

# Rapport

## Antennelse av oljer til OPV

For-prosjekt til Olje-på-vann 2018

**Forfatter(e)**

Liv-Guri Faksness

Frode Leirvik, Marius Johnsen



SINTEF Ocean AS

Postadresse:  
Postboks 4762 Torgarden  
7465 Trondheim

Sentralbord: 46415000

Foretaksregister:  
NO 937 357 370 MVA

# Rapport

## Antennelse av oljer til OPV

For-prosjekt til Olje-på-vann 2018

|                  |                   |                |             |
|------------------|-------------------|----------------|-------------|
| <b>RAPPORTNR</b> | <b>PROSJEKTNR</b> | <b>VERSJON</b> | <b>DATO</b> |
| OC2018 A-065     | 302004206-2       | Final          | 2018-07-09  |

**FORFATTER(E)**  
Liv-Guri Faksness  
Frode Leirvik, Marius Johnsen

**OPPDRAAGSGIVER(E)**  
Kystverket

**OPPDRAAGSGIVERS REF.**  
Hilde Dolva og Hanne Holt Solem

**ANTALL SIDER:**  
15

|                  |                             |                   |
|------------------|-----------------------------|-------------------|
| <b>GRADERING</b> | <b>GRADERING DENNE SIDE</b> | <b>ISBN</b>       |
| Unrestricted     | Unrestricted                | 978-82-7174-337-6 |

### SAMMENDRAG

Antennelsestester av de tre oljene som skal brukes under OPV (MGO, ULSFO og IFO 180) ble utført ved bruk av samme ignitor som planlagt under OPV. Alle tre oljene ble antent i løpet av ca 1 minutt, og den beregnede brenne-effektiviteten (BE) var ca 90%. Pga tap av olje under støtkoking er BE muligens overestimert.

ISB-residuene av ULSFO og IFO 180 hadde meget høy viskositet ( $> 1$  mill cP). Dersom brennelensen med nettet fungerer som planlagt, vil det sannsynligvis gå greit å samle opp residuene fra disse to oljene i nettet. Residuet fra MGO var imidlertid forholdsvis tyntflytende (viskositet på 28 cP). Det vil trolig bli mer utfordrende å samle opp dette residuet i nettet.

Alle residue hadde tetthet  $< 1$ . "Synke-testene" for residuene fra ULSFO og IFO 180 indikerte at ingen av residuene vil synke, dersom de kun påvirkes av bølger. Dersom det er mye partikulært materiale i sjøen som kan klebes til oljen, kan muligens residuene allikevel synke.

**UTARBEIDET AV**

Liv-Guri Faksness

*Liv-Guri Faksness***KONTROLLERT AV**  
Per S. Daling*Per S. Daling***GODKJENT AV**  
Mimmi Throne-Holst*Mimmi Throne-Holst*

# Innholdsfortegnelse

|                                                              |           |
|--------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Summary .....</b>                                         | <b>3</b>  |
| <b>1    Bakgrunn.....</b>                                    | <b>4</b>  |
| <b>2    Eksperimentelt.....</b>                              | <b>4</b>  |
| 2.1   Enkel karakterisering av utgangsoljene .....           | 4         |
| 2.2   Testing av antennbarhet ved Falk-Nutec's anlegg .....  | 5         |
| 2.3   Teste om residuet synker.....                          | 7         |
| <b>3    Resultater og diskusjon .....</b>                    | <b>8</b>  |
| 3.1   Antennelsesforsøkene .....                             | 8         |
| 3.2   Karakterisering av utgangsoljer og brenne-residue..... | 9         |
| 3.3   "Synke-test" av ISB residue .....                      | 13        |
| 3.4   Temperaturlogging .....                                | 13        |
| <b>4    Oppsummering og konklusjoner.....</b>                | <b>15</b> |
| <b>5    Referanser.....</b>                                  | <b>15</b> |

## Summary

Ignitability testing of three of the oils planned used during this years "Oil-on-water" (OPV) field trial has been performed using the same ignitor (20% gasoline, 80% diesel, added 1.5% gelling agent (Surefire)). The oils were MGO (marine gas oil), ULSFO (ultra low sulphur fuel oil), and an IFO 180 bunker oil.

The ignitability tests were performed on water in a small pool in an outdoor-facility using 5 L oil (14 mm film thickness) in each test. All three oils were ignited within one minute, and the estimated burning efficiency (BE) was approximately 90%. However, due to splashing of oil during the burning, the BE might be overestimated.

The viscosity of the ISB residues from ULSFO and IFO180 were high, more than 1 mill cP. If the boom with the collection net for residue works out as planned during OPV, there will probably be no problem to collect the residues in the net after burning. The residue from MGO was still a thin liquid (viscosity of 28 cP), so it would most likely be more challenging to collect in the net after ISB.

The densities were less than 1 for all ISB residues. A simple "sinking-test" was performed on the residues of IFO180 and ULSFO. The test indicated that none of the residues would sink when exposed to waves. Adhesion of particles or other materials to the floating residues were not tested, but this may eventually result in sinking residues.

## 1 Bakgrunn

SINTEF har de siste to årene gjennomført flere prosjekter for Kystverket på kartlegging av egenskapene til ulike diesel og hybrid-oljer (totalt 8 ulike oljeprodukter). Dette har også inkludert: Testing av antennbarhet (lab og meso-skala ISB, Hellstrøm et. al 2017), samt karakterisering av røykgass, sot og residue i kontrollerte brenneforsøk hos RISE (tidligere SINTEF Brannlaboratorium, NBL) i deres konkalorimeter (Faksness et al. 2018).

I forbindelse med årets olje-på-vann, har KyV / NOFO fått utslippstillatelse til ISB av tre ulike marine bunker-oljer (oljeprodukter):

- Utslipp # 4: 6 m<sup>3</sup> MGO (Marin Gass olje)
- Utslipp # 5: 6 m<sup>3</sup> ULSFO (Ultra Low Sulphur Fuel Oil)
- Utslipp # 6: 5 m<sup>3</sup> IFO-180 (heavy fuel oil)

Kystverket ønsker å kunne ha en best mulig forhåndsdokumentasjon på egenskapene til disse spesifikke batchene av oljene som skal slippes ut og antennes i felten, samt at det gjenværende brenne-residuet i Pyro-lensa skal forsøkes å samles opp i et horisontalt-liggende nett. Kystverket har derfor forespurt SINTEF om å gjennomføre følgende uttesting av disse oljene:

- En begrenset karakterisering av batchene til disse tre test oljene, mht GC, tetthet, flammepunkt, viskositet
- Test av den relative antennbarhet, på tilsvarende testoppsett som ble gjennomført høsten 2016, på Falck-NUTEC, i Trondheim
- OSCAR-simuleringer med MGO både før og etter OPV. Simuleringen før OPV vil kjøres med konsistente strøm og vindforhold som tilsvarer 4 m/s vind, mens simuleringen etter OPV gjøres med realistiske data fra den periode spredningsforsøket ble gjennomført.

## 2 Eksperimentelt

### 2.1 Enkel karakterisering av utgangsoljene

Formålet med denne karakteriseringen er å sjekke om utgangsvariabiliteten av disse spesifikke oljeprøvene (ULSFO, IFO180 og MGO) er i samsvar med de fysikalsk-kjemiske egenskapene til de analysene som er gjennomført på tidligere prøver ("batcher") av tilsvarende kategori.

Følgende måleparametre ble bestemt:

- Tetthet
- Flammepunkt
- Viskositets-sweep
- GC-karakterisering

Mer detaljerte GC/MS-analyser av utgangsoljene avventes til etter OPV slik at de blir analysert under samme betingelser som de feltinnsamlede oljeprøvene.

De tre oljene ULSFO, IFO180 og MGO ble registrert hos SINTEF og identifikasjonsnummer er gitt i Tabell 2.1. SINTEF mottok 2 x 20 L av hver olje.

Tabell 2.1 Oljer til OPV 2018

| SINTEF ID | Olje    | Beskrivelse               |
|-----------|---------|---------------------------|
| 2018-3881 | ULSFO   | Ultra Low Sulfur Fuel Oil |
| 2018-3882 | IFO 180 | Bunkersolje               |
| 2018-3883 | MGO     | Marin gassolje            |

## 2.2 Testing av antennbarhet ved Falk-Nutec's anlegg

SINTEF har tidligere gjennomført brennetester ved Falk-Nutec sitt anlegg på Høvringen. Nutec har utslippstillatelse for slike brenneforsøk (både røyk og residue). Målsettingen var å gjennomføre testene mest mulig lik prosedyren som ble brukt i disse tidligere testene (Hellstrøm, 2016), slik at resultatene kunne sammenlignes med de tidligere testene.

Gelen ble laget etter samme oppskrift som Desmi bruker i sin Pyro-drone: 20% bensin og 80% diesel, samt 1.5 % gelling agent (Surefire). Hver pose inneholdt 500 ml gel. Gelen ble forholdsvis tyntflytende.

Testene ble gjennomført i et kar på 60 x 60 x 20 cm, fylt med vann opp til ca 2 cm fra kanten. Ca 5 L med olje, tilsvarende en tykkelse på 1.4 cm, ble lagt på vannet. Kapslete termoelementer ble plassert i vannet (ca 1 cm under overflaten), i oljen og i flammen (ca 10 cm fra overflaten). For at gelen skulle holde seg i posisjon midt i karet, ble den lagt på en metallpinne som sto like under vannoverflaten (Figur 2.1a). Gelen ble antent enten ved bruk av en propan-tenner eller et nødbluss (flare). Under OPV skal antennelse skje med Pyro-drone, men hvis dette ikke fungerer, vil antennelse med gel og nødbluss være en reserveløsning. Da vil et flyteelement festes rundt nødbluss og gel før antennelse. Dette var ikke praktisk mulig under testingen pga at karet ikke var dypt nok. Isteden ble oppsettet vist i Figur 2.1 (foto B, C og D) benyttet, der gel-posen ble tapet rundt nødblusset og plassert i bunnen av karet før antennelse.



Figur 2.1 Gel posisjonert på en metallpinne midt i karet (foto A). Oppsett av nødbluss med gel er vist i de neste bildene: Nødblusset ble festet til metallpinnen (foto B), og gel-posen ble tapet rundt nødblusset før det ble plassert i karet (foto C og D). Termoelementene er festet på høyre side av karet.

Mål på antennbarhet vil være tida det tar fra antennelse av tennkilden til flammen spres over til selve olje. Antatt brennetid for selve gelen er ca 5 min. Dersom oljen ikke antennes innen den tid, vil en ny gel-pose bli lagt på før den første er slukket. I Figur 2.2 er gel-posen akkurat antent med gass-flamme.





Figur 2.2 ISB av MGO: Gel-posen er nettopp antent med gass-flamme.

Temperaturen fra de ulike termoelementene logges over tid. Brennetid inntil brannen har slukket registreres, og gjenværende brenne-residue kvantifiseres (veies) og blir senere karakterisert for tetthet, viskositet og avdamping (GC/FID).

Ved oppsamling av residuet etter brenning av MGO, ble overflaten forsøkt skimmet med ved bruk av en aluminiumsform med hull for drenering av vannet (Figur 2.3). Deretter ble vann og oljeblandingen overført til en skilletrakt, vannet tappet av og selve oljen overført til prøveboks og veid. For de andre to oljene ble residuet tatt opp med samme type form, vann drenert av, og oljen overført direkte til prøveboks. ISB residuene lagres i tilfelle det kan være interessant å bruke dem til WAF og giftighetstester ved et senere tidspunkt.



Figur 2.3 Oppsamling av residue etter brenning av MGO.

### 2.3 Teste om residuet synker

Tetthetsmålingene vil gi en indikasjon på om residuet fra ISB av ULSFO og IFO180 synker. For å teste dette, ble en enkel "synke-test" utført. En alikvot av det avkjølte residuet (5-7 mL) ble plassert i roterende skilletrakt med enten sjøvann eller ferskvann (250 mL), som vist i Figur 2.4. Dette systemet brukes vanligvis til å lage emulsjoner og for å teste oljens vannopptak. Her vil det bli brukt for å simulere at residuet påvirkes av bølger. Systemet sto i ca 2 døgn ved 10 °C.



Figur 2.4 Oppsett med roterende skilletrakter for synketesting av residue etter ISB.



### 3 Resultater og diskusjon

#### 3.1 Antennelsesforsøkene

Testingen ble gjennomført den 14.mai, 2018, under meget gode værforhold. Da testingen startet ca kl 9 var det lite vind (ca 1 m/s fra nordøst), sol og ca 15 °C. Lufttemperaturen økte utover dagen.

Som beskrevet i avsnitt 2.2, ble gelen enten antent med gassflamme eller nødbluss. Begge metodene fungerte godt, og alle oljene antente ved første forsøk med en gel-pose (Tabell 3.1). Antennelsestiden var om lag 1 minutt og brennetiden varierte fra ca 10 til 13 minutt. Det ble imidlertid en del støtkoking mot slutten av brennetiden slik at den beregnede brenneeffektiviteten (BE) er for høy for de fleste oljene. Det kunne se ut som at det var litt mindre støtkoking for MGO, men pga at residuet var svært tyntflytende, var det vanskeligere å samle opp. Bilder fra de ulike testene er vist i Figur 3.1 (MGO), Figur 3.2 (ULSFO) og Figur 3.3 (IFO180).

For tilsvarende ISB-tester utført i 2016 med antennelse av MGO og ULSFO, ble en gel med bensin og Surefire benyttet (Hellstrøm et al., 2017). Antennelsestiden for MGO var den gang ca 3:30 min og brennetiden ca 16 min. Det ble beregnet en BE på 65%. For ULSFO var antennelsestiden ca 1 min, brennetiden 11 min, og BE 58%. Disse antennelsestestene ble utført på høsten, og trolig under andre værforhold.

Tabell 3.1 Antennelse- og brennetid, samt kommentarer fra brannene.

| Olje    | Ignitor   | Antennelsestid | Brennetid | Vekt olje | Vekt residue | BE | Kommentar                                                                          |
|---------|-----------|----------------|-----------|-----------|--------------|----|------------------------------------------------------------------------------------|
| MGO     | Gel       | 1,25 min       | ca 12 min | 4120      | 520          | 87 | Vanskelig å samle opp residuet, antar at 20-50% av residuet er igjen på overflaten |
| MGO     | Gel+flare | ca 1 min       | ca 12 min | 4200      | 230          | 95 | Vanskelig å samle opp residuet, antar at 20-50% av residuet er igjen på overflaten |
| ULSFO   | Gel       | ca 1 min       | ca 13 min | 4740      | 360          | 92 | En del støtkoking ut av karet                                                      |
| IFO 180 | Gel       | ca 1 min       | ca 10 min | 4590      | 380          | 92 | Mye støtkoking, og olje under stativ til pose etter ISB                            |
| IFO 180 | Gel+flare | ca 1 min       | ca 11 min | 4810      | 250          | 95 | Mindre støtkoking enn i forrige test.                                              |



Figur 3.1 ISB av MGO, bildet til høyre er like før flammen slukker.



Figur 3.2 ISB av ULSFO. Bildet til høyre viser støtkokingen.



Figur 3.3 ISB av IFO 180. Bildet til venstre viser antennelse av flare (nødbluss) med gel. De øvrige to bildene viser brenning av IFO 180 antent med gel.

### 3.2 Karakterisering av utgangsoljer og brenne-residue

Tetthet og viskositet ble målt på de tre oljene, både før og etter brenning (Tabell 3.2). Konsistensen av ISB residue av ULSFO og IFO180 var såpass fast at tettheten måtte måles ved 80 °C, og deretter omregnes til 15.5 °C. Tettheten til alle residue var mindre enn 1, dvs at de i teorien ikke skal synke. Residuet fra MGO var svært tyntflytende (viskositet på 28 cP), slik at det var vanskelig å samle opp etter ISB (Figur 2.3). Det antas at dette kan bli en utfordring også under OPV. Residuene fra ULSFO og IFO180 hadde meget høy viskositet (mellom 1 og 2 millioner cP). Sannsynligvis vil det gå greit å samle opp residuene fra disse to oljene under OPV.

Forskjellen i viskositeten ved skjær 10 og 100, spesielt for ULSFO og brenneresiduene for ULSFO og IFO180, skyldes at dette er ikke-newtonske væsker, slik at væskens viskositet vil variere med skjærhastigheten den utsettes for (avtar med høyere skjærhastighet). Dette er typisk både for emulsjoner og oljer med høyt stivnepunkt. Ved måling av viskositet for oljer med stivnepunkt vesentlig høyere enn måletemperaturen, vil oljenes "termiske historie" (dvs forbehandling før viskositetsmåling) kunne gi usikkerhet i selve viskositetsmålingen og dermed påvirke viskositeten. Det vil gi spesielt stort utslag for residuene pga deres høye stivnepunkt.

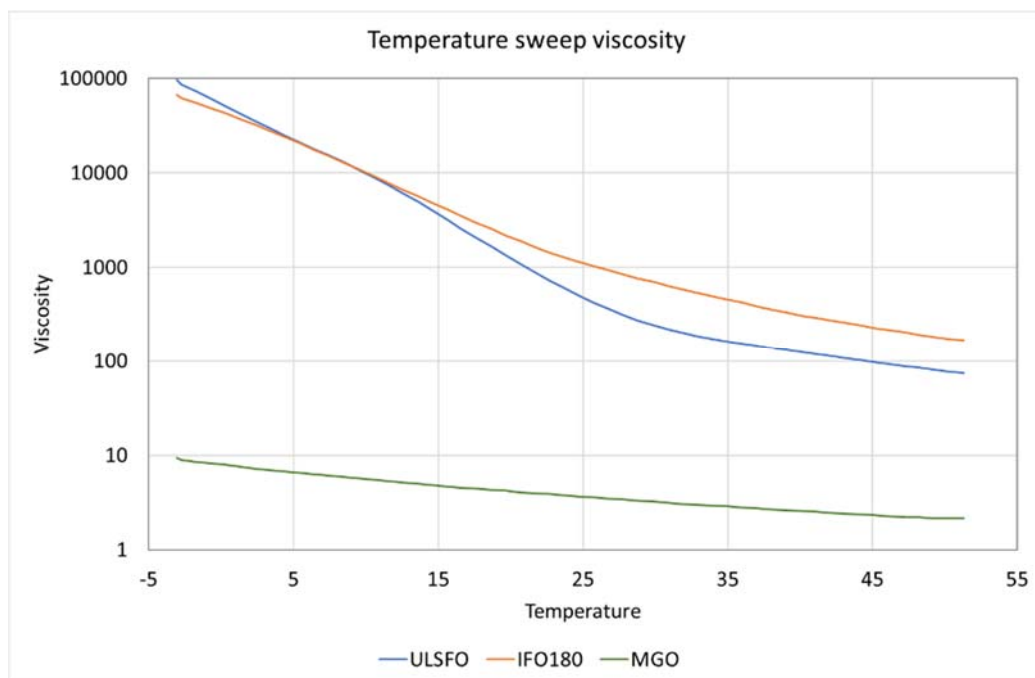
Både fersk MGO og residuet fra ISB oppfører seg som newtonske væsker, og har en tilnærmet konstant viskositet uavhengig av hvilken skjærhastighet de utsettes for.

**Tabell 3.2** Tetthet og viskositet for utgangsoljer og deres ISB residue, samt flammepunkt for de ferske oljene. Tetthet og viskositet (målt ved 13 °C) for tidligere batcher av de samme oljene er også gitt.

| SINTEF ID                    | Olje              | Flammepunkt<br>(° C) | Tetthet<br>(15.56 °C) | Viskositet (cP) v/10 °C |         |
|------------------------------|-------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|---------|
|                              |                   |                      |                       | 10 s-1                  | 100 s-1 |
| 2018-3881                    | ULSFO fresh       | 82                   | 0,917                 | 62343                   | 10442   |
|                              | ULSFO ISB residue |                      | 0,950*                | 1 861 500               | 146 750 |
| 2018-3882                    | IFO180 fresh      | 88,5                 | 0,961                 | 11340                   | 7085    |
|                              | IFO180 residue    |                      | 0,987*                | 1 143 500               | 156 300 |
| 2018-3883                    | MGO fresh         | 74                   | 0,841                 | 6                       | 6       |
|                              | MGO ISB residue   |                      | 0,872                 | 28                      | 26      |
| Tidligere batcher av oljene: |                   |                      |                       |                         |         |
| 2016-0233                    | ULSFO fresh       | 75                   | 0,872                 | 4300                    |         |
| 2013-0594                    | IFO180 fresh      |                      | 0,973                 | 7426                    |         |
| 2014-0551                    | MGO fresh         | 63                   | 0.852                 | 3                       |         |

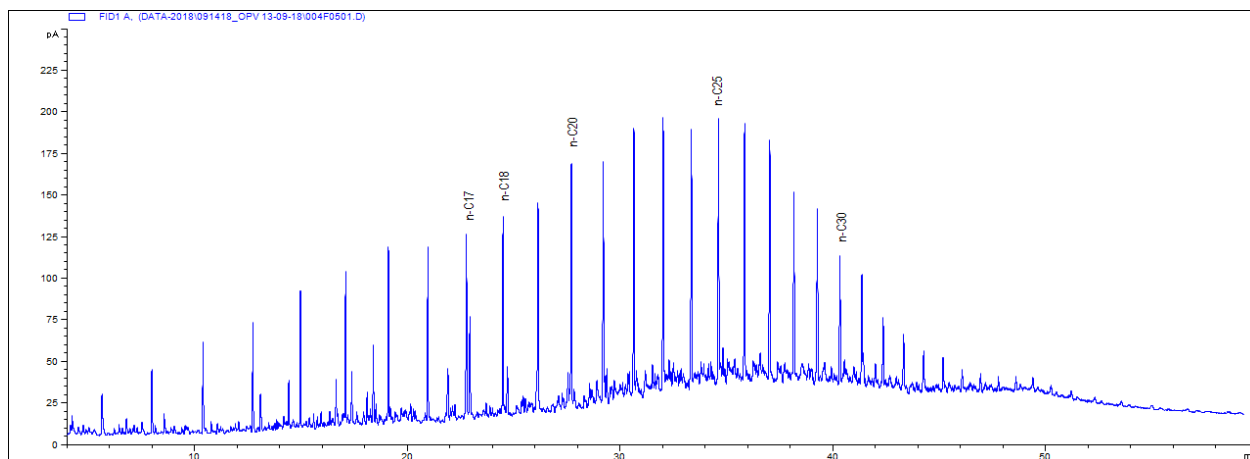
\*Tetthet målt ved 80 °C, omregnet til 15.5 °C

Det ble også gjort et temperatur-sweep for viskositeten fra 51 °C ned til -3 °C (Figur 3.4). Det ble her målt 1 grad/minutt, dvs at sweepet tok ca 54 minutter. For MGO var viskositeten 10 cP eller lavere i hele temperaturområdet, mens for ULSFO og IFO180 øker viskositeten fra ca 10 000 cP ved 10 °C til 96 900 cP og 67 100 cP ved -3 °C for hhv ULSFO og IFO 180. Pga at prøven utsettes for mekanisk påvirkning over lengere tid ved måling av viskositet under temperatur-sweep, kan viskositeten bli lavere enn når viskositeten måles ved en eksakt temperatur.

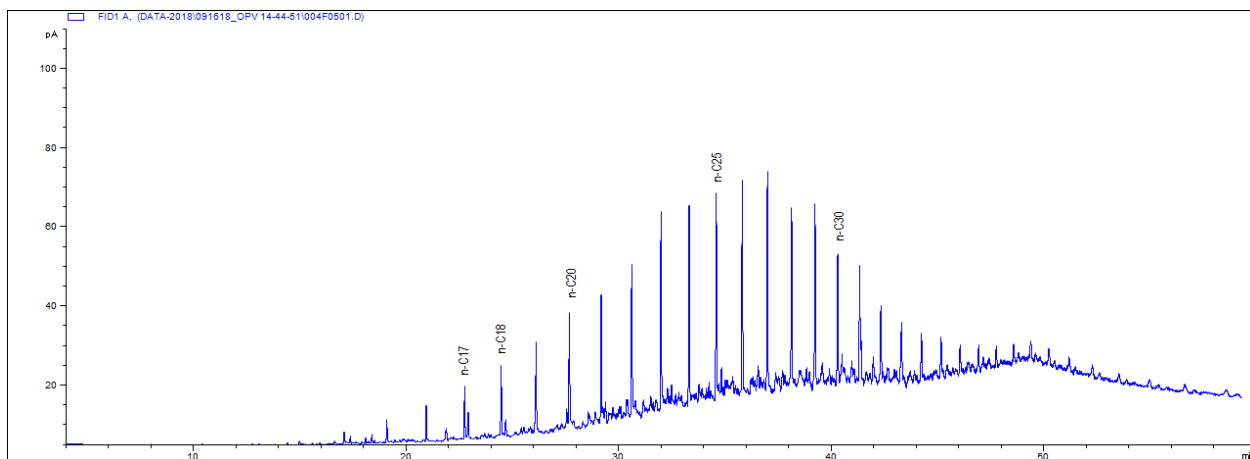


**Figur 3.4** Temperatur-sweep for viskositet (cP) på ferske oljer fra -3 til 51 °C (1 grad/minutt), målt ved 10 s<sup>-1</sup>.

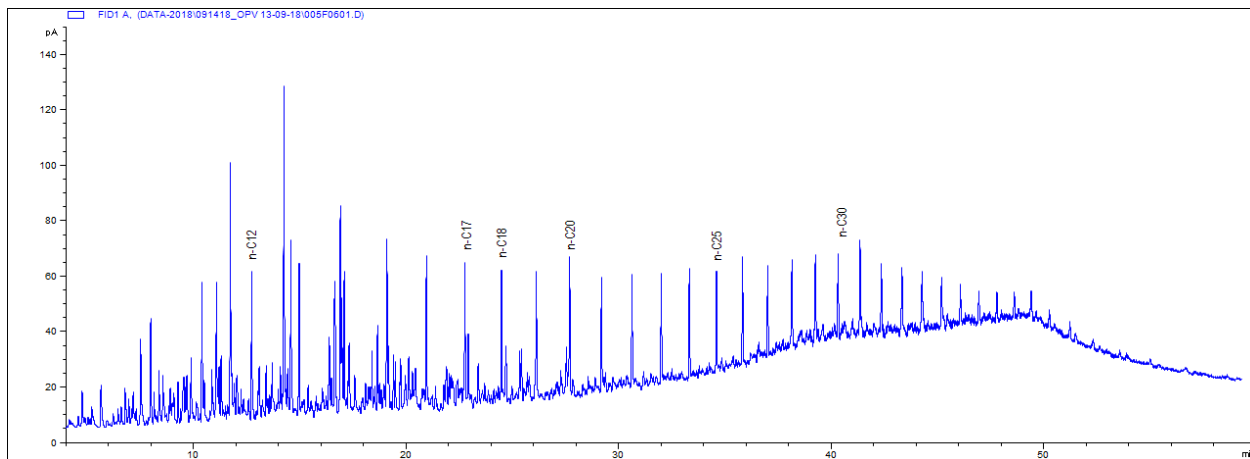
GC/FID-analyser på ferske oljer og residue ble også utført, og GC-kromatogrammene er gitt i Figur 3.5 til Figur 3.10. Kromatogrammene for IFO og ULSFO er normalisert mot C30 og MGO mot C22. GC-kromatogrammene indikerer at brenneeffektiviteten var forholdsvis høy. Dessverre ble ingen GC-analyser utført på brennerresiduen fra testene i 2016.



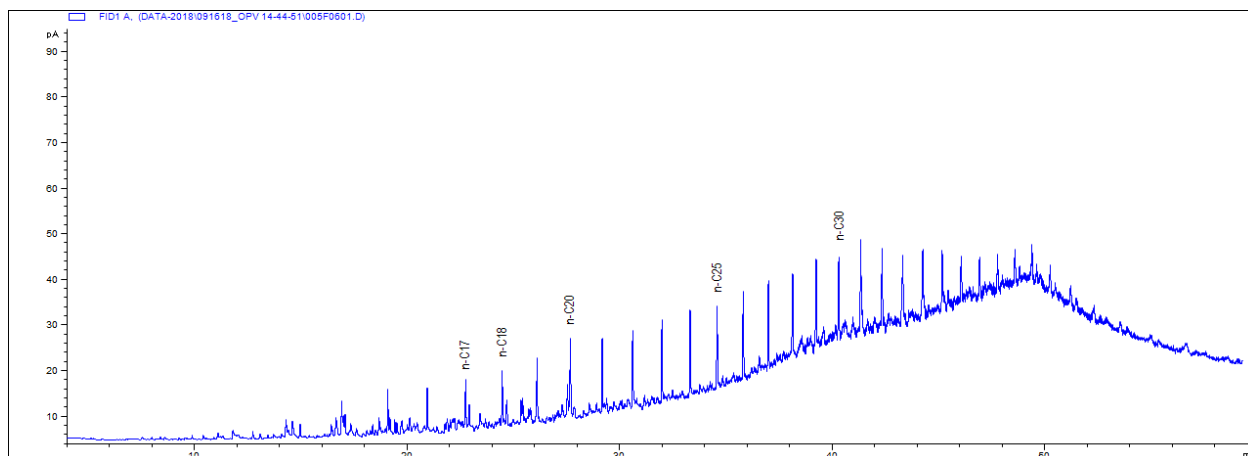
Figur 3.5 ULSFO fresh oil (2018-3881)



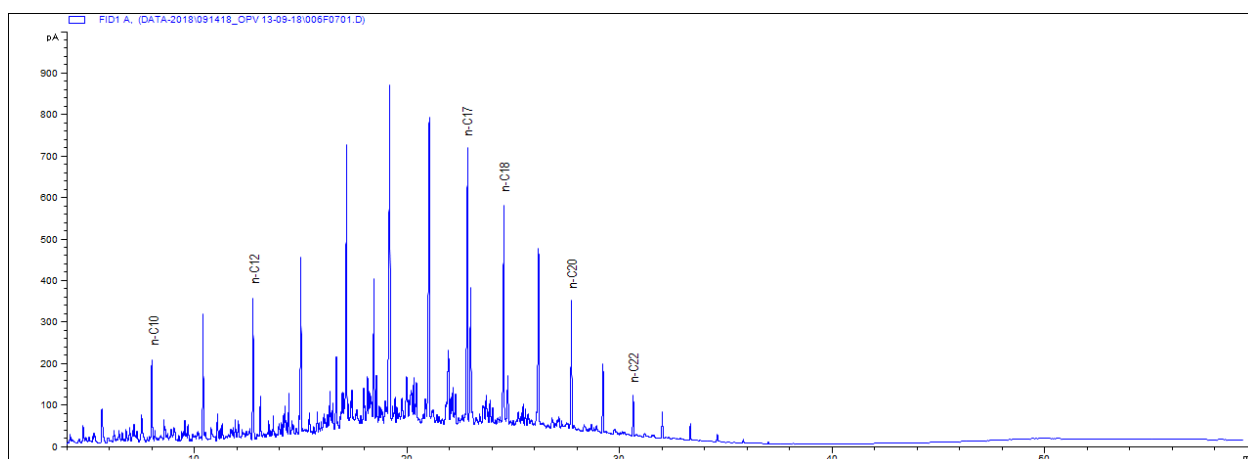
Figur 3.6 ULSFO ISB residue



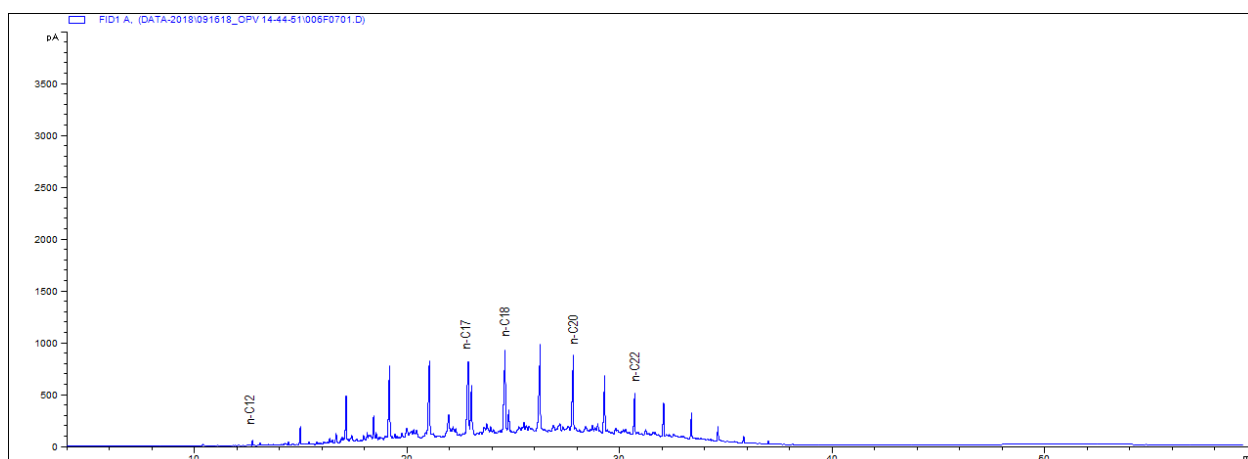
Figur 3.7 IFO 180 fresh oil (2018-3882)



**Figur 3.8** IFO 180 ISB residue



**Figur 3.9** MGO fresh oil (2018-3883)



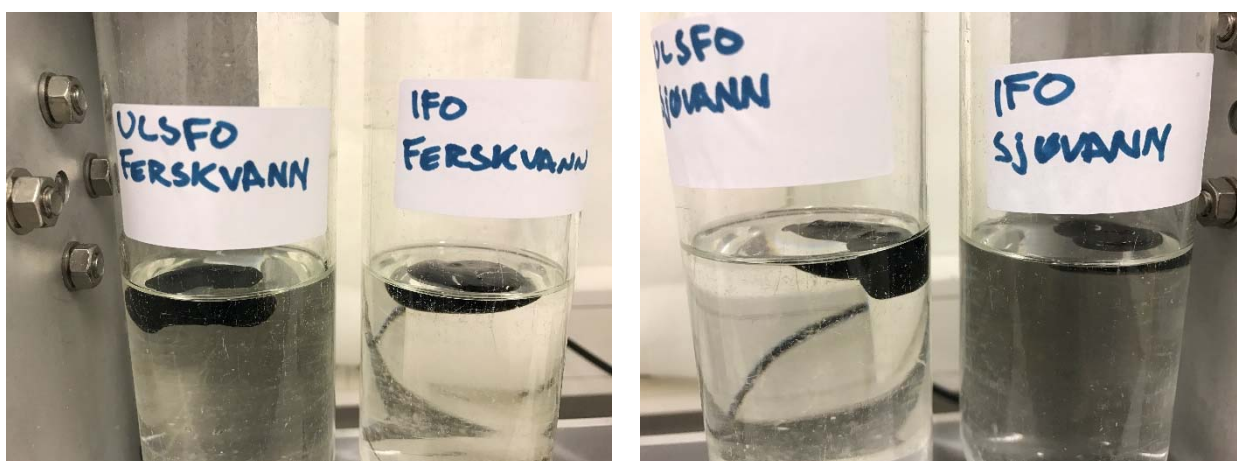
**Figur 3.10** MGO ISB residue



### 3.3 "Synke-test" av ISB residue

Som vist i Tabell 3.2, tettheten til alle residuene var mindre enn 1, slik at de i teorien ikke skal synke. For å teste dette, ble det utført en enkel synketest med ISB-residuene av ULSFO og IFO180. Residuet fra MGO var tyntflytende med såpass lav viskositet og tetthet at det hadde ingen hensikt å teste det.

Det ble besluttet å bruke roterende skilletrakter for å få mest mulig bølgeeksponering (Figur 2.4). Testingen ble utført både i ferskvann og i sjøvann. Systemene ble startet på ettermiddagen 16.mai, og sto til 18.mai (formiddagen), dvs i mer enn 40 timer. Ingen av residuene sank i løpet av denne perioden (Figur 3.11), og ingen forskjell mellom ferskvann og sjøvann ble observert. Dersom det er mye partikulært materiale i sjøen som kan klebes til oljen, kan muligens residuene allikevel synke.

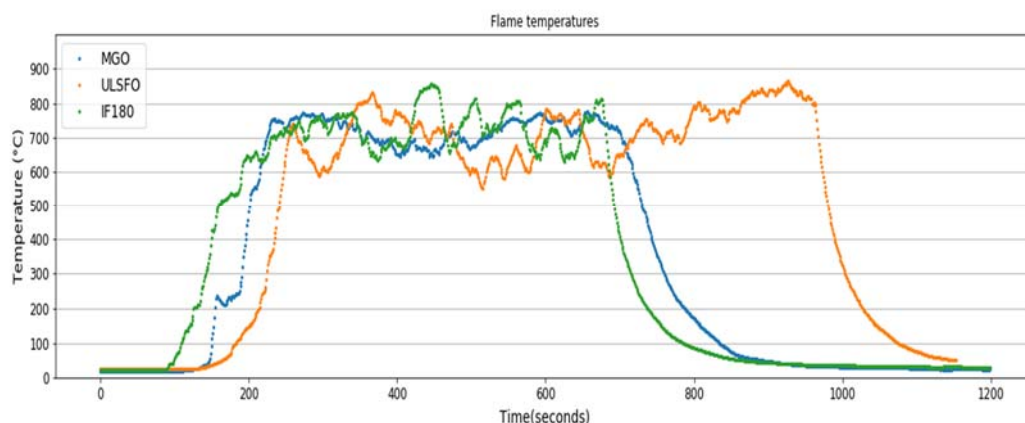


Figur 3.11 Residuene etter mer enn 40 timer i roterende skilletrakt.

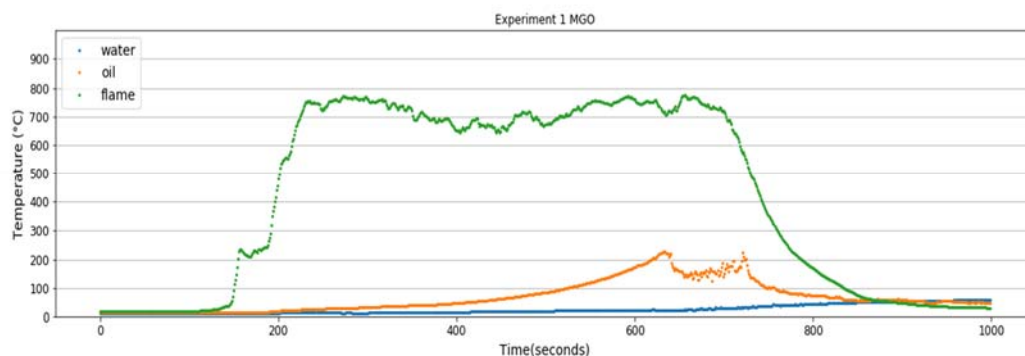
### 3.4 Temperaturlogging

Temperaturloggere ble plassert i flammen (ca 10 cm over vannoverflaten), i oljefilmen og i vannet (ca 1 cm under overflaten). Flammentemperatur for oljene antent med gel og gassflamme er vist i Figur 3.12, og data fra alle tre temperaturloggerne er vist i Figur 3.13 til Figur 3.17. Temperaturloggingen ble startet før antennelse og denne tiden kan variere for de ulike testene, men det ikke er korrigert for dette i figurene.

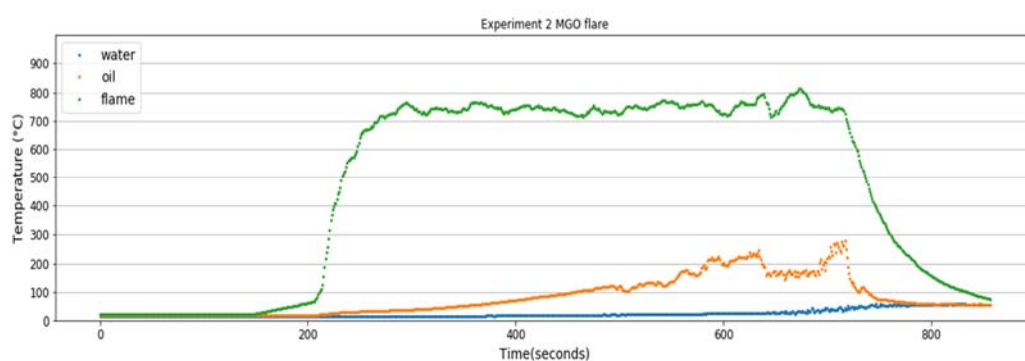
Flammentemperaturen ligger mellom 600 og 800 °C, noe som er vanlig ved ISB av mindre oljevolum. Starttemperaturen i vannet var 11-12 °C, og økte til ca 20 °C etter 8-10 min. Maksimal vanntemperatur etter brenning var 78 °C. Vannet ble skiftet mellom hver brenning.



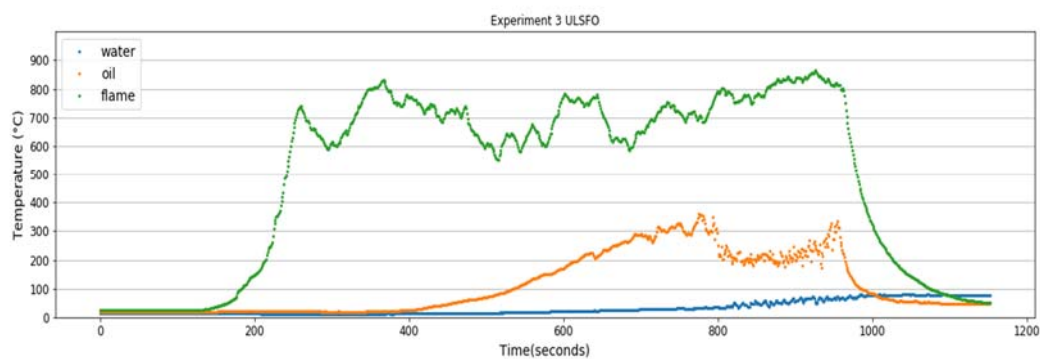
Figur 3.12 Flammentemperatur under ISB.



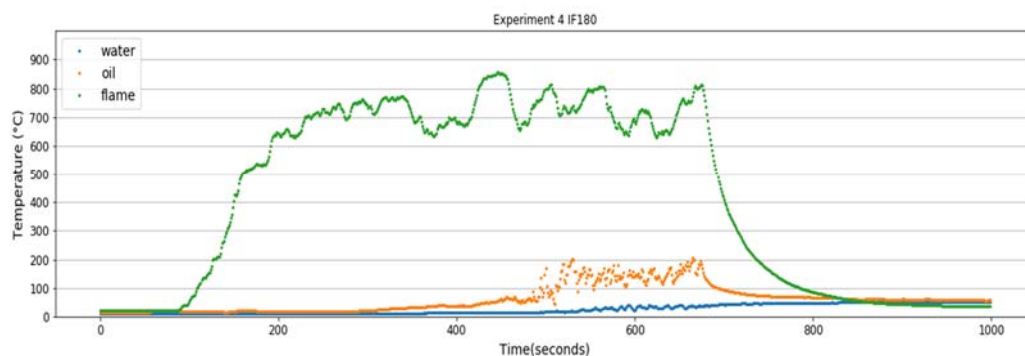
Figur 3.13 Temperaturlogging MGO antent med gel og gassflamme



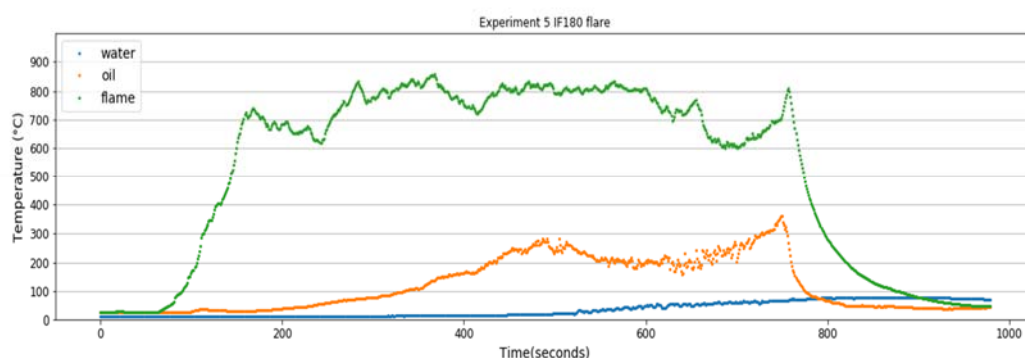
Figur 3.14 Temperaturlogging MGO antent med gel og nødbluss (flare)



Figur 3.15 Temperaturlogging ULSFO antent med gel og gassflamme



Figur 3.16 Temperaturlogging IFO 180 antent med gel og gassflamme



Figur 3.17 Temperaturlogging IFO 180 antent med gel og nødbluss (flare)

## 4 Oppsummering og konklusjoner

De tre oljene som skal testes under OPV (MGO, ULSFO og IFO180) ble antent i løpet av ca 1 minutt. Den beregnede brenneeffektiviteten var høy, ca 90% for alle oljene. Dette er muligens overestimert, da det var noe støtkoking på slutten av ISB, samt at residuet av MGO var vanskelig å samle opp. Gel-posene lot seg også antenne ved bruk en modifisert utgave av den "manuelle" ignitoren med nødbluss.

ISB-residuene av ULSFO og IFO180 hadde meget høy viskositet, og det gikk greit å samle opp disse mens de fremdeles var flytende (dvs varme). Dersom brennelensen med nettet fungerer som planlagt, vil det sannsynligvis gå greit å samle opp residuene fra disse to oljene i nettet. Residuet fra MGO var imidlertid forholdsvis tyntflytende (viskositet på 28 cP). Det vil trolig bli mer utfordrende å samle opp dette residuet i nettet.

"Synke-testene" for residuene fra ULSFO og IFO180 indikerte at ingen av residuene vil synke, under forutsetning av at de påvirkes av kun bølger. Dersom det er mye partikulært materiale i sjøen som kan klebes til oljen, er det mulig at residuene allikevel vil synke.

## 5 Referanser

Faksness, L.G. og D. Altin (2017). WAF and toxicity testing of diesel and hybrid oils. SINTEF report OC2017-A122, ISBN 978-82-7174-297-3.

Hellstrøm, K.C., M. Johnsen, F. Leirvik (2017). Ignitability Study. Project memo datert 27.04.2017.