

Statoil Kårstø
Vedleggsrapport
Miljøkonsekvensvurdering
av uhellsutslipp til sjø



Norsk institutt for vannforskning

RAPPORT

Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

NIVA Midt-Norge

Pirsenteret, Havnegata 9
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Statoil Kårstø Vedleggsrapport Miljøkonsekvensvurdering av uhellsutslipp til sjø	Løpenr. (for bestilling) 6303-2012	Dato 2013.09.09
	Prosjektnr. Undemr. O-11353	Sider Pris 68
Forfatter(e) Bakke, Torgeir Farmen, Eivind Golmen, Lars G. Kempa, Magdalena	Fagområde Marine miljøgifter	Distribusjon
	Geografisk område Rogaland	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Scandpower AS	Oppdragsreferanse 101575
-----------------------------------	-----------------------------

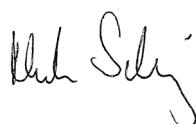
Sammendrag

En miljøkonsekvensvurdering er utført for fem scenarier av utilsiktede utslipp til sjø fra Statoils gassprosesseringsanlegg på Kårstø. Alle scenariene omfatter utslipp til sjøoverflata og dekker S1: 120 tonn stabilisert kondensat, S2: 120 tonn nafta, S3: 240 tonn kondensat, S4: 240 tonn nafta og S5: 400 tonn bunkersolje. Influensområdet for alle utslippene er i hovedsak begrenset til Falkeidflæet, Frekasundet, Ognasundet og tilgrensende strandområder, men et tenkt utslipp av bunkersolje vil også kunne spres inn på Boknaflæet og et stykke inn i Herevikfjorden. Konsekvensene av Scenario S1 – S4 klassifiseres som moderate, mens konsekvenser av Scenario S5 klassifiseres som betydelige.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Miljøkonsekvenser	1. Environmental impact assessment
2. Uhellsutslipp	2. Accidental spills
3. Gassprosesseringsanlegg	3. Gas processing facility
4. Spredningsmodellering	4. Dispersion modelling



Torgeir Bakke
Prosjektleder



Morten Schaanning
Forskningsleder



Kristoffer Næs
Forskningsdirektør

ISBN 978-82-577-6038-0

Statoil Kårstø

Vedleggsrapport

Miljøkonsekvensvurdering av uhellsutslipp til sjø

Forord

På oppdrag fra Scandpower AS har NIVA gjennomført en miljøkonsekvensvurdering av utvalgte scenarier for uhellsutslipp fra Statoils gassprosesseringsanlegg på Kårstø, Rogaland. Rapporten er vedlegg til en miljørisikoanalyse av uhellsutslipp fra anlegget. Hos NIVA har forsker Magdalena Kempa, forsker Torulv Tjomsland og seniorforsker Lars Golmen vært ansvarlig for spredningsmodellering. Forskningsleder Åse Åtland og forsker Torbjørn Johnsen har beskrevet lokale miljø- og naturressurser og forsker Eivind Farnen har utført de økotoksikologiske vurderingene. Forskningsleder Torgeir Bakke har vært prosjektleder og stått ansvarlig for rapporten. Kontaktperson hos Scandpower AS har vært Camilla Berge Vik og Børge Forbord.

Oslo, 9. september 2013

Torgeir Bakke

Innhold

Innhold	5
Sammendrag	7
Summary	11
1. Bakgrunn	15
2. Akseptkriterier og konsekvensklassifisering	17
3. Metode	19
3.1 Hovedelementer i konsekvensvurderingen	19
4. Valg av scenarier	21
5. Toksisitet og effektgrenser	23
5.1 Beregning av influensområde for effekter	23
5.2 Grenseverdier for toksisitet	23
5.2.1 Stabilisert kondensat	23
5.2.2 Nafta	24
5.2.3 Bunkersolje	25
6. Spredningsberegninger	27
6.1 Metodikk	27
6.2 Vind- og strømforhold	28
6.3 Strømfelt	31
6.4 Spredning og fortynning av utslippsstoffene	31
6.5 Resultat, influensområder	32
6.5.1 Spredningssimulering av kondensat i Scenario S1	32
6.5.2 Spredningssimulering av kondensat i Scenario S3	33
6.5.3 Spredningssimulering av nafta i Scenario S2	38
6.5.4 Spredningssimulering av nafta i Scenario S4	39
6.5.5 Spredningssimulering av bunkersolje i Scenario S5	40
7. Beskrivelse av verdifulle og sårbare naturressurser	43
7.1 Innledning – datakilder og geografisk omfang	43
7.2 Naturmiljøet	43
7.2.1 Strandsonen og hardbunn under tidevannssonen	43
7.2.2 Sjøfugl	43
7.2.3 Andre fuglearter	44
7.2.4 Sjøpattedyr	44
7.2.5 Fisk og fiskerivirksomhet	45
7.2.6 Andre viktige natur- og miljøressurser	47
7.2.7 Akvakultur	53
8. Konsekvensvurdering	57
8.1 Beregning av vektet miljøskade	57

8.1.1 Scenario S1	57
8.1.2 Scenario S2	58
8.1.3 Scenario S3	59
8.1.4 Scenario S4	60
8.1.5 Scenario S5	61
8.2 Klassifisering i konsekvenskategori	62
9. Konklusjoner	63
10. Litteratur	65
Vedlegg A. Description of GEMSS	67

Sammendrag

Som ledd i en revisjon av totalrisikoanalyse for Statoils gassprosesseringsanlegg på Kårstø, er NIVA gitt i oppdrag av Scandpower AS å gjennomføre en miljøkonsekvensvurdering av et utvalg scenarier som dekker utilsiktede utslipp til sjø. Målsetningen har vært å klassifisere hvert valgt scenario i konsekvenskategori etter samme mønster som i tilsvarende utredninger gjort tidligere for Kårstø-anlegget. Denne rapporten presenterer konsekvensvurderingen og er utarbeidet for å kunne fungere som vedlegg til den totale risikoanalysen.

Konsekvensvurderingen sammenfatter informasjon om de relevante egenskapene til utslippsstoffene, definerer grenseverdier for toksiske effekter på marine organismer, oppdaterer oversikten over viktige og sårbare naturressurser i det sannsynlige influensområdet, gjennomfører numeriske sprednings- og forvitningsberegninger og klassifiserer konsekvensgraden for hvert scenario.

Det er gjort en vektet klassifisering av miljøkonsekvens på basis av følgende fem miljøskadeindikatorer utvalgt av Statoil.

- Antall berørte naturressurser
- Naturressursers restitusjonstid
- Størrelse på berørt område
- Antall berørte friluftsområder
- Verdi av berørt friluftsområde

Statoils akseptkriterier for ytre miljø ved Statoil Kårstø er lagt til grunn for valg av miljøskadeindikatorer.

Fem utslippsscenarioer er vurdert:

- S1: 120 tonn stabilisert kondensat direkte til sjø i løpet av 5 minutter fra Kai 2
- S2: 120 tonn nafta direkte til sjø i løpet av 5 minutter fra Kai 1
- S3: 240 tonn stabilisert kondensat direkte til sjø i løpet av 10 minutter fra Kai 2
- S4: 240 tonn nafta direkte til sjø i løpet av 10 minutter fra Kai 1
- S5: 400 tonn bunkersolje direkte til sjø i løpet av 30 minutter ved en av kaiene.

Følgende grenser for toksisitet ved langvarig eksponering (PNEC) er lagt til grunn: Kondensat: 0,5 mg/l. Nafta: 0,5 mg/l. Bunkersolje: 0,05 mg/l.

Spredning av utslippene er simulert ved bruk av den 3-dimensjonale, numeriske modellen GEMSS utviklet for beregning av hydrodynamikk og vannkvalitet i elver, innsjøer, fjorder og kyst. Modellen er også benyttet til å beregne spredningen av olje fra Macondo-utblåsningen i Mexicogulven i 2010. Spredningssimulering er gjort for en vintersituasjon (januar-mars) for å dekke et verstetilfelle med lavest fordampning. Værstatistikk for perioden 2008-2010 fra Sola flyplass er lagt til grunn for beregningene. Det er også gjort en vurdering av sannsynlig spredningsmønster i en sommersituasjon på basis av vindstatistikk fra Kårstø og Rennesøy. Forskjellen i influensområdets utbredelse mellom vinter- og sommerperioden ansees ikke å ha innflytelse på verdien av skadeindikatorerne.

Modellen er kjørt for inntil fem døgn for å generere sannsynlighetsfordeling av et utslipp. Simuleringene dekker Scenario S1 for kondensat og Scenario S5 for bunkersolje. Spredning i de andre scenariene er beskrevet som modifikasjoner av disse.

Det geografiske området for beskrivelse av naturressurser er omtrent som brukt tidligere, og omfatter Boknaflæet med ytre delene av Førlandsfjorden, Frekasundet, Ognundet, Falkeidflæet, ytre del av Herevikfjorden og nordsiden av Boknafjorden til litt øst for Stong.

Området rundt Kårstø er et relativt artsrikt sjøfuglområde. Mange arter har øyene og holmene utenfor som raste-, beite- og yngleområde. Rundt Falkeidflæet hekker gravand, storlom, alke, tjeld, grågås, svartbak, sildemåke, gråmåke, fiskemåke, terner og tyvjo, og området brukes til rasting og næringssøk av smålom, gråstrupepykker, horndykker, gråhegre, svartand, kanadagås, havelle, ærfugl, sjøorre, kvinand, siland, teist, alkekonge og en rekke vade-, måke- og alkefugler. Øyene vest for Stong er også viktig hekkeplass for flere arter. Øvrige viktige/truede fuglearter i området er havørn, hubro og hønehauk.

I Kårstøområdet er steinkobbe vanlig og havert er observert.

Falkeidflæet og området rundt har fra gammelt av vært en meget god fiskeplass. Aktuelle arter er bl.a. sild, torsk og makrell. Området nord for Frekasundet ansees som det beste området for brislingfiske, men bestanden er ikke spesielt stor. Andre arter som fiskes i nærområdet er pigghå, leppefisk, hummer og reke. Falkeidflæet er gytested for en rekke arter som sild, torsk, lyr og hyse. I nærområdet til Kårstø er det ikke registrert låssettingsplasser.

Det er totalt fire konsesjoner for merdbasert oppdrett av laksefisk i sjø i området, men bare tre er i bruk i dag. Området har også fire konsesjoner for skjelloppdrett, inklusive et landbasert anlegg for kamskjellyngel inne på Kårstøområdet. I tillegg finnes det tre havbeiteanlegg for kamskjell på holmene øst for Falkeidflæet.

I området rundt Kårstø finnes det fire naturreservater og ett dyrefredningsområde, alle på grunn av sjøfugl og fugleliv. Austerøya på Boknaflæet er statlig sikret friluftsområde.

Risikovurdering Scenario S1 (120 tonn kondensat).

Kraftigste spredningen er i retning mot sør og mot vest inn i Frekasundet. Påslag på land av betydning kan skje i Kårstøområdet og på begge sider av Falkeidflæet. Flaktykkelse over 1 mm vil sannsynligvis kunne forekomme på hele vestsiden av Falkeidflæet. Utslippene kan spre seg til Boknaflæet, mesteparten av Falkeidflæet og Herevikfjorden innen 12 timer. Det regnes at ca. 40 % raskt fordampes. Vannmasser med kondensatkonsentrasjon som kan gi effekter er begrenset til en radius på ca. 500 m fra utslippspunktet (kai 2). Bare kondensat på overflaten og i strandkanten forventes å kunne komme i berøring med viktige miljøressurser, i praksis sjøfugl og marine pattedyr først og fremst på holmene øst av Falkeidflæet. Skadeintensiteten regnes som lav. Scenariet klassifiseres i konsekvenskategori K2 (Moderat konsekvens).

Risikovurdering Scenario S2 (120 tonn nafta).

Spredningsmønsteret vil være som i Scenario 1, men utbredelsen av nafta på overflaten vil være betydelig mindre siden minst 90 % vil fordampe eller blandes ned i vannet i løpet av noen få timer. Mengden nafta som når land vil være ubetydelig og forsvinne meget raskt. Vannmasser med naftakonsentrasjon over PNEC vil være begrenset til ca. 500 m fra kai 1. Naturressursene som kan bli berørt er sjøfugl og marine pattedyr, først og fremst på holmene øst av Falkeidflæet. Skadeintensiteten regnes som lavere enn i Scenario S1. Scenariet klassifiseres i konsekvenskategori K2 (Moderat konsekvens).

Risikovurdering Scenario S3 (240 tonn kondensat)

Spredningsmønster og sannsynlighetsfordeling er som for Scenario S1. Flaktykkelse over 10 mm vil bare forekomme rett utenfor kaiområdene. Flak over 1 mm har en noe større utbredelse på Falkeidflæet enn i Scenario S1. Tynne flak kan også forekomme utenfor dette mot sør og vest. Området med konsentrasjoner over akutt PNEC i vannmassene begrenses til ca. 700 m fra utslippet. Bare kondensat på overflaten og i strandkanten vil komme i berøring med viktige miljøressurser. Dette er som i Scenario S1 sjøfugl og marine pattedyr, først og fremst på holmene øst av Falkeidflæet. Skadeintensiteten forventes å være lav siden kondensat på overflaten og land forventes å ha kort levetid. Scenariet klassifiseres i konsekvenskategori K2 (Moderat konsekvens).

Risikovurdering Scenario S4 (240 tonn nafta)

Det er lite sannsynlig at utslippet vil kunne spores på overflata lenger enn et par timer. Området med konsentrasjoner over akutt PNEC i vannmassene vil forekomme innfor ca. 700 m. Skadeintensiteten regnes som lavere enn i Scenario S3 med tilsvarende mengde kondensat. Scenariet klassifiseres i konsekvenskategori K2 (Moderat konsekvens).

Risikovurdering Scenario S5 (400 tonn bunkersolje)

Hovedspredningen er sørover på vestsiden av Falkeidflæet ned til Våganeset på Austre Bokn, gjennom Frekasundet og Ognasundet inn på Boknaflæet til Austerøya og østover gjennom Årviksundet til ytre del av Herevikfjorden, men ikke så langt som til Stong. Påslag på strendene forventes å kunne skje i selve anleggsområdet, Ognakalven, østsiden av Ognøy og Austre Bokn, og holmene øst på Falkeidflæet. Strendene i området har variabel selvrensingsevne. Oppholdstiden på strand vil være i størrelsesorden dager – uker bortsett fra Frekasundet med steinstrender der oljen kan trenge ned og bli liggende lenge. Flaktykkelse på over 5 mm vil sannsynligvis bare forekomme i havneområdet på Kårstø, mens flaktykkelser mellom 1 og 5 mm kan forventes på Falkeidflæet, Frekasundet, Ognasundet og nordover på vestsiden av Herevikfjorden. En svært liten andel av oljen vil bli blandet ned i vannmassene, og løseligheten er allerede i utgangspunktet under kronisk PNEC slik at giftvirkninger ikke forventes. Viktige naturressurser som kan bli berørt er i praksis sjøfugl og marine pattedyr, først og fremst på holmene øst av Falkeidflæet. Skadeintensiteten regnes som moderat. Oljen vil også kunne nå inn til områdene for de tre havbeiteanleggene for kamskjell øst for Falkeidflæet, men sannsynligheten for påvirkning er liten siden denne virksomheten foregår under vann. Merdanleggene øst for Stong og på Austre Bokn kan muligens bli berørt selv om de ligger i utkanten av spredningsområdet. Scenariet klassifiseres i konsekvenskategori K3 (Betydelig konsekvens).

Summary

Title: Statoil Kårstø. Appendix report. Environmental impact assessment of accidental spills to the sea
Year: 2012

Author: Bakke, Torgeir, Farmen, Eivind, Golmen, Lars G., Kempa, Magdalena,
Johnsen Torbjørn M., Åtland, Åse

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-6038-0

As part of a complete environmental risk analysis for the Statoil gas processing facility at Kårstø, Rogaland County, NIVA has been requested by Scandpower AS to perform an environmental impact assessment for selected scenarios of accidental spills to the sea. The aim is to classify the environmental consequence of each scenario according to the same procedure as used in previous assessments for Kårstø. This report covers the new assessment.

The assessment comprises information gathering of spill compound properties, definition of criteria for toxicity (PNEC) to marine organisms, production of an updated account of the natural resources, modeling of spill dispersal and weathering, and assigning consequence category to each scenario.

A weighted consequence classification scheme is used applying five environmental impact indicators defined by Statoil:

- Number of impacted natural resources sites
- Recovery time for these
- Size of impacted area
- Number of impacted recreation sites
- Value of recreation areas

The impact indicators are based on Statoil environmental acceptance criteria for Kårstø.

Five spill scenarios were chosen:

- S1: 120 tons of stabilized condensate discharged directly to sea during 5 minutes from jetty 2
- S2: 120 tons of naphtha discharged directly to sea during 5 minutes from jetty 1
- S3: 240 tons of stabilized condensate discharged directly to sea during 10 minutes from jetty 2
- S4: 240 tons of naphtha discharged to directly sea during 10 minutes from jetty 1
- S5: 400 tons of bunker oil discharged directly to sea during 30 minutes from one of the jetties.

The following chronic PNEC values are used:

Condensate: 0,5 mg/l. Naphtha: 0,5 mg/l. Bunker oil: 0,05 mg/l.

Dispersal simulation is done by use of the 3-dimensional numerical model GEMSS, developed for estimates on hydrodynamics and water quality in rivers, lakes, fjords and coastal areas. The model has also been used to model the Macondo spill in the Gulf of Mexico 2010. Simulations are done for the winter situation as a worst case for evaporation, and are based on weather statistics for the Sola airport. Model runs lasted for 5 weeks to obtain statistical dispersion patterns. The simulations cover Scenario S1 for condensate and S5 for bunker oil. Dispersion in the remaining scenarios is assessed as modifications of these. An assessment of the likely dispersion patterns has also been made for the summer season wind pattern described from Kårstø and Rennesøy. The expected difference in shape and size of the impact areas between winter and summer does not influence the values of the impact indicators.

Description of natural resources covers the same geographical area as in previous assessments:

Boknaflæet with the outer parts of Førlandsfjorden, Frekasundet, Ognasundet, Falkeidflæet, outer part of Herevikfjorden and the northern part of Boknafjorden to the east of Stong.

The area has high numbers of seabird species. Nesting, breeding, and feeding of a large number of species occur at the islands and skerries outside Kårstø and around Falkeidflæet. Among common species are: auks, seagulls, Arctic loon, oystercatchers, wild goose, Canadian goose, terns, Arctic skua, red-throated divers, heron, shelduck, eider duck, long tail duck, goldeneye duck, scoters, red-breasted merganser, and black guillemot. The islands to the west of Stong are also important for these seabird activities. Other important/endangered bird species in the area are European sea eagle, horned owl, and northern goshawk.

Harbour seals are common in the area and grey seal has been observed.

Falkeidflæet and the area around have been very good fishing grounds since older days. Common species caught are herring, cod, and mackerel. The water to the north of Frekasundet is the best fishing ground for sprat although the population is small. Other species are grayfish, wrasses, lobster, and Arctic shrimp. Falkeidflæet is spawning ground for several species such as herring, cod, pollack, and haddock. Sites for caging and netting have not been registered. The area comprises four concessions for sea cage rearing of salmon, but only three are used at present. There are also four concessions for shellfish production including one land based plant for scallop inside the Kårstø facility. Furthermore three plants for scallop feeding lie at the skerries to the east of Falkeidflæet.

There are four natural reserves and one area for wildlife protection in the area all due to presence of seabirds. An official protected recreational area lies at Austerøya at Boknaflæet.

Risk assessment, Scenario S1 (120 tons of condensate).

Main spill dispersion is towards south and westwards through Frekasundet. Condensate stranding may occur at Kårstø, and both sides of Falkeidflæet. Slicks thicker than 1 mm will probably be found only along the western side of Falkeidflæet. Dispersion to Boknaflæet, Falkeidflæet, and Herevikfjorden may occur within 12 hrs. About 40 % will evaporate rapidly. Condensate levels in the water exceeding PNEC will be limited to about 500 m from the spill site. Only surface slicks and condensate on shores may impact important natural resources, mainly seabirds and seals at the skerries around Falkeidflæet. The severity of damage is considered low. The scenario is in consequence Class K2 (Moderate consequence).

Risk assessment, Scenario S2 (120 tons of naphtha).

The spill distribution pattern will be as in Scenario S1, but less intense due to at least 90 % evaporation and dissolution within few hours. Surface naphtha slicks will probably not be visible after a couple of hours. Stranding of naphtha will be insignificant. Water with levels of naphtha exceeding PNEC will be limited to 500 m from the spill site. Nature resources that may be impacted are seabirds and seals, mainly at the skerries east of Falkeidflæet. The severity of damage will be less than in Scenario S1. The scenario is in consequence Class K2 (Moderate consequence).

Risk assessment, Scenario S3 (240 tons of condensate).

The spill distribution pattern will be as in Scenario S1. Slick thickness exceeding 10 mm will only occur close to the Kårstø harbour. Slicks thicker than 1 mm will be more dispersed than in Scenario S1, and smaller slicks may be transported further south and east. Waters with condensate levels exceeding PNEC are limited to 700 m distance. Only slicks and stranded condensate may hit important resources, mainly seabirds and seals at the skerries east of Falkeidflæet. The severity of damage is considered low. The scenario is in consequence Class K2 (Moderate consequence).

Risk assessment, Scenario S4 (240 tons of naphtha).

Surface slicks will probably not be visible after a couple of hours. Waters with naphtha levels exceeding PNEC are limited to 700 m distance. The severity of damage will be less than in Scenario S3 having the same spill volume of condensate. The scenario is in consequence Class K2 (Moderate consequence).

Risk assessment, Scenario S5 (400 tons of bunker oil).

Main spill distribution will be towards south on the western side of Falkeidflæet to Våganeset at Austre Bokn, through Frekasundet and Ognasundet to Austerøya at Boknaflæet, and the outer part of Herevikfjorden, but not reaching Stong. Beaching may occur at Kårstø, Ognakalven, eastern side of Ognøy and Austre Bokn, and the skerries east of Falkeidflæet. Self-cleaning ability is variable. Most shores will be self-cleaned within days or weeks apart for the boulder shores at Frekasundet where trapped oil may remain for a long time. Slick thickness exceeding 5 mm will probably only occur in the Kårstø harbor area, whereas Falkeidflæet, Frekasundet, Ognasundet, and the western part of Herevikfjorden may receive slicks between 1 and 5 mm. Only a small fraction will be mixed into the water and since the solubility of bunker oil is close to or below the PNEC, toxic effects are not expected. Important natural resources that may be impacted are seabirds and seals, primarily at the skerries east of Falkeidflæet. The oil may reach the sites for scallop rearing close to these skerries, but effects are not probable since these facilities are subsurface. The salmon rearing facilities east of Stong and at Austre Bokn may be impacted although they are at the outskirts of the main dispersal area. The scenario is in consequence Class K3 (Marked consequence).

1. Bakgrunn

Som ledd i en revisjon av totalrisikoanalysen for Statoils gassprosesseringsanlegg på Kårstø, er NIVA gitt i oppdrag av Scandpower AS å gjennomføre en miljøkonsekvensvurdering av et utvalg scenarier som dekker utilsiktede utslipp til sjø. Målsetningen har vært å klassifisere hvert valgt scenario i konsekvenskategori etter samme mønster som i tilsvarende utredninger gjort tidligere for Kårstø-anlegget.

Konsekvensvurderingen omfatter sammenfatning av informasjon om de relevante egenskapene til utslippsstoffene inklusive definisjon av grenseverdier for toksiske effekter på marine organismer, oppdatering av oversikten over viktige og sårbare naturressurser i det sannsynlige influensområdet for utslippene, gjennomførenumerisk sprednings- og forvitningsberegninger for de valgte scenariene samt estimere og klassifisere konsekvensgraden for hvert scenario.

Denne rapporten presenterer konsekvensvurderingen og er utarbeidet for å kunne fungere som vedlegg til den totale risikoanalysen.

2. Akseptkriterier og konsekvensklassifisering

Akseptkriteriene for Kårstøområdet er beskrevet i Statoil dokument "Akseptkriterier for ytre miljø ved Statoil Kårstø" (WR1893 - Statoil 2003). Her er det angitt hvilke miljøskadekategorier (miljøskadeparametere) som benyttes i konsekvensvurderinger og beskrivelse av hva som er akseptabelt for hver av disse (Tabell 1).

Tabell 1. Statoils akseptkriterier for ytre miljø på Kårstø. Beskrivelse av miljøskadekategorier (WR1893, Statoil 2003).

Miljøskade-kategori	Beskrivelse av miljøskadekategori *
Mindre miljøskade	- restitusjonstid mellom 1 måned og 1 år - få fisker, fugler eller sjøpattedyr blir berørt - effekt på mindre enn 1 km kystlinje
Moderat miljøskade	- restitusjonstid mindre enn 2 år - effekt mellom 1 og 5 km kystlinje - noe effekt på fisker, fugler eller sjøpattedyr
Betydelig miljøskade	- restitusjonstid mellom 2 og 5 år - effekt mellom 5 og 10 km kystlinje - effekt på dyreliv som vil true artsmangfoldet av fisker, fugler eller sjøpattedyr i influensområdet - effekt på områder av vitenskapelig interesse
Alvorlig miljøskade	- restitusjonstid mellom 5 og 10 år - effekt mellom 50 og 100 km kystlinje - effekt på dyreliv som reduserer mangfoldet av fisker, fugler eller sjøpattedyr i influensområdet - betydelig effekt på områder med spesiell verneverdi (naturområder, friluftsområder...)
Svært alvorlig miljøskade	- restitusjonstid over 10 år - effekt på mer enn 100 km kystlinje - effekt på dyreliv som reduserer mangfoldet av fisker, fugler eller sjøpattedyr i influensområdet betydelig - svært alvorlig effekt på områder med spesiell verneverdi

*) Strekpunktene indikerer alternative beskrivelser

Ut fra denne har Statoil utarbeidet et matrise for konsekvensklassifiseringen basert på fem vektete miljøskadeindikatorer (Tabell 2). Denne er brukt for klassifisering av miljøskade (konsekvens) av hvert de valgte scenariene på Kårstø. Klassifiseringen gir en vektet miljøskadeverdi mellom 0 og 5 for hvert scenario. I den forrige miljøkonsekvensvurderingen utarbeidet av DNV (2006) ble et litt annen utvalg av miljøskadeparametere anvendt, og med noe ulike grenseverdier for påvirket kyststrekning.

Tabell 2 Matrise for klassifisering av miljøkonsekvenser av akutte utslipp til sjøoverflaten

Konsekvens-klasse (miljøskadekategori)	1. Naturressursers restitusjonstid (anslått tid fra utslipp til miljøet er restituert)	2. Antall berørte naturressurser	3. Størrelse på berørt område (km ²)	4. Antall berørte friluftsområder	5. Verdi av berørt friluftsområde
0 (ingen)	Ikke registrerbar	Ingen	< 0,5	Ingen	Ingen angitt
1 (mindre)	< 1 mnd	1 - 2	0,5 – 5	1 – 5	Lokal
2 (moderat)	1 mnd -1 år	2 - 5	5 – 25	5 - 10	Regional
3 (betydelig)	1-3 år	5 - 10	25 – 75	10 – 15	Fylkesnivå
4 (alvorlig)	3-10 år	10 - 15	75 – 150	15 – 20	Nasjonal
5 (svært alvorlig)	> 10 år	>15	> 150	> 20	Internasjonal
Vektingsfaktor (%)	40	20	20	10	10

3. Metode

3.1 Hovedelementer i konsekvensvurderingen

En miljørisikoanalyse består av følgende trinn hvorav trinn 3 – 9 utgjør miljøkonsekvensvurderingen:

1. Fareidentifikasjon for å kartlegge utslippsfaren ved anlegget (ikke denne rapport)
2. Valg av et sett utslippsscenarioer for videre analyse (ikke denne rapport)
3. Beskrivelse av hvert scenario: hvilke stoffer som slipper ut til sjø, utslippsposisjon, mengde og varighet.
4. Vurdering av toksisitet og fastsettelse av anvendte effektgrenser for hvert utslippsstoff
5. Beskrivelse av forekomst og viktighet av naturressurser, fiskeriaktivitet og rekreasjon i antatt influensområde.
6. Spredningsberegninger med utgangspunkt i de valgte scenarioer
7. Angivelse av konsentrasjonsfelt, geografiske influensområder og eksponeringsmønster
8. Beregning av vektet miljøskade etter Tabell 2
9. Klassifisering av miljøskade i konsekvenskategori etter Tabell 3.
10. Plassering av hvert scenario i en risikomatrix etter sannsynlighet og konsekvens (ikke denne rapport).

Tabell 3. Definisjon av konsekvenskategorier for de ulike scenarioene ut fra en vektet verdi for miljøskade beregnet på basis av Tabell 2

Konsekvenskategorier	Beregnet vektet verdi for miljøskade
Mindre konsekvenser (K1)	0 - 1
Moderate konsekvenser (K2)	1 - 2
Betydelige konsekvenser (K3)	2 - 3
Alvorlige konsekvenser (K4)	3 - 4
Svært alvorlige konsekvenser (K5)	4 - 5

4. Valg av scenarier

Valg av scenarier er gjort av Scandpower AS i samarbeid med Statoil på bakgrunn av informasjon generert under HAZID-gjennomgangen. Det er en totalvurdering som ligger til grunn for utvelgelsen. Intensjonen med utvelgelsen er å komme frem til et sett av de mest alvorlige, men samtidig realistiske utslippsscenariene som kan tenkes å inntreffe på Kårstø. Fem scenarier er valgt ut som beskrevet i Tabell 4. Forventet utslippsposisjon som grunnlag for spredningsberegningene er vist i Figur 1.

Tabell 4. Utvalgte scenarier for uhellsutslipp i prioritert rekkefølge.

Scenario nr	Type utslipp	Mengde (tonn)	Varighet (min)	Utslippsposisjon
S1	Stabilisert kondensat	120	5	Direkte til sjø ved Kai 2
S2	Nafta	120	5	Direkte til sjø ved Kai 1
S3	Stabilisert kondensat	240	10	Direkte til sjø ved Kai 2
S4	Nafta	240	10	Direkte til sjø ved Kai 1
S5	Bunkersolje	400	30	En av de tre kaiene



Figur 1. Utslippsposisjoner i sjø brukt i spredningsberegningene for de valgte scenariene

5. Toksisitet og effektgrenser

5.1 Beregning av influensområde for effekter

Konsekvensene skal utredes i forhold til skade på marine organismer, bestander og viktige naturverdier. Konsekvensutredningen er basert på estimat av utstrekning på det geografiske området (volum eller areal) hvor et uhellsutslipp fortsatt gir så høye nivåer av utslippskomponenter at det er fare for skadelige effekter, dvs. der beregnet konsentrasjon av et stoff PEC (Predicted Environmental Concentration) overskrider grense for effekter på organismer PNEC (Predicted No Effects Concentration, også ofte kalt miljøkvalitetsstandarder). Utenfor dette geografiske influensområdet er forholdet $PEC/PNEC < 1$ og effekter ikke sannsynlig. Konsekvensvurderingen legger også til grunn hvor lang tid det vil ta før man oppnår $PEC/PNEC < 1$ ved naturlig spredning og fortynning siden dette bestemmer eksponeringsvarigheten for organismer som følger med utslippstrømmen. I dette kapitlet har vi utledet PNEC-verdier for utslippskomponentene som omfattes av de valgte scenariene. De utvalgte PNEC-verdiene gjelder for kronisk belastning. Dette er en konservativ tilnærming siden de valgte scenariene bare gir kortvarig eksponering. I enkelte tilfeller er imidlertid en vurdering i forhold til PNEC for akutt eksponering også tatt med i konsekvensvurderingen.

5.2 Grenseverdier for toksisitet

5.2.1 Stabilisert kondensat

Stabilisert kondensat består av mettede hydrokarboner i størrelsesspekteret fra C6 (hexan) til C80, der fraksjonen C6-C20 utgjør nesten 80 % av massen (Tabell 5). Tettheten er 726 kg/m^3 .

Tabell 5. Sammensetning av stabilisert kondensat (Kilde: Scandpower AS)

Komponent	Molarfraksjon	Massefraksjon
C6	0,088	0,048
C7	0,162	0,096
C8	0,165	0,11
C9	0,107	0,081
C10-C11	0,123	0,108
C12-C13	0,091	0,095
C14-C15	0,067	0,083
C16-C17	0,05	0,072
C18-C20	0,052	0,085
C21-C23	0,034	0,064
C24-C28	0,031	0,07
C29-C35	0,019	0,051
C36-C80	0,01	0,039
Alle	1,00	1,00

For enkelte av de mest fremtredende alifatene $< C20$ har det blitt beregnet en biokonsentrasjonsfaktor¹ på 1900 (C8) til 12000 (C9), men grunnet høy flyktighet er oppholdstid i vann forventet å være svært

¹ BCF er likevektsforholdet mellom konsentrasjon av et stoff i organismer og i vannet rundt ($C_{\text{veg}}/C_{\text{vann}}$)

kortvarig. For kondensatets enkeltkomponenter finnes få data fra toksisitetstester tilgjengelig. For akutt giftighet ligger 96 h LC50 verdier spredt over et stort spenn; fra 0,1 mg/l for heptan (C7) testet på *Mysidopsis bahia* (Opossum shrimp) (Verschuere, 2001) til 4924 mg/l for oktan (C8) testet på *Gambusia affinis* (Western mosquitofish) (Wallen et al., 1957). Betingelser for de aktuelle toksisitetstestene er ikke kjent i detalj, men det forutsettes at testene er gjennomført på en slik måte at konsentrasjonene av testsubstans er konstant over forsøkets varighet. Det er uansett ikke meningsfullt å bruke LC50 verdier fra enkeltstoffer og enkeltorganismer for tillempling for kondensatet som helhet. Dersom man ikke har kroniske testdata for både alger, krepsdyr og fisk, er det anbefalt å benytte den mest sensitive LC50 verdien fra akutt giftighetstest i kombinasjon med en applikasjonsfaktor på 1000 for utledning av PNEC. Dette er ment å gi en meget konservativ grenseverdi, som i tilfellet for kondensat ville bli 0,1 µg/l. Til sammenligning regner man normalt at akutte giftvirkninger av olje først vil inntreffe ved konsentrasjoner over 1 mg/l, mens kronisk belastning til 0,05 mg/l i noen tilfeller kan føre til sublethale effekter (Wells and Percy 1985). I miljøsammenheng regner man videre at det vesentlig er aromatfraksjonen av en olje som forårsaker giftvirkning (Craddock 1977). Kondensat består av omtrent 100 % av små, alifatiske hydrokarboner vesentlig fra C4 (butan) til C8 (oktan). Det er svært lite aromatiske hydrokarboner, men man bør likevel regne med at det kan finnes spor av mindre aromater, vesentlig monoaromater (BTEX).

Totalt sett tyder dette på at giftigheten av kondensat overfor marine organismer er lav. Det er heller ikke rapportert skade på marine organismer ved gassutblåsninger (Verschuere 2001). Imidlertid har det blitt vist biologiske effekter ved eksponering av koraller for 25% av en water accommodated fraction (WAF) fra kondensat i laboratorieforsøk (Villanueva RD et al, 2008; 2011). Dette ansees å være høye konsentrasjoner, som kun vil kunne eksistere over et begrenset tidsrom og med liten geografisk utbredelse ved et eventuelt utslipp. I tidligere konsekvensutredninger for Kollsnes har man gått ut fra samme giftighet for kondensat som for olje, men på grunn av kondensatets høye fordampning og relativt korte levetid i vannmassene er det også her påpekt at dette kan være for konservativt. Litteraturen gir grunn til å vurdere kondensat som klart mindre giftig enn olje, og konsekvensvurderingen er derfor basert på en skjønsmessig og fortsatt rimelig konservativ PNEC for kondensat på 0,5 mg/l.

5.2.2 Nafta

Sammensetningen av den naftaen som kan slippe ut er vist i Tabell 6. Ca. 90 % består av mettede hydrokarbonmolekyler fra C5 til C7. Dette betyr at stoffet er meget flyktig. Tettheten er 663 kg/m³.

På samme måte som for enkeltkomponenter i kondensat, finnes det lite data tilgjengelig fra toksisitetstesting av enkeltkomponenter i nafta. Grunnet den store andelen av stoffer innenfor C5-C7, er fokus for giftighetsvurdering lagt på disse. Blant de komponentene som er «minst dårlig» undersøkt, finner vi f.eks. isopentan (C5) som har en angitt 24 h LC50 på 3,1 mg/l for regnbueørret (*Onchorhynchus mykiss*) (European Chemicals Bureau, 2006), mens hexan (C6) er oppgitt å ha en 24 h LC50 på 4 mg/l i gullfisk (Verschuere, 2001). Som nevnt i kapittel 5.2.1, ligger LC50 for heptan (C7) på 0,1 mg/l testet på *Mysidopsis bahia* (Opossum shrimp) (Verschuere, 2001), og 4924 mg/l for oktan (C8) testet på *Gambusia affinis* (Western mosquitofish) (Wallen et al., 1957). Betingelser for de aktuelle toksisitetstestene er ikke kjent i detalj. For de øvrige stoffene som utgjør hovedbestanddelene av nafta, finnes det ingen tilgjengelige økotoksikologiske testdata. Nafta er imidlertid svært flyktig pga. sammensetningen, og hovedkomponentene har heller ikke estimert høy biokonsentrasjonsfaktor (>250). Datagrunnlaget for giftighetstester er sparsommelig, og med en applikasjonsfaktor på 1000 for beregning av PNEC, kommer vi fram til samme konservative verdi som for kondensat: 0,1 µg/l. Naftaens flyktighet og korte oppholdstid i vann gir grunn til å vurdere giftigheten som klart mindre enn hva PNEC-verdien på 0,1 mg/l tilsier. Som for kondensat har vi derfor basert konsekvensvurderingen på en skjønsmessig PNEC for nafta på 0,5 mg/l og som vi mener fortsatt er rimelig konservativ.

Tabell 6. Sammensetning av nafta (Kilde: Scandpower AS)

Komponent	Massefraksjon
I-pentan	0,287
Pentan	0,308
2,2-dimetylbutan	0,004
Cyclopentan	0,015
2,3-dimetylbutan	0,010
2-metylpentan	0,058
3-metylpentan	0,030
Hexan	0,076
C7P	0,045
C7N	0,074
C7A	0,017
C8P	0,011
C8N	0,035
C8A	0,013
C9P	0,004
C9N	0,003
C9A	0,004
C10+ SLP	0,000
C10+	0,003

5.2.3 Bunkersolje

Sammensetningen av den bunkersoljen som kan slippe ut i scenario S5 er ikke beskrevet og vil variere fra skip til skip. I henhold til den modell som er etablert for miljøfareklassifisering, og som er benyttet av DNV (2006) i den forrige vurderingen av miljørisiko for Kårstø oppnår tunge fyringsoljer/bunkersolje en miljøfaregrad på FG4 (den høyeste kategorien både for mennesker og miljø). Også andre petroleumsprodukter (bensin, parafin, diesel) oppnår høyeste miljøfareklassifisering, FG4. Alle aktuelle petroleumsforbindelser er således tildelt høy miljøfareklasse, til tross for at disse har ulike egenskaper mht. fordampning, løselighet i vann, nedbrytbarhet, giftighet og evne til å akkumuleres i organismer. Dette skyldes at de aktuelle oljeforbindelser er klassifisert med risikostening R53 (kan forårsake skadelige langtidsvirkninger i det akvatiske miljø). Denne klassifiseringen er gitt hovedsakelig pga. den relativt langsomme nedbrytingen av forbindelsene sammenlignet med kjemikalier generelt, og ikke fordi utslipp medfører reell fare for alvorlige langtidsvirkninger som følge av økotoksikologiske eller bioakkumulerende egenskaper. For de fleste oljeforbindelser er det ikke påregnelig med denne typen alvorlige langtidsvirkninger. Et unntak er imidlertid når olje trenger ned i grunnen på f.eks. løsmassestrender og fører til utlekking/eksponering av flora og fauna over lang tid (mange år) slik man erfarte etter oljeutslippet fra *Exxon Valdez* i Alaska i 1989.

Effekter av olje på organismer i vann er grundig undersøkt både gjennom forsøk og etterundersøkelser etter oljeutslipp. I Nordsjøen er øvre grense for olje i operative utslipp 40 mg/l (tilsvarer ca. 40 ppm), men gjennomsnittlig faktisk utslipp ligger i området 20-25 mg/l. Grenseverdi for skadelige effekter er for alifatiske oljekomponenter satt til 0,04 mg/l (Johnsen m.fl. 2000). Denne verdien er basert på

observerte akutte effekter som følge av løst og dispergert olje, og er i tidligere vurderinger blitt benyttet som PNEC for operasjonelle utslipp fra offshoreindustrien. Den dekker opp både akutt og kronisk eksponering. Den samsvarer også godt med nedre grense for effekter på 0,03 mg/l som ble funnet av NIVA ved kronisk eksponering av et tidevannssamfunn til dieselolje i over ett år. Siden scenariene innebærer et kortvarig utslipp har vi valgt å sette 0,05 mg/l som kronisk PNEC for bunkersolje.

6. Spredningsberegninger

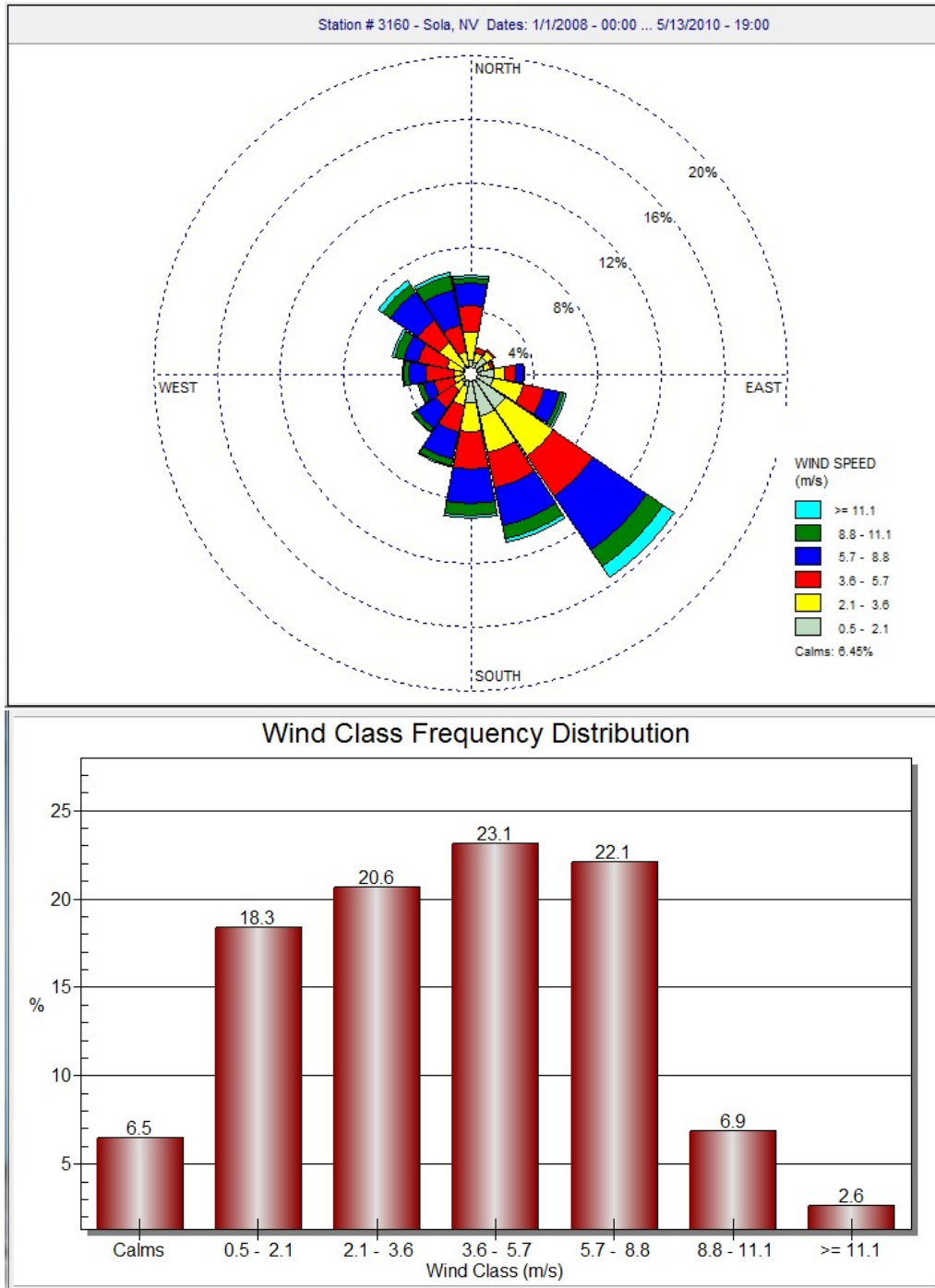
6.1 Metodikk

De aktuelle spredningsforløpene ble simulert ved bruk av den numeriske modellen GEMSS. GEMSS er en pakke med modeller for beregning av hydrodynamikk og vannkvalitet i elver, innsjøer, fjorder og kyst. Modellpakken er utviklet av ERM i USA (www.erm-smg.com), og er blant annet benyttet til å beregne spredningen av olje fra Macondo-utblåsningen i Mexicogulfen i 2010. Modellen beregner strøm, temperatur, saltholdighet som funksjon områdets topografi, meteorologiske data, tilførsler av vann med kjent temperatur samt vannstand, temperatur, saltholdighet ved rendene. I tillegg kan modellen beregne diverse vannkvalitetsvariable, deriblant olje. Modellen er tredimensjonal. Nærmere beskrivelse av modellen er gitt i Vedlegg A.

Resultatene som er presentert i denne rapporten gjelder stokastisk spredning av utslipp av kondensat, nafta og bunkersolje som beskrevet i de valgte scenariene. Ved en stokastisk spredning blir utslippet spredt i flere retninger i samsvar med hvordan sannsynlig vind og strøm er i de ulike retningene. Informasjon om regelmessige observasjoner av vind blir gjerne presentert i en vindrose. Den gir oversiktlig informasjon om hvordan vinden blåser med ulik styrke og varighet i ulike retninger. Det er dette prinsippet som blir benyttet ved en stokastisk spredningsberegning. Vi har modellert strøm i en gitt periode i det aktuelle området. Vi kan forestille oss at vi lager strømroser i alle beregningspunktene. Utslippsstoffet blir spredt mellom beregningscellene, mest i strømmens hovedretning, men også andeler i de andre retningene. Metoden innebærer at hele vindmønsteret benyttes i modelleringen, ikke bare fremherskende vindretning i den aktuelle perioden.

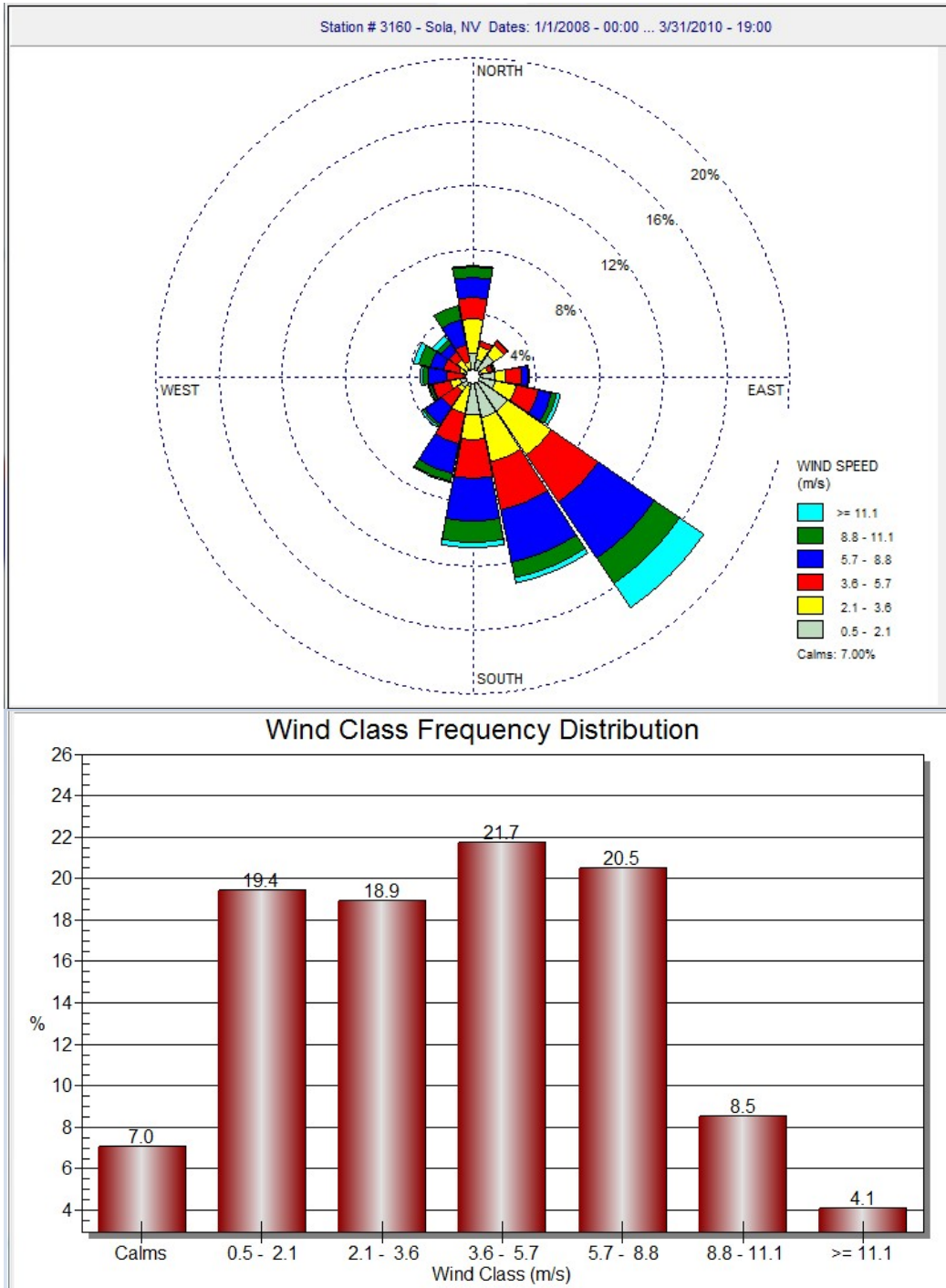
6.2 Vind- og strømforhold

Værstatistikk for perioden 2008-2010 fra Sola flyplass er lagt til grunn for beregningene (Figur 2). De fremherskende vindretningene var fra sør og sørøst. Vind i motsatt retning var også vanlig. I halvparten omkring av tiden var vindstyrken under 5 m/s. Det blåste sjeldent over 10 m/s.



Figur 2 Sola flyplass. Vindstatistikk 2008-2010.

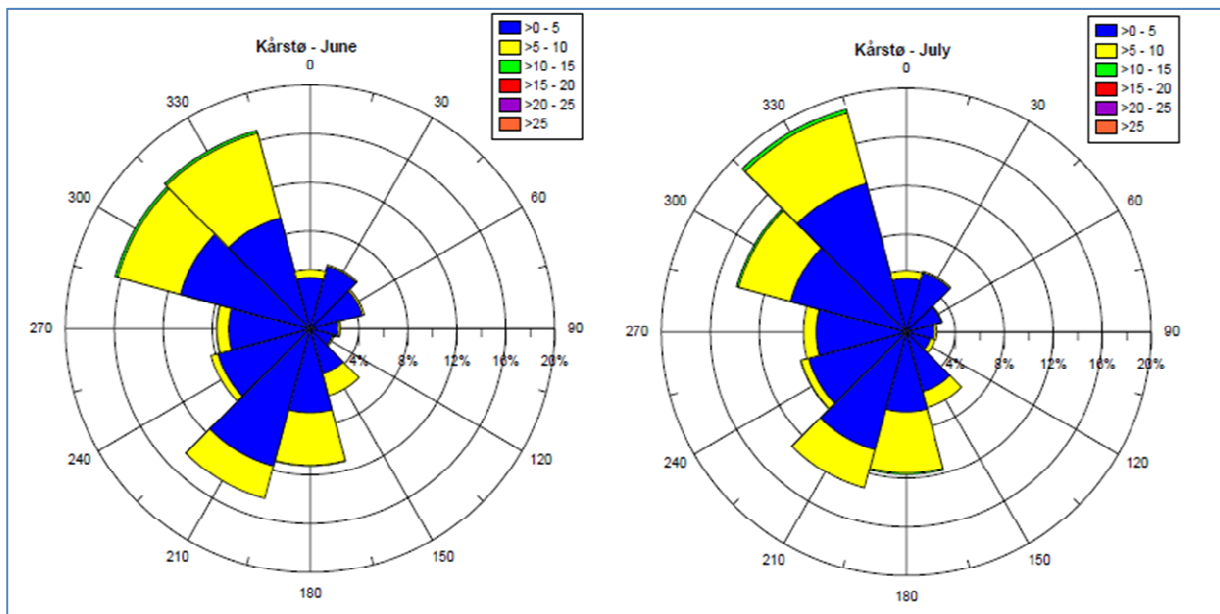
Fra seriene er det valgt ut data fra månedene januar-mars (Figur 3). Dette er gjort ut fra en forventning om at vintersituasjonen gir minst fordampning av utslippet og derved den mest konservative oppholdstiden på og i vannet. Vindretningene fra sør og sørøst var mer vanlig i vinterperioden enn for hele året, men vind i alle retninger var representert. Vindstyrkefordelingen var i simuleringperioden av samme størrelse som gjennom året.



Figur 3. Sola flyplass. Vindstatistikk i simuleringperioden januar-mars 2008.

Vi har gjort en sammenlikning av disse vindforholdene med tilsvarende vindstatistikk for sommerperioden, basert på målinger fra Kårstø og Rennesøy. Disse data ble gjort tilgjengelig for NIVA i august 2013, dvs etter at modelleringen var gjennomført.

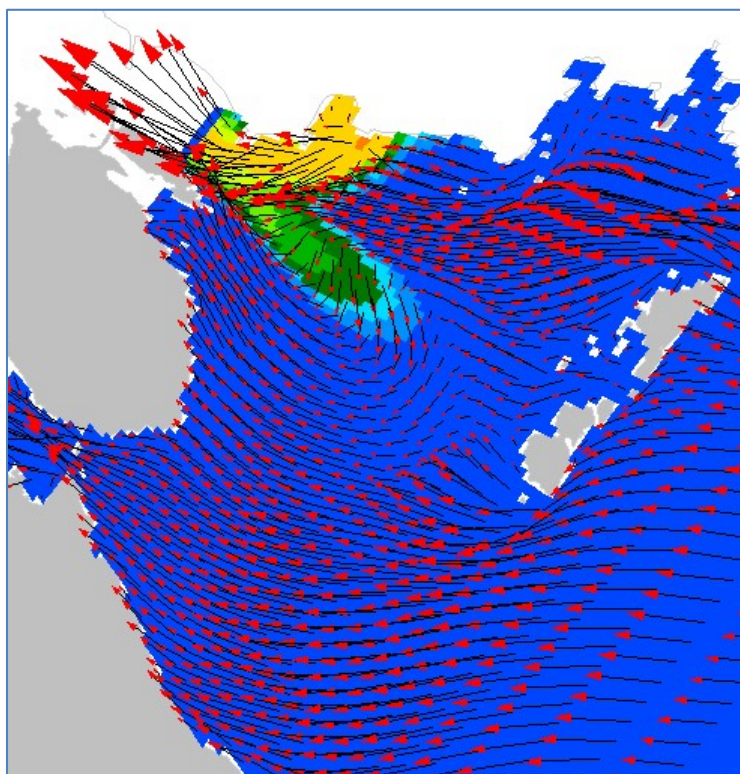
I sommerperioden viser målingene en fremherskende vindretning fra nordvest og til dels sør-sørvest (Figur 4). Vindhastigheten er i mesteparten av tiden mindre enn 10 m/s, og ca. halvparten av tiden mindre enn 5 m/s. Det er ikke foretatt nye modellsimuleringer på basis av de nye datene, kun en vurdering av hvordan de kan ha påvirket spredningsmønsteret og konsekvensbildet. Generelt vil sommersituasjonen føre til at utslippsstoffene spres mer i retning sør og øst, dvs mer utover Falkeidflæet og i retning Herevikfjorden, enn i vintersituasjonen. Siden det ikke er vesensforskjell i vindhastighet i de to periodene, vil drivhastigheten heller ikke være tydelig forskjellig. Det betyr at formen på influensområdene kan være noe ulik i sommer- og vinterperioden mens utstrekning og areal i mindre grad påvirkes.



Figur 4. Vindstatistikk fra Kårstøområdet i månedene juni og juli. Vindrosene er basert på data fra Kårstø (1994-1999) og Rennesøy (1979-2005). Kilde Statoil (2013).

6.3 Strømfelt

Vinden styrer mye av strømmen i overflata, der det meste av et spill vil spres. I tillegg er det lagt inn i modellen effekt av tidevannet, og også indirekte av sjikting i sjøen. Figur 5 viser et eksempel på hvordan strømbildet ved Kårstø kan fortone seg under gitte forhold.



Figur 5. Eksempel på fremstilling av strøm i overflaten ved Kårstø og spredning av et konservativt stoff ved vind fra sørøst.

6.4 Spredning og fortykning av utslippsstoffene

Modellsimuleringene dekker scenario S1 for kondensat og scenario S5 for bunkersolje med spredning i vinterperioden januar-mars. Spredning i de andre scenariene er beskrevet som modifikasjoner av disse. GEMSS er koblet til en database over fysiske egenskaper til en lang rekke oljer og andre utslipp stoffer, og benytter disse i simulering av utslippets oppførsel og massefordeling mellom atmosfære, sjøoverflate, vannmasser, bunn og strand. For kondensat har vi anvendt ENI-Heron-Condensate i GEMSS-basen som mest representative modellstoff, og for bunkersolje er Bunker C Fuel Oil No. 6 anvendt. Avvik mellom disse og utslippsstoffene fra Kårstø som kan være av betydning for spredningsbildet er drøftet i teksten. For spredningsvurdering av i scenariene S2-S4 har vi tatt utgangspunkt i simuleringene for kondensat, forskjeller i total utslippsmengde og sannsynlig forskjell i fordampningsrate mellom kondensat og nafta.

Selv om et uhell kan skje på enhver tid av året er spredningssimuleringen gjort for en vintersituasjon (januar-mars). Det er gjort for å dekke et verstetilfelle med lavest fordampning. Modeller er kjørt for inntil fem døgn for å generere sannsynlighetsfordeling av et utslipp. Strømmene i det aktuelle

tidsvinduet ble beregnet på grunnlag av observert vind fra Sola flyplass som vist i Figur 3. Det ble tatt hensyn til tidevann og observasjoner av temperatur og saltholdighet.

Spredning i sommerperioden er som sagt ikke simulert. Ut fra Figur 3 og Figur 4 kan man lese at vindstyrkemønster ikke er systematisk forskjellig fra vintersituasjonen, men i sommerperioden vil det være dominans av vind fra nordvest og til dels sør-sørvest. Egen erfaring fra mange års feltarbeid rundt Kårstø i sommerperioden viser likevel at vindretningen lokalt hyppig endrer seg og at vind fra sørøst også kan dominere (Bakke, pers. inf). Ut fra dette kan man anta at influensområdet for de ulike scenariene i snitt vil ligge noe mer mot øst i sommer- enn i vinterperioden, men at utstrekningen (dvs avstand fra kilden) ikke vil være vesensforskjellig. Vindmønsteret indikerer at det er mindre sjanse for transport gjennom Frøkasundet og Ognasundet enn om vinteren.

6.5 Resultat, influensområder

Vi har gruppert resultatene i h.h.t. kjøring for kondensat (Figur 6 - Figur 8) og bunkersolje (Figur 13-Figur 15). Transporttiden fra utslipp er felles for alle scenariene og vist i Figur 9.

6.5.1 Spredningssimulering av kondensat i Scenario S1

Den kraftigste spredningen av kondensat på sjøoverflata på vinterstid vil være i retning sørover sentralt på Falkeidflæet, men også i noen grad gjennom Frøkasundet (Figur 6). I under 30 % av tenkte tilfeller vil kondensat spre seg inn på Boknaflæet. Spredningen mot øst vil være beskjeden, men i 30-40 % av tilfellene vil kondensat sør for Brattholmen spre seg noe mot øst. Noe spredning mot øst vil også kunne skje gjennom Årviksundet. I over 70 % av tilfellene vil det skje påslag av kondensat på strendene i selve anleggsområdet og på nordsiden av Frøkasundet (Figur 7). I opptil 50 % av tilfellene vil det også være påslag på Årvikholmane og østsiden av Ognøy, og noe sjeldnere og mer flekkvis på østsiden av Austre Bokn. Flaktykkelse på over 10 mm vil sannsynligvis bare forekomme i inne i havneområdet for Kårstø (Figur 8). Enkelte sjøområder vest på Falkeidflæet kan få beregnet flaktykkelser mellom 1 og 5 mm. I området forøvrig er flaktykkelsen <1 mm og neppe synlig.

Transporttiden for utslippet er vist i Figur 9. Dette mønsteret er funksjon av vind og strømforhold og derfor det samme for alle scenariene. Figuren viser at utslippene vil spre seg til Boknaflæet, mesteparten av Falkeidflæet og Herevikfjorden innen 12 timer.

Modellkondensatet som er brukt i simuleringen har en noe lavere forventet fordampningsrate enn det som ble beregnet for kondensat fra Kårstø av SINTEF (2002). Her ble det vist at fra et utslipp på 1000 tonn Sleipner-kondensat ville over 80 % fordampe innen noen få timer. Tilsvarende for modellkondensatet er ca. 40 %. Det stabiliserte kondensatet beskrevet i kapittel 5.2.1 omfatter også lettolje fra Gudrun sammen med kondensat fra Sleipner (info fra Scandpower) og derved en del tyngre komponenter. I følge Tabell 5 er ca. 60 % av massen hydrokarboner over C12 som er typisk område for GC-kvantifisering av olje. En typisk fordampningsandel av råolje i kalde farvann er ca. 25 % (Mackay 1985). Ut fra dette mener vi at simuleringene reflekterer en rimelig forventet fordampning av Kårstø-kondensatet i en vintersituasjon. I sommersituasjonen kan man regne med en noe høyere fordampning slik at mindre kondensat forblir på overflaten, men det er ikke mulig å si hvor stor forskjellen vil bli. Med de usikkerhetene som ligger i vurderingene har vi konservativt valgt å se bort fra denne forskjellen.

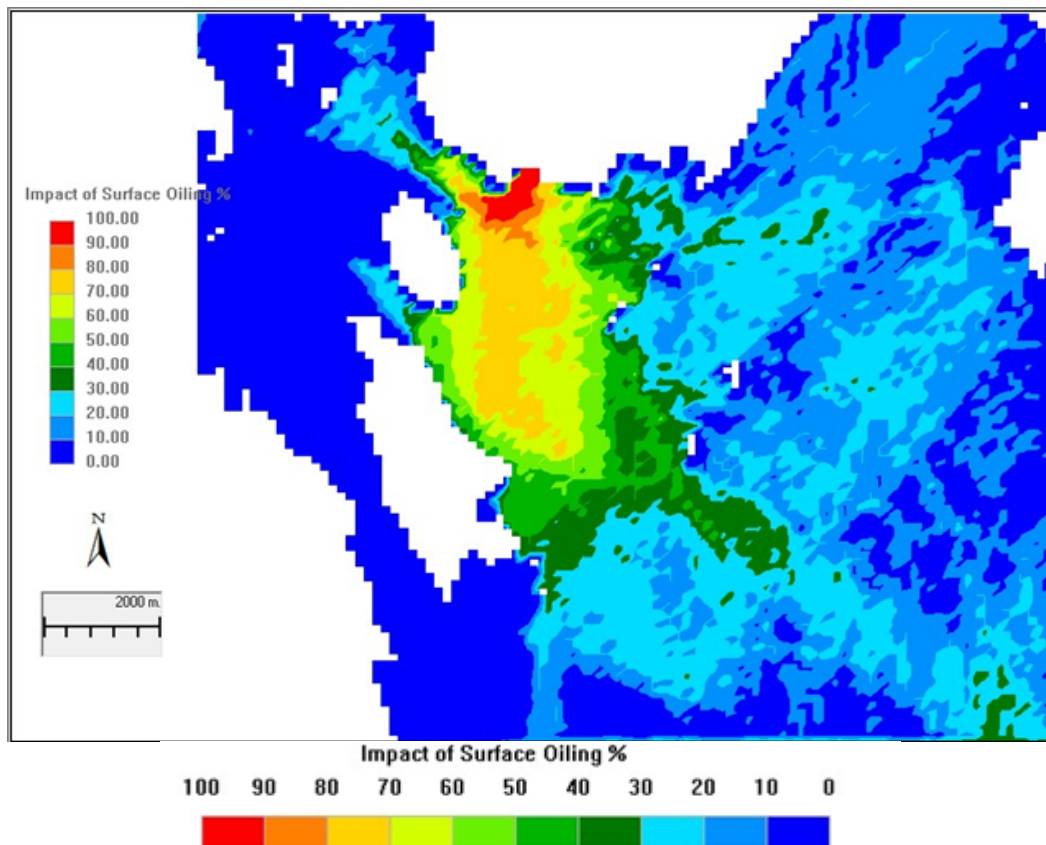
SINTEF (2002) beregnet også at anslagsvis 10 % av kondensatet ville blandes inn i vannmassene og kunne spre seg til anslagsvis 15 m dyp. Vannløseligheten av de aktuelle hydrokarbonene minker kraftig med økende molekylstørrelsen. I naftafraksjonen C5-C7 varierer løseligheten av enkeltkomponenter i ferskvann i intervallet ca. 20 – 40 mg/l. I fraksjonen C12-C35 er komponentløseligheten 0,001 – 0,004 mg/l (Børresen 1993). Ut fra dette kan vi i praksis forvente at omtrent

halvparten så mye, dvs. ca. 5 % av det kombinerte Sleipner/Gudrun-kondensatet vil bli løst i vannet, og at dette vil kunne blandes ned til ca. 15 m dyp. Regner vi full innblanding i dette vannlaget vil utslippsmengden i Scenario S1 innebære at vann med kondensatkonsentrasjon over kronisk PNEC på 0,5 mg/l vil forekomme under et overflateareal på anslagsvis 800 000 m². Eksponeringstiden for disse konsentrasjonene vil imidlertid være i størrelsesorden timer slik at det er mer realistisk å bruke en PNEC for akutt eksponering på rundt 1 mg/l. Dette betyr at vannmassene der det reelt er risiko for effekter vil finnes innenfor en radius på ca. 500 m fra utslippet. Dette tilsvarer et influensområde som skissert i Figur 10 begrenset til østlige del av Frekasundet. Arealet på influensområdet er anslagsvis 0,35 km².

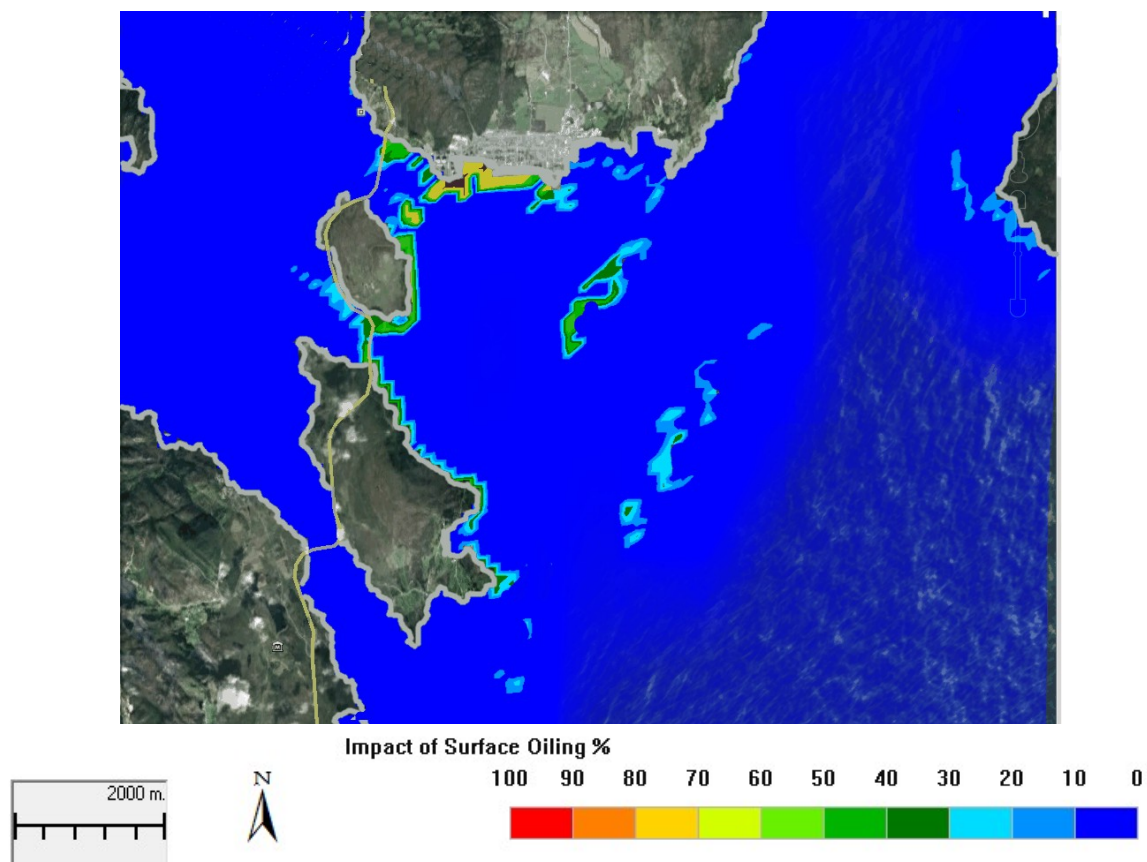
I sommerperioden kan man forvente et influensområde med omtrent samme utstrekning, men forskjøvet noe mer mot øst. Dette innebærer at Årvikholmane er noe mer utsatt, mens strandområdene på Ognøy og Austre Bokn blir mindre utsatt.

6.5.2 Spredningssimulering av kondensat i Scenario S3

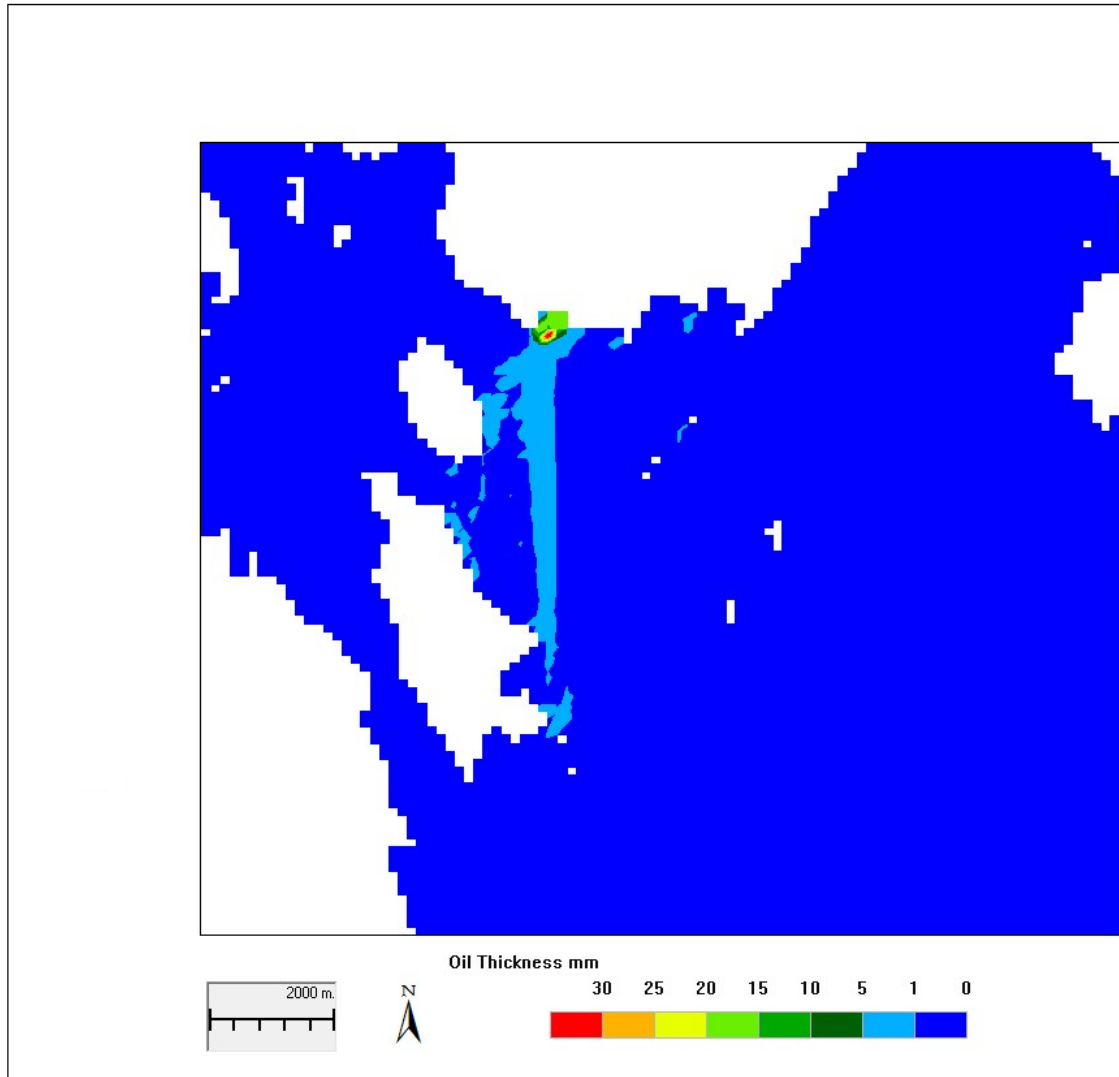
Spredningsmønster og sannsynlighetsfordeling av kondensatet vil på vinterstid være som vist i Figur 6 og Figur 7. Tykkelse på kondensatflaket i ulike avstander forventes å følge det geografiske mønsteret vist i Figur 8 for Scenario S5, men siden utslippsmengden er omtrent halvparten kan man regne at det iallfall i nærområdet er noe tynnere enn angitt i figuren. Flaktykkelse over 10 mm forventes bare å finnes rett utenfor kaiområdene, mens flak over ca. 1 mm har en noe større utbredelse på Falkeidflæet enn i Scenario S1. Tynne flak kan også forekomme utenfor dette mot sør og vest, men mønsteret av disse vil være tilfeldig. Området der man kan forvente å få kondensatkonsentrasjoner over akutt PNEC i vannmassene ned til ca. 15 m vil kunne forekomme innfor en radius av ca. 700 m fra utslippet. Størrelsen på et slikt areal er antydnet i Figur 10. Arealet på influensområdet er anslagsvis 0,8 km². Også her kan man forvente noe forskyvning av området østover i sommerperioden.



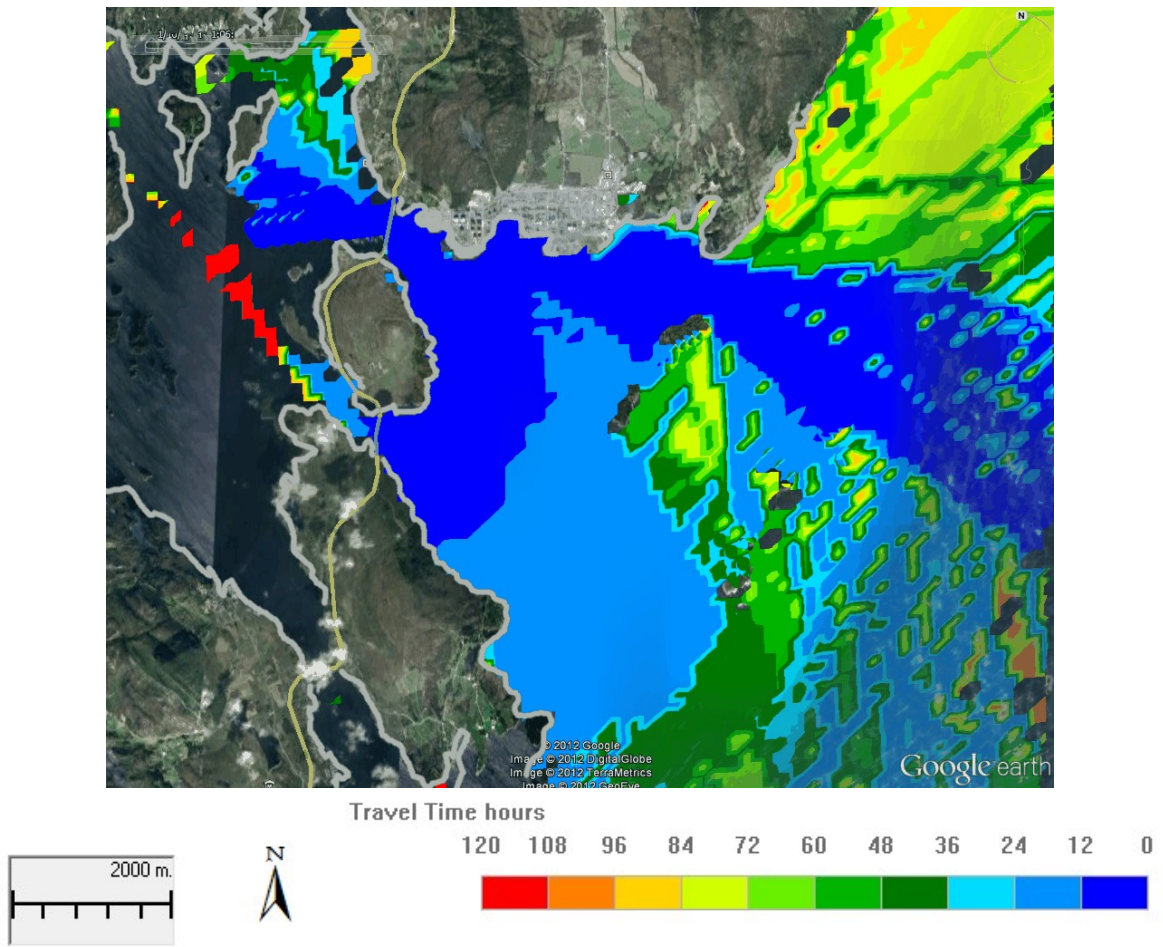
Figur 6. Kondensat Scenario S1 og S3. Sannsynlighetsfelt for spredning på overflata



Figur 7. Kondensat Scenario S1 og S3. Sannsynlighetsfelt for spredning langs strendene. Størrelse på influensområde for nedblandet kondensat er angitt med rød linje (vannmasser ned til 15 m dyp med konsentrasjon > 0,5 mg/l).



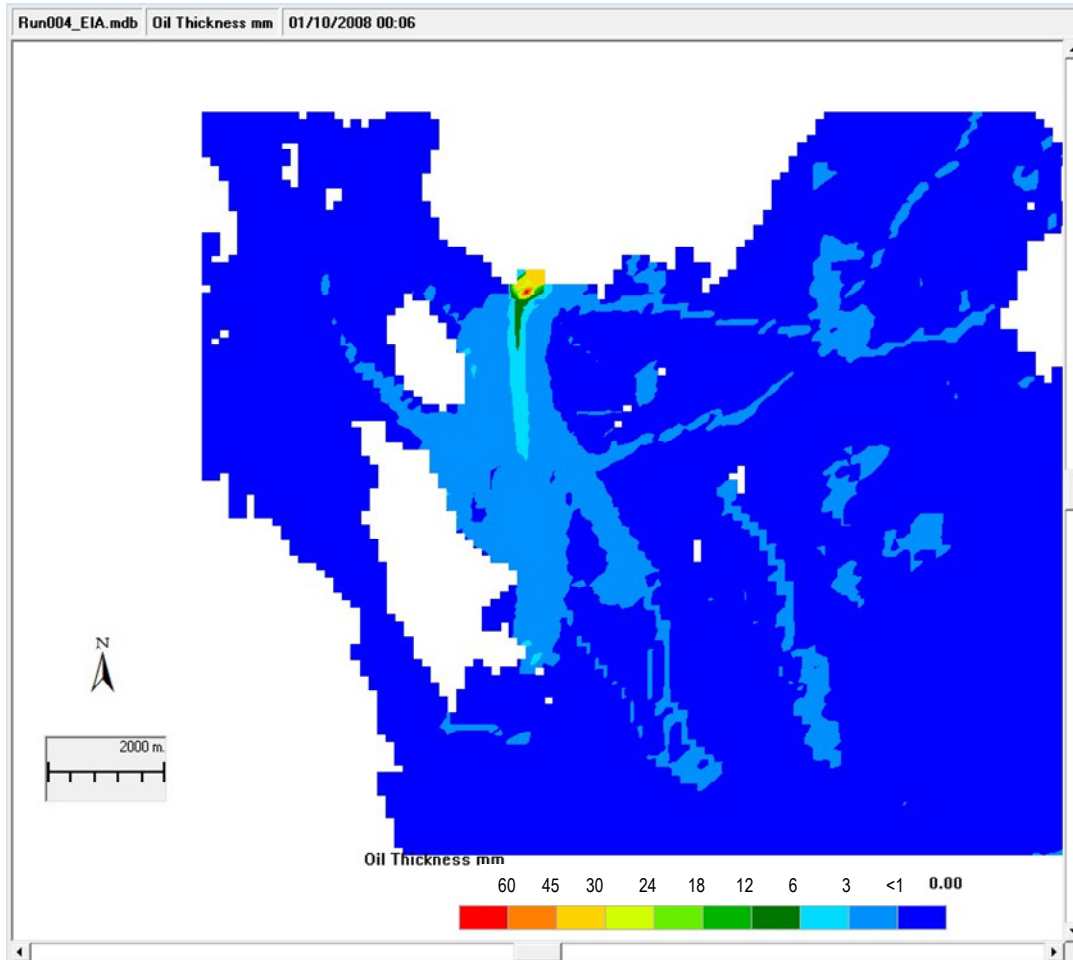
Figur 8. Kondensat Scenario S1. Tykkelse på overflatelaget (mm).



Figur 9. Transporttid for utslippet i alle scenariene.



Figur 10. Illustrasjon av størrelse på influensområde for kondensat i vannmassene ned til 15 m dyp i vinterperioden. Rød kurve: Scenario S1; oransje kurve: Scenario S3. I sommerperioden vil områdene ha omtrent samme størrelse, men forskyve seg noe mer mot øst-sørøst.



Figur 11. Kondensat Scenario S3. Tykkelse på overflatelaget (mm). Merk at fargeskalaen er forskjellig fra Figur 8.

6.5.3 Spredningssimulering av nafta i Scenario S2

Scenariet omfatter et utslipp av 120 tonn nafta fra Kai 1. Spredningen er ikke spesifikt modellert, men det geografiske spredningsmønsteret vil teoretisk være som i Figur 6 og Figur 7. Utbredelsen av nafta på overflaten vil imidlertid være betydelig mindre siden en stor andel av komponentene raskt vil fordampe eller blandes ned i vannet. Hvor stor andel vites ikke. I følge SINTEFs (2002) fordampes vel 80 % av Sleipner- kondensat innen få timer. Siden naftaen i følge Tabell 6 består av ca. nesten 80 % C5- og C6-forbindelser, mens kondensat består av ca. 60 % av C7+-forbindelser, er vårt anslag at minst 90 % av naftaen vil gå til atmosfæren i løpet av noen få timer. Løseligheten i sjøvann vil også være større enn for kondensat. I naftafraksjonen C5-C7 varierer løseligheten av enkeltkomponenter i ferskvann i intervallet ca. 20 – 40 mg/l. Tilsvarende løseligheten av kondensat-komponentene er 0,05 – 20 mg/l. Dette indikerer at resten av naftaen vil løses ut i sjøvannet, slik at så godt som ingenting vil finnes igjen på overflata etter et par timer. Med en strømhastighet på 15 -85 cm/sek betyr dette at spor av nafta på overflaten vil kunne observeres ut til 1 - 6 km avstand fra kaiområdet. Dette viser at man vil kunne få påslag på land i samme området som vist i Figur 7, men mengden nafta som når land vil være ubetydelig og fordampe meget raskt.

Hvis vi går ut fra at nedblandet fraksjon er som for kondensat vil vannmasser med naftakonsentrasjon over akutt PNEC på 1 mg/l være begrenset til en radius på ca. 500 m fra kai 1. Dette er illustrert i Figur 12. Arealet på influensområdet er i underkant av 0,5 km². I sommerperioden kan man forvente et

influensområde med omtrent samme areal, men kanskje forskjøvet noe mer mot øst siden vind fra nordvest og til dels sørvest statistisk sett er mer fremtredende om sommeren.

6.5.4 Spredningssimulering av nafta i Scenario S4

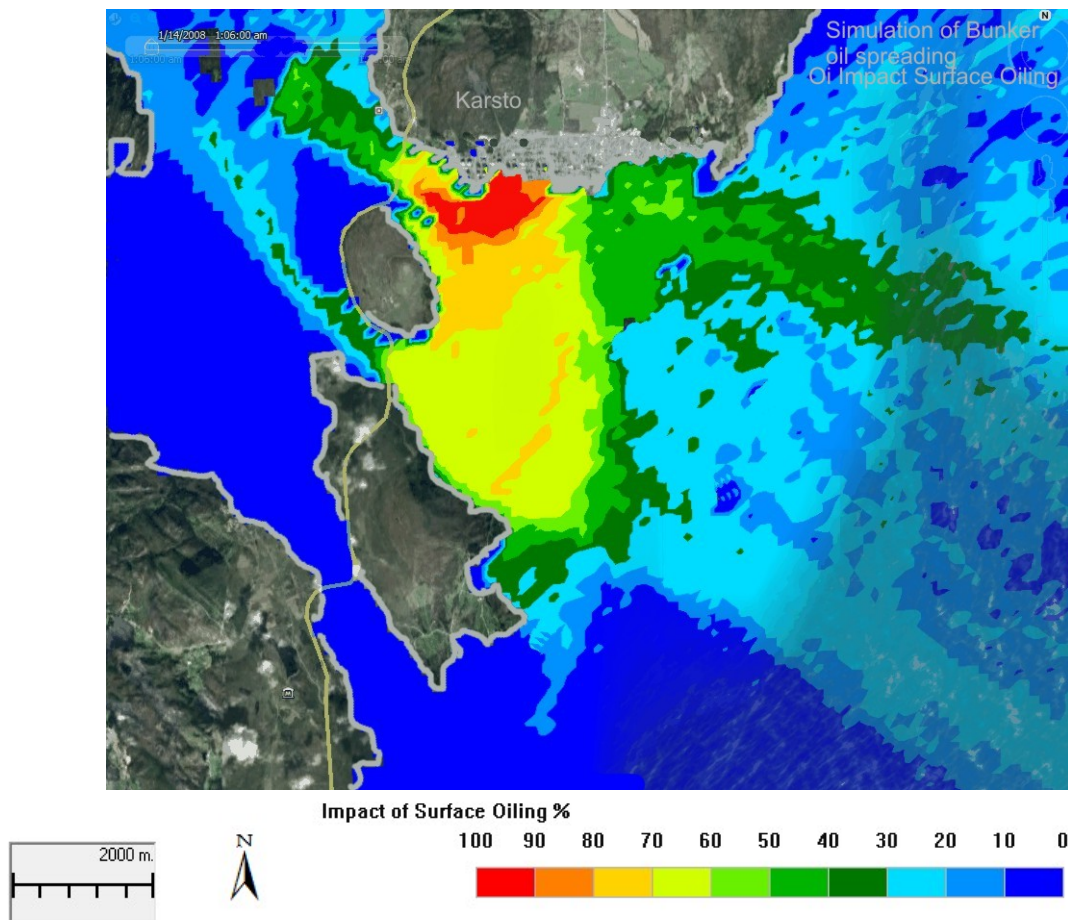
Scenariet omfatter et utslipp av 240 tonn nafta fra Kai 1. Spredningen er ikke spesifikt modellert, men det geografiske spredningsmønsteret vil teoretisk være som vist i Figur 6 og Figur 7 for kondensat. Utbredelsen av nafta på overflaten vil imidlertid være betydelig mindre siden en stor andel av komponentene raskt vil fordampe eller blandes ned i vannet tilsvarende som for Scenario S2. Også i Scenario S4 er det lite sannsynlig at utslippet vil kunne spores på overflata lenger enn et par timer. Med en typisk strømhastighet på 15 - 85 cm/sek betyr dette at spor av nafta vil kunne observeres på overflaten ut til 1 – 6 km avstand fra kai 1. Stranding er ikke sannsynlig annet enn i selve kaiområdet. Influensområdet for nedblandet fraksjon er illustrert i Figur 12. Arealet på influensområdet er anslagsvis 0,85 km².



Figur 12. Illustrasjon av størrelse på influensområde for nafta i vannmassene ned til 15 m dyp. Rød kurve: Scenario S2; oransje kurve: Scenario S4. I sommerperioden vil områdene ha omtrent samme størrelse, men forskyve seg noe mer mot øst-sørøst.

6.5.5 Spredningssimulering av bunkersolje i Scenario S5

Scenariet innebærer utslipp av 400 tonn bunkersolje fra en av kaiene. Modellert sannsynlig spredning på sjøoverflata er vist i Figur 13. Hovedspredningen (over 60 % sannsynlighet) vil gå sørover på vestsiden av Falkeidflæet ned til Våganaset på Austre Bokn, og noe innover i Frekasundet. I 30 – 50 % av tilfellene vil oljen også spre seg gjennom Frækasundet og Ognasundet inn på Boknaflæet anslagsvis til Austerøya. Modelleringen viser også at olje i 30-50 % av tilfellene vil spre seg østover gjennom Årviksundet til ytre del av Herevikfjorden, men ikke så langt som til Stong. Spredningen kan være noe større østover og tilsvarende mindre vestover i sommerhalvåret enn det denne simuleringen viser, mens størrelsen på de ulike sonene neppe vil være forskjellig.

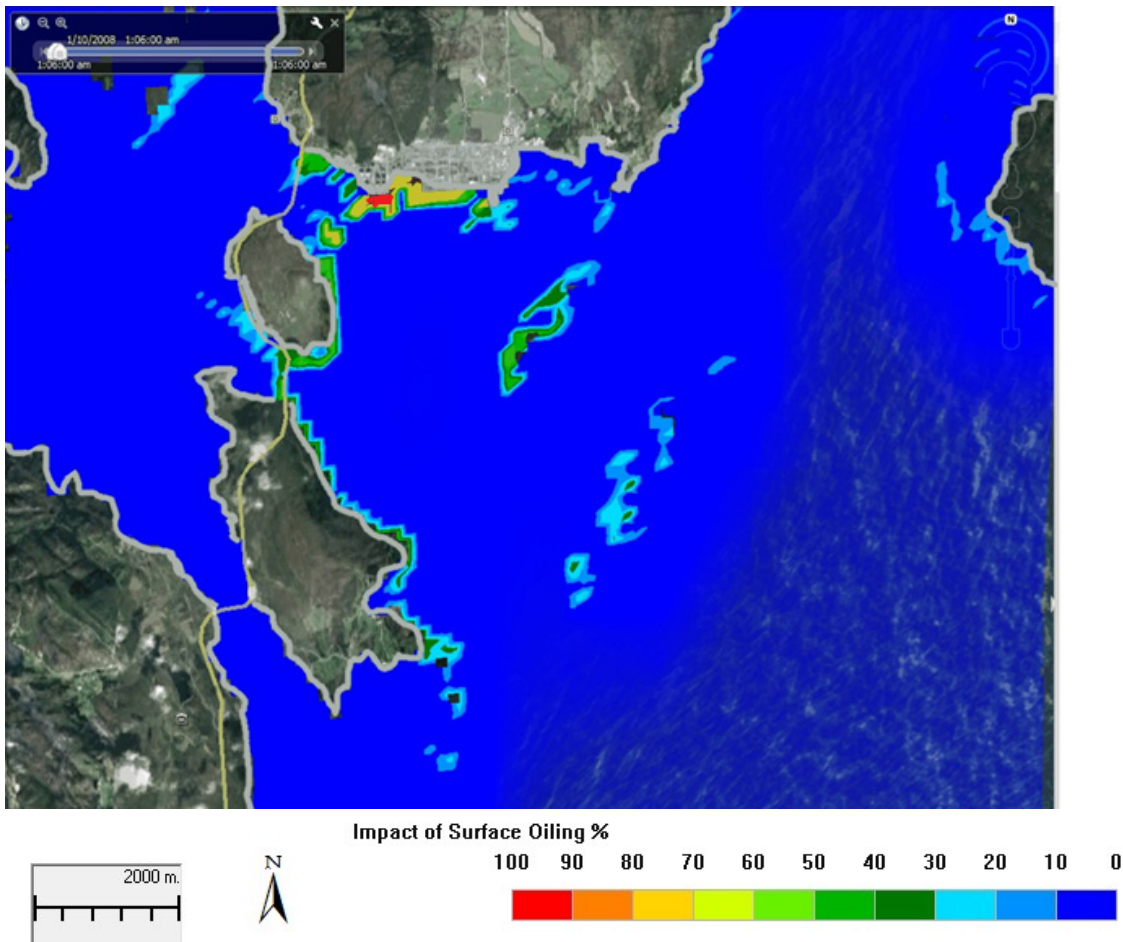


Figur 13. Bunkersolje. Sannsynlighet for påvirkning av overflaten.

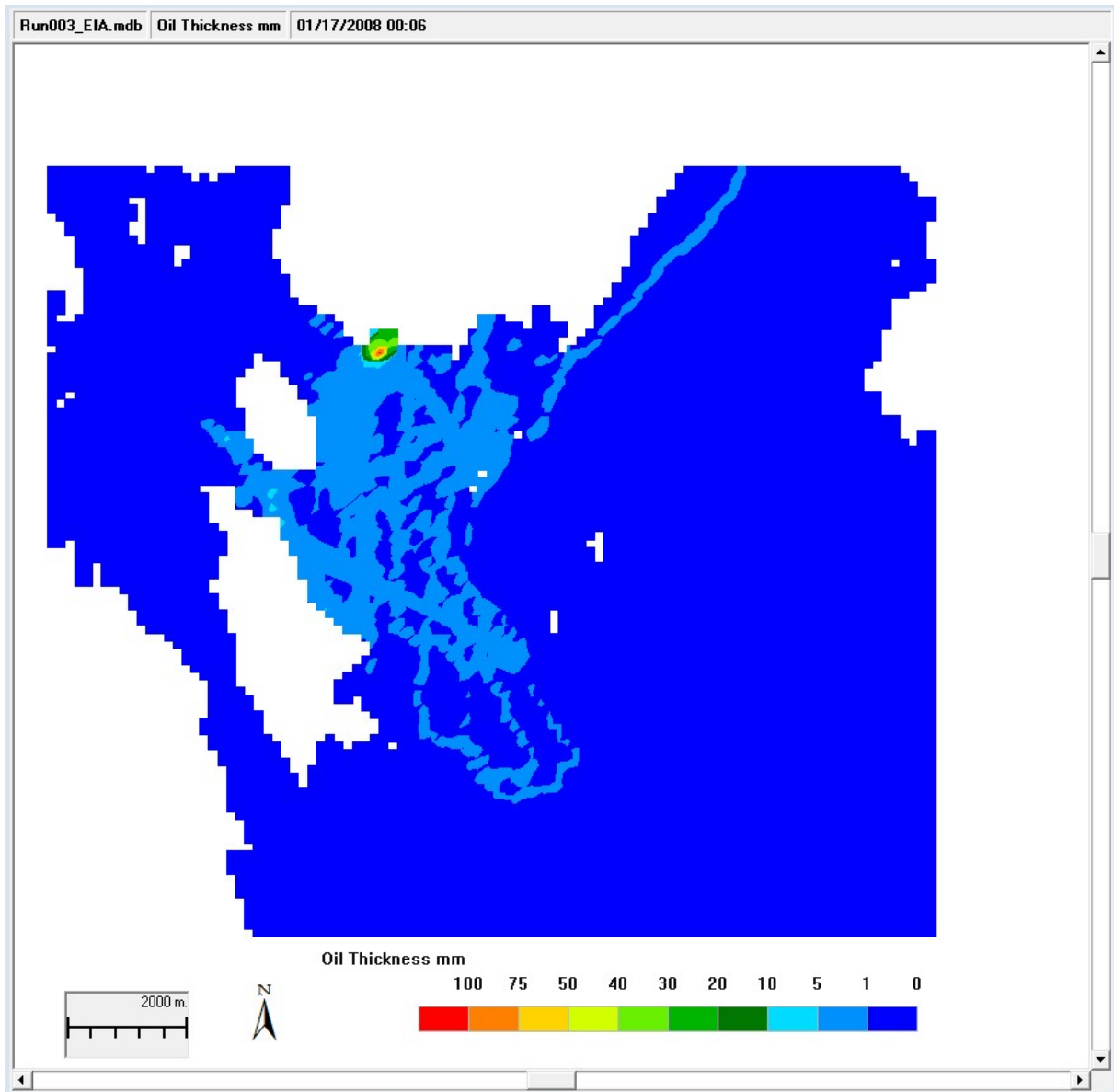
I over 70 % av tilfellene vil det på vinterstid skje påslag av bunkersolje på strendene i selve anleggsområdet og på Ognakalven (Figur 14). I opptil 50 % av tilfellene vil det også være påslag på Årvikholmane og østsiden av Ognøy, og noe sjeldnere og mer flekkvis på østsiden av Austre Bokn og holmene øst på Falkeidflæet (Brattholmen-Nautøya). Det totale området der det kan skje påslag i mer enn 10 % av utslippstilfellene er i størrelsesorden 27 km². Flaktykkelse på over 5 mm vil sannsynligvis bare forekomme i havneområdet på Kårstø (Figur 15). På Falkeidflæet og i Ognasundet kan man få flaktykkelser mellom 1 og 5 mm. Det samme synes å gjelde nordover på vestsiden av Herevikfjorden. I området forøvrig er flaktykkelsen <1 mm og neppe synlig. Det geografiske området med sannsynlig flaktykkelse på > 1 mm utgjør i følge Figur 15 totalt ca. 25 km². I sommerperioden

kan man forvente mindre påslag øst på Ognøy og Austre Bokn, og mer påslag på Årvikholmane og Brattholmen-Nautøya. For oppholdstiden i strandsonen kan dette være positivt siden de flate svabergene med stor tidevannsflate på østsiden av Ognøy og Austre Bokn blir mindre utsatt, mens de mer utsatte, bratte og bølgepåvirkede svabergene på vestsiden av holmene sannsynligvis også har større selvrensingsevne.

Den relative betydningen av de ulike spredningsveiene vil variere med oljens egenskaper, vind, bølger og lokal topografi. Et svært forenklet mønster for fordelingen av olje i et kaldtemperert miljø etter ca. 10 dager er at ca. 25 % er fordampet hvorav 20 % nedbrutt ved lyspåvirkning (fotolyse), ca. 30 % er fortsatt på overflaten som olje eller vann-i-olje emulsjon, ca. 40 % er dispergert og 3 % er løst i vannmassene, mens ca. 1 % har havnet i bunnsedimentene (Mackay 1985). Modellresultatene med den valgte modellbunkersoljen viser også at en svært liten andel av oljen vil bli blandet ned i vannmassene. Dersom 1 % blandes ned i løpet av den tiden utslippet foregår vil influensområdet med konsentrasjoner over akutt PNEC på 1 mg/l være omtrent som for Scenario S2 i Figur 12. Løseligheten av Bunkersolje nr 6 er oppgitt å være 0,4 mg/l, dvs. allerede i utgangspunktet lavere enn kronisk PNEC. Det er derfor svært lite sannsynlig at kortvarig eksponering til nedblandet bunkersolje vil ha toksisk virkning på organismer i vannsøylen.



Figur 14. Bunkersolje. Sannsynlighet for påvirkning av strendene.



Figur 15. Bunkersolje. Tykkelse på olje laget.

7. Beskrivelse av verdifulle og sårbare naturressurser

7.1 Innledning – datakilder og geografisk omfang

Kartlegging av sårbare ressurser i området rundt Kårstø er gjort som en oppdatering av miljørisikoanalyse (DNV 2006). DNV (2006) benyttet Marin Ressurs Database (MRDB) som hovedkilde for presentasjon av data. Artsdatabanken i Norge utgir en rødliste over arter som er vurdert som truet eller sårbare, og arter omtalt i rapporten er sjekket mot rødlisten og eventuelle status på rødlisten oppgitt.

Det geografiske området som dekkes av beskrivelsen er i hovedtrekk det samme som brukt tidligere, og omfatter Boknaflæet med ytre delene av Førlandsfjorden, Frekasundet og Ognundet, Falkeidflæet syd til Vågaholmen, ytre del av Herevikfjorden og Nordsiden av Boknafjorden til litt øst for Stong.

7.2 Naturmiljøet

7.2.1 Strandsonen og hardbunn under tidevannssonen

I de valgte scenariene kan man forvente at det først og fremst er overflate- og strandtilknyttede ressurser som kan bli påvirket. Som utledet i kapittel 6.5 er det lite sannsynlig at dypere vannmasser og bunnområder (dypere enn ca. 10-15 m) vil bli påvirket. I store trekk preger klippekyst og lyngvegetasjon området på land. Det meste av strandsonen er fjell, med et fåtall løsmassestrender i bukter og vik. Typisk strandsone-topografi er bratt, til dels nesten vertikalt fjell mot vest og slak helling mot øst. Det er gjennomført omfattende kartlegging av hardbunnsamfunn i og under tidevannssonen rundt Kårstø siden 1980, mest intenst i perioden 1981-1983 før prosesseringsanlegget ble anlagt (Bakke m.fl. 1984) og 1988-89 kort etter at anlegget kom i drift (Pedersen m.fl. 1990). Overvåkingen på hardbunn er fulgt opp også i senere år, sist utført i 2002/2003 (Pedersen og Green 1996, Pedersen m.fl. 1998, Walday m. fl. 2004). Tidevannssamfunnet har vært relativt stabilt over hele perioden. De svingningene man har sett har etter alt å dømme hatt sammenheng med kalde og varme år (Pedersen m.fl. 1998). Aktiviteten på anlegget har ikke hatt påvisbar virkning på gruntvannsamfunn i nærområdet, bortsett fra en viss partikkelbelastning helt i nærområdet som antas skyldes utfyllinger i sjø på slutten av 1990-tallet (Walday m.fl 2004) I områdene vest for Kårstø, først og fremst i og utenfor Førlandsfjorden har vært sterkt preget av nedbeiting fra kråkeboller helt siden før 1980 (Pedersen 1989).

7.2.2 Sjøfugl

Området rundt Kårstø er et relativt artsrikt sjøfuglområde (Figur 16). Mange arter har øyene og holmene utenfor Kårstø både som raste-, beite- og yngleområde (kilde: Naturbase). Området Falkeidflæet utenfor Kårstø er slikt område hvor arter som gravand, storlom, alke, tjeld, grågås, svartbak, sildemåke, gråmåke, fiskemåke, terner og tyvjo er påvist hekkende, men området benyttes som til rasting og næringssøk av en rekke arter (smålom, gråstrupedykker, horndykker, gråhegre, svartand, kanadagås, havelle, ærfugl, sjøorre, kvinand, siland, teist, alkekonge og en rekke vade-, måke- og alkefugler). På øyene vest for Stong er det påvist hekking av ærfugl, svartbak og en rekke vade- og alkefugler i tillegg til alkefugler, mens det på øyene øst for Stong er påvist hekking av blant annet grågås, gravand, ærfugl og sildemåke. Områdene vest for Kårstø er mer preget av forekomster av ande- og måkefugler som både beiter og hekker i disse områdene.

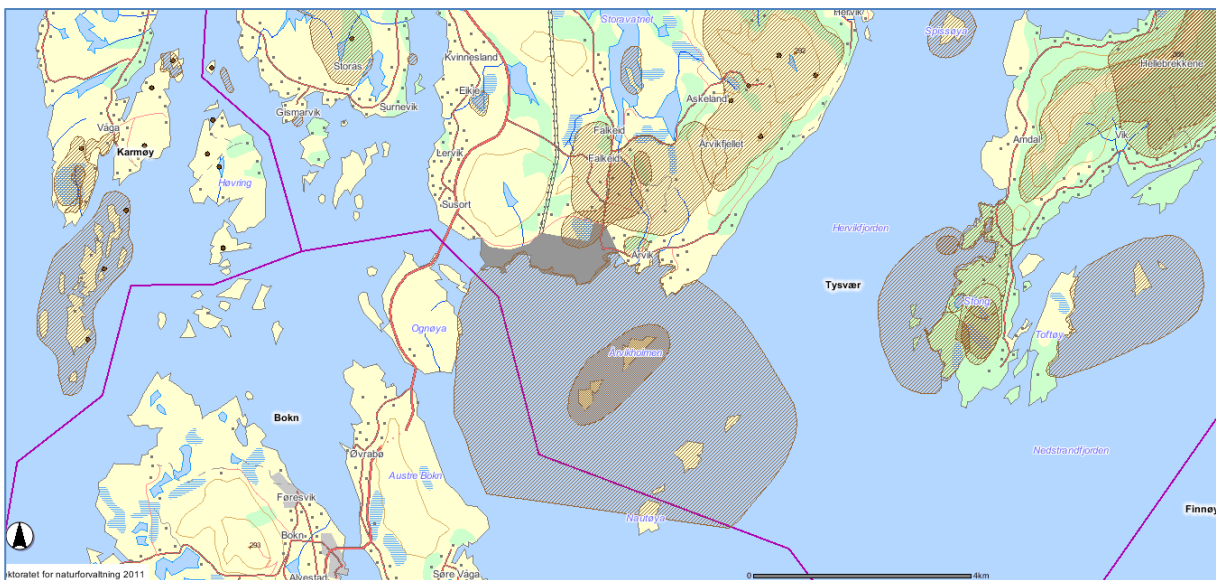
På grunn av at områdene rundt Kårstø er relativt grunne, er dette populære overvintringssteder for en rekke sjøfugl. Tidvis kan forekomstene være flere tusen fugl består av flokker av andefugler (kvinand, siland, ærfugl, havelle, sjøorre), skarver, lommer (smålom og storlom) m.m. I perioden november-mars observeres det betydelige mengder kanadagås i området rundt Kårstø. Knoppsvane observeres også jevnlig.

7.2.3 Andre fuglearter

Både innenfor og nær opp til området omfattet av konsekvensutredningen, er det registrerte flere hekkelokaliteter for hubro. Hvor mange av disse som er aktive, er imidlertid noe usikkert (kilde: Anders Braa, viltforvalter, Fylkesmannen i Rogaland). Vanligvis er hubroen svært sårbar ovenfor menneskelig aktivitet tidlig i hekkesesongen og da skyr den lett reiret. Hubro står på norsk rødliste for arter 2010, og arten klassifiseres som sterkt truet, dvs. at den ansees som å ha svært høy risiko for å dø ut. Derfor er det utarbeidet en egen handlingsplan for hubro som har som formål å sikre en selvproduserende bestand av hubro i Norge. Viktigste dødsårsak for hubro er elektroksjon (strømoverslag) i forbindelse med at fuglen benytter stolper/master til kraftlinjer som jaktpost.

I nærområdet til Kårstø har havørn flere aktive hekkelokaliteter (kilde: Anders Braa, viltforvalter, Fylkesmannen i Rogaland). Dette er en art som står på den internasjonale rødlisten over globalt truede fuglearter. I Norge ble havørnen totalfredet i 1968 og i dag har Norge den største hekkebestanden i Vest-Europa.

Hønehauk er også oppført i norsk rødliste for arter 2010 som en nær truet art. I Kårstø-området er hønehauk registrert med flere hekkeplasser (kilde: Anders Braa, viltforvalter, Fylkesmannen i Rogaland). At en art er nær truet, innebærer at den ansees som nesten å være kritisk truet, svært truet eller sårbar eller trolig vil være det i nær framtid.



Figur 16. Kart over Kårstøområdet med markering av områder med spesielt rike forekomster av fugler (kilde: Naturbase).

7.2.4 Sjøpattedyr

I Kårstøområdet er det observert to kystselarter – havert og steinkobbe. Steinkobben er en toppredator som er relativt vanlig i dette området. Området er rikt på fisk, og steinkobben ernærer seg særlig på

sei, sild og øyepål. Den er et utpreget flokkdyr som trives best på litt beskyttede steder i skjærgården. Ved Kårstø blir den som oftest observert på små skjær og grunner på Falkeidflæet og ved Bakkaviksholmene vest for Stong (kilde: Naturbase), og her er det en liten fast bestand på noen ti-talls dyr.

Haverten trives best der hvor det er værhardt og finnes derfor på de ytterste skjær og holmer langs norskekysten hvor den spiser fiskearter som sei, hyse, torsk og steinbit. Også haverten er et flokkdyr, og Norges sørligste koloni som er anslått til ca. 200 dyr, finnes på øygruppen Kjør utenfor Sola. I og med at den foretrekker de mest værharde områdene, er den ikke vanlig i Kårstøområdet, men midt i november 2010 ble det gjort en sikker observasjon av en hvilende havert ved Gåsholmane på Falkeidflæet (kilde: Arsdatabanken).

7.2.5 Fisk og fiskerivirksomhet

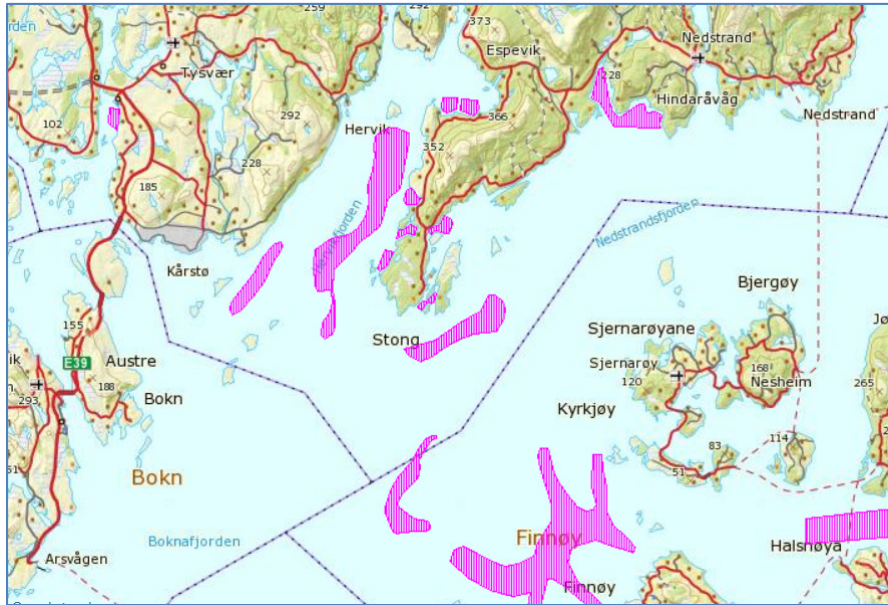
Fiske i området rundt Kårstø (kilde: Harry Edvardsen, Røyksund)

Kårstøområdet og spesielt området rundt Falkeidflæet har fra gammelt av vært en meget god fiskeplass (Figur 17). Hit kom både lokalbefolkning og andre for å fiske både torsk, sild og makrell da dette har vært og er gode gyteplasser for disse artene. Silda ankommer området som oftest i siste halvdel av februar, og fisket foregår til slutten av april. Torsk fiskes best i omtrent samme periode. Fisket etter makrell starter i mai og pågår helt til i oktober. Fisket av sild og makrell er godt i hele området fra Austre Bokn og opp til Frekasundet (ikke avmerket på Figur 17), men også Herevikfjorden er et godt område for dette fisket. Området nord for Frekasundet ansees som det beste området for brislingfiske, men bestanden av brisling er ikke spesielt stor i dette området. Også i området rundt Stong fiskes det etter brisling. I dypområdet rundt Toftøy er det tidvis godt fiske etter brosme og lange. Fritidsfiskere benytter også dette området til fiske etter disse artene. I tillegg fås det stor sei i området.

Tidligere var det betydelige mengder pigghå spesielt i området rundt Brattholmen rett sør av Kårstø med et godt fiske fra desember og utover vinteren. Pigghåbestanden er imidlertid sterkt redusert, og fiske etter denne arten er derfor opphørt.

Fiske etter leppefisk, som er en viktig ressurs i bekjempelsen av lakselus i oppdrettsmærer, er viktig for en del fiskere. Forekomsten av leppefisk oppgis å være god rundt Årvikholmane rett sørøst for Kårstø og området er derfor viktig for dette fisket. Fisket er regulert slik at fisket fra Rogaland til og med Sogn og Fjordane ikke starter før i siste halvdel av juni (2012: 18.juni). I tillegg er det innført minstemål på 11 cm for leppefisk.

Hummer er en ettertraktet art, og fritidsfiske etter hummer foregår i området. Tidvis tas det gode fangster og fisket har vært relativt bra de senere årene. I Herevikfjorden og Karmsundet er det rekefelt hvor det foregår rekefiske omtrent hele året (Figur 17). Dette er også gyteområde for rekene som gyter i februar-mars. Den senere tiden har imidlertid rekefangstene gått ned.



Figur 17. Fiskefelt for reke og sild, sei og brisling (kilde: Fiskeridirektoratet).

Gytefelt , låssettingssteder

Området rett utenfor Kårstø, Falkeidflæet, er gytested for en rekke arter som sild, torsk, lyr og hyse e(Figur 18). De samme artene gyter også inne i Herevikfjorden, ved Toftøy og ved utløpet av Førresfjorden. Vest for Kårstø på Boknaflæet er det registrert gyteområde for reke.



Figur 18. Gyteområder i Kårstøområdet (kilde: Fiskeridirektoratet).

I nærområdet til Kårstø er det ikke registrert låssettingsplasser, men på østsiden av Herevikfjorden og ved Toftøy og inn mot Leiranger er flere steder avsatt til låssetting av sild, sei, makrell og brisling (Figur 19).



Figur 19. Låssettingsplasser for sild, sei, makrell og brisling i nærområdet til Kårstø (kilde: Fiskeridirektoratet).

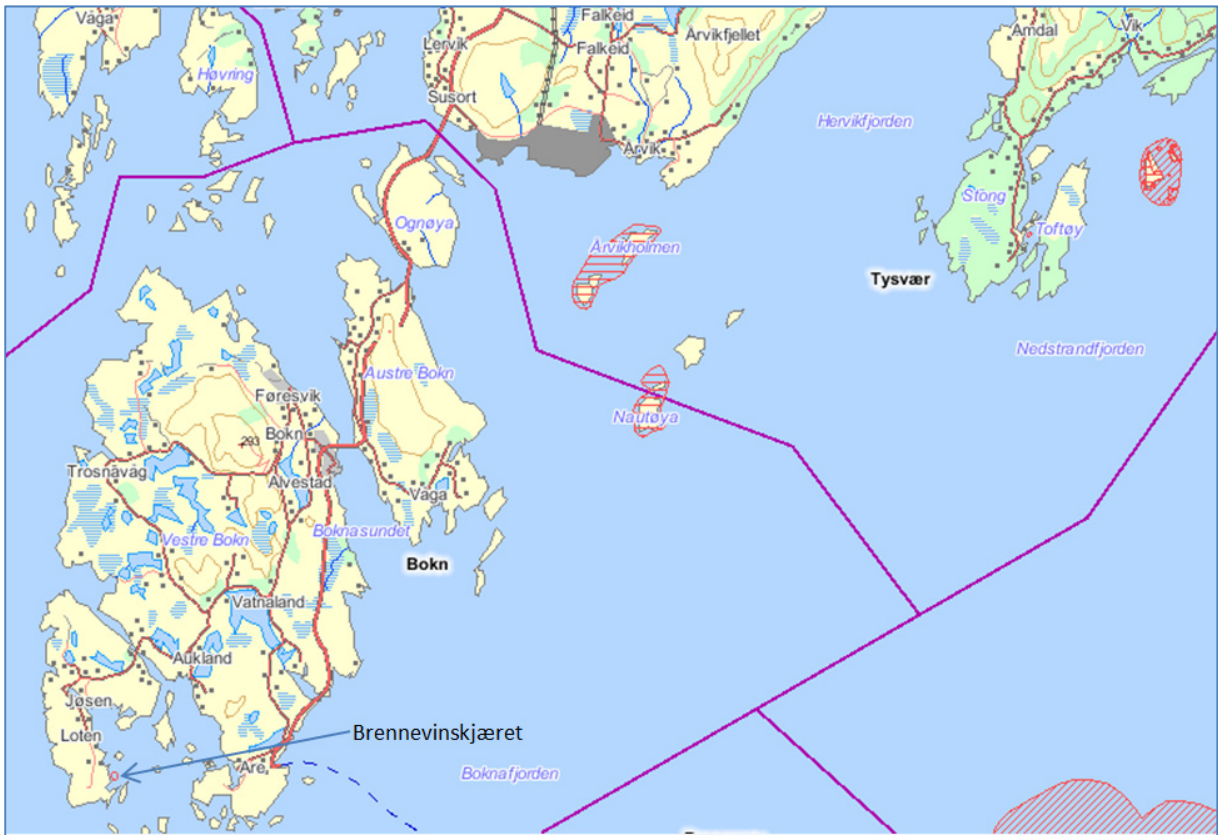
7.2.6 Andre viktige natur- og miljøressurser

Naturreservat, dyrefredningsområder og friluftsområder

I området rundt Kårstø finnes det 4 naturreservat og 1 dyrefredningsområde og alle områdene har sjøfugl og fugleliv som vernetema (Tabell 7). Reservatene «Gåsholmen og Årvikholmen» og «Nautøy, Longholmen og Bukkholmen» ligger rett sør for Kårstø (Figur 20). Områdene er svært viktige for hekkende sjøfugl, og de grunne sjøområdene rundt disse reservatene gjør dette til meget viktige overvintringsområder for en rekke ulike sjøfugler. Disse naturreservatene ligger svært nær Kårstø og er derfor meget sårbare spesielt mht. oljeutslipp til sjø.

Dyrefredningsområdet «Lindøy og naturreservatet «Lindøy, Tednholmen og Slåttholmen» øst for Toftøy og naturreservatet «Brennevinsskjæret» som ligger i et beskyttet område sør på Vestre Bokn, er også viktige områder for både for hekkende og overvintrende sjøfugl. Disse områdene ligger imidlertid i relativt god avstand fra Kårstø slik at de i liten grad vil være utsatt for uhellsutslipp til sjø fra Kårstø.

Flere statlige sikrede friluftsområder finnes i nærområdet til Kårstø fra Toftøy i vest til Vestre Bokn i sør og opp til utløpet av Førlandsfjorden i nord (Tabell 8). På disse stedene er det foretatt ulike tilrettelegginger slik som f.eks. brygger, fortøyningsbolter, informasjon på tavler og/eller skilt, søppelstativ, badeplasser, strandbaserte aktiviteter osv.



Figur 20. Naturreseptat og dyrefredningsområder markert med rød skravering i Kårstøs nærrområde.

Tabell 7. Naturreservat og dyrefredningsområder i nærområdet til Kårstø (kilde: Naturbase)

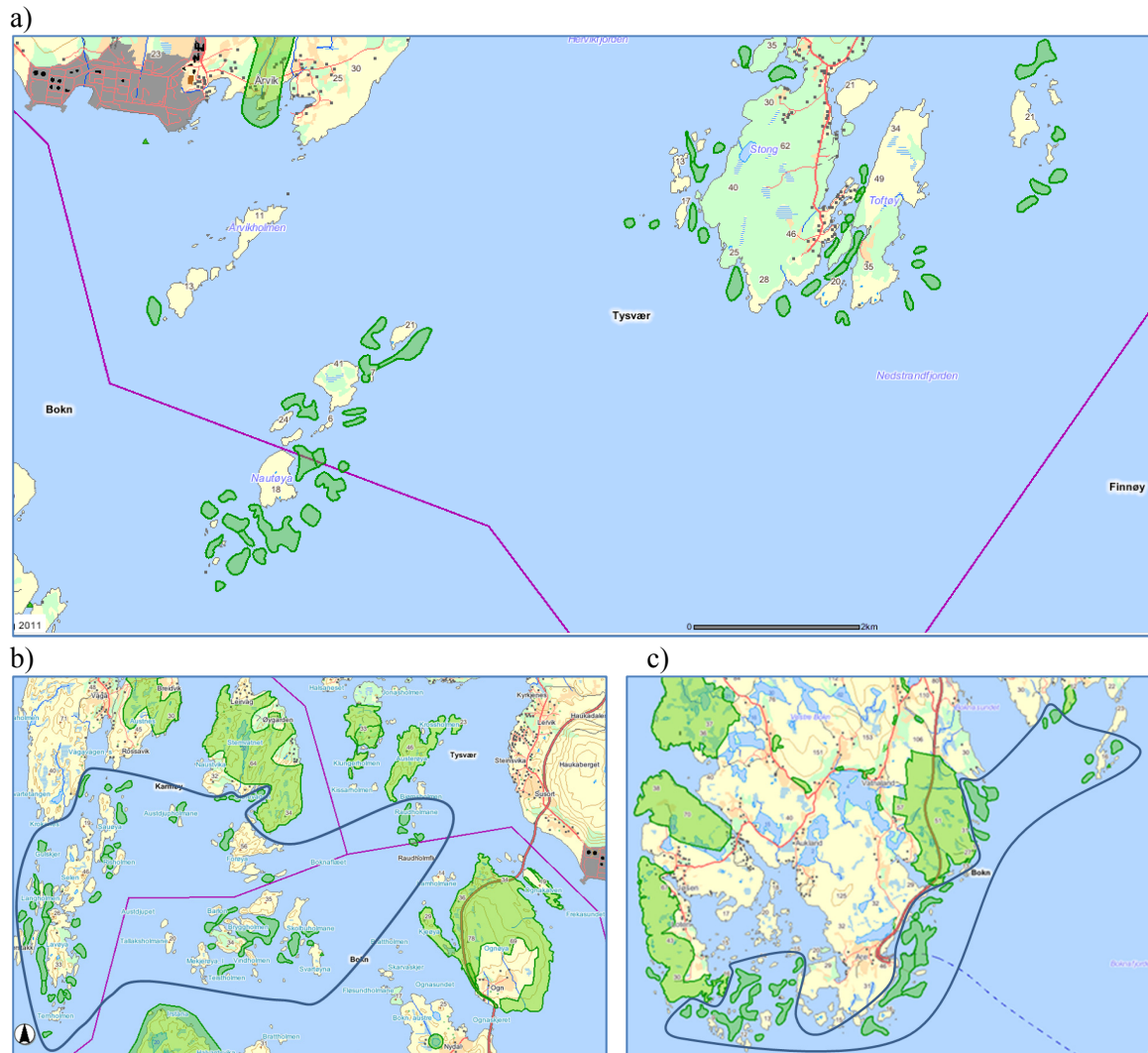
Naturreservat/Dyrefredningsområde	Vernetema	Størrelse	Områdebeskrivelse
Gåsholmane og Årvikholmen (naturreservat)	Sjøfugl	924 daa	Viktig sjøfugllokalitet med tilhørende plante- og dyreliv. Hekkeplass for svartbak, sildemåke, gråmåke, fiskemåke, terner. Tyvjo hekker på Årvikholmen. Grunt sjøområde rundt holmene med mye sjøfugl hele året. Viktig raste og overvintringsområde for lom, dykkere og dykkender.
Nautøy, Longholmen og Bukkholmen (naturreservat)	Sjøfugl	510 daa	Viktig sjøfugllokalitet med tilhørende plante- og dyreliv. Tynn hekkebestand med sjøfugl (svartbak, ærfugl, grågås og tidvis makrellterner (tidligere også sildemåke)). Holmene og sjøområdet rundt viktig overvintringsområde for dykkender. På Flatarova rett sør for Nautøy hekker mellomskarv (en underart av storskarv).
Lindøy, Tednholmen og Slåttholmen (naturreservat)	Sjøfugl	141 daa	Viktig sjøfugllokalitet med tilhørende plante- og dyreliv. Hekkeplass for svartbak, terner (hovedsakelig makrellterne) og gråmåke (tidligere også sildemåke). Viktig overvintringsområde for sjøfugl, spesielt dykkender.
Brennevinskjæret (naturreservat)	Sjøfugl	13 daa	Viktig sjøfugllokalitet med tilhørende plante- og dyreliv og spesielt knyttet til hekkeplasser. Tidligere viktig hekkeplass for terner, men svartbak og gråmåke registrert i den senere tid. Mye ærfugl i området.
Lindøy (dyrefredningsområde)	Fugleliv	567 daa	Fredet for å bevare fuglelivet i området og plantesamfunn og dyrearter som naturlig hører til reservatet. Både øygruppen og et større sjøområde rundt øyene inngår i fredningen. Viktig hekke-, trekk- og overvintringsområde for en rekke sjøfuglarter. De grunne områdene rundt øygruppen er viktige beite- og rasteområder spesielt for gressender, dykkender og dykkere.

Tabell 8. Statlig sikrede friluftsområder i nærområdet til Kårstø (kilde: Naturbase).

Område	Bruksfrekvens	Beskrivelse
Toftøy	Ikke registrert	Tre friluftsområder sentralt i båtleia mellom indre og ytre Ryfylke. Svaberg, badeviker, småskog. Godt egnet for bading og båtfriluftsliv. Fortøyningsmuligheter for båt.
Are (Hognåsvika)	Ikke registrert	Friluftsområde. Godt egnet for bading, båtutfart og turer ved sjøen. Flere kulturminner på eiendommen.
Ognahavn	Mye	Område dominert av variert lynghei. God naturhavn. Ingen bygninger på området. Brygge, fortøyningsbolter, toalett. Godt egnet for bading og strandbaserte aktiviteter
Austerøy	Ikke registrert	Flott, nærmest ubebygd kystlandskap. Lune viker, svaberg, røsslynghei og grashei. Til dels svært gode havneforhold. Området vil inngå som en del av Vestkystparkområdet.
Vestøy	Ikke registrert	Flott, nærmest ubebygd kystlandskap. Regulert friluftsområde, svært viktig båtutfartsområde med lun naturhavn i sør. Området vil inngå som en del av Vestkystparkområdet.
Hamnaren	Ikke registrert	Holme i innseilingen til Førlandsfjorden. Småkupert med lune viker. Svaberg og steinstrand. Furuskog som dekker mesteparten av holmen. Brygge, fortøyningsbolter, informasjonsplakater, toalett mm.

Skjellsand

Skjellsand er en relativt vanlig bunntype i områdene rundt Kårstø (Figur 21). Dette er en ikke-fornybar ressurs fordi dannelsen går sakte, og skjellsand betraktes som en viktig ressurs flere steder langs kysten. Vanligst finnes skjellsand på steder med god strøm eller bølgeaktivitet slik som i trange sund, værutsatte bukter og på lesiden av holmer og skjær. Mange fiskearter er knyttet til skjellsand og flere gyter på denne type bunnsubstrat slik som f.eks. vårgytende sild. I Kårstøområdet er de grunne skjellsandområdene viktige beiteområder for flere overvintrende sjøfugler.

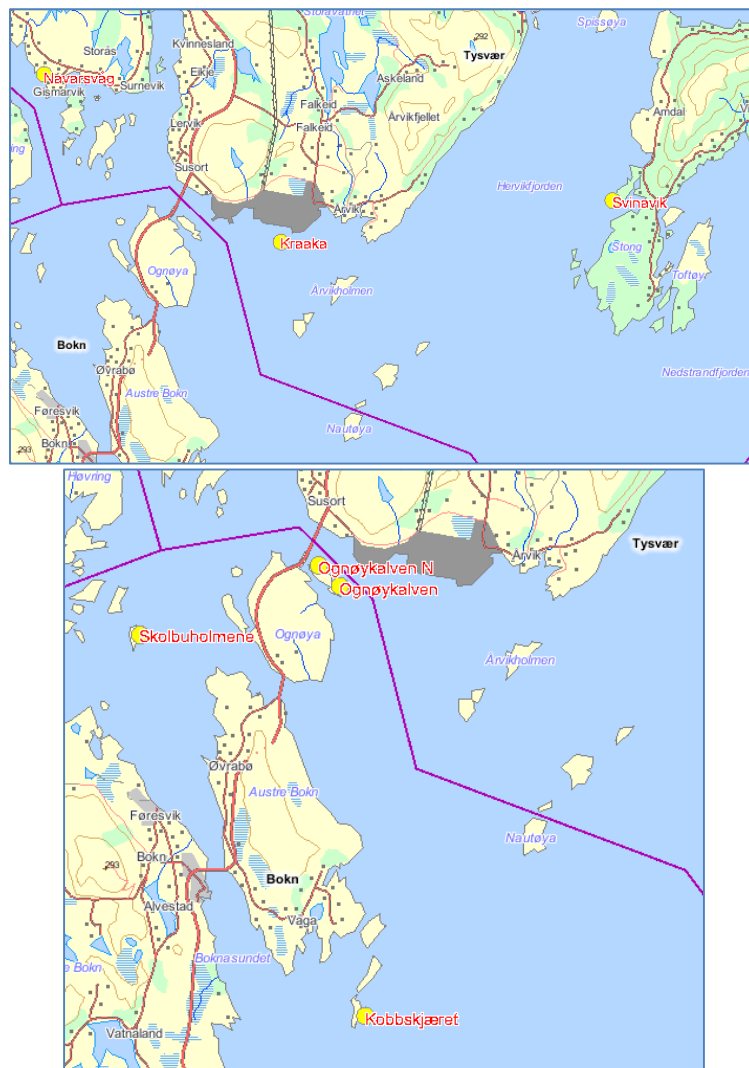


Figur 21. Skjellsandområder i Kårstøområdet markert som grønne felt i sjøområdene ved a) Falkeidflæet og ved Stong, b) i områdene vest for Kårstø (innenfor blå linje) og c) i områdene utenfor Austre og Vestre Bokn (innenfor blå linje).

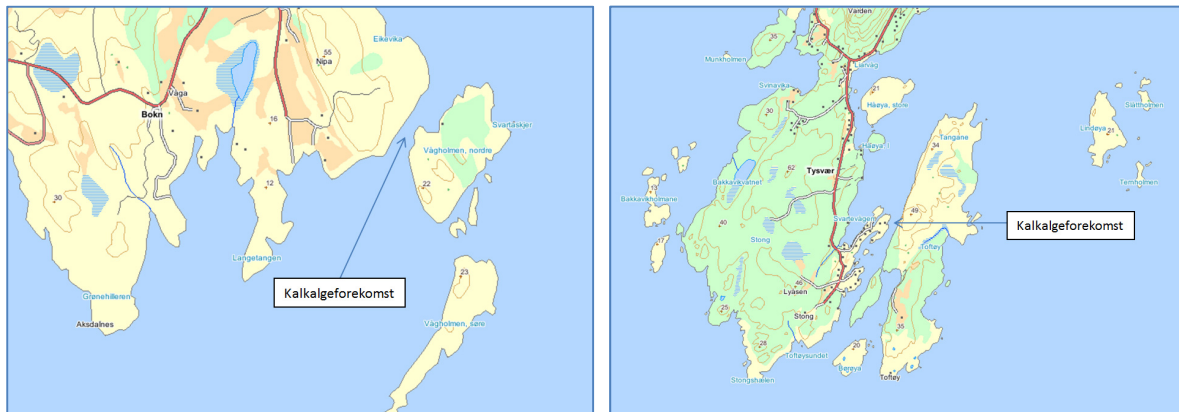
Større tareskogforekomster og kalkalgeforekomster

I områdene ved og rundt Kårstø er gjort punktfunn av større tareskogforekomster og forekomster av kalkalger. Tareskog (Figur 22) er et særdeles produktivt økosystem som kan betraktes som en type undersjøisk regnskog og karakteriseres derfor som viktige naturtyper. Naturmangfoldet i en tareskog er stort og er dermed et viktig habitat for mange arter inkludert fiskeyngel. For mange sjøfuglarter og sel utgjør derfor tareskogen et viktig nærings- og oppvekstområde. I områdene rundt Kårstø er det registrert 7 områder med større forekomster av tareskog.

Kalkalgeforekomster (Figur 23), som i denne sammenheng betyr rødalger med kalk i celleveggene, er blitt registrert to steder i Kårstøområdet – i sundet mellom Svartaskjer og Austre Bokn sør på øya og i sundet mellom Stong og Toftøy. Slike forekomster finnes særlig i områder med moderat til høy vannbevegelse, men beskyttet fra sterke bølger. Dette er saktevoksende alger som vanligvis finnes på sand-, mudder- eller grusbunn. Utbredelsen i Norge er lite kartlagt, men har ofte blitt oppdaget i forbindelse med skjellsandkartlegging. Bunn dekket med denne type kalkalger er gode habitat for mange virvelløse dyr som ulike muslinger, krepsdyr, børstemark og slangestjerner. Slike områder er derfor gode beiteområder for enkelte sjøfuglarter (eksempelvis ærfugl).



Figur 22. Større tareskogforekomster (markert med gul sirkel og rød skrift) i Tysvær og Bokn kommune.



Figur 23. Kalkalgeforekomster.

7.2.7 Akvakultur

Tabell 9 gir en oversikt over de akvakulturanleggene som pr. i dag finnes nærområdet til Kårstø. Anleggenes plassering og type er angitt i Figur 24. I tillegg til de anleggene som er angitt i denne oversikten er det også fra Marine Harvest sendt inn en konsesjonssøknad om etablering av et landbasert settefiskanlegg for laksefisk på Haugsneset på Kårstø (Tveranger m.fl. 2010, samt www.marineharvest.com).

Laksefisk

Reguleringene fra myndighetenes side for matfiskanlegg i sjø er basert på «maksimal tillatt biomasse» (MTB). For andre typer akvakulturaktiviteter er dette regulert på andre måter som f.eks. areal når det gjelder kamskjell i havbeite eller reguleringene kan være basert på utslippstillatelse for avløpsvann (landbaserte settefiskanlegg). For enkelthets skyld er det antallsbegrensningen som er presentert for settefiskanleggene ettersom det er den enheten som best beskriver kapasiteten til et gitt anlegg.

Det er totalt fire konsesjoner for merdbasert oppdrett av laksefisk i sjø (Figur 24): Tollaksholmen (3600 tonn), Kroholmen (780 tonn), Munkholmen (3120 tonn) og Lauplandsholmen (3600 tonn). Av disse fire konsesjonene er det bare tre som er i bruk pr. i dag – Kroholmen er ikke aktiv ifølge dataoversikten hos Fiskeridirektoratet. Dette er også bekreftet av konsesjonseier.

De landbaserte settefiskanleggene er også tatt med i oversikten siden de er avhengig av vannkvalitet i øvre vannlag i de nærliggende fjordområder i forbindelse med brønnbåttransport. Pr i dag finnes det to konsesjoner for landbasert settefiskproduksjon: Trosnavåg og Hognaland. Anleggene har en kapasitet på til sammen 7,5 millioner smolt. Anlegget på Trosnavåg har også kapasitet for noe produksjon av større settefisk (Frode Mathisen, Grieg Seafood, pers. komm.). I tillegg til disse etablerte anleggene har Marine Harvest Norway AS inne til behandling en søknad om ny konsesjonen for settefisk på lokaliteten Kårstø (se Tveranger m.fl. 2010). Anlegget vil dels anvende ferskvann i resirkuleringsanlegg, dels sjøvann i gjennomstrømningsanlegg. Ferskvannskilden er vann fra felles inntakssted med Gassco AS sitt inntakssted i Storavatnet, mens sjøvannskilden er oppvarmet kjølevann fra Kårstøanlegget samt eget sjøvannsinntak. Et slikt anlegg vil ha krav til god vannkvalitet, både i inntak og i nærområdet i forbindelse med brønnbåttransport.

Smoltstadiet hos laksefisk er et svært sårbart livsstadium ettersom den er i en omfattende fysiologisk omstilling fra et liv i ferskvann til et liv i sjøen med helt andre krav til ioneregulering. Så langt der er fiskehelsemessig forsvarlig går disse brønnbåtene med åpne brønner dvs. at vannkvaliteten fisken

opplever vil være den samme som i sjøen utenfor. Lukking av brønnene kan gjøres dersom det er særlige grunner til dette for eksempel at en må passere et område med sykdomsutbrudd. Dette er stressende for fisken, og en ønsker så langt som mulig å unngå lukking.



Figur 24. Kart over området med de mest aktuelle akvakulturlokalitetene. De røde symbolene angir konsesjoner for laksefisk (laks, regnbueørret), de blå er skalldyrkonsesjoner (blåskjell) og de fiolette er settefiskkonsesjoner for laksefisk (landbaserte anlegg). Kilde: Fiskeridirektoratet – karttjenester og registre over akvakulturlokaliteter og – tillatelser (www.fiskeridirektoratet.no).

Tabell 9. Oversikt over akvakulturanlegg med konsesjon i Kårstøområdet. Lokalitetsnummer og grunnleggende informasjon om hver konsesjon er gitt. Kilde: Fiskeridirektoratet.

Nr	Navn	Eier	Type	Art	Kapasitet
11444	Kroholmen	Grieg Seafood Rogaland	Matfisk sjø	Laks, Ørret, Regnbueørret	780 tonn
11453	Trosnavåg	Grieg Seafood Rogaland	Settefisk land	Laks, Ørret, Regnbueørret	5 000 000 stk (usikker)
11438	Lauplandsholmen	Grieg Seafood Rogaland	Matfisk sjø	Laks, Ørret, Regnbueørret	3600 tonn
12964	Hognaland	Grieg Seafood Rogaland	Settefisk land	Laks, Ørret, Regnbueørret	2 500 000 stk (usikker)
13629	Munkholmen	Marine Harvest Norway	Matfisk sjø	Laks, Ørret, Regnbueørret	3120 tonn
14297	Iglamy, Kårstø	Rogaland Shellfish AS	Land	Kamskjell, østers	2 tonn
17575	Tollaksholmen	Grieg Seafood Rogaland	Matfisk sjø	Laks, Ørret, Regnbueørret	3600 tonn
25715	Brattholmskjæret	Kvitsøy Edelskjell AS	Havbeite sjø	Kamskjell	286 DA
25716	Brattholmen SV	Kvitsøy Edelskjell AS	Havbeite sjø	Kamskjell	183 DA
25717	Nautøya	Kvitsøy Edelskjell AS	Havbeite sjø	Kamskjell	2205 DA

Andre arter

I tillegg til konsesjonene for laksefisk finnes det i området rundt Kårstø fire konsesjoner for skjelloppdrett (Figur 24, Tabell 9). Det omfatter et landbasert anlegg for kamskjellyngel som ligger inne på Kårstøområdet (Iglemyr) og baserer seg på kjølevann fra prosesseringsanlegget. Dette anlegget har ifølge eieren Rogaland Shellfish liten aktivitet pr. i dag.

I tillegg finnes det tre havbeiteanlegg for kamskjell (Brattholmskjæret, Brattholmen SV og Nautøya) som alle eies av Kvitsøy Edelskjell. Anleggene disponerer et areal på til sammen like under 3000 DA. Slike anlegg baserer seg vanligvis på landbasert yngelproduksjon og deretter et sjøbasert vekstanlegg før skjellene er klare til havbeite. I havbeitefasen settes skjellene ut på bunnområder med gjerder som beskyttelse (Mortensen m. fl. 2009).

Ifølge eieren Kvitsøy Edelskjell er det i dag minimal aktivitet på disse tre havbeitekonsesjonene. Dette skyldes hovedsakelig manglende tilgang på yngel (Bjarte Espevik, pers. medd.). En bør likevel ta aktiviteten med i betraktningen ettersom slik næringsaktivitet kan bli viktig framover, og fordi havbeiteanleggene ligger på bunnen på relativt grunne områder (typisk 10-25 meters dyp) og dermed kan bli påvirket av utslippsstoffer som blandes ned i vannet.

8. Konsekvensvurdering

8.1 Beregning av vektet miljøskade

8.1.1 Scenario S1

Scenariet omfatter uhellsutslipp av 120 tonn stabilisert kondensat fra området ved Kai 2. Utslippet vil gå direkte til sjøoverflata i løpet av 5 minutter. Dette er godt innenfor en halv tidevannsperiode, noe som betyr at kondensatet føres i én retning vekk fra utslippet. Med typiske strømhastigheter i overflaten på 15- 85 cm/sek vil utbredelsen av kondensatflaket være ca. 50 - 250 m enten østover eller vestover innen utslippet stanser.

Tetthet på stabilisert kondensat er lavere enn sjøvannets (726 kg/m^3) og det er lite blandbart med vann. Mesteparten av kondensatet holder seg på sjøoverflata rett etter utslipp. Etter hvert vil mye fordampe og noe blandes ned og løses ut i vannet. Det er derfor to mulige effekter forårsaket av restmengden som må bedømmes: virkninger av kondensat på overflaten og virkningen av kondensat nedblandet i vannmassene.

Vektet klassifisering av miljøkonsekvenser Av Scenario S1 er vist i Tabell 10. Det er sannsynligvis bare naturressursene på overflaten og i strandkanten som vil kunne komme i berøring med skadelige mengder kondensat. Vi har likevel konservativt regnet at alle naturressurser og friluftsområder innenfor influensområdet gitt i Figur 10 kan bli berørt, også de som er under overflata. De naturressursene som kan bli berørt av utslippet er i praksis sjøfugl og marine pattedyr, først og fremst på holmene øst av Falkeidflæet, men influensområdet overlapper også med områder for fiske. Restitusjonstiden forventes å være kort siden kondensat på overflaten og land forventes å ha kort levetid. Ingen registrerte friluftsområder ligger innenfor influensområdet.

Forskjellen i influensområdets utbredelse mellom vinter- og sommerperioden har ingen innflytelse verdien av skadeindikatorene.

Scenario 1 får en vektet miljøskadeverdi på 1,2 som klassifiseres i konsekvenskategori K2.

Tabell 10. Resultat av konsekvensklassifisering av Scenario S1 (120 tonn stabilisert kondensat sluppet til sjø fra kai 2)

Egenskap nr.	Skadeindikator	Konsekvens	Konsekvens-klasse	Vekt %	Konsekvensklasse vektet
1	Naturressurser, restitusjonstid	< 1 år	2	0,4	0,8
2	Berørte naturressurser (antall)	4	2	0,2	0,4
3	Størrelse på berørt område (km^2)	0,35	0	0,2	0
4	Antall berørte friluftsområder	0	0	0,1	0
5	Verdi av berørte friluftsområder	i.r. a)	0	0,1	0
				Sum	1,2
	Konsekvenskategori				K2

a) Ikke relevant

8.1.2 Scenario S2

Scenariet omfatter uhellsutslipp av 120 tonn nafta fra området ved Kai 1. Utslippet vil gå direkte til sjøoverflata i løpet av 5 minutter. Dette er godt innenfor en halv tidevannsperiode, noe som betyr at naftaen føres i én retning vekk fra utslippet. Med typiske strømhastigheter i overflaten på 15- 85 cm/sek vil utbredelsen av naftaflaket være ca. 50 – 250 m enten østover eller vestover innen utslippet stanser.

Vektet klassifisering av miljøkonsekvenser av Scenario S2 er vist i Tabell 11. Det er sannsynligvis bare naturressursene på overflaten og i strandkanten som vil kunne komme i berøring med skadelige mengder nafta. Vi har likevel konservativt regnet at alle naturressurser og friluftsområder innenfor influensområdet gitt i Figur 12 kan bli berørt, også de som er under overflata. De naturressursene som kan bli berørt av utslippet er som i Scenario S1 sjøfugl og marine pattedyr, først og fremst på holmene øst av Falkeidflæet, men influensområdet overlapper også med områder for fiske. Restitusjonstiden forventes å være noe kortere enn i Scenario 1 siden nafta på overflaten og land forventes å ha kortere levetid enn kondensatet. Ingen registrerte friluftsområder ligger innenfor influensområdet.

Forskjellen i influensområdets utbredelse mellom vinter- og sommerperioden har ingen innflytelse på verdien av skadeindikatorene.

Scenario 2 får en vektet miljøskadeverdi på 1,2 som klassifiseres i konsekvenskategori K2.

Tabell 11. Resultat av konsekvensklassifisering av Scenario S2 (120 tonn nafta sluppet til sjø fra kai 1)

Egenskap nr.	Skadeindikator	Konsekvens	Konsekvens-klasse	Vekt %	Konsekvensklasse vektet
1	Naturressurser, restitusjonstid	< 1 år	2	0,4	0,8
2	Berørte naturressurser (antall)	4	2	0,2	0,4
3	Størrelse på berørt område (km ²)	< 0,5	0	0,2	0
4	Antall berørte friluftsområder	0	0	0,1	0
5	Verdi av berørte friluftsområder	i.r. a)	0	0,1	0
				Sum	1,2
	Konsekvenskategori				K2

a) Ikke relevant

8.1.3 Scenario S3

Scenariet omfatter uhellsutslipp av 240 tonn stabilisert kondensat fra området ved Kai 2. Utslippet vil gå direkte til sjøoverflata i løpet av 10 minutter. Dette er godt innenfor en halv tidevannssperiode, noe som betyr at kondensatet føres i en retning vekk fra utslippet. Med typiske strømhastigheter i overflaten på 15- 85 cm/sek vil utbredelsen av kondensatflaket være ca. 100 - 500 m enten østover eller vestover innen utslippet stanser.

Vektet klassifisering av miljøkonsekvenser av Scenario S2 er vist i

Tabell 12. Det er sannsynligvis bare naturressursene på overflaten og i strandkanten som vil kunne komme i berøring med skadelige mengder kondensat. Vi har likevel konservativt regnet at alle naturressurser og friluftsområder innenfor influensområdet gitt i Figur 10 kan bli berørt, også de som er under overflata. De naturressursene som kan bli berørt av utslippet er som i Scenario S1 sjøfugl og marine pattedyr, først og fremst på holmene øst av Falkeidflæet, men influensområdet overlapper også med områder for fiske. Restitusjonstiden forventes å være kort siden kondensat på overflaten og land forventes å ha kort levetid. Ingen registrerte friluftsområder ligger innenfor influensområdet.

Forskjellen i influensområdets utbredelse mellom vinter- og sommerperioden har ingen innflytelse på verdien av skadeindikatorene.

Scenario 3 får en vektet miljøskadeverdi på 1,2 som klassifiseres i konsekvenskategori K2.

Tabell 12. Resultat av konsekvensklassifisering av Scenario S3 (240 tonn stabilisert kondensat sluppet til sjø fra kai 2)

Egenskap nr.	Skadeindikator	Konsekvens	Konsekvens-klasse	Vekt %	Konsekvensklasse vektet
1	Naturressurser, restitusjonstid	< 1 år	2	0,4	0,8
2	Berørte naturressurser (antall)	5	2	0,2	0,4
3	Størrelse på berørt område (km ²)	0,8	1	0,2	0,2
4	Antall berørte friluftsområder	0	0	0,1	0
5	Verdi av berørte friluftsområder	i.r. a)	0	0,1	0
				Sum	1,4
	Konsekvenskategori				K2

a) Ikke relevant

8.1.4 Scenario S4

Scenariet omfatter uhellsutslipp av 240 tonn nafta fra området ved Kai 1. Utslippet vil gå direkte til sjøoverflata i løpet av 10 minutter. Dette er godt innenfor en halv tidevannssperiode, noe som betyr at naftaen føres i én retning vekk fra utslippet. Med typiske strømhastigheter i overflaten på 15- 85 cm/sek vil utbredelsen av naftaflaket være ca. 100 - 500 m enten østover eller vestover innen utslippet stanser.

Vektet klassifisering av miljøkonsekvenser av Scenario S4 er vist i Tabell 13. Det er sannsynligvis bare naturressursene på overflaten og i strandkanten som vil kunne komme i berøring med skadelige mengder nafta. Vi har likevel konservativt regnet at alle naturressurser og friluftsområder innenfor influensområdet gitt i Figur 12 kan bli berørt, også de som er under overflata. De naturressursene som kan bli berørt av utslippet er som i Scenario S1 sjøfugl og marine pattedyr, først og fremst på holmene øst av Falkeidflæet, men influensområdet overlapper også med områder for fiske. Restitusjonstiden forventes å være noe kortere enn i Scenario 3 siden nafta på overflaten og land forventes å ha kortere levetid enn kondensatet. Ingen registrerte friluftsområder ligger innenfor influensområdet.

Forskjellen i influensområdets utbredelse mellom vinter- og sommerperioden har ingen innflytelse på verdien av skadeindikatorene.

Scenario 4 får en vektet miljøskadeverdi på 1,4 som klassifiseres i konsekvenskategori K2.

Tabell 13. Resultat av konsekvensklassifisering av Scenario S4 (240 tonn nafta sluppet til sjø fra kai 1)

Egenskap nr.	Skadeindikator	Konsekvens	Konsekvens-klasse	Vekt %	Konsekvensklasse vektet
1	Naturressurser, restitusjonstid	< 1 år	2	0,4	0,8
2	Berørte naturressurser (antall)	4	2	0,2	0,4
3	Størrelse på berørt område (km ²)	0,85	1	0,2	0,2
4	Antall berørte friluftsområder	0	0	0,1	0
5	Verdi av berørte friluftsområder	i.r. a)	0	0,1	0
				Sum	1,4
	Konsekvenskategori				K2

a) Ikke relevant

8.1.5 Scenario S5

Scenariet omfatter uhellsutslipp av 400 tonn bunkersolje fra et av kaiområdene grunnet utslipp fra skip. Utslipet vil gå direkte til sjøoverflata i løpet av 30 minutter. Dette er godt innenfor en halv tidevannsperiode, noe som betyr at oljen sannsynligvis føres i én retning vekk fra utslippet. Med typiske strømhastigheter i overflaten på 15- 85 cm/sek vil utbredelsen av oljen være ca. 0,3 – 1,5 km enten østover eller vestover innen utslippet stanser. I sommerperioden vil utbredelsen være mer østover.

Tetthet av bunkersoljen regnes å være omtrent som sjøvannets, kanskje litt lavere. Oljen er lite blandbar med vann. Løseligheten av oljen er for lav til å gi konsentrasjoner i vannet som er giftige (se kapittel 6.5.5). Det er derfor to mulige situasjoner som må bedømmes: virkninger av olje på overflaten og virkningen av strandet olje.

Vektet klassifisering av miljøkonsekvenser Scenario S5 er vist i Tabell 14. Arealet av influensområdet der det kan forekomme olje på sjøoverflata tykkere enn 1 mm, er ca. 25 km² (Figur 15).

Strandområdene som vil kunne få oljepåslag i mer enn 10 % av ulykkeshendelsene omkranses av et areal på ca. 27 km² (Figur 14), kanskje noe mindre i sommerperioden. Vi har derfor satt maksimalt influensområde til ca. 27 km². Strendene i området har variabel selvrensingsevne. I Frekasundet finnes steinstrender der oljen kan trenge ned og bli liggende lenge. På østsiden av Ognøy og Austre Bokn er tidevannsonen bred og med liten helning, og oljen kan spre seg over en større flate enn på den bratte vestsiden av holmene øst for Falkeidflæet. Bølgevasking på disse strendene regnes likevel som kraftig nok til at oppholdstiden vil være i størrelsesorden dager – uker. Total selvrensing regnes som noe bedre i sommerperioden enn vinterperioden. Det er mindre sannsynlig at Frekasundet og strendene øst på Ognøy og Austre Bokn får påslag. Holmene øst for Falkeidflæet kan få noe mer, men selvrensingsevnen vil være større på de bratte, vestvendte svabergene enn på strendene øst på Ognøy og Austre Bokn.

De naturressursene som kan bli berørt av utslippet er i praksis sjøfugl og marine pattedyr, først og fremst på holmene øst av Falkeidflæet, men influensområdet overlapper også med forekomster av tareskog, kalkalger og skjellsand, og områder for fiske. Ett registrert friluftsområde, Austerøy, ligger innenfor influensområdet på vinterstid og vil da kunne få påslag av olje i opp til 30 % av tilfellene. Skadeintensiteten regnes som moderat. Oljen vil også kunne nå inn til områdene for de tre havbeiteanleggene for kamskjell øst for Falkeidflæet, men sannsynligheten for at olje trenger ned i tilstrekkelig grad til å påvirke disse er liten. Vi har også valgt å inkludere merdanleggene øst for Stong (Munkholmen) og på Austre Bokn (Kroholmen) som mulig berørt selv om de ligger i utkanten av spredningsområdet for oljen.

Forskjellen i influensområdet utbredelse mellom vinter- og sommerperioden ansees ikke å ha innflytelse på verdien av skadeindikatorene.

Scenario 5 får en vektet miljøskadeverdi på 3.0 som ligger på grensen mellom konsekvenskategori K3 og K4.

Tabell 14. Resultat av konsekvensklassifisering av Scenario S5 (400 tonn bunkersolje sluppet til sjø fra et av kaiområdene)

Egenskap nr.	Skadeindikator	Konsekvens	Konsekvensklasse	Vekt %	Konsekvensklasse vektet
1	Naturressurser, restitusjonstid	1 – 3 år	3	0,4	1,2
2	Berørte naturressurser (antall)	18	5	0,2	1,0
3	Størrelse på berørt område (km ²)	27	3	0,2	0,6
4	Antall berørte friluftsområder	1	1	0,1	0,1
5	Verdi av berørte friluftsområder	lokal	1	0,1	0,1
				Sum	3,0
	Konsekvenskategori				K3

8.2 Klassifisering i konsekvenskategori

Konsekvenskategoriene for de ulike scenariene er sammenfattet i Tabell 15. Scenario S1 til S4 faller alle i kategori K2 – Moderate konsekvenser. Scenario S5 faller på grensen mellom kategori K3 (betydelige konsekvenser) og K4 (alvorlige konsekvenser). Vi har vurdert dette scenariet til å ligge i kategori K3 siden det er usikkert om de to inkluderte merdanleggene Munkholmen og Kroholmen ligger sånn til at det er sannsynlig at de vil kunne bli berørt. Klassifiseringen av utslippene av kondensat og olje samsvarer godt med den som ble gjort i forrige miljørisikoanalyse (DNV 2006) når man tar høyde for forskjeller i scenariene.

Tabell 15. Konsekvenskategori for de valgte scenariene.

Scenario	Miljøskadeverdi	Konsekvenskategori
S1	1,2	K2 Moderate konsekvenser
S2	1,2	K2 Moderate konsekvenser
S3	1,4	K2 Moderate konsekvenser
S4	1,4	K2 Moderate konsekvenser
S5	3,0	K3 Betydelige konsekvenser

9. Konklusjoner

Spredningsberegningene viser at sjøområdet hvor det er mer enn 30 % sannsynlighet for at et utslipp av kondensat, nafta og bunkersolje vil havne, stort sett er begrenset til, havneområdet på Kårstø, strendene på østsiden av Ognøy og Austre Bokn, Falkeidflæet, Årvikholmen-Gåsholmane, Brattholmen-Nautøya, Frekasundet, Ognasundet og et begrenset område østover fra Årviksundet. Dette sjøområdet vil være størst for et utslipp av bunkersolje og minst for nafta. Forskjellene skyldes ulike egenskaper mht. fordampning og nedblanding i vannmassene. Størrelsen på influensområdet varierer fra 0,35 km² for Scenario 1 til 27 km² for Scenario 5. Spredningsmodellering er gjort for en vintersituasjon. I sommersituasjonen vil influensområdene forskyve seg noe østover, men størrelsen på områdene forventes ikke å endre seg systematisk.

En vektet klassifisering av miljøkonsekvens er gjort på basis av fem miljøskadeindikatorer som dekker antall miljøressurser, restitusjonstid for disse, antall og verdi av friluftsområder i kontakt med utslippet samt størrelse på influensområdet. Spredningsmønsteret i sommerperioden ser ikke ut til å endre verdien av skadeindikatorerne i forhold til det som fremgår av vintersituasjonen. Analysen ga følgende konsekvenskategorier:

- Scenario S1: Utslipp av 120 tonn stabilisert kondensat i løpet av 5 minutter fra Kai 2: Moderate konsekvenser
- Scenario S2: Utslipp av 120 tonn nafta i løpet av 5 minutter fra Kai 1: Moderate konsekvenser
- Scenario S3: Utslipp av 240 tonn stabilisert kondensat i løpet av 10 minutter fra Kai 2: Moderate konsekvenser
- Scenario S4: Utslipp av 240 tonn nafta i løpet av 10 minutter fra Kai 1: Moderate konsekvenser
- Scenario S5: Utslipp av 400 tonn bunkersolje i løpet av 30 minutter fra en av kaiene: Betydelige konsekvenser

Hovedgrunnen til større konsekvens i Scenario S5 enn de andre scenariene var større utslippsvolum, klart større påvirket sjøareal og langsommere nedbrytning etter utslipp.

10. Litteratur

- Bakke, T., N.W. Green, I. Haugen, K. Kvalvågnes & A. Pedersen, 1984. Petrokjemianlegg på Kårstø. Fastsittende alger og dyr. Undersøkelser 1981 - 1983. NIVA Rapport, L-1602. 166 s.
- Børresen JA, 1993. Olje på havet, Ad Notam Gyldendal, Oslo
- Craddoc, DR. 1977. Acute toxic effects of petroleum on arctic and subarctic marine organisms. Pp 1-29 in DC Malin (Ed). Effects of petroleum on arctic and subarctic marine environments and organisms, Vol 2. Academic Press, NY.
- DNV 2006. Statoil – Kårstø. Total risikoanalyse. Vedlegg K – Miljørisikoanalyse. Uhells- og operasjonelle utslipp. Det norske Veritas rapport 2006-0340.
- European Chemicals Bureau; IUCLID Dataset, 2-Methylbutane (78-78-4) (2000 CD-ROM edition). Available from, as of October 13, 2006.
- Johnsen, S., Frost, T. K., Hjeldsvold, M. og Utvik, T. R., 2000. The Environmental Impact factor – A proposed tool for produced water impact reduction, management and regulation. SPE 61178. Society of petroleum engineers.
- Mackay, D. 1985. The physical and chemical fate of spilled oil. Pp 3-61 in Engelhardt FR (Ed) Petroleum effects in the arctic environment, Elsevier, London
- Mortensen, S., A. Duinker, og Ø. Strand. 2009. Kyst og Habruk 2009. Kapittel 3 s. 133-134. Kystressurser. Havforskningsinstituttet.
- Pedersen A & N. W. Green. 1996. Gas condensate from the Sleipner platform at Kårstø. Monitoring of the marine environment – Hard bottoms 1995 - 1996. NIVA-report 3585/96. 165 pp. (In Norwegian).
- Pedersen, A., T. Bakke, B. Rygg & N.W. Green, 1990b. Biologiske undersøkelser av den marine resipienten ved Kårstø. Sammenfatning 1981 - 1989. NIVA Rapport L-2440.
- SINTEF, 2002: Sleipner kondensat. Vurdering av forvitringsegenskaper og vannløselighet og giftighet. SINTEF Rapport nr. STF66 F02063.
- Statoil (2003). Akseptkriterier for ytre miljø ved Statoil Kårstø. Arbeidsprosesskrav. Dokument WR1893, Versjon 1.
- Statoil (2013). Metocean Design Basis. Statoil Governing Document TR 2080, Final Ver. Valid from 2006-04-03 (ufullstendig versjon mottatt fra Scandpower august 2013).
- Tveranger, B, B. A. Hellen og A.H. Staveland. 2010. Dokumentasjonsvedlegg til søknad om ny settefiskkonsesjon for Marine Harvest Norway AS på Kårstø i Tysvær kommune. Rådgivende Biologer Rapport nr. 1395. ISBN 978-82-7658-820-0 (36 sider).
- Verschueren, K. 2001. Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals. Volumes 1-2. 4th ed. John Wiley & Sons. New York, NY. 2001, p. 1221]
- Villanueva R. D.; Montano M. N. E.; Yap H. T. 2008. Effects of natural gas condensate - water accommodated fraction on coral larvae. MARINE POLLUTION BULLETIN Volume: 56 Issue: 8 Pages: 1422-1428
- Villanueva R. D.; Yap H. T.; Montano M. N. E. 2011. Reproductive effects of the water-accommodated fraction of a natural gas condensate in the Indo-Pacific reef-building coral *Pocillopora damicornis*. ECOTOXICOLOGY AND ENVIRONMENTAL SAFETY Volume: 74 Issue: 8
- Walday, M., Moy, F. og Tveiten, L. 2004. Undersøkelser av marine hardbunnsorganismer i området utenfor Kårstø gassprosesseringsanlegg 2002 og 2003. NIVA-rapport Lnr. 4807-2004.
- Wallen IE, Greer WC, Lasater R; Sewage Ind Wastes 29 (6): 695-711 (1957).
- Wells PG, & Percy JA, 1985. Effects of oil on arctic invertebrates. Pp 101-156 in Engelhardt FR (Ed) Petroleum effects in the arctic environment. Elsevier London.

Vedlegg A. Description of GEMSS

Impact assessment was performed using the Generalized Environmental Modeling System for Surface Waters (GEMSS). GEMSS[®] is an integrated system of 3-D hydrodynamic and transport models embedded in a geographic information and environmental data system. GEMSS includes a grid generator and editor, control file generator, 2-D and 3-D post processing viewers, and an animation tool.

GEMSS Background

Developed in the mid-1980s as a hydrodynamic platform for transport and fate modeling the hydrodynamic platform (“kernel”) provides 3-D flow fields from which the distribution of various constituents can be computed. The constituent transport and fate computations are grouped into modules including hydrodynamics, thermal analysis, water quality, sediment transport, particle tracking, oil and chemical spills (the Chemical/Oil Spill Impact Module-COSIM, (Kolluru, 1993), sediment transport module-GIFT (Kolluru et al., 1998), entrainment, and toxics.

The theoretical basis of the hydrodynamic kernel of GEMSS is the three-dimensional Generalized, Longitudinal-Lateral-Vertical Hydrodynamic and Transport (GLLVHT) model which was first presented in Edinger and Buchak (1980 and 1985). Improvements to the transport scheme, addition of new constituent modules, and the incorporation of software tools, GIS interoperability, visualization tools, graphical user interface (GUI), and the post-processors have been developed by Kolluru et al. (1999, 2003 and 2006).

GEMSS and its component modules have met agency approval in North American and Middle Eastern countries. GEMSS-based studies have been accepted by the U.S. Environmental Protection Agency (EPA), several U.S. state agencies including California, Massachusetts, Pennsylvania, Louisiana, Texas and Delaware and Washington State’s Department of Ecology has adopted GEMSS as their standard tool for estuarine and water quality modeling. Outside the U.S., GEMSS and its various software modules have also been approved by agencies in the Bahamas, Qatar, India, and Canada. Most recently GEMSS has been published as a recommended three-dimensional hydrodynamic and water quality model in studies funded by EPA, (HGL and Aqua Terra, 1999) and by the Water Environment Research Foundation (WERF), (Water Environment Federation 2001). It is the sole hydrodynamic model listed in the WERF model selection tool database for hydrodynamic and chemical fate models that can do 1-D, 2-D, and 3-D time-variable modeling for most waterbody types, all state variables, for near-field and far-field simulations, with GUIs, grid generation, GIS linkage, and strong documentation.

Chemical and Oil Spill Model: GEMSS-COSIM

COSIM is a three-dimensional chemical and oil spill model. The model operates both in Lagrangian and Eulerian frameworks. In the Lagrangian framework, the oil/chemical on the surface and in the water column is represented by a series of particles. The particles are advected in x-, y- and z-directions due to the combined action of tides, winds and density forcing, (Spaulding et al. 1993). The particles are diffused using 3-D random walk method in x-, y- and z-directions, (Bear and Verruijt 1987). The spatial and temporal variation of hydrodynamic currents, salinity and temperature can be obtained from GEMSS-HDM (Hydrodynamic Module) or directly from observed currents data. The Eulerian framework follows the scheme provided in the TOXI5 model of the U.S. EPA, (WASP 2006) and it can be run simultaneously with GEMSS-HDM to obtain potential toxic concentrations in the water column. The entrainment of potential toxic substances from the oil/chemical on the surface and into the water column is supplied as time and spatially variant sources in the transport equation solved in GEMSS-HDM.

The transport and fate processes are modeled using different types of algorithms based on currently available literature on oil and chemical spill modeling, (ASCE 1996). The model includes four sub-models depending on the specific project needs and the level of complexity involved in a typical spill impact study. They are listed in Table 1.

The spill model is designed to handle either single chemical or oil with multi component fractions. In the present study, the spill of oil was assumed to have both gas and liquid fractions while diesel was assumed to have only liquid fractions. COSIM can simulate both liquid and gas components of the spill constituent. The model keeps track of number of moles available in each fraction with time after going through a series of weathering processes. The model writes output data for the particles on the surface and sub-surface and concentrations of each fraction in the water column for user specified output times and intervals. The concentrations are computed in a dynamic plume cubical grid that changes with time and extent of the plume. This approach provides a better estimate of concentration peak values than Eulerian where the grid sizes are fixed in time. COSIM can perform simultaneous mass balances for a full suite of specific chemicals or groupings of chemicals with similar properties. This feature enables greater modeling precision by applying chemical specific rates for parameters such as solubility, evaporation, solids partitioning, and toxicological response estimates. The model also includes the bubble plume development due to the release of gas-liquid mixture from the seabed due to oil well blowouts. The bubble plume configuration is shown in Figure 1. The plume interaction with the water surface is shown in Figure 2. A detailed description of gas bubble plume modeling is described in Kolluru 1996.

GEMSS-COSIM and its various sub models have been applied successfully both in hindcast, (Fichera et al., 2001 and 2003), and stochastic mode, (ERM, 2002a and 2002b). It is currently being applied for spill impact studies off the coast of Western Australia.

Table A1 Models available in GEMSS-COSIM

Model Type	Purpose
Trajectory	Quick estimation of spill transport Does not include the fate analysis of the spill
Trajectory and Fate	Transport and fate analysis with good forcing data (e.g. winds, tides, currents and waves) Water column is lumped as one component and there is no spatial and temporal variation of spill concentrations or mass
Subsurface	Similar to the previous sub-model Includes complete subsurface modeling that predicts the fate and transport of the spill in the water column Computes time and spatial variation of toxic concentrations in the water column
Stochastic	Similar to subsurface sub-model Includes complete tidal currents Computes wind transition matrix using long term wind records Performs many simulations with wind record changing with time for each simulation
Receptor	Running trajectory model in the reverse mode to identify the possible spill sources
Response	Running trajectory model along with application of mechanical response devices such as booms, skimmers, burning, chemical dispersion etc for emergency response

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no