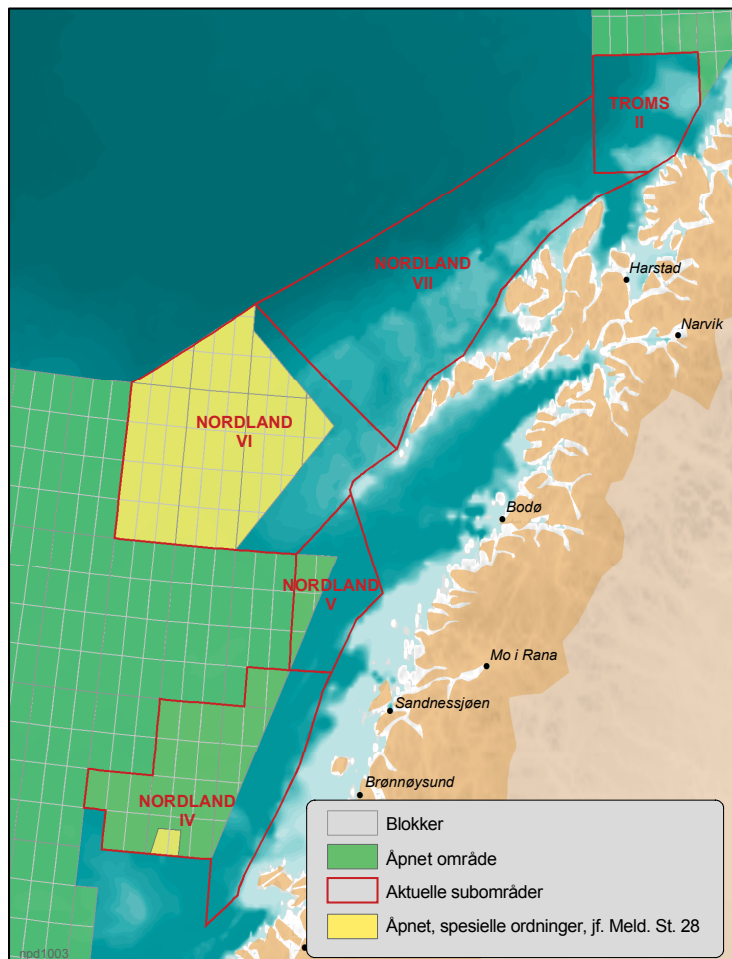




Oljedriftsmodellering og analyse av gassutblåsning i det nordøstlige Norskehvaet

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

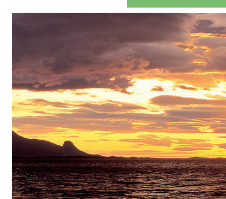
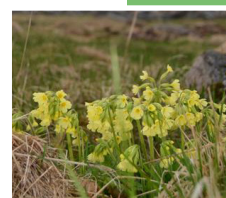
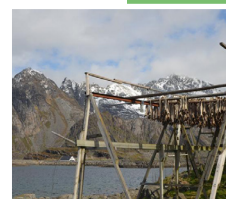
Olje- og energidepartementet gjennomfører nå kunnskapsinnhenting om virkninger av petroleumsvirksomhet i områder i det nordøstlige Norskehavet som ikke er åpnet for petroleumsvirksomhet. Arbeidet følger av Stortingets behandling av Meld. St. 10 (2010-2011) Oppdatering av forvaltningsplanen for det marine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

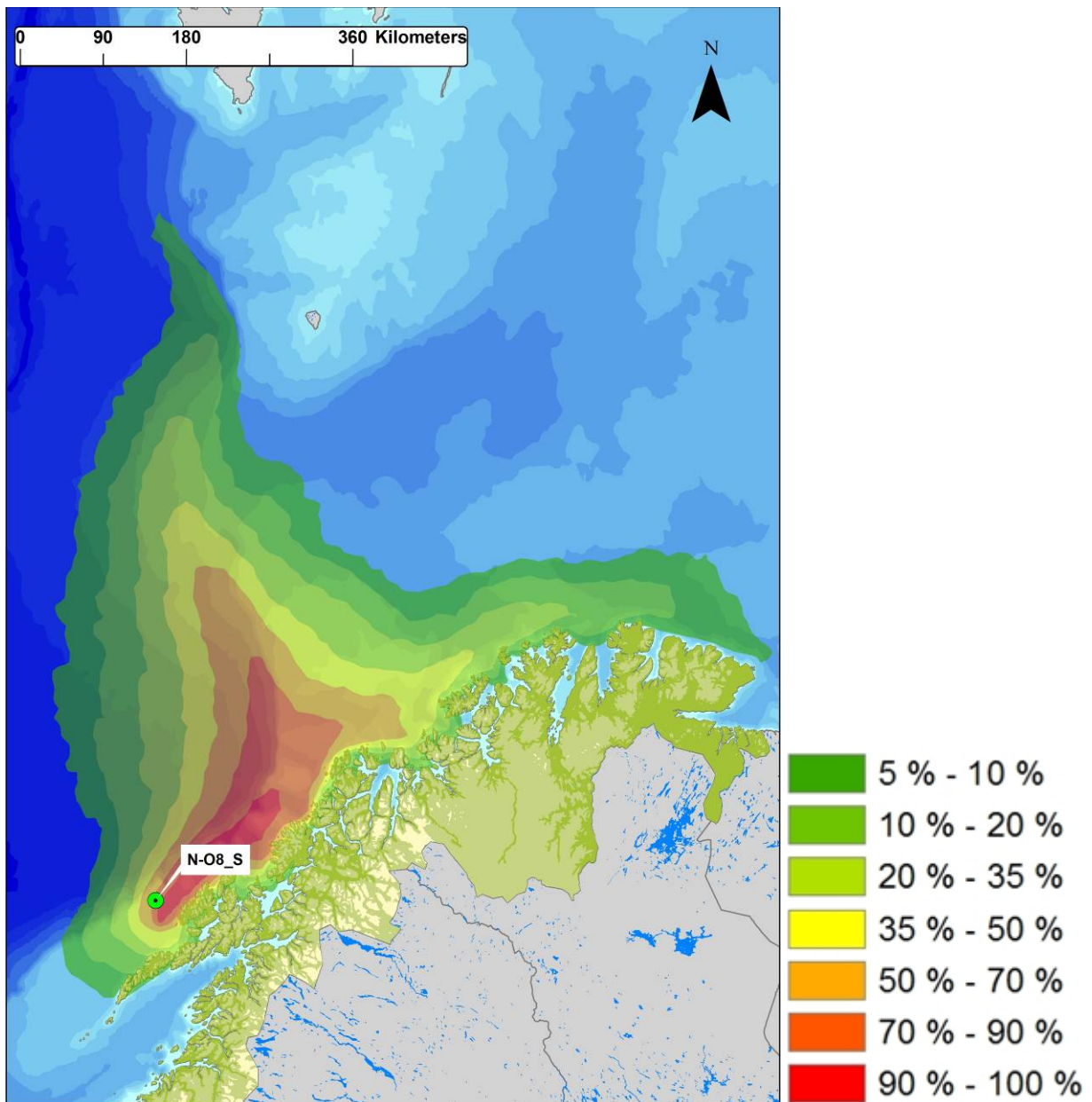
Temaene for kunnskapsinnhenting er fastsatt etter innspill fra lokale og regionale myndigheter samt sektormyndigheter, fagmiljøer og andre berørte parter. Det er utarbeidet et program for kunnskapsinnhenting som er tilgjengelig på departementets nettside, se: <http://www.regjeringen.no/nb/dep/oed/aktuelt/nyheter/2012/kunnskapsinnhenting.html?id=696281>

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.

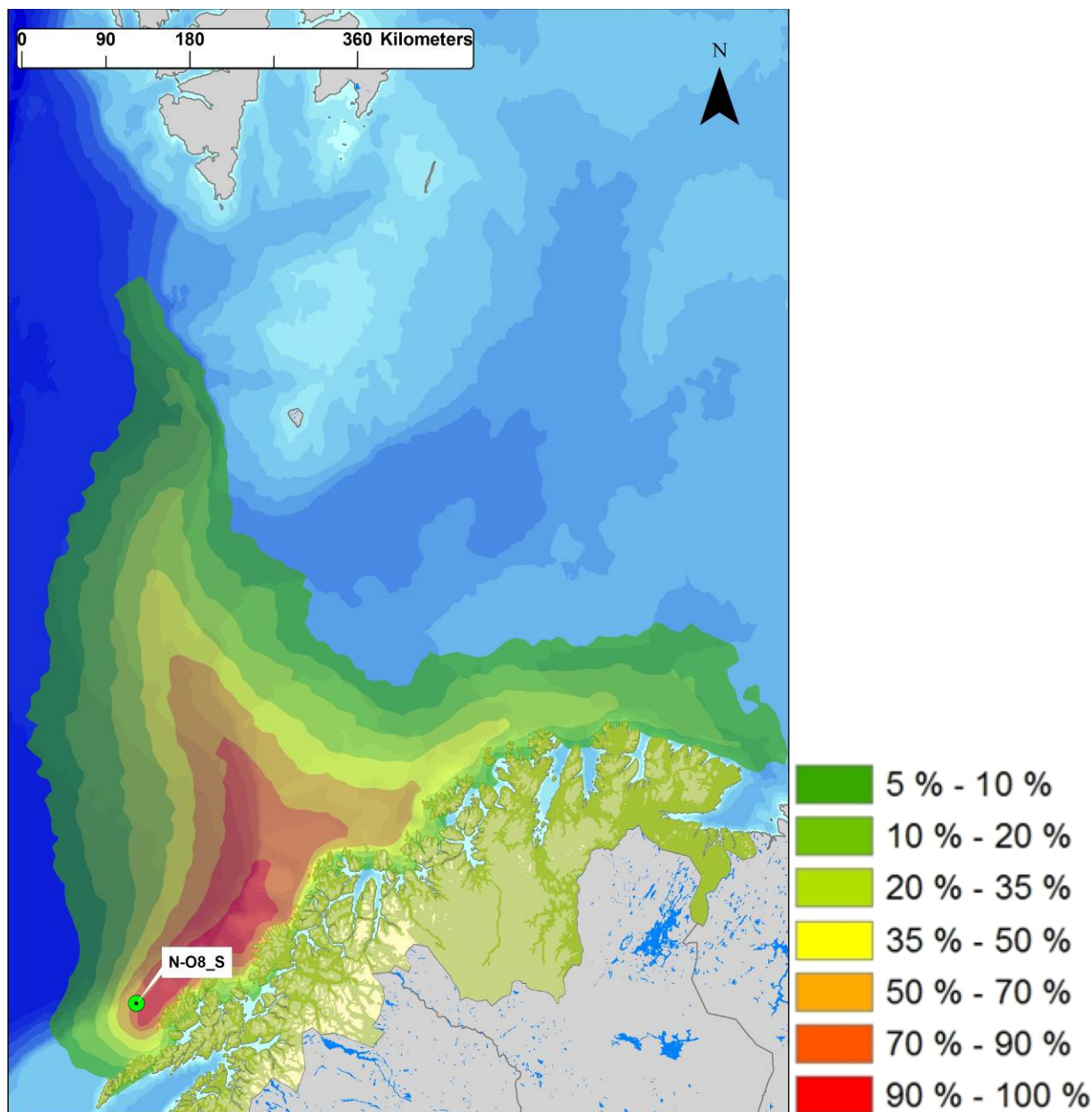
Olje- og energidepartementet vil legge frem resultatene fra kunnskapsinnhenting i en sammenstillingsrapport. Det vil bli gitt anledning til å kommentere på den faglige sammenstillingsrapporten i løpet av vinteren 2012/2013.

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.

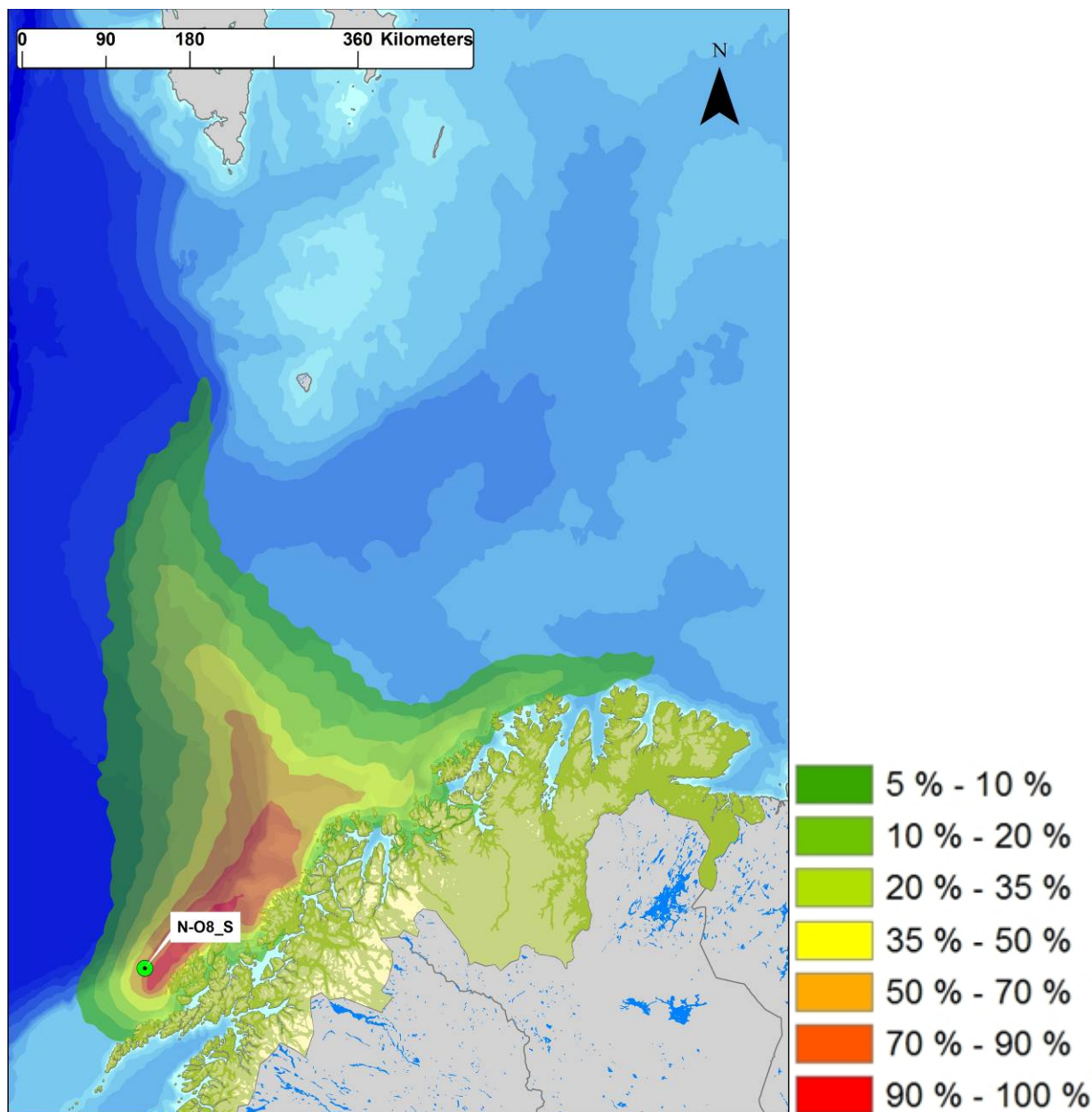




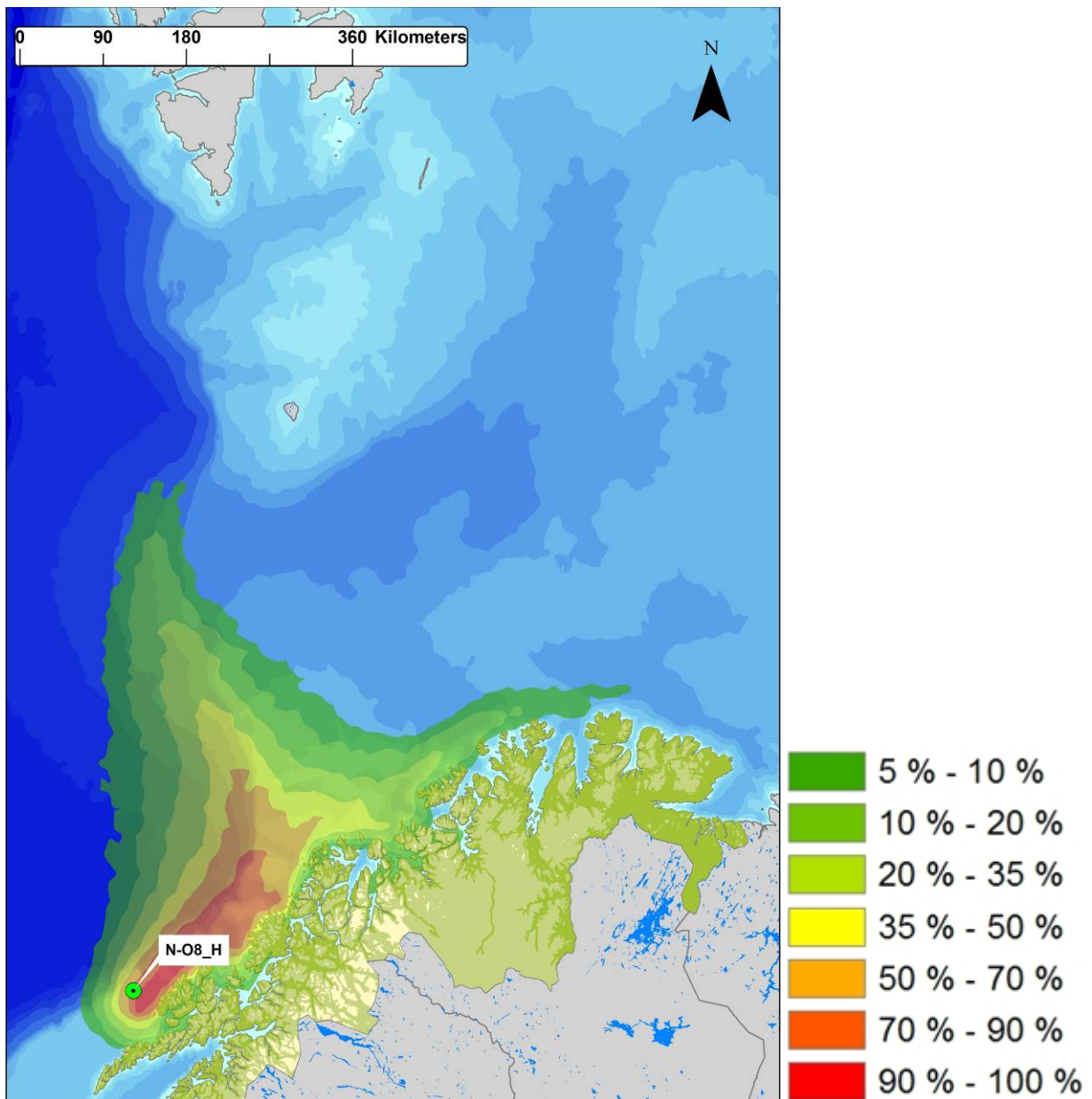
Figur 4-19 N-O8 (Nordland VII). Sannsynligheten for treff av over 1 tonn olje i 10×10 km ruter gitt en **overflateutblåsning** med Svaleoljen (helårsstatistikk). Influensområdet er basert på alle utslippsrater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter.



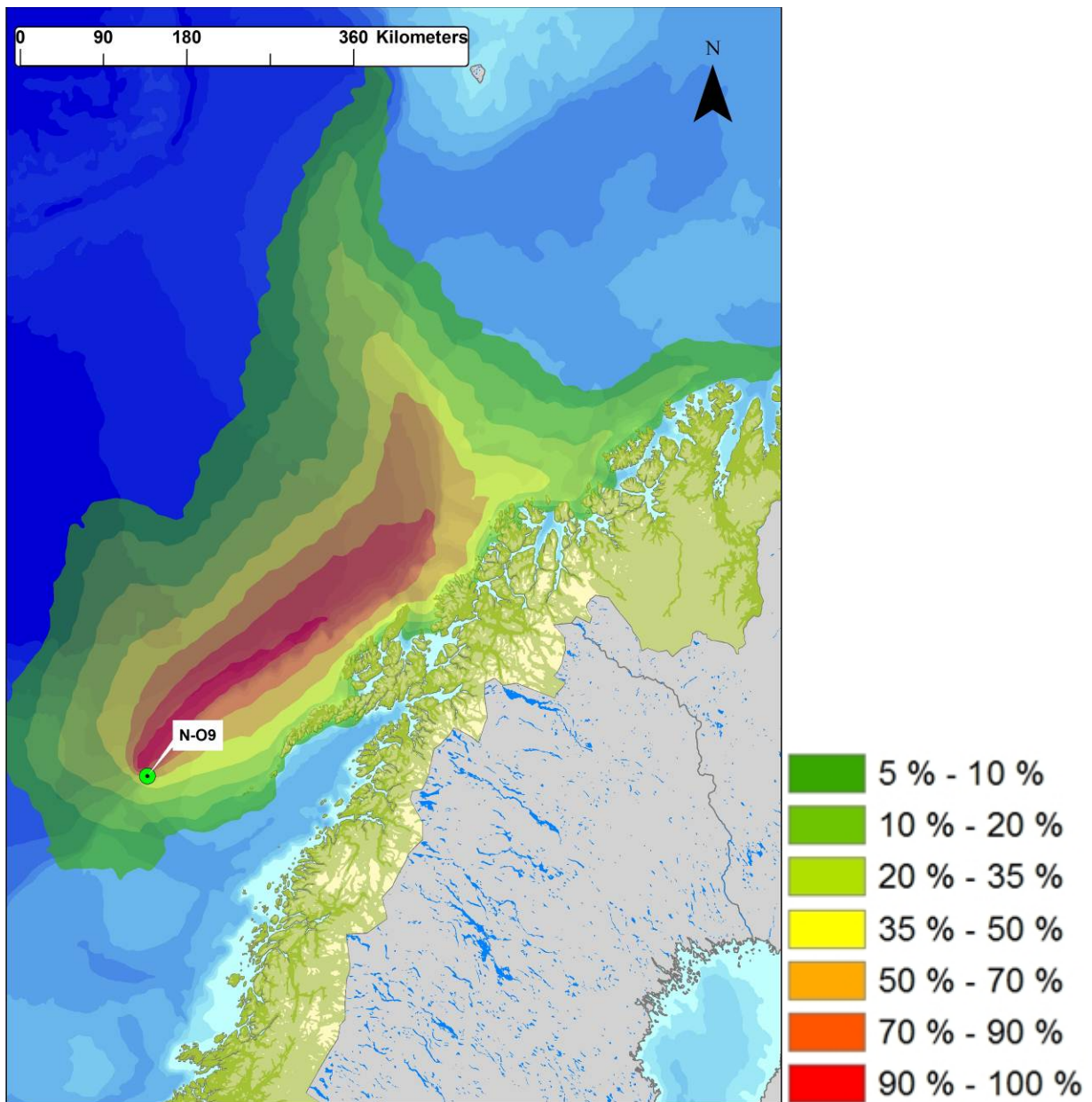
Figur 4-20 N-O8 (Nordland VII). Sannsynligheten for treff av over 1 tonn olje i 10×10 km ruter gitt en **sjøbunns**utblåsning med Svaleoljen (helårsstatistikk). Influensområdet er basert på alle utslippsrater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter.



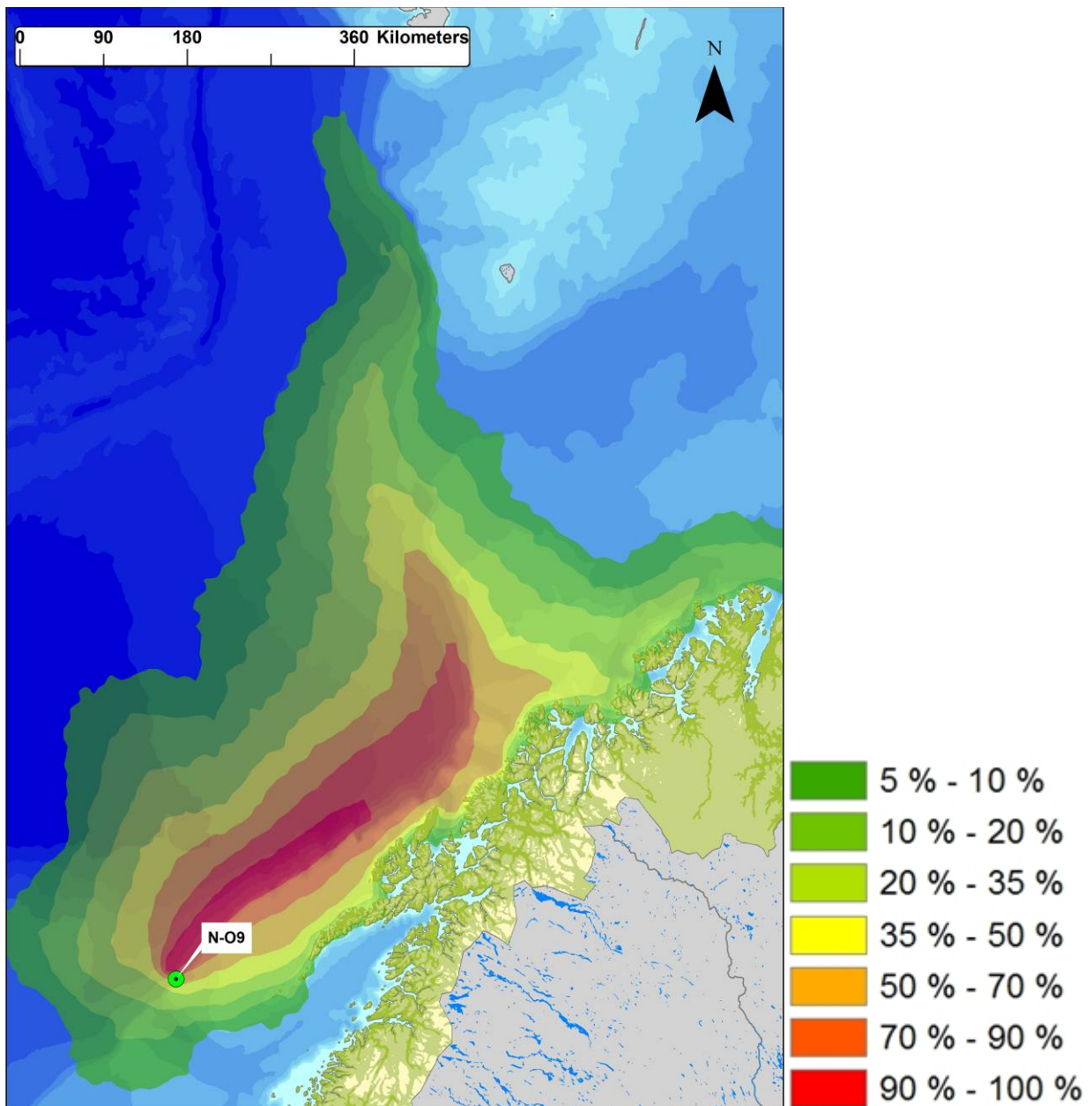
Figur 4-21 N-O8 (Nordland VII). Sannsynligheten for treff av over 1 tonn olje i 10×10 km ruter gitt en overflateutblåsning med Huldrakondensat (helårsstatistikk). Influensområdet er basert på alle utslippsrater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter.



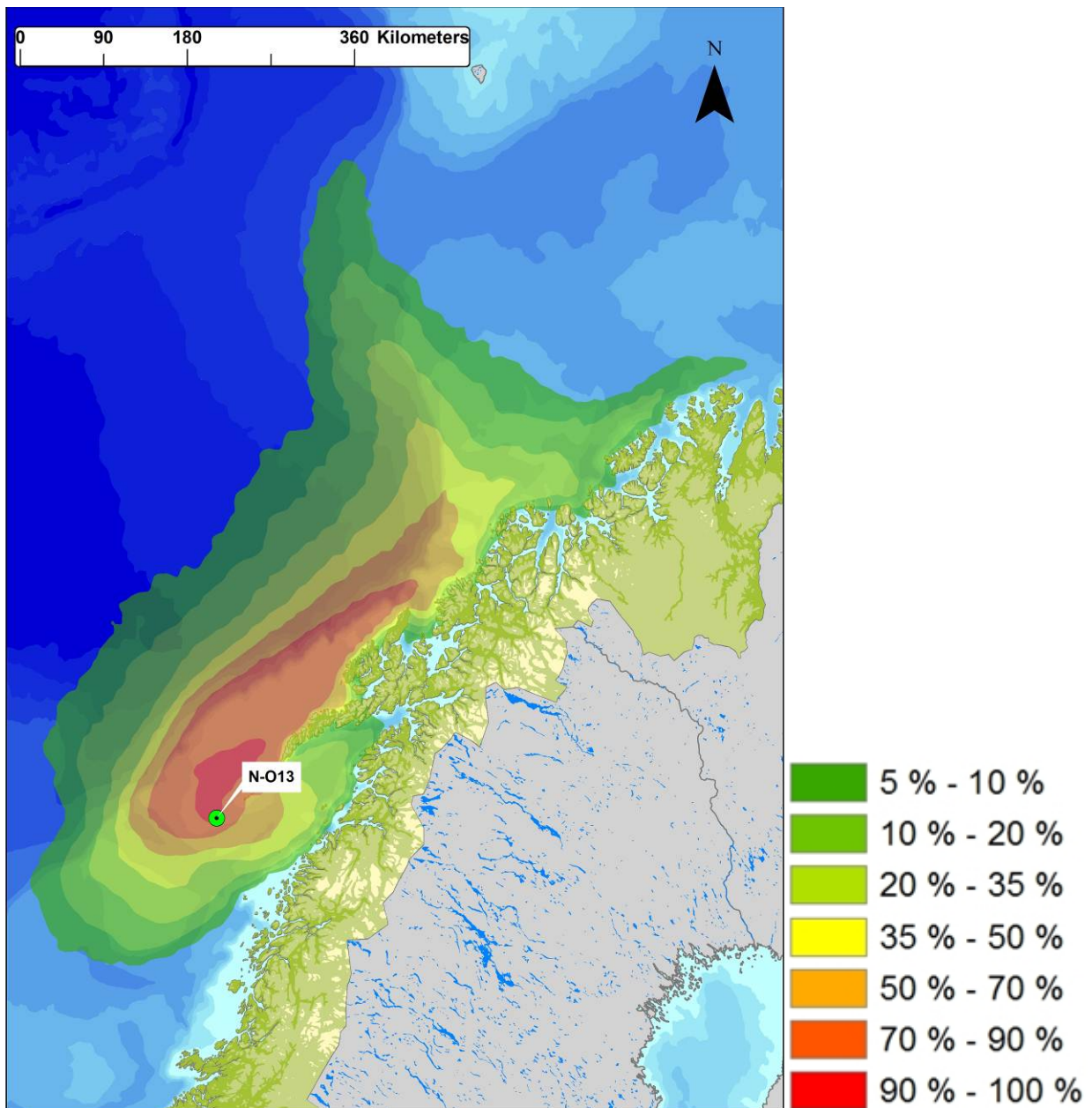
Figur 4-22 N-08 (Nordland VII). Sannsynligheten for treff av over 1 tonn olje i 10×10 km ruter gitt en **sjøbunns**utblåsning med Huldrakondensat (helårsstatistikk). Influensområdet er basert på alle utslippsrater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter.



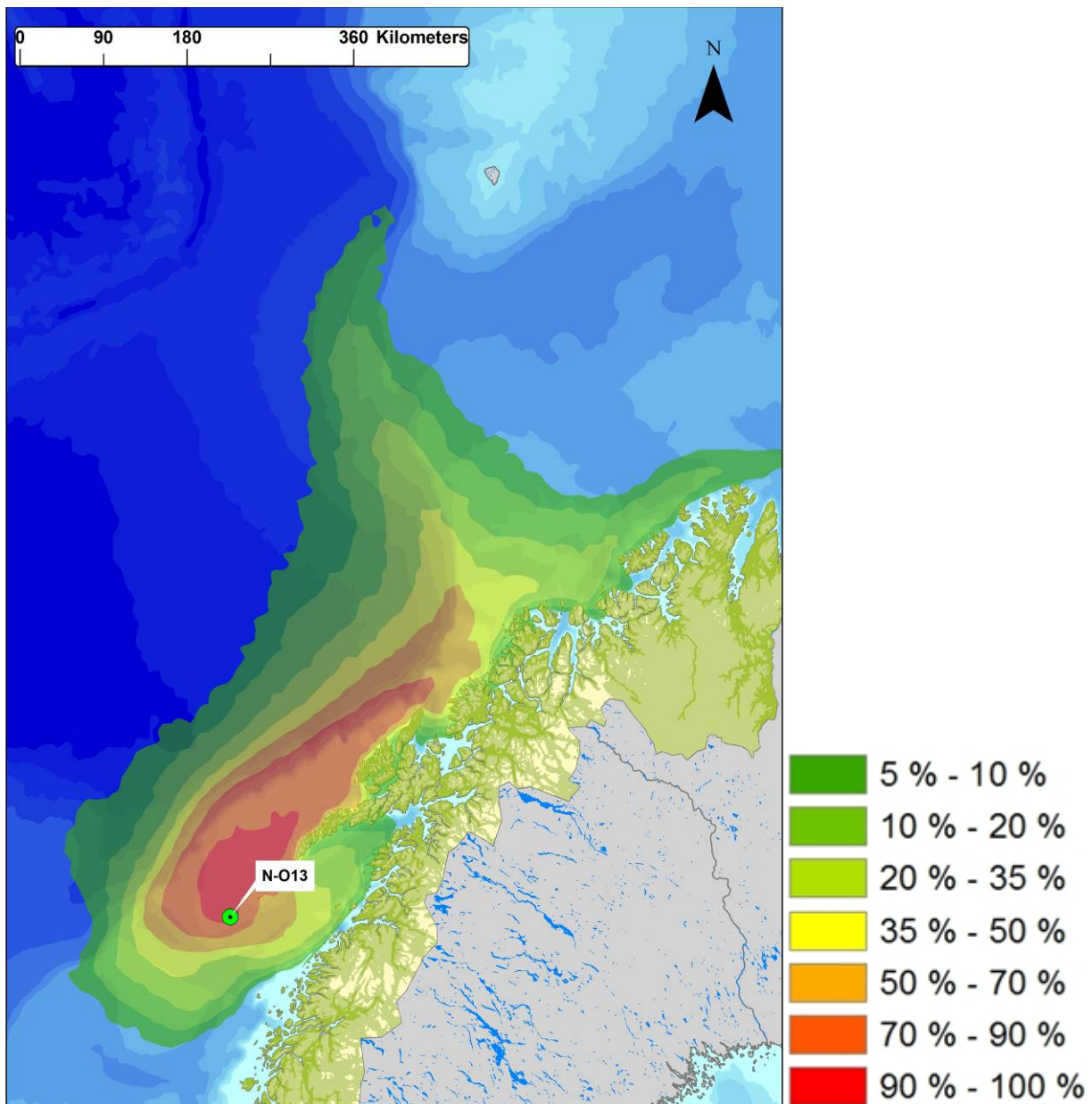
Figur 4-23 N-O9 (Nordland VI). Sannsynligheten for treff av over 1 tonn olje i 10×10 km ruter gitt en **overflateutblåsning** (helårsstatistikk). Influensområdet er basert på alle utslippsrater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter.



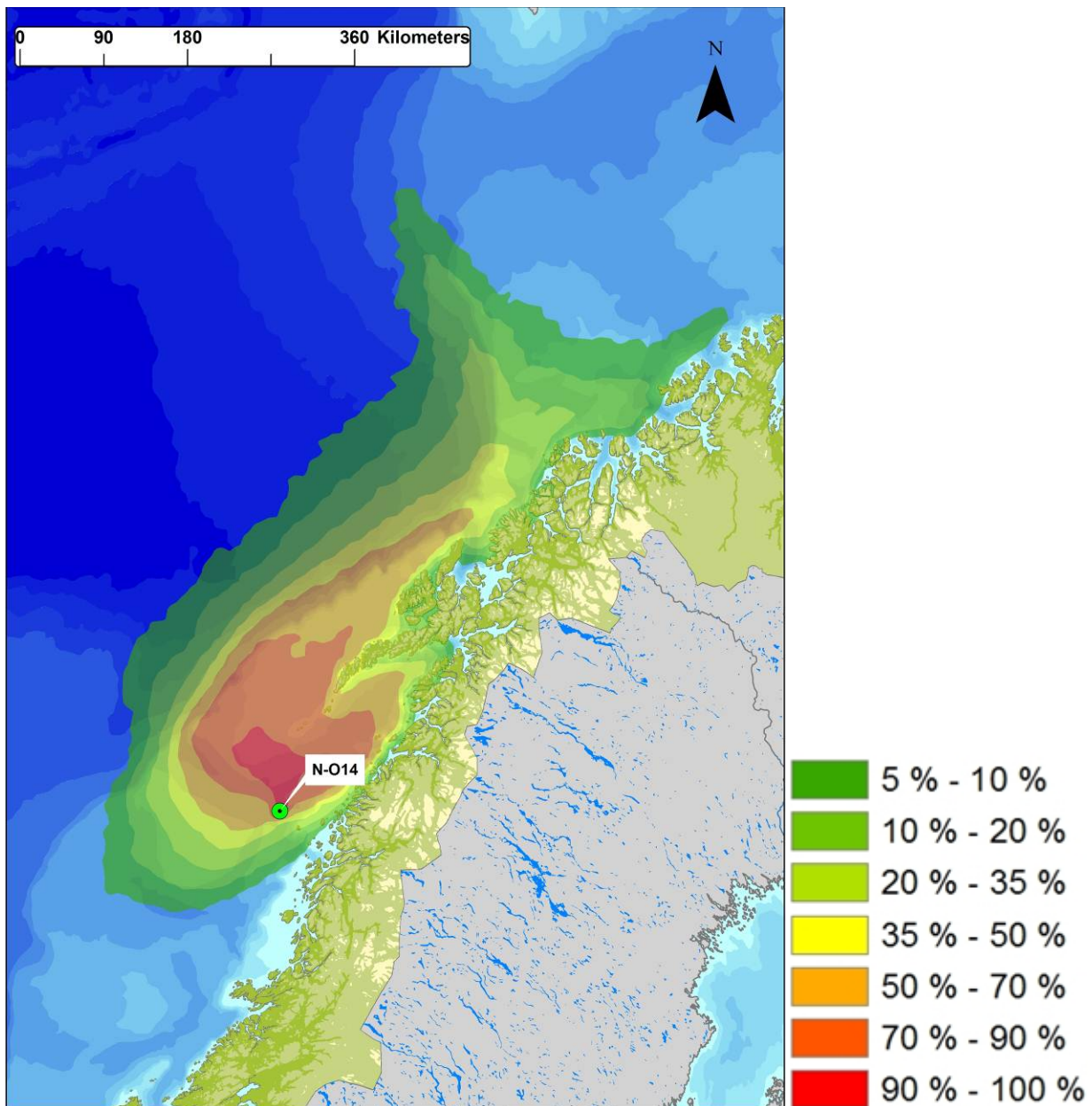
Figur 4-24 N-O9 (Nordland VI). Sannsynligheten for treff av over 1 tonn olje i 10×10 km ruter gitt en **sjøbunns**utblåsning (helårsstatistikk). Influensområdet er basert på alle utslippsrater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter.



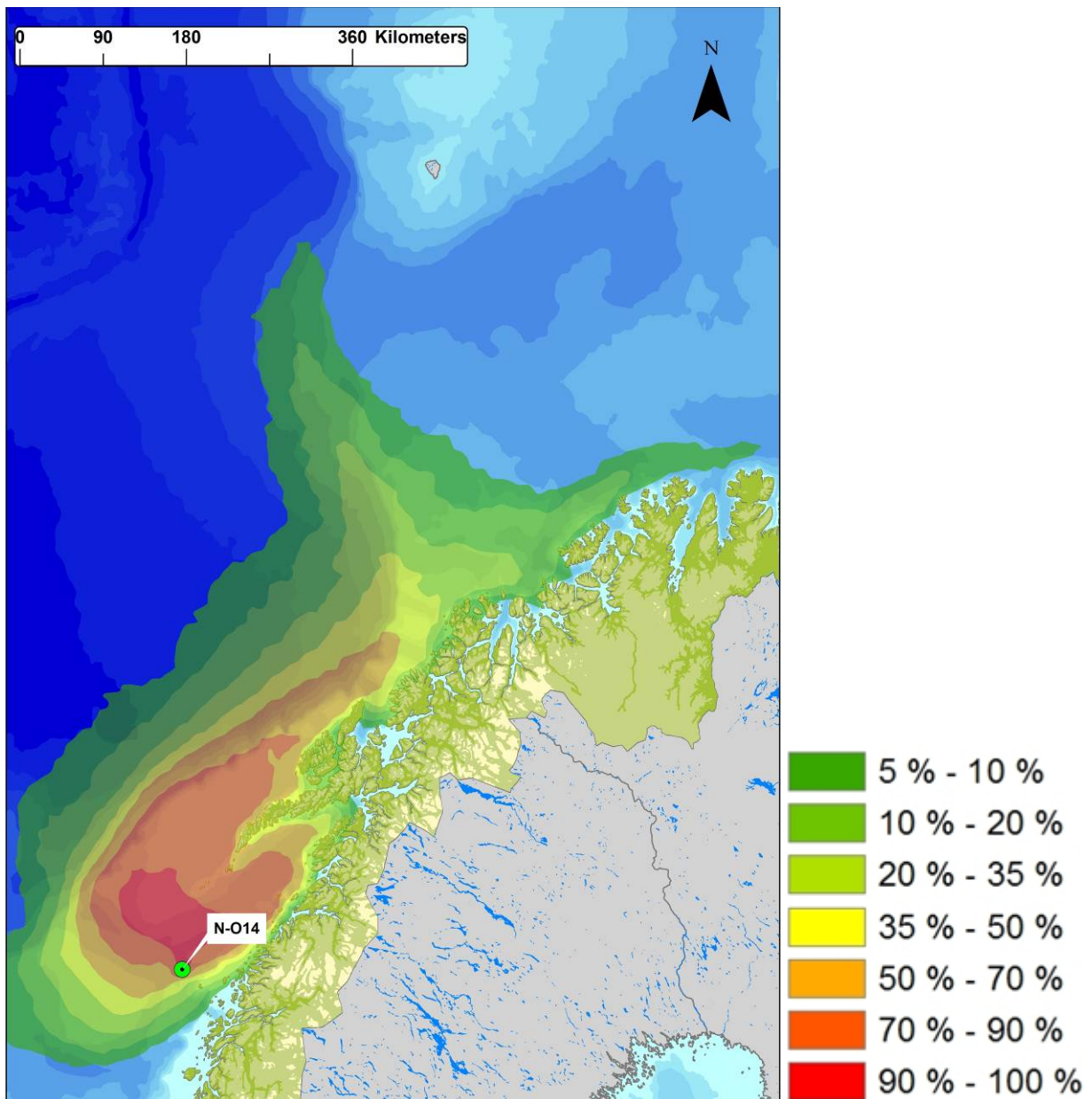
Figur 4-25 N-O13 (Nordland VI). Sannsynligheten for treff av over 1 tonn olje i 10×10 km ruter gitt en overflateutblåsning (helårsstatistikk). Influensområdet er basert på alle utslippsrater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter.



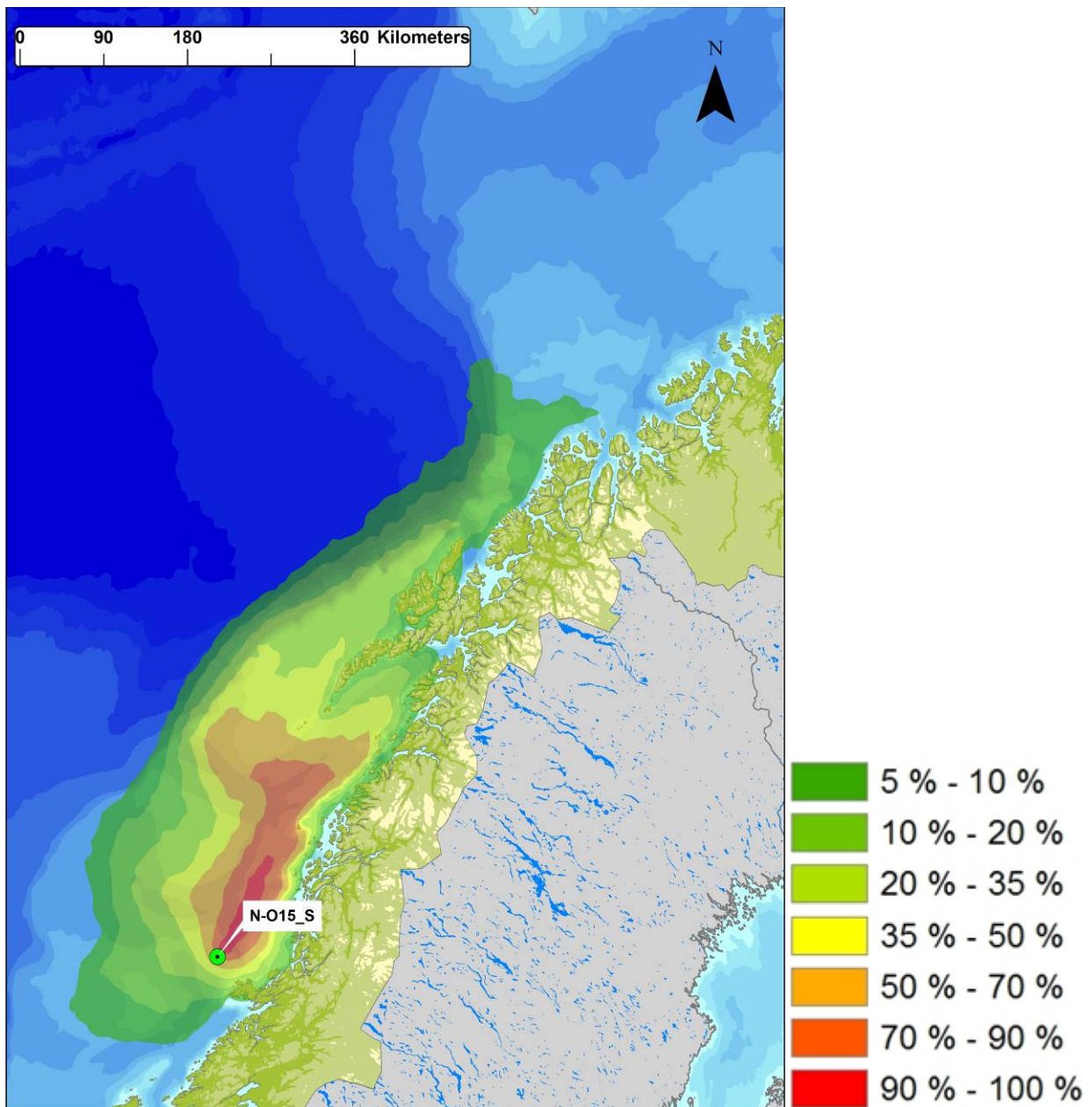
Figur 4-26 N-O13 (Nordland VI). Sannsynligheten for treff av over 1 tonn olje i 10×10 km ruter gitt en **sjøbunnsutblåsning** (helårsstatistikk). Influensområdet er basert på alle utslippsrater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter.



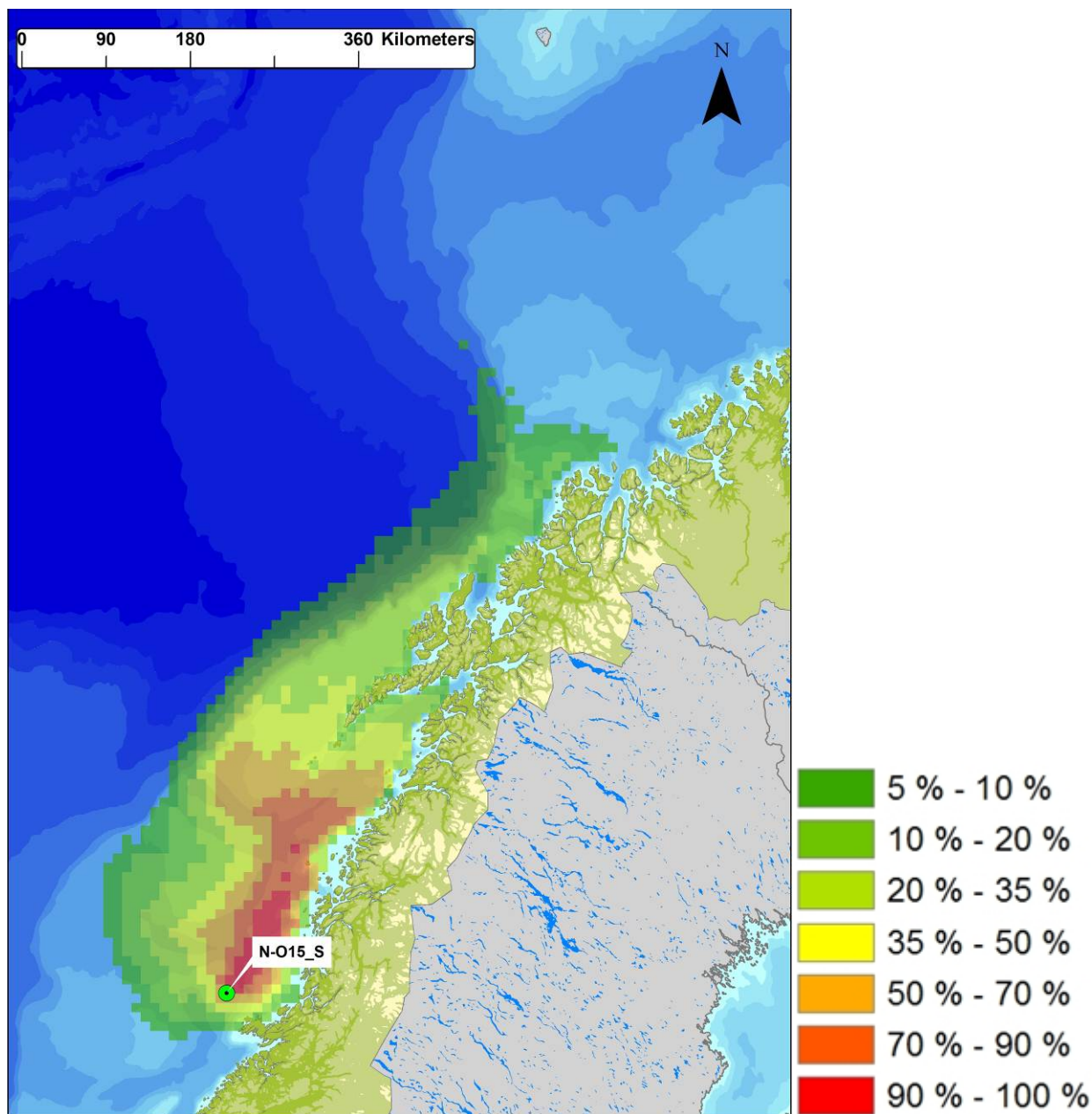
Figur 4-27 N-O14 (Nordland V). Sannsynligheten for treff av over 1 tonn olje i 10×10 km ruter gitt en overflateutblåsning (helårsstatistikk). Influensområdet er basert på alle utslippsrater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter.



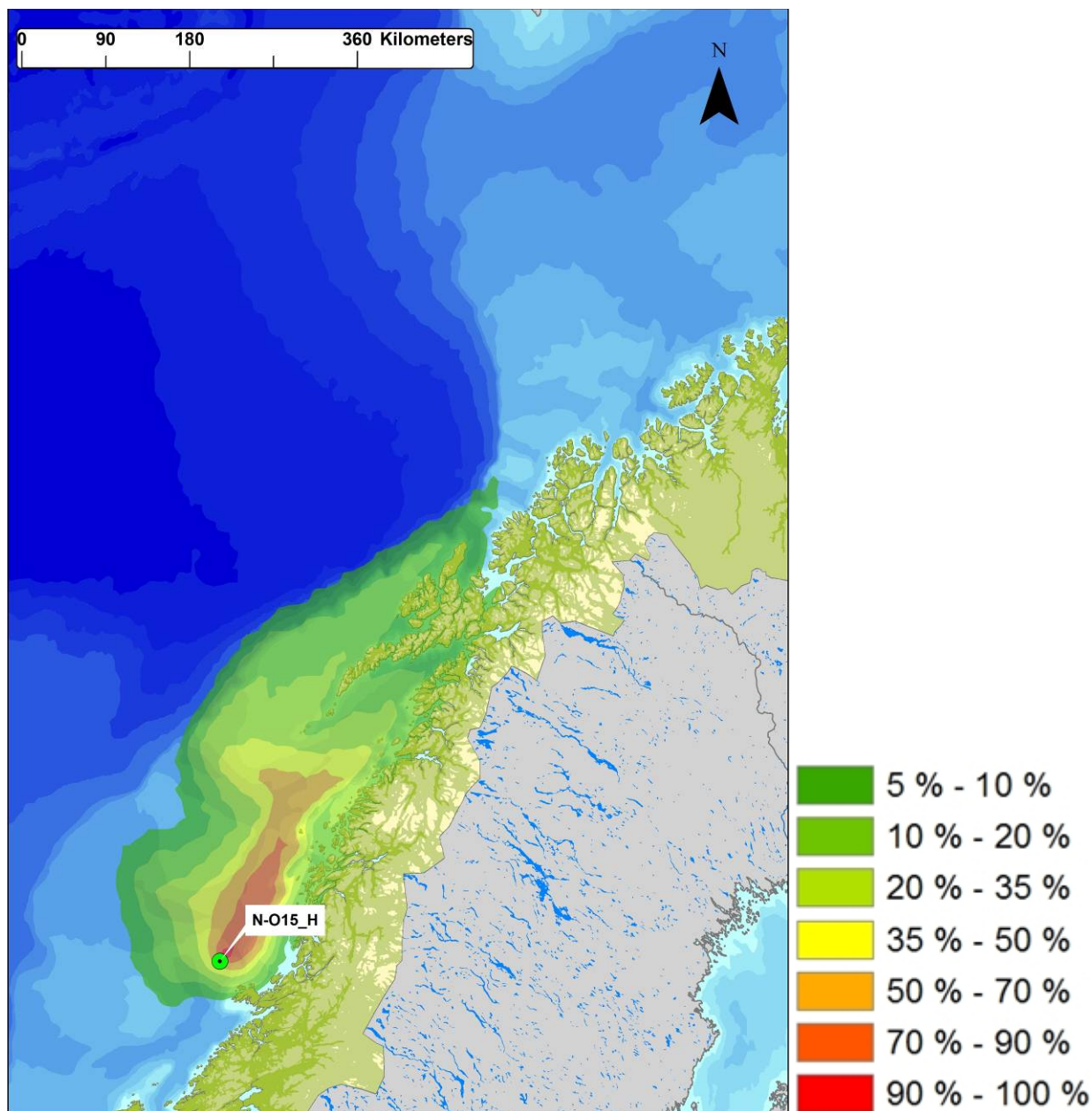
Figur 4-28 N-O14 (Nordland V). Sannsynligheten for treff av over 1 tonn olje i 10×10 km ruter gitt en **sjøbunnsutblåsning** (helårsstatistikk). Influensområdet er basert på alle utslippsrater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter.



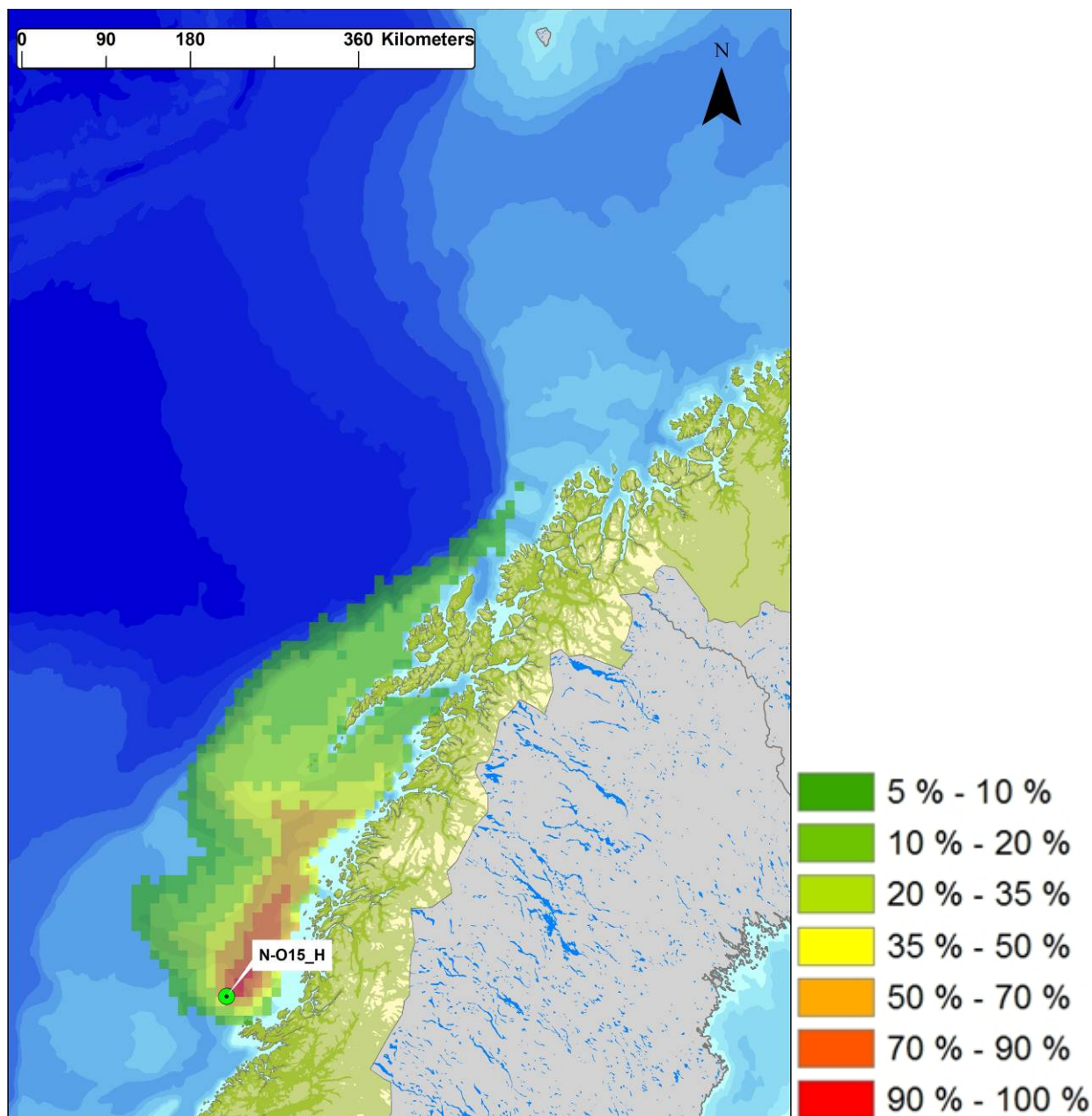
Figur 4-29 N-O15 (Nordland IV). Sannsynligheten for treff av over 1 tonn olje i 10×10 km ruter gitt en **overflate**utblåsning med Svaleoljen (helårsstatistikk). Influensområdet er basert på alle utslippsrater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter.



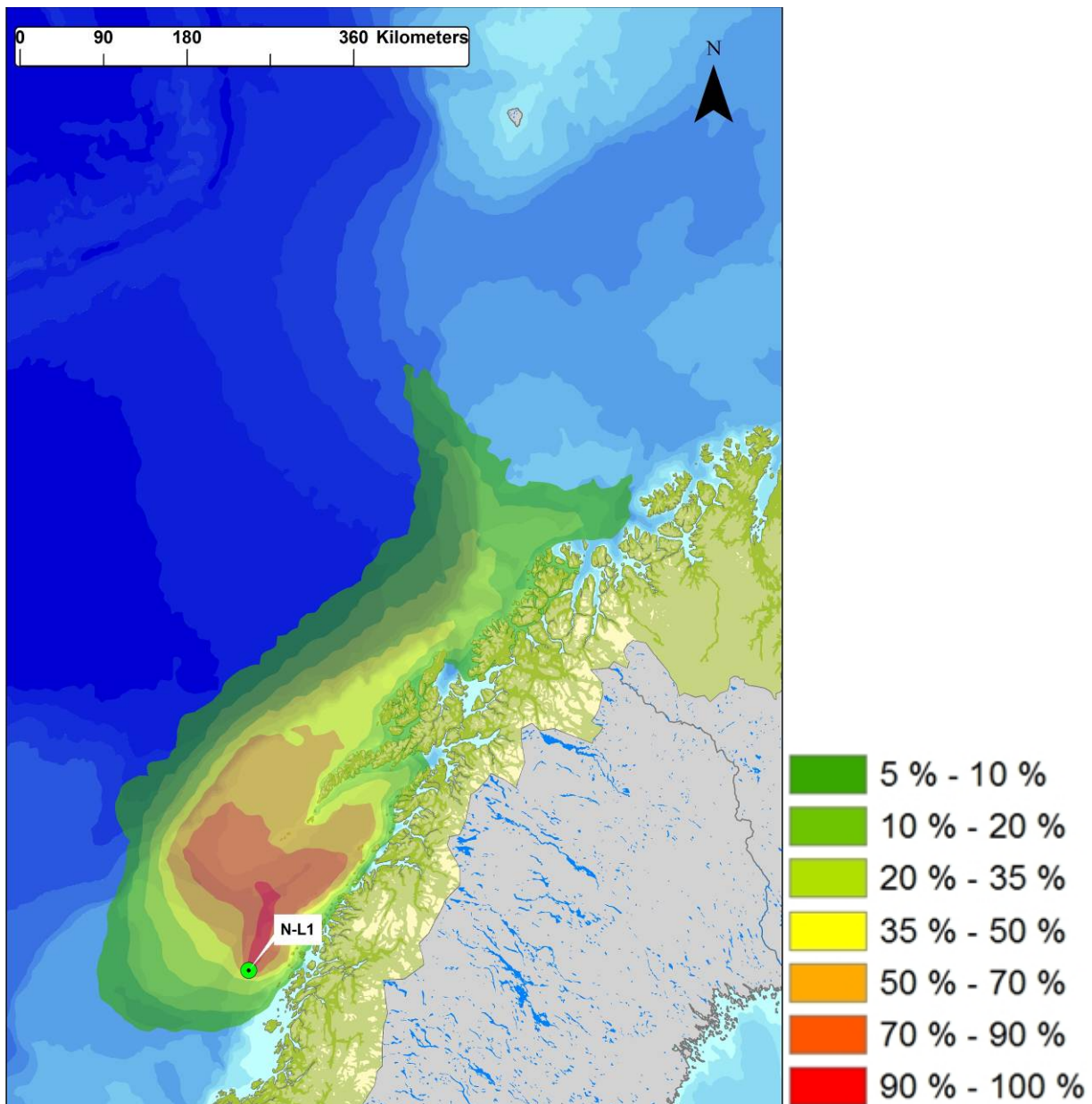
Figur 4-30 N-O15 (Nordland IV). Sannsynligheten for treff av over 1 tonn olje i 10×10 km ruter gitt en **sjøbunnsutblåsning** fra med Svaleoljen (helårsstatistikk). Grunnet tekniske utfordringer er dette influensområdet vist som gridruter, og er ikke glattet ut som i de andre tilsvarende figurene. Influensområdet er basert på alle utslippsrater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter.



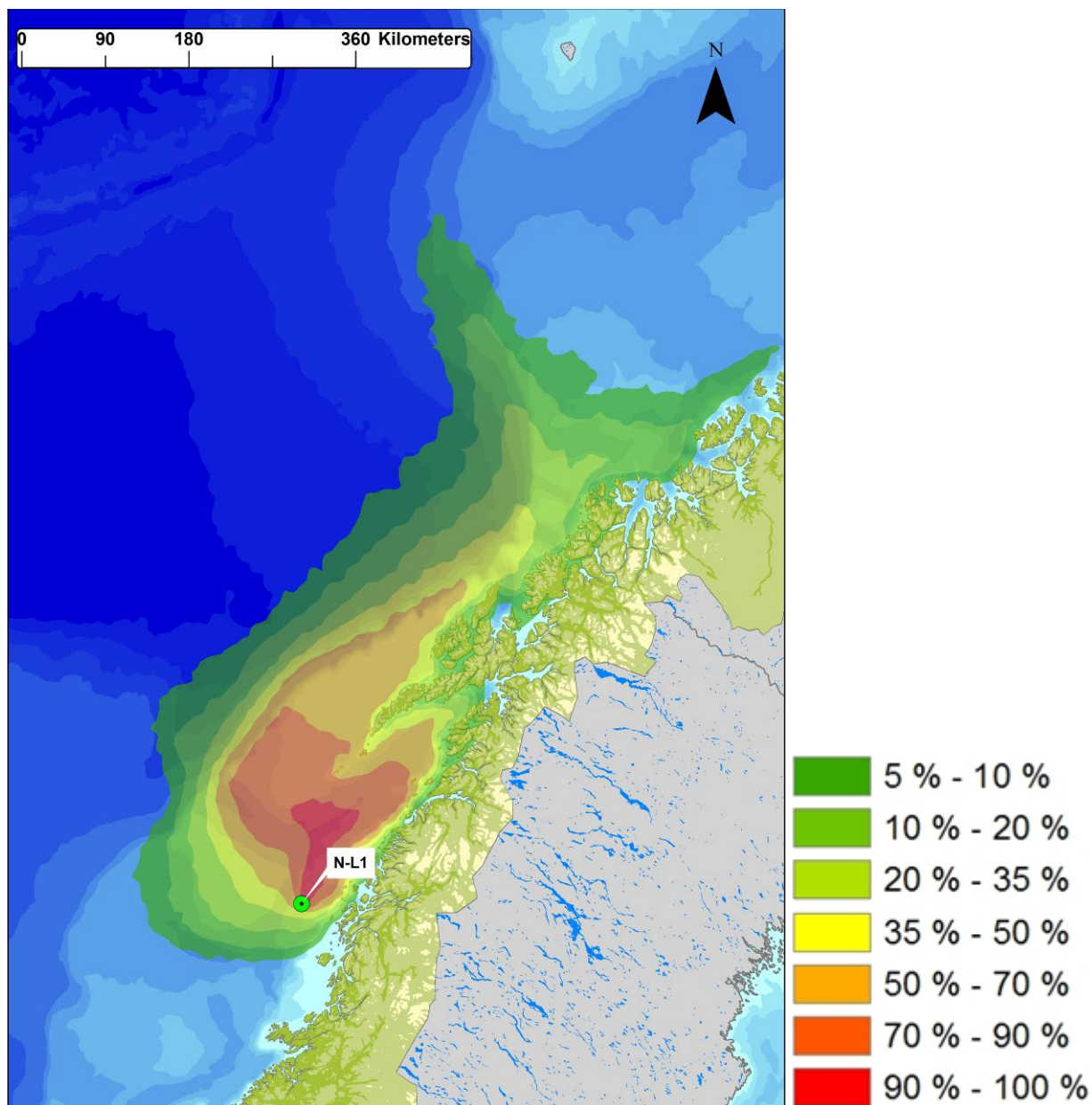
Figur 4-31 N-O15 (Nordland IV). Sannsynligheten for treff av over 1 tonn olje i 10×10 km ruter gitt en **overflate**utblåsning med Huldrakondensatet (helårsstatistikk). Influensområdet er basert på alle utslippsrater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter.



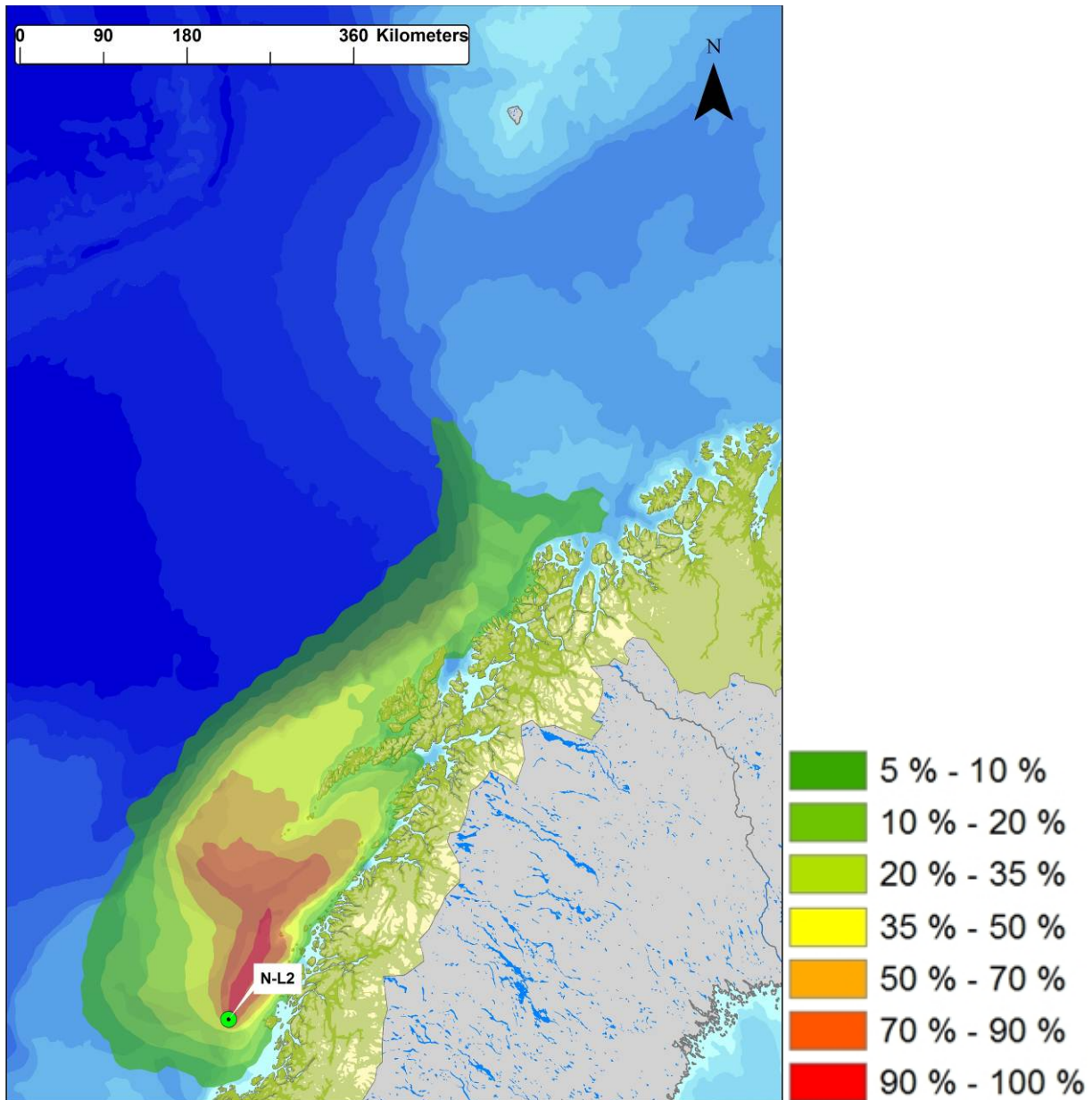
Figur 4-32 N-O15 (Nordland IV). Sannsynligheten for treff av over 1 tonn olje i 10×10 km ruter gitt en **sjøbunns**utblåsning med Huldrakondensatet (helårsstatistikk). Grunnet tekniske utfordringer er dette influensområdet vist som gridruter, og er ikke glattet ut som i de andre tilsvarende figurene. Influensområdet er basert på alle utslippsrater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter.



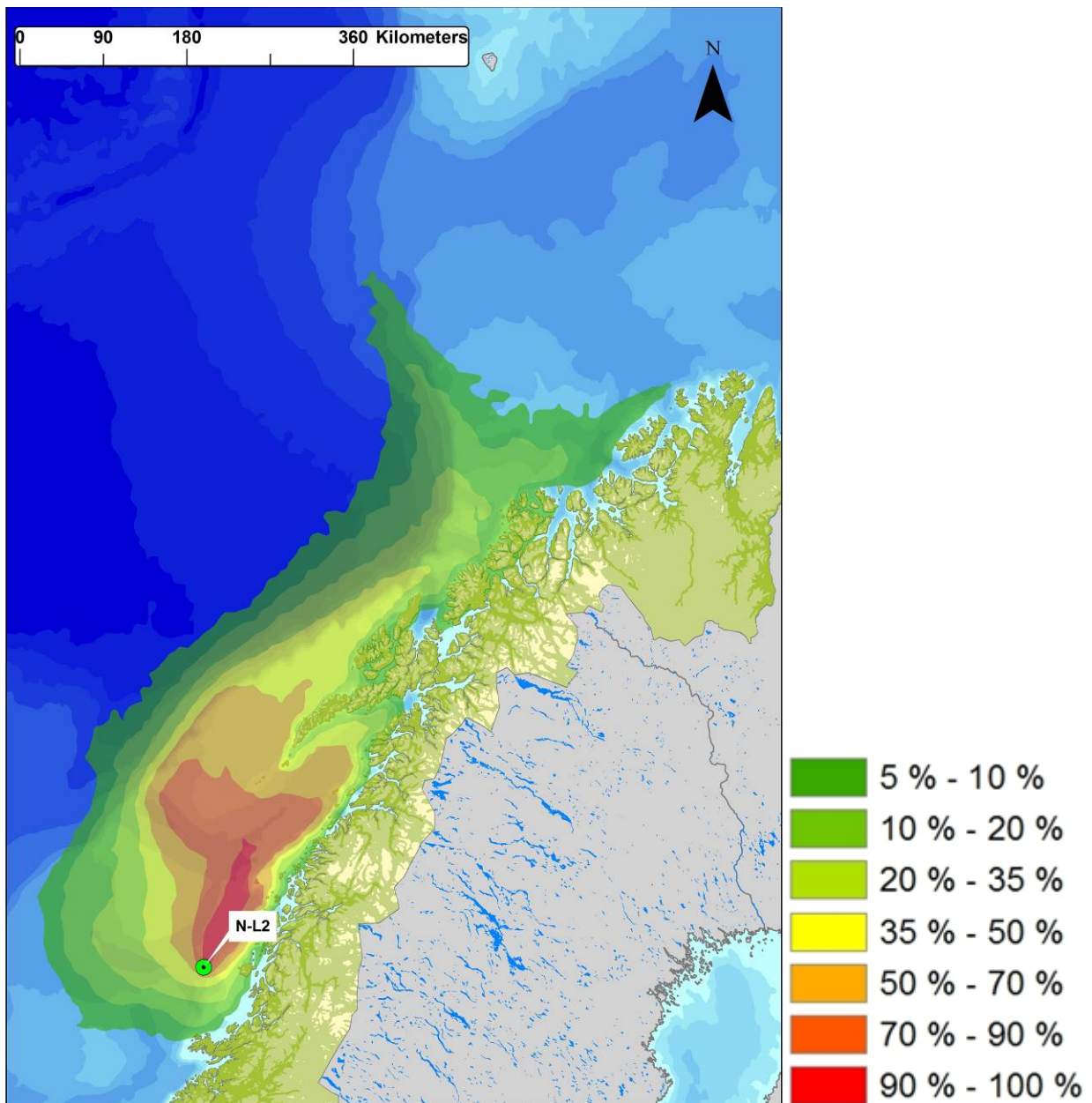
Figur 4-33 N-L1 (Nordland IV). Sannsynligheten for treff av over 1 tonn olje i 10 × 10 km ruter gitt en overflateutblåsning (helårsstatistikk). Influensområdet er basert på alle utslippsrater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter.



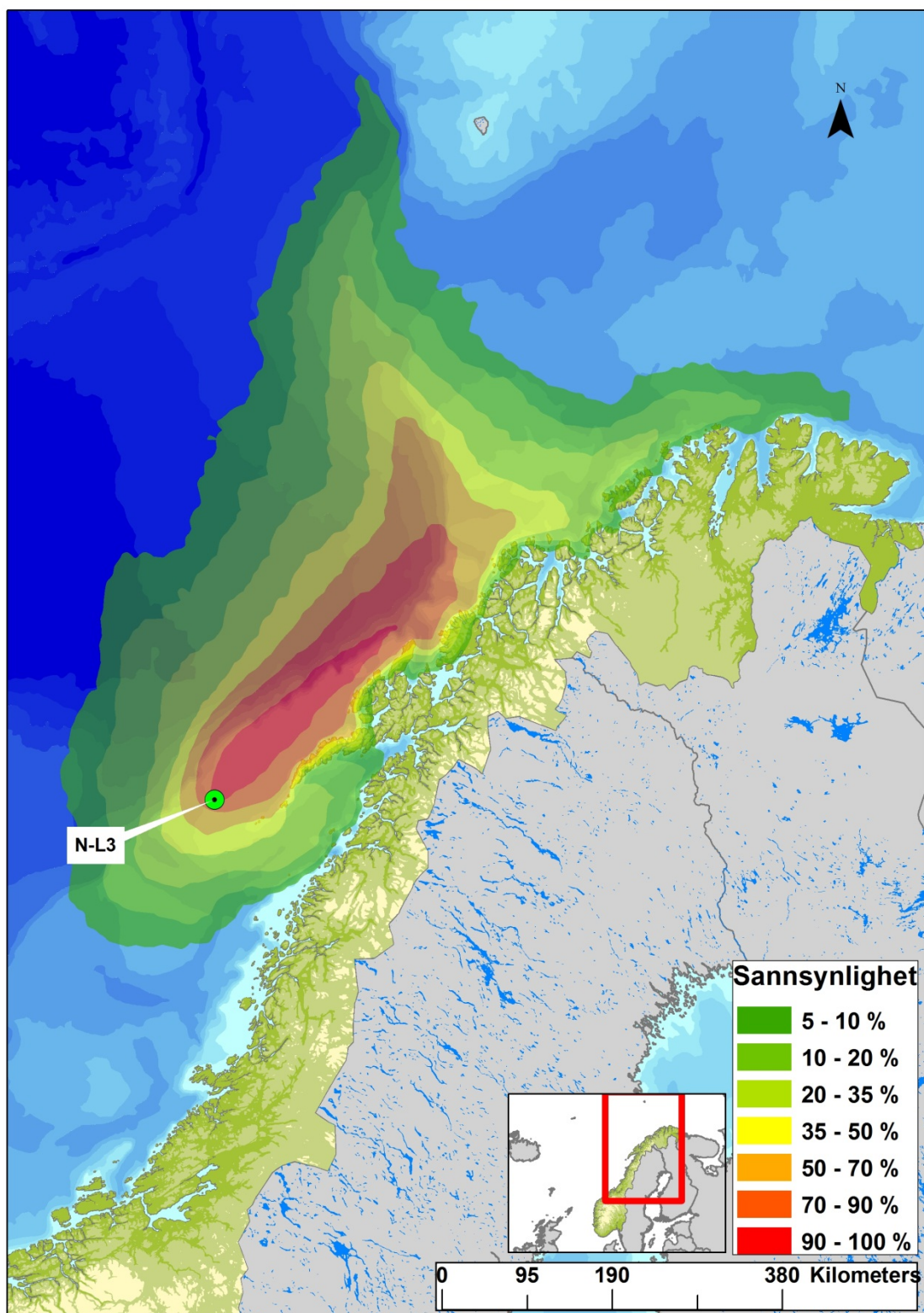
Figur 4-34 N-L1 (Nordland IV). Sannsynligheten for treff av over 1 tonn olje i 10×10 km ruter gitt en **sjøbunnsutblåsning** (helårsstatistikk). Influensområdet er basert på alle utslippsrater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter.



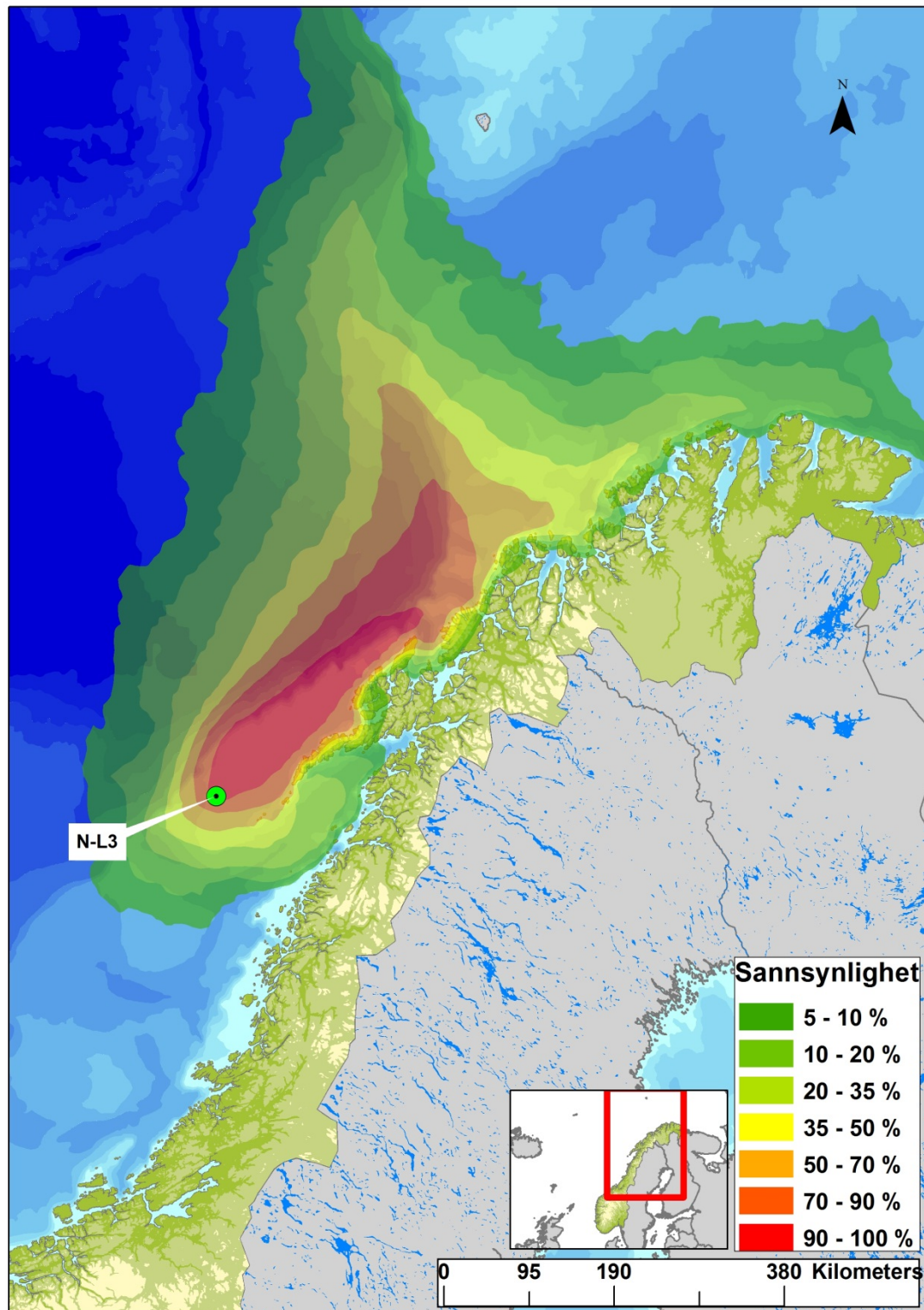
Figur 4-35 N-L2 (Nordland IV). Sannsynligheten for treff av over 1 tonn olje i 10×10 km ruter gitt en **overflate**utblåsning (helårsstatistikk). Influensområdet er basert på alle utslippsrater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter.



Figur 4-36 N-L2 (Nordland IV). Sannsynligheten for treff av over 1 tonn olje i 10×10 km ruter gitt en **sjøbunns**utblåsning (helårsstatistikk). Influensområdet er basert på alle utslippsrater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter.



Figur 4-37 N-L3 (Nordland VI). 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.

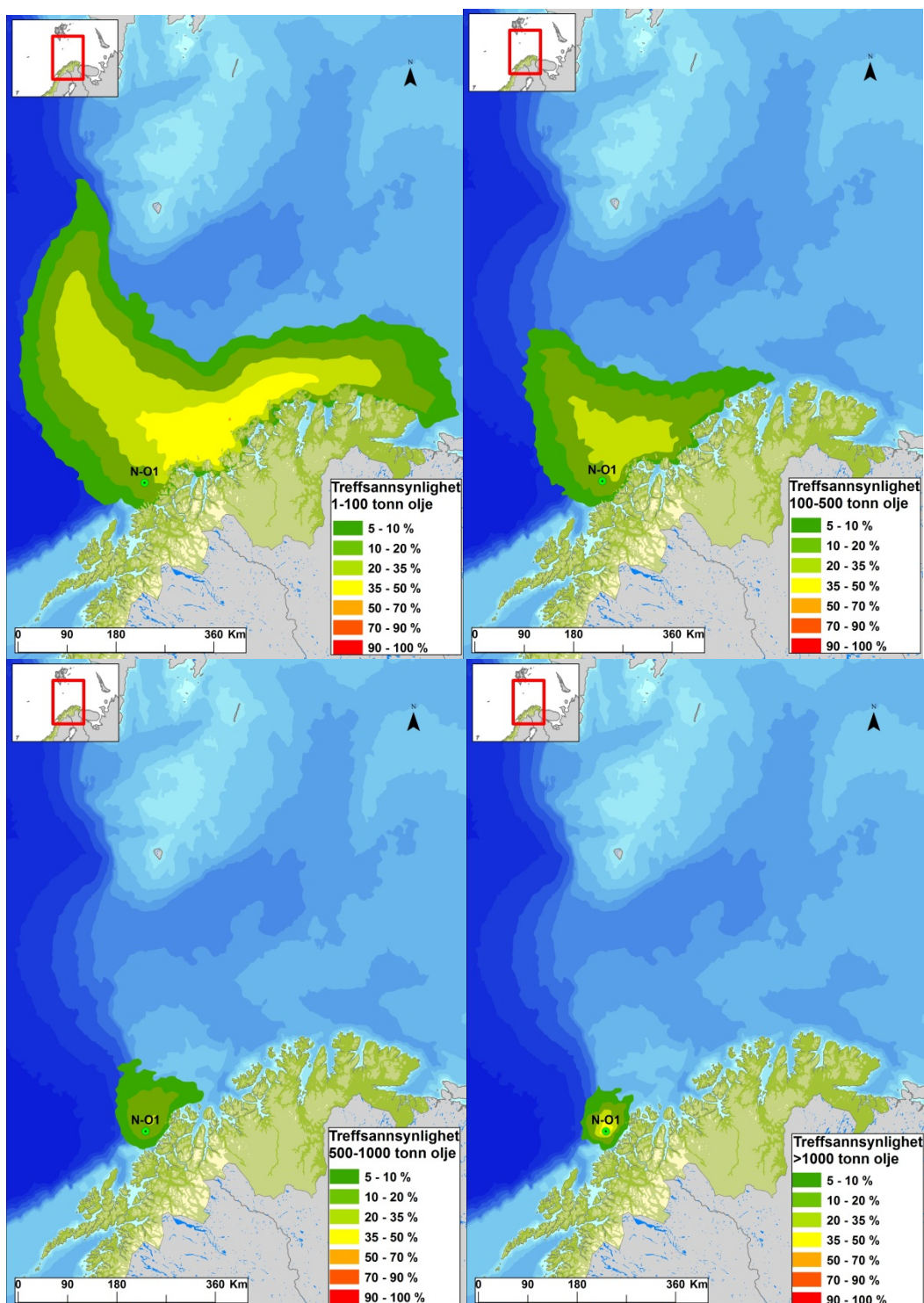


Figur 4-38 N-L3 (Nordland VI). Sannsynligheten for treff av over 1 tonn olje i 10×10 km ruter gitt en *sjøbunns*utblåsning (helårsstatistikk). Influensområdet er basert på alle utslippsrater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter.

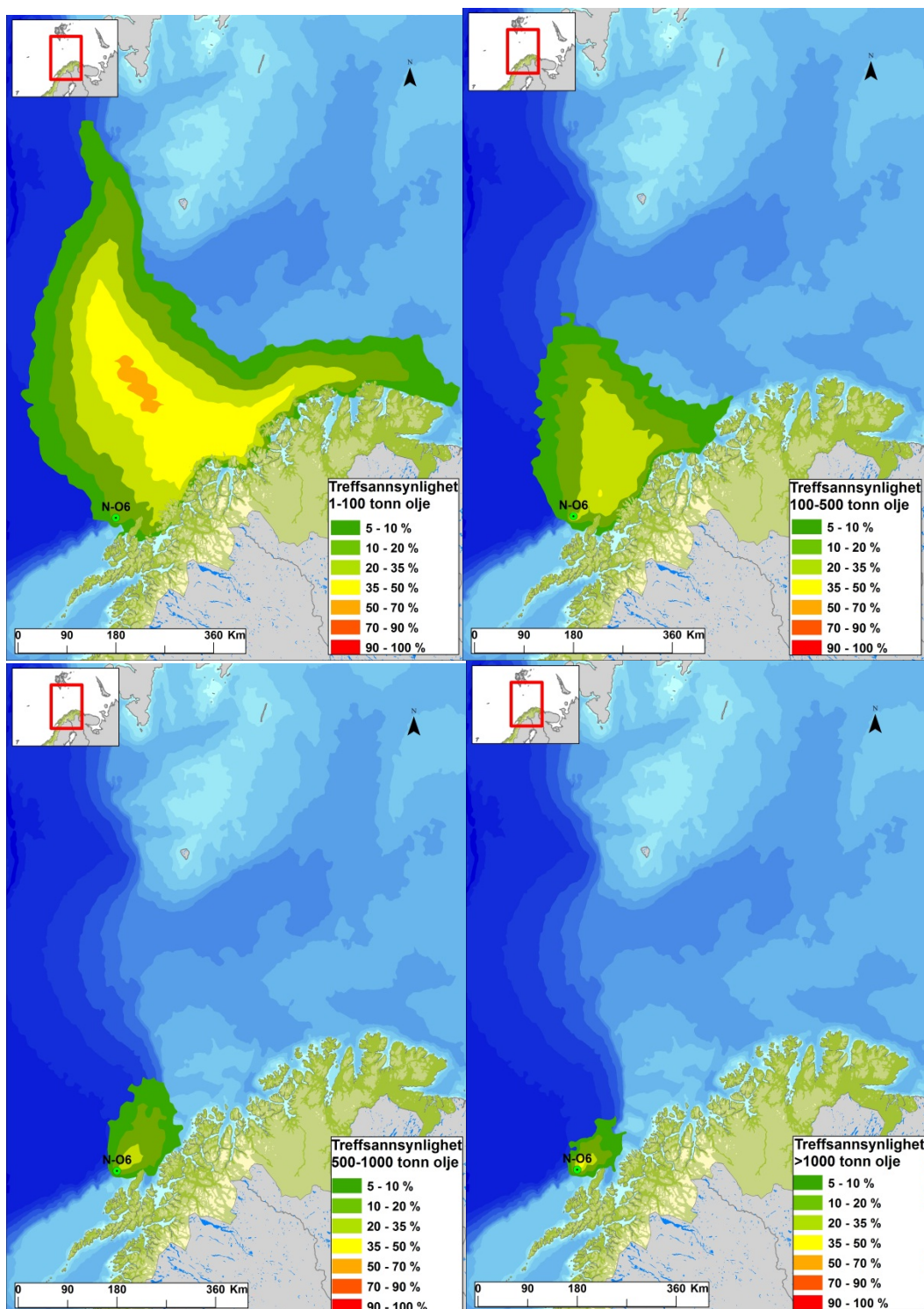


4.3.2 Influensområder – treffsannsynlighet for ulike oljemengder

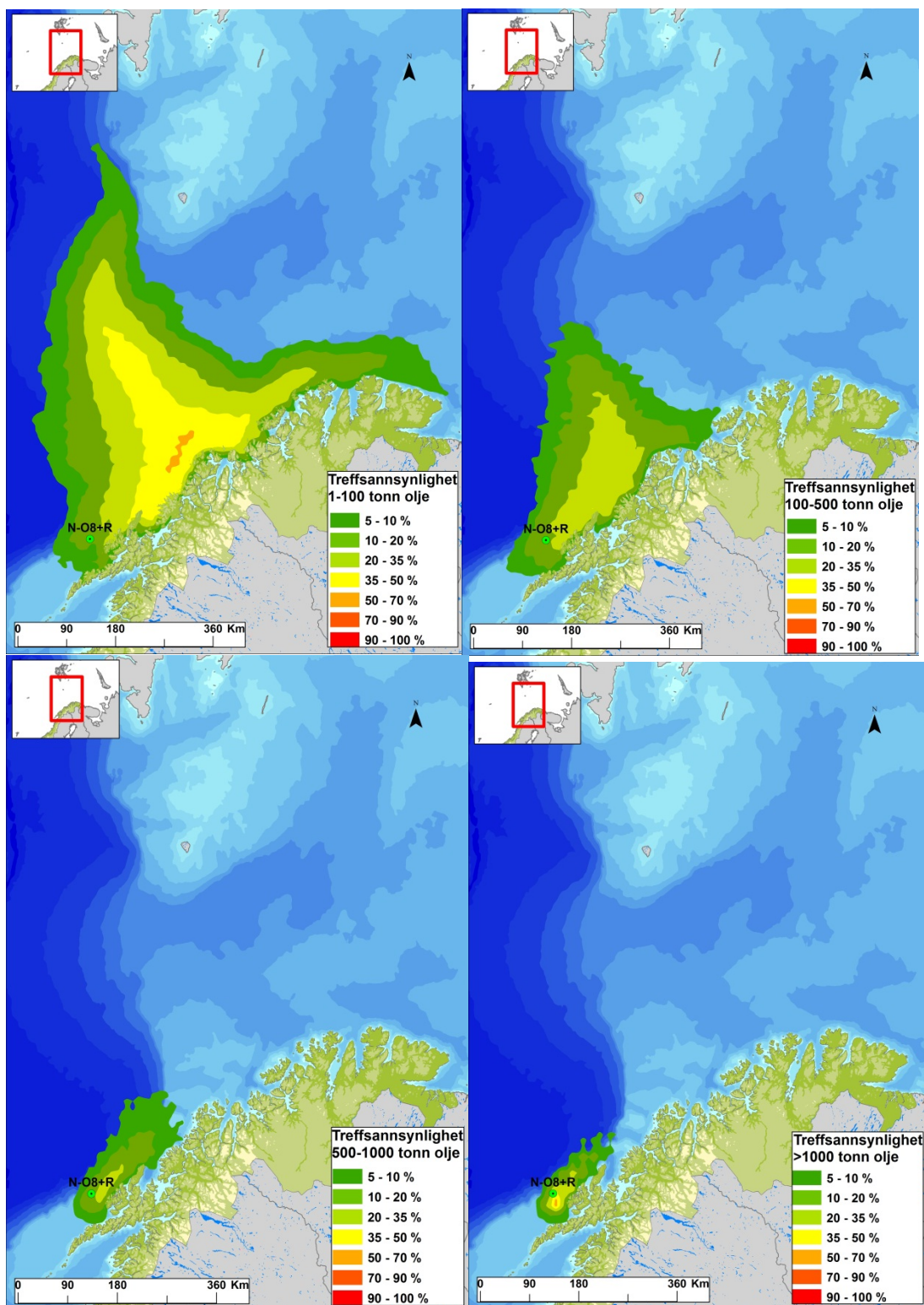
I Figur 4-39 til Figur 4-50 er det presentert treffsannsynlighet etter et tenkt overflateutslipp for ulike oljemengder. Det er mengdekategoriene 1-100 tonn olje, 100-500 tonn olje, 500-1000 tonn olje og > 1000 tonn olje i 10×10 km gridruter på havoverflaten. Dette er de samme oljemengdekategoriene som anvendes i Miljørisikostudien (DNV, 2012). Disse figurene kan sees i sammenheng med influensområdene i kapittelet over hvor treffsannsynligheten over 1 tonn olje i 10×10 km gridruter på havoverflaten er presentert.



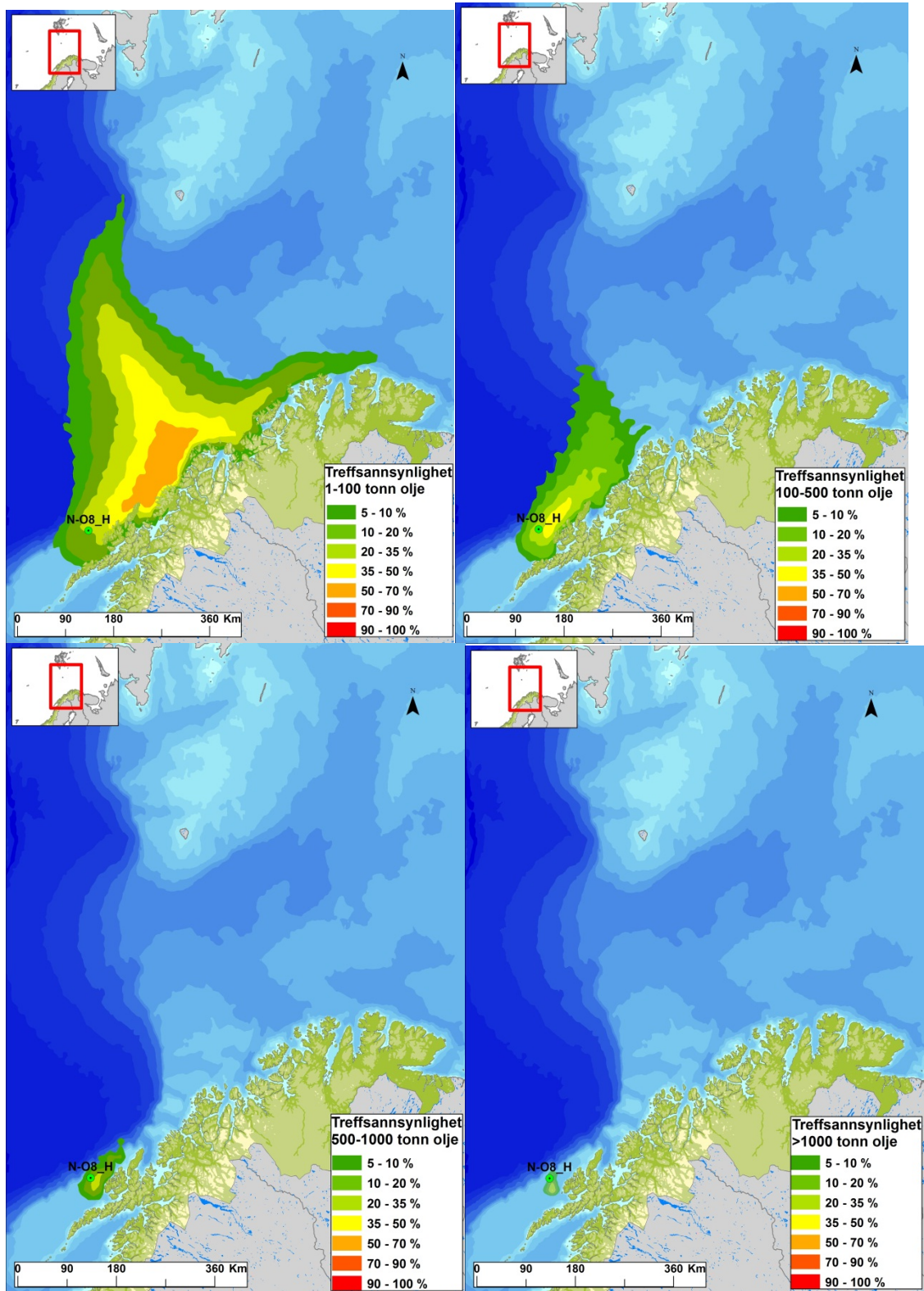
Figur 4-39 Sannsynligheten for treff av olje i ulike oljemengdekategorier, 1-100 tonn, 100-500 tonn, 500-1000 tonn og > 1000 tonn i 10 × 10 km ruter gitt en **overflateutblåsning** fra N-O1. Influensområdet er basert på alle utslippsrater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter.



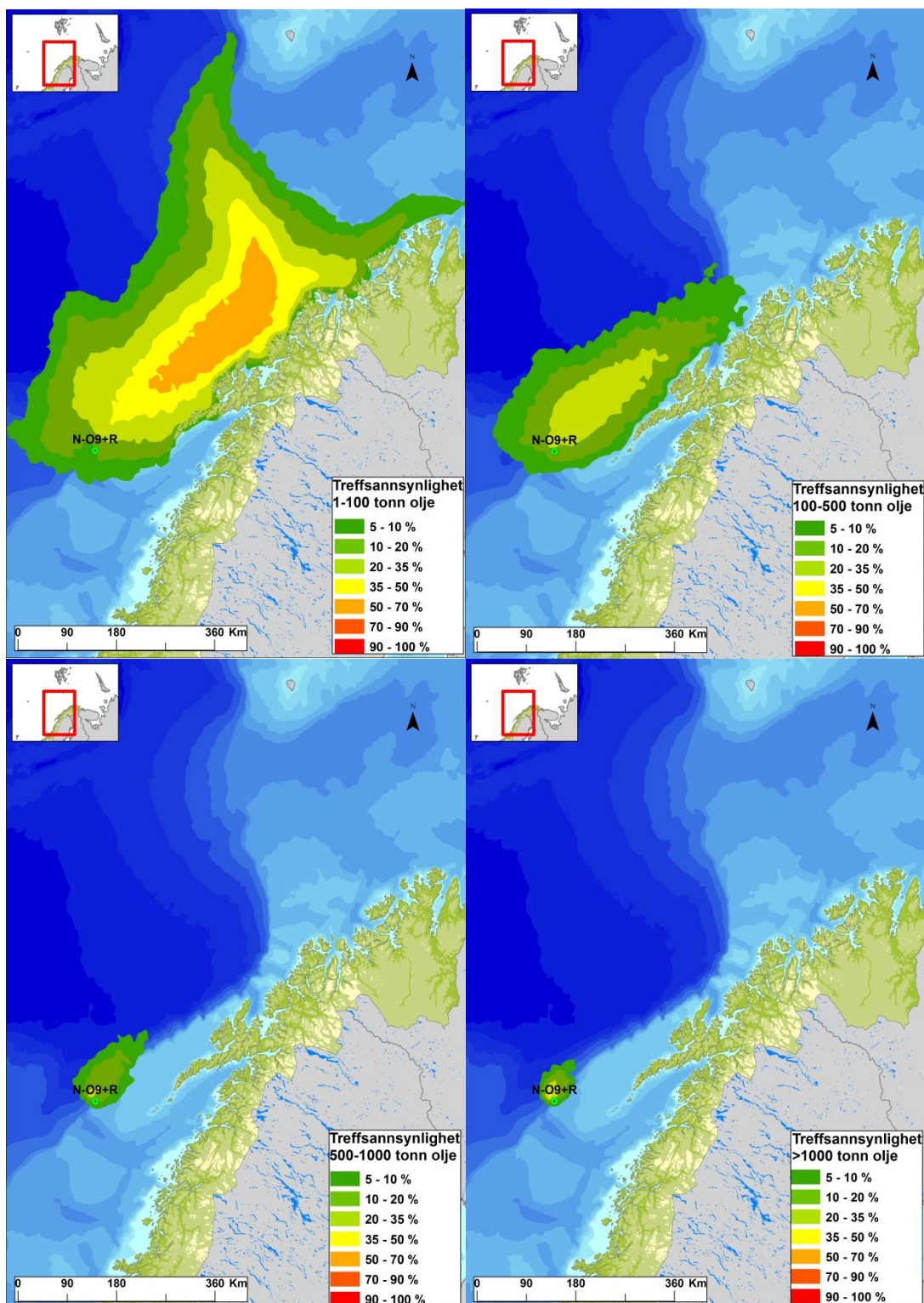
Figur 4-40 Sannsynligheten for treff av olje i ulike oljemengdekategorier, 1-100 tonn, 100-500 tonn, 500-1000 tonn og > 1000 tonn i 10 × 10 km ruter gitt en **overflateutblåsning** fra N-O6. Influensområdet er basert på alle utslippsrater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter.



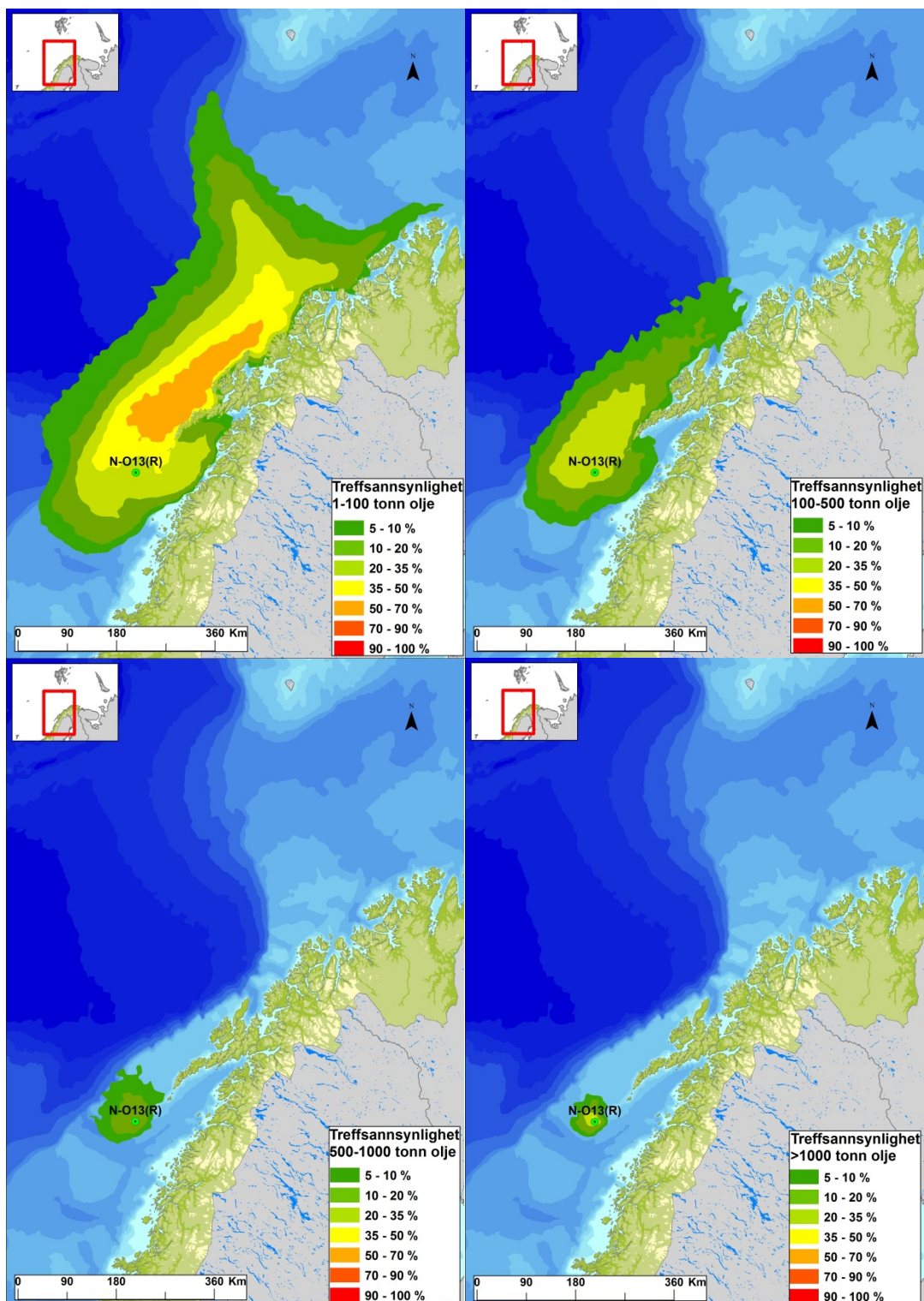
Figur 4-41 Sannsynligheten for treff av olje i ulike oljemengdekategorier, 1-100 tonn, 100-500 tonn, 500-1000 tonn og > 1000 tonn i 10 × 10 km ruter gitt en **overflate**utblåsning fra N-O8 (Svalde). Influensområdet er basert på alle utslippsrater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter.



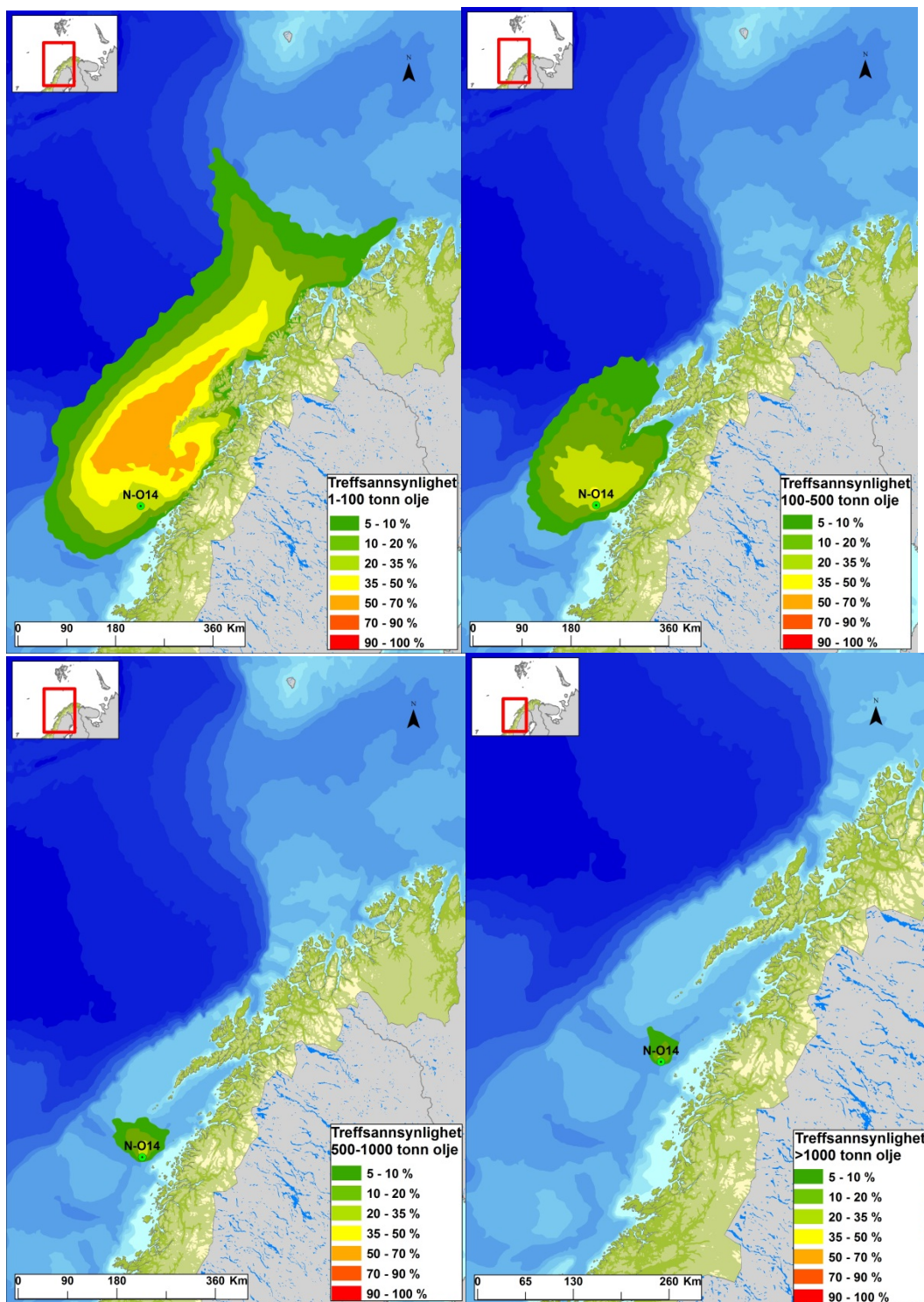
Figur 4-42 Sannsynligheten for treff av olje i ulike oljemengdekategorier, 1-100 tonn, 100-500 tonn, 500-1000 tonn og > 1000 tonn i 10×10 km ruter gitt en **overflate**utblåsning fra N-O8 (Huldra). Influensområdet er basert på alle utslippsrater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter.



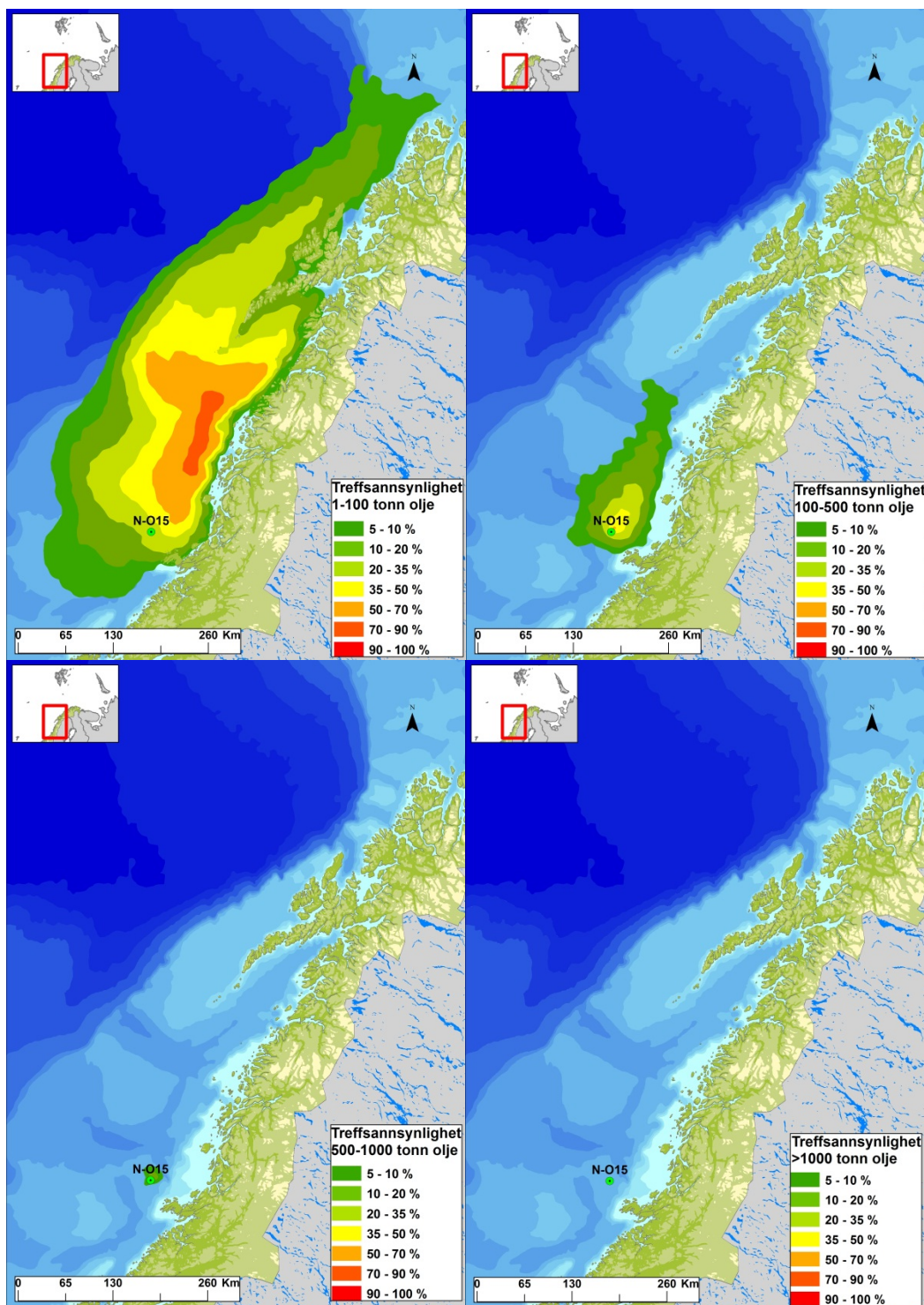
Figur 4-43 Sannsynligheten for treff av olje i ulike oljemengdekategorier, 1-100 tonn, 100-500 tonn, 500-1000 tonn og > 1000 tonn i 10 × 10 km ruter gitt en **overflate**utblåsning fra N-09. Influensområdet er basert på alle utslippsrater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter.



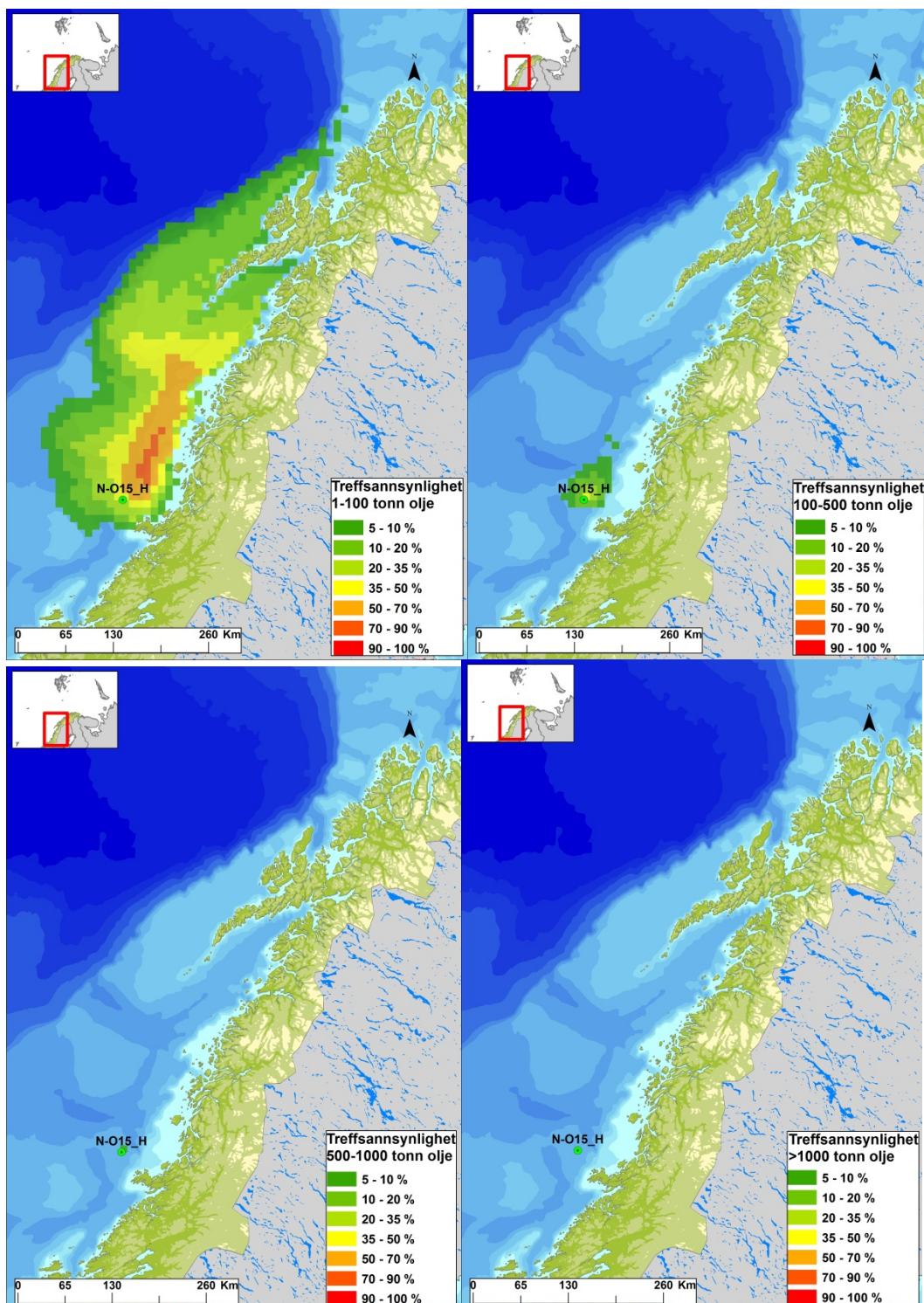
Figur 4-44 Sannsynligheten for treff av olje i ulike oljemengdekategorier, 1-100 tonn, 100-500 tonn, 500-1000 tonn og > 1000 tonn i 10×10 km ruter gitt en **overflate**utblåsning fra N-O13. Influensområdet er basert på alle utslippsrater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter.



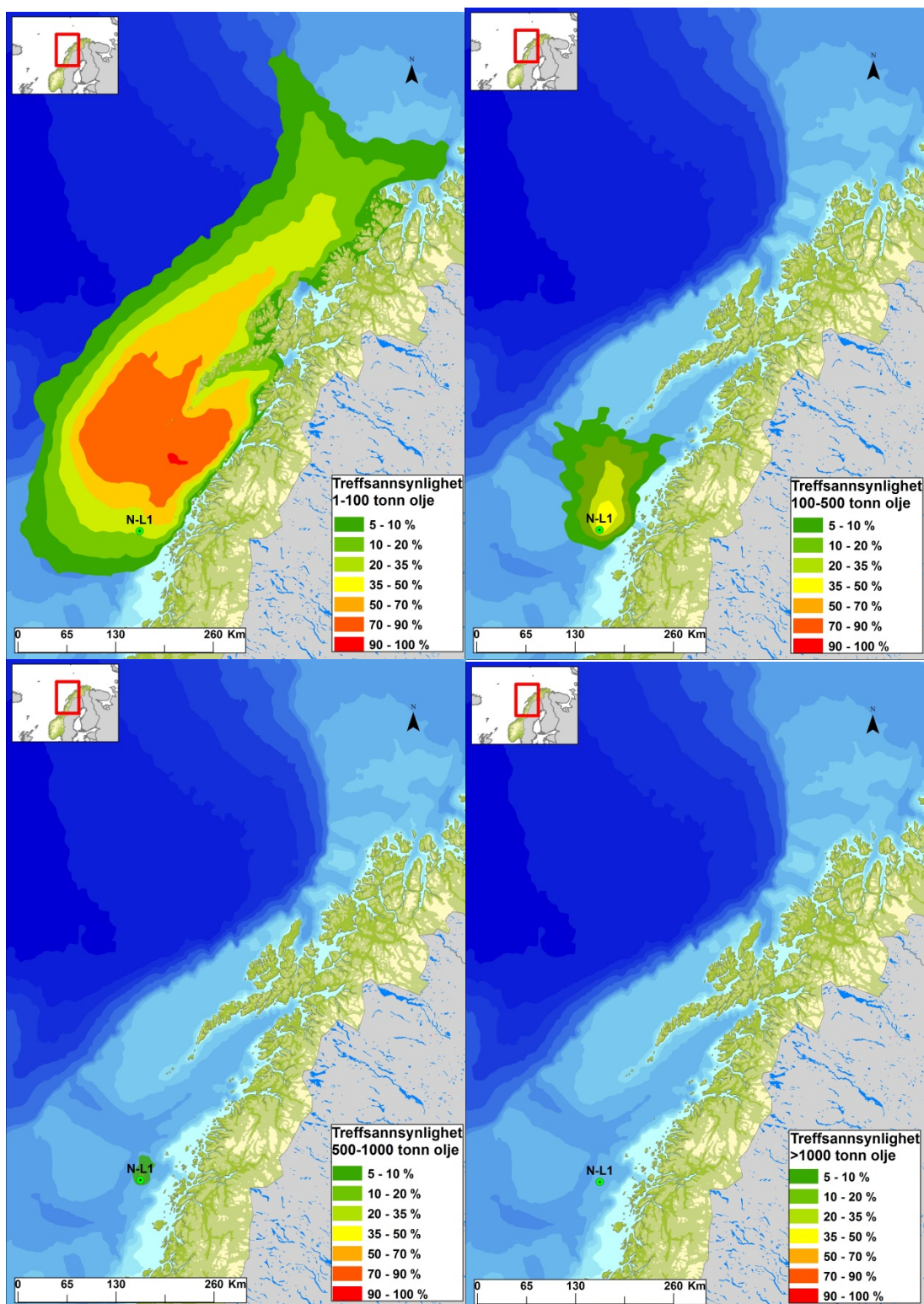
Figur 4-45 Sannsynligheten for treff av olje i ulike oljemengdekategorier, 1-100 tonn, 100-500 tonn, 500-1000 tonn og > 1000 tonn i 10 × 10 km ruter gitt en **overflate**utblåsning fra N-O14. Influensområdet er basert på alle utslippsrater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter.



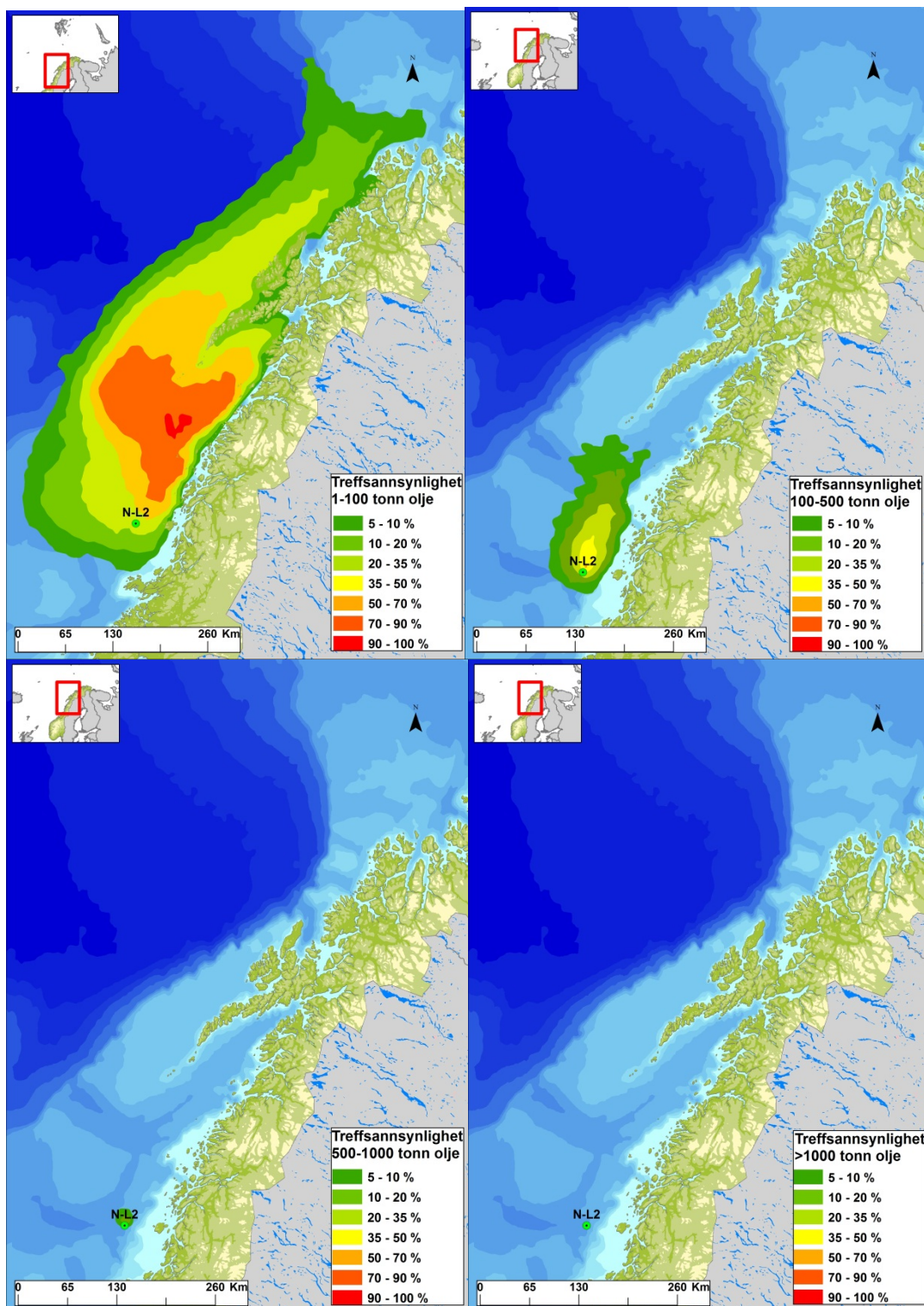
Figur 4-46 Sannsynligheten for treff av olje i ulike oljemengdekategorier, 1-100 tonn, 100-500 tonn, 500-1000 tonn og > 1000 tonn i 10×10 km ruter gitt en **overflateutblåsning** fra N-O15 (Svale). Influensområdet er basert på alle utslippsrater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter.



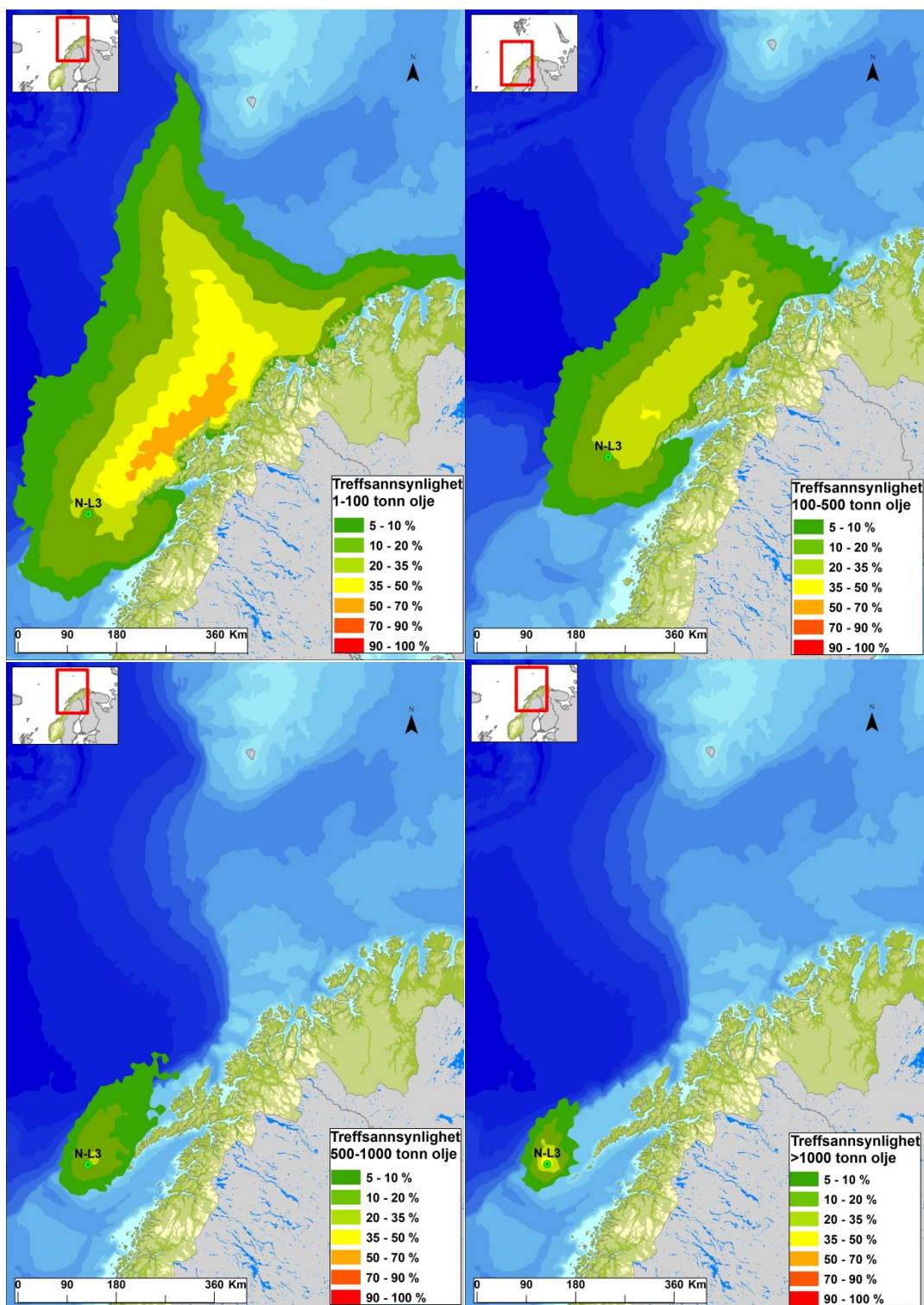
Figur 4-47 Sannsynligheten for treff av olje i ulike oljemengdekategorier, 1-100 tonn, 100-500 tonn, 500-1000 tonn og > 1000 tonn i 10 × 10 km ruter gitt en **overflateutblåsning** fra N-O15 (Huldra). Grunnet tekniske utfordringer er dette influensområdet vist som gridruter, og er ikke glattet ut som i de andre tilsvarende figurene. Influensområdet er basert på alle utslippsrater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter.



Figur 4-48 Sannsynligheten for treff av olje i ulike oljemengdekategorier, 1-100 tonn, 100-500 tonn, 500-1000 tonn og > 1000 tonn i 10 × 10 km ruter gitt en **overflate**utblåsning fra N-L1. Influensområdet er basert på alle utslippsrater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter.



Figur 4-49 Sannsynligheten for treff av olje i ulike oljemengdekategorier, 1-100 tonn, 100-500 tonn, 500-1000 tonn og > 1000 tonn i 10×10 km ruter gitt en **overflate**utblåsning fra N-L2. Influensområdet er basert på alle utslippsrater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter.



Figur 4-50 Sannsynligheten for treff av olje i ulike oljemengdekategorier, 1-100 tonn, 100-500 tonn, 500-1000 tonn og > 1000 tonn i 10×10 km ruter gitt en **overflate**utblåsning fra N-L3. Influensområdet er basert på alle utslippsrater og varigheter og deres individuelle sannsynligheter.

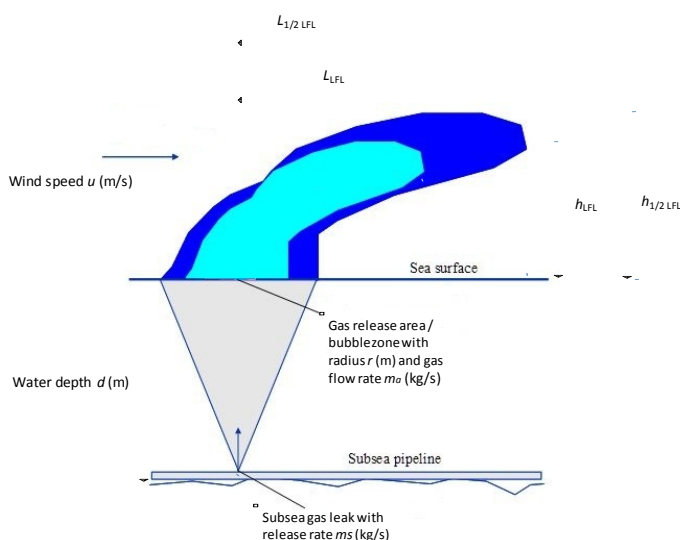
5 SPREDNING AV GASS FRA UNDERVANNSUTSLIPP

I forbindelse med oljedriftsmodellering er det også etterspurt en beskrivelse av hva som skjer med gass fra undervannsutslipp. Dette kapitlet omhandler generelt hvordan gass spres i vann og luft etter et utslipp under vann. Det er ikke gjort spesifikke beregninger for hver lokasjon, men beregninger foretatt her kan benyttes på alle lokasjoner.

Modellene som er benyttet for beregningene av gassspredning er utviklet først og fremst med hensyn på brann- og eksplosjonssikkerhet for fartøy og installasjoner på overflaten. Miljøaspekter er dermed ikke behandlet i denne rapporten, men vil inngå i miljørisiko- og konsekvensvurderingene (DNV 2012).

Gass fra et undervannsutslipp vil bevege seg betydelig raskere oppover enn oljen pga. større oppdrift. I sekundene etter at utslippet starter kan det bygges opp en større mengde gass under vann som bryter overflaten etter 1 - 5 minutter (avhengig av mengde gass og vanndybder) og fortsetter i luft som en «puff». Dersom lekkasjen er vedvarende, vil det etableres en stabil «steady state» bobleplume over utslippsstedet i vannsøylen. Denne danner en sirkulær boblesone på overflaten. Figur 5-1 illustrerer hele forløpet. Radius til boblesonen er bestemt av utslippsrate og havdybde. På vei oppover vil gass løses opp i vannet, og strømningsrate av gass som kommer opp på overflaten er mindre enn utslippsrate på havbunn. Havstrømmer i vannsøylen vil gjøre at bobleplumen bøyes av i retning av disse. Hastigheten til boblene er betydelig høyere enn vanlig havstrøm, og avbøyningen til bobleplumen er derfor relativt liten.

På overflaten vil gassen fortsette å spre seg i luft. Etter den initielle puffen vil det kunne etableres en stabil «steady state» gassplume. Siden naturgass er noe lettere enn luft vil den stige ved lave vindhastigheter. Ved normale og høye vindhastigheter vil plumen legge seg langs vannet. Lengder og høyder på en slik brennbar plume er gitt av beregningene under.



Figur 5-1 Skjematisk illustrasjon av lekkasje, bobleplume under vann og gassplume over vann. Lekkasjen kan komme fra en brønn eller en rørledning. Dimensjoner på plumen er definert i denne figuren.

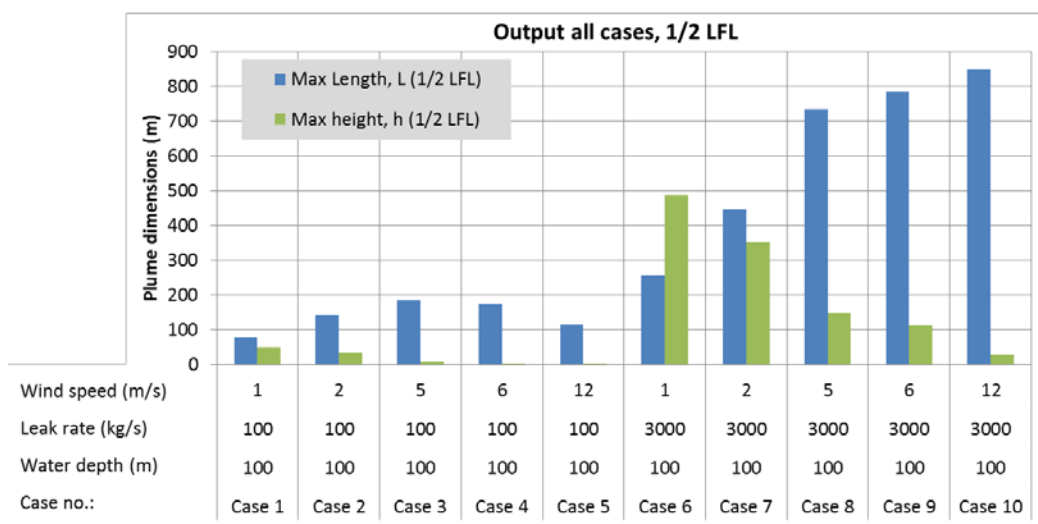
5.1 Beregning

Beregninger av gassplumer fra undervannslekkasjer er foretatt med programmet PlumePro. Et sett med inngangsdata er brukt med forskjellige havdyp og lekkasjerater samt vindhastigheter. Resultater fra beregningene gir radius på boblesone i overflaten, strømningsraten gass som kommer opp og lengden og høyden på gassky over vann (se Figur 5-1).

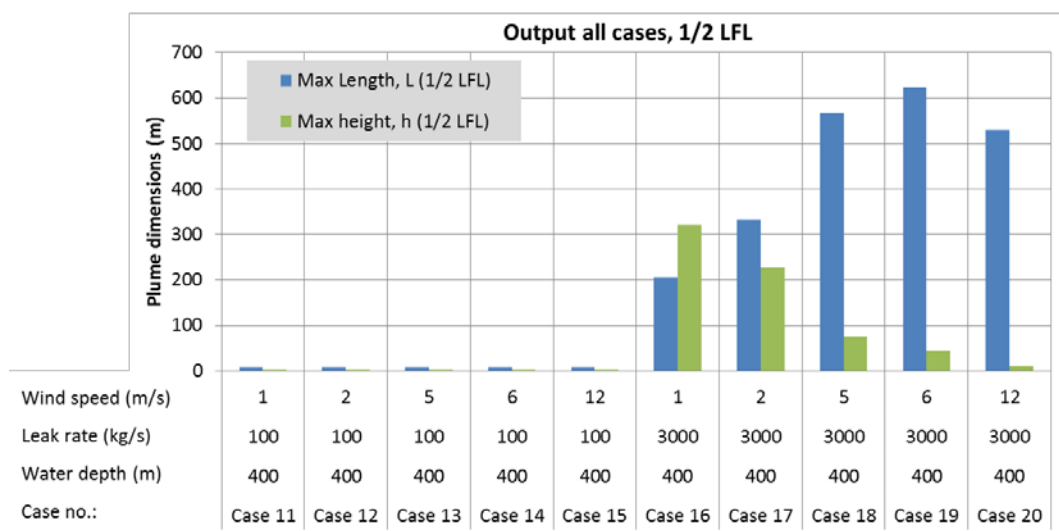
Dybden 100 og 400 m havdyp er benyttet som eksempler og resultatene er vist i Figur 5-2 og Figur 5-3 for hhv. case 1 til 10 og 11 til 20. Lengden til 1/2 LFL er opp mot 1000 m for de største gassutslippene. Høyden er opp mot 500 m for de lave vindhastighetene. Grensen på 1/2 LFL er ofte benyttet som sikkerhetssone for å unngå eksplosjon og brann. LFL står for «Lower Flammability Limit» og tilsvarer den konsentrasjonen som må til for at naturgass skal kunne brenne. 1/2 LFL er benyttet for å inkludere usikkerhet i modellene samt de naturlige variasjonene man kan se i en gassky som sprer seg i luft.

Boblesone radius er 157 m for lekkasje på 3000 kg/s fra 400 m dyp. Dette er den største radius i disse beregningene. For lekkasjen med utslippsrate 100 kg/s og havdyp 400 m er boblesone radius 73 m.

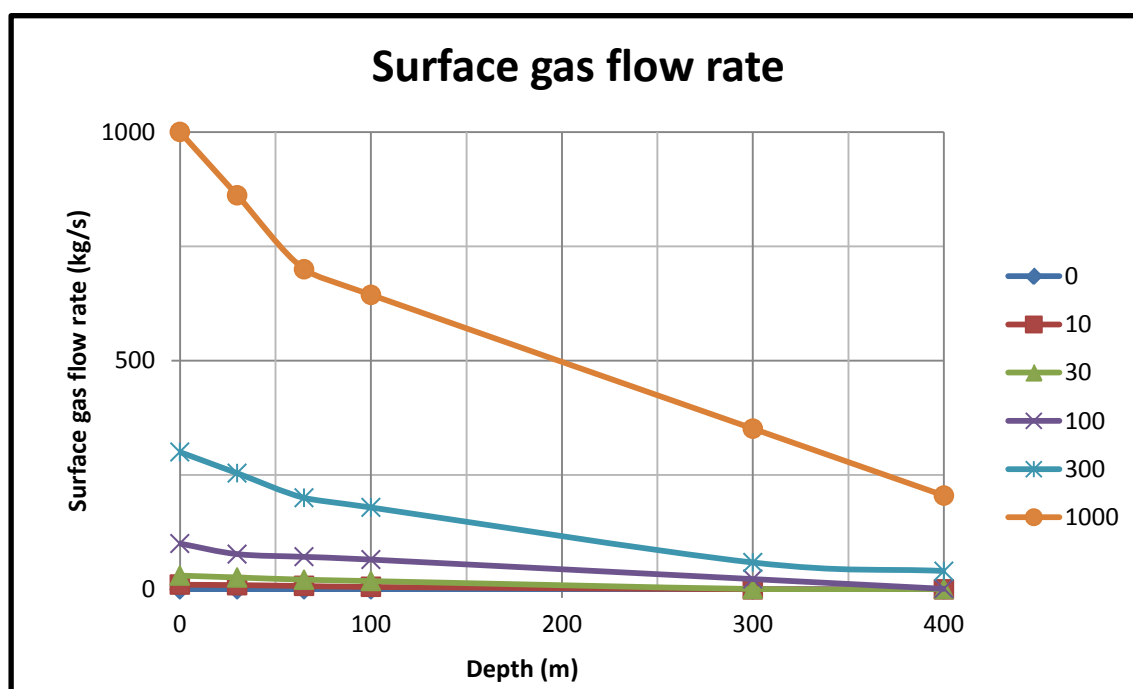
Ved større havdyp vil mer av gassen løses opp i vannet og dette gir kortere skyer over vann. Beregninger er kun foretatt for havdyp ned til 400 m. Ved denne dybden vil kun 22% av gassen komme opp til overflaten. Resten løses opp i vannet. Ved større dyp vil mer av gassen løses opp i vannet. Det er usikkert ved hvilken dybde gass ikke kommer opp til overflaten, og dette vil også variere med størrelsen på utslippet. Som et eksempel vises mengden gass på overflaten som funksjon av dybden i figur 4 under. Figuren viser at mengden gass avtar med dybden. Den avtar mest ved overflaten.



Figur 5-2 Maksimale lengder og høyder på brennbar plume for 100 m havdyp



Figur 5-3 Maksimale lengder og høyder på brennbar plume for 400 m havdyp.



Figur 5-4 Strømningsrate (kg/s) av gass som kommer opp i overflaten som funksjon av havdyp. De forskjellige kurvene gir strømningsrater fra utslippet under vann (kg/s)

5.2 Metode

PlumePro er et program for beregning av stabile «steady state» gassplume lengder og høyder fra undervannsutslipp. Programmet er basert på «look-up» tabeller hvor utvalgte scenarier er tabulert. Resultatene i look-up tabellene er generert fra Computational Fluid Dynamics (CFD) beregninger med to forskjellige modeller, én CFD modell fra Sintef for undervannsplumen, og én CFD modell fra DNV for gassplumen over vann (DNV 2011). CFD modellene er 3D modeller hvor massebevarelse og bevegelseslikningene (Navier-Stokes likning) er løst sammen med



transportlikninger for turbulens (k-epsilon modellen). Gridoppløsningen er ned til 0,1 m i alle tre retninger og beregningsdomenet er definert kun der hvor gassen er og i tilstrekkelig avstand fra gassen. Disse CFD modellene har blitt validert mot forsøk gjort med mindre utslipp under vann og skorsteinsutslipp over vann. Beregningene benyttes som en indikasjon på gassplume størrelsen, der nøyaktigheten er best for mindre utslipp. For større gassutslipp er modellen ikke validert. Det er ønskelig å foreta storskalaforsøk for å styrke modellen ytterligere.



6 REFERANSER

DNV 2011: Dispersion above sea from subsea releases, Phase 5, DNV Report No 2011-1434/

DNV 2012: Oljedriftsmodellering og analyse av gassutblåsning i Nordområdene -
Norskehavet Nordøst.

DNV rapport nr. 2012-1312

DNV 2012: Oljevern beredskapsanalyse for lokasjoner i det nordøstlige Norskehavet.

DNV rapport nr. 2012-1333

Levitus 1994: Hydrografiatlas utlagt på internettadresse:

<http://ingrid.ldgo.columbia.edu/SOURCES/.LEVITUS94/.MONTHLY/.temp>

<http://ingrid.ldgo.columbia.edu/SOURCES/.LEVITUS94/.MONTHLY/.sal>

Scandpower 2012: Blowout and well release frequencies based on SINTEF offshore blowout database 2011.

SINTEF 80171800, Table 1: Boundary conditions for atmospheric dispersion

SINTEF 2010: Kartlegging av forvitringsegenskaper av Norne Blend, Stær, Svale og Alve samt effekt av voksinhibitor på Norne Blend. SINTEF rapport nr. A16808.

SINTEF 1998: Forvitringsegenskaper for Huldra kondensat. STF66 F98085.

Sætre 1999: Strømforhold i øvre vannlag utenfor Norge. Havforskningsinstituttet.

Rapport: FO 8306. 34 s.

