

## Bilag 4 Raffinaderier – Baggrund og barrierer

Baggrundsnotat for Grøn Industrianalyse

**Kontor/afdeling**

Center for Energieffektivisering

**Dato**

17-08-2021

**J nr.** 2021 - 491

/CHVA

### Indledning

Dette bilag er et baggrundsdokument for Grøn Industrianalyse. Bilaget er udarbejdet af Viegand og Maagøe A/S, og fremsatte vurderinger er Viegand Maagøes egne hvis ikke andet fremgår.

Energistyrelsen har af hensyn til offentlig fremstilling af bilaget bortredigeret følgende fra det originale notat fra Viegand og Maagøe A/S:

- Referater fra interviews med nøglepersoner på raffinaderierne er fjernet.

# Notat – Final

**Projekt:** Energistyrelsen  
**Emne:** Grøn Industrianalyse – Raffinaderier  
**Dato:** 27.08.2021

## 1 Indledning

Energistyrelsen er i foråret 2021 påbegyndt arbejder med at vurdere, hvordan de "vanskelige" dele af industriens fossile energiforbrug kan omstilles. Analysen er delt i fire delanalyser, og beskæftiger sig med omstilling af forbruget til Højtemperaturprocesser, Mellem- og lavtemperaturprocesser, Raffinaderier og til Intern transport. De fire analyser er udarbejdet hver for sig, og rapporteret i fire selvstændige notater.

Dette notat er således en del af den samlede analyse og afdækker muligheder og barrierer for omstilling af det fossile energiforbrug i raffinaderier.

Analysen er gennemført af Viegand Maagøe og har omfattet kortlægning af nuværende teknologier og anvendelsesområder med afdækning af muligheder for CO<sub>2</sub>-reduktioner og barrierer herfor. Delanalysen om raffinaderierne bygger på et omfattende litteraturstudie samt kvalitative interview med tre raffinaderier i Danmark. Litteraturstudie og interviews er gennemført i perioden maj-juli 2021. Der har været en løbende dialog med Energistyrelsen undervejs i arbejdet med analysen.

De tre raffinaderier i Danmark (Shell, Equinor og Avista Green) står tilsammen for CO<sub>2</sub>-emissioner på op mod 1 mio. ton/år og udgør således en væsentlig sektor ift. at planlægge, hvordan erhvervslivets CO<sub>2</sub>-emissioner kan reduceres frem mod 2030. Analyserne har først og fremmest omhandlet muligheder for grøn omstilling af raffinaderierne gennem elektrificering og energieffektivisering, men også ift. udviklingen af mere bæredygtige produkter og/eller at anvende andre råvarer.

Nærværende notat sammenfatter analysen for raffinaderier, og de bagvedliggende arbejder er medtaget som følgende bilag:

- Bilag A: Litteraturstudie
- Bilag B: Spørgeguide til kvalitative interview med raffinaderier
- Bilag C: Sammenfatning af interview med Avista Green
- Bilag D: Sammenfatning af interview med Equinor
- Bilag E: Sammenfatning af interview med Shell

## 2 Raffinaderiers energiforbrug

Overordnet skyldes emissioner på raffinaderier først og fremmest afbrænding af "raffinaderigas/fuelgas" i kedler ("heaters") og gasturbiner (el- og varmeproduktion), hvor fuelgassen er et biprodukt fra processering af råolier, som er raffinaderiernes primære råvare.

Sekundært anvender visse raffinaderier naturgas, dels fordi produktionen ved anvendelse af visse råvarer eller under visse produktionsvilkår ikke producerer fuelgas nok til at kunne forsyne sig selv, dels fordi naturgas indgår i fremstillingen af visse produkter, fx propan. Endeligt dannes der også CO<sub>2</sub> i mindre omfang ved afkoksning af ovne, hvilket er en procesemission.

De langt væsentligste energiforbrugende processer på raffinaderier består i destillation<sup>1</sup>, hvor råolie opvarmes og dekomponeres i fraktioner, som efterfølgende samles i forskellige produkter – det kan være benzin, diesellole, gasolie og kerrosen (flybrændstof) m.m.

Destillationen foregår typisk ved temperaturer op til 500°C og opvarmes med den fuelgas, som dannes når råolien "koger". Typisk dækker fuelgassen 70-99% af et raffinaderis termiske energibehov.

Det skal bemærkes, at raffinaderier som udgangspunkt kan være noget forskellige afhængigt af råvaretilgængelighed og produktsortiment og at energibalancen, for eksempel dannelse af fuelgas eller egenproduktion af elektricitet på gasturbiner, derfor kan være forskellig. Således anvendes der i branchen en temmelig avanceret benchmarking-metode (Solomon<sup>2</sup>), som gør det muligt at sammenligne energieffektiviteten på raffinaderier med stor nøjagtighed betinget af en lang række inputparametre. Danske raffinaderier ligger traditionelt højt på skalaen hvad angår energieffektivitet.

### 3 Konklusion

Der kan på baggrund af analyser og interviews drages en række konklusioner om den grønne omstilling af raffinaderier i Danmark.

Generelt står raffinaderier overfor en større omstillingsproces, idet deres produkter, altså fossile brændsler til persontransport, gradvist skal udfases. Prognoserne for denne udfasning er dog langsigtede, hvorfor størstedelen af produktionsvoluminet i Danmark forventes opretholdt frem mod 2030 og i årene umiddelbart derefter<sup>3</sup>.

Inden for disse rammer arbejdes der internationalt med en bred palette af indsatser ift. at opnå reduktioner i raffinaderiernes CO<sub>2</sub>-emissioner, først og fremmest:

- Energieffektivisering
- Elektrificering
- Alternative råvarer
- Alternative produkter
- CC/CCS/CCU
- Øvrige indsatser

En detaljering af disse indsatsområder er givet i litteraturstudiet i bilag A.

#### 3.1 Grøn omstilling af raffinaderier

Undersøgelser og interviews leder frem til følgende konklusioner om potentialer for grøn omstilling af de danske raffinaderier.

Der er en vis forskel på de tre danske raffinaderier, hvorfor potentialet for grøn omstilling også er forskelligt for dem. Avista Green er alene opvarmet med naturgas og de to øvrige stort set alene er opvarmet via fuelgas. Avista Green står dog rent volumenmæssigt for en meget lille del af output fra danske raffinaderier.

<sup>1</sup> En uddybende forklaring af raffinaderiprocesserne kan læses hér: <https://www.eia.gov/energyexplained/oil-and-petroleum-products/refining-crude-oil-the-refining-process.php>

<sup>2</sup> Raffinaderierne benchmarkingmetode er forklaret her: <https://www.solomoninsight.com/industries/refining/worlds-best-refineries>

<sup>3</sup> Fremskrivning af fossile brændsler til persontransport er beskrevet hér: [https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Basisfremskrivning/7a\\_kf21\\_sekternotat\\_-\\_produktion\\_af\\_olie\\_gas\\_og\\_ve-braendstof.pdf](https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Basisfremskrivning/7a_kf21_sekternotat_-_produktion_af_olie_gas_og_ve-braendstof.pdf)

Som sådan giver en traditionel grøn omstilling via effektivisering, elektrificering eller anvendelse af biomasse, som der arbejdes med internationalt, ikke umiddelbar mening i større skala hos de store raffinaderier (Shell og Equinor), da indsatsen vil efterlade en overskydende mængde fuelgas, som så må bortskaffes ved afbrænding ("flaring") med deraf følgende emissioner som ved traditionel udnyttelse.

En undtagelse herfor er dog, at en mindre mængde af fuelgassen (mindre end 10%) vil kunne anvendes til fremstilling af flydende gasser svarende til traditionelle flydende, fossilbaserede gasser (LPG).

Det skal desuden tilføjes, at naturgas bruges i et mindre og varierende omfang på de store raffinaderier. Naturgasen bruges til støttefyring i visse perioder – bl.a. produceres der mindre fuelgas om sommeren, således at fuelgasen ikke kan dække hele opvarmningsbehovet i denne periode og desuden til fremstilling af flydende gasser.

Det anføres, at det vil være muligt at energieffektivisere, bl.a. med varmegenvinding og etablering af nye destillationskolonner, og derved reducere emissioner med ca. 10%. Dette forventes at være muligt med rimelig økonomi, dvs op til 5 års tilbagebetalingstid.

Det er teknisk muligt at elektrificere ovne ("heaters"), som producerer damp til større dele af raffinaderierne. Gøres dette i større omfang vil det, som nævnt ovenfor, efterlade en overskydende fuelgas, som ved flaring danner CO<sub>2</sub>, hvor det dog er teknisk muligt at bruge en del af gassen – måske 10% - til fremstilling af flydende gasser.

Som sådan er de tekniske muligheder for grøn omstilling af raffinaderier dermed begrænset. "Best-case" kan CO<sub>2</sub>-emissionerne måske reduceres med 15-20%, men realistisk set måske kun 5% inden 2030, da planlægningshorisonten for sådanne projekter typiske er meget lang.

Avista Green adskiller sig fra ovenstående konklusioner, da de teknisk set kan elektrificere 100%, men volumenmæssigt/CO<sub>2</sub>-mæssigt udgør de kun en lille del af sektorens samlede emissioner.

Det skal bemærkes, at alle raffinaderier ser store potentialer for at levere overskudsvarme til fjernvarmeformål, hvilket kun Shell gør i dag (og ikke i fuldt omfang). Der er tale om store potentialer – af størrelsesordenen 50 MW varmeeffekt<sup>4</sup> ved høje temperaturer og langt mere såfremt lav-temperatur overskudsvarme udnyttes ved hjælp af varmepumper.

### 3.2 Barrierer ift grøn omstilling af raffinaderier

Det er overordnet vigtigt at forstå, at raffinaderier er meget omfattende og komplekse installationer, som arbejder under store sikkerhedsmæssige foranstaltninger, og derfor har lange planlægningshorisonter, når forbedrings- og omstillingsprojekter kommer på tale.

Således er "vinduet" for at gennemføre ombygninger typisk kun åbent ved "turn-arounds" hver 2. år, hvor førstprioritet som regel er at gennemføre projekter af vedligeholdsmæssig og sikkerhedsmæssig karakter. Dette forhold udgør en væsentlig barriere ift. de omstillingspotentialer, som er beskrevet i afsnit 3.1.

Derudover er det relevant at nævne en indirekte barriere, som er, at begge de store raffinaderier i Danmark – såvel som raffinaderier internationalt - arbejder med planer om fremstilling af nye brændstoffer, først og fremmest:

- Tilsætning af brint fra elektrolyse til berigelse af råolie (reduceret indtag)
- Processering af alternative lettere, syntetiske eller grønnere olier
- Tilsætning af grønne produkter til fossile brændstoffer
- Større P-t-X-projekter med fremstilling af methanol, ethanol, ammoniak (NH<sub>3</sub>) m.m.

Visse af disse planer – for eksempel elektrolyse eller tilsætning af grønne produkter - kan iværksættes i mindre omfang (5-10% af produktionsvolumen).

---

<sup>4</sup> Disse talstørrelser er omtrentlige og baseret på Viegand Maagøe's erfaringer

For de øvrige indsatser (P-t-X) er der tale om investeringer i milliardklassen og med karakter af, at der skal etableres helt nye produktionsfaciliteter, hvorfor de politiske rammebetingelser for øjeblikket udgør en væsentlig usikkerhed/barriere. Konkret nævner raffinaderierne i interviews disse usikkerheder:

- Equinor anfører, at de forventede krav fra EU til dokumentation af "grøn strøm" er af en karakter, som ikke harmonerer med drift af raffinaderikomplekser 24/7/365, hvorfor elektrolyse og fremstilling af brint vil have en svær gang på jorden.

Iflg. Equinor forventes det således, at der fra EU vil blive stillet krav om, at det ved brug af overløbsstrøm fra VE (vind) til fremstilling af brint (elektrolyse) på 15 minutters basis kan dokumenteres, at strømmen er "grøn".

- Den fremtidige prioritering af grønne brændsler til transportformål – for eksempel ammoniak (NH<sub>3</sub>) til skibsfart – er pt. uklar, hvorfor de betydelige investeringer som skal ske hér af Equinor anses som risikofyldte.
- Markedet for en råvare som grønne, syntetiske olier må i dag betegnes om u-udviklet både volumenmæssigt og regulatorisk. Der kan således ikke skaffes råvarer i et omfang som noget nær svarer til de store raffinaderiers behov.

Der er således ikke grundlag for at raffinaderierne pt. kan træffe beslutninger om investeringer, som i væsentligt omfang reducere emissioner fra procesanlæg såvel som i produkter.

## Bilag A: Litteraturstudie

Som en del af analysen er der gennemført et litteraturstudie for at afdække status, planer og barrierer for grøn omstilling af raffinaderier. Litteraturen på området arbejder med en række indsatser og teknologier ift. at sikre en grøn omstilling af raffinaderier, hvilket i hovedtræk omfatter:

- Energieffektivisering
- Elektrificering
- Alternative råvarer
- Alternative produkter
- CC/CCS/CCU
- Øvrige indsatser

Nedenfor uddybes erfaringerne fra disse områder, lige som der henvises til referencelisten sidst i bilaget for yderligere detaljer.

### A.1 Energieffektivisering

Ift. energieffektivisering er det en vigtig konklusion, at raffinaderiers energibalance er forskellig, og at energieffektivisering derfor kan have forskellige potentialer og værdi for raffinaderierne:

- Visse raffinaderier, herunder 2 ud af de 3 danske, er først og fremmest opvarmet med fuelgas, der dannes ved processering af råolien. En øget energieffektivisering vil således resultere i et overskud af fuelgas, som så skal "flares" bort. Det betyder, at emissionerne samlet set vil være uændrede.
- Andre raffinaderier, herunder 1 ud af de 3 danske, anvender stort set kun naturgas til opvarmning. På dette raffinaderi (Avista) vil effektivisering kunne have en vis effekt i det omfang det er økonomisk rentabelt<sup>5</sup>.

De væsentligste teknologier til en mulig energieffektivisering er:

- Øget traditionel varmeveksling/procesintegration – link <https://iea-industry.org/app/uploads/berlin-presentation-rs.pdf>
- Anvendelse af nye varmevekslerteknologier med bedre varmeovergang – link [https://www.alfaval.com/globalassets/documents/industries/energy/crude-oil-refinery/improving-refinery-ram-with-cphes\\_ha-mar-09.pdf](https://www.alfaval.com/globalassets/documents/industries/energy/crude-oil-refinery/improving-refinery-ram-with-cphes_ha-mar-09.pdf)
- Etablering af nye destillationsprocesser ved lavere tryk (vakuum) – link <https://www.eia.gov/todayine-energy/detail.php?id=9130>

Hollandske og amerikanske studier anfører effektiviseringspotentialer på op mod 25% af energiforbruget med tilsvarende reduktion af emissioner. Det konkrete potentiale er dog betinget af energi- og fuelgasbalancen på det specifikke raffinaderi.

For danske raffinaderier må det forventes, at sådanne potentialer er repræsentative, men det skal bemærkes, at de danske raffinaderier generelt ligger godt ift. internationale benchmarks, og derfor vil have lavere potentialer.

<sup>5</sup> Dette raffinaderi er nyopført med maksimal fokus på energieffektive løsninger, hvorfor restpotentialet for energieffektivisering vil være investeringstungt at realisere sammenlignet med gevinsten.

## A.2 Elektrificering

Ift. elektrificering er potentialet som for energieffektivisering bestemt af energi- og fuelgasbalancen på det specifikke raffinaderi:

- Elektriske heaters (elkedler) er teknisk mulige at anvende, og det vil kunne være relevant i det omfang, man erstatter et forbrug af naturgas. Hvis elektrificering derimod betyder, at man fortrænger fuelgas, så står man tilbage med den samme udfordring som ved øget energieffektivisering, dvs. at overskudsgas må "flares" bort med uændrede emissioner til følge.
- Elektrificering med elektrolyse er også muligt. Gennem elektrolysen bliver produktet beriget med brint og derved reduceres råolieindtaget. Der er dog en øvre grænse for dette med de eksisterende råolier, men på den korte bane kan en sådan løsning i mindre omfang have et potentiale.

Pga. temperaturforhold har varmepumper ikke umiddelbart noget større potentiale på raffinaderier. Dog skal visse processtrømme opvarmes ved lavere temperaturer, men det vil kræve en detaljeret kortlægning for at afdække og vurdere potentialer herfor.

## A.3 Alternative råvarer

På baggrund af litteraturstudiet og interview er der fundet flere muligheder for alternative råvarer

- Anvendelse af lettere olier som råvare, hvilket kan reducere emissioner fra selve produktionen med op til 25% reduktion for visse raffinaderier. De danske raffinaderier anvender dog allerede lettere olier, da krav om lavt svovlindhold i produkter fører denne vej.
- Anvendelse af bioolier og syntetiske olier – eksempelvis fra pyrolysning af plastaffald – som supplerende råvare. De danske raffinaderier ser allerede på sådanne muligheder og anfører at markedsforholdene kan udgøre en udfordring – kan alternative olier leveres i ønsket omfang?

Flere plastpyrolyseanlæg og HTL-anlæg er på vej herhjemme, se <https://wpu-dk.com/> og [http://www.biopress.dk/events/PDF/bioenergi\\_2012/Bioenergi\\_2012\\_17.pdf](http://www.biopress.dk/events/PDF/bioenergi_2012/Bioenergi_2012_17.pdf), men i alle tilfælde i lille skala ift. den tonnage et raffinaderi leverer. Shell er således involveret i etablering af en HTL-proces støttet af Innovationsfonden, hvilket på sigt måske kan udgøre 10% af råvareinputtet.

## A.4 Alternative produkter

Produktion af alternative produkter til fossile brændstoffer er et meget omfattende og komplekst område i stor udvikling, som også optager raffinaderierne. Det kan være produkter som ethanol, methanol, ammoniak og P-t-X.

Der er på dette område gennemgående tale om helt nye fabrikker med større milliardinvesteringer. Der er utroligt mange referencer om aktiviteter på dette område, fx:

- Artikel om udviklingsaktiviteter hos Neste – se <https://borsen.dk/nyheder/baeredygtig/braendstofgigant-vokser-ind-i-danmark-eksperter-advarer>
- Artikel om udviklingsaktiviteter hos Shell – se <https://www.energycluster.dk/nyt-konsortium-skal-bringe-produktion-af-baeredygtige-braendstoffer-til-fly-og-skibe-frem-til-kommercialisering/>
- Generelt om marked for nye brændstoffer m.m. <https://dreamgruppen.dk/media/12132/markedsforudsætninger-for-energivarer.pdf>

Der er desuden rygter om, at Equinor i Kalundborg er på vej til at annoncere et større projekt på området.

## A.5 CC/CCS/CCU

Projekter vedrørende CC/CCS/CCU skal ses som en integreret del af indsatser relateret til nye råvarer og produkter, og uddybes ikke yderligere i denne analyse.

## A.6 Øvrige indsatser

Udnyttelse af overskudsvarme til fjernvarmeformål sker allerede hos Shell i Fredericia, hvor op mod 50 MW kontinuert eksporteres til Fredericia by.

Potentialet for at øge leverancen er betydelig, da raffinaderierne (både Shell og Equinor) indfylder af størrelsesordenen 300 MW og hele den energimængde er tilgængelige som overskudsvarme i processer og luftkølere.

I Kalundborg arbejdes der aktuelt med meget store planer for udnyttelse af overskudsvarme, hvor Equinor spiller en helt central rolle.

## A.7 Referencer

- Lidt om planer på amerikanske raffinaderier: <https://www.spglobal.com/platts/en/market-insights/latest-news/oil/011921-feature-us-refiners-hone-carbon-footprint-plans-with-focus-on-renewables>, blandt andet:
  - o om fremstilling af ethanol og biodiesel
  - o om køb af VE-strøm (sol og vind) til raffinaderier
  - o om brug af soya-bønner til fremstilling af bioolie
  - o carbon capture er med i de flestes planer
  
- Om hollandsk raffinaderiindustri (12 gange større end den danske) hér <https://www.dnv.com/cases/carbon-emission-reduction-roadmap-for-refineries-135592>, bla. om elektrificering, hydrogen som fuel m.m. og hér <file:///C:/Users/pmp/Downloads/scientific%20article%20TWH%20Wanders.pdf>
  1. Technologies that reduce the CO<sub>2</sub> emissions of the distillation unit
  2. Technologies that reduce the CO<sub>2</sub> emissions of other refining processes
  3. Processing lighter and sweeter types of crude oil
  4. Heat exchange to residential districts or nearby industries.
  5. CO<sub>2</sub> exchange to greenhouses
  6. Implementation of process integrated cogeneration units
  7. Using renewable energy for electricity requiring processes within refinery
  8. Using renewable energy in combination with power-to-heat or power-to-gas
  9. Feed-in of biofuels within refinery processes
  10. Carbon capture and storage
  11. Carbon capture and utilization
  
- EUs raffinaderiindustri: [https://www.euractiv.com/wp-content/uploads/sites/2/2020/06/DEF\\_EN\\_2020\\_CFFA\\_Narrative\\_digital-1.pdf](https://www.euractiv.com/wp-content/uploads/sites/2/2020/06/DEF_EN_2020_CFFA_Narrative_digital-1.pdf), om net-0 i 2050, herunder:
  - o Udvikling af low-carbon liquid fuels (LCLF)
    - Adskillige typer (affald, halm, diverse afgrøder osv.)
  - o Om elektrificering og CCS
  - o Om policy-spørgsmål ift. at stimulere markedet for LCLF
  - o Om hydrogen – både som additiv og som produkt
  - o Om district heating med overskudsvarme
  
- Om Shell og brint i Fredericia [https://www.energy-supply.dk/article/view/688310/shell\\_og\\_ever-fuel\\_vil\\_bygge\\_kaempe\\_brintfabrik\\_i\\_fredericia](https://www.energy-supply.dk/article/view/688310/shell_og_ever-fuel_vil_bygge_kaempe_brintfabrik_i_fredericia) samt om ENS-støtte til projekt <https://byensejendom.dk/article/bygger-2-brintfabrikker-til-250-millioner-29511>



- Om produktion af bioolie ved pyrolyse <https://www.kemifokus.dk/fremstilling-af-co2-neutral-benzin-og-diesel/>
- Gode eksempler på bioraffinaderier <http://danskmiljoteknologi.dk/wp-content/uploads/pdf/baeredygtig-bio-raffinering-rev-180614.pdf>
- Svensk Ph.D-studie om gasificeret biomasse og hydrogen: <https://core.ac.uk/download/pdf/70598988.pdf>
- Om hydrogen (fra elektrolyseanlæg) som "råvare" til raffinaderier som erstatning for HFO, se <https://www.iea.org/articles/green-refinery-hydrogen-for-europe>
- Eksempel (data) på elektrolyse/hydrogen-projekt, se <https://www.nsenergybusiness.com/projects/lingen-refinery-green-hydrogen-project/>
- God forklaringer om LCFL (low carbon liquid fuels) på dansk [https://www.mynewsdesk.com/dk/drivkraftdanmark/blog\\_posts/raffinaderierne-bliver-afgoerende-for-den-groenne-omstilling-80041](https://www.mynewsdesk.com/dk/drivkraftdanmark/blog_posts/raffinaderierne-bliver-afgoerende-for-den-groenne-omstilling-80041)
- Generelt om elektrificering af raffinaderier:
  - o <https://www.nsenergybusiness.com/features/electrification-heat-processes-industry/>
  - o <https://www.hydrocarbonprocessing.com/magazine/2019/december-2019/columns/heat-transfer-designing-electric-process-heater-systems-for-catalytic-regeneration>
  - o <https://www.tudelft.nl/en/stories/articles/tu-delft-accelerating-the-electrification-of-the-chemical-industry>

**Projekter under EU's Innovation Fund:**

Refineries	Shell project idea	Usage of high temperature electrical furnace for deep decarbonisation.	Netherlands Workshop	Shell
Refineries	<a href="#">Co-Processing</a>	Modification of existing refinery hydro treating unit for continuous, full-year introduction of renewable feedstock as co-feed.	Refineries Workshop	OMV
Refineries	Nuclear magnetic resonance (NMR) crude analyser	NMR analyser for refinery applications to increase data availability for improved process operations.	Refineries Workshop	Sartec
Refineries	Bio-refinery Project	Energy crops and agricultural residues for ethanol and electricity production in Croatia.	Refineries Workshop	INA
Refineries	Waste to Wingtip	Aviation fuel from municipal solid waste (MSW).	Refineries Workshop	British Petrol
Refineries	<a href="#">SkyClean</a>	Pyrolysis of agriculture and forestry products, sequestering of carbon through bio char and production of jet fuels in Denmark.	Denmark Workshop	Stiesdal Fuel Technologies
Refineries	Advanced Biofuels	Production of wood-based renewable diesel and naphtha.	Paper & Bioenergy Workshops	UPM
Refineries	Kotka Biorefinery	Advanced biofuels from new sustainable feedstock such as solid wood biomass and Brassica Carinata by hydro-treatment technology in Finland.	Paper & Bioenergy Workshops	UPM
Refineries	Advanced Bioethanol project	Application of the technology CelluAPP®- conversion of biomass to sugars and bioethanol in Sweden.	Bioenergy Workshop	Sekab
Refineries	<a href="#">REWOFUEL</a>	Conversion of softwood residues into high performance gasoline and jetfuel.	Bioenergy Workshop	Sekab

Refineries	Project DSL-01	Production of sustainable aviation fuels from waste oil through hydrotreated esters and fatty acids technology in the Netherlands.	Bioenergy Workshop	SkyNRG
Refineries	Advanced Marine Biofuel derived from Fast Pyrolysis Oil	A sustainable, low sulphur, 2 <sup>nd</sup> generation, drop-in marine biofuel based on the upgrading of fast pyrolysis oil.	Bioenergy Workshop	Biomass Technology Group
Refineries	DME (dimethyl ether) circle project	Producing dimethyl ether from biomass and residues. Use for DME in heavy-duty fuel cell vehicles.	Bioenergy Workshop	Click Autogas
Refineries	<a href="#">Converted Local Biomass CLB®</a>	Technical imitation of the natural carbonisation process of biomass to coal with final uses in the iron and steel industry and district heating in Germany.	Bioenergy Workshop	Mitsubishi Hitachi Power Systems
Refineries	Direct Processing with <a href="#">Betaprocess</a>	Using sugar beet to produce bioethanol and a pure CO <sub>2</sub> stream for greenhouses in the Netherlands.	Bioenergy Workshop	Dutch Sustainable Development BV
Refineries	Black pellets from biomass residue	Pellets from biomass residue as a potential alternative to coal.	Bioenergy Workshop	Engie Laborelec
Refineries	Proton Power	Jet fuel from sustainable biomass through pyrolysis.	Bioenergy Workshop	Engie Laborelec
Refineries	HS3 based biorefinery	HS3 pre-treatment of biomass.	Bioenergy Workshop	API Europe
Refineries	Agro biomass pre-processing	Cleaning of difficult biomass fuels so that they can be fired in fluidised bed boilers thus replacing fossil fuels in CHP plants.	Bioenergy Workshop	Valmet
Refineries	GreenE project	Use of small-scale gasification systems for the flexible production of methane and biofuels from different waste sources.	Bioenergy Workshop	GreenE
Refineries	HTC Technology	Production of bio-products such as bio coal from bio-waste through hydrothermal carbonisation (HTC).	Bioenergy Workshop	Ingelia

Refineries	Meva Energy industrial-scale modularised gas plant for utilising low cost residue locally	Decentralised gasification of medium density fibreboard (MDF) residue (e.g. sawdust) replacing fossil gas to produce power and heat.	Sweden Workshop	Meva Energy
Refineries/ Bioenergy	Holzgas Kraft-Wärme-Kopplung	Pyrolysis of waste to produce renewable gas, heat for district heating and activated carbon in Austria.	Austria Workshop	Kommunalkredit Public Consulting
Refineries/ Bioenergy	Produktgaserezeugung aus biogenen Abfällen	Gasification of bio-waste to produce syngas, electricity and heat in Austria.	Austria Workshop	Kommunalkredit Public Consulting
Refineries/ Bioenergy	Catalytic pyrolysis	Expansion of the existing bioenergy plant production to include renewable transportation fuel.	Bioenergy Workshop	Valmet
Refineries/ CCS	<a href="#">Preem CCS</a>	On-site demo leading to a roadmap for CO2 reduction in Sweden.	Refineries Workshop	Preem
Refineries/ CCS	BIO-CCUS and CCUS	Use of biogenic CO2 from bio-refinery for enhanced oil recovery (EOR).	Refineries Workshop	INA
Refineries/ CCU	CCU – Green Methanol	Conversion of CO2 into green methanol via hydrogenation with green hydrogen from an electrolysis powered with renewable electricity in Austria.	Refineries Workshop	OMV
Refineries/ components	Dual-fuel application in Heavy Duty Vehicles	A conversion kit for heavy-duty vehicles to operate with diesel fuel and methane.	Bioenergy Workshop	Lombardy Mobility Cluster

- OMV-projektet: se <https://www.OMV.com/en/sustainability/climate-protection/sustainable-fuels-and-chemicals>

## Co-Processing

### Project description, status and CO<sub>2</sub> reduction potential

- Modification of existing refinery hydrotreating unit for continuous, full-year introduction of renewable feedstock as co-feed enabling production of premium quality diesel fuel with renewable share and reduced greenhouse gas footprint
- Since 2016 temporary field test with >5000 tons renewable feedstock co-processed have been successfully completed. Biofuel produced received certification according to RedCert. Currently know-how derived from field tests is transferred to co-processing revamp project, enabling full-year application of co-processing in modified hydrotreater unit.
- Feedstock: Variety of oily biomass such as low ILUC vegetable oil, used cooking oil, free fatty acids, animal fats. In future algae oil or other non-food competing oil plants will be potential feedstock.
- CO<sub>2</sub> reduction potential > 65% in accordance with RED2



3 | OMV Downstream Refining& Petrochemicals, September 2019



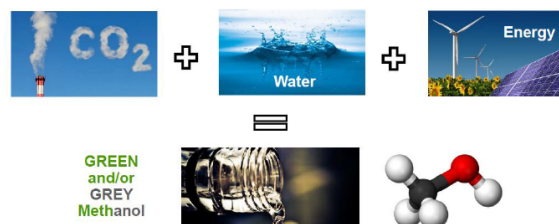
## Green methanol

### Project description, status and CO<sub>2</sub> reduction potential

- OMV pursues the idea to convert a stream of CO<sub>2</sub> from its operations in Austria into green Methanol via hydrogenation with green hydrogen from an electrolysis powered with green power
- Green methanol is a valuable blend stock for OMV's fuel production in Schwechat
- The production 1 t of green methanol absorbs about 1.4 t of CO<sub>2</sub>
- The project is in idea phase. Economics, optimal location, capital requirements, adequacy of CO<sub>2</sub> gas streams and other parameters are currently in investigation

### Next steps

- Analysis of CO<sub>2</sub> stream, lab testing, concept engineering



7 | OMV Downstream Refining& Petrochemicals, September 2019



## Bilag B: Spørgeguide

Viegand Maagøe har udarbejdet denne spørgeguide, som har dannet ramme for interview af de tre raffinaderier.

1. Indledningsvist skal det afklares hvordan emissionerne overordnet dannes på den givne virksomhed:
  - Om raffinaderigas udgør langt størstedelen af emissionerne?
  - Hvad årsagen til dannelse af raffinaderigas er:
    - o Om det er nemt og billigt brændsel?
    - o Eller om det er et nødvendigt biprodukt fra produktionen?
    - o Om det kan undgås eller minimeres?
2. Herefter drøftes konkrete emissioner fra virksomheden
  - Fra raffinaderigas
    - o brændes af i ovne
    - o brændes af i gasturbiner
  - Fra cracking hhv. katalytisk reforming?
  - Fra naturgas
3. Fremskrivning af CO<sub>2</sub>-emissioner til 2030
  - Hvilken udvikling har I haft de senere år?
  - Hvilken udvikling forventer I frem mod 2030?
  - Hvad er virksomhedens position i det danske/skandinaviske/europæiske marked?
  - Hvordan ser jeres ejere jeres udviklingspotentiale og position i markedet<sup>6</sup>?
4. Brugen af raffinaderigas
  - Kan det undgås?
    - o Kan processer omlægges/optimeres så mindre raffinaderigas produceres?
    - o Hvorfor taler man om elektrificering? – hvor bliver gassen så af?
    - o Skal elektrificering ses i kombination med andre tiltag?
  - Kan fuelgas nedbrydes/bortskaffes?
  - Kan forbrug reduceres med bedre varmegenvinding og hvor ender gassen så?
  - Hvad er økonomien i dette?
  - Hvad er barriererne i mod at gøre det?
    - o Teknisk
    - o Økonomisk
    - o Lovgivningsmæssigt
    - o Markedsmæssigt
5. Energieffektivitet:
  - Hvor langt kan man komme med øget energieffektivitet?
    - o Kilder nævner 25-30% reduktion af emissioner?
  - Hvad er løsningerne og teknologierne
    - o Fler-trins destillation (vacuum)
  - Hvad er investeringerne og payback
  - Hvad er barriererne i mod at gøre det?
    - o Teknisk
    - o Økonomisk

<sup>6</sup> Danske raffinaderier er små set i en international sammenhæng og kan derfor have en særlig prioritet ift. udviklingspotentialer indenfor grønne brændsler

- Lovgivningsmæssigt
  - Markedsmæssigt
6. Råvarer:
- Det nævnes i hollandsk studie at andre råolier (lettere) kan reducere emissioner med 25-30%
  - Er der andre potentielle råvarer?
    - Ses der på grøn hydrogen som råvare (elektrolyse)?
  - Hvad er barriererne i mod at gøre det?
    - Teknisk
    - Økonomisk
    - Lovgivningsmæssigt
    - Markedsmæssigt
7. Nye produkter (CO2-neutrale)
- Kan man producere nye produkter på eksisterende anlæg? – og i hvilket omfang?
    - Hvad er der overvejelser om?
    - Hvilke råvarer og produkter taler man om?
    - Omfatter det generelt LCLF (low-carbon liquid fuels)?
    - Brint-produktion – er det reelt nye fabrikker eller kan man genbruge noget fra raffinaderiet?
  - Hvad er barriererne i mod at gøre det?
    - Teknisk
    - Økonomisk
    - Lovgivningsmæssigt
    - Markedsmæssigt
8. Betydning af carbon capture/CCS/CCUS
- Konkrete overvejelser?
  - Hvad er barriererne i mod at gøre det?
    - Teknisk
    - Økonomisk
    - Lovgivningsmæssigt
    - Markedsmæssigt
9. Er elektrificering et emne I drøfter? – og til hvilke formål?
10. Planer ift. større symbioseløsninger (P-t-X m.m.) ala planerne i Fredericia-området?
11. Hollandsk studie (DNV) nævner CCS, hydrogen og elektrificering under eet? – er det kombinationsløsninger vi taler om ift. at nå væsentlige reduktioner?
- Hvad er barriererne i mod at gøre det?
    - Teknisk
    - Økonomisk
    - Lovgivningsmæssigt
    - Markedsmæssigt
12. Generelt:
- I hvilket omfang taler vi om bevarelse af eksisterende anlæg?
  - Hhv. etablering af supplerende anlæg og processer?
  - Hhv. etablering af helt nye produktionsfaciliteter?
13. Om bredere barrierer:
- Er der politiske forhold og rammebetingelser som står i vejen for jeres beslutninger?