

**SINTEF Kjemi**

Postadresse: 7465 Trondheim  
Besøksadresse: S.P. Andersens vei 15A  
Telefon: 73 59 20 80 / 12 12  
Telefaks: 73 59 70 51

Foretaksregisteret: NO 948 007 029 MVA

# SINTEF RAPPORT

TITTEL

**Sleipner kondensat  
Vurdering av forvitringsegenskaper, vannløselighet og potensiell  
giftighet av vannløselige komponenter**

FORFATTER(E)

Merete Øverli Moldestad, Alf G. Melbye, May Kristin Ditlevsen

OPPDRAGSGIVER(E)

Statoil

RAPPORTNR. <b>STF66 F02063</b>	GRADERING <b>Fortrolig</b>	OPPDRAGSGIVERS REF. <b>Karl Henrik Bryne</b>	
GRADER. DENNE SIDE <b>Fortrolig</b>	ISBN	PROSJEKTNR. <b>66399374</b>	ANTALL SIDER OG BILAG <b>55</b>
ELEKTRONISK ARKIVKODE <b>Sleipner rapport.doc</b>		PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.) <b>Alf G. Melbye</b>	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.) <b>Ivar Singasaas</b>
ARKIVKODE	DATO <b>2002-05-29</b>	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.) <b>Tore Aunaas, Forskningssjef</b>	

Målsettingen med prosjektet har vært å revurdere egenskapene til Sleipner kondensatet for å se om prediksjonene av forvittringsrapporten fra 1992 fremdeles er gyldige. I tillegg til denne vurderingen er Sleipner kondensatets vannløselighet og giftighet rapportert. Disse dataene har blitt benyttet som input til modellering av konsentrasjoner av olje og løste komponenter i vannsøylen etter utslipp av hhv. 100 og 1000 tonn kondensat ved kai på Kårstø.

STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1	Kjemi	Chemistry
GRUPPE 2	Miljø	Environment
EGENVALGTE	Sleipner	Sleipner
	Kondensat	Condensate

## INNHALDSFORTEGNELSE

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Sammendrag og konklusjoner</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Sleipner kondensatets fysikalske, kjemiske og emulgerende egenskaper</b>	<b>5</b>
3.1	Fysikalske og kjemiske egenskaper	5
3.2	Emulgeringsegenskaper	6
<b>4</b>	<b>Karakterisering av vannløselig fraksjon av oljer og kondensat</b>	<b>7</b>
4.1	Karakterisering av vannløselige fraksjoner av Sleipner kondensat	8
<b>5</b>	<b>Sleipner kondensatets forvitring på sjøen og konsentrasjoner i vannmassene</b>	<b>17</b>
5.1	Kort om forvittringsmodellen og OSCAR	17
5.2	Sleipner kondensatets forvitringsegenskaper	21
5.3	Mekanisk oppsamling	21
5.4	Kjemisk dispergering	21
5.5	Prediksjoner av Sleipners egenskaper på sjøen	22
5.6	Simuleringer av konsentrasjoner i vannmassene	30
<b>6</b>	<b>Referanser</b>	<b>47</b>
	<b>Vedlegg A Inputdata til modellene</b>	<b>49</b>
A1	SINTEF's Olje Forvittrings Modell	49
A2	OSCAR	51
	<b>Vedlegg B Detaljert kjemisk sammensetning av fersk og forvitret Sleipner kondensat</b>	<b>52</b>
	<b>Vedlegg C Forkortelser</b>	<b>55</b>

## 1 Innledning

SINTEF har på oppdrag fra Statoil utført en sammenligning av egenskapene til Sleipner kondensatet som produseres i dag med det kondensatet som ble testet hos SINTEF i 1993. Data fra crude assay på Sleipner fra 2000 er sammenlignet fra laboratoriedata på det ferske kondensatet fra 1993, og prediksjoner som viser endringer i Sleipners egenskaper ved forvitring på sjøen er kjørt med nyere versjoner av SINTEFs Olje Forvittrings Modell.

I forskningsprogrammet AMOS, som ble utført i perioden 1997-2000, ble en rekke oljer og kondensat karakterisert med hensyn til kjemisk sammensetning og toksisitet. Tilgjengelige data på Sleipner kondensat fra dette programmet er:

- ✓ Kondensatets kjemiske sammensetning:
- ✓ Detaljert oversikt over flyktige organiske komponenter, dekaliner, naftalener, fenentrener, dibensothiofener, PAH og fenoler.
- ✓ Data fra toks-screening med Microtox.

For å bedre tilgjengeligheten av disse dataene til bruk i miljørisikoanalyse og KU-sammenheng er disse dataene inkludert i denne rapporten.

## 2 Sammendrag og konklusjoner

Forvittringsdata og data på vannløselighet, kjemisk sammensetning og toksisitet har blitt benyttet som input til modellering av konsentrasjoner av kondensat og løste komponenter i vannsøylen etter utslipp av hhv. 100 og 1000 tonn kondensat ved kai på Kårstø. Det er presentert figurer som viser utbredelse og konsentrasjoner av olje og vannløselige oljekomponenter i vannsøylen.

Rapporten presenterer følgende hovedtema :

- ✓ Sammenligning av Sleipner fra 1993 med crude assay fra 2000 (kap. 3)
- ✓ Karakterisering av vannløselig fraksjon og toksisitet av Sleipner (kap. 4)
- ✓ Sleipners forvitring på sjøen og konsentrasjoner i vannmassene (kap. 5)

Sleipner kondensatet som produseres i dag har lignende fysikalske og kjemiske egenskaper som det som ble testet i 1993. Sleipner fordamper raskt og emulgerer ikke, og viskositetsøkningen vil derfor være liten. På grunn av lave viskositeter vil Sleipner være lite egnet for mekanisk oppsamling. Stor grad av naturlig dispergering kan forventes ved brytende bølger (vindhastigheter >5m/s).

Kjemisk og toksisk karakterisering av råoljer og kondensat og bruk av denne type data i modelleringssammenheng (OSCAR) er et verdifullt basis for vurdering av miljørisiko knyttet til uhellsutslipp.

Simuleringer av konsentrasjon av oljekomponenter i vannsøylen viser at etter 8 timer er kondensatet naturlig nok spredt over et større området sammenlignet med etter 2 timer. Konsentrasjonene av både kondensat og løste komponenter er betydelig høyere 2 timer etter utslippet, f.eks. for 100 tonn utslipp under sommer forhold (5 m/s vind og på 5m dybde) er konsentrasjonene av kondensat 100-500 ppb etter 2 timer og 50-100 ppb etter 8 timer. For løste komponenter ligger nivåene på 100-500 ppb og 10-50 ppb etter hhv. 2 og 8 timer. Ett utslipp på 1000 tonn gir høyere konsentrasjoner av kondensat og vannløselige komponenter nedover i vannmassene sammenlignet med ett utslipp på 100 tonn.

De simulerte konsentrasjonene sett i forhold til giftighetsnivåer bestemt med screening-metoden Microtox indikerer at akutt giftighet kun kan forventes rett under flaket i de første timene etter utslippet for scenariet med 100 tonns utslipp av Sleipner kondensat. For scenariet med 1000 tonns utslipp er det sannsynlig å forvente akutt giftighet i vannsøylen under flaket i løpet av det første døgnet. De utførte toksisitetstestene gir ingen indikasjon på eventuelle sub-letale effekter (ikke-dødlige) eller langtidseffekter i influensområdet.

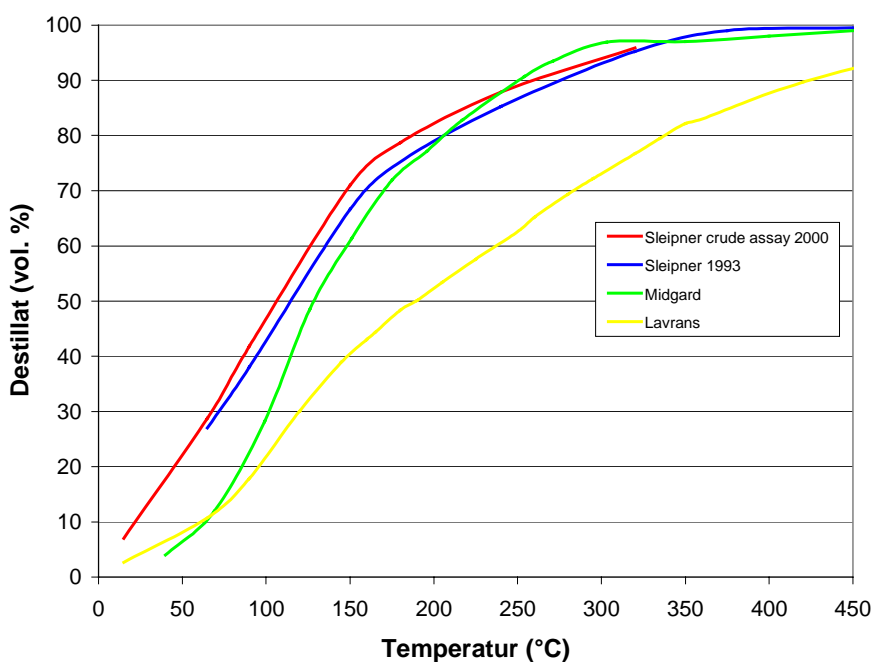
### 3 Sleipner kondensatets fysikalske, kjemiske og emulgerende egenskaper

#### 3.1 Fysikalske og kjemiske egenskaper

SINTEF gjennomførte et forvittringsstudium på Sleipner kondensatet i 1993 (Knudsen *et al.*, 1993). Crude assay av Sleipner fra 2000 viser at Sleipner har lignende fysikalske og kjemiske egenskaper som det som ble testet i 1993 (Tabell 3.1). Tetthet og viskositet er den samme, voksinnholdet kan muligens være noe høyere i dag. Koepunktskurvene viser samme forløp hvor dagens Sleipner ligger 3-4% over. Det er derfor grunn til å anta at kondensatet som produseres på Sleipner i dag er såpass likt det som ble testet i 1993 at laboratoriedataene fra 1993 kan brukes som input i SINTEFs olje forvittringsmodell (OWM) for å predikere forvittringsegenskapene til Sleipner.

Tabell 3.1: Kjemiske og fysikalske data for Sleipner fra forvittringsstudiet i 1993 og fra crude assay fra 2000.

Oljetype	Residue	Fordampet (vol.%)	Residue (vekt%)	Tetthet (g/mL)	Flamme-punkt (°C)	Stivne-punkt (°C)	Viskositet (cP)	Voks (vekt%)	Asf (vekt%)
Sleipner 1993	Fersk	0	100	0,745	-	<-30	1	0,85	<0,1
	150°C+	63	40	0,815	38	-9	2,5	2,1	
	200°C+	78	25	0,83	69	3	4	3,4	
	250°C+	86	16	0,839	98	12	6	5,3	
Sleipner crude assay	Fersk	0	100	0,7438	<10	<-45	0,75	<3,0	



Figur 3.1: Kokepunktskurve, avdampet volum % ved destillering, for Sleipner, Lavrans og Midgard kondensater.

### **3.2 Emulgeringsegenskaper**

De emulgerende egenskapene til Sleipner kondensatet ble undersøkt i 1993. Sleipner emulgerte ikke. Innblanding av vann ble observert under testingen men olje og vann fasene separerte raskt ved henstand.

Voks og spesielt asfaltener er viktig for å stabilisere v/o-emulsjoner. Selv om voksinnholdet kan være noe økt for dagens Sleipner er det grunn til å forvente at det Sleipner kondensatet som produseres i dag heller ikke emulgerer.

## 4 Karakterisering av vannløselig fraksjon av oljer og kondensat

Den vannløselige fraksjonen er av spesiell interesse på grunn av at den har høy biotilgjengelighet overfor marine organismer (Neff and Stubblefield, 1995, McAuliffe, 1987), og dermed potensiale for å forårsake akutte toksiske effekter på marine organismer.

Akutt giftighet av enkeltkomponenter eller komponentblandinger er ikke bare avhengig av biokjemiske eller fysiologiske effekter på organismer, men også av biotilgjengelighet. Oljesøl i det marine miljø har en effekt på marine organismer, og har en rekke virkemåter; Overflateolje er skadelig for marine pattedyr og sjøfugl, hovedsakelig på grunn av tilgrisingseffekt og tap av isolasjonsevne, vannløselige komponenter og dispergert olje (både naturlig og kjemisk dispergert) i vannsøylen kan være giftig overfor pelagiske organismer, både på grunn av akutt giftighet, men også tilgrisingseffekter (f.eks. tilgrising av spiseapparat hos zooplankton). Mengde og sammensetning av marine ressurser i en gitt lokalitet varierer over sesong (f.eks. myting av sjøfugl, gyting av fisk eller tetthetsvariasjoner hos zooplankton).

Det er valgt å studere den vannløselige fraksjonen i laboratoriesystemer der det ikke foreligger dispergerte oljedråper. Dette skyldes dels at det antas at løste oljekomponenter og dispergerte oljedråper har helt ulike virkningsmekanisme, og dels at det ved kjemisk analyse av vannprøver der det foreligger dispergerte oljedråper ikke er mulig å fastslå hvor stor andel av komponentene som foreligger i løsning og hvor mye som inngår i dråpefasen. Denne studien kartlegger hvilke kjemiske komponenter og hvilke konsentrasjonsnivåer som kan foreligge i løst form ved ulike olje-vann-forhold. Ulike olje-vann forhold simulerer forskjellige konsentrasjoner av oljedispersjoner i vannmassene. Vannløselig fraksjon laget i laboratoriet, med innstilling av likevekt mellom olje og vann over 48 timer, tilsvarer en øyeblikksprøve av vann med dispergert olje rett under et flak av kondensatet.

Både oljesøl situasjoner og utslipp av produsert vann gir vannmasser som er eksponert for olje. Dette er komplekse og dynamiske systemer bestående av både dispergerte oljedråper og oppløste oljekomponenter. På grunn av fortykning og forvitring vil sammensetningen av den vannløselige fraksjonen endres som funksjon av tid etter et utslipp. I tilfeller der det er dispergert olje tilstede vil denne, sammen med overflate-olje, være en kilde for stadig utløsning av vannløselige oljekomponenter. Dette betyr at forvitningsgraden, som forandres over tid, er bestemmende for konsentrasjon og kjemisk sammensetning av den vannløselige fraksjon. I denne studien er det imidlertid kjørt forsøk med kun fersk olje, noe som vil gi et bilde av konsentrasjoner og kjemisk sammensetning i vannet ved dispergering av fersk olje.

Laboratorietestene benyttet i denne studien gjør oss i stand til å bestemme både konsentrasjon og kjemisk sammensetning av den vannløselige fraksjon av oljen i skyen av oljedispersjon. Videre er den vannløselige fraksjon testet for akutt toksisitet (Microtox), og resultatene brukes til å bestemme hvilken konsentrasjon av den vannløselige fraksjon som gir en akutt toksisk effekt på halvparten av populasjonen av testorganismen (EC<sub>50</sub>).

Begrepet Water Accommodated Fraction, WAF, benyttes her som betegnelse på "vannløselig fraksjon" (Singer et al., 2000). Forkortelsen WAF er benyttet i en del figurer og tabeller i det følgende.

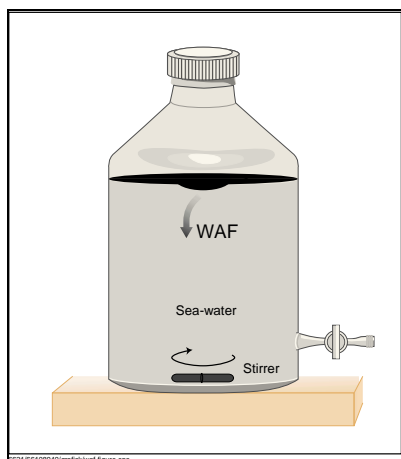
#### 4.1 Karakterisering av vannløselige fraksjoner av Sleipner kondensat

I dette studiet er det brukt oljemengder som gir olje:vann-forhold på henholdsvis 1:40 (25 g olje/ L sjøvann) og 1:10 000 (100 mg olje / L sjøvann), og tillagingen er gjort ved 13°C. Begrepet "vannløselig fraksjon", eller "Water Accommodated Fraction" (WAF), brukes her kun om oppløste oljekomponenter (Singer et al., 2000).

##### Tillaging av vannløselig fraksjon

Vannløselig fraksjon fra olje (WAF) ble i dette studiet laget i henhold til en metodikk anbefalt av den amerikansk/europeiske arbeidsgruppen CROSERF [Chemical Response to Oil Spills – Ecological Effects Research Forum], (Aurand et al. 1996, Singer et al., 2000).

Det eksperimentelle oppsettet er vist i figur 4.1, og er tilpasset med tanke på å unngå dispergering av oljen. Forsøk har vist at det oppnås likevekt mellom olje- og vannfasen i løpet av 2 døgn (Daling og Johnsen, 1997). Tillaging av WAF er beskrevet i detalj i f.eks. Hokstad et al. 1999. Prøver av den vannløselige fraksjonen ble tatt ut uten at olje-vann grenseflaten forstyrres.



Figur 4.1. System for tillaging av WAF (vannløselig fraksjon fra oljen)

I dette studiet ble det brukt oljemengder som ga olje:vann-forhold på henholdsvis 1:40 (25 g olje/ L sjøvann) og 1:10 000 (100 mg olje / L sjøvann), og tillagingen ble gjort ved 13°C. Vi beveger oss her fra olje/vann-systemer hvor olje er i overskudd (1:40) til likevektsbetingelser, hvor det vil skje en vesentlig "avmagring" av de mest vannløselige komponenter fra oljefasen. Dermed reduseres molfraksjonen til disse komponentene i oljefasen. Laboratoriesystemenes olje:vannforhold på 1:40 er langt høyere enn man kan oppnå i realistiske situasjoner, mens 1:10 000, som tilsvarer 100 ppm olje, er en situasjon som kan oppnås ved kjemisk dispergering. Vannløselig fraksjon laget i laboratoriet, med innstilling av likevekt mellom olje og vann over 48 timer, tilsvarer en øyeblikksprøve av vann med dispergert olje rett under et flak av kondensatet.



### **Kjemisk karakterisering av vannløselig fraksjon**

Følgende kjemiske analyser ble utført både på oljen og den vannløselige fraksjonen:

Kvantifisering av ~30 flyktige organiske komponenter (inkludert BTEX) ved "Purge & Trap" gasskromatografi med massespektrometrisk deteksjon (P&T GC-MS)

Kvantifisering av ~ 60 semiflyktige organiske komponenter (inkludert PAH, NPD og fenoler) ved gasskromatografi med massespektrometrisk deteksjon (GC-MS).

Bestemmelse av totalt ekstraherbart organisk materiale (TEOC) ved gasskromatografi med flammeionisasjonsdeteksjon (GC-FID).

### **Måling av akutt giftighet av vannløselig fraksjon**

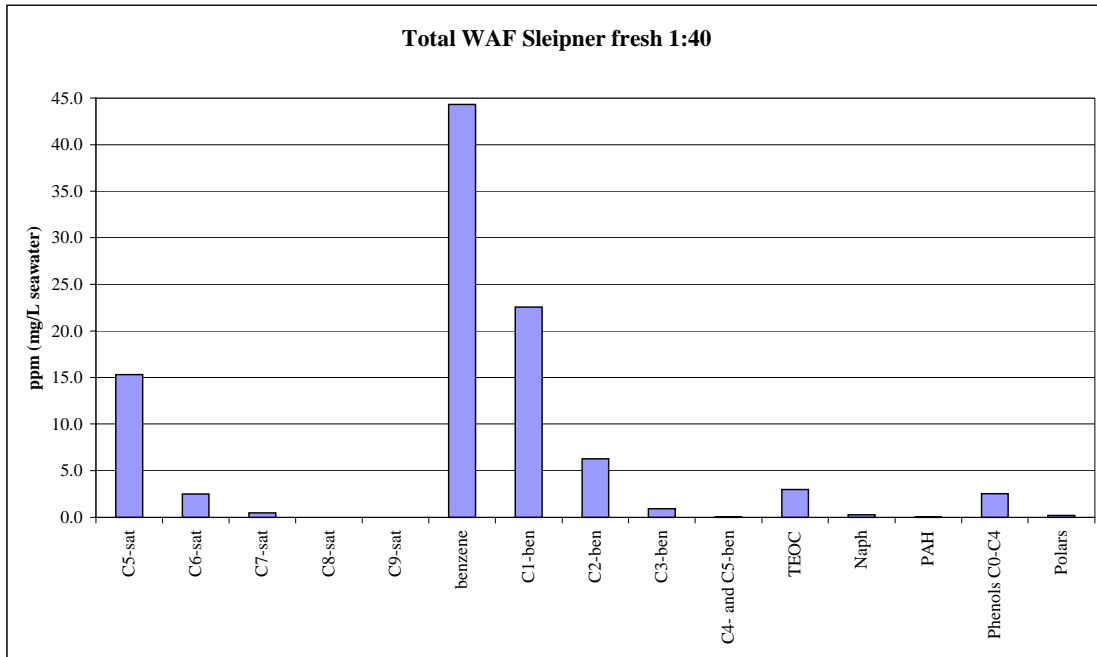
Akutt giftighet av prøver av vannløselig fraksjon ble målt umiddelbart etter prøvetaking ved hjelp av en modifisert Microtox Acute Toxicity Test (Microbics, 1992). I Microtox-testen måles inhibering av lys-emisjon fra den bio-luminiserende marine bakterien *Vibrio fischeri*. Denne modifikasjonen innebærer bedre kontroll over de flyktige komponentene i prøven under inkubasjons- og måleperioden, og utføres i lukkede glass. Akutt giftighet er angitt som EC<sub>50</sub> verdier, d.v.s. den konsentrasjonen som gir effekt på 50% av organismene. Jo lavere EC<sub>50</sub> verdi, desto mer giftig er løsningen. Testen måler giftighet over 15 minutter.

Microtox metoden ble i forskningsprogrammet disse dataene er hentet fra (AMOS) valgt som en screening metode fordi den har høy følsomhet overfor vannløselig fraksjon fra olje, og fordi den er en enkel og rask metode som gjør det mulig å teste et stort antall prøver sammenlignet med andre standard giftighetstester. Siden metoden baserer seg på måling av én enkelt respons hos en svært enkel organisme, må det imidlertid presiseres at det ikke må trekkes for vidtgående konklusjoner angående risiko for akutte effekter på økosystemet på grunnlag av resultater fra Microtox-testen. Metoden er kun egnet til å gi en indikasjon på mulig akutt giftighet. Generelt har det vist seg i laboratorietester at Microtox gir de samme trender som toksisitetstester med *Acartia tonsa* (hoppekreps), men er mer følsom.

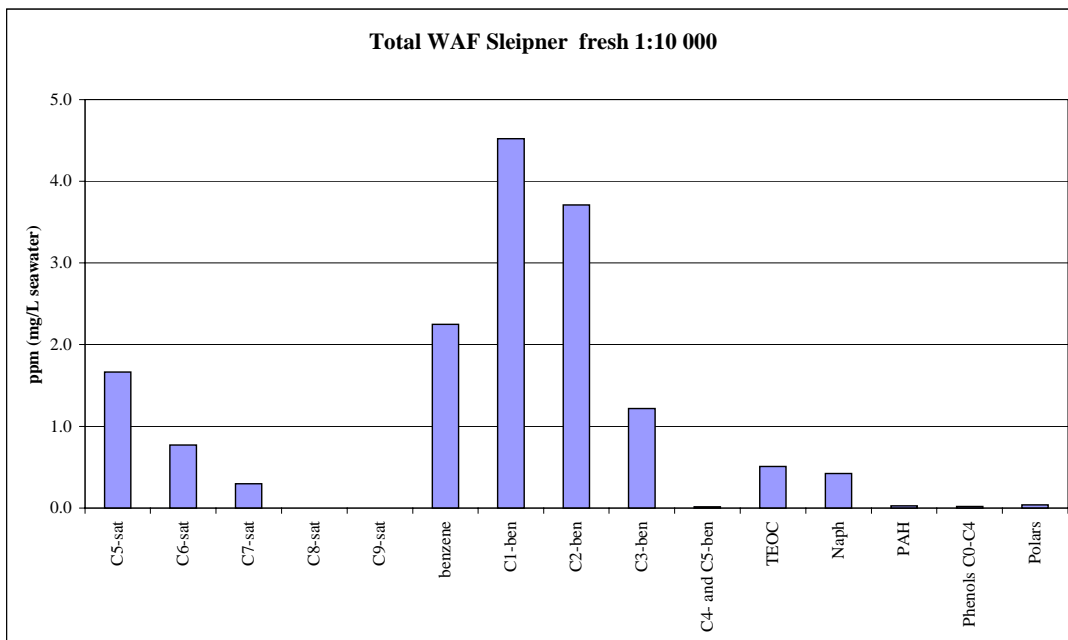
De presenterte data gir kun indikasjoner på giftighet av vannløselige komponenter. I tillegg vil eventuell effekt av dispergert olje kunne påregnes i situasjoner der filtrerende organismer blir eksponert. Effekter av dispergert olje på marine organismer er ikke mulig å kvantifisere, men et OLF-støttet prosjekt utført ved SINTEF indikerer at giftighet av dispergert olje ligger i samme størrelsesorden som vannløselig fraksjon (Altin, 2001a og b; Brakstad, 2001; Melbye, 2001).

### **Oppsummering av kjemiske egenskaper til Sleipner kondensat**

Den kjemiske sammensetningen av en oljes vannløselige fraksjon avhenger av selve oljens sammensetning og av de ulike komponentenes vannløselighet. Detaljert kjemisk sammensetning av fersk og forvitret (250°C+) Sleipner kondensat er vist i vedlegg B. De mest vannløselige komponentene vil anrikes i vannfasen. Slik forskyves den relative kjemiske sammensetningen av en vannløselig fraksjon i forhold til den kjemiske sammensetningen av selve oljen. Figurene 4.2 og 4.3 viser den kjemiske sammensetningen i en vannløselig fraksjon av fersk Sleipner kondensat med olje:vann forhold hhv 1:40 og 1:10 000. Den relative sammensetningen av den vannløselige fraksjon endres som en funksjon av olje:vann forhold, og selv om den totale konsentrasjon i den vannløselige fraksjon er lavere ved et lavere olje:vann forhold (1:10 000), viser sammensetningen at relativt mer PAH løses ut i vannet. Et olje:vann forhold på 1:10 000 er mer realistisk i forhold til en søl-situasjon enn et 1:40 forhold.

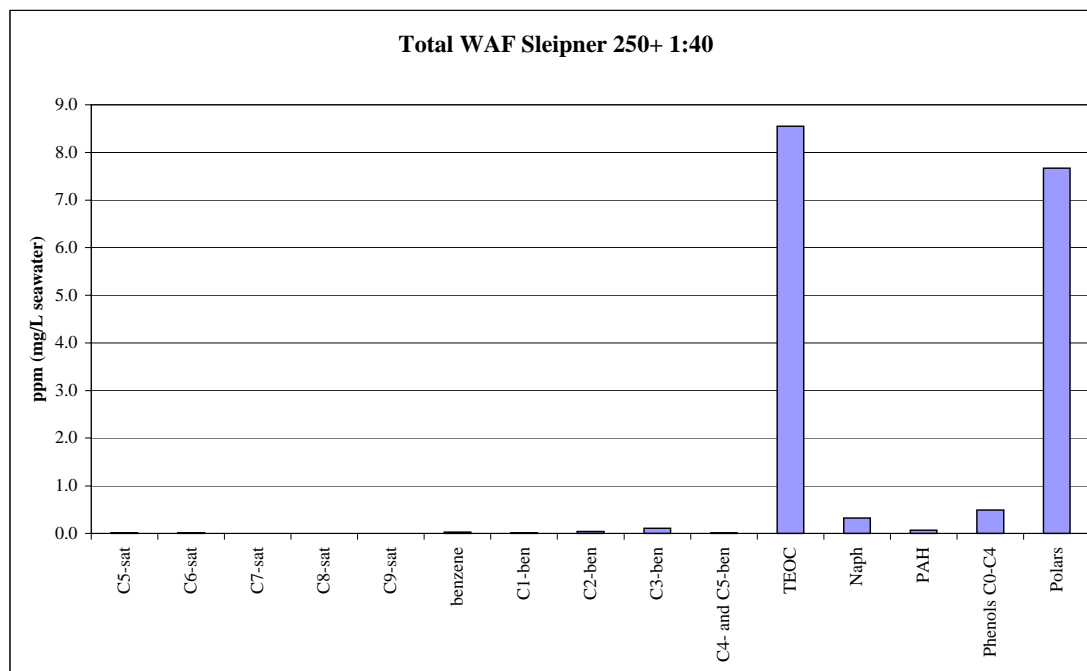


Figur 4.2. Kjemisk sammensetning av vannløselig fraksjon av fersk Sleipner kondensat med olje:vann forhold 1:40. For beskrivelse av forkortelsene brukt i figuren refereres det til vedlegg C.

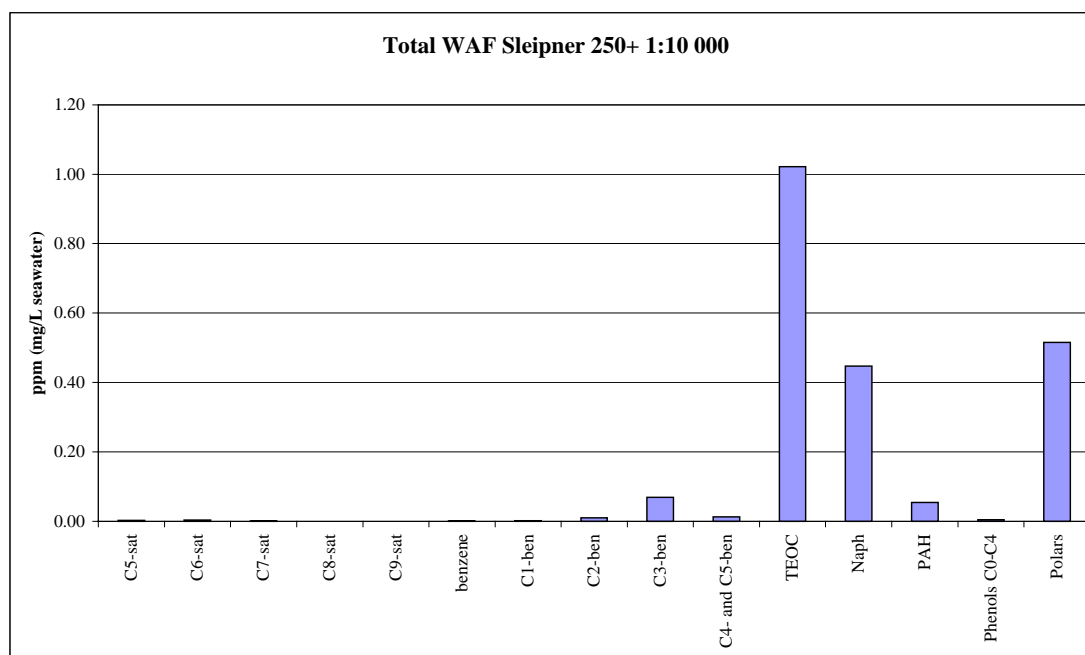


Figur 4.3. Kjemisk sammensetning av vannløselig fraksjon av fersk Sleipner kondensat med olje:vann forhold 1:10 000. For beskrivelse av forkortelsene brukt i figuren refereres det til vedlegg C.

Figurene 4.4 og 4.5 viser den kjemiske sammensetningen i en vannløselig fraksjon av forvitret (250°C+) Sleipner kondensat med olje:vann forhold hhv 1:40 og 1:10 000. Som vist i figurene 4.1 og 4.2, endres den relative sammensetningen av den vannløselige fraksjon som en funksjon av olje:vann forhold. Den totale konsentrasjonen i en vannløselig fraksjon av forvitret Sleipner kondensat er lavere enn for fersk kondensat, og sammensetningen domineres av vannløselige oljekomponenter representert i destillasjonskuttet 250°C+, hovedsakelig polare komponenter som N,S,O-forbindelser. En forvittringsgrad på 250°C+ representerer en oppholdstid på ca. 3-5 dager på sjøen.



*Figur 4.4. Kjemisk sammensetning av vannløselig fraksjon av forvitret (250°C+) Sleipner kondensat med olje:vann forhold 1:40. For beskrivelse av forkortelsene brukt i figuren refereres det til vedlegg C.*



Figur 4.5. Kjemisk sammensetning av vannløselig fraksjon av forvitret (250°C+) Sleipner kondensat med olje:vann forhold 1:10 000. For beskrivelse av forkortelsene brukt i figuren refereres det til vedlegg C.

### Oppsummering av toksiske egenskaper til Sleipner kondensat

Vannløselig fraksjon av Sleipner kondensat, både fersk og forvitret (250°C+) har blitt testet med screening metoden Microtox. Microtox har vist seg å være en svært følsom metode for å kartlegge akutt giftighet av vannløselige fraksjoner, og metoden gir ofte et konservativt bilde sett i forhold til mer relevante organismer i marint miljø (f.eks. alger og zooplankton). Tabell 4.1 gir en oversikt over akutt giftighet av de testede vannløselige fraksjonene. Tabellene beskriver akutt giftighet i EC<sub>50</sub>-verdier, dvs. den konsentrasjon av WAF som gir opphav til 50% effekt i testorganismene. Tabellen gir to separate verdier for EC<sub>50</sub>; EC<sub>50</sub> (%), som relaterer effektgrensen til konsentrasjon av vannløselig fraksjon som fortykning i % og EC<sub>50</sub> (ppm), som relaterer effektgrensen til total konsentrasjon av vannløselig fraksjon. En lav EC<sub>50</sub> innebærer høy toksisitet.

Den totalt giftigste vannløselige fraksjon fra forsøkene med Sleipner kondensat var oppsettet med høyest total konsentrasjon (fersk kondensat, olje:vann forhold 1:40), mens det relativt sett giftigste oppsettet var oppsettet med forvitret kondensat med olje:vann forhold 1:10 000.

Tidligere studier (Hokstad *et al*, 2000, and Faksness *et al*, 2001) har også vist at for vitrede oljer, viser EC<sub>50</sub> (%) -verdiene som oftest redusert giftighet av WAF ved økende forvitring. Dette henger sammen med reduksjonen i lettflyktige komponenter (BTEX'ene) ved forvitring, og dermed en lavere total WAF konsentrasjon fra de forvitrede oljene. Ser man imidlertid på EC<sub>50</sub>-verdiene normalisert med hensyn på total WAF konsentrasjon, EC<sub>50</sub> (ppm), indikerer dette at WAF-løsningene fra forvitret olje er relativt mer giftige enn WAF fra fersk olje (EC<sub>50</sub>(ppm)-verdiene går ned -> mer giftig). Dette kan forklares med at den relative komponent-sammensetningen av WAF fra forvitret olje er forskjellig fra sammensetningen av WAF fra fersk olje, og at det relativt sett er høyere andel av mer giftige komponenter i WAF fra forvitret olje, f.eks. PAH og N,S,O-komponenter.

Foreløpig vet vi for lite om hvordan de ulike WAF-komponentene bidrar til den observerte giftigheten. Det er dermed vanskelig å forutsi noe om giftighet direkte ut fra den kjemiske sammensetningen. Empirisk giftighetstesting er derfor nødvendig.

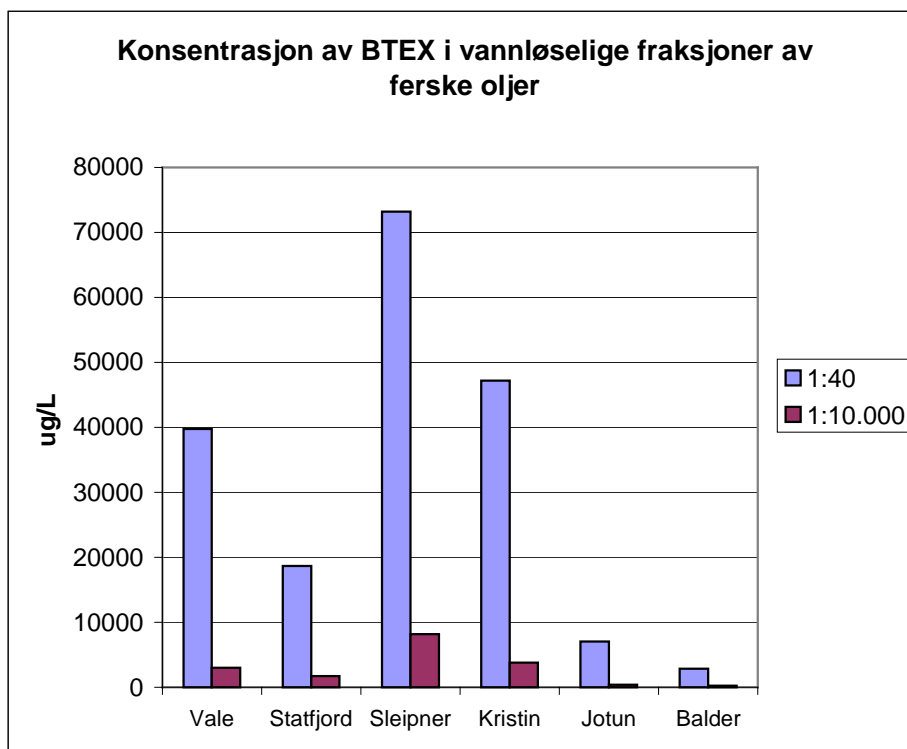
*Tabell 4.1. Oppsummering av akutt giftighet målt med Microtox for fersk og forvitret Sleipner kondensat*

Forvittringsgrad Olje:Vann forhold	Sleipner fersk 1:40	Sleipner fersk 1:10 000	Sleipner 250°C+ 1:40	Sleipner 250°C+ 1:10 000
EC 50 (%)	2	5	6	22
EC 50 (ppm)	1,91	0,64	0,49	0,25
Total konsentrasjon WAF (mg/L)	95,4	12,9	8,13	1,15

### Sammenligning med data fra andre oljer og kondensat

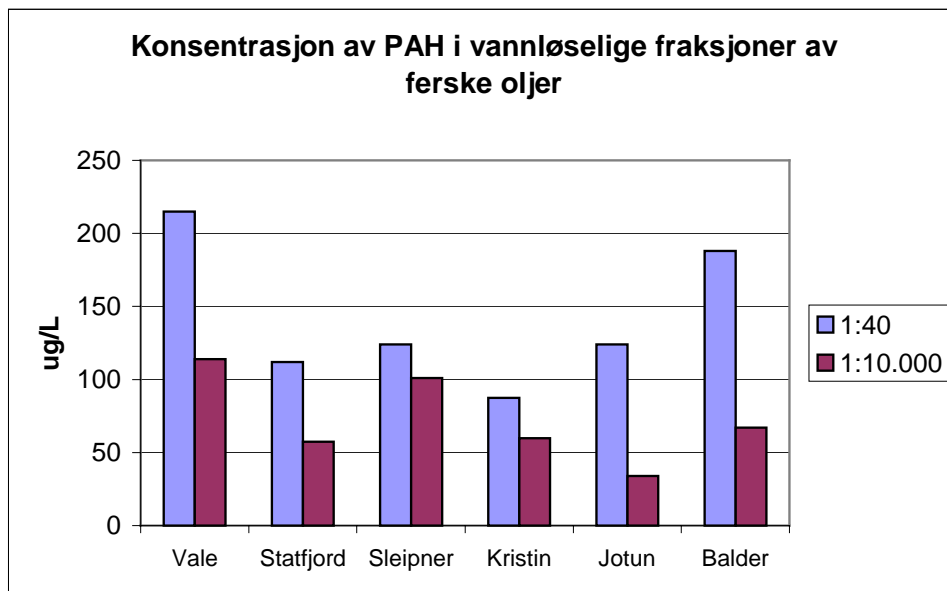
SINTEF har utført studier med kjemisk og toksikologisk testing av en rekke oljer og kondensat, og i det følgende er det laget en oppsummering med relevante data for noen utvalgte oljer og kondensat fra vår database. Dette har relevans for en vurdering av Sleipner kondensatet mot andre kjente oljer og kondensat.

Figur 4.6 viser innholdet av flyktige komponenter (BTEX) i vannløselige fraksjoner av ferske oljer/kondensat vist for to olje:vann forhold (1:40 og 1:10 000). Alle kondensat/lettoljer (Kristin, Sleipner og Vale) vist i figuren har et betydelig høyere innhold av flyktige komponenter enn råoljene, og Sleipner kondensatet har det høyeste innholdet av disse produktene.



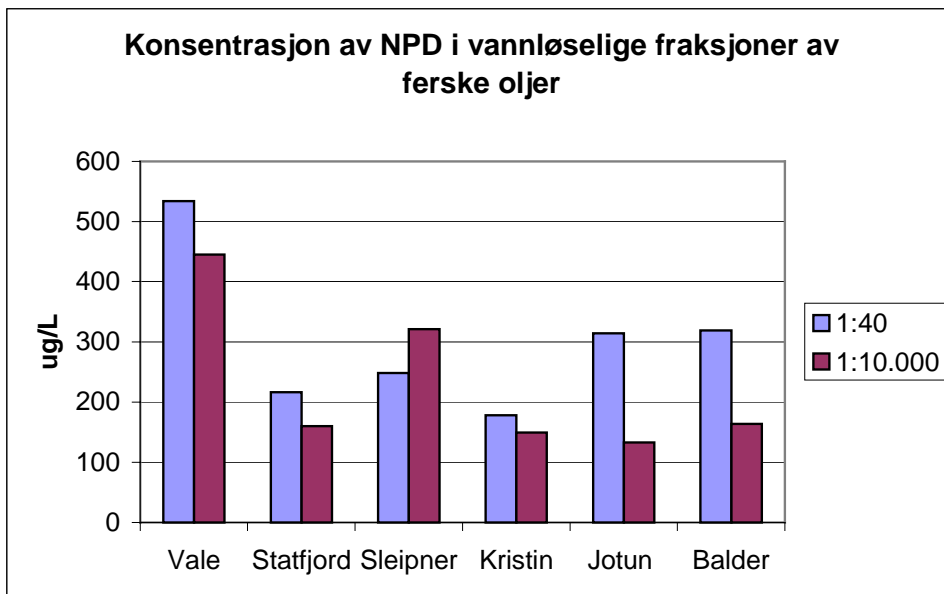
*Figur 4.6. Oversikt over innhold av BTEX i noen utvalgte kondensat og råoljer.*

Figur 4.7 viser tilsvarende innholdet av PAH i de samme kondensat/råoljer. Det er ikke en direkte sammenheng mellom innholdet av PAH og klassifisering av produktet som kondensat eller råolje. Imidlertid kan det være interessant å merke seg at innholdet av PAH i Sleipner kondensat er relativt likt for de to olje:vann forholdene vist.



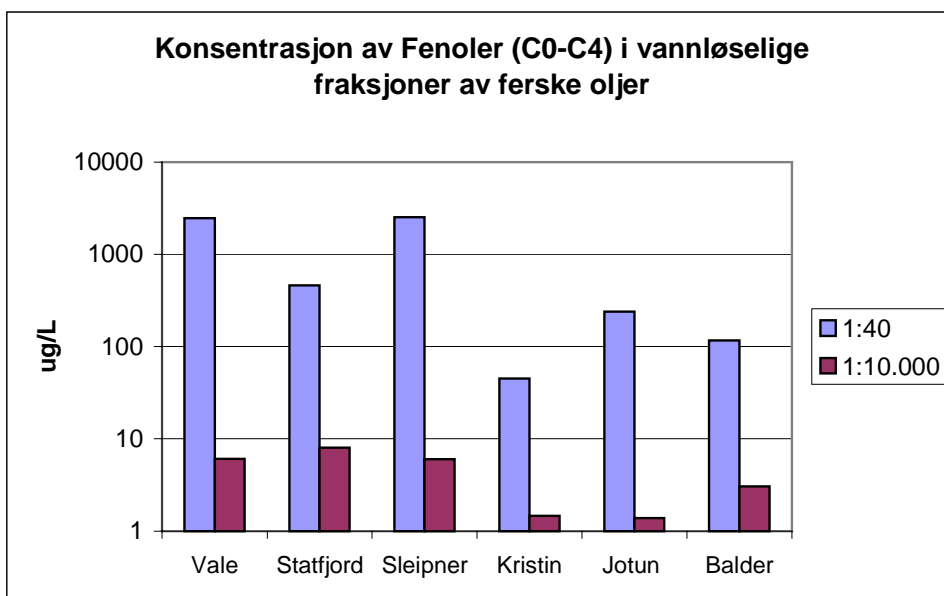
Figur 4.7: Oversikt over innhold av PAH i noen utvalgte kondensat og råoljer.

Figur 4.8 viser tilsvarende innholdet av NPD (Sum Naftalener, Fenantrener og Dibenzotiofener) i vannløselige fraksjoner av utvalgte kondensat og råoljer. Det er på samme måte som for PAH ingen direkte sammenheng mellom innholdet av NPD og klassifisering av produktet som kondensat/råolje. Det er imidlertid interessant å merke seg at innholdet av NPD i vannløselige fraksjon av Sleipner kondensat i de to olje:vannforholdene 1:40 og 1:10 000 er ganske likt, i motsetning til f.eks. Jotun og Balder, hvor innholdet av NPD er betydelig høyere for olje:vann forholdet 1:40.



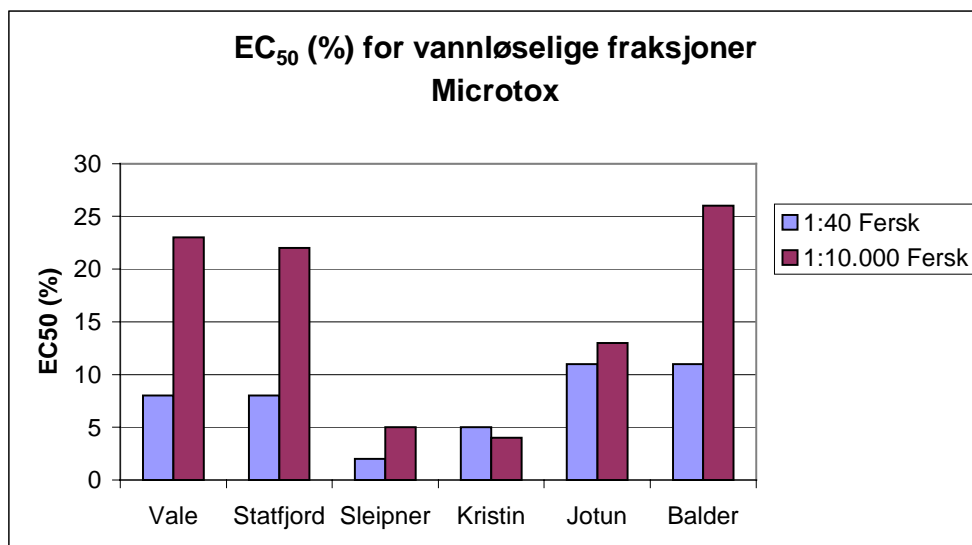
Figur 4.8 : Oversikt over innhold av NPD (Naftalener, Fenantrener og Dibenzotiofener) i noen utvalgte kondensat og råoljer.

Figur 4.9 viser innholdet av Fenoler (C0-C4) i vannløselige fraksjoner av utvalgte kondensat og råoljer. Innholdet av fenoler varierer fra ca. 50 ug/L for vannløselig fraksjon av Kristin kondensat til ca. 2500 ug/L for vannløselig fraksjon av Sleipner kondensat.

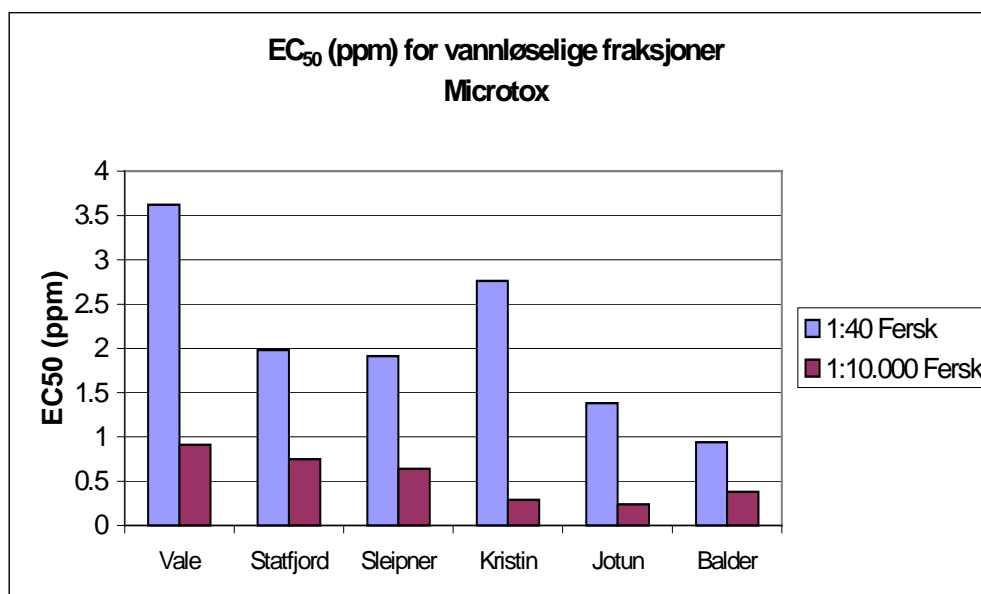


Figur 4.9 : Oversikt over innhold av Fenoler (C0-C4) i noen utvalgte kondensat og råoljer.

Figurene 4.10 og 4.11 viser akutt giftighet av vannløselige fraksjoner av utvalgte kondensat og råoljer uttrykt som henholdsvis  $EC^{50}$  (%) og  $EC^{50}$  (ppm). Av utvalget av oljer vist i figuren, er vannløselig fraksjon av Sleipner kondensat den giftigste, med hensyn til prosent fortykning av vannløselig fraksjon. Når akutt giftighet uttrykkes normalisert med hensyn til total konsentrasjon av vannløselig fraksjon, går giftigheten noe ned sett i forhold til vannløselig fraksjon av råoljene fra Balder og Jotun (dvs. relativ giftighet – se figur 4.11).



Figur 4.10 : Akutt giftighet uttrykt som EC<sub>50</sub> (%) i noen utvalgte kondensat og råoljer.



Figur 4.11 : Akutt giftighet uttrykt som EC<sub>50</sub> (ppm) i noen utvalgte kondensat og råoljer.

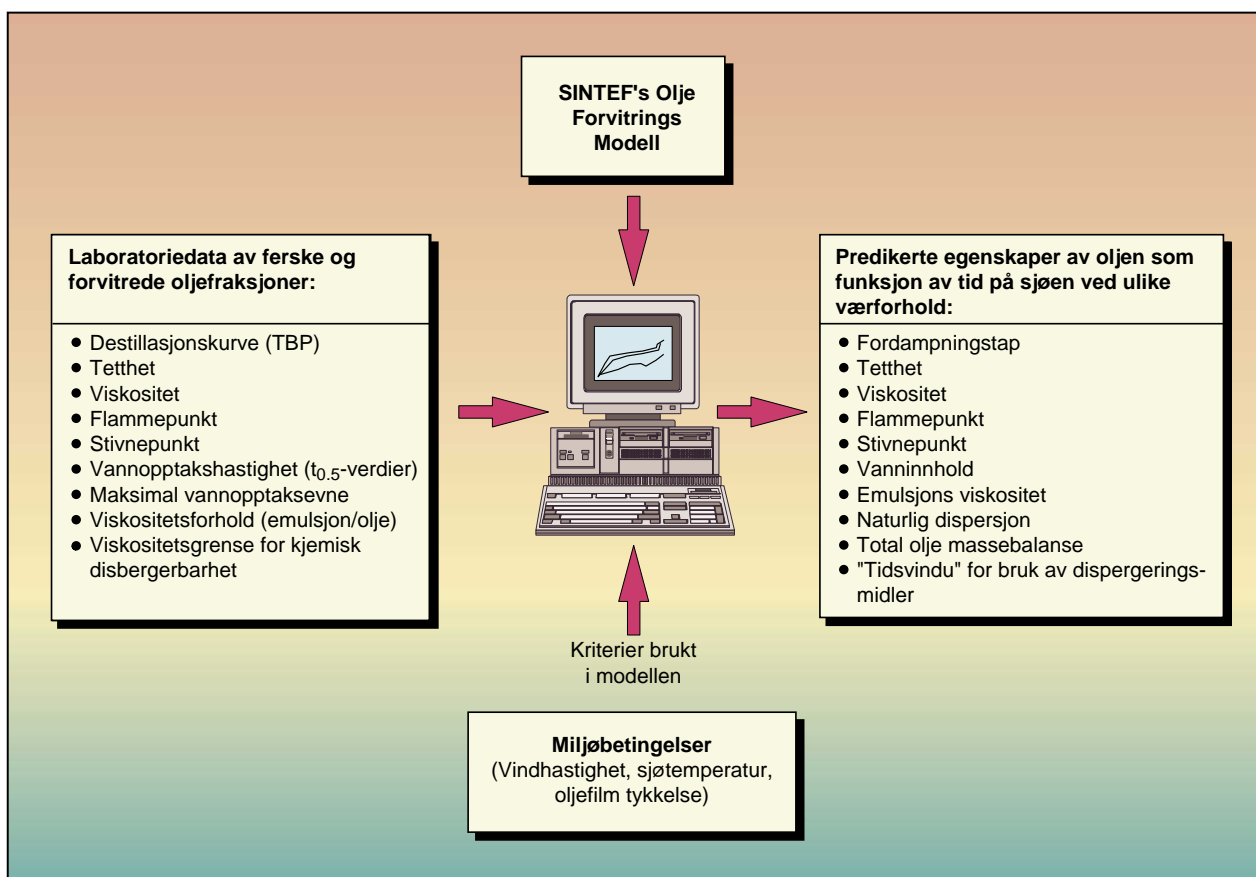


## 5 Sleipner kondensatets forvitring på sjøen og konsentrasjoner i vannmassene

### 5.1 Kort om forvitringsmodellen og OSCAR

#### SINTEFs olje forvitringsmodell

For å predikere Sleipners forvitringsegenskaper på sjøen er SINTEFs Olje forvitringsmodell (OWM) benyttet. Denne modellen relaterer oljens egenskaper til et sett av valgte betingelser (oil/emulsjon film tykkelse, sjøtilstand og sjøtemperatur) og predikerer hvordan oljen vil oppføre seg på havoverflaten og hvordan dens egenskaper vil endre seg over tid. Figur 5.1 viser skjematisk SINTEFs OWM.



ik41961100\tegrerfig\_nor\model-n.eps

Figur 5.1 SINTEFs metodikk for kartlegging av en olje eller et kondensats forvitringsegenskaper.

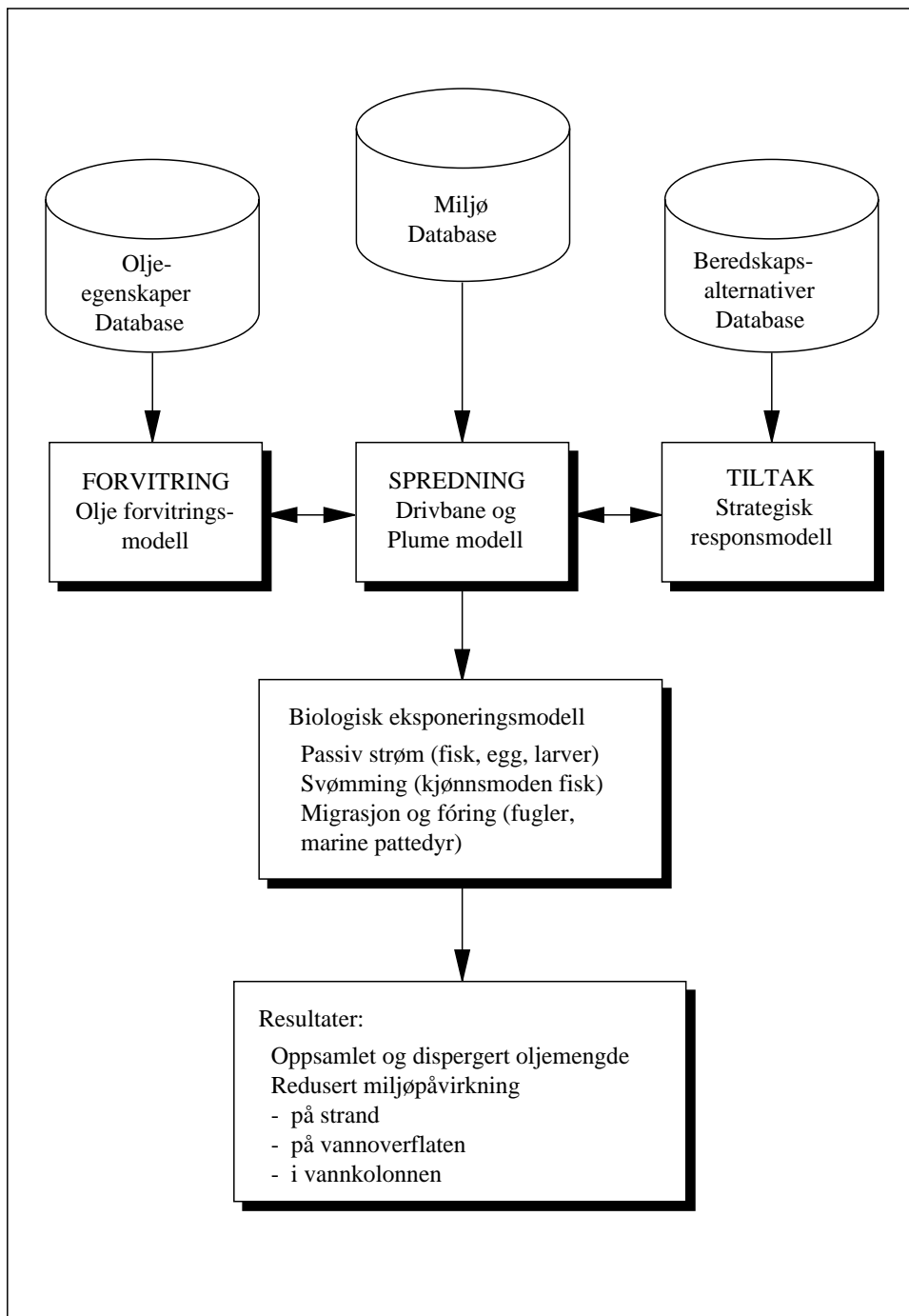
Prediksjoner fra SINTEFs OWM er et viktig verktøy i miljørisiko analyser og i beredskapssammenheng. Prediksjonene er fremstilt grafisk over en periode på 15 minutter til 5 dager etter et utslipp. Dette dekker et spekter av sølsituasjoner fra utslipp hvor respons tiden er kort (som ved utslipp ved en terminal) til søl til havs der respons tiden kan være flere dager.

## **OSCAR**

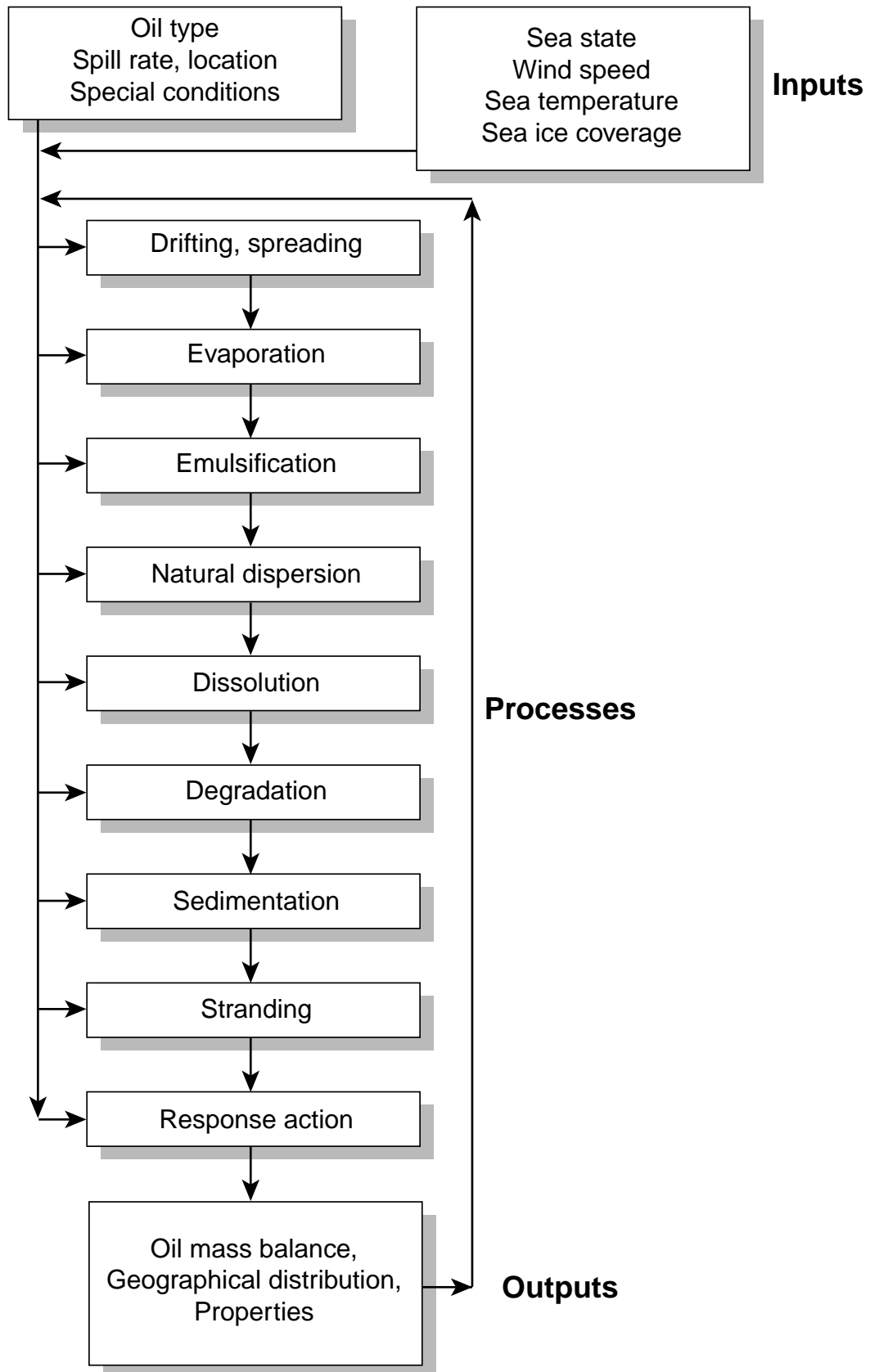
OSCAR 2000 er brukt for å simulere oljekonsentrasjoner og konsentrasjoner av løste komponenter i vannet ved sommer- og vinterforhold. OSCAR bruker laboratoriedata på oljens egenskaper og vannløselighet som utgangspunkt for beregningene. Statistiske vind- og strømdata for det aktuelle området kan benyttes i OSCAR. For disse simuleringene er det valgt en konstant vind på 5 og 10 m/s for hhv. sommer- og vinterforhold og det er kjørt uten strøm. Strømdata for Kårstø så nære land var ikke tilgjengelige innenfor tidsrammen på dette prosjektet, så det ble derfor valgt å kjøre uten strøm. Simuleringene kan betraktes som ett eksempel på spredning av olje og løste komponenter i vann ved de gitte betingelsene, for å sammenligne utbredelse og konsentrasjoner ved ulike forhold (vinter og sommer) samt ulike tidspunkt og utslippsmengder.

Hovedstrukturen av systemet er vist skjematisk i figur 5.2 a og b. SINTEFs labdata baserte olje forvittringsmodell er linket til en tredimensjonal drivbane modell og en oljeberedskapsmodell. OSCAR inneholder også en biologisk modell som beregner miljøkonsekvensene for fisk og fiskeegg og -larver, fugler og sjøpattedyr.

OSCAR modellen er et verktøy som også kan benyttes for å gjøre en objektiv analyse av miljømessig betydning for alternative beredskapsstrategier ved et oljesøl. Det vil alltid være teoretisk mulig å øke beredskapen, men ved et visst nivå vil gjerne økningen gi en marginal miljømessig effekt. OSCAR er et verktøy som direkte og objektivt bedømmer avveiningen mellom økt beredskap og eksponering på miljøet.



Figur 5.2 a : Skjematisk oversikt over OSCAR systemet.



Figur 5.2 b Prosesser i OSCAR som styrer oppførselen til et oljeutslipp.

## 5.2 Sleipner kondensatets forvitringsegenskaper

Sleipner fordamper raskt og vil ved et overflate utslipp være 80-90% fordampet i løpet av få timer på sjøen (figur 5.3, 5.9 og 5.10).

Siden kondensatet ikke emulgerer vil ikke viskositeten stige vesentlig ved forvitring på sjøen. Dette fremmer den naturlige dispergeringsprosessen. Simuleringer med OSCAR (figur 5.9 og 5.10) viser at levetida på sjøen for ett punktutslipp på 100 tonn er 2-3 dager ved vinterforhold og mindre enn 5% vil være igjen på overflate ved sommerforhold. Fordampningen er fremtredende og høy grad av naturlig dispergeringen forventes ved brytende bølger (vindhastigheter >5 m/s).

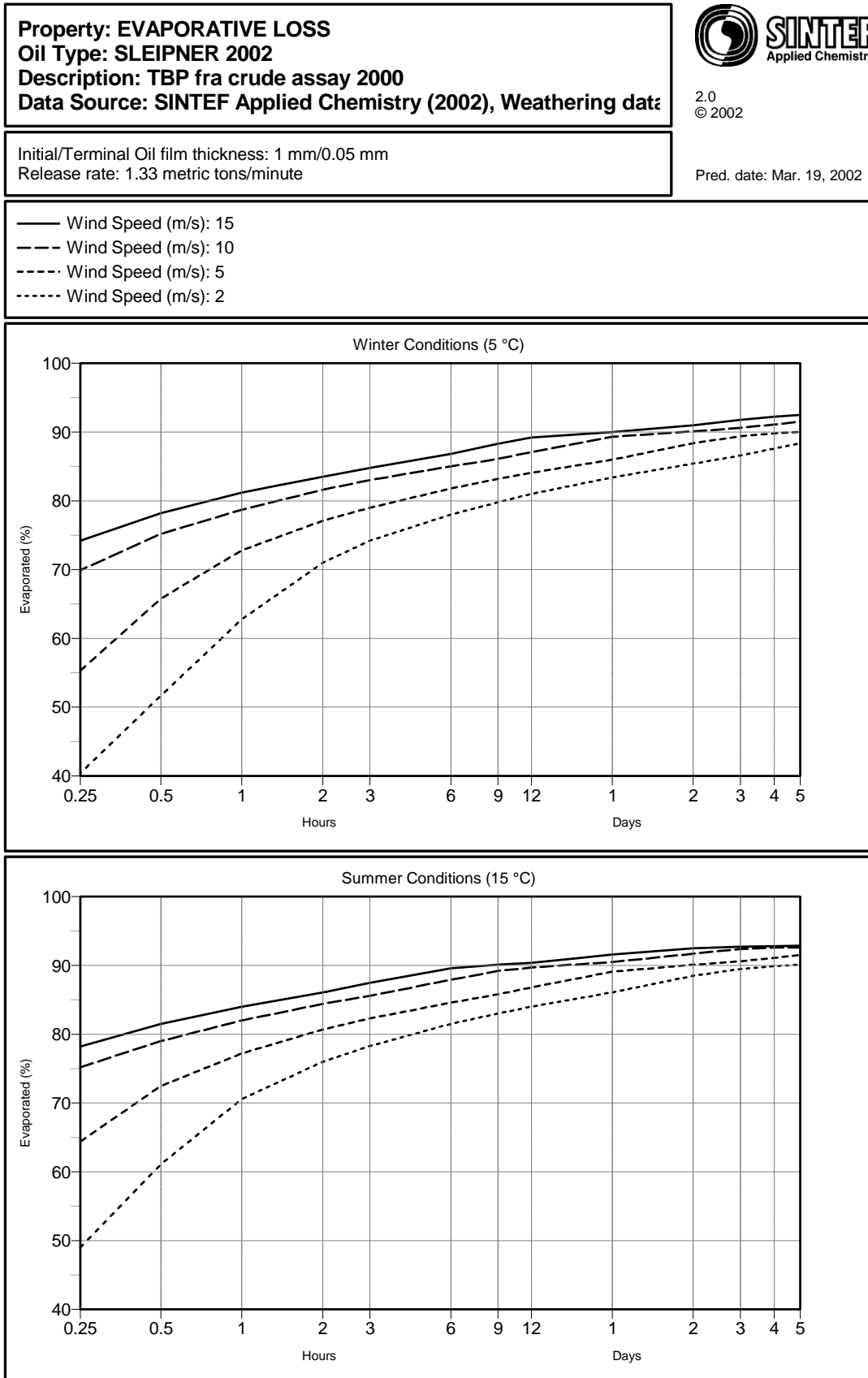
## 5.3 Mekanisk oppsamling

Erfaringer fra norske feltforsøk (Nordvik *et al.* 1992) har vist at effektiviteten av mange mekaniske oppsamlingsmetoder avtar dersom viskositeten av oljen eller v/o emulsjonen er lavere enn 1 000 cP ved at den unnslipper under lensa. Derfor har 1 000 cP blitt satt som **nedre** viskositetsgrense for en optimal mekanisk oljevernaksjon for å forhindre for stor lekkasje gjennom lensa (gjelder ved brytende bølger). Sleipner kondensatet vil ha svært lave viskositeter gjennom hele forvitningsforløpet. Dette samt den store spredningen av flaket vil gjøre mekanisk oppsamling vanskelig. På grunn av høy grad av avdampning og naturlig dispergering vil mekanisk oppsamling i de fleste tilfeller aldri bli nødvendig på grunn av flakets korte "levetid" på sjøen. Ved lave vindhastigheter vil imidlertid små rester av flaket (under 5%) kunne "overleve" i flere dager på havoverflaten.

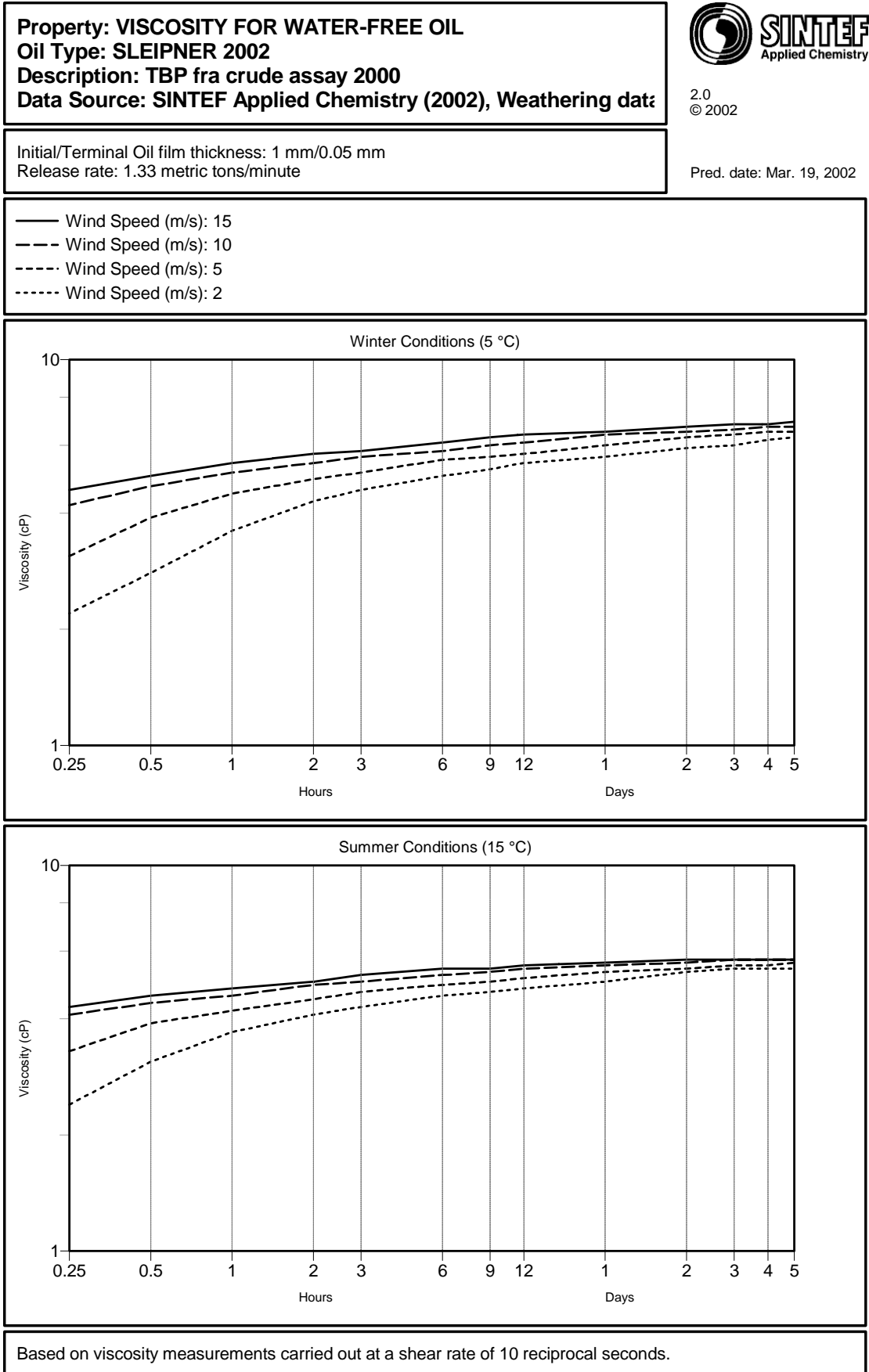
## 5.4 Kjemisk dispergering

Dispergerbarhetstesting er ikke gjennomført med Sleipner, men den lave viskositeten borger for en høy grad av naturlig dispergering. Ved lave vindhastigheter (sommer forhold) kan deler av flaket "overleve" flere dagers forvitring på sjøen. Bruk av dispergeringsmidler kan da være et aktuelt miljøskade-reducerende tiltak, men bare dersom overflatefilmen har en tykkelse på over 50 – 100 mm. Et slikt forvitret residue av Sleipner kondensatet på overflaten antas å være lett dispergerbar med dispergeringsmiddel.

### 5.5 Prediksjoner av Sleipners egenskaper på sjøen



Figur 5.3: Fordampning som funksjon av forvitring på sjøen ved 5 og 15°C.



*Figur 5.4 : Viskositet av oljen som funksjon av forvitring på sjøen ved 5 og 15°C basert på laboratoriedata ved 13°C.*

**Property: POUR POINT FOR WATER-FREE OIL**  
**Oil Type: SLEIPNER 2002**  
**Description: TBP fra crude assay 2000**  
**Data Source: SINTEF Applied Chemistry (2002), Weathering data**

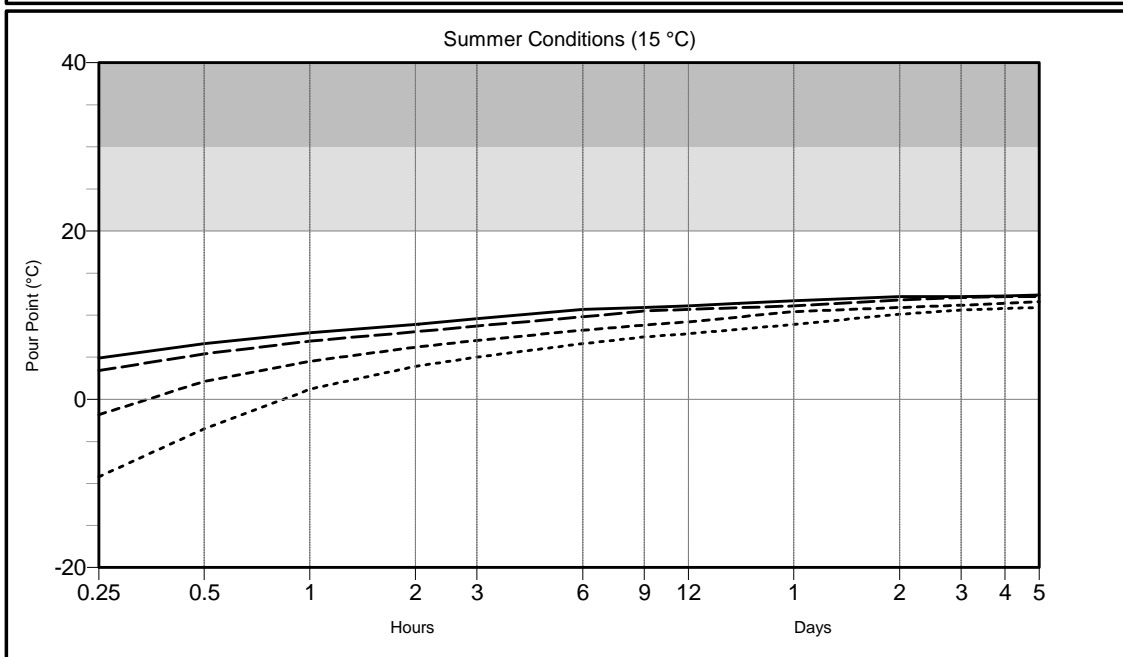
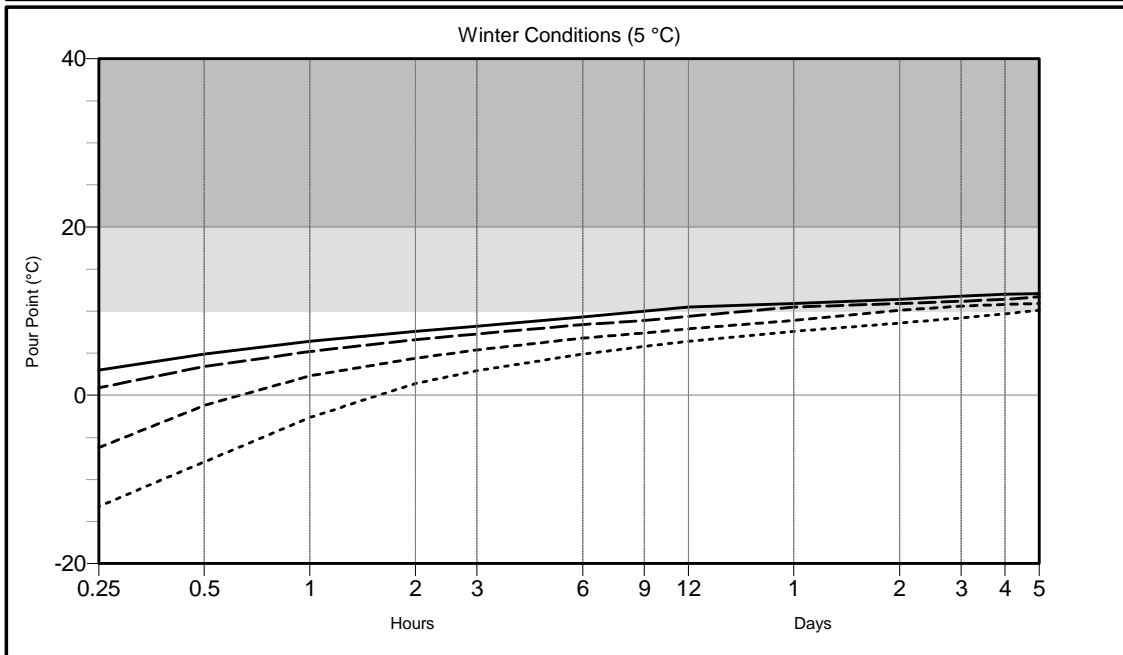


2.0  
© 2002

Initial/Terminal Oil film thickness: 1 mm/0.05 mm  
 Release rate: 1.33 metric tons/minute

Pred. date: Mar. 19, 2002

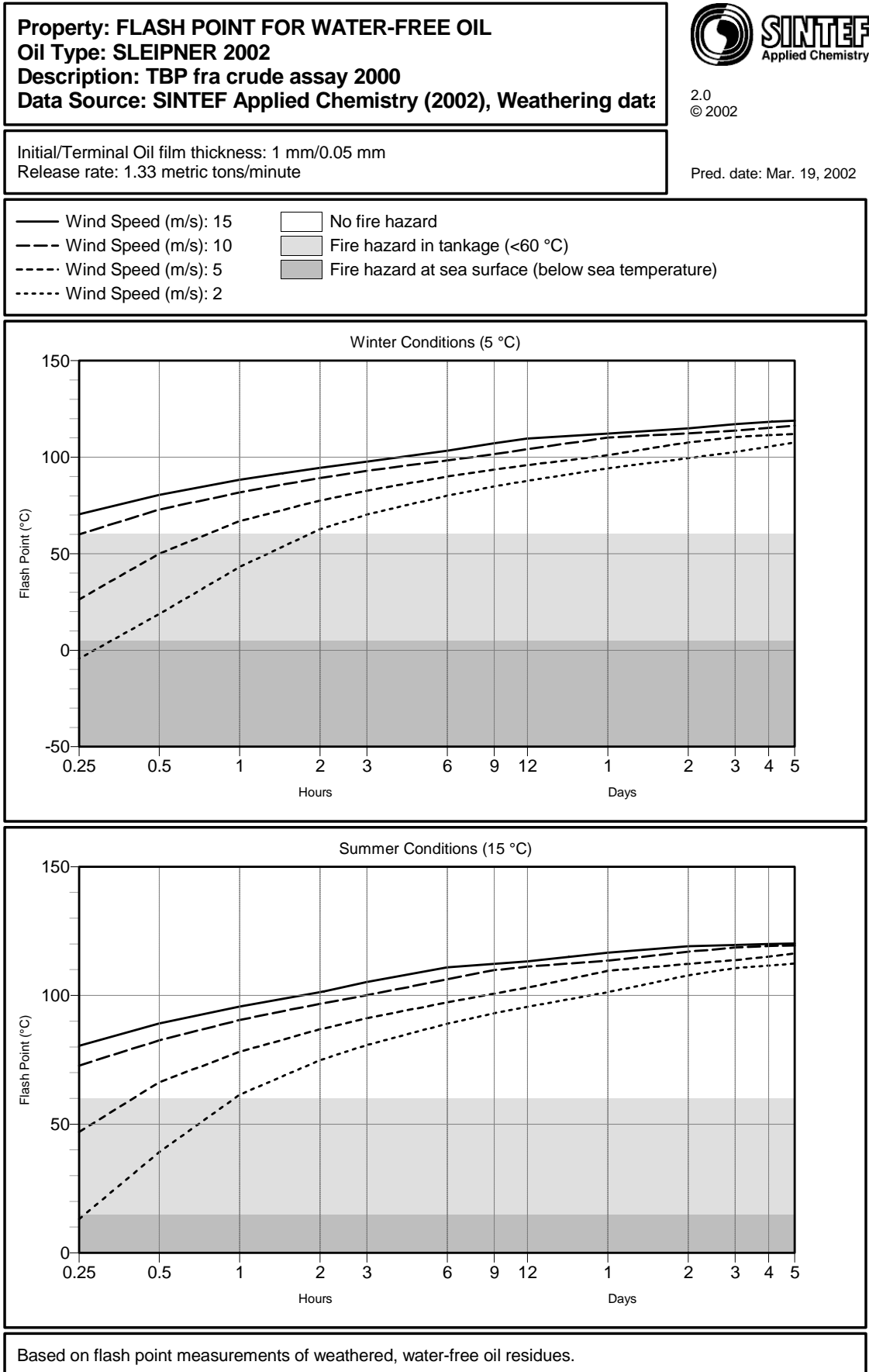
— Wind Speed (m/s): 15	□ Chemically dispersible
- - - Wind Speed (m/s): 10	▒ Reduced chemical dispersibility
- - - - Wind Speed (m/s): 5	■ Poorly / slowly chemically dispersible
- - - - - Wind Speed (m/s): 2	



Based on pour point measurements of weathered, water-free oil residues.

Figur 5.5: Stivnepunkt til av vannfri olje som funksjon av forvitring på sjøen ved 5 og 15°C.





Figur 5.6: Flammepunkt til av vannfri olje som funksjon av forvitring på sjøen ved 5 og 15°C.

**Property: WATER CONTENT**  
**Oil Type: SLEIPNER 2002**  
**Description: TBP fra crude assay 2000**  
**Data Source: SINTEF Applied Chemistry (2002), Weathering data**

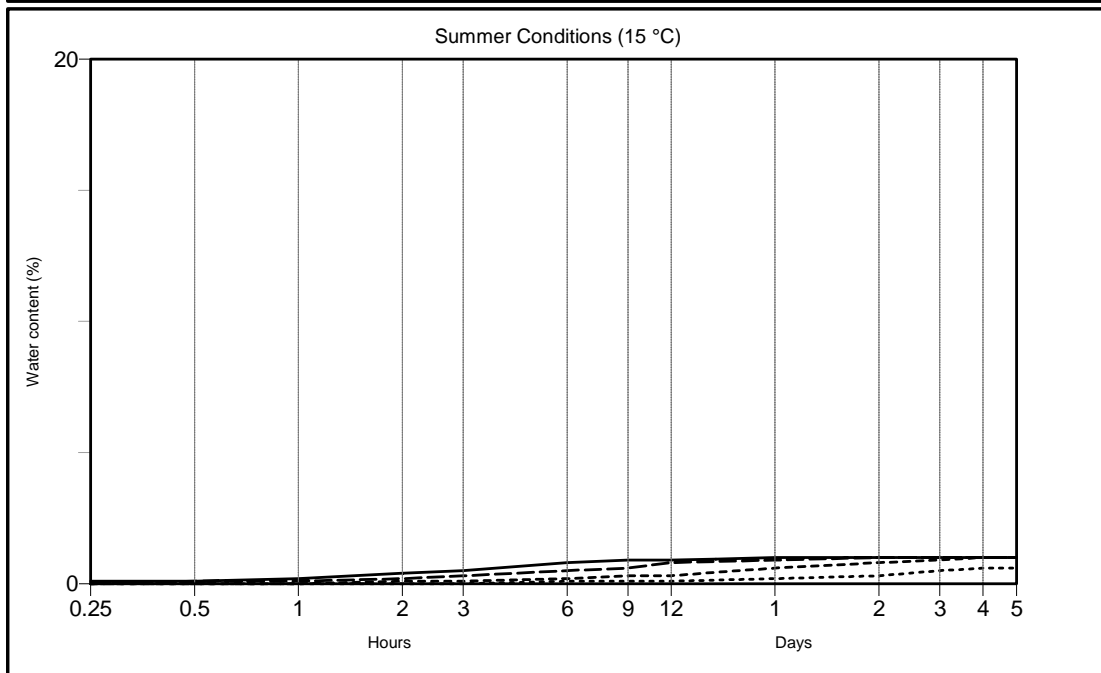
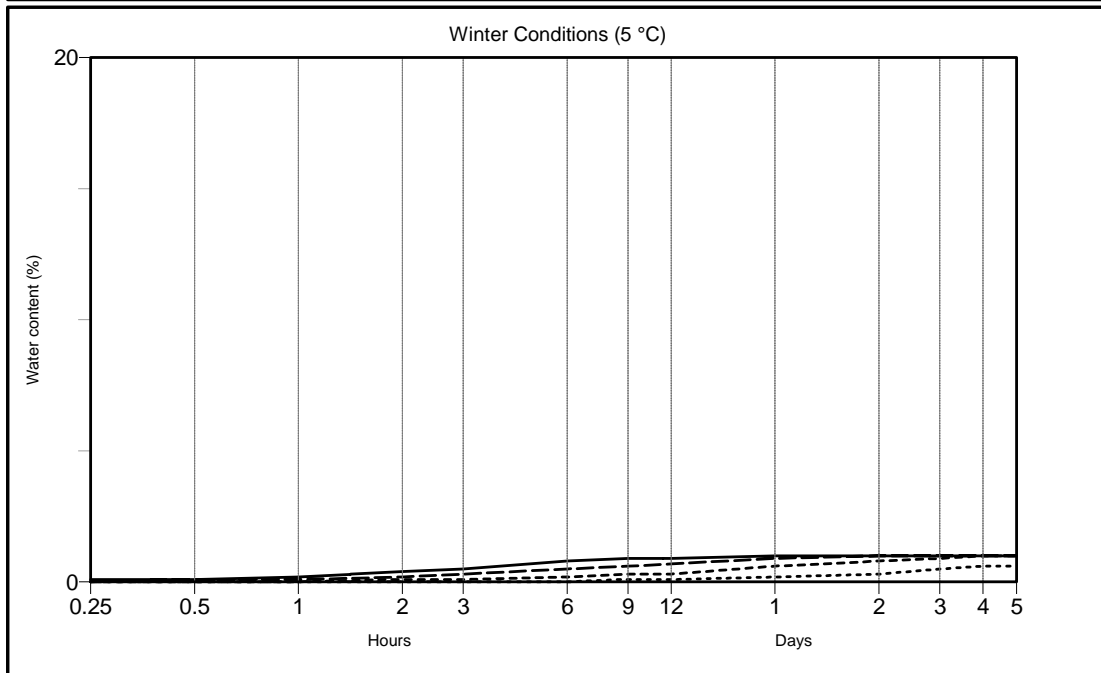


2.0  
© 2002

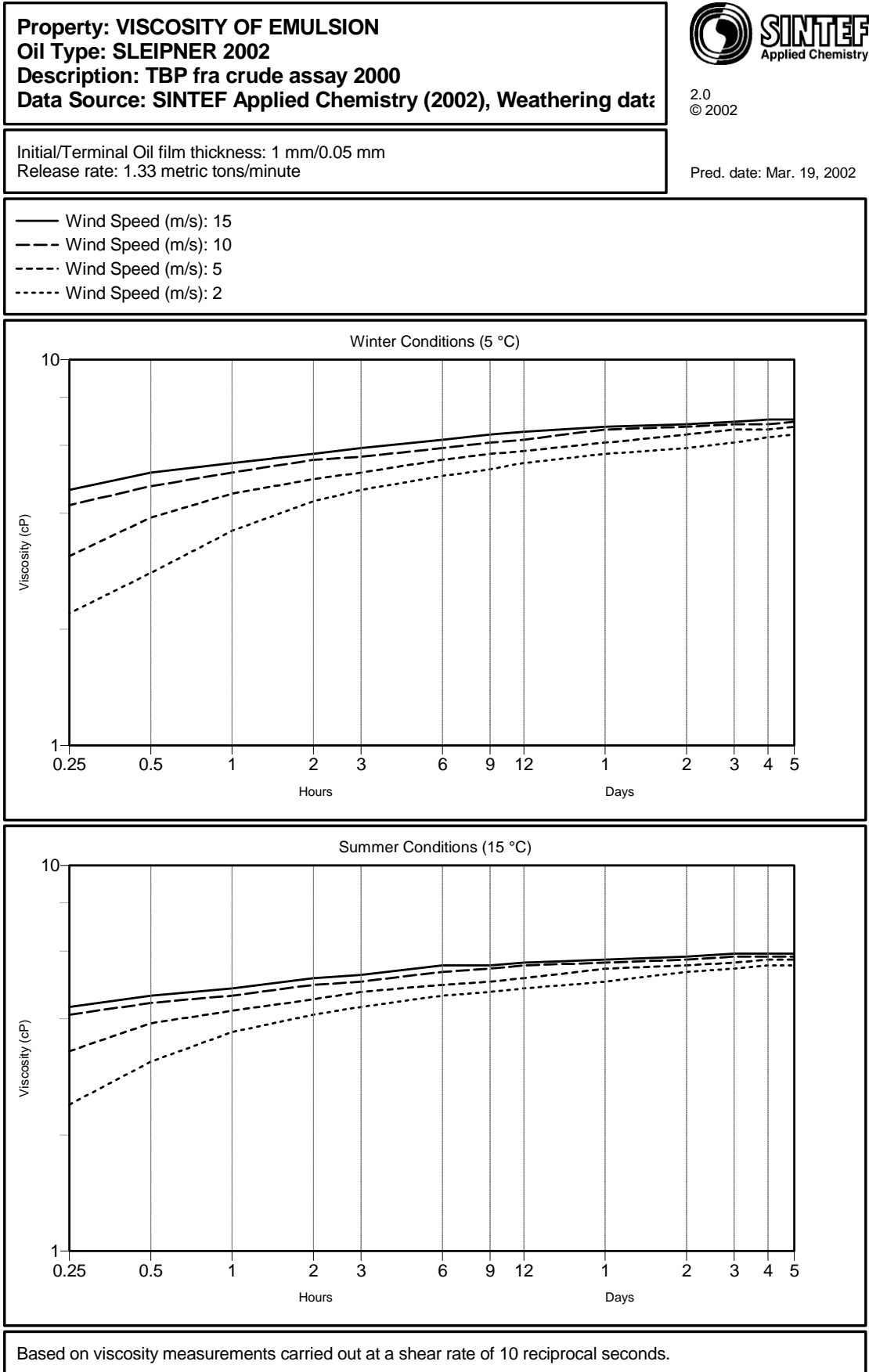
Initial/Terminal Oil film thickness: 1 mm/0.05 mm  
 Release rate: 1.33 metric tons/minute

Pred. date: Mar. 19, 2002

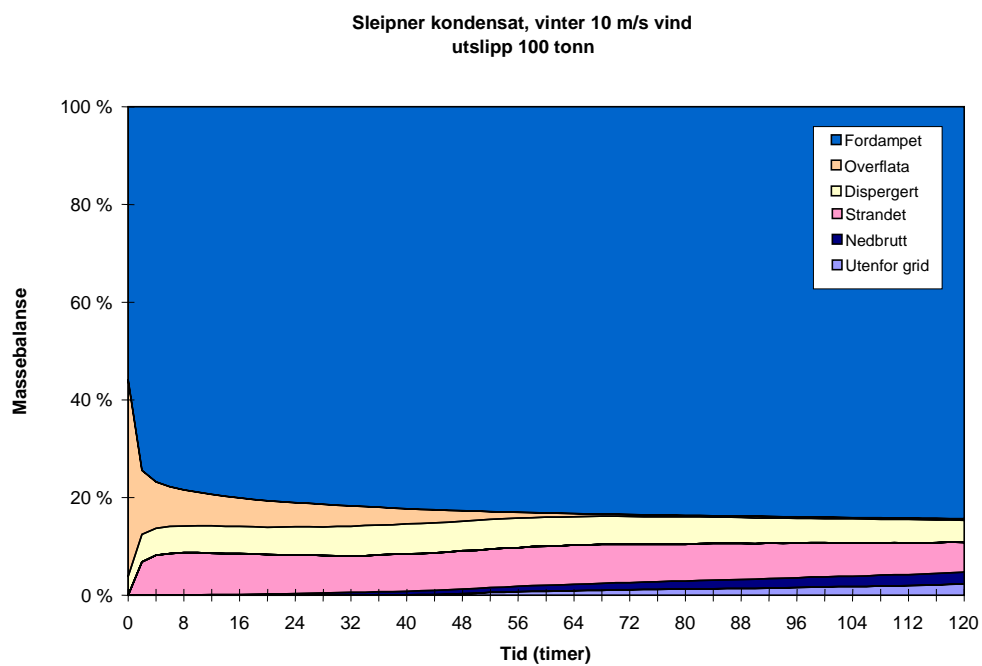
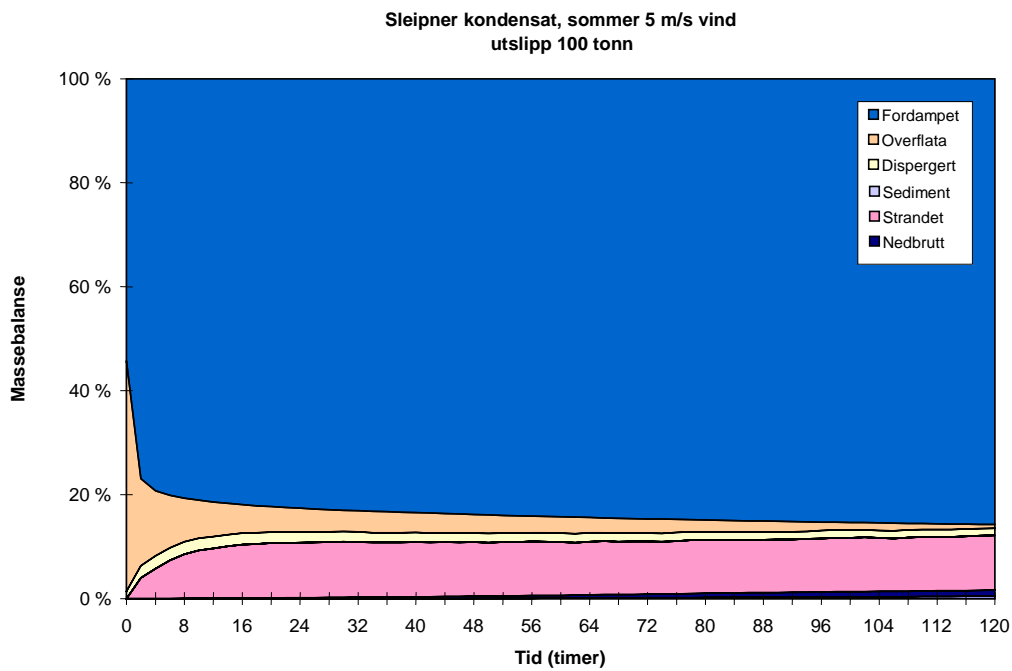
— Wind Speed (m/s): 15  
 - - - Wind Speed (m/s): 10  
 ····· Wind Speed (m/s): 5  
 ······ Wind Speed (m/s): 2



Figur 5.7: Vannopptak som funksjon av forvitring på sjøen ved 5 og 15°C basert på laboratoriedata ved 13°C.

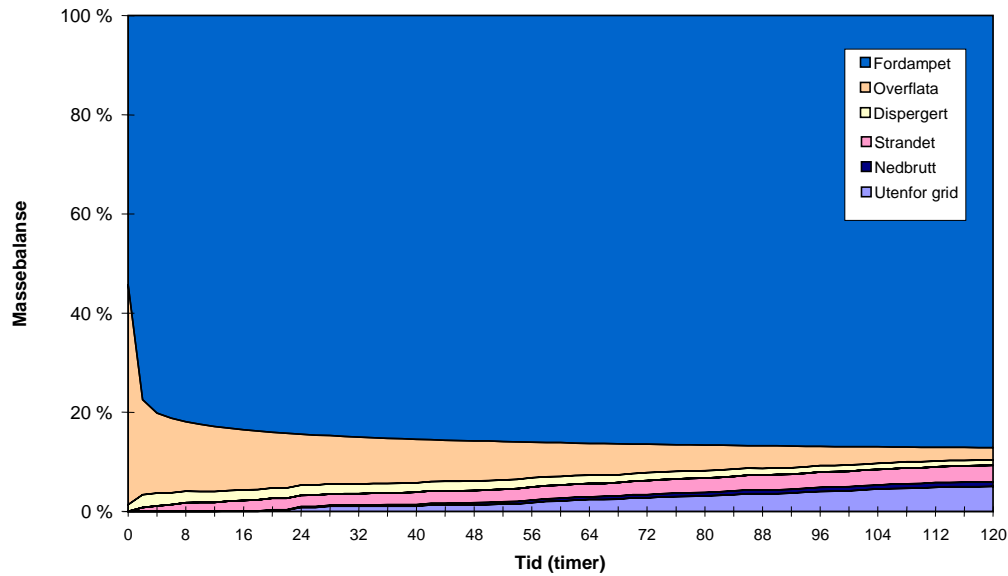


*Figur 5.8: Viskositet til emulsjon som funksjon av forvitring på sjøen ved 5 og 15°C basert på laboratoriedata ved 13°C.*

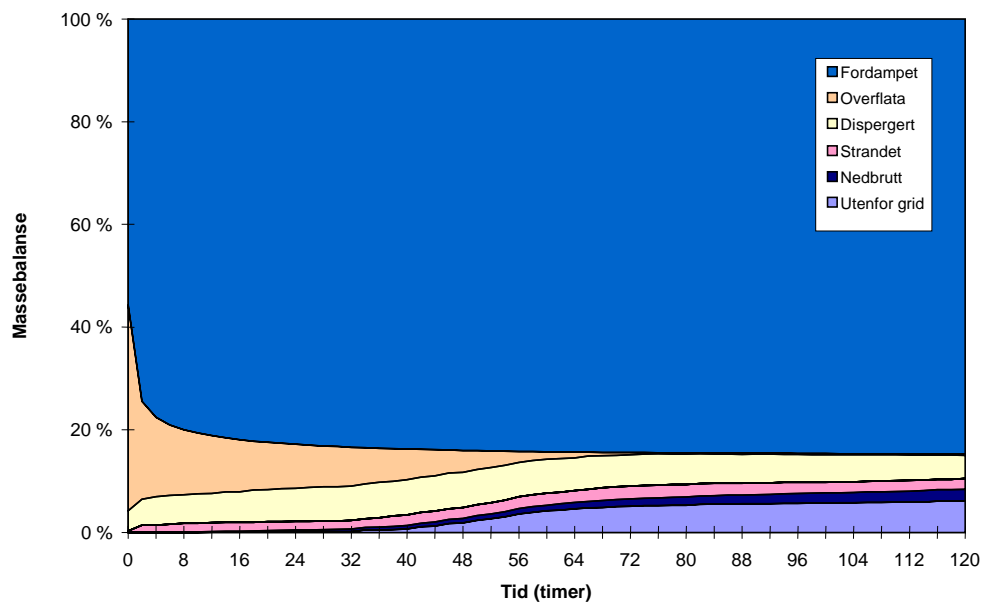


*Figur 5.9: Massebalanse for ett punktutslipp på 100 tonn ved sommer- og vinterforhold. Rekkefølge av kategorier i fargenøkkelen er den samme som i figuren.*

Sleipner kondensat, sommer 5 m/s vind  
utslipp 1000 tonn



Sleipner kondensat, vinter 10 m/s vind  
utslipp 1000 tonn



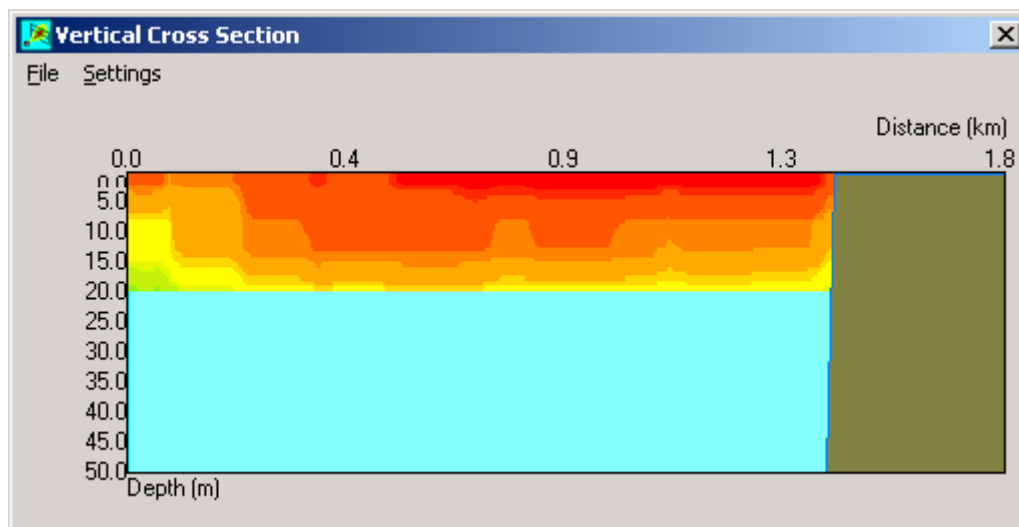
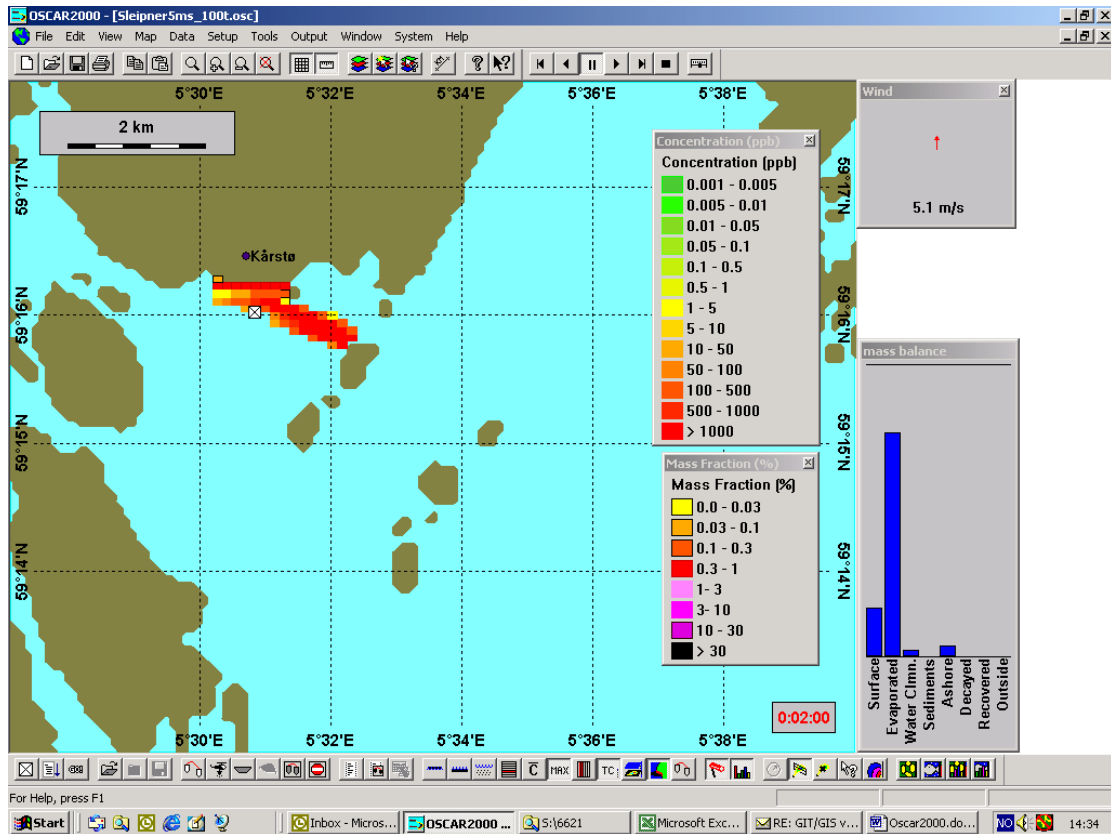
Figur 5.10: Massebalanse for ett punktutslipp på 1000 tonn ved sommer- og vinterforhold. Rekkefølge av kategorier i fargenøkkelen er den samme som i figuren.

## 5.6 Simuleringer av konsentrasjoner i vannmassene

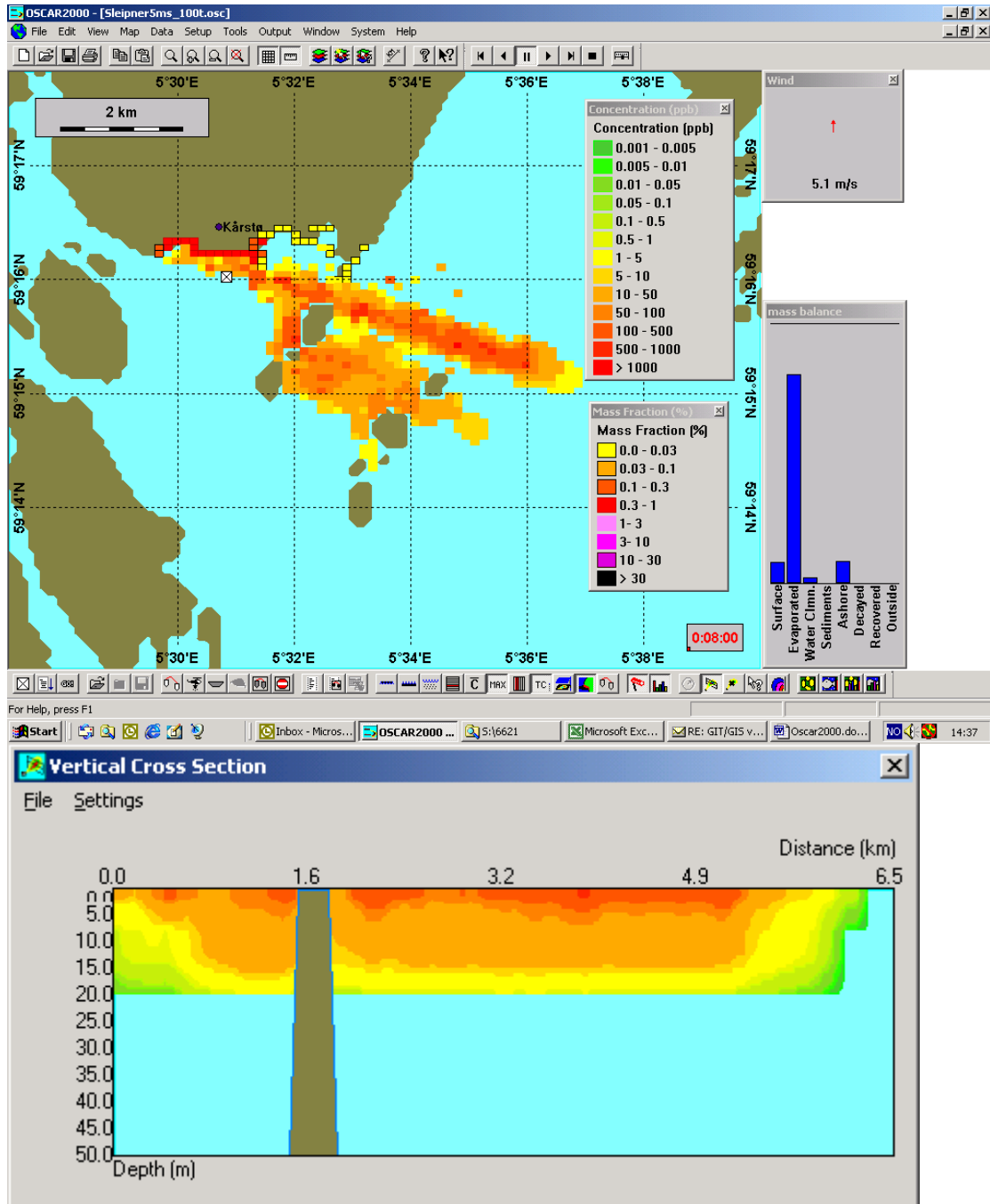
Det er gjennomført simuleringer for en sommer og en vinter situasjon, med punkt-utslipp av 100 og 1000 tonn etter 2 og 8 timer. Sommer scenariene er kjørt med konstant vind 5 m/s, temperatur på 20°C i lufta og 15°C i sjøen. Vinter scenariene er kjørt med konstant vind 10 m/s, og temperatur på 0°C i lufta og 5°C i sjøen. Figurene 5.11 – 5.26 viser eksempler på konsentrasjoner i vannmassene for sommersituasjon, både med 5 og 10 m/s vind. Det er i figurene også angitt konsentrasjoner som funksjon av dyp og avstand i utvalgte tverrsnitt. Tverrsnittene er valgt ut i de områder med høyest konsentrasjoner.

Simuleringene viser at etter 8 timer er kondensatet naturlig nok spredt over et større område sammenlignet med etter 2 timer. Konsentrasjonene av både kondensat og løste komponenter er betydelig høyere 2 timer etter utslippet, f.eks. for 100 tonn utslipp under sommer forhold (5 m/s vind og på 5m dybde) er konsentrasjonene av kondensat 100-500 ppb etter 2 timer og 50-100 ppb etter 8 timer. For løste komponenter ligger nivåene på 100-500 ppb og 10-50 ppb etter hhv. 2 og 8 timer. Ett utslipp på 1000 tonn gir høyere konsentrasjoner av kondensat og vannløselige komponenter nedover i vannmassene sammenlignet med ett utslipp på 100 tonn. Videre spredning utover 8 timer forsterker denne effekten og medfører et gjennomgående større påvirket vannvolum med lavere maksimalkonsentrasjoner enn 10-50 ppb.

De simulerte konsentrasjonene av WAF sett i forhold til giftighetsnivåer bestemt med screening-metoden Microtox indikerer at akutt giftighet kun kan forventes rett under flaket i de første timene etter utslippet for scenariet med 100 tonns utslipp av Sleipner kondensat. For scenariet med 1000 tonns utslipp er det sannsynlig å forvente akutt giftighet i vannsøylen under flaket i løpet av det første døgnet. De utførte toksisitetstestene angir ikke eventuelle sub-letale effekter (ikke-dødlige) eller langtidseffekter i influensområdet.

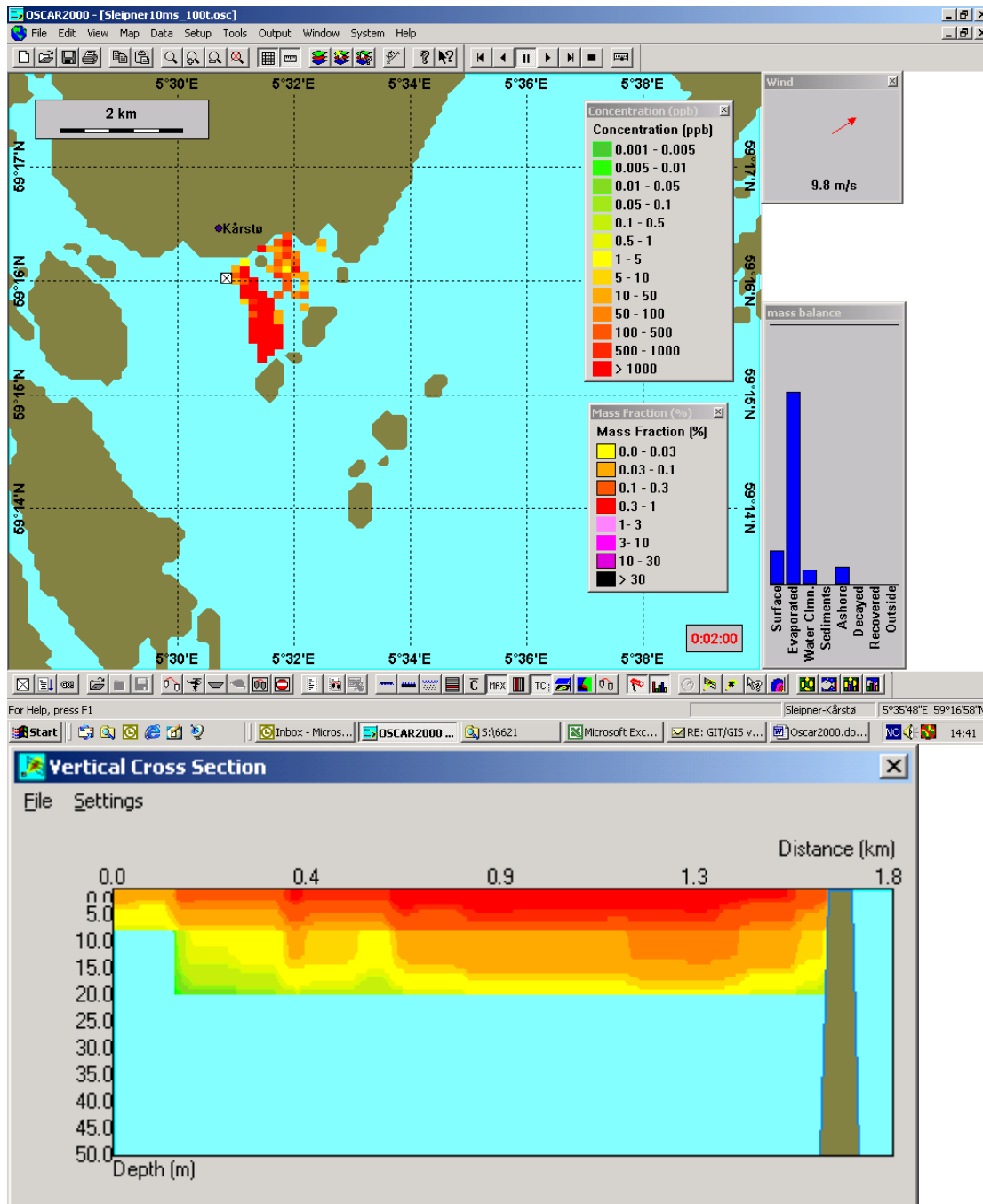


Figur 5.11 Totale hydrokarboner (THC) ved utslipp av 100 tonn Sleipner kondensat ved 5 m/s vind etter 2 timer. Den nederste figuren viser konsentrasjoner som funksjon av dyp og avstand i utvalgte tverrsnitt. Tverrsnittet er valgt ut i området med høyest konsentrasjon. Den nederste fargenøkkelen i hovedkartet angir fargekoder for konsentrasjonene gitt i tverrsnittet. Det grønne feltet i tverrsnittet angir land.

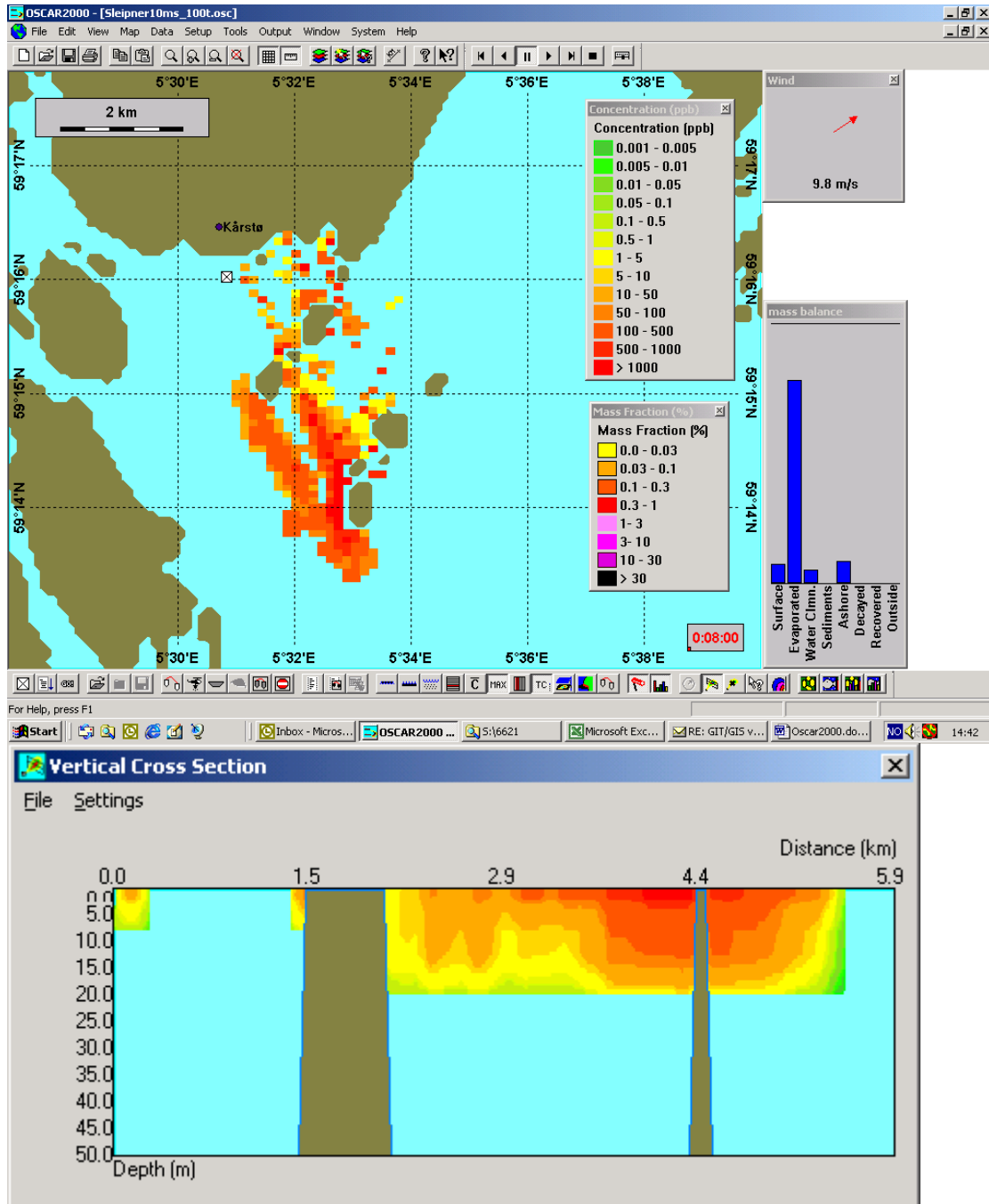


Figur 5.12 Totale hydrokarboner (THC) ved utslipp av 100 tonn Sleipner kondensat ved 5 m/s vind etter 8 timer. Den nederste figuren viser konsentrasjoner som funksjon av dyp og avstand i utvalgte tverrsnitt. Tverrsnittet er valgt ut i området med høyest konsentrasjon. Den nederste fargenøkkelen i hovedkartet angir fargekoder for konsentrasjonene gitt i tverrsnittet. Det grønne feltet i tverrsnittet angir land.

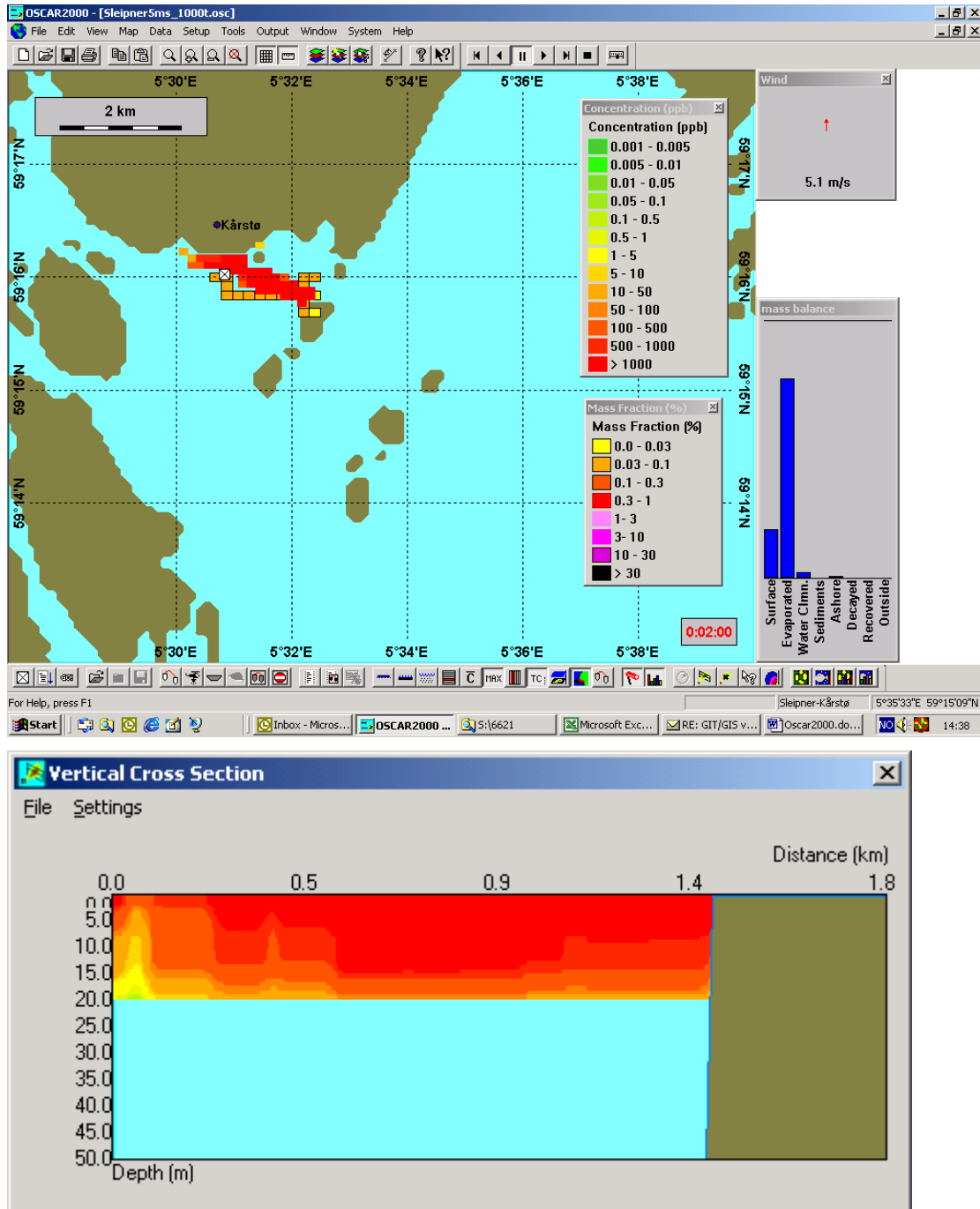




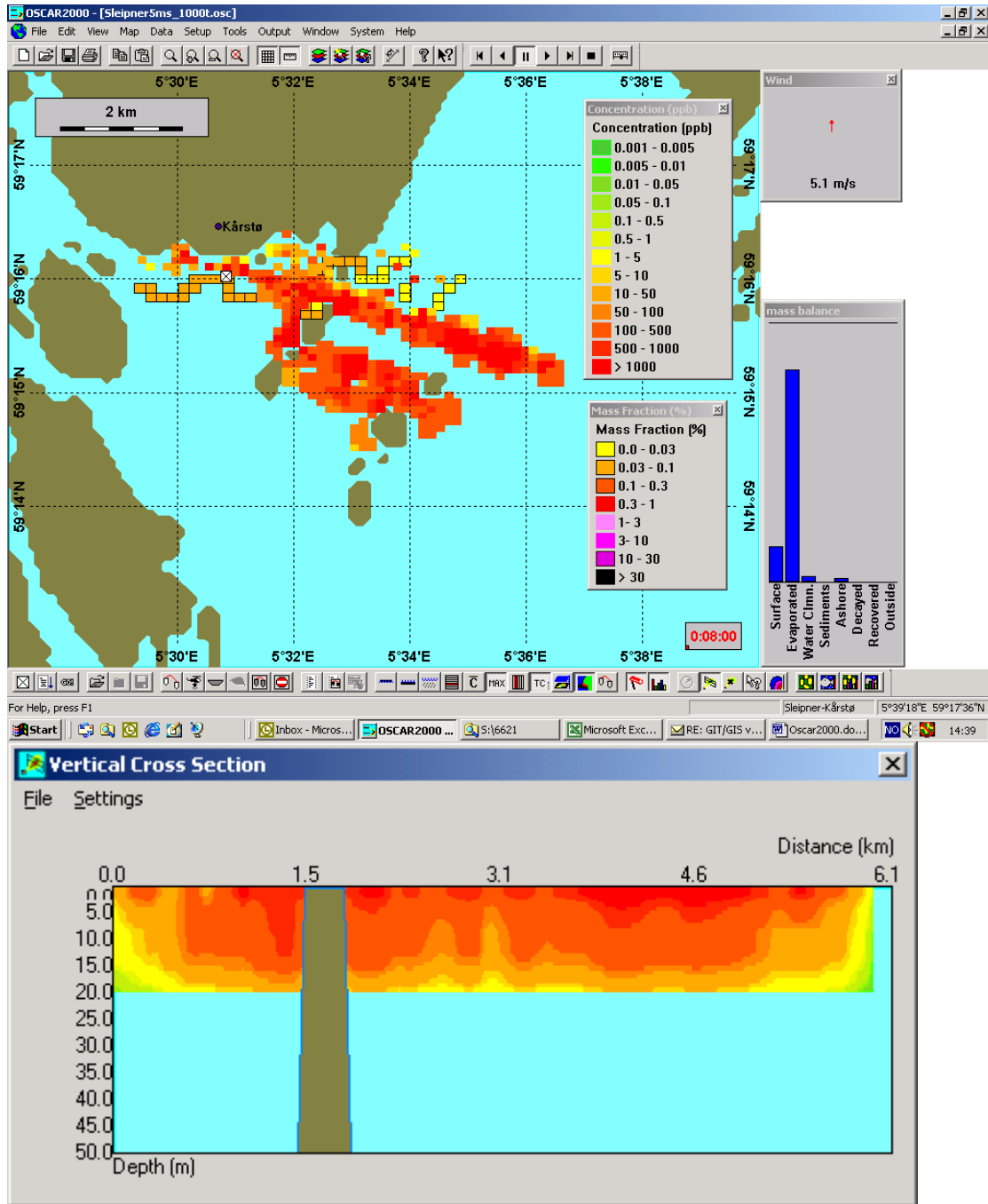
Figur 5.13 Totale hydrokarboner (THC) ved utslipp av 100 tonn Sleipner kondensat ved 10 m/s vind etter 2 timer. Den nederste figuren viser konsentrasjoner som funksjon av dyp og avstand i utvalgte tverrsnitt. Tverrsnittet er valgt ut i området med høyest konsentrasjon. Den nederste fargenøkkelen i hovedkartet angir fargekoder for konsentrasjonene gitt i tverrsnittet. Det grønne feltet i tverrsnittet angir land.



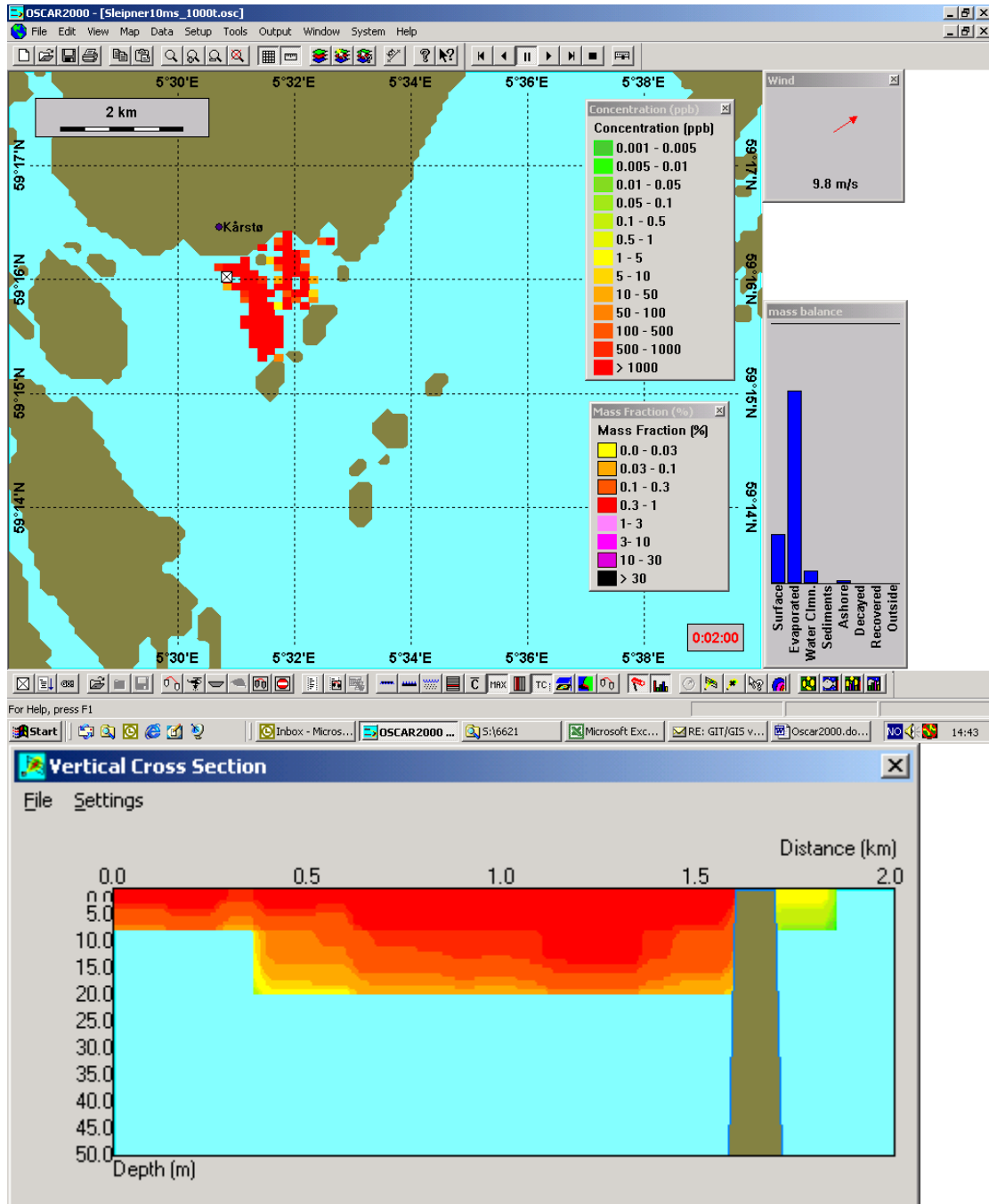
Figur 5.14 Totale hydrokarboner (THC) ved utslipp av 100 tonn Sleipner kondensat ved 10 m/s vind etter 8 timer Den nederste figuren viser konsentrasjoner som funksjon av dyp og avstand i utvalgte tverrsnitt. Tverrsnittet er valgt ut i området med høyest konsentrasjon. Den nederste fargenøkkelen i hovedkartet angir fargekoder for konsentrasjonene gitt i tverrsnittet. De grønne feltene i tverrsnittet angir land.



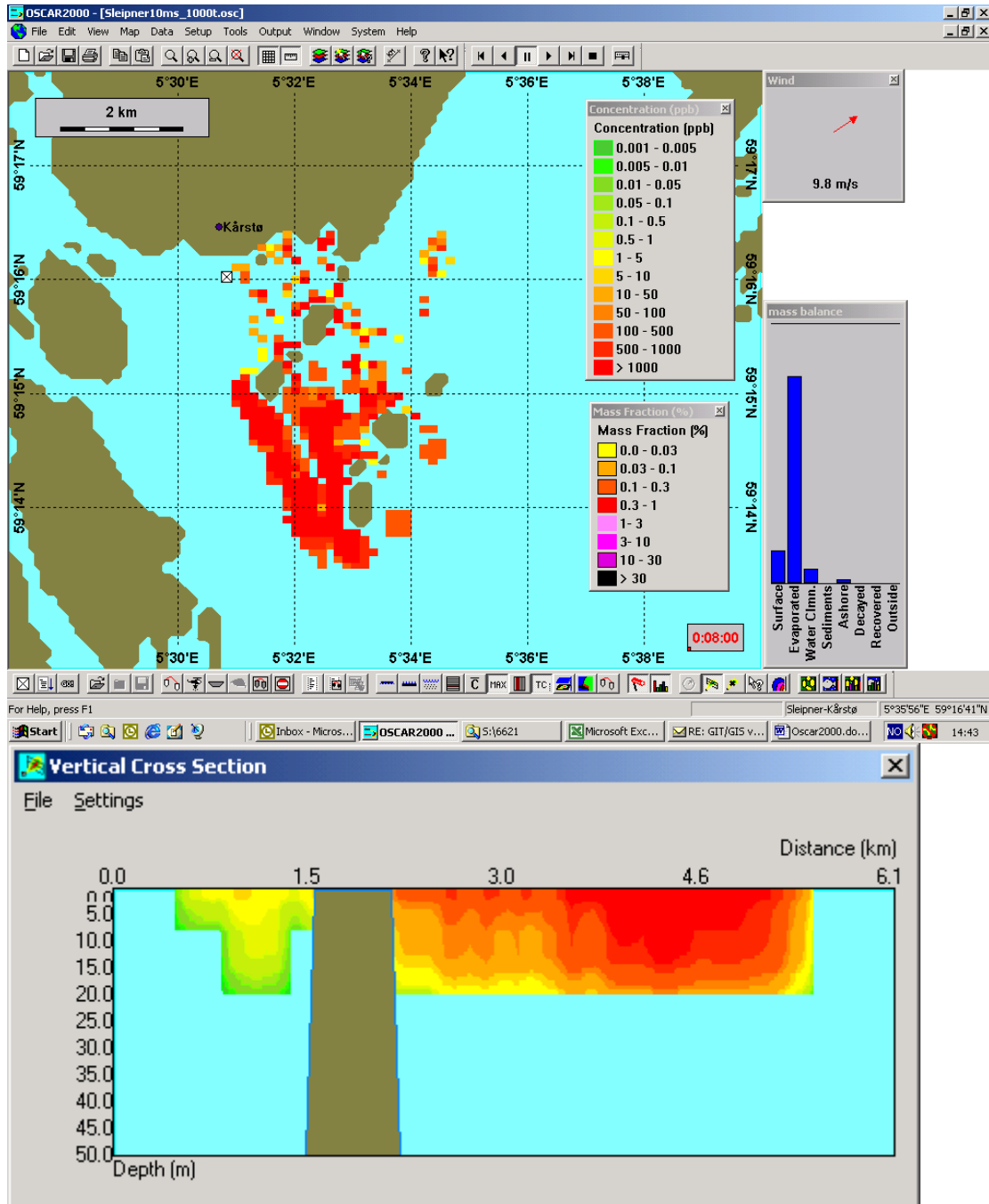
Figur 5.15 Totale hydrokarboner (THC) ved utslipp av 1000 tonn Sleipner kondensat ved 5 m/s vind etter 2 timer. Den nederste figuren viser konsentrasjoner som funksjon av dyp og avstand i utvalgte tverrsnitt. Tverrsnittet er valgt ut i området med høyest konsentrasjon. Den nederste fargenøkkelen i hovedkartet angir fargekoder for konsentrasjonene gitt i tverrsnittet. Det grønne feltet i tverrsnittet angir land.



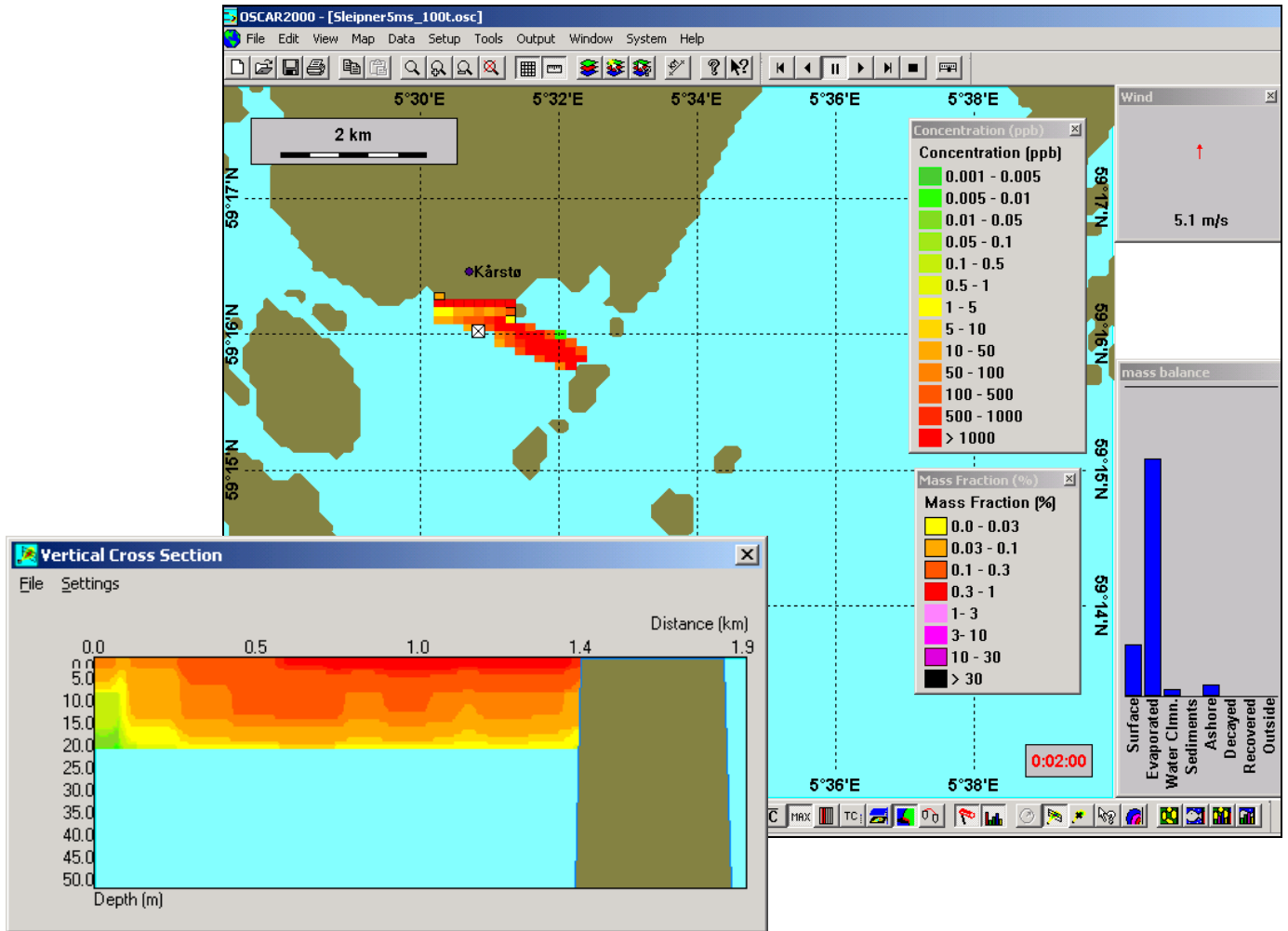
Figur 5.16 Totale hydrokarboner (THC) ved utslipp av 1000 tonn Sleipner kondensat ved 5 m/s vind etter 8 timer. Den nederste figuren viser konsentrasjoner som funksjon av dyp og avstand i utvalgte tverrsnitt. Tverrsnittet er valgt ut i området med høyest konsentrasjon. Den nederste fargenøkkelen i hovedkartet angir fargekoder for konsentrasjonene gitt i tverrsnittet. Det grønne feltet i tverrsnittet angir land.



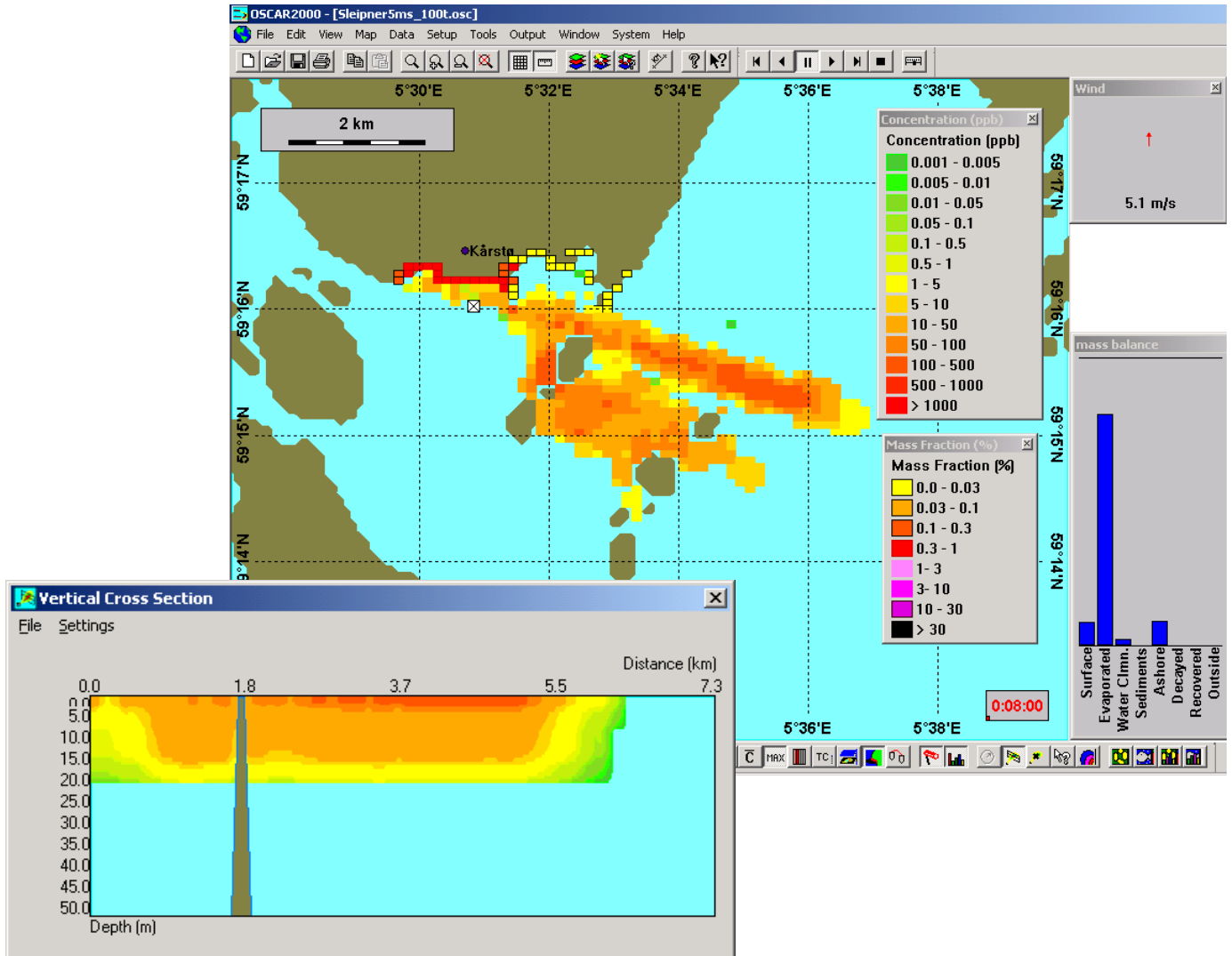
Figur 5.17 Totale hydrokarboner (THC) ved utslipp av 1000 tonn Sleipner kondensat ved 10 m/s vind etter 2 timer. Den nederste figuren viser konsentrasjoner som funksjon av dyp og avstand i utvalgte tverrsnitt. Tverrsnittet er valgt ut i området med høyest konsentrasjon. Den nederste fargenøkkelen i hovedkartet angir fargekoder for konsentrasjonene gitt i tverrsnittet. Det grønne feltet i tverrsnittet angir land.



Figur 5.18 Totale hydrokarboner (THC) ved utslipp av 1000 tonn Sleipner kondensat ved 10 m/s vind etter 8 timer. Den nederste figuren viser konsentrasjoner som funksjon av dyp og avstand i utvalgte tverrsnitt. Tverrsnittet er valgt ut i området med høyest konsentrasjon. Den nederste fargenøkkelen i hovedkartet angir fargekoder for konsentrasjonene gitt i tverrsnittet. Det grønne feltet i tverrsnittet angir land.

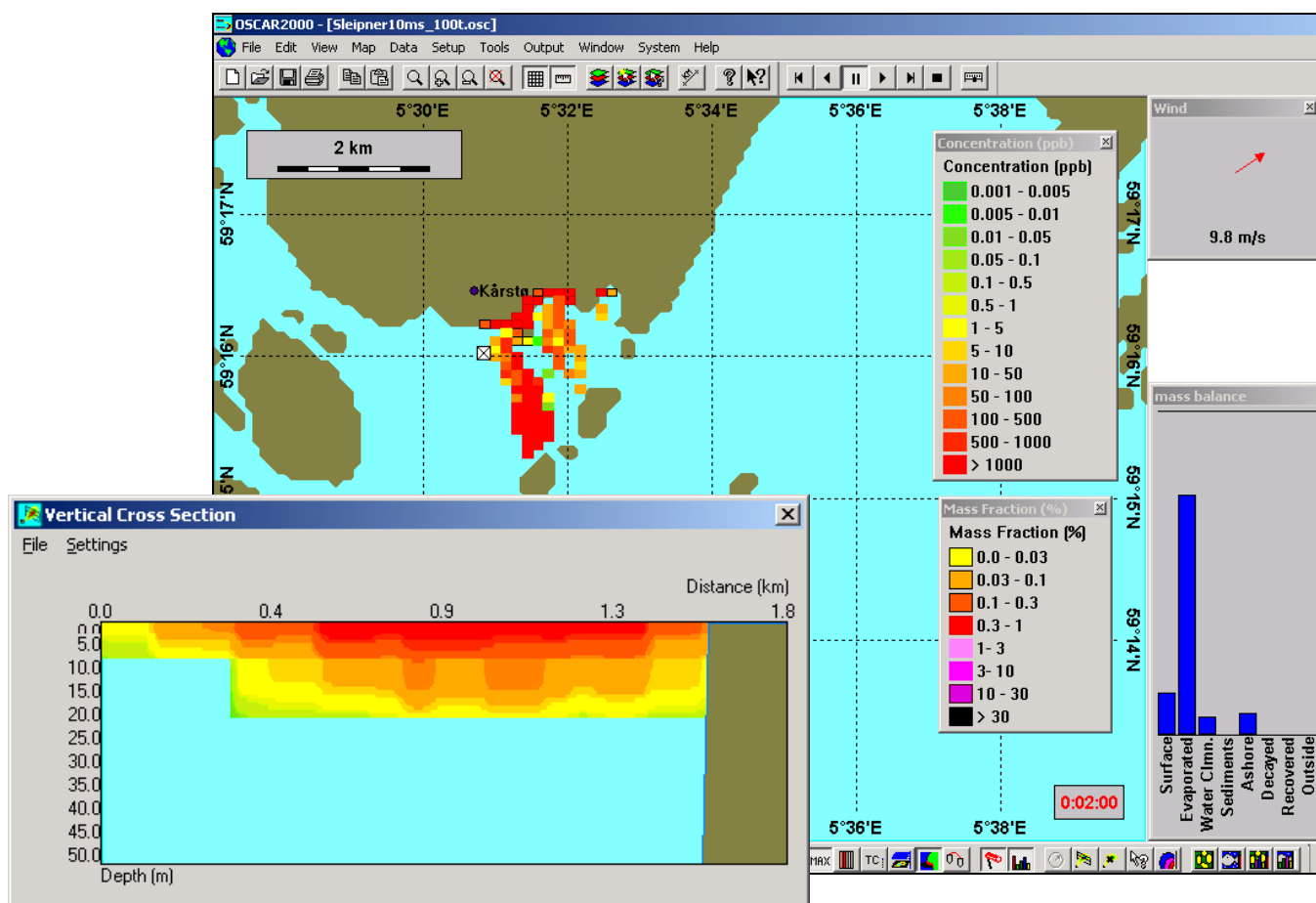


Figur 5.19 Løste oljekomponenter (WAF) ved utslipp av 100 tonn Sleipner kondensat ved 5 m/s vind etter 2 timer. Den nederste figuren viser konsentrasjoner som funksjon av dyp og avstand i utvalgte tverrsnitt. Tverrsnittet er valgt ut i området med høyest konsentrasjon. Den nederste fargenøkkelen i hovedkartet angir fargekoder for konsentrasjonene gitt i tverrsnittet. Det grønne feltet i tverrsnittet angir land.

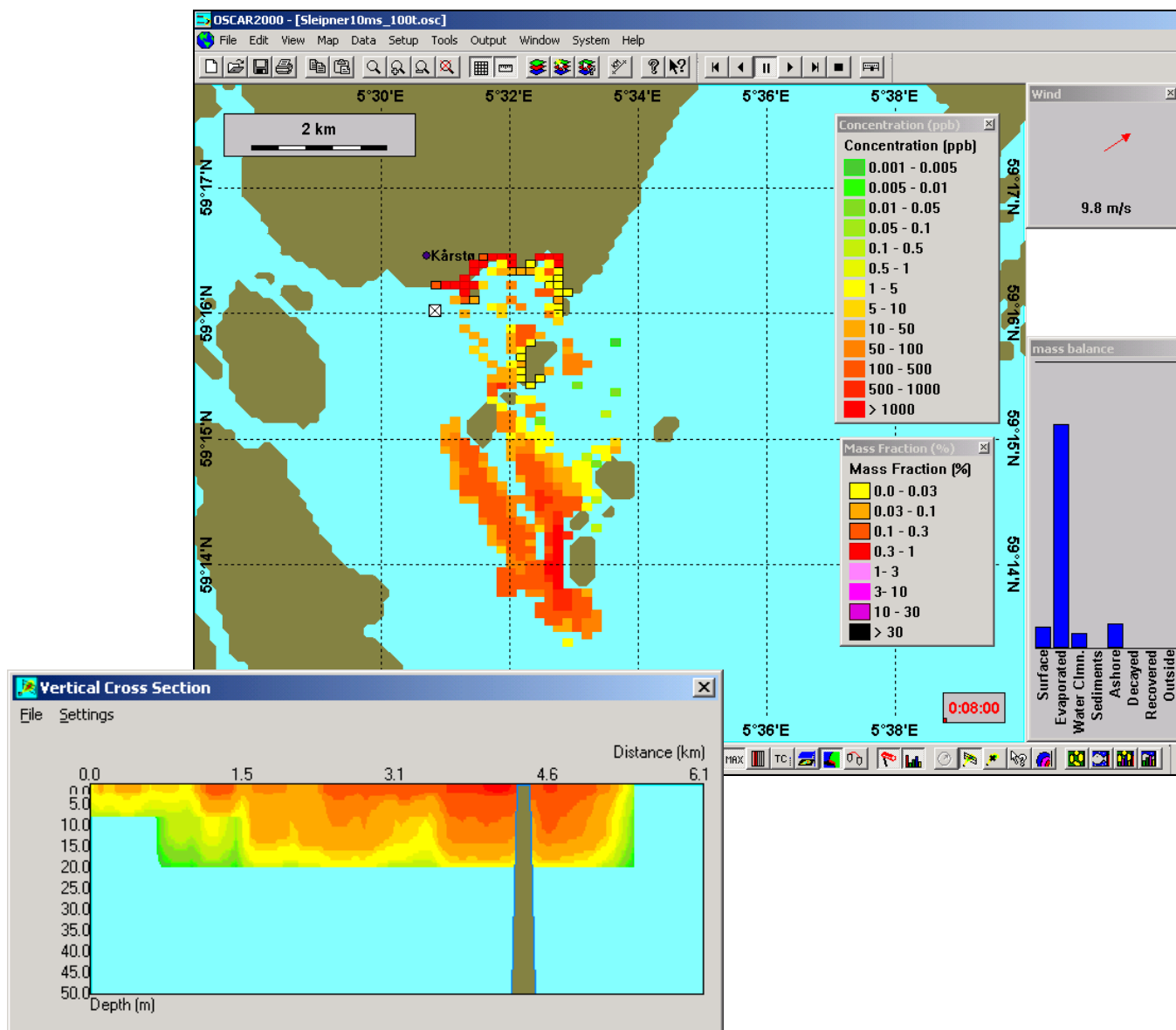


Figur 5.20 Løste oljekomponenter (WAF) ved utslipp av 100 tonn Slepner kondensat ved 5 m/s vind etter 8 timer. Den nederste figuren viser konsentrasjoner som funksjon av dyp og avstand i utvalgte tverrsnitt. Tverrsnittet er valgt ut i området med høyest konsentrasjon. Den nederste fargenøkkelen i hovedkartet angir fargekoder for konsentrasjonene gitt i tverrsnittet. Det grønne i feltet tverrsnittet angir land.

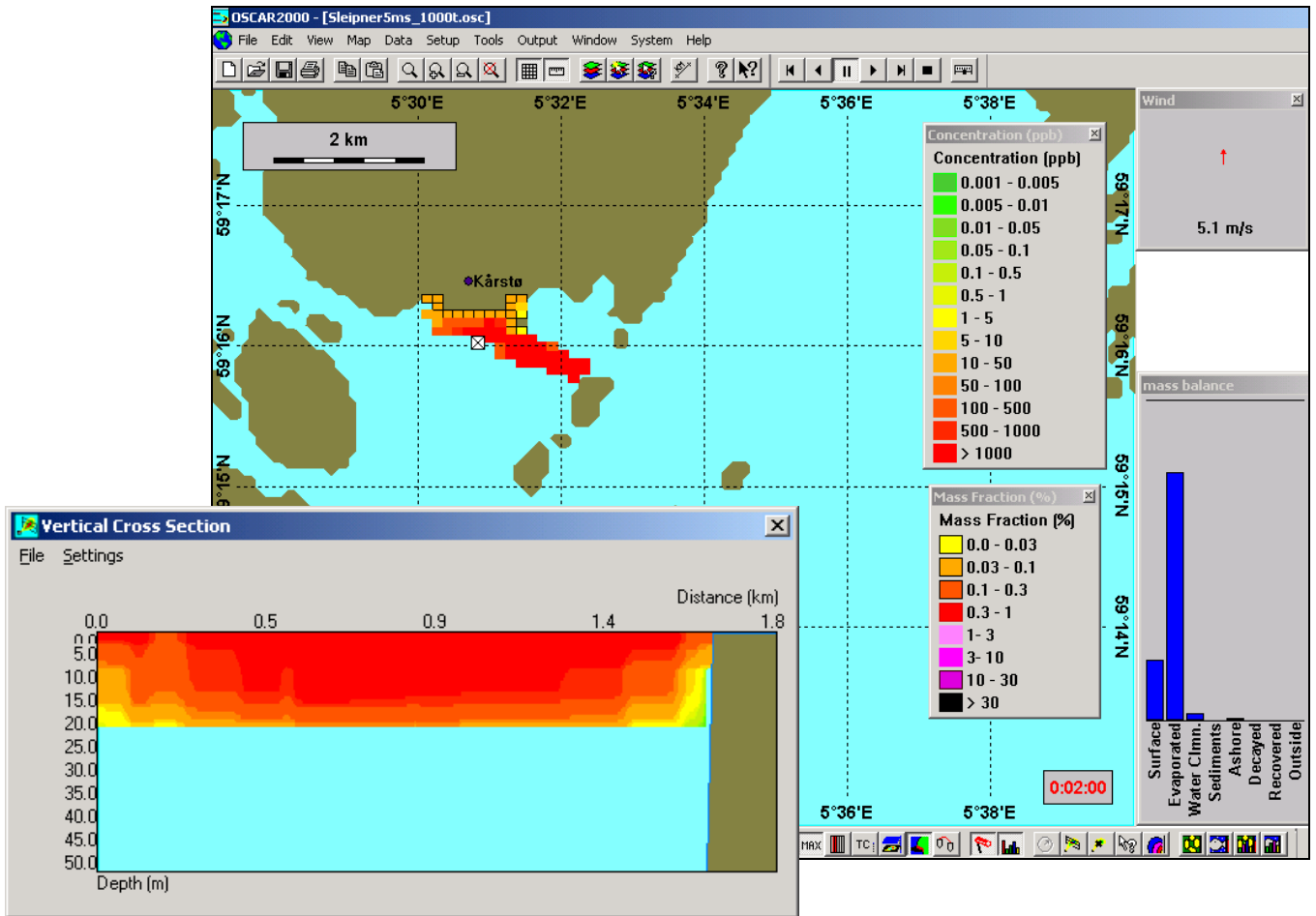




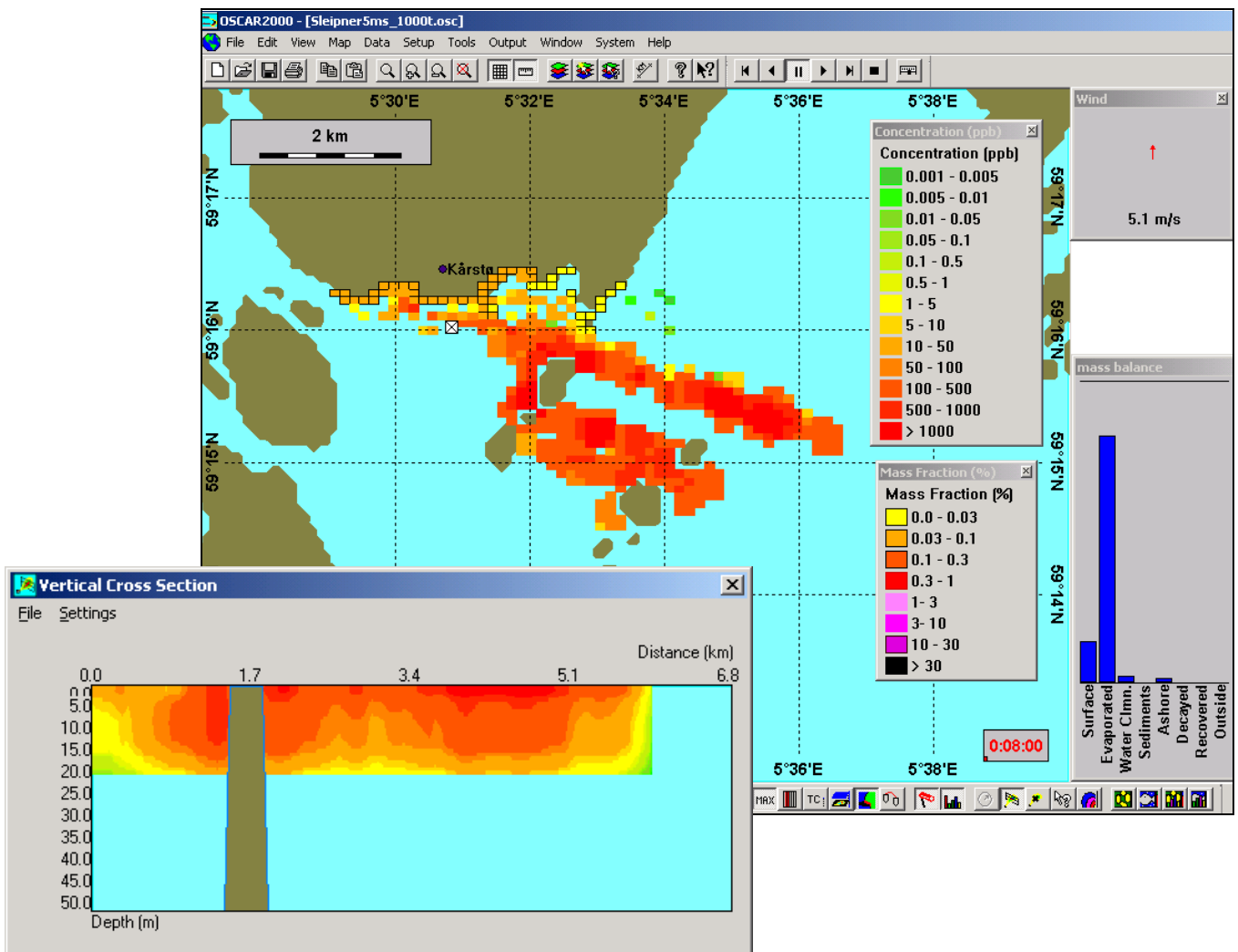
Figur 5.21 Løste oljekomponenter (WAF) ved utslipp av 100 tonn Sleipner kondensat ved 10 m/s vind etter 2 timer. Den nederste figuren viser konsentrasjoner som funksjon av dyp og avstand i utvalgte tverrsnitt. Tverrsnittet er valgt ut i området med høyest konsentrasjon. Den nederste fargenøkkelen i hovedkartet angir fargekoder for konsentrasjonene gitt i tverrsnittet. Det grønne feltet i tverrsnittet angir land.



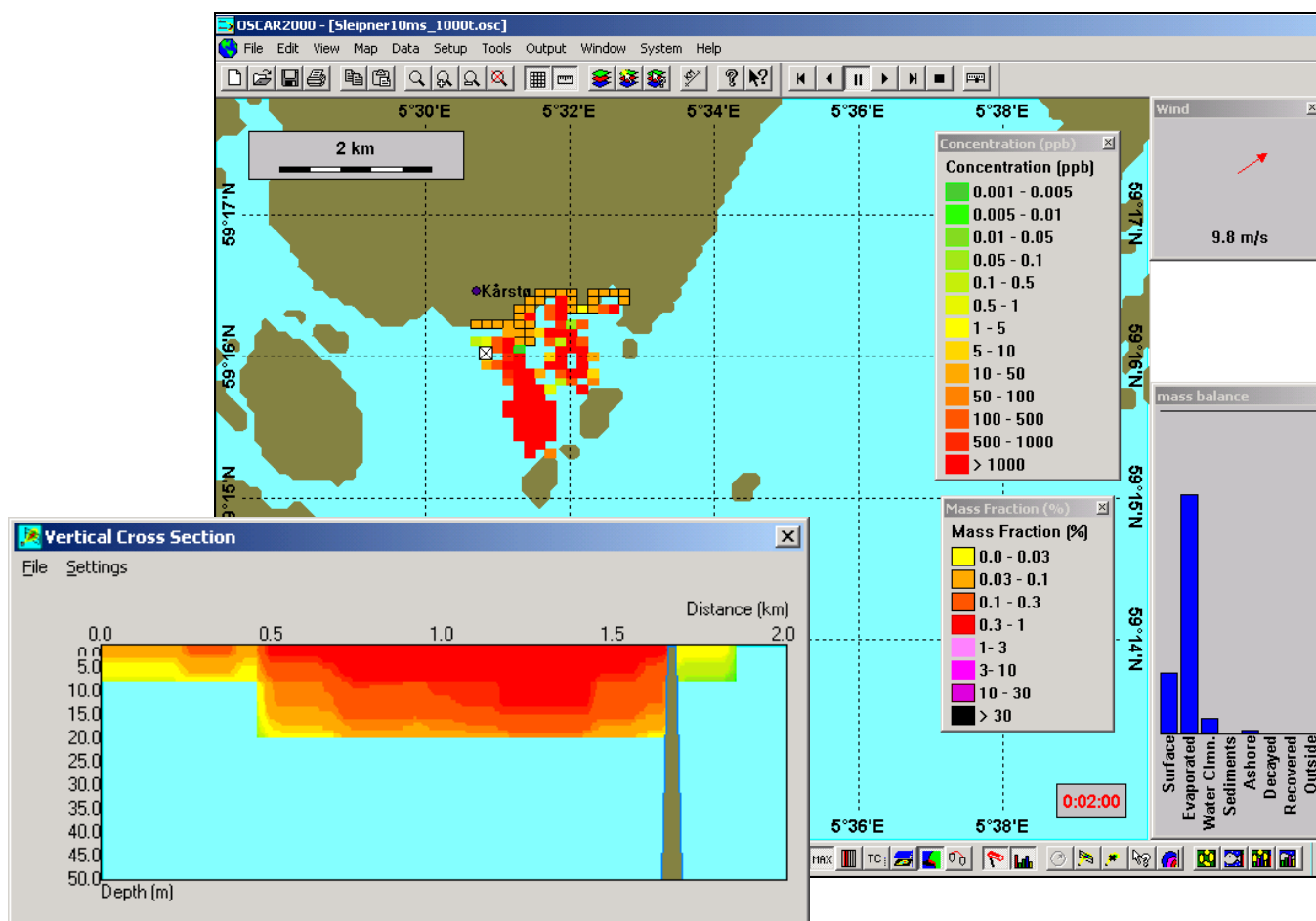
Figur 5.22 Løste oljekomponenter (WAF) ved utslipp av 100 tonn Sleipner kondensat ved 10 m/s vind etter 8 timer. Den nederste figuren viser konsentrasjoner som funksjon av dyp og avstand i utvalgte tverrsnitt. Tverrsnittet er valgt ut i området med høyest konsentrasjon. Den nederste fargenøkkelen i hovedkartet angir fargekoder for konsentrasjonene gitt i tverrsnittet. Det grønne feltet i tverrsnittet angir land.



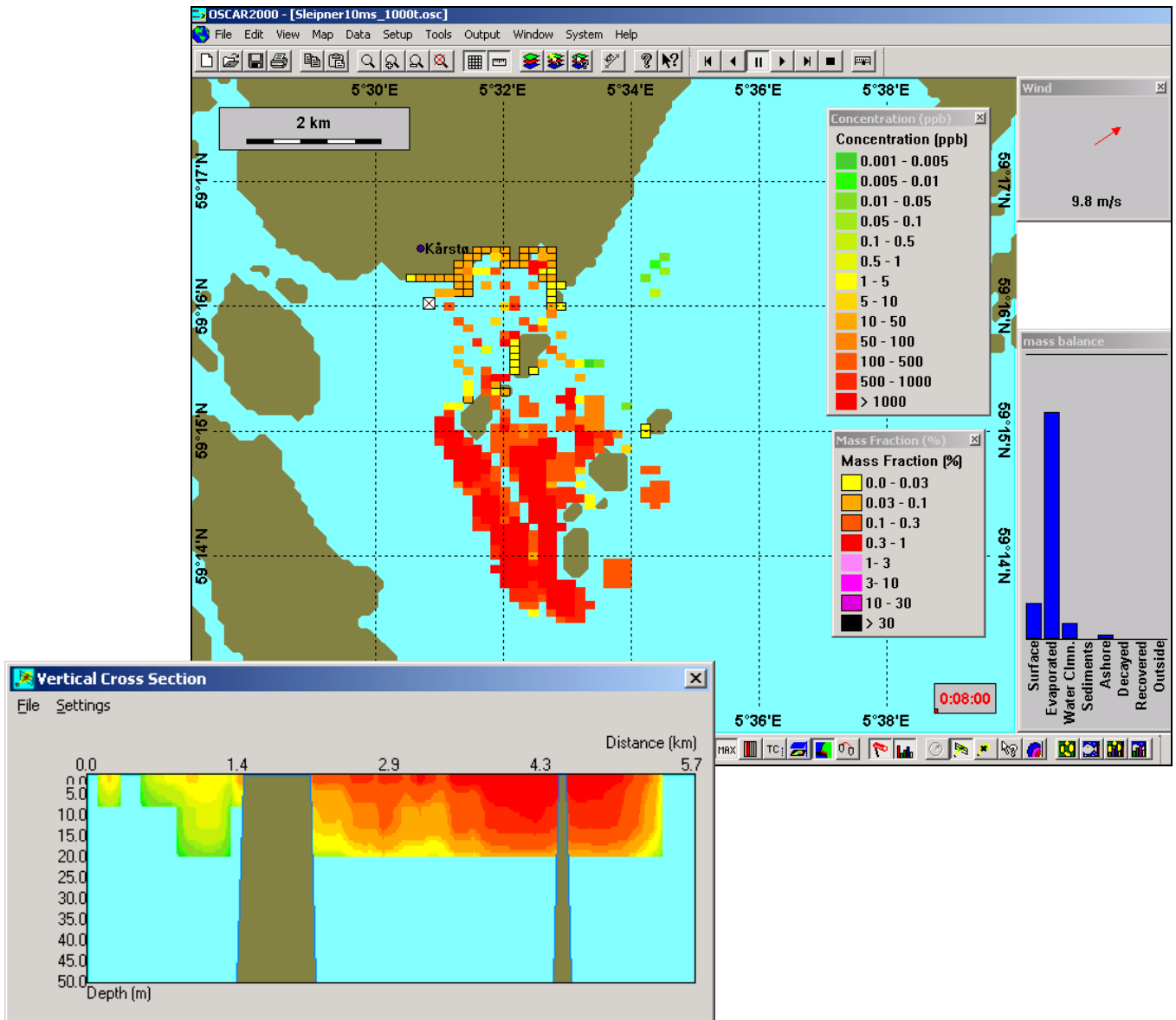
Figur 5.23 Løste oljekomponenter (WAF) ved utslipp av 1000 tonn Sleipner kondensat ved 5 m/s vind etter 2 timer. Den nederste figuren viser konsentrasjoner som funksjon av dyp og avstand i utvalgte tverrsnitt. Tverrsnittet er valgt ut i området med høyest konsentrasjon. Den nederste fargenøkkelen i hovedkartet angir fargekoder for konsentrasjonene gitt i tverrsnittet. Det grønne feltet i tverrsnittet angir land.



Figur 5.24 Løste oljekomponenter (WAF) ved utslipp av 1000 tonn Sleipner kondensat ved 5 m/s vind etter 8 timer. Den nederste figuren viser konsentrasjoner som funksjon av dyp og avstand i utvalgte tverrsnitt. Tverrsnittet er valgt ut i området med høyest konsentrasjon. Den nederste fargenøkkelen i hovedkartet angir fargekoder for konsentrasjonene gitt i tverrsnittet. Det grønne feltet i tverrsnittet angir land.



Figur 5.25 Løste oljekomponenter (WAF) ved utslipp av 1000 tonn Sleipner kondensat ved 10 m/s vind etter 2 timer. Den nederste figuren viser konsentrasjoner som funksjon av dyp og avstand i utvalgte tverrsnitt. Tverrsnittet er valgt ut i området med høyest konsentrasjon. Den nederste fargenøkkelen i hovedkartet angir fargekoder for konsentrasjonene gitt i tverrsnittet. Det grønne feltet i tverrsnittet angir land.



Figur 5.26 Løste oljekomponenter (WAF) ved utslipp av 1000 tonn Sleipner kondensat ved 10 m/s vind etter 8 timer. Den nederste figuren viser konsentrasjoner som funksjon av dyp og avstand i utvalgte tverrsnitt. Tverrsnittet er valgt ut i området med høyest konsentrasjon. Den nederste fargenøkkelen i hovedkartet angir fargekoder for konsentrasjonene gitt i tverrsnittet. De grønne feltene i tverrsnittet angir land.

## 6 Referanser

Altin, D., 2001a: Bioavailability and effects on marine zooplankton. Report 3: Determination of acute toxicity of oil droplets to the calanoid copepod *Calanus finmarchicus*. Draft SINTEF report.

Altin, D., 2001b: Bioavailability and effects on marine zooplankton. Report 4: Determination of physical obstruction of the calanoid copepod *Calanus finmarchicus* by mechanically dispersed oil. Draft SINTEF report.

Aurand, D., and G. Coelho, 1996: Proceedings of the 4<sup>th</sup> Meeting of the Chemical Response to Oil Spills: Ecological Effects Research Forum (CROSERF). Ecosystem Management & Associates, Purcellville, VA. Report 96-01, 50 p.

Brakstad, O.G., 2001: Bioavailability and effects on marine zooplankton Report 1: Biodegradation. Draft SINTEF report STF66 F01075.

Daling, P.S., and S. Johnsen, 1997: Characterisation of Water Soluble Fractions of Troll Crude. SINTEF Report STF66 F97052 (in Norwegian)

Faksness, L.G., J.N. Hokstad, P.S. Daling, K. Almås (2001). Chemical and toxicological characterisation of the water accommodated fraction of different crude oils. Data report. SINTEF Report STF66 F01028.

Hokstad, J.N., L.G. Faksness, P.S. Daling and K. Almås, 1999: Chemical Characterisation and Microtox Testing of Water Accommodated Fractions. Proceedings from Third International Marine Environmental Modelling Seminar, Lillehammer, Norway, April 11-14, 1999.

Hokstad, J.N., L.G. Faksness, P.S. Daling and M. Buffagni, 2000: Chemical and Toxicological Characterisation of Water Accommodated Fractions Relevant for Oil Spill Situations, SPE publication no. 61 468, 5<sup>th</sup> International SPE (Society of Petroleum Engineers) Conference on Health, Safety and Environment in Oil and Gas Exploration and Production, Stavanger, Norway, 26-28 June 2000.

Melbye, A. G. ", 2001: Determination of uptake of dispersed oil in the copepod *Calanus finmarchicus*. Draft SINTEF report.

McAuliffe, C.D. (1987). Organism exposure to volatile / sololuble hydrocarbons from crude oil spills – a field and laboratory comparison. *Proceedings of the 1987 International Oil Spill Conference*, American Petroleum Institute, Washington D.C., pp. 275-288.

Microbics: Microtox® Acute Toxicity Basic Test Procedures, 1992. Issue date 09.19.95. Azur Environmental, Carlsbad, CA, USA.

Neff, J.M., W.A. Stubblefield, 1995: Chemical and Toxicological Evaluation of Water Quality following the Exxon Valdez Oil Spill. In *Exxon Valdez Oil Spill: Fate and Effects in Alaskan Waters*, ed. P.G. Wells, J.N. Butler and J.S. Huges, ASTM STP 1219, pp. 141-177.

Nordvik, A.B., Daling, P. and Engelhardt, F.R. 1992. Problems in the interpretation of spill response technology studies. In: Proceedings of the 15th AMOP Tecnical Seminar, June 10-12, Edmonton, Alberta, Canada, pp. 211-217.

Singer, M.M., Aurand, D., Bragin, G.E., Clark, J.R., Coelho, G.M., Sowby, M.L., Tjeerdema, R.S., 2000: Standardization of the Preparation and Quantitation of Water-accommodated Fractions of Petroleum for Toxicity Testing. *Marine Pollution Bulletin*, 40 (11), pp.1007-1016.

Knudsen, O. Ø., Daling, P.S. og Almaas, I. K., 1993 : Forvitringsegenskapene til Sleipner-kondensatet ved søl på sjøen. IKU rapport 93.126



## Vedlegg A Inputdata til modellene

### A1 SINTEF's Olje Forvittrings Modell

Versjon 2.0 av SINTEFs olje forvittringsmodell er brukt.

Oil type: Sleipner  
 Data source: SINTEF Kjemi, avd. Miljø  
 Geographical area: Nordsjøen

<b>Properties of fresh oil:</b>	
Gravity (°API)	-
Specific Gravity (60 F/60 F)	0,7438
Density correction factor	-
Total Sulfur (wt. %)	-
Mercaptan Sulfur (ppm wt.)	-
Total Nitrogen (wt. %)	-
Pour Point (°C)	- 30
Reference temperature #1 (°C)	13
Viscosity at ref. temp.#1 (cP) (5/13°C)	1
Reference temperature #2 (°C)	-
Viscosity at ref. temp.#2 (cP)	-
Vanadium (ppm wt.)	-
Nickel (ppm wt.)	-
Conradson Carbon (wt. %)	-
Asphaltenes (wt. %)	-
n-Pentane Insolubles (wt. %)	-
Reid Vapor Pressure (psia)	-
Flash Point (°C)	-
Hydrogen Sulfide (ppm wt.)	-
Neutralization Num.(mg KOH/g)	-
Bottom Water & Sediment (LV %)	-
Ash Content (wt. %)	-
Salt as NaCl (lbs/1000 bbls)	-
Wax Content (wt. %)	-
Dispersable for visc. <	-
Poorly dispersable for visc. >	-
Reference temperature #3 (°C)	-
Reference temperature #4 (°C)	-
Maximum water uptake (%) at 5°C/13°C	-

∴ *Data mangler*

Temperature (°C)	Kumulativ Vol%
15	7,05
65	28,8
90	41,8
150	71
180	78,7
240	87,9
320	95,9
450	99

**Lab forvitningsdata 13°C:**

PROPERTY	Fersk	150+	200+	250+
Boiling temp, (°C)	-	-	-	-
Volume topped (%)	0	63	78	86
Residue (wt, %)	100	40	25	16
Specific gravity (g/l)	0,745	0,815	0,83	0,839
Pour point (°C)	-30	-9	3	12
Flash point (°C)	-	38	69	98
Viscosity at 13°C (cP)	1	2,5	4	6
Viscosity of 50% emulsion (cP)	-	-	-	-
Viscosity of 75% emulsion (cP)	-	-	-	-
Viscosity of max water (cP)	-	-	-	-
Max, water content (%)	-	1	1	1
Halftime for water uptake (hrs)	-	1	1	1
Stability ratio	-	0	0	0

## A2 OSCAR

### Sleipner oljeprofil

#### Sleipner fersk kondensat

	<b>Kumulativ vekt%</b>
C1-C4 gasses (dissolved in oil)	<b>1,87</b>
C5-saturates (n-/iso-/cyclo)	<b>13,8</b>
C6-saturates (n-/iso-/cyclo)	<b>8,32</b>
Benzene	<b>2,08</b>
C7-saturates (n-/iso-/cyclo)	<b>14,4</b>
C1-Benzene (Toluene) et. B	<b>5,02</b>
C8-saturates (n-/iso-/cyclo)	<b>11,3</b>
C2-Benzene (xylenes using O-xylene)	<b>5,42</b>
C9-saturates (n-/iso-/cyclo)	<b>1,49</b>
C3-Benzenes	<b>3,33</b>
C10-saturates (n-/iso-/cyclo)	<b>7,69</b>
C4 and C4 Benzenes	<b>0,26</b>
C11-C12 (total sat + aro)	<b>7,52</b>
Phenols (C0-C4 alkylated)	<b>0,04</b>
Naphthalenes 1 (C0-C1-alkylated)	<b>0,48</b>
C13-C14 (total sat + aro)	<b>5,13</b>
Unresolved Chromatographic Materials (UCM: C10 to C36) 0 0 0	<b>0,00</b>
Naphthalenes 2 (C2-C3-alkylated)	<b>0,49</b>
C15-C16 (total sat + aro)	<b>3,79</b>
PAH 1 (Medium soluble polyaromatic hydrocarbons (3 rings-non-alkylated <4 rings)	<b>0,19</b>
C17-C18 (total sat + aro)	<b>2,74</b>
C19-C20 (total sat + aro)	<b>1,70</b>
C21-C25 (total sat + aro)	<b>2,24</b>
PAH 2 (Low soluble polyaromatic hydrocarbons (3 rings-alkylated 4-5+ rings)	<b>0,07</b>
C25+ (total)	<b>1,25</b>

## Vedlegg B Detaljert kjemisk sammensetning av fersk og forvitret Sleipner kondensat

	Sleipner fersk g/kg olje	Sleipner 250°C+ g/kg olje
n-pentane	101,6	0,163
Isopentane	103,0	0,112
Cyclopentane	7,759	0,011
Sum C5-sat	212,4	0,286
n-hexane	15,96	0,131
2-metylpentane	15,14	0,057
3-metylpentane	8,140	0,049
metylcyclopentane	11,14	0,036
cyclohexane	29,69	0,031
Sum C6-sat	80,08	0,303
n-heptane	33,29	0,045
3-metylhexane	10,30	0,016
2,3-dimetylpentane	5,101	0,005
metylcyclohexane	68,01	0,042
Sum C7-sat	116,7	0,107
n-octane	23,77	0,016
n-nonane	20,58	0,069
n-decane	14,34	0,530
benzene	20,84	0,024
toluene	50,23	0,056
etylbenzene	7,262	0,019
o,m,p-xylene	46,95	0,146
Sum C2-ben	54,21	0,165
propylbenzene	3,203	0,058
1-methyl-3-ethylbenzene	6,407	0,136
1-methyl-4-ethylbenzene	3,738	0,092
1-methyl-2-ethylbenzene	3,768	0,113
1,3,5-trimethylbenzene	2,146	0,070
1,2,4-trimethylbenzene	11,22	0,560
1,2,3-trimethylbenzene	2,836	0,256
Sum C3-ben	33,32	1,285
n-butylbenzene	1,087	0,166
1,2,4,5-tetrametylbenzene	0,966	0,339
Sum C4-ben	2,053	0,505
Sum C4-benzenes (ion 134)	23,83	4,131
n-pentylbenzene	0,564	0,234
Sum C5-benzenes (ion 148)	10,95	4,726

C4/C5-benzenes	2,18	0,87
Decalin	0,882	0,346
C1-decalins	1,001	0,841
C2-decalins	0,985	1,668
C3-decalins	0,780	1,917
C4-decalins	0,612	1,984
Benzo(b)thiophene	0,019	0,020
C1-benzo(b)thiophenes	0,041	0,085
C2-benzo(b)thiophenes	0,041	0,140
C3-benzo(b)thiophenes	0,034	0,165
C4-benzo(b)thiophenes	0,029	0,129
Naphthalene	1,847	2,088
C1-naphthalenes	2,946	5,699
C2-naphthalenes	2,955	9,208
C3-naphthalenes	1,921	7,996
C4-naphthalenes	0,758	3,770
Biphenyl	0,285	0,823
Acenaphthylene	0,013	0,070
Acenaphthene	0,014	0,060
Dibenzofuran	0,088	0,411
Fluorene	0,100	0,506
C1-fluorenes	0,147	0,857
C2-fluorenes	0,139	0,950
C3-fluorenes	0,105	0,815
Phenanthrene	0,099	0,572
Anthracene	0,003	0,020
C1-phenanthrenes/anthracenes	0,164	1,107
C2-phenanthrenes/anthracenes	0,167	1,165
C3-phenanthrenes/anthracenes	0,112	0,775
C4-phenanthrenes/anthracenes	0,089	0,591
Dibenzothiophene	0,022	0,143
C1-dibenzothiophenes	0,063	0,398
C2-dibenzothiophenes	0,043	0,222
C3-dibenzothiophenes	0,025	0,166
C4-dibenzothiophenes	0,012	0,104
Fluoranthene	0,007	0,050
Pyrene	0,003	0,023
C1-fluoranthrenes/pyrenes	0,031	0,214
C2-fluoranthenes/pyrenes	ND	ND
C3-fluoranthenes/pyrenes	ND	ND
Benz(a)anthracene	0,001	0,009
Chrysene	0,002	0,019
C1-chrysenes	0,005	0,040
C2-chrysenes	ND	ND
C3-chrysenes	ND	ND
C4-chrysenes	ND	ND
Benzo(b)fluoranthene	0,003	0,005

Benzo(k)fluoranthene	ND	0,001
Benzo(e)pyrene	0,001	0,005
Benzo(a)pyrene	ND	0,002
Perylene	ND	0,001
Indeno(1,2,3-c,d)pyrene	0,001	ND
Dibenz(a,h)anthracene	ND	ND
Benzo(g,h,i)perylene	0,001	0,001
Phenol	0,011	0,001
C1-Phenols (o- og p-cresol)	0,038	ND
C2-Phenols	0,204	0,139
C3-Phenols	0,176	0,255
C4-Phenols	ND	ND
Sum all compounds	17,03	46,58
Sum decalins	4,260	6,756
Sum naphthalenes	10,43	28,76
Sum PAH (2+-rings)	1,909	10,66
Sum phenols (C0-C4)	0,430	0,395
Sum benzothiophenes	0,163	0,539
Sum dibenzothiophenes	0,166	1,032
Napht -1	4,793	7,787
Napht -2	4,876	17,20
PAH - 1	1,920	9,277
PAH - 2	0,748	5,158
Phenols	0,430	0,395

## Vedlegg C Forkortelser

<b>Forkortelse</b>	<b>Forklaring</b>
C5-sat	Sum C5 alkaner
C6-sat	Sum C6-alkaner
C7-sat	Sum C7-alkaner
C8-sat	Sum C8-alkaner
C9-sat	Sum C9-alkaner
C1-ben	C1-alkylerte benzener
C2-ben	C2-alkylerte benzener
C3-ben	C3-alkylerte benzener
C4- and C5-ben	Sum C4 og C5-alkylerte benzener
TEOC	Totalt Ekstraherbart Organisk Materiale
Naph	Naftalen
PAH	Polysykliske Aromatiske Hydrokarboner
Phenols C0-C4	Sum Fenol og C1-C4-alkylerte fenoler
Polars	Polare forbindelser