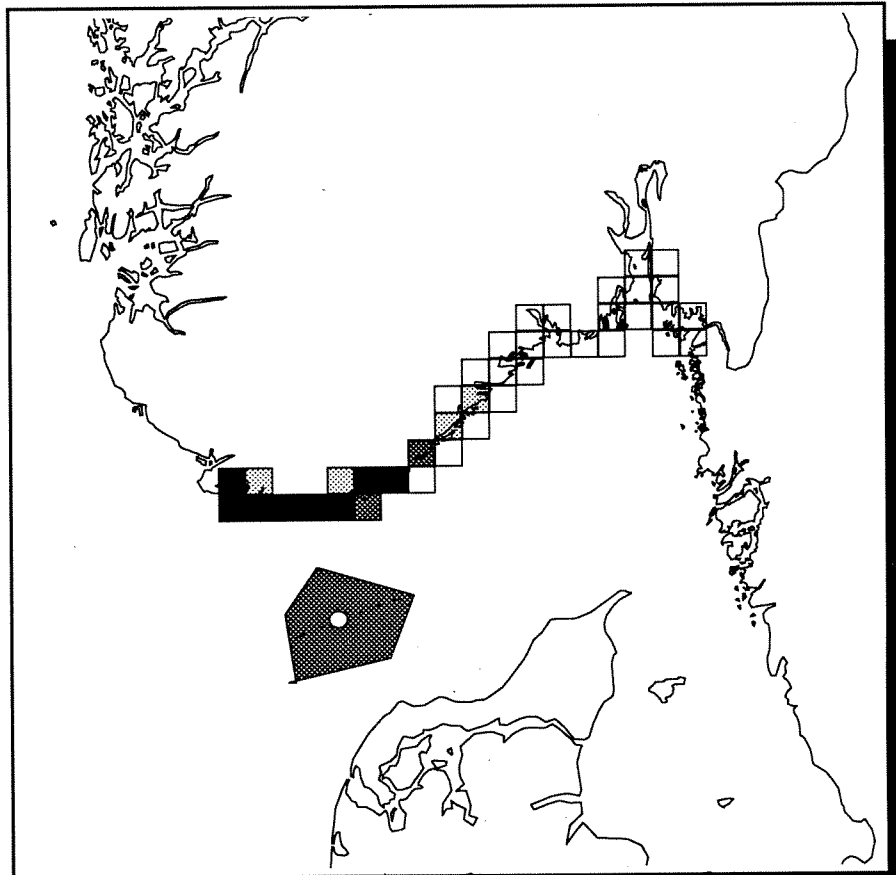


O-93067

STRANDSONEN I SKAGERRAK

Modellanalyser for konsekvenser
av oljeutslipp



AKUP

Arbeidsgruppen for
konsekvensutredninger
av petroleumsvirksomhet

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.: O-93067	Undernr.:
Løpenr.: 2942A	Begr. distrib.:

Hovedkontor	Sørlandsavdelingen	Østlandsavdelingen	Vestlandsavdelingen	Akvaplan-NIVA A/S
Postboks 69, Korsvoll	Televeien 1	Rute 866	Thormøhlensgt 55	Søndre Tollbugate 3
0808 Oslo 8	4890 Grimstad	2312 Ottestad	5008 Bergen	9000 Tromsø
Telefon (47) 22 18 51 00	Telefon (47) 37 04 30 33	Telefon (47) 62 57 64 00	Telefon (47 5) 32 56 40	Telefon (47 83) 85 280
Telefax (47) 22 18 52 00	Telefax (47) 37 04 45 13	Telefax (47) 62 57 66 53	Telefax (47 5) 32 88 33	Telefax (47 83) 80 509

Rapportens tittel: STRANDSONEN I SKAGERRAK. MODELLANALYSER FOR KONSEKVENSER AV OLJEUTSLIPP.	Dato: 9. aug. 1993	Trykket: NIVA 1993
	Faggruppe: Olje og gass	
Forfatter(e): Tone Jacobsen Eivind Oug	Geografisk område: Skagerrak	
	Antall sider: 44	Opplag: 150

Oppdragsgiver: Nærings- og energidepartementet, ved Arbeidsgruppen for konsekvensutredninger av petroleumsvirksomhet (AKUP)	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.): Prosjektnr. 20
--	---

Ekstrakt:

Rapporten omhandler naturfaglige konsekvenser for fjæresonen på strekningen Lista - svenskegrensen ved utslipp av olje fra mulige utvinningsområder i Skagerrak. Vurderingene er foretatt ved bruk av simulering-programmet SIMPACT som kombinerer oljedriftsberegninger med data for forekomst og sårbarhet av aktuelle ressurser. I analysene er ressursene angitt ved forekomst av beskyttede strandområder og sårbarheten ut fra antatt restitusjonstid for organismesamfunnet etter oljeskader. Analysene viser at oljespill fra de østlige lete/utvinningsområdene i Skagerrak vil ha størst samlede konsekvenser. Det meste av kysten mellom ytre Oslofjord og Vest-Agder påvirkes sterkt. Konsekvensene blir minst ved utslipp fra lete/utvinningsområdene i vest (syd for Lindesnes) hvor området Lista - Kristiansand vil påvirkes, men kyststrekningen østover blir lite eller ikke berørt. Det vil være noe større konsekvenser ved utslipp om sommeren enn om vinteren fordi fremherskende vinder (sør-vest) bringer oljesøl innover i Skagerrak. Årstidsvariasjonene er størst for lete/utvinningsområder sørøst for Kristiansand. Det potensielle spredningsområdet for oljesøl vil være størst ved utslipp fra vestlige områder og omfatte sjøområdet fra sydlige Jylland til Sognefjorden.

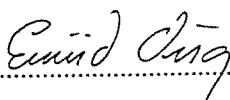
4 emneord, norske

1. Strandsonen
2. Konsekvenser av oljespill
3. Modellberegninger
4. Skagerrak

4 emneord, engelske


1. Littoral zone
2. Consequences of oil spills
3. Model simulations
4. Skagerrak

Prosjektleder



Eivind Oug

For administrasjonen



Forgeir Bakke

ISBN 82-577-2340-1

NIVA - SØRLANDSAVDELINGEN

O - 93067

Strandsonen i Skagerrak

Modellanalyser for konsekvenser av oljeutslipp

Grimstad, 9. august 1993

Prosjektleder: Eivind Oug

Medarbeider: Tone Jacobsen

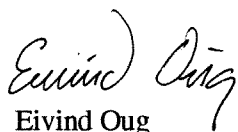
FORORD

Dette prosjektet er utført av NIVA-Sørlandsavdelingen etter oppdrag fra Nærings- og energidepartementet. Prosjektet inngår som et ledd i de samlede konsekvensvurderingene for Skagerrak (Nordsjøen øst for 7° Ø) som utføres med sikte på en mulig åpning for oljevirkosomhet i området. Arbeidet med konsekvensvurderingene ledes av 'Arbeidsgruppen for konsekvensutredninger av petroleumsvirkosomhet' (AKUP) som er et rådgivende organ for departementet. Den foreliggende rapporten inngår i 'Prosjekt 20 - Sårbarhetsvurdering strandsonen' i AKUPs utredningsprogram for Skagerrak.

Arbeidet er utført på grunnlag av SIMPACT analysesystem. SIMPACT er utviklet som en felles analysemodell for utredningsprosjektene under AKUP. Analyseberegninger og framstilling av kart i rapporten er foretatt av Tone Jacobsen. Lars Kvenild (NINA), Staffan Hjolman (Univ. i Bergen) og Knut Årrestad (Univ. i Bergen) har bidratt med råd og vink.

Kontaktperson til AKUP har vært Kjell A. Moe (Cooperating Marine Scientists), sekretær for styringsgruppene for prosjekter i Skagerrak og for generelle prosjekter. Vi takker for hyggelig samarbeid.

Grimstad, 9 august 1993



Eivind Oug

Prosjektleder

INNHold

SAMMENDRAG.....	4
EXECUTIVE SUMMARY	5
1. INNLEDNING.....	6
1.1. Bakgrunn for arbeidet.....	6
1.2. Fjæresamfunn langs Skagerrak-kysten.	6
1.3. Sårbarhetsvurderinger	8
1.4. Mål for arbeidet	9
2. METODER.....	10
2.1. Analysesystem og datagrunnlag for beregningene	10
2.2. Mengdevurdering av ressursene i strandsonen	10
2.3. Valg av sårbarhetsindekser i analysen	11
2.4. Sannsynlighet for kontakt med oljesøl	11
2.5. Beregninger og valg av grenseverdier for klassifikasjon.....	12
2.6. Drift av olje.....	12
3. RESULTATER OG DISKUSJON.....	14
3.1. Mengde ressurs	14
3.2. Grad av konsekvens.....	14
3.3. Sesongvariasjoner i grad av konsekvens	14
3.4. Sammenfattende vurderinger av konsekvensene	15
3.5. Oljedriftsberegninger	15
3.6. Enkeltscenarier.....	16
3.7. Konsekvenser for beskyttet tangsamfunn uten grisegang.....	16
4. REFERANSER.....	41
VEDLEGG	42

SAMMENDRAG

Rapporten omhandler naturfaglige konsekvenser for fjæresonen på kyststrekningen Lista - svenskegrensen ved utslipp av olje fra mulige utvinningsområder i Skagerrak. Vurderingene er foretatt ved bruk av simuleringsprogrammet 'SIMPACT' som er utviklet for AKUP-prosjektene. SIMPACT kombinerer data fra

- oljedriftsberegninger
- sannsynlighet for treff av olje i ulike områder på kysten
- fordeling av aktuelle ressurser i de aktuelle områdene på kysten
- ressursenes sårbarhet

Det er gjort analyser både for ulike lete/produksjonsområder i Skagerrak (7 områder) og for utslipp til forskjellig tid av året (sommer/vinter). Vurderingene søker å illustrere hvilke områder av kysten som er utsatt og graden av sårbarhet i disse områdene. Resultatene er presentert i form av kart.

Analysemodellen opererer med et fast rutenett med ruter av 15 x 15 km.

Oljedriftsberegninger er tidligere utført og lagt inn i SIMPACT-modellen. Ressursene er angitt for hver rute ved forekomst av beskyttede strandområder, som er mest utsatt ved oljesøl. Ressursens sårbarhet er fastsatt til 0.3 - 0.6 på en skala fra 0 - 1 med utgangspunkt i organismesamfunnets sammensetning. Verdien 0.6 gjelder for samfunn dominert av grisetang som har svært lang restitusjonstid etter oljesøl. Denne verdien er benyttet ved analysene.

Beregningene viser at oljesøl fra de østlige lete/utvinningsområdene i Skagerrak vil ha størst konsekvenser. Utslipp fra dette området vil gi store konsekvenser for det meste av kysten mellom ytre Oslofjord og Vest-Agder. Også utslipp sentralt i Skagerrak vil påvirke store deler av kysten. Konsekvensene blir minst ved utslipp fra de vestlige områdene. Området Lista - Kristiansand vil påvirkes sterkt, men kyststrekningen østover blir lite eller ikke berørt.

For de fleste analyseområdene er det noe større konsekvenser om sommeren enn om vinteren. Dette skyldes at fremherskende sørvestlige vinder om sommeren vil føre et oljesøl innover i Skagerrak. Årstidsvariasjonene er størst for lete/utvinningsområder sørøst for Kristiansand.

Det mulige spredningsområdet for et oljesøl fra vest i Skagerrak vil omfatte sjøområdene fra sydlige Jylland til Sognefjorden. Oljesøl fra øst i Skagerrak vil kunne nå til Karmøy. Avhengig av værforhold, strøm og årstid vil det imidlertid være store forskjeller fra et tilfelle til et annet. I rapporten presenteres noen ulike enkeltsituasjoner (scenarier) som viser store forskjeller fra verste til beste tilfelle for utslipp fra samme lete/utvinningsområde.

EXECUTIVE SUMMARY

This report deals with the consequences for the sea shore environment following oil spills from potential production sites in Skagerrak. The assessments were performed using the simulation program SIMPACT which has been designed especially for the AKUP projects. SIMPACT combines data from:

- drift of oil
- calculated probabilities that oil will hit particular areas of the coast
- distribution of resources in relevant areas of the coast
- the vulnerability of the resources

Analyses were run for seven potential production sites in Skagerrak (Fig. 1) and two seasons (summer/winter). The aim of the simulations were to indicate which areas of the coast are most likely to be hit by oil and to assess the degree of vulnerability of each area. The results are presented on a series of maps. The simulation model perform the calculation in a fixed geographical grid net with squares of 15 by 15 km.

Oil drift calculations are implemented in SIMPACT. In each grid square the amount of resource was taken as the occurrence of protected (from wave action) shores, which are highly vulnerable for oil spills. The vulnerability of the resource has been stipulated to 0.3-0.6 on a scale from 0 - 1 based on the species composition of the communities. The value 0.6 refers to communities dominated by knotted wrack which requires a long recovery time after damages from oil spills. This value was used in the analyses.

The model simulations indicate that oil spills in the eastern part of Skagerrak will have the greatest overall consequences. Most of the coast between the Oslofjord and the county of Vest-Agder will be strongly affected (Figs 9-12). Oil spills from central Skagerrak will also affect most of the coast (Figs 7, 8). The overall consequences are least for the westerly located production sites, but the impact will be strong on the coast from Lista to Kristiansand (in Vest-Agder) (Figs 3, 4, 15, 16).

The analyses indicate that the consequences will be somewhat stronger in summer than in winter. During summer prevailing winds (SW) tends to bring the oil eastwards and towards the coast. The seasonal variation is greatest for production sites SE of Kristiansand (Figs 13, 14).

The area which may be influenced by oil from spills in the west part of Skagerrak reach from southern Jylland in Denmark to Sognefjorden at the west coast of Norway (Fig. 19). Oil from eastern Skagerrak may reach Karmøy (Fig. 20). Depending on weather conditions, currents and season, the consequences will differ from case to case. Some selected model cases ('scenarios') showing worst and best situations are presented for two production sites (Figs 21-24).

1. INNLEDNING

1.1. Bakgrunn for arbeidet

Denne rapporten inngår som et ledd i de samlede konsekvensvurderingene som utføres før en mulig åpning av Skagerrak for oljevirkosomhet. I henhold til Petroleumsloven av 22.3.85 skal det gjennomføres konsekvensutredninger før et sjøområde på norsk sokkel kan åpnes for petroleumsvirksomhet.

Utredningene skal omfatte vurderinger av de miljømessige virkningene og mulige farer for forurensninger, samt økonomiske og sosiale virkninger som virksomheten kan ha for andre næringer og berørte distrikter. Ansvaret for å gjennomføre utredningene ligger hos Nærings- og energidepartementet.

I 1989/1990 ble det igangsatt et utredningsprogram for Skagerrak. Programmet er utarbeidet av Arbeidsgruppen for konsekvensutredninger av petroleumsvirksomhet (AKUP) som er et rådgivende organ for departementet. Programmet omfatter miljø- og naturfaglige utredninger (fisk/fiskeri, sjøfugl, havbunn, strandsone), samfunnsmessige virkninger (friluftsliv, turisme, sosioøkonomiske virkninger) og beregninger av drivbaner ved oljesøl (AKUP 1990).

Denne rapporten omhandler naturfaglige konsekvenser for fjæresonen ved utslipp av olje fra utvinningsområder i Skagerrak. Vurderingene er foretatt ved bruk av et simuleringsprogram for konsekvensvurderinger av petroleumsvirksomhet (SIMPACT) utviklet gjennom AKUP (Anker-Nilssen et al. 1992). Simuleringsprogrammet er ment som et hjelpemiddel til å gradere konsekvenser av oljesøl for ulike ressurser og presentere de mest konfliktfylte områdene på en lettfattelig måte. Resultatet av analysene vises på kart over området.

Arbeidet bygger videre på AKUP-rapporten *Strandsonen i Skagerrak. Organismer i fjæra og vurdering av sårbarhet på organismsamfunn ved oljeforurensning* (Oug et al. 1992) hvor de typiske organismsamfunnene langs Skagerrak-kysten ble beskrevet og organismers og organismsamfunns sårbarhet for olje ble vurdert. Gjennom AKUP er det også utarbeidet ett sett med sårbarhetsindekser for ulike organismsamfunn langs norskekysten (Lein et al. 1992). Denne informasjonen er også brukt som grunnlag ved de foreliggende analysene.

1.2. Fjæresamfunn langs Skagerrak-kysten.

Fjæresonen i Skagerrak har liten vertikal utstrekning på grunn av liten tidevannsforskjell. Forskjellen mellom flo og fjære er de fleste steder mindre enn 30 cm, men vannstanden kan øke eller falle betydelig utover dette som følge av variasjoner i lufttrykk og vinder. Kysten er derfor preget av uregelmessige

vannstandsvekslinger. Fjæresonen kan være konstant neddykket, alternativt tørrlagt i flere dager. Den uregelmessige vannstandsvekslingen medfører stress for fjæreorganismene. I Skagerrak er det generelt færre arter i strandsonen enn i andre områder av norskekysten.

Fjæresonen er tilholdssted for både alger og dyr. De mest dominerende organismene i fjæra er ofte tangplantene. Under, innimellom og på tangen vokser det mindre rød-, brun- og grønnalger og ulike fastsittende dyr som rur, blåskjell, hydroider og mosdyr. Fritt bevegelige dyr som strandsnegl, sjøstjerner, krabber, tanglus og tanglopper er også knyttet til fjæresonen.

Tabell 1. Vanlige og dominerende arter på lokaliteter med ulik eksponeringsgrad (bølgepåvirkning)

Arter		Eksponert kyst	Semi-eksponert	Beskyttet
Rødalger				
Rekeklo	(<i>Ceramium rubrum</i>)	••••	•••	••
Vanlig fjærehinne	(<i>Porphyra umbilicalis</i>)	••••	••	
Penseldokke	(<i>Polysiphonia brodiaei</i>)	••••	•	
Bendelsleipe	(<i>Dumontia contorta</i>)	•••	•	•
Rødsleipe	(<i>Nemalion helminthoides</i>)	•••	•	
Krusflik	(<i>Chondrus crispus</i>)	••	••	••
Smal fjærehinne	(<i>Porphyra linearis</i>)	••	•	
Brunalger				
Sukkertare	(<i>Laminaria saccharina</i>)	••	••	••
Fingertare	(<i>Laminaria digitata</i>)	••	••	•
Stortare	(<i>Laminaria hyperborea</i>)	•	•	•
Skolmetang	(<i>Halidrys siliquosa</i>)	•	••	•
Sagtang	(<i>Fucus serratus</i>)		••	••
Blæretang	(<i>Fucus vesiculosus</i>)		•	•••
Grisetang	(<i>Ascophyllum nodosum</i>)			••
Grønnalger				
Laksesnøre	(<i>Chaetomorpha melagonium</i>)	•	•	•
Vanlig grønndusk	(<i>Cladophora rupestris</i>)	•	•	•
Grønndusk	(<i>Cladophora sp.</i>)		•	•
Havsalat	(<i>Ulva lactuca</i>)	•	••	•
Tarmgrønske	(<i>Enteromorpha intestinalis</i>)	•	••	••
Dyr				
Blåskjell	(<i>Mytilus edulis</i>)	•••	•••	••
Korstroll	(<i>Asterias rubens</i>)	••	•	•
Rur	(<i>Balanus sp.</i>)	•	•	•
Purpursnegl	(<i>Nucella lapillus</i>)	•	•	•
Stor strandsnegl	(<i>Littorina littorea</i>)	•	••	••
Spiss strandsnegl	(<i>Littorina saxatilis</i>)	•	•	

Tegnforklaring:

- enkeltfunn
- spredt
- vanlig
- dominerende

Hvilke arter som finnes på et sted avhenger av en rekke naturforhold. Spesielt viktig er graden av bølgepåvirkning og ferskvannstilførsler. På beskyttede lokaliteter uten ferskvannspåvirkning, som i bukter og vikar på ytre kyst, vil man vente å finne et velutviklet tangsamfunn med bl.a. grisetang og blæretang. På åpen kyst utsatt for bølgeslag (eksponerte lokaliteter) er det ofte de kortvokste, ettårige rødalgene som dominerer i fjæresonen. De vanlige større tangartene vokser ikke på eksponerte steder, men øverst i sjøsonen nedenfor fjæra kan det være en godt utviklet tareskog. En oversikt over de vanlig forekommende artene i strandsonen fordelt på bølgeutsatte (eksponerte), delvis beskyttede (semi-eksponerte) og beskyttede lokaliteter i Skagerrak er vist i Tabell 1.

1.3. Sårbarhetsvurderinger

Ved oljesøl er fjæresonen svært utsatt. Effektene på et gitt sted vil imidlertid avhenge av forhold som grad av bølgeeksponering, hvilke arter som finnes på stedet, vannstanden i perioden for oljesølet og tid på året. De mest sårbare ressursene, målt ut fra den tid det vil ta for restitusjon etter skade, finnes på bølgebeskyttede steder. I disse områdene er naturens evne til selvrensning liten slik at oljen kan bli liggende lenge. Beskyttede områder er ofte dominert av grisetang som er en art som vokser sent og blir gammel (Lein et al 1992). Gristetangen er en 'nøkkelart' i samfunnet, dvs. at den har stor betydning for hvilke andre arter som finnes i stranden. Dersom grisetangen dør, vil det ta lang tid, ventelig 10-15 år for samfunnet er tilbake til opprinnelig tilstand (Oug et al. 1992). Erfaringer fra oljesøl viser dessuten at oljen ofte blir ført inn i beskyttede bukter og vikar i ytre skjærgård.

På eksponerte steder blir oljen vanligvis vasket bort forholdsvis raskt. Dette reduserer skadene, men i Skagerrak kan det tenkes store effekter dersom oljesøl inntreffer under perioder med lite vind og lav vannstand (høytrykk-vær) når oljen kan bli liggende i strandsonen. På den annen side er fjæresamfunnet preget av arter med kort gjenvæksttid. Skadene på eksponerte steder kan være store like etter oljesøl, men samfunnet vil nokså raskt restitueres, ventelig 2-3 år etter at oljen er borte (Oug et al. 1992).

Lein et al. (1992) har vurdert graden av sårbarhet for ulike fjæresamfunn langs norskekysten. Sårbarheten er uttrykt i form av en indeks som tar verdier mellom 0 (ingen skade) og 1 (alle arter dør og restitusjonstiden overstiger 20 år). For beskyttede lokaliteter i Skagerrak er verdien satt til mellom 0.3 og 0.6 (Tabell 2). Den høyeste verdien (0.6) refererer til områder med mye grisetang. Vanskelige rekrutteringsforhold og stadige forstyrrelser fra tørke og isskuring kan innebære lengre restitusjonstid enn på Vestlandet. I andre beskyttede områder i Skagerrak mangler en naturlig grisetangbestand, og gjenvæksttider er mye kortere. Indeksen er for slike områder satt til 0.3. For semi-eksponerte og eksponerte lokaliteter i Skagerrak er verdien satt til henholdsvis 0.1 og 0.05. Dette er samme verdier som for resten av kysten.

Tabell 2. Indekser for hardbunnsfjæras sårbarhet overfor oljesøl. Indeksverdiene er skjønnsmessig vurdert og gir et relativt bilde av forskjellene mellom områder og samfunnstype (etter Lein et al. 1992).

Geografisk område	Samfunnstype		
	Beskyttet	Semi-eksponert	Eksponert
Finnmark	0,7	0,1	0,05
Troms	0,5	0,1	0,05
Nordland	0,5	0,1	0,05
Hordaland	0,5	0,1	0,05
Skagerrak	0,3 - 0,6	0,1	0,05

1.4. Mål for arbeidet

Målene for dette arbeidet er å vise de forventede konsekvensene for fjæresonen av oljesøl fra produksjonsområder i Skagerrak. Analysene er gjort både for ulike utslippssteder (produksjonsområder) og for utslipp til forskjellige tider av året. Vurderingene søker å illustrere hvilke områder av kysten som er utsatt og graden av sårbarhet i disse områdene.

Analysene kombinerer data fra:

- oljedriftsberegninger
- sannsynlighet for treff av olje i ulike områder på kysten
- fordeling av aktuelle ressurser i de aktuelle områdene på kysten
- ressursenes sårbarhet

Resultatene er presentert i form av kart.

2. METODER

2.1. Analyzesystem og datagrunnlag for beregningene

Analyzesystemet SIMPACT (Anker-Nilssen et al. 1992) er utviklet som en felles analysemodell for utredningsprosjektene i AKUP. Analysene søker å angi konsekvensene av oljeutslipp (utblåsninger) fra nærmere angitte utvinningsområder for gitte ressurser (f.eks sjøfugl, strandenger, fjæreorganismer) eller interesser. Et mål ved analysene er å identifisere de mest følsomme geografiske områder og angi et sannsynlig skadeomfang. Resultatene presenteres i form av kart. Systemet er tilgjengelig for de ulike utredningsområdene som omfattes av AKUP. Modell og begrepsapparat er utførlig omtalt i bukerveiledningen for analyzesystemet (Anker-Nilssen et al. 1992).

For Skagerrak tar analysemodellen utgangspunkt i 7 lete/utvinningsområder (Figur 1). I analysene søker man å beregne konsekvensene ved oljeutslipp fra hvert av områdene ved normal sommer- og vintersituasjon. Det foreligger beregninger av oljedrift fra hvert av områdene både i sommer og vintersesong (Skognes 1991). Driftsberegningene viser hvor på kysten oljepåslag kan ventes og angir minste drivtid til land. Beregningene er lagt inn i SIMPACT-modellen.

I analysemodellen og for presentasjon av resultatene er kysten (og hele det aktuelle sjøområdet) inndelt i et fast rutenett med ruter av 15 x 15 km. Rutene i Skagerrak er definert i UTM sone 33. I alt er det 41 ruter i Skagerrak som har kystlinje (Fig. 2). Dette området omfatter strekningen fra Lista til svenskegrensen og er det samme som ble lagt til grunn for beskrivelsene av organisesamfunn i strandsonen (Oug et al. 1992). Området strekker seg litt lenger vest enn AKUPs grense for Skagerrak-prosjektene som går ved Lindesnes (lengdegraden 7°Ø).

For hver av rutene må det angis en verdi for mengden ressurs, i dette tilfelle organisesamfunnet i fjæresonen, og en verdi for sårbarhet av ressursen. Analysemodellen kombinerer mengde- og sårbarhetsverdiene med oljedriftsberegningene. Analysene kan derved gi mål for hvor stor konsekvens utslipp fra de ulike lete/utvinningsområder forventes å ha. En nærmere beskrivelse av SIMPACT er gitt av Anker-Nilssen et al. (1992).

2.2. Mengdevurdering av ressursene i strandsonen

I fjæra er beskyttede tangsamfunn mest sårbare overfor oljesøl (Kap. 1.3.). I dette arbeidet er det derfor valgt å benytte forekomst av beskyttede strandområder som mål for mengden ressurs. Det er tidligere

foretatt en kartlegging av strandsonetyper i Skagerrak med strandsonene angitt på kart i målestokk 1:50.000 (Sendstad & Sindre 1981). Dette arbeidet ble lagt til grunn for mengdevurderingene.

Hver av de definerte 15 x 15 km rutene i analysemodellen ble delt inn i 100 småruter og antallet småruter som inneholdt beskyttet strand ble talt. Tallene ble lest inn i analysemodellen som setter den samlede ressursen lik 1 og beregner ut fra dette den relative mengden ressurs i hver rute. Det ble ikke gjort forsøk på å vurdere selve lengden beskyttet strand. Metoden gir derfor ikke et absolutt mål på det strandarealet eller lengde kystlinje som dekkes av beskyttede samfunn. Beskyttede områder som bare omfatter løsmassestrender ble utelatt idet de ikke har tangsamfunn.

2.3. Valg av sårbarhetsindekser i analysen

Analysene er utført med verdien 0.6 for sårbarhet (se Kap. 1.3). Denne verdien, som er den høyeste for Skagerrak, gjelder for grisetangdominerte samfunn. Det er valgt å sette samme verdi for hele området fordi det ikke er mulig uten nærmere undersøkelser å skille mellom forekomst av grisetangsamfunn og andre tangsamfunn på de enkelte lokalitetene. Analysene angir derved forventet konsekvens for lokaliteter med godt utviklede grisetangsamfunn, noe som kan innebære en overestimering av konsekvensene for de enkelte rutene og for kystområdene totalt sett. Dette er allikevel valgt for å legge hovedvekt på de mest sårbare ressursene på kysten.

Analysene er imidlertid også utført med sårbarhetsindeks 0.3 som omfatter andre beskyttede tangsamfunn enn grisetangsamfunn. Resultatene er kortfattet omtalt. Disse analysene vil medføre en underestimering av konsekvensene for de mest følsomme områdene.

2.4. Sannsynlighet for kontakt med oljesøl

Oljedriftsberegningene som benyttes av SIMPACT gir sannsynlighetsverdier for treff av olje på kysten for sommer- og vinterhalvåret. I modellen skilles det imidlertid ikke mellom treffsannsynlighet i ytre og indre områder. Erfaringer fra oljesøl tilsier at oljen som regel ikke havner langt inn i indre fjorder, men stopper ved ytre kyst. Her blir den til gjengjeld ført inn i beskyttede bukter og vikene. For å korrigere for dette har vi knyttet ulike vekter til verdiene for ressursmengdene. I ruter på ytre kyst er ressursmengdene gitt vekten 1, mens lokaliteter i indre skjærgårdsområder har fått vekten 0.8 og indre fjorder vekten 0.3. Dette er tilsvarende det som er gjort for midt-norsk sokkel (Lein et al. 1993).

2.5. Beregninger og valg av grenseverdier for klassifikasjon

I modellen beregnes flere *konsekvensindekser* som angir grad av konsekvens for en ressurs. For hver 15 x 15 km rute beregnes en *ruteindeks* (k) som produktet mellom treffsannsynlighet i ruten, ressursmengden (fraksjon) og sårbarhetsindeksen. De enkelte ruteindeksene kan sammenfattes til en *områdeindeks* (K) som angir konsekvensen ved utslipp fra et nærmere angitt *analyseområde*. De aktuelle analyseområdene i Skagerrak (lete/utvinningområder) er vist på Figur 1. Konsekvensindeksene (k, K) blir gitt på en skala fra 0 - 1.

Ved presentasjon av resultatene blir konsekvensene angitt på en skala med fire konsekvenskategorier:

- 0 = ingen eller ubetydelige konsekvenser
- 1 = små konsekvenser
- 2 = middels store konsekvenser
- 3 = store konsekvenser

Inndelingen gjøres på basis av verdiene for konsekvensindeksene. Som grenseverdier mellom kategoriene er det her valgt å bruke kvartilene (25 %, 50 %, 75 %) av alle K-verdiene som er beregnet (tilsammen 14 K-verdier).

Klassifikasjonen er basis for tegning av konsekvenskart. På kartene er konsekvenskategoriene angitt med varierende gråskravering.

2.6. Drift av olje

Oljedriftsberegningene er basert på simuleringer med oljedriftsmodellen SLIKMAP. For hver 15 x 15 km rute beregnes sannsynlighet for treff av olje og korteste driftstid for utslipp fra hvert analyseområde og for to sesonger (sommer/vinter). Beregningene gjøres ut fra data for spredning, forvitring av olje, vinddata og strømndata. Driftsstatistikken settes opp på basis av i alt 400 simulerte enkelttilfeller (scenarier) for hver sesong.

I denne rapporten er det gitt eksempler på det totale spredningsområde som fremkommer fra simuleringene for å illustrere hvilke områder (også utenfor Skagerrak) som kan rammes av olje ved utslipp i Skagerrak. Det er også gitt noen enkelttilfeller (scenarier) som viser beste tilfelle (minst konsekvens for ressursen) og verste tilfelle (størst konsekvens) for to av analyseområdene.

Oljedriftsberegningene i SLIKMAP-modellen utføres med grunnlag i historiske vinddata og et sesongmidlet bakgrunns-strømfelt. Hvert simulerte utslipp gis 15 døgns varighet og oljen følges i inntil 30 døgn (eller til den strander). Oljen tilsvarer en middels Nordsjøolje (tetthet 850 g/l). Utslippraten er valgt til 200 m³ pr. døgn (Anker-Nilssen et al. 1992).

3. RESULTATER OG DISKUSJON

3.1. Mengde ressurs

De beregnede ressursmengdene (forekomst av beskyttet strand) i hver rute er illustrert på Figur 2. De største ressursmengdene er knyttet til indre skjærgårdsområder med mange holmer og skjær og til fjordområdene. Ved det rutenettet som brukes i modellen (15 x 15 km) er beskyttede samfunn omtrent jevnt fordelt langs kyststrekningen. Metoden er for grov til å få fram mindre lokale variasjoner.

3.2. Grad av konsekvens

Resultatene av modellberegningene er vist på kartene i Figur 3 - 16. Det er gitt ett kart for hver av de syv lete/utvinningsområdene og hver sesong (sommer/vinter). Skraveringen av rutene indikerer graden av konsekvens for området ruten dekker, mens skraveringen av analyseområdet (lete/utvinningsområdet) angir den samlede konsekvensen for hele kyststrekningen vurdert under ett.

Oljesøl fra de østlige og kystnære lete/utvinningsområdene vil ha de største konsekvensene (Fig. 9-12). Ved utslipp fra analyseområdene 04 og 05 utenfor ytre Oslofjord og Telemark/Aust-Agder vil størstedelen av kysten fra ytre Oslofjord til Vest-Agder bli sterkt berørt og den samlede konsekvensen for ressursen stor. Også ved utslipp fra analyseområde 03 som ligger på delelinjen mellom Norge og Danmark sentralt i Skagerrak, vil store deler av kysten bli berørt (Figs. 7, 8).

Konsekvensene for kysten er minst ved utslipp fra de vestligste analyseområdene (01 og 07) (Figur 3, 4 og 15, 16). Virkningene vil være tunge i Vest-Agder, mens det ikke vil være konsekvenser av betydning for større deler av de østlige kystområdene (konsekvenskategori 0).





















3.3. Sesongvariasjoner i grad av konsekvens

For de fleste analyseområdene er det noe større konsekvenser ved oljeutslipp om sommeren enn om vinteren. Dette har sammenheng med at effektene brer seg lenger østover kysten om sommeren. Forskjellen er mest tydelig for utslipp fra midtre del av Skagerrak. Ved utslipp fra analyseområde 02 og 06 om vinteren vil området Lista - Grimstad bli sterkt berørt, mens ved utslipp om sommeren vil også større områder lenger øst i Aust-Agder påvirkes tungt (Fig. 5, 6 og 13, 14). Dette har sin årsak i fremherskende vindretninger. Om sommeren dominerer sørvestlige vinder som fører oljen innover i Skagerrak, mens om vinteren er det ofte nordøstlig vind som svekker denne effekten (Børresen 1987).

3.4. Sammenfattende vurderinger av konsekvensene

Sammenfattende vurderinger av konsekvensene er gitt i Figurene 17 og 18 og i Tabell 3. Generelt er det noe større konsekvenser ved utslipp om sommeren enn om vinteren, men det er bare for analyseområde 06 at sesongvariasjonene er såvidt store at dette fører til en forandring i konsekvenskategori. Dette områder skifter fra kategori 1 om vinteren til kategori 2 om sommeren.

Tabell 3. Resultattabell for konsekvensanalyse av grisetangsamfunn i fjæresonen. Økende skravurtetthet angir økende konsekvens (4 kategorier). Sårbarhetsindeks = 0.6. Grenseverdiene er kvartiler av alle K-verdiene for grisetangsamfunn med sårbarhetsindeks 0.6.

Analyseområde												
Periode	1	2	3	4	5	6	7	Median				
Sommer												
Vinter												
Konsekvenskategori	0		Ingen eller ubetydelig konsekvens	1		Små konsekvenser	2		Middels store konsekvenser	3		Store konsekvenser

3.5. Oljedriftsberegninger

Store deler av kysten fra svenskegrensen til Vestlandet kan bli berørt av oljesøl fra utslipp i Skagerrak. Figurene 19 og 20 viser beregninger over oljedrift ved utslipp fra lete/utvinningsområdene 01 og 04. Beregningene er foretatt for i alt 400 forskjellige kombinasjoner (scenarier) av vær- og strømforhold og viser det totale området som kan influeres av olje. Også kysten av Jylland og store deler av den svenske vestkysten vil kunne bli berørt. Ved utslipp fra ytre Skagerrak er hele Nordsjøområdet fra syd i Danmark til Sognefjorden fareutsatt i tillegg til Skagerrak (Fig. 19). Sannsynlighet for treff av olje på en gitt lokalitet varierer imidlertid sterkt med utslippssted og sesong. Figurene viser heller ikke hvor de største mengdene av olje vil kunne nå land.

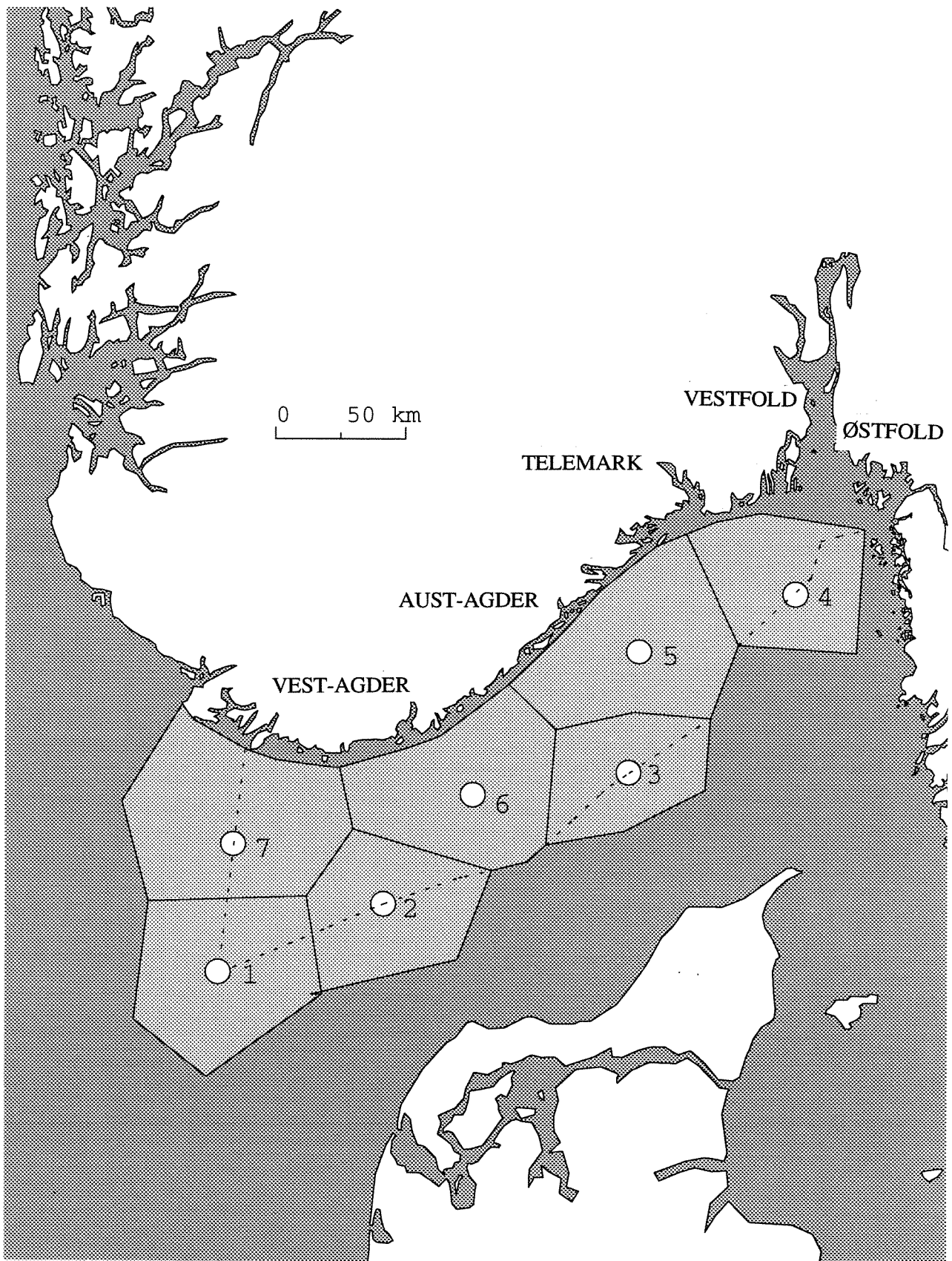
3.6. Enkeltscenarier

Figurene 21 - 24 viser noen enkeltanalyser (scenarier) for områdene 01 og 04. De valgte eksemplene viser verste og beste tilfelle, beregnet ut fra konsekvensindeksen, av ialt 400 scenarier. Som det går frem av kartene kan det være store forskjeller mellom utslipp fra samme område. Ved utslipp fra analyseområde 01 om sommeren er det beste scenariet at oljen bare treffer land noen korte strekninger i Aust-Agder og Rogaland (Figur 21). Det verste tilfellet viser at større oljemengder, med betydelige konsekvenser, treffer land i Agder-fylkene og i ytre Øslofjord (Figur 22). For område 04 er det beste tilfellet at oljen holder seg konsentrert nær utslippsstedet og bare når land i Østfold. Det verste tilfellet viser en spredning som gir store konsekvenser (kategori 3) langs hele kysten fra Hvaler til Lista.

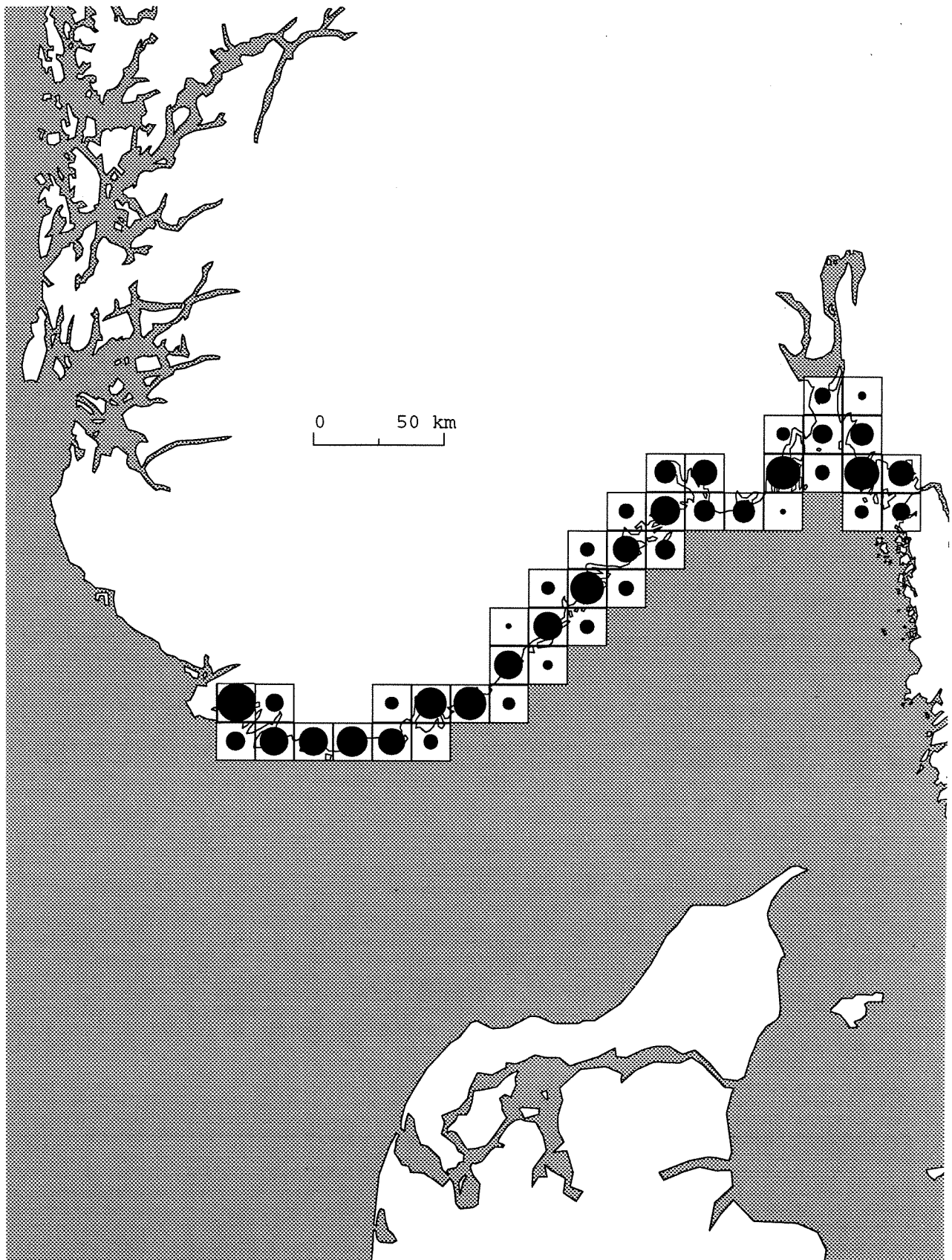
3.7. Konsekvenser for beskyttet tangsamfunn uten grisetang

Det ble også gjort analyser for alle lete/utvinningsområder med sårbarhetsverdien satt til 0.3 som tilsvarer beskyttede samfunn uten grisetang (Kap. 1.3). Sammenfattende tabeller over analysene er gitt i Vedlegg (Appendikstabell 4). Resultatene viser naturlig nok at konsekvensene er betydelig mindre enn for samfunn som domineres av grisetang. Legges samme skala for inndeling i konsekvenskategorier til grunn som ovenfor, viser analysene at det ikke vil bli mer enn små konsekvenser (kategori 1) for noe lete/utvinningsområde. De fleste analysene viser ingen eller ubetydelige konsekvenser (kategori 0). Denne klassifiseringen innebærer imidlertid en underestimering av konsekvensene både for de enkelte analyserutene og for områdene totalt sett.

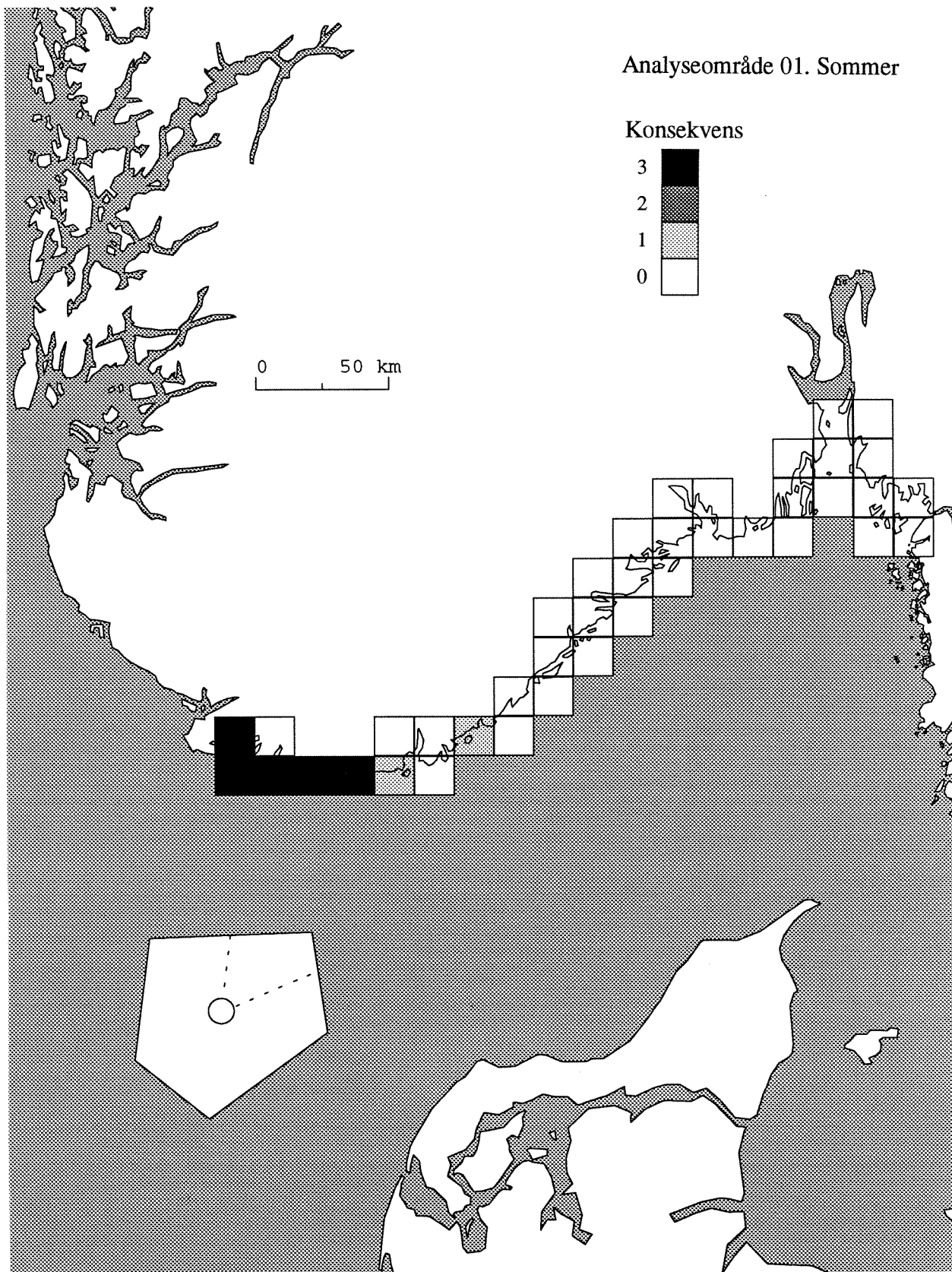
For sammenligning er det også gjort en sammenfattende klassifisering av de to beregnede analysesettene (med henholdsvis 0.3 og 0.6 som sårbarhetsverdi) (Appendikstabell 6). I denne sammenligningen ble grenseverdiene for konsekvenskategoriene beregnet fra alle k-verdiene samlet. Resultatene viser at generelt øker graden av konsekvens 1-2 kategorier ved å velge høyeste framfor laveste sårbarhetsverdi i beregningene. Analyseområde 1 får imidlertid samme vurdering (ingen eller ubetydelige konsekvenser) i begge analysesettene. Hovedmønstrene er de samme i begge analysesettene - konsekvensene er størst ved utslipp fra områdene 04 og 05 og minst ved utslipp fra område 01. Det er noe større konsekvenser om sommeren enn om vinteren. Indirekte viser dette oppsettet også at valg av grenseverdier har betydning for hvor alvorlige konsekvensene vurderes å være.



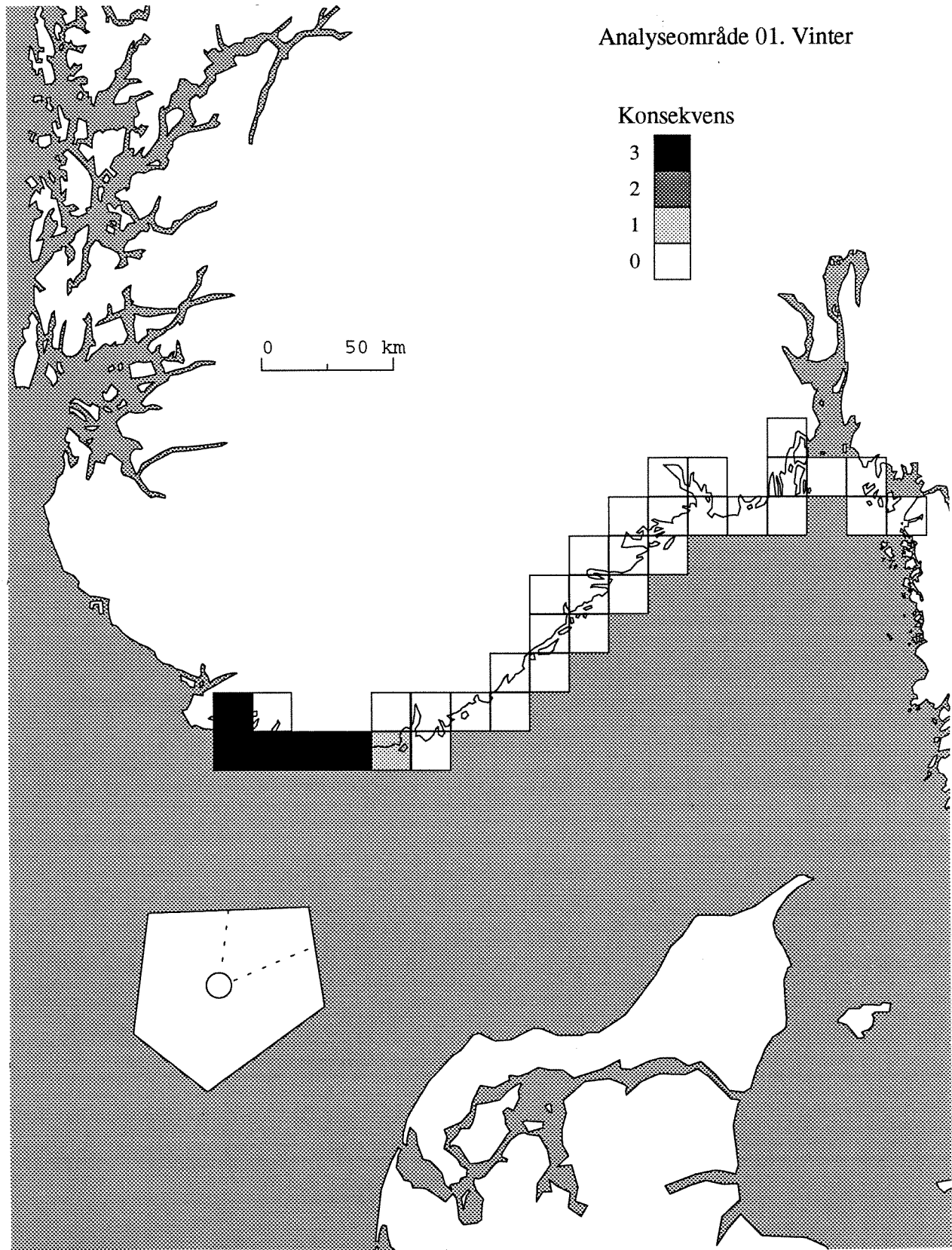
Figur 1. Plassering av de syv analyseområdene i Skagerrak. Utslippsposisjon er sentralt i hvert analyseområde.



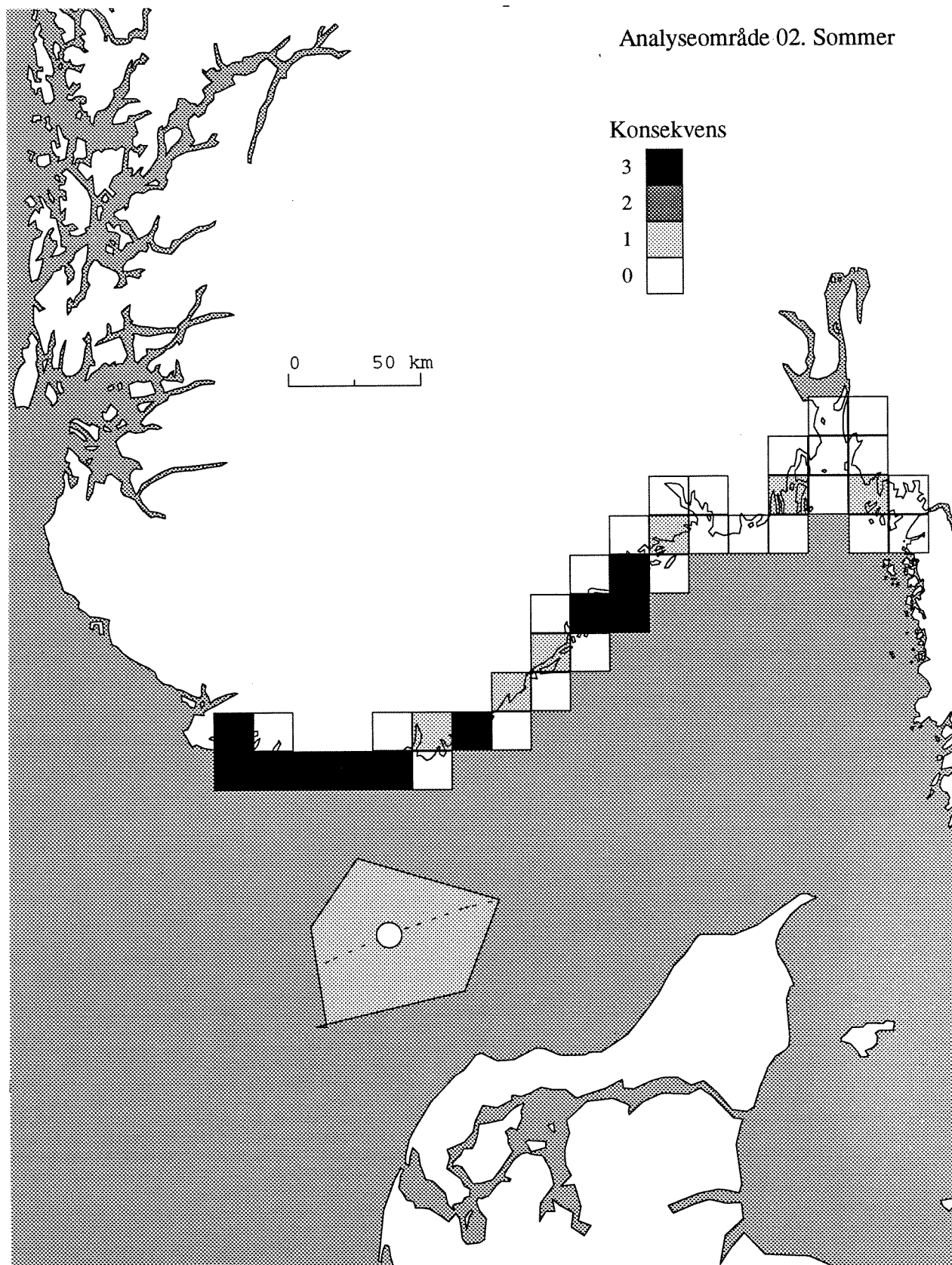
Figur 2. Analysemodellens rutenett for Skagerrak-kysten og mengde ressurs (forekomst av beskyttet strand) i hver rute. Punktsymbolets størrelse angir relativ mengde av beskyttet kyst.



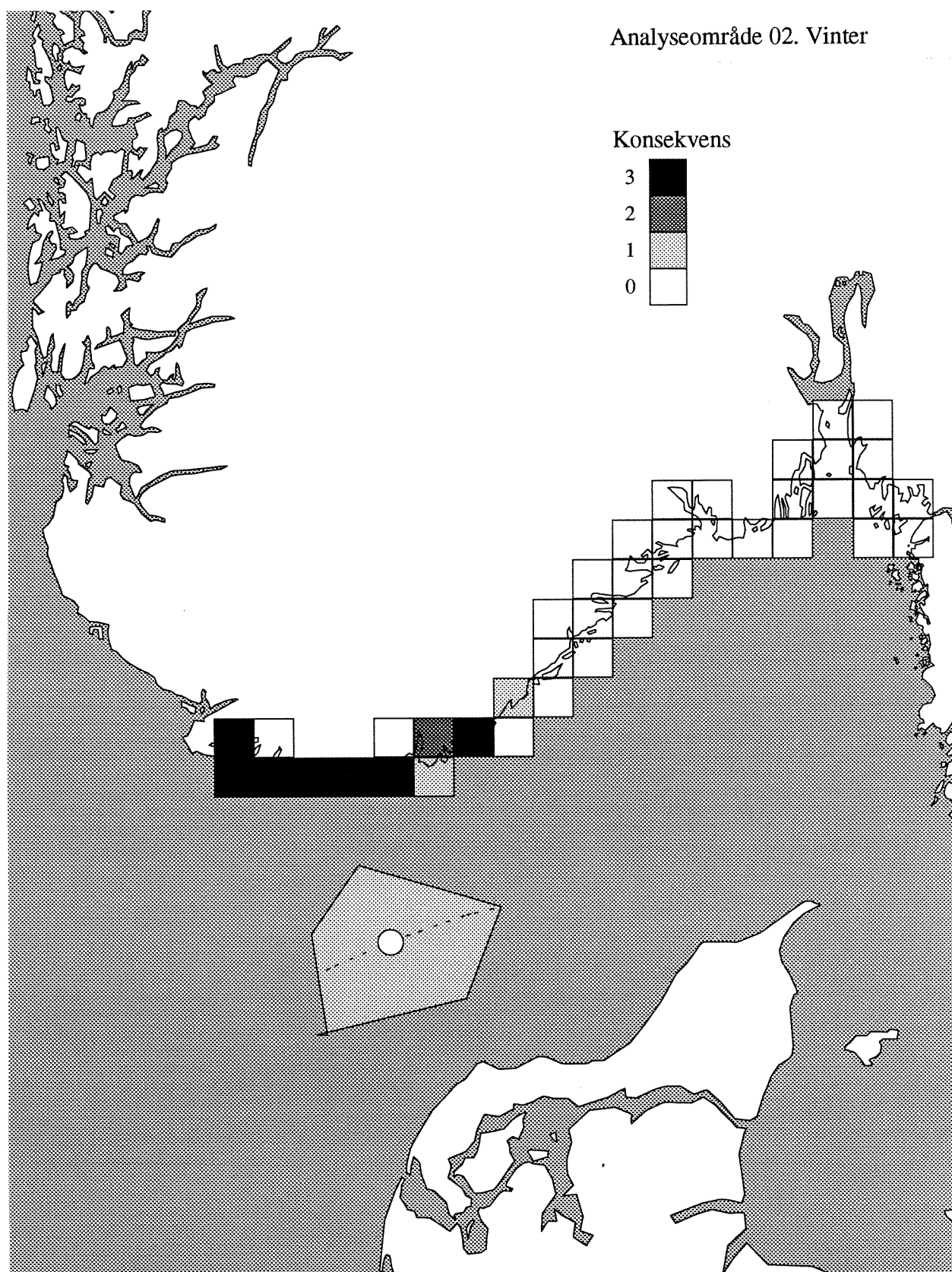
Figur 3. Konsekvenser for beskyttet fjæresamfunn ved oljeutslipp om sommeren i analyseområde 01. Konsekvensen er beregnet for hver rute og er en funksjon av treffsannsynlighet (sannsynligheten for at en gitt rute skal bli berørt av olje fra et tilfeldig utslipp), ressursens mengde, og ressursens sårbarhet. Skraveringen av analyseområdet ved utslippsstedet angir konsekvensen for hele området samlet. 0 = ingen eller ubetydelige konsekvenser, 1 = små konsekvenser, 2 = middels store konsekvenser, 3 = store konsekvenser.



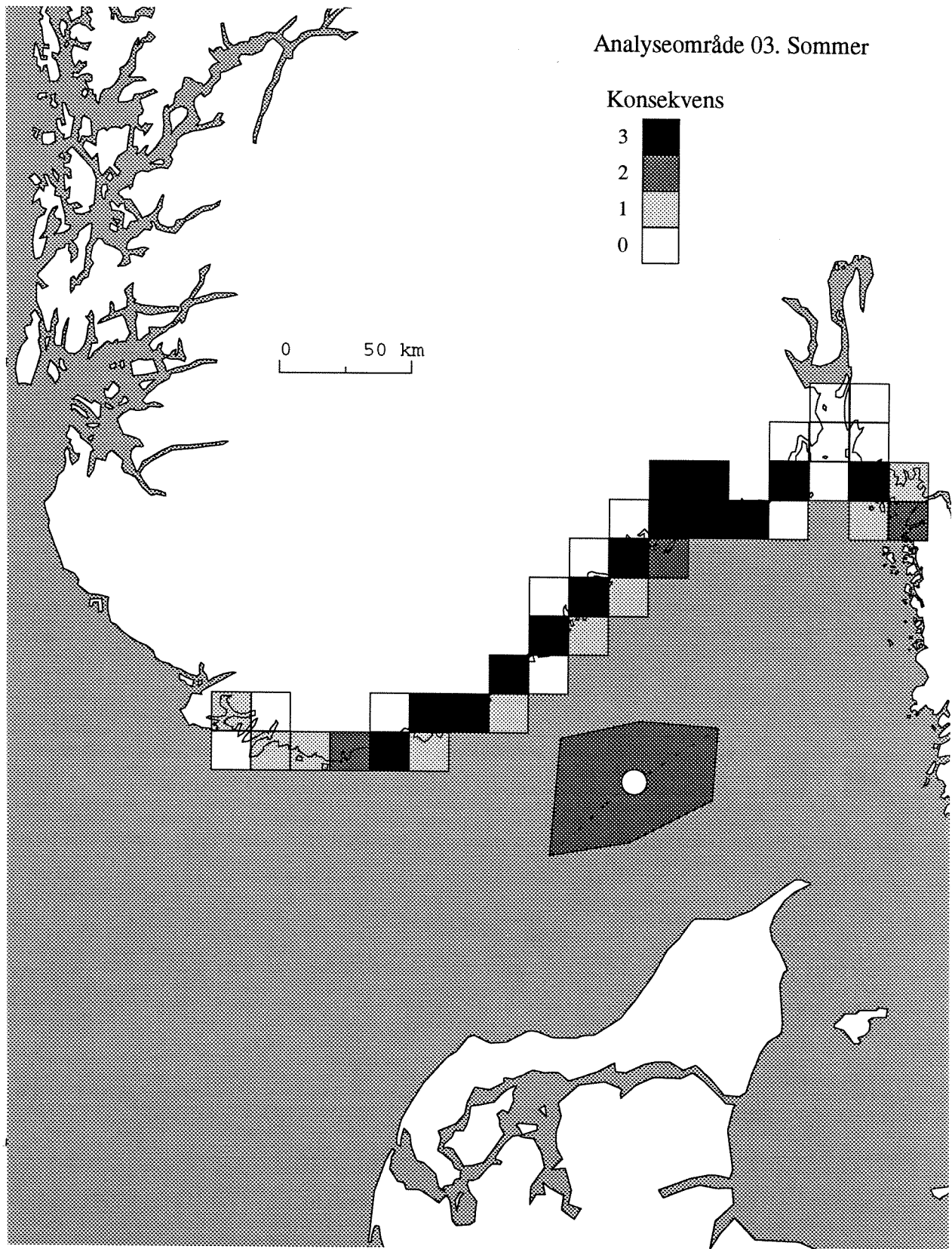
Figur 4. Konsekvenser for beskyttet fjæresamfunn ved oljeutslipp om vinteren i analyseområde 01. Se Figur 3 for nærmere forklaringer.



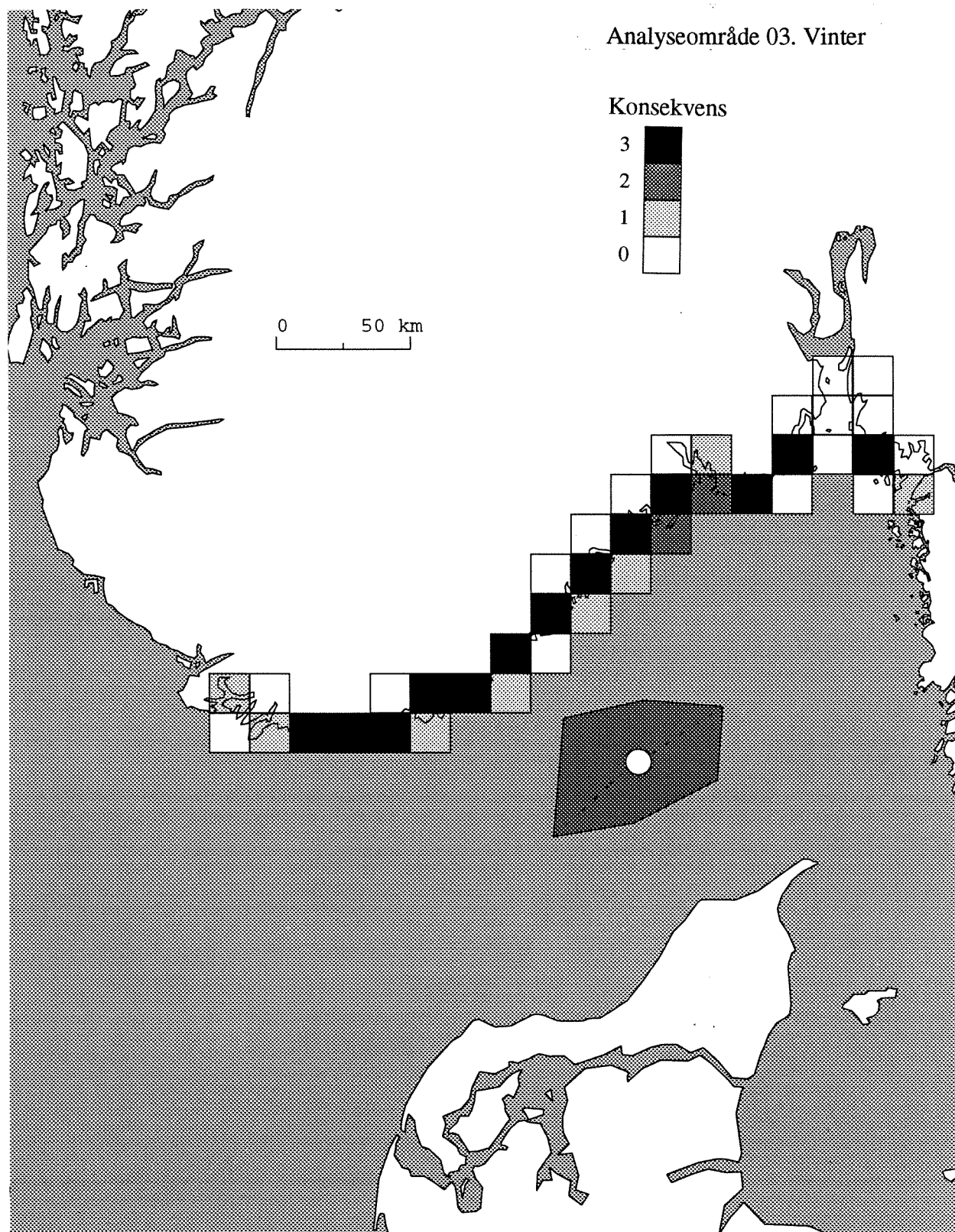
Figur 5. Konsekvenser for beskyttet fjæresamfunn ved oljeutslipp om sommeren i analyseområde 02. Se Figur 3 for nærmere forklaringer.



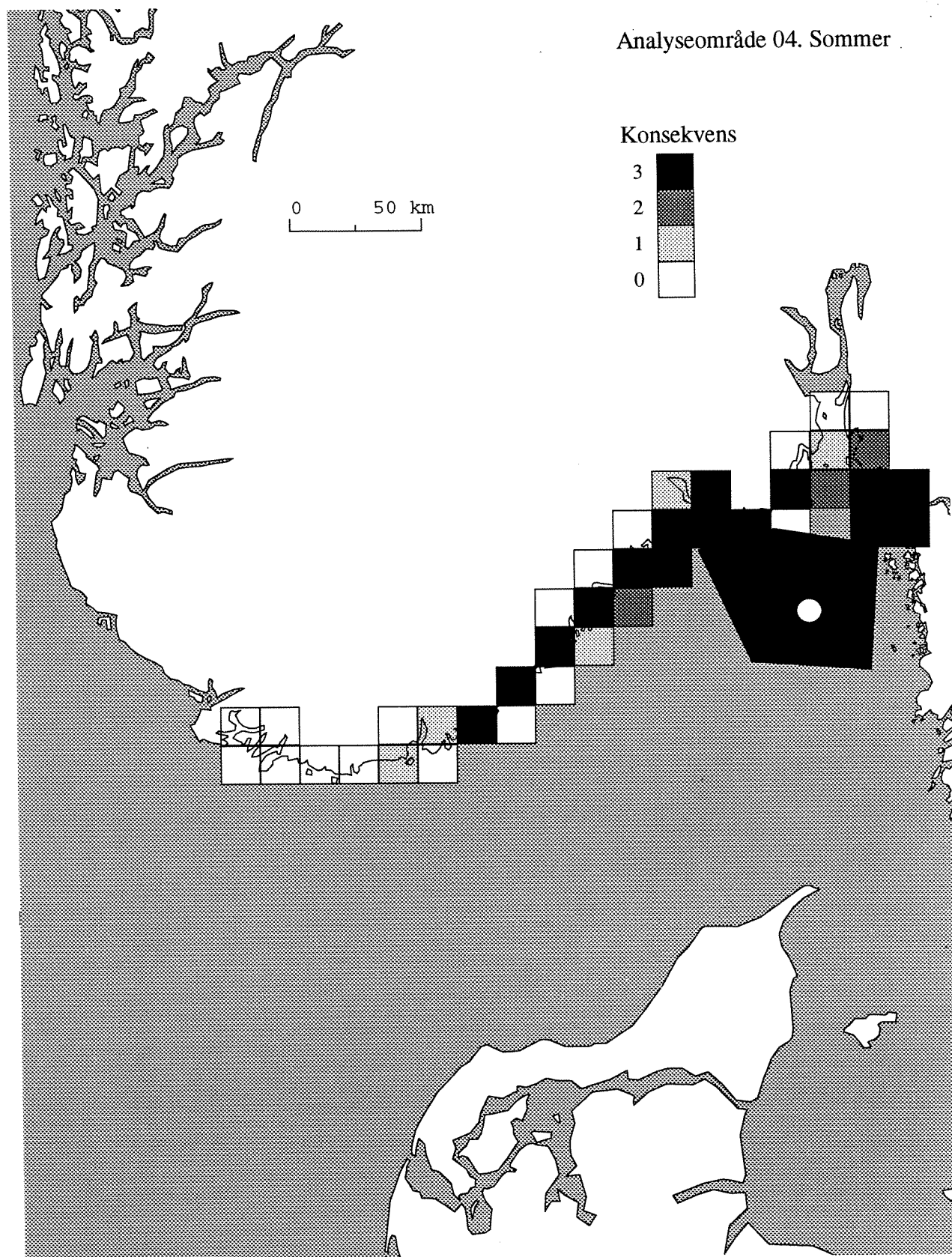
Figur 6. Konsekvenser for beskyttet fjøresamfunn ved oljeutslipp om vinteren i analyseområde 02. Se Figur 3 for nærmere forklaringer.



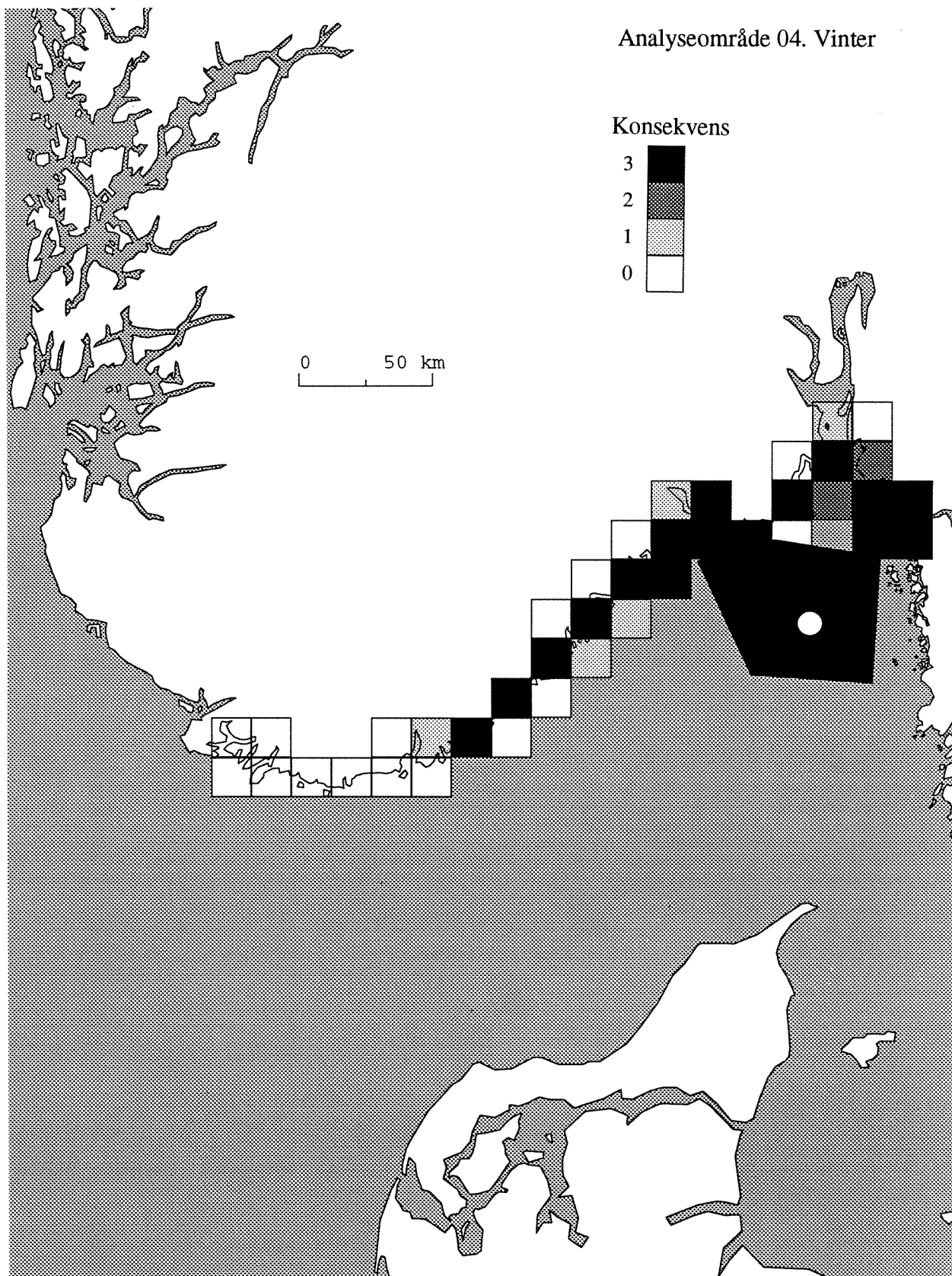
Figur 7. Konsekvenser for beskyttet fjæresamfunn ved oljeutslipp om sommeren i analyseområde 03. Se Figur 3 for nærmere forklaringer.



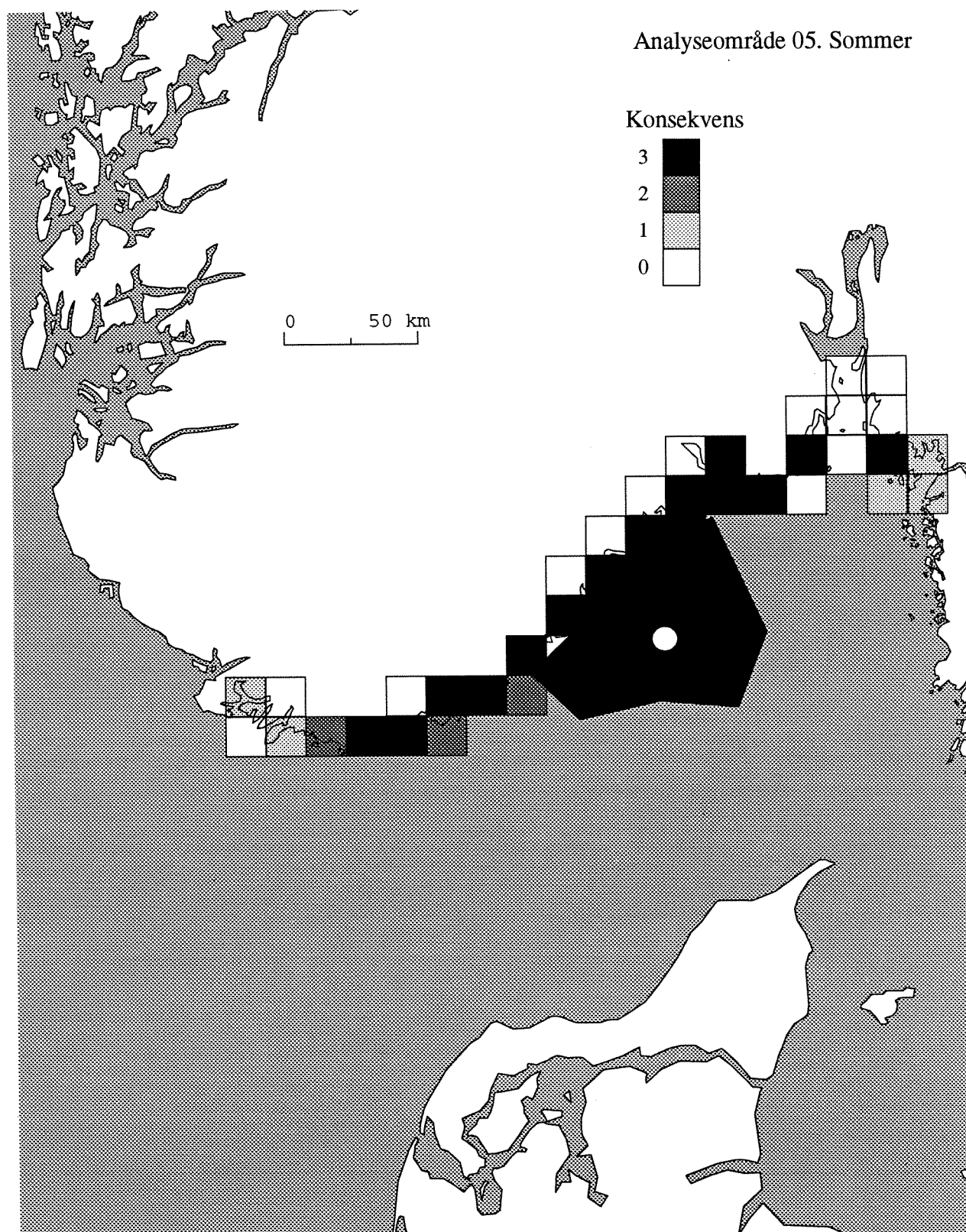
Figur 8. Konsekvenser for beskyttet fjæresamfunn ved oljeutslipp om vinteren i analyseområde 03. Se Figur 3 for nærmere forklaringer.



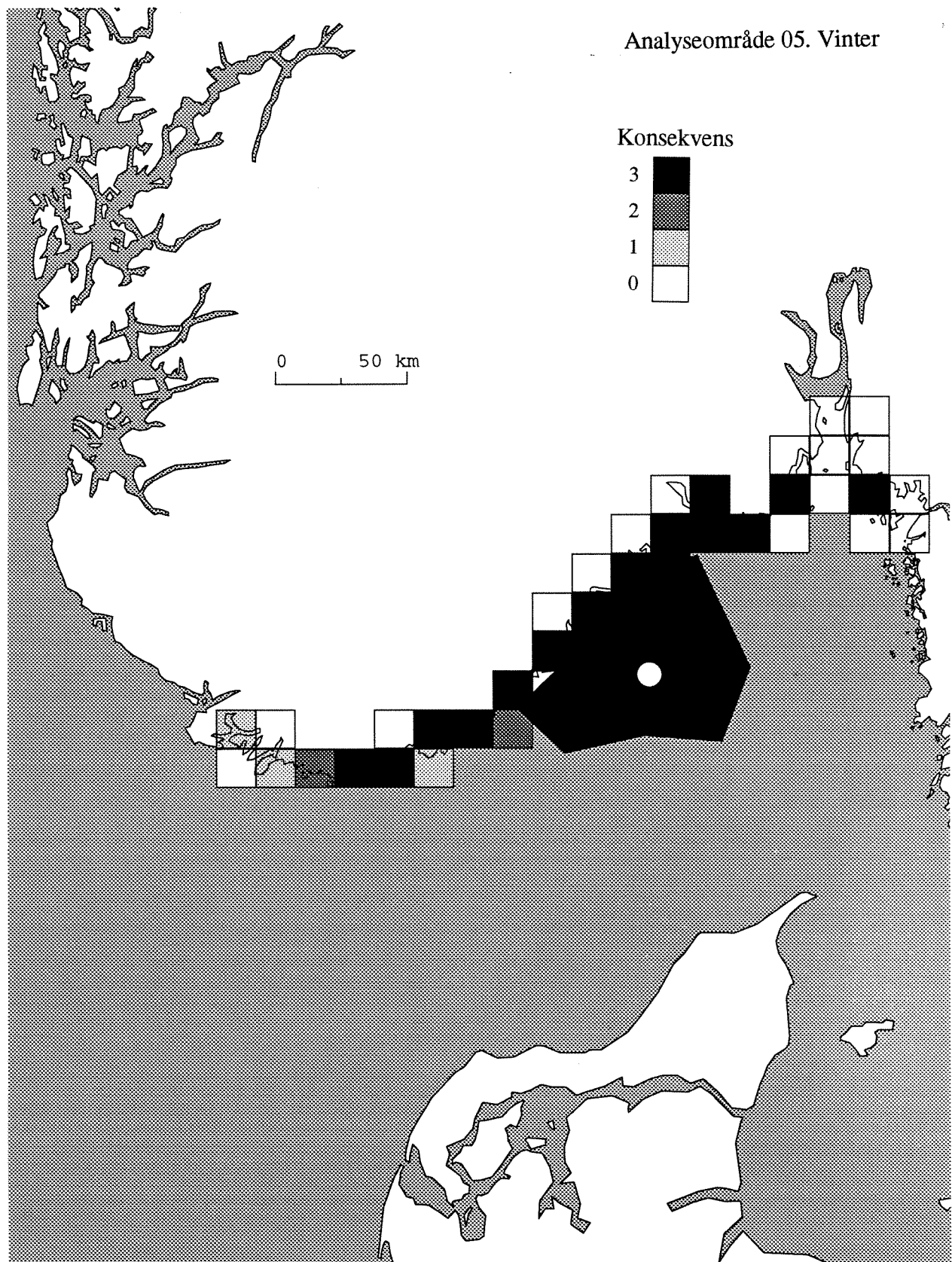
Figur 9. Konsekvenser for beskyttet fjæresamfunn ved oljeutslipp om sommeren i analyseområde 04. Se Figur 3 for nærmere forklaringer.



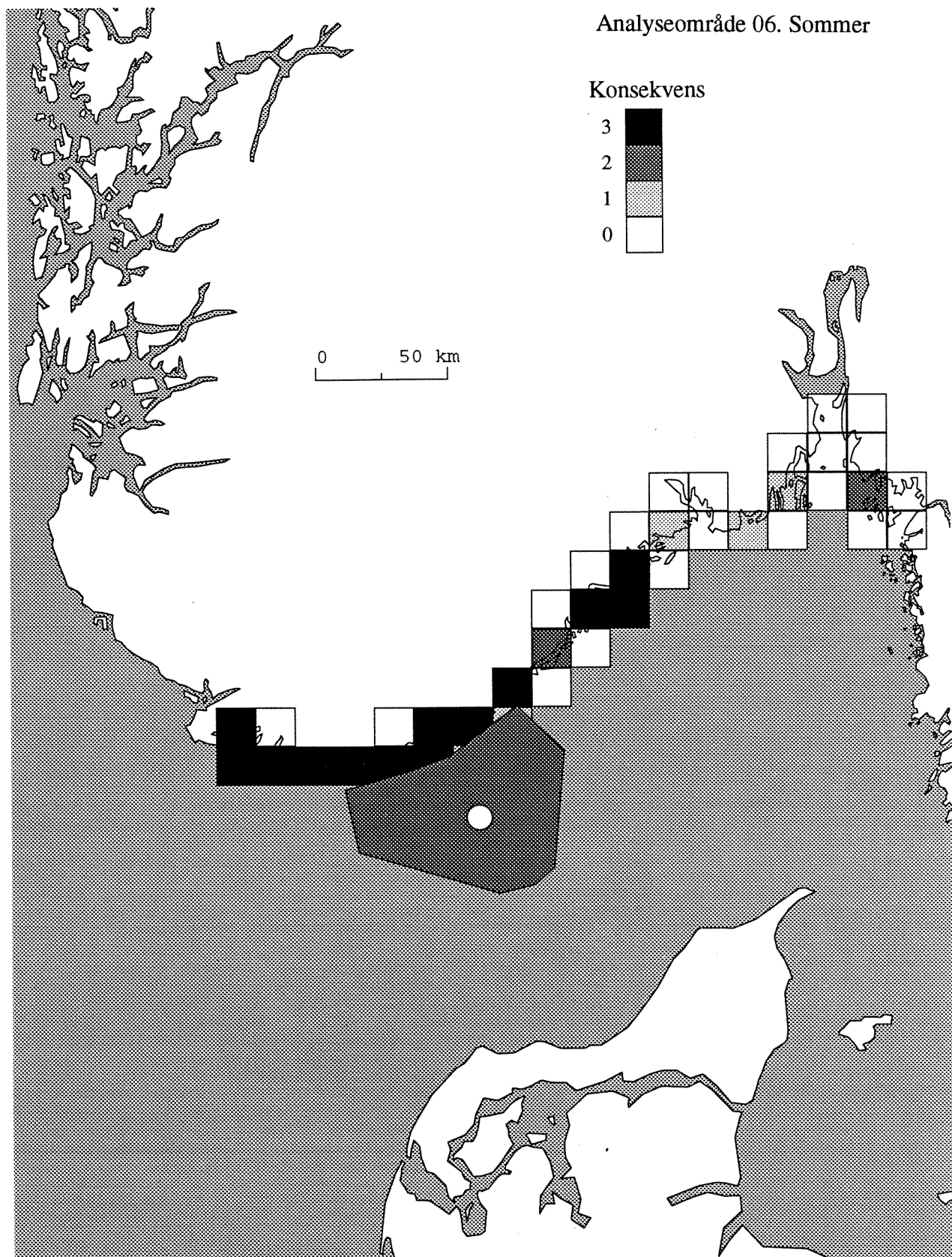
Figur 10. Konsekvenser for beskyttet fjæresamfunn ved oljeutslipp om vinteren i analyseområde 04. Se Figur 3 for nærmere forklaringer.



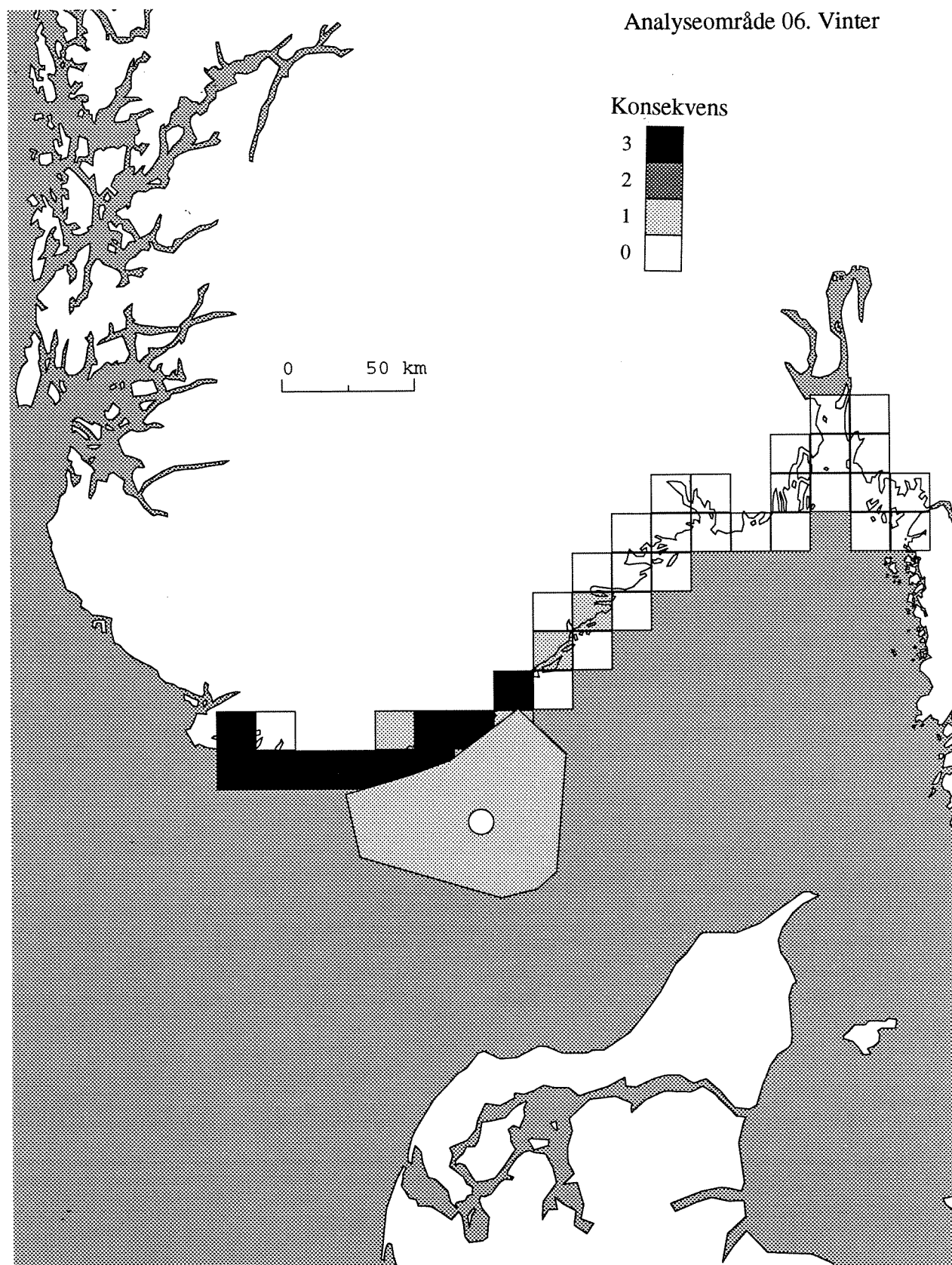
Figur 11. Konsekvenser for beskyttet fjæresamfunn ved oljeutslipp om sommeren i analyseområde 05. Se Figur 3 for nærmere forklaringer.



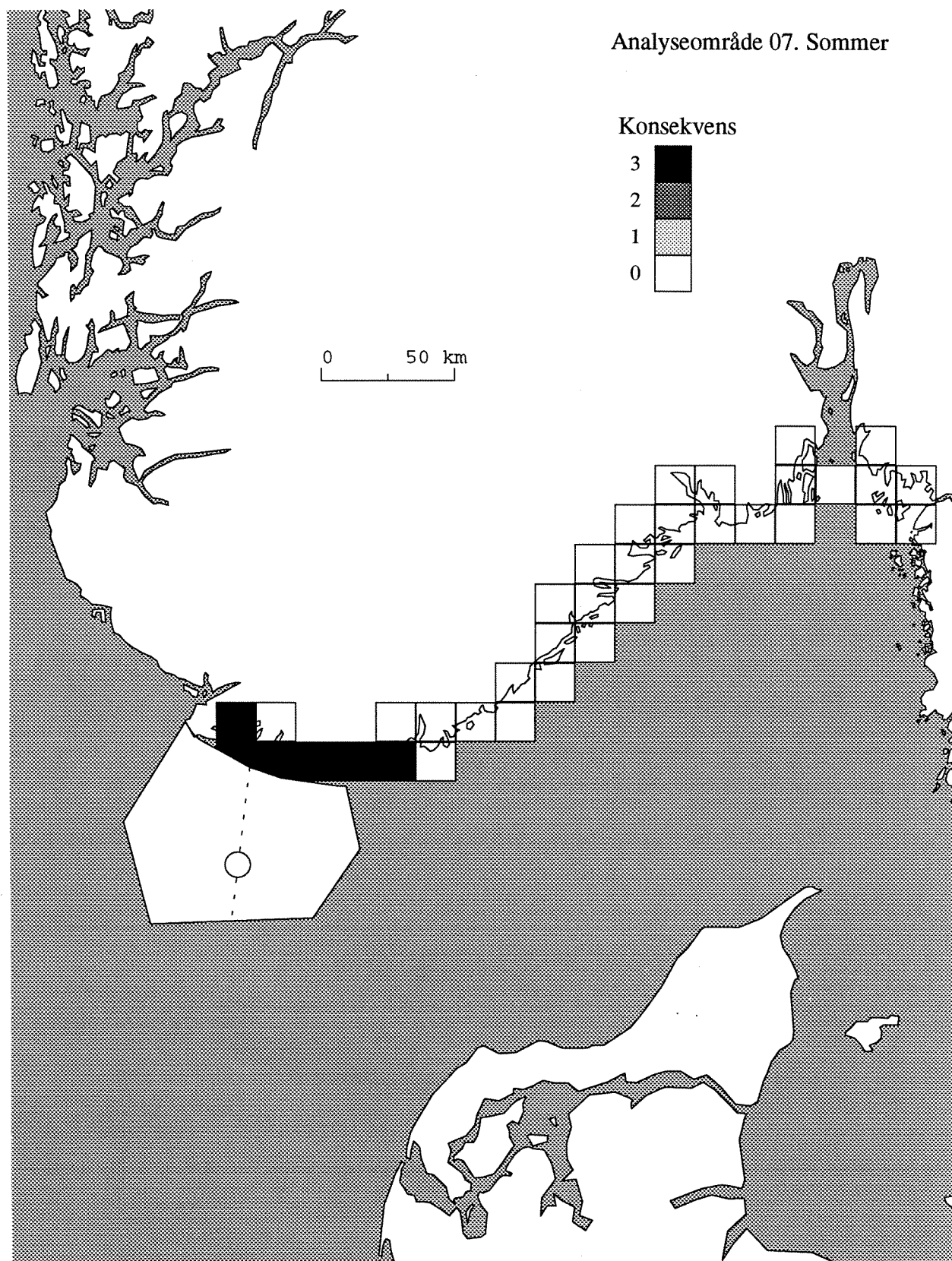
Figur 12. Konsekvenser for beskyttet fjæresamfunn ved oljeutslipp om vinteren i analyseområde 05. Se Figur 3 for nærmere forklaringer.



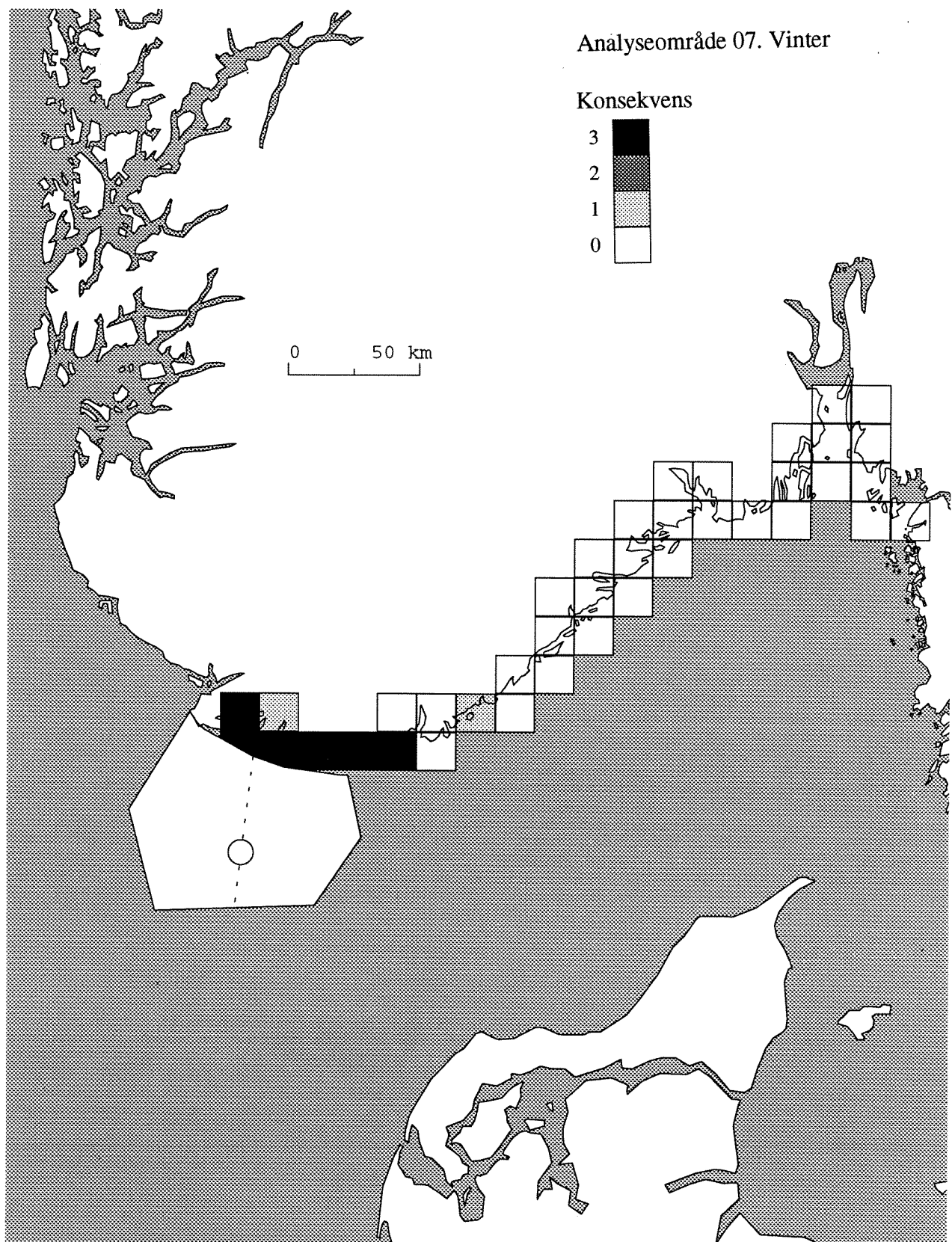
Figur 13. Konsekvenser for beskyttet fjæresamfunn ved oljeutslipp om sommeren i analyseområde 06. Se Figur 3 for nærmere forklaringer.



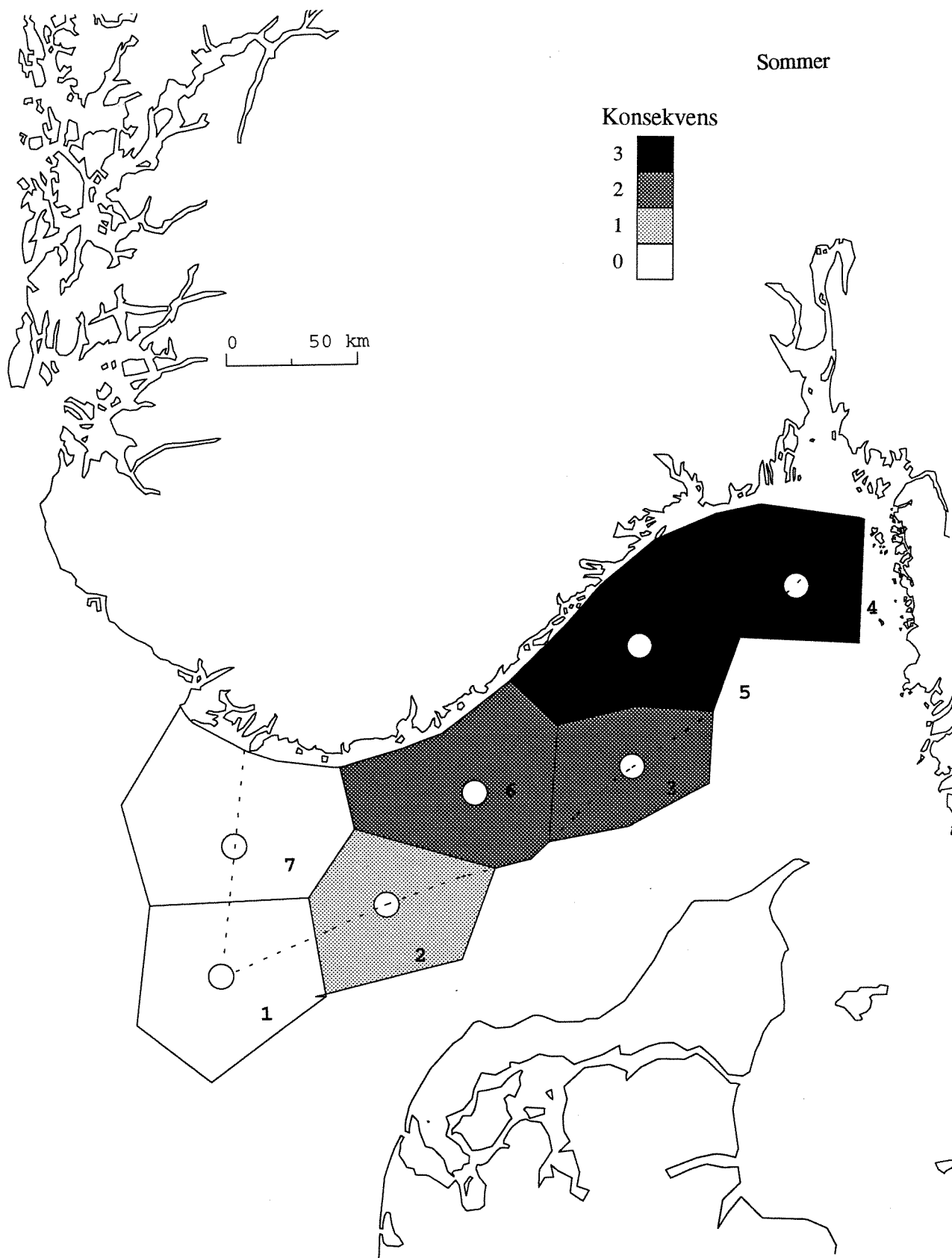
Figur 14. Konsekvenser for beskyttet fjæresamfunn ved oljeutslipp om vinteren i analyseområde 06.
Se Figur 3 for nærmere forklaringer.



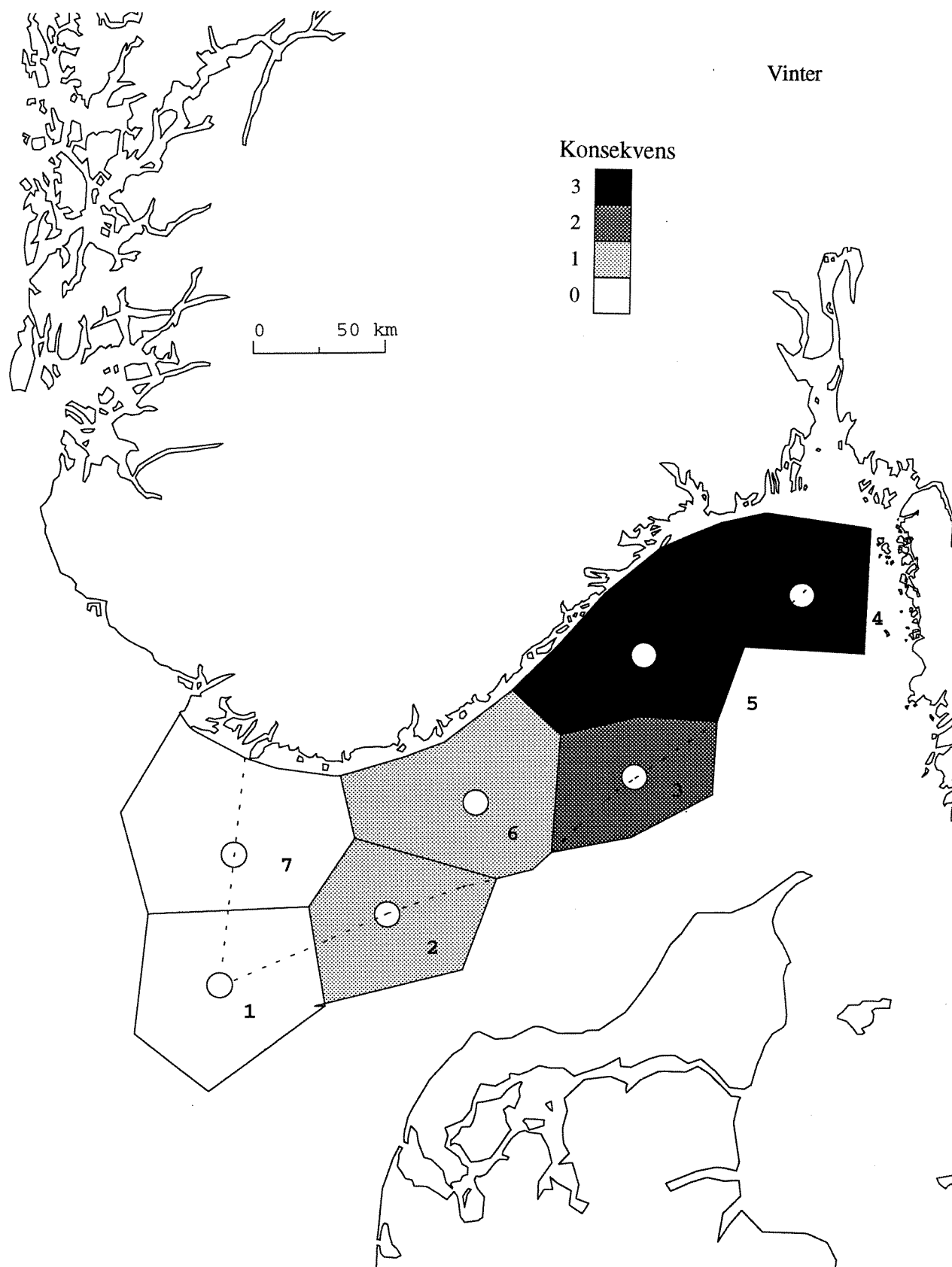
Figur 15. Konsekvenser for beskyttet fjæresamfunn ved oljeutslipp om sommeren i analyseområde 07. Se Figur 3 for nærmere forklaringer.



Figur 16. Konsekvenser for beskyttet fjæresamfunn ved oljeutslipp om vinteren i analyseområde 07. Se Figur 3 for nærmere forklaringer.

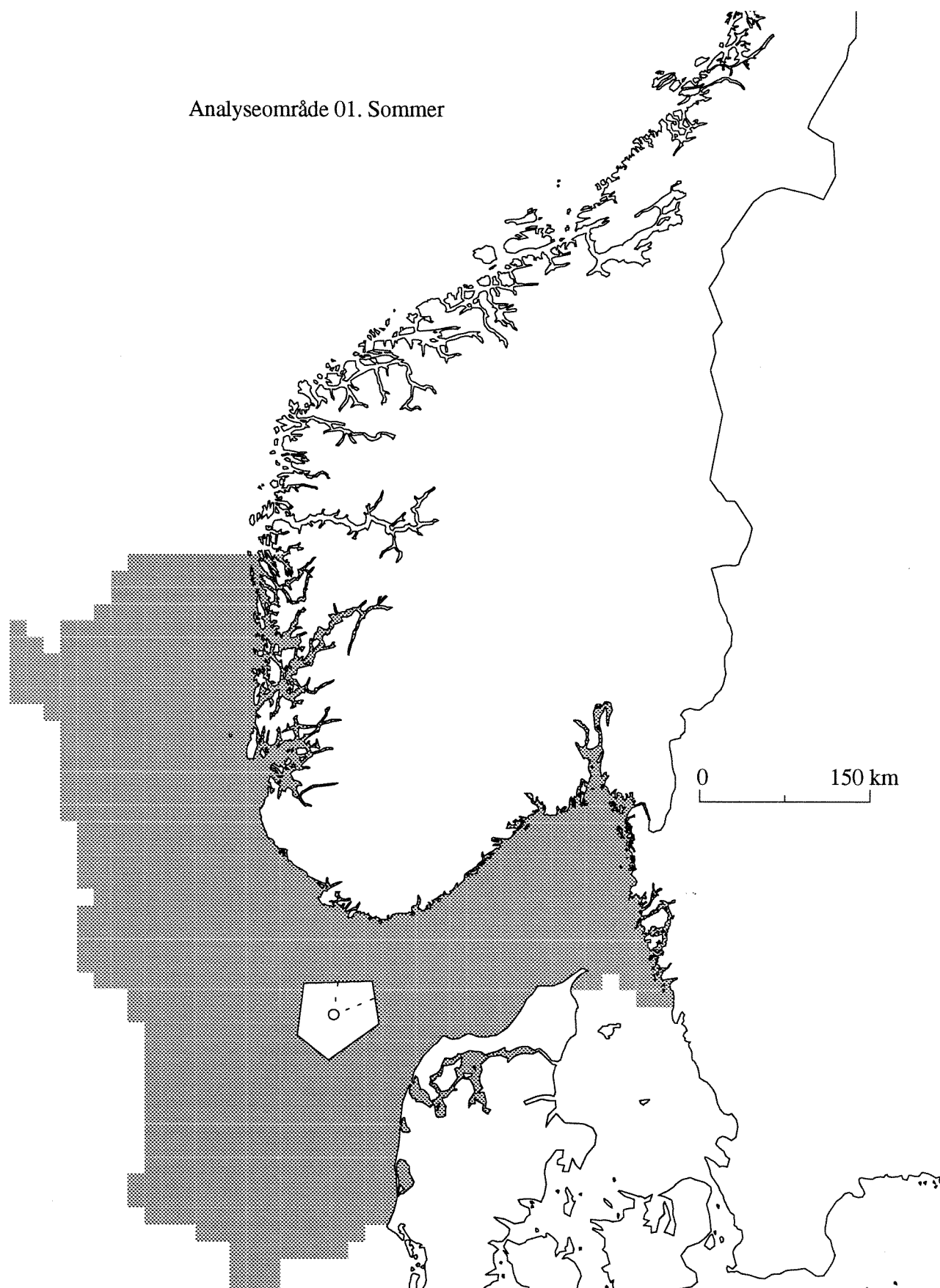


Figur 17. Konsekvens av oljesøl på Skagerrak-kysten ved utslipp fra ulike utslippssteder om sommeren. Grad av skravering i analyseområdet indikerer den samlede konsekvensen for området. 0 = ingen eller ubetydelige konsekvenser, 1 = små konsekvenser, 2 = middels store konsekvenser, 3 = store konsekvenser.



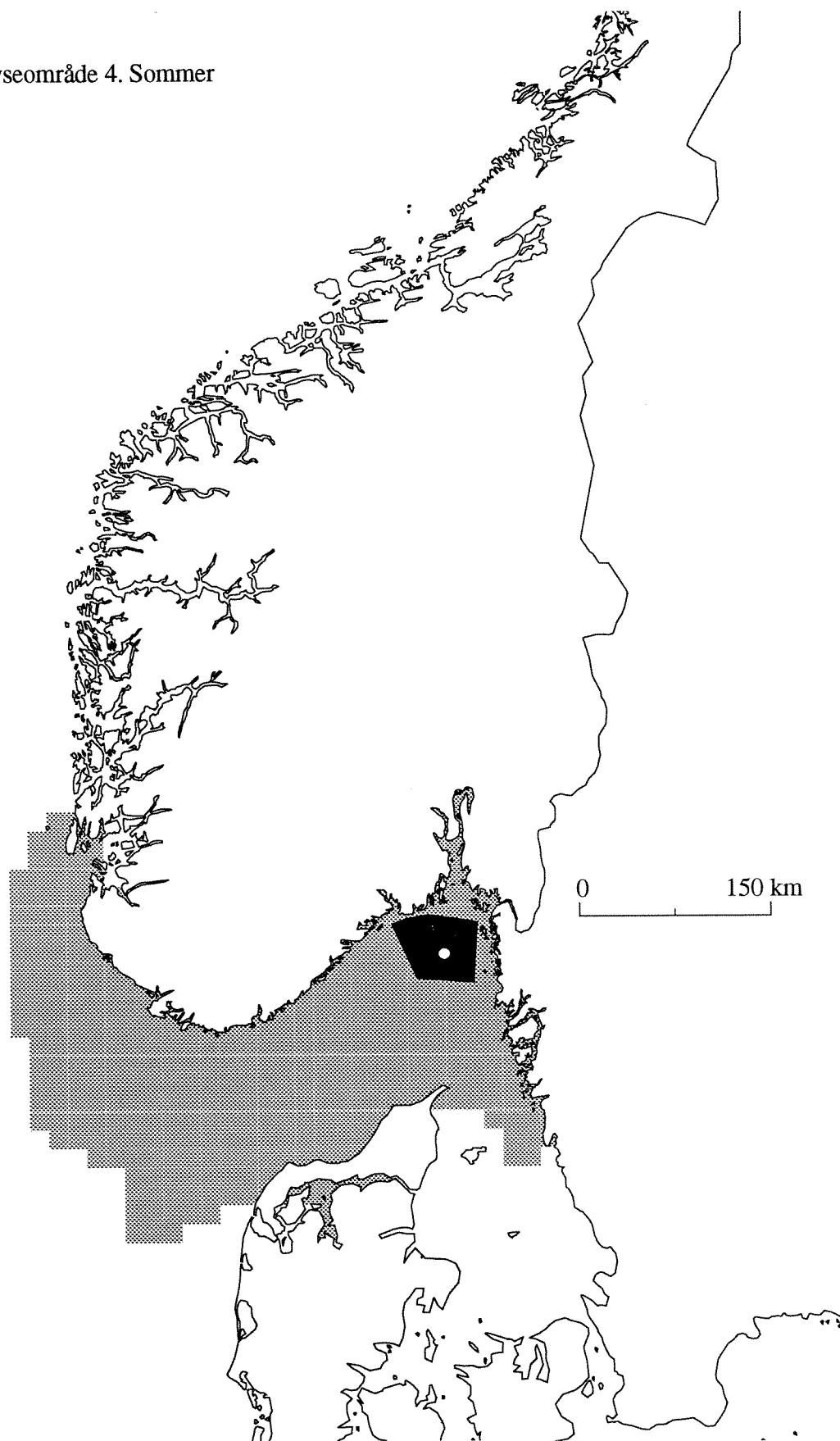
Figur 18. Konsekvens av oljesøl på Skagerrak-kysten ved utslipp fra ulike utslippssteder om vinteren. Grad av skravering i analyseområdet indikerer den samlede konsekvensen for området. 0 = ingen eller ubetydelige konsekvenser, 1 = små konsekvenser, 2 = middels store konsekvenser, 3 = store konsekvenser.

Analyseområde 01. Sommer

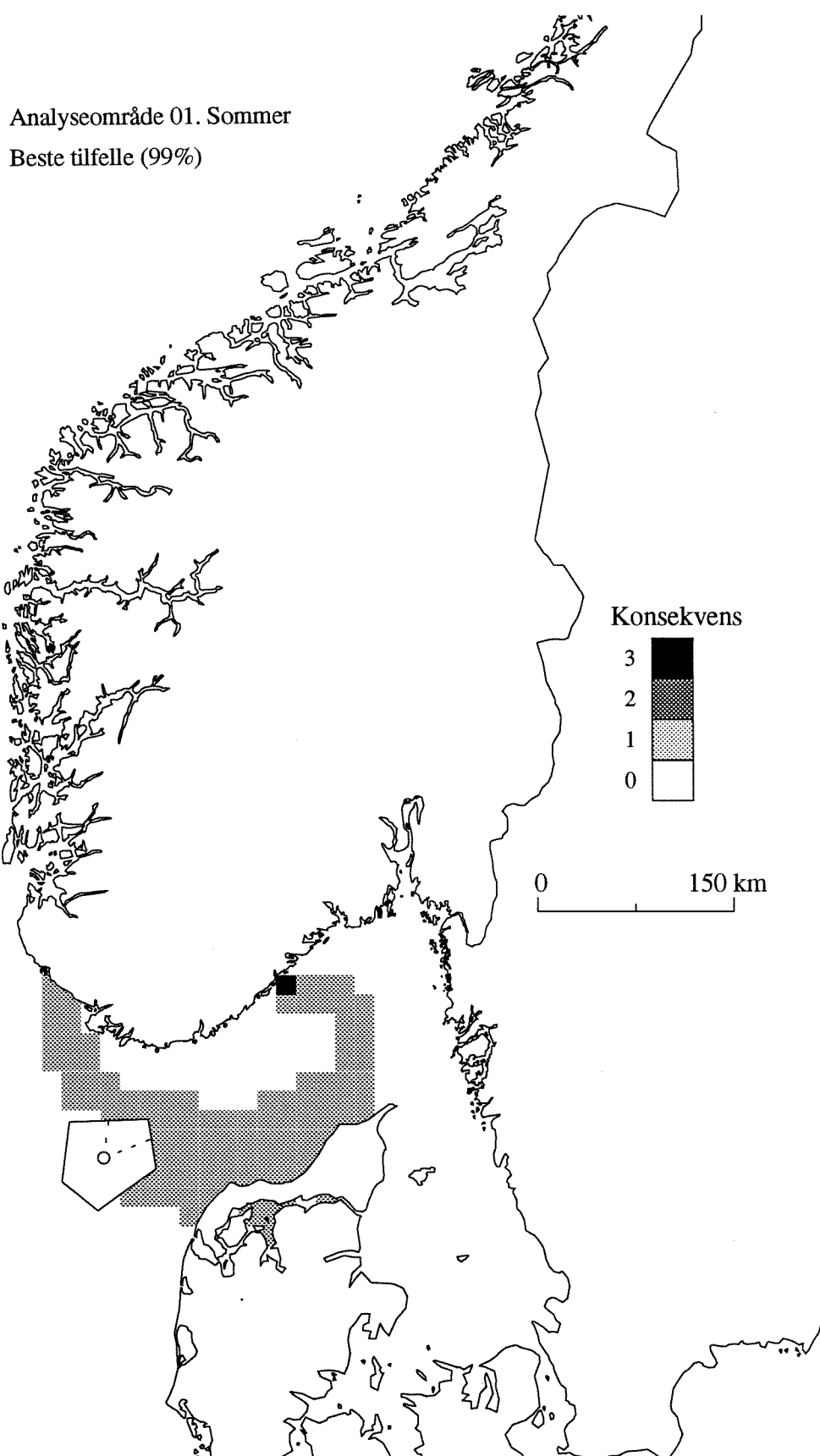


Figur 19. Utbredelse av oljesøl i analyseområde 01 om sommeren. Det gråkraverte feltet viser hvor oljen treffer i ett eller flere av 400 tilfeller. Modellen er basert på driftsberegninger i oljedriftsmodellen SLIKMAP.

Analyseområde 4. Sommer

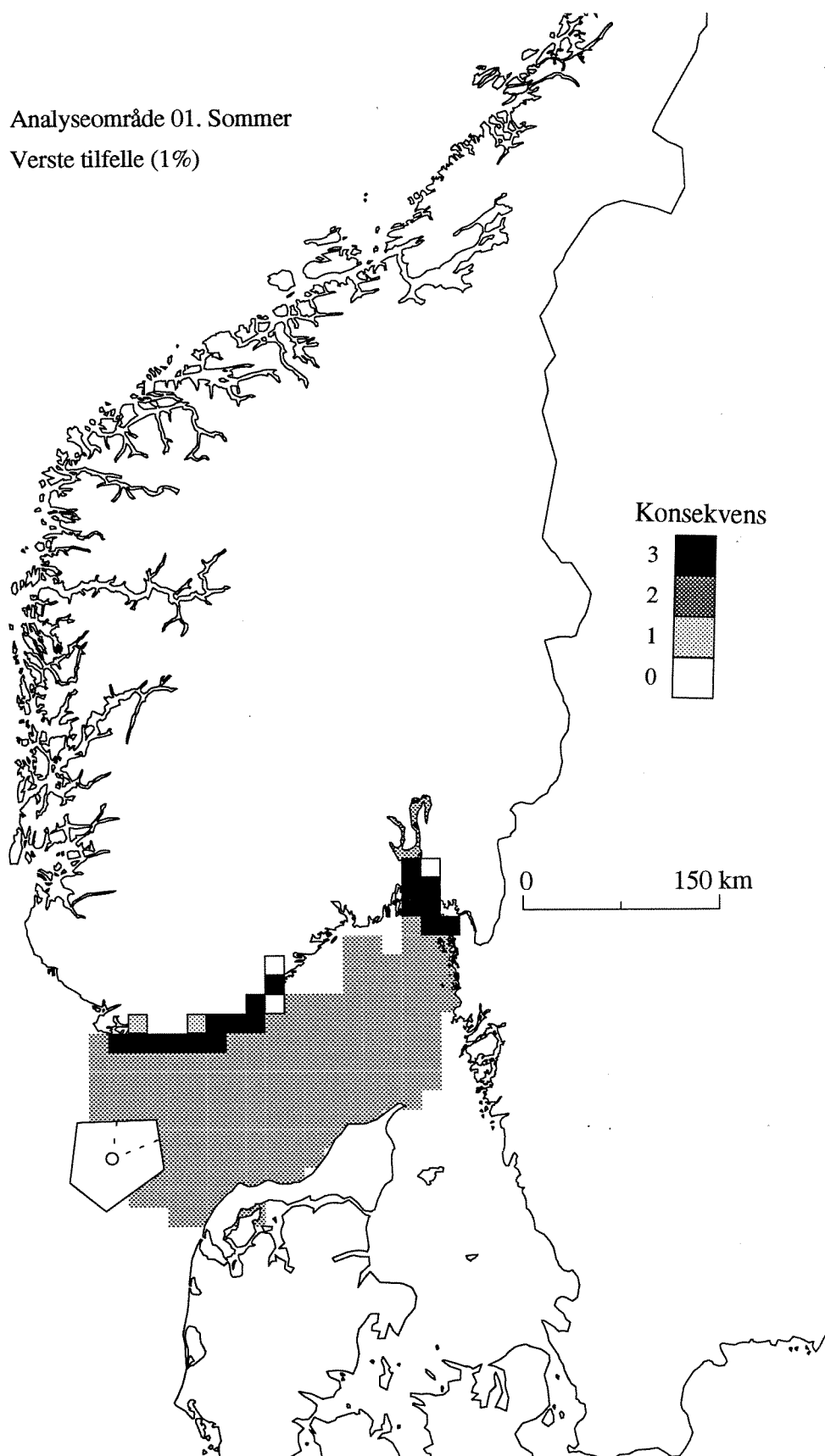


Figur 20. Utbredelse av oljesøl i analyseområde 04 om sommeren. Det gråskraverte feltet viser hvor oljen treffer i ett eller flere av 400 tilfeller. Modellen er basert på driftsberegninger i oljedriftsmodellen SLIKMAP.



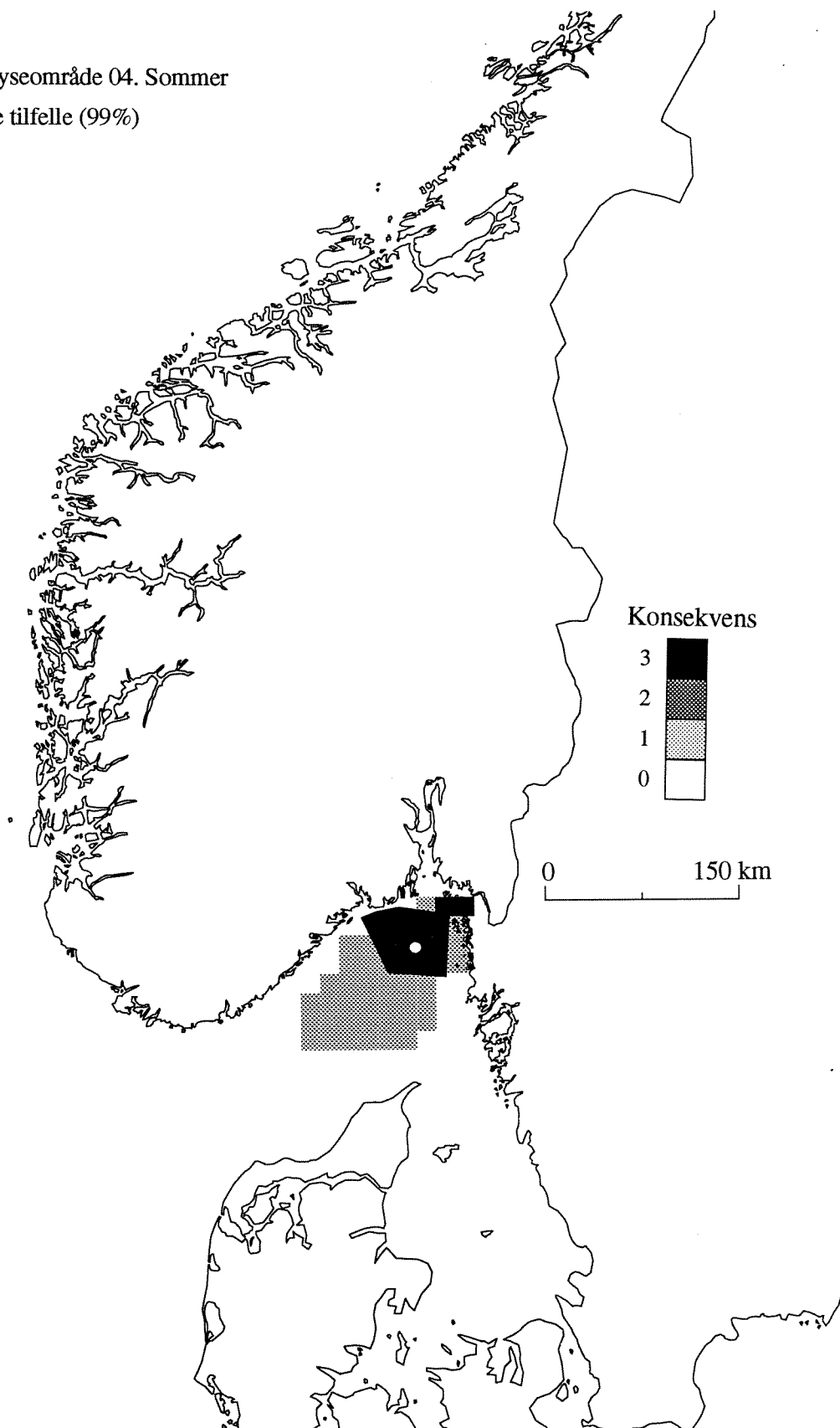
Figur 21. Scenario av oljeutslipp i analyseområde 01 om sommeren. Beste tilfelle av ialt 400 scenarier. Oljen vil treffe kysten (innen analyseområdet) i én rute. Skraveringen angir konsekvens for ruten. Det gråskraverte feltet i sjøen angir ruter i åpent hav som oljen treffer. Skraveringen av utslippsstedet gjengir den gjennomsnittlige konsekvensen for alle 400 scenarier.

Analyseområde 01. Sommer
Verste tilfelle (1%)



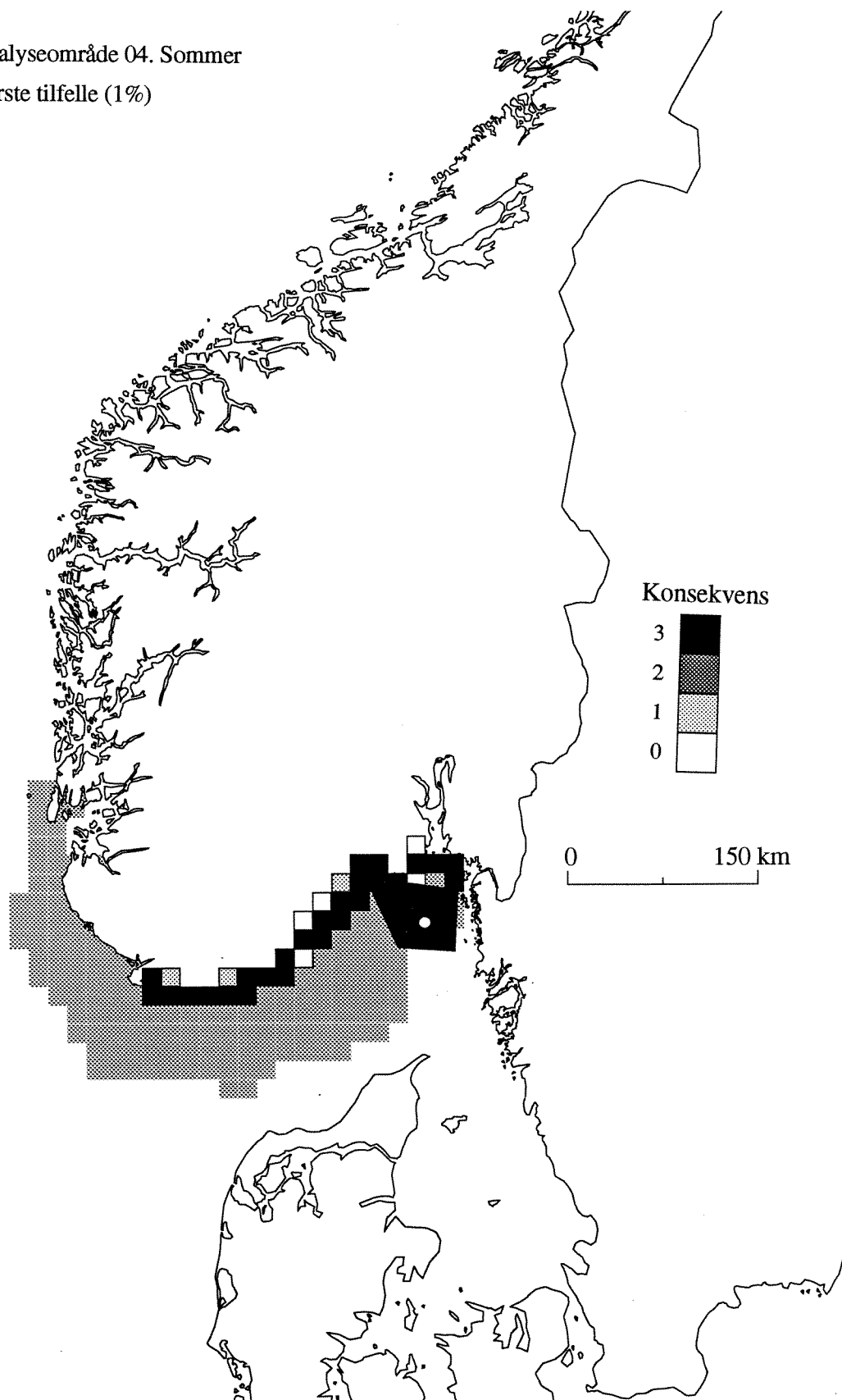
Figur 22. Scenario av oljeutslipp i analyseområde 01 om sommeren. Verste tilfelle av ialt 400 scenarier. Skraveringen av rutene på kysten angir konsekvensens størrelse. Det gråskraverte feltet i sjøen angir de rutene i åpent hav som oljen treffer. Skraveringen av utslippsstedet gjengir den gjennomsnittlige konsekvensen for alle 400 scenarier.

Analyseområde 04. Sommer
Beste tilfelle (99%)



Figur 23. Scenario av oljeutslipp i analyseområde 04 om sommeren. Beste tilfelle av ialt 400 scenarier. Skraveringen av rutene på kysten angir konsekvensens størrelse. Det gråskraverte feltet i sjøen angir de rutene i åpent hav som oljen treffer. Skraveringen av utslippsstedet gjengir den gjennomsnittlige konsekvensen for alle 400 scenarier.

Analyseområde 04. Sommer
Verste tilfelle (1%)



Figur 24. Scenario av oljeutslipp i analyseområde 04 om sommeren. Verste tilfelle av ialt 400 scenarier. Skraveringen av rutene på kysten angir konsekvensens størrelse. Det gråskraverte feltet i sjøen angir de rutene i åpent hav som oljen treffer. Skraveringen av utslippsstedet gjengir den gjennomsnittlige

4. REFERANSER

- AKUP 1990. Utredningsprogram for Skagerrak. Arbeidsgruppen for konsekvensutredninger av petroleumsvirksomhet (AKUP). Olje- og energidepartementet 1990.
- Anker-Nilssen, T., Ø. Johansen, L. Kvenild 1992. SIMPACT. Et analysesystem for konsekvensutredninger av petroleumsvirksomhet . Modellbeskrivelse og brukerveiledning. - NINA Oppdragsmelding 162: 1-38.
- Lein, T. E., S. Hjohlman, J. A. Berge, T. Jacobsen, K. A. Moe 1992. Oljeforurensning i hardbunnsfjæra. Effekter av olje og forslag til sårbarhetsindekser for norskekysten. - IFM-rapport nr. 23, 1992. Universitetet i Bergen.
- Lein, T.E., S. Hjohlman, J. H. Fosså, K. Årrestad, P. B. Mortensen 1993. Oljeforurensning på hardbunn. Fjæresonen og tareskogsområder i Midt-Norge. - IFM-rapport nr. 4, 1993. Universitetet i Bergen.
- Oug, E., T. Jacobsen, P.A. Åsen 1992. Strandsonen i Skagerrak. Organismer i fjæra og vurderinger av sårbarhet på organismesamfunn ved oljeforurensning. AKUP-prosjekt nr. 20. - NIVA-rapport 2829.
- Sendstad, E., E. Sindre 1981. Fysiografisk strandsonekartlegging for tiltak mot oljesøl. - SINTEF-rapport nr. STF 21 A 81046.
- Skognes, K. 1991. Oljedrift i Skagerrak. Delrapport Valgte Utslippssteder. - OCEANOR-rapport OCN R-91007.

VEDLEGG

Appendikstabell 1. Konsekvensindeks (K) for ressursen grisetangsamfunn i fjæresonen i sommer - og vintersesong. Sårbarhetsindeks = 0.6

Analyseområde								
Periode	1	2	3	4	5	6	7	Median
Sommer	0,0981	0,2024	0,2416	0,2666	0,3085	0,2481	0,1199	0,2416
Vinter	0,0696	0,1486	0,2326	0,2579	0,2760	0,2047	0,1249	0,2047





































Appendikstabell 2. Konsekvensindeks (K) for ressurser i fjæresonen i sommer - og vintersesong. Sårbarhetsindeks = 0.3 (beskyttet tangsamfunn uten grisetang).





Analyseområde								
Periode	1	2	3	4	5	6	7	Median
Sommer	0,0490	0,1012	0,1208	0,1333	0,1542	0,1240	0,0599	0,1208
Vinter	0,0348	0,0743	0,1163	0,1289	0,1380	0,1023	0,0624	0,1023

Appendikstabell 3. Grenseverdier for konsekvensvurderinger av fjæresonen. Verdiene er basert på beskyttet grisetangsamfunn som er den mest sårbare ressursen. Verdiene angir 1., 2. og 3. kvartil (25%, 50% og 75%-verdiene) av alle K-verdiene med sårbarhetsindeks 0.6.

Kvartil	Verdi
1	0,1308
2	0,2187
3	0,2555

Appendikstabell 6. Konsekvensvurdering av fjæresamfunn bestående av grisetangsamfunn med sårbarhet 0.6 og andre beskyttede tangsamfunn med sårbarhet 0.3. Grenseverdiene er beregnet fra all K-verdiene.

		Analyseområde								
Ressurs		1	2	3	4	5	6	7	Median	
Gristangsamfunn	Sommer									
	Vinter									
Andre tangsamfunn	Sommer									
	Vinter									

 = 0
  = 1
  = 2
  = 3

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69 Korsvoll, 0808 Oslo
Telefon: 22 18 51 00 Fax: 22 18 52 00

ISBN 82-577-2340-1