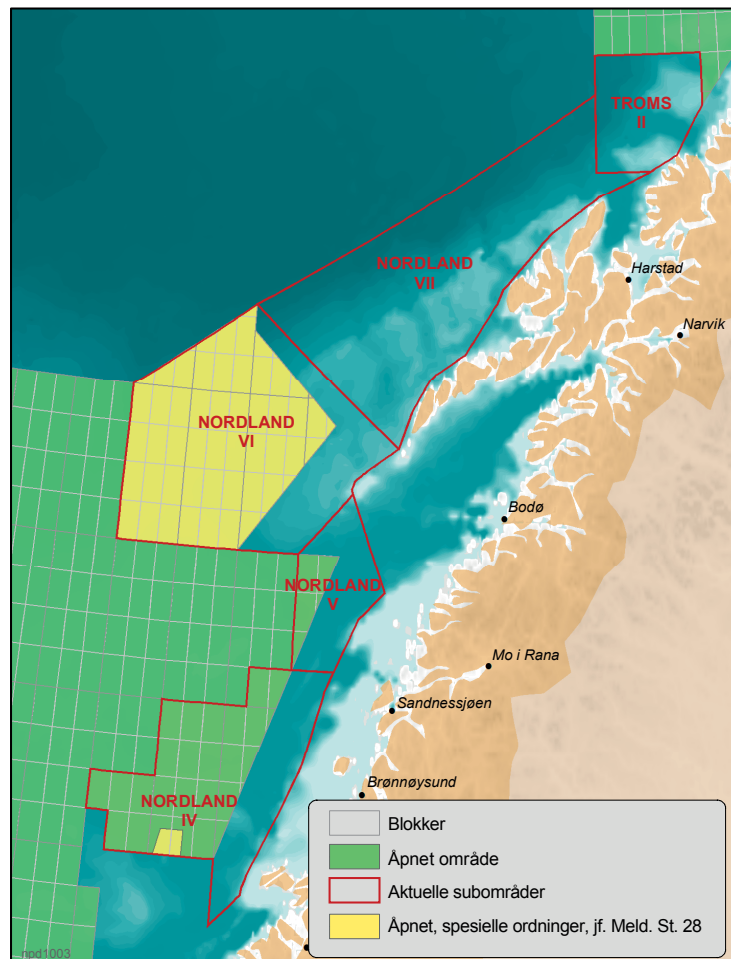




Oljedriftsmodellering og analyse av gassutblåsning i det nordøstlige Norskehvaet

Kunnskapsinnhenting for det nordøstlige Norskehavet
Utarbeidet på oppdrag fra Olje- og energidepartementet



Innledning ved Olje- og energidepartementet

Kunnskapsinnhenting om virkninger av petroleumsvirksomhet i det nordøstlige Norskehavet

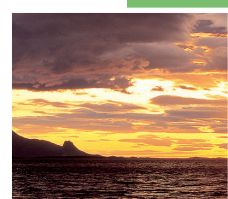
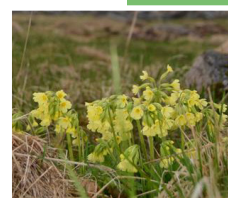
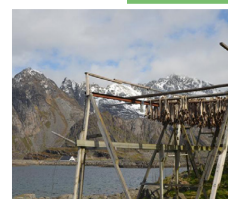
Olje- og energidepartementet gjennomfører nå kunnskapsinnhenting om virkninger av petroleumsvirksomhet i områder i det nordøstlige Norskehavet som ikke er åpnet for petroleumsvirksomhet. Arbeidet følger av Stortingets behandling av Meld. St. 10 (2010-2011) Oppdatering av forvaltningsplanen for det marine miljø i Barentshavet og havområdene utenfor Lofoten.

Temaene for kunnskapsinnhenting er fastsatt etter innspill fra lokale og regionale myndigheter samt sektormyndigheter, fagmiljøer og andre berørte parter. Det er utarbeidet et program for kunnskapsinnhenting som er tilgjengelig på departementets nettside, se: <http://www.regjeringen.no/nb/dep/oed/aktuelt/nyheter/2012/kunnskapsinnhenting.html?id=696281>

Denne rapporten er en av flere faglige utredningsrapporter som belyser ulike tema i kunnskapsinnhenting. Rapporten er laget på oppdrag for Olje- og energidepartementet, men utrederen står selv inne for det faglige innholdet.

Olje- og energidepartementet vil legge frem resultatene fra kunnskapsinnhenting i en sammenstillingsrapport. Det vil bli gitt anledning til å kommentere på den faglige sammenstillingsrapporten i løpet av vinteren 2012/2013.

Kunnskapen som hentes inn, skal kunne brukes i en eventuell senere konsekvensutredning etter petroleumsloven. En slik konsekvensutredning vil være en del av en åpningsprosess som har til hensikt å utrede det faglige grunnlaget for Stortingets beslutning om åpning av et område for petroleumsvirksomhet. Kunnskapen skal også kunne brukes i neste oppdatering av forvaltningsplan for Barentshavet - Lofoten.





DET NORSKE VERITAS

Rapport

**Oljedriftsmodellering og analyse av
gassutblåsning i Nordområdene -
Norskehavet Nordøst**

Olje- og energidepartementet

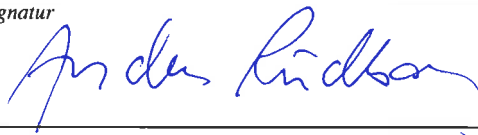
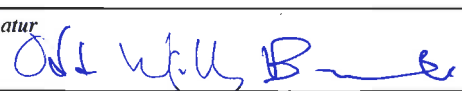
Rapportnr./DNV Referansenr.: 2012-1244/14GFQEE-10
Rev. 00, 2012-11-09

Oljedriftsmodellering og analyse av gassutblåsning i Nordområdene - Norskehavet Nordøst	DET NORSKE VERITAS AS P.O.Box 300 1322 Høvik, Norway Tlf: +47 67 57 99 00 Faks: +47 67 57 99 11 http://www.dnv.com Org. nr.:
Oppdragsgiver: Olje- og energidepartementet Postboks 8148 Dep 0033 OSLO Norway	
Oppdragsgivers referanse: Steinar Nesse	

Dato for første utgivelse:	2012-11-09	Prosjektnr.:	PP039868
Rapportnr.:	2012-1245	Organisasjonsenhet:	BDL Environmental Risk Management
Revisjon nr.:	00	Emnegruppe:	Oljedrift

Sammendrag:

I forbindelse med at Olje- og energidepartementet (OED) skal gjennomføre kunnskapsinnhenting om virkninger av petroleumsvirksomhet i uåpnede deler av Nordland IV, V, VI, VII og Troms II, har Det Norske Veritas (DNV) utført oljedriftsmodelleringer for definerte utslippsscenarioer med SINTEFs OSCAR modell. DNV har også gjennomført en faglig vurdering av hvordan en tenkt gassutblåsning vil oppføre seg og spres i vannsøylen, fra gassen kommer ut i vannet til den når overflaten. Det er gjennomført oljedriftsmodelleringer for 10 lokasjoner i Norskehavet nordøst med Svaleoljen. For to av lokasjonene er det i tillegg modellert med Huldrakondensat. Det er modellert 18 utslippsscenarioer per lokasjon, 3 utslippsrater og 3 varigheter for både overflate- og sjøbunnsutblåsning. Området er preget av nordgående strømmer, hvor den norske kyststrømmen er dominerende og influensområdene etter statistiske oljedriftberegninger bærer preg av dette. Strømdata fra perioden 1998-2005 med 4x4 km oppløsning er anvendt i modelleringen sammen med historiske vinddata.

Utarbeidet av:	Navn og tittel Anders Rudberg (Principal Specialist) Linn Marie Pickard Dana Medukhanova Odd Willy Brude	Signatur 
Verifisert av: <i>for</i>	Navn og tittel Harald Bjarne Tvedt Principal Consultant	Signatur 
Godkjent av:	Navn og tittel Odd Willy Brude Business Manager	Signatur 

☒	Ingen distribusjon uten tillatelse fra oppdragsgiver eller ansvarlig organisasjonsenhet, men fri distribusjon innen DNV etter 3 år	Indekseringstermer	
☐	Ingen distribusjon uten tillatelse fra oppdragsgiver eller ansvarlig organisasjonsenhet	Nøkkelord	Norskehavet, OSCAR, Svaleolje, Huldrakondensat
☐	Strengt konfidensiell	Service-område	
☐	Fri distribusjon	Markeds-segment	

Revisjon nr. / Dato:	Årsak for utgivelse:	Utarbeidet av:	Godkjent av:	Verifisert av:



Innholdsfortegnelse

KONKLUDERENDE SAMMENDRAG.....	3
1 INNLEDNING	4
2 SCENARIER OG INPUT FOR OLJEDRIFTSMODELLERING.....	6
2.1 Lokasjoner.....	6
2.2 Utblåsningsrater og – varigheter	7
2.2.1 Utledning av sannsynlighetsfordeling på ratene.....	8
2.3 Oljetyper.....	9
2.4 Fysisk miljø.....	10
3 METODE FOR OLJEDRIFT	11
3.1 Oljedriftsmodellen OSCAR	11
4 RESULTATER SPREDNINGSBEREGNINGER.....	13
4.1 Enkeltsimuleringer og influensområder	13
4.2 Strandingsstatistikk	24
4.3 Influensområder – havoverflate	28
4.3.1 Influensområder – treffsannsynlighet for oljemengder over 1 tonn	28
4.3.2 Influensområder – treffsannsynlighet for ulike oljemengder	53
5 SPREDNING AV GASS FRA UNDERVANNSUTSLIPP	66
5.1 Beregning	67
5.2 Metode.....	68
6 REFERANSER	70
Vedlegg 1 USIKKERHETER OG BETYDNINGEN AV INNGANGSDATA I OSCAR- MODELLERINGER	
Vedlegg 2 FLERE ENKELTSIMULERINGER	



KONKLUDERENDE SAMMENDRAG

I forbindelse med at Olje- og energidepartementet (OED) skal gjennomføre kunnskapsinnhenting om virkninger av petroleumsvirksomhet i uåpnede deler av Nordland IV, V, VI, VII og Troms II, har Det Norske Veritas (DNV) utført oljedriftsmodelleringer for definerte utslippsscenarioer med SINTEFs OSCAR modell. DNV har også gjennomført en faglig vurdering av hvordan en tenkt gassutblåsning vil oppføre seg og spres i vannsøylen, fra gassen kommer ut i vannet til den når overflaten.

Det er gjennomført oljedriftsmodelleringer for 10 lokasjoner i det nordøstlige Norskehavet med Svaleoljen. For to av lokasjonene er det i tillegg modellert med Huldrakondensat. Det er modellert 18 utslippsscenarioer per lokasjon, 3 utslippsrater og 3 varigheter for både overflate- og sjøbunnsutblåsning.

Området er preget av nordgående strømmer, hvor den norske kyststrømmen er dominerende og influensområdene etter statistiske oljedriftberegninger bærer preg av dette. Strømdata fra perioden 1998-2005 med 4×4 km oppløsning er anvendt i modelleringen sammen med historiske vinddata. Den høye horisontale oppløsningen på strømdataene (sammenlignet med tidligere studier) gir en bedre beskrivelse av strømforholdene i dette havområdet.

De statistiske resultatene viser at influensområdene berører store deler av kysten i nord og nordøstlig retning av de enkelte lokasjonene. Et (vektet) influensområde er i denne sammenheng definert som sannsynlighet for treff av olje over 5 % basert på alle rater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter. For de sørligste lokasjonene, Nordland IV, V og VI strekker influensområdene seg inn i Vestfjorden og i noen tilfeller opp til Sørøya. Lokasjonen N-O9 i Nordland VI ligger lengst ut i havet. Influensområdet går ikke inn i Vestfjorden, men strekker seg nesten til Nordkinnhalvøya. For lokasjonene i Nordland VII og Troms II berører influensområdene i østlig retning kysten helt opp til den russiske grensen og mot nord under 100 km fra sørspissen av Spitsbergen (N-O6). Resultatene fra modelleringen med Huldrakondensatet viser mindre utstrekning av influensområdene.

For området Nordland IV viser strandingsresultatene at forventet oljemengde til kyst- og strandsone for N-O15 er 387 tonn (70 tonn med Huldrakondensatet), mens for lokasjonene N-L2 og N-L1 er tilsvarende tall hhv. 547 og 516 tonn olje. Forventet ankomsttid (tid siden start av utslippet) til kyst- og strandsone er for N-O15 2,4 døgn (2,6 døgn med Huldrakondensatet), N-L2 2,7 døgn og N-L1 2,6 døgn.

For området Nordland V viser strandingsresultatene at forventet oljemengde til kyst- og strandsone for N-O14 er 1047 tonn. Forventet ankomsttid til kyst- og strandsone for N-O14 er 3,7 døgn.

For området Nordland VI viser strandingsresultatene at forventet oljemengde til kyst- og strandsone for N-O13 er 760 tonn, mens for lokasjonene N-O9 og N-L3 er tilsvarende tall hhv. 65 og 1272 tonn olje. Forventet ankomsttid til kyst- og strandsone er for N-O13 5,5 døgn, N-O9 15 døgn og N-L3 7 døgn.

For området Nordland VII viser strandingsresultatene at forventet oljemengde til kyst- og strandsone for N-O8 er 2301 tonn (586 tonn med Huldrakondensatet), mens for lokasjonen N-O6 er forventet strandingsmengde 1082 tonn olje. Forventet ankomsttid til kyst- og strandsone er for N-O8 2,3 døgn (2,2 døgn med Huldrakondensatet) og 5 døgn for lokasjon N-O6.

For området Troms II viser strandingsresultatene at forventet oljemengde til kyst- og strandsone for N-O1 er 1707 tonn. Forventet ankomsttid til kyst- og strandsone for N-O1 er 2,9 døgn.

1 INNLEDNING

Olje- og Energidepartementet (OED) skal gjennomføre kunnskapsinnhenting (KI) om virkninger av petroleumsvirksomhet i uåpnede deler av Nordland IV, V, VI, VII og Troms II (det nordøstlige Norskehavet).

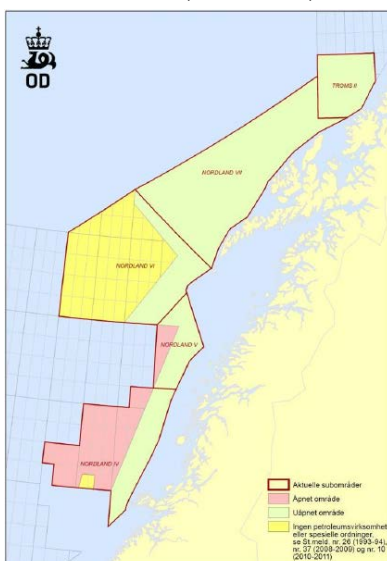
På bakgrunn av dette har OED inngått en avtale med Det Norske Veritas (DNV) om levering av oljedriftsmodelleringer i forbindelse med kunnskapsinnhenting.

DNV har utført statistiske oljedriftsmodelleringer samt modellering av utvalgte enkeltsimuleringer for definerte utslippsscenarier for KI-prosessen. Et utslippsscenario er definert som et tenkt olje/kondensatutslipp fra én geografisk lokasjon, overflate- og sjøbunnsutslipp, én olje eller kondensattype for 3 utslippsrater og 3 utslippsvarigheter.

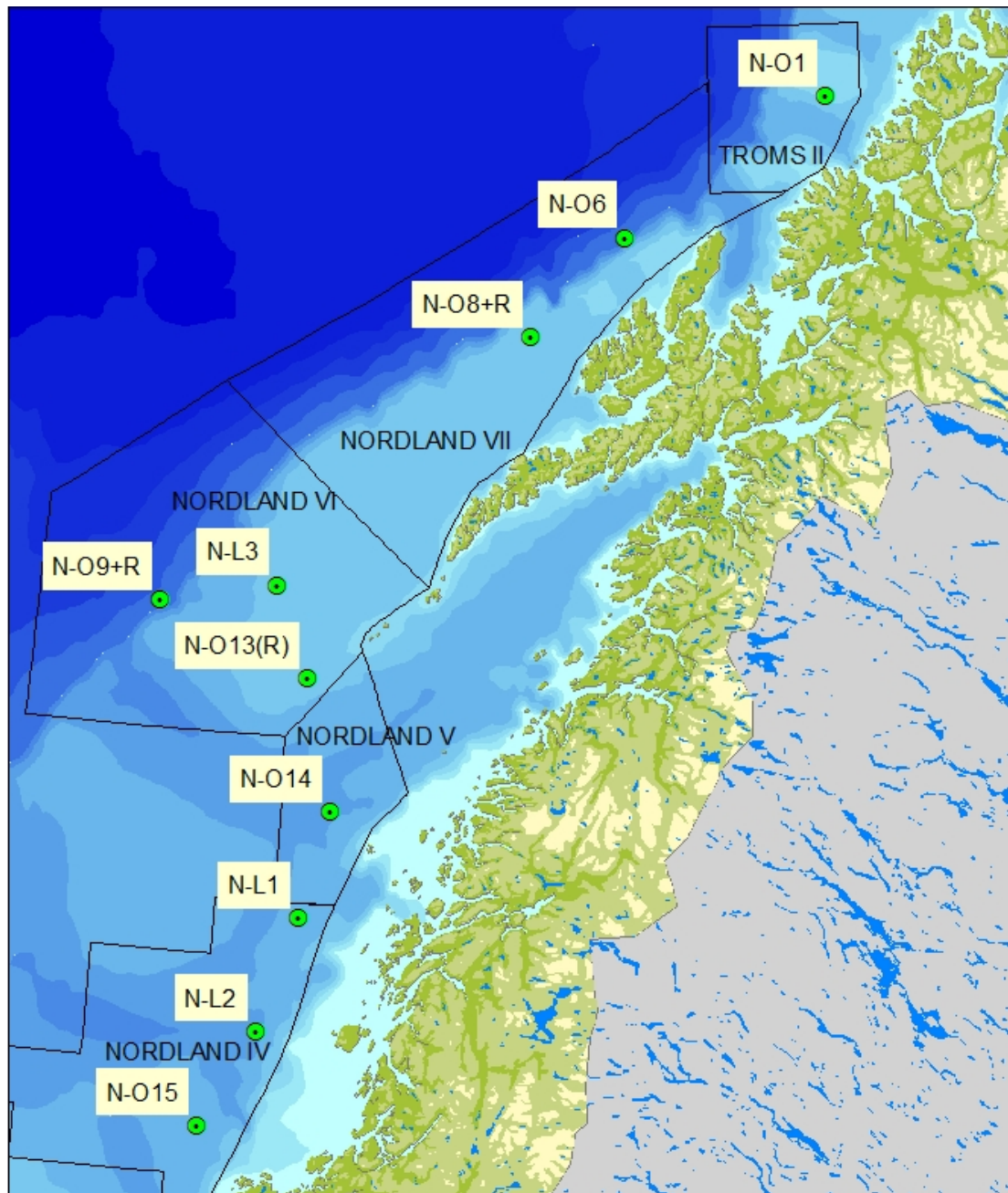
DNV har også gjennomført en faglig vurdering av hvordan en tenkt gassutblåsning vil oppføre seg og spres i vannsøylen, fra gassen kommer ut i vannet til den når overflaten.

Delområdene er illustrert i Figur 1-1, mens de spesifikke lokasjonene som er modellert er illustrert i Figur 1-2. Oljedriftsmodelleringene av akuttutslipp er viktig input til miljørisikoanalysen, DNV rapport 2012-1312, og oljevernberedskapsanalysen, DNV rapport 2012-1333.

Kontinentalsokkelen utenfor Nordland VI, VII og Troms II er smal og under 20 km enkelte steder, og havdypet går ned til om lag 400 meter. Utenfor kontinentalsokkelen stuper havbunnen ned til dypvannsslettene på over 2500 meter under havoverflaten. Både Nordland VI og VII har markante grunnfjellsrygger. Mellom disse er det bassenger av sedimentære bergarter. Den mest markante ryggen er Lofotryggen. Mellom Lofotryggen og fastlandet ligger Vestfjordbassenget, mens i vest og nord ligger henholdsvis Ribbebassenget og Harstadbassenget, der flere prospekter er identifisert (OD 2012).



Figur 1-1 Delområdene Nordland IV, Nordland V, Nordland VI, Nordland VII og Troms II (OD 2012).



-  Modellerte lokasjoner Norskehavet nordøst
-  Petroleumsområder

Figur 1-2 Lokalisering av utslippspunkter i det nordøstlige Norskehavet. Lokasjon N-O8 og N-O15 er modellert både for olje og kondensat. Lokasjon N-O8, N-O9 og N-O13 var inkludert i Risikogruppens arbeid fra 2010 (R).



2 SCENARIER OG INPUT FOR OLJEDRIFTSMODELLERING

2.1 Lokasjoner

Geografisk posisjon og avstand til land til de modellerte lokasjonene er angitt i Tabell 2-1 sammen med havdyp på lokasjonene og modellert fluid. Det er modellert for 7 ulike mulige feltlokasjoner (O-) og 3 letelokasjoner (L-). To av feltlokasjonene er modellert med både olje (Svale) og kondensat (Huldra), henholdsvis N-O8 og N-O15, mens de resterende kun er modellert med olje som utslippsfluid.

Tabell 2-1 Modellerte lokasjoner med tilhørende havdyp. O= olje/gassfelt, L=letebrønn (R=fra Risikogruppens arbeid i 2010)

Felt/ letebrønn	Geografiske koordinater		Omtrentlig havadyp (m)	Oljetype	Leteområde
	N	E			
N-O1	69° 55'	17° 34'	-100	Svale	Troms II
N-O6	69° 18'	14° 55'	-1000	Svale	Nordland VII
N-O8 (R)	68° 40'12''	13° 54'	-90	Svale og Huldra	Nordland VII
N-O9 (R)	68° 38'24''	09° 9'36''	-1238	Svale	Nordland VI
N-O13 (R)	67° 16'12''	11° 13'12''	-156	Svale	Nordland VI
N-O14	66° 40'	11° 35'	-300	Svale	Nordland V
N-O15	65° 13'	10° 20'	-200	Svale og Huldra	Nordland IV
N-L1	66° 11'	11° 18'	-300	Svale	Nordland IV
N-L2	65° 39'	10° 54'	-300	Svale	Nordland IV
N-L3	67° 40' 27''	10° 48' 51''	-200	Svale	Nordland VI

Tabell 2-2 Avstander (km) fra de ulike lokasjonene til land

Felt/letebrønn	Kyst	Sted
N-O1	27	Tromsø
N-O6	31	Øksnes
N-O8	28	Bø
N-O9	106	Røst
N-O13	36	Røst
N-O14	24	Træna
N-O15	33	Vikna
N-L1	35	Herøy
N-L2	37	Vega
N-L3	51	Røst

2.2 Utblåsningsrater og – varigheter

Oljedirektoratet har pekt på en rekke prospekter i utredningsområdet, og har i sine fremtidsbilder definert lokaliteter for felt (produksjon). I denne analysen er det modellert oljedrift også fra flere punkter. Videre er det i enkelte tilfeller hvor Oljedirektoratet antar størst sannsynlighet for funn av gass, modellert utslipp av oljeutslipp. Flere av de modellerte lokasjonene er av Oljedirektoratet, basert på dagens kunnskap, vurdert som geologisk lite relevant og sannsynligheten for funn av petroleum er svært lav. Den valgte tilnærmingen gir bredere geografisk dekning, og utgjør et konservativt utgangspunkt for å vurdere miljøutfordringer.

To punkter for leteboring er lagt inn for å belyse mulige miljøutfordringer kystnært i Nordland IV. Et par punkter er også foreslått for modellering av kondensatutslipp, for å ivareta særskilte utfordringer relatert til fiskeegg/-larver.

Oljedirektoratet har utarbeidet et sett med forutsetninger for rater, oljetyper og gass/olje-forhold basert på dagens kunnskap om geologien i de enkelte områdene. Det er også gjort en sannsynlighetsvurdering av ratene (se avsnitt 2.2.1). Dette legges til grunn i oljedriftsmodelleringen som blant annet danner grunnlaget for konsekvens- og miljørisikoanalysen. Rate- og varighetsmatrise for hvert område er angitt i Tabell 2-3 til Tabell 2-5.

For Nordland IV forventes reservoar i bergarter av trias eller perm alder. Disse har dårligere reservoaregenskaper enn reservoar i jura alder, som forventes i Nordland V. Ratene for Nordland IV er derfor lavere.

Tabell 2-3 Rate- og varighetsmatrise for Nordland IV

Utslippssted	Sannsynlighetsfordeling (%) overflate/sjøbunn	Rater (Sm ³ /døgn)	Varigheter (døgn) og sannsynlighetsfordeling (%)			Rate-sannsynlighet (%)
			2	15	50	
Overflate	0,7	250	55	38	7	0,205
		750				0,590
		1500				0,205
Sjøbunn	0,3	250	42	38	20	0,205
		750				0,590
		1500				0,205

Tabell 2-4 Rate- og varighetsmatrise for Nordland V

Utslippssted	Sannsynlighetsfordeling (%) overflate/sjøbunn	Rater (Sm ³ /døgn)	Varigheter (døgn) og sannsynlighetsfordeling (%)			Rate-sannsynlighet (%)
			2	15	50	
Overflate	0,7	1000	55	38	7	0,205
		2000				0,590
		4000				0,205
Sjøbunn	0,3	1000	42	38	20	0,205
		2000				0,590
		4000				0,205

Tabell 2-5 Rate- og varighetsmatrise for Nordland VI, VII og Troms II

Utslippssted	Sannsynlighetsfordeling (%) overflate/sjøbunn	Rater (Sm ³ /døgn)	Varigheter (døgn) og sannsynlighetsfordeling (%)			Rate-sannsynlighet (%)
			2	15	50	
Overflate	0,7	1500	55	38	7	0,205
		3000				0,590
		4500				0,205
Sjøbunn	0,3	1500	42	38	20	0,205
		3000				0,590
		4500				0,205

2.2.1 Utleddning av sannsynlighetsfordeling på ratene

Basert på Oljedirektoratets kartlegging og geologiske kunnskap om området er følgende sannsynlighetsvurdering lagt til grunn: p95 – 250, p50 – 750 og p05 – 1500 Sm³/døgn. Det forventes således at ratene med 95 % sannsynlighet vil ligge på nivå 250 Sm³/døgn eller høyere, med 50 % sannsynlighet at ratene vil ligge på nivå 750 Sm³/døgn eller høyere, og kun med 5 % sannsynlighet vil ratene ligge på nivå 1500 Sm³/døgn eller høyere. DNV har forutsatt en normalfordeling for å utlede en sannsynlighetsfordeling mellom ratene. Tilnærmingen er angitt i Tabell 2-6 for ratene i Nordland IV. Det antas således at laveste rate skal favne alle rater som ligger lavere enn denne, og opp til en eventuell rate på 500 Sm³/døgn (for Nordland IV). Tilsvarende antas det at midterste rate favner alle rater ned til 500 Sm³/døgn og opp til 1000 Sm³/døgn, mens høyeste rate favner alle rater fra 1000 Sm³/døgn. Laveste rate for således sannsynlighet 20,5 %, midterste rate får sannsynlighet på 59 %, mens høyeste rate får sannsynlighet 20,5 %. Denne sannsynlighetsfordelingen er benyttet for alle lokasjoner.

Tabell 2-6 Kumulativ fordeling av ratene (gitt at mulige rater er normalfordelt), med tilhørende sannsynlighetsfordeling

Kumulativ fordeling	Rate (Sm ³ /døgn)	Sannsynlighet for modellert rate
5,0 %	250	20,5 %
20,5 %	500	
50,0 %	750	59,0 %
70,8 %	1000	
79,5 %	1125	20,5 %
95,0 %	1500	



2.3 Oljetyper

Basert på kunnskapen om geologien i de enkelte områder har Oljedirektoratet (OD) utarbeidet et sett med forutsetninger om rater, oljetype og gass-olje forhold. Grunnlaget for modellering vurderes således som den best oppdaterte i henhold til dagens geologikunnskap om områdene. Som for tidligere arbeider i NØ Norskehavet anbefaler OD en oljekvalitet av type Svale. For modellering av kondensatutslipp anbefales Huldra kondensat å legges til grunn.

Svale er en naftensk olje med en tetthet på 914 kg/m^3 med et lavt voksinnhold (2,12 vekt %), det lave voksinnholdet gir Svale et meget lavt stivnepunkt ($< -30^\circ\text{C}$). Forsøk viser at stivnepunktet holder seg stabilt lavt selv etter 5 dager med forvitring (SINTEF 2010). Oljen når et maksimalt vannopptak på 70 % (vinter 5°C) og 75 % (sommer 15°C) etter 9-12 timer på sjø. Vann-i-olje emulsjonen som dannes er stabil ved vintertemperatur (5°C) og brytes kun delvis ved tilsetting av emulsjonsbryter (Alcopol 60 %, 500 ppm og 2000 ppm). Svale viser et høyt potensiale for bruk av dispergeringsmidler ved alle predikerte vindforhold, med effektivitet fra 70 til 91 %. Svale er en relativt tung råolje noe som gir den et lavt fordampningstap på ca. 12 % etter 5 dagers forvitring. Bakgrunnsinformasjonen for oljetype Svale er innhentet fra en forvitringsstudie gjennomført i 2010 (SINTEF 2010). Karakteristikker for Svaleoljen er sammenfattet i Tabell 2-7.

Tabell 2-7 Parametere for Svaleoljen benyttet i oljedriftsmodelleringen (SINTEF 2010).

Parameter	Verdi
Oljetetthet	914 kg/m^3
Maksimalt vanninnhold	75 % (sommer 15°C) 70 % (vinter 5°C)
Voksinnhold	2,12 vekt %
Asfalteninnhold (harde)	0,32 vekt %
Viskositet, fersk olje (5°C)	257 cP (10s^{-1})

Huldra er et parafinsk kondensat (809 kg/m^3) med et relativt høyt innhold av flyktige komponenter og lite asfaltener ($< 0,01$ vekt %) (SINTEF 1998). Et høyt innhold av flyktige komponenter medfører at kondensatet har et høyt fordampningstap på 40-50 % etter ett døgn. Et relativt høyt voksinnhold (5,2 vekt %) gjør at kondensatet hurtig emulgerer vann, men tar kun opp ca. 40 vol. % vann. Vann-i-olje emulsjonen som dannes er svært ustabil grunnet et lavt innhold av asfaltener, det antas dermed at det er unødvendig med emulsjonsbrytere (SINTEF 1998). Fersk Huldra har et lavt stivnepunkt (-16°C), dette øker til 27°C for $250^\circ\text{C}+$ residuet. Huldra kondensatet er dispergerbart opp til $200^\circ\text{C}+$ residuet, $250^\circ\text{C}+$ residuet er ikke dispergerbart da det høye stivnepunktet hindrer dispergeringsmidlet å trenge inn i kondensatet. Bruk av kjemiske dispergeringsmidler er likevel meget effektivt den første tiden etter søl (0,5 uker). Viskositeten til fersk olje er 4 cP, denne øker til 1000 cP etter noen dager med forvitring. Bakgrunnsinformasjonen for Huldra kondensat er innhentet fra en forvitringsstudie gjennomført i 1998 (SINTEF 1998). Karakteristikker for Huldrakondensatet er sammenfattet i Tabell 2-8.

Tabell 2-8 *Parametere for Huldrakondensatet benyttet i oljedriftsmodelleringen (SINTEF 1998).*

Parameter	Verdi
Oljetetthet	809 kg/m ³
Maksimalt vanninnhold	40 %
Voksinnhold	5,2 vekt %
Asfalteninnhold (harde)	<0,01 vekt %
Viskositet, fersk olje (5 °C)	4 cP (10s ⁻¹)

2.4 Fysisk miljø

Norskehavet er havområdet mellom Norge, Island, Grønland og Svalbard og domineres av to dypvannbassenger; Norskehavsbassenget og Lofotbassenget. Området er preget av nordgående strømmer, hvor den norske kyststrømmen forårsaker virvler i de grunnere områdene inne ved kysten. Den norske kyststrømmen er svært viktig for transport og fordeling av planktoniske organismer, og fiskeressursene varierer med dybdeforholdene, mengdene ferskvann fra elver, samt vindretningen og vindstyrken. Den fremherskende strømmetningen er nordlig, og egg og larver som gytes i søndre del av Norskehavet fraktes nordover med strømmene (Sætre, 1999). Norskehavet er preget av både årlige og sesongmessige klimavariasjoner. Dette skyldes variasjoner i temperatur i innstrømmende atlantehavsvann og mengden kaldt arktisk vann som strømmer inn fra vest. Det innstrømmende varme atlantehavsvannet gjør at Norskehavet er isfritt.



3 METODE FOR OLJEDRIFT

3.1 Oljedriftsmodellen OSCAR

Oljedriftsmodellen som er anvendt er SINTEFs OSCAR modell (Oil Spill Contingency And Response). Versjonen av modelleringsverktøyet som benyttes i foreliggende analyse er OSCAR versjon 6.2.

OSCAR er en 3-dimensjonal oljedriftsmodell som beregner oljemengde på sjøoverflaten, på strand og i sedimenter, samt konsentrasjoner i vannsøylen. Modellen tillater utslipp både fra havoverflate og sjøbunn. For sjøbunnsutslippene blir en egen modul i OSCAR anvendt; en nærsonemodell som beregner den første fasen av sjøbunnsutblåsningen. Den beskriver hvordan plumen (olje, gass og vannpakken) oppfører seg fra sjøbunn til overflate eller til et eventuelt innlagringsdyp. Nærsonemodellen beregner plumens fortynning og stigetid oppover i vannsøylen og tar hensyn til oppdriftseffekter av olje og gass, tetthetssjiktningen i det omkringliggende området samt sidestrøm. For sjøbunnsutslippene er vertikalprofil i vannmassene mht. temperatur og salinitet (Levitus, 1994) lagt inn i modellkjøringene.

Output fra OSCAR er beregnet i tre fysiske dimensjoner og tid. Modellen inneholder databaser for ulike oljetyper, vandyp, sedimenttype, økologiske habitater og strandtyper.

Oljedriftssimuleringene er kjørt i et 3 x 3 km grid med en svært detaljert kystlinje (1:50 000). I etterkant er oljedriftsresultatene eksportert til 10 x 10 km grid til bruk i miljørisikoanalyse (DNV 2012). Influensområdene i denne rapporten er også presentert i 10 x 10 km grid.

For å bestemme oljens drift og skjebne på overflaten beregner modellen overflatespredning, transport av flak, nedblanding av olje i vannmassene, fordampning, emulsjon og stranding. I vannkolonnen blir det simulert horisontal og vertikal transport, oppløsning av oljekomponenter, adsorpsjon, avsetninger i sedimenter samt nedbryting.

I forkant av dette prosjektet er det gjort et betydelig arbeid for å skaffe til veie et høyoppløselig datasett for strøm i norske farvann. Det er generert historiske dagsmidlele strømdata fra perioden 1998-2005 med 4x4 km oppløsning. Datasettet er opparbeidet av Havforskningsinstituttet (HI) og behandlet videre av SINTEF. Datasettet inneholder både overflatestrøm og strøm nedover i vannsøylen. Den høyere horisontale oppløsningen (sammenlignet med tidligere studier) på strømdataene gir en bedre beskrivelse av strømforholdene i dette havområdet og spesielt innover i kystsonen og fjorder. Den norske kyststrømmen vil løses bedre opp med flere strømpunkter, noe som vil føre til en kraftigere opplevelse av kyststrømmen, noe som igjen vil gi en større spredning av olje (større influensområder), spesielt i nordlig retning sammenlignet med tidligere studier. En begrensning ved å benytte dagsmidlele strømdata er at man mister effekten av tidevannsstrømmer.

Dette er kombinert med historiske vinddata fra Meteorologisk institutt med 75x75 km oppløsning fra perioden 1980-2007 med tidsintervall 3 timer.

Både enkeltsimuleringer (bestemte vindperioder) og stokastiske simuleringer ved ulike starttidspunkter er modellert. De stokastiske modelleringene er for et bestemt antall simuleringer utført etter hverandre i én kjøring. Antall simuleringer for de ulike scenariene avhenger av utslippsvarigheten, og målet er å ha tilstrekkelig antall simuleringer slik at perioden det modelleres for (årstid eller hele året) er dekket av historisk variabilitet i strøm og vind. Følgetiden til hver oljepartikkel som slippes ut er 15 døgn. Antall simuleringer per år for 2, 15 og 50 døgns varighetene er henholdsvis 40, 17 og 12. Det totale antall simuleringer for ett

scenario (en kombinasjon av én varighet og én rate) er beregnet ved å multiplisere antall simuleringer per år med antall år med vind- og strømdata, dvs. 8 år (1998-2005).

Influensområdene som er presentert i denne rapporten er basert på alle simuleringer, alle rater og varigheter, så det totale antall simuleringer som ligger til grunn for disse er 1656 simuleringer.

For å kunne beregne statistiske resultater er oljedriftsparametere akkumulert for hver simulering i hver berørte gridrute. Disse resultatene er igjen brukt for bl.a. å beregne treffsannsynligheter i en gitt rute. Treffsannsynlighet er her definert som antall simuleringer (av totalt antall simuleringer) hvor et oljeflak/partikkel på sjøoverflaten har truffet en 10 × 10 km rute, uavhengig av hvor lenge det har vært olje i ruta.



4 RESULTATER SPREDNINGSBEREGNINGER

Resultatene fra spredningsberegningene er presentert både som enkeltsimuleringer og som statistikk, begge for ulike utslippsrater og utslippsvarigheter. En enkeltsimulering viser hvordan oljen spres for én bestemt vind- og strømperiode hentet fra et historisk dataarkiv. De statistiske resultatene er generert av mange slike enkeltsimuleringer. En vanlig misforståelse er at det statistisk genererte influensområdet blir tolket som resultatet av ett enkelt utslipp. Slik er det ikke. Fra statistikken kan det i etterkant velges ut enkelte simuleringer etter spesielle kriterier.

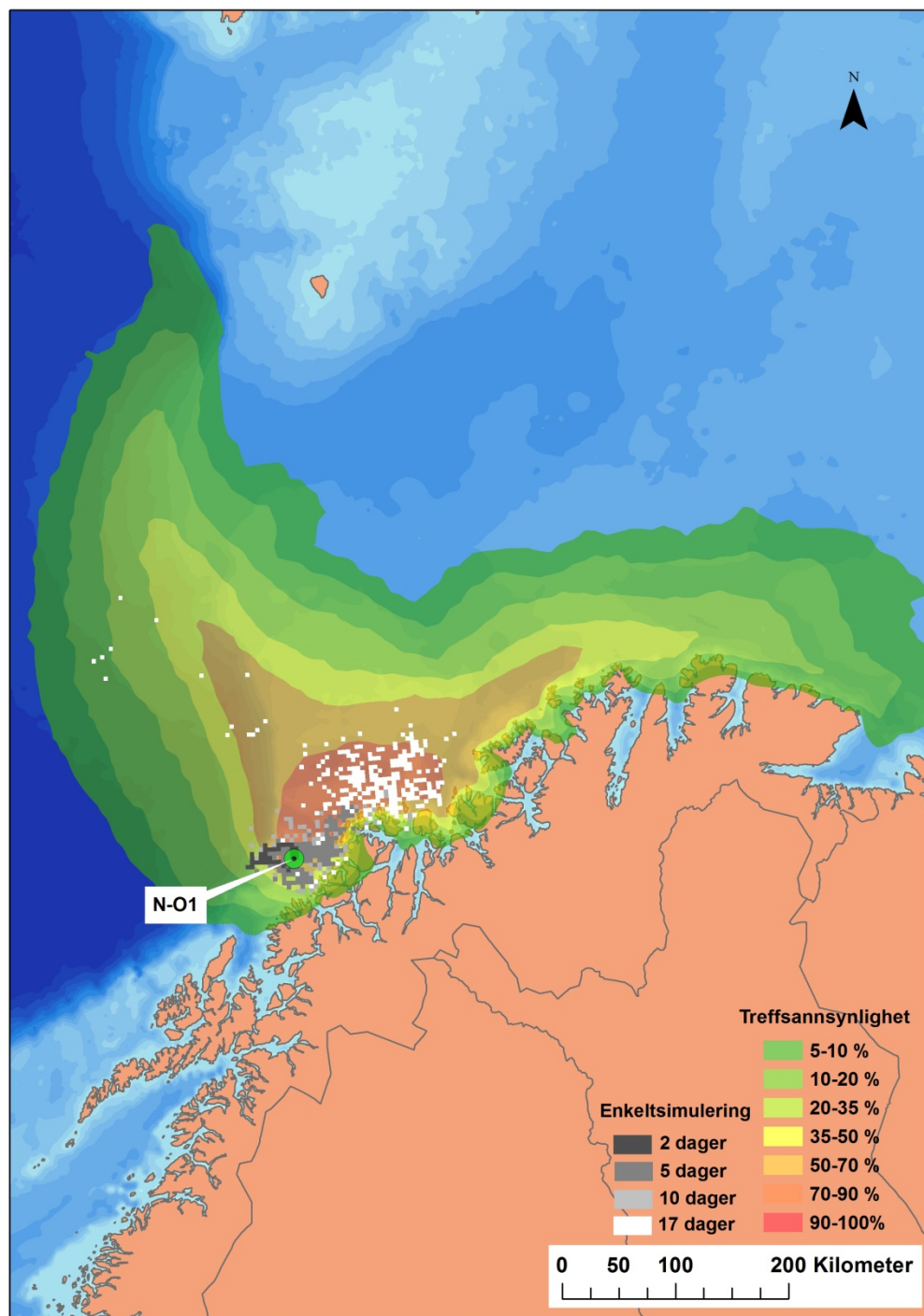
Dette kapittelet er bygd opp slik at det først presenteres utvalgte enkeltsimuleringer, deretter strandingsstatistikk, hvor alle simuleringer (for alle rater og varigheter) er sortert fra størst til minst emulsjonsmengde inn til kyst og strandsone og i tillegg sortert alle simuleringer fra kortest til lengst ankomsttid. Ankomsttid er definert som oljens drivtid til kyst og strandsone siden starten av utslippet.

Kapittelet avsluttes med å presentere de statistiske resultatene, som her vil være influensområder av olje på overflaten. Influensområdene representerer treffsannsynlighet av olje på overflaten. Treffsannsynlighet er her definert som antall simuleringer (av totalt antall simuleringer) hvor et oljeflak/partikkel på sjøoverflaten har truffet en 10 × 10 km rute, uavhengig av hvor lenge det har vært olje i ruta. Avslutningsvis vises det influensområder som representerer treffsannsynligheter for ulike oljemengder på overflaten. Oljemengdekategoriene er de samme som anvendes i miljørisikosammenheng (DNV, 2012) og er 1-100, 100-500, 500-1000 og > 1000 tonn olje i 10 × 10 km gridruter.

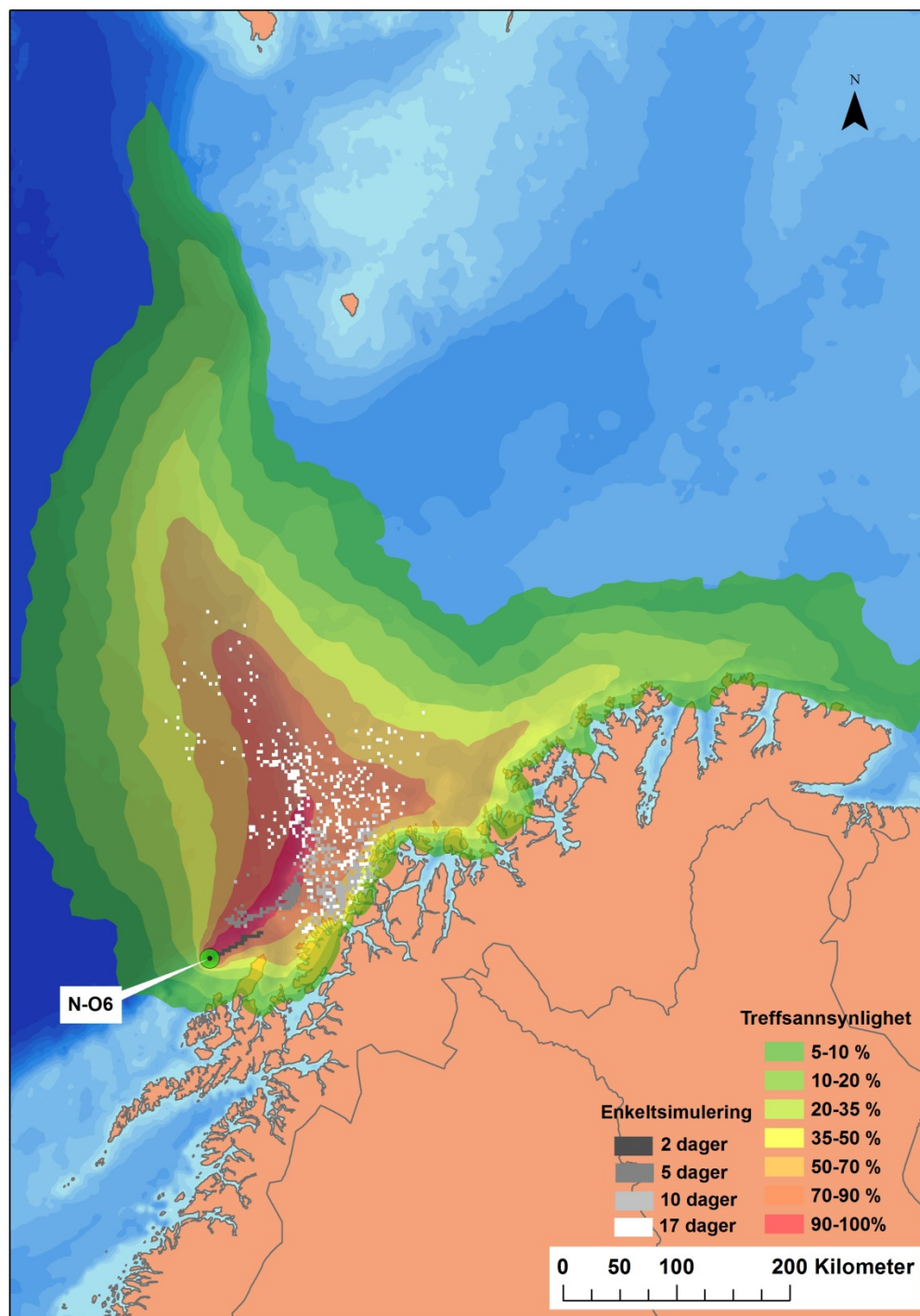
4.1 Enkeltsimuleringer og influensområder

I Figur 4-1 til Figur 4-10 er det for hver lokasjon presentert en modellert spredning av ett enkelt overflateutslipp (én enkeltsimulering) og hvordan dette utslippet spres over tid. Utslippet er illustrert med gråtoner, hvor lysere farge angir gradvis endret utbredelse av utslippet etter henholdsvis 2, 5, 10 og 17 dager siden utslippet start. Samtidig er det i figurene lagt som bakgrunn det statistiske influensområdet for oljeutslipp (overflateutslipp) fra lokaliteten. Dette representerer en sannsynlighetsfordeling for treff av olje i et område basert på summen av 1656 enkeltmodelleringer. Figurene viser at hvert enkelt overflateutslipp (én enkeltsimulering) vil dekke en andel av det totale influensområdet, og hvor ulike vind- og strømforhold påvirker i hvilke retninger utslippet driver. Utslipp med lang varighet vil normalt ha det største influensområdet.

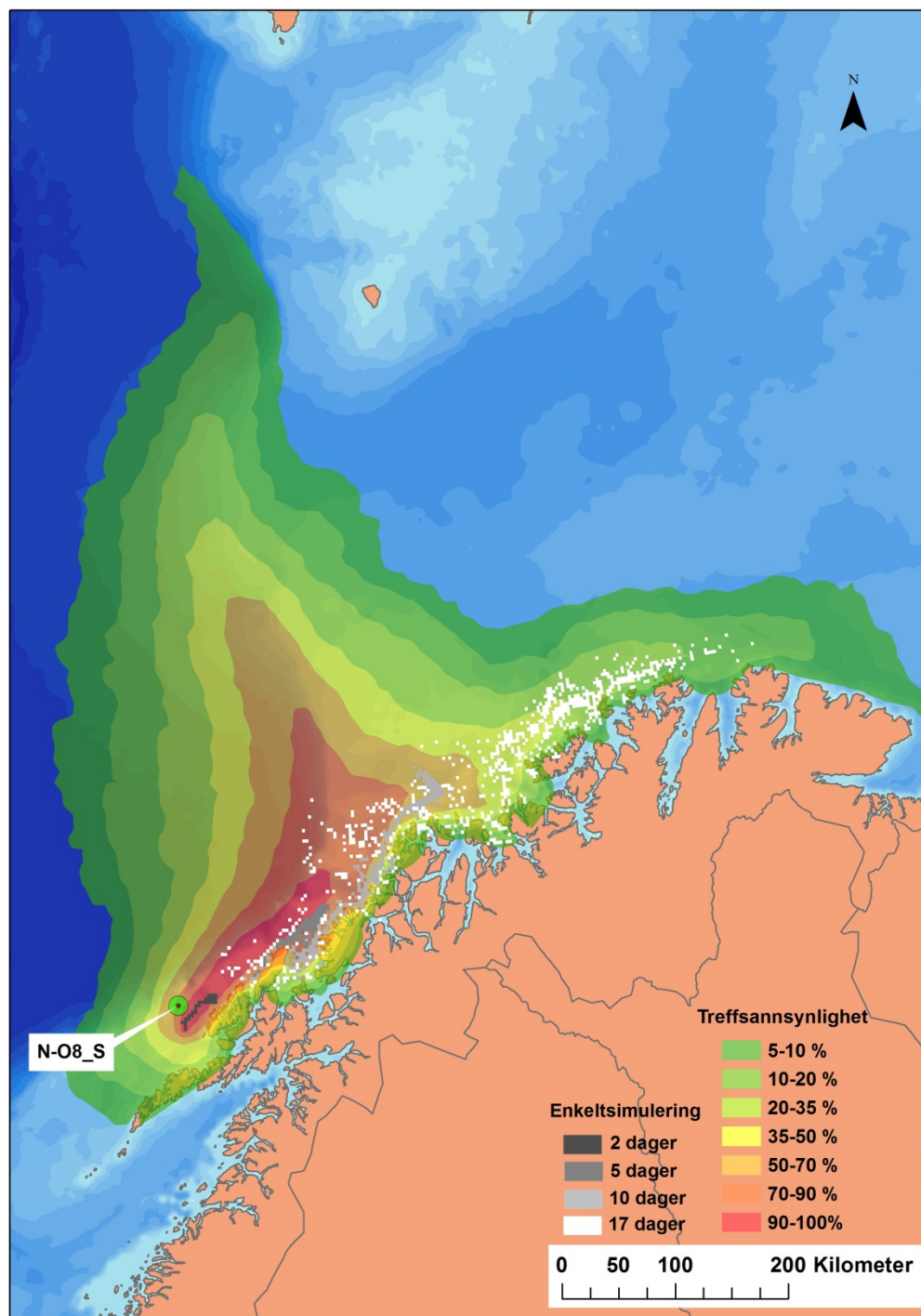
Det enkelte utslippet er valgt ut i fra alle simuleringer som den simuleringen som gir forventet strandet oljemengde, gitt at det strander. Det enkelte utslippet som er vist i figurene er kjørt med forventet utslippsvarighet 2 dager og med forventet utslippsrate på 750 Sm³/d (Nordland IV), se Tabell 2-3, 2000 Sm³/d (Nordland V), se Tabell 2-4, og 3000 Sm³/d (Nordland VI, VII og Troms II), se Tabell 2-5.



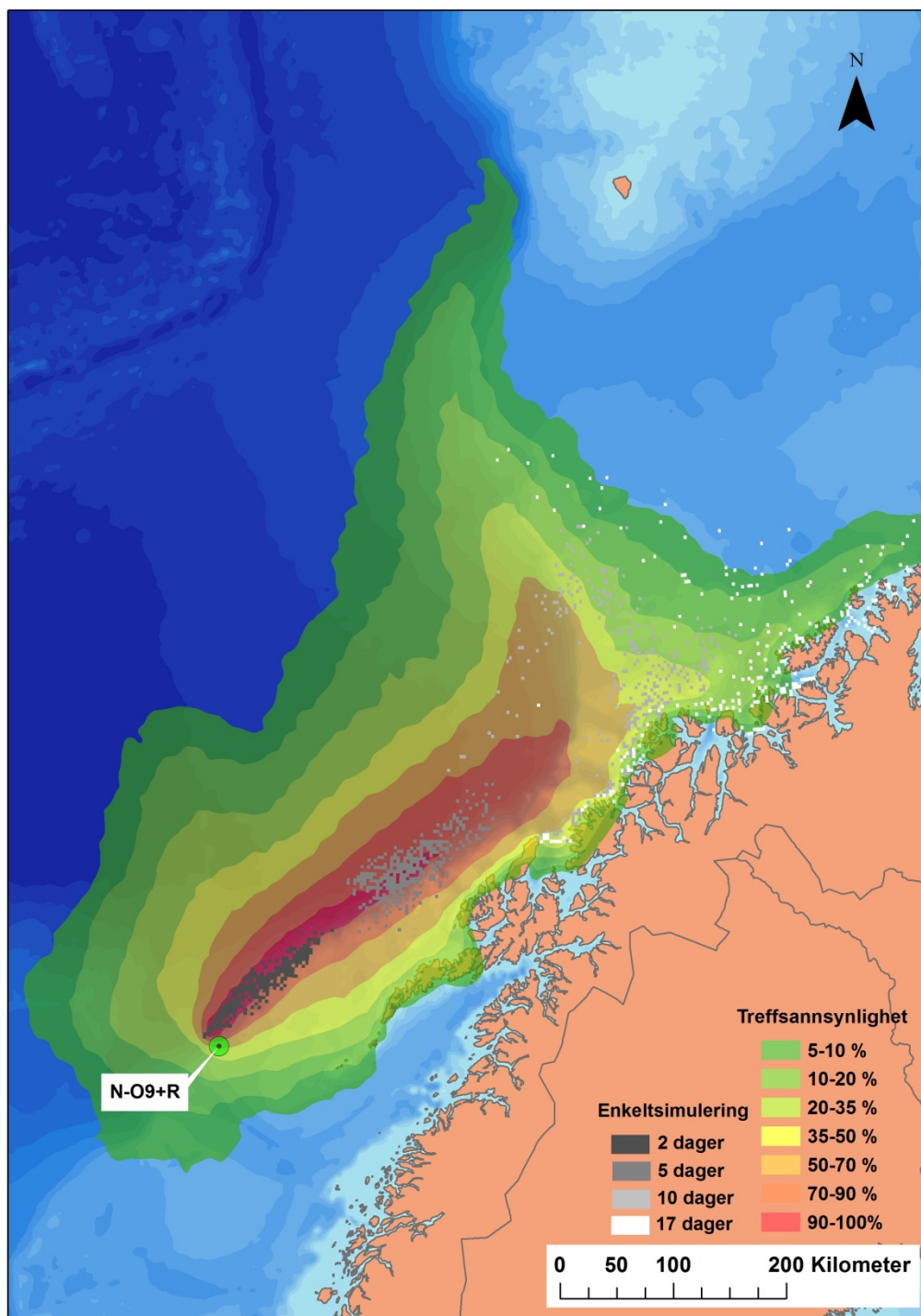
Figur 4-1 Modellert spredning av ett enkelt overflateutslipp (én enkeltsimulering) fra N-O1 med startdato 26. februar 2005 med forventet utslippsvarighet 2 dager (og følgetid 15 dager) og forventet utslippsrate 3000 Sm³/d. Utslippet er illustrert med gråtoner, hvor lysere farge angir gradvis endret utbredelse av utslippet etter henholdsvis 2, 5, 10 og 17 dager etter utslippets start. I bakgrunnen er det vist et statistisk influensområde som er basert på summen av 1656 enkeltsimuleringer og alle rater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter, se Tabell 2-5.



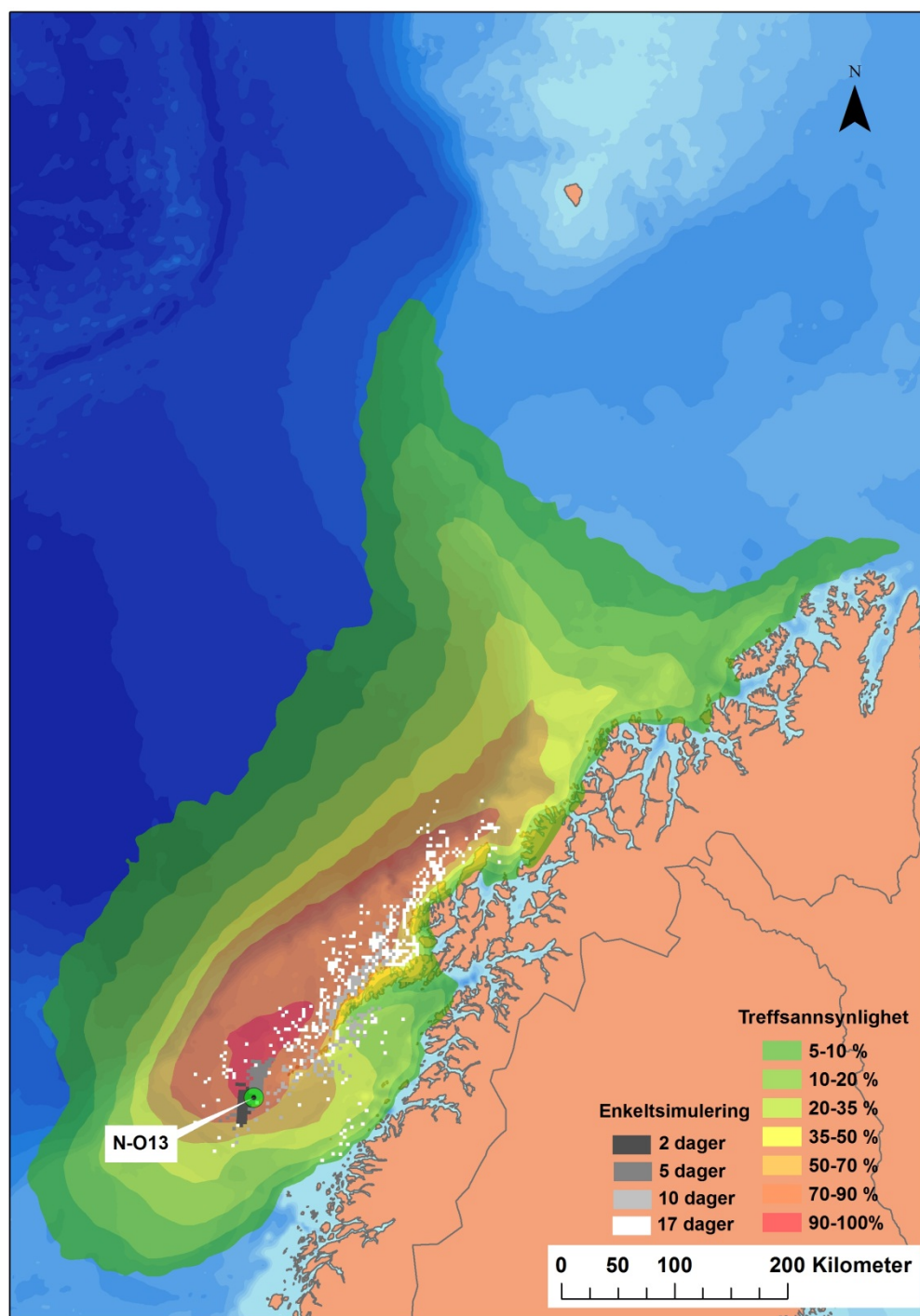
Figur 4-2 Modellert spredning av ett enkelt overflateutslipp (én enkeltsimulering) fra N-O6 med startdato 19. september 2001 med forventet utslippsvarighet 2 dager (og følgetid 15 dager) og forventet utslippsrate 3000 Sm³/d. Utslippet er illustrert med gråtoner, hvor lysere farge angir gradvis endret utbredelse av utslippet etter henholdsvis 2, 5, 10 og 17 dager etter utslippets start. I bakgrunnen er det vist et statistisk influensområde som er basert på summen av 1656 enkeltsimuleringer og alle rater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter, se Tabell 2-5.



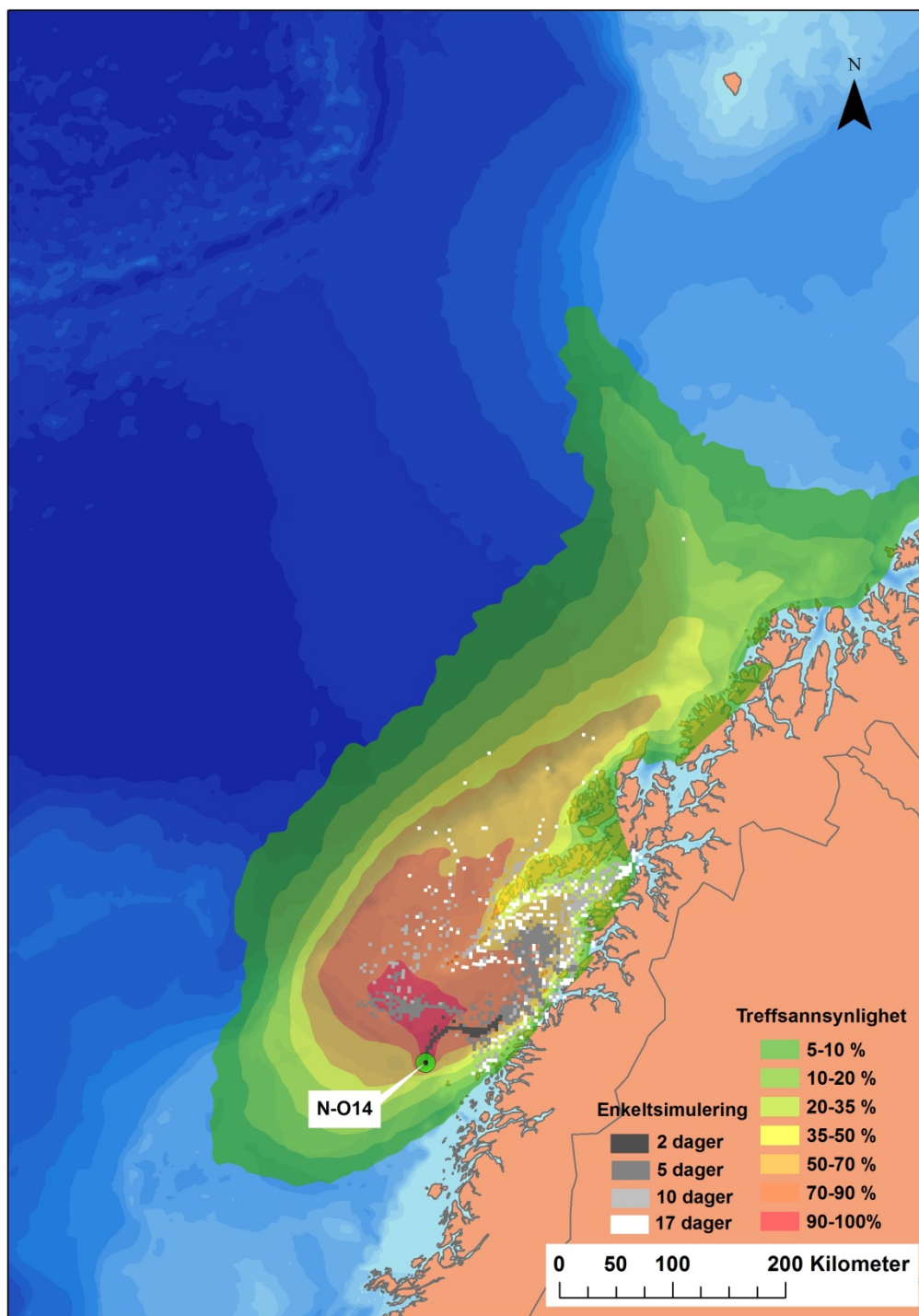
Figur 4-3 Modellert spredning av ett enkelt overflateutslipp (én enkeltsimulering) fra N-O8 med startdato 22. august 2002 med forventet utslippsvarighet 2 dager (og følgetid 15 dager) og forventet utslippsrate 3000 Sm³/d. Utslippet er illustrert med gråtoner, hvor lysere farge angir gradvis endret utbredelse av utslippet etter henholdsvis 2, 5, 10 og 17 dager etter utslippets start. I bakgrunnen er det vist et statistisk influensområde som er basert på summen av 1656 enkeltsimuleringer og alle rater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter, se Tabell 2-5.



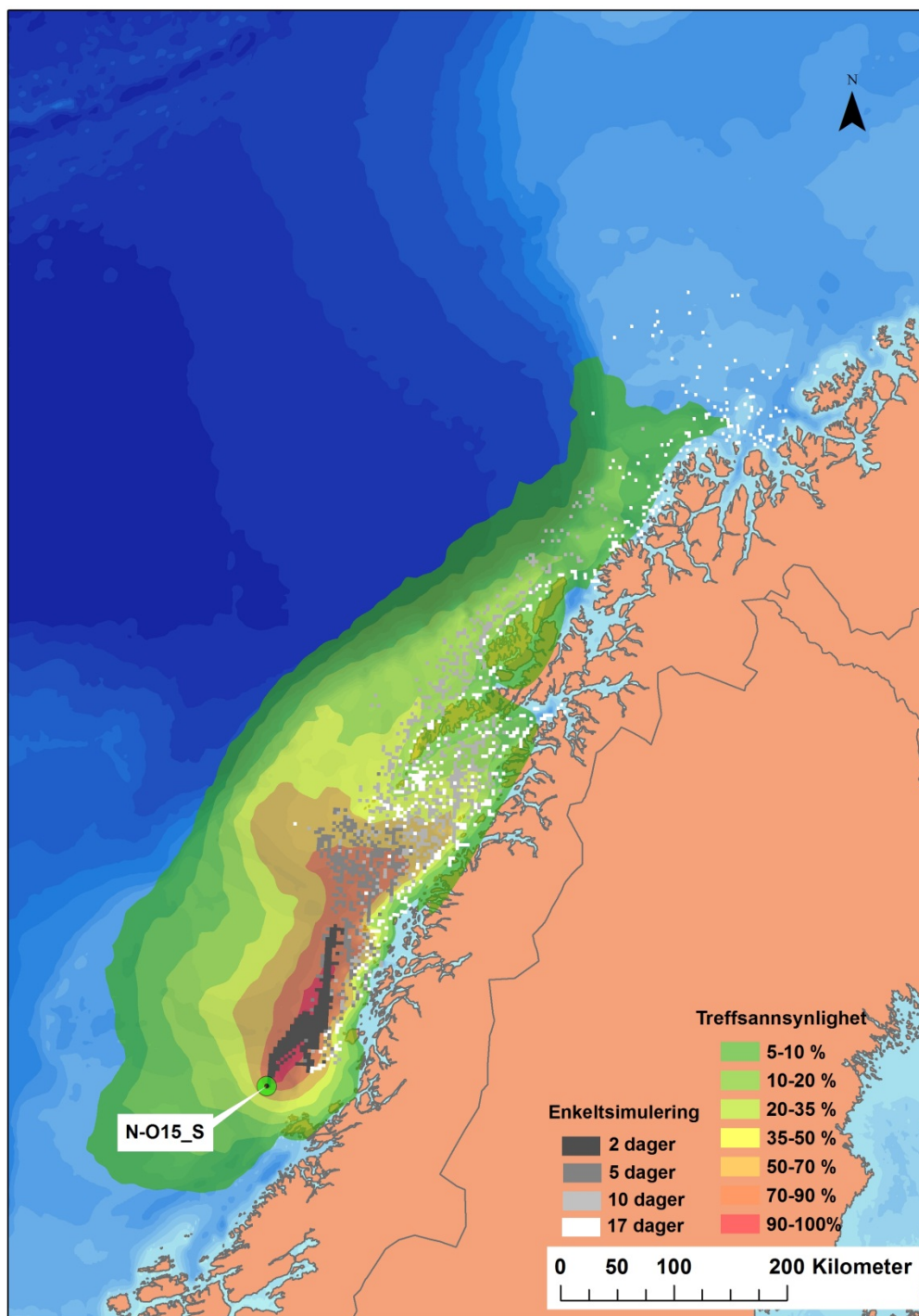
Figur 4-4 Modellert spredning av ett enkelt overflateutslipp (én enkeltsimulering) fra N-09 med startdato 23. november 2001 med forventet utslippsvarighet 2 dager (og følgetid 15 dager) og forventet utslippsrate 3000 Sm³/d. Utslippet er illustrert med gråtoner, hvor lysere farge angir gradvis endret utbredelse av utslippet etter henholdsvis 2, 5, 10 og 17 dager etter utslippets start. I bakgrunnen er det vist et statistisk influensområde som er basert på summen av 1656 enkeltsimuleringer og alle rater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter, se Tabell 2-5.



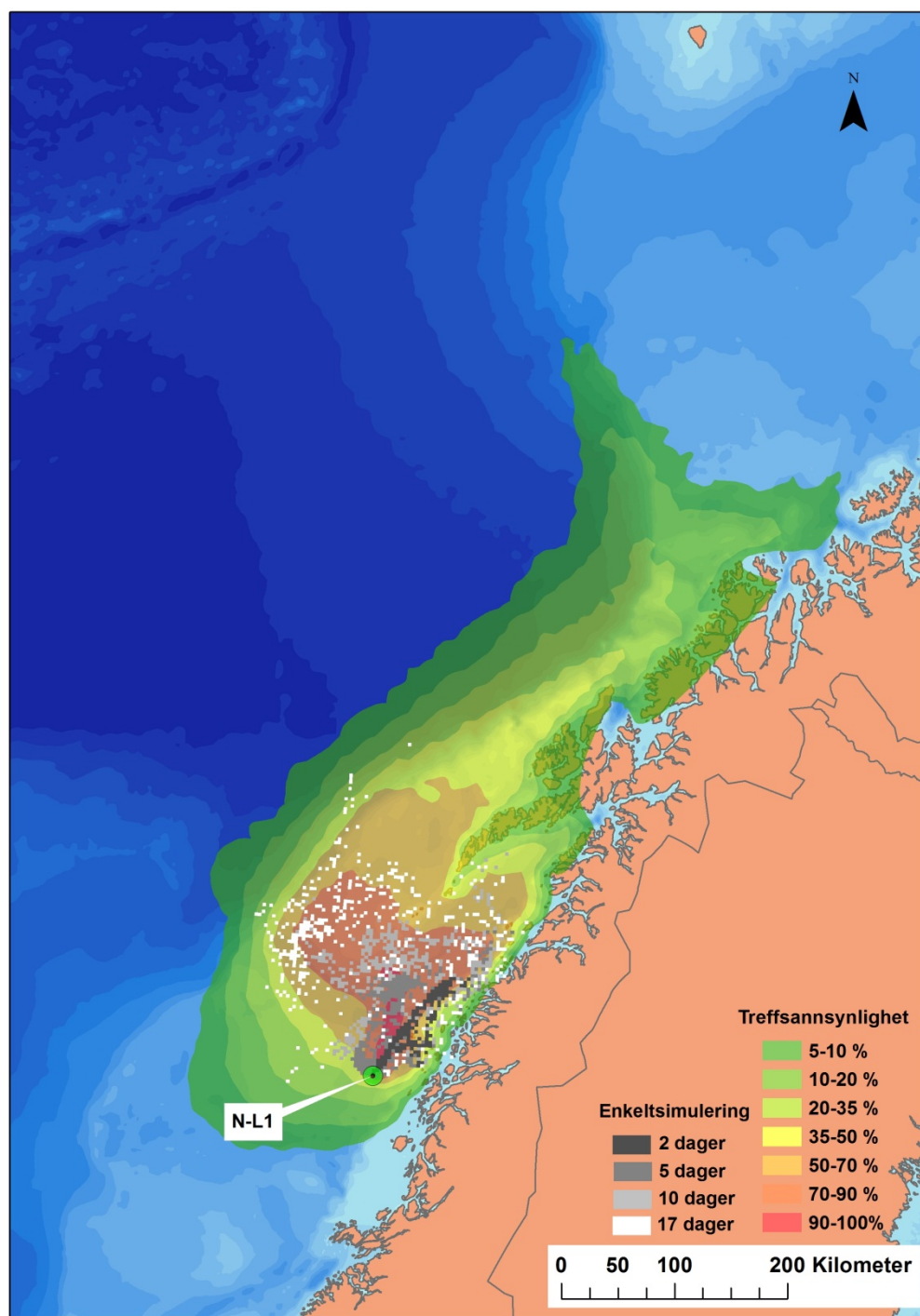
Figur 4-5 Modellert spredning av ett enkelt overflateutslipp (én enkeltsimulering) fra N-O13 med startdato 26. mars 2005 med forventet utslippsvarighet 2 dager (og følgetid 15 dager) og forventet utslippsrate 3000 Sm³/d. Utslippet er illustrert med gråtoner, hvor lysere farge angir gradvis endret utbredelse av utslippet etter henholdsvis 2, 5, 10 og 17 dager etter utslippets start. I bakgrunnen er det vist et statistisk influensområde som er basert på summen av 1656 enkeltsimuleringer og alle rater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter, se Tabell 2-5.



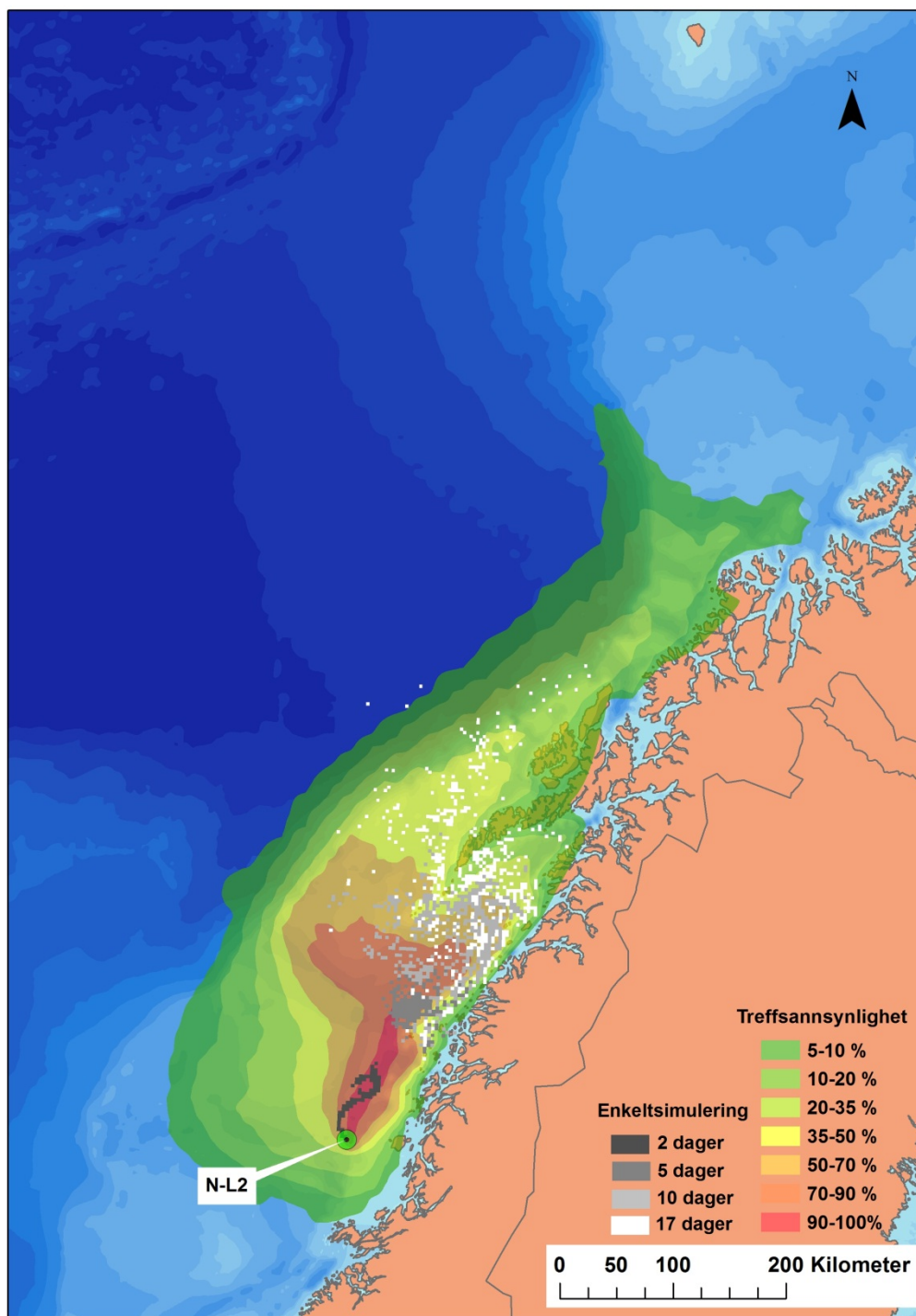
Figur 4-6 Modellert spredning av ett enkelt overflateutslipp (én enkeltsimulering) fra N-O14 med startdato 17. oktober 2001 med forventet utslippsvarighet 2 dager (og følgetid 15 dager) og forventet utslippsrate 2000 Sm³/d. Utslippet er illustrert med gråtoner, hvor lysere farge angir gradvis endret utbredelse av utslippet etter henholdsvis 2, 5, 10 og 17 dager etter utslippets start. I bakgrunnen er det vist et statistisk influensområde som er basert på summen av 1656 enkeltsimuleringer og alle rater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter, se Tabell 2-4.



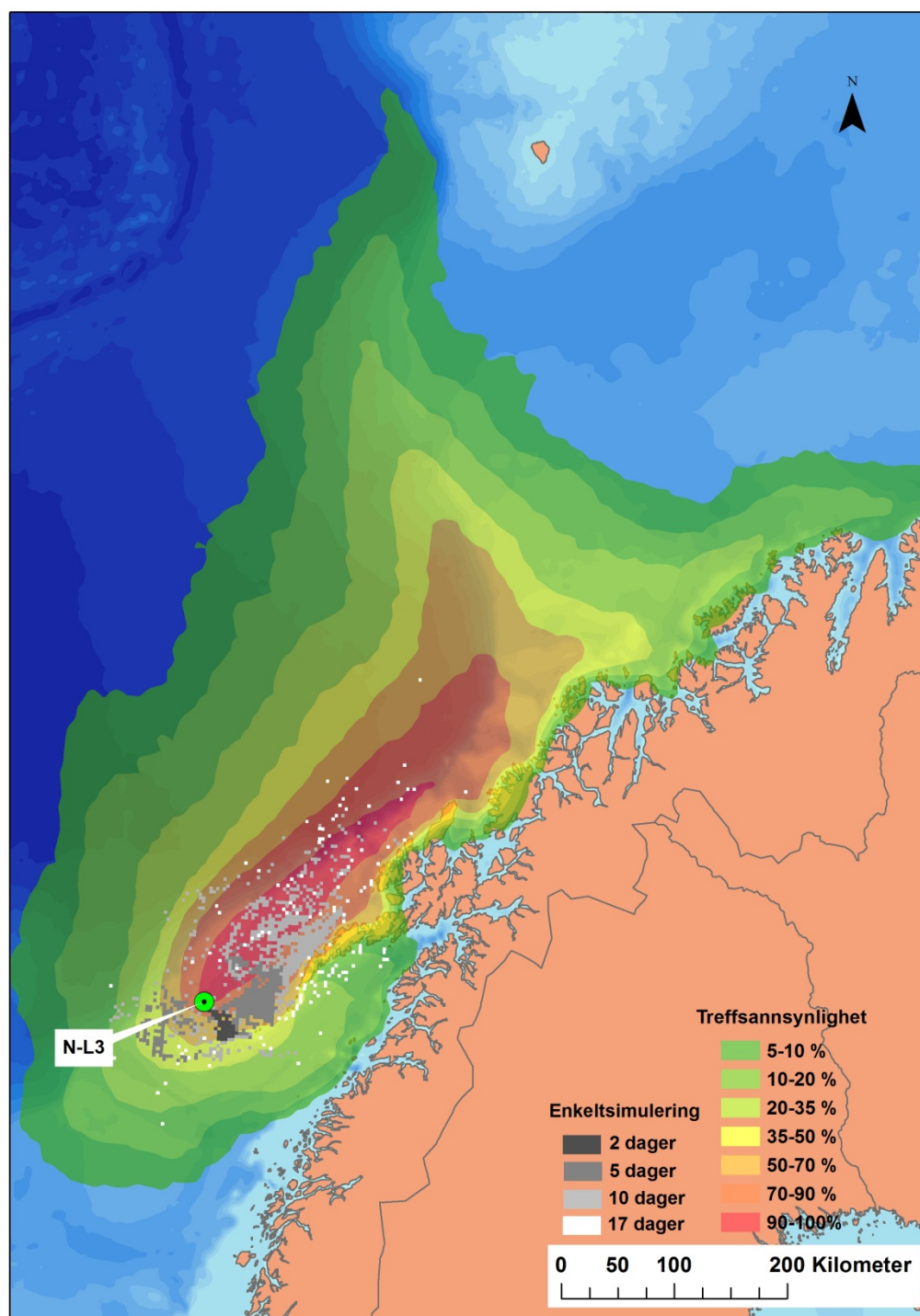
Figur 4-7 Modellert spredning av ett enkelt overflateutslipp (én enkeltsimulering) fra N-O15 med startdato 7. februar 2003 med forventet utslippsvarighet 2 dager (og følgetid 15 dager) og forventet utslippsrate $750 \text{ Sm}^3/\text{d}$. Utslippet er illustrert med gråtoner, hvor lysere farge angir gradvis endret utbredelse av utslippet etter henholdsvis 2, 5, 10 og 17 dager etter utslippets start. I bakgrunnen er det vist et statistisk influensområde som er basert på summen av 1656 enkeltsimuleringer og alle rater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter, se Tabell 2-3.



Figur 4-8 Modellert spredning av ett enkelt overflateutslipp (én enkeltsimulering) fra N-L1 med startdato 18. juni 1999 med forventet utslippsvarighet 2 dager (og følgetid 15 dager) og forventet utslippsrate 750 Sm³/d. Utslippet er illustrert med gråtoner, hvor lysere farge angir gradvis endret utbredelse av utslippet etter henholdsvis 2, 5, 10 og 17 dager etter utslippets start. I bakgrunnen er det vist et statistisk influensområde som er basert på summen av 1656 enkeltsimuleringer og alle rater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter, se Tabell 2-3.



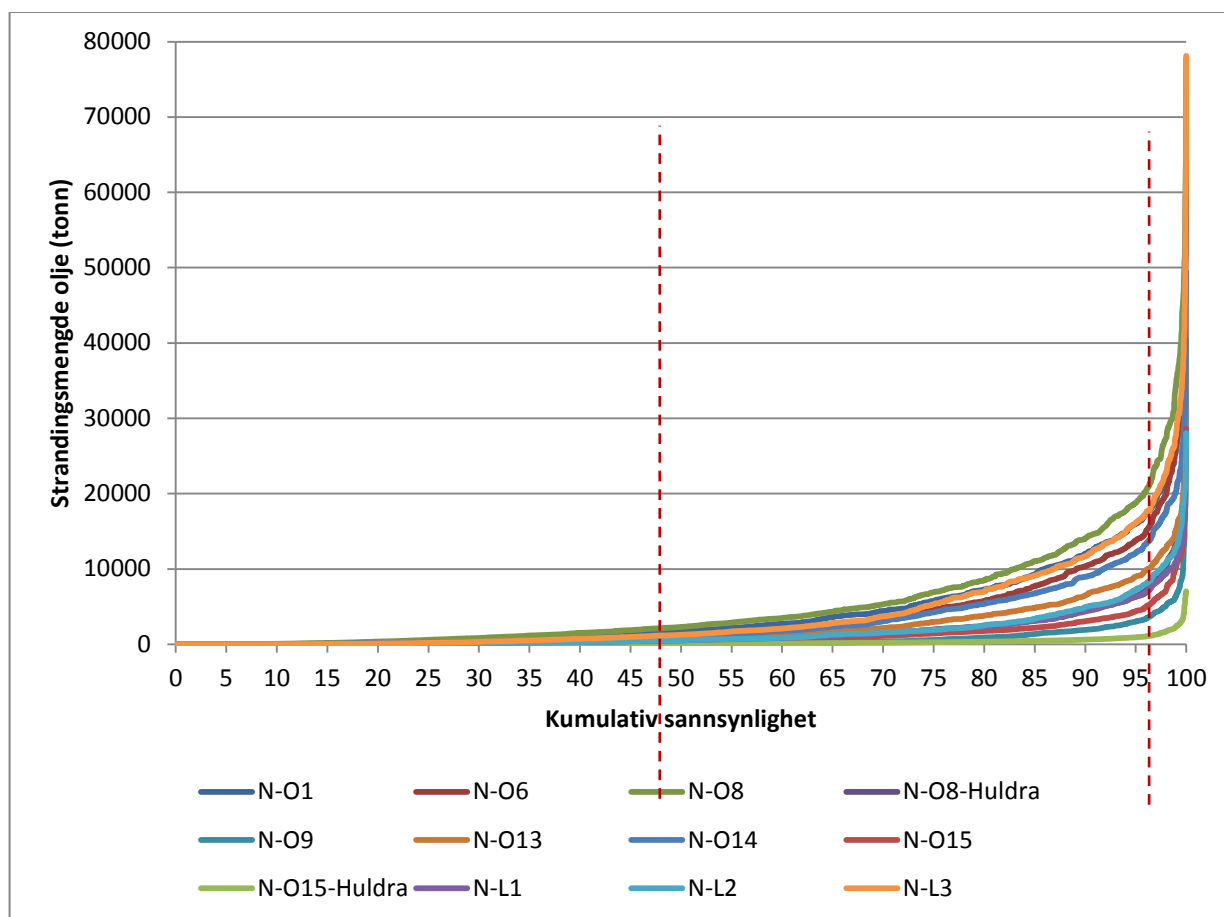
Figur 4-9 Modellert spredning av ett enkelt overflateutslipp (én enkeltsimulering) fra N-L2 med startdato 7. oktober 2004 med forventet utslippsvarighet 2 dager (og følgetid 15 dager) og forventet utslippsrate 750 Sm³/d. Utslippet er illustrert med gråtoner, hvor lysere farge angir gradvis endret utbredelse av utslippet etter henholdsvis 2, 5, 10 og 17 dager etter utslippets start. I bakgrunnen er det vist et statistisk influensområde som er basert på summen av 1656 enkeltsimuleringer og alle rater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter, se Tabell 2-3.



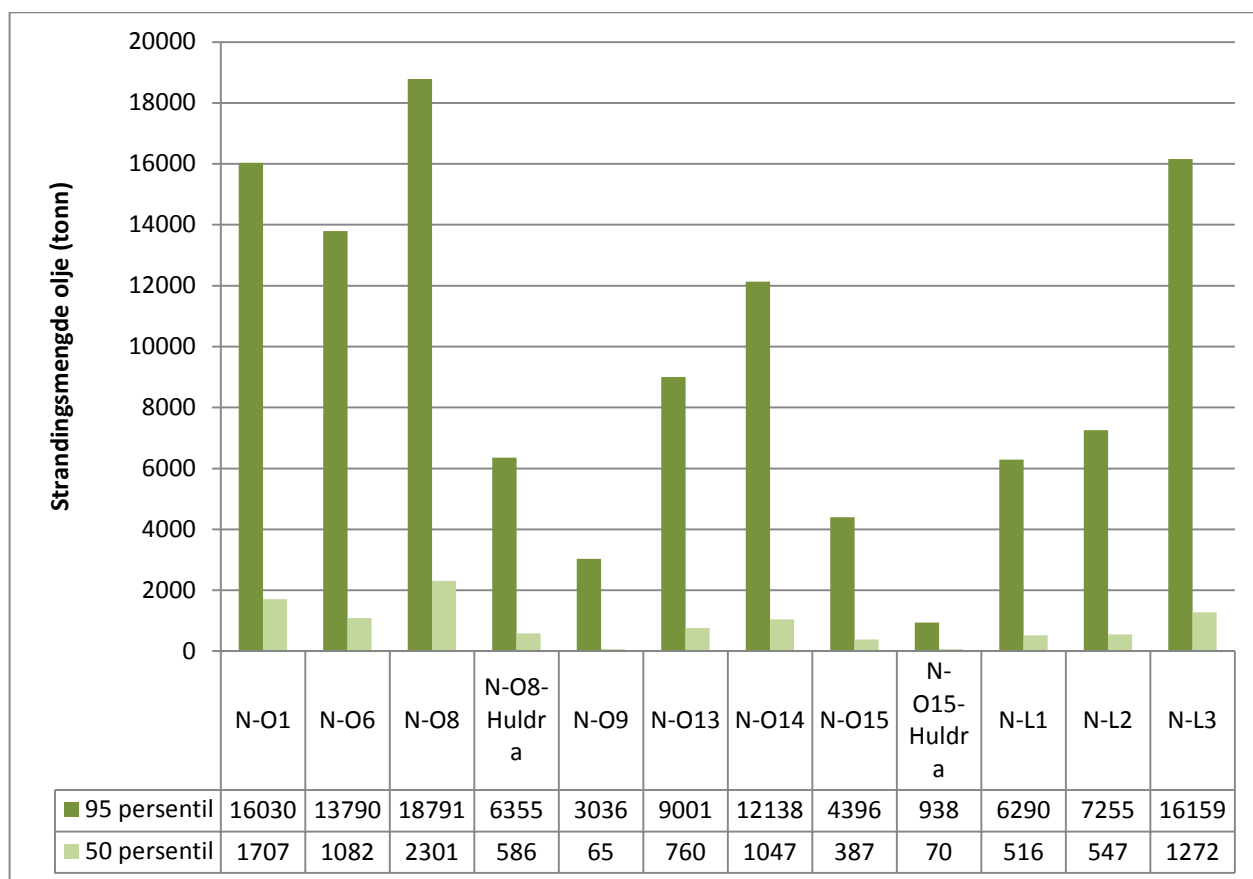
Figur 4-10 Modellert spredning av ett enkelt overflateutslipp (én enkeltsimulering) fra N-L3 med startdato 3. desember 1999 med forventet utslippsvarighet 2 dager (og følgetid 15 dager) og forventet utslippsrate 3000 Sm³/d. Utslippet er illustrert med gråtoner, hvor lysere farge angir gradvis endret utbredelse av utslippet etter henholdsvis 2, 5, 10 og 17 dager etter utslippets start. I bakgrunnen er det vist et statistisk influensområde som er basert på summen av 1656 enkeltsimuleringer og alle rater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter, se Tabell 2-3.

4.2 Strandingsstatistikk

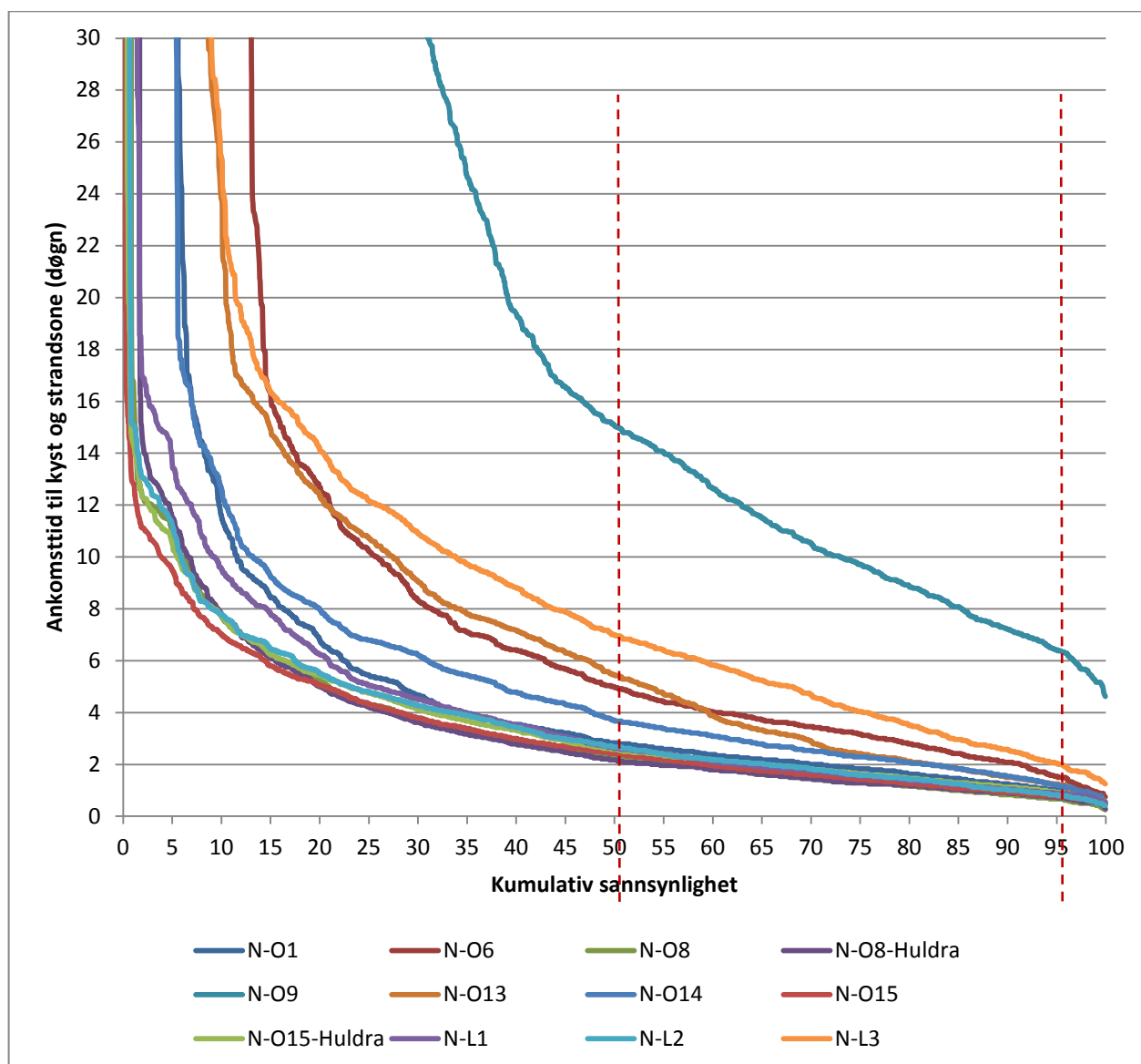
I Figur 4-11 til Figur 4-14 er det presentert strandingsstatistikk for hhv. strandet oljemengde og ankomsttid, definert som tiden siden utslippets start før oljen treffer kyst og strandsonen. Statistikken baserer seg på både overflate- og sjøbunnsutblåsningene for alle simuleringene, alle rater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter. Alle simuleringene er på den ene siden sortert fra størst til minst strandet oljemengde og på den andre siden sortert fra kortest til lengst ankomsttid til land. 100 persentilen representerer hhv. største strandet (akkumulert) oljemengde og korteste ankomsttid til land av alle modellerte scenarier. En 50 persentil kan anses som en forventet situasjon gitt en hendelse som definert i forutsetningene (oljeutblåsning med definert utslippssted (overflate/sjøbunn), oljetype, rate- og varighetsfordeling). En 95 persentil betyr at de 5 % største oljemengdene og 5 % korteste ankomsttidene er utelatt, det vil si en hendelse der 95 % av alle mulige utfall har hhv. mindre strandet oljemengde og lengre ankomsttid.



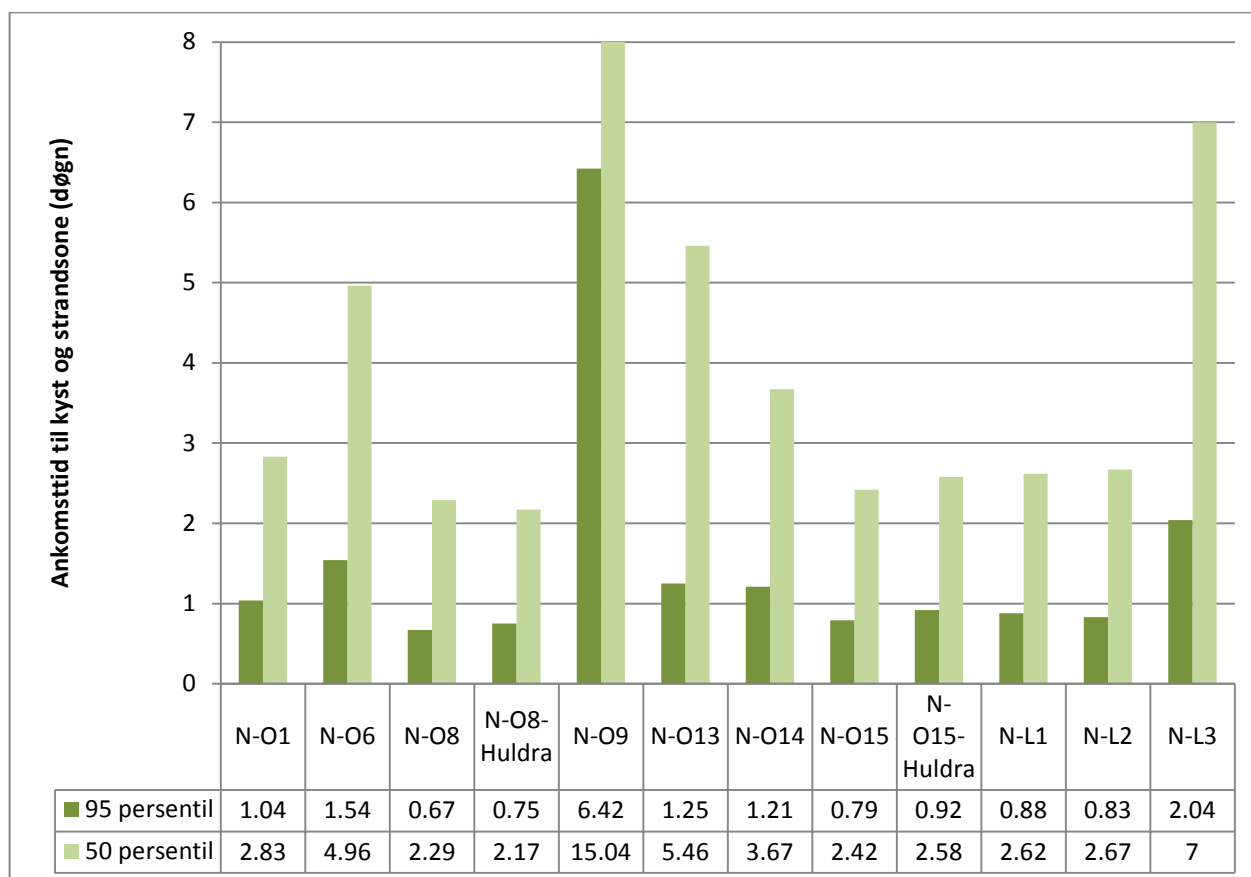
Figur 4-11 Sannsynlighet for strandingsmengder av olje for alle lokasjonene i det nordøstlige Norskehavet basert på akkumulerte oljemengder i 10 x 10 km landruter. Strandingsstatistikken er basert på både overflate- og sjøbunnsutblåsningene for alle rater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter. En 50 persentil kan anses som en forventet situasjon gitt en hendelse som definert i forutsetningene for modelleringen. En 95 persentil betyr at de 5 % største oljemengdene er utelatt, det vil si en hendelse der 95 % av alle mulige utfall har mindre strandet oljemengde.



Figur 4-12 Strandingsmengder av olje for 50 og 95 persentilene for alle lokasjonene i det nordøstlige Norskehavet basert på akkumulerte oljemengder i 10 x 10 km landruter. Strandingsstatistikken er basert på både overflate- og sjøbunnsutblåsningene for alle rater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter.



Figur 4-13 Sannsynlighet for ankomsttider (tid fra start av oljesølet) av olje til kyst og strandsone for alle lokasjonene i det nordøstlige Norskehavet. Strandingsstatistikken er basert på både overflate- og sjøbunnsutblåsningene for alle rater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter. En 50 persentil kan anses som en forventet situasjon gitt en hendelse som definert i forutsetningene for modelleringen. En 95 persentil betyr at de 5 % korteste ankomsttidene er utelatt, det vil si en hendelse der 95 % av alle mulige utfall har lengre ankomsttid.



Figur 4-14 Ankomsttider (tid fra start av oljesølet) av olje for 50 og 95 persentilene for kyst og strandsone i alle lokasjonene i det nordøstlige Norskehavet. Strandingsstatistikken er basert på både overflate- og sjøbunnsutblåsningene for alle rater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter.



4.3 Influensområder – havoverflate

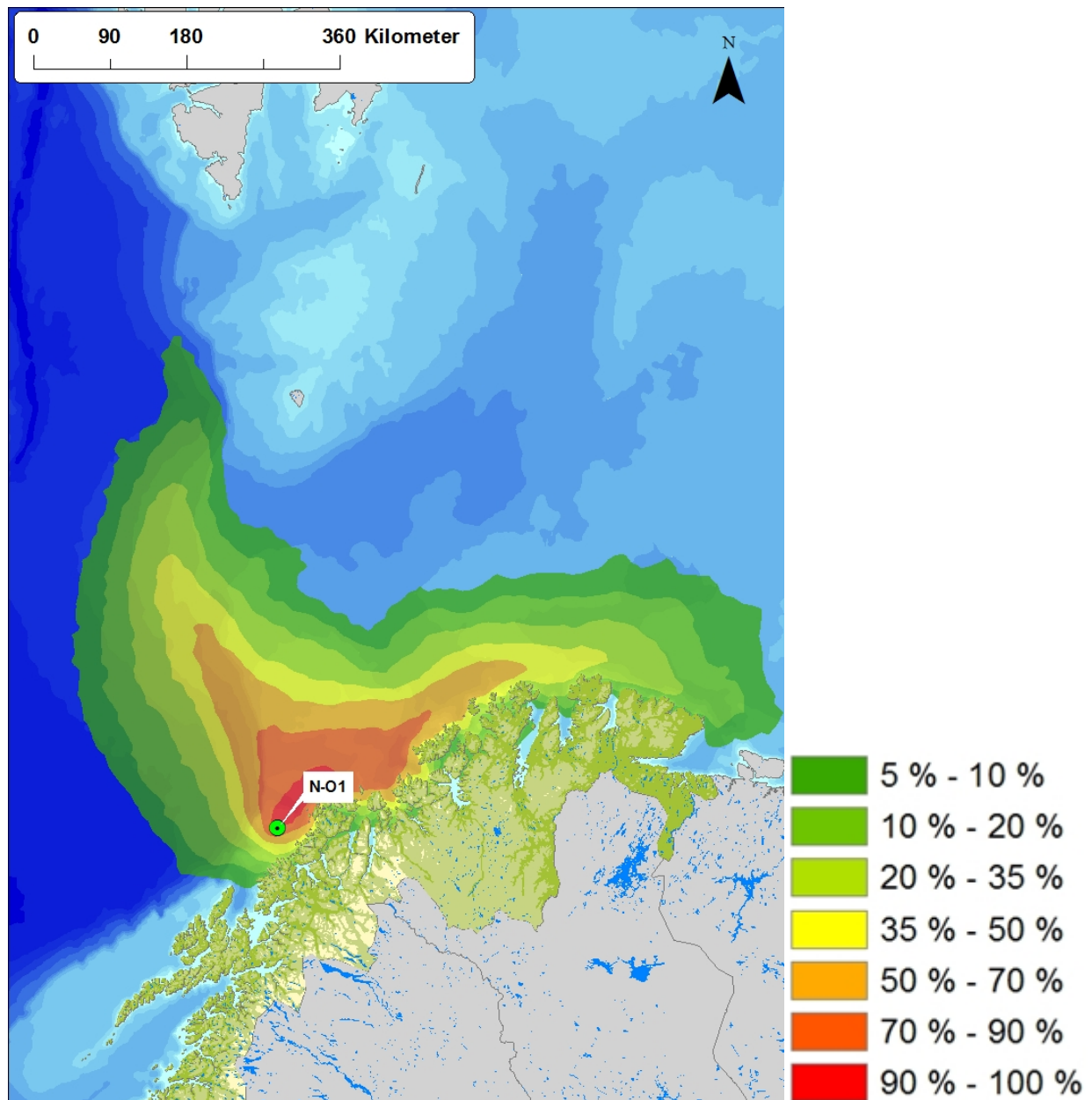
I figurene under vises statistiske resultater fra oljedriftsberegningene, presentert som influensområder på overflaten. Et influensområde viser her området med ≥ 5 % sannsynlighet for treff av over 1 tonn olje per 10×10 km gridrute på havoverflaten, uavhengig av hvor lenge det har vært olje i ruta, for alle rater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter, se Tabell 2-3 til Tabell 2-5. Grunnen til å vise oljemengder over 1 tonn olje er relatert til den laveste av oljemengdekategoriene (1-100 tonn) som anvendes i miljørisikoen (DNV, 2012).

4.3.1 Influensområder – treffsannsynlighet for oljemengder over 1 tonn

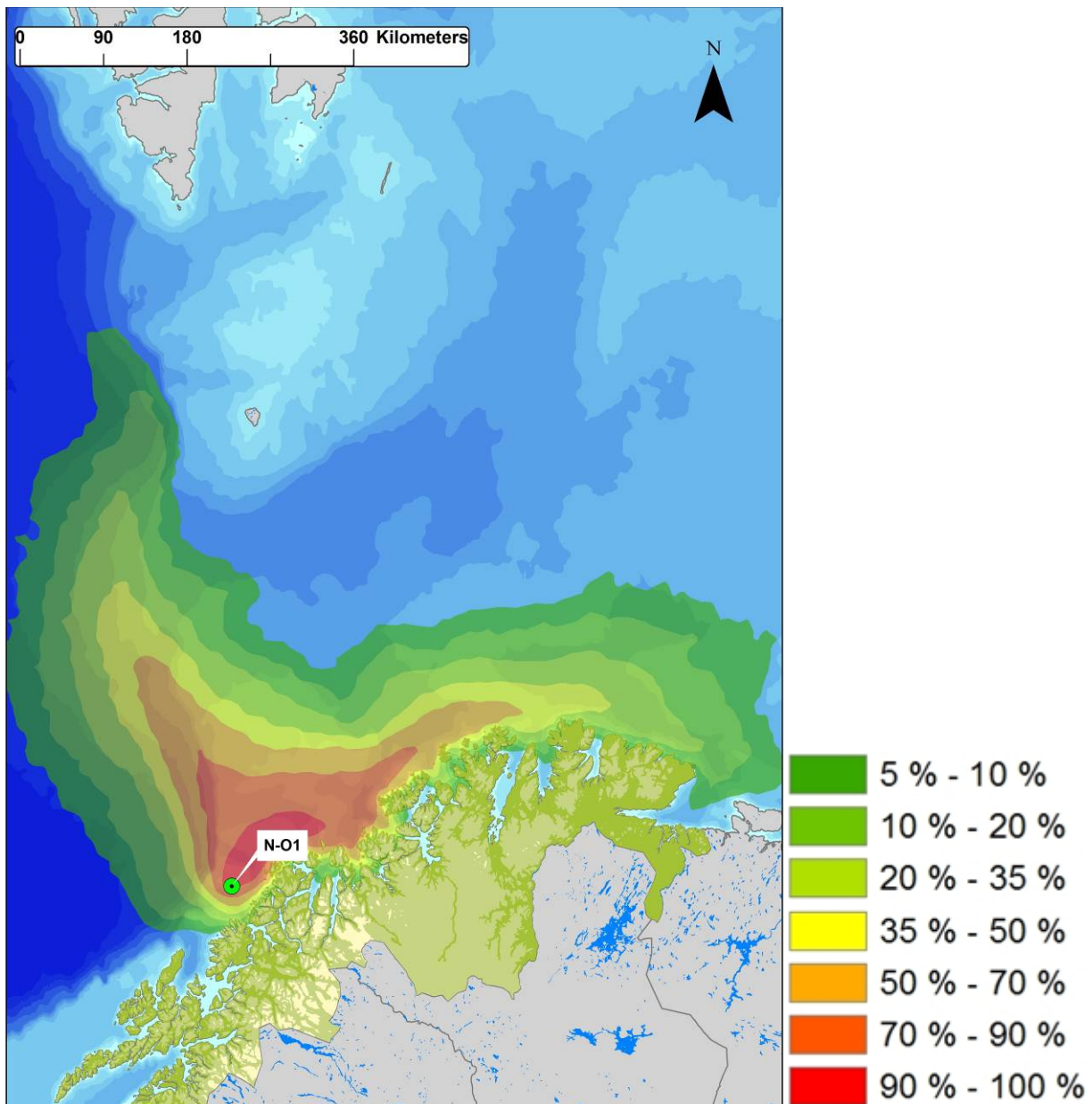
Generelt viser influensområdene fra sjøbunnsutblåsningene en mindre utbredelse som for overflateutblåsningene. Dette skyldes at vektingen av lengste varighet (50 døgn) er 20 % for en sjøbunnsutblåsning, mens det for overflateutblåsningen er 7 %. Influensområdene sier ingenting om hvor store oljemengder det er i hver gridrute, bare at det har vært olje i ruta.

De statistiske resultatene viser at influensområdene berører store deler av kysten i nord og nordøstlig retning av de enkelte lokasjonene. Et (vektet) influensområde er i denne sammenheng definert som sannsynlighet for treff av olje over 5 % basert på alle rater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter. For de sørligste lokasjonene, Nordland IV, V og VI strekker influensområdene seg inn i Vestfjorden og i noen tilfeller opp til Sørøya. Lokasjonen N-O9 i Nordland VI ligger lengst ut i havet. Influensområdet går ikke inn i Vestfjorden, men strekker seg nesten til Nordkinnhalvøya. For lokasjonene i Nordland VII og Troms II berører influensområdene i østlig retning kysten helt opp til den russiske grensen og mot nord under 100 km fra sørspissen av Spitsbergen (N-O6). Resultatene fra modelleringen med Huldrakondensatet viser mindre utstrekning av influensområdene.

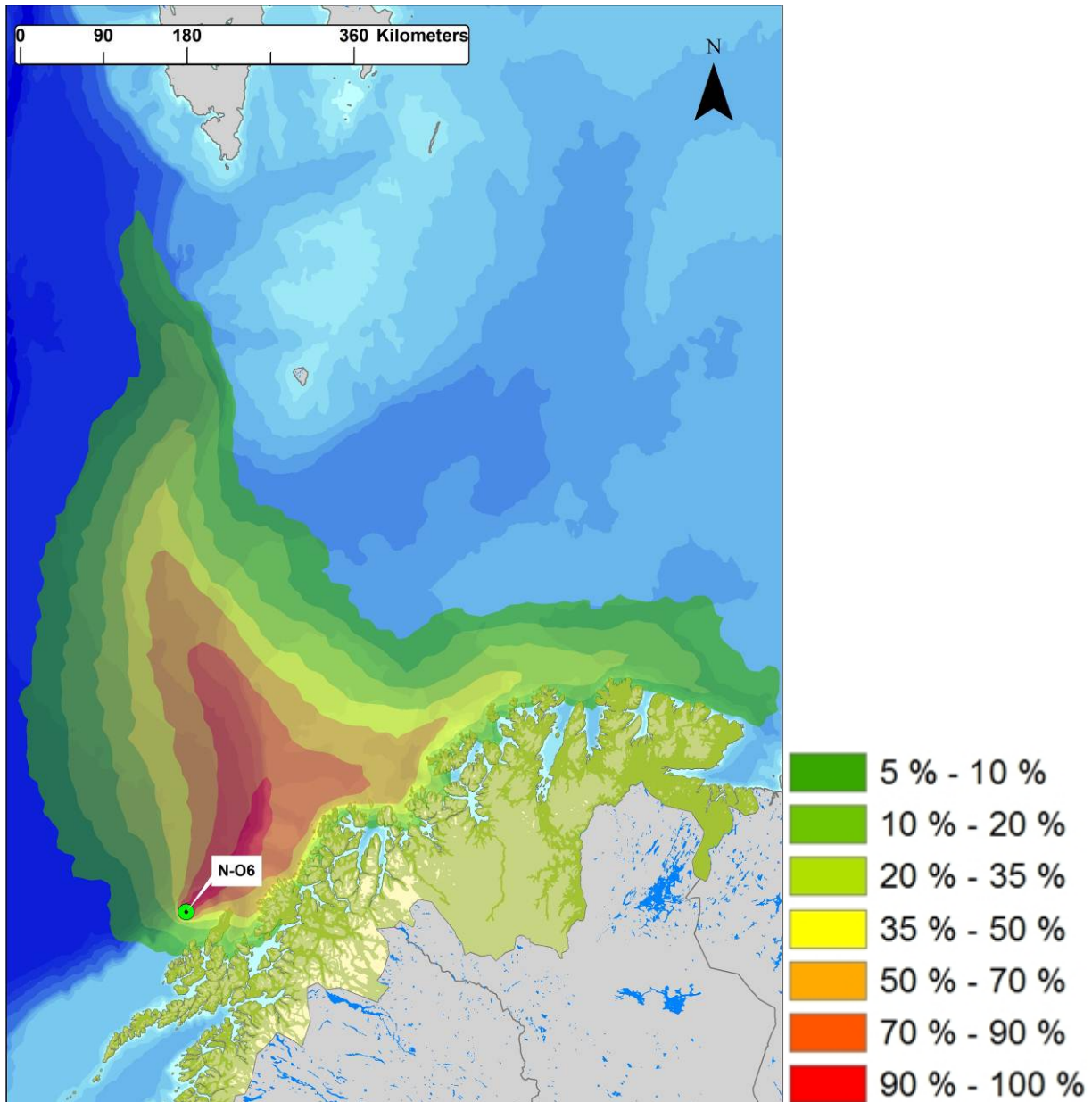
Merk at influensområdene ikke viser omfanget av et enkelt oljeutslipp, men er et statistisk område, dvs. det området som berøres med mer enn 5 % treffsannsynlighet.



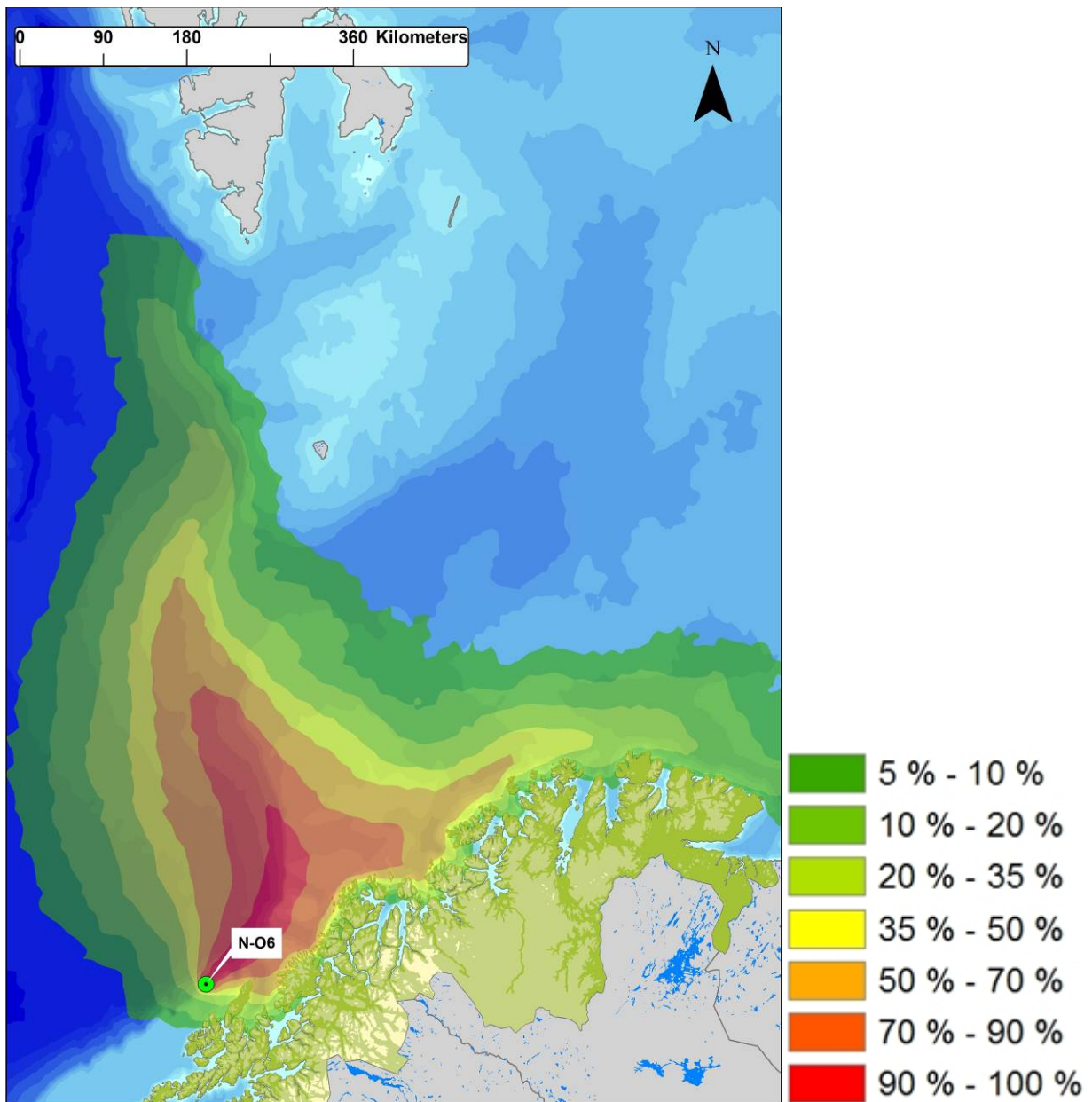
Figur 4-15 N-01 (Troms II). Sannsynligheten for treff av over 1 tonn olje i 10×10 km ruter gitt en **overflateutblåsning** (helårsstatistikk). Influensområdet er basert på alle utslippsrater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter.



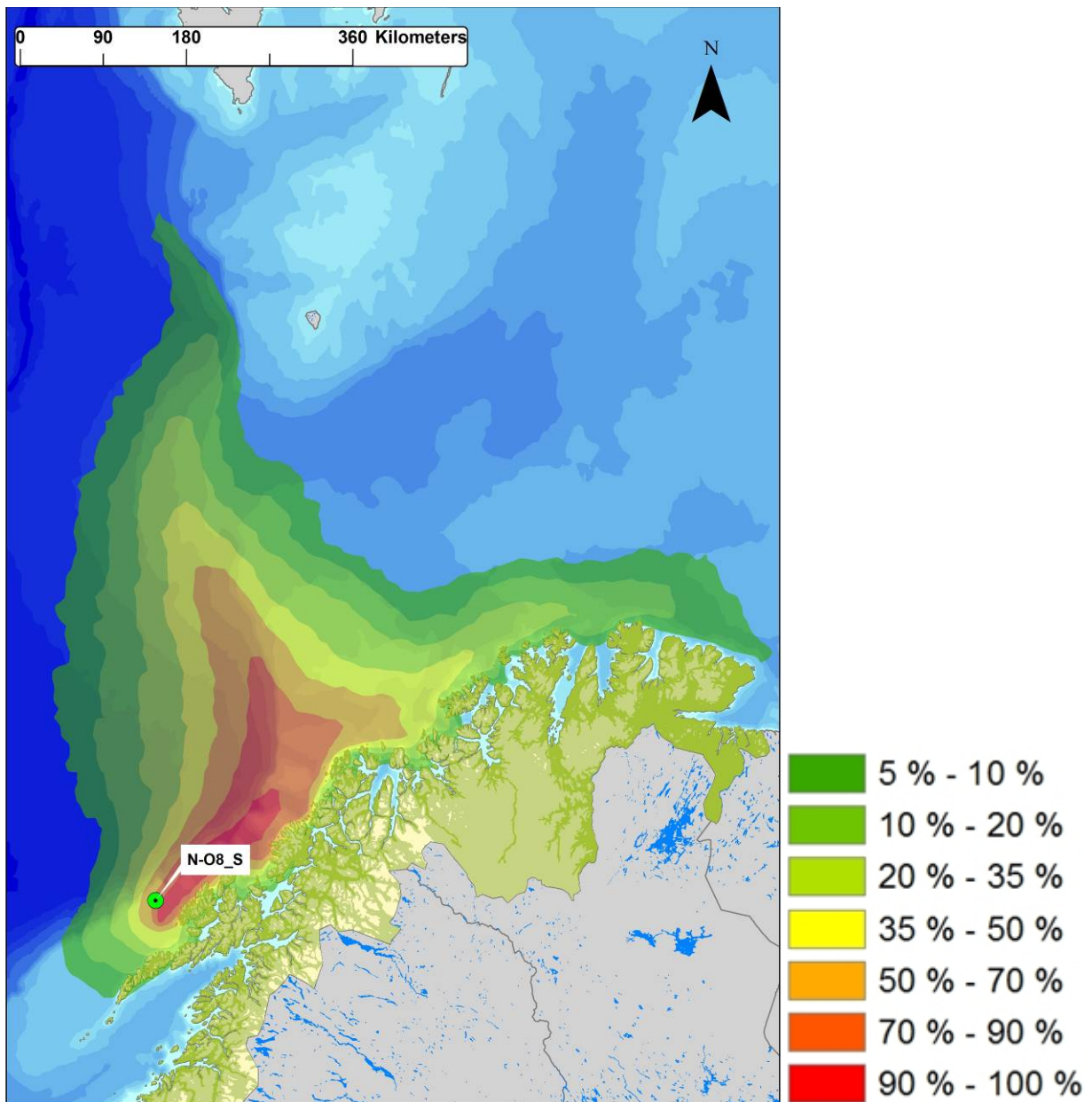
Figur 4-16 N-O1 (Troms II). Sannsynligheten for treff av over 1 tonn olje i 10×10 km ruter gitt en **sjøbunnsutblåsning** (helårsstatistikk). Influensområdet er basert på alle utslippsrater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter.



Figur 4-17 N-06 (Nordland VII). Sannsynligheten for treff av over 1 tonn olje i 10×10 km ruter gitt en overflateutblåsning (helårsstatistikk). Influensområdet er basert på alle utslippsrater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter.



Figur 4-18 N-O6 (Nordland VII). Sannsynligheten for treff av over 1 tonn olje i 10×10 km ruter gitt en **sjøbunnsutblåsning** (helårsstatistikk). Influensområdet er basert på alle utslippsrater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter.



Figur 4-19 N-O8 (Nordland VII). Sannsynligheten for treff av over 1 tonn olje i 10×10 km ruter gitt en **overflate**utblåsning med Svaleoljen (helårsstatistikk). Influensområdet er basert på alle utslippsrater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter.

