



SINTEF



Rapport

Studie på biodrivstoff

Kartlegging og analyser

Forfatter(e):

Kristin R. Sørheim, Per S. Daling, Liv-Guri Faksness

Rapportnummer:

2022:01494 - Åpen

Oppdragsgiver(e)

Kystverket



SINTEF Ocean AS
Postadresse:
Postboks 4762 Torgarden
7465 Trondheim
Sentralbord: 46415000

Foretaksregister:
NO 937 357 370 MVA

Rapport

Studie på biodrivstoff

Kartlegging og analyser

VERSJON
1.0

DATO
2022-12-22

FORFATTER(E)
Kristin R. Sørheim, Per S. Daling, Liv-Guri Faksness

OPPDRAGSGIVER(E)
Kystverket

OPPDRAGSGIVERS REFERANSE
Silje Berger og Hilde Dolva

PROSJEKTNUMMER
302006280

ANTALL SIDER
60

SAMMENDRAG

Målsetting med prosjektet er å utarbeide en "state-of-the art" rapport om biodrivstoff for å bidra med kunnskapsheving omkring transport, import og bruk av biodrivstoff i Norge, samt hvordan Kystverket skal forholde seg til denne type biodrivstoff ved akutt forurensing.

I praksis importeres alt flytende biodrivstoff av type FAME/RME og HVO til Norge, og det meste omsettes i veitransport. Norge har per dato et omsetningskrav til veitransport (24,5%) og luftfart (0,5%), men ingen omsetningskrav for biodrivstoff i maritim transport. Innføring av omsetningskrav for biodrivstoff i skipsfart er under arbeid.

Bruk av flytende biodrivstoff f.eks. biodiesel spiller en sentral rolle framover for å redusere klimagassutslipp fra transportsektoren. Siden biodrivstoff er en noe begrenset ressurs globalt, vil biodrivstoff sammen med alternative fornybare drivstofftyper som elektrifisering/batteri, "grønn/blå" energibærere som hydrogen, ammoniakk og metanol, samt hybride teknologier, være en del av løsningen for å redusere utslipp fra skipsfart i årene som kommer.

UTARBEIDET AV
Kristin R. Sørheim

SIGNATUR
Kristin R. Sørheim
Kristin R. Sørheim (22. des. 2022 10:44 GMT+1)

KONTROLLERT AV
Mari Creese

SIGNATUR
Mari Creese

GODKJENT AV
Trond R. Størseth

SIGNATUR
Trond R. Størseth
Trond R. Størseth (22. des. 2022 11:15 GMT+1)

COMPANY WITH
MANAGEMENT SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
ISO 9001 • ISO 14001
ISO 45001

RAPPORT NR.
2022:01494

ISBN
978-82-14-07974-6

GRADERING
Åpen

GRADERING DENNE SIDE
Åpen

Innholdsfortegnelse

Biodrivstoff: Begrep og forklaringer	4
Summary	6
1 Innledning	8
1.1 Bakgrunn og målsetning	8
1.2 Biodrivstoff til transport i Norge	9
2 Hva er biodrivstoff	11
2.1 Inndeling av biodrivstoff i generasjoner	11
2.2 Klimaeffekt, indirekte arealbruksendringer og bærekraftskriterier	12
2.3 Kjemisk sammensetning	14
2.3.1 FAME (fettsyremetyler)	14
2.3.2 HVO (hydrogenert vegetabilsk olje)	14
2.4 Blandinger	15
2.5 Fremstilling av FAME og HVO	16
3 Bruk av biodrivstoff	17
3.1 I Norge	17
3.1.1 Produksjon og transport	17
3.1.2 Omsetningskrav for biodrivstoff	17
3.2 Utenfor Norge, med fokus på EU	19
3.2.1 Fornybar energi til transport i Europa (EU)	19
3.2.2 Biodrivstoff til transport i Europa (EU)	21
3.2.3 Biodrivstoff til maritim transport	22
3.2.4 Europas (EUs) biodrivstoff-ambisjoner	23
4 Miljøkonsekvenser av utslipp	24
4.1 Fysikalske egenskaper og forvittringsprosesser	24
4.1.1 Fysikalske egenskaper	24
4.1.2 Forvittringsegenskaper	24
4.2 Giftighet av utslipp til miljøet	25
4.2.1 Forurenset jord	25
4.2.2 Utslipp til luft	25
4.2.3 Utslipp i vann	27
4.2.4 Oppsummering toksisitet ved utslipp til miljøet	28

5	Erfaringer med utslipp i Norge.....	29
5.1	Utslipp av 45 000 L biodiesel fra tankanlegget til Eco-1 i Mandal 14.august 2018	29
5.2	Utslipp av biodiesel i Stokke i Vestfold 13.august 2020	30
5.3	Utslipp av 1000 L diesel (HVO) fra Oslo Bymiljøetatens anlegg 22.januar 2022	30
6	Trender framover	31
7	Innhenting av prøver og analyser i SINTEF-laboratoriet	34
7.1	Innhenting av relevante prøver for testing.....	34
7.2	Metoder	36
7.3	Resultater og diskusjon	36
7.3.1	Fysikalske analyser og vannopptak.....	36
7.3.2	Effektivitet av dispergeringsmiddel	38
7.3.3	Kjemisk sammensetning av oljene	40
7.3.4	WAF og toksisitet.....	41
7.4	Oppsummering laboratorieaktiviteter	44
8	Tiltak ved utslipp på sjø for HVO og B100 (FAME)	45
8.1	Kjemisk dispergering	45
8.2	Mekanisk dispergering	45
8.3	Mekanisk oppsamling	45
8.4	Spredning på sjø.....	45
8.5	Monitorering og fjernmåling.....	45
8.6	Supplerende studier relatert til tiltak	46
9	Referanser.....	47
Vedlegg A	Produksjon og transport av biodrivstoff – ekstern kommunikasjon	51
Vedlegg B	Resultater fra analyse av oljene og deres WAFs.....	56
Vedlegg C	Oversikt analyserte komponenter og deres komponentgrupper.....	60

Biodrivstoff: Begrep og forklaringer

Begreper	Forklaringer
Arealbruksendring	Endring i bruken av et areal mellom arealbrukskategoriene som benyttes av FNs klimapanel (skog, gressmark, dyrket mark, våtmark, bebyggelse og annet)
Avansert biodrivstoff	Fremstilles i hovedsak av rester og avfall fra næringsmiddelindustri, landbruk eller skogbruk og kommer ikke fra råstoff som kan utnyttes som mat eller dyrefôr. Det kalles av andre også 2.generasjons drivstoff (Miljødirektoratet)*
Biodrivstoff	Flytende eller gassformig brensel til transport som er produsert av biomasse.
Biodiesel	Biodiesel er en fellesbetegnelse på alle dieseltypene som inneholder fornybare råvarer, for eksempel rapsolje eller slakteavfall
B0-diesel	Autodiesel uten innblanding av FAME (Fettsyre-metylester)
B7-biodiesel	Fossil diesel som inneholder 7% FAME/rapsmetylester (RME). Kalles også autodiesel EN950 B7 (diesel med veibruksavgift)
B100-biodiesel	Biodiesel som består av 100% FAME/rapsmetylester (RME)
Bioetanol	Alkohol som fremstilles ved gjæring av ulike sukkerarter
Biogass	Metanholdig energigass som dannes ved bakteriell nedbrytning av biologisk materiale
Biomasse	Biologisk nedbrytbar del av produkter, avfall og rester av biologisk opprinnelse fra landbruk, skogbruk, fiske, akvakultur og tilhørende næringer, samt den biologisk nedbrytbare delen av industriavfall og kommunalt avfall
Blokkeringspunkt	Temperaturen der et dieseldrivstoff ved gradvis nedkjøling tilstopper (blokkerer) et standardisert prøvefilter ("Cold Filter Plugging Point" (CFPP))
CEN	European Committee for Standardization
CO	Karbonmonoksid
CO ₂	Karbondioksid
cP	Centipoise, enhet for dynamisk viskositet (tilsvarende mPa·s)
Diesel	Diesel er et fossilt (ikke fornybart) brennstoff som lages av råolje og som brukes i forbrenningsmotorer beregnet for dette drivstoffet
DMA	Marin gassolje iht. ISO standard 8217 (2017)
DMB	Marin diesellolje iht. ISO standard 8217 (2017)
DOR	Dispersant-to-oil ratio
EEDI	Energy Efficiency Design Index
EMSA	The European Maritime Safety Agency
EN590	Europeisk standard utgitt av CEN som beskriver de fysiske egenskapene som diesel til biler må oppfylle hvis den skal selges i EU og flere andre europeiske land. Diesel som selges i Norge følger den europeiske standarden EN590.
EU	European Union
FAME	Fettsyre-metylester (Fatty acid methyl Ester)
FET	Field Effectiveness Test. Test som gir en rask kvalitativ vurdering av kjemisk dispergerbarhet til en olje/emulsjon utfra visuelle kriterier
GC-FID	Gasskromatografi -flammeionisasjonsdetektor
GC-MS	Gasskromatografi-massespektrometri
GHG	Greenhouse Gas (klimagasser)
Green Deal	EUs grønne vekst strategi
HEFA	Hydrotreated esters and fatty acids
HVO	Hydrotreated vegetable oil / Hydrogenert vegetabilsk olje (kalles også fornybar diesel og kan være omtalt som HEFA)
HVO100	100 % fornybar diesel (HVO, Hydrotreated vegetable oil)

Begreper	Forklaringer
IEA	International Energy Agency / Det internasjonale energibyrået
IFP-test	Lavenergi dispergeringstest som representerer en sjøtilstand med ikke-brytende bølger (2-5 m/s)
ILUC	Indirect land use change (indirekte arealbruksendringer)
IMO	International Maritime Organization / Den internasjonale sjøfartsorganisasjonen
ISO	International Organization for Standardization
Innblandingskrav	Et påbud om at drivstoffproduktene som selges til sluttbruker skal inneholde en viss andel avansert biodrivstoff
Konvensjonelt biodrivstoff	Fremstilles av råstoff som også kan brukes til å produsere mat eller dyrefôr (landbruksvekster). Dette kalles av noen 1.generasjons drivstoff (miljodirektoratet.no)*
ktoe	kilotonn oljeekvivalenter / kilotonnes of oil equivalent
MARPOL	Den Internasjonale Konvensjonen for å hindre Forurensning fra Skip
MGO	Marine gas oil
LBG	Liquified Bio Gas (flytende biogass)
LCA	Life Cycle Assessment (livsløpsanalyse)
LCF	Low Carbon Fuels
LNG	Liquified Natural Gas (flytende natur gass)
LPG	Liquified Petroleum Gas
mboe/d	Thousand barrels of oil equivalent per day
MGO	Marin gassolje / marine gas oil
mPa·s	Millipascal Second, enhet for dynamisk viskositet (tilsvare cP)
MNS-test	Høyenergi dispergeringstest som er estimert til å tilsvare middels til høy sjøtilstand, dvs. brytende bølger 5-10 m/s
NO _x	Nitrogenoksider
NH ₃	Ammoniakk
NMHC/NMVOC	Summen av alle hydrokarboner/flyktige organiske forbindelser med unntak av metan
NS-EN 15040	Norsk standard for HVO (HVO 100)
NS-EN 14214	Norsk standard for FAME (B100)
OC	Organisk karbon
Omsetningskrav	Formulert mål og krav om å omsette et minimum prosentandel biodrivstoff (flytende) av totalt omsatt mengde drivstoff per år
PFAD	Palm Fatty Acid Distillate (biprodukt fra palmeoljeproduksjon, biodrivstoff basert på PFAD kan ikke dobbeltelles i omsetningskravet (fra 1.jan., 2017)
PM	Partikulært materiale (svevestøv)
RED	Renewable Energy Directive (EUs fornybare direktiv)
RME	Raps-metylester
SAF	Sustainable Aviation Fuels (bærekraftig flydrivstoff)
TC	Totalt karbon
TWh	Terawatttime
Tåkepunkt	Temperaturen der voks i en olje ved nedkjøling begynner å utkrystallisere slik at oljen antar et tåket utseende ("Cloud Point")
UCO	Used cooking oil (for eksempel fritureolje)
UVF	Ultra-violet fluorescence

* Bemerk av definisjoner av de ulike generasjonene av biodrivstoff varierer noe fra kilde til kilde.

Summary

The increased demand of alternative energy sources has triggered primary interest in development of biofuel as a substitute to petroleum-based fuel to alleviate world energy and economic crisis. Dwindling oil reserves, expanding capitalization, increasing fuel prices, and socioeconomic and environmental problems have heightened interest in renewable, affordable energy sources.

This review aims at increasing our knowledge regarding transport, import and use of biofuels in road and maritime transportation in Norway, including Norwegian and international (EU) regulations and targets. It also briefly discusses the environmental impacts of biofuels and summarizes a few accidental releases with biodiesel in Norway. The review is supplied with laboratory analysis and toxicity testing of biofuels, both FAME (fatty acid methyl esters) and HVO (hydrotreated vegetable oil).

Biodiesel is a reasonable alternative to diesel fuels as it is produced from renewable sources and has lower exhaust emissions than conventional petroleum diesel. Biodiesel can be produced from a wide variety of feedstocks, such as soybeans, rapeseeds, fish oil, waste animal fate, tallow, and lard. Another feasible and realistic alternative source of biodiesel is waste cooking oils and fats from the restaurant and food processing industries.

There are four generations of biofuels. They can be characterized by their sources of biomass, their limitations as a renewable source of energy, and their technological process:

1. First generation: retained from edible feedstocks such as vegetable oils from soybeans, sunflowers, and rape seeds, or from animal grease. Oils are extracted from the biomass and converted into biodiesel through transesterification and are often referred to as FAME (fatty acid methyl esters). These edible feedstocks compete with food crops as it requires a certain amount of land area, fertilizers, and water supply. In Norway, all biodiesel with FAMEs used today are based on rapeseed oil (RME), and maximal amount of FAME/RME allowed is 7% (+ 93% conventional diesel).
2. Second generation: non-edible feedstocks such as forest residues and woody biomass are used for the production of biofuels. The main advantage is that the feedstock does not need to be cultivated as it is utilized from waste biomass. HVO (hydrotreated vegetable oil) can also be produced from offal or waste cooking oils and fats from the restaurant and food processing industry. HVO is quite like conventional diesel and can in principle be used in all diesel engines, either alone or in combination with fossil diesel.
3. Third generation: extracted from microalgae biomass (aquatic biomass)
4. Fourth generation: electro fuels where renewable electricity is used for electrolysis of water to green hydrogen and (captured) CO₂. Examples are production of green methanol or green ammonia.

Biofuels were introduced in Norway in 2004, approximately at the same time as EUs directive on biofuels for transport from 2003 was addressed in Europe. One of the targets with the EU directive was to reduce the greenhouse gas (GHG) emissions in the transport sector, and to promote the use of biofuels and renewable fuels. A turnover requirement for biofuels in road transportation was introduced in Norway in 2009, and the demand was 2.5% biofuels of the total volume of the Norwegian annual sales of fuels. Since then, the turnover requirement has increased, and today (2022), the requirement for road transportation is 24.5% (biogas is not included), of which 9% must be within the category advanced biofuels. From 2020, 0.5% of all fuels sold to aviation must be advanced biofuels. The volume of advanced biofuels is counted twice compared with regular biofuels. For now, Norway has no turnover requirement for biofuels in maritime shipping. There is no commercial production of biofuels in Norway, but it is imported, mainly as B100 or HVO, to the main terminals such as Sjørsøya and Slagentangen. From there, smaller coastal tankers transport

fossil diesel blended with FAME and/or HVO to the local terminals along the Norwegian coast (e.g., Kristiansund, Haugesund, Skålevik, Høvringen).

In 2020, the EU has a target to increase the amount of renewable energy in the transport sector from 10% to at least 14%, including at least 3.5% advanced biofuels. IMO (International Maritime Organization) regulates international maritime shipping, and their ambition is to reduce greenhouse gases by 50% within 2050, compared with 2008.

Biodiesel was proposed as a "green" alternative to fossil fuel with the intention of causing lower impact on human health and the environment by reduction of combustion derived hydrocarbons, CO, PAHs, and particulate matter. However, it is apparent that biodiesel toxicity depends on chemical composition and properties of the biodiesel made from diverse feedstocks which in turn can vary considerably. Hence, there is a lack of uniformity in the conclusions reached when studying the effects on terrestrial and aquatic organisms; some studies suggest that the toxicity of fossil diesel exceeds that of biodiesel with increasing amount of fossil diesel in the blend, others have observed that biodiesel (B100) showed the highest level of toxicity.

In laboratory studies performed at SINTEF, the physical properties and chemical composition of five biofuels were measured: three HVO's, one FAME/B100, and one UCO. The three HVOs were quite similar, so just one of them was artificially weathered to 250°C+. The maximal water uptake after 24 hours was measured for B100 and the weathered HVO, there was no water uptake in the HVO, and it was 27% in B100. Dispersant effectiveness (DE) testing showed that the DE was 98 - 100% for B100 using the IFP (low-energy) and MNS (high-energy) test. Weathered HVO showed 100% DE using MNS and a relatively good dispersibility of 61% on IFP.

Biodiesels are considered a low-toxic and environmentally friendly alternative fuel due to its non-hydrocarbon composition, however, this depends on the feedstock, production method and the chemical composition of the final product. The toxicity of biodiesel has not yet been sufficiently investigated. Most published studies of toxic effects of biodiesels are on FAMES or combinations of FAMES and conventional diesel, but their results vary widely. Some studies concluded that conventional diesel was more toxic than biodiesel, others that biodiesel was more toxic than conventional diesel. These observations were done both on terrestrial and aquatic organisms. The limited literature review indicates that biodiesel toxicity depends on the chemical composition and properties of the biodiesel made from diverse feedstocks which in turn can vary considerably.

In our laboratory, acute toxicity testing and chemical characterization of low-energy water accommodated fraction (WAF) of B100 and fresh HVO were performed. The total WAF concentration in B100 was 0.89 mg/L, mainly unresolved complex materials, and in HVO it was 0.43 mg/L, of which 0.34 mg/L was mainly BTEX and C3-benzenes. The acute toxicity to the marine copepod *Calanus finmarchicus* was low. At test endpoint (after 72 h), there was observed 5% mortality in WAF of HVO and no mortality observed in WAF of B100. For comparison: WAFs of two MGOs studied in previous projects had total WAF concentrations of 4.7 mg/L and 10.3 mg/L, and there was observed 100% mortality in both WAFs at test endpoint. Their LC₅₀s were approximately 1.25 mg/L.

1 Innledning

1.1 Bakgrunn og målsetning

Kystverket har forespurt SINTEF Ocean (heretter kalt SINTEF) om å utføre et studie som omhandler kunnskapsinnhenting av biodrivstoff. Dette prosjektet har fokus på **biodiesel** innen maritim transport med hensyn til avbøtende tiltak og målbare miljøkonsekvenser ved uhellsutslipp, men rapporten omtaler ellers biodrivstoff som en felles betegnelse for ikke-fossilt (bio) drivstoff hvor ikke bare biodiesel inngår i betegnelsen. Målsetting med prosjektet er å utarbeide en "state-of-the art" rapport om biodrivstoff for å bidra med kunnskapsheving omkring transport, import og bruk av biodrivstoff til vei-og sjøtransport i Norge. Studiet suppleres med enkle laboratorieanalyser for noen av biooljeprøvene. Nytteverdien er å få mer kunnskap om hvordan Kystverket skal forholde seg til denne type biodrivstoff ved akutt forurensing. Det eksisterer både nasjonale og internasjonale politiske mål og direktiver innen den landbaserte transportsektoren f.eks:

- EU og internasjonale direktiver, politiske beslutninger og tiltak for å redusere klimagassutslipp.
- Norge: Omsetningskrav i bruken av flytende biodrivstoff til vei -og flytransport.

Norsk maritim næring er i startfasen av en storstilt omstilling til en moderne klima- og miljøvennlig skipsfart. Stortingsmeldingen Meld. St. 10 (2020–2021) "Grønnere og smartere – morgendagens maritime næring" stadfester regjeringens mål om reduksjon av klimagassutslipp for innenriks skipsfart. I 2018 utgjorde den globale maritim transport ca. 2,9% av utslipp av klimagasser (IMO, 2020). Norge har, sammen med flere andre land, uttalt at nullutslipp i 2050 (halvering i 2030) er nødvendig for at internasjonal skipsfart skal bidra til å nå Parisavtalens 1,5 graders-mål (Menon, 2022). Dette innebærer i så fall at hele verdensflåten innen denne tidsperioden må gå over til nullutslippsteknologier eller til fangst og lagring av utslippene fra skip. Skipsfartens dekarbonisering har bare så vidt begynt, det er enormt langt igjen. I dag går 95,4% av verdensflåten på konvensjonelle (fossilt) drivstoff. Kun 0,1% av alle fartøyer er nullutslipps (batteri, hydrogen og atomkraft), mens 4,5% av verdensflåten er lavutslippsfartøyer (som biodrivstoff, LNG, metanol, batterihybrid motorer). Det er viktig å understreke at klimagevinsten av å gå fra en konvensjonell dieseldrevet motor til LNG, LPG og batteri-/dieselektriske løsninger er begrenset. Med andre ord skal i praksis alt av verdenstonnasjen dekarboniseres fra nå (Menon, 2022). Dette anses ikke realistisk. Selv Norge, som ligger i front i den grønne omstillingen (1% nullutslipps fartøyer, 23 % lavutslipps fartøyer), har derfor en lang vei å gå.

IMOs (International Maritime Organization) regulerer den internasjonale skipsfarten underlagt FN, og har som mål at utslippsreduksjon for internasjonal skipsfart må følges opp av tiltak som gir betydelig energieffektivisering, utvikling og innføring av lav- og nullutslippsteknologier, og et grunnleggende drivstoffskifte i skipsfarten. Når det gjelder marine drivstoff er IMOs dekarboniseringsstrategi å halvere klimagassutslipp fra internasjonal skipsfart innen 2050, sammenlignet med 2008.

Reduksjon av energiforbruk innen maritim transport er med på å bidra til reduksjon av klimagassutslipp, f.eks. ved å vurdere operative tiltak som optimalisering av skipsdesign (f.eks. mer effektive skrog) og reduksjon av seilingsfart, såkalt slow steaming. Slike tiltak gir en begrenset positiv uttelling, og for å oppnå en betydelig reduksjon av klimagassutslipp må man også gjøre modifikasjoner av selve drivstoffet hvor bl.a. lav-karbondrivstoff inngår som et av flere tiltak. Det kan derfor forventes at såkalt "liquified biofuels" som biodiesel og biometanol vil kunne spille en stadig viktigere rolle i årene fremover som et ledd i politiske beslutninger og direktiver for å redusere klimagasser fra global skipsfart. Dette i tillegg til at det tas i bruk fornybare (nullutslipp) fremdriftssystemer som hydrogen, ammoniakk og batteri-elektrifisering, samt klimanøytral metanol som produseres fra biomasse (biometanol) eller med direktefangst av CO₂ fra luft og grønt hydrogen (e-metanol), eller bruk av hybride lavutslippsløsninger for å redusere klimagassutslipp.

Biodiesel i ren form (B100 eller HVO100) er også svovelfrie og vil kunne bidra til reduksjon av atmosfærisk utslipp av svoveldioksider (SO_x) som er gunstig i henhold til miljøforurensning.

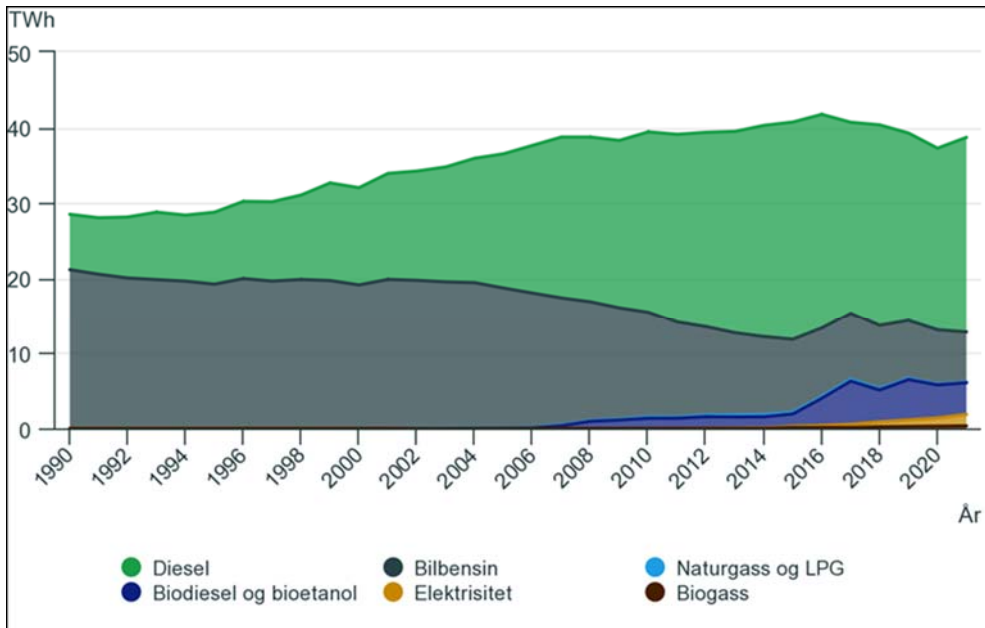
Det finnes tre hovedkategorier av biodrivstoff: Biogass, etanolbensin og biodiesel. Biodiesel er i dag det desidert mest brukte biodrivstoffet for transport. I EU var f.eks. biodiesel den mest brukte fornybare energitypen i 2020, med en andel på 73,8%. Nesten alt biodrivstoff som omsettes i Norge importeres fra utlandet, i hovedsak i ren form, men det kan forekomme at det også importeres ferdig blandet sammen med fossil diesel. Tall fra 2021 viser at 58% av biodrivstoff kom fra USA, 9% fra Tyskland, 9% fra Kina og 3% fra Ukraina (miljodirektoratet.no).

1.2 Biodrivstoff til transport i Norge

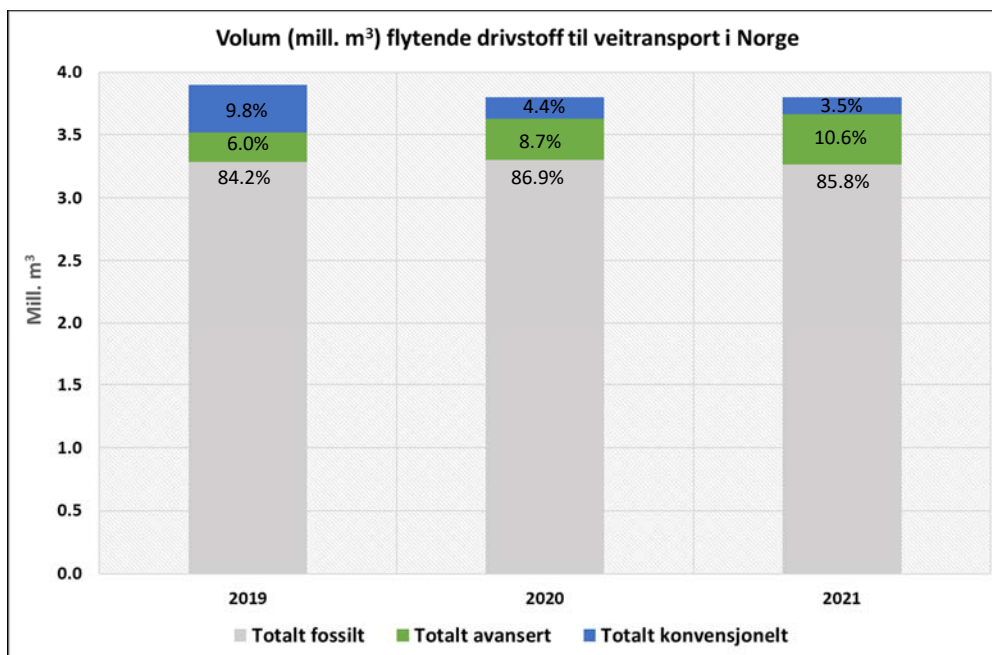
Biodrivstoff ble introdusert i Norge rundt 2004, omtrent samtidig som EUs biodrivstoffdirektiv fra 2003 satte biodrivstoff på dagsorden i hele Europa (SSB, 2019). Målsetningen med direktivet var blant annet å redusere klimagassutslipp i transportsektoren og stimulere næringslivsutvikling. I 2004 utgjorde biodrivstoff kun 0,1% av den samlede drivstoffomsetningen til veitransport i Norge. I april 2009 fikk man for første gang et omsetningskrav for biodrivstoff til veitransport. Kravet var den gang 2,5% av alt omsatt drivstoff. Omsetningskravet har stadig økt, og i 2017 var kravet til innblanding av flytende biodrivstoff steget til 7,25%, i 2018 var kravet på 10% (SSB, 2019) mens i dag er omsetningskravet for veitransport på 24,5% (miljodirektoratet.no). For 2018 var det et delkrav at 1,75% av alt omsatt drivstoff skulle være innenfor kategorien *avansert biodrivstoff*, mens i 2022 er dette omsetningskravet på 9%. Avansert biodrivstoff teller dobbelt i oppfyllelsen av omsetningskravet på 24,5%, og dersom man kun bruker avansert biodrivstoff holder det å blande inn i overkant av 12%, se kap. 3.1.2.

Frem til rundt 2004 var drivstoff til veitransport nesten utelukkende fossilt brensel. Det fossile forbruket steg jevnt til 2007, men begynte deretter å flate ut eller synke samtidig som innblandingen av biodrivstoff begynte å stige (Figur 1-1). I 2017 var det en markert nedgang i forbruk av bensin og diesel noe som skyldes rekordhøyt bruk av biodrivstoff dette året. Det ble brukt rundt 660 millioner liter biodrivstoff i veitransport i 2017 som utgjorde 18% av drivstofforbruket til veitransport. En konsekvens av dette var en markert nedgang i de beregnede CO₂-utslippene fra veitransport dette året. I 2018 gikk forbruket av biodrivstoff ned med 30% fra året før til om lag 500 millioner liter, som utgjorde 12% av totalt volum. Samtidig falt andelen biodrivstoff produsert av palmeolje fra 46% i 2017, 19% i 2018, og til 0,4% i 2020. Andelen *avansert biodrivstoff* økte fra 21 til nesten 40%, målt som andel av total mengde biodrivstoff (SSB, 2019).

I 2021 utgjorde biodrivstoffinnblandingen omtrent 14% av alt flytende drivstoff som ble brukt til veitrafikk i Norge. 75% av biodrivstoffet til veitrafikk var avansert (laget av avfall og rester), men kun 1% var laget av norsk råstoff. (miljodirektoratet.no). Figur 1-2 viser forbruk av flytende drivstoff derav fossilt, avansert biodrivstoff og konvensjonelt biodrivstoff i veitrafikk i Norge fra 2019 til 2021, basert på tallmateriale fra miljodirektoratet.no. Figuren viser en klar økning av andel avansert biodrivstoff i forhold til konvensjonelt biodrivstoff (se prosentvis fordeling i parentes, Figur 1-2).



Figur 1-1 Energiforbruk til veitranport etter energiprodukt, 1990-2021 i Norge (SSB, 2022).



Figur 1-2 Forbruk (million kubikk) av flytende drivstoff i veitrafikk i Norge fra 2019-2021. Prosentvis fordeling mellom totalt fossilt drivstoff, totalt avansert biodrivstoff og totalt konversjonelt biodrivstoff er vist i figuren (tallmateriale fra miljodirektoratet.no).

2 Hva er biodrivstoff

Biodrivstoff (biofuels) er en fellesbetegnelse for drivstoff som er fremstilt av biologisk materiale fremfor fossile energibærere. Det skilles mellom kategoriene konvensjonelt og avansert biodrivstoff, både etter hvilket råstoff som benyttes og etter produksjonsmetode. *Konvensjonelle* biodrivstoff vil si at råstoffene som er brukt til produksjon av drivstoffet kunne også vært brukt til å produsere mat eller dyrefôr. Dette kalles første generasjons biodrivstoff. For å unngå konflikt med matproduksjon er det etablert et regelverk som begrenser bruk av slikt biodrivstoff. *Avansert* biodrivstoff er basert på råstoffer fremstilt av rester og avfall fra næringsmiddelindustrien, landbruk eller skogbruk. Disse råstoffene er ikke i konflikt med produksjon av mat eller dyrefôr.

Biodiesel er en fellesbetegnelse på alle dieseltypene som er fremstilt fra fornybare råvarer for eksempel fra rapsolje eller slakteavfall. Biodiesel kan bestå av FAME (fettsyre-metylester) fremstilt av planteolje (for eksempel raps og soya), eller animalske oljer/fettstoffer, eller som fornybar diesel HVO (hydrogenert vegetabilsk olje). I tillegg til biodiesel finnes det flere typer biodrivstoff (miljodirektoratet.no) som kan nevnes her:

- Biogass: metanholdig energigass som dannes ved bakteriell nedbrytning av biologisk materiale. Råstoffene som benyttes i Norge er vanligvis organiske avfallsfraksjoner, som for eksempel fra husholdningsavfall, fiskeoppdrett, trevirke og avløps slam. Eksempel: biogass produksjon på Skogn i Trøndelag produserer flytende biogass drivstoff (LBG) med en kapasitet på 25 mill. m³ LBG, som anvendes som drivstoff i busser, tungtransport og ferger.
- Bioetanol: alkohol som fremstilles ved gjæring av ulike sukkerarter. Råstoff er som regel sukker- og stivelsesholdige vekster, som for eksempel mais, hvete, sukkerrør eller rester og avfall fra treforedling. Erstatte bensin eller blandes med bensin i bensinmotorer.
- Bionafta: lages av vegetabilske eller animalske oljer som for eksempel raps, palmeolje, brukt fritryolje, slakteavfall eller tallolje fra treforedling.

Biodiesel (FAME) eller fornybar diesel omtalt som HVO, kan blandes inn i fossilt drivstoff eller kan erstatte bruken av fossilt drivstoff. HVO er svært lik konvensjonell fossil diesel og kan i prinsippet anvendes direkte (HVO 100 dvs. ren HVO) i vanlige dieselmotorer for veitransport. Det er ikke alle bilprodusenter som aksepterer bruk av HVO100 (NS-EN 15040) selv om avviket fra standarden for diesel, EN590, er litt lavere egenvekt, dvs. 0,765 – 0,8 kg/m³ på HVO sammenlignet med 0,8 – 0,86 kg/m³ på fossil diesel.

Som beskrevet i nye.naf.no er FAME basert på rapsolje godt egnet for bruk i lave temperaturer på nordlige breddegrader for å beholde kuldeegenskaper i dieselen. Av den grunn er biodiesel av typen FAME som benyttes i Norge basert på raps såkalt RME (Raps-Metylester). Diesel som selges i Norge følger den europeiske standarden EN590 og kan maksimalt inneholde 7% av FAME/RME, og er omtalt som B7-diesel. Tilsvarende tall for fornybar diesel (HVO) kan være mye høyere f.eks. i størrelsesorden 30-50%. Hvor mye HVO som blandes inn i fossil diesel vil derimot variere med sesong, geografi og logistikk rundt forsyning av diesel. Noen drivstoffleverandører leverer dieselkvaliteter med både FAME/RME og fornybar HVO, f.eks. en blanding bestående av 2% RME, 30% HVO og 68% fossil diesel. Biodiesel i form av ren FAME eller RME (omtalt om B100) derimot krever at motor- og drivstoffsystem er spesialtilpasset.

2.1 Inndeling av biodrivstoff i generasjoner

Innenfor biodrivstoff snakkes det om *biodrivstoff i generasjoner* hvor disse er inndelt i ulike generasjoner (TØI, 2016 og SINTEF, 2017). Merk at definisjonene av de ulike generasjonene av biodrivstoff varierer noe fra kilde til kilde.

1. generasjons biodrivstoff stammer hovedsakelig fra sukker, fettstoffer eller stivelse direkte fra plantene. Førstegenerasjons biodiesel produseres ofte av oljebaserte råvarer som raps, soya eller palmeolje (faset ut i Norge fra 2020), mens førstegenerasjons bioetanol produseres av råvarer som sukkerrør, sukkerroe, frukt, mais, hvete og poteter. Avlingen er ofte i direkte konkurranse med bruk av arealene til matproduksjon. FAME er første generasjon biodrivstoff.

2. generasjons biodrivstoff stammer hovedsakelig fra cellulose/tremasse, hemicellulose eller pektin, dvs. hele eller deler av planter og trær som ikke kan spises. Her brukes hovedsakelig avfallet fra skogbruk, jordbruk eller husholdninger som basis for biodrivstoffproduksjonen, men til dels også noen rotasjonsavlinger eller raskt voksende gresstyper. Her kan i større grad hele planten brukes, og produksjonsprosessen er mindre energiintensiv. HVO kan både være produsert av planter og andre biomasser som slakteavfall.

3. generasjons biodrivstoff stammer blant annet fra videre prosessering av 2. generasjonsdrivstoff samt bruk av alger og lignende (dvs. akvatisk biomasse). Dyrket på arealer mer eller mindre uegnet til matproduksjon. Per i dag er bruk av akvatisk biomasse på forskningsstadiet og det er ingen produksjon. For eksempel tang og tare inneholder mye vann slik at kun ca. 5% tørrvekt går med til videreprosessering, dvs. at det vil kreves store mengder av denne biomassen for å produsere biodrivstoff til kommersielt bruk (ref. muntlig kommentar fra SINTEF Energi). Storskala taredyrking kan gi muligheter for både fangst og lagring av karbondioksid fra atmosfæren.

4. generasjon er elektrofuels (e-fuel), der en bruker fornybar strøm til elektrolyse av vann til grønt hydrogen og (fanget) karbondioksid. Eksempel er produksjon av grønn metanol eller grønn ammoniakk.

For at et biodrivstoff skal være avansert må drivstoffet være produsert fra bærekraftig råstoff, ha visse krav til karbondioksidreduksjon og ikke bidra til direkte eller indirekte endring av landbruk. Det er flere måter et biodrivstoff kan være avansert på som for eksempel omtalt i TØI, 2016:

- Biodrivstoff produsert fra bl.a. lignocellulose (dvs. avfall fra jord/skogbruk), gress, alger eller industriavfall.
- Biodrivstoff med lavt karbondioksid (CO₂) utslipp eller en høy GHG (Greenhouse gas/klimagass) reduksjon.
- Biodrivstoff med null eller lav ILUC (Indirect Land Use Change / indirekte arealbruksendringer)-verdi. Dette er ofte biodrivstoff produsert ved hjelp av mer avanserte prosesser, som for eksempel HVO.

SINTEF (2017) har oppgitt følgende inndelinger for avansert biodrivstoff:

1. Råstoff: der avansert biodrivstoff tilsvarer andre generasjon og oppover. Et eksempel her er FAME produsert av brukt frityrolje, noe som per definisjon er avfall.
2. Produksjonsteknologi: det brukes for teknologier som er dyrere og mer krevende, for eksempel bioetanol av lignocellulose eller gassifisering etterfulgt av Fischer-Tropsch (gassifisering av råstoff fra biomasse med påfølgende syntese til flytende eller gassformig biodrivstoff).
3. Kvalitet i forhold til fossilt som f.eks. HVO. HVO kan produseres av avfall (fett eller brukt frityrolje) eller matoljer, som raps eller palme. I dette eksemplet er selve drivstoffet det samme, men siden det brukes forskjellige råstoff, har det forskjellig miljøpåvirkning.

Avansert biodrivstoff inkluderer også slakteavfall uegnet til dyrefôr, og ifølge Miljødirektoratet utgjør slakteavfall som råstoff til flytende biodrivstoff til veitransport mer enn 50% (se Figur 3-2).

2.2 Klimaeffekt, indirekte arealbruksendringer og bærekraftskriterier

Klimaeffekt: Biodrivstoff kan bidra til å redusere klimagassutslipp. Biodrivstoff har derimot et noe lavere energiinnhold enn fossilt drivstoff. Energiinnholdet i biodiesel og bioetanol er henholdsvis rundt 85 og 60% av energiinnholdet i fossil diesel og bensin (SSB, 2019). Det vil si at innblanding av biodrivstoff kan føre til litt

økt mengdeforbruk av drivstoff. Men utslipp fra biodrivstoff inngår ikke i CO₂-regnskapet eller i utslippsstatistikken. Ved bruk av biodrivstoff vil utslippet av karbondioksid inngå i naturens naturlige kretsloop (fotosyntesen). Dersom arealer blir forvaltet på en bærekraftig måte vil CO₂, som slippes ut ved høsting og forbrenning, tas opp i nye planter og trær som vokser opp. I følge drivkraftnorge.no er biodrivstoff per i dag den største årsaken til utslippsreduksjoner av klimagasser fra veitransport i Norge.

Ifølge Miljødirektoratet blir klimaeffekten av biodrivstoff vurdert på ulike måter, avhengig av om man vurderer direkte utslipp fra bruk av biodrivstoff i Norges klimagassregnskap eller utslippet til biodrivstoffet i et globalt perspektiv (livsløpsutslipp). I henhold til reglene for nasjonale klimaregnskap fra FNs klimakonvensjon, bokføres utslipp av CO₂ fra forbrenning av biomasse som null i energisektoren. Alt utslipp og opptak av CO₂ tilknyttet biomasse, inkludert høsting, hogst, forbrenning og dyrking, rapporteres i sektoren landbruk, skogbruk og annen arealbruk. Dersom man teller utslippene også ved forbrenning i transport vil det bli telt to ganger. Det betyr at bruk av biodrivstoff føres som null utslipp av CO₂ i transportsektoren på det norske klimaregnskapet. Biodrivstoff er med andre ord klimanøytral da karbon som frigjøres ved forbrenning allerede inngår i naturens kretsloop.

Indirekte arealbruksendringer (Indirect land use change, ILUC) innebærer at det blir produsert råstoff til biodrivstoff på arealer hvor det tidligere ble produsert mat. Dette medfører at matproduksjonen må flyttes, og dermed må nye jordbruksarealer utvikles. Dersom denne arealbruksendringen fører til avskoging eller drenering av myr vil dette medføre utslipp av klimagasser. Risikoen for indirekte arealbruksendringer er først og fremst knyttet til biodrivstoff fremstilt av konvensjonelle råstoff (dvs. råstoff som også kan brukes til mat og fôr). Biodrivstoff fra oljeholdige vekster har betydelig risiko for ILUC-utslipp. Dette gjelder særlig for palmeolje, og til dels soya. EU har definert palmeolje som et råstoff med stor risiko for indirekte arealbruksendringer. Sukker- og stivelsesholdige vekster har generelt lavere risiko for ILUC-utslipp enn oljevekster, selv om det også er forskjeller mellom vekster, land og produksjonsmetoder (miljodirektoratet.no).

Bærekraftskriterier skal fremme bærekraftig produksjon av biodrivstoff og flytende biobrensler og er en del av EUs fornybardirektiv (RED, Renewable Energy Directive). For at biodrivstoff skal regnes med for innfrielse av omsetningskravet (kap. 3.1.) og i fornybarberegninger må det oppfylle visse bærekraftskriterier. Norge har innført EUs fornybardirektiv (RED) og forpliktet seg til at andelen fornybar energi brukt i transport skulle være minimum 10 prosent i 2020 (SSB, 2019). Biodrivstoff som benyttes for å oppfylle omsetningskravene i Norge må derfor tilfredsstillende EUs bærekraftskriterier. Bærekraftskriteriene består av to deler: (miljodirektoratet.no)

1. **Krav om reduksjon av klimagassutslipp.** Det må dokumenteres at biodrivstoff gjennom livsløpet reduserer de totale klimagassutslippene med minst 50% sammenlignet med livsløpsutslippene fra fossil bensin og diesel. Nye produksjonsanlegg for biodrivstoff må oppfylle krav om 60 % reduksjon i klimagassutslippene.
2. **Arealkrav.** Arealkrav sikrer at råstoff til biodrivstoff ikke er dyrket på arealer som har høy biodiversitet eller et høyt karboninnhold. Man må dokumentere at man ikke har hugget regnskog eller drenert myr for å skaffe areal til råstoff produksjon. Biodrivstoff som er produsert av avfall fra rester fra produksjonsprosesser trenger ikke å oppfylle arealkriteriene, men må oppfylle kravet til reduksjon av klimagassutslipp

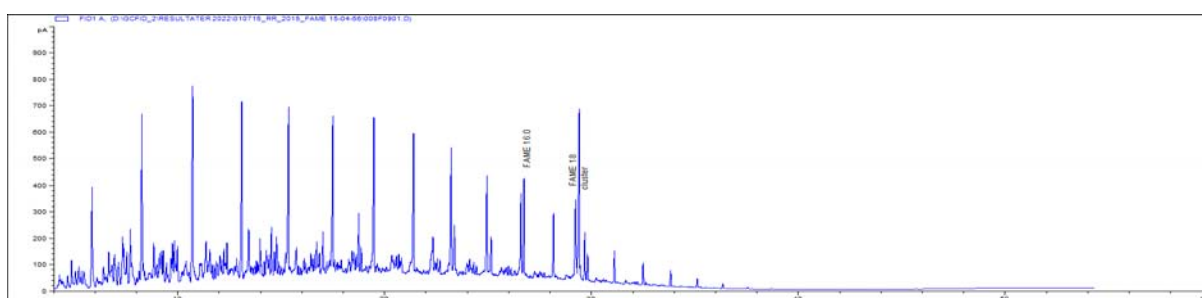
Hvor bærekraftige de ulike generasjonene av drivstoff er avhengig av hvor og hvordan disse produseres og den totale energibalansen (TØI, 2016). En tommelfingerregel er jo høyere generasjon biodrivstoffet tilhører, desto mer bærekraftig blir det. Måling av bærekraft gjøres ved hjelp av en metode som heter livsløpsanalyse (LCA). Når man vurderer miljøpåvirkningen til en gitt verdikjede, vurderes de ulike trinnene i både

produksjonen og hvordan biodrivstoffet brukes. Deretter måles ressurs- og innsatsbruken på hvert trinn gjennom hele livsløpet (SINTEF, 2017).

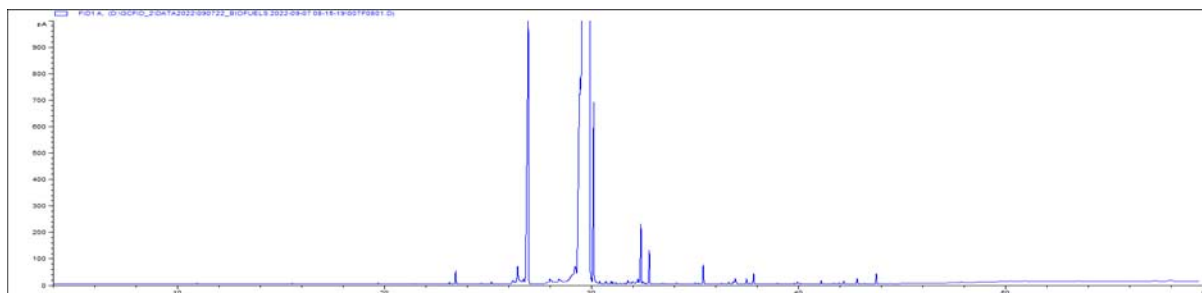
2.3 Kjemisk sammensetning

2.3.1 FAME (fettsyremetyleter)

"Vanlig" biodiesel, eller 1.generasjons biodiesel, blir ofte kalt "FAME" (Fatty Acid Metyl Ester) og produseres for eksempel fra animalsk fett eller vegetabiliske olje ved esterifisering. Fettsyrekjedene som finnes i utgangproduktet gjenfinnes også i sluttproduktet. All biodiesel av typen FAME som benyttes i Norge i dag er basert på rapsolje (kalles RME) pga. at den er best egnet for bruk ved lave temperaturer. Eksempel på et GC-kromatogram av en fossil diesel tilsatt FAMEs er vist i Figur 2-1, og ulike biodieseltyper kan ha forskjellige GC-kromatogram. Ren FAME betegnes B100 (eksempel i Figur 2-2).



Figur 2-1 GC-kromatogram av fossil diesel tilsatt biodiesel. FAME-toppene er fettsyrene fra biodieselen.

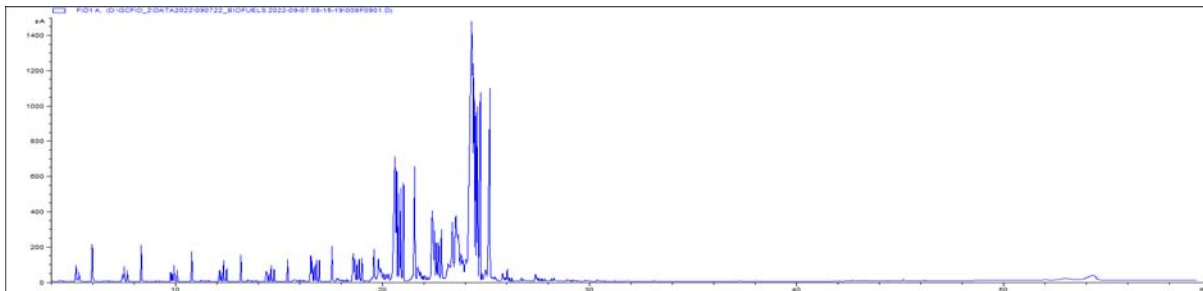


Figur 2-2 GC-kromatogram av FAME (B100) fra Slagentangen (SINTEF ID 2022-4662).

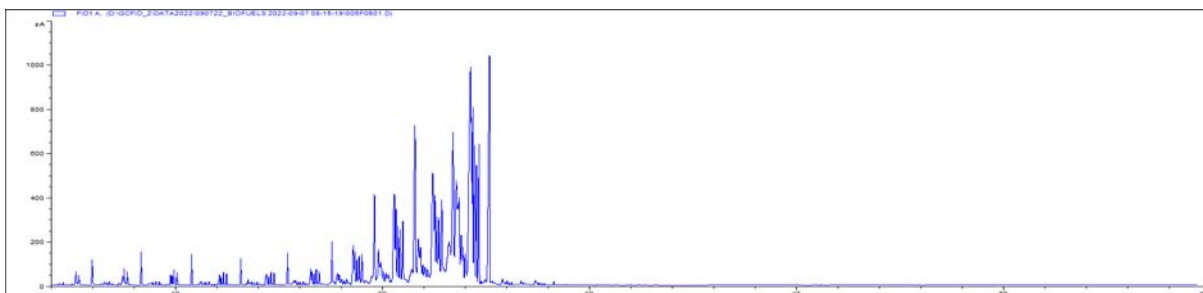
2.3.2 HVO (hydrogenert vegetabilisk olje)

HVO kan være basert på samme råvarer som FAME, dvs. fornybare plante- og dyrerester, men har andre kjemiske egenskaper pga. at produksjonsprosessen er forskjellig. HVO fremstilles ved hjelp av hydrogenering, dvs. tilførsel av hydrogen i en katalytisk kontrollert prosess (TØI, 2016). Produktene kalles generelt for HEFA (hydroprocessed esters and fatty acids), men hvis oljen kommer fra planter (kalles det HVO (hydrotreated vegetable oil)). Imidlertid brukes ofte HVO om denne typen drivstoff selv om drivstoffet for eksempel kommer fra dyrefett.

Mange typer planteoljer (som rapsolje, palmeolje og tallolje fra skog) er egnet til hydrogeneringen. I tillegg kan avfallsolje fra matvareproduksjon (som dyrefett og brukt fritryolje) være en bærekraftig alternativ ressurs (TØI, 2016). Hydrogenet som brukes i hydrogeneringsprosessen blir vanligvis fremstilt fra naturgass. Dagens oljeraffinerier produserer store mengder hydrogen som kan brukes i hydrokraking-prosessen i drivstoffproduksjonen. Eksempel på to GC-kromatogram av HVO er vist i Figur 2-3 og Figur 2-4.



Figur 2-3 GC kromatogram av 100% HVO fra Slagentangen (SINTEF ID 2022-4663)

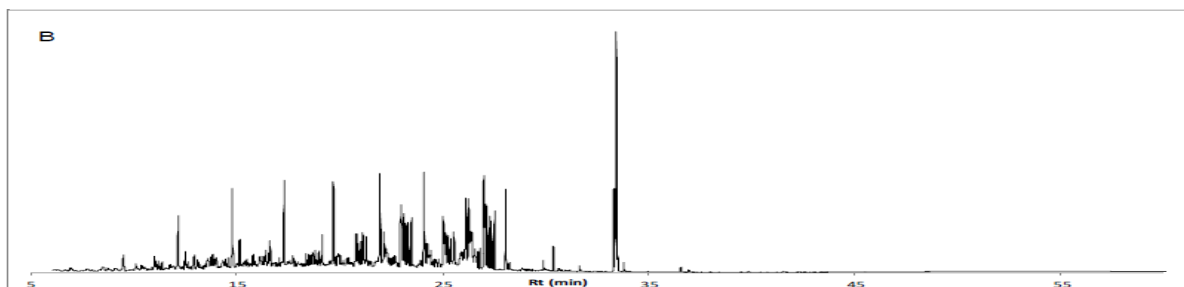


Figur 2-4 GC kromatogram av 100% HVO fra Skålevik (SINTEF ID 2022-4797).

2.4 Blandinger

Biodiesel kan brukes til å produsere blandinger fra B2 (2% biodiesel + 98% fossil diesel) til B100 (100% biodiesel). I følge DeMello et al. (2007) kan alle dieselmotorer gå på B2 til B20 og oppnå sammenlignbar effekt som motorer med 100% fossil diesel.

Mens diesel (EN590) som selges i Norge maksimalt kan tilsettes 7% FAME/RME, vil tilsvarende tall for HVO være i størrelsesorden 30-50%. HVO kan i prinsippet anvendes i alle dieselmotorer, enten i blanding med vanlig diesel eller i ublandet form, dvs. at det er ingen teoretisk øvre grense for hvor mye som kan blandes inn. Det er imidlertid kun et fåtall bilprodusenter som aksepterer bruk av ren HVO (nye.naf.no). HVO oppfyller alle krav til drivstoffer (EN590), bortsett fra at tettheten er ca. 7% lavere enn kravene for dieseldrivstoffer. Tettheten kan justeres ved for eksempel å tilsette FAME. Videre tilsettes det ulike stoffer for å forbedre smøreegenskapene (TØI, 2016). Dieselskvaliteter med både FAME (RME) og HVO er også brukt, for eksempel en blanding bestående av 2% RME, 30% HVO og 68% fossil diesel (nye.naf.no). Eksempel på GC-kromatogram av fossil diesel tilsatt biodiesel og HVO er vist i Figur 2-5.

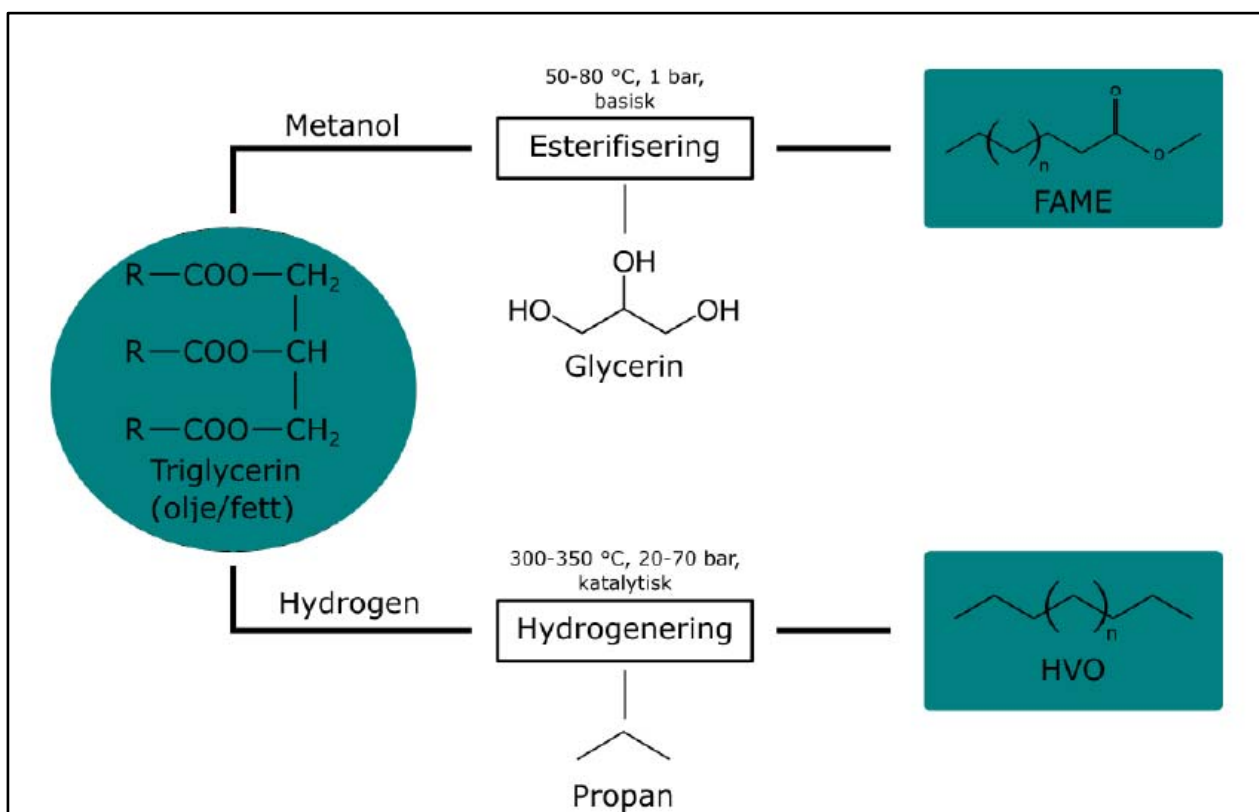


Figur 2-5 GC-kromatogram av fossil diesel tilsatt både FAME (toppen ved ca. 33 min) og HVO (fra CEN, 2020).

2.5 Fremstilling av FAME og HVO

Fremstillingsprosessen for FAME og HVO er vist i Figur 2-6. For fremstilling av FAME er det mest vanlig å bruke metanol i forrestringen og reaksjonen konverterer glyserol-baserte fett og oljer til glyserin og FAME. Selv om kjedelengde og graden av umettet fett kan variere i animalsk fett og vegetabiliske oljer, vil esterifiseringen hovedsakelig medføre en blanding av C₁₆ og C₁₈ FAME isomerer med en, to eller tre dobbeltbindinger (C_{18:1}, C_{18:2}, C_{18:3}) (DeMello et al., 2007).

I fremstillingsprosessen for HVO reagerer oljen med hydrogen under høyt trykk ved en katalysator, og oksygenet blir fjernet (Figur 2-6). Produktet er et syntetisk drivstoff med enkle mettede parafinske forbindelser som ikke inneholder oksygen, nitrogen, svovel eller aromater. Som biprodukt fremstilles propan som kan brukes som biogass (TØI, 2016).



Figur 2-6 Fremstilling av biodiesel (FAME) og HVO (fra TØI, 2016).

3 Bruk av biodrivstoff

3.1 I Norge

3.1.1 Produksjon og transport

For å få mer informasjon om produksjon og transport av biodrivstoff i Norge har SINTEF hatt møter med Esso Slagentangen, Equinor, Mongstad og Asko Midt-Norge. En oppsummering fra disse møtene er gitt i Vedlegg A.

Nesten alt biodrivstoff (>99%) importeres i ren form (B100-RME eller HVO) fra utlandet, men det kan forekomme importert av ferdig blandet drivstoff som f.eks. B7 eller HVO blandet inn i fossil diesel. Rene biodrivstoff kommer inn med tankbåter til de store terminalene (f.eks. Sjørøya og Esso Slagen). Fra terminalene går det mindre kysttankere til de mindre terminaler langs kysten (Kristiansund, Haugesund, Skålevik, Høvringen osv.). Det transporteres hovedsakelig fossil diesel med ferdig innblandet FAME og/eller HVO, men også mindre mengder biodrivstoff i ren form til noen få terminaler som blander disse før utkjøring med tankbiler.

Mongstad har siden 2008 tatt inn båtlaste av ren FAME (B100). Dette i hovedsak til innblanding (7%) i fossil diesel som sendes som B7-diesel ut fra raffineriet. Siden 2017 har de også tatt inn ren HVO (100%) som "blend feed" til fossil diesel. Fra 2019 begynte Mongstad å importere uraffinert rapsolje (BIO-FO) som går inn i Cat-crackeren med en liten andel i forhold til råolje-residu. Fra 2021 har Mongstad i tillegg begynt å importere BIO-FO2 som er brukt frityrolje (UCO). Produkter fra raffineringprosessen er ikke biodrivstoff selv om en andel av føden består av biomasse.

Equinor har planer om å teste ut mer avanserte bio-oljer, som for eksempel avfall fra skogindustrien som blir pyrolysert til svart, halvviskøst lignin masse (inneholder mye oksygen), men utfordringen er å få fjernet oksygenet i pyrolyseprosessen som er ødeleggende og korrosivt for katalysatorene. I tillegg pågår uttesting med prosessering av ulike bio-føder i pilotskala hos Equinors forskningscenter i Trondheim.

3.1.2 Omsetningskrav for biodrivstoff

Norge har et omsetningskrav for biodrivstoff til veitransport og luftfart, men ikke for maritim transport. Hovedkravet i 2021 til de som omsetter drivstoff til veitransport er at 24,5% utgjør biodrivstoff (kun flytende, biogass teller ikke med). Det er i tillegg et delkrav at minimum 9% (uten dobbelttelling) av alt drivstoff skal være avansert drivstoff som i hovedsak er fremstilt av avfall og rester (miljodirektoratet.no). Avansert biodrivstoff teller dobbelt i omsetningskravet til veitrafikk (dvs. 1 liter avansert biodrivstoff teller som 2 liter konvensjonelt biodrivstoff). Beregning av gjeldene omsetningskrav er vist under.

Omsetningskrav i veitrafikk:

$$\frac{\text{Flytende biodrivstoff til veitrafikk [liter ekv.]}}{\text{Bensin [liter]} + \text{Autodiesel [liter]} + \text{Flytende biodrivstoff til veitrafikk [liter]}} \geq 24,5\%$$

Delkrav til avansert biodrivstoff angis uten dobbelttelling:

$$\frac{\text{Flytende avansert biodrivstoff til veitrafikk [liter]}}{\text{Bensin [liter]} + \text{Autodiesel [liter]} + \text{Flytende biodrivstoff til veitrafikk [liter]}} \geq 9\%$$

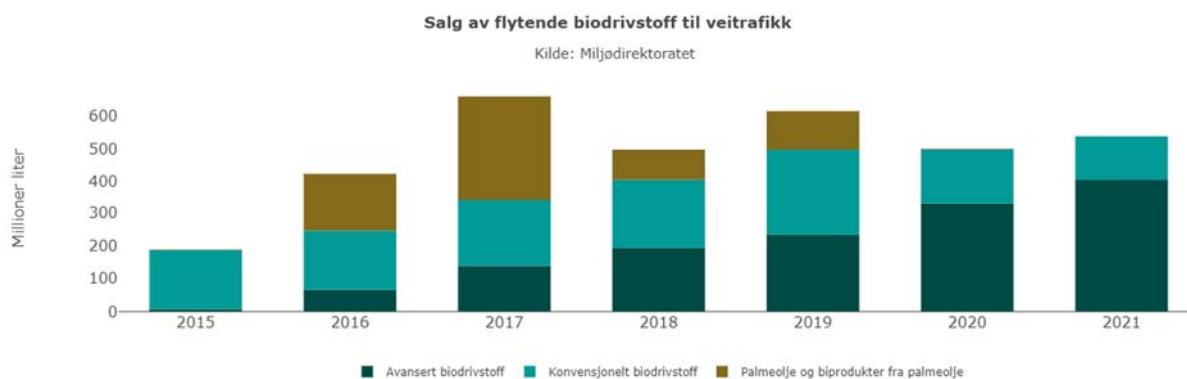
Fra 2020 er det også et omsetningskrav på at 0,5% av alt drivstoff som selges til luftfart i Norge skal være avansert biodrivstoff. Omsetningskrav og bærekraftskriterier er gitt i produktforskriften §3-3 for veitrafikk

og §3-4a for luftfart. Forslag til endringer i produktforskriften på høring, men det er ikke kjent når eventuelle nye omsetningskrav skal gjelde (miljodirektoratet.no).

Per i dag er det ingen omsetningskrav for biodrivstoff i skipsfart. Med bakgrunn i at innblanding av biodrivstoff ikke krever større oppgraderinger av fartøyer eller infrastruktur, er et omsetningskrav for biodrivstoff et styringseffektivt virkemiddel som kan gi raske utslippsreduksjoner. I Stortingsmelding nr. 13 "Klimaplan for 2021–2030" (regjeringen.no) er regjeringens planer for omsetningskrav for biodrivstoff for transportsektoren presentert nærmere. Planer for å innføre omsetningskrav for biodrivstoff i skipsfart er under arbeid. Miljødirektoratet og Sjøfartsdirektoratet har skissert et slikt krav og det går ut på å bruke avansert biodrivstoff i form av flytende biodrivstoff eller flytende biogass (LBG) som erstatning for fossilt drivstoff i innenriks skipsfart som fases gradvis inn mot 2030 (miljodirektoratet.no). MGO og LNG er de dominante fossile drivstofftypene i innenriks skipsfart. Det skisserte forslaget til omsetningskrav er antatt å gi 90% biogass og 10% HVO, inkludert en "dobbelttelling", dvs. at en enhet LBG tilsvarer to enheter HVO. Rent teknisk er tiltaket greit, HVO kan blandes inn eller direkte erstatte konvensjonelt fossilt marint drivstoff og krever ingen tilpasninger i skipsmotorene. Det samme antas ved å erstatte LNG (som i regnes som klimanøytralt) med LBG. Innføring av omsetningskrav i skipsfart vil gi økte drivstoffkostnader. Dersom man antar dobbel pris for biodrivstoff, vil den generelle drivstoffprisen øke med størrelsen på omsetningskravet (15% gir 15% økte drivstoffkostnader). Ellers er begrenset tilgang på LBG en viktig barriere, selv om produksjonen forventes å øke de neste årene.

I henhold til Miljødirektoratet varierer bruken av flytende biodrivstoff i Norge betydelig fra år til år. Hvert år sammenstiller Miljødirektoratet informasjonen om biodrivstoff som brukes til veitrafikk og luftfart, basert på det som blir rapportert inn, som vist i Figur 3-1. Figuren viser hvordan salget av flytende biodrivstoff til veitrafikk har utviklet seg fra 2015 til 2021 i henhold til totalt volum fordelt på avansert og konvensjonelt biodrivstoff. Andelen konvensjonelt biodrivstoff som er laget av palmeolje og biprodukter fra palmeolje produksjon er merket.

Palmeolje på norske veier gikk ned med 98% i 2020 sammenlignet med året før. I 2020 utgjorde palmeolje og biprodukter 0,4% av alt flytende biodrivstoff i Norge. Ifølge Miljødirektoratet var prisen på palmeolje, innføring av veibruksavgift fra 1. juli 2020 samt høyere krav til andel avansert biodrivstoff mulige forklaringer på nedgangen. Det ble ikke rapportert omsetning av palmeolje eller biprodukter fra palmeolje produksjon i Norge i 2021 (miljodirektoratet.no). Bemerk: palmeolje som tilfredsstillere kriteriene for bærekraft er tillatt innenfor omsetningskravet. EU har likevel definert palmeolje som et råstoff med stor risiko for negative konsekvenser som følge av indirekte arealbruksendringer i henhold til såkalt ILUC (se kap. 2.2).

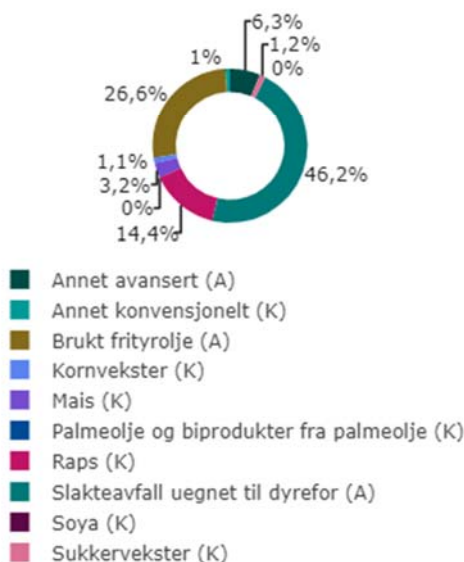


Figur 3-1 Innrapportert salg av flytende biodrivstoff til veitrafikk fra 2015 til 2021 (miljodirektoratet.no)

Figur 3-2 viser at ca. 46% av råstoff brukt i biodrivstoff til veitrafikken i 2021 besto av slakteavfall uegnet til dyrefor, ca. 27% av brukt frityrolje og ca. 14% av rapsolje (miljodirektoratet.no).

Råstoff til flytende biodrivstoff til veitrafikk

Kilde: Miljødirektoratet



Figur 3-2 Innrapportert råstoff til flytende biodrivstoff til veitrafikk i Norge i 2021. Råstoff merket A er avansert og K er konvensjonelt. Under "annet avansert" kommer for eksempel tallolje, svartlut, husdyrgjødsel, avløpslam, uraffinert glyserol, bagass, og våtorganisk sortert avfall. "Annet konvensjonelt" kan være animalske biprodukter og solsikkeolje (miljodirektoratet.no).

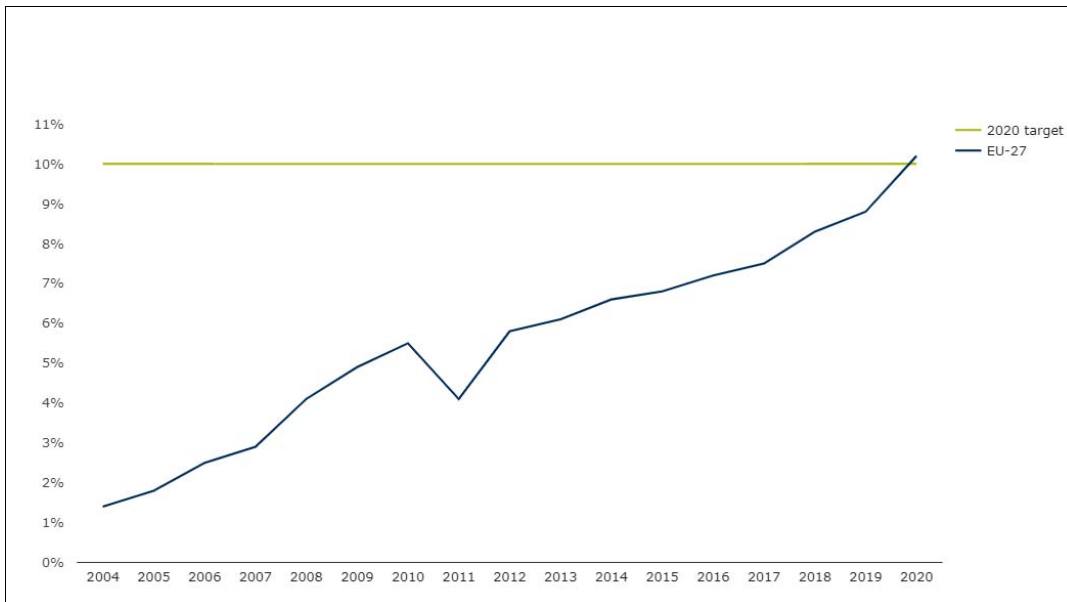
3.2 Utenfor Norge, med fokus på EU

3.2.1 Fornybar energi til transport i Europa (EU)

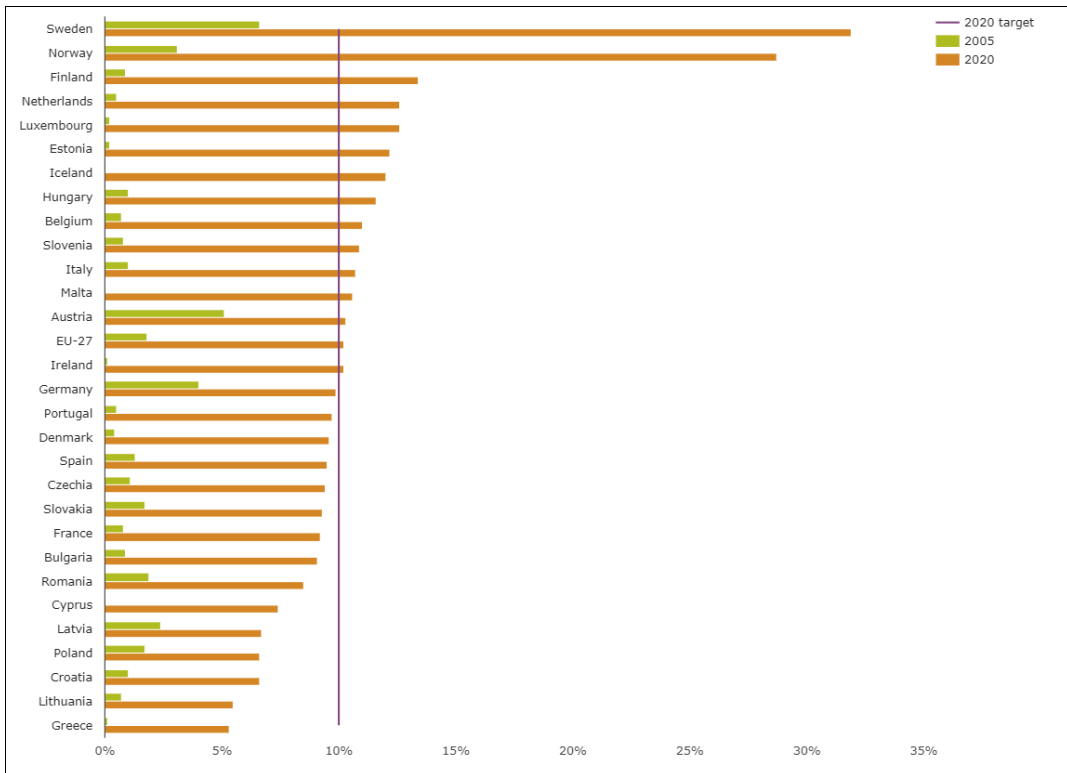
Biodrivstoff fungerer som fornybart alternativ til fossilt brensel i EUs transportsektor og bidrar til å redusere klimagassutslipp og forbedre EUs forsyningssikkerhet. I 2009 satte EUs fornybardirektivet (Renewable Energy Directive, RED; 2009/28/EC) et mål at 10% av all energi som brukes i transport skulle være fra fornybare kilder innen 2020. I 2020 ble 10,2% av den totale energien som ble brukt til transport i EU fra fornybare kilder oppnådd etter en jevn økning siden 2005 (underkant av 2%), se Figur 3-3. Dette indikerer at 2020-målet på 10% ble nådd på EU-nivå. Økningen er hovedsakelig et resultat av en utvidelse av bruken av biodrivstoff over hele Europa: Mellom 2011 og 2020 ble energimengden biodrivstoff brukt til transport mer enn doblet. I mellomtiden har elektrifiseringen av vei- og jernbanetransport også spilt en liten rolle i fremgangen så langt (European Environment Agency, 2022)

Figur 3-4 viser at Norge ligger på topp etter Sverige med sin høye andel av fornybare kilder. For Norge er elektrifisering av transportsektoren i en global særklasse. Ifølge Regjeringen (2021) har ingen land i verden flere elbiler per innbygger, og Norge er tidlig ute med null- og lavutslippsløsninger på ferger og skip og har også en ambisiøs politikk for å ta i bruk bærekraftig biodrivstoff.

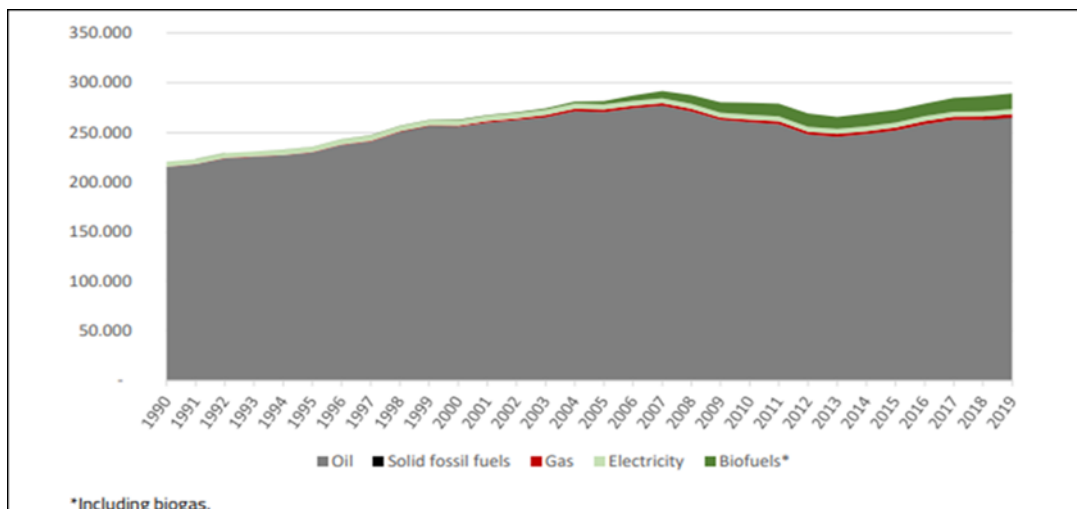
I 2019 utgjorde biodrivstoff om lag 5% av det totale drivstofforbruket i transportsektoren i EU, mens elektrifisering utgjorde ca. 2%. Som vist i Figur 3-5 utgjør fossilt drivstoff i form av hydrokarboner (olje) fremdeles den største andelen det totale drivstofforbruket i EU, som i 2019 var på 92% (Bioenergy Europe, 2021).



Figur 3-3 Andel energi fra fornybare kilder brukt til transport i EU fram til 2020 (European Environment Agency (www.eea.europa.eu)).



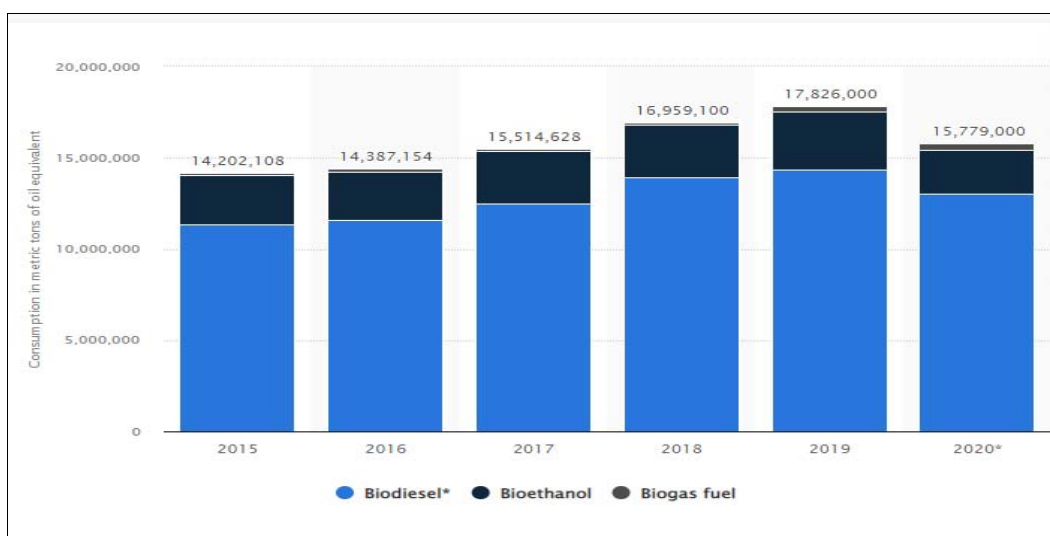
Figur 3-4 Andel energi fra fornybare kilder brukt til transport i EU fram oppgitt for 2005 og 2020 per land inkludert Norge. 10% fornybar energi var mål for EU i 2020 for transportsektoren (www.eea.europa.eu).



Figur 3-5 Utvikling av energiforbruk i transportsektoren i EU (kg tonn oljeekvivalenter, ktoe) inndelt i energitypene olje, fast fossilt drivstoff, gass, elektrifisering og biodrivstoff inkludert biogass (Bioenergy Europe, 2021).

3.2.2 Biodrivstoff til transport i Europa (EU)

I følge Statista (2022) var biodiesel den mest brukte fornybare energitypen hos de 27 EU-medlemslandene i 2020, med en andel på hele 73,8%. Bioetanol sto for nesten 14% mens biogass sto for under 2%. Forbruket av biodrivstoff til transport i EUs medlemsland har steget gjennom årene som vist i Figur 3-6. Mellom 2015 og 2020 økte det totale biodieselforbruket med rundt 1,6 millioner tonn. I 2020 nådde det totale forbruket av biodrivstoff til 15,8 millioner tonn, hvorav omtrent 13 millioner tonn oljeekvivalenter var biodiesel, noe som gjør denne til det mest brukte biodrivstoffet i Europa. Biodiesel som brukes i EU kan differensieres ytterligere til FAME og HVO. Figur 3-6 viser derimot en nedgang av biodrivstoff i 2020 som trolig skyldes at Storbritannia meldte seg ut av EU i 2020, samt en nedgang i forbruk av biodrivstoff på grunn av lavere forbruk under coronavirus-pandemien i 2020.



Figur 3-6 Forbruk av biodrivstoff for transport i EU fra 2015 til 2020 delt inn i kategoriene biodiesel, bioetanol og biogass (kg tonn oljeekvivalenter, ktoe), www.statista.com

3.2.3 Biodrivstoff til maritim transport

IMO (International Maritime Organization) har siden 2018 vedtatt tiltak¹⁾ for å redusere utslipp av klimagasser i henhold til sin klimagass (GHG)-strategi for internasjonal skipsfart. IMO har som mål å redusere karbondioksid (CO₂)-utslipp i internasjonal skipsfart med minst 40% innen 2030 og 70% innen 2050, sammenlignet med 2008. IMOs ambisjon fra 2018 er også å minst halvere klimagassutslipp fra internasjonal skipsfart innen 2050 sammenlignet med 2008 og er derfor en viktig milepæl i klimaarbeidet. Ifølge IMO kan bruk av biodrivstoff være en av flere opsjoner for å redusere klimagasser. IMO mener også at fordelen med biodrivstoff er deres såkalte drop-in evne til å bli brukt i den eksisterende skipsflåten, noe som betyr at biodrivstoff på en enkel måte kan erstatte flytende hydrokarbondrivstoff, men legger til grunn at både tilgjengelighet samt at biodrivstoff produseres fra bærekraftige råvarer og ved bruk av bærekraftige energiforsyninger er viktige forutsetninger for bruk av biodrivstoff i maritim transport.

I europeisk (EU) maritim transport er bruk av biodrivstoff ennå noe begrenset (EMSA, 2021), men biodrivstoff som produseres ved bruk av eksisterende biodrivstoffteknologier, og er teknisk kompatible med dagens marine skipsmotorer, kan benyttes. Også EMSA hevder at tilgjengeligheten av råstoff for produksjon av marint biodrivstoff kan begrense andel i den fremtidige energimiksen til sjøtransport. I følge EMSA kan biodiesel for maritim transport benyttes som substitutt for marine gassoljer, marine dieseloljer og andre marine drivstoffoljer i dieselmotorer, som typisk er installert på slepebåter, mindre transportskip eller frakteskip. I likhet med IMO hevder også EMSA at biodiesel per i dag er mest brukt som drivstofftilsetning direkte i en fuel-blend som drop-in drivstoff, og at også bruk av andre generasjonsbiodrivstoff som HVO i den maritime drivstoffblandingen øker. I følge Panoutsou et al. (2021) er mindre enn 1 % av tilgangen på marint drivstoff biodrivstoff, dette brukes for det meste til innlands- eller nærskipsfart blant annet på grunn av høye kostnader, lav tilgjengelighet, bunkringspraksis, og institusjonell godkjenning. Handelsfart, som spiller en stor rolle i transport av varer via internasjonale ruter, er avhengig av fossilt drivstoff hvor 95,4% av den globale skipsflåten går på fossilt drivstoff (Menon, 2022).

Ifølge DNV (2021) er det forholdsvis få fartøy som går på biodrivstoff, men bærekraftig biodrivstoff er identifisert som et av få alternativer tilgjengelig for "deep-sea shipping" (havgående maritim transport), spesielt for den eksisterende flåten for å oppnå IMOs klimagass mål. DNV nevner følgende fordeler med biodrivstoff:

- Biodrivstoff fra avanserte prosesser avledet fra bærekraftige råvarer kan oppnå betydelige GHG-reduksjoner samtidig som andre effekter minimeres.
- Biodrivstoff kan blandes med konvensjonelt drivstoff eller brukes som drop-in drivstoff som erstatning for konvensjonelt fossilt brensel.
- Et drop-in drivstoff kan direkte brukes i eksisterende installasjoner uten store tekniske modifikasjoner, noe som gjør dem svært attraktive for eksisterende tonnasje.

DNV nevner også at tekniske hensyn med bruk av biodrivstoff i maritim transport må vurderes for å sikre problemfri drift. Noen drivstoffkvaliteter kan f.eks. forringes av mikrobiell vekst og oksygenedbrytning, ha dårlige flytegenskaper ved lave temperaturer, samt fare for avleiringer eller tette filtre i motoren.

Innenfor maritim transport kan både FAME og HVO blandes inn som erstatning for marin gassolje uten større modifikasjoner utover drivstoffkostnader. HVO er også et mer fullverdig substitutt enn FAME. Ved høyere innblanding av FAME enn 7% kreves det modifikasjoner av dieselmotor da FAME kan gi diverse utfordringer med driftssikkerheten, mens bruk av HVO i skipsfart derimot er uproblematisk teknisk sett (Miljødirektoratet og Sjøfartsdirektoratet 2018). I siste versjon av ISO-standard 8217 (2017) for Marine distillate fuels åpnes det for innblanding av 7% FAME (B7) i DFA og DFB (som vil kunne erstatte DMA og DMB).

1) Tiltakene gjelder for IMOs avtaler om "Pollution prevention treaty (MARPOL) - Energy Efficiency Design Index (EEDI) obligatorisk for nye skip og Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP).

3.2.4 Europas (EUs) biodrivstoff-ambisjoner

Som en del av EUs vekststrategi for et klimanøytralt Europa (European Green Deal, 2019), har EU en intensjon om å bli det første klimanøytrale kontinentet fra 2050. Målet er å sikre en mer bærekraftig og sirkulær økonomisk utvikling med mindre forurensning og lavere klimagassutslipp, bedre helse, økt livskvalitet og nye arbeidsplasser. Klimapakken "Klar for 55" (Fit for 55) som en del av EUs Green Deal, skal gjøre at EU når målet om å redusere netto utslipp av klimagasser med 55% fra 1990-nivå til 2030. Siden norsk klimapolitikk er tett knyttet til europeisk klimapolitikk vil de endringene EU blir enige om få stor betydning for Norge (Regjeringen, 2021).

I 2018 styrket EU-direktivet for fornybar energi (RED II, 2018/2001) bærekraftskriteriene for bioenergi og satte et nytt mål for 2030. Innen 2030 har EU som mål å øke andelen fornybar energi i transport fra 10% til minst 14%, inkludert en minimumsandel på 3,5% avansert biodrivstoff. EU-land er pålagt å fastsette en forpliktelse for drivstoffleverandører som sikrer at dette målet nås. Det reviderte direktivet om fornybar energi (RED II) etablerer en overordnet policy for å fremme bruk av energi fra fornybare kilder i EU. Det forsterker også bærekraftskriteriene for bioenergi gjennom ulike bestemmelser, inkludert den negative virkningen som produksjonen av biodrivstoff kan ha på grunn av indirekte endring i arealbruk (ILUC). I tillegg har EU i samarbeid med "European Committee for Standardization" (CEN) et mål om å utvikle og forbedre de tekniske kvalitetsstandardene for biodrivstoff og biodrivstoffblandinger for kjøretøymotorer. Det praktiske arbeidet utføres av CEN Technical Committee 19, bestående av eksperter fra bil- og drivstoffindustrien, biodrivstoffprodusenter og andre interessenter (energy.ec.europa.eu).

4 Miljøkonsekvenser av utslipp

4.1 Fysikalske egenskaper og forvittringsprosesser

4.1.1 Fysikalske egenskaper

Tabell 4-1 oppsummerer produktspesifikasjonene fra Norsk Bransjestandard (2021). Norsk Bransjestandard beskriver egenskaper av betydning for produktets primærfunksjon, krav som vedrører anvendbarhet, samt egenskaper knyttet til transport og lagring. Disse spesifikasjonene kan variere, avhengig av når på året produktet selges/anvendes. Sommerhalvåret er typisk fra 1.april til 15.september, høst fra 15.september til 31.oktober, vinter fra 1.november til 28.februar, og vår fra 1.mars til 31.mars (+/- 14 d). Biodiesel B100 frarådes brukt i vinterhalvåret pga. fare for plugging av filter.

Tabell 4-1 Produktspesifikasjoner (Norsk Bransjestandard, 2021). (*: CFPP Blokkeringspunkt; **: tåkepunkt, maksimale temperaturer er gitt).

	Tetthet				Viskositet			
	15°C	PAH	Svovel	Flammepkt	v/40°C	FAME	CFPP*	CP**
	kg/m ³	masse%	mg/kg	°C	mm ² /s	vol%	Maks °C	Maks °C
Autodiesel sommer	820-845	<8	<10	>56	2000-4500	<7	-24	0
Autodiesel vår/høst	820-845							-11
Autodiesel vinter (arktisk klasse)	800-840				1500-4000	<7	-32	-22
Anleggsdiesel sommer	820-845	<8	<10	>56	2000-4500	Ingen	-11	0
Anleggsdiesel vår/høst	820-845						-24	-15
Anleggsdiesel vinter (arktisk)	800-840				1500-4000	Ingen	-32	-22
Marin gassolje	<860		<1000	>60	2000-4500	Ingen	-11	0
Biodiesel B100 sommer	860-900		<10	>101	3.5-5.0	>96,5	-5	0
Biodiesel B100 vår/høst	860-900						-10	-3
Fornybar diesel HVO sommer	765-800	<1,1	<5	>56	2000-4500	<7	-11	0
Fornybar diesel HVO høst/vår	765-800						-24	-15
Fornybar diesel HVO vinter	765-800				1500-4000	<7	-32	-22
HVO anlegg sommer	765-800	<1,1	<5	>56	2000-4500	<2	-11	0
HVO anlegg vår/høst	765-800						-24	-15
HVO anlegg vinter	765-800				1500-4000	<2	-32	-22

4.1.2 Forvittringsegenskaper

En liten studie på forvittringsegenskaper hos ulike biodrivstoff ble gjennomført hos SINTEF høsten 2022, og er beskrevet i kapittel 7.

DeMello et al. (2007) har gjennomført enkle laboratorieforsøk for å studere biodegradering og forvittringsegenskaper av ulike blandinger med biodiesel sammenlignet med fossil diesel. De testet om biodiesel dannet dispersjon eller mer stabile emulsjoner enn fossil diesel. Det ble testet 100% fossil diesel og B5, B10, B20, B50, B70 og B100 (i fossil diesel), samt en asfaltenrik no.6. fuel oil. De studerte også mikrobiell nedbryting av 100% fossil diesel, B8, B25 og B100. De konkluderte at nedbrytningshastigheten av FAMEs var omtrent den samme som for n-alkanene (rettkjedede hydrokarboner), og at de ikke påvirket nedbrytningshastigheten til den fossile dieselen. I ren biodiesel (B100) var 90% av FAMEs degradert i løpet av tre uker. De så også at C16-FAME degraderte raskere enn C18-FAME og at degraderingshastigheten for C18, 18:1, 18:2 og 18:3 ikke korresponderte med antall dobbeltbindinger (metningsgrad). Videre fant de at FAMEs ikke påvirker fordampningshastigheten av den fossile dieselen, samt at FAMEs sannsynligvis vil biodegradere før fordampning fra et biodieselutslipp. De fysikalske egenskapene av FAMEs kan endre dieselens oppførsel i miljøet, da deres forsøk indikerte at FAMEs kan stabilisere oljedråper av biodiesel i vannsøylen på grunn av at grenseflatespenningen reduseres. Dette kan påvirke transport,

forvittringshastighet og den økologiske innvirkningen av et biodieselutslipp. Ved å stabilisere små oljedråper i vannsøylen kan FAMEs også øke utlekkingshastigheten av konvensjonelle hydrokarboner.

4.2 Giftighet av utslipp til miljøet

Biodiesel blir ofte omtalt som et ikke-toksisk og miljøvennlig drivstoffalternativ, men dette avhenger av råstoffet, produksjonsmetoden og sluttproduktets kjemiske sammensetning. Både Pikula et al. (2019) og Hawrot-Paw et al. (2020) nevner at noen publikasjoner konkluderer med at konvensjonell diesel er mer giftig enn biodiesel, mens andre konkluderer med at biodiesel er mer toksisk enn konvensjonell diesel. Dette kan gjelde både til terrestriske og akvatiske organismer, samt utslipp til luft.

4.2.1 Forurenset jord

Flere har studert toksiske effekter av biodiesel og vanlig diesel i jord. Lapinskiene et al. (2006) studerte hvor giftige de to dieselene var ved å måle respirasjonsforskjeller hos mikroorganismene som lever i jorda samt aktiviteten av jord-dehydrogenase (enzymer som overfører hydrogen mellom kjemiske forbindelser). Resultatene deres indikerte at vanlig diesel hadde toksiske egenskaper når jorda inneholdt mer enn 3% diesel, mens det ikke ble observert toksiske effekter i høyeste konsentrasjon med 12% biodiesel (FAMEs). Vanlig diesel var noe mer resistent til biodegradering (61% vs. 80%) og produserte mer humusprodukter enn biodieselen. Biodieselen inneholder komponenter som er mer biotilgjengelige som energikilde og er bedre biotransformert.

Hawrot-Paw et al. (2020) så på hvordan bl.a. høyerestående planter, mikroorganismer, sopp og meitemark ble påvirket når jorda ble eksponert for vanlig diesel, en kommersiell biodiesel og en biodiesel (begge FAMEs) produsert i laboratoriet (5 og 15% w/w dry matter soil). Resultatene viste at de ulike organismene reagerte forskjellig på de tre diesel-typene. Noen bakterietyper var spesielt sensitive når drivstoff var til stede, spesielt biodiesel, mens selv de høyeste doseringene med drivstoff stimulerte soppveksten. To høyerestående planter ble testet, og vekst og utvikling var mer hemmet for den ene planten enn den andre, uavhengig av drivstofftype. De observerte også at biodiesel hadde mer skadelig effekt enn konvensjonell diesel på overlevelse og antall meitemark. De konkluderte at effekten av biodiesel og diesel på de ulike organismene var uklar, og at både type og mengde drivstoff var viktig. Selv om organismenes sensitivitet var forskjellig når drivstoff var til stede, førte biodiesel til mer skadelige endringer på organismene enn konvensjonell diesel.

Bamgbose og Andersson (2020) har også brukt meitemark som testorganisme da de studerte toksisiteten av tre plantebaserte biodiesel (safrantistel metylester (SaME), kastor metylester (CME) og kastor (lakserolje) etylester (CEE)), samt vanlig diesel i en 14-dagers test i jord. De konkluderte at det var mindre dødelighet i testene med biodiesel enn konvensjonell diesel, men de observerte betydelige sykdomsresponsen når meitemarken ble eksponert til biodiesel (som vekttap, opprulling, fragmentering i fremre og bakre part). Videre ble det observert at jord med 2% og 5% biodiesel var like toksisk som diesel under klekkestesting, dvs. med ingen klekkesuksess. Dødelighet og sykdomsresponsen for meitemark ble hovedsakelig påvirket av dieselkonsentrasjonene og at den subletale effekten (morbidityten) var en mer sensitiv faktor enn akutte effekter (dødelighet) når toksisiteten av biodiesel skal vurderes. Videre viste deres studie at høye konsentrasjoner (maks 5% biodiesel i jord) av plantebasert biodiesel representerer samme trussel til meitemark og andre organismer i jorda som konvensjonell diesel og andre petroleumbaserte produkter.

4.2.2 Utslipp til luft

For å redusere transport-relaterte giftige utslipp i Europa fra forbrenning, har det blitt foreslått å erstatte fossil diesel med biodiesel. Selv om avgassen fra forbrenning av biodiesel (FAMEs) inneholder færre

hydrokarboner, partikulært materiale og karbonmonoksid enn avgass fra fossil diesel, inneholder den mer nitrogenoksid og ultrafine partikler (PM_{0,1}), noe som kan fremme lungesykdommer (Selley et al., 2019). Partikkelutslippet øker med de opprinnelige fettsyrenes kjedelengde og antall dobbeltbindinger.

Landwehr et al. (2019) har sammenlignet utslippene fra biodiesel av soyaolje (B100 og B20) med en ultra-lav svovel mineraldiesel (ULSD) for å studere potensiell innvirkning på human helse ved å teste epitelceller fra barns luftveier. De konkluderte at eksosen fra biodiesel inneholdt mer stoffer som irriterte respirasjonen, inkludert NO_x, CO og CO₂, samt mer toksisk partikulært materiale. Dette resulterte i høyere celledød og mer cytokiner for en mer variabel immunreaksjon sammenlignet med når cellene ble eksponert for ULSD-eksos. Videre konkluderer de når biodiesel blir mer vanlig, vil man sannsynligvis få en økning av NO_x-nivået og forurensingen fra ultrafine partikler, noe som kan få foruroligende innvirkning på human helse, spesielt for den yngre befolkningen.

På oppdrag for Miljødirektoratet har Rambøll gjennomført prosjektet *"Utslipp til luft fra biodrivstoff"* (Rambøll, 2021). Oppdraget gikk ut på å utføre en kunnskapsoppdatering på utslipp til luft av ulike helseskadelige stoff ved bruk av biodrivstoff i transportsektoren. Hovedformålet var innhenting og sammenstilling av utslippsfaktorer, til bruk av Miljødirektoratet til å beregne utslippsendringer ved gjennomføring av tiltak som innebærer substitusjon av fossilt drivstoff med biodrivstoff. Arbeidet har omfattet innhenting og gjennomgang av litteratur og sammenstilling av relevante utslippsfaktorer. Utslippsfaktorene kan benyttes til å beregne utslippsendringer ved tiltak hvor fossilt drivstoff har blitt erstattet med biodrivstoff. Litteraturstudien som Rambøll har utført viser at utslipp av svevestøv, eller partikulært materiale, kan reduseres ved bruk av biodrivstoff sammenlignet med bruk av fossil diesel fra personbiler. Selv om mengden svevestøv blir redusert, indikerer flere studier likevel at partiklene er mindre ved forbrenning av biobasert diesel. Mindre partikler kan igjen være mer skadelige for lungene enn større partikler. Videre beskrev Rambøll en reduksjon i utslipp av nitrogenmonoksid og nitrogendioksid (NO_x), karbonmonoksid (CO), og tjærestoff (PAH), ved bruk av biodrivstoff sammenlignet med fossilt drivstoff. Litteraturstudien peker på at FAME kan øke i utslipp av NO_x sammenlignet med fossil diesel, og bioetanol økt i utslipp av kreftfremkallende stoffer (acetaldehyd) sammenlignet med fossil bensin. Modelleringsstudier viser derimot at bioetanolbruken i transportsektoren i Norge må økes betraktelig for at det skal utgjøre en betydelig helserisiko. Rambøll viser til at funn fra litteraturstudiet til tider spriker noe uten klare trender, men overordnet konkluderes det med, ifølge oppsummering fra Miljødirektoratet sine nettsider, at *økt bruk av biodrivstoff ikke gir betydelig endring i luftkvaliteten, sammenlignet med bruk av fossilt drivstoff*.

Rambøll (2021) viser til hovedfunn oppsummert punktvis:

- Resultatene fra studier som rapporterer utslipp til luft ved bruk av biodrivstoff for de definerte casene er gjennomgående sprikende og inkonsekvente, uten klare trender. Innblanding av 7% FAME i fossil diesel (B7) ser ut til å medføre reduksjon i utslippene av NO_x, CO, PM og hydrokarboner, men det er få tilgjengelige studier som undersøker både B7 og B0, og resultatene mellom de ulike studiene varierer sterkt fra betydelig reduksjon til økning i utslipp. Økning av FAME-prosentandelen i autodiesel til mer enn 7% vil kunne ha konsekvenser for utslipp til luft og lokal luftkvalitet, særlig med hensyn på økte utslipp av NO_x. For CO er effekten mer uklar – både økning og reduksjon i utslippene er rapportert – mens PM-utslippene ble redusert under de fleste testforhold. Resultatene fra forskningslitteraturen er gjennomgående sterkt variable for de undersøkte utslippskomponentene, både mellom ulike studier og, for noen av artiklene, innad i samme studie. Resultatene viser stor variasjon med type kjøretøy, etterbehandlingssystem, testsyklus og temperatur.
- De fleste studier finner reduksjon i utslipp av CO, PM og THC med økende innblandingsgrad av HVO i diesel inkludert for HVO30 i personbiler, mens resultatene for NO_x var sprikende. Partikkel (PM)-utslippene reduseres i de fleste studiene. For partikler er det imidlertid viktig å ta hensyn til at selv om partikkelmassen i utslippene jevnt over reduseres, indikerer flere studier at partikkelantallet er

høyere og gjennomsnittlig diameter på partiklene lavere ved forbrenning av HVO sammenlignet med fossil diesel; mindre partikler assosieres totalt sett med større helsesisiko ettersom disse kan trenge lenger ned i luftveiene. Enkelte studier indikerer også at partiklene som slippes ut ved forbrenning av biodrivstoff har høyere innhold av flere toksiske forbindelser, eksemplifisert ved høyere innhold av organisk karbon (OC).

- Kun én studie ble funnet som rapporterer utslipp til luft av regulerte komponenter fra både bensin med 5% innblanding av etanol (E5) og referansedrivstoff uten etanol (E0). Effekten av E5 i personbiler på utslipp til luft anses derfor som uvis. For bensin med innblanding av 10% etanol (E10) viser resultater fra gjennomgåtte studier i gjennomsnitt en nedgang i utslippene av de fleste undersøkte komponentene, dvs. for NO_x, CO og hydrokarboner (HC/THC, NMHC) sammenlignet med E0, men resultatene er variable både mellom studiene og delvis innen samme studie. Av toksiske forbindelser medfører bioetanol noe utslipp av aldehyder; etanol oksideres til acetaldehyd, som er klassifisert som kreftfremkallende.
- For LBG, HEFA til luftfart, HVO til skip og ikke-veigående kjøretøy som anleggsmaskiner er det funnet få relevante studier. For drivstoffet ED95 i lastebiler er det ikke funnet noen relevante studier. Utslippsfaktorene funnet i gjennomgåtte publikasjoner for bruk av biodrivstoff i transportsektoren er generelt forbundet med betydelige usikkerheter, relatert til forhold som ulikheter i testbetingelser, type kjøretøy, motorklasse og etterbehandlingssystem. For de ulike casene er det for få relevante studier til å kunne generalisere resultatene. Nøyaktige utslippsdata har for flere av artiklene ikke vært tilgjengelige, slik at tallene har måttet leses av fra grafer.

4.2.3 Utslipp i vann

I følge Pikula et al. (2019) har hovedfokuset i tidligere forskning vært på utslipp til luft ved forbrenning av biodiesel, mens det er behov for mer kunnskap om toksiske effekter av biodiesel på det akvatiske miljøet. Pikula et al. (2019) sammenlignet toksisiteten av ren biodiesel (B100, produsert ved metanoltransesterfisering av rester av matolje), B0 (konvensjonell diesel), og B20. Fire marine mikroalger, bl.a. to kiselalger og en rødalge, ble brukt som testorganismer. Ved sammenligning med heksan, metanol, B0 og B20, hadde B100 høyeste giftighet til de fire testorganismene, mens B20 var mest toksisk til rødalgen. B0 var mindre giftig enn B20 og B100. Pikula et al. (2019) konkluderte at egenskapene til biodiesel som et ikke-toksisk og miljøvennlig alternativ drivstoff varierer, avhengig av råmaterialet, produksjonsmetoden og den kjemiske sammensetningen av sluttproduktet.

Khan et al. (2007) sammenlignet akutt toksisitet til to ferskvannsorganismer av B100, B50, B20 og B5 med konvensjonell diesel. Testorganismene var tidlige stadier av *Daphnia magna* (planktonisk krepsdyr) og *Oncorhynchus mykiss* (regnbueørret). En generell økende dødelighet ved økende innhold av konvensjonell diesel ble observert for *Daphnia*, dvs. at laveste dødelighet ble observert for B100 (gjennomsnittlig dødelighet på 56%) og høyeste dødelighet for konvensjonell diesel (gjennomsnittlig dødelighet på 78%). Samme trend ble observert for regnbueørret, med høyeste dødelighet i konvensjonell diesel (70%) og laveste dødelighet i B100 (43%).

Toksiske effekter av vannløselige fraksjoner fra biodiesel, diesel og deres blandinger ble testet på fire forskjellige mikroalger av Pereira et al. (2012). De testet ferskvannsalgen *Pseudokirchneriella subcapitata*, og tre marine alger, bl.a. *Skeletonema costatum*. De sammenlignet toksisiteten av B100, B5, B3 og B2 med diesel, og konkluderte, som Khan et al. (2007), at ren diesel var mest toksisk, og at toksisiteten ble redusert med økende mengde biodiesel. De observerte også at *S. costatum* var mer sensitiv enn de andre testede algene, mens *P. subcapitata* var mest hardfør.

Strandberg et al. (2022) har bl.a. testet giftigheten av 100% HVO og diesel med 7% RME i ferskvann (100 mg/L vekstløsning) med Microtox (bakterie *Vibrio fischeri*), *Daphnia magna* (krepsdyr) og grønnalgen

Pseudokirchneriella subcapitata. De konkluderte at de økotoksikologiske testene viste liten eller ingen effekt på de testede organismene, bortsett fra indikasjoner på at reproduksjonen hos krepsdyrene ble påvirket av dieselen med 7% RME.

4.2.4 Oppsummering toksisitet ved utslipp til miljøet

Biodiesel blir ofte omtalt som et ikke-toksisk og miljøvennlig drivstoffalternativ, men dette avhenger av råstoffet, produksjonsmetoden og sluttproduktets kjemiske sammensetning. Gjennom dette, noe begrensede, litteraturstudiet har de fleste studert toksiske effekter av FAMEs eller FAMEs kombinert med ulike blandingsforhold av konvensjonell diesel. Resultatene spriker og noen publikasjoner konkluderer med at konvensjonell diesel er mer giftig enn biodiesel, mens andre konkluderer med at biodiesel er mer toksisk enn konvensjonell diesel. Dette kan gjelde både til terrestriske og akvatiske organismer. I følge Pikula et al. (2019) har hovedfokuset tidligere vært på utslipp til luft ved forbrenning av biodiesel, mens det er behov for mer kunnskap om toksiske effekter av biodiesel på det akvatiske miljøet.

Blant de som har studert toksiske effekter av biodiesel i jord, observerte Lapinskene et al. (2006) høyere toksisk effekt med økende mengde konvensjonell diesel i biodrivstoff på mikroorganismene som lever i jorda. Både Pikula et al. (2019) og Bamgbose og Andersson (2020) brukte meitemark som testorganisme. Pikula et al. (2019) konkluderte at eksponering til biodiesel (FAMEs) medførte mer skadelige endringer på organismene enn konvensjonell diesel. Bamgbose og Andersson (2020) konkluderte med at det var mindre dødelighet i testene med biodiesel enn konvensjonell diesel, men de observerte betydelig sykdomsrespons når meitemarken ble eksponert til biodiesel.

Når det gjelder utslipp til luft, inneholder avgassen fra forbrenning av biodiesel (FAMEs) færre hydrokarboner, partikulært materiale og CO enn avgasser fra konvensjonell diesel, men den kan inneholde mer NO_x og ultrafine partikler, og dermed være mer skadelig for human helse (Selley et al. (2019) og Lanwehr et al. (2019)). Rambøll (2021) har gjennomført en kunnskapsoppdatering på utslipp til luft fra transportsektoren, og viser til at resultatene spriker noe uten klare trender, men de konkluderer med at økt bruk av biodrivstoff ikke gir betydelig endring i luftkvaliteten, sammenlignet med bruk av fossilt drivstoff.

Toksiske effekter av vannløselige fraksjoner av biodiesel varierer også noe, samt at forskjellige testorganismer ble brukt. Pikula et al. (2019) observerte at B100 hadde høyere giftighet enn B0 og B20 til fire av testorganismene. Pereira et al (2012) og Khan et al. (2007) konkluderte med at ren konvensjonell diesel (B0) var mest toksisk, og at toksisiteten ble redusert med økende mengde biodiesel (FAMEs). Strandberg et al. (2022) er de eneste vi har funnet som har studert toksisiteten av HVO (100%). De konkluderte at de økotoksikologiske testene indikerte ingen eller liten effekt på de testede organismene.

Som Pirkula et al. (2019) konkluderer, biodiesel som et ikke-toksisk miljøvennlig alternativ drivstoff er avhengig av råmaterialet, produksjonsmetoden og den kjemiske sammensetningen til sluttproduktet.

5 Erfaringer med utslipp i Norge

Kystverket har mottatt hendelser med akutt forurensing av biodrivstoff, under er tre utslipp omtalt. Mandal i august 2018, Stokke i august 2020 og Oslo i januar 2022. SINTEF har mottatt informasjon fra Kystverket om disse hendelsene.

5.1 Utslipp av 45 000 L biodiesel fra tankanlegget til Eco-1 i Mandal 14.august 2018

Det ble oppdaget et utslipp under lossing av fornybar biodiesel (HVO) den 14.august. Det ble antatt at det hadde lekket ca. 30 m³ biodiesel til miljøet fra tankanleggets øverste del, enten fra overløpsrør, gjennom inngangsdør eller fra annet lekkasjepunkt. De neste ukene kom det flere observasjoner på forurensing, både i forbindelse med oljeutskiller, en brønn i nabolaget og i masse langs veibanen. Det ble senere observert at forurensingen hadde kommet ned i sjøen via terreng, myr og bekk. Selv om biodiesel ifølge sikkerhetsdatabladet ikke er like giftig for miljøet som andre petroleumsforbindelser, ble det likevel vurdert at et såpass stort utslipp kunne være skadelig for miljøet.

Tiltak:

- Tidlig fase:
 - Biodiesel pumpet fra tank med antatt lekkasje til ny tank for å redusere forurensingen
 - Sugebil/vakuumbil brukt for å fjerne observert forurensing (brønn, oljeutskiller, veimasse)
 - Lenser (stoppelenser) lagt ut i bekkeutløp og på sjø
 - Brønnvann koblet fra bolighus, samt montert midlertidig vanntank til bolig
- Videre tiltak:
 - Monitorere brønnen, samt øvre del av anlegget, samt avrenning til bekken
 - La lensene ligge så lenge de fanger opp diesel
 - Vurdere bruk av vakuumsuger på bil i områder der det er mulig
 - Ny drikkevannskilde til bolighus må bores
 - Sanering i samarbeid med myndigheter og hydrogeolog
 - Oppdemming

Konsekvenser:

- Forurensingen renner ut til hav/sjø
- Brønn og beitemark kan ikke brukes

Overvåkning

- Ta jordprøver, også i dybden i myra, vannprøver fra brønn, bekk og hav over tid.

Oppfølging september 2020:

- Mye av myra var normalisert
- Det meste av vegetasjonen var tilbake til normaltilstand
- Enkelte områder i bekken hadde noe oljefilm
- Ble observert film med "shine", men usikkert om dette var emulgert oljefilm eller dannet av naturlige årsaker (pga. metallutfellinger)
- Usikkert hvor mye olje som befinner seg i grunnen pga. at ingen prøver ble tatt etter 5.sept, 2018.

Saken ble avsluttet fra Kystverket i 2020. Dette til tross for at miljøet ikke helt var ført tilbake til opprinnelig tilstand. En myr var påvirket, og det ble ikke ansett som hensiktsmessig å utføre ytterligere tiltak. Det ble ikke ansett som aktuelt å fjerne organisk materiale. En utfordring var at biodieselen var luktfri og hadde svak farge. Oljas farge var blek, og litt blåaktig. Den ble observert som en tynn film med matt farge.

5.2 Utslipp av biodiesel i Stokke i Vestfold 13.august 2020

Utslipet var en såkalt Biodiesel 100, Fyringsolje Bio 100, som ifølge databladet består av fettsyrer (C16-C18) og C18 umettet metylester. En oljebrenner til fyrkjel ble konvertert til å brenne bioolje, samt at det var satt inn en pumpe for å sende overskuddsolje tilbake til tank fra brenner. Ca. 5700 L fyringsolje Bio100 ble fylt på GUP-tank (glassfiberarmert polyester) og fyringsanlegget ble startet et par dager senere. Allerede ca. en uke senere ble det oppdaget at tanken var tom. Det ble da antatt at returrøret for ubrukt bioolje hadde blitt kappet under bakkenivå. Sandefjord kommune fant ingen olje i det offentlige avløpsnett, og det ble antatt at oljen hadde gått i grunnen lokalt. Denne saken ble ikke fulgt opp av Kystverket med hensyn på analyserapporter o.l.

Tiltak:

- Allerede samme dag ble det tatt opp ca. 8 tonn masser fra grunnen med sugebil og det ble målt ca. 5000 L flytende materiale og ca. 3 tonn pukk.
- Arbeidet fortsatte neste dag, og etter to dager ble det antatt at all forurenset masse var fjernet.
- Grunnen besto av mye blåleire som kan ha fanget opp det meste av utslippet.

5.3 Utslipp av 1000 L diesel (HVO) fra Oslo Bymiljøetatens anlegg 22.januar 2022

Den 22.januar, 2022, meldte Oslo Brann og Redning om et utslipp av ca. 1000 L diesel (HVO) fra Bymiljøetatens anlegg i Otto Ruges gate som har rent til Ljanseelven.

Tiltak:

- Bymiljøetaten (ansvarlig forurenser) og brannvesenet la ut absorberende lenser.
- Eier av dieseltanken gravde bort forurensete masser og transporterte de til en vaskehall med oljeutskiller.
- Ifølge miljøgeolog ligger det neppe mye diesel i massene ved tanken da dette var svært godt drenerende masser.
- Innlede sugebilder fjernet diesel fra en kum, men kunne ikke estimere mengde diesel.

Oslo Brannvesen var på befaring i området ca. 3 uker etter utslippet (17.02.22) og observerte fire av barrierene med lenser som var satt ut:

- Skullerud (barriere 1): Fremdeles synlig blueshine, men virket som at lensa tok opp blueshine/olje
- Sagdammen (barriere 2): Lenser ligger bra, men noe olje synlig ved strand og gress.
- E-6 (barriere 3): Høy vannstand og mer lenser lagt ut i området. Eget depot med nye lenser tilgjengelig.
- Hauketo (barriere 4): Lenser ligger bra og ikke synlig blueshine. Vurderer at lenser kan fjernes ved neste befaring.

Utslipp av biodiesel ble her håndtert som om dette var vanlig dieselslipp. Det er observert at absorberende lenser fungerte.

En generell utfordring er at biodiesel er omtrent fargeløs så den sees ikke så lett og er praktisk talt luktfri.

6 Trender framover

I praksis importeres alt flytende biodrivstoff av type FAME/RME og HVO til Norge, og det meste omsettes i veitransport. For luftfart har biodrivstoff vært testet ut i over ti år, og Norge er per i dag langt framme i implementering av biodrivstoff luftfart (SINTEF, 2022). Norge har per dato et omsetningskrav til veitransport (24,5%) og luftfart (0,5%). Forslag til endringer i omsetningskrav er under arbeid ifølge Miljødirektoratet. Det er også mulig at et europeisk omsetningskrav for bruk av biodrivstoff kan komme etter hvert og kan avløse norske og andre lands egne krav (SINTEF, 2022). I stortingsmelding nr. 13 "Klimaplan for 2021-2030" ([regjeringen.no](https://www.regjeringen.no)) tas det sikte på å innføre et omsetningskrav for anleggsdiesel fra 2022, som fram mot 2030 blir økt til samme nivå som i veitrafikken. Den største kilden til utslipp i transportsektoren er veitrafikken. Her ble utslippet redusert med 7,3% fra 2018 til 2019. Personbilene er fremdeles den største kilden til utslipp i transportsektoren, men disse utslippene er på vei ned. Dette kommer av økt bruk av biodrivstoff og en betydelig økning i bruken av elbiler.

Per i dag har Norge ingen omsetningskrav for biodrivstoff i maritim transport, men i regjeringens stortingsmelding (2020-2021) "Grønnere og smartere – morgendagens maritime næring", går det fram at regjeringen tar sikte på å innføre omsetningskrav for biodrivstoff i skipsfart fra 2022. Dette er også beskrevet i Klimaplan for 2021-2030 (Meld.St.13.). Pga. dagens situasjon med energikrise og krig i Ukraina antas det at dette arbeidet er noe forsinket, men i ifølge SSB (oktober, 2022) er det et forslag til omsetningskrav for innenriks sjøfart og fiske. Regjeringens forslag innebærer et omsetningskrav på avansert biodrivstoff på 4% fra 1. juli 2023, og med en videre opptrapping til 6% i 2024 ([intrafish.no](https://www.intrafish.no)). Videre, ifølge stortingsmeldingen (2020-2021) vil økt innslag av biodrivstoff i marint drivstoff redusere utslipp fra skipsfarten. Flytende biogass (LBG) kan direkte erstatte eller blandes med flytende naturgass (LNG) med eksisterende infrastruktur og motorteknologi. Dette vil kunne bidra til å redusere klimagassutslipp og lokal luftforurensning som for eksempel utslipp av svoveldioksid. Biodiesel kan blandes inn i marin diesel og benyttes på eksisterende skipsmotorer opp til et visst nivå, avhengig av kvalitet og type biodiesel. I henhold til ISO 8217, 2017 kan marine drivstoff (destillater) maksimalt inneholde 7% FAME/RME, men med HVO kan andelen øke.

Vil det være nok råstoff (biomasse) for biodrivstoff framover? I følge [drivkraftnorge.no](https://www.drivkraftnorge.no) er spørsmålet om biodrivstoff skal erstatte alt fossilt drivstoff eller om det skal utgjøre en større andel i det flytende drivstoffmarkedet: "*Dersom forutsigbare rammebetingelser legger til rette for at flytende fornybart biodrivstoff kan være en del av energimiksen, vil biodrivstoff være en svært viktig bidragsyter for reduserte klimagassutslipp sammen med blant annet hydrogen og elektrisitet*". Biodrivstoff vil dermed kunne være en viktig bidragsyter for å gjøre transportsektoren klimanøytral i årene fremover. For å sikre en positiv global klima- og miljøeffekt bør biodrivstoff baseres på bærekraftig avansert råstoff, som biorester og avfall. Ifølge SINTEF (2022), er det innen maritim transport en utfordring med tilgjengelighet av biodrivstoff, og at man mangler regelverk som forhindrer bruk av billigere fossilt drivstoff enn fornybart drivstoff.

EU har under "Green Deal" uttalt at de ønsker å være det første klimanøytrale kontinentet. Bakgrunnen er at EU i 2020 la frem "The European Green Deal" – EUs grønne giv. Dette er en vekststrategi for å gjøre Europa til den første klimanøytrale regionen i verden innen 2050. For å muliggjøre dette trenger EU å redusere klimagassutslippene fra den europeiske transportsektoren med 55% før 2030 og 90% for 2050. Fornybarandelen i den europeiske transportsektor er nå ca. 10% sammenlignet med knappe 2% i 2005. Økning skyldes mer ustrakt bruk av avansert biodrivstoff definert i Renewable Energy Directive (REDII). Dette viser at vi fortsatt vil trenge biodrivstoff i den framtidige energimiksen for å nå klimamålene. De europeiske ambisjonene om å redusere klimautslipp er nedfelt i den foreslåtte klimapakken "Fit for 55". For skipsfart er følgende inkludert i *FuelEU Maritime*: klimagassreduksjon som følge av biogass, fornybart drivstoff, fornybart drivstoff av ikke-biologisk opphav (elektrofuels som er laget av fornybart karbondioksid og fornybart hydrogen) og drivstoff laget av resirkulert karbon må være minst 6 % innen 2030 og 75 % innen 2050 (SINTEF, 2022).

Det internasjonale energibyrået (IEA) har utarbeidet scenarier for bærekraftig utvikling og etablert målsetning for alle sektorer (veikart: Net Zero by 2050). IEA hevder at ammoniakk og hydrogen vil være de viktigste drivstoffene for skipsfart i løpet av de kommende tre tiår, og vil nå en andel på 60% av det totale energiforbruket innen skipsfart i 2050. Bærekraftige biodrivstoff vil bidra til ca. 20% av den totale energietterspørselen for skipsfart i 2050. Videre, flytende biodrivstoff anslås å dekke 14% av den globale transportenergi (både marint og land) etterspørselen i 2050, opp fra 4% i 2020. IEA mener at elektrisitet vil spille en svært liten rolle innen global shipping, da den relativt lave energitettheten på batterier sammenlignet med flytende drivstoff gjør den kun egnet for kortreiste skipsruter, selv med en 85% økning i batterienergitetthet for nye typer batterier som kommer på markedet.

Videre anslår EIAs veikart for 2050 at forbruket av flytende biodrivstoff øker fra 1,6 mboe/d i 2020 til 6 mboe/d i 2030, hovedsakelig brukt i veitransport. Etter 2030 øker flytende biodrivstoff til rundt 7 mboe/d i 2050, og bruken vil skifte til skipsfart og luftfart ettersom elektrisitet i økende grad vil dominere i veitransport. Når det gjelder produksjon av flytende avansert biodrivstoff sier veikartet at dette vil ekspandere raskt i løpet av de neste tiårene og bidrar en økning fra mindre enn 1% i 2020 til nesten 45% i 2030 og 90% i 2050. Lavutslippsdrivstoff står i dag for bare 1% av det globale energibehovet, en andel som øker til 20% i 2050 (IEA, Net Zero by 2050).

Oppsummert vil bruk av flytende biodrivstoff f.eks. biodiesel spille en sentral rolle framover for å redusere klimagassutslipp fra transportsektoren. Siden biodrivstoff er en noe begrenset ressurs globalt, vil biodrivstoff sammen med alternative fornybare drivstofftyper som elektrifisering/batteri, "grønn/blå" energibærere som hydrogen, ammoniakk og metanol, samt hybride teknologier, være en del av løsningen for å redusere utslipp fra skipsfart i årene som kommer. Flytende biodrivstoff vil dermed spille en stadig viktigere rolle i årene fremover som et ledd i de politiske beslutninger og direktiver, både nasjonalt (for eksempel innføre omsetningskrav innen maritim transport) og internasjonalt, for å redusere klimagassutslipp fra global skipsfart.

FNs sjøfartsorganisasjon IMO er, som tidligere nevnt, en sterk pådriver innenfor dekarbonisering av den internasjonale skipsflåten. Ifølge DNVs "Maritime forecast to 2050" vil første forskriftsbølge fra IMO tre i kraft fra 1. januar 2023, og det forventes at dette vil ha en betydelig innvirkning både på design og drift av skipsflåten framover. Videre nevnes tre sentrale drivere for dekarbonisering av skipsfarten mot 2050: I) Regelverk og annen statlig politikk hvor IMO er den mest innflytelsesrike regulatoren innen skipsfart II) Tilgang til finansiering vil i økende grad være avhengig av å oppfylle dekarboniseringsmålene gjennom skipets levetidssykluser III) Skip og rederier som presterer dårlig på klimautslipp vil bli mindre attraktive i markedet. Videre er både Norge og EU pådrivere for reduksjon av klimagasser innen skipsfart, og mener at målet må bli et nullutslippskrav i 2050 (TU, 2022).

Europaparlamentet og Ministerrådet er blitt enige om å innlemme skipsfarten i EUs handel med utslippskvoter med en gradvis innføring av forpliktelser for rederier til å kjøpe kvoter: 40 % for utslipp i 2024, 70 % i 2025 og 100 % fra 2026 (pressemelding 18. desember 2022, [consilium.europa.eu](https://www.consilium.europa.eu)). Alle skip over 5000 bruttotonn som ankommer en havn i EU/EØS må betale CO₂-kvoter fra 2024. Dette innebærer at operatører vil bli pålagt å betale for sine klimagassutslipp under reiser til, fra og mellom EU-havner, dvs. at EUs kvotehandelsystem (forkortet ETS) vil også innbefatte internasjonalt skipsfart. Innføring av CO₂-kvoter i maritim skipsfart vil sannsynligvis medføre en betydelig økning av kostnaden med bruk av fossilt drivstoff. Biodrivstoff, andre fornybare drivstoff samt batteri vil dermed øke sin konkurransekraft overfor fossile drivstoff.

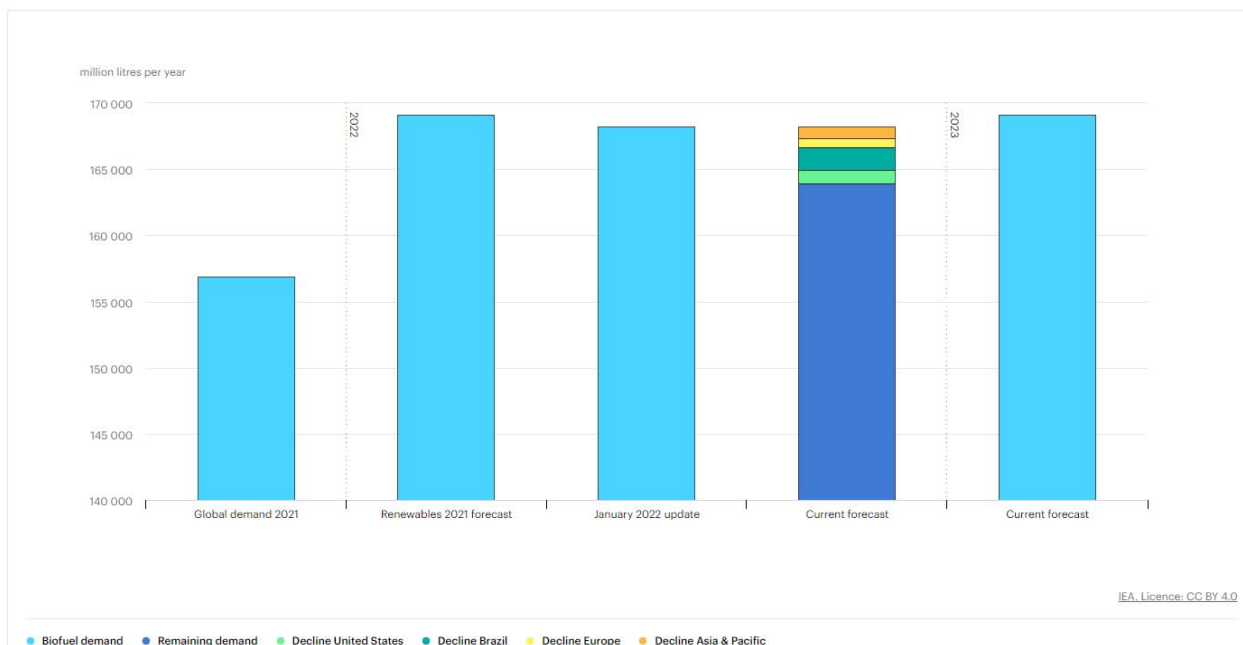
I tillegg til å begrense klimagassutslipp og dekarbonisering av skipsfarten mot 2050 vil også andre faktorer være sentrale for valg av framtidens drivstofftyper som pris, energitetthet, bærekraftig produksjon,

tilgjengelighet og infrastruktur (logistikk), korte seilingsruter vs. havgående langtransport, driftssikkerhet samt menneskelig eksponering (HMS).

Energikrisen i Europa og den pågående krigen i Ukraina driver opp prisene på bl.a. matvarer, strøm, gass og drivstoff (både biodrivstoff og fossilt). Krisen kan dermed innvirke på lav-karbondiltak på kort sikt, mens på lengere sikt kan satsing på lav-karbonløsninger og fornybar energi akselerere energitransisjonen i Europa. Som nevnt i denne rapporten er biodrivstoff en begrenset ressurs globalt, og man kan kanskje tenke seg at krigen i Ukraina vil være en driver for mulig utfasing eller reduksjon av f.eks. rapsolje til bruk i biodrivstoff for sikre global matproduksjon på sikt, da både Ukraina og Russland er store produsenter av bl.a. raps.

EU lanserte i mai 2022 REPowerEU Plan som svar på energimarkedet etter krigsutbruddet i Ukraina 24. februar 2022. Målet er å stoppe EUs avhengighet av russisk gass (fossilt) og samtidig takle klimakrisen. REPowerEU er altså EU-kommisjonens plan for å gjøre Europa uavhengig av russisk fossilt drivstoff før 2030, hvor Russland før krigen var EUs største leverandør av gass. For å oppnå dette nevner EU tre satsingsområder I) Diversifisering av energiforsyningen ved å finne andre alternative energileverandører. På kort sikt gjelder dette fossilt som gass og olje ved å øke leveranser av bl.a. LNG fra f.eks. USA/Canada samt naturgass og LNG fra Norge II) Energisparing nevnes som en rask og billig måte å håndtere den nåværende energikrisen III) Akselerert transisjon mot ren energi ved store investeringer i fornybart (f.eks. hydrogen, sol og vind, biometan) samt å sette industrien og transportsektoren i stand til å erstatte fossilt med fornybart for å redusere både klimagassutslipp og fossilavhengigheten.

Ifølge IEA (2022) sendte Russlands invasjon av Ukraina sjokkbølger gjennom energi- og landbruksmarkedene og forverrer allerede høye priser. Som et resultat er veksten i etterspørselen etter biodrivstoff anslått å avta med 20% i 2022. Figur 6-1 viser nåværende prognose av etterspørsel av biodrivstoff sammenlignet med prognosen før invasjon av Ukraina i februar 2022. EIA nevner også at globalt har pris på biodiesel økt med 20-30% i løpet av dette året.



Figur 6-1 Etterspørsel av biodrivstoff globalt (2021-2023), inkludert estimert nedgang i 2022 (kilde IEA: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/biofuel-demand-including-2022-estimated-decline-in-biofuel-demand-2021-2023>)

7 Innhenting av prøver og analyser i SINTEF-laboratoriet

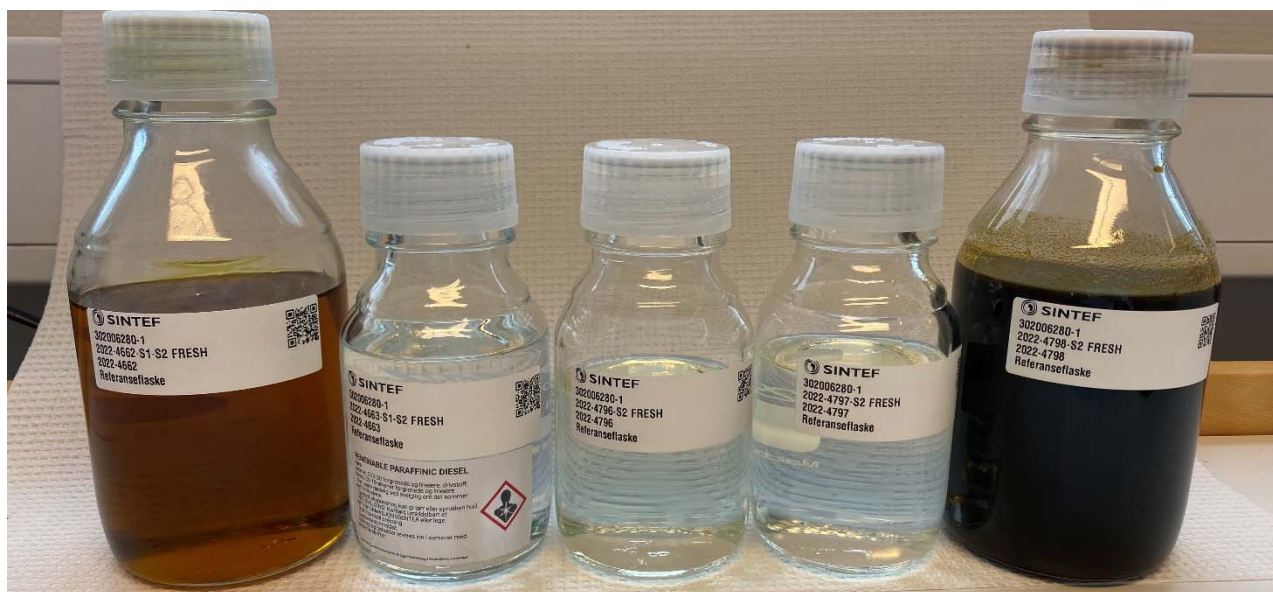
7.1 Innhenting av relevante prøver for testing

Kystverket har sørget for å skaffe prøver av biodrivstoff fra Slagentangen, Skålevik og Mongstad. De mottatte oljene er oppsummert i Tabell 7-1. Viskositet og tetthet er hentet fra oljenes analysesertifikater.

Tabell 7-1 Beskrivelse av de mottatte oljene (fra analysesertifikatene).

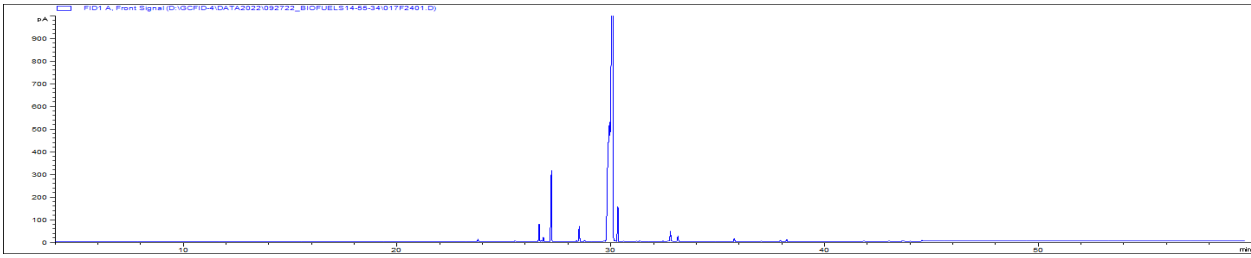
SINTEF ID	Oljetype	Mengde	Tetthet v/ 15 °C	Viskositet v/40 °C	Kommentar
2022-4662	B100 (98.1% FAME)	3 x 5 L	0,883	4,41	Fra Slagentangen, tank TK-706, 10/6-22. Koole Tankstore Mineral BV
2022-4663	HVO	3 x 5L	0,788	3,16	Fra Slagentangen, tank TK-701, 10/6-22. Oiltanking terminal Copenhagen
2022-4796	HVO (HROCDC)	20 L	0,783		Fra Mongstad. "Fure Valö"
2022-4797	HVO (HVO99 CircleK winter)	10 L	0,781	3,01	Fra Skålevik, men Slagen Refinery. Valero Refining Company
2022-4798	UCO (Used Cooking Oil)	20 L	0,922		Fra Mongstad. Fra Rotterdam, men opphav muligens Port Klang, Malaysia

I laboratoriet ble oljekannene homogenisert før en alikvot av oljene ble overført til mindre flasker (Figur 7-1). De tre HVO var fargeløse, mens B100 og UCO hadde en brunlig farge. Ingen av oljene luktet noe spesielt.

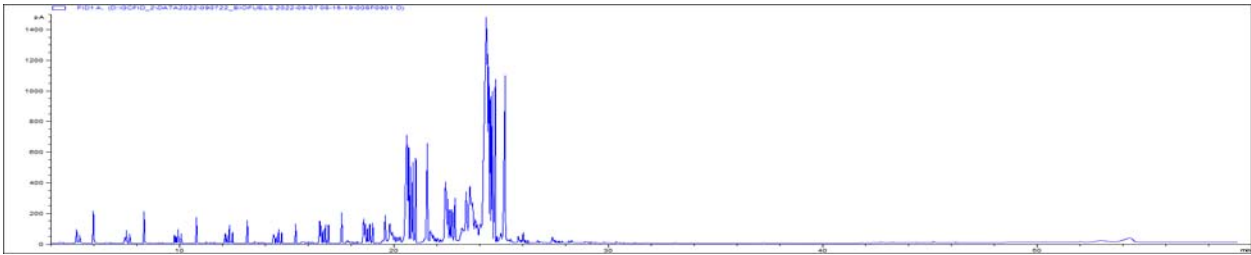


Figur 7-1 Alikvot av de mottatte oljene overført til blanke flasker. Fra venstre mot høyre: B100 (2022-4662), HVO (2022-4663), HVO (2022-4796), HVO (2022-4797) og UCO (2022-4798).

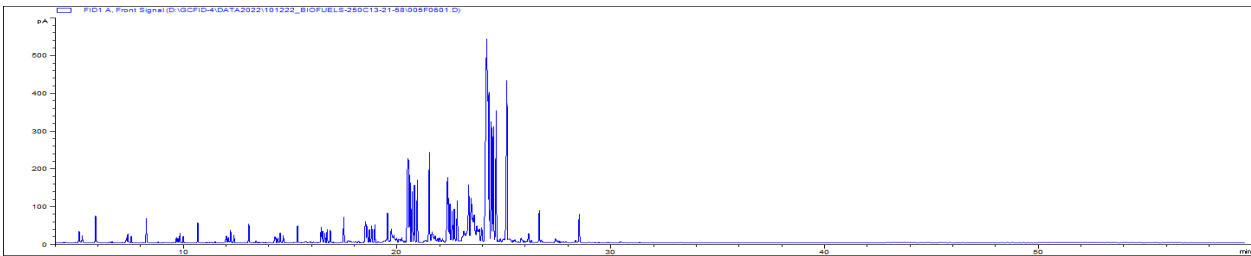
GC-kromatogrammene av prøvene er vist i Figur 7-2 til Figur 7-7, inkludert toppet HVO i Figur 7-5.



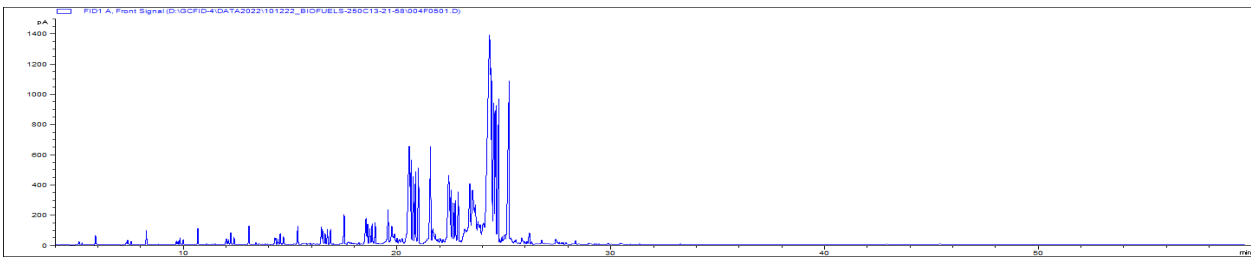
Figur 7-2 B100 fra Slagentangen (2022-4662)



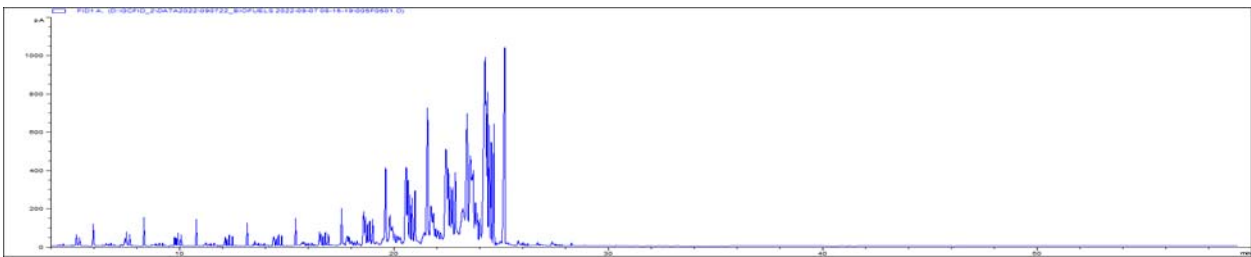
Figur 7-3 HVO fra Slagentangen (2022-4663)



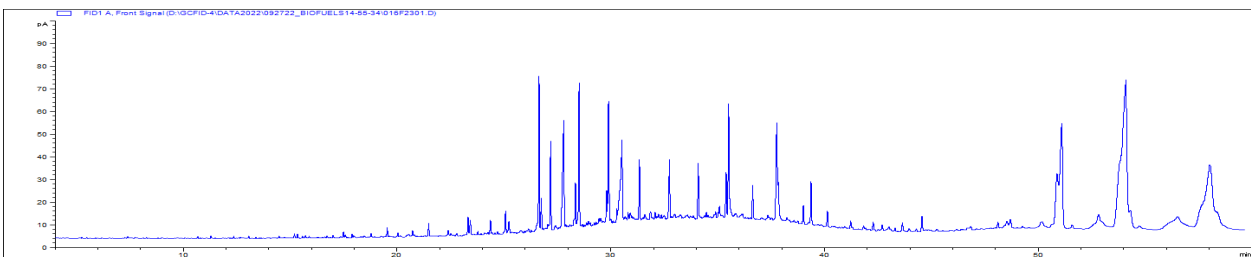
Figur 7-4 HVO fra Mongstad (2022-4796)



Figur 7-5 HVO fra Mongstad, toppet til 250 °C (2022-4796 250+)



Figur 7-6 HVO fra Skålevik (2022-4797)



Figur 7-7 UCO fra Mongstad (2022-4798)

7.2 Metoder

Ifølge sertifikatene var de fysiske egenskapene til de tre HVO såpass like at kun en av dem ble toppet: HVO fra Mongstad (2022-4796) ble toppet til 250°C+ (Stiver and Mackay, 1984).

Analysar:

- De ferske oljene, samt den toppede HVO, ble veid inn i diklormetan før analyse på GC/FID (gasskromatograf med flammeionisasjonsdetektor) og GC/MS (gasskromatograf med massespekter). Interne standarder ble tilsatt før kvantitativ analyse.
- Viskositeten ble målt ved 10°C ved skjær 10 og 100s⁻¹.
- Viskositeten ble også målt som temperatur-sweep fra 50 ned til -2°C (1°C/min) ved skjær 10s⁻¹ for UCO (2022-4798), B100 (2022-4662) og HVO (2022-4796).
- For alle oljer, bortsett fra UCO, ble tetthet målt ved 15,56°C. Tetthet for UCO ble målt ved 40°C og deretter beregnet til 15°C (ASTM D1250-80).
- Maksimalt vannopptak ved bruk av roterende skilletrakter ble målt for B100 og HVO 250°C+. Olje (30 mL) og sjøvann (300 mL) ble blandet og roterte (30 rpm) i skilletrakter (500 mL) ved 10°C i 24 timer. Da ble vannopptaket avlest på skilletraktene og emulsjonenes viskositet ble målt.
- FET-test (felt-test for dispergering) ble gjennomført på B100 og HVO 250°C+.
- IFP og MNS på B100 og HVO 250+.
- WAF og tox på B100 og HVO (2022-4796, fersk): WAF (25 g olje/L sjøvann) ble tappet etter 72 timer ved 10°C, og det ble tatt vannprøver for kjemiske analyser og akutt giftighetstesting. *Calanus finmarchicus* (CV) ble brukt til toksisitetstestene.

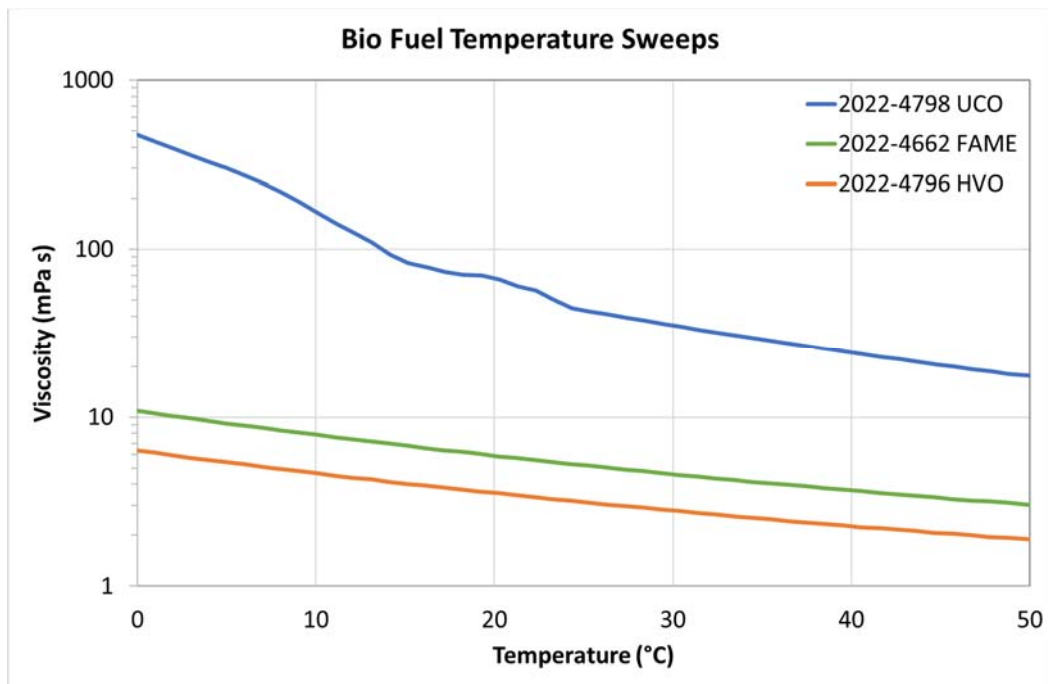
7.3 Resultater og diskusjon

7.3.1 Fysiske analyser og vannopptak

GC kromatogram av toppet HVO (2022-4796) er vist i Figur 7-5, og det var bare 9% som ble toppet av. Resultatene av de fysiske analysene utført ved SINTEF er gitt i Tabell 7-2. Oljenes tetthet er i overensstemmelse med dataene fra analysesertifikatene vist i Tabell 7-1. I tillegg til standard viskositetsmålinger, ble også viskositeten målt ved temperatur-sweep fra 50°C til -2°C (Figur 7-8).

Tabell 7-2 Oljenes fysiske egenskaper, målt i SINTEFs laboratorium. UCO måtte varmes til 40°C før tetthetsmåling og verdien ble deretter beregnet til 15°C. Viskositet for UCO er avlest fra temperatur-sweep (se Figur 7-8).

SINTEF Id		Evap loss topping (wt%)	Density @15,56°C (g/ml)	Density @40°C (g/ml)	Viscosity @10°C 10 s/1 (mPa s)	Viscosity @10°C 100 s/1 (mPa s)	Viscosity temp-sweep @10°C 10 s/1 (mPa s)	Viscosity temp-sweep @40°C 10 s/1 (mPa s)
2022-4662	B100	-	0,8823	-	8,1	8,2	7,8	3,7
2022-4663	HVO	-	0,7812	-	4,9	5,0		
2022-4796	HVO	-	0,7828	-	4,8	4,9	4,6	2,3
2022-4796 250+	HVO 250 °C+	9,2	0,7850	-	5,5	5,6		
2022-4797	HVO	-	0,7808	-	4,7	4,9		
2022-4798	UCO	-	0,9175	0,9007	-	-	164	24,5

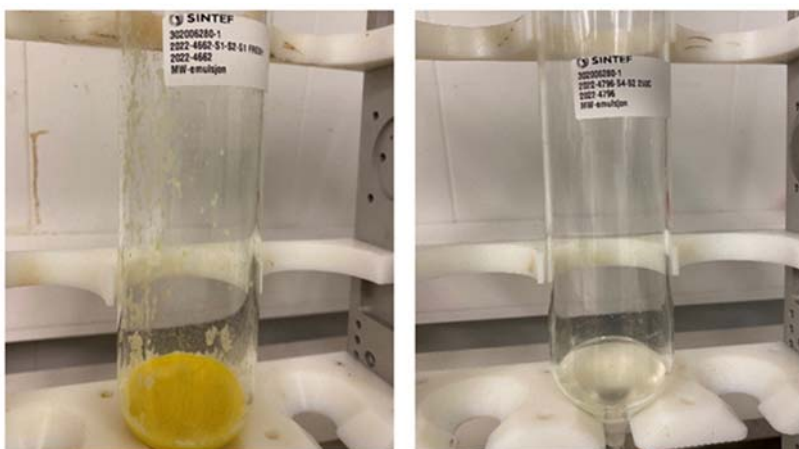


Figur 7-8 Viskositetsmålinger med temperatur-sweep fra 50°C ned til -2°C (1°C/min ved skjær 10).

Maksimalt vannopptak i B100 og forvitret HVO (2022-4796) ble målt etter ca. 24 timer. Forvitret HVO tok ikke opp vann og viskositeten var uforandret sammenlignet med selve oljen (5,5 cP). Vannopptaket i B100 var 27% og viskositeten økte fra 8,2 cP i vannfri B100 til 94 i den emulgerte oljen. Bilder fra vannopptak er vist i Figur 7-9.

Tabell 7-3 Maksimalt vannopptak og emulsjonenes viskositet.

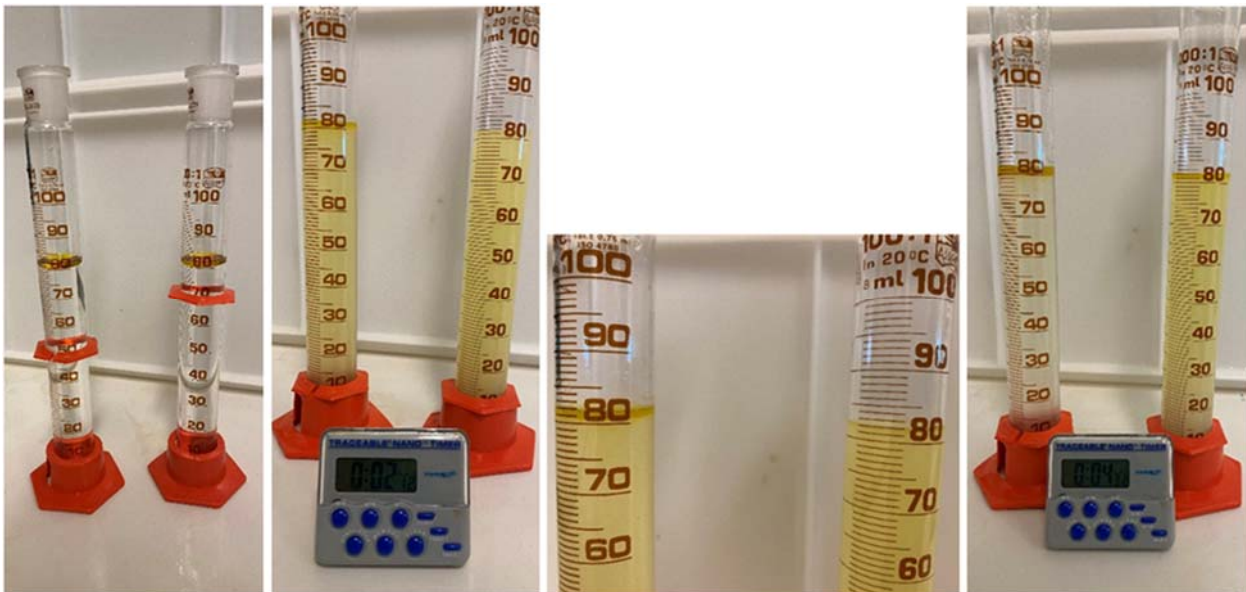
SINTEF Id		Water content (vol. %)	Viscosity @10°C, 10 s/1 (mPa s)	Viscosity @10°C, 100 s/1 (mPa s)
2022-4662	B100	27	94	35
2022-4796 250°C+	HVO 250°C+	0	5,5	5,6



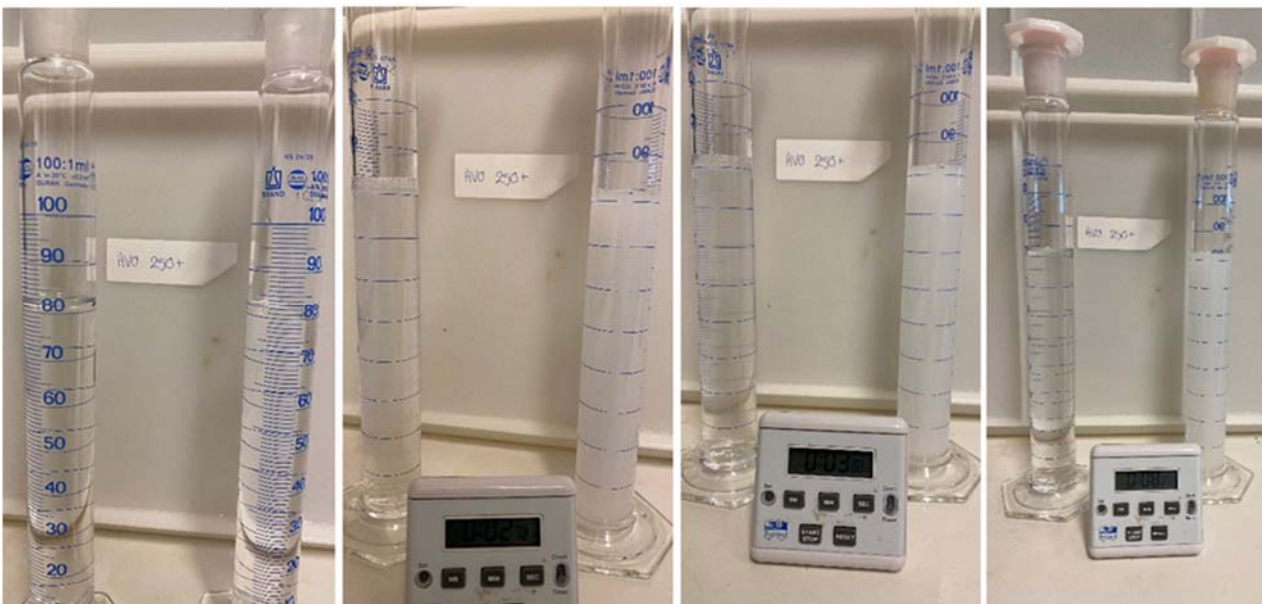
Figur 7-9 Vannopptak etter 24 timer i roterende skilletrakt, B100 til venstre og HVO 250 °C+ til høyre (vannfasen er tappet av).

7.3.2 Effektivitet av dispergeringsmiddel

Det ble utført to Felt-Effektivitets-Tester (FET) på 10 °C, en for fersk B100 og en for forvitret HVO (250°C+). Til tross for lys farge for begge oljene viste bruk av dispergeringsmiddel (Dasic NS) en tydelig positiv effekt. Prøven med dispergeringsmiddel (til høyre i bildene) viste god dispergerbarhet for begge oljene, og betraktelig lengre settlingstid sammenlignet med kontrollprøven (uten dispergeringsmiddel, til venstre).



Figur 7-10 FET-test med B100: Fra venstre mot høyre: Før start, etter 12 sek rotering, nærbilde av toppfase/settlet olje 30 sek etter risting, og 2,5 min etter risting. Tydelig forskjell i vannfasens farge, mer settlet i kontroll (til venstre)



Figur 7-11 FET-test med HVO 250 °C+. Fra venstre mot høyre: Før start, 12 sek etter risting, 1 min etter risting med tydelig forskjell i farge i vannfasen og 6 min og 21 sek etter risting hvor det er fortsatt synlig forskjell på vannsøylen. Tilsynelatende all olje i kontrollen har settlet tilbake til overflaten, mens for testen med dispergeringsmiddel er det fortsatt olje i vannsøylen. (merk: en del olje har også settlet til overflaten i testen, høyre)

Det ble utført dispergeringstesting på fersk B100 og HVO 250°C+ residue med bruk av IFP (lav-energitest tilsvarende ikke-brytende bølger <5 m/s) og MNS (høy-energitest tilsvarende brytende bølger >5-10 m/s). Testene på IFP og MNS ble utført ved 10°C med Dasic NS som dispergeringsmiddel og en DOR (dispersion-to oil ratio) på 1:25. For å beregne dispergeringseffektivitetene fra disse testene ble olje-ekstraktene kvantifisert på GC/FID siden egenfargen på ekstraktene var såpass lyse at de ikke kunne kvantiteres ved hjelp av standard metode med UV-spektrofotometer.

Resultatene fra dispergeringstestingene på IFP og MNS er gitt i Tabell 7-4. Dispergeringstestene viste 98-100% effektivitet for B100 på IFP og MNS, dvs. at oljen ble brutt opp til smådråper i vannmassen. HVO 250°C+ viste også 100% effektivitet på MNS og en relativ god dispersjon på 61% på IFP. Figur 7-12 og Figur 7-13 viser testene for henholdsvis IFP og MNS for fersk B100 og HVO 250°C+.

Tabell 7-4 Dispergeringstesting av fersk B100 og HVO 250°C+ på IFP (lav-energi) og MNS (høy-energi).

SINTEF Id	Dasic NS (DOR)	Effektivitet IFP (%)	Effektivitet MNS (%)		
2022-4662	B100	1:25	98	100	
2022-4796	250°C+	HVO 250°C+	1:25	61	100



Figur 7-12 Dispergeringstesting på IFP for B100 til venstre og HVO 250°C+ til høyre.

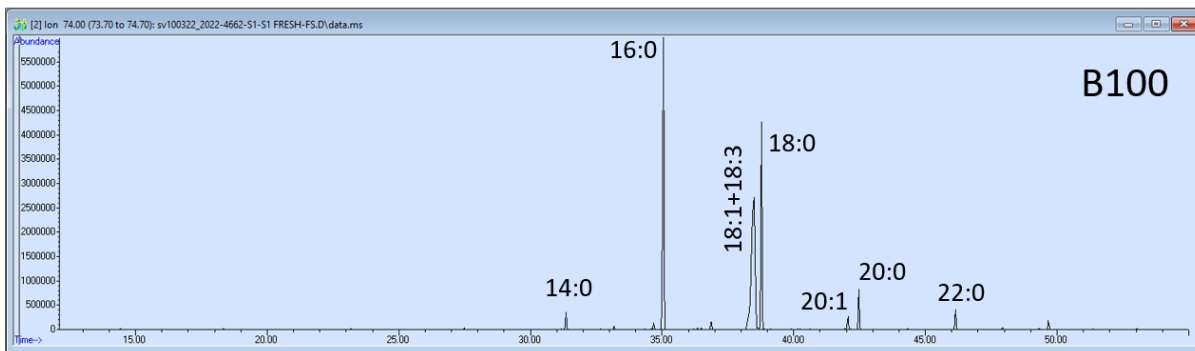


Figur 7-13 Dispergeringstesting på MNS for B100 til venstre og HVO 250°C+ til høyre.

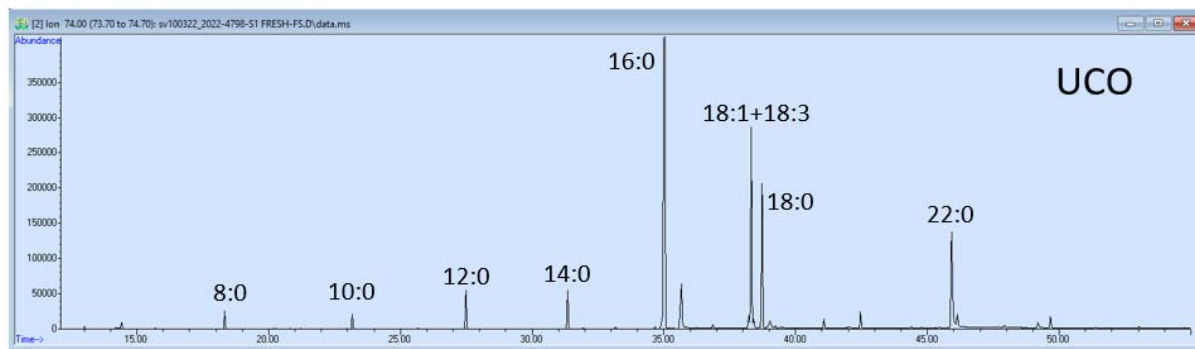
7.3.3 Kjemisk sammensetning av oljene

På både oljeprøver og WAF ble standard oljekomponenter analysert, samt at prøvene ble analysert med fullscan GC/MS for å se om det kan være andre komponenter som dominerer. Tilbakemelding fra laboratoriet var at det var ingen spesielle komponenter som skilte seg ut, bortsett fra at FAMES som forventet ble detektert i B100 og UCO. Prøvene ble derfor analysert etter de standard kjemiske analysene som brukes for andre oljeprodukter.

B100 inneholder lave konsentrasjoner av standard VOC og SVOC-komponenter (Figur 7-16), men inneholder også FAME. For å identifisere de forskjellige FAMES ble det analysert en standard med FAME-mix i fullscan GC/MS. FAMES kan detekteres med m/z 74, og ionekromatogrammene fra fullscananalysene av B100 og UCO er vist i Figur 7-14 og Figur 7-15. I tillegg er den prosentvise fordelingen av de identifiserte FAMES gitt i Tabell 7-5. B100 domineres av clusteret med 18:1-3 (40%), men inneholder en del også 16:0 (32%) og 18:0 (20%). UCO, som trolig er brukt fritryolje eller tilsvarende, inneholder mest 16:0 (66%), men også en del 18:1-3 (15%) og 18:0 (11%).



Figur 7-14 Ionekromatogram (m/z 74) av FAMES i B100 (SINTEF ID 2022-4662)



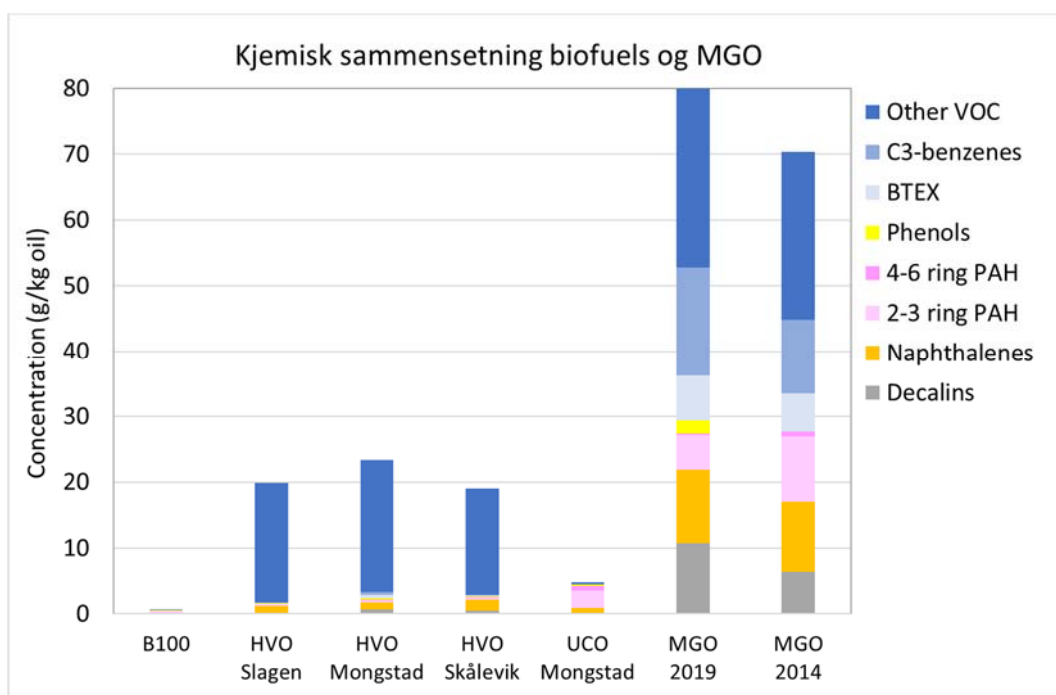
Figur 7-15 Ionekromatogram (m/z 74) av FAMES i UCO (Used Cooking Oil). (SINTEF ID 2022-4798).

Tabell 7-5 Prosentvis fordeling av de ulike FAMES (retensjonstid fra ionekromatogram). Litt usikkert om 12:2, 22:0 og 24:0 er til stede (for eksempel 18:0 er en mettet FAME, mens 18:1 er en umettet FAME med en dobbeltbinding, 18:2 med to dobbeltbindinger osv.).

FAME	12:0?	14:0	16:0	18:1/18:2/18:3	18:0	20:0	20:1	22:0?	24:0?
Retensjonstid	27,49	31,35	35,01	38,31	38,73	42,05	42,47	46,14	49,67
2022-4662 B100	ND	1,4	32	39	20	1,3	3,6	1,8	0,9
2022-4798 UCO	2,6	2,6	66	15	11	ND	1,3	1,2	0,9

Som nevnt tidligere, ble prøvene analysert og rapportert etter de standard kjemiske analysene som brukes for andre oljeprodukter (Vedlegg C). GC-kromatogrammene av oljene er gitt i Figur 7-2 til Figur 7-7. En oppsummering av den kjemiske sammensetningen av de fem biodrivstoffene som ble analysert er vist i Figur 7-16, sammen med to marine gassoljer (MGO) som ble analysert i tidligere prosjekter. Mer detaljerte resultater er gitt i Vedlegg B, Tabell B 1 til Tabell B 4.

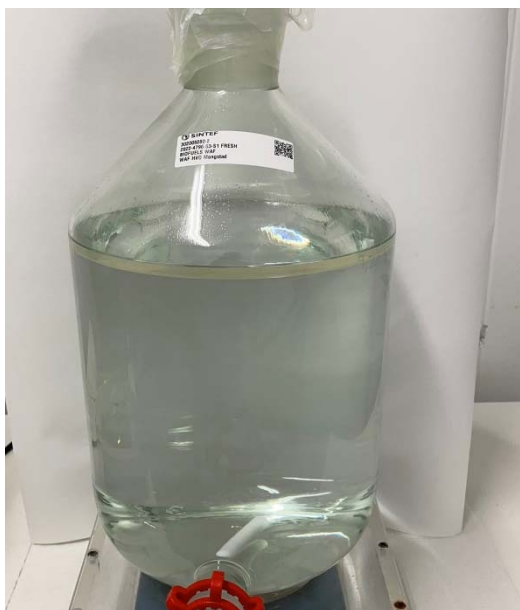
Fra GC-kromatogrammene kan det se ut som at de tre HVO har forholdsvis lik sammensetning. Dette bekreftes i GC/MS-analysene, hvor oljene er dominert av "andre volatiles", som er bl.a. alkaner med kokepunkt <C10 (alkaner >C10 kvantifiseres fra GC-kromatogrammet som en del av TEM (totalt ekstraherbart materiale). HVO fra Mongstad inneholder noe mer BTEX og C3-benzener enn de andre to HVO. Alle HVO inneholder også naftalener og noe 2-3 ring PAHs. Det ble kvantifisert mer 2-3 ring PAHs og 4-6 ring PAHs i UCO enn de øvrige biodrivstoffene. Mer detaljer fra de kjemiske analysene er gitt i Vedlegg B.



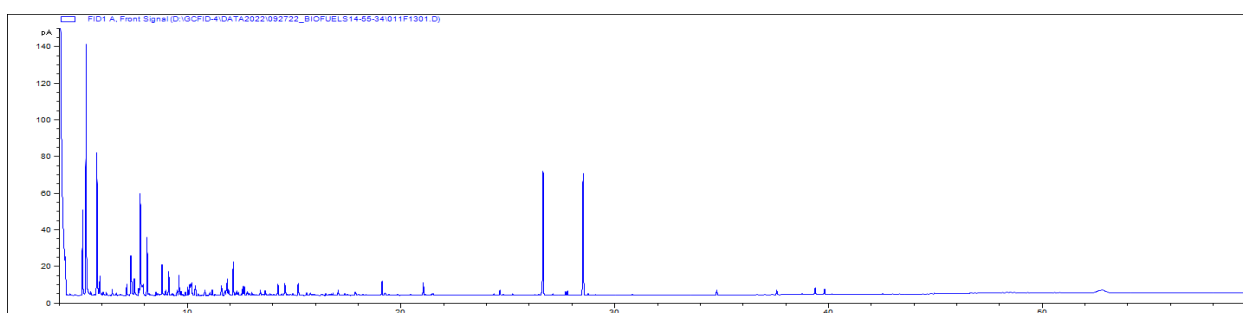
Figur 7-16 Oppsummering av analyserte VOC og SVOC komponenter i biodrivstoff, samt to MGO analysert tidligere. Komponentgruppene er beskrevet i Vedlegg D.

7.3.4 WAF og toksisitet

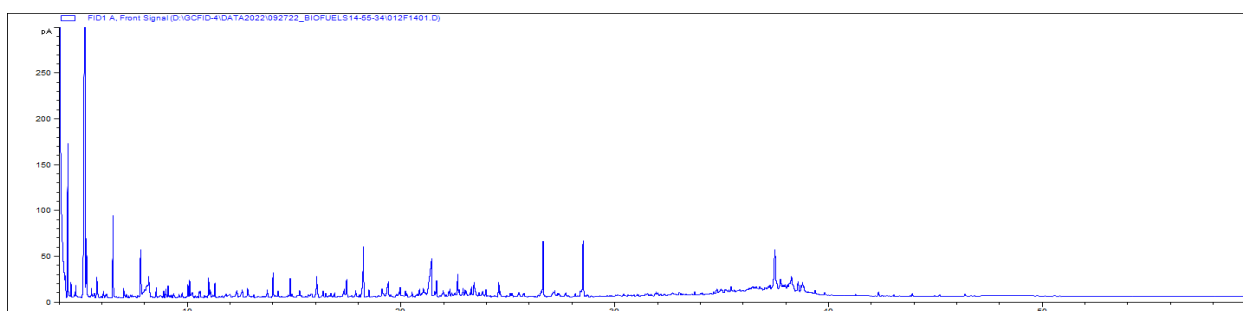
Bilde av to WAF-systemene med B100 og HVO er vist Figur 7-17 og deres GC-kromatogram i Figur 7-18 (HVO) og Figur 7-19 (B100). Figur 7-20 viser at de har svært forskjellig sammensetning. WAF av HVO inneholder en del volatiles, særlig BTEX og C3-benzener som er mer vannløselige enn alkanene i "other volatiles". TEM fra GC/FID var lav, kun 0,09 mg/L, noe som medfører at UCM også blir lav i den totale WAF som var 0,43 mg/L (Figur 7-18). FAMEs er lite vannløselige, noe som også vises i GC-kromatogrammet av WAF'en i Figur 7-19. Lave konsentrasjoner av både volatiles og SVOC ble detektert i B100 (Figur 7-20). Den totale WAF-konsentrasjonen var 0,89 mg/L, og består hovedsakelig av UCM (0,87 mg/L). WAF av to MGOs analysert tidligere er også vist i Figur 7-20. Deres total WAF konsentrasjoner var 10,3 mg/L for MGO 2019 og 4,7 mg/L for MGO 2014.



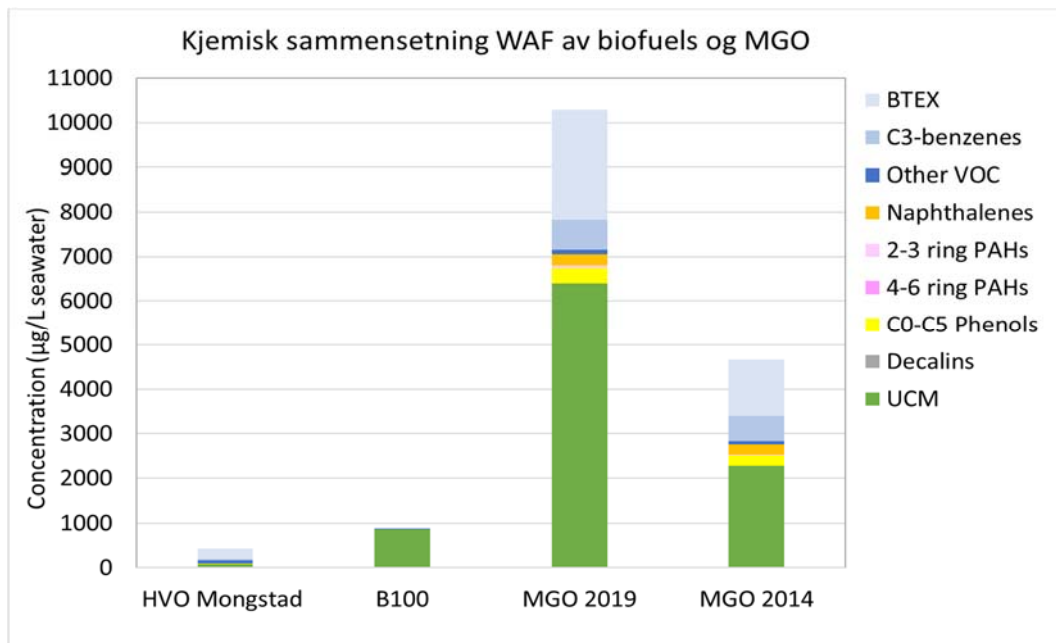
Figur 7-17 WAF systemer med B100 til venstre og HVO Mongstad til høyre.



Figur 7-18 GC kromatogram av WAF av HVO fra Mongstad (SINTEF ID 2022-4796). De to toppene med retensjonstid mellom 26 og 29 min er tilsatte interne standarder.



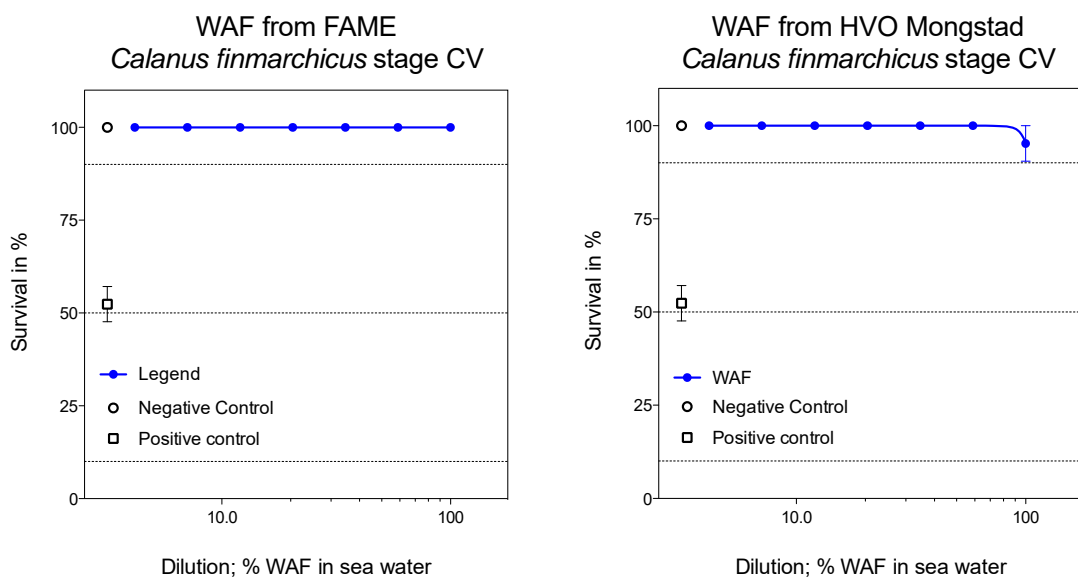
Figur 7-19 GC kromatogram av WAF av B100 (SINTEF ID 2022-4662). De to toppene med retensjonstid mellom 26 og 29 min er tilsatte interne standarder.



Figur 7-20 Oppsummering av analyserte VOC og SVOC komponenter i WAF av B100 og HVO Mongstad, samt to MGO analysert tidligere. Komponentgruppene er beskrevet i Vedlegg D.

Giftighetstester med *Calanus finmarchicus* av de to WAF-systemene indikerte meget lav giftighet (Figur 7-21). Etter 72 timer ble ingen dødelighet observert i 100% WAF med B100 mens 5% dødelighet ble observert i WAF med HVO. Dvs. at det var så lav dødelighet at det ikke var mulig å beregne hverken LC_{50} eller LC_{10} . Toxic Unit (TU) ble estimert til å være 0,12 for B100 og 0,05 for HVO (UCM er ikke inkludert i beregningene).

I WAF av de to MGO var det 100 % dødelighet av *C. finmarchicus* etter 72 timer i begge og deres LC_{50} var hhv 1,23 (2014) og 1,28 mg/L (2019). TU var 0,70 for MGO fra 2014 og 2,46 for MGO fra 2019.



Figur 7-21 Overlevelse av *C. finmarchicus* (y-akse) etter 72 timer som funksjon av WAF-konsentrasjon (% fortyning). B100 (2022-4662) i graf til venstre og HVO (2022-4796) i grafen til høyre.

De fleste tidligere studier ser på effekter av FAMEs eller FAMEs kombinert med ulike blandingsforhold av konvensjonell diesel. Resultatene spriker og noen publikasjoner konkluderer med at konvensjonell diesel er mer giftig enn biodiesel, mens andre konkluderer med at biodiesel er mer toksisk enn konvensjonell diesel. Våre resultater indikerer svært lav dødelighet av *C. finmarchicus* ved eksponering til både WAF av B100 og HVO. For B100 er dette i overensstemmelse med Khan et al. (2007) og Pereira et al. (2012), og med Strandberg et al. (2022) for HVO, selv om de testet andre arter.

7.4 Oppsummering laboratorieaktiviteter

Fem forskjellige biodrivstofftyper ble analysert mhp fysikalske egenskaper og kjemisk sammensetning. De tre HVO var forholdsvis like, slik at det ble valgt å gå videre med en av dem for topping (250 °C+), vannopptak, dispergeringstesting, samt WAF og toksisitet. Tilsvarende analyser ble også gjennomført på B100.

Den toppede fraksjonen (250°C+) av HVO ble brukt til målinger av vannopptak og dispergeringstesting. Forvitret HVO tok ikke opp vann, mens B100 hadde et vannopptak på 27% etter 24 timer. FET-testen indikere at dispergerbarheten for begge oljene var god, og dette ble bekreftet både ved IFT og MNS-testing. Dispergeringstestene viste 98-100% effektivitet for B100 på IFP og MNS, dvs. at oljen ble brutt opp til smådråper i vannmassen. HVO 250°C+ viste også 100% effektivitet på MNS og en relativ god dispersjon på 60% på IFP.

På både oljeprøver og WAF ble analysert med fullscan GC/MS for å se om det kan være andre komponenter enn i våre standardanalyser som dominerer. Det var ingen spesielle komponenter som skilte seg ut i fullscan-analysene, bortsett at FAMEs som forventet ble detektert i B100 og UCO. Prøvene ble derfor analysert etter de standard kjemiske analysene som brukes for andre oljeprodukter, samt at fordeling av FAMEs ble estimert.

B100 inneholder stort sett FAMEs, og dermed lave konsentrasjoner av standard VOC og SVOC-komponenter. FAME-clusteret med 18:1-3 (40%) dominerer, men den inneholder også en del 16:0 (32%) og 18:0 (20%). UCO, som trolig er brukt fritrylje eller tilsvarende, inneholder mest 16:0 (66%), men også en del 18:1-3 (15%) og 18:0 (11%). Det ble kvantifisert mer 2-3 ring PAHs og 4-6 ring PAHs i UCO enn de øvrige biodrivstoff. De tre HVO har forholdsvis lik sammensetning, oljene er dominert av "andre volatiles", som er bl.a. alkaner med kokepunkt <math><C_{10}</math> (alkaner >math>>C_{10}</math> kvantifiseres fra GC-kromatogrammet som en del av TEM). HVO fra Mongstad inneholder noe mer BTEX og C₃-benzener enn de andre to HVO. Alle HVO inneholder også naftalener og noe 2-3 ring PAHs.

Kjemisk sammensetning og akutt toksisitet på *Calanus finmarchicus* i WAF av B100 og HVO Mongstad ble gjennomført. Fettsyrene har såpass lav løselighet i vann at de ikke ble detektert i WAF av B100. Det var også lave konsentrasjoner av både volatiles og SVOC, og den totale WAF-konsentrasjonen var 0,89 mg/L og besto hovedsakelig av UCM (0,87 mg/L). WAF av HVO inneholdt en del volatiles (0,34 mg/L), særlig BTEX og C₃-benzener, og den totale WAF konsentrasjonene var 0,43 mg/L.

Giftighetstester med *Calanus finmarchicus* av de to WAF-systemene indikerte meget lav giftighet. Etter 72 timer ble ingen dødelighet observert i 100% WAF med B100 mens 5% dødelighet ble observert i WAF med HVO. Dvs. at det var så lav dødelighet at det ikke var mulig å beregne hverken LC₅₀ eller LC₁₀.

8 Tiltak ved utslipp på sjø for HVO og B100 (FAME)

Hovedkonklusjoner basert på de begrensede laboratoriestudiene av HVO og B100 (se kap.7):

- Effektiviteten av dispergeringsmiddel var meget god for både HVO og B100 (FAME), men oljenes dispergerbarhet ble ikke testet uten dispergeringsmiddel (IFP og MNS test).
- HVO tok ikke opp vann (ingen emulsjon), mens B100 tok opp ca. 27 vol% vann.
- Lave viskositeter av HVO og emulgert B100.
- Meget lav akutt giftighet av raudåte (*Calanus finmarchicus*) for HVO og B100 som ble testet.

Ut fra dette kan følgende betraktninger trekkes å ha betydning for operative tiltak ved utslipp:

8.1 Kjemisk dispergering

HVO emulgerte ikke i laboratoriet og har på denne måten likheter med andre ikke-emulgerende marine dieseloljer som f.eks. MGO (marine gassoljer). Tidligere laboratorietester av f.eks. vannfri MGO (250°C+ residu) har vist at denne lar seg lett dispergere ved brytende bølger (MNS-test) med lave doseringsforhold (DOR 1:100 /1:200), mens ikke-brytende bølger (IFP-test) krever noe høyere DOR 1:25/1:50 for optimal effektivitet (Sørheim et al. 2019 og Hellstrøm, 2017). Dette viser at energitilførsel kan være en viktig faktor for best mulig dispergering dvs. at under rolig værforhold kan tilførsel av energi (f.eks. turbulens/"prop-washing" fra båt) etter den kjemiske påføringen øke dispergeringseffektiviteten.

I operativ sammenheng er FET-testen en enkel og rask metode for å sjekke om en olje/emulsjon er dispergerbar. Det kan være i midlertidig være en utfordring at HVO er blank (fargeløs) for en visuell vurdering av dispergerbarhet. Ut fra lab. testing ser vi at etter tilsats av dispergeringsmiddel blir vannet blakket av de små dispergerte oljedråpene som gjør det enklere å vurdere dispergerbarheten rent visuelt vs. ikke tilsats av dispergeringsmiddel hvor vannfasen forblir mindre blakket pga. større oljedråper, som raskere stiger opp til overflaten ved stillstand. B100 testet har gul-oransje egenfarge som gjør det visuelt enklere å vurdere dispergerbarheten ved tilsats av dispergeringsmiddel.

8.2 Mekanisk dispergering

Mekanisk dispergering med høykapasitet vann-flushing uten bruk av dispergeringsmiddel på tynne oljefilmer (< 0,2 mm) vil også være et mulig tiltak både for HVO og B100.

8.3 Mekanisk oppsamling

Lave viskositeter og begrenset vannopptak gir økt potensiale for lenselekkasje ved mekanisk oppsamling av HVO og B100. Tynne oljefilmer typisk mindre enn 0,1 mm vil også redusere effektivitet for bruk av lenser. Absorberende lensematerialer vil også kunne være et godt alternativ for oppsamling av mindre utslipp av lav-viskøse biodrivstoff. Imidlertid bør den absorberende effektiviteten av til slike lenser også dokumenteres på slike oljetyper.

8.4 Spredning på sjø

Det foreligger liten dokumentasjon på spredningsegenskapene til HVO og FAME på sjø, og burde kunne testes i mindre skala sett i forhold til erfaringene med spredningsegenskapene til MGO (ref. feltforsøk Olje-på-vann i 2022).

8.5 Monitorering og fjernmåling

Ved utslipp til sjø er monitorering av dispergerte oljedråper som blandes ned i vannmassen en viktig måleparameter. Måling av dråpestørrelsesfordeling kan utføres med optisk laserdiffraksjon instrument

(LISST) samt beregning av relativ oljekonsentrasjoner. For måling av oljekonsentrasjoner i vannmassene benyttes i dag også in-situ UV-fluorosens (UVF). De fluoriserende egenskaper til slike biodrivstoff bør imidlertid dokumenteres og kalibreres spesifikt for UVF-målere. Fjernmåling fra fly / satellitter er også viktig for å følge spredning og oppførsel av oljen på overflaten dersom den søles på sjøen.

8.6 Supplerende studier relatert til tiltak

Supplerende studier vil kunne bidra til økt kunnskap og dokumentasjon hvordan FAME-baserte drivstoff, HVO og råmaterialer (biomasser) som UCO oppfører seg ved utslipp på sjøen. Så langt er kun rene produkter av HVO og B100 (FAME) studert i dette prosjektet, men også blandinger (B7, B20 osv.) kan være relevant i denne sammenheng, som f.eks. videre kartlegging av giftighet. I tillegg bør det også dokumenteres bedre hvordan slike oljer biodegraderes. Laboratoriestudier kan også gi input til modellverktøy for å bl.a. å predikere forvitringsegenskaper og spredning dersom slike oljetyper søles på sjøen. Uttesting av absorberende lensematerialer kan være relevant rent operativt f.eks. på mindre utslipp hvor bruk av tradisjonelle lenser ikke er egnet.

Basert på dette litteraturstudiet kan det se ut som at det er lite publisert når det gjelder forvitring og effekter av utslipp, og det som finnes av litteratur, spesielt når det gjelder giftighet, har til tider svært sprikende konklusjoner.

9 Referanser

Avinash, A., D. Subramaniam, A. Murugesan (2014). Bio-diesel—A global scenario. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 29: 517-527, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.09.007>.

Bamgbose, I.A., T. A. Anderson (2020). Ecotoxicity of three plant-based biodiesels and diesel using *Eisenia fetida*, *Environmental Pollution*, 260: 113965. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.113965>.

Bioenergy Europe Statistical report, 2021.

Biofuel express: <https://www.biofuel-express.com/no/>

CEN, 2020. Oil spill identification – Waterborne petroleum and petroleum products – Par 2: Analytical methodology and interpretation of results based on GC-Fid and GC-MS low resolution analyses. Draft prEN15522-2, December 2020.

DeMello, J.A., C.A. Carmichael, E.E. Peacock, R.K. Nelson, J.S. Arey, C.M. Reddy (2007). Biodegradation and environmental behavior of biodiesel mixtures in the sea: An initial Study. *Marine Pollution Bulletin* 54: 894-904. doi: 10.1016/j.marpolbul.2007.02.016.

DNV 2021: <https://www.dnv.com/maritime/hub/decarbonize-shipping/fuels/bridging-fuels.htmlEt%20dropin%20drivstoff%20kan%20direkte%20brukes%20i%20eksisterende%20installasjoner%20uten%20store%20tekniske%20modifikasjoner,%20noe%20som%20gj%C3%B8r%20dem%20sv%C3%A6rt%20attraktive%20for%20eksisterende%20tonnasje>.

DNV: Maritime forecast to 2050, Energy transition Outlook 2021.

Drivkraft Norge: <https://www.drivkraftnorge.no/Drivstoff-og-energi/biodrivstoff/>

EMSA, 2021: European Maritime Transport Environmental Report 2021.

European Environment Agency, 2022: <https://www.eea.europa.eu/ims/use-of-renewable-energy-for>

EU: REPowerEU: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_22_3131

EU: https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2022/12/18/fit-for-55-council-and-parliament-reach-provisional-deal-on-eu-emissions-trading-system-and-the-social-climate-fund/?utm_source=dsms-auto&utm_medium=email&utm_campaign=%27Fit+for+55%27%3a+Council+and+Parliament+reach+provisional+deal+on+EU+emissions+trading+system+and+the+Social+Climate+Fund

Hawrot-Paw, M., A. Koniuszy, G. Zajac, J. Szyzylak-Bargowicz (2020). Ecotoxicity of soil contaminated with diesel fuel and biodiesel. *Scientific Reports* 10: 16436. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-73469-3>.
Hellstrøm, K.C. 2017. Weathering properties and toxicity of Marine Fuel Oils. Summary report. SINTEF report OC2017-A124

IMO: <https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Reducing-greenhouse-gas-emissions-from-ships.aspx>

IEA Net Zero by 2050. A roadmap for the global energy sector (<https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>)

IEA, 2022: <https://www.iea.org/reports/renewable-energy-market-update-may-2022/transport-biofuels#abstract>

IMO (2020): <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Fourth-IMO-Greenhouse-Gas-Study-2020.aspx>

IMO: <https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Reducing-greenhouse-gas-emissions-from-ships.aspx>

InfraFish: <https://www.intrafish.no/politikk/enighet-om-utflyttingsskatt-og-den-gjelder-fra-29-november/2-1-1363381>

Langwehr, K. R., J. Hillas, R. Mead-Hunter, R. A. O’Leary, A. Kicic, B.J. Mullins, A.N. Larcombe, AusREC, and WAERP (2019). Soy Biodiesel Exhaust is More Toxic than Mineral Diesel Exhaust in Primary Human Airway Epithelial Cells. Environ. Sci. Technol., 53 (19):11437-11446. DOI: 10.1021/acs.est.9b01671

Menon Economics, 2022: RAPPORT GRØNN MARITIM 2022 – TEKNOLOGI, UTSLIPP, VERDISKAPING OG SYSSELSETTING. MENON-PUBLIKASJON NR. 29/2022:
[Grønn Maritim 2022- Teknologi, utslipp, verdiskaping og sysselsetting – Menon Economics](#)

Miljødirektoratet og Sjøfartsdirektoratet. 2018. “Kunnskapsgrunnlag foromsetningskrav i skipsfart.” Miljødirektoratet-Rapport, nr. M–1125.

Miljødirektoratet – Biodrivstoff i Norge, 2021:
<https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/transport/biodrivstoff/>

Miljødirektoratet.no (2022). Avansert biodrivstoff øker på norske veier
<https://www.miljodirektoratet.no/aktuelt/nyheter/2022/juni-2022/avansert-biodrivstoff-oket-pa-norske-veier/>

Miljødirektoratet.no (2022). Beskrivelse av tiltak for bruk av avansert biodrivstoff til skipsfart
<https://www.miljodirektoratet.no/tjenester/klimatiltak/klimatiltak-for-ikke-kvotepliktige-utslipp-mot-2030/sjofart-fiske-og-havbruk/bruk-av-avansert-biodrivstoff-til-skipsfart/> (lastet ned 14.06.2022)

Murugesan, A., C. Umarani, R. Subramanian, N. Nedunchezian (2009). Bio-diesel as an alternative fuel for diesel engines—A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 13 (3): 653-662,
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2007.10.007>.

Murugesan, A. C. Umarani, T.R. Chinnusamy, M. Krishnan, R. Subramanian, N. Neduzchezian (2009). Production and analysis of bio-diesel from non-edible oils—A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 13 (4): 825-834, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.02.003>.

nye.naf.no: <https://nye.naf.no/bilhold/kostnader/alt-du-ma-vite-om-drivstoff>

Panoutsou, C., et al 2021. Advanced biofuel to decarbonize European transport by 2030: Markets, challenges, and policies that impact their successful market uptake
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211467X21000195>

Pereira, S.A., V.Q. Araújo, M.V. Reboucas, F. S.V. Vieira, M. V. A. de Almeida, F.A. Chinalia, I. A. Nascimento (2012). Toxicity of biodiesel, diesel, and biodiesel/diesel blends: comparative sub-lethal effects of water-soluble fractions to microalgae species. Bull Environ Contam Toxicol (2012) 88:234–238.
DOI 10.1007/s00128-011-0430-9

Pikula, K.S., A.M. Zakharenko, V.V. Chaika, A.K. Stratidakis, M. Kokkinakis, G. Waissi, V.N. Ratiskii, D.A. Sarigiannis, A.W. Hayes, M.D. Coleman, A. Tsatsakis, K.S. Golokhvast (2019). Toxicity assay of waste cooking oil-based biodiesel on marine microalgae. Toxicology Reports 6: 111-117.
<https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2018.12.007>.

Rambøll, 2021: Utslipp til luft fra biodrivstoff. 2021-12-07, ref. 1350046823.
<https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2022/mai/utslipp-til-luft-fra-biodrivstoff/>

Regjeringen, 2022. Stortingsmelding 13. Klimaplan for 2021-2030.
<https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-13-20202021/id2827405/> (lastet ned 14.06.2022).

Regjeringen, 2021: <https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/innsiktsartikler-klima-miljo/klimaendringer-og-norsk-klimapolitikk/id2636812/>

Regjeringen (2021) <https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/innsiktsartikler-klima-miljo/eus-klimapakke-klar-for-55/>

Regjeringen. Stortingsmelding.10 (2020-2021). Grønnere og smartere-morgensdagens maritime næring.
<https://www.regjeringen.no/contentassets/391f633b512b4866a4193ba67be27c3b/no/pdfs/stm202020210010000dddpdfs.pdf>

Selley, L., D.H. Phillips, I. Mudway (2019). The potential of omics approaches to elucidate mechanisms of biodiesel-induced pulmonary toxicity. Particle and Fibre Toxicology, 16:4. <https://doi.org/10.1186/s12989-018-0284-y>

SINTEF, 2017: <https://blogg.sintef.no/sintefenergy-nb/bioenergi/alt-du-trenger-vite-om-biodrivstoff/>

SINTEF 2022: <https://blogg.sintef.no/sintefenergy-nb/status-biodrivstoff-2022/>

Statista, 2022: <https://www.statista.com/statistics/613238/biofuels-consumption-transport-eu/>

Statistisk sentralbyrå (SSB, 2019): <https://www.ssb.no/energi-og-industri/artikler-og-publikasjoner/stadig-mer-alternativt-drivstoff-i-transport>

Statistisk sentralbyrå (SSB, 2021): <https://www.ssb.no/transport-og-reiseliv/landtransport/artikler/fra-fossil-til-fornybar-energibruk-i-transport>

Statistisk sentralbyrå (SSB, 2022):

<https://www.ssb.no/transport-og-reiseliv/landtransport/artikler/utfordringer-med-fornybart-drivstoff>

Stiver, W. and Mackay, D. (1984). Evaporation rate of spills of hydrocarbons and petroleum mixtures. Environ. Sci. Technol. 18 (11): 834-840.

Strandberg, J., H. Waldetoft, G. Giovanoulis, L. Egelrud, G. Thorsén, A. Potter (2022). Odour and ecotoxicity in water from fuels of varying content of non-fossil components. Odour threshold values, predictive modelling and ecotox data. Report no. B 2438, IVL Swedish Environmental Research Institute.

<https://www.ivl.se/download/18.1525306c18085e4cd501226/1652095256352/B2438.pdf> (downloaded June 10, 2022)

Sørheim, K.R., Johnsen, M., Bakken, O.M., Hellstrøm, K. (2019). Dispergeringstesting og vurdering av dispergeringsmidler på ulike oljeprodukter. SINTEF rapport: OC2019 A-090. ISBN: 978-82-7174-362-8.

TU (2022): <https://www.tu.no/artikler/norge-kjemper-for-strengere-utslippskrav-gjennom-imo/520284?key=H1nvv8J>

TØI (2016). Fornybare drivstoffer – Fornybar diesel (HVO). Transportøkonomisk Institutt rapp. nr. 1475/2016. ISBN 977-82-480-1699-1. <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=43045> (downloaded 23.03.2022).

Vedlegg A Produksjon og transport av biodrivstoff – ekstern kommunikasjon

A.1 Kommunikasjon med Esso Norge AS

Oppsummering av møte (01-04-2022) med Lidia Lankosz-Berdychowski i Esso Norge:

- All biofuels (>99%) i Norge importeres fra utlandet. I hovedsak i ren form (B100-RME eller HVO), men det kan forekomme at det også importeres ferdig blandet (f.eks. B7 eller HVO som er ferdig blandet i fossil diesel)
- Rene biofuels kommer inn med tankbåter til de store terminalene (f.eks. Sjørsøya, Esso Slagen). Typiske mengder fra slike laster kan være 3000 tonn FAME (B100) og 10.000 tonn HVO
- Mengde forholdene av biofuels inn til Slagen: 1/3 FAME 2/3 HVO
- Fra Slagen-terminalen går det mindre kysttankere til de ulike mindre terminaler langs kysten (Kristiansund, Haugesund, Skålevik, Høvringen osv.). Her transporteres det hovedsakelig fossil diesel med ferdig innblandet FAME og/eller HVO, men også mindre mengder biofuel i ren form med disse kysttankerne til noen få terminaler som blander disse under utkjøring med tankbiler.
- Biofuels /diesel tilsettes ulike additiver som er spesifikt Circle K, Esso, Shell etc.
- All bruk av biodiesel i Norge er drevet av myndighetskrav. Stadig økende krav (nå 24,5%, 2022) etter en beregningsnøkkel hvor bl.a. fornybar diesel (HVO) teller dobbelt (pga. 2 generasjon) i forhold til FAME. FAME er hovedsakelig 1. generasjon dvs. raps (men finnes unntak på sommertid): I Norge er FAME (B100) på vinterstid kun basert på rapsolje (RME) pga. dens kuldeegenskaper. På sommerstid kan det også være f.eks. mais eller soya. Palmeolje er helt ute fra 2020 (se figur 3.1).
- Lidia: Biodiesel (f.eks. B7 dvs., 7vol % (EN 590) i Norge er kun beregnet til landbasert transport. Ingen tilsats i anleggsgdiesel, og heller ikke Marine drivstoff er pr. nå ikke tilsatt biodiesel (FAME), men man antar at dette kan komme i fremtiden.
- Det er forbruker som er ansvarlig for bruk av biodrivstoff: Kuldeegenskaper (CFPP / CP: blokkeringspunkt / tåkepunkt) er viktige parameter (gjelder både B100 og HVO), og er forskjellige for vinter og sommer (ref. Drivkraft Norge, 2021)
- Man kan også får kjøpt 100% fossilfritt (B100 eller HVO) på enkelte bensinstasjoner i Norge. I Sverige finnes det langt flere bensinstasjoner som tilbyr dette. Viktig å vite at ikke alle biler kan bruke ren biodiesel (f.eks. Renault kan). Mindre kritisk for lastebiler (kan kjøres på B100).
- HVO representerer en annen standard (NS-EN 15940) pga. lavere tetthet (< 0,8 kg /L), B100 følger NS-EN 14214, mens fossil diesel følger NS-EN 590. (tetthet 0,815 – 845, Ref. Drivkraft Norge, 2021.
- For å tilfredsstill NS-EN 590 kan man blande opptil 35% HVO hvis ønskelig. HVO er vesentlig dyrere enn vanlig diesel
- HVO 100 Diesel er tilsatt smørende additiv som minimerer slitasje i drivstoffsystemet
- HVO 100 Diesel kan brukes i konvensjonelle dieselmotorer som er godkjent for HVO. Produktet er i sin kjemiske oppbygning stort sett identisk med fossil diesel, men siden gjeldende dieselstandard ikke helt oppfylles, kreves det godkjenning fra motorprodusenten.
- De fleste bilprodusentene for tungtrafikk har godkjent bruk av ren HVO i sine motorer, for eksempel Volvo, Scania, Mercedes, MAN, DAF, IVECO og Renault. Produktet kan også brukes som erstatning for fyringsolje og parafin.
- Det vil nok være forskjeller i kjemisk sammensetning for B100 og HVO fra ulike produsenter, samt forskjell mellom sommer og vinterkvaliteter, men alle må være innenfor bransjens standard.
- Relevante prøver for innhenting til karakterisering vil nok da være: for B100 og HVO fra ulike produsenter, samt sommer -og vinterkvaliteter
- Drivkraft Norge (<https://www.drivkraftnorge.no/Drivstoff-og-energi/biodrivstoff/>) er en paraplyorganisasjon for flere olje/energisekskaper: Preem, Esso, Circle K, Uno X, St1 (Shell).
- Supplerende dokumentasjon. Link til ExxonMobil sine terminaler i Norge:

- [Terminaler | ExxonMobil Norge](#)
- Høvringen, Trondheim: [Naboinfo Trondheim 2020 web \(exxonmobil.no\)](#)
- Skålevik: [Naboinfo Bergen 2020 web \(exxonmobil.no\)](#)

A.2 Kommunikasjon Equinor forskningscenter

Biofuels – Telefonmøte Equinor v/ Kjell Moljord, (27-04-2022).

Målsetting / spørsmål til Equinor: Hva skjer innen FoU på biodrivstoff hos Equinor for å synliggjøre reduksjon i klimagasser, og hvor viktig anses økt bruk av biodrivstoff / blends i fossilt brensel å være i denne sammenhengen.

Innledende momenter til temaet:

- Høy aktivitet hos myndigheter: EU-direktiv, politiske beslutninger og tiltak for å få ned GHG utslipp generelt:
 - IMO dekarbonisering : IMOs GHG strategi: f.eks. redusere CO₂ utslipp fra internasjonal (global) shipping med 50% innen 2050
- DNV rapport dekarbonisering skipsfart
- Operative tiltak for å redusere energiforbruk og klimagassutslipp:
 - Optimalisering av design og skipkonstruksjon
 - Redusering av seilingsfart, såkalt slow streaming
 - Slike tiltak gir maks 10-20% uttelling. For å oppnå >50% reduksjon må man også gjøre noe med selve drivstoffet ved å gå over til f.eks. lav-karbon drivstoff
- Elektrifisering: I dag veldig vanskelig for den globale maritim transport (shipping, container skip)
- To hovedtyper framtidige drivstoff:
 1. Lav-karbon drivstoff (LCF) er kompatible med eksisterende drivstoff dvs. kan blandes inn i eller erstatte disse)
 2. Elektrofuels (finnes ikke kommersielt tilgjengelig per i dag): Grønt hydrogen som er produsert ved elektrolyse av vann med fornybar energi (kan brukes til å lage andre produkter, som for eksempel "grønn ammoniakk"):
 - Grønn ammoniakk:
 - brukes i forbrenningsmotor (dieselmotorer må modifiseres)
 - eller som hydrogenbærer til høytemp. brenselceller
 - Grønn metanol: grønn H₂ + CO₂ (fanget) → grønn metanol (e-metanol): Flagges nå av Maersk: 8+4 store container skip som skal bygges ([Maersk signs methanol supply agreements for containerships \(ship-technology.com\)](#)). Første skip i 2023.
- Andre alternativer for fremtidig langtransport (global shipping):
 - Produkter med HVO innblandet
 - Pyrolysert biomasse innblandet i residual marine fuel (se biofuels Mongstad)

Flytende biodrivstoff innen maritim transport i Norge i dag:

- FAME blandes ikke inn i marine bunkersoljer i Norge i dag. Dette kan imidlertid fort endres at FAME blir blandet inn i fremtidig MGO, men da ikke høyere enn 7% (B7). Dette gjenspeiles i siste versjon av ISO-standard 8217 (2017) for [Marine distillate fuels](#), som åpner opp for DFA og DFB (som vil kunne erstatte DMA og DMB). Dette er imidlertid ikke tilrettelagt for ISO-8217-standard for marine residual fuels

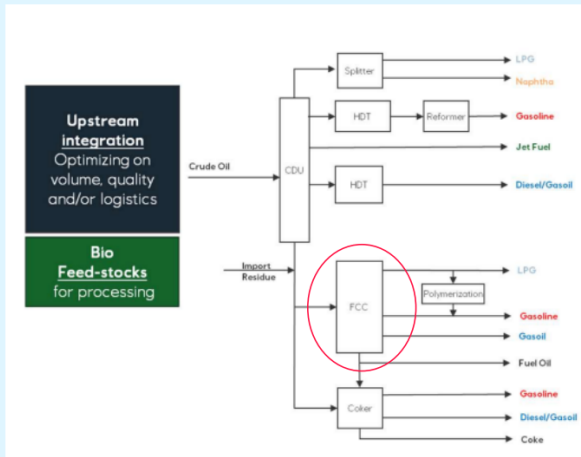
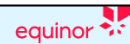
- HVO: Avansert biodrivstoff basert på avfall som for eksempel frityrolje og fett/talg fra slakteindustrien:
 - Global produksjon av HVO er ca. 10 mill tonn/år. Estimerer at den kan maksimalt økes til 3x mer enn dagens produksjon
 - HVO produseres ikke kommersielt i Norge. Fabrikker i Asia, USA og Europa. I Europa er Neste Oil, UPM og Preem hovedprodusentene.
 - Ved innkjøp fås god beskrivelse av opprinnelse med ulike "Grades", dvs. ulik GHG potensiale.
 - HVO med høyt GHG potensiale (85-90% reduksjon i CO₂), har høyeste pris.
- SAF (Sustainable Aviation Fuel): Blander inn HVO i flybensin, men ikke nok HVO til å dekke en fremtidig forespørsel)

Pågående prøveprosjekt hos Equinor innen "alternative marine fuels" prosjekter:

- Innblanding opp til 80% HVO i MGO. Testes nå på PSV "*Juanita*" både mht. effekt på motor og avgassmålinger, men resultatene er ennå ikke åpne. HVO kommer fra frityrolje/ dyrefett.
- Ammoniakk:
 - Tester NH₃ Brenselceller (Ship FC), NH₃ som hydrogenbærer.
 - Utvikler NH₃ forbrenningsmotorer med Bergen Engines & Wartsila
- Hydrogen:
 - Brenselceller for bruk i shipping (HyShip) og borerigger. Transport av Hydrogen: Liquid / Pressurized, eller bruk av Liquid Organic Hydrogen bærer (LOHC, er ennå vanskelig mht. logistikk)
 - Eller byggeblokker for syntetisk fuels (e-metanol)
- Utprøving av mulig framtidig biofuels produksjon på Mongstad:
 - Equinor ønsker å teste ut mer avanserte biooljer, som for eksempel avfall fra skogindustrien som blir pyrolysert til svart, halvviskøst ligninmasse (men som inneholder mye oksygen). Oksygenater er utfordring i prosessen. Utfordringen er å få fjernet oksygenet i pyrolyseprosessen som er ødeleggende for katalysatorene, samt korrosivt. Kan også inneholde naftensyrer.
 - Pågående uttesting i pilot-skala på Equinor sitt forskningscenter i Trondheim:
 - Potensiale: Co-prosessering til Cat-crackeren (FCC) på Mongstad (sammen med olje residuet etter CDU). FCC har en kapasitet på 400t/h. Med innblanding av opptil 5% (3-5%, dvs. 20 tonn i timen) av bioolje (tester hvor mye som kan blandes inn). Potensialet er derfor 15 – 20 t/h inn til FCC. Man får "kreditt" for bioinnhold i produktet.
 - Denne bio-føden importeres ennå ikke inn til Mongstad.



Biofuels production by co-processing at the Mongstad refinery



- Co-processing in the Residue-FCC at Mongstad
 - Capacity of processing ca.400 t/h residue
- Experience on crop-based feedstock
 - Possible RED Annex IX-Part A Waste value chains?
- Key challenges which could limit the amount of co-processed feedstock:
 - Acidity of feedstock (need to be controlled to avoid corrosion)
 - Oxygen content (causing issues in downstream processing units)
 - Pre-treatment needed (to avoid catalyst deactivation by metals)

Liquified Biofuels vil spille en stadig viktigere rolle i årene fremover som et ledd i de politiske beslutninger /direktiv for redusert GHG (CO₂ utslipp) i fra global shipping.

A.3 Kommunikasjon med Mongstad raffineriet

SINTEF hadde 13. juni 2022 et møte med Siri Øfthus Goksøyr og Stine Henriksen ved Mongstad (Equinor). SINTEF hadde tidligere fått tilsendt en oversikt over "volum tatt inn til raffineriet på Mongstad av blendstock (etanol, FAME og HVO) og feedstock til co-prosessering (Bio-FO (rapsolje) og BIOFO2 (UCO)) til raff de siste årene" (ref. K.Moljord, Equinor), se Tabell A 1.

Mongstad har siden 2008 tatt inn båtlaste av ren FAME (B100). Dette i hovedsak til innblanding (7%) i fossil diesel som sendes ut som B7-diesel ut fra raffineriet. Siden 2017, har de også tatt inn ren HVO (100%) som "blend feed" til fossil diesel. Fra 2019 begynner Mongstad å importere "bio-feedstock" til co-prosessering i Cat-crackeren sammen med råolje-residue fra "straight-run" raffineringen. Dette er uraffinert rapsolje (BIO-FO) som går inn i Cat-crackeren med en liten andel i forhold til råolje-residu. Fra 2021 har Mongstad i tillegg begynt å importere BIO-FO2 som er brukt fritryolje (UCO; Used Cooking Oil). Produktene inneholder ulik grad av biomolekyler og har egne produktspesifikasjoner med tilhørende datablad. Total mengde importert bio-blendstock og bio-feedstock for 2021 var 122 000 tonn (0,12 mill tonn) som svarer til om lag 1% av raffineriets kapasitet på 12 mill tonn råolje /pr år.

Tabell A 1 Volum (i m³) tatt inn til raffineriet på Mongstad av blendstock (etanol, FAME og HVO) og feedstock til co-prosessering (Bio-FO (rapsolje) og BIOFO2 (UCO)), kilde: Equinor.

År	Etanol	FAME	HVO	BioFO	BIOFO2
2007	0	0	0	0	
2008	0	27196	0	0	
2009	0	30122	0	0	
2010	0	35677	0	0	
2011	0	36610	0	0	
2012	0	44600	0	0	
2013	0	40144	0	0	
2014	0	42890	0	0	
2015	263	37695	0	0	
2016	7788	36232	0	0	
2017	8333	4966	10621	0	
2018	10976	0	7626	0	
2019	9951	0	556	11977	
2020	7892	11935	0	67708	
2021	7770	10802	3940	86563	12443

Prøver av aktuelle produkter for videre testing hos SINTEF vil derfor være B100, HVO100, BIO-FO og BIO-FO2. En slik henvendelse vil komme fra Kystverket, og at den videre kommunikasjon og logistikk for innhenting av slike prøver blir mellom Kystverket og Mongstad.

A.4 Kommunikasjon med ASKO Midt-Norge

SINTEF hadde møte 9.juni 2022 med ASKO Midt-Norge (Roger Sæther og Ståle Thoresen). Roger Sæther er teknisk ansvarlig for kjøretøy. Han er også prosjektleder for hydrogenprosjektet i ASKO i ASKO MIDT-NORGE som er pilot for konsernet hvor de i 2020 lanserte verdens første hydrogendrevne lastebiler. De fire lastebilene drives elektrisk med strøm fra brenselceller som benytter hydrogen som drivstoff, hvor hydrogenet framstilles lokalt med energi fra 90 000m³ solceller på taket hos ASKO MIDT-NORGE. Hydrogenet i flytende form er fordelt på 4 x 200L trykk tanker. Bilene har en rekkevidde på 500km. ASKO har som ambisjon å bli klimanøytrale innen 2026.

ASKO forsøkte med flytende biodiesel (B30 FAME) til lastebiler allerede i 2010. Erfaringene var imidlertid lite vellykket med mye driftstrøbbel (avleiring i dieselmotorene), og prosjektet med FAME ble avvirket. I 2016 introduserte de HVO. HVO100 lagres i en 50m³ tank med pumpestasjon lokalt på området. Tanken etterfylles ca. 1x /mnd. med tankbil (30m³) som kommer fra ST-1/Shell sitt anlegg på Sjursøya. Ren HVO (produsert fra dyre/slakteavfall) benyttes kun i sommerhalvåret. Ved temperaturer <4°C svitsjer de over til å bruke B-7 biodiesel. Erfaring med bruk av HVO er god. Ingen driftsproblemer.

Vedlegg B Resultater fra analyse av oljene og deres WAFs

Tabell B 1 Oppsummering av den kjemiske sammensetningen i de analyserte biofuels (i g analytt/kg olje).

	2022-4662 B100 g/kg oil	2022-4663 HVO Slagen g/kg oil	2022-4796 HVO Mongstad g/kg oil	2022-4797 HVO Skålevik g/kg oil	2022-4798 UCO Mongstad g/kg oil
TEM	712	840	801	790	138
Sum SVOC	0,52	1,63	2,32	2,69	4,46
Sum VOC	0,135	18,2	21,1	16,3	0,307
Decalins	0,03	0,17	0,64	0,45	0,16
Naphthalenes	0,06	1,03	1,10	1,73	0,70
2-3 ring PAH	0,33	0,31	0,36	0,34	2,65
4-6 ring PAH	0,01	0,01	0,01	0,02	0,80
Phenols	0,09	0,11	0,21	0,16	0,14
BTEX	0,041	0,031	0,596	0,118	0,021
C3-benzenes	0,015	0,031	0,444	0,141	0,018
Other VOC	0,079	18,2	20,0	16,1	0,269

Tabell B 2 Oppsummering av kjemiske sammensetning i WAF av HVO Mongstad og B100 (i µg/L sjøvann).

	2022-4796-S3-S1 HVO Mongstad µg/L	2022-4662-S1-S3-S1 B100 WAF µg/L
Tot WAF	432	886
TEM	94,5	871
UCM	82,4	862
Sum SVOC	12,1	9,55
Sum VOC	337	15,2
Decalins	0,102	0,171
Naphthalenes	2,14	0,783
2-3 ring PAHs	0,965	0,835
4-6 ring PAHs	0,020	0,098
C0-C5 Phenols	8,85	7,67
BTEX	240	7,45
C3-benzenes	26,5	0,861
Other VOC	70,5	6,88

Tabell B 3 SVOC i oljene (g/kg olje) og i de to WAF-systemene (µg/L sjøvann). ND: Not detected.

SINTEF ID	2022-4662	2022-4663	2022-4796	2022-4797	2022-4798	2022-4662-	2022-4796
Sample ID	B100	HVO Slagen	Mongstad	Skålevik	UCO Mongstad	B100 WAF	HVO WAF
	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	µg/L	µg/L
Decalin	0,002	0,017	0,079	0,044	0,012	0,023	0,042
C1-decalins	0,005	0,045	0,174	0,125	0,028	0,014	0,024
C2-decalins	0,008	0,061	0,200	0,161	0,036	0,079	0,018
C3-decalins	0,006	0,037	0,126	0,086	0,042	0,018	0,010
C4-decalins	0,004	0,014	0,061	0,032	0,042	0,037	0,008
Benzo(b)thiophene	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Naphthalene	0,008	0,006	0,012	0,031	0,028	0,048	1,041
C1-naphthalenes	0,002	0,005	0,020	0,020	0,093	0,075	0,650
C2-naphthalenes	0,006	0,038	0,062	0,098	0,176	0,131	0,231
C3-naphthalenes	0,047	0,257	0,274	0,406	0,241	0,272	0,195
C4-naphthalenes	0,002	0,720	0,734	1,172	0,165	0,257	0,026
Biphenyl	0,003	0,032	0,051	0,052	0,018	0,010	0,596
Acenaphthylene	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,020	0,002
Acenaphthene	ND	0,009	0,009	0,018	0,003	0,003	0,010
Dibenzofuran	0,001	0,150	0,137	0,127	0,008	ND	0,057
Fluorene	0,001	0,002	0,006	0,003	0,025	0,050	0,088
C1-fluorenes	0,001	0,056	0,061	0,080	0,078	0,045	0,048
C2-fluorenes	0,001	0,025	0,038	0,015	0,165	0,123	0,052
C3-fluorenes	0,030	0,013	0,015	0,008	0,185	0,181	0,008
Phenanthrene	0,002	0,002	0,003	0,002	0,089	0,005	0,022
Anthracene	ND	0,001	0,001	0,001	ND	0,005	0,002
C1-phenanthrenes/anthracenes	0,001	0,002	0,008	0,003	0,305	0,048	0,021
C2-phenanthrenes/anthracenes	0,225	0,002	0,008	0,003	0,557	0,065	0,028
C3-phenanthrenes/anthracenes	0,023	0,002	0,004	0,002	0,479	0,068	0,004
C4-phenanthrenes/anthracenes	0,008	0,001	0,002	0,001	0,295	0,080	0,004
Dibenzothiophene	ND	ND	ND	ND	0,016	ND	0,001
C1-dibenzothiophenes	0,006	0,008	0,008	0,009	0,066	0,009	0,003
C2-dibenzothiophenes	0,001	0,005	0,004	0,004	0,121	0,014	0,006
C3-dibenzothiophenes	0,017	0,002	0,003	0,003	0,134	0,048	0,005
C4-dibenzothiophenes	0,004	0,002	0,003	0,004	0,104	0,060	0,006
Fluoranthene	ND	ND	ND	ND	0,010	0,002	0,001
Pyrene	ND	ND	0,002	0,001	0,025	ND	0,004
C1-fluoranthrenes/pyrenes	0,002	0,001	0,001	0,002	0,158	0,012	0,003
C2-fluoranthrenes/pyrenes	0,001	0,001	0,001	0,001	0,059	0,014	0,003
C3-fluoranthrenes/pyrenes	0,001	0,001	0,001	0,003	0,227	0,049	0,001
Benz(a)anthracene	0,002	ND	ND	ND	0,017	ND	ND
Chrysene	ND	ND	ND	ND	0,030	0,004	ND
C1-chrysenes	ND	ND	ND	0,001	0,086	0,004	ND
C2-chrysenes	0,002	0,001	ND	0,008	0,088	0,006	0,001
C3-chrysenes	0,003	0,001	ND	0,001	0,056	0,001	0,001

SINTEF ID	2022-4662	2022-4663	2022-4796	2022-4797	2022-4798	2022-4662-	2022-4796
Sample ID	B100	HVO Slagen	HVO Mongstad	HVO Skålevik	UCO Mongstad	B100 WAF	HVO WAF
	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	µg/L	µg/L
C4-chrysenes	0,,002	0,,005	0,001	0,001	0,022	0,004	0,004
Benzo(b)fluoranthene	ND	ND	ND	ND	0,005	ND	ND
Benzo(k)fluoranthene	ND	ND	ND	ND	0,001	ND	ND
Benzo(e)pyrene	ND	ND	ND	ND	0,006	ND	ND
Benzo(a)pyrene	ND	ND	ND	ND	0,005	ND	ND
Perylene	ND	ND	ND	ND	0,006	ND	ND
Indeno(1,2,3-c,d)pyrene	ND	ND	ND	ND	0,001	ND	ND
Dibenz(a,h)anthracene	ND	ND	ND	ND	0,001	ND	ND
Benzo(g,h,i)perylene	ND	ND	ND	ND	0,001	ND	ND
Phenol	0,010	0,009	0,010	0,011	0,013	2,833	1,630
C1-Phenols (o- og p-cresol)	0,004	0,004	0,005	0,005	0,006	1,433	3,623
C2-Phenols	0,003	0,002	0,007	0,004	0,006	1,124	2,048
C3-Phenols	0,028	0,033	0,058	0,045	0,032	0,563	1,031
C4-Phenols	0,008	0,012	0,037	0,026	0,024	1,307	0,299
C5-Phenols	0,037	0,048	0,091	0,068	0,062	0,407	0,216
30 ab hopane	ND	ND	ND	ND	0,055	ND	ND
Sum SVOC	0,52	1,63	2,32	2,69	4,46	9,55	12,1
Decalins	0,03	0,17	0,64	0,45	0,16	0,17	0,10
Naphthalenes	0,06	1,03	1,10	1,73	0,70	0,78	2,14
2-3 ring PAHs	0,33	0,31	0,36	0,34	2,65	0,83	0,97
4-6 ring PAHs	0,01	0,01	0,01	0,02	0,80	0,10	0,02
C0-C5 Phenols	0,05	0,06	0,12	0,09	0,08	7,67	8,85

Tabell B 4 VOC i oljene (g/kg olje) og i de to WAF-systemene (µg/L sjøvann). ND: Not detected.

SINTEF ID	2022-4662	2022-4663	2022-4796	2022-4797	2022-4798	2022-4662	2022-4796
Sample ID	B100	HVO Slagen	HVO Mongstad	HVO Skålevik	UCO Mongstad	WAF B100	WAF HVO
	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	µg/L	µg/L
Isopentane	ND	0,069	0,248	0,130	0,006	5,64	37,6
n-C5 (Pentane)	ND	0,264	0,515	0,331	0,025	ND	47,4
Cyclopentane	ND	0,007	0,033	0,040	ND	ND	6,33
2-methylpentane	ND	0,187	0,306	0,302	ND	ND	6,66
3-Methylpentane	ND	0,087	0,155	0,271	ND	0,046	4,10
n-C6 (Hexane)	0,009	0,828	1,115	1,035	0,005	0,108	3,41
Methylcyclopentane	0,007	0,038	0,075	0,039	0,002	0,462	6,32
Benzene	0,002	0,004	0,017	0,002	0,001	0,373	81,6
Cyclohexane	0,002	0,045	0,070	0,013	0,002	0,129	7,33
2,3-Dimethylpentane	ND	0,200	0,034	0,185	ND	ND	0,180
3-methylhexane	ND	0,380	0,512	0,851	ND	ND	1,64
n-C7 (Heptane)	0,007	1,94	2,31	2,07	0,007	ND	0,115
Methylcyclohexane	0,002	0,034	0,109	0,078	0,004	0,042	2,14
Toluene	0,003	0,006	0,174	0,016	0,004	1,14	170
2,4 diethylhexane	ND	0,022	0,034	0,091	ND	ND	0,033
2-Methylheptane	0,003	2,20	2,51	2,00	0,003	ND	ND
n-C8 (Octane)	0,006	4,713	4,80	3,82	0,009	ND	ND
Ethylbenzene	0,005	0,006	0,063	0,044	0,003	0,809	28,0
m-Xylene	0,016	0,007	0,182	0,024	0,007	2,55	71,3
p-Xylene	0,007	0,004	0,062	0,015	0,003	1,12	24,0
o-Xylene	0,007	0,004	0,098	0,016	0,003	1,46	47,6
n-C9 (Nonane)	0,008	5,50	5,37	3,31	0,025	0,113	0,309
Propylbenzene	0,001	0,004	0,034	0,021	0,001	0,052	3,09
1-Methyl-3-ethylbenzene	0,003	0,005	0,097	0,016	0,003	0,163	11,3
1-Methyl-4-ethylbenzene	0,001	0,003	0,042	0,009	0,001	0,069	4,08
1,3,5-trimethylbenzene	0,001	0,003	0,046	0,010	0,002	0,060	4,35
1-Methyl-2-ethylbenzene	0,002	0,003	0,046	0,008	0,002	0,102	6,47
1,2,4-Trimethylbenzene	0,005	0,010	0,134	0,058	0,006	0,261	16,2
n-C10 (Decane)	0,034	1,65	1,75	1,46	0,179	0,119	0,340
1,2,3-Trimethylbenzene	0,002	0,003	0,046	0,019	0,002	0,154	7,52
n-Butylbenzene	0,001	0,002	0,018	0,007	0,001	ND	0,32
1,2,4,5-Tetramethylbenzene	0,001	0,002	0,021	0,030	0,002	ND	0,74
n-Pentylbenzene	ND	0,001	0,015	0,006	ND	ND	3,67
Sum VOC	0,135	18,2	21,1	16,3	0,307	15,2	617
BTEX	0,041	0,031	0,596	0,118	0,021	7,45	423
C3-benzenes	0,015	0,031	0,444	0,141	0,018	0,861	53,0
Other VOC	0,079	18,2	20,0	16,1	0,269	6,88	141

Vedlegg C Oversikt analyserte komponenter og deres komponentgrupper

Tabell C1 Oversikt analyserte komponenter med forkortelser (Abb); SVOC: Semi volatile organic compounds, VOC: Volatile organic compounds, TPH: Total petroleum hydrocarbons, UCM. Unresolved organic materials).

Group	Compound	Abb	Group	Compound	Abb		
Decalins	Decalin	DE	C0-C5 phenols	Phenol	PH		
	C1-decalins	DE1		C1-phenols	PH1		
	C2-decalins	DE2		C2-phenols	PH2		
	C3-decalins	DE3		C3-phenols	PH3		
	C4-decalins	DE4		C4-phenols	PH4		
Naphthalenes	Naphthalene	N	C5-phenols	C5-phenols	PH5		
	C1-naphthalenes	N1		Hopane	17 α (H),21 β (H)-hopane (C30)	HOP	
	C2-naphthalenes	N2			BTEX	Benzene	
	C3-naphthalenes	N3				Toluene	
	C4-naphthalenes	N4				Ethylbenzene	
2-3 ring PAHs	Benzo(b)thiophene	BT	C3-benzenes			<i>m</i> -xylene	
	Biphenyl	B		<i>p</i> -xylene			
	Acenaphthylene	ANY		<i>o</i> -xylene			
	Acenaphthene	ANA		Propylbenzene			
	Dibenzofuran	DBF		1-methyl-3-ethylbenzene			
	Fluorene	F		1-methyl-4-ethylbenzene			
	C1-fluorenes	F1		1,3,5-Trimethylbenzene			
	C2-fluorenes	F2		1-methyl-2-ethylbenzene			
	C3-fluorenes	F3		1,2,4-trimethylbenzene			
	Phenanthrene	P		1,2,3-trimethylbenzene			
	Anthracene	A	Other VOC	Isopentane			
	C1-phenanthrenes/anthracenes	P1		n-C5 (Pentane)			
	C2-phenanthrenes/anthracenes	P2		Cyclopentane			
	C3-phenanthrenes/anthracenes	P3		2-methylpentane			
	C4-phenanthrenes/anthracenes	P4		3-methylpentane			
	Dibenzothiophene	D		n-C6 (Hexane)			
	C1-dibenzothiophenes	D1		Methylcyclopentane			
	C2-dibenzothiophenes	D2		Cyclohexane			
	C3-dibenzothiophenes	D3		2,3-dimethylpentane			
	C4-dibenzothiophenes	D4		3-methylhexane			
4-6 ring PAHs	Fluoranthene	FL	C10-C40	n-C7 (Heptane)			
	Pyrene	PY		Methylcyclohexane			
	C1-fluoranthenes/pyrenes	FL1		2,4-dimethylhexane			
	C2-fluoranthenes/pyrenes	FL2		2-methylheptane			
	C3-fluoranthenes/pyrenes	FL3		n-C8 (Octane)			
	Benz[a]anthracene	BA		n-C9 (Nonane)			
	Chrysene	C		n-C10 (Decane)			
	C1-chrysenes	C1		1,2,4,5-tetramethylbenzene			
	C2-chrysenes	C2		n-pentylbenzene			
	C3-chrysenes	C3		TPH	Sum of VOC and TPH		
	C4-chrysenes	C4					
	Benzo[b]fluoranthene	BBF					
	Benzo[k]fluoranthene	BKF					
	Benzo[e]pyrene	BEP					
	Benzo[a]pyrene	BAP					
	Perylene	PE					
	Indeno[1,2,3-c,d]pyrene	IN					
	Dibenz[a,h]anthracene	DBA					
	Benzo(g,h,i)perylene	BPE					
			UCM	TPH - SVOC			