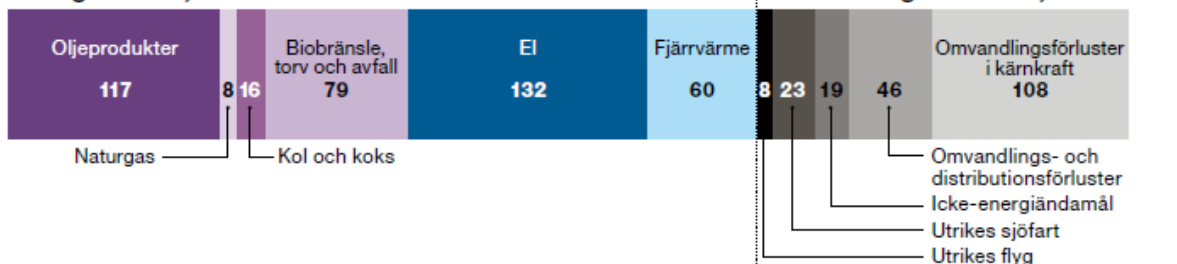
Sverige har som nation en högre andel förnybar andel i sin energibalans relativt andra europeiska länder. Det beror på vår stora tillgång på råvaror för detta som vatten och biomassa. Fortfarande är dock olja och el de största energibärarna. Se figur nedan för energibalansen i Sverige under 2010.

##### Total tillförd energi i Sverige 2010 uppdelat på energibärare, 616 TWh



Omvandling i kraft- och värmeverk, raffinaderier, gasverk, koksverk och masugnar. Distribution av el och fjärrvärme samt internationell bunkring och överföring av energiråvaror till exempelvis färg- och kemiindustrin.

##### Total slutlig användning uppdelat på energibärare, 411 TWh



Figur 5 - Energibalans för Sverige under 2010 (Ref. Energimyndigheten 2010).

Efter EU-direktiv har Sverige tagit ett beslut om att minst hälften av all energianvändning i Sverige ska vara förnybar år 2020. Sverige var redan

2009 på god väg att uppfylla detta mål i och med att andelen förnybart då var 47 %.

Den regionala statistiken som kan hämtas från SCB är baserad på 2008 års uppgifter. Energibalansen för Värmland presenteras nedan:

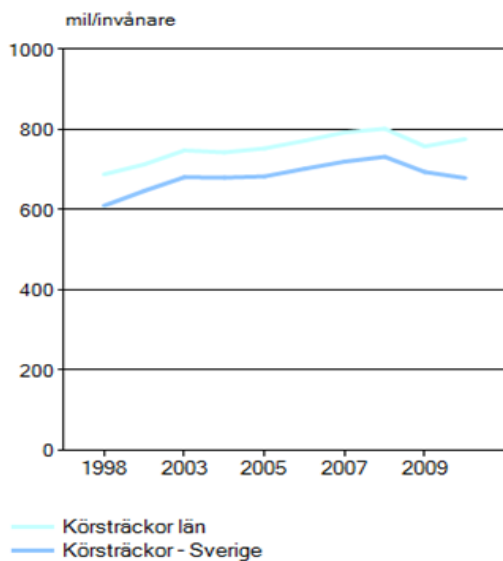
**Tabell 3 – Energibalans i Värmland för 2008 (Ref. SCB, 2012).**

Energibärare	Bruttotillförsel [TWh]	Förluster [TWh]	Slutanvändning [TWh]
Bensin	1,55		1,55
Diesel	1,81		1,81
Eldningsolja 1	0,28		0,26
Eldningsolja >1	0,58		0,51
Gasol	0,14		0,14
Torv	~0		*1
Trädbränsle	3,35		2,28
Avlutar	5,27		*1
Avfall	0,18		*1
Övrigt	0,55		0,19
Fjärrvärme	-0,29	0,12	1,08
El	4,26	0,37	4,66
<b>Totalt</b>	<b>17,7</b>	<b>0,49</b>	<b>17,4</b>

1) Kan inte lämnas pga. sekretesskäl.

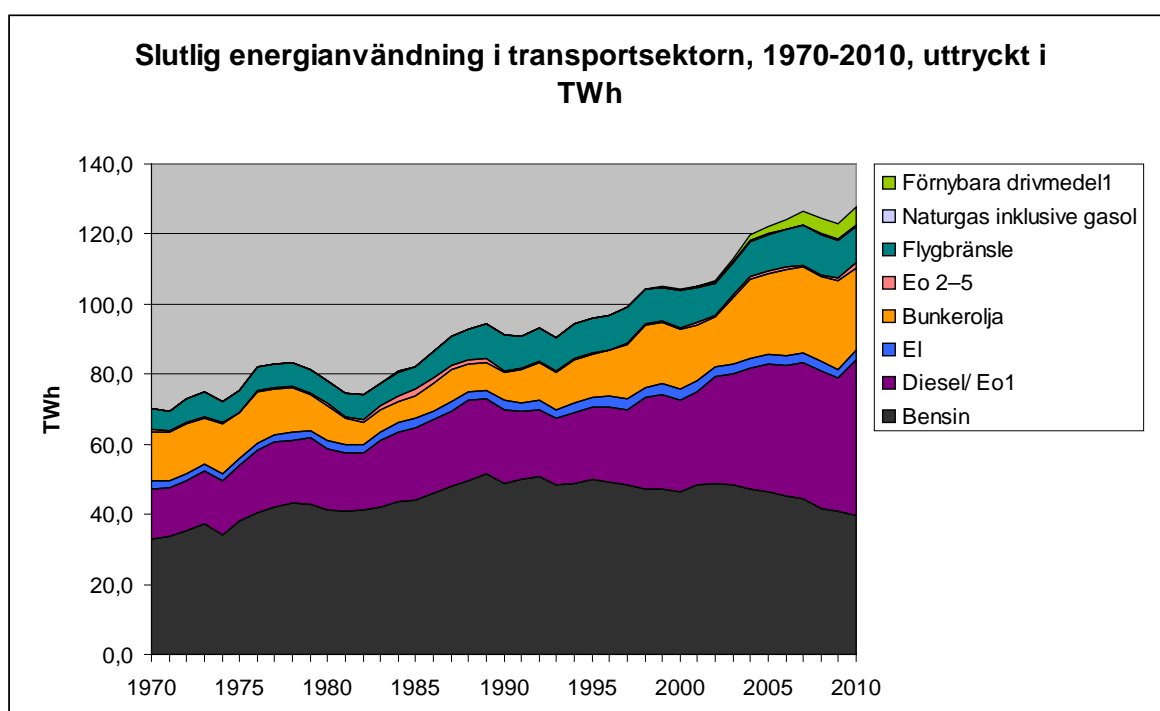
Värmlands totala energianvändning uppgick år 2008 till 17,4 TWh. Av denna står industrin för 58 %, transporter för 18 % och hushållen för 13 %. Resterande 11 % används inom offentlig förvaltning och jord- och skogsbruk. Värmlands industrinärvaro återspeglas i industrins energianvändning som är betydligt högre jämfört med andra regioner. Av elproduktionen kommer 2,1 TWh från vattenkraft. Vindkraftens bidrag motsvarar cirka 0,1 TWh och förväntas stiga de närmaste åren på grund av planerade satsningar. Resterande elproduktion kommer från kraftverk med såväl fossil som förnybar råvara och industriellt mottryck. Elanvändningen överstiger idag produktionen i länet, varför en andel hämtas från andra områden.

Transporter motsvarar idag en slutanvändning på cirka 3,1 TWh i Värmland. Dessa framförs nästan uteslutande av fordon som är baserade på bensin och diesel. För godstransporter så minskade antal transporter i Sverige under perioden 2008-2009 vilket var starkt beroende av konjunkturläget. Sannolikt minskade godstransporterna även i Värmland under den tiden och de kan förväntas öka framöver med växande ekonomi. När det gäller persontransport så är det lite svårare att dra slutsatser. Trenden var ökande från 1998 men sedan 2007 är trenden svagt neråtgående. Den neråtgående trenden skulle å ena sidan kunna bero på människors ökade benägenhet att åka kollektivt, men kan i analogi med fallet för godstransporter bero på konjunkturläget som rådde i landet.



Figur 6 - Antal mil/invånare i Värmland (Ref. Miljömålportalen).

Det finns även andra indikationer på ökade transporter. En av dessa är den slutliga energianvändningen i transportsektorn i Sverige, se nedan.



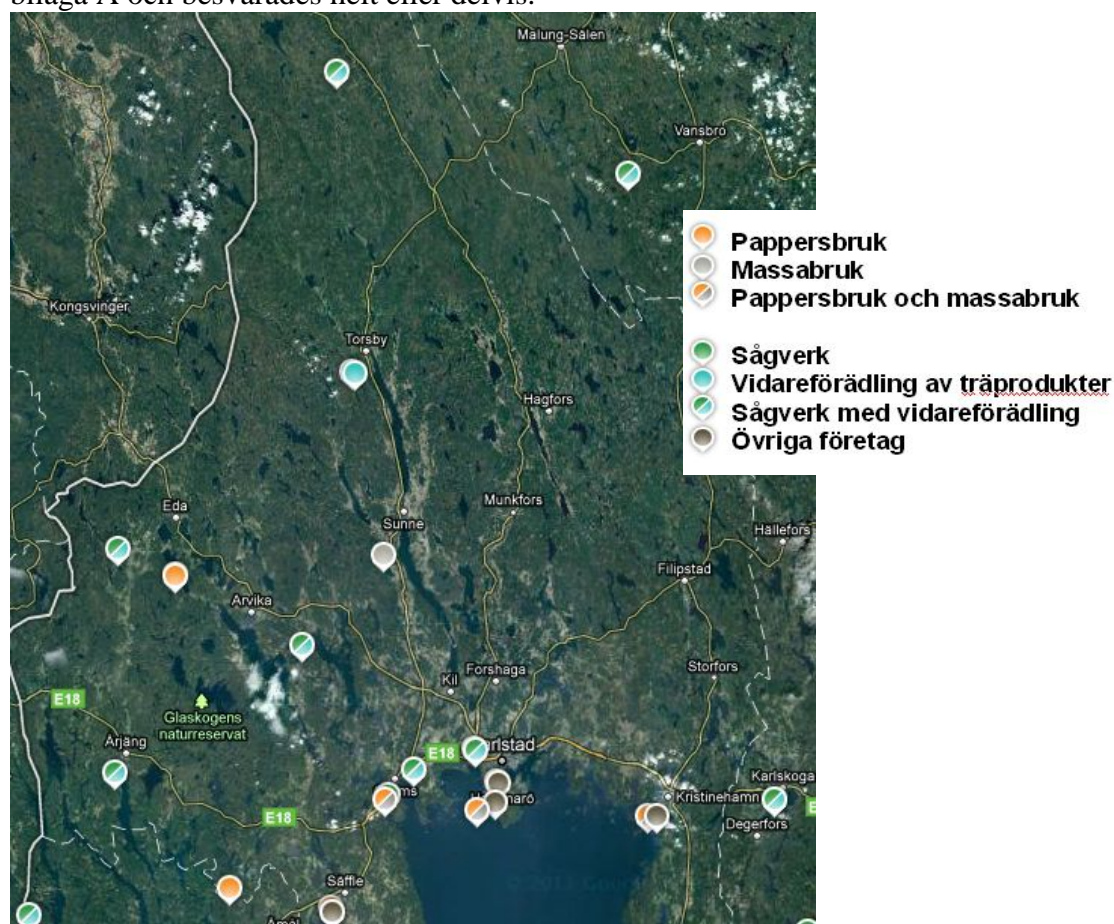
Figur 7 - Slutligt energianvändning i transportsektorn. (Ref. Energimyndigheten)

Trenden är som synes ökande. Intressant är minskningen i bensin användning och ökningen av dieselanvändningen. Orsaken till ökad dieselanvändning beror bland annat på att det för första gången är fler dieslbilar som nyregistreras än bensindrivna motsvarigheter. Dessutom har en återhämtning i ekonomin ökat godtransportintensiteten sen 2009 (Energiläget 2011). I ett län som Värmland är människors benägenhet att arbetspendla också intressant. Mätningar finns sedan 1985 och fram till år 2005 hade inpendlingen ökat med cirka 25 % medan utpendlingen ökade med cirka 30 % (Länsstyrelsen, 2008). Sammanfattningsvis pekar trenden på ökade transporter vilket gör att det är viktigt att utveckla kollektivtrafiken så långt som möjligt, samt att fortsätta arbeta för att etablera biodrivmedel på marknaden.



## 5 Industrier i Värmland

Nedan redovisas en förteckning och kort beskrivning av industristrukturen för massa- och pappersbruk, sågverk och energibolag belägna i Värmland. Den geografiska spridningen redovisas i nedanstående bild. Inför lokaliseringsstudien som redovisas i kapitel 12 kontaktades massa- och pappersbruken för att få svar på frågor gällande deras verksamhet som stöd till diskussion om lämplig förläggningsplats. Frågorna finns redovisade i bilaga A och besvarades helt eller delvis.



Figur 8 – Lokalisering av skogsindustrier i Värmland. (Ref. Skogsindustrierna, 2012)

### 5.1 Massa och pappersbruk

Värmland är en viktig region för massa- och pappersindustrin. Förutom produktionsenheter finns universitet, forskningscentra, maskintillverkare och konsultbolag. Bolagen har lyckats visa förhållandevis starka resultat i en allt mer kännbar global konkurrens genom att utveckla nya produkter och mer effektiva processer. Nedan redovisas en tabell över 2010 års produktion för massa- och pappersbruken i Värmland.

**Tabell 4 - Förteckning över massa- & pappersbruk i Värmland och deras årsproduktion 2010 (Ref. Skogsindustrierna)**

Bruk/Produkt (kton/år)	Sulfa t	Sulfi t	CTM P	Slip	Avsalumassa	Papper/Karton g
Stora Enso Skoghäll	307	-	240	-	-	708
Rottneros Bruk	-	-	60	72	132 <sup>1</sup>	-
Billerud Gruvön	115	-	-	-	-	570
Nordic Paper Åmotfors	-	-	-	-	-	39
Nordic Paper Bäckhammar	184	-	-	-	68	116
Nordic Paper Säffle	-	42	-	-	9	30
Svanskogs Bruk	-	-	-	-	-	15

1) Rottneros Bruk är ett avsalumassabruk där all massa går till försäljning. 132 000 ton är summan av

CTMP- och Slipmassaproduktion under 2010.

## 5.2 Sågverk

Den trädrelaterade industrin i Värmland är stark. Sågverksindustrin är en viktig del i denna och tillverkar varor av olika sorter som sedan kan vidareförädlas till hållbara produkter. För att stärka länets trädrelaterade industri har projektet The Wood Region initierats. Målet är att samla länets aktörer inom branschen till en nod för innovativ utveckling. Likheter kan dras till The Paper Province som för massa- och pappersindustrin i länet har varit mycket framgångsrik. I nedanstående tabell listas sågverken som är belägna i Värmland.

**Tabell 5 - Sågverk i Värmland och deras kapacitet.**

Sågverk	Kommun	Kapacitet
Moelven Ärjäng Såg	Ärjäng	120 000 m <sup>3</sup>
AB Hilmer Andersson	Eda	130 000 m <sup>3</sup>
Moelven Edanesågen	Arvika	120 000 m <sup>3</sup>
Stora Enso Timber Gruvön	Grums	420 000 m <sup>3</sup>
Moelven Norsälven	Karlstad	80 000 m <sup>3</sup>
Moelven Notnäs Wood	Torsby	190 000 m <sup>3</sup>
Moelven Ransbysågen	Torsby	70 000 m <sup>3</sup>

### 5.3 Pelletsverk

Produktionen av pellets minskade i Sverige under 2011. Det finns i Värmland ett antal anläggningar som producerar pellets. Dessa specificeras i nedanstående tabell (Svebio 2011).

**Tabell 6 - Pelletsverk med årsproduktion 2010.**

Pelletsverk	Kommun	Total produktion
Pemco Träpellets	Säffle	35 000 ton
V-Pellets Grums	Grums	5 000 ton
Stora Enso Timber Gruvön	Grums	84 000 ton
Dejeträ	Forshaga	100 ton
Bäckebrons Sågverk	Sunne	5 000 ton
Wermlandsved i Höljes	Torsby	1 000 ton

Ett ton pellets motsvarar 4800 kWh energi, vilket baserat på ovanstående tabells siffror ger en total produktion i länet om cirka 0,6 TWh.

### 5.4 Energibolag

Det finns ett antal fjärrvärme- och elproducenter i Värmland. Elproduktionen sker dels i kraftvärmeverk såsom Karlstad Energi, men även av vind- och vattenkraft samt industriellt mottryck. En del av fjärrvärmenäten är till viss del integrerade för att ta hand om spillvärme från närliggande industrier. Det enskilt största fjärrvärmenätet är fjärrvärmenätet i Karlstad som ägs av det kommunala energibolaget Karlstad Energi. Nätet sträcker sig även till Skoghall i Hammarö kommun. Stora Enso Skoghall levererar spillvärme till fjärrvärmenätet.

Under 2011 hände en del saker som påverkade energibolagsbranschen i Värmland. Fortum Värme AB sålde alla sina anläggningar utanför Stockholm till ett nybildat bolag, Värmevärden AB. I Värmland ägs numera anläggningar i Grums, Torsby och Säffle av Värmevärden AB. En annan viktig händelse under 2011 var att Munkfors Energi AB satte in en ny kraftvärmearläggning i drift. Den är bestående av en förgasare och avgaspanna inklusive rökgasrening och turbin för elproduktion.

Andra stora förändringar som ligger i framtiden är att Karlstad Energi för närvarande befinner sig i en förhandlingsprocess kring ett miljötillstånd för ett nytt biobränsleeldat kraftvärmeverk som kommer att ersätta fossila bränslen i nuvarande kapacitet. Tidplanen är en byggstart under hösten 2012 och en driftklar anläggning till eldningssäsong 2014. Investeringen beräknas uppgå till ungefär 1000 MSEK (Karlstads Energi 2011).

Nedan följer en tabell över energibolag belägna i Värmland och deras värmeproduktion (Svensk Fjärrvärme, 2011).

**Tabell 7 - Fjärrvärmebolag i Värmland med årsleverans 2010 (Ref. Svensk Fjärrvärme).**

<b>Energibolag</b>	<b>Kommun</b>	<b>Värmeleverans [GWh]</b>
Arvika Fjärrvärme AB	Arvika	121 <sup>1</sup>
Eda Energi AB	Eda	10
Charlottenberg Energi AB	Eda	16
Fortum Värme AB <sup>2</sup>	Grums	29
Fortum Värme AB <sup>2</sup> (Nordic Paper)	Säffle	73
Hammarö Energi AB	Hammarö	60
Karlstads Energi AB	Karlstad	729
Kils Energi AB	Kil	42
Kristinehamns Fjärrvärme AB	Kristinehamn	120
Munkfors Energi AB	Munkfors	45
Neova AB	Årjäng	22
Rindi Energi AB	Filipstad	49
Rindi Energi AB	Storfors	27
Rindi Energi AB	Sunne	42
Torsby Kommun <sup>1</sup>	Torsby	102

1) Avser 2011

2) Ägs numer av Värmevärden AB.

## **5.5 Aktuella förgasningsprojekt**

I Värmland pågår för närvarande två unika förgasningsprojekt vilka båda syftar till att uppföra bioraffinaderier, metanolfabriker. Det första är placerat vid ett massabruk och det andra i en mindre tätort. Viktiga förutsättningar är en placering för goda förhållanden för logistiken samt en konkurrenskraftig produktionskostnad och avsättning för produkterna.

Det mest sannolika för att uppnå dessa förutsättningar är med en placering vid ett massabruk eller en tätort med stort behov av fjärrvärme. Eftersom regionen saknar ett större fjärrvärmebehov och att råvarutillgången med logistiken är nyckeln till framgång är det mest troligt att en samlokalisering vid ett massabruk är mer fördelaktigt.

### **5.5.1 Rottneros Biorefinery**

Rottneros AB projekterar ett bioraffinaderi för produktion av biometanol vid Rottneros Bruk (5 km söder om Sunne), tillsammans med Sven Tyréns Stiftelse och 2GEN AB, vilka bildat ett joint-venturebolag Rottneros Biorefinery AB. Anläggningen beräknas producera 150-200 000 ton metanol per år från ca 200 MW biomassa. Kostnaden uppgår till ca 3 miljarder kr där ett driftstöd har sökts hos EU via DG Clima och NER300-programmet.

NER300-programmet består av två utlysningar varav den första gick ut 9 maj 2011 och är värd motsvarande 200 miljoner utsläppsrätter koldioxid (av totalt 300) som ska försälas av EIB. Dessa medel som med ett antaget pris per ton koldioxid om 20 euro motsvarar 4000 miljoner euro, eller nästan 35 miljarder kr, kommer att fördelas i slutet av året 2012 på de ansökningar vilka har blivit godkända och rankade högst av EIB och Kommissionen. Varje medlemsland har en tilldelning om minimum en och maximum tre beviljade projekt, där totalt minst 34 ansökningar ska beviljas stöd för förnybara energidemonstrationsprojekt.

Det finns mycket goda förutsättningar för en metanolfabrik vid Rottneros Bruk. Motorvägen E45 löper precis vid bruket och järnvägsspår finns dragna in till bruket. Rottneros ligger också strategiskt placerad med omfattande skogspotential inom nära avstånd. Således finns goda möjligheter för biobränslelogistiken, där redan en omfattande vedhantering görs med befintlig organisation i pappersmassabruket.

För närvarande har EIB genomfört en finansiell och teknisk due diligence av alla mottagna och efter första granskning formellt godkända ansökningar. En rapport har lämnats 9 feb 2012 till Kommissionen som går vidare med granskning av projekten. Sverige har genom Energimyndigheten inlämnat nio ansökningar (flest i EU, efter Cypern med åtta). Målet är att enligt NER300-kriterierna starta drift av anläggning under 2016. Projektet söker nu intresse från leverantörer och investerare för att gå vidare.

Rottneros med sitt ursprung i 1600-talet, är en icke-integrerad, leverantör av högkvalitativ pappersmassa. Rottneros tillverkar avsalumassa, det vill säga pappersmassa som säljs på den öppna marknaden i motsats till massa som produceras vid fabriker med integrerad pappersproduktion. Rottneros har en årlig produktionskapacitet på cirka 400 000 ton massa, som produceras vid två fabriker i Sverige: Rottneros Bruk och Vallviks Bruk.

#### 5.5.2 Värmlandsmetanol

VärmlandsMetanol AB har för avsikt att i Hagfors bygga världens första kommersiella fabrik för tillverkning av metanol genom förgasning av skogsråvara. VärmlandsMetanol AB bildades 2001 av Miljöcentrum. Bolaget ägdes initialt av Miljöcentrum, Hagfors kommun, LRF samt två privatpersoner. Syftet med bolaget var att i Hagfors bygga en försöksanläggning (pilotanläggning) för tillverkning av 60 000 liter metanol per dygn av skogsråvara. Fram till dess hade Miljöcentrum på ideell basis satsat ca 5 miljoner kr på att förbereda projektet. Från Sparbanksstiftelsen Alfa erhöles 500 000 kr för att dra igång projektet. Europeiska utvecklingsfonden, Länsstyrelsen Värmland och Hagfors Näringslivsstiftelse bidrog dessutom med mindre belopp. Förstudie, miljökonsekvensbeskrivning (MKB) och riskstudie låg färdiga år 2002. Kalkylen slutade på en investering i storleksordning 600 miljoner kr. Eftersom det rörde sig om en "liten" försöksanläggning gick det inte att få ekonomi i projektet.

Under hösten 2006 beslöt VärmlandsMetanols styrelse att istället projektera för en kommersiell fullskalig anläggning om 100 000 ton metanol per år. Under 2007 och 2008 färdigställdes två förstudier för en fullskalig anläggning. Mark (20 ha) har förvärvat för fabriken. Markområdet har under 2009 specifikt detaljplanelagts för fabriken utifrån en MKB med tillhörande teknisk beskrivning och riskstudie. Detaljplanen har vunnit laga kraft.

Tillgången på skogsråvara har utretts. Kontakter har etablerats med leverantörer av utrustning. Åtta konsultföretag har engagerats av VärmlandsMetanol i projektet. Sedan hösten 2009 har det tyska ingenjörföretaget Uhde (ThyssenKrupp) engagerats för att ta fram ett fördjupat tekniskt underlag att läggas till grund för miljöprövning, fortsatt projektering, finansiering och upphandling.

Miljöprövningen har formellt påbörjats den 5 mars 2010 genom ett första s.k. "tidigt samråd" med Länsstyrelsen Värmland. Metanolfabriken är idag kostnadsberäknad till ca 3 500 miljoner kronor. Per dygn kommer den att konsumera ca 1000 ton skogsråvara och producera 375 000 liter metanol. Den kan också täcka Hagfors kommuns behov av fjärrvärme. Produktionskostnaden beräknas till ca 3,40 kr per liter metanol, d.v.s. ca 7 kr per bensinekvivalentliter, d.v.s. den mängd metanol som ersätter en liter bensin. Metanolens produktionskostnad baseras på att fabriken finansieras 50/50 med lån respektive eget kapital samt 25 års avskrivningstid och återbetalning av lånen på 10 år. Förhandlingar pågår med bensenbolag om avsättning av produktionen. Beslut har fattats att Uhde kommer att svara för teknikval, detaljprojektering och byggnation av hela fabriken. Projektet inväntar tillstånd och villkor enligt miljöbalken. Först därefter kan markarbeten påbörjas i avvaktan på slutlig detaljprojektering och upphandling. Byggtiden beräknas till tre år. Finansieringsbilden är totalt sett oklar och strategin hittills har varit att ta in kapital stegvis i relation till deras kostnadsbehov. Senaste kapitaltillskottet gjordes för att ta fram en fördjupad MKB med tillhörande tekniska utredningar. Därutöver togs kapital in för miljöprövningen och det ingenjörarbete som utfördes för att ta fram en s.k. "Basic Engineering" att läggas till grund för fortsatt detaljprojektering. För de medel som behövs innan investeringsbeslut planeras en större publik emission i samband med notering på handelsplats. Samtidigt har förhandlingar inletts med finansinstitut/banker i syfte att ta in betydande kapital genom en kombination av riktade emissioner till ett fåtal större investerare och upplåning. Det är nödvändigt för en slutlig upphandling av projektet. Därefter planeras notering av bolaget. Under 2012 behöver VärmlandsMetanol ta in i storleksordningen 170 MSEK, som huvudsakligen behövs för tekniklicenser och det fortsatta ingenjörarbetet. VärmlandsMetanol konstaterar, efter förhandlingar med flera aktörer på den svenska kapitalmarknaden, att dessa potentiella investerare genomgående är mycket kortsiktiga och ovilliga att satsa på stora industriprojekt, som har en byggtid på 3-4 år. Kontakter har därför sedan förra året etablerats med utländska investerare. Våren 2008 förelåg ett färdigförhandlat kontrakt med en svensk storbank, som åtog sig att ta in ca 200 MSEK i form av Private Placement, samt att i samband med notering på handelsplats ta in 1 500 MSEK. Men finanskrisen satte stopp för emissionen och efterföljande notering. VärmlandsMetanol anser att om eget kapital uppbringas enligt plan, kan resterande behov täckas genom upplåning. Mer detaljer finns på [www.varmlandsmetanol.se](http://www.varmlandsmetanol.se).

## 6 Drivmedel och gröna produkter från massabruket

Kapitlet belyser olika fossila och biobaserade drivmedel och deras tekniska och marknadsmässiga potential. Utöver detta går kapitlet igenom andra gröna produkter från massabruket.

### 6.1 Bensin

Bensin är ett bränsle bestående av en blandning av flytande kolväten. Fördelningen är 30-60% paraffiner, 0-5 % naftener, 0-13 % olefiner, 30-42 % aromater och 0-15 % oxygenater. Bensin har ett kokpunktsintervall mellan 25-205°C. Bensin mäts i två viktiga egenskaper; flyktighet och oktantal. Flyktigheten beskriver bensinens förångningsegenskaper och oktantalet beskriver bränslets motstånd mot att antända vid ökat tryck och temperatur, så kallad knackning. Bensin har ett energiinnehåll (LHV) på 9,10 MWh/m<sup>3</sup> (8,94 MWh/m<sup>3</sup> med 5 % etanol) eller 43,7 MJ/kg med en densitet om 750 kg/m<sup>3</sup> vid 15°C.

All bensin som säljs i Sverige är inblandad med 5 % etanol. Bensin kan idag enligt EU:s drivmedelsdirektiv blandas med upp till 10 % etanol. Bränslestandarderna för detta är dock inte klar ännu.

### 6.2 Diesel

Diesel är ett bränsle bestående av en blandning av flytande kolväten. Diesel av miljöklass 1 (MK1) har ett kokpunktsintervall mellan 180-320°C och utgörs av kolvätekedjor med mellan 10 och 17 kolatomer (C10-C17). De består av 50-70% paraffiner, 30-45% naftener och 3-5% aromater. Kolvätekedjornas längd och utseende påverkar produktens smält- och stelningspunkt och därmed hur bränslet fungerar vid olika temperaturer. Normalparaffiner har de sämsta och ringformade kolväten de bästa käldegenskaperna. Käldegenskaperna uttrycks i grumlingspunkt och filterbarhet. Filterbarheten är den lägsta temperatur som bränslet klarar utan att utfällningen av paraffinet blockerar filtret. Diesel av miljöklass 1 har goda käldegenskaper.

I dieselmotorn sprutas bränslet direkt in i förbränningskammaren och antänds av kompressionsvärmen. Förbränningen sker sedan i droppform. Bränslet ska lätt självantända, denna egenskap uttrycks som cetantal eller cetanindex, ju högre tal desto snabbare antändning. Ju högre kokpunkt, desto högre cetantal. De kedjeformade molekylerna, paraffinerna har högre cetantal än de ringformade, aromater och naftener. Allra bäst cetantal har de raka kedjeformade molekylerna, normalparaffiner. MK1-diesel har ett energiinnehåll (LHV) på 9,80 MWh/m<sup>3</sup> (9,77 MWh/m<sup>3</sup> med 5 % FAME, s k B5) eller 43,3 MJ/kg med en densitet om 815 kg/m<sup>3</sup> vid 15°C.

All diesel som idag säljs i Sverige innehåller minst 5 % FAME (oftast RME). Diesel kan idag enligt EU:s drivmedelsdirektiv blandas med upp till 7 % FAME.



### 6.3 Biodiesel

Biodiesel är ett förnyelsebart bränsle som framställts av vegetabiliska oljor eller animaliska fetter. Dessa estrar av naturliga fettsyror med glycerol (angiven triglycerider) undergår baskatalyserad omförestring, vanligtvis med metanol. Den resulterande produkten är en blandning av fettsyrametylestrar (FAME), motsvarande den fettsyra-komposition av de fetter som används eller oljor. Den metanol som används vid tillverkningen av FAME kommer nästan uteslutande från processer där fossil naturgas omvandlas till metanol. Detta gör att cirka 10 % av FAME inte är biobaserat. Om etanol används istället för metanol erhålls ett bränsle som är en etylerad ester d.v.s. för rapsolja – fettsyratylster (FAEE). FAEE har nästan identiska egenskaper med FAME och arbete pågår med att ta fram en Europeisk standard även för FAEE, alternativt en gemensam standard för FAME och FAEE. Då dagens etanol oftast är biobaserad (framförallt gällande etanol som drivmedel) innebär det att FAEE till skillnad från dagens FAME är till 100 % biobaserad. På sikt, och om biobaserad metanol kommer att tillverkas, kommer även FAME att kunna vara 100 % biobaserad.

FAME har egenskaper som i stor utsträckning sammanfaller med motsvarande för fossil dieselolja och kan därför användas i de flesta moderna dieslbilar, under förutsättning att bränslet uppfyller gällande europeiska FAME standard (EN 14214). FAME är en biologiskt nedbrytbar, icke giftig, gulaktig vätska. FAME har en hög flampunkt och är således ganska svårantändbar, vilket innebär att det precis som fossil dieselolja har låg brand- och explosionsklassning, och därmed kan distribueras i samma system som dagens fossila diesel.

FAME har också sämre lagringsegenskaper och kan vid längre lagring och under inverkan av syre, värme och solljus oxidera, vilket kan ge utfällning/partiklar i vätskan, något som i sin tur kan bidra till igensättning av filter. Vid längre tids lagring finns också viss risk för fassetparation olja/metanol och bakterieutveckling om vatten finns närvarande.

Andelen FAME i ett fossilt dieselbränsle anges ofta med ett B (för biodiesel) följt av andelen i procent. Till exempel avser B5 ett bränsle som består av minst 5 % biodiesel och 95 % fossil diesel. I Sverige är all diesel i dag inblandad med minst 5 % biodiesel. Detta är i enlighet med vad som är accepterat i EU:s bränsledirektiv och i dagens europeiska standard för dieselolja för fordonsdrift (EN 590). Enligt EN 590 kan oljebolagen i dag blanda in upp till 7 % FAME i dieselolja förutsatt att den uppfyller den europeiska standarden för FAME. Någon tillverkare/distributör (t.ex. OKQ8) har gått upp från 5 till 7 %, men långt ifrån alla. Att så inte sker är främst en skattefråga.

#### 6.3.1 RME

Rapsmetylester (RME) är benämningen på ett drivmedel tillverkat av transesterfierad rapsolja (RapsMetylEster). Att Sverige har valt raps/rapsolja som råvara beror på att det är den råvara för FAME som odlas i Sverige. Energiinnehållet är ungefär  $9,15 \text{ MWh/m}^3$  ( $37,3 \text{ MJ/kg}$ , LHV) med en densitet om  $884 \text{ kg/m}^3$ . RME har jämfört med fossil dieselolja ett något lägre energiinnehåll (cirka 5 % räknat per volymenhet). Detta kan märkas vid drift med ren RME men inte vid låginblandning (2-7 %).



RME är känsligt för kyla och har en grumlingspunkt på cirka 0°C. Stelningspunkten ligger cirka 15°C lägre och RME bör därför inte användas om det är mycket kallare än så, även om dessa egenskaper kan förbättras med additiv. Vid användning vid lägre temperatur än så finns annars risk för att bland annat filter sätter igen.

Tillverkning av RME är förhållandevis enkel. Genom att under omröring tillsätta metanol och lut(katalysator) i rapsolja startar man esterfieringen (metyleringen). Blandningen självseparerar därefter i RME och glycerol. Då processen är enkel är det lätt att tillverka RME i mycket små gårdsanläggningar såväl som i stor industriell skala.

RME som säljs på mackar innehåller i normalfallet och i likhet med andra bränslen diverse olika tillsatser för att få förbättrade egenskaper avseende bland annat köldegenskaper. Då RME har smörjande egenskaper kan man genom inblandning i dieselolja minska behovet av att tillsätta smörjande additiv.

I Sverige finns i dag en stor tillverkare av RME, Perstorp i Stenungsund. Perstorp tillverkar idag ca 60 000 ton RME per år men har en koncession på 200 000 ton. I Karlshamn finns en fabrik med tillverkning på ca 35 000 ton. Det finns även flera små (gårdsnivå) samt halvstora tillverkare (flera gårdar som gått ihop med gemensam anläggning), framförallt i Skåne Blekinge. Som jämförelse tillverkades ca 3 miljoner ton RME i Tyskland under 2007. För att göra ett ton RME går det åt ca 2,5 ton raps (ungefär vad som erhålls i snitt per hektar). Detta beror dock på oljehalten i rapsfröet. I Sverige odlas ca 240 000 ton raps, vilket medför att man inom landet maximalt kan producera strax under 100 000 ton RME (cirka 110 000 m<sup>3</sup>). Odlingen av raps kräver dessutom en växtföljd där rapsen bara kan odlas vart 6:e till vart 7:e år på samma åkermark. All raps kan dessutom inte bli RME då raps även är en viktig livsmedelsråvara (olja, margarin) och till annan industri såsom färg och tensidindustrin.

Utbytet från mark för raps är lägre än den är från vete eller sockerbeta och är som gröda i Europa begränsad till områden i norra delen. För de södra regionerna passar solrosolja bättre för FAME produktion. I Sverige odlas raps främst upp till mellersta Sverige. En grov uppskattning är att om all tillgänglig mark för odling av raps för tekniska ändamål används för att tillverka RME skulle cirka 3 % av den totala användningen av fossil dieselolja kunna ersättas med RME.

Rapsfröet består till ca 45 % av fett och 55 % råprotein. Råproteinet återstår efter esterifieringen och kan då användas för att tillverka så kallade foderkakor som används som en viktig foderkälla för många olika djur. Vid tillverkning av RME erhålls också glycerol som en biprodukt. Glycerol kan dock oftast säljas till ett bra pris som råvara för kosmetika industri.

I takt med en ökad produktion av RME närmar sig dock behovet av foderkakor och glycerol sitt tak vilket innebär att efterfrågan kan komma att minska och därmed även det pris som går att ta ut. En möjlighet kan då vara att förgasa glycerol för att tillverka metanol, se ovan kap Metanol. En annan möjlighet är att röta glycerol till biogas, se kap. 6.4.

RME ger när det används som drivmedel cirka 50-60 % reduktion av netto utsläppen av koldioxid. En viktig anledning till att raps inte ger bättre värden i GHG (Green House Gases) analysen är att den odlas gödslingsintensivt med relativt höga N<sub>2</sub>O emissioner som följd. Om RME-produktion och rötning till biogas integreras kan biogödslet som uppkommer i

rötningsprocessen användas för att gödsla rapsodlingsmarken vilket förbättrar GHG-värdet för RME.

RME kan inte användas i bensinmotorer, det vill säga motorer med gnisttändning, utan i motorer av dieseltyp, det vill säga med kompressionständning. Vid kompressionständning använder man sig av ett luftöverskott i motorn. I dieselavgaser är det tämligen enkelt att oxidera föroreningarna kolmonoxid (CO) och kolväten (HC) eftersom man har tillgång på syre, tack vare luftöverskottet. När det gäller kväveoxider (NO<sub>x</sub>) blir de oftast högre tack vare luftöverskottet och därmed överskottet på kväve. Utsläppen av kväveoxider från användning av RME är lika höga eller i vissa fall marginellt högre jämfört med diesel.

**Tabell 8 - Jämförelse av emissioner från fossildiesel och biodiesel i identisk motor.**

Bränsle	NO <sub>x</sub>	CO	HC	PM	CO <sub>2</sub>
Fossildiesel (%)	100	100	100	100	100
(g/km)	14,5-16,7	0,6-4,3	1,1-1,8	1,1	977-1363
Biodiesel(RME)	118-127	81-212	68-120	90-98	28-44

Källa: Miljöförvaltningen Stockholm (2008)

Förutom NO<sub>x</sub> i avgaser från dieselmotorer så kräver även partikelhalten åtgärder. Utsläppen av partiklar är vanligen något lägre vid RME-drift än vid drift med fossil dieselloolja men måste genom externa åtgärder reduceras ytterligare. Partikelproblematiken löses exempelvis genom att montera speciella filter i avgasrören.

Metyliserad rapsolja, rapsmetylester (RME) har länge setts som det främsta alternativet till fossil diesel. Metyliseringen är inte nödvändig då en dieselmotor visserligen kan köras direkt på rapsolja, men flera tekniska problem föreligger vilket gör att metylisering av rapsoljan till en vätska mer lik dieselloolja helt klart är att föredra. Ett problem med RME och andra metyliserade vegetabiliska oljor (sojametylester o.s.v.) har dock varit att tillgången på råvara har varit mycket begränsad. När det gäller raps är en anledning begränsad växtföljd – det går bara att odla raps på samma mark ungefär vart sjätte till sjunde år. Totalt har det uppskattats att bara ca 5 % av Sveriges totala behov av drivmedel till dieselfordon skulle kunna ersättas med RME. Ett annat problem är att man vid användning av RME i högre blandningar med dieselloolja eller i ren form riskerar att få förhöjda utsläpp av NO<sub>x</sub> jämfört med ren dieselloolja.

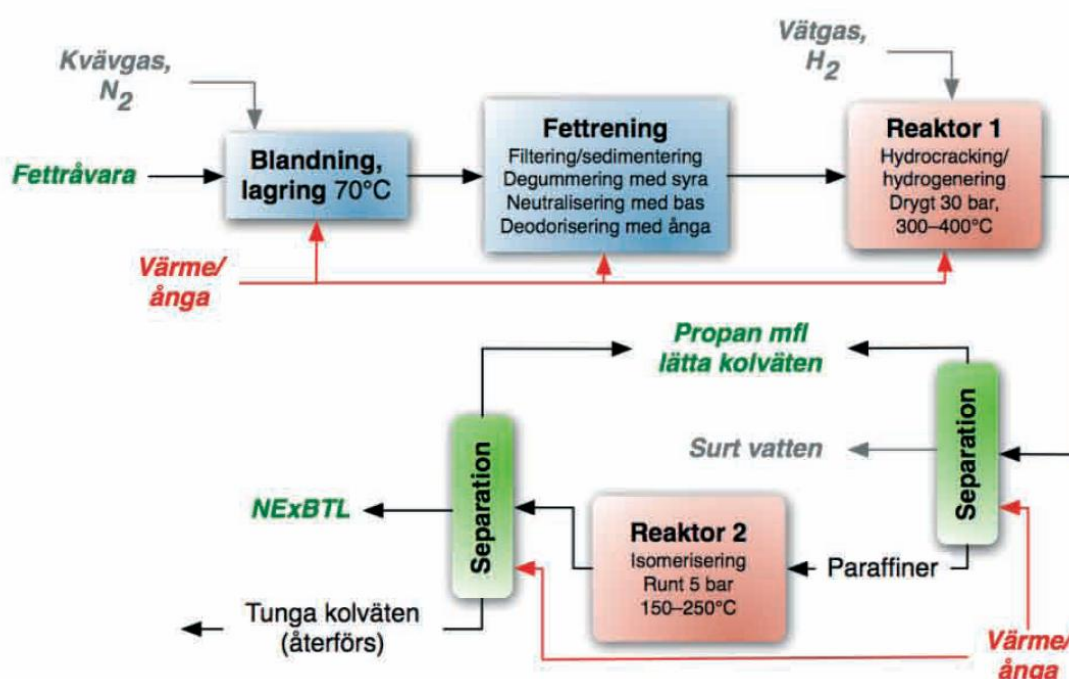
### 6.3.2 Hydrerad vegetabilisk olja – HVO

En annan möjlighet är att hydrera vegetabiliska oljor (HVO) och på så sätt få fram ett mycket ren och i stort sett idealiskt biobaserat drivmedel för dieselmotorer. Neste Oil i Finland har i dag en sådan kommersiell produkt kallad NExBTL (Neste Next Generation Biomass-to-Liquid) som visat sig fungera mycket bra i såväl lätta som tunga dieselfordon. Ett problem med NExBTL är att råvaran hittills till stor utsträckning har varit palmolja. Detta har kritiserats då många anser att en ökad efterfrågan på palmolja riskerar att bidra till att regnskog skövlas och ersätts med palmlantager [Sandgren, et al, 2010]. Med annan råvara undviks detta problem.

NExBTL tillverkas med en patenterad process. Huvudråvaran är densamma som vid transesterifiering – vegetabiliska och animaliska fetter – men i övrigt är NExBTL-processen mycket mer komplex och påminner i stora drag

om existerande raffinaderiprocesser som hydrokrackning, hydrogenering och isomerisering. Vidare behövs vätgas motsvarande två till tre viktsprocent av oljemängden.

De obearbetade fetterna tas in i anläggningen och upphettas för lagring i flytande form (ca 70°C). Lagringen sker i kvävgasatmosfär för att undvika oxidation och härskning. I efterföljande reningssteg avlägsnas partiklar, fria fettsyror och föroreningar. Beroende på kvaliteten på fettets kan olika behandlingar sättas in. I motsats till transesterifieringsreaktionen som används vid FAME-tillverkning bryts esterbindningen permanent i NExBTL-processen. Biprodukt blir propan, dessutom avgår vatten, kolmonoxid och koldioxid. Principer för processen framgår av figuren nedan.



Figur 9 - Reaktionsprinciper för NExBTL-processen (Neste Oil, 2007).

Den inkommande strömmen av flytande fett hettas upp till drygt 300°C under tryck (runt 30 bar) innan den leds in i den första katalytiska reaktorn där även vätgas leds in. Reaktionerna utgör ett mellanting mellan hydrokrackning och hydrogenering; esterbindningen bryts upp, alkoholdelen bildar en lätt alkan (vanligen propan) och fettmolekylen dehydreras och mättas med väte. Kvar blir raka kolvätekedjor, propan, koloxid, koldioxid och vattenånga. De långa, raka kolvätekedjorna har dock en alltför hög klarpunkt (runt +20°C) för att kunna användas som bränsle. I ett andra reaktionssteg sker en katalytisk isomerisering till grenade kolväten. Denna typ av reaktion brukar genomföras vid tryck kring 5 bar och cirka 200°C. Isomeriseringen gör att klarpunkten sjunker betydligt och beroende på var i världen bränslet ska användas kan lämplig klarpunkt ned till under -20°C erhållas. Genom destillation kan sedan paraffiner som är för korta eller för långa avskiljas och återförs till processen eller till någon av raffinaderiets andra delar.

Neste Oil invigde sin senaste förnybara dieselanläggning den 8 mars 2011 i Singapore, med en investeringskostnad om EUR 550 miljoner.

Produktionskapaciteten är 800 000 ton NExBTL per år. Ett flertal råvaror används, inkluderande palmolja (ca 50 %) och sidoströmmar av palmoljeproduktion från Indonesien och Malaysia, som palmfettsyradestillat (ca 5-10 %), stearin (20 %), samt såväl djurfettavfall (ca 20 %) från Australien som Nya Zeeland. Resterande kan vara rapsolja och basen breddas kontinuerligt.

I slutet av januari 2011 blev anläggningen certifierad genom International Sustainability & Carbon Certification – ISCC. Specifikt innebär certifieringen att NExBTL biodiesel produceras från ISCC-certifierade material och uppfyller hållbarhetskriterier baserade på EU:s Förnybarhetsdirektiv och är tillämplig för kraven på bioinnehåll på den tyska marknaden. Neste Oil har en systemanläggning under byggnad i Rotterdam med en planerad utcheckning till mitten av 2011.

Företaget driver sedan tidigare två stycken likadana, mindre biodieselanläggningar vid raffinaderiet i Porvoo i Finland av samma processtyp med en kombinerad kapacitet av 380 000 ton. Vid driftstart i Rotterdam kommer därmed Neste Oils totala biodieselpkapacitet att uppgå till ungefär 2 miljoner ton per år.

Neste Green diesel innehållande minimum 10 % NExBTL säljs för närvarande vid Neste Oils servicestationer i Finland. De andra marknaderna utgörs i huvudsak av Europa och Nordamerika. Neste forskar också på komplett nya typer av råmaterial som mikrober, alger och träbaserad biomassa samt existerande material som Jatropaolja, Camelinaolja, sojaolja, fiskolja och tallolja.

Talldiesel är en annan typ av HVO, vilken beskrivs mer i denna rapport.

#### **6.4 Bio-SNG och biogas**

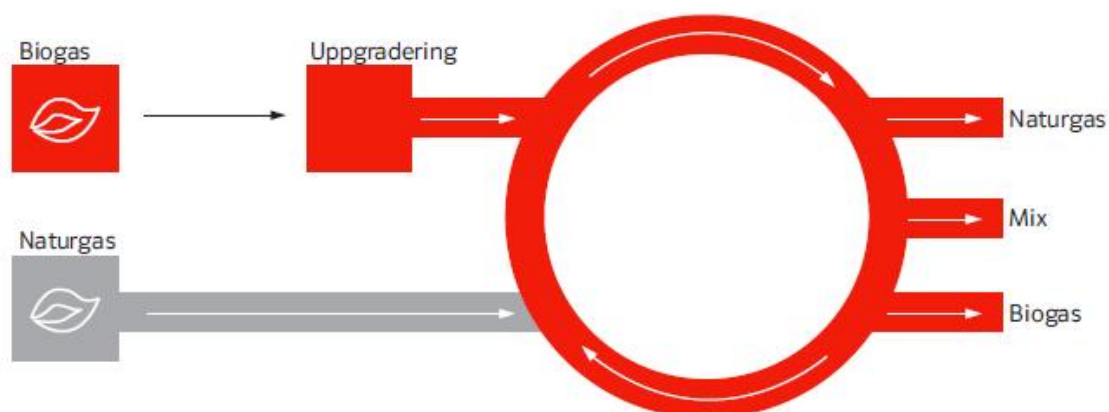
SNG (Substitute Natural Gas) är en benämning på en gas som är framställd genom att råvaran förgasas termiskt och reformeras till syntesgas varefter den uppgraderas genom metanisering av syntesgas. Om råvaran är biobaserad benämns gasen vanligen Bio-SNG. Det är en bränslegas med egenskaper liknande naturgas och innehåller höga halter av metan. Gasen har ett energiinnehåll av ungefär 34 MJ/Nm<sup>3</sup> (LHV). Se bild nedan angående jämförelse mellan naturgasen i befintligt nät i Göteborg och GoBiGas specifikation på sin gassammansättning.

## Gas Quality

4-bar grid in Göteborg	GoBiGas gas specification
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pressure 1-4 bar</li> <li>• CH<sub>4</sub> ~ 91 %</li> <li>• H<sub>2</sub> ~ 0 %</li> <li>• CO<sub>2</sub>+N<sub>2</sub>~1%</li> <li>• C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> ~ 5%</li> <li>• C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> ~ 2%</li> <li>• C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> ~1%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pressure ~ 5bar</li> <li>• CH<sub>4</sub>&gt;94 %</li> <li>• H<sub>2</sub>&lt;2,0 %</li> <li>• CO<sub>2</sub>+N<sub>2</sub>&lt;4,0%</li> </ul>

**Figur 10 – Beskrivning av gaskvaliteten för den kommande Bio-SNG som ska produceras av GoBiGas jämfört med naturgasnätet i Göteborg (Ref. Göteborg Energi)**

Biogas som framställs genom rötning av exempelvis slam från reningsverk, restprodukter från hushåll, industri och lantbruk har ett metaninnehåll på ungefär 60 % innan rening och uppgradering. Efter uppgraderingen kan den uppnå metanhalter på 98 % beroende på hur långt man drivit det. Efter att ha blivit uppgraderad till rätt kvalitet kan biogas och/eller Bio-SNG användas som drivmedel i båda lätta och tunga fordon efter anpassningen av motorerna eller blandas in i naturgasnätet. Blandningen av biogas och naturgas, vilket sker på Sveriges västkust (i naturgasnätet) kallas fordonsgas, se principbild nedan.



**Figur 11 - Illustrering av inblandning av BioSNG i naturgasnätet (Ref. E.ON)**

Totalt sett användes 8 TWh naturgas i Sverige år 2010, vilket motsvarar cirka 2 % av den totala energianvändningen i Sverige. Jämfört med flertalet länder i Europa är detta en låg andel. Det finns inte samma marknadsacceptans i Sverige som i övriga Europa för naturgas, vilket återspeglas i nätutbyggnaden. Idag är naturgasnäten endast utbyggt i södra och västra Sverige där det främst tillgodoser industrier i Malmö och Göteborg. Stockholm är den enda regionen i EU som har en stark industriell tillväxt utan ett utbyggt naturgasnät (Svensson, et al, 2009).



**Figur 12 - Naturgasledningar i Sverige och i Europa (Ref. E-On)**

Sedan 1996 används fordonsgas på Sveriges västkust och i Skåne. Ytterligare nät för tankning av fordon med biogas håller på att byggas upp i södra Sverige och inte minst längs med vägen från Stockholm till Göteborg (Biogas Highway). Lätta fordon (personbilar) som drivs med gas har också ofta ett dubbelt bränslesystem, så att även bensin kan användas om brist på gas skulle uppstå (Bi-fuel). För tunga fordon håller bland annat Volvo på att utveckla ett system med samtidig insprutning av dieselolja och biogas (cirka 15 och 85 %) vilket kallas Dual Fuel. I detta system hjälper dieseloljan främst till med tändning av motorn samt drift vid låga varvtal.

I Sverige är idag två större projekt i planerings- eller konstruktionsfasen för produktion av biogas genom termisk förgasning. GoBiGas i Göteborg av Göteborg Energi samt Bio2G i troligen Malmö av E.On. GoBiGas planerar att bygga i två etapper. Först en pilotanläggning kallad GoBiGas 1 om 20 MWth gas vilken byggs just nu och sen i steg 2, GoBiGas 2 i kommersiell skala på 80-100 MWth gas med drift år 2016. Bio2G är en anläggning på 200 MWth gas som projekteras för vara i drift 2016. Liksom för GoBiGas 2 söker ägarna stöd i EUs NER300 program vilket beslutas om i slutet av 2012.

## 6.5 Bio-metanol

Metanol är den enklaste alkoholen. Den är färglös med svag lukt och har en kokpunkt på 65°C och brinner med osynlig låga. Den innehåller inga orenheter i form av svavel eller metaller. Då metanol är lösligt i vatten kan det lätt vid läckage kontaminera grundvatten. Metanol är livsfarligt vid förtäring och bör märkas till färg och doft, men är däremot inte mutagent och metanolånga vid normala halter innebär inga hälsorisker. Metanol är biologiskt nedbrytbart i både aeroba (syrerika) och anaeroba (syrefattiga) förhållanden. Energiinnehållet (LHV) är 5,53 MWh/m<sup>3</sup> (19,9 MJ/kg) med en densitet om 796 kg/m<sup>3</sup> vid 15°C, vilket är drygt hälften av motsvarande värden för bensin. Det är ett högoktanigt bränsle men har ett lågt cetantal (låg tändvillighet), vilket gör det olämpligt för dieselmotorer. Då det vid förbränning inte har någon sotbildning är det att bedöma som ett rent bränsle.

Flera biltillverkare anser att metanol är en utmärkt vätebärare för framtida bilar baserade på bränslecellsteknologi. Detta då metanol lätt kan omvandlas för att producera nödvändig mängd vätgas. I egenskap av dess enkla molekyl, speciellt då den bara har en kolatom (CH<sub>3</sub>OH), så kan metanol också användas direkt i en bränslecell utan tidigare omvandling – så kallad Direct Methanol Fuel Cell (DMFC) teknologi.

Metanol är en global handelsvara med en produktion på >50 miljoner ton per år (2011), främst framställd av naturgas och kol. Produktionskapaciteten bedöms nå 85 miljoner ton 2012. Drivande krafter för detta är bland annat den ökade energianvändningen i Kina och andra länder som står under stark tillväxt. I Kina har man dessutom valt metanol/DME som väg framåt vad gäller drivmedel. Etanol sägs ha för stor inverkan på matpriserna.

Metanol används idag som nyckelråvara i produktion av ett flertal produkter med dagliga användningsområden, såsom plast, färg, spolarvätska m.fl.

Livscykeln för metanol, från råvara och produktion till distribution och slutanvändning, är väl beprövad ur kvalitets och säkerhetssynpunkt.

I ett bredare perspektiv för metanol som drivmedel, med hänsyn till dagens infrastruktur, så har på kort sikt låghaltig inblandning av metanol i bensin



bäst marknadspotential. För högre halter metanol i blandningen krävs en förändring i dagens bränslestANDARDspecifikation som anger 3 % som max inblandning av metanol. M85 kan tillverkas och användas utan förankring i bensinstandard.

## 6.6 Bio-DME

Di-metyl-eter (DME) är liksom metanol en global handelsvara som används till bland annat drivgas i sprayflaskor samt som ersättning av propan i gasol. Den globala produktionskapaciteten bedöms nå cirka 11,3 miljoner ton 2012. Det står att jämföra med världsproduktionen som är cirka 5 miljoner ton vilket beror på att efterfrågan inte riktigt tagit fart i den takt som marknaden förväntat sig. DME produceras primärt genom dehydrering av metanol och kapaciteten är främst belägen i Kina, Japan, Korea och Brasilien. Det finns ett antal nya anläggningar som är i planerings- eller konstruktionsstadiet i Egypten, Indien, Indonesien, Iran och Uzbekistan.

DME är vid normala atmosfäriska förhållanden en gas (kokpunkt  $-25^{\circ}\text{C}$ ) och måste hanteras under tryck ( $>5$  bar) för att vara i vätskefas. DME innehåller inga orenheter av svavel eller metaller och är ansedd som en ofarlig gas ur ett hälso- och miljöperspektiv. Energiinnehållet är ungefär  $5,94 \text{ MWh/m}^3$  ( $28,8 \text{ MJ/kg}$ ) med en densitet om  $668 \text{ kg/m}^3$  i vätskeform. Förbränningen har dessutom visats reducera  $\text{NO}_x$ -emissioner och är i princip fritt från sotpartiklar. DME har ett högt cetantal (är lättantändligt), varför det passar bäst i kompressionstända motorer (dieselmotorer), men på grund av DME:s fysikaliska egenskaper måste en modifiering av dieselmotorns bränslehanteringssystem göras. Volvo har under lång tid utvecklat motorer för detta och har idag 10 st lastbilar som kontinuerligt körs i ett två år långt fälttest. Den DME som lastbilarna körs på produceras i Piteå i en pilotanläggning för världens första bioråvarubaserade DME. Svartluten från Smurfit Kappa Kraftliner förgasas till syntesgas som sedan raffinerats till metanol innan en dehydrering till DME slutligen sker.



Figur 13 - Chemrec AB:s anläggning för produktion av BioDME i Piteå (Ref. Chemrec).

I jämförelse med konventionell diesel är förbrukningen av DME högre. Forskning utförs kring att anpassa motorn för DME och därmed få ned



förbrukningen. En avhandling som nyligen försvarades på Chalmers har funnit tekniska lösningar som kan sänka bränsleförbrukningen i en DME-anpassad motor med 20 %<sup>9</sup>.

För att etablera DME på marknaden som ett fordonbränsle krävs politiska styrmedel och en acceptans av marknaden. Utöver detta krävs en omfattande utbyggnad av distributionssystemet.

## 6.7 Bio-etanol

Etanol är en färglös vätska med ett högt oktantal och produceras idag främst via fermentering av socker- och stärkelserika jordbruksprodukter. Etanol kan också framställas antingen via etan, som då vanligen är av råoljeursprung, eller via förgasning av fossila eller biobaserade råvaror med efterföljande reformering och syntes.

Etanol har en kokpunkt på 78°C. Energiinnehållet (LHV) är 5,88 MWh/m<sup>3</sup> (26,8 MJ/kg) med lägre densitet än vatten, ca 790 kg/m<sup>3</sup>. Etanol är inte lika korrosivt som metanol och är inte humantoxiskt. I övrigt har det liknande egenskaper som metanol.

Produktionen av etanol i Sverige är totalt cirka 216 000 m<sup>3</sup> fördelat på 200 000 m<sup>3</sup> från spannmål och 16 000 m<sup>3</sup> från sulfittmassatillverkningen. Den största produktionsanläggningen i Sverige är Agroetanol som är belägen i Norrköping.



Figur 14 –Agroetanol i Norrköping (Ref. Agroetanol).

Användningen i Sverige uppgick 2009 till 389 000 m<sup>3</sup>, vilket innebär att en stor del av etanolen importerats, främst från Brasilien. EU försöker reglera detta med importtullar och på så sätt öka mängden EU-producerad etanol. Etanol blandas i dag in till 5 % i all bensin som saluförs som drivmedel i Sverige. Den Europeiska standarden för bensin EN-228 medger dock en inblandning upp till 10 % men så sker inte ännu (på grund av skattetekniska skäl). I Sverige används vidare en inte obetydlig mängd etanol som E85 för användning i bränsleflexibla fordon FFV-fordon. Med bränsleflexibla fordon menas sådana som automatiskt läser av och anpassar sig till blandningen av bensin och etanol. Man kan alltså tanka både E85 och ren bensin utan att bry sig om blandningsförhållandena. Motorn anpassar sig till allt från ren bensin upp till 85 % etanolinblandning (E85).

<sup>9</sup> Chalmers, Pressmeddelande 2011-11-28, <http://www.chalmers.se/sv/nyheter/Sidor/Bio-DME-driver-lastbilar-lika-effektivt-som-diesel.aspx>

Högre halter av inblandningen kan ske även för användning i vanliga bensinfordon, alltså inte FFV-fordon, men då får inte blandningen klassas som bensin. Inblandning i högre halter i bensin, med bibehållen bensinklassificering, kräver förändringar i dagens bränslestandardsspecifikation alternativt att fordonstillverkarna godkänner användningen av högre inblandningar med bibehållna garantiåtaganden. Försök har dock visat att man kan köra med relativt höga etanol halter i bensinmotorer utan någon negativ påverkan på prestanda eller emissioner. I Brasilien i dag kör man på en blandning av cirka 22 %, vilken blandas även med metanol beroende på tillgång och priser på etanol. Vid inblandning av etanol i högre halter ökar dock bildandet av acetaldehyd i avgaserna jämfört med ren bensin.

Vetebaserad etanol som tillverkats med hjälp av grön energi (grön ånga och grön el), det vill säga energi producerad med biomassa som råvara ger vid användning som drivmedel (bensinersättning) en reduktion av nettoutsläppen av koldioxid med 80 %, och i EUs Directive 2009/28/EC under Annex V räknar man med uppemot 85 % som normvärde. I Agroetanol's anläggning i Norrköping, som är i kombinat med kraftvärmeverket, blir koldioxidreduktionen minst 80 %.

## 6.8 Syntetisk diesel (Fischer-Tropsch diesel)

Syntetisk diesel, vilken ofta kallas Fischer-Tropsch diesel (FTD) efter processtekniken, är en färglös, ej giftig vätska som i princip är fri från svavel, och aromatiska ämnen. FTD är en mix av kolväten, i huvudsak kolkedjor från 12 till 20 kolatomer (C<sub>12</sub>-C<sub>20</sub>).

FTD produceras i dag främst med naturgas eller kol som råvara. Kol förgasas till en produktgas som sedan skiftas och renas till syntesgas. Syntesgasen omvandlas sedan processtekniskt till en blandning av kolkedjor av olika längd. Kolkedjeblandningen genomgår sedan en raffineringprocess liknande den för råolja och optimeras så att utbytet av FTD maximeras. Det är dock fullt möjligt att i stället optimera såväl FT-processen som raffineringen så att man istället får en syntetisk bensin (FT-bensin).

Tillsammans med den önskade slutprodukten får man också "bi-produkter" i form av metan och högre/tyngre kolkedjor, ofta i form av fetter och vaxer. Nafta samproduceras efter syntesen. Det kan ångkrackas och då ge ett högt utbyte av etylen. Tekniskt kan det uppgraderas till bränslekomponenter eller användas som råvara till produktion av gröna kemikalier.

Energiinnehållet i FTD är ungefär 9,23 MWh/m<sup>3</sup> (44,3 MJ/kg, LHV) med något lägre densitet än vanlig diesel, ca 750 kg/m<sup>3</sup>. FTD är lätt distribuerat då det i stor utsträckning kan blandas in i vanlig diesel i enlighet med nya dieselbränslestandarder och i såväl som ren eller blandad form distribueras i det befintliga systemet för dieselolja. FTD är i stort sett fritt från föroreningar och har ett högt cetantal (typiskt över 70) vilket möjliggör mycket god/fullständig förbränning och mycket låga emissionsnivåer i dieselmotorer. Om syntesgasen kan framställas från biomassa genom förgasning kan även FTD komma att vara biobaserat.

Sedan många år tillbaka används tekniken med Fischer-Tropsch för att tillverka drivmedel från naturgas eller förgasad kol, exempelvis i Sydafrika. På senare år har två mycket stora GTL-anläggningar (Gas-to-Liquids) tagits i drift. Sasol Chevron startade 2009 en anläggning i Qatar (Oryx) med en kapacitet om 34 000 fat per dag och Shell startade också i Qatar under 2011

en anläggning (Pearl) om 260 000 fat per dag. Dieselprodukten är en mycket ren dieselolja men ändå en fossil sådan då den baseras på naturgas. Teknikens komplexitet och höga specifika investeringskostnad har gjort att hittills bara en demoanläggning blivit byggd för biomassa som råvara. Denna anläggning ligger i Freiberg, Tyskland och ägs av Choren och produktionsstart genomfördes. Företaget har dock förklarats i konkurs.

## 6.9 Vätgas

Vätgas är en energirik och mycket lätt gas som kan indelas i tre olika kvaliteter inom användningsområdet transportbränsle: komprimerad vätgas (400 till 800 bar), flytande vätgas (-253°C) och i en blandning med metan, kallad Hytan. Både komprimering och nedkylning leder till energiförluster mellan 5-30 %. Produktion av vätgas sker idag främst via ångreformerings av naturgas. Även biogas kan användas för produktion av vätgas.

Ett annat sätt att producera vätgas är att genom elektrolys spjälka upp vatten till vätgas och syre. Det tillvägagångssättet är dock ekonomiskt ofördelaktigt och dras med stora energiförluster.

Ett alternativ är att använda koldioxid tillsammans med vätgas för att producera hytan (en blandning av metan och vätgas) i produktionsanläggningen. Det ger en intressant miljöeffekt eftersom man då skulle återanvända koldioxid för att tillverka ett fordonsbränsle.

Vätgas kan annars användas på ett effektivt sätt med bränsleceller och med endast vatten som utsläpp. Det är bland annat därför som vätgas är ansett som ett av de mest lovande bränslena. Det stora hindret för vätgas är att dess fysikaliska och kemiska egenskaper ställer krav på distributionssystemen, vilket är en infrastruktur som inte finns idag och bedöms inte bara som ett tekniskt, utan som ett betydande ekonomiskt hinder.

## 6.10 Gröna produkter från massabruket

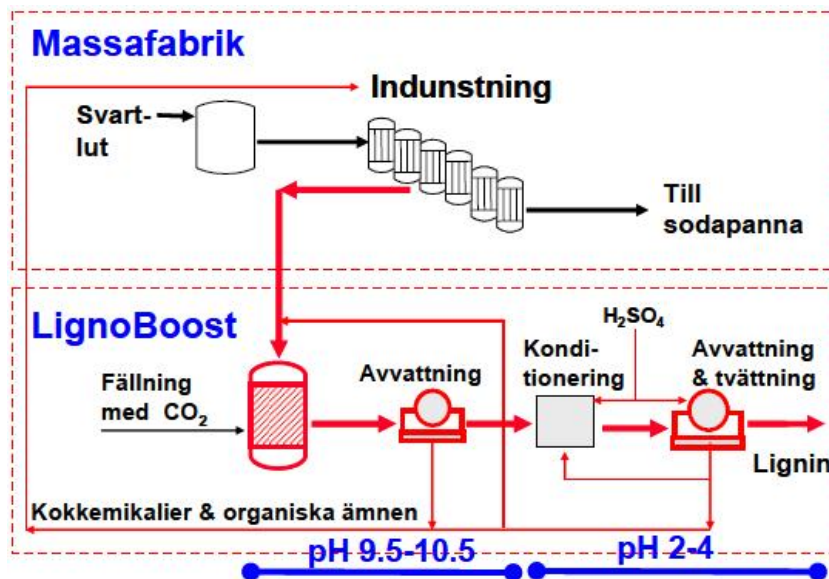
### 6.10.1 Extraktion av lignin

Ett träd består av tre huvudsakliga komponenter; cellulosa-fibrer, lignin och hemicellulosa. Lignin är det ämne som håller ihop cellulosa-fibrerna i trädet och är också det ämne med högst energiinnehåll. Hemicellulosa är mellanskiktet mellan cellulosa och lignin.

För att nyttja cellulosa-fibrer till att göra papper måste fibrerna separeras från övriga komponenter. Det görs i massakoket där trädflisen bearbetas vid förhöjd temperatur tillsammans med kokkemikalier, varpå ligninet och hemicellulosan separeras ut i lösning och fibrerna kan tas om hand för vidare bearbetning. Idag finns tre tekniker för detta; soda-, sulfat- och sulfatkok. Den dominerande tekniken är sulfatkok med NaOH och Na<sub>2</sub>S som aktiva kokkemikalier. Skoghäll, Gruvön och Bäckhammar är exempel på s.k. sulfatmassabruk. En annan teknik är den så kallade sulfatprocessen. Där sker koket istället med H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> och H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub><sup>-</sup> som aktiva kokkemikalier. Nordic Paper Säffle är ett exempel på bruk som använder sig av den tekniken. Ligninet kan användas till högvärdiga produkter genom att producera kolfiber till konstruktionsmaterial, aktivt kol eller användas lågvärdigt som additiv i pelletsproduktion till förbränning.

I sulfatprocessen separeras fibrerna och tas vidare till produktion av massa. Resten, den s.k. svartluten, förs till återvinningen för att återvinna energiinnehållet till ånga och för att återvinna de aktiva kokkemikalierna så

långt det är möjligt. Ligninet kan separeras från svartluten genom utfällning eller ultrafiltrering. Idag finns t.ex. LignoBoost<sup>10</sup> som en patenterad teknik, se nedanstående figur.



Figur 15 - Flödesschema LignoBoost (Ref. Report 366 STFI Packforsk).

Svartluten tas ut från indunstningen och förs till ett utfällningskärl. Där tillsätter man CO<sub>2</sub> för att sänka pH till dess att en utfällning av lignin sker. Därefter förs utfällningen till en avvattningsprocess där den filtreras i ett första steg innan den återigen tillförs lut i ett "re-slurry"-kärl. Därefter displacementstvättas den innan kakan kan tas ut för vidare bearbetning. Tvättvätskan som pressats ut i displacementstvätten återförs till svaglutstanken uppströms om indunstningen.

Vid uttag av lignin påverkas energibalansen i bruket, så det krävs att man säkerställer att man klarar brukets ångbehov även efter utfällningen. I vissa fall kan fallet vara så att man tar en sidoström av svartlut för att avlasta sodapannan och på så sätt öka produktionen.

#### 6.10.2 Produktion av biobränsle genom mikroalger

Ett intressant område som är aktuellt just nu är odling av mikroskopiska alger som lever av närsalter i avloppsvatten samt koldioxid från rökgaser. Alger kräver ingen produktiv odlingsmark och öppnar således en yteffektiv potential för biobränsleproduktion genom av utvinning av olja ur algerna och rötning till biogas eller pelletering av algresterna.

Värmeforsk har utfört en studie som visat att mikroalger kan växa i rökgaser givet en hög koldioxidhalt och att temperatur och pH regleras (Ekendahl et al, 2011). På grund av Sveriges klimat kan extra stödfunktioner behövas under vintern i form av extra belysning och uppvärmning. Lönsamheten är tveksam idag, men eftersom området är så nytt finns stora optimeringspotentialer varför det bedöms som ett intressant område ur energi- och miljösympunkt.

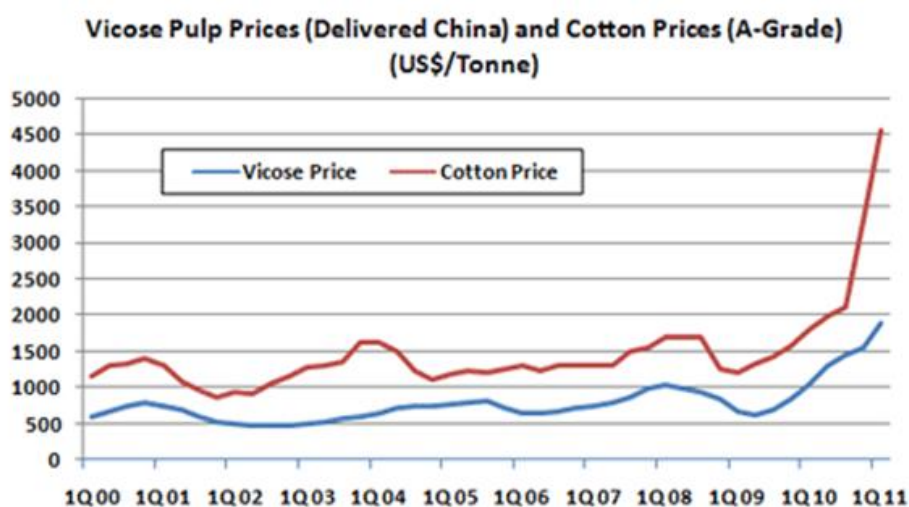
Ett resultat av intresset är en förstudie vid Nordic Paper Bäckhammar som påbörjats av Energy Square tillsammans med bruket. Studien är tänkt att leda till en processdesign som visar att det är möjligt att förlägga en

<sup>10</sup> Ägs och kommersialiserats av Metso.

pilotanläggning vid bruket och vid ett lyckat resultat kommer ett genomförandeprojekt troligen att initieras (The Paper Province, 2011).

### 6.10.3 Viskosmassa för textiltillverkning

Bomull har på senare år ifrågasatts som basmaterial till kläder. Den kräver en hög vattenanvändning och stora mängder bekämpningsmedel. Därför har intresset ökat för cellulosebaserade textilier. Tillverkningen går vanligen till så att man först producerar dissolvingmassa i en sur sulfitprocess. Målet är att minimera mängden av hemicellulosa då den påverkar utbytet och styrkeegenskaper hos slutprodukten. Därefter löses dissolvingmassan upp varefter cellulosan i den regenereras till en viskosmassa som är råvara inför vidare textilproduktion. Viskosmassa används främst som råvara till textiltillverkning vilket återspeglas i prisutvecklingen, se nedanstående figur.



**Figur 16 - Global prisutveckling på bomull och viskosmassa (Ref. RISI)**

I Sverige har Domsjö Fabriker, Södra Cell Mörrum och Vida Paper i Lessebo produktionskapacitet för dissolvingmassa. Södra och Vida Paper är kapacitet som tillkommit senaste två åren vilket visar på marknadspotentialen.

### 6.10.4 Nanocellulosa

Nanocellulosa är ett annat område som rönt mycket intresse på sistone. Exempel på intressanta tillämpningar kan vara som barriärmaterial i förpackningar, vilket skulle ersätta oljebaserade sådana och möjliggöra en produktion direkt i massa- och pappersbruket. En annan intressant utveckling är nanocellulosabaserade biokompositer med samma styrka som kevlarförstärkta motsvarigheter. Innventia i Stockholm har byggt världens första pilotfabrik för produktion av nanocellulosa vilket är ett steg närmare en kommersiellt gångbar produkt.

### 6.10.5 Gröna kemikalier

Det finns stora möjligheter för produktion av gröna kemikalier baserade på cellulosa. Allt från produkter till läkemedelstillverkning i form av exempelvis kolesterolsänkande substanser, superabsorbenter, färgämnen, elastomerer och petrokemikalier kan produceras. Mycket forskning sker på området och det återstår att kommersialisera många av de potentiella

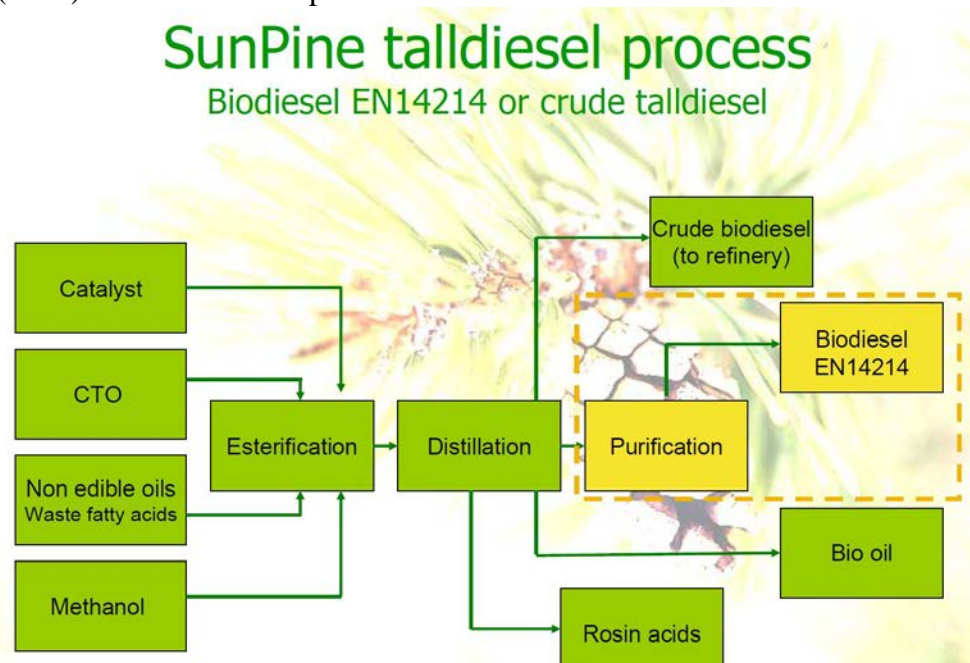


produkterna, men helt klar kommer gröna kemikalier att spela en roll i framtida bioraffinaderier.

#### 6.10.6 Talldiesel

##### SunPine

Råtalloljan är en biprodukt från massa- och pappersindustrin. Det representerar en möjlighet att framställa en grön produkt genom att fraktionera tallolja med hydrering till talldiesel. SunPine och Preem har i Sverige utvecklat en metod för att tillverka ett biobaserat drivmedel för dieselfordon med råtallolja som bas. och SunPine framställer en råtalldiesel (RTD) som används för produktion av Preems talldiesel.



**Figur 17 - Produktionsprocess av råtallolja till råtalldiesel (crude biodiesel) (Ref. Sunpine).**

Tillverkningen av grön diesel sker i två steg. Det första steget utförs vid den nya unika anläggningen på Haraholmen utanför Piteå. Här renas råtalloljan från föroreningar genom en förestringsreaktion av råtalloljans fettsyror med metanol följt av en vakuumdestillation. Enkelt beskrivet så separeras råtalldiesel och tallbeckolja ur råtalloljan. Mellan 65 och 70 procent av råvaran blir råtalldiesel. Råtalldieseln som utvinns innehåller huvudsakligen fettsyror men även en del hartssyror.

Efter utvinningsprocessen lagras råtalldieseln i en stor cistern vid djuphamnen på Haraholmen i Piteå innan den skeppas vidare till Preem i Göteborg där produkten slutraffineras och blandas. I bioraffinaderiet Green Hydro Treater vid Preems raffinaderi omformas molekylerna i den gröna råvaran med vätgas så att de blir identiska med molekylerna i fossil diesel. Det ger en hydrerad standarddiesel – och inte en inblandning som tidigare varit enda lösningen för att få ett grönare innehåll. Ur processen utvinns också rent svavel, som säljs till kemiindustrin. De överblivna kolföreningarna kolmonoxid och koldioxid omvandlas till metangas, som används som internbränsle [Preems hemsida, 2011].

SunPine-fabriken som har byggts i Piteå är den första anläggningen av detta slag i världen. När bränsleprodukten (Evolution Diesel) kom ut på marknaden den 9 april 2011 var det världspremiär för s.k. ”andra generationens” dieseldrivmedel från skogsråvara.

När produktionen i Piteå kommer upp i full volym kommer Sunpine att leverera 100 000 kubikmeter råtalldiesel till Preem i Göteborg som då kan producera 500 000 kubikmeter Evolution Diesel per år med ca 15 % talldieselandel.

### **UPM Kymmene**

Det finska skogsbolaget och papperstillverkaren UPM Kymmene har nyligen skickat ut ett pressmeddelande att de avser bygga en ny fabrik för produktion av andra generationens biodiesel. De sammanlagda investeringarna uppgår till 150 miljoner euro eller drygt 1,3 miljarder kronor. Fabriken byggs i Villmanstrand (Lappeenranta) i sydöstra Finland. Råvaran kommer att vara råtalolja, som till stor del ska levereras från UPM:s egna massafabriker. Bioraffinaderiet ska producera cirka 100 000 ton andra generationens biodiesel eller talldiesel för motorfordon.

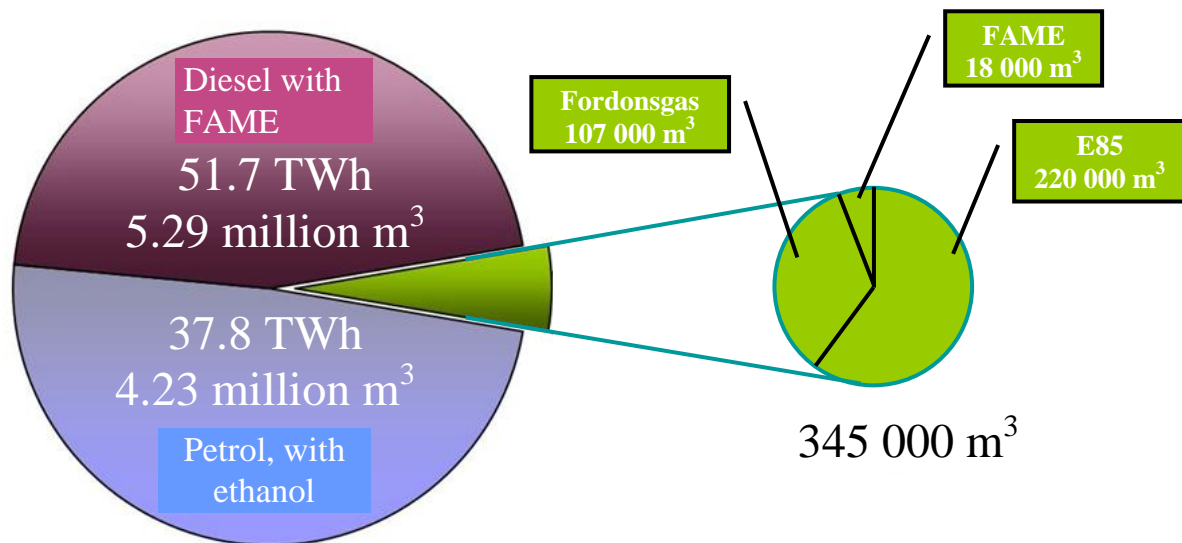
Byggarbetena kommer att sysselsätta cirka 200 personer under två år och för driften behövs direkt cirka 50 anställda och indirekt cirka 150 personer. Byggarbetena inleds redan i sommar vid bruket i Kaukas och bioraffinaderiet beräknas stå klart år 2014.

Enligt Jussi Pesonen, vd för UPM, har biodieseln utomordentliga tillväxtpotentialer eftersom slutproduktens kvalitet och miljöegenskaper intresserar många kunder. Villmanstrand är det första steget på vägen mot UPM:s mål att bli en storproducent av avancerade andra generationens biobränslen.

## 7 Marknad för produkterna

### 7.1 Drivmedelsmarknad

Totalt uppgår den svenska drivmedelsmarknaden till ungefär 90 TWh per år eller ca 10 miljoner kubikmeter bensin och diesel med 345 000 m<sup>3</sup> biodrivmedel för dedikerade fordon och låginblandning (för år 2011). Idag uppgår andelen biodrivmedel till ungefär 6 % och där målet till 2020 är 10 %. Konkurrenskraften för förgasningsbränslen är mycket god dels tack vare hög teknisk kvalitet, dels tack vare lägre produktionskostnader än dagens svenska biodrivmedel som kämpar med höga råvarukostnader. Det är mycket troligt att förgasningsbränslen kommer att introduceras på marknaden inom 5 år då redan pilotprojekt har startats och flera utvecklingsprojekt har kommit mycket långt. Marknaden kommer sannolikt att bli fragmenterad och öka på bekostnad för bensin där konsumtionen sjunker. Den största risken är sannolikt förändrade politiska styrmedel med en ytterligare begränsad marknad som följd.



Figur 18 – Svenska drivmedelsmarknaden för 2011 (Ref. SPBI).

### 7.2 Användning av biodrivmedel i motorer

Behovet av biobaserade drivmedel ökar allt mer, i takt med internationella krav att minska utsläppen av växthusgaser. Parallellt med arbetet att ersätta fossila drivmedel pågår också ett intensivt arbete med att öka energieffektiviteten i fordon. Det är nödvändigt om Region Värmland och Sverige i framtiden helt skall kunna ersätta fossila drivmedel med biobaserade. Möjligheten att använda biomassa som råvara för drivmedelstillverkning är på sikt begränsad och kan även komma i konflikt med produktion av livsmedel, vilket begränsar den totala potentiella produktionsvolymen.



Till detta kommer också att antalet transporter ökar hela tiden, en ökning som av många anses nödvändig då ökad levnadsstandard är starkt kopplad till ökade transporter. Sammantaget ger detta ett ökat behov av att påtagligt kunna minska förbrukningen av drivmedel per körd distans.

En kompressionstånd motor, allmänt kallad dieselmotor är per definition energieffektivare än en tändstifts-tänd motor (Ottomotor), allmänt kallad bensinmotor. Tidigare har ett problem varit med dieselmotorn jämfört med bensinmotorn att dieseln haft påtagligt högre emissioner av miljö- och hälsopåverkande ämnen. I dag har dock utvecklingen av dieselmotorn och efterbehandlingsutrustning för avgaser kommit ikapp bensinmotorn och utsläppen från moderna bensin- och dieselfordon är i stort sett jämförbara. Till detta kommer att dieselmotorn p.g.a. sin högre energieffektivitet släpper ut betydligt mindre koldioxid per körd enhet.

Biobaserade drivmedel för dieselmotorer har dock inte varit lika lätt att hitta som för bensinmotorer. Även om etanol kan användas i en dieselmotor efter tillsats av tändförbättrare och en anpassning av dieselmotorn med högre kompression anses inte denna lösning optimal. Inte heller att man förser en dieselmotor med tändhjälp i form av glödstift då det förvandlar dieselmotorn till en glödstiftstånd motor med lägre energieffektivitet som följd. Försök med olika blandningar av etanol och dieselolja har inte heller fungerat bra då dessa vätskor per definition inte är blandbara och därmed kräver olika former av hjälpemulgatorer eller omvandling av etanolen till högre (tyngre) alkoholer.

### **7.3 Låginblandning och bränslekvalitetsdirektivet**

Låginblandning är den kostnadseffektivaste och mest flexibla metoden att öka mängden förnybart drivmedel och därmed minska klimatpåverkan från bensin och diesel eftersom den i hög grad fungerar direkt i större delen av dagens fordonsflotta.

Dagens standard för bensin ger en möjlighet till en inblandning av 5 % etanol men det finns idag ingen svensk eller europastandard för en bensin med högre inblandning av etanol, men arbete med dessa pågår. Bensinen som etanolen skall blandas i, måste justeras vid högre etanolinblandning och därför måste hela logistikkedjan säkras för att klara den högre inblandningen. Eftersom det finns andra motorer och redskap som går på bensin kan inte heller avgränsningen göras vid bara bilar. Ca 15 % av de bilar som finns på marknaden idag kan av olika skäl inte köras på en bensin som innehåller mer än 5 % etanol.

Vid de stora oljebolagen som Preem, OKQ8, Statoil och St1 sker ingen inblandning över 5 %, se tabell nedan. Förutom etanol låginblandas biodiesel (FAME) där även direktivet har ökat möjligheten.

**Tabell 9 - Inblandningshalter av Etanol och FAME.**

Bolag	Etanol i bensin	FAME i diesel
OKQ8	Max 5 %	7 %
Statoil	5 %	5 %
Preem	Max 5 %	Max 5 % MK1 Max 7 % ACP*
St1 (Shell)	5 %	5 % MK1 B5

\*Preem räknar inte Talldieseln som blandad då den raffinerats och ingår inte i FAME-delen.

Svenska regeringen har dock tagit bort skattebefrielse vid inblandning över 6,5 % för etanol och 5 % för biodiesel. Regeringen har angett i budgetpropositionen att skattebefrielsen för biodrivmedel bör gälla ”även fortsättningsvis” genom särskilda dispensbeslut. Ändock ger EU:s förslag till nytt energiskattedirektiv att Sverige skulle kunna ge skattebefrielse fram till 2023.

När en introduktion av E10 sker i Sverige kommer en uppmärkning av pumparna ske så att konsumenten tydligt kan se vilken kvalitet som tankas. Introduktionen kommer att föregås av information till konsumenterna. Riksdagen har genom implementeringen av bränslekvalitetsdirektivet i svensk lagstiftning givit möjlighet till en ökad låginblandning av etanol i bensin från dagens 5 % till upp till 10 %, på volymbas. I dagligt tal brukar denna kvalitet kallas för E10. På samma sätt kan metanol som tidigare varit godkänd för inblandning upp till 1,5 % nu blandas in till maximalt 3 vol.-%, men då sänks inblandningen av etanol till maximalt 5,7 vol.-%, vilket beror av att syrehalten är maximerad till 3,7 vikts-%.

Lagstiftningen ger denna möjlighet från och med 1 maj 2011 (Drivmedelslagen, 2011:319) men det innebär inte att bensinbolagen inför detta. Svenska Petroleum och Biodrivmedelsinstitutet (SPBI) ser riksdagens beslut som ett startskott på en längre process där branschen tillsammans med andra inblandade aktörer behöver förbereda övergången för att acceptansen ska erhållas.

Förändringen av lagen är en del i arbetet med att minska klimatpåverkan från transporterna och har till direkt syfte att sänka utsläppen av fossilt koldioxid. Det innebär att de bilar och andra motorer som kan köras på E10 också måste göra det för att klimatnyttan skall uppnås. Vid introduktionerna i Finland och Tyskland blev konsumenterna misstänkta mot det nya bränslet vilket gav en kraftig uppgång i försäljningen av bensin utan eller med en lägre etanolhalt. Det visar på riskerna och vikten av en gedigen introduktionsprocess för att undvika fallgropar.

#### 7.4 Hållbarhetskriterier

EU har i förnybartdirektivet (2009/28/EG) upprättat ett antal hållbarhetskriterier för biodrivmedel och flytande biobränslen. Förnybartdirektivet syftar till att främja enbart förnybar energi som inte har en negativ inverkan på klimatet samt markförhållanden i de länder där råvaran produceras. I direktivet finns således krav för i vilken omfattning växthusgasutsläppen ska minskas genom användning av biodrivmedel/biobränsle. Kravet är 35 % minskning till och med år 2017 och

sedan ökar de generella kraven till 50 %. För anläggningar som tas i drift 2017 eller därefter är kravet 60 % från och med 2018. Direktivet definierar också vilka områden som ska beaktas för att värna den biologiska mångfalden. De områden som omfattas är naturskog där det inte finns klart synliga tecken på mänsklig verksamhet, områden som har utsetts för naturskyddssyften eller för att skydda sällsynta eller hotade ekosystem samt gräsmark med stor biologisk mångfald.

Sverige har genom lagen om hållbarhet för biodrivmedel och flytande biobränslen (lag 2010:598) implementerat förnybartdirektivet i den nationella lagstiftningen. Enligt denna lag ska det kunna styrkas att ett antal hållbarhetskriterier är uppfyllda för att drivmedlet/bränslet ska kunna anses hållbart. Det hela omfattar hela produktionskedjan, från råvaruproduktion till slutanvändning.

Rapporteringskyldiga aktörer ska genom ett kontrollsystem säkerställa att de biodrivmedel som används i Sverige är hållbara. Med rapporteringskyldig avses här den som är skattskyldig eller den som i yrkesmässig verksamhet använder flytande biobränsle som är skattepliktigt. Vad gäller drivmedel är det normalt återförsäljaren som är skattskyldig. Återförsäljaren är således skyldig att säkerställa att de biodrivmedel som rapporteras är att anse som hållbara. För att återförsäljaren ska kunna lämna sådana garantier krävs ett kontrollsystem. Detta kräver att den rapporteringskyldige genom överenskommelser, direkt eller indirekt, med samtliga aktörer i hela produktionskedjan och genom stickprov hos dessa aktörer säkerställer att kraven uppfylls. Kontrollsystemet ska i sin tur granskas av en oberoende granskare. Granskaren ska kontrollera att kontrollsystemet är korrekt, tillförlitligt och skyddat mot bedrägerier. Granskningen ska också innehålla en utvärdering av den metod för stickprov som ska ingå i kontrollsystemet och stickprovets frekvens.

## 7.5 Styrmedel och skatter

Beskattningen av drivmedel utgör ett viktigt styrmedel på marknaden eftersom olika drivmedel beskattas olika mycket. Bensin och diesel beskattas med energiskatt, koldioxidskatt och moms medan naturgas och gasol enbart belastas med koldioxidskatt och moms, se Skatteverket. Precis som vid all punktbeskattning läggs momsen på nettopriset, dvs. också energi- och koldioxidskatterna är momsgrundade.

**Tabell 10 - Beskattning av fossila drivmedel (2012 års nivå).**

Drivmedel	Energiskatt	Koldioxidskatt
Bensin (MK1)	3,14 kr/liter	2,51 kr/liter
Diesel (MK1)	1,57 kr/liter	3,10 kr/liter
Naturgas	-	1,624 kr/kg
Gasol	-	2,28 kr/kg

Källa: Skatteverket och SPBI

Biodrivmedlen beskattas inte med energi- och koldioxidskatt, på bruttopriset läggs endast moms. Däremot beskattas produkter som är en blandning av fossilt bränsle och biobränsle efter andelen av respektive bränsle.

Exempelvis beskattas fordonsgas, som består av både naturgas och biogas, med koldioxidskatt efter hur stor andel naturgas som gasen består av. Likaså beskattas E85, som består av 85 % etanol och 15 % bensin, med energiskatt

och koldioxidskatt för bensinandelen. Vid låginblandning av biodiesel i dieselolja och etanol i bensin finns dock, som nämnts i tidigare avsnitt<sup>11</sup>, en gräns för skattebefrielsen – 5 % biodiesel i dieselolja och 6,5 % etanol i bensin.

Biogas hade fram till 2011 ett lagstadgat undantag från energi- och koldioxidbeskattning. Från och med 2011 ges istället möjlighet till avdrag för energi- och koldioxidskatt för biogas som förbrukas som drivmedel eller för uppvärmningsändamål. Detta gäller såväl gasformig- som vätskeformig biogas (LBG).

Skattebefrielse för andra biodrivmedel än biogas fattas av regeringen genom så kallade dispensbeslut. Regeringen har, i budgetpropositionen för 2012 (prop. 2011/12:1), deklarerat att skattebefrielsen för biodrivmedel bör gälla även fortsättningsvis. Detta ska gälla såväl hög- som låginblandade biodrivmedel.

Bioenergibranschen har kritiserat regeringen för att, genom att inte fastslå de långsiktiga förutsättningarna för biodrivmedlen, inte ge marknadsaktörerna nödvändig information för investeringsbeslut. Enligt bioenergiföreningen Svebio har regeringen enligt EU:s förslag till nytt energiskattedirektiv möjlighet att ge skattebefrielse fram till 2023.<sup>12</sup>

Energimyndighetens övergripande bedömning är att politiska beslut är ”den absolut viktigaste faktorn för den framtida utvecklingen på biodrivmedelsmarknaden”. Förändringar avseende skattesatser och styrmedel kan således komma att få stort genomslag kring den framtida utvecklingen i återförsäljarledet. Nedan nämns och analyseras översiktligt ett antal faktorer som kan komma att påverka framtida tullar, skatter och styrmedel i Europa och i Sverige.

- a) Förändrade tullar: EU har fortfarande höga tullar, framförallt på jordbruksprodukter dit etanol räknas. Inom handelsorganisationen WTO har förhandlingar om nya avtal, innebärande ytterligare liberaliseringar, pågått. Sammantaget innebär detta att tullarna för biodiesel kan komma att halveras och tullarna på etanol minska med 57 % under en femårsperiod. Det finns dock möjlighet att undanta produkter som kan anses som extra känsliga och dit skulle etanol kunna räknas.<sup>13</sup> Sammantaget torde detta dock peka mot minskade tullar under den kommande perioden, om än inte i den omfattning som nämnts.
- b) Förnybartdirektivet: Den totala andelen förnybar energi inom EU ska 2020 vara 20 %. Sveriges åtagande i detta sammanhang är 49 % förnybar energi. I det övergripande målet ingår ett separat mål om 10 % förnybar energi i transportsektorn 2020. Detta mål bördefördelas inte utan alla medlemsstater måste uppfylla det.<sup>14</sup> Om detta mål inte uppfylls med nuvarande förutsättningar (marknadssituation, skatter, stöd etc.) torde

<sup>11</sup> Svebios hemsida, 2012-02-29, <http://www.svebio.se/press/pressmeddelande/fortsatt-skattebefrielse-biodrivmedel-men-utan-langsigtig-klarhet>

<sup>12</sup> Svebios hemsida, 2012-02-29, <http://www.svebio.se/press/pressmeddelande/fortsatt-skattebefrielse-biodrivmedel-men-utan-langsigtig-klarhet>

<sup>13</sup> Energimyndigheten 2011c

<sup>14</sup> Energimyndigheten 2011c

ytterligare skatte- och styrmedelsförändringar kunna komma att aktualiseras.

- c) Nationellt mål om fossilfri fordonsflotta 2030: Svenska regeringen har som mål att den svenska fordonsflottan 2030 ska vara oberoende av fossila drivmedel. Om utvecklingen, utifrån detta perspektiv, under de kommande åren inte går åt rätt håll – eller att utvecklingen går för långsamt – kan ett alternativ vara att genom styrmedel förstärka incitamentet att substituera till förnybart drivmedel.

## 7.6 Konkurrenskraft

### 7.6.1 Befintliga biodrivmedel

För etablerade biodrivmedel på marknaden idag domineras produktionskostnaden och därmed till stor del konkurrenskraften av främst råvarukostnaden. För etanol är det pris på spannmål, som vete, majs och sockerrör. För FAME är det rapsolja och andra vegetabiliska oljor som palmolja och även animaliska oljor. Tallolja är en ny råvara som visar på hög konkurrenskraft men där råvarumarknaden är mycket begränsad.

Processstekniken är av enklare slag jämfört med bioraffinaderier med förgasning. Fabrikerna begränsas av tillgången på råvara och det tekniska utbytet har troligen inga signifikanta möjligheter till språngvisa förbättringar. På samma sätt har biogas framställd med anaerob rötning en begränsning i dels storlek med begränsad tillgång på substratråvara och dels i konkurrenskraft med avseende på kostnad för råvara och ringa skalfördelar.

### 7.6.2 Framtida biodrivmedel

Med förgasning möjliggörs framställning vid stora bioraffinaderier med höga utbyten där skalfördelen är mycket stor. I denna studie har metanol, etanol, DME och FTD beskrivits som alla är mycket rena, d.v.s. de innehåller inte alkali eller aska, svavel, klor eller tungmetaller, till skillnad från de fossila bränslena i varierande grad. De har goda förbränningsegenskaper och ger upphov till låga emissioner jämfört med fossila bränslen samt de vegetabiliska FAME-bränslena. Detta enskilt torde erhålla en premiumstämpel med ett högre marknadsvärde som inte är kvantifierbart med lätthet men kvalitetsmässigt ger möjlighet att med stor sannolikhet erhålla ett värde.

Metanol har liksom etanol ett mycket högt oktantal med enbart vissa tekniska begränsningar där främst korrosivitet, vattenabsorptionsförmåga med risk för fasbildning, möjliga kallstartsproblem, högre emissioner av aldehyder, lägre energidensitet samt för metanol toxicitet. De goda egenskaperna överväger dock och med optimering av motorn för höginblandning eller som rena bränslen kan mycket goda motorprestanda uppnås. Konkurrenskraften är hög då produktionskostnaden är låg och bara delvis är påverkad av råvarupriset.

För låginblandning finns en teknisk övre gräns. Trots att oljebolagen idag har tillåtelse om 10 % etanol har detta ännu inte skett, vilket beror av flera faktorer. Skattebefrielse ges inte över 6,5 % inblandning och branschen har inte enats om ett standardförfarande för högre inblandning. Trots det bedöms det som sannolikt att alkoholer kommer att blandas in över dagens 5 % inom en nära framtid. Höginblandade alkoholbränslen begränsas av dels antalet pumpar för E85, dels av allmänintresset samt tillgång och efterfrågan av

flexifuelbilar. Detta intresse har visat sig bero av hur skatten och definitionen av miljöbilar varierar. Metanol har extra fördelar gentemot etanol då det är en vätebärare för framtida bränsleceller, en råvara till MTBE samt en industriell råvara för petrokemiindustrin.

DME är ett dieselliknande bränsle som liksom FTD har exceptionella förbränningsegenskaper, med mycket höga cetantal och där motorn kan optimeras för hög prestanda. FTD är dock blandbar med fossil diesel och kommer sannolikt inte att säljas som ren biodiesel (B100). Därför är låginblandning eller medellåg inblandning, som med Preem Evolution diesel, mest troligt framöver.

Till skillnad från FTD är DME en gas vid atmosfärstryck och kräver egna motorer samt egna nya distributionssystem inkl. pumpar. Konkurrenskraften är därmed begränsad i marknadsandel. FTD har en lägre konkurrenskraft då det uppvisar lägst utbyte samt har högst investeringskostnad men uppvägs till en del av enkel distribution, effektiva motorer på en växande drivmedelssektor och där hela 60 % av nybilsförsäljningen numera är dieselbaserad. Av alla bränslena är det endast FTD som förutsatt tillgång på råvara kan täcka hela landet utan att man behöver införa ett nytt drivmedel eller ändra på vare sig befintliga dieslbilar eller försäljningsställen med dess dieselpumpar.

Biogas brinner mycket rent och är en gas som har som 100 % förnybart bränsle stor fördel i miljöbilsdefinitionen. Det är idag rankat som nummer ett och är det bränsle som växer snabbast. Begränsningen är på produktionssidan samt en trång distributionssektor. Konkurrenskraften är mycket hög och med ett bioraffinaderi uppvisas högst produktutbyte och lägst produktionskostnad. Således är Bio-SNG en mycket attraktiv produkt. Svagheten är således det relativt begränsade utbudet av stationer som erbjuder biogas samt att intresset för biogas till stor del kan bero av miljöbilsdefinition och tillhörande skatteförmåner.

### 7.6.3 Importbränslen

Konkurrenskraften för inhemska bränslen är sårbar för importen av idag främst etanol från sockerrör där en kraftig utbyggnad sker av fabriker i huvudsak i Brasilien. Tidiga produktionsanläggningar var inte moderna och sockerbruket fragmenterat. Idag byggs toppmoderna anläggningar som enbart är för etanolproduktion där socker inte längre ses som primär produkt. USA har dock gått om Brasilien som ledande producent av bio-etanol med majs som råvara och i övrigt är också Indien är på stark frammarsch med en enorm sockerindustri.

Det är troligt att etanol för lång tid framöver kommer att vara det största biodrivmedlet och där alltfler länder, och inte bara Sverige som idag är Brasiliens största exportmarknad, kommer att köpa till sig de ökande volymerna. Den höga efterfrågan kommer sannolikt att balansera de lägre produktionskostnaderna till att hålla priserna uppe. Man ska dock även vara medveten om att tullavgifter och reglerna också styr hur pass mycket icke-europeisk etanol som kommer in till EU. Den diesel som Neste producerar kännetecknas av att vara begränsad som annan biodiesel med råvarukostnad samt tillgång. Men kvalitetsmässigt ger den en produkt som ligger i linje med syntetisk diesel. Processen är inte lika kapitalintensiv och kan skalas upp betydligt där senaste produktionsanläggningen i Rotterdam har en kapacitet om hela 800 000 ton per år till en prislapp om 670 miljoner euro.

## 8 Bioraffinaderiet

Definitionsmässigt är ett bioraffinaderi en eller flera anläggningar som genom att maximalt utnyttja den förnybara råvarans beståndsdelar kan tillverka olika säljbara produkter. I nedan tabell följer exempel på produkter som kan produceras i ett bioraffinaderi baserat på skogsbränsle. Som synes är bredden stor; allt från fasta material till gasformiga bränslen.

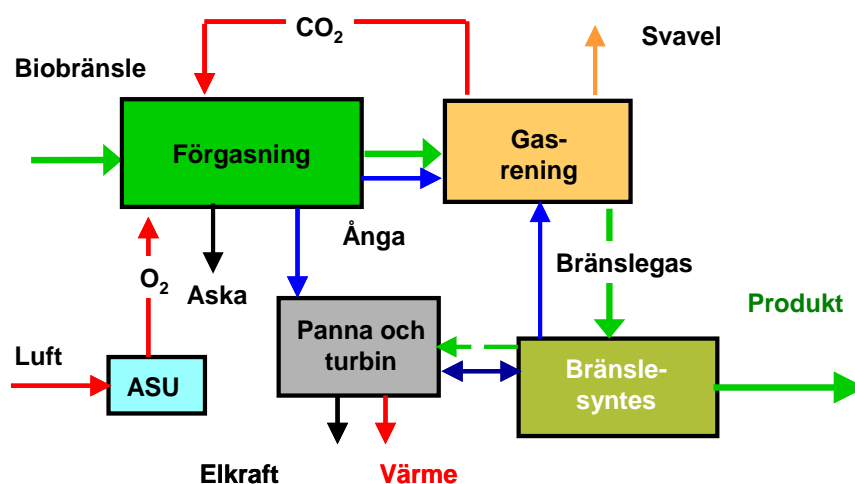
**Tabell 11 – Indelning av produkter från ett bioraffinaderi (Ref. Vinnova).**

Produktklass	Exempel på produkter
Gröna material	Kompositer, aktivt kol, textilier, hydrogel.
Gröna kemikalier	Dispergeringsmedel, läkemedelsbas, mjukgörare.
Gröna bränslen	Fasta, flytande och gasformiga bränslen.
Grön el och värme	El- och värmeproduktion.

För ett träd är beståndsdelarna cellulosa, lignin och hemicellulosa. Det är dessa delar som potentiellt kan separeras och var för sig vidareförädlas till ovanstående produkter. I detta fall studeras tillverkning av flytande och/eller gasformiga bränslen med tillhörande el och värmeproduktion. För att göra detta optimalt kommer ett antal processtekniska val att göras. Dessa beskrivs och motiveras under respektive processavsnitt senare i detta kapitel.

### Principiell processbeskrivning

En anläggning av den här typen måste ha en viss storlek för att få en produktionsekonomi som ger en vinstmarginal på slutprodukten. Totalt kommer 300 MW förbehandlat skogsbränsle att hanteras, vilket bedöms som en konkurrenskraftig anläggningsstorlek. Råvaran omvandlas genom termisk förgasning och gasrening och behandling till syntesgas vilket är basen för vidare förädling till biodrivmedel. Nedan följer ett principiellt blockschema över hur anläggningens huvudprocesser är konfigurerade. Beroende på om bio-metanol, DME, FTD eller bio-SNG ska produceras kommer anläggningen att konfigureras olika. I nästföljande avsnitt beskrivs de olika delarna mer ingående.

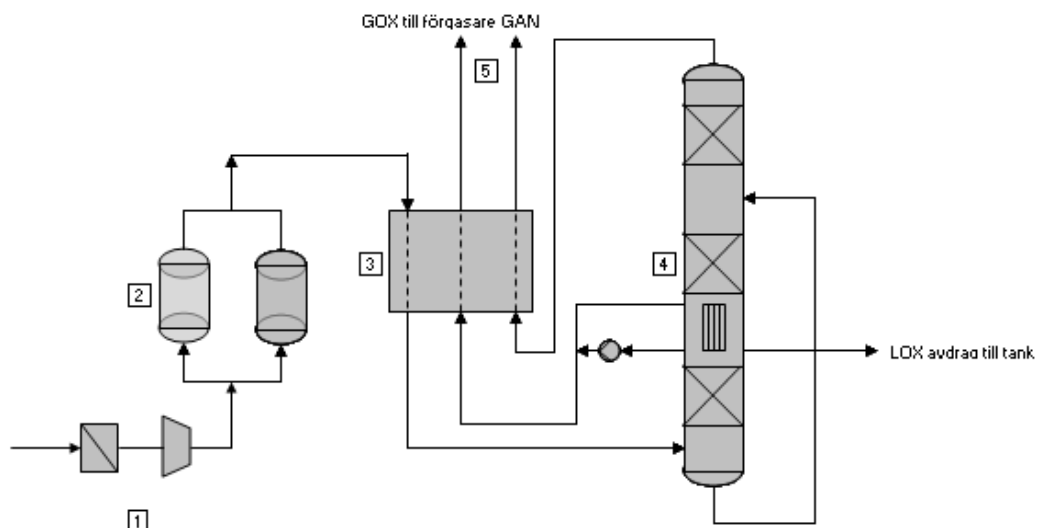


**Figur 19 - Förenklat blockdiagram över anläggningen.**

## 8.1 ASU (Luftsepareringsenhet)

En luftseparationsenhet har till syfte att separera luftens ingående komponenter för separat användning. I detta fall behöver bioraffinaderiet tillgång till kvävgas och syrgas. Syret används som oxidationsmedia i förgasaren och kvävet används som media för inertisering och för vissa pneumatiska drifter. I förgasaren kan luft användas, men i detta fall är det bättre med ren syrgas då det också innebär en renare gas med ökat utbyte nedströms. Då förbrukningen av både syrgas och kvävgas är kontinuerlig kommer en ASU att installeras. Nackdelen med ASU-enheten är att den har en relativt hög investerings- och driftskostnad. Som teknik är det dock en sedan drygt 100 år etablerad teknik. Ursprungligen utvecklades den av Carl von Linde och kommersialiserades först av bolagen Linde AG och Lurgi GmbH.

Tekniken fungerar så att den använder syrets och kvävet's olika kokpunkter vilket utnyttjas för att utföra en destillation vid mycket låga temperaturer (kryogen destillation). På så sätt erhålls gas- och vätskeformigt syre och kväve. Nedan följer en schematisk beskrivning av processen:



**Figur 20- Förenklat processchema ASU.**

Luften förs initialt genom ett mekaniskt filter (punkt 1) där partiklar tas bort ur luften innan ett kompressionssteg där trycket ökar till ca: 6 bar. I kompressorns mellansteg kyls dessutom luften varvid huvuddelen av luftens vatteninnehåll kondenseras ut. Efter att luften komprimerats och kylts passerar den igenom ett rengöringssteg (punkt 2) där CO<sub>2</sub>, kolväten och resterande mängd vatten renas genom molsikt och aktiverat aluminium, vilket är viktigt då det eliminerar explosions- och frysrisken nedströms i den kryogena processen. Luften kyls sedan i huvudvärmväxlaren (punkt tre) till i närheten av sin daggpunkt innan den förs vidare mot den kryogena destillationskolonnen (punkt 4). Här tas syrgas först ut i på grund av sin högre kokpunkt, medan kvävgas därefter tas ut i toppen av kolonnen. Syrgasen och kvävet förs genom huvudvärmväxlaren där den kyler inkommande luft och därigenom höjer sin temperatur till kokpunkten och blir till gasformigt syre (GOX) som är slutprodukten (punkt 5). Den kan senare komprimeras ytterligare beroende på användningskrav. Utöver detta



finns möjlighet att göra buffertavdrag för tanklagring av både syrgas och kväve.

## 8.2 Termisk förgasning och reformering

I förgasnings och reformeringssteget ska det fasta materialet omvandlas till en gas som sedan reformeras för att ha rätt byggstenar inför vidare förädling i bränslesyntesen. Nedan följer en beskrivning av råvaruhanteringen, torkningen och förgasningssteget med efterföljande reformeringssteg.

### Råvaruhantering och förbearbetning

En anläggning av den storleksordningen som studeras konsumerar i storleksordningen 2 000 – 3 000 ton skogsbränsle per dygn. Det är omfattande mängder som ställer krav på logistiken. Råvaruhanteringen måste ha ordentliga tillfartsvägar för att kunna hantera lastbilsinflödet och gärna möjlighet till järnvägstransport då det är effektivt ur mängd per transportsynpunkt.

Utöver transportlogistiska förutsättningar måste en tillräckligt stor yta finnas tillgänglig för utomhuslager och i händelse av en nödsituation är det bra med en backup-yta dit inflödet av råvara kan ledas temporärt.

När bränslet levererats måste det kvalitetssäkras inför vidare användning i processen. Det görs i en mottagningsstation där vägning och provtagning sker. På så sätt säkerställs leveransen ur kvantitets- och kvalitetssynpunkt. Fraktionsstorlek och torrhalt är exempel på kvalitetsparametrar som är viktiga.

Innan bränslet transporteras in till torkningen separeras metall och andra oönskade material från bränslet genom en magnetseparator. Vid behov kan bränslet bearbetas ytterligare innan det transporteras via bandtransportör till torkningsanläggningen.

### Torkning

Bränslet, den flisade groten, som kommer till anläggningen från råvaruhanteringen kommer att ha en fukthalt på cirka 50-60 %. För att säkerställa rätt kvalitet på produktgasen behöver fukthalten minskas. Till vilken fukthalt som bör användas beror av önskad kvalitet på syntesgasen då vatten är en av reaktanterna i förgasningsreaktionerna. Dock är det vanligt att en fukthalt mellan 15-30 % används. Det finns ett antal tekniker för att uppnå detta, se nedan:

- Rotertork (Trumtorkning)
- Bandtork
- Svävtork (Fluidiserad bädd)
- Strömtork (Flashtork)

För val bland dessa bör hänsyn tas till dimensionerande parametrar. Typ av bränsle är en viktig parameter och i detta fall används flisad grot vilket utesluter sväv- och strömtorkar då de kräver små och homogena partikelstorlekar. För rotertorkar och bandtorkar är värmekällan en dimensionerande aspekt. Rotertorkar använder vanligen högvärdiga värmekällor medan bandtorkar kan nyttja lågvärdiga. I detta fall är

bandtorken därför intressant då det går att använda spillvärme från anläggningen till förvärmning av torkluften. Bandtorkens nackdel med att vara utrymmeskrävande kan vid högre kapaciteter begränsas då leverantören kan bygga våningsvis.

Bandtorken fungerar så att bränslet förs in på en torkvira som samtidigt som den transporterar flisen framåt har hål i sig och låter därför den förvärmade luften strömma genom sig. Detta gör att flisen torkas. Efter att flisen passerat hela torken matas den ut i en skruvtransportör till ett transportband som tar den vidare till förgasningssteget. Den mättade torkluften släpps ut till atmosfären och har normalt sett låga halter av volatila vedämnen på grund av spillvärmens låga temperatur. Nedan visas en bild på en våningsvis installation.



**Figur 21 - Bild av bandtorksinstallaion (Ref. Metso)**

### **Termisk förgasning**

Det finns tre huvudsakliga typer av förgasare (och varianter inom varje typ):

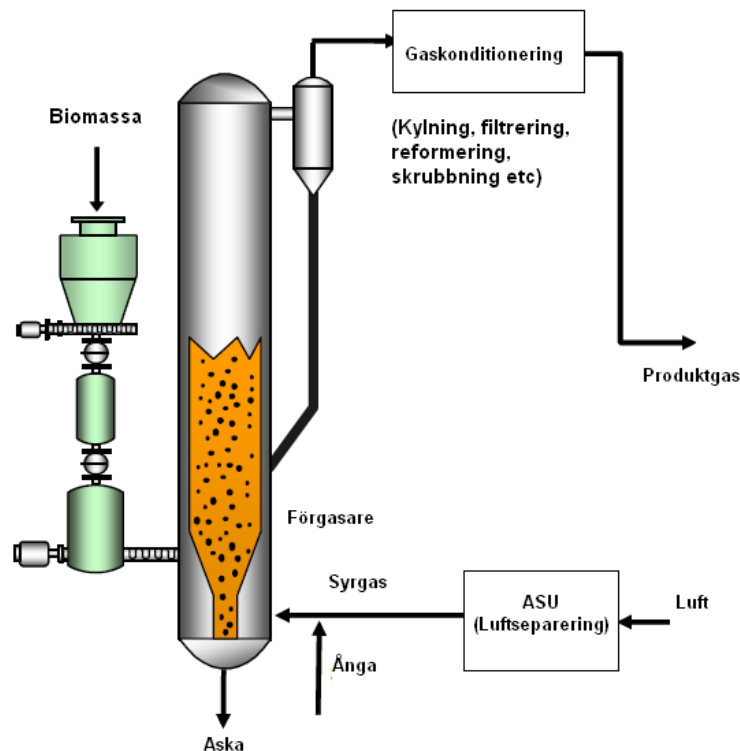
- Fastbäddsförgasning (med- och motströms)
- Fluidiserad bädd förgasning (bubblande, cirkulerande, dubbelbädd)
- Suspensionsförgasning (även kallad medströmsförgasning).

Värmen som behövs för processen kan antingen alstras direkt i förgasaren (autoterm förgasare) eller av externa källor, indirekt (alloterm förgasare). Vid val av förgasartyp är råvaran är en avgörande faktor. Biomassa som förgasas bildar delvis en aska med en hög salthalt, vilket förutom en ökad korrosionsbenägenhet innebär att smältpunkten för askan blir lägre; typiskt 800-950°C.

Fastbäddsförgasare är därför inte lämpliga för biomassa då askan riskerar att agglomerera på grund av för hög temperatur. I de fall biomassa används i

fastbäddsförgasare är det material med mycket låg askhalt eller hög smälttemperatur av askan. Suspensionsförgasning kräver ett finfördelat material och är inte intressant för flisad grot utan förbehandlingsmetoder som rostning (eng. "torrefaction") och malning.

Förgasare av typen fluidiserad bädd är lämpliga då de har en utomordentlig omröring och temperaturfördelning i bädden, samt att de arbetar vid temperaturer lägre än smältpunkten för askan. I den här rapporten väljs en trycksatt Bubblande Fluidiserad Bäddreaktor (BFB), se bild nedan.



**Figur 22 Trycksatt, bubblande bäddreaktor. (Ref. Andritz/Carbona, bildtexten är översatt).**

Förgasaren arbetar vid 10-20 bar och 950°C. På grund av att förgasaren är trycksatt måste inmatningen av bränslet också trycksättas. Det kan ske genom en så kallad slussmatare. Den består av tre steg; en lågtrycksbehållare, en sluss och en högtrycksbehållare. Genom att först släppa ner bränslet i den atmosfäriska lågtrycksbehållaren och sedan öppna ventilen mot slussteget faller bränslet ner i detta. Därefter stängs ventilen mot lågtrycksbehållaren och öppnas mot den högtrycksbehållaren, varvid trycksättning av bränslet sker med en inert gas, t.ex. CO<sub>2</sub> eller N<sub>2</sub>. När trycket jämnats ut faller bränslet ned i den högtrycksbehållaren och ventilen mot slussteget stängs. Därefter matas bränslet in i förgasarens nedre del via en matarskruv.

I reaktorn sker förgasningen som är en process där organiskt material omvandlas till en brännbar gas. Syrgas och ånga tillsätts reaktorn som förgasningsmedium. Gasen som produceras kallas rågas och innehåller kolmonoxid och vätgas som är huvudkomponenter till vidare förädling. Utöver dessa innehåller gasen metan samt följande element:

- Inerta komponenter:  $N_2$ ,  $CO_2$  and  $H_2O$
- Föroreningar:  $H_2S$ ,  $COS$ ,  $NH_3$ ,  $HCN$ ,  $HCl$ , alkali i ångfas, samt fasta partiklar.

Direkt efter förgasaren avskiljs större mängden av de fasta partiklarna från gasen i en cyklon. De fasta partiklarna återförs till bädden i reaktorn. Askan tas sedan ut i botten av förgasaren via ett slussmatarsteg. Efter att askan matats ut transporteras den pneumatiskt till en asksilo. Gasen benämns produktgas efter cyklonsteget och går vidare till ett reformeringssteg.

### **Reformeringssteg**

För att gynna produktutbytet nedströms finns ett reformeringssteg efter förgasningen. Det bryter ned metan och tjärämnen till  $CO$  och  $H_2$  samt även ammoniak genom en katalytisk reaktion. För tjära är det viktigt då dessa annars riskerar att kondenseras ut nedströms i processen och belägga ytor med beläggningar. Själva reaktorn innehåller ädelmetall- eller nickelbaserade katalysatorer.

### **Gaskylning och skrubbersteg**

Temperaturen ut från förgasningen är hög och för att klara driftstemperaturer på enhetsoperationer nedströms måste produktgasen kylas till cirka  $250^\circ C$ . Det sker i en gaskylare av tubvärmeväxlartyp med matarvatten som kylande medium. Värmen återvinns som högtrycksånga och kan användas internt i processen och/eller för elproduktion och värmeleverans.

Efter att gasen kylts tas den till ett filtersteg som renar ut kvarvarande fasta ämnen, samt alkali och andra ämnen som kondenserats ut i kylningen av rågasen. Det oönskade materialet tas ut i botten och transporteras sedan till asksilon. Den renade gasen ut från filtret delas sen upp i två strömmar där den sekundära strömmen recirkuleras till förgasaren. Det primära gasflödet går sen vidare till ett skrubbersteg där gasen tvättas med kylvatten och därmed renas från vattenlösliga ämnen och kondenserbara tjäror. I skrubbersteget kyls även gasen ytterligare till cirka  $40^\circ C$ .

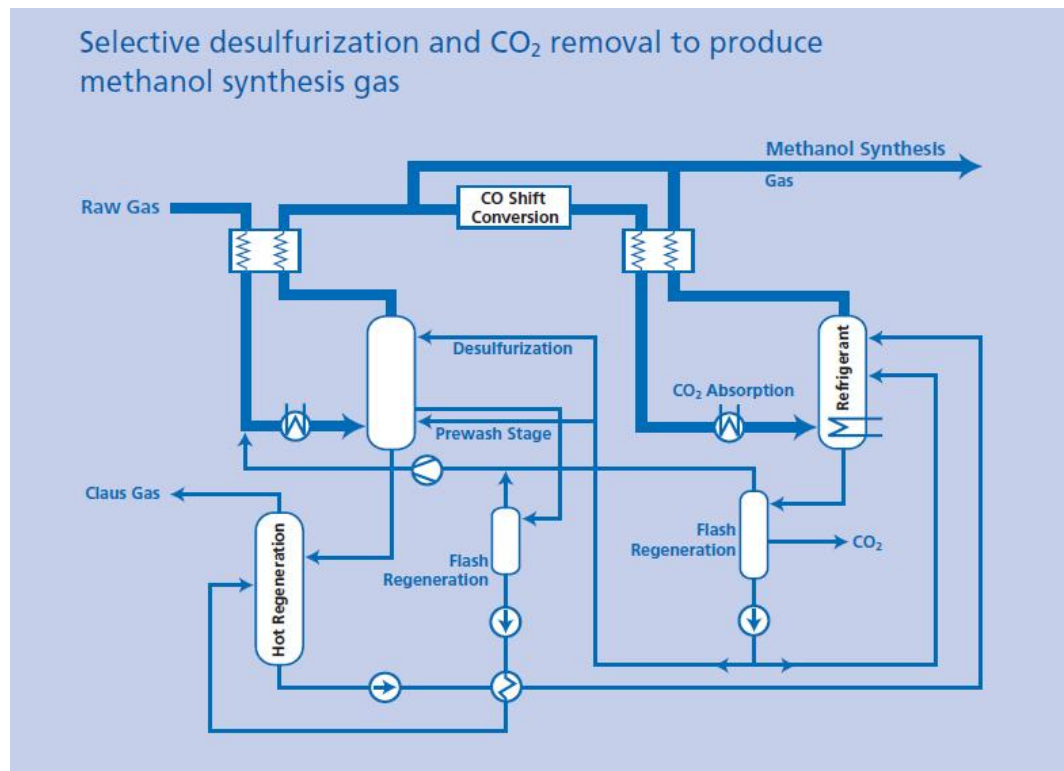
## **8.3 Koldioxid- och svavelrening samt vattengas-skift**

Efter de initiala konditioneringsstegen finns fortfarande svavel, koldioxid och andra oönskade element kvar i gasen. Svavel måste renas till halter lägre än 0,1 ppm då det vid högre halter kan innebära mycket negativa konsekvenser för katalysatorer nedströms i processen. Utöver detta måste koldioxid också skiljas ur gasen då höga halter minskar produktutbytet samt ökar kapitalkostnaderna.

Det finns ett antal olika metoder att välja mellan för koldioxid- och svavelrening. Absorptionssystem är en metod som tvättar gasen med ett lösningsmedel som selektivt tar bort koldioxid och svavelväte ur gasen. Rectisolprocessen är en fysikalisk absorptionsprocess som använder sig av metanol som lösningsmedel. Den har visat sig ha väldigt hög förmåga att rena gasen när kraven är så höga som i detta fall med svavelhalter lägre än 0,1 ppm.

Processen inleder med att rågasen kyls till  $-40^\circ C$  innan den passerar ett förtvättsteg. Där absorberas  $H_2S$ ,  $COS$ ,  $NH_3$  och  $HCN$  av metanolen.

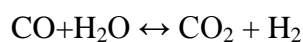
Lösningen tas sedan ut genom botten av absorbern och flashas sedan av för att separera föroeningarna som går ut i en svavelrik ström, se figur nedan. Den svavelhaltiga gasen går ut från anläggningen som offgas och kan förbrännas i exempelvis en mesaugn eller starkgaspanna i närliggande massabruk. Efter att gasen renats från svavel delas den upp i två strömmar; en huvudström som går till ett vattengas-skiftsteg och en delström som förs direkt till syntesdelen.



Figur 23 - Rectisol<sup>®</sup>-processen (Ref. Linde).

### Vattengas-skift

Skiftsteget är en process som syftar till att få rätt sammansättning av syntesgasen inför syntesen. Beroende på slutprodukt kräver gasen ett specifikt stökiometriskt förhållande mellan kolmonoxid och vätegas. Förhållandet korrigeras genom att tillsätta ånga till syntesgasen över en katalysator. Reaktionen avger värme (exoterm) och redovisas nedan.

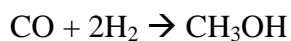


Som synes i reaktionen är ett resultat av skiftreaktionen en högre halt av koldioxid. Därför leds gasen som passerat skiftsteget tillbaka till ett andra steg i den fysikaliska absorptionsenheten där den renas från koldioxid ner till en halt av några få procent. Den koldioxidrika strömmen som separerats renas ytterligare och återförs till förgasaren där den används i slussmataren som trycksättande media. Därefter förs den vattengas-skiftade syntesgasen vidare till syntesen där den återigen blandas in i den delström som inte passerade vattengas-skiftsteget. Genom att där analysera gasen och styra gasflödena därefter, kan sammansättningen regleras för syntesgasen innan efterföljande syntesdel.

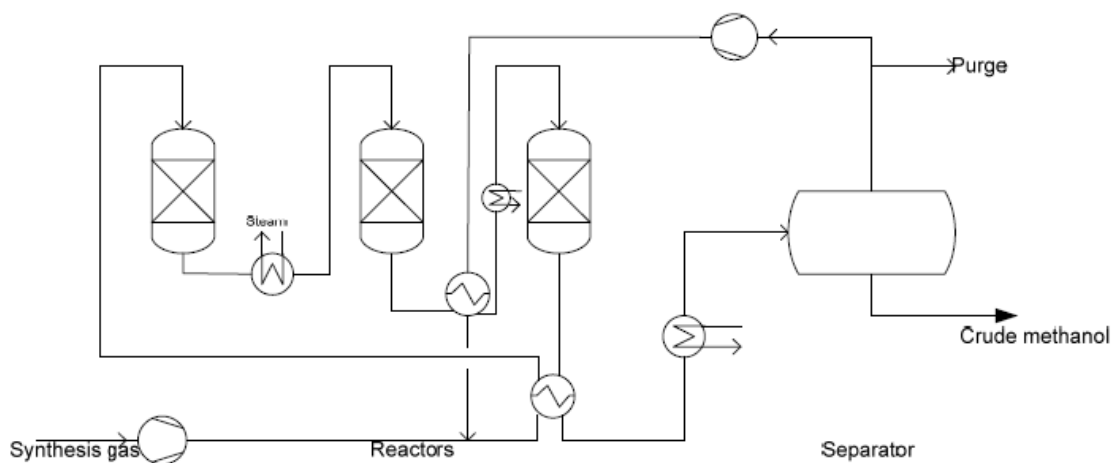
## 8.4 Produktsyntes

### 8.4.1 Metanolsyntes

Vid metanolframställning komprimeras den reade syntesgasen till ca: 60 bar innan den förs in i reaktorenheten. Där flödar gasen över en katalysator som möjliggör en reaktion mellan kolmonoxid, koldioxid och vätgas till metanol och vatten. Reaktionen sker adiabatiskt vid en temperatur på 250°C. Metanolsyntesens huvudreaktioner specificeras nedan.



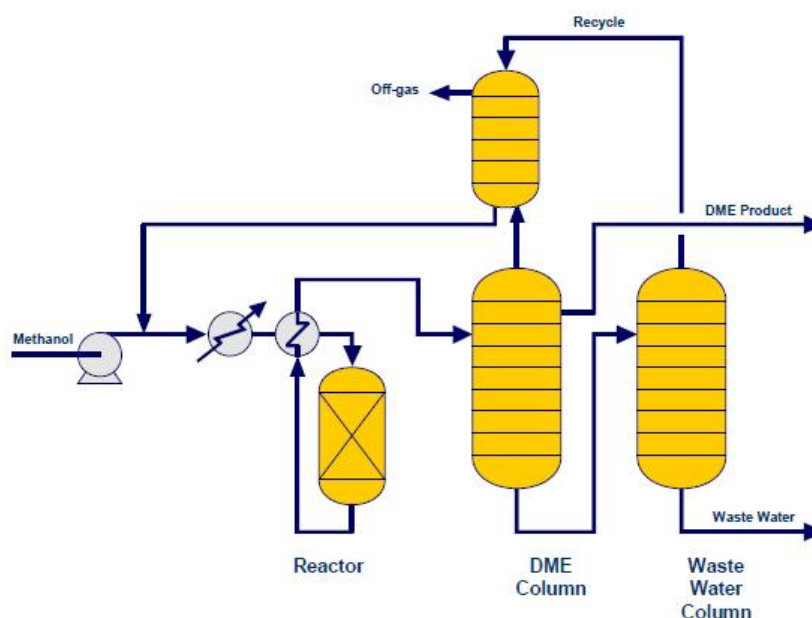
Utbytet över reaktorn är inte fullständigt varför separationskärl installeras för att separera oreagerad gas och den metanol som producerats. Den oreagerade gasen förs i en loop till reaktorn vilket höjer utbytet. Metanolen som producerats innehåller typiskt cirka 5 % vatten, varför den förs vidare till ett destillationsavsnitt där den uppgraderas till önskvärd koncentration och renhet.



Figur 24 - Förenklat processchema för metanoltillverkning (Ref. Haldor Topsøe).

#### 8.4.2 DME-produktion

DME produceras genom katalytisk dehydrering av metanol. Metanolen behöver inte ha renats innan den kommer till DME-processen. Ett översiktligt flödesschema presenteras nedan.



Figur 25 – Typiskt flödesschema DME-produktion (Ref. Haldor Topsøe).

Metanolen pumpas in i den adiabatiska DME-reaktorn där ingångstemperaturen är cirka 250°C. DME bildas genom nedanstående reaktion:



Omvandlingen är inte fullständig och två separationssteg finns nedströms om reaktorn. Det första steget separerar DME och off-gas och det andra steget separerar ej omvandlad metanol och vatten. Metanolen recirkuleras i en loop till DME-reaktorn för att höja utbytet av DME. När det gäller kvalitet så krävs en koncentration av DME-produkten på ca: 98 % för att uppfylla bränslekraven.

#### 8.4.3 Fischer-Tropsch diesel

Fischer-Tropsch-processen är en välbeprövad teknologi som baserat på kol och naturgas har funnits i drift sen 1920-talet. Vid produktion genom Fischer-Tropsch-syntes sker en katalytisk reaktion som av kolmonoxid och vätgas ger en tillväxt av kolkedjor till olika produktfraktioner (olika kolkedjelängder). Den vanligaste katalysatortypen är koboltbaserad, men även järnbaserade används i viss utsträckning. Det som styr produktfraktionen är val av katalysator samt hur temperaturen och trycket regleras i processen.

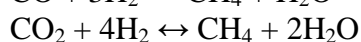
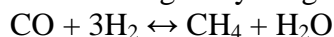
FT-syntes delas upp i två huvudsakliga processer; högtemperatur- och lågttemperatursyntes. Temperaturen vid högttemperatursyntesen är mellan 300-350°C och vid lågttemperatursyntes är den mellan 180-250°C. Då en lägre temperatur gynnar en produktion av längre kolkedjor är lågttemperatursyntesen intressant för produktion av syntetisk diesel. Det

innebär att man kan styra processen för en maximal produktion av dieselfraktioner ( $C_9$ - $C_{20}$ ).

Utöver detta kommer vaxer att produceras ( $>C_{20}$ ) som kan brytas ned till en kolkedjelängd som motsvarar dieselfraktionernas. Den del som har kortare kolkedjor än diesel kan återföras till syntesgasen innan FT-reaktorn för att öka utbytet av diesel.

#### 8.4.4 BioSNG (Biometan)

För produktion av BioSNG från förgasning av biomassa måste en metanisering av syntesgasen ske genom följande reaktioner.



Reaktionerna ovan sker med en nickelbaserad katalysator och är starkt exoterma. Produktionen gynnas av låg temperatur och högt tryck. Det finns dock en undre gräns för temperaturen då katalysatorn annars deaktiveras. Efter metaniseringen innehåller gasen höga halter av  $CO_2$  och  $H_2O$ . Således krävs ett uppgraderingssteg där gasen torkas från  $H_2O$  och renas från  $CO_2$ . Torkningen sker genom att gasen kyls ner till cirka  $40^\circ C$  varvid vattnet kondenseras ut. Slutliga kvaliteten på gasen bestäms av sitt användningsområde.

## 8.5 Ångcentral och Balance of Plant

### Ångcentral

En extern panna och turbin förläggs i anslutning till bioraffinaderiet för att tillgodose anläggningens behov av kraft och värme. Bränsle till pannan kan vara biomassa och off-gaser från bioraffinaderiet. Överskottet av ånga och värme kan integreras med närliggande industri och/eller fjärrvärmenät. Denna panna är mycket viktig för att man ska kunna balansera ångbehovet samt att kunna administrera den ånga som produceras med överskottet till turbinen för elproduktion. Pannan fungerar också som startprocess för att producera den ånga som behövs för att varmhålla processer innan full drift kan uppnås.

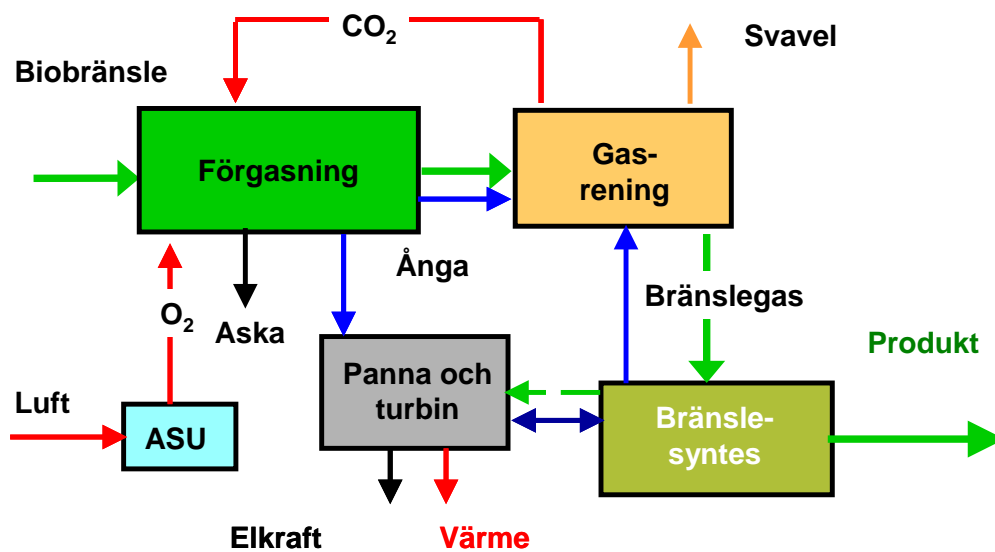
### Balance of Plant (BOP)

Balance of Plant (BOP) avser de system som försörjer anläggningen med nödvändiga servicemedier och ligger utanför eller mellan enhetsoperationerna som ingår i bioraffinaderiet. I huvudsak avser det in-sitesystem som exempelvis kylvatten och brandvatten, ånga och condensat, instrument och arbetsluft samt elkraft. Utöver detta finns ett antal off-sitesystem med, som avloppsreningsanläggning, byggnader, rörgator, vägar, nödkraftsystem etc.

## 8.6 Mass- och energibalanser

Denna studie visar detaljerade material och energibalanser för vart och ett av fallen av bioraffinaderier, där ångströmmar balanserats och för flertalet självförsörjande på el. Flera studier har visat på att en konkurrenskraftig anläggning behöver vara av en storlek som ligger på flera hundra megawatt bränsle in (Boerrigter et al, Faaij et al, Ekbom, et al med flera). Allt för mycket variabler ger att inga definitiva gränser kan definieras men en storlek om ca 300 MW (vilket motsvarar ca 1 miljon ton bränsle in) är så stor att biobränslelogistiken ändå blir kännbar som reglerande uppåt.





Figur 26 Schematisk bild av processdelar i ett bioraffinaderi och med energiströmmar.

Beroende på driftsätt av biobränslepannan som balanserar ångströmmarna samt elbehovet kan balansen av el och värme ändras. Pannan kan även göras mindre för att minska investeringskostnaden men till kostnad av elimporten. Ett annat alternativ är att syrgas köps in vilket sänker investeringskostnaden samt ger en betydande minskning av elkonsumtionen, vilket skulle samtidigt öka verkningsgraden om det inte lades in som en indirekt energitillförsel. Sammantaget finns många möjligheter att öka eller minska investeringskostnad samt rörliga kostnader, varför en jämförelse av fallen mestadels kan ge indikativa skillnader snarare än definitiva.

Tabell 12 - Material- och energibalanser för fallen

Produkt	Metanol	DME	FTD	SNG
Skogsbränsle, in (50 % fukt)	300 MW	300 MW	300 MW	300 MW
Skogsbränsle, in (50 % fukt)	920 kton/år	920 kton/år	920 kton/år	920 kton/år
Netto elexport	0 MW	-9,5 MW	-2 MW	-12 MW
Värmeexport	63 MW	60 MW	101 MW	72 MW
Produktion, effekt	148 MW	172 MW	140 MW	191 MW
Produktion, flöde	214 kton	172 kton	30 kton nafta 70 kton diesel	19 940 Nm <sup>3</sup> /h
Energiverkningsgrad*	70 %	70 %	79 %	77 %

Källa: Egna beräkningar

\*I samtliga fall är elunderskott (där förekommande) reglerat mot erforderlig mängd biobränsle som behövs i ett kraftvärmeverk med 30 % elverkningsgrad för att uppnå elbalans. Därtill tillkommer förluster vid distribution och tankning.

När det gäller energiverkningsgraderna kanske produktutbytet är mer relevant, för pannan och processerna kan regleras att ge mer värme än el, och

om man köper in el som i fallet med SNG ger det delvis högre verkningsgrad. Om elproduktion antas med ett lågt alfatal i ett kraftvärmeverk faller verkningsgraden, alternativt att el köps in för de andra fallen.

Beräknad värmeeffekt för fallen är av högre osäkerhet då mer detaljerade pinchanalyser, värmeintegration och mer beräkningsunderlag skulle behövas. Det kan också skilja på fram- och returtemperatur samt designval med tork, turbin, kylning med mera.

Mer intressant är ändå produktutbytet där klara distinktioner kan göras, vilka verifieras av flera studier. DME är mer effektivt än metanol och FTD ger lägre utbyte samt två produkter. SNG är mest produkteffektivt av alla andra men till skillnad från andra fall bortgår det lite i ej inräknat kompressor- och distributionsarbete (och den högre kostnaden för distribution) vilket ger lägre totalt produktutbyte längs kedjan till tank.

Baserat på tidigare erfarenheter och resultat, har denna studie valt en av flera möjliga konfigurationer och designfall vilka baserats på analyser av ett antal alternativa kombinationer av förgasstryck, kvoter av gasrecirkulation, bränslets fukttinhåll etc. Ett antal olika processer har också underliggande utvärderats, där syftet med valda konfigurationer är ett bioraffinaderi av mycket god standard för prestanda.

Det finns dock flera optimeringar, vilka kan göras på designplanet där särskilt en ny energibalans för ånga och kraft kan ställas mot önskat behov. Till detta finns förbättringar i processer som leverantörer uppvisar. Det är dock svårt att veta om en teknisk förbättring i slutändan ger en ekonomisk förbättring. Klart är att flera studier och leverantörer gör gällande att ett antal verkningsgrader kan erhållas i tekniska optimeringar.

## 8.7 Miljö

### 8.7.1 Potentiella emissioner till mark

I förgasnings- och reformeringssteget avskiljs botten- och filterska från processen som sedan lagras i en asksilo inför vidare användning. Fraktionen innehåller även en del tjära. Utnyttjande av askorna har utretts mycket och beroende på bland annat processteknik och sammansättning av råvaran kan askan användas till olika ändamål. Exempel på användningsområden är återföring av bottenaska som jordförbättringsmedel till skogsmarken. Ett annat är att använda filterska med högt kolinnehåll som bränsle i förbränningsprocesser. Användningen måste dock bedömas från fall till fall beroende på askornas innehåll (Kilpimaa, et al, 2011).

### 8.7.2 Potentiella emissioner till luft

Exakta värden för utsläpp till luft går inte att redovisa innan en detaljprojektering har genomförts, men generellt kan det sägas att emissionsdata till luft från en förgasningsanläggning normalt uppvisar lägre utsläppsvärden än motsvarande från en konventionell förbränningsprocess i exempelvis ett kraftvärmeverk.

I torkningsdelen kommer torkluften att vädras ut ur anläggningen och kan innehålla spår av terpenier och andra volatila ämnen i skogsbränslet. Här kan filter installeras om problem med detta uppstår.

Koldioxid kommer i små mängder att lämna anläggningen som emissioner till luft. Dels lämnar den vid kvävgas regenerering av utrustning, men också i förgasningen där den efter användning vädras ut.

Svavlet som avskiljs kommer att förbrännas i pannan som förläggs i anslutning till anläggningen och lämna via rökgaser som svaveldioxid.

Alternativt kan den förbrännas i närliggande bruks mesaugn eller starkgaspanna.

### 8.7.3 Potentiella emissioner till vatten

Delar av kvävet som finns i biomassan kommer konverteras till ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) och en mindre kvantitet av vätecyanid ( $\text{HCN}$ ). Dessa tillsammans med metaller som Na, K, As, CO, CU, Cr, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Zn och V, som naturligt finns i råvaran, kan förväntas lösas ut i processvattnet som används i skrubbrar och i kondensat från gaskylare. Processvatten kommer att renas i ett externt reningssteg av konventionell typ för att uppfylla de krav som ställs på vattnet inför utsläpp till det kommunala avloppet eller till recipienten.

Överskottsvärme som kyls bort med vatten kommer att lämna anläggningen till recipienten. Flödet beror av säsong och temperaturer och får utredas närmare i en detaljprojektering.

## 9 Ekonomi

### 9.1 Ekonomiparametrar

För de fall som tidigare redovisats har en ekonomisk kalkyl beräknats, där samma grundförutsättningar antas med ekonomiska parametrar osv. Det ger en slutlig värdering av hur pass konkurrenskraftig produktion av antaget biodrivmedel bedöms att ha för en vald storlek på anläggning. Även om investeringskostnaderna kan skilja och det givetvis är svårare och mer riskfyllt att finansiera och investera en större summa än en mindre är ändå produktionskostnaden den viktigaste värdeämätaren. Det är alltså det kanske enskilt mest betydelsefulla resultatet i denna studie. Till det ska läggas distributionskostnaden för att en korrekt jämförelse kan göras av hur konkurrenskraftig ett drivmedel är till slutkund mot ett annat.

Viktig input till den ekonomiska analysen inkluderar detaljerade mass- och energibalanser och kostnadsestimat för varje process, vilka integrerats till en fullständig anläggning. Till detta har ett antal värden antagits för de finansiella parametrarna tillsammans med priser och kostnader för råvaror och produkter. De är som följer av nedanstående tabell.

**Tabell 13 - Antagna ekonomiparametrar för de beräknade fallen.**

Faktor	Värde	Referens
Växelkurs, SEK/USD	6,190	Riksbanken, 2012-02-03
Växelkurs, SEK/EUR	8,969	Riksbanken, 2012-02-03
Låneränta	6,0 %	Antagen
Equitydel av CAPEX	40 %	Antagen
Lånedel av CAPEX	60 %	Antagen
Avkastning på equity	10 %	Antagen
WACC	7,60 %	Antagen
Projektets livstid	20 år	Antagen
Årliga drifttimmar, produkt	8000	Antagen
Årliga drifttimmar, värme	5500	Antagen

**Tabell - 14 Antagna priser och kostnader.**

Faktor	Värde	Referens
Biobränsle, skogsflis	200 SEK/MWh	Prisblad, Energimyndigheten
Elektricitet, köpt pris	560 SEK/MWh	Antagen
Elektricitet, säljpris	740 SEK/MWh	Inkl. elcertifikat om 240 SEK/MWh
Värme, säljpris	300 SEK/MWh	Antagen

### 9.2 Investeringskostnad

Investeringskostnaderna har bedömts utifrån gjorda studier, tredjepart, budgetestimat från leverantörer och egen in-house databas, vilka har

uppdaterats till Q1 2012 och skalats till de studerade anläggningarnas storlekar med hjälp av allmänt accepterade faktorer. Med tanke på att material- och energibalanser har beräknats på ett detaljerat sätt och övergripande verifierats med liknande anläggningar, och att centrala teknikleverantörer har  $\pm 30\%$  noggrannhet, uppskattas en absolut noggrannhet på  $\pm 40\%$ . Mot bakgrund av de senaste årens kraftiga prisfluktuationer i stålmaterial, energiråvaror och andra kostnader har indexering använts med hjälp av allmänt accepterade index (CEPCI etc). Det är mycket svårt att extrahera data från leverantörer om inte specifika offerter för projektet är tillgängliga. Detta då de sällan gör specifika budgetestimater om det inte finns ett verkligt projekt och dessa är då mycket skraddarsydda eftersom förutsättningarna varierar. Trots problemet att beräkna detaljerade resultat kan viktig karakteristik göras kring för- och nackdelar för tänkbara vägar med processscheman, vilka kan presenteras. Kostnaderna är uppskattade med angiven osäkerhet och vid konkreta förhandlingar är det inte uteslutet att de faktiska kostnaderna kan vara lägre. Kostnaderna ges nedan för varje typ av anläggning och där varje specifik processdel har beräknats utifrån levererad som turn-key, dvs. inklusive monterings- och anläggningsarbeten. Till det tillkommer Balance of plant vilket inkluderar mellanliggande processdelar och övrigt som mark, byggnader, vägar, rör och centraler för linjer med elkraftförsörjning, vatten etc.

**Tabell 15 - Sammanfattning av beräknade investeringskostnader [MSEK].**

Investeringskostnad	Metanol	DME	FTD	SNG
<b>Direkta kostnader</b>	<b>4025</b>	<b>3840</b>	<b>5180</b>	<b>3370</b>
Indirekta kostnader inkl ospecifikt *	1080	990	1300	880
<b>Totala kostnader</b>	<b>5105</b>	<b>4830</b>	<b>6480</b>	<b>4250</b>

Källa: Egna beräkningar

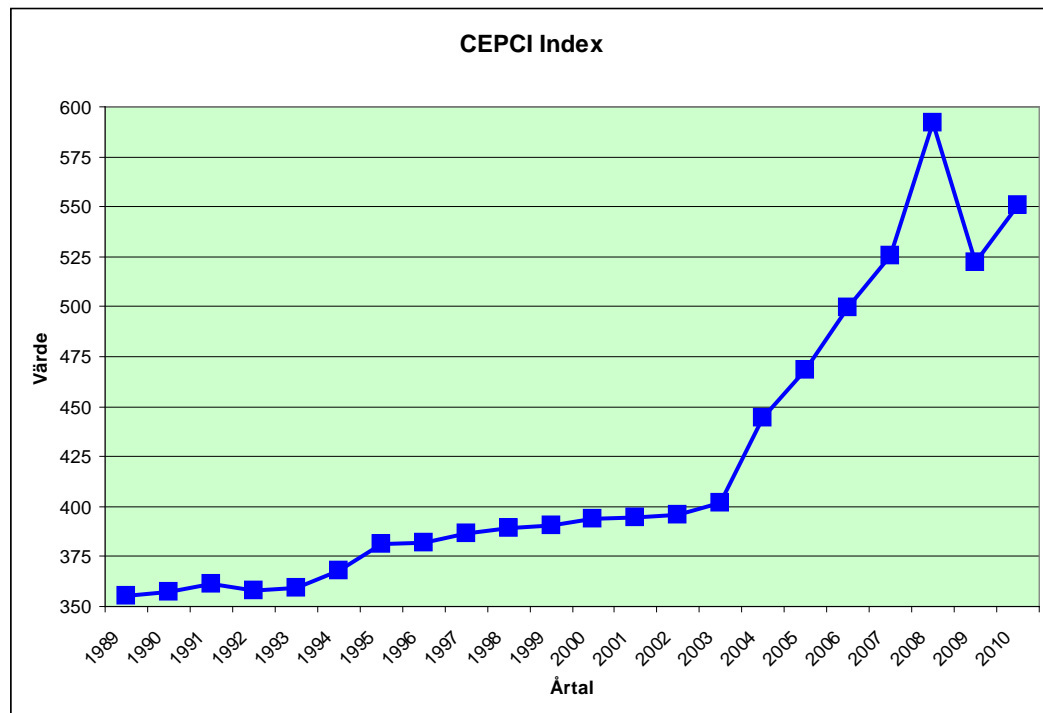
\* Inkluderar ägarnas eller byggherrens kostnader som projektutveckling, lov och tillstånd, ingenjörsarbete, ränta under byggtid, försäkring, arbetskaptal m m. Ospecifikt inkl eget estimat inkluderande startup, funktionstester innan kommersiell drift, tillfällig utrustning, reserver och lager etc.

De direkta "hårda" kostnaderna inkluderar specifikt utrustning som paketerade processenheter, bulkmaterial som rör, elektrisk utrustning, instrumentering, varmhållning (följevärme) och isolering, rörställningar och stålkonstruktioner, målning, teknik och licensintäkter, anläggningsarbeten och uppförande, tillfartsvägar och area för biobränslehantering, reservdelar till viktig utrustning och transport till byggarbetsplatsen.

De relativt höga investeringskostnaderna som visas i denna rapport har ett antal underliggande orsaker. I designarbetet har grunden varit att implementera de flesta lösningar som skulle vara tillgängliga för en mycket storskalig anläggning, där förgasningsteknik för framställning av syntesgas har inte demonstrerats kommersiellt i fullskala. Produktutbyten, tillgänglighet och teknisk effektivitet har därför prioriterats i detta skede. Dessutom har några av de aktuella processerna utformats utgående från API-standarder som används i olje- och petrokemiska industrier. Detta inkluderar mycket höga krav på utrustningen vad gäller redundans och mekanisk konstruktion.

Betydande kostnadsbesparingar kan uppnås genom att sänka kraven något. En annan bidragande faktor till investeringskostnaden, är ökade världsmarknadspriser på råvaror (olja, stål med mera). Andra välkända faktorer som för närvarande ökar kostnaden för anläggningens ägare och investerare är ökande kostnader för ingenjörstimmar och svårighet att hitta teknisk expertkompetens.

CEPCI (Chemical Engineering Plant Cost Index) är ett kostnadsindex för processanläggningar och fungerar som en indikator på allmänna kostnadsökningar, vilka påverkar globalt för branschen som helhet. CEPCI är ett vägt genomsnitt, bestående av flera underkategorier med t.ex. ingenjörsarbete och montageövervakning, material (värmväxlare, rör, ventiler, instrument, byggnader etc.) och där största viktsfaktorn är på utrustning och maskiner. Kostnaderna har ökat markant under det senaste decenniet från att under 90-talet varit relativt stabila. År 1989 var indexet 355, vilket ökade marginellt fram till 1995 och med svag ökning till 2003. Efter det har ökningen varit extrem, se Figur 27, och det har förklarats bero mycket på en stor ökad stålefterfrågan i Kina för infrastrukturutbyggnad.



**Figur 27 Utveckling av index för kapitalkostnader för processanläggningar 1990 – 2012.**

### 9.3 Produktionskostnad

Produktionskostnaden har beräknats med ovan antagna ekonomiska parametrar och priser och kostnader för råvaror och produkter. Negativa värden avser intäkter, t.ex. fjärrvärme som exporteras. Produktionskostnaden ges även i kronor per bensin- och dieselevivalentliter, där enheten har justerats för skillnader i värmevärde och densitet.

**Tabell 16 - Uppskattade produktionskostnader för respektive fall [MSEK/år].**

Produktionskostnad	Metanol	DME	FTD	SNG
Driftskostnader	814	766	845	796
Kapitalkostnad	505	478	641	420
Totala kostnader	1319	1244	1486	1216
<b>Produktionskostnad</b>	<b>900 kr/MWh</b>	<b>800 kr/MWh</b>	<b>1150 kr/MWh</b>	<b>660 kr/MWh</b>
Produktionskostnad	4980 kr/ton	6420 kr/ton	14 060 kr/ton	6,3 kr/Nm <sup>3</sup>
<b>Ekvivalentliter</b>	<b>8,0 kr/liter</b>	<b>7,1 kr/liter</b>	<b>10,2 kr/liter</b>	<b>6,3 kr/liter</b>

Källa: Egna beräkningar.

De stora kostnaderna är kapital- och bränslekostnader. Investeringen är mycket stor och kostnaden elbalansen är en variabel som kan fördelas på rörliga och fasta kostnader beroende på designval. Samtidigt är det svårt att få avsättning för de stora värmeeffekterna. Värmeintäkterna ger inte heller stora tillskott då försäljningsvärdet på drivmedelsprodukten är så mycket högre.

### 9.4 Distributionskostnad

Ecotrafic har gjort flera studier angående analys av distributionskostnader. Det är väldigt svårt att idag uppskatta dessa kostnader då det måste räknas på en korrekt bas med jämförelse där referensen är olja fraktad från Rotterdam. Frågor som behöver besvaras är ska jämförelsen vara på ett fullt utvecklat system, eller ett mindre lokalt? Ska jämförelsen innehålla inkrementella kostnader eller hela separata nya system med ombyggda stationer? Ska kostnaden läggas fullt ut på bränslet eller delas mellan de olika kostnadsposterna vilket sker hos oljebolagen?

Bränsleslagen skiljer också samt distributionssätt. Några distinktioner kan dock göras. De vätskeformiga bränslena har mycket lägre kostnader än gasformiga och där ledningar och infrastruktur redan finns är kostnaderna lägre. En E85-pump kan kosta några hundra tusen kronor medan en pump för fordonsgas kan kosta 3,5 miljoner kr. Dessutom krävs standarder och förfaranden med blandning etc. Lägre energidensitet som med metanol jämfört med etanol och syntetisk diesel ger högre kostnader.

Lönsamheten hos bensinstationer har och är väldigt låg, där marginalerna hos oljebolagen istället har tagits ut vid raffineringen. En grov uppskattning är att distributionskostnaden för fossila bränslen är 1-1,5 kr/liter och att metanol och etanol har cirka 20-30 % högre kostnader.

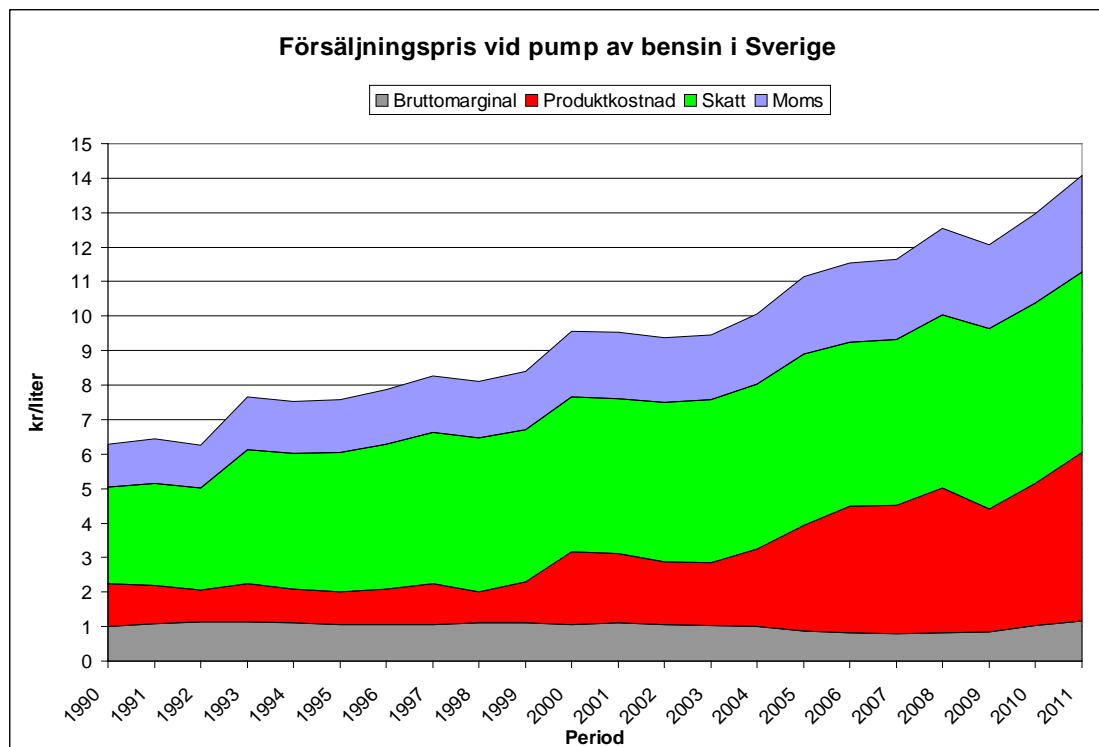
Syntetisk diesel har troligen lägre kostnader, i princip i nivå med fossil diesel. DME har liksom SNG mycket högre kostnader och det har gjorts en uppskattning om ca 2 kr/liter för SNG (Nilsson et al, 2009). DME är mer svåruppskattad då hela system är nya men enligt Ecotraffic ligger det omkring 80 % över diesel, räknat på hela system.

## 9.5 Bränsleprismarknadsanalys

De framräknade produktionskostnaderna kan sedan jämföras med dels priset på bensin och diesel, dels de alternativa drivmedlen som biodiesel (FAME och HVO-bränslen), fordonsgas samt etanol (100 % och som E85).

Avgörande för en del bränslen är distribution vilket kan vara en kritisk faktor. För vissa system finns inga standarder eller etablerade förhållningssätt vilket gör det svårt att uppskatta närheten i marknadsintroduktion.

Svenska Petroleum och Biodrivmedel Institutet, SPBI, anger i sin statistik prisutvecklingen på bensin vilket ger en jämförelse av vissa kostnadsslags utveckling samt bruttokostnaderna för oljebolaget till viss del. Skatter har ökat signifikant och även råoljepriset som för närvarande (februari 2012) ligger kring 120 US Dollar (USD) per fat. Det har gjort att bensin- och dieselpriiset slagit tidigare rekord och är nu uppe över 15 kr per liter. Om inte oljepriset sjunker tillbaka kommer sannolikt bensinpriset att öka under närmaste kvartal eftersom efterfrågan är som störst under sommarhalvåret. Ett diagram som visar de genomsnittliga bränslepriserna vid pump ges i figuren nedan, där priset beräknats med produktionskostnaden som FOB för den raffinerade bensinen vid Rotterdam och bruttomarginalen en uppskattning av SPBI. Fördelningen av kostnaden och den verkliga marginalen visas inte.

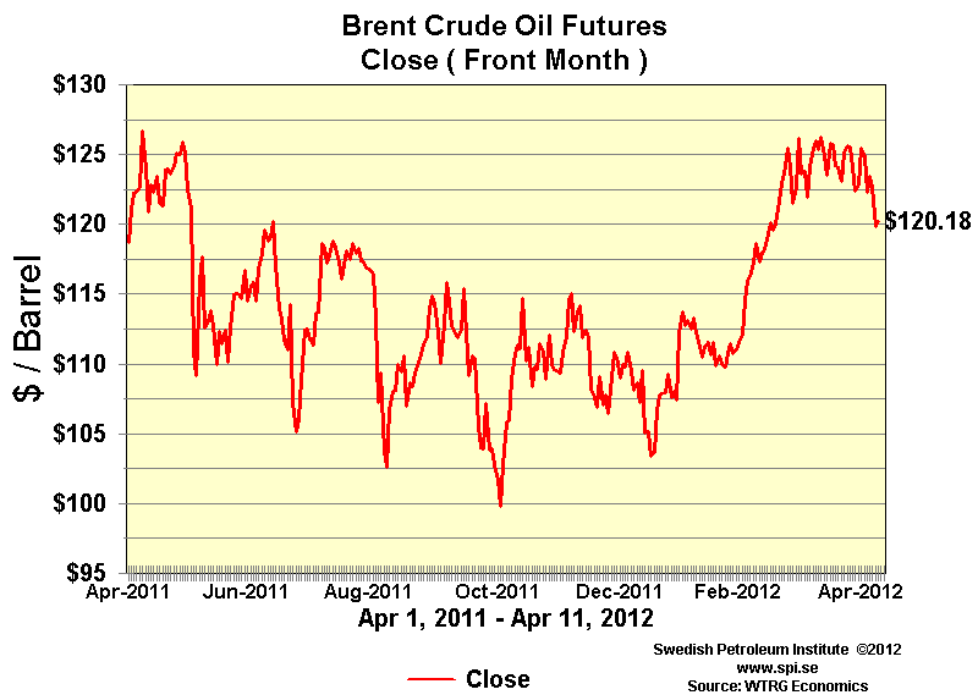


Figur 28 Utveckling av bensinpriset (95 okt) vid pump 1990 – 2011 (Ref. SPBI).



Dagens 4,3 miljoner personbilar i Sverige kan tanka sina bilar med bensin och diesel som nu innehåller 5 % etanol (E5) eller 5 % FAME för diesel. Utvecklingen går mot att bilsbilar har tappat marknadsandelar och där nybilsförsäljningen ligger på en 60 % andel för diesel. Främsta skälet till denna snabba förändring är införandet av miljöbilsstatus och en hög skatt på bränslet samt en högre verkningsgrad för dieselmotorn mot bilsbilar. Priserna för raffinerad bensin och diesel på den nordeuropeiska marknaden dominerar bensin- och dieselprierna på den svenska marknaden. Dessa priser kallas Platt's priser och styr inköpspriser för oljebolagen. Platt's priser är angivna i USD. Därför är utvecklingen av växelkursen en viktig del av bränslets prisutveckling.

Ett diagram som visar genomsnittliga oljepriser är Brent futures för råolja och ges i figuren nedan, som visar ett flytande genomsnitt av oljeprisets utveckling. Det nuvarande oljepriset är ungefär 120 USD per fat (21 feb 2012). Under de senaste månaderna har oljepriset pendlat mellan 100 och 125 USD.



**Figur 29** Prisutveckling för råolja under februari 2011 till februari 2012 (Ref. SPBI).

Priset på raffinerad bensin och diesel påverkas av faktorer som efterfrågan i förhållande till raffinaderikapacitet och lagringsvolym i Europa och USA. Det finns ett starkt samband mellan råolja prisutvecklingen och priserna på raffinerad bensin och diesel. Råolja priset styr raffinaderiernas inköpspriser för råvara, vilket i sin tur påverkar försäljningspriset av raffinerad bensin och diesel.

Råolja priset styrs av utbud och efterfrågan på världsmarknaden. Råolja handlas ofta till förutbestämda priser, som kallas "futures". Därför är det inte bara dagens förutsättningar utan också förväntningar om framtiden som kommer att påverka priserna. Politik har en stor inverkan på priset på råolja. När störningar uppstår i världen, kan produktion och transport av olja hotas.

I en sådan situation ökar risken för att efterfrågan inte ska kunna mötas och priserna stiger.

Världsekonomin utveckling påverkar också i stor utsträckning råoljaet. När ekonomin går bra, kan många konsumenter konsumera mer olja med stigande priser. Vädret är också en viktig faktor. Olja pumpas ofta från oljeplattformar till havs och stora stormar på haven kan påverka produktionen och därmed sätta press på priserna uppåt.

Slutligen är det viktigt att komma ihåg att skatterna tar upp en stor del av bensin- och dieselpriiset i Sverige. Energiskatt, koldioxidskatt och moms utgör största delen av bensinpriset och av dieselpriiset. Dessa skatter har ökat år efter år.

Sammanfattningsvis är den viktigaste faktorn som påverkar konkurrenskraften för biomassebaserade drivmedel priset på alternativen, huvudsakligen bensin och diesel. I förlängningen är det således främst politiska beslut kring beskattning av fossila drivmedel samt råoljaet, som uppenbarligen är volatilt, som styr biodrivmedlens konkurrenskraft.

## 10 Diskussionsanalys

### 10.1 Värmländsk massa- & pappersindustri i framtiden

Utvecklingen för massa- och pappersindustrin påverkas till stor del av det som händer i expansiva marknader som Sydamerika och Asien. Tillväxten i dessa regioner är rask, med prognostiserade takter på upp till 4 % årligen fram till år 2020. Det står att jämföra med en förväntad tillväxt i Nordamerika och Europa på cirka 0,5 % (Vinnova, 2009).

En anledning till tyngdpunktsförskjutningen är konkurrensutsättningen av bulkprodukter som tillverkas på den europeiska marknaden. Tillväxtländer kan i vissa fall baserat på sin kortfibriga råvara producera samma produkt till halva priset. Ett exempel är finpapper som exporteras till Europa vilket leder till en ohållbar konkurrenssituation med nedläggningar eller omplacering av kapacitet som följd. Produktionen på hemmamarknaden har därför anpassats till allt mer specialiserade produkter baserade på den nordiska långfibriga råvaran som ger marknadsfördelar och därmed utrymme för gynnsamma prisbilder som täcker höga ved- och energikostnader.

Värmland är för massa- och pappersindustrin världsunik i det att producenter, forsknings och utvecklingsenheter, maskintillverkare och universitet ryms i samma region. Majoriteten av dessa aktörer är del av det branschsammanhållande klustret The Paper Province (TPP). 2010 renommerades TPP av European Cluster Observatory som ett av världens främsta kluster genom att man tar tillvara på den unika kompetensen i regionen och driver utvecklingsprojekt inom bland annat miljö, energieffektivisering, nya innovativa produkter samt kompetensförsörjning och företagstillväxt.

Massa- och pappersindustrin kan genom innovationskraft spela en central roll i klimatomställningen. Politiska initiativ för att nå ambitiöst satta klimatmål innebär sannolikt att det kommer att krävas utbyggnad av biodrivmedelsverksamheten i Sverige. Skogen kommer vara en viktig resurs för uppfyllandet av detta och här har bland annat Rottneros tagit en proaktiv ställning genom att bilda ett joint-venture bolag och utreda förläggandet av ett bioraffinaderi i anslutning till sitt bruk i Rottneros. Huruvida det blir vid Rottneros Bruk är oklart ännu, men sannolikt kommer framtiden visa att en produktion av metanol och/eller DME förläggs vid något av massa- och pappersbruken i Värmland.

Sammanfattningsvis kommer nog branschen att utvecklas mot en mer bioraffinaderibaserad verksamhet. Detta för att diversifiera sitt produktutbud och därmed också sin marknadsnärvaro vilket leder till en minskad påverkansgrad mot riskvariabler såsom pris på handelsvaluta och olja. Utöver detta kommer branschen sannolikt ha en tätposition vad gäller innovation och samarbete vilket gör att Värmland kommer fortsatt vara ett världsklasskluster inom branschen.

## 10.2 Biodrivmedelspotential

Värmland har som redovisat i kapitel 4 en råvarupotential i form av ett uttag av skogsbränsle om 3,1 TWh inom 10 år. Detta motsvarar en effekt om ca 390 MW skogsbränsle, vilket ger nedanstående produktionspotential. Den teoretiska bränsleandelen – hur mycket fossilt bränsle det motsvarar – redovisas också.

Tabell 17 - Biodrivmedelspotential i Värmland.

Produkt	Metanol	DME	FTD	SNG
Bränsle, in (50 % fukt)	390 MW	390 MW	390 MW	390 MW
Bränsle, in (50 % fukt)	1,20 milj ton/år	1,20 milj ton/år	1,20 milj ton/år	1,20 milj ton/år
Årsproduktion	280 000 ton	225 000 ton	35 000 ton nafta 82 000 ton diesel	209 milj Nm <sup>3</sup>
Energimängd per år	1,5 TWh	1,8 TWh	1,4 TWh	2,0 TWh
Teoretisk bränsleandel	170 000 m <sup>3</sup> bensin	185 000 m <sup>3</sup> diesel	45 000 m <sup>3</sup> bensin 100 000 m <sup>3</sup> diesel	220 000 m <sup>3</sup> bensin

År 2010 levererades 1,36 TWh bensin och 2,12 TWh diesel till Värmlands län. Detta står att jämföra med ovanstående siffror för potentialen. I fallet metanol så är den omedelbara potentialen som låginblandning i bensin. Nuvarande reglemente tillåter en maximal inblandning på 3 % vilket innebär att taket för en regional inblandning i bensin snabbt skulle nås. Utöver detta finns en potential att likt etanol distribuera metanol som M85, det vill säga 85 % metanol och 15 % bensin. För detta krävs dock en förändring i reglemente och nuvarande bränslespecifikationsstandarder.

DME är ett bränsle som idag ses som en ersättning av diesel för godstransporter. På grund av sina fysikaliska egenskaper har en specialutvecklad dieselmotor tagits fram av Volvo som för närvarande testas av 10 st lastbilar i ett nationellt fälttest. Potentialen för DME som ersättning för diesel i tyngre trafik är lovande men inte fullt kommersialiserad ännu. Den fordonstekniska utvecklingen måste verifieras och utöver detta måste distributionsnätet byggas ut då det idag bara är utbyggt i den utsträckning som krävs för Volvos fälttest. En kommersialisering inom 10 år med full utnyttjandegrad i länet är inte omöjligt, men kan bedömas som mindre sannolik. Trots utmaningar i närtid kan DME sannolikt bedömas vara en viktig del i vägen mot en fossilfri transportsektor.

Vid produktion av Fischer-Tropsch Diesel erhålls två fraktioner, nafta och diesel där nafta kan klassificeras som en bensinfraktion. Dessa kan båda efter uppgradering distribueras i nuvarande bränsleinfrastruktur och användas i konventionell bensin- respektive dieselmotorteknologi.

SNG har den högsta energiverkningsgraden av de olika produktionsfallen och bilar drivna på fordonsgas finns på marknaden idag. SNG skulle kunna ersätta antingen bensin eller diesel då det representerar en annan form av motorteknologi. Nackdelen med SNG är dock att det idag endast finns ett

tankställe i Karlstad och i ett glesbebyggt län som Värmland måste täckningen öka för att nå en marknadsacceptans som innebär att konsumenter får en ökad benägenhet att köpa gasdrivna bilar. Sammanfattningsvis finns den största potentialen i närtid hos metanol och FTD. Detta då de redan idag kan levereras till kund i befintliga distributionssystem och kan användas i konventionella motorer. SNG och DME är intressanta bränslen men är för regionen inte ännu fullt ut etablerade fordonsbränslen på marknaden, inte minst på grund av den nödvändiga utbyggnaden av bränslelogistiken.

### 10.3 Lokaliseringsstudie

En förläggning av ett bioraffinaderi i den här storleken kräver en del. Anläggningen kommer att hantera stora mängder råvara vilket ställer krav på infrastruktur och logistik och utöver det kommer den att behöva bli av med ansevärliga mängder överskottsvärme. Den här studien har att titta på en förläggning i anslutning till redan befintligt massa- & pappersbruk och/eller fjärrvärmenät. Det skall dock noteras att även om en plats bedöms som lämplig i den här rapporten, krävs långt mycket djupare studier för att fastställa det och realisera det i verkligheten. Rottneros lämnas utanför utvärderingen då de redan har långt gångna planer på att bygga en anläggning i den här storleken för produktion av metanol, något som också beskrivits mer i detalj i denna rapport.

#### Förläggning vid fjärrvärmenät

Det finns idag utbyggd fjärrvärme i följande kommuner i Värmland: Kil, Eda, Torsby, Storfors, Hammarö, Munkfors, Forshaga, Grums, Årjäng, Sunne, Karlstad, Kristinehamn, Filipstad, Hagfors, Arvika och i Säffle. Storleken på dessa nät har tidigare redovisats i avsnitt 5.4.

En anläggning av den här storleken med 300 MW tillförd bränsleeffekt kommer att leverera cirka 450-800 GWh värme vid full produktion på årsbasis vilket innebär att vid en förläggning och integration med ett fjärrvärmenät skulle innebära att anläggningen skulle täcka baslasten och lite till i en medelstor svensk stad. I Värmlands län är Karlstads Energi AB:s fjärrvärmenät det nät som är stort nog för att ta hand om den värmeenergi som avges i en anläggning som denna, utan omfattande bortkylning av överskottsvärme. Dock står Karlstads Energi AB i färd med att få miljötillstånd för en ny anläggning om 100 MW termisk effekt vilken kommer att ta en stor del i värmeleveransen till nätet. Med dessa förutsättningar är det inte realistiskt att på kort sikt förlägga ett bioraffinaderi integrerat till fjärrvärmenätet i Karlstad.

#### Förläggning vid massa- och pappersbruk

En placering av ett bioraffinaderi vid ett massa- och pappersbruk är en intressant lösning. De har ofta en infrastruktur, logistik och en organisation som kan hantera stora mängder råvara och har dessutom ofta möjlighet att ta hand om överskottsvärme, brännbara gasströmmar och processvatten för rening. Eventuell fallande bark kan vid ersättning av en barkpanna användas i bioraffinaderiet som råvara till förgasaren.

De ointegrerade pappersbruken *Nordic Paper i Åmotfors* och *Svanskogs Bruk* bedöms inte som realistiska förläggningsplatser. I Nordic Paper Åmotfors fall så är de redan delägare i en sen 2010 nybyggd panna vars

kapacitet på värmesidan är att leverera cirka 15 MW till brukets torkbehov. Svanskogs Bruk har en årsproduktion av cirka 15 000 ton av kartong och här bedöms det tänkta bioraffinaderiet vara för stort för att kunna dra några riktiga fördelar av ett förläggande i anslutning till bruket.

*Stora Enso Skoghall* utanför Karlstad är ett stort, integrerat massa- och pappersbruk. Tidigare låg Akzo Nobels fabrik granne med bruket, men den anläggningen är nu nerlagd. Akzo Nobels före detta område omfattar totalt 120 000 m<sup>3</sup> och har en utmärkt infrastruktur med vägar, järnväg, hamn och elförsörjning. Nackdelen med den här ytan är att det skulle behövas en omfattande sanering av bland annat kvicksilverförorenad mark innan ett tillstånd för användning skulle kunna ges vilket skulle innebära höga kostnader. Som potentiell förläggningsplats är det dock intressant och med tanke på den nuvarande hanteringen av råvara bedöms inte infrastrukturen och logistiken till och från bruket vara några problem.

Vad gäller integration i övrigt så har bruket idag en sodapanna och två fastbränslepannor samt en gaspanna som alla förser bruket med ånga till värme och elproduktion. Sodapannan är ny sedan 2005 och har en potential att utökas kapacitetsmässigt. Idag sker en export till Karlstads Energis fjärrvärmenät vid behov. Ett bioraffinaderi skulle kunna leverera offgaser till förbränning i mesaugnen, vilket skulle kunna ersätta olja. Vad gäller värmeleveransen täcker idag de pannor som bruket har behovet, men det går förmodligen att balansera det så en avsättning blir möjlig. Eventuellt kan en panna ersättas av ett bioraffinaderi. Alternativt kan man kyla bort värmeeffekt. Tillgång på kylvatten är inga problem. Bruket har utöver detta en vattenrening med hög kapacitet som troligen skulle kunna ta hand om processvatten från bioraffinaderiet. Bruket bedöms som en intressant förläggningsplats ur logistiska och processmässiga perspektiv.

*Billerud Gruvöns Bruk* har valt att inte lämna uppgifter till studien annat än det som finns i redan publicerat material. Utifrån brukets storlek kan slutsatsen dras att infrastruktur, logistik och organisation finns på plats för att hantera stora flöden av råvara. Lastbil, båt eller järnväg kan alla användas för att transportera virke till bruket. Processmässigt är bruket likt Stora Enso Skoghall, det vill säga en integrerad massa- och pappersproducent.

Energimässigt har bruket en ny sodapanna sedan 2001 och en sedan 2006 ombyggd fastbränslepanna som försörjer bruket med el och värme. Den totala elproduktionen uppgick till 711 GWh under 2010 där självförsörjningsgraden var cirka 40 %. 142 GWh värme exporteras idag från bruket enligt skogsindustrierna miljödatabas till närliggande sågverk och fjärrvärmenät. En närmare studie skulle få göras för att bestämma om bruket är en intressant förläggningsplats, men det går nog att dra den preliminära slutsatsen att det med all sannolikhet skulle kunna vara det.

*Nordic Paper Bäckhammar*, beläget i Kristinehamn, är ett integrerat massa- och pappersbruk i mindre skala än de två tidigare nämnda. Ytmässigt finns det stora arealer runt om bruket i form av åkermark som skulle kunna användas för ett bioraffinaderi och råvaruupplag. Bruket hanterar idag betydande mängder råvara och får bedömas ha en infrastruktur, logistik och organisation kring detta. Bruket har en sodapanna och en fastbränslepanna som använder 130 GWh fallande bark/år och resten bränsleflis och viss mängd olja. Pannorna förser bruket med ånga till värme och elproduktion. Under 2010 var brukets totala elförbrukning 197 GWh med en självförsörjningsgrad på cirka 60 %. Bruket har en mesaugn som skulle kunna bränna offgas och därmed ersätta fossilt bränsle. En nackdel är att

inga omfattande ökningar i kylvattenbehov kan tillgodoses under sommartid på grund av ån Vismans låga vattenflöde. Bruket skulle kunna vara intressant om en avsättning för värmen skulle hittas, t.ex. genom att ersätta barkpannan.

*Nordic Paper Säffle* är ett integrerat massa- och pappersbruk. Massabruket är baserat på sulfittprocessen. Bruket har idag två pannor, en som förbränner sulfittjocklut och en biopanna. Dessa förser bruket och samhället med värme i form av ånga och hetvatten. Vad gäller utrymme för en ny anläggning så finns det förmodligen en yta som motsvarar den förväntade anläggningsstorleken i anslutning till bruket. Dock mer tveksamt om det finns ordentligt med plats för lagring av råvara. Huruvida bruket kan ta emot en offgas från anläggningen är beroende på om den kan brännas i den befintliga pannan och hur det i så fall skulle påverka kemikaliebalansen i bruket.

Sammanfattningsvis kan dessa följande slutsatser dras:

- Störst potential: Stora Enso Skoghall, Billerud Gruvöns Bruk och Rottneros Bruk
- Medelpotential: Nordic Paper Bäckhammar och Nordic Paper Säffle
- Låg potential: Nordic Paper Åmotfors och Svanskogs Bruk.

#### **10.4 Biodrivmedelsmarknad**

Sedan många år tillbaka är transportsektorn helt beroende av fossila råoljeprodukter som bensin och dieselolja för att kunna driva fordon och arbetsmaskiner etc. Transportsektorn bidrar kraftfullt till nettoutsläppen av koldioxid och därmed påverkan på klimatet. Råoljebaserad dieselolja och bensin måste således ersättas med andra koldioxidneutrala alternativ. Oftast avses då biobaserade drivmedel.

Också ur försörjningssynpunkt måste nya drivmedel som kan ersätta oljeprodukterna introduceras. Oljan är en fossil och ändlig resurs där knappheten är ständigt aktuell och där utvinningskostnaderna har ökat över tiden och förväntas fortsätta göra det. Det kommer således att komma till en punkt när oljeproduktionen kommer att upphöra – antingen för att olja fysiskt inte längre kan utvinnas eller för att den olja som finns kvar är alldeles för dyr att utvinna.

Även om elektricitet och elfordon är en av flera möjliga sätt att ersätta dieselolja och bensin så måste fler möjligheter beaktas. För att bedöma miljöeffekten av att använda elfordon måste även elens ursprung tas i beaktande och analyseras. Miljönyttan att substituera från bensin/diesel till el är i hög grad beroende av hur elen produceras.

Sedan många år tillbaka pågår forskning och utveckling kring ett antal biobaserade drivmedel där det finns en teknisk möjlighet att ersätta dieselolja eller bensin. Förutom de tekniska frågorna måste även frågor om hur mycket utsläppen av koldioxid (nettoutsläppen) reduceras, energieffektivitet, långsiktig hållbarhet, utnyttjande av land, emissioner etc. belysas och sedan beaktas ur ett livscykelperspektiv.

För att leva upp till kravet om tio procent förnybar energi i transportsektorn 2020 och dessutom ta viktiga steg mot målet om en fossilfri fordonsflotta 2030 är det viktigt att bensinen och dieseln successivt börjar ersättas med hållbara alternativ. För att också utsläppsmål ska uppnås bör dessa alternativ, inte bara vara biobaserade, utan också leda till att nettoutsläppen av

koldioxid kraftigt understiger motsvarande utsläpp om man i stället använt sig av fossila drivmedel. Helt koldioxidneutrala drivmedel kommer det under många år att bli svårt att hitta då det är svårt att försörja hela kedjan från vaggan till graven med enbart grön energi, inte minst om tillverkning av lantbruksmaskiner, skogsmaskiner och transportfordon inräknas i livscykelanalysen.

I 1997 års Kyotoprotokoll till Förenta Nationernas ramkonvention om klimatförändringar lades som mål att minska utsläppen av växthusgaser med minst 5 % jämfört med 1990 års nivåer under åtagandeperioden 2008-2012. Detta mål blev ryggraden i biobränsleindustrins utveckling, i Europeiska Unionen i synnerhet, och i världen i allmänhet. För närvarande har många regioner och länder utvecklat sina egna krav samt nivåer av verkställighet. Lagstiftning och politik är kopplade till miljövinster, men också till andra program såsom landsbygdsutveckling och sysselsättning.



## 10.5 Klimatpåverkan och växthusgasutsläpp

Uppskattningar av växthusgasutsläpp har gjorts för flera tillverkningsprocesser av bland annat Joint Research Centre och flera svenska forskargrupper. Dessa utredningar har resulterats i livscykelemissioner för de mest betydelsefulla växthusgaserna (fossil CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, och N<sub>2</sub>O) uttryckta som CO<sub>2</sub>-ekvivalenter. Detta har publicerats av EU i Förnybartdirektivet i Annex V. Detta ger enkla beräkningsregler för beräkning av växthusgaspåverkan av biodrivmedel mot en jämförelse av dess fossila motpart.

Tabellen visar uppskattade typiska och normalvärden för framtida biodrivmedel som inte är på marknaden eller var det i små mängder vid januari 2008, om dessa producerades med inga direkta markutsläpp från landanvändning.

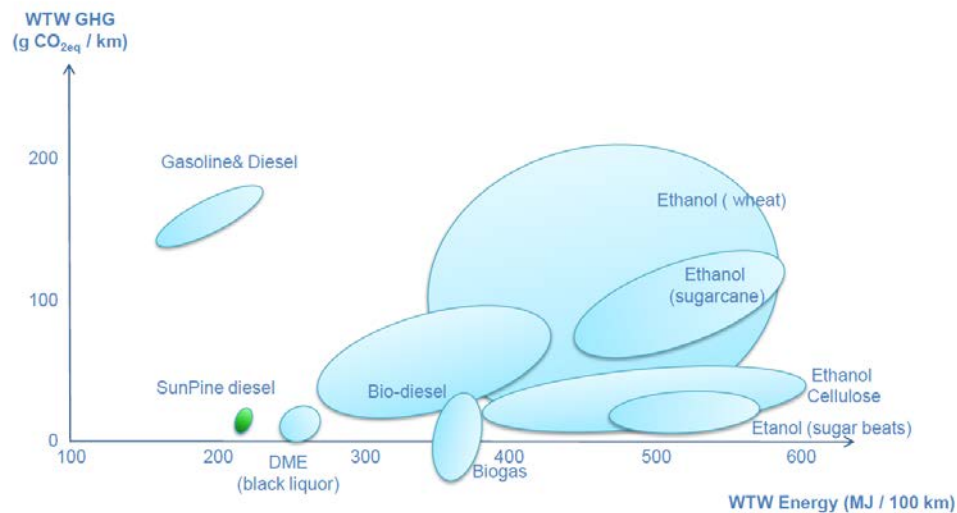
Även andra har studerat klimatpåverkan (Turpeinen, 2009 och Miljöstyrningsrådet, 2009) där värden ges över reduktionen av växthusgaser för intressanta biodrivmedel (utan hänsyn tagen till utsläpp av växthusgaser orsakade av förändringar i markanvändning). Ett aktuellt exempel är FAME där CO<sub>2</sub>-reduktionen är ~50 % ur ett LCA-perspektiv.

**Tabell 18 - Reduktion av växthusgasemissioner under hela livscykeln jämfört med ersatt bränsle för utvalda biodrivmedel.**

Produktionskanal för biodrivmedel	Reduktion av växthusgaser	
	Typvärde	Standardvärde
Biodiesel av raps	45 %	38 %
Etanol av vete	87 %	85 %
Etanol av virkesavfall	80 %	74 %
Etanol av odlad skog	76 %	70 %
HVO av rapsolja	51 %	47 %
HVO av solrosolja	65 %	62 %
HVO av palmolja (oljefabriksprocess med metanavskiljning)	68 %	65 %
DME av virkesavfall	95 %	95 %
DME av odlad skog	92 %	92 %
Metanol av virkesavfall	94 %	94 %
Metanol av odlad skog	91 %	91 %
Fischer-Tropsch-diesel av virkesavfall	95 %	95 %
Fischer-Tropsch-diesel av odlad skog	93 %	93 %

Största delen av utsläppen av växthusgaser kommer från råmaterialet till processerna. Ett aktuellt svenskt exempel med mycket goda värden är produktion av talldiesel. Tack vare att råttaldiesel är en restprodukt och härstammar från skogsråvara som anses CO<sub>2</sub>-neutral ger detta en uppskattad CO<sub>2</sub>-reduktion runt 90 %, se Figur 30.

Talldiesel har här en energiverkningsgrad som är långt bättre än alla andra bränslen och mycket låga utsläpp av växthusgaser (materialet är sammanställt av ÅF-analys med data från Preem, Södra, Concawe och Chemrec). Som exempel räknar Preem med att ha ersatt 100 000 m<sup>3</sup> fossil olja med råtalldiesel. Detta minskar koldioxidutsläppen med omkring 250 000 ton om året, vilket motsvarar utsläppen från 120 000 bilar.



**Figur 30 - Well-to-Wheel-analys (källa till hjul) för flertal drivmedel med exemplifierat hydrerad råtalldiesel (SunPine diesel) som ett bränsle med mycket hög positiv klimateffekt och hög energieffektivitet jämfört med andra bränslen [SunPine, 2011].**

Syntetiska bränslen från biomassa, som förväntas komma ut på den kommersiella marknaden under detta årtionde benämns ofta som tredje generationens biodrivmedel då den kan produceras ur i princip alla sorters biomassa. Nackdelen är den betydligt högre investeringskostnaden för produktionsanläggningen i jämförelse med HVO-produktion (se Tabell 19). Plustecken visar på fördel gentemot det man jämför med och minustecken tvärtom (Kuronen, et al 2007).

**Tabell 19 - För- och nackdelar (+/-) med olika generationers biodrivmedel.**

Generation och epok	Process / Produkt	Råmaterial: Tillgång + pris	Produkt-kvalité	Investerings-kostnad
1:a 1990-talet	Förestring / FAME (RME)	-	-	+
2:a 2000-talet	Hydrering / HVO (Talldiesel, NExBTL)	+	+++	-
3:e ~2010-talet	Förgasning och syntetiska biodrivmedel	++	+++	---

Källa: Kuronen et al, 2007.

Konkurrensen mellan drivmedelsproduktion och livsmedelsproduktion är uppmärksammande. Även uttaget av restprodukter från jord- och skogsbruk är begränsade då jorden inte får utarmas med avseende på mull och spårämnen. HVO-bränslena tar fördelarna från produktionsprocessen och produkttegenskaperna från både FAME- och syntet-bränslena genom att ha en lägre investeringskostnad relativt sett och ändå ha högre produktkvalité än FAME som gynnas av låg investeringskostnad.

## 11 Förklaringar

CTMP	Kemisk termomekanisk massa
DME	Di-metyl-eter
EIB	Europeiska Investeringsbanken
FAEE	Fettsyraetyler
FAME	Fettsyrametyler
FTD	Fischer-Tropsch Diesel
Grot	Grenar och toppar
ha	Hektar
JRC	Europeiska kommissionens gemensamma forskningscenter
kWh	Kilowattimmar
m <sup>3</sup> /sk	Skogskubikmeter
MWh	Megawattimmar
RME	Rapsmetyler
SCB	Statistiska Centralbyrån
SNG	Substitute Natural Gas
SPBI	Svenska Petroleum- och Biodrivmedelinstitutet
TPP	The Paper Province
TWh	Terawattimmar

## 1 Referenser

### 1.1 Internet

[www.aboutdme.org](http://www.aboutdme.org)  
[www.billerud.com](http://www.billerud.com)  
[www.chemrec.se](http://www.chemrec.se)  
[www.energimyndigheten.se](http://www.energimyndigheten.se)  
[www.e-on.se](http://www.e-on.se)  
[www.hilmer.se](http://www.hilmer.se)  
[www.karlstadsenergi.se](http://www.karlstadsenergi.se)  
[www.lansstyrelsen.se/varmland](http://www.lansstyrelsen.se/varmland)  
[www.methanex.org](http://www.methanex.org)  
[www.miljomal.se](http://www.miljomal.se)  
[www.moelven.se](http://www.moelven.se)  
[www.rebio.se](http://www.rebio.se)  
[www.paperprovince.com](http://www.paperprovince.com)  
[www.scb.se](http://www.scb.se)  
[www.skogsindustrierna.org](http://www.skogsindustrierna.org)  
[www.storaenso.com/skoghall](http://www.storaenso.com/skoghall)  
[www.sunpine.se](http://www.sunpine.se)  
[www.svenskfjarrvarme.se](http://www.svenskfjarrvarme.se)  
[www.vinnova.se](http://www.vinnova.se)

### 1.2 Tryckta källor

Ahlvik, P., Berglin, N., Ekbom, T. och Lindblom, M., 2003, *Technical and Commercial Feasibility Study of Black Liquor Gasification with Methanol/DME Production as Motor Fuels for Automotive Uses*, Altener II Report, Contract No. XVII/4.1030/Z/01-087/2001

Ahlvik, P., Boding, H., Brandberg, Å. och Ekbom, T., 2003, *BioMeeT II – Stakeholders for Biomass based Methanol/DME/Power/Heat Energy Combine*, Swedish Energy Agency and European Commission, Altener II Report, Contract No. 4.1030/C/00-014

Boerrigter, H., Zwart, R. et al, 2006, *Production of Synthetic Natural Gas (SNG) from Biomass*, Energy Research Centre of the Netherlands

Brandberg, Å., Ekbom, T., et al, 1997, *Feasibility Phase Project for Biomass-Derived Alcohols for Automotive and Industrial Uses*, Altener Report, Contract No. XVII/4.1031/Z/95-124

Brandberg, Å., Ekbom, T., Hjerpe, C-J., Hjortsberg, H.Landälv, I. och Sävbark, B., 2000, *BioMeeT – Planning of Biomass based Methanol energy combine - Trollhättan region*, Swedish Energy Agency and European Commission, Altener II Report, Contract No. 4.1030/Z/98-368

Ekbohm, T., Hagström, M., Hjerpe, C., Hermann, F., Förstudie för biobaserat flygbränsle för Stockholm-Arlanda Flygplats, 1125, Värmeforsk, Stockholm, november 2009

Ekbohm, T., Berglin, N. och Lindblom, M., 2003, *Black Liquor Gasification with Motor Fuel Production – BLGMF*, Swedish Energy Agency, FALT Program Report, Contract No. P20135

Ekbohm, T., Berglin, N. och Lögdberg, S., 2006, *Black Liquor Gasification with Motor Fuel Production – BLGMF II*, Swedish Energy Agency, FALT Program Report, Contract No. P21384

Ekdahl, E., Lindström, E., Sandgren, A. och Sernhed, K., 2010, *Flytande biobränslen för el- och värmeproduktion*, Värmeforskrapport A08-830

Ekdahl, S., Olsson, M., Brive, L., Sárvari Horváth, Ilona., Edberg, Ann., Luca Kovács, Eva., Söderberg, Peter., 2011, *Mikroskopiska alger som kombinerad koldioxidsänka och energikälla i Sverige*, SYS08-836

Energimyndigheten 2011a, *Transportsektorns energianvändning 2010*, ES 2011:05

Energimyndigheten 2011b, *Vägledning till regelverket om hållbarhetskriterier för biodrivmedel och flytande biobränslen (Version 2.0)*, ER 2011:23

Energimyndigheten 2011c, *Analys av marknaderna för etanol och biodiesel*, ER 2011:13

Energimyndigheten 2011d, *Energiläget 2011*, ET 2011:42

Eriksson, I., Persson, J., 2011, *Potential för skogsbränsle i Värmland – hinder och möjligheter*, SWX-Energi

Eriksson, L., Rehnlund, B. och Yagci, K., 2008, *Biofuels Cities, Vehicle warranties and the use of biofuels*, Senter Novem

Europaparlamentet 2009, *Europaparlamentets och rådets direktiv 2009/28/EG av den 23:e april 2009 om främjande av användningen av energi från förnybara energikällor och om ändring och ett senare upphävande av direktiven 2001/77/EG och 2003/30/EG*, 2009/28/EG

Kuronen, M., Mikkonen, S. et al. *Hydrotreated vegetable oil as fuel for heavy duty diesel engines*, SAE Technical Paper 2007-01-4031

Länsstyrelsen, 2008, *Den regionala klimat- och energistrategin för Värmlands län. Avrapportering av arbetet*, Publ 2008:30

Miljöförvaltningen Stockholm, 2008, *RME – En översiktlig genomgång*, publicerad rapport inom ramen för satsningen ”Miljöbilar i Stockholm”.

Prop. 2008/09:162, *En sammanhållen klimat- och energipolitik – Klimat*

Rehnlund, B., 2007, *Synthetic gasoline and diesel oil produced by Fischer-Tropsch Technology - A possibility for the future*, Atrax Energi för IEA/AMF Annex XXXI

Rehnlund, B., 2008, *Outlook on standardization of Alternative vehicle fuels, Global, regional and National level*, Atrax Energi för IEA/AMF/Bioenergy NoE Annex XXVIII, Sub task Report

Svensson, M., Petersson, A., Held, J., 2009, *Renewable methane – an important aspect when establishing a more diversified sourcing and distribution of energy gas in Sweden*, SGC.

SGC, 2009, *Marknadsförutsättningar för SNG i Sverige och i Europa*, SGC 212

SOU 1996:184, *Bättre klimat, miljö och hälsa med alternativa drivmedel*, betänkande av Alternativbränsleutredningen

STFI-Packforsk, 2008, *Vedråvara, logistik och effektivitet*, Föredrag renserikonferens, Kalmar/Mönsterås.

SunPine, augusti 2011, *Green chemicals and fuels from the forest*, Föredrag av Kiram vid LU Biofuels workshop, Lund.

Vinnova, 2009, *Vedbaserade bioraffinaderier – En fördjupningsstudie om vedbaserade bioraffinaderier inom projektet framsyn och tillväxtområden i svensk exportindustri*, Vinnova Analys VA 2009:09.

## 2 Bilagor

### 2.1 Bilaga A: Frågeformulär för projekt Biodriv

#### Frågeställningar kring möjligheter för bioraffinaderi och biogasproduktion i Värmland 2011-11-24

<b>Pappers- och massabruk</b>	
Pannkapacitet	Pannkapaciteter samt ång- och värmebehov i MW samt ång- och värmeleveranser om möjligt i ton/h och ångtryck i bar? Obs – ej mesaugn
	Vilket bränsle används idag?
	Ålder på pannan?
	Planerade kapacitetsökningar (eller planer för att minska kapaciteten)
	Eget biobränsle som används i den egna pannan, s k fallande bark (i MW och GWh/år)? Obs – ej slam.
Infrastruktur	Lagerkapacitet inom bruken (antal dagar och upptagen area)?
	Hur mycket mark finns tillgängligt vid bruken för en tillkommande industriell anläggning?
	Finns möjlighet att ta ca 6-10 ha industrimark i anslutning till bruket?
Processintegrering	Finns kylvatten tillgängligt?
	En anläggning för produktion av biodrivmedel har möjlighet att leverera offgas. Finns mesaugn där offgas kan förbrännas? Kapacitet och gasbehov (MW)? Bränslekrav (MJ/Nm <sup>3</sup> )?
	Integrering med processvatten krävs sannolikt. Finns processvattenrening? Typ? Kapacitet?
Restprodukter (möjliga substrat för biogasproduktion)	Möjliga restprodukter som är lämpliga som substrat för biogasproduktion är t ex bioslam från reningsverk nollfiber och märkeceller metanol Vilka mängder finns? Torrsubstanshalt (TS)? Glödförlust (VS)? De senare går att antas men uppmätta värden är naturligtvis bättre.
Övrigt	Vilken pelletsproduktion finns inom regionen? Lokalisering och kapacitet?
	Förekommer annan verksamhet inom TPPs medlemsföretag som kan vara intressant att samlokalisera med bioraffinaderi
<b>Sågverk</b>	
Samma frågor i tillämpliga delar	