

Sammanställning av nuvarande och planerad kapacitet för bioraffinaderier i Norden

DELIVERABLE 0.6.1 2020
SVERKER DANIELSSON

Mistra Digital Forest (MDF) är ett forskningsprogram som startades 2019 med visionen att skapa digitala lösningar för en hållbar och effektiv skoglig bioekonomi. Task 0.6 "Bioraffinaderiprocesser" inom MDF syftar till att undersöka möjligheter med att använda digitaliseringen i skogsbruket och bättre information om råvaran i ett vedbaserat bioraffinaderi, som inte bara producerar traditionella produkter som sågade trävaror, papper, kartong och förpackningar utan dessutom något ytterligare. Denna leverabel, D0.6.1, är en sammanställning av bioraffinaderiprocesser baserade på skogsråvara i drift och planerade i de nordiska länderna. Dessutom ingår en skattning av råvarubehov för dessa processer.

Inledning

Ett bioraffinaderi använder biomassa som råvara till en uppsjö av olika produkter, och begreppet är sprunget ur liknelsen med ett oljeraffinaderi med dess komplexa process- och produktportfölj. Med den betydelsen kan varje sågverk, massabruk eller förpackningstillverkare kalla sig själv för ett bioraffinaderi. Vad vi vanligtvis avser med termen *bioraffinaderi* är dock att man gör något som skiljer sig från traditionell tillverkning av sågade trävaror, massa, papper och kartong. Skogsbrukets huvudprocesser som levererar timmer och massaved tillgängliggör biomassa i stora volymer till ett lågt pris som kan användas till råvara till andra typer av produkter som komponenter i nya material, kemikalier eller drivmedel. När man producerar ytterligare produkter genom att anpassa sin process och öka värdet på restströmmar pratar man om ett *bioraffinaderi*. Tanken att nyttja hela trädet till värdeskapande produkter har funnits lika länge som skogsindustrin själv och man har utvecklat produktionen av olika produkter så att så stor del som möjligt går till produkter med högst marginal. Att nyttja råvaran i sågade trävaror är ett effektivt sätt att skapa värde, och man utvecklar metoder för att såga så hög andel av trädet som möjligt, bl.a. genom digitala verktyg. Av de delar som inte går att såga p.g.a. dimensionsbegränsningar, kvistar, grenar och toppar produceras pappersmassa, sedan papper och kartong, och återstoden av trädet nyttjas till energiproduktion i en biopanna eller barkpanna i den traditionella produktionsprocessen. Utöver detta önskar man sig ytterligare produkter från skogen som kan ersätta dagens fossilbaserade material, kemikalier och bränslen.

Vilka produkter som kommer att produceras från skogen har debatterats under lång tid och bioraffinaderier ses som del av lösningen för att ställa om till ett cirkulärt och biobaserat samhälle. Denna rapport sammanställer de producerande enheter av icke-traditionella produkter från skogsråvara som finns i drift i Sverige, Norge, och Finland. I Danmark finns ett antal bioraffinaderier som använder jordbruksrester och livsmedelsrester som råvara. Inget danskt exempel på ett skogsbaserat bioraffinaderi har hittats. Dessutom listar rapporten för oss kända planerade produktionsenheter. Det som ingår i denna sammanställning är produkter från kemiska processer, och inte t.ex. användning av vedråvaran som biobränsle i fast form eller som biogas då dessa anses som traditionella processer.

Bioraffinaderier i Sverige

Bolag	Placering	Råvara	Process	Produkter	Kapacitet per år	Startår
Domsjö Fabriker	Ö-vik	Barrved	Sulfitprocessen	Specialcellulosa	250 000 ton	1903
				Lignosulfonater	120 000 ton	
				Etanol	23 000 m ³	
Kraton Chemicals	Sandarne	Råtallolja	Destillation	Drivmedel och kemikalier	170 000 ton råttallolja	1930
SEKAB	Ö-vik	Skogsavverknings-rester	Hydrolys, fermentering destillering	Etanol	133 m ³	2001
RISE Bioeconomy	Bäckhammar	Svartlut	fällning, filtrering (Valmets LignoBoost)	Lignin	8 000 ton	2006
Preem	Göteborg	Råtaldiesel, fetter, veg oljor	Hydrotreatment	HVO	220 000 ton	2009
SunPine	Piteå	Tallolja	Destillation och hydrocracker	Biolja	50 000 ton	2009
				Talldiesel	100 000 m ³	
				Terpentin	2 000 ton	
LTU Green Fuels	Luleå	Svartlut	Förgasning	Dimetyleter	1800 ton	2011
SCA	Obbola	Svartlut	Ligninuttag + katalytisk hydrering	Ligninolja	3 000 ton	2017
Södra	Mönsterås	Råmetanol	Extraktion med mineralolja,	Metanol	5 000 ton	2020
<u>Anläggningar under projektering eller uppförande</u>						
SunPine	Piteå	Råtallolja	Destillation	Råtaldiesel	50 000 m ³	2020
Preem	Göteborg	Råtaldiesel	Hydrotreatment	HVO	100 000 m ³	2020
Pyrocell (Setra, Preem)	Kastet	Sågspån	Pyrolys	Biolja	25 000 ton	2021

Anläggningar i planeringsfas

Bolag	Placering	Råvara	Process	Produkter	Kapacitet per år	Startår
Ecohelix	Ö-vik	Lakvätska med hemicellulosa	Membranfiltrering och laccaspolymerisering	Polymerer till barriärmaterial	300 kg/vecka	2020
SCA	Östrand	Spån (GROT, bark, svartlut)	Ligninuttag + katalytisk hydrering + ej kommunicerad process	Kolväten (bensin, diesel, jet)	300 000 ton	Tidigast 2022
Lignol (Preem, Rottneros, Renfuel)	ej kommunicerat	Lignin	Ligninuttag + katalytisk hydrering	Ligninolja	300-500 kton	2021
St1, SCA	Göteborg	Tallolja, fetter, veg oljor	Hydrotreatment	Drivmedel	200 000 ton	2022
Preem	Göteborg	Råtalldiesel, fetter, veg oljor	Hydrotreatment	HVO	1 000 000 m ³	2024
SunCarbon	Piteå	Svartlut	Ligninuttag + katalytisk hydrering	Ligninolja	okänt	okänt

Kommentarer till läget i Sverige

Bioraffinaderi som koncept har diskuterats under ett antal decennier i Sverige, och många försök har gjorts och pågår kring att öka värdet på strömmar som idag inte nyttjas fullt ut från skogen. Fram till början av 2000-talet var Domsjö och Kraton (tidigare Arizona Chemicals) – som båda har varit i drift sedan tidigt 1900-tal – de enda fullskaliga bioraffinaderiprocesserna i Sverige. Domsjö använder sulfitprocessen för att producera specialcellulosa som har blivit en allt mer betydelsefull produkt till textiltillverkning när bomullsproduktionen dels inte kan öka mer och dels skulle behöva minska p.g.a. bristande miljö- och arbetsförhållanden. Domsjö säger sig vara världens andra största producent av lignin, med sina 120 000 ton lignosulfonater som levereras främst till betongindustrin. Dessutom produceras etanol till drivmedel. Kraton var länge den enda mottagaren av tallolja från Sveriges (och andra länders) massabruk då de fraktionerar och förädlar den till mer högvärdiga produkter. 2010 fick de konkurrens av Sunpine som använder talloljan till att främst producera drivmedel, och som gynnades av politiska styrmedel. Sunpine planerar nu en utbyggnad för att öka produktionen.

Den fjärde anläggningen i Sverige som producerar i skalan kton/år planeras att starta i Östrand, som även den kommer att producera drivmedel från råttallolja. Den investeringen kan ses som en del av det ökande intresset kring att ta vara på biströmmar i alla processer i värdekedjan.

Utöver dessa fyra stora anläggningar finns det ett antal mindre försöksanläggningar i drift och under planering. Den nyaste igångsättningen av industriell bioraffinaderiprocess är Södras metanolproduktion i Mönsterås. Vid sulfatkokning genereras typiskt ca 15 liter etanol per ton massa som vanligtvis

används internt för energiåtervinning. Mönsterås bruk renar nu sin råmetanol till en kvalitet som kan tillgängliggöras marknaden med en kapacitet på 5000 ton per år och det är den första kommersiella biometanolanläggningen i världen.

En process som inte siktar mot energirelaterade applikationer utan material – och den enda som hittills nyttjar hemicellulosa – planeras att demonstreras under 2020 och utvärderas under två år. Ecohelix producerar polymerer från hemicellulosarika strömmar i massabruket. En fullskalig anläggning kan komma att producera 15 000 ton per år.

Ständig utveckling pågår mot att ta vara på en allt större andel av trädet som råvara till produkter som skapar värde. Längre ner på listan finns de anläggningar som man har kommunicerat kommer att tas i drift de kommande fyra åren. Det handlar om stora volymer biodrivmedel som kommer att produceras från framför allt tallolja och spån. Importbehovet av tallolja kommer att öka i Sverige när dessa anläggningar är i drift.

När nya processer tas i drift för att producera nya produktströmmar måste man komma ihåg att det får konsekvenser för brukets energibalans och innebär att det energiinnehåll som avgår med produktströmmen behöver ersättas med något annat, som ökat intag av bark, grot etc. alternativt minska på producerad grön el från bruket.

De stora installerade och planerade kapaciteterna för produktion av HVO använder idag annan råvara än skogsbaserad till största del såsom vegetabiliska fetter och oljor från livsmedels och jordbrukssektorn. Dock planerar Preem att öka mängden skogsbaserad råvara till HVO och kommunicerar aktivt om dessa stora planer. Det kan därför vara intressant att komma ihåg dessa stora kapaciteter att ta emot råtdiesel och om det blir verklighet får framtiden utvisa.

Bioraffinaderier i Finland

Namn	Placering	Råvara	Process	Produkter	Kapacitet	Startår
Caveiron	Rauma	Tallolja	Destillering	Fettsyror, harts och tallbecksolja	175 000 ton/år	2002
Neste	Porvoo	Fetter, veg.olja	Hydrotreatment	HVO, Biodiesel	380 000 ton/år	2007
Fortum	Joensuu	Sågspån, flis, träavfall	Pyrolys	Bioolja	50 000 ton/år	2013
UPM	Lappeenranta	Råtallolja		HVO, biodiesel	160 000 m ³ /år	2015
Stora Enso	Sunila, Kotka	Svartlut	LignoBoost (Valmet)	Lignin	50 000 ton/år	2015
St1	Kajaani	Sågspån	"Cellunolix", hydrolys, fermentering, destillering och dehydrering	Etanol	10 000 m ³ /år	2017
				Lignin (dessutom mindre mängder terpentin, furfural och koldioxid)	15 000 ton/år	2017
<u>Anläggningar under projektering</u>						
Green Field Nordic 1	Lieksa	Sågspån	Pyrolys	Bioolja	24 000 ton/år	2021
<u>Anläggningar i planeringsfas</u>						
St1/UPM	Pietarsaari	Sågspån	Hydrolys, fermentering, destillering	Etanol	50 000 m ³ /år	2020
UPM	Kotka	Råtallolja	Hydrotreatment	HVO	500 000 ton/år	2022
Nordfuel	Haapavesi	Sågspån	Hydrolys, fermentering, destillering	Etanol	65 000 ton/år	2022
Green Field Nordic 2	Lieksa	Sågspån	Pyrolys	Bioolja	24 000 ton/år	2023
Bioenergo	Björneborg	Sågspån	Hydrolys, fermentering destillering	Etanol, mindre mängder lignin och biogas	50 000 ton/år	2023
KAIDI	Kemi	Energiskog och sågspån	Fischer-Tropsch	HVO, bensin	200 000 ton/år	
Green Field Nordic 3	Lieksa	Sågspån	Pyrolys	Bioolja	24 000 ton/år	2025

Kommentarer till läget i Finland

En stor del av de finska bioraffinaderierna producerar energirelaterade produkter, antingen som bränsle och drivmedel eller som en intermediär till kemiindustrin. StoraEnso använder lignin som produceras i Sunila, dels som biobränsle men även som komponent i lim i specifika sortiment av fiberskivor.

Att kunna använda sin produkt internt underlättar då inga nya affärsupplägg behöver utformas. St1 var först i världen med att använda sågspån till etanolproduktion i kommersiell skala. En process som ser ut att vara lyckosam och kan komma att sprida sig i Nordens alla länder.

Vad som inte finns med på listan men är värt att nämna i detta sammanhang är Metsä Fibres anläggning i Äänekoski som idag har en kapacitet att producera 1,3 Mton barrvedsmassa per år, vilket är bland de största i världen. Äänekoski kallar sin massafabrik för "Bioproduct mill" då de har installerat processer vid sidan av massaproduktionen som tallolja, terpentin och biogasproduktion. Men de är alla i en skala som gör det lämpligt att använda dessa internt på bruket och de anger inte hur stor produktion de har. Ingen annan produkt säljs på marknaden än de traditionella, men det gör bruket till ett av de mest energieffektiva massabruken i världen då det inte använder någon fossilbaserad energikälla och det levererar 2,5 % av Finlands elbehov som grön el.

Bioraffinaderier i Norge

Namn	Placering	Råvara	Process	Produkter	Kapacitet	Startår
Borregaard	Sarpsborg	Gran (Råvarubehov: 320 kton TS massaved)	Sulfit	Cellulosa	160 000 ton/år	1889
				Lignin	168 000 ton/år	
				Vanillin	1 500 ton/år	
				Etanol	20 000 m ³ /år	
<u>Anläggning under projektering</u>						
Silva Green Fuel	Tofte	GROT och spån (Råvarubehov: 1-2 kton TS)	Hydrothermal liquefaction	Biolja	4000 l/d	2021
<u>Anläggning i planeringsfas</u>						
Biozin	Åmli	Vedråvara (Råvarubehov: 400 kton TS spån och flis)	Pyrolys	Biolja, koks	120 000 m ³	Förstudie

Kommentarer till läget i Norge

Borregaard är Norges enda bioraffinaderi och har specialiserat sig på nischprodukter med relativt god marginal. Ingen pappersmassa produceras – istället är det specialcellulosa som används av producenter av celluloderivat som t.ex. acetat, estrar och mikrokristallin cellulosa. Den viktigaste affären för Borregaard är vanillin, men som för alla bioraffinaderier är varje produktsegment helt beroende av att övriga segment fungerar på marknaden.

St1 har ibland fört diskussioner om att starta etanolproduktion från sågspån också i Norge. T.ex. finns ett letter of intent från 2016 med Viken skog att starta en anläggning i Hönefoss men vi har inte hittat konkret information efter detta. Det är troligt att det kommer en etanolanläggning i anslutning till sågverk framöver även i Norge.

Råvarubehov

Hur mycket råvara som krävs och med vilken effektivitet processen går beror på en rad olika parametrar. Skattning av råvarubehov har gjorts av Anna von Schenck och Niklas Berglin på Nina Innovation. Nedan följer en översiktlig sammanställning av råvarubehov som baseras på givna kapaciteter för anläggningen och typiska omräkningsfaktorer för processer för de fall där det har varit känt vilken process som används. Följande antaganden om ungefärliga utbyten för processer har gjorts:

- Pyrolysolja från vedråvara – leverantörerna uppger 60-70% massutbyte från torrs substans i råvaran till oljeprodukten (se t.ex. Benjaminsson, 2013)
- Etanol från vedråvara – 20-25% massutbyte från torrs substans i råvaran till etanol (se t.ex. Energimyndigheten, 2011)
- HVO från råttolja – beror till största delen på andelen fettsyror i råttoljan, typiskt 65-70 % från skandinavisk barrved
- Ligninseparation från svartlut – typiskt möjligt att avskilja 60-80% av ligninet i svartluten (se t.ex. Zhu, 2015). Dock begränsas ligninuttaget av hur mycket sodapannan kan acceptera.
- Hydrotermisk förvätskning (Hydrothermal Liquefaction, HTL) av vedråvara har ett utbyte på 40-45% till en bioolja (se t.ex. Toms P. 2017)

Råvarubehovet för de norska anläggningarna anges i tabellen på föregående sida. Nedan följer en sammanställning av råvarubehovet för de svenska och finska anläggningarna.

Råvarubehov svenska anläggningar

Bolag	Teknik	Leverantör, (process)	Produkter	Kapacitet per år	Råvarubehov per år, skattat	Kommentar
Domsjö Fabriker	Sulfitprocessen	(Natriumsulfit)	Specialcellulosa	250 000 ton	500 ktTS massaved	Råvara gran, samprodukter bl a etanol och biogas
			Lignosulfonater	120 000 ton		
			Etanol	23 000 m ³		
Kraton Chemicals	Destillation	Destillation	Drivmedel och kemikalier	170 000 ton råttallolja	170 kt råttallolja	Tallolja biprodukt från massaproduktion. Ca 25 kg tallolja/ton massa
Preem	Hydrotreatment	Topsoe	HVO	220 000 ton	200-250 kt fetter och vegetabiliska oljor	Vill på sikt öka inblandning av tallolja.
SunPine	Destillation och hydrocracker	Kiram	Biolja	50 000 ton	160 kt råttallolja	Tallolja biprodukt från massaproduktion, ca 25 kg tallolja/ton massa
			Råttalldiesel	100 000 m ³		
			Terpentin	2 000 ton		
Södra	Extraktion med mineralolja,	Andritz "A-Recovery+"	Metanol	5 000 ton		Får ersättas med grot/minskad elprod, värmevärde 22MJ/kg,(ca 15 l MeOH/ton massa)
<u>Anläggningar under projektering eller uppförande</u>						
SunPine	Destillation	Kiram	Råttalldiesel	50 000 m ³	80 kton råttallolja	Utbyggnad
Preem	Hydrotreatment	TOPSOE	HVO	100 000 m ³	100-120 kt fetter och vegetabiliska oljor	Utbyggnad
Pyrocell (Setra, Preem)	Pyrolys	BTG-BTL	Biolja	25 000 ton	35-40 ktTS sågspån	85-90 kton spån/år enl hemsida. Samprodukt koks
<u>Anläggningar i planeringsfas</u>						
SCA	Ligninuttag + katalytisk hydrering + ej kommunicerad process	SCA	Kolväten (bensin, diesel, jet)	300 000 ton	Okänd process, kan vara upp till 1 Mton TS vedråvara + lignin	20% av energin i massabruket används plus extern tillförsel
Lignol (Preem, Rottneros, Renfuel)	Ligninuttag + katalytisk hydrering	Renfuel	Ligninolja	300-500 kton	400-500 kton TS lignin i svartlut	

St1, SCA	Hydrotreatment		Drivmedel	200 000 ton	200-250 kton tallolja, fetter och veg oljor	
Preem	Hydrotreatment	TOPSOE	HVO	1 000 000 m ³	1000-1200 kton fetter och veg oljor	

Råvarubehov finska anläggningar

Namn	Teknik	Leverantör (Process)	Produkter	Kapacitet	Råvarubehov
Forchem	Destillering		Fettsyror, harts och tallbecksolja	175 000 ton/år	175 kton råtallolja
Neste	Hydrotreatment	Neste (NExBTL)	HVO, Biodiesel	380 000 ton/år	400-500 kt fetter och veg oljor
Fortum	Pyrolys	Valmet	Bioolja	50 000 ton/år	75 kton TS spån
UPM		UPM/TOPSOE	HVO, biodiesel	120 000 m ³ /år	130 kton råtallolja
Stora Enso	LignoBoost	Valmet	Lignin	50 000 ton/år	75 kt TS lignin i svartluten
St1	Hydrolys, fermentering, destillering och dehydrering	St1 (Cellunlix)	Etanol	10 000 m ³ /år	40 kt TS spån
			Lignin (små mängder terpentin, furfural och koldioxid)	15 000 ton/år	
Anläggningar under projektering eller uppförande					
Green Field Nordic 1	Pyrolys	BTG-BTL	Bioolja	24 000 ton/år	35-40 kton TS spån
Anläggningar i planeringsfas					
St1/UPM	Hydrolys, fermentering, destillering	St1 (Cellunlix)	Etanol	50 000 m ³ /år	160-200 kton TS spån och returträ
UPM	Hydrotreatment		HVO	500 000 ton/år	1200 ktTS vedråvara och 700 kt vegetabilisk olja från Brassica carinata (tänkt att importeras från Uruguay)
Nordfuel	Hydrolys, fermentering, destillering	Sekab	Etanol	65 000 ton/år	300-325 ktTS sågspån och annan vedråvara
Green Field Nordic 2	Pyrolys	BTG-BTL	Bioolja	24 000 ton/år	35-40 ktTS sågspån
Bioenergo	Hydrolys, fermentering destillering	Sekab	Etanol, mindre mängder lignin och biogas	50 000 ton/år	200 ktTS sågspån och annan vedråvara
KAIDI	Fischer-Tropsch		HVO, bensin	200 000 ton/år	1100 ktTS vedråvara
Green Field Nordic 3	Pyrolys	BTG-BTL	Bioolja	24 000 ton/år	35-40 ktTS sågspån

Möjliga systemeffekter har inte beaktats

Det skall påpekas att antagandena ovan gäller primärt råvarubehov för respektive process utan hänsyn tagen till integrationsmöjligheter, kraftvärmeproduktion osv. För detta skulle krävas mer detaljerade energibalanser för respektive anläggning som inte finns tillgängliga på ett enkelt sätt för denna översiktliga sammanställning. Exempel på indirekta effekter på användningen av skogsråvara är:

- Pyrolyprocessen kan leverera ånga som kan ersätta ångproduktion i en integrerad anläggning (sågverk, fjärrvärme osv), eller användas för torkning av råvaran före pyrolysen.
- Etanolproduktion från vedråvara ger lignin och biogas som viktiga samprodukter och beroende på hur dessa används kan de komma att ersätta skogsråvara i en integrerad anläggning eller i ett mer utvidgat energisystem.
- Ligninuttag från svartlut leder till minskad bränsletillförsel till sodapannan som åtminstone till viss del måste ersättas med annat fastbränsle i t.ex. en barkpanna. Alternativt minska elproduktionen, vilket leder till att mer bränsle måste tillföras någon annanstans i systemet eller från annat energislag.
- Produktion av HVO från råttolja ger harts och beckolja som viktiga samprodukter och beroende på hur dessa används kan de ersätta annan skogsråvara (eller företrädesvis fossil råvara)
- Råvaror med begränsad tillgång som redan idag används i energisystemet (t.ex. sågspån, kutterspån och andra biprodukter) och i stället skulle användas som råvara i bioraffinaderier behöver ersättas med annan skogsråvara, t.ex. grot.

Avslutande kommentar

Utvecklingen av skogsbaserade bioraffinaderier som producerar något utöver de traditionella produkterna – sågade trävaror, massa, papper, kartong och fast bränsle – är i sin linda och endast ett fåtal exempel kan hittas i de nordiska länderna. Trenden är däremot stark, med ett stort antal anläggningar i planeringsfasen i Sverige och Finland som sannolikt kommer att producera allt större volymer.

Vi ser ett starkt fokus på energirelaterade produkter och det är naturligt i tidigt skede av utvecklingen. Råvaruflöden kommer att påverkas av nya planerade stora anläggningar och det handlar framför allt om tallolja, spån och grot. I Sverige är det en övervikt mot tallolja medan Finland ser ut att basera sina stora bioraffinaderiprocesser mera på spån och grot och något mindre på tallolja. Dessa råvaruströmmar används redan idag fullt ut i pellets och andra bioenergirelaterade produkter men nu ser vi alltså en tendens att förädla dem ytterligare.

Referenser

Om inget annat anges har uppgifter i Bioenergitidningen nr 5 2018 använts tillsammans med <https://bioenergitidningen.se/app/uploads/sites/2/2019/12/Biodrivmedel-i-Norden-2019.pdf> och svebio.se. Nedan visas varifrån ytterligare uppgifter har hittats för vissa av de listade produktionsanläggningarna.

Namn	Placering	Referens
Domsjö Fabriker	Ö-vik	http://www.domsjo.adityabirla.com/Sidor/Lignin.aspx , Läst 2020-01-21
RISE Bioeconomy	Bäckhammar	www.ri.se , Läst 2020-01-21
SunPine Preem, Svea skog, Södra, Kiram, Lawter)	Piteå	http://www.affarerinorr.se/nyheter/2018/april/sunpine-bygger-ut-foer-250-miljoner-kronor/ https://www.sunpine.se/ , Läst 2020-01-21
LTU Green Fuels	Luleå	https://www.ltu.se/org/tvm/Avdelningar/LTU-Green-Fuels , Läst 2020-01-21
SCA	Obbola	https://www.sca.com/sv/fornybar-energi/nyheter/2016-02/sca-investerar-i-biodrivmedel-fran-svartlut/
Södra	Mönsterås	https://www.sodra.com/en/about-sodra/press/press-releases/sodra-first-in-the-world-with-fossil-free-biomethanol/
SCA	Östrand	Nina Innovation
Lignol (Preem, Rottneros, Renfuel)	ej kommunicerat	Nina Innovation
St1, SCA	Göteborg	Nina Innovation
Preem	Göteborg	Nina Innovation
Pyrocell	Kastet	Nina Innovation
UPM	Lappeenranta	Pressmeddelande 13/1 2020; https://www.upmbiofuels.com/whats-new/news/2020/01/five-years-at-the-forefront-of-biofuel-development/
StoraEnso	Sunila, Kotka	https://www.storaenso.com/sv-se/products/lignin/lineo , Läst 2020-01-21
St1	Kajaani	https://www.nmbu.no/download/file/fid/34440 , Läst 2020-01-21
Green Field Nordic	Liekka	Nina Innovation, Niklas Berglin personal communication
St1/UPM	Pietarsaari	Nina Innovation, Niklas Berglin personal communication
UPM	Kotka	Pressmeddelande; https://www.upmbiofuels.com/sv/whats-new/alla-nyheter/2018/10/UPMs-eventuella-bioraffinaderi-i-Kotka-har-genomgatt-miljokonsekvensbedomning/
Nordfuel	Haapavesi	https://www.sekab.com/sv/pressmeddelande/finlandsk-miljardsatsning-pa-bioetanol-valjer-sekab-som-teknikleverantor/
KAIDI	Kemi	www.kaidi.fi , Läst 2020-01-21

Ytterligare referenser

Anheden, M. et al. (2016). Value chains for production of Renewable Transportation Fuels Using Intermediates. Report No 2016:05, F3 - The Swedish Knowledge Centre for Renewable Transportation Fuels, Sweden.

Benjaminson et al (2013), "Decentraliserad produktion av pyrolysolja för transport till storskaliga kraftvärmeverk och förgasningsanläggningar", Rapport från Energimyndighetens bränsleprogram.

Statens energimyndighet, "Slutrapport Programmet Etanol från cellulosa", ET2012:52 (2012).

Zhu W, Theliander H (2015) "Precipitation of lignin from softwood black liquor: An investigation of the equilibrium and molecular properties of lignin". BioResources, vol. 10(1), pp. 1696-1714.

Toms P, "Hydrofaction™ Oil: A Solution for Decarbonizing Long-haul Transport", Presentation, From biomass to advanced biofuels, combining Canada's Forestry and Oil&Gas strengths, July 2017.

Mistra Digital Forest finansieras av Mistra och deltagande parter. Forskningsprogrammets vision är att skapa digitala lösningar för en hållbar och effektiv skoglig bioekonomi. Programmet leds av Skogsindustrierna och programparter är BillerudKorsnäs, Holmen, SCA, Stora Enso, Sveaskog, Södra, SLU, IVL, Skogforsk, Umeå universitet samt KTH. www.mistradigitalforest.se