

UTKAST TIL RAPPORT

Utredning av konsekvenser av helårig petroleumsvirksomhet Lofoten-Barentshavet

**Konsekvenser av seismisk aktivitet
ULB Delutredning 18**

OLJE- OG ENERGIDEPARTEMENTET

Tittel:

Utredning av konsekvenser av helårig petroleumsvirksomhet Lofoten-Barentshavet

Konsekvenser av seismisk aktivitet – ULB Delutredning 18

Forfatter(e):

Cecilie Østby, Linda Nordstrøm & Kjell A. Moe

Oppdragsgiver(e):

Olje- og energidepartementet (OED)

Oppdragsgiver ref.:

Christer af Geierstam

Dokumentnr.:	Prosjektnr.:	Utgivelsesdato:	Revisjon nr.:	Verifisert av:	Godkjent av:
1138.01.01	1138	28.03.2003	02	Forf.	gms

Sammendrag:

Foreliggende arbeid utgjør en del Olje- og energidepartementets utredning av konsekvenser av helårig petroleumsvirksomhet i området Lofoten-Barentshavet spesifikt gjeldende for seismisk aktivitet (studieref. 18). Arbeidet er utført av Alpha Miljørådgivning og er forankret i forståelsen av at seismisk aktivitet under gitte betingelser kan ha negative virkninger på fisk, marine pattedyr og fiskerier.

Den faglige tilnærmelsen er basert på eksisterende kunnskap om: i) ressursgrunlaget i form av forekomster og fordeling av fisk (primært egg, larver og juvenile) og marine pattedyr (primært hval), ii) fiskeriaktivitet, og iii) seismisk aktivitet og mulige virkninger på miljøet. Kunnskapsgrunlaget er utledet fra materialet som stillet til rådighet fra hhv. HI/NP og Fisk.dir. på ressurs- og fiskeri, mens scenarier for den seismiske aktiviteten er gitt av OD. Aktuelle problemstillinger og mulige virkninger er vurdert på grunnlag av relevante vitenskapelige arbeider og tekniske rapporter. Resultatene peker på geografiske områder ("hvor") og tidsvinduer ("når") konfliktene kan komme til uttrykk. Avslutningsvis er det foreslått et utvalg forebyggende så vel som avbøtende tiltak.

Omhandler:

Lofoten-Barentshavet
Seismisk aktivitet
Virkninger
Fisk, hval, fiskerier

Klassifisering:

	Fri distribusjon
X	Begrenset distribusjon
	Ingen distribusjon uten tillatelse fra oppdragsgiver

INNHold

1	SAMMENDRAG	2
	Fisk	2
	Marine pattedyr.....	2
	Fiskerier	3
2	INNLEDNING.....	4
3	MATERIALER & METODE.....	5
	3.1 Utredningsområdet	5
	3.2 Metodisk tilnærming.....	6
	3.3 Valg & Utvalg; Anvendte Kriterier	6
	3.3.1 Prioritering av ressurser	6
	3.3.2 Avgrensning av analyse- og influensområde	7
	3.4 Grunnlagsmateriale.....	7
4	RESSURSBESKRIVELSE	8
	4.1 Valg av fokusarter.....	8
	4.1.1 Fiskeressurser	8
	4.1.2 Pattedyr	11
	4.2 Fiskeriaktivitet i området.....	14
5	SEISMISK AKTIVITET	20
	5.1 Generelt om seismikk	20
	5.2 Planlagt seismikk	21
	5.3 Forutsetninger og avgrensning av influensområde	22
	5.3.1 Forutsetninger	22
	5.3.2 Avgrensning av influensområdet	23
6	AKTUELLE PROBLEMSTILLINGER - VIRKNINGER AV LUFTKANONER	25
	6.1 Fisk	25
	6.1.1 Fysiologiske effekter.....	25
	6.1.2 Atferdsmessige effekter	26
	6.2 Marine pattedyr.....	27
	6.2.1 Hørsel og lyder	28
	6.2.2 Atferdsmessige effekter	28
	6.2.3 Maskeringseffekter	30
	6.3 Fiskerier	30
7	ANSKUELIGGJØRING AV VIRKNINGSPOTENSIALET	33
	7.1 Fisk	33
	7.1.1 Skadepotensiale og mulige konsekvenser.....	33
	7.1.2 Særlig viktige områder og tidsvinduer.....	34
	7.2 Marine pattedyr.....	35
	7.2.1 Skadepotensiale og mulige konsekvenser.....	35
	7.2.2 Særlig viktige områder og tidsvinduer.....	36
	7.3 Fiskerier	37
	7.3.1 Arealkonflikter og mulige konsekvenser	37
	7.3.2 Særlig viktige områder og tidsvinduer.....	37
	7.4 Forslag til avbøtende tiltak	38
	LITTERATUR.....	40

1 SAMMENDRAG

Foreliggende rapport er utarbeidet av Alpha Miljørådgivning på oppdrag av Olje- og energi-departementet som en del av departementets utredningsprosess for helårig petroleumsvirksomhet i området Lofoten-Barentshavet. Arbeidet er spesifikt rettet mot seismisk aktivitet og mulige virkninger på fisk, marine pattedyr og fiskerier. I tråd med vanlig KU-praksis er det også identifisert geografiske områder og tidsvinduer hvor eventuelle konflikter kan komme til uttrykk.

Vurderingene er forankret i eksisterende kunnskapsgrunnlag, hvor grunnlagsdata er utledet av materialet som er opparbeidet i regi HI/NP og Fiskeridirektoratet (Fisk.dir.) på hhv. ressurs og fiskeri, mens tilsvarende scenarier for seismisk aktivitet er gitt av OD. Mulige virkninger er vurdert på grunnlag av vitenskapelige publikasjoner og tekniske fagrapporter, og støttet opp av enkle og robuste analyser med GIS. Avslutningsvis er det presentert forslag til et engere utvalg forebyggende så vel som avbøtende tiltak.

Fisk

Forsøk under kontrollerte betingelser har vist at seismiske undersøkelser med luftkanoner kan forårsake letale skader på fisk. De yngste stadiene, primært larver, er mest følsomme. Disse har ingen eller liten evne til egenforflytting og vil derfor kunne rammes ved direkte eksponering i det området hvor de til enhver tid befinner seg. Dødeligheten synes størst ved avstander mindre enn 2 m fra kilden, mens signifikante subletale effekter og dødelighet er påvist ut til avstander på 5 meter fra kilden.

Voksen fisk er mer robust, og for disse er det de atferdsmessige effektene som synes å være av størst betydning; skremmeeffekter er dokumentert for flere pelagiske arter, mens bunnlevende fisk som tobis synes mindre berørt.

Basert på dokumenterte virkninger og kjent fordeling av egg og larver, betraktes skadepotensialet til de gitte scenariene som begrenset; dødeligheten på bestandsnivå er anslått som meget liten. For enkelte områder og tidsvinduer kan det imidlertid oppstå skader som kan være uheldige for sameksistens av oljevirkosomheten og fiskeriinteressene. Dette gjelder bla. torske- og sildegytinga i perioden februar-april for områdene Nordland VI, Nordland VII og Troms II, og for loddegytingen i Finnmark Øst i mai-juni når store andeler loddelarver befinner seg i øvre vannmasser.

Marine pattedyr

Letale skader på marine pattedyr er lite trolig; i htt. gjeldende kunnskapsgrunnlag kan virkningene komme til uttrykk som stressresponser, tilsvarende fluktreaksjoner og andre atferdsendringer.

Sel synes ikke å bli nevneverdig berørt av seismisk støy. Det identifiserte behovet for seismisk aktivitet i utredningsområdet overlapper heller ikke med de viktigste selartenes kjerneområder.

Det er dokumentert at hval kan vise fluktresponser og andre atferdsendringer, tilsvarende stressreaksjoner, for seismiske operasjoner innen noen få kilometer fra kilden. Støy fra seismiske operasjoner vil også kunne medføre maskeringeffekter ved at mulighetene til å detektere akustiske signaler som kommunikasjonsrop, ekkolokaliseringsslyder og naturlige lyder i miljøet som er viktige for dyrene overskygges. Atferdsendringer synes imidlertid å være av begrenset omfang og varighet. Hørselskader vil sannsynligvis bare kunne forekomme ved eksponering i umiddelbar nærhet til lyd-kilden. På bakgrunn av ovenstående atferdsresponser synes slike effekter lite trolig.

Seismiske støy berører i første rekke enkeltindivider; og virkningspotensialet kommer således først til uttrykk i avgrensede geografiske områder og tidsvinduer hvor forekomstene er særlig store, tilsvarende:

- perioder med større ansamlinger av spekkhogger i områdene rundt Vestfjorden for Nordland VI og Nordland VII
- perioder med større ansamlinger av spermhval rundt Andøya for Nordland VII og Troms II og for Bjørnøya vest, spesielt i vår- og sommerperioden når flere arter kan forekomme i større antall.

Hval er alt overveiende bredt fordelt, og på grunnlag av miljøbeskrivelsen fra HI/NP og de respektive beskrivelser av forekomstene i tid og rom, er det øvrige konfliktpotensialet vurdert som begrenset.

Fiskerier

Under gitte betingelser kan skremmeeffekter forplante seg til fiskeriene i form av reduserte fangster. Dette er bekreftet av flere større undersøkelser. Fangstreduksjonen synes å variere fra art til art og mellom de forskjellige redskapstypene. Virkningene kan synes størst i kjerneområdet for de seismiske undersøkelsene men synes å avta i områdets randsoner. Fisken går imidlertid ikke til grunne; virkningene er utvilsomt midlertidige. Ved fluktresponser vil fisken trekke til tilstøtende områder og forholdene trolig stabiliseres etter dager. Hverken det geografiske omfanget eller varigheten av virkningene kan angis helt entydig; dette vil trolig variere både mellom områder og sesonger som resultat av naturlige variasjoner i de biofysiske forholdene og varigheten av de seismiske undersøkelsene. Fangstreduksjonene har f.eks. vist seg å være minst i områder hvor undersøkelser ble utført over noen få dager.

I ressursmessig perspektiv vurderes virkningspotensialet for fiskeriene i utgangspunktet som begrenset. Lokal fangstreduksjon er like fullt dokumentert, og for den enkelte fisker, særlig ved utøvelse av sesongmessige fiskerier, kan dette være av betydning. Virkningspotensialet er i så måte mest uttrykt i de områder og tidsvinduer hvor fisket er mest intensivt, tilsvarende:

- under Lofotfisket og tilstøtende fiske i september-april for områdene Nordland VI, Nordland VII og Troms II
- under loddefisket i februar-april i Finnmark øst.

Seismisk aktivitet kan berøre fisket også i andre områder og sesonger, men konfliktpotensialet vurderes som mindre.

Avbøtende tiltak

På grunnlag av tidligere erfaringer så vel som virkninger og konsekvenser av seismisk aktivitet kan det foreslås noen enkle tiltak for å begrense eventuelt virkningsomfang:

- For fisk er virkningene på bestandsnivå helt klart begrenset, men kan begrenses ytterligere ved at man i utgangspunktet unngår de tidsvinduene og områdene hvor det forekommer store konsentrasjoner av egg og larver i de øvre deler av vannsøylen.
- Atferdsendring hos voksen fisk i form av skremmeeffekter er påvist og kan i sin ytterste konsekvens gi utslag i endringer av fiskens vandrings- og gyttemønster. Dette styrker ovenstående anbefaling om at omfattende seismisk aktivitet bør begrenses i perioder med og kjerneområder for omfattende gyting av kommersielt viktige fiskearter.
- Skyting med luftkanoner kan føre til midlertidige atferdsendringer som f.eks. fluktresponser hos hval. Konsekvensen er i utgangspunktet begrenset, men kan begrenses ytterligere ved om mulig unngå aktivitet i områder og perioder av året med forventet høyere tettheter av marine pattedyr.
- ”Ramp- up” er en form for forebyggende tiltak som blant annet benyttes i Mexicogulfen. Tiltaket går ut på en gradvis økning i lydnivået fra luftkanoner, ved systematisk å skru opp til full styrke over en lengre tidsperiode. Prosedyren benyttes for å gi dyrene tid til å svømme bort fra nærområdene for aktiviteten, og bør vurderes som en del av ovenstående forslag.
- På grunnlag av dokumenterte skremmeeffekter og fangstreduksjoner, som riktignok er av begrenset omfang og varighet, bør det vurderes begrensninger i seismisk aktivitet for områder og tidsvinduer hvor det drives særlig intensivt fiske.
- Signaler fra fiskere tyder på at allerede eksisterende rutiner for kommunikasjon mellom fiskeriinteressene og aktørene som utøver den seismiske aktiviteten kan styrkes.

2 INNLEDNING

Foreliggende rapport er utarbeidet av Alpha Miljørådgivning på oppdrag av Olje- og energidepartementet som en del av departementets utredningsprosess for helårig petroleumsvirksomhet i området Lofoten-Barentshavet. Arbeidet er spesifikt rettet mot seismisk aktivitet og mulige virkninger på fisk, marine pattedyr og fiskerier (studieref. 18). Den faglige tilnærmelsen er basert på kunnskap om de respektive ressursenes så vel som fiskerienes fordeling i tid og rom, i kombinasjon med dokumenterte erfaringer om tilsvarende virkninger av seismisk aktivitet. Vurderingene er konkretisert ved hjelp av GIS og tilkjennegitt for områder og tidsvinduer hvor konflikter kan komme til uttrykk.

Seismiske undersøkelser til havs ble tidligere oppfattet som svært skadelig for marine organismer og fiskeriaktiviteten. Dette hadde sammenheng med en forståelse av tidligere tiders teknikk og detonasjon av eksplosiver; undervannssprengninger av f.eks. dynamitt har vist å kunne forårsake både omfattende skader på livet i havet og fiskedød (Knudsen & Enger 1992; Larsen et al. 1993).

Siden midten av 1960-tallet har imidlertid den seismiske aktiviteten på norsk kontinentalsokkel vært utført med luftkanoner, hvor trykkbølger dannes ved periodisk frigjørelse av luft. Også denne aktiviteten har vist seg å kunne medføre effekter – men i et mer begrenset omfang – ved at lufttrykket fra kanonene kan skade egg, yngel og voksen fisk, og at lyden skremmer fisken og således kan føre til reduserte fangster. Samtidig er det rettet stor usikkerhet til hvorvidt effekter av støy fra luftkanoner, i form av skremmeeffekter og maskering av lyd, kan ha negative virkninger på marine pattedyr.

Etter hvert som petroleumsvirksomheten på sokkelen økte og nye områder skulle åpnes for letevirksomhet, fikk problemstillingene økende aktualitet, og mot slutten av 1980-tallet stilte oljeselskapene (gjennom Oljeselskapenes Landsforening - OLF), Olje- og energidepartementet (OED) og Oljedirektoratet (OD) tilgjengelig forskningsmidler via Forskningsrådet for å belyse interessekonfliktene i mer detalj. I tillegg bidro Havforskningsinstituttet (HI) med betydelig egeninnsats. Resultatene som ble presentert i en serie rapporter på begynnelsen av 1990-tallet bidro til å avklare en rekke forhold og dokumentere rekkevidden av mulige interaksjonen. Arbeidet ble også omsatt til tiltak i form av reguleringer av seismikkaktiviteten for å begrense konfliktene som kunne oppstå.

Problemstillinger som ble reist i etterkant, eksempelvis eventuelle virkninger på bunnfisk som tobis, er studert av HI og nylig avklart ved hjelp av finansiell bistand av OLF.

Seismisk aktivitet og mulige virkninger på marine pattedyr er i mindre grad belyst for norske farvann. Slike studier er imidlertid utført i regi av myndighetsinstitusjoner og oljeselskaper i Storbritannia, USA, Canada og Australia, slik at det også på dette området foreligger relevante erfaringer og kunnskap.

Foreliggende arbeid har som målsetting å vurdere mulige virkninger av seismisk aktivitet på hhv. fisk og marine pattedyr samt fiskerier i området Lofoten-Barentshavet, inkl. identifisere geografiske regioner og tidsvinduer hvor eventuelle konflikter kan komme til uttrykk. Vurderingene er forankret i ovenstående kunnskapsgrunnlag som gitt i vitenskapelige publikasjoner og tekniske fagrapporter. Grunnlagsdata er utledet av materialet som er opparbeidet i regi HI og Norsk Polarinstitut (NP) og Fiskeridirektoratet (Fisk.dir.) på hhv. ressurs og fiskeri, som en del av disse institusjonenes arbeide med forvaltningsplanen for Barentshavet, mens tilsvarende scenarier for seismisk aktivitet er gitt av OD. Vurderingene er støttet opp av enkle og robuste analyser med geografiske informasjonssystemer (GIS), og munner ut i forslag til et engere utvalg forebyggende så vel som avbøtende tiltak.

3 MATERIALER & METODE

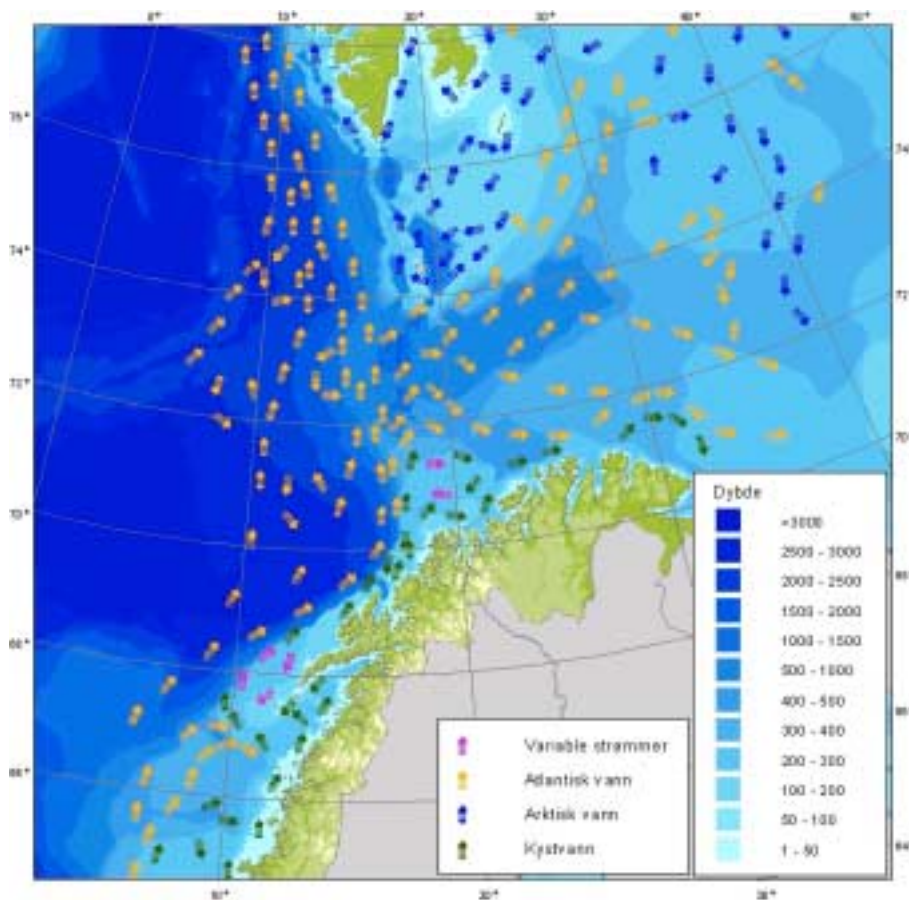
Vurderingen av mulige konflikter mellom seismisk aktivitet og fisk, marine pattedyr og fiskerier er basert på en trinnvis tilnærming: i) forekomster og fordeling av fiskeressurser, primært egg og larver, og fiskeriaktivitet, ii) scenarier for seismisk aktivitet, og iii) eksisterende kunnskap om aktuelle effekter av denne aktiviteten som dokumentert i tilgjengelig faglitteratur. De tre hovedelementene er sammenholdt og kombinert i både kvalitative og semi-kvantitative termer, bla. ved bruk av GIS.

3.1 Utredningsområdet

Utredningsområdet Lofoten-Barentshavet er avgrenset i OEDs utredningsprogram, og omfatter farvannet fra Lofoten i sør til Svalbard i nord.

I sør omfatter utredningsområdet således nordlige deler av Norskehavet. Her er kontinentalsockkelen relativt smal og øvre vannlag er dominert av relativt varmt atlantisk vann og kystvann som strømmer mot nord.

Barentshavet på sin side er et grunt sokkelhav med et areal på 1.4 millioner km² og et gjennomsnittlig dyp på omlag 230 m (figur 3.1) (Føyn et al. 2002). Her er topografien dominert av større bankområder (100-200 m, eksempelvis Spitsbergenbanken, Sentralbanken og Storbanken) og dypere renner (300-400 m, eksempelvis Bjørnøyrenna) mellom disse. Hydrografisk sett er Barentshavet et konfrontasjonsområde mellom varmt atlantisk vann som strømmer inn fra sydvest og kaldt, arktisk vann som trenger inn fra nordøst. Det storstilte strøm-mønsteret følger stort sett bunntopografiene, mens en betydelig blanding foregår i grenseflaten mellom de to vannmassene – Polarfronten.



Figur 3.1. Skisse av strøm- og dybdeforhold i Norskehavet og Barentshavet. Kilde: Føyn et al. (2002).

De oseanografiske forholdene danner forutsetninger for et rikt og variert plante- og dyreliv; i biologisk sammenheng er Barentshavet karakterisert som meget produktivt. For mange fiskebestander utgjør Barentshavet helt sentrale gyteområder (eksempelvis lodde) så vel som nærings- og oppvekstområder (eksempelvis sild og torsk). Dette er også bestander som på sin side er gjenstand for fiske av regional og nasjonal betydning.

Som en del av grunnlaget for Barentshavets forvaltningsplan er det utarbeidet en beskrivelse av det marine miljø i regi av NP og HI (Føyn et al. 2002). Tilsvarende beskrivelse av fiskeriaktiviteten er utarbeidet av Fisk.dir. (Kolle et al. 2002). For mer utførlig dokumentasjon av de biofysiske forholdene i utredningsområdet vises det til disse arbeidene.

3.2 Metodisk tilnærming

Foreliggende vurdering er forankret i forståelsen av at seismisk aktivitet ved bruk av luftkanoner under gitte betingelser kan ha negative virkninger på fisk, marine pattedyr og utøvelsen av fiske. Forutsetningen for at virkningene eventuelt realiseres i utredningsområdet og virkningenes mulige omfang er således sentrale spørsmål som skal adresseres. Som utgangspunkt for disse vurderingene er det valgt en faglig tilnærming basert på tre hovedelementer; hhv.:

- i) Forekomster og fordeling av ressurser samt utøvelse av fiskeriaktivitet som kan berøres
- ii) Scenarier for seismisk aktivitet
- iii) Eksisterende kunnskap om aktuelle effekter av denne aktiviteten som dokumentert i tilgjengelig faglitteratur.

Dette gir grunnlag for enkle og robuste koblinger mellom ressurser som eventuelt kan bli berørt på den ene siden (i), den seismiske aktiviteten som eventuelt berører på den andre siden (ii), og en empirisk forankring (iii) hvorvidt interaksjonene ressurs/fiskeri vs. seismikk kan være av signifikant betydning.

Miljøbeskrivelsen (Føyn et al. 2002) favner bredt og gir i seg selv ingen konkret prioritering av arter. Det samme gjelder også beskrivelsen av fiskeriaktiviteten (Kolle et al. 2002). Oppløsningen i grunnlagsdataene varierer fra art til art så vel som fra aktivitet til aktivitet. For mer detaljerte vurderinger av konfliktpotensialet er det derfor nødvendig med ytterligere utvalg og prioriteringer. Forutsetningene for de respektive valg og utvalg er beskrevet i det følgende.

3.3 Valg & Utvalg; Anvendte Kriterier

3.3.1 Prioritering av ressurser

Hos fisk er de tidlige utviklingsstadiene, primært egg og larver, generelt betraktet som mest sårbare. Ved en punktbelastning som seismisk aktivitet er det imidlertid også andre faktorer som virker inn. I en modell for semi-kvantitative virkninger av akutt oljeforurensning på fisk (Moe et al. 2000), er det gitt et sett kriterier for valg av forekomster som bør være gjenstand for analyser av denne type konflikter, hhv.:

- Arter av signifikant økologisk eller økonomisk betydning
- Arter som gyter konsentrert over distinkte geografiske områder og innenfor avgrensede tidsvinduer
- Arter med egg og/eller larver fordelt i de øvre deler av vannmassene og hvor disse er konsentrert over distinkte geografiske områder så vel som avgrensede tidsvinduer.

Disse kriteriene er forankret i en bestandsmessig forståelse av miljøkonflikter - Alle kriteriene bør i utgangspunktet tilfredsstilles; virkningene måles i forhold til endringer i populasjonen. Egg og larver utgjør i så måte rekrutteringen til bestanden; uttrykt som en egen årsklasse. I foreliggende vurdering er disse kriteriene anvendt for valg av et engere antall fokusarter, jf. seksjon 4.1.

Tilsvarende kriterier er ikke tilgjengelig for marine pattedyr. For denne gruppen vurderes i utgangspunktet arter som er vanlig forekommende innen utredningsområdet (jf. beskrivelser i Føyn et al. 2002) og som kan forekomme som større flokker innen begrensede områder og tidsvinduer.

Fiskeriutredningene er heller ikke forankret i tilsvarende gjennomtenkte kriterier; for denne aktiviteten vurderes hovedsakelig ressurser som er gjenstand for størst fisketrykk innen utredningsområdet.

3.3.2 Avgrensning av analyse- og influensområde

Analyseområdet som er anvendt i foreliggende vurdering tilsvarende områdene hvor det er antatt behov for seismisk aktivitet som gitt i notat av OD (2002). Disse områdene er vist i figur 5.2.

Influensområdet til den seismiske aktiviteten er primært gitt ved det faktiske arealet som er antydnet undersøkt i samme notat. I tillegg er virkningsgraden til luftkanoner vurdert, i betydning av rekkevidden for observerte effekter, tilsvarende:

- områder hvor seismisk aktivitet kan føre til letale effekter på fiskeegg og -larver
- området hvor seismisk aktivitet kan medføre skremmeeffekter på fisk.

For semi-kvantitative anslag for virkningspotensialet på fisk og fiskerier er disse områdene lagt til som ”buffer” på det geografiske området for seismisk aktivitet. I realiteten gir dette et noe større influensområde enn det som er gitt av seismikkområdet alene.

Selve analysene er utført som ”overlappsanalyser”, dvs. at influensområde må overlappe med de samme geografiske områdene som det finnes ressurser, for at skadelige effekter skal kunne oppstå. Skadepotensialet er forankret i dokumenterte erfaringer (jf. seksjon 6). Analysene er implementert ved hjelp av enkle rutiner i ArcView.

Tilsvarende virkningsgrad for marine pattedyr er langt mer diffus (se seksjon 6). Forekomstene er i tillegg mindre distinkte og for denne ressurstypen er det utelukkende gjort kvalitative vurderinger.

3.4 Grunnlagsmateriale

Grunnlagsmaterialet er i hovedsak utledet fra beskrivelsene av miljøet (Føyn et al. 2002) og fiskeriaktiviteten (Kolle et al. 2002). I regi av disse arbeidene er det også tilrettelagt digitale data, hhv.:

- For fisk; tilsvarende data som tilkjenner forekomstene av egg og larver i tid og rom.
- For marine pattedyr; tilsvarende data som viser utbredelsesområdet.
- For fiskeri; tilsvarende fiskeristatistikk angitt for hovedområder (torsk, sild, sei, hyse og lodde). I tillegg er det gitt satellittsporingsdata for fartøyer over 24 m og med hastighet mindre enn 4,5 knop som viser områder med høy fiskeriaktivitet (kvartalsvis). For å øke oppløsningen på datagrunnlaget er det i tillegg tilrettelagt data for fiskeristatistikk på lokasjons- og månedsnivå. Dette materialet er opparbeidet med grunnlag i fiskeristatistikk fra Fisk.dir. og er også anvendt i en egen delutredning (Delutredning 8-b) for vurdering av petroleumsvirksomhet og virkninger på fiskeriene (Aaserød et al. 2003).

Det digitale datamaterialet er tilrettelagt i ArcView og stillet tilgjengelig av OED og som inngangsdata for foreliggende vurderinger. (For ytterligere beskrivelser av grunnlagsmaterialet vises det til de respektive miljø- og fiskerirapportene.)

4 RESSURSBESKRIVELSE

I det følgende er det gitt en kort beskrivelse av de respektive forekomstene av fisk, marine pattedyr og fiskeriaktivitet i utredningsområdet. Beskrivelsen er utledet av tilsvarende beskrivelser av HI, NP og Fisk.dir., og danner grunnlag for prioritering av arter og aktiviteter som er gjenstand for mer detaljerte vurderinger av virkningspotensialet i senere seksjoner.

4.1 Valg av fokusarter

4.1.1 Fiskeressurser

Barentshavet er et produktivt havområde som opprettholder store pelagiske fiskebestander. Vurdert i forhold til det første kriteriet for valg av fokusarter, jf. seksjon 3.3.1; dvs. arter av signifikant økologisk eller økonomisk betydning, er det særlig torsk, sild og lodde som peker seg ut. Disse artene ”styrer” det produksjonssystemet vi høster av i Barentshavet (Føyn et al. 2002), samtidig som fisket er av regional så vel som nasjonal betydning. For fiskeriene er også hysa en viktig art; i hht. Kolle et al. (2002) utgjør hysa en stor andel av fangstpotensialet i det aktuelle området.

For de fleste arter er den voksne fisken spredt over store geografiske områder. Gytingen hos lodde og eventuelle konsentrasjoner i nærheten av iskanten, kan utgjøre enkelte unntak.

Voksen fisk er imidlertid ansett som mer robust enn tidlige utviklingsstadier; - konfliktpotensialet vs. seismisk aktivitet er mest uttrykt for arter som gyter i eller har betydelige andeler av egg og larver i utredningsområdet (jf. kriterium to og tre, seksjon 3.3.1). På grunnlag av Føyn et al. (2002) kan det trekkes følgende slutninger:

- Blant de artene som tilbringer hele livet i Barentshavet er lodde den viktigste. Lodda gyter over begrensede områder utenfor Finnmarkskysten og høyere konsentrasjoner av larver og yngel er knyttet til tiden etter gyting.
- Torsken er den økonomisk viktigste fisken i Lofoten-Barentshavet i et langtidsperspektiv. Arten gyter i farvannet rundt Lofoten-Vesterålen i mars-april. Havstrømmene fører etter hvert egg og larver inn i Barentshavet, hvor larver og yngel tidvis kan opptre i større konsentrasjoner; - enkelte år er 90 % av larvene observert over Tromsøflaket i juni-juli.
- Møre utgjør tradisjonelt det viktigste gyteområdet for sild. I den senere tida har imidlertid andelen som gyter på Røstbanken vokst; seneste års observasjoner tyder på at omlag en tredel av bestanden gyter her. Dette betyr at en større andel nyklekkede sildelarver kan forekomme i sydligste delene av utredningsområdet på vårparten. På samme måte som for torsk, utgjør Barentshavet et viktig oppvekstområde for silda. Havstrømmene fører med seg larvene fra gyteområdene lengre sør. Dette, sammen med utviklingen av egenbevegelse etter hvert som larvene utvikles, fører til at forekomstene av sildeyngel i Barentshavet er spredt over et relativt stort område.
- Hysa gyter på dypt vann utenfor Trænabanken-Vesterålen og på Tromsøflaket. Eggene er pelagiske og fremherskende strømmer fører egg og larver inn i Barentshavet.

Også andre arter er gjenstand for betydelig fiske. Selv om den økonomiske betydningen kan være stor, er imidlertid gytingen så vel som forekomstene av egg og larver av disse artene mindre distinkte (jf. kriterium 2 og 3, seksjon 3.3.1), og konfliktpotensialet på bestandsnivå tilsvarende begrenset. Dette gjelder for såvidt også for tobis, hvor forekomstene i Nordsjøen nylig har vært gjenstand for en omfattende studie av virkninger av seismikk (Hassel et al. 2003). Dette arbeidet konkluderte med at virkningene alt overveiende var neglisjerbare. Fisket etter reker i Barentshavet er av stor økonomisk betydning. Konfliktpotensialet for denne arten er imidlertid også vurdert som begrenset; reka er bunnlevende og i tillegg kjent som en robust art i forhold til ytre påvirkning, og er derfor ikke nærmere vurdert i foreliggende arbeid.

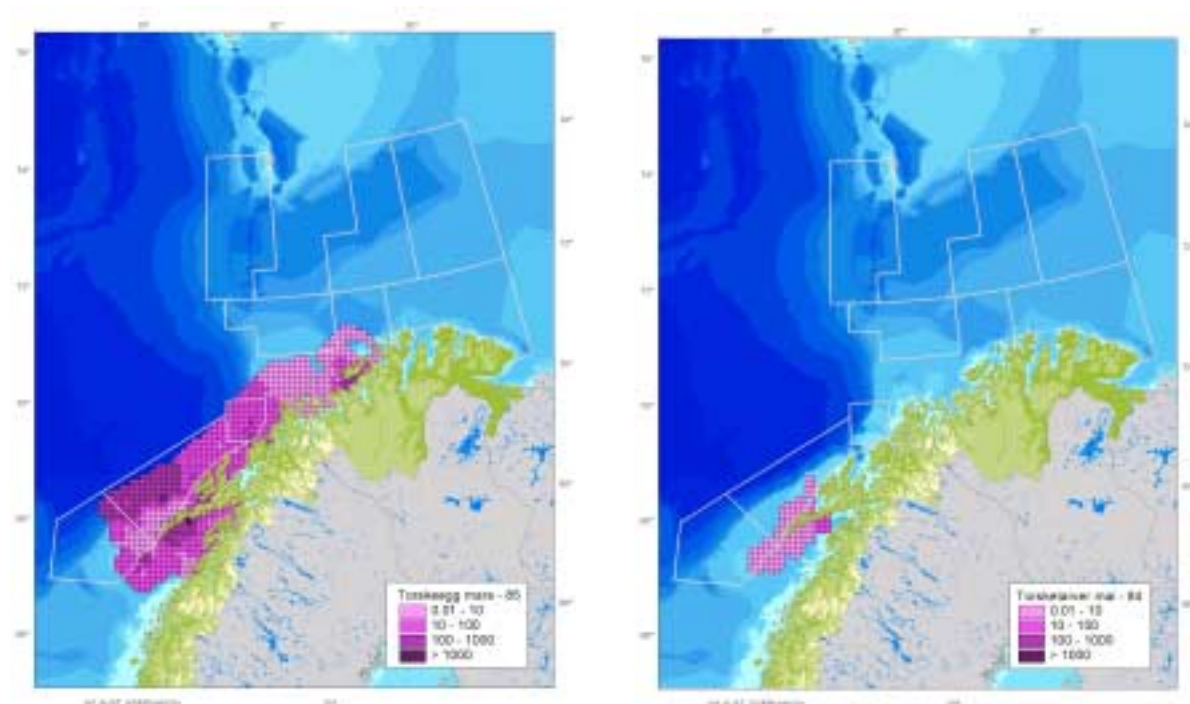
På ovenstående bakgrunn er det naturlig å prioritere torsk, sild, lodde og hysa som gjenstand for mer detaljerte vurderinger. I det følgende er det derfor gitt en kort beskrivelse av disse mhp. nærmere

avgrensning av skadepotensialet i tid og rom. (Beskrivelsene er alt overveiende gitt etter Føyn et al. 2002.)

Norskarktisk torsk

Norskarktisk torsk er utbredt fra området sør for Stadt til nord for Spitsbergen, og fra Eggakanten i vest til Novaja Zemlya i øst. I november og desember samler den kjønnsmodne torsken (skreien) seg i store stimer og vandrer sydvest mot gyteområdene på 200-400 meters dyp. De ankommer gytefeltene i januar-februar. De gyter i februar-april i norske kystområder fra Hordaland i sør til Vest-Finnmark i nord. Hovedgytefeltet er utenfor Lofoten, mens det nordligste større gytefeltet er i Breivikbotn ved Sørøya. Gyting foregår pelagisk på 50-200 m dyp, og de befruktete eggene stiger opp mot overflaten og klekkes etter ca. 15 døgn, avhengig av temperaturen (Føyn et al. 2002). Hovedtyngden av larvene føres over Tromsøflaket i gyteperioden juni-juli, for så å spres som pelagisk yngel utover i Barentshavet i juli-august (figur 4.1). Merk at Tromsøflaket kan virke som et retensjonsområde for larver og yngel, enkelte år er 90 % larvene observert i dette området i juni-juli (Fossum & Øiestad 1992). Ettersom yngelen vokser, begynner den å søke mot dypere vann, og den bunnslår seg i oktober-desember når den er 10-12 cm lang.

Et eventuelt konfliktpotensial for norskarktisk torsk vil kunne komme til uttrykk for egg og larver i gyteområdene rundt Lofoten i perioden februar-mars. Konfliktene kan også komme til uttrykk etter som larvene driver passivt med kyststrømmen og aggregeres på Tromsøflaket i perioden juni-juli. Samtidig vil torskelarvene i denne perioden ha relativt stor spredning samt vise en økende grad av egenbevegelse. Når størstedelen av larvene når Barentshavet utpå høsten, har de nådd en størrelse på 8-9 cm og vil søke bunnen (Brude et al. 2000; Føyn et al. 2002).



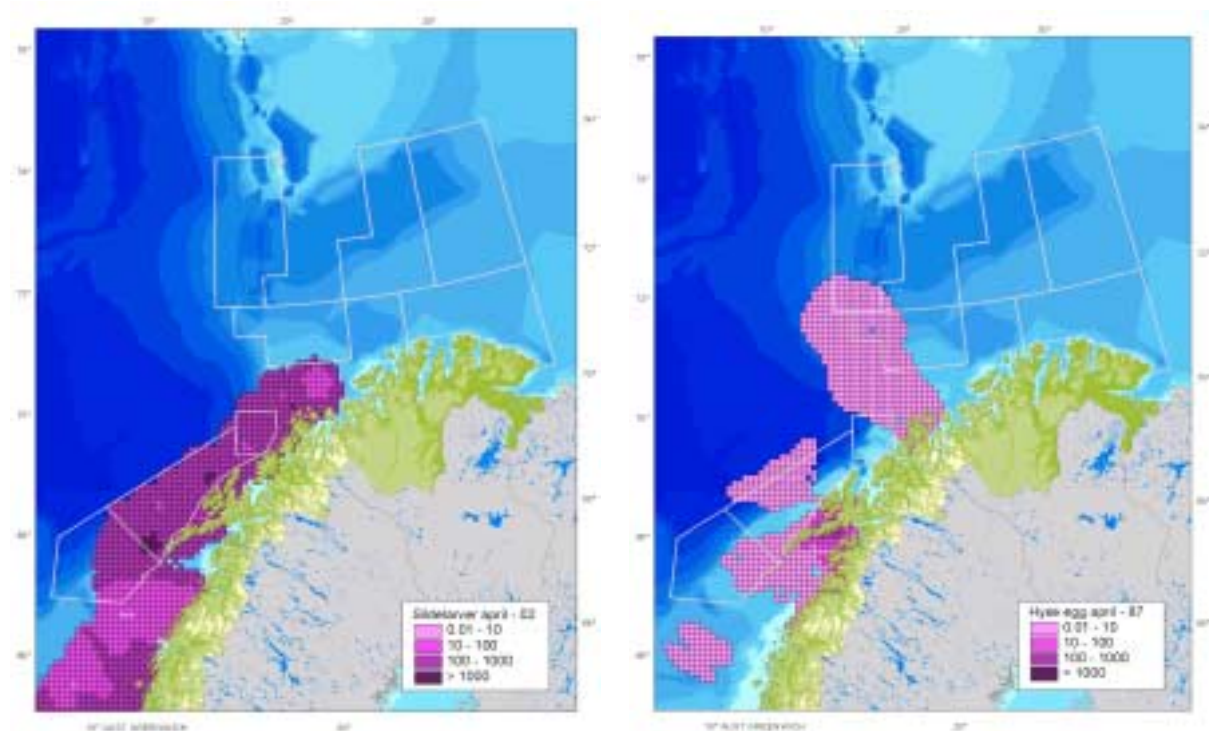
Figur 4.1. Utbredelse av torskeegg i mars (venstre) og torskelarver i mai (høyre). Kilde: HI-toktdata (Føyn et al. 2002). Markerte områder viser analyseområdet for fremtidig seismisk aktivitet.

Norsk vårgytende sild

Den norske vårgytende sildestammen gyter på Mørekysten, på Haltenbanken og i området ved Karmøy i perioden februar-april. I de senere år har gytingen på Røstbanken utviklet seg; i dag gyter anslagsvis en tredel av bestanden her. Gytingen foregår på 40-100 m dyp i overgangslaget mellom kystvannet og Atlanterhavsvannet. Eggene klebes til bunnen og til hverandre, ofte i tykke lag. Eggene klekkes etter ca. 3 uker (5 °C), og sildelarvene føres med strømmen nordover langs kysten. I april-mai er larvene spredt over store områder fra Møre til Vesterålen, samt bankene utenfor Troms og

Tromsøflaket. I juli har silda samlet seg i stimer som er spredt over store havområder fra 65-75 °N og med store ansamlinger vest av Lofoten og i Vesterålen. De nordligste stimene vil i denne perioden stå på terskelen til Barentshavet (Brude et al. 2000; Føyn et al. 2002).

Høyest konfliktpotensial forventes i perioden fra april-august da større ansamlinger kan forekomme i området Lofoten-Vesterålen. Sildelarvene opptrer med de høyeste tetthetene i Barentshavet om sommeren og utover høsten (Føyn et al. 2002). I disse periodene er imidlertid fordelingsmønsteret av sildelarver såvidt stort, samtidig som evnen til egenbevegelse hos de voksende sildelarvene er økende, at konfliktpotensialet er vurdert som noe mindre.

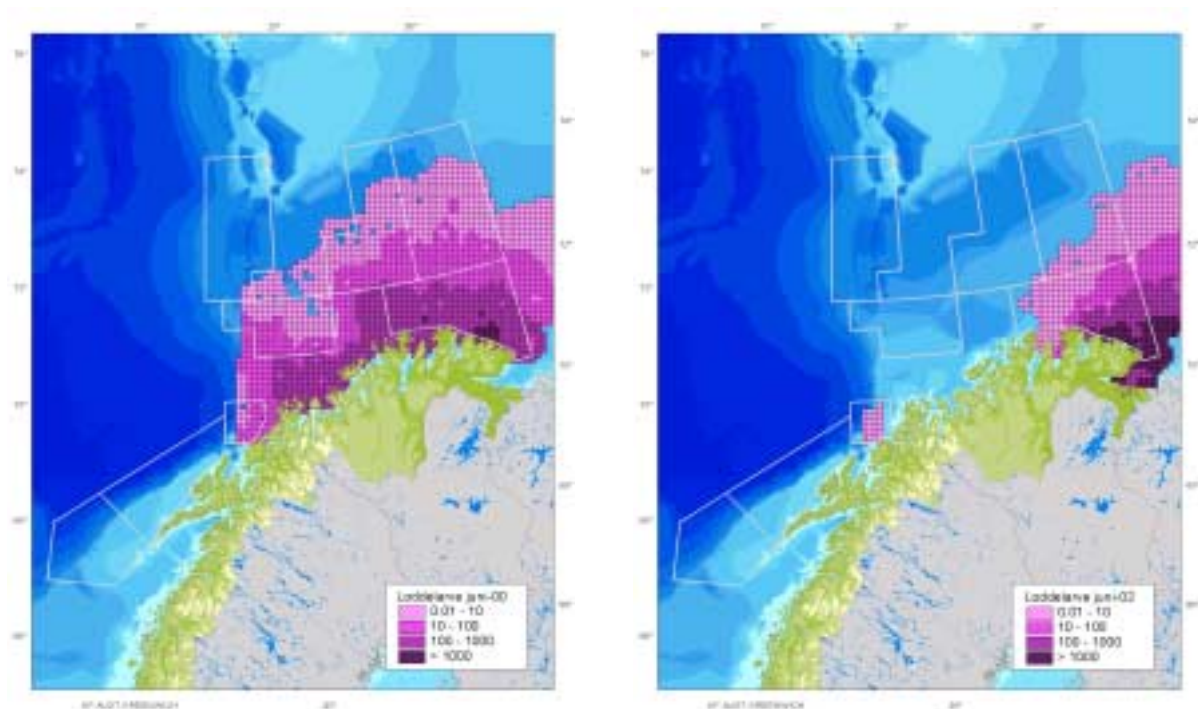


Figur 4.2. Beregnet fordeling av sildelarver i april 2002 (venstre) og fordeling av hyseegg i april 1987 (høyre). Kilde: HI-toktdata (Føyn et al. 2002). Markerte områder viser analyseområdet for fremtidig seismisk aktivitet.

Lodde

I februar og mars kommer den gyteklare lodd inn til Norskekysten. Loddas utbredelse under gyting er vanligvis begrenset til en liten del av det totale gyteområdet og kan ofte ha enten en vestlig eller en østlig konsentrasjon. Loddas gyter på sand- og grusbunn på 30-50 m dyp, fra Sørøya og østover til Vardø. Gytingen foregår vesentlig i mars-april, men er også observert om sommeren, særlig lengre østover ved Murmansk-kysten. Mesteparten av loddas dør etter gytingen. Eggene graves ned i substratet, hvor også utviklingen til plommesekk larver foregår. Larvene svømmer opp i de øvre vannlagene når forholdene er gode og blir transportert med strømmen ut i den sørlige delen av Barentshavet (Brude et al. 2000; Føyn et al. 2002).

Konfliktpotensialet for loddas er trolig størst i mars-juni, spesielt i siste del av perioden da det meste av loddelarvene opptrer i de øvre deler av vannmassene (Brude et al. 2000; Føyn et al. 2002).



Figur 4.3. Utbredelse av loddelarver i et år med vestlig gyting (venstre) og i et år med østlig gyting (høyre). Kilde: HI-toktdata (Føyn et al. 2002). Markerte områder viser analyseområdet for fremtidig seismisk aktivitet.

Norskarktisk hyse

Norskarktisk hyse er utbredt langs kysten fra Stadt og nordover til omlag 80 °N langs vestkysten av Spitsbergen. I Barentshavet har hysa en noe mer sørlig og vestlig utbredelse enn torsken. Gytingen strekker seg over perioden mars-juni. Kjente gyteområder er utenfor Nordvestlandet, Trænabanken-Vesterålen og på Tromsøflaket (fig 4.2). Eggene er pelagiske, og egg og larver driver nordover og inn i Barentshavet, eller nordover langs vestkysten av Spitsbergen. Som ettåringer finnes de langs Finnmarks- og Murmansk-kysten, men trekker lenger nord når de blir eldre (Føyn et al. 2002).

Hysa gyter på dypt vann, omlag 200-600 m, og eggene er derfor relativt spredt når de kommer til overflaten (Føyn et al. 2002). Dette begrenser mulighetene for større ansamlinger av egg og larver i de øvre vannlag. Eventuell konflikter kan komme til uttrykk i forbindelse med gytingen i mars-juni.

Samlet vurdering

Ovenstående betraktninger er sammenstillet i tabell 4.1, som viser perioder med de mest betydelige forekomstene av egg og larver hos artene torsk, sild, lodde og hyse innen utredningsområdet. Disse periodene gjenspeiler også tidsvinduene med antatt størst konfliktpotensial vs. seismisk aktivitet.

Tabell 4.1. Angivelse av perioder med egg (E) og larver (L) hos artene torsk, sild, lodde og hyse. Perioder med forekomster innen utredningsområdet er skravert. Kilde: Føyn et al. (2002); Brude et al. (2000); Pethon (1998).

Art	jan	feb	mar	apr	mai	jun	jul	aug	sept	okt	nov	des
Torsk		E	E/L	E/L	L	L	L	L				
Sild		E	E/L	E/L	L	L	L					
Lodde			E	E/L	L	L						
Hyse			E	L	L	L	L					

4.1.2 Pattedyr

I det følgende er det gitt en kort beskrivelse av marine pattedyr hvor empirien gir grunnlag til å anta at konflikter vs. seismisk aktivitet kan komme til uttrykk (jf. seksjon 6). Beskrivelsen er alt overveiende

basert på Føyn et al. (2002), men er også supplert med annen relevant informasjon etter behov. De respektive forekomstene er kartfestet i figur 4.4.

Storkobbe er vanlig i isfylte deler av Barentshavet og omfattes ikke av influensområdene for seismisk aktivitet. Dette gjelder også for havert og steinkobbe, som gjennom hele sin livssyklus oppholder seg i kystnære områder og derfor ikke blir berørt av seismisk aktivitet. Haverten kan imidlertid tidvis foreta lengre vandringer, dog uten at dette oppfattes som kritisk for mulige konflikter. Disse artene omtales derfor ikke ytterligere i foreliggende analyse.

Spermhval

Spermhval er ikke beskrevet av Føyn et al. (2002). Observasjoner tyder imidlertid på at et større antall tidvis frekventerer områdene ved Andøya (pers. medd. L. Føyn, HI), hvor den utnytter de spesielle næringsforholdene i dette området.

Knølhvalen

Knølhvalen befinner seg i Barentshavsområdet fra mai til januar. Arten vandrer vanligvis inn i farvannet ved Bjørnøya i mai og fortsetter inn i kystområdene ved Finnmark. Videre vandrer de nord og øst, og på sensommeren oppholder de seg i områdene mellom Spitsbergen, Franz Josefs Land og Novalja Zemlja (Isaksen & Wiig 1995). I januar starter sørvestlige vandringer langs norskekysten og videre til kalvingsområder i vestlige deler av Atlanterhavet. Basert på telleokter er totalbestanden i norske farvann anslått til ca. 1000 individer, med et anslag på ca. 210 individer i Barentshavet.

Vågehval

Vågehvalen oppholder seg i Barentshavsområdet fra mai til oktober, og forekommer i store deler av Barentshavet sør for iskanten. Arten trekker inn mot områdene i Barentshavet i mars-april (hunner) og april-juni (hanner) (Von Quillfeldt et al. 2002). Om sommeren er farvannene rundt Bjørnøya de områdene i Barentshavet med størst tetthet; i 1995 ble disse sommerbestandene anslått til 46 800 individer, av en total norsk bestand på 118 300 dyr.

Nise

Nisen er en kystbunden art som opptrer i små flokker langs hele norskekysten. I havområdene nord for Lofoten og i Barentshavet lever 11 000 individer av totalt 95 000 dyr i norske farvann. I Barentshavet oppholder nisen seg i områdene sør for polarfronten.

Springere (Kvitskjeving og Kvitnos)

Kvitnosen oppholder seg gjerne i grunne, kystnære farvann, mens kvitskjevingen hovedsakelig finnes i dypere vann. Springere forekommer i flokker på opp til 30 individer. Av totalt anslag på 131 500 springere i norske farvann, er 50 000 individer antatt å befinne seg i Barentshavet. Kvitnosen kan være tallrik i områdene rundt Bjørnøya (fra kysten av Finnmark opp til Bjørnøya og videre fra Bjørnøya opp til iskanten) og kan opptre i ansamlinger på flere hundre dyr, selv om den er vanligst i mindre flokker.

Spekkhogger

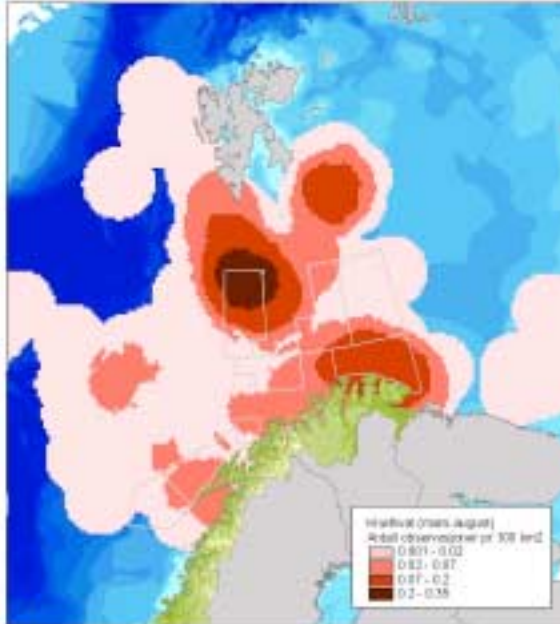
Spekkhogger forekommer langs hele norskekysten og i Barentshavet i et antall på rundt 3 000 dyr. Om vinteren oppholder de seg i kjerneområder utenfor Mørekysten, Lofoten og Finnmarkskysten, mens om sommeren kan de ha en spredt fordeling i Norskehavet og Barentshavet. Om vinteren, når silda samles i Vestfjorden, kan det være rundt 500 dyr i Vestfjorden og omliggende områder.

Hvithval

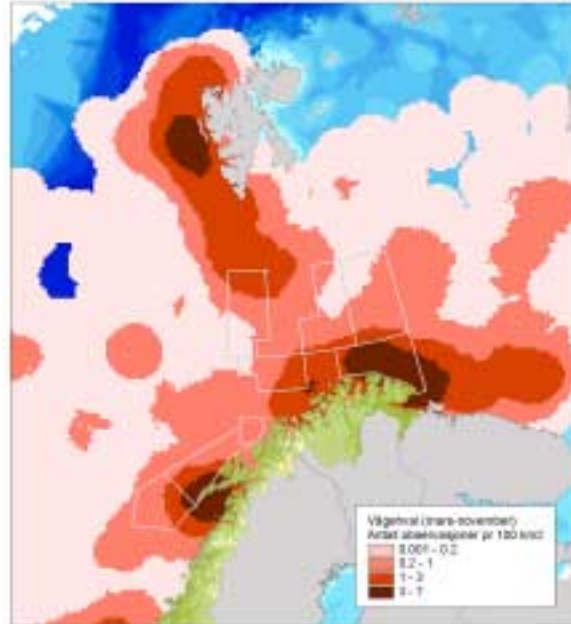
Hvithvalen kan opptre i flokker fra få dyr opp til 1 000 individer. Hvithvalens utbredelse i Barentshavet er relativt lite kjent, men den oppholder seg gjerne i fjorder og kystnære områder (Føyn et al. 2002). Om sommeren synes de å foretrekke grunne farvann, mens de vandrer mot åpent hav, gjerne i tilknytning til pakkisen om vinteren. Om sommeren oppholder hvithvalen i Barentshavet seg langs kysten av Svalbard, Franz Josefs Land og Novalja Zemlja. Deler av hvithval populasjonen overvintrer sannsynligvis langs vestkysten av Svalbard, mens størst andel forventes å overvintre i åpent hav og langs iskanten på Grønland og i Barentshavet (Isaksen & Wiig 1995).

Grønlandssel

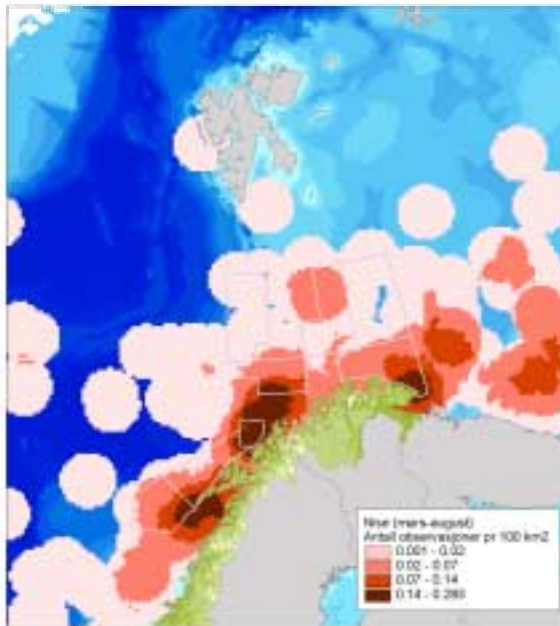
Grønlandssel er vanlig i Barentshavet med rundt 1,7 millioner individer som overvintrer i østisen. Hver vår etter kasteperioden, foretar selene næringsvandring nordover og vestover i Barentshavet. I oktober-november trekker grønlandsselen tilbake til overvintringsområdene i Østisen.



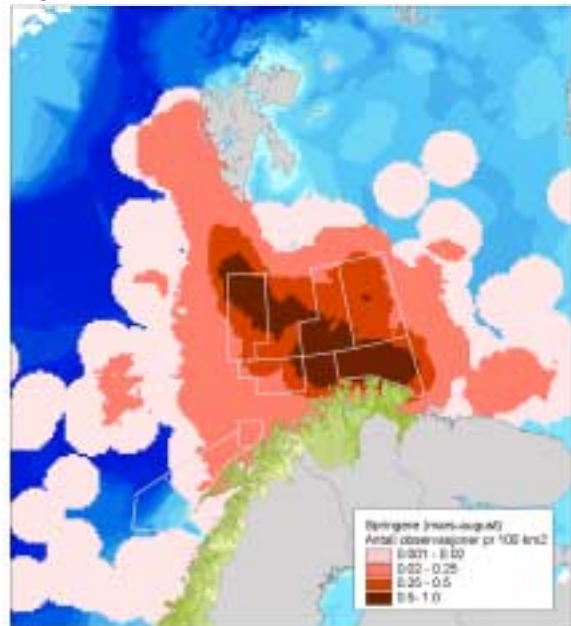
Knølhval



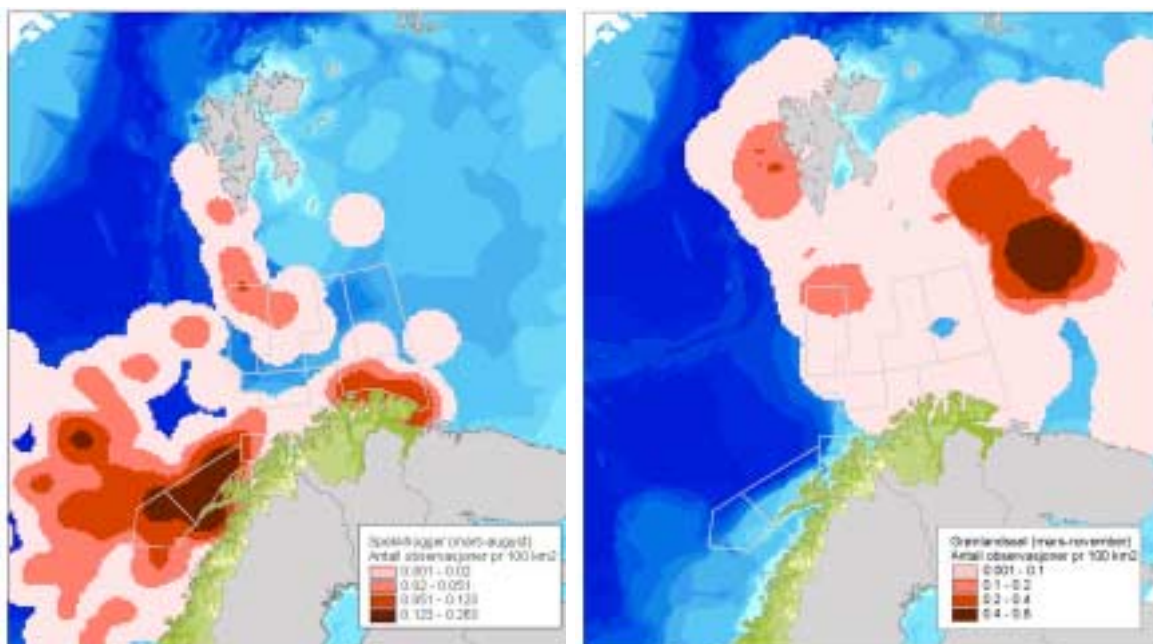
Vågehval



Nise



Springere



Spekkhogger

Grønlandssel

Figur 4.4. Fordeling av marine pattedyr observasjoner i området Lofoten/Barentshavet basert på et antall observasjoner, henholdsvis 508 for knølhval, 16 862 for vågehval, 853 for nise, 2 068 for springere, 378 for spekkhoggere og 16 862 for grønlandssel. Markerte områder viser analyseområdet for fremtidig seismisk aktivitet.

Samlet vurdering

Ovenstående vurderinger er sammenfattet i tabell 4.2 som gir en oversikt over perioder med forventede forekomster av ulike marine pattedyr innen utredningsområdet. Merk at tabellen presenterer de artene som er vanligst forekommende i det aktuelle området.

Tabell 4.2. Angivelse av perioder man kan forvente forekomster av ulike hval- og selarter innen utredningsområdet i Lofoten-Barentshavet. Kilde: Føyn et al. (2002); Von Quillfeldt et al. (2002). B og T viser henholdsvis bardehval og tannhval.

Art	Type	jan	feb	mars	april	mai	jun	jul	aug	sept	okt	nov	des
Knølhval	B												
Vågehval	B												
Nise	T												
Springere	T												
Spekkhogger	T												
Hvithval	T												
Grønlandssel													

4.2 Fiskeriaktivitet i området

Fisk.dir. har sammenstilt en oversikt over fiskeriaktiviteten (Kolle et al. 2002), hvor det vises til et utstrakt fiske både av norske og utenlandske fartøyer i store deler av utredningsområdet. Dette omfatter fiske etter torsk, hyse, sei, blåkveite, uer, lange, brosme, reke, lodde, sild og andre arter. Bunnfiske etter torsk, sei og hyse er de viktigste fiskeriene for den norske kystflåten så vel som for en stor del av havfiskeflåten som har tillatelse til å fiske i det aktuelle området. Fisket foregår med både konvensjonelle redskaper, not og trål så vel som med varierende intensitet i ulike områder og til forskjellige tider av året. Pelagisk fiske etter sild og lodde foregår hovedsakelig med flytetral og ringnot. Det største fisketrykket på disse artene er hovedsakelig konsentrert i noen få måneder, dvs. som sesongfiske.

I det følgende er det gitt en kortfattet beskrivelse av denne fiskeriaktiviteten, uttrykt som fiskeristatistikk for hovedområder for redskapstypen konsumtrål, samt bunnfiske etter torsk, sei og

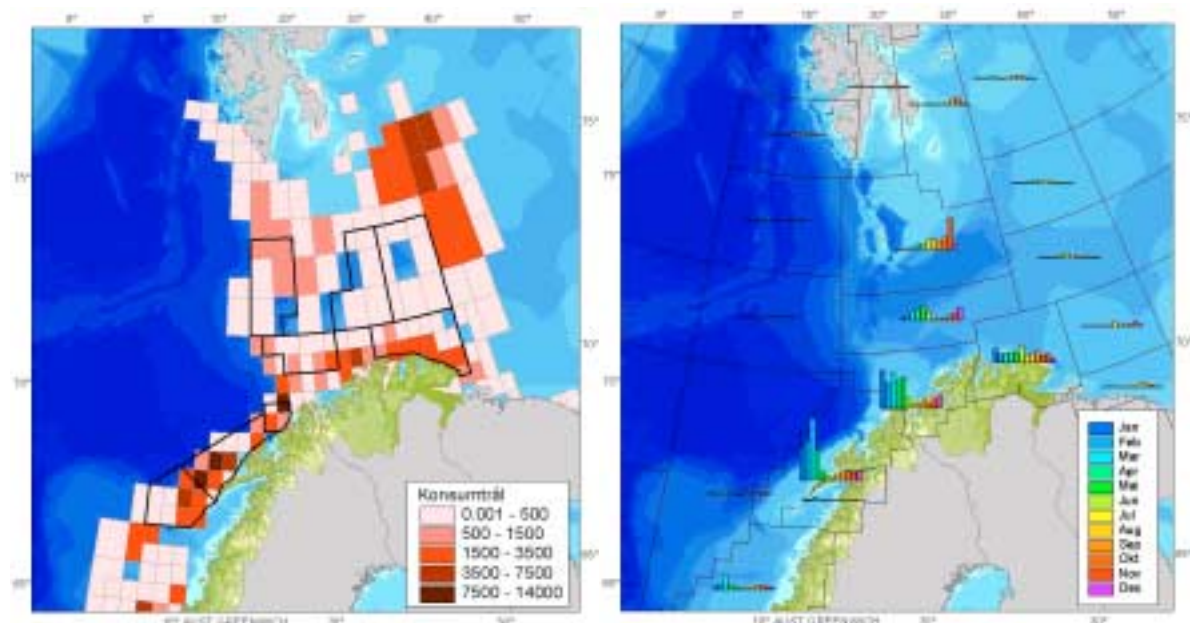
hyse, samt pellagisk fiske etter sild og lodde. I tillegg er det presentert fiskeristatistikk på lokasjonsnivå for konsumtrål, sild og lodde. Som uttrykk for fiskeriaktivitet i ulike områder og perioder (kvartalsvis) er det vist til satellittsporsingsdata for fartøyer over 24 m og med hastighet mindre enn 4,5 knop. Beskrivelsene er i hovedsak utledet fra Kolle et al. (2002) og supplert med materiale fra Fisk.dir. og Aaserød et al. (2003).

Konsumtrål

Konsumtrål er i det følgende presentert for bunnfiske (redskapstypene bunntrawl, bomtrawl, krepsetrawl, dobbeltrawl og trippeltrawl). Flytetrawl representerer hovedsakelig pelagisk fiske etter sild og lodde og omfattes av senere beskrivelser. Fordelingen av trålfiske etter ulike fiskearter (tabell 4.3) viser at særlig torsk utgjør en stor andel. Lokasjonsdata for konsumtrålfisket over flere år (figur 4.5) viser at konsumtrålfisket foregår i hele analyseområdet. Bildet av variasjoner i konsumfisket over året (figur 4.5) viser at fisketrykket er høyest i årets fem første måneder i områdene fra Røst og nordover til og med Vest-Finnmark. I områdene rundt Bjørnøya peker november seg ut med høyt fisketrykk.

Tabell 4.3. Fordelingen av oppfisket kvantum (rundvekt tonn) på trålfiske etter torsk, sei hyse og annen fiske. Totalfangster i parentes. Etter Kolle et al. (2002).

Art	1990	1993	1997	2000
Torsk	28 139 (100 163)	81 152 (248 427)	131 321 (374 515)	65 112 (202 730)
Sei	25 009 (60 431)	35 156 (93 114)	33 677 (110 709)	33 525 (103 271)
Hyse	2 825 (17 651)	9 163 (36 472)	44 565 (91 289)	13 490 (38 388)
Annen fisk	47 757 (93 410)	23 496 (78 172)	18 890 (58 751)	18 198 (57 663)



Figur 4.5. Venstre: Fiskeristatistikk som viser lokasjonsdata for konsumtrål som middelverdi (tonn) for 10 år (1992-2001). Høyre: Fordeling av fangster (månedsmiddel 1992-2001) fra konsumtrålfisket over året. Konsumtrål er representert med utstyrstypene bunntrawl, bomtrawl, krepsetrawl, dobbeltrawl, trippeltrawl. Kilde: Fisk.dir. Markerte områder viser analyseområdet for fremtidig seismisk aktivitet (OD 2002).

Torsk

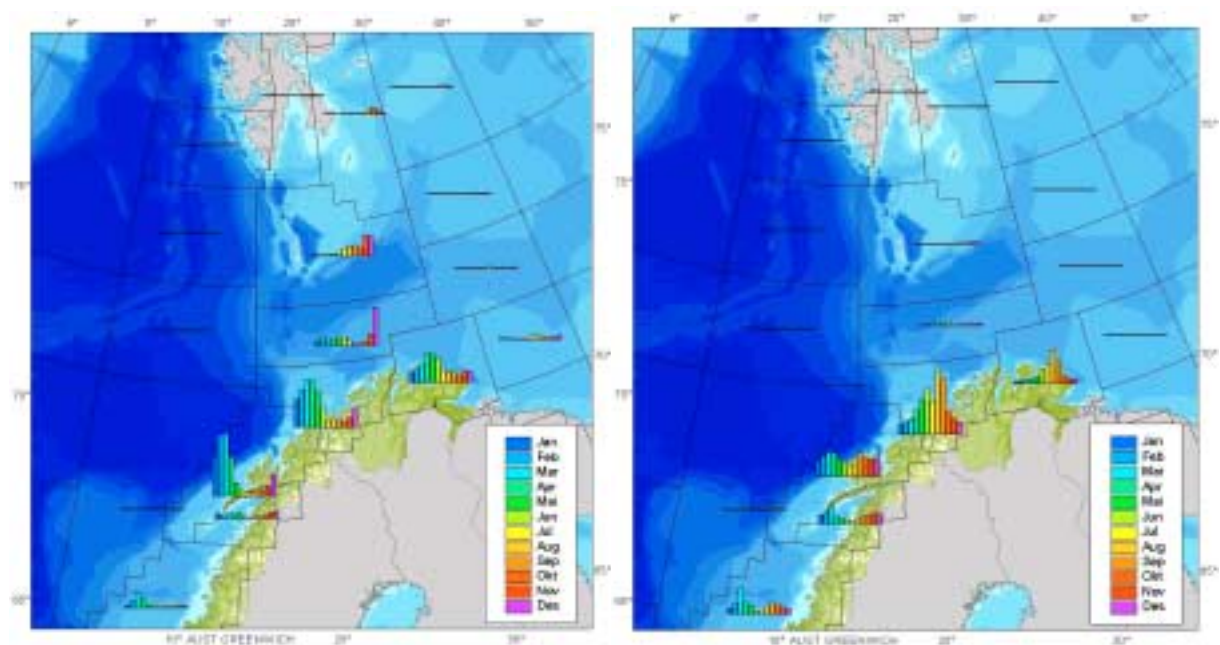
Fisket etter torsk er av svært stor betydning for den norske kystfiskeflåten så vel som for den norske og russiske havfiskeflåten som er tildelt kvoter. Fisketrykket varierer gjennom året (fig. 4.6) som resultat av utstrakt sesongfiske:

- Skreifisket i Lofoten og tilstøtende områder i tiden januar-april
- Skrei- og torskefisket utenfor Vest-Finnmark, Troms og Vesterålen i tiden november til mars-april
- Vårtorskefisket på Finnmarkskysten i mars-juni.

Sei

Fisket på sei foregår langs hele kysten – gjennom hele året. Også havfisket etter sei med trål foregår relativt kystnært, men med størst intensitet vest av Nordkapp. Seifisket er alt overveiende sesongbetont:

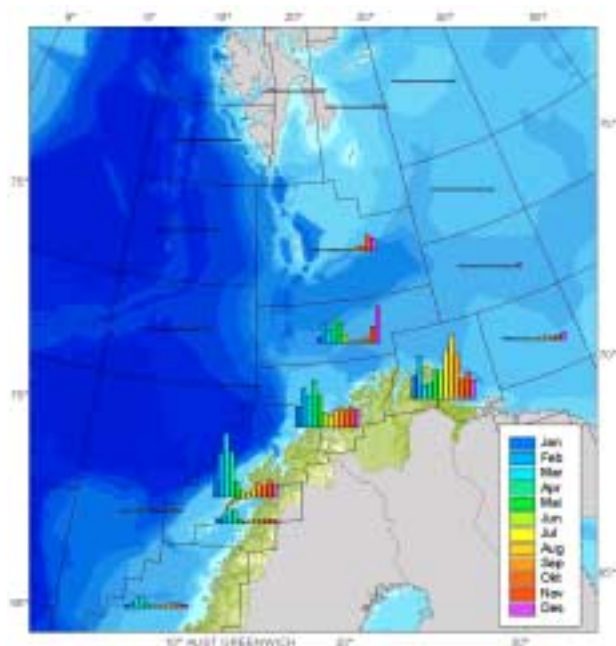
- Direktefisket etter sei har hovedsakelig foregått i perioden fra april til oktober. Avhengig av område og redskap kan dette fisket være svært høyt i perioder.
- Snurrevad-fisket har hovedsakelig pågått utover høsten og spesielt i områdene utenfor Vesterålen.
- Garnfisket etter sei har vært godt tidlig på vinteren i området Lofoten, Vesterålen og deler av Troms.
- Seinotfiske foregår i perioden mai-oktober, med størst intensitet utenfor Nord-Troms og Finnmark. Periodevis har det også vært stort seinotfiske i områdene rundt Vesterålen og Troms.



Figur 4.6. Fiskeristatistikk som viser fordeling av fangster over året, mengde fanget som månedsmiddel for 10 år (1992-2001). Venstre: torsk, høyre: sei. Kilde: Fisk.dir.

Hyse

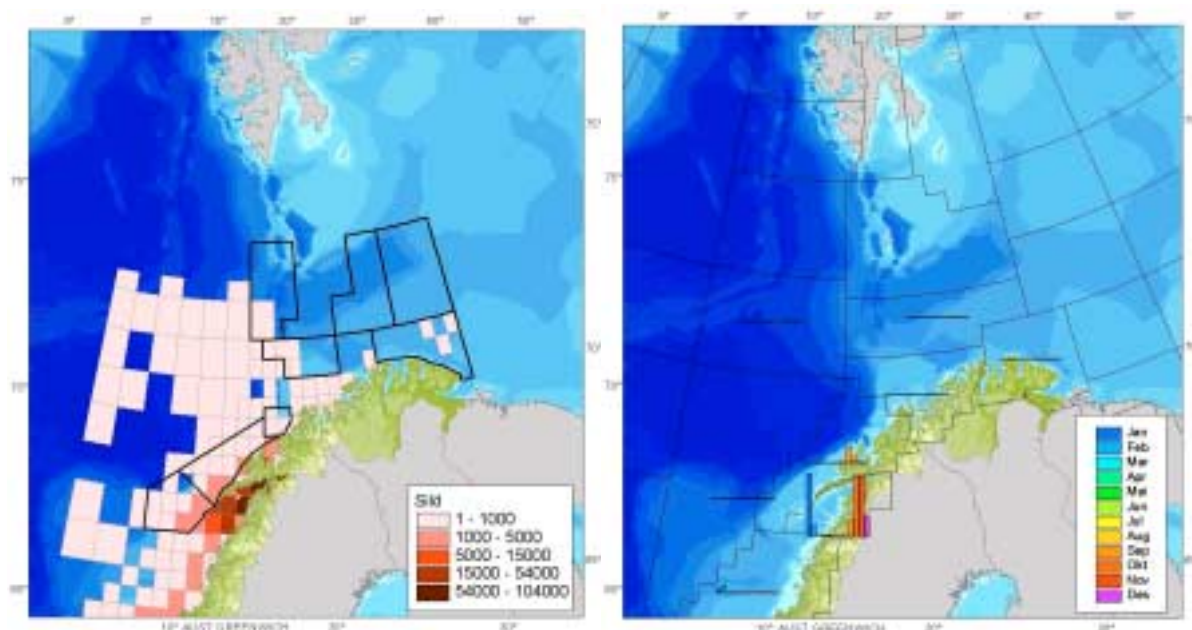
Direktefisket etter hyse foregår kun på kysten av Øst-Finnmark fra og med juli til september. Utover dette blir det hovedsakelig fisket hyse som bifangst ved annet fiske og blandingsfiske gjennom hele året. Dette gjelder også for havfiske etter hyse. Vestlige deler av Tromsøflaket (71 og 72 °N), som også faller sammen med tilsvarende gyteområder, skiller seg ut som særlig viktig hysefelt. I dette området fiskes det i perioden desember til mars.



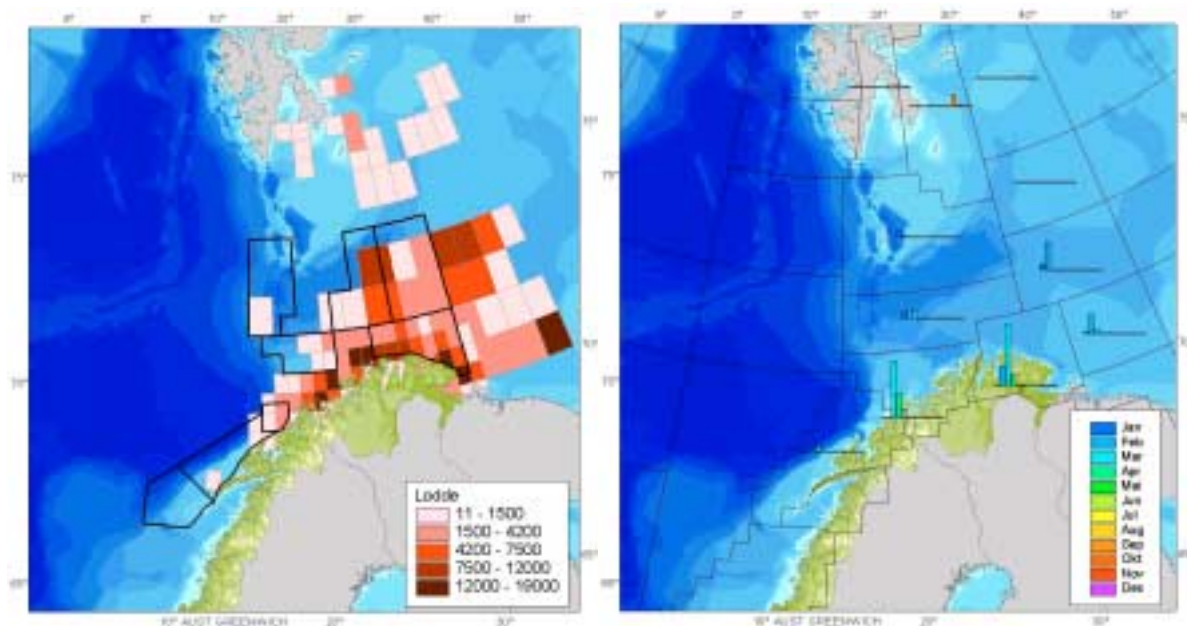
Figur 4.7. Fiskeristatistikk som viser fordeling av fangster av hyse over året, fangstmengder som månedsmiddel (1992-2001). Kilde: Fisk.dir.

Norsk vårgytende sild (NVG)

Fisket etter NVG foregår i hovedsak med not og trål. Det er i periodene før gytevandringen starter at tilgjengeligheten og kvaliteten av silda er best, men det fiskes også større kvanta om sommeren i Norskehavet og mens den vandrer mot gytefeltene. Silda vandrer over store deler av Norskehavet og Barentshavet og fisket blir således utøvet fra Svalbardsonen i nord til Rogalandskysten i sør. Fisket i Barentshavet starter som regel i juli-august, hovedsakelig av utenlandske fartøy. Norske fartøy starter fisket i august-september utenfor kysten av Troms eller nordlige deler av Nordland. Sildefisket i Lofoten, Vesterålen og Ofoten er mest intensivt i perioden september til februar. Dette fisket følger silda på vandring nordover og avsluttes i mars-april. Lokasjonsdata for fangster av sild, samt forskjeller i fisketrykket over året er presentert i figur 4.8.



Figur 4.8. Venstre: Lokasjonsdata for sildefiske som årsmiddel i tonn (1992-2001). Høyre: Fordeling av fangster av sild over året, presentert som snittverdi på måned (1992-2001). Kilde: Fisk.dir. Markerte områder viser analyseområdet for fremtidig seismisk aktivitet (OD 2002).



Figur 4.9. Venstre: Lokasjonsdata for loddefiske som årsmiddel i tonn (1991-1992, 1999-2001). Høyre: Fordeling av fangster av lodde over året, presentert som snittverdi på måned (1992-2001). Kilde: Fisk.dir. Markerte områder viser analyseområdet for fremtidig seismisk aktivitet (OD 2002).

Lodde

Loddefisket utøves med flytetrål og ringnot, og er et typisk sesongfiske som fordeler seg over hele Barentshavet. Lokaliseringen av fisket er avhengig av loddens gytevandring. De siste årene har norske fartøy fisket lodde kun i vintersesongen fra slutten av januar til april. Vanligvis vil det mest intensive fisket pågå i ytre deler av Varangerfjorden og vestover langs kysten av Finnmark til Rolvsøy. Lokasjonsdata for fangster av lodde, samt forskjeller i fisketrykket over året er presentert i figur 4.9.

Samlet vurdering

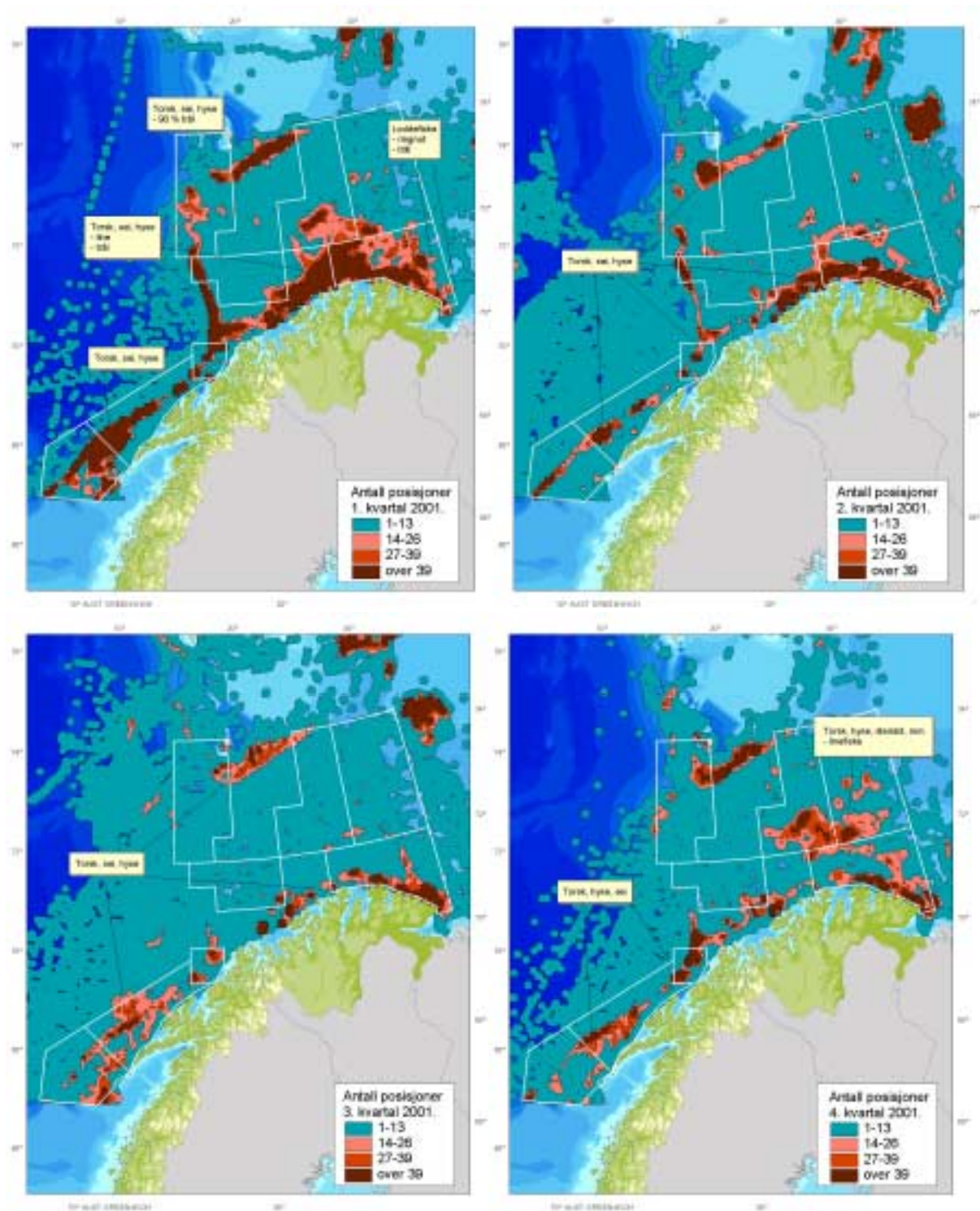
Ovenstående beskrivelser er samlet i tabell 4.3, som gir en oversikt over perioder med størst fisketrykk på ulike bestander innen utredningsområdet. Områdene for fisket som vist i tidligere figurer, i kombinasjon med de angitte periodene, danner videre forutsetning for vurdering av mulige konflikter vs. seismisk aktivitet i seksjon 7.

Tabell 4.3. Oversikt over perioder med størst fisketrykk på ulike bestander innen utredningsområdet. Kilde: Kolle et al. (2002).

Art	jan	feb	mars	april	mai	jun	jul	aug	sept	okt	nov	des
Torsk												
Sei												
Hyse												
Sild												
Lodde												

Satellittsporing

Resultater av satellittsporing av fartøyer som utøver fiske (jf. størrelse og hastighet som tidligere angitt) gir en form for "sann tids" oversikt over fiskeriaktiviteten; hvilke områder og perioder det respektive fisket er mest intensivt. Denne type sporing ble innført med virkning fra 1. juli 2000 og gir derfor ikke noe helhetlig historisk bilde av fiskeriaktiviteten i området. En kvartalsvis oversikt for 2001 for områdene utenfor grunnlinjen, gitt etter Kolle et al. (2002), er vist i figur 4.10. Generelt viser figurene at fisketrykket er høyest i 1. kvartal. Denne perioden omfatter helårsfiske, samt viktig sesongfiske som Lofotfiske med tilstøtende fiske og loddefiske i Finnmark.



Figur 4.10. Kvartalsvise oversikter over antall posisjoner fra fartøyer over 24 m lengde og med fart mindre enn 4,5 knop innenfor en 11x11 km rute. Kilde: Kolle et al. (2002). Markerte områder viser analyseområdet for fremtidig seismisk aktivitet (OD 2002).

5 SEISMISK AKTIVITET

I det følgende er det gitt en kortfattet beskrivelse av seismisk aktivitet slik den utføres i dag. I tillegg er det laget en sammenstilling av ODs vurdering av behov for seismisk aktivitet i utredningsområdet. Dette materialet er anvendt for videre avgrensning av influensområdet, som i kombinasjon med ressurs- og fiskeribeskrivelsene i foregående seksjon, utgjør sentrale elementer i vurderingene av konfliktpotensialet i seksjon 6 og 7.

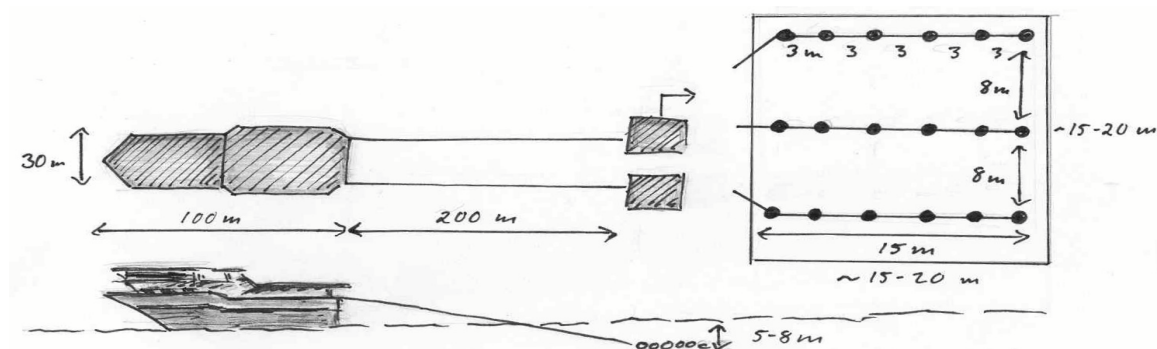
5.1 Generelt om seismikk

Seismikk kommer fra det greske ordet "seismos" som betyr jordskjelv eller rystelse. I grove trekk er det nettopp det som skjer under en seismisk undersøkelse. Til sjøs sendes det ut sjokkbølger (vanligvis under ca. 200 Hz) ved hjelp av trykkluft som trenger ned i jordskorpa. Sjokkbølgene forplanter seg i undergrunnen, og ulike bergarter og varierende tetthet i undergrunnen gjør at sjokkbølgene reflekteres forskjellig. Ekkoet av rystelsene kan registreres av hydrofoner (mikrofoner) som er festet til en eller flere lyttekabler som slepes av skip. Dataene prosesseres som seismiske bilder og kart, som igjen tolkes mhp. eventuelle forekomster av olje og gass.

I dag benyttes nesten utelukkende luftkanoner til seismiske undersøkelser. Slike kanoner inneholder komprimert luft med et trykk på omlag 140 bar, som slippes ut med jevne mellomrom og danner trykkbølger som forplanter seg nedover i jordskorpa. Frekvensen er konsentrert i området 5-60 Hz (OD 2002).

Et større antall kanoner, gjerne 30-40, slepes etter fartøyer som er særlig utrustet til dette formålet. Slepedyper er omlag 5 m, hastigheten vanligvis ca. 5 knop, og skuddene fyres av med normalt ca. 8-10 sekunders intervaller (OD 2002).

Slepet omfatter også kabler som skal fange opp signalene som reflekteres fra grunnen, dvs. lyttekabler. Oftest slepes det flere lyttekabler med en samlet bredde på flere hundre meter og en lengde på 3 til 10 km (OD 2002). På hver lyttekabel kan det være festet 240-480 hydrofongrupper eller kanaler som registrerer refleksjonene. For at hydrofonene skal kunne klare å fange opp ekkoet, er rolige forhold i sjøen en fordel, da bølger og dønninger avgir støy. En seismisk undersøkelse pågår gjerne døgnet rundt.



Figur 5.1. En prinsippskisse for seismiske undersøkelser med luftkanoner. Et fartøy sleper vanligvis en eller to luftkanonserier (typisk 20 x 20 m) og 6-10 lyttekabler (ikke illustrert). Luftkanonserien har 3 rekker, hver med 8 luftkanoner. Hver sirkel representerer en luftkanon bortsett fra de fremste på hver rekke som utgjør en samling på 3 luftkanoner. Skissen er basert på beskrivelser i NRC (2003).

I området i Lofoten-Barentshavet vil det trolig benyttes både 2D, 3D, 4D og 4C-seismikk (OD 2002).

2D-seismikk: Informasjonen som fås fra 2D seismiske datasett, er mer begrenset enn det man får ut av 3D seismikk, da 2D-undersøkelser er designet med et antall enkle lange linjer eller linjer som danner et åpent grid med mellomrom på 1 km eller mer. 2D datasett gir ingen informasjon mellom linjene og lite informasjon om den nøyaktige posisjonen til refleksjonspunktene. 2D seismiske datasett er passende ved undersøkelser av store arealer for å identifisere områder som inneholder hydrokarboner.

3D/4D-seismikk: I områder hvor det er kjent at hydrokarboner eksisterer i økonomisk fordelaktige mengder, er det vanligvis kostnadseffektivt å benytte 3D-seismikk. 3D-seismikk gir et detaljert bilde av undergrunnen, og gir dermed realistiske estimater på mengder og fordeling av hydrokarboner innen området (OD 2002). Fordelen ved bruk av 3D-undersøkelser, er at informasjonen om undergrunnen fås fra et tett grid som dekker arealet. Dette gjør at informasjon om reelle posisjoner og komplekse geologiske strukturer kan fanges opp. Ved 3D-seismiske operasjoner, seiler skipene langs parallelle linjer for å fange opp data på et grid med celledimensjoner som ofte er på 25x25 meter eller 25x37,5 meter. Da det er vanlig å bruke flere kabler og lydskilder samtidig, kan hver travers av det seismiske skipet dekke 200-500 meter. Minimumstiden skipet bruker mellom to nærliggende linjer vil være 8-12 timer, men avhengig av operasjonelle behov, kan det ta flere dager mellom opptak fra nærliggende linjer.

Gjentatte 3D-seismiske undersøkelser kalles ofte 4D-seismikk eller "time laps surveys". Dette brukes for å kartlegge produksjonen av hydrokarboner i et område.

4C-seismikk:

4C-seismikk har mottagerne (geofoner) plassert på havbunnen. Kilden er som for innsamling av annen type seismikk plassert i øvre vannlag.

5.2 Planlagt seismikk

I forbindelse med utredningsarbeidet av scenarier for helårig petroleumsaktivitet i området Lofoten og Barentshavet i 2005-2020 er behovet for fremtidig seismikkinnsamling innen de aktuelle feltene beskrevet av OD i et eget notat (OD 2002). Beskrivelsene i det følgende er i sin helhet utledet fra dette notatet.

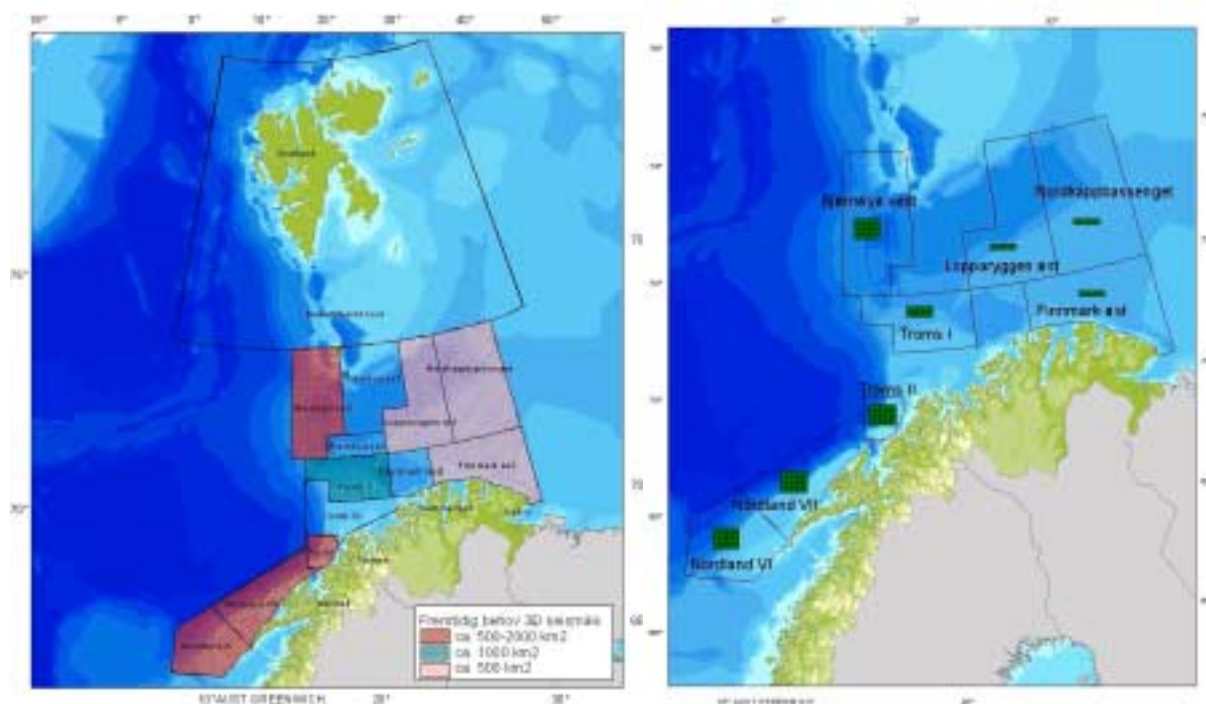
I flere av områdene foreligger det betydelige mengder 3D-seismikk. I disse områdene kan det også være behov for ytterligere 3D-seismikk for å skifte ut seismikk med for dårlig kvalitet samt dekke mulige tilleggsprospekter rundt utbyggingene. I fire av områdene (Nordland VI, Nordland VII, Troms II og Bjørnøya vest) er det ikke samlet seismikk tidligere og det forventes en ny 3D innsamling på omlag 500-2 000 km² pr. område.

Innen alle områdene vil det være behov for grunnseismiske undersøkelser i forbindelse med brønnplanlegging/grunn gass undersøkelser før boring. Der det planlegges landanlegg i forbindelse med en utbygging vil det være behov for grunnseismiske undersøkelser langs rørledningstraseer. I løpet av et felts produksjonstid kan det forventes innsamling av 3D/4D-seismikk med anslag på 300-500 km² pr. felt hvert 5. til 10. år. Anslagene er imidlertid usikre da behovene vil variere mellom de ulike feltene. Det kan også være aktuelt å samle noe 4C-seismikk over reservoarene.

En oversikt over eksisterende og fremtidig behov for seismikk er presentert i tabell 5.1. Denne oversikten danner grunnlag for identifikasjon primært av analyseområdet, men også influensområdene for seismisk aktivitet, som presentert i figur 5.2.

Tabell 5.1. Eksisterende og fremtidig behov for seismikk innen utredningsområdet. Kilde: OD 2002.

Område	Areal km ²	Eksisterende seismikk		Fremtidig behov
		Områdenavn	3D seismikk km ²	3D seismikk km ²
Troms I, gass	20 378	Snøhvit	1100	~ 700
Troms I, olje		Goliat	400	~ 300
Troms II, gass	5 642	-		~ 500 – 2 000
Lopparyggen øst, olje	34 487	Område C	1000	~ 500
Bjørnøya vest, olje	33 355	-		~ 500 – 2 000
Nordkappbassenget, gass	45 090	PL 202	900	~ 500
Finnmark øst, olje/gass	31 286	Område G	1400	~ 500
Nordland VI, olje	23 527	-		~ 500 – 2 000
Nordland VII, olje	24 454	-		~ 500 – 2 000



Figur 5.2. Det totale utredningsområde i Lofoten-Barentshavet, med angivelse av delområder der det er identifisert fremtidig behov for seismikk (venstre), tilsvarende analyseområdet. I figuren til høyre er det største omfanget av planlagt seismikk forsøkt illustrert (mellom 500-2 000 km², jf. tabell 5.1). Merk at potensielle berørte arealer har tilfeldig form og plassering.

5.3 Forutsetninger og avgrensning av influensområde

5.3.1 Forutsetninger

Jf. beskrivelser av planlagt seismikk tidligere i dette kapittelet, er det pr dags dato ikke kjent i detalj plassering og utstrekning, samt teknisk oppsett for eventuell gjennomføring av seismiske undersøkelser innen analyseområdene. Det generelle mønsteret er imidlertid kjent, og er omtalt tidligere. Følgende forutsetninger er lagt til grunn for en avgrensning av influensområdet:

- Innen seismikkområdet skytes seismikk langs parallelle traseer som er 200 meter brede
- Kilden fyres typisk hver 25 m
- Det benyttes to luftkanonserier (hver 20 x 20 m) med 10 m avstand mellom seriene

5.3.2 Avgrensning av influensområdet

De respektive analyseområdene, jf. figur 5.2 (venstre), tilsvarer området hvor det i hht. OD (2002) er påpekt behov for seismiske undersøkelser. Influensområdet er gitt ved det faktiske arealet som vil dekkes av planlagt seismisk aktivitet (jf. figur 5.2, høyre), samt eventuelle tilstøtende virkningsområder.

For semi-kvantitative analyser er det i tillegg nødvendig å vurdere hvilken avstand – horisontalt så vel som vertikalt – luftkanonene kan virke på de respektive ressursene og aktivitetene. Subsidiært legges denne avstanden til det faktiske seismikkområdet som en buffer (jf. seksjon 3.3.2), hhv.:

- Det umiddelbare nærområdet hvor signalene kan føre til letale effekter på fiskeegg og -larver.
- Tilsvarende nærområde hvor seismisk aktivitet kan medføre skremmeeffekter på fisk.

På grunnlag av erfaringer som er drøftet og dokumentert i seksjon 6, kan det umiddelbare nærområdet for letale effekter på fiskeegg og larver i utgangspunktet avgrenses til 3 m fra kilden. Enkelte studier viser imidlertid til observasjoner av dødelige skader på larver opp til 5 m avstand, og denne avstanden legges til grunn som buffer i videre vurderinger. Med forutsetningene i kap. 5.3.1 som utgangspunkt kan det gjøres følgende antagelser; kilden fyres typisk hver 25 m, kanonoppsettet er 20 m langt, og det legges til en buffer på 5 m, vil egg og larver kunne bli eksponert for signaler i et sammenhengende belte med bredde tilsvarende luftkanonoppsettet med buffer (anslagsvis 60 m), dette utgjør det reelle effektområdet.

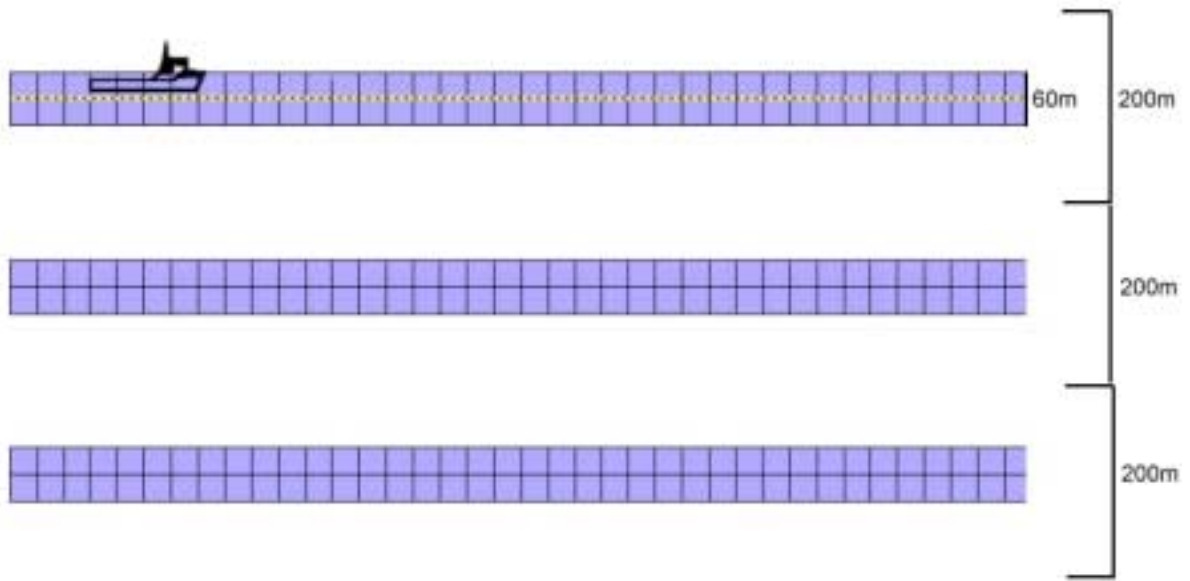
Tilsvarende resonnement kan anvendes til anslag av influensområdet for kvantitative beregninger av skremmeeffekter. For virkninger på fiskeriene er denne buffersonen avgrenset til en omkrets på inntil 30 km fra kilden (se også erfaringer som er drøftet og dokumentert i seksjon 6).

For marine pattedyr er virkningsområdet og de observerte effektene såvidt diffuse at semi-kvantitative vurderinger fort blir mer villedende enn veiledende. Disse vurderingene er derfor utelukkende kvalitative, basert på det faktiske området hvor det er påpekt behov for seismiske undersøkelser (OD 2002).

Forhold ved seismiske undersøkelser som er relevante for de etterfølgende vurderinger er illustrert i fig 5.3 og 5.4.



Figur 5.3. Venstre: Illustrasjon av et tenkt seismikkområde på 2000 km² i Nordland VI. Selve området hvor undersøkelsen skjer er skravert, mens buffersoner på henholdsvis 10 km og 30 km er markert med rødt og gult omriss. Utsnitt for detaljkartet til høyre er markert. Høyre: detalj av traséplassering innen et 100 km² stor del av seismikkområdet. Utsnitt for kart i figur 5.4 er markert.



Figur 5.4. Detaljtegning av traseer på 200 m og effektområdet (60m) som legges til grunn for vurdering av effekter på fiskeressurser.

6 AKTUELLE PROBLEMSTILLINGER - VIRKNINGER AV LUFTKANONER

I det følgende er det presentert en del resultater av en systematisk gjennomgang av relevante arbeider om virkninger av seismisk aktivitet med luftkanoner på fisk og marine pattedyr. Dette gjelder studier under kontrollerte betingelser så vel som storskala feltarbeider. Resultatene er ment som en dokumentasjon av virknings-potensialet, og er anvendt for videre anskueliggjørelse av mulige virkninger på ressursene i utredningsområdet som diskutert i neste seksjon.

6.1 Fisk

6.1.1 Fysiologiske effekter

Virkningen av luftkanoner på marine organismer kan i prinsippet betraktes i et dose-respons forhold; hvor ”dosen” tilsvarer trykkbølgen (eller -puls), først og fremst som funksjon av lydstyrke og frekvens, og ”responsen” svarer til enzymatiske, patologiske og/eller atferdsmessige endringer (eller effekter) hos organismen som blir eksponert. Dersom eksponeringen overstiger organismenes tålegrense for den gitte styrke og frekvens vil den skades og eventuelt gå til grunne.

Ved avfiring av luftkanoner vil høykomprimert luft i kanonkamrene strømme raskt ut. En del av den lagrede energien blir da omdannet til en lydbølge hvor den første delen av trykkpuls er positiv, dvs. et overtrykk i forhold til omgivelsestrykket, og den påfølgende del er negativ hvor trykket er lavere enn omgivelsestrykket. Fisk som utsettes for en positiv trykkpuls, vil få en sammentrykking av alle organer og når den negative trykkdelen kommer, vil disse organene utvides. Hvis trykkforskjellen er stor og utvikles raskt nok, vil indre organer, særlig svømmeblæren, kunne rives i stykker og fisken kan dø (Alpha & HI 2002).

Når luften fra kanonkammeret strømmer ut, vil det resultere i oppstigende luftbobler med betydelig fart over luftkanonfeltet. Larver og yngel som befinner seg i volumene over luftkanonrekkene, kan da bli ført raskt til overflaten sammen med luftboblene. Den raske oppstigningen kan føre til at svømmeblæren sprennes eller at den nøytrale likevekten forstyrres slik at larvene flyter opp til overflaten og lettere blir tilgjengelig som føde for fugl (Alpha & HI 2002).

På 1980- og 1990-tallet ble det utført betydelig forskning i Sovjet/Russland, Norge og USA for å belyse og kartlegge skadeomfang og -type fra luftkanoneksponering av fiskeegg, -larver og -yngel. Resultatene av noen av de sentrale undersøkelsene på dødelighet kan kort oppsummeres som følger:

- For fiskeegg er det observert dødelighet ut til omlag 5 m avstand fra luftkanonene (Kostyuchenko 1973; Hollyday et al. 1987; Kosheleva 1992; Booman et al. 1996).
- For plommesekklarver er det påvist opp til 40-50% dødelighet ut til avstander 2-3 m (Booman et al. 1996). Piggvarlarver synes å være blant de mest følsomme. Lavere dødelighet er påvist for ansjos ved samme avstander (Hollyday et al. 1987).
- For senere stadier som larver, postlarver og yngel er det påvist størst dødelighet, 10-20 %, for rødspettelarver ut til 2 m avstand (Kosheleva 1992). Økt dødelighet ble også påvist for torskelarver ut til 5 m (Booman et al. 1996). På postlarvestadiet er det påvist dødelighet i 1-2 m avstand for flere arter (Booman et al. 1996). Dette gjelder også for torskeyngel (Dalen & Knutsen 1987).

I tillegg til dødelighet, er det påvist endringer i flyteevne og oppdrift (Booman et al. 1996) så vel som andre effekter som påvirker larvenes kondisjon og derav evne til å overleve på sikt (Hollyday et al. 1987; Booman et al. 1996).

Dette bekreftes av feltforsøk ved Havbruksstasjonen Austevoll, hvor det ble observert unormal svømmeatferd hos torskeyngel og at yngelen ble slått i svime. En del av disse døde i løpet av første døgn, mens andre gjenopptok tilnærmet normal atferd i løpet av en time etter eksponeringen. Hos yngelen som overlevde ble det imidlertid observert skader som sprukken eller sammentrykt

svømmeblære, gassbobler under svømmeblærehinnen, sprukken nyrehinne med bloduttredelse i nyrene, og blodklumper i bukhulen og svømmeblæra (Dalen 1993a, b).

Booman et al. (1996) påviste ved lysmikroskopiske undersøkelser av plommesekkklarver av piggvar markant blæredannelse i hjerne, ryggmarg og øyne ved eksponeringsavstander ut til 1,6 m, og nerveceller med unormal stor volumøkning ved avstand på 0,75 m. Siden disse alvorlige forandringene ble påvist i hjernen, kan dette ha innvirkning på normal utvikling av nervesystemet og dermed larvenes kondisjon og evne til å overleve. Slike skader kan derfor betraktes som dødelige.

Studiet påviste også skader på frie neuromaster hvor sansehår ble kuttet. Frie neuromaster representerer i mange tilfeller sidelinjen før denne er ferdigdannet, og slike skader kan ha betydning for fiskens evne til å overleve gjennom nedsatt evne til unngå predatorer (Alpha & HI 2002).

Ovenstående resultater fra studier under kontrollerte betingelser viser at egg, larver og yngel som er blitt eksponert for lydimpulser fra luftkanoner kan utvikle fysiologiske skader som i seg selv er dødelige. Signifikante subletale effekter, som igjen kan føre til redusert overlevelse, er også påvist. Følsomheten synes å variere mellom de forskjellige livsstadier og artene.

De påvisbare effektene synes mindre uttrykt når avstanden til kilden er større enn 3 m (Knudsen & Enger 1992; Dalen 1993a, b, 1994; Rostad et al. 1995). Ikke uventet viser det seg at de tidlige livsstadier (-larver og postlarver) er mest følsomme. I studier av Dalen (1993a, b, 1994) vises det til subletale effekter på torskelarver (< 15 mm) i avstand opp til 5 m fra et sett av luftkanoner. For egg og større torsk var den spontane dødeligheten alt overveiende begrenset til 0,5-1,35 m avstand fra kilden. Dette mønsteret kan forklares ved at lydintensiteten avtar med økende avstand til kilden pga. spredning og absorpsjon, og at avstanden mellom lydkilden og organismene derfor vil ha stor betydning for virkningene. I motsetning til eksplosiver, er stigetiden for lydimpulsen (-impulsvarigheten) fra luftkanoner relativt langsomt og maksimaltrykket relativt lavt.

Flere forfattere konkluderer derfor med at luftkanoner ikke er i stand til å skade marine organismer utover lydkildens umiddelbare nærområde (se også gjennomgang av tilgjengelig litteratur i Knudsen & Enger 1992). På grunnlag av forsøk i Veggjapollen sommeren 1992 ble det f.eks. konkludert at torsk under luftkanonskyting ute i havet sannsynligvis ikke vil bli påført målbare fysiske skader. De fysiologiske effektene gjør seg først og fremst gjeldende på de tidlige stadiene av fiskens liv som egg, larver og yngel. Dette har sammenheng med at disse stadiene er fysiologisk sårbare og i tillegg har begrensede muligheter for å flykte. Ofte omsettes effektene i øyeblikkelig dødelighet, dødelighet over tid og ikke-dødelige skader. For fisk i senere stadier og for voksenalderen regnes atferdsmessige effekter som mest betydningsfulle. Dette kan ha som konsekvens at fisken skremmes vekk fra fiskefeltene og at evt. gyteprosessen og gytevandringen kan forstyrres. Disse problemstillingene er døftet i neste seksjon.

6.1.2 Atferdsmessige effekter

Egg og tidligere stadier av fisk har ingen eller liten evne til egenforflytning og vil derfor kunne rammes ved direkte eksponering i det området hvor de til enhver tid måtte befinne seg. Voksen fisk er derimot i stand til å høre og oppfatte lyd - både i forhold til lydens intensitet og retning, og vil i tillegg reagere på lyd med atferdsmessige endringer (Døving 1991). Dersom lyden overstiger visse nivåer, er unnvikelse, eller flukt, fra kilden et vanlig reaksjonsmønster. Det er derfor lite trolig at subletale og letale effekter som beskrevet i foregående avsnitt kan oppstå hos voksenalderen, frittlevende fisk; for disse blir de atferdsmessige endringer, eller skremmeeffekter, mer aktuelt (Engås et al. 1993; Rostad et al. 1995).

Følsomheten for enkeltfrekvenser og bredden av det frekvensspekter av lyden som oppfattes varierer fra art til art, men optimalområdet for de fleste arter ligger i området 20-700 Hz (Engås et al. 1993). I tillegg til impulsvarigheten og lydsignalets stigetid, utgjør den naturlige bakgrunnsstøyen i havet en begrensende faktor for fiskens oppfattelse av lyd. I godt, stille vær kan støynivået i den hørbare delen

av spekteret ligge mellom 60 og 90 dB re: 1 μ Pa/Hz, og Engås et al. (1993) hevder at andre lydsignaler må ligge omlag 20 dB over dette nivået for at fisken skal kunne oppfatte disse lydene.

Enkle luftkanoner genererer et frekvensspekter på 5-200 Hz (-20 dB), mens tilsvarende spekter for serier av kanoner ligger i området 5-150 Hz (Malme et al. 1986). Lydtrykket på enkeltfrekvenser eller bånd varierer, men maksimalnivået for de fleste ligger innenfor 10-80 Hz. Frekvensmessig er det derfor godt samsvar mellom lyden som produseres av luftkanoner og følsomhetsområdene for fisk.

I de frie vannmassene vil lyden fra luftkanonene i første fase forplantes fritt, mens intensiteten raskt avtar med økende avstand til kilden. Eksempelvis vil lydintensiteten 100 m fra en luftkanon være redusert til 1/10.000 (-40 dB) i forhold til referanseintensiteten 1 m fra kanonen (Engås et al. 1993). Med utgangspunkt i kildenivået for enkel luftkanoner og serier, henholdsvis 210 og 250 dB re: μ Pa, er det på ovenstående bakgrunn beregnet at fisken vil kunne høre luftkanonfelt på over 100 kilometers avstand. Dersom resultatene fra forsøk på seismikk og fangsttilgjengelighet legges til grunn, hevder Engås et al. (1993) at gytmoden torskefisk i teorien vil kunne påvirkes atferdsmessig i en avstand ut til minst 33 km fra en seismisk kilde.

Det er imidlertid få praktiske studier av disse forholdene. Forsøk i Veggjapollen sommeren 1992 viste at luftkanonskyting førte til at torsk, som i utgangspunktet var "lært opp" til å føres på faste plasser ved lokkesignaler, avvek sitt vanlige mønster. På bakgrunn av lydtrykksmålinger, syntes at torsk som var større enn 60 cm unnlot å komme til føring dersom de ble eksponert for gjentatt (10 eller flere) "spissnivå" på 175 dB re 1 μ Pa. Tilsvarende eksponering var ikke tilstrekkelig til å holde mindre fisk (45-60 cm) borte. Ulikhetene mellom de to størrelsesgruppene kan være betinget av fysiske forhold (f.eks. ressonansfenomener knyttet til svømmeblære), men kan også forklares ved forskjeller betinget av atferdsmessige forhold og preferanser (Rostad et al. 1995).

Et større feltstudie av reaksjoner på luftkanonskyting hos Tobis som nylig er avsluttet (Hassel et al. 2003), konkluderte med at denne arten bare viste mindre atferdsreaksjoner – fluktreaksjoner ved at fisken gravet seg ned ble ikke observert. For pelagiske arter, sild og blåkveite, er det ved akustiske målinger registrert økende tettheter med økende avstand fra skytefeltet, med en topp ved 20 km avstand (Slotte et al. 1999). Forfatterne mente dette trolig stammet fra fisk som unngikk skytefeltet eller forlot dette området som resultat av skytingen.

Ovenstående resultater indikerer at bunnlevende og pelagisk fisk kan ha forskjellig responsterskler, hvor den pelagiske fisken synes mest følsom. Slik fisk kan reagere ved flukt dersom den blir utsatt for seismisk støy. Dersom fisk under vandring til gyttefeltene eller under selve gyttingen blir eksponert for denne type støy – og tilsvarende fluktresponser som vist for sild og blåkveite oppstår, kan virkningene komme til uttrykk på gytesuksessen. Fisken kan komme til å bruke mer energi på gytevandringen og selve eggeleggingen kan bli mer eller mindre forskyvet i tid og rom. For torsk som er porsjonsgyter, dvs. gyter flere ganger over et lengre tidsrom, vil slike virkninger trolig være av mindre betydning. Sild derimot, som gyter mer samlet og som også har krav til egnet substrat, kan i sin ytterste konsekvens bli forstyrret dersom skyting med luftkanoner legges til gyttefeltene under gytetida. Betydningen av slike atferdsmessige reaksjoner for fiskeriene er drøftet i seksjon 6.3.

6.2 Marine pattedyr

Det synes å være generell enighet om at sannsynligheten for fysiske skader av seismiske operasjoner på marine pattedyr er meget liten. Bekymringen er mer rettet mot mulighetene for at støy fra luftkanoner kan medføre maskering av viktige lyder og videre påvirke kommunikasjonen mellom individer, hindre muligheter for å identifisere og flykte fra potensielle predatorer, eller identifisering og fangst av bytte – som i sin ytterste konsekvens kan føre til at prefererte habitater, områder for næringsøk, samt parrings- og hvileplasser langs trekkruter avvikes (Caldwell 2002).

Foreliggende oppsummering av kjente effekter av seismiske undersøkelser på marine pattedyr er hovedsakelig fokusert på hval, siden konfliktpotensialet synes størst for denne gruppen. Sel, med foretrukne habitater i kystnære farvann og ved iskanten, vil ikke bli berørt i samme grad. Langt de

fleste studiene av effekter av seismiske undersøkelser på marine pattedyr omfatter atferdsmessige endringer hos dyrene, andre effekter som maskering av lyd og hørselsskader er belyst i mindre grad.

6.2.1 Hørsel og lyder

Marine pattedyr er avhengige av å benytte undervannsllyder for å kommunisere og skaffe informasjon om omgivelsene. Det kan derfor også antas at de er i stand til å høre menneskeskapt lyd (Caldwell 2002). Hvilke responser marine pattedyr har for lavfrekvente lyder vil avhenge av hvilket frekvensområde de kan høre (Richardson et al. 1995).

Tannhvaler hører relativt dårlig ved lave frekvenser. Spermhvaler, delfiner og niser ser ut til å være mest sensitive for lyder over 10 kHz, og er i stand til å oppfatte frekvenser så høye som 200 kHz. Moderat høyfrekvente pulser brukes til kommunikasjon, mens de høyeste frekvenser brukes til ekkolokalisering (Harwood & Wilson 2001). Sensitiviteten for frekvenser under 1 kHz er trolig lav (Richardson et al. 1995). Dette kan illustreres ved at tannhvaler kommuniserer med plystrelyder i frekvensområdet under 20 kHz, ofte konsentrert rundt 10 kHz og tilsvarende kildenivå rundt 100-180 dB re 1 μ Pa-m. Pulsene for ekkolokalisering er stort sett gitt ved frekvenser på 30-130 kHz eller høyere. Målområdet for signalene kan være opp til 100-350 m. For enkelte hval- og delfinarter er det dokumentert lyder med kildenivå så høyt som 180 til 220 dB re 1 μ Pa ved 1 m (Gisiner 1998; Richardson et al. 1995).

Det finnes lite tilgjengelig informasjon om hørsel hos bardehvaler, men det antas at de er sensitive for lavere- til mediumfrekvente lyder siden mye av lydene deres ligger i denne delen av spekteret. Det er også antatt at de har gode egenskaper til å oppfatte retningen på et lydbilde, siden avstanden mellom ørene er stor (Harwood & Wilson 2001). Undervannsllyder som produseres av bardehvaler ligger i frekvensområdene under 1 kHz, hvorav enkelte frekvenser kan være så lave som 20 Hz. Kildenivået er i området 150-190 dB re 1 μ Pa-m, men med store forskjeller fra art til art (Richardson et al. 1995).

Sel har begrenset kommunikasjon under vann, og lyder består hovedsakelig av bjeffing og knepping ved frekvenser fra <1 til 4 kHz. Arter som parer seg under vann kan imidlertid ha en del lyder under selve parringssesongen (Richardson et al. 1995). Enkelte arter, som f.eks. steinkobbe, kan oppfatte frekvenser så høye som 180 kHz, men følsomheten er lav over 60 kHz (Harwood & Wilson 2001).

Seismisk støy kan under gitte omstendigheter sannsynligvis høres 100 km eller mer fra lyd-kilden. Dette gjelder spesielt for bardehvaler som er sensitive til lavfrekvente lyder. Det er også mulig at lavfrekvente seismiske pulser kan være sterke nok til å bli hørt på 100 km eller av enkelte tannhvaler. Harwood & Wilson (2001) viser f.eks. til en studie av det indre ørets anatomi som konkluderer med at bardehvaler og sel er mer sensitive for lavfrekvente lyder enn andre pattedyr.

6.2.2 Atferdsmessige effekter

De fleste studiene av atferdsmessige virkninger av seismisk støy er gjort på bardehvaler, som gråhval, grønlandshval og knølhval. Virkninger på tannhval er studert i mindre grad. Mange av studiene er dessverre ofte utført med forskjellig metodikk, særlig for målinger av lydnivå, og resultatene er derfor ikke alltid like lett å sammenligne (Richardson et al. 1995).

Flere studier av gråhval viser at dyrene svømmer bort fra lyd-kilden (Malme et al. 1988; Richardson et al. 1995, 1986), særlig ved lydnivåer over 160 dB re 1 μ Pa og ved avstander innen 5 km fra kilden (Richardson et al. 1995). Richardson et al. (1986) observerte 21 tilfeller hvor grønlandshval ble utsatt for støypulser på 107-158+ dB re 1 μ Pa fra seismisk fartøy 6-99 km unna. Ved disse avstandene ble det ikke påvist fluktreaksjoner eller store endringer i kommunikasjonsratene. Pustemønsteret var imidlertid endret i avstander på 54-73 km fra kilden (og varierende pulsnivå <125 dB til \geq 133 dB re 1 μ Pa), både tiden på overflaten og dykketiden var kortere. Richardson et al. (1995) viser også til studier av Ljungblad et al. (1982a), hvor det ikke ble påvist atferdsendringer hos 36 gråhval som ble eksponert for lyder fra luftkanoner i avstand på 36-38 km. Dette studiet inkluderte også et mor-kalv par 42 km fra støykilden og næringsøk ved bunnen hos de andre dyrene.

Tilsvarende effekter er også observert hos grønlandshval; dyr som ble utsatt for seismisk støy svømte bort fra kilden, og både puste- og diemønsteret endret seg (Ljungblad 1988; Richardson et al. 1986). Fluktresponsen var mest uttrykt innenfor avstander på 6-8 km fra kilden og nivåer på 152-178 dB. I større avstander viste dyrene langt mindre fluktrespons, mens endringer i pustemønster og dykkesykluser ble observert (Richardson et al. 1986; Ljungblad et al. 1988). Disse endringene var sterkest innen 5 km, men tydelige også i avstander på inntil 5-10 km fra kilden. Andre observasjoner tyder på at atferdsendringer kan oppstå helt ut til 73 km fra kilden, og at enkeltindivider kan vise fluktreaksjoner ut over en tilsvarende avstand på 20 km.

Harwood & Wilson (2001) dokumenterer også atferdsendringer, første rekke endringer i puste- og dykkemønsteret, men også fluktreaksjoner, hos knølhval, grønlandshval, gråhval, knølhval og finnhval. Endringene kom mest til uttrykk innen for en avstand på 5 km fra kilden.

Det er imidlertid også observert normal atferd innenfor avstander på 3-5 km fra seimisk støy fra enkle luftkanoner (Richardson et al. 1986), slik bildet ikke umiddelbart er helt entydig. Det kan synes som om grønlandshval over tid viser en viss toleranse for seismisk støy. F.eks. er flere individer observert i samme området og over samme periode som det ble gjennomført seismiske undersøkelser. Gjentatte observasjoner tyder på at dyrene ikke unngår områder hvor det en gang er utført seismikk (Richardson et al. 1995). Finnhval og blåhval er rapportert å fortsette å kalle under påvirkning av støy fra luftkanoner (Richardson et al. 1995).

Tannhvalers reaksjoner er som tidligere nevnt, studert i mindre grad. Dette har sammenheng med at energinivået fra luftkanoner ligger stort sett under 100 Hz, som således er lavere enn de optimale hørselsfrekvensene hos tannhvaler. Lydstyrken fra luftkanoner kan imidlertid være ≥ 130 dB re μPa , mens frekvensområdet kan nå opp i opp til 200-500 Hz, og dette kan høres av tannhval på flere kilometers avstand. Selv med relativt dårlig hørsel ved lave frekvenser vil disse dyrene kunne høre seismiske pulser i en radius på 10-100 km (Richardson et al. 1995).

Dette reflekteres også i observasjoner av spermhval, som i avstander på over 50 km, svømte bort da det ble startet opp seismiske undersøkelser (Mate et al. 1994). Harwood & Wilson (2001) viser til en studie av delfiner, hvor observasjonsfrekvensen avtok og dyrene sluttet å produsere lyder mens det ble skutt seismikk. Slike endringer er rapportert for flere arter og i varierende avstander fra kilden. Davis et al. (1998) refererer f.eks. til studier som viser lokale fluktreaksjoner hos delfin i en avstand på 1 km fra lydkilden. Observasjoner av spermhval ved Andenes i Norge viste at dyrene ikke flyktet, men oppholdt seg i området hvor det ble foretatt seismiske undersøkelser over en periode på 13 dager (Madsen et al. 2002).

Effekter av seismiske undersøkelser på sel er generelt lite dokumentert. Under studier i Beauforthavet utenfor Alaska ble det ikke observert fluktreaksjoner eller atferdsendringer, dyrene forble stort sett i nærområdet mens de seismiske undersøkelsene foregikk. Kun en mindre andel svømte bort, og denne responsen syntes relativt lokal (Harris et al. 2001). Dyrenes naturlige drifter kan åpenbart overstyre denne type virkninger; spesielt i forbindelse med næringssøk og reproduksjon er det observert at sel kan tolerere sterke lydimpulser før de viser fluktrespons (Richardson et al. 1995).

Samlet sett viser ovenstående resultater at:

- Bardehvaler viser fluktrespons og atferdsendringer dersom de blir eksponert for seismisk støy. Slike virkninger synes mest uttrykt innenfor avstander på 5-10 km fra kilden. Endringer er observert ved større avstander, mens det også er rapportert om naturlig atferd innenfor kortere avstander.
- Tannhvaler viser tilnærmet samme reaksjonsmønster, men dokumentasjonsgrunnlaget for disse artene er noe mer diffust.
- Virkningene synes å være mindre uttrykt for sel, selv om det er rapportert om fluktreaksjoner hos enkeltstående individer helt lokalt.

Resultatene kan tolkes som stressreaksjoner, dog uten at dette synes å være av kritisk betydning for dyrenes helsetilstand over tid. Såfremt de ikke utsettes for sterke lyder i umiddelbar nærhet til kilden kan virkningene betraktes som begrensede både i omfang og varighet.

Lydnivåene på pulser fra seismiske operasjoner er i utgangspunktet høye nok til at de kan føre til temporære eller permanente hørselskader på marine pattedyr. Caldwell (2002) viser til grenseverdier for slike skader i størrelsesorden 180 dB re 1 μ Pa (peak). Eksponering for slike nivåer tilsier at dyra må være svært nær støykilden (Richardson et al. 1995). Flukt- og atferdsreaksjonene som er påpekt over tilsier imidlertid at mulighetene for slike skader er meget liten, og permanente hørselskader hos marine pattedyr forventes derfor ikke (Richardson et al. 1995). Slike tilfeller er da heller ikke dokumentert (Harris et al. 2001).

6.2.3 Maskeringseffekter

Det er ingen tvil om at menneskeskapte lyder kan forstyrre pattedyras muligheter til å høre kallesignaler mellom individer, ekkolokaliseringsslyder, og andre naturlige lyder i miljøet ved samme frekvens som støykilden. Dersom støykilden er høy nok i forhold til andre signaler, kan disse maskeres helt og bli vanskelige å fange opp.

Maskeringssonen rundt støykilden vil imidlertid kunne variere som funksjon av avstanden mellom dyret og kilden for henholdsvis det akustiske signalet og støykilden. Et dyr som befinner seg nær en støykilde vil sannsynligvis bare kunne høre dyr i nærheten med høye kallesignaler. Et dyr med lengre avstand til støykilden vil kunne oppfatte lydene svakere og vil derfor være i stand til å høre svakere kallesignaler fra andre dyr ved større avstander. Dersom pattedyrene var i stand til å endre kildenivåene på kommunikasjonsropene ville sannsynligvis maskering være et mindre problem.

Studier av noen delfinarter har vist at dette er tilfellet for ekkolokaliseringssignalene. Dyrene varierte kildenivået på ekkolokaliseringspulsene i forhold til bakgrunnsstøyen slik at de sendte sterkere signaler når bakgrunnsstøyen var sterk (Richardson et al. 1995). Retningsbestemt hørsel kan sannsynligvis også påvirke maskering, på den ene siden ved at maskering er størst når et dyr forsøker å høre signaler som kommer fra samme retning som støykilden, mens maskeringen har mindre virkning dersom signalene kommer fra andre retninger.

Kunnskapsgrunnlaget om disse problemstillingene, særlig fra studier i felt, er imidlertid begrenset. Arbeidene på maskering av lyd er hovedsakelig gjennomført for å undersøke høyfrekvent ekkolokalisering hos tannhval (Richardson et al. 1995), hvor det også er etablert grenseverdier for maskert hørsel - MTTS (Finneran et al. 2002). For hvithval ligger dette i området 6-7 dB ved 0,4 og 30 kHz ved korttidseksponering for enkle impulser på 186 dB re 1 μ Pa. Tilsvarende MTTS ble ikke observert hos delfiner (Finneran et al. 2002).

Antropogent støy forekommer ofte ved lavere frekvenser enn ekkolokaliseringssignaler hos tannhval. Det er større sannsynlighet for at lavfrekvent støy vil kunne påvirke kommunikasjonssignaler mellom individer og eventuelle andre viktige lyder i miljøet. Richardson et al. (1995) konkluderer med at bare de svakeste og marginalt hørbare lyder vil kunne maskeres ved mindre økning i bakgrunnsstøy, mens sterkere lyder vil kunne maskeres bare dersom dyret befinner seg nær støykilden.

6.3 Fiskerier

Norske og amerikanske forsøk har vist at fiskens fluktreaksjoner – skremmeeffekter (jf. seksjon 6.1) – kan føre til midlertidige fangstreduksjoner under vanlig trål- og linefiske i områder som har vært gjenstand for seismiske undersøkelser med luftkanoner (Dalen & Raknes 1985; Skalski et al. 1992; Løkkeborg & Soldal 1993; Engås et al. 1993; Soldal & Løkkeborg 1993). Engås et al. (1993) viser til at trålfangster av torsk og hyse ble påvist redusert ut til 18 nautiske mil fra det seismiske skyteområdet. For trål var fangstreduksjonen størst sentralt inne i skyteområdet der mengden av begge arter ble redusert med omlag 70% under skytingen. For line var reduksjonen i gjennomsnitt noe mindre, 44-50 % inne i det seismiske skyteområdet, med gradvis mindre påvirkning ut mot ytterkanten

av undersøkelsesområdet. Skalski et al. (1992) viser til at fangstraten for uerarter med lineredskap ble redusert til det halve under påvirkning av en enkel stor luftkanon.

Pelagiske arter som sild og brisling har bedre hørsel enn torsk og hyse og regnes å ha mer markant fluktningsrespons enn torskefisk (Blaxter et al. 1981; Blaxter & Hoss 1981). Forsøk har vist at sild reagerte retningsbestemt og svømte bort fra luftkanonene (Dalen 1973). Det er derfor trolig at tilsvarende effekter kan oppstå hos andre pelagiske arter. Dette er dokumentert av Slotte et al. (1999), hvor det ble gjort akustiske undersøkelser av virkninger på sild og blåkveite. Umiddelbare skremmeeffekter av skytingen ble ikke påvist, men økende tettheter av både sild og blåkveite med økende avstand fra skytefeltet, med en topp ved 20 km avstand, ble dokumentert. Dette ble tolket som et tydelig tegn på lengre tids effekter av skytingen, representert ved både fisk som unngikk skytefeltet eller forlot dette området som resultat av skytingen (Slotte et al. 1999).

Det er imidlertid ikke implisitt gitt at fisken reagerer med fluktreaksjoner over samme avstander. Som grunnlag for en større studie av virkninger av skyting med luftkanoner på fiskeriene (Nordkappbanken, mai 1992), la Engås et al. (1993) til grunn en rekkevidde på 3-30 km for fluktreaksjoner. Hypotesen var at dersom fisken blir skremt vil den forlate området og være midlertidig tapt for fisket.

Resultatene av dette arbeidet, såvel som av andre tilsvarende vurderinger, indikerer at skremmeeffektene, og dermed også disse effektene betydning for fangstratene, er størst inne i selve skytefeltet og ut til visse avstander fra dette (Dalen & Raksnes 1985; Skalski et al. 1992; Løkkeborg & Soldal 1993; Engås et al. 1993; Soldal & Løkkeborg 1993). I Engås et al.'s arbeide ble de sterkeste indikasjonene gitt for trålfangstene, mens resultatene for line var mindre entydige. Nedgangen i hysefangstene var signifikant, mens dette ikke var tilfellet for torskefangstene. Den nøyaktige yttergrensen for påvirkning ble ikke dokumentert, trolig vil denne variere fra område til område og sesong til sesong med naturlige variasjoner i fysiske så vel som biologiske forhold. Ovenstående tall kan like fullt betraktes som en bekreftelse på at virkningene også vil komme til uttrykk utover selve skytefeltet. I perspektiv av et skytefelts størrelse (eksempelvis opp til 2.000 km²), blir virkninger i randsonen også av noe mindre betydning.

I en større studie av virkninger av luftkanonskyting på tobis (Hassel et al. 2003) ble det ikke observert skremmeeffekter (se også seksjon 6.1). Akustiske målinger viste at tettheten av tobis økte under og i etterkant av skytingen, trolig som resultat av innvandring av stimer fra tilstøtende områder. Reduksjonen i landingsstatistikken som ble påvist for dagene etter skytingen ble delvis tilskrevet myndighetenes restriksjoner i dette fisket.

Ovenstående virkninger er uomtvistelig av midlertidig varighet. Undersøkelsene er imidlertid mindre presise mhp. hvor lang tid det kan ta før forholdene normaliseres. Under vinterfisket med line etter torsk i Finnmark var fangstratene tilbake på normalt nivå ett døgn etter avsluttet skyting (Løkkeborg & Soldal 1993). Ved gjennomgang av fangstdata fra fiskefartøyer som fisket i områder hvor det samtidig foregikk seismisk skyting, ble det funnet reduksjon i linefangsten av torsk og trålfangster av sei, mens rekefisket syntes å være upåvirket. Reduksjon var størst for linefangstene helt i nærheten av de seismiske linjene (55-80%), mens mindre reduksjoner ble registrert ut til en avstand på 5 nm. Fangstene av sei gikk i gjennomsnitt ned med 33 % under kortvarig skyting og fortsatte å synke i to døgn etter at skytingen opphørte. Bifangstene av torsk økte imidlertid til det tredobbelte og var etter få timer tilbake på nivået før skyting. En senere studie viste imidlertid ingen reduksjon i seifangstene. Selv om rekefangstene holdt seg stabile, ble bifangstene av torsk kraftig redusert (Løkkeborg & Soldal 1993).

I det tidligere omtalte studiet på Nordkappbanken, refererer Engås et al. (1993) til at verken den akustiske kartleggingen eller trålforsøkene viste at mengden av torsk og hyse ble gjenopprettet i de første fem døgnene etter at den seismiske aktiviteten var avsluttet. Linefisket av torsk tok seg imidlertid opp mot slutten av perioden.

I et studie av seismikk og fiskerier i farvannet ved Færøyene (Jákupsstovu et al. 2001) ble det konkludert at eventuelle fangstreduksjoner ikke var dokumentert i fiskernes fangstloggbooker. Dette gjaldt for samtlige fiskerier; noen reduksjon i fangstene kunne ikke spores i de tilfeller fisket hadde vært utøvet i områder og tidsvinduer hvor det hadde foregått seismisk aktivitet. Dette står i kontrast til intervjuundersøkelser med fiskerne, hvor en stor andel (- tilsvarende 75 % av de fiskeskipperne som hadde besvart spørreskjemaet) på en eller annen måte hadde opplevet effekter av seismisk skyting i større eller mindre grad.

Samlet sett viser ovenstående resultater at fangstratene kan gå ned som resultat av seismiske undersøkelser med luftkanoner. Virkningene synes å variere mellom ulike arter og redskapstyper. Nedgang kan forklares ved hjelp av skremmeeffekter, dvs. at fisken trekker ut av området som er gjenstand for seismisk aktivitet. Fisken går imidlertid ikke til grunne; det er derfor all grunn til å tro at virkningene er av høyst midlertidig varighet. Hverken influensområdet eller hvor lang tid det tar før forholdene normaliseres kan imidlertid angis helt eksakt. Det arealmessige omfang er trolig begrenset til seismikkområdet og det umiddelbare nærområde på noen kilometers avstand, mens varigheten trolig dreier seg om dager. Dette vil imidlertid kunne variere som funksjon av lokale topografiske forhold, fiskens fysiologiske tilstand, om fisken er på vandring, eller om næringstilgangen i området er god.

Siden årsaken til fangstreduksjonen i første rekke ligger i en nedgang i fisketettheten i og umiddelbart rundt skytefeltet, i tillegg til endringer i fiskens atferd overfor redskapene, vil alle redskapstypene som brukes innenfor våre fiskerier i utgangspunktet kunne bli berørt av seismisk skyting (Alpha & HI 2002).

Resultatene gir samtidig grunn til to antagelser; at virkningene i utgangspunktet er begrenset i tid og rom, som også er dokumentert i referansene over, og at begrepet "public perceived effects" kan synes relevant. Slike oppfatninger kan også være gjeldende blant norske fiskere. I sum bekrefter dette også behovet for å sikre tilstrekkelig kommunikasjon og informasjonsutveksling mellom interessene.

7 ANSKUELIGGJØRING AV VIRKNINGSPOTENSIALET

I det følgende er det gitt en anskueliggjøring av mulige konflikter mellom seismisk aktivitet og fisk, marine pattedyr og fiskerier i Lofoten-Barentshavet. Vurderingen er basert de faktiske forekomster og fordelinger av fisk (egg og larver), marine pattedyr og fiskeriaktivitet, i kombinasjon med scenarier for seismisk aktivitet og de virkninger som er dokumentert i foregående seksjoner. Denne kombinasjonene benyttes også for å identifisere geografiske regioner og tidsvinduer hvor eventuelle konflikter kan komme til uttrykk.

7.1 Fisk

7.1.1 Skadepotensiale og mulige konsekvenser

I seksjon 6 er det dokumentert at seismiske undersøkelser med luftkanoner kan forårsake subletale og letale skader på fisk, hvor:

- De yngste stadiene, primært larver, er mest følsomme. Disse stadiene har ingen eller liten evne til egenforflytting og vil derfor kunne bli eksponert i det området hvor de til enhver tid befinner seg. Det største skadeomfanget, primært i form av relativt stor prosentvis andel dødelighet, er begrenset til avstander mindre enn 2 m fra kilden, men signifikante subletale effekter og dødelighet er også observert ut til avstander på 5 meter fra kilden.
- For senere utviklingsstadier og voksen fisk, er det de atferdsmessige effektene som har størst betydning. Disse stadiene er mer robuste, men atferdsreaksjoner som flukt fra lydilden – skremmeeffekter – kan føre til nedgang i fangstratene i det området som er gjenstand for seismisk aktivitet.

Dødeligheten vil i stor grad være bestemt av forholdet mellom skaderisikovolumet og oppholdsvolumet. Dvs. at den praktiske gjennomføringen av de seismiske undersøkelsene i kombinasjon med vertikalfordelingen og konsentrasjonen (antall pr. volumenhet) av larvene, vil være avgjørende for hvor stor andel som kan gå til grunne.

Den praktiske utførelsen av de seismiske undersøkelsene vil kunne variere, både mhp. luftkanonoppsett og avstanden mellom traseene som kjøres. Slike variasjoner vil naturlig nok påvirke området som kan bli berørt. Gitt forutsetninger som beskrevet i seksjon 5.3.1 og 2; at det kjøres seismikk i 200 meters traseer og at *effektområdet* tilsvarer et sammenhengende belte på 60 m (tilsvarende bredden av luftkanonoppsettet og buffer), vil omlag 30 % av selve seismikkområdene kunne påvirkes.

Ved å applisere dette på kjente forekomster og tettheter av egg og larver i form av enkle overlappsanalyser kan det beregnes hvilke andeler som eventuelt kan bli berørt. Tabell 7.1 viser utfallet av disse analysene, uttrykt som gjennomsnittsverdier for hvor store andeler egg og larver som vil kunne overlappe med effektområdet.

Tabell 7.1. Prosentvis andel av forekomster av egg og larver som kan overlappe med antatte effektområder for seismisk aktivitet. Dekningsarealet for seismiske undersøkelser er utledet av OD (2002) jf. tabell 5.1, og beregningene er foretatt for både høy og lav aktivitet. Forekomstene av egg og larver er utledet fra Føyn et al. (2002).

Analyseområde	Seismikkområde som andel av analyseområde (%)		Andel (%) Torsk Egg (mars 1985)		Andel (%) Torsk larver (mai 1984)		Andel (%) Sild larver (april 2002)		Andel (%) Lodde larver (juni 2000)		Andel (%) Lodde larver (juni 2002)	
	Lav	Høy	Lav	Høy	Lav	Høy	Lav	Høy	Høy	Høy	Høy	Høy
1. Finnmark øst	1,60	1,60	-	-	-	-	-	-	0,21	0,18	-	-
2. Nordkappbassenget	1,11	1,11	-	-	-	-	-	-	0,0	-	-	-
3. Lopparyggen øst	1,45	1,45	-	-	-	-	-	-	0,0	-	-	-
4. Bjørnøya vest	1,5	6,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5. Troms I	1,47	3,44	-	-	-	0,0	-	0,0	0,0	-	-	-

6. Troms II	8,86	35,45	0,12	0,42	0,0	0,0	0,06	0,24	0,0	-
7. Nordland VII	2,04	8,18	0,24	0,99	0,06	0,27	0,15	0,57	-	-
8. Nordland VI	2,13	8,50	0,03	0,15	0,03	0,09	0,06	0,24	-	-

Som det fremgår av tabellen er det svært små andeler av forekomstene som i utgangspunktet kan påvirkes. Virkningspotensialet, dvs. andeler som kan antas å gå til grunne, vil i realiteten være mindre, som funksjon av bla. følgende forhold:

- Ulike studier viser dødelighet opp til 50 % for enkelte arter av egg og larver som oppholder seg innen < 5 m fra kilden.
- Ved helt stille vær kan torskeeggene stige opp til overflaten, dvs. at 50 % av forekomstene kan antas å være fordelt i effektområdet. Med antagelsen av ovenstående 50 % dødelighet i tillegg, vil det høyeste tapet for tidlige livsstadier hos torsk (torskeegg i Nordland VII) være anslagsvis 25 %. Små tap vil kunne forekomme i Nordland VI, Nordland VII og Troms II perioder (februar-mars) med ansamlinger av egg og larver rundt gyteområdene i Lofoten og når større ansamlinger av larver forekommer på Tromsøflaket i juni-juli.
- For sildelarver er fordelingen i vannmassene usikre, men det er tidligere funnet at 85 % kan være fordelt i de øvre 15 meterne. Med samme antagelse av 50 % dødelighet for disse 85 %, kan det høyeste tapet for Nordland VII anslås til 0,24 %. Små tap av larver kan forekomme i områdene Nordland VI, Nordland VII og Troms II i perioden april-august.

Seismiske undersøkelser vil gjennomføres langs fastlagte traseer over en periode på inntil flere uker, og ressursbildet vil kunne variere over denne perioden. Dette vil også kunne påvirke tapsandelen av egg og larver. For alle områder betraktes tapstallene som begrensede. Ovenstående anslag avviker ikke vesentlig fra tilsvarende beregninger av Sætre & Ona (1996), hvor daglige dødelighetsrater ble estimert til 0,18 ‰ pr. døgn i verste-tilfellet og 0,012 ‰ pr. døgn i gjennomsnitt. Sett i relasjon til daglige naturlige dødelighetsrater på egg- og larvestadiet, tilsvarende 5-15 % pr. døgn og senere på 1-3 % pr. døgn fram til 0-gruppe stadiet, er dette såvidt lave dødelighetsrater at de kan regnes som ubetydelige i bestandssammenheng.

7.1.2 Særlig viktige områder og tidsvinduer

Som funksjon av de respektive artene gyteområder og -perioder, med tilsvarende store forekomster og tettheter av egg og larver, er det i det følgende gitt en oppsummering av konfliktpotensialet område for område. Utover de perioder som omtales betraktes konfliktpotensialet som helt marginalt.

Bjørnøya vest

Det er ikke identifisert overlapp mellom analyseområdet og forekomster av fiskeegg og larver for torsk, sild og lodde. Skadepotensialet er betraktet som ubetydelig.

Lopparyggen Øst

Det kan forventes forekomster av loddelarver innen området i perioden mai-juni, men forekomstene er såvidt spredt og konsentrasjonene såvidt lave at tap av betydning ikke forventes.

Nordkappbassenget

Det kan forventes forekomster av loddelarver innen området i perioden mai-juni, men forekomstene er såvidt spredt og konsentrasjonene såvidt lave at tap av betydning ikke forventes.

Finnmark øst

Området overlapper med gyteområder for lodde og det vil kunne forekomme små tap i perioden mars-juni, spesielt i siste del av perioden når store andeler av larvene befinner seg i de øvre deler av vannmassene.

Troms I

Det kan forventes forekomster av loddelarver innen området i perioden mai-juni, men forekomstene er såvidt spredt og konsentrasjonene såvidt lave at tap av betydning ikke forventes.

Troms II

Det kan forventes forekomster av torskeegg (mars), torskelarver (juni/juli) og sildelarver (februar-april) i perioder. I disse periodene vil det kunne forekomme små tap av egg og larver.

Nordland VII

Området overlapper med gyteområder for torsk og sild på Røstbanken i periodene februar-mars og februar-april. I disse periodene vil det kunne forekomme mindre tap av egg og larver.

Nordland VI

Området overlapper med gyteområder for torsk og sild på Røstbanken i periodene februar-mars og februar-april. I disse periodene vil det kunne forekomme mindre tap av egg og larver.

Basert på ovenstående vurderinger og anslag betraktes skadepotensialet på egg og larver som helt begrenset. For enkelte områder og tidsvinduer kan det imidlertid oppstå skader som kan være uheldige for sameksistens av oljevirkksomheten og fiskeriene. Dette gjelder bla. torske- og sildegytinga i perioden februar-april for områdene Nordland VI, Nordland VII og Troms II, og for loddegytingen i Finnmark Øst i mai-juni når store andeler loddelarver befinner seg i øvre vannmasser. Disse vurderingene er samlet i tabell 7.2, med indikasjon av de viktigste områder og tidsvinduer.

Tabell 7.2. Samlet oversikt over perioder med det antatt største konfliktpotensialet for fiskeegg og -larver i de ulike områdene for planlagt seismisk aktivitet.

Område	Konfliktpotensial (egg/larver)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Bjørnøya vest	-												
Lopparyggen øst	Lodde												
Nordkappbassenget	Lodde												
Finnmark øst	Lodde												
Troms I	Lodde												
Troms II	Torsk, sild, lodde												
Nordland VII	Torsk, sild												
Nordland VI	Torsk, sild												

7.2 Marine pattedyr

7.2.1 Skadepotensiale og mulige konsekvenser

Letale skader på marine pattedyr som resultat av seismiske operasjoner er lite trolig; i htt. erfaringer og eksisterende kunnskapsgrunnlag kan virkningene komme til uttrykk som endringer i atferd.

Sel synes ikke å bli nevneverdig berørt; det identifiserte behovet for seismisk aktivitet i utredningsområdet overlapper ikke med de forskjellige selartenes kjerneområder. I tillegg tyder erfaringer på at sel synes å være mindre påvirket av denne type støy.

Det er dokumentert at hval kan vise fluktresponser og andre atferdsendringer, tilsvarende stressreaksjoner, for seismiske operasjoner innen noen få kilometer fra kilden. Støy fra seismiske operasjoner vil også kunne medføre maskeringseffekter ved at mulighetene til å detektere akustiske signaler som kommunikasjonsrop, ekkolokaliseringsslyder og naturlige lyder i miljøet som er viktige for dyrene overskygges. Atferdsendringer synes imidlertid å være av begrenset omfang og varighet. Hørselskader vil sannsynligvis bare kunne forekomme ved eksponering i umiddelbar nærhet til lydilden. På bakgrunn av ovenstående atferdsresponser synes slike effekter lite trolig.

Atferdsendringene vil i første rekke berøre enkeltindivider. Virkningspotensialet synes derfor å være mer uttrykt for geografiske områder og tidsvinduer hvor forekomstene er særlig store; jo høyere antall og tettheter – desto høyere antall dyr som kan bli berørt. Disse forholdene er drøftet mer inngående i neste seksjon.

7.2.2 Særlig viktige områder og tidsvinduer

Hvalforekomstene i utredningsområdet har et relativt bredt utbredelsesmønster; det er få distinkte, avgrensede geografiske områder og tidsvinduer med forekomster eller opptreden av større bestandsandeler. Som uttrykk for skadepotensialet er det i det følgende gitt en kortfattet sammenstilling av slike områder og perioder (gitt etter Føyn et al. 2002) – felt for felt – hvor forekomstene peker seg ut som særlig betydelige.

Bjørnøya Vest

Større forekomster kan forekomme i områdene rundt Bjørnøya i forbindelse med vandringer av knølhval og vågehval i andre kvartal. Også vågehval kan forekomme i større antall i dette området sommerstid, mens kvitnos-forekomstene synes stabilt høye stort sett gjennom hele året.

Lopparyggen Øst – Nordkappbassenget

Området inngår i utbredelsesområdet til flere hvalarter, og av disse kan kvitnosen forekomme i flokker på flere hundre dyr.

Finnmark Øst

I Finnmark Øst er det periodevis større forekomster av både knølhval, vågehval, nise, springer og spekkhoggere, dog uten at det er identifisert spesielle områder eller perioder med særlig høye konsentrasjoner.

Troms I

Innen området kan det forventes forekomster av flere hvalarter, spesielt vågehval, nise og springere. Alle disse artene er relativt tallrike.

Troms II

Større forekomster av spermhval kan forekomme i områdene rundt Andøya, mens vågehval på vei til og fra næringsområdene i Barentshavet kan opptre i større antall vår og høst.

Nordland VII

Større forekomster av spermhval kan forekomme i områdene rundt Andøya. Spekkhoggeren følger sildas vandringer, også såvidt langt nord, mens vågehval på vei til og fra næringsområdene i Barentshavet kan opptre i større antall vår og høst.

Nordland VII

Spekkhoggeren følger sildas vandringer og kan forekomme i store antall (~500 dyr) i området rundt Vestfjorden om vinteren.

En samlet vurdering av ovenstående forhold viser at konfliktpotensialet seismiske aktivitet vs. marine pattedyr i utgangspunktet er begrenset. Sel vil trolig ikke bli eksponert; kjerneområdet for disse artene overlapper imidlertid ikke de områdene som er identifisert for seismiske undersøkelser. Hval er kjent for å reagere ved stressrelaterte atferdsendringer av begrenset omfang og varighet. Den seismiske aktiviteten berører i første rekke enkeltindivider; og virkningspotensialet kommer således først til uttrykk i avgrensede geografiske områder og tidsvinduer hvor forekomstene er særlig store:

- perioder med større ansamlinger av spekkhogger i områdene rundt Vestfjorden for Nordland VI og Nordland VII
- perioder med større ansamlinger av spermhval rundt Andøya for Nordland VII og Troms II og for Bjørnøya vest, spesielt i vår- og sommerperioden når flere arter kan forekomme i større antall.

På grunnlag av miljøbeskrivelsen som er lagt til grunn for utredningsprosessen (Føyn et al. 2002), og de respektive beskrivelser av forekomstene i tid og rom, er det øvrige konfliktpotensialet vurdert som begrenset.

7.3 Fiskerier

7.3.1 Arealkonflikter og mulige konsekvenser

Voksen fisk er mer robust og virkningene av skyting med luftkanoner kommer derfor mest til uttrykk ved atferdsendringer; - Fisk kan i teorien oppfatte lyden fra luftkanoner på flere kilometers avstand og observasjoner tyder på at fisken reagerer med fluktreaksjoner – såkalte skremmeeffekter.

Slike skremmeeffekter vil under gitte betingelser kunne forplante seg til fiskeriene i form av reduserte fangster. Dette er bekreftet av flere større undersøkelser. Fangstreduksjonen synes å variere fra art til art og mellom de forskjellige redskapstypene. Virkningene kan synes størst i kjerneområdet for de seismiske undersøkelsene men synes å avta i områdets randsoner. Fisken går imidlertid ikke til grunne; virkningene er utvilsomt midlertidige. Dersom det utelukkende er snakk om fluktresponser vil fisken trekke til tilstøtende områder og forholdene trolig stabiliseres etter dager. Hverken det geografiske omfanget eller varigheten av virkningene kan angis helt entydig; dette vil trolig variere både mellom områder og sesonger som resultat av naturlige variasjoner i de biofysiske forholdene og varigheten av de seismiske undersøkelsene. Fangstreduksjonene har f.eks. vist seg å være minst i områder hvor undersøkelser ble utført over noen få dager.

Skadepotensialet kan således betraktes som proposjonalt med utøvelsen av fisket i de områder som blir gjenstand for seismiske undersøkelser; hvor sesongmessige variasjoner så vel som hvem som utøver fisket utgjør viktige faktorer. Sesongmessige fiskerier av særlig lokal og regional betydning synes å være mest sårbare. I det følgende er disse forholdene, utledet fra Kollé et al. (2002) og supplert med annen relevant fiskeristatistikk fra Fiskeridirektoratet, vurdert opp mot scenariene for seimisk aktivitet som er gitt av OD (2002).

7.3.2 Særlig viktige områder og tidsvinduer

Med utgangspunkt i fiskeristatistikk og satellittspøringsdata av fartøyer er det i det følgende antydnet hvilke områder og perioder som peker seg ut som de mest konfliktfylte mhp. den planlagte seismiske aktiviteten.

Bjørnøya Vest

Hovedsaklig helårsfiske og et torskefiske som utpeker seg som omfattende i desember. Generelt betraktes området som lite konfliktfyllt.

Lopparyggen Øst

Hovedsakelig helårsfiske, men noe loddefiske i første kvartal. Konfliktpotensialet vil kunne komme til uttrykk under loddefisket.

Nordkappbassenget

Hovedsakelig helårsfiske, men noe loddefiske i første kvartal. Konfliktpotensialet vil kunne komme til uttrykk under loddefisket.

Finnmark øst

Omfattende loddefisket i februar-mars/april langs kysten av Troms og Finnmark og direktefiske etter hyse i juli-september. I disse periodene kan konfliktpotensialet komme til uttrykk.

Troms I

Satellittspøringsdata viser helt begrenset fiske i dette området og konfliktpotensialet vurderes som lite.

Troms II

Konfliktpotensialet vurderes som stort under Lofotfiske i januar-april.

Nordland VII

Konfliktpotensialet vurderes som stort under Lofotfiske i januar-april og sildefisket i september-februar.

Nordland VI

Konfliktpotensialet vurderes som stort under Lofotfiske i januar-april og sildefisket i september-februar.

Samlet sett, og særlig i ressursmessig, økologisk perspektiv, vurderes virkningspotensialet for fiskeriene i utgangspunktet som begrenset; fisken går hverken til grunne eller er tapt for fiskeriene – fangstreduksjonene er åpenbart av begrenset omfang og varighet. Virkningene er like fullt dokumentert, og for den enkelte fisker, særlig ved utøvelse av sesongmessige fiskerier, kan dette være av betydning. Virkningspotensialet er i så måte mest uttrykt i de områder og tidsvinduer hvor fisket er mest intensivt, tilsvarende:

- under Lofotfisket og tilstøtende fiske i september-april for områdene Nordland VI, Nordland VII og Troms II
- under loddefisket i februar-april i Finnmark øst.

Sesimisk aktivitet kan berøre fisket også i andre områder og sesonger, men konfliktpotensialet vurderes som mindre. Disse vurderingene er samlet i tabell 7.2 med indikasjon av særlig intensive sesonger og områder for fiskeriene.

Tabell 7.2. Særlig viktige sesongmessige fiskerier, tilsvarende områder og tidsvinduer med særlig intensivt fiske i de ulike områdene for planlagt seismisk aktivitet.

Område	Fiske	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Bjørnøya Vest													
Lopparyggen Øst	Loddefiske												
Nordkappbassenget	Loddefiske												
Finnmark øst	Loddefiske, hysefiske												
Troms I													
Troms II	Lofotfiske												
Nordland VII	Lofotfiske, sildefiske												
Nordland VI	Lofotfiske, sildefiske												

7.4 Forslag til avbøtende tiltak

På grunnlag av tidligere erfaringer så vel som virkninger og konsekvenser av seismisk aktivitet som er beskrevet og diskutert i foregående kapitler for hhv. fisk, marine pattedyr og fiskerier kan det foreslås noen enkle tiltak for å begrense eventuelt virkningsomfang.

Fisk

- Skadepotensialet til fiskeegg og -larver er dokumentert, men begrenset til luftkanonenes umiddelbare nærområde. Virkningene på bestandsnivå er helt klart begrenset, men kan begrenses ytterligere ved at man i utgangspunktet unngår de tidsvinduene og områdene hvor det forekommer store konsentrasjoner av egg og larver i de øvre deler av vannsøylen.
- Atferdsendring hos voksen fisk i form av skremmeeffekter er påvist og kan i sin ytterste konsekvens gi utslag i endringer av fiskens vandrings- og gyttemønster. Dette styrker ovenstående anbefaling om at omfattende seismisk aktivitet bør begrenses i perioder med og kjerneområder for omfattende gyting av kommersielt viktige fiskearter.

Marine pattedyr

- Skyting med luftkanoner kan føre til midlertidige atferdsendringer som f.eks. fluktresponser hos hval. Konsekvensen er i utgangspunktet begrenset, men kan begrenses ytterligere ved om mulig unngå aktivitet i områder og perioder av året med forventet høyere tettheter av marine pattedyr.
- ”Ramp- up” er en form for forebyggende tiltak som blant annet benyttes i Mexicogulven. Tiltaket går ut på en gradvis økning i lyd nivået fra luftkanoner, ved systematisk å skru opp til full styrke

over en lengre tidsperiode. Prosedyren benyttes for å gi dyrene tid til å svømme bort fra nærområdene for aktiviteten, og bør vurderes som en del av ovenstående forslag.

Fiskerier

- På grunnlag av dokumenterte skremmeeffekter og fangstreduksjoner, som riktignok er av begrenset omfang og varighet, bør det vurderes begrensninger i seismisk aktivitet for områder og tidsvinduer hvor det drives særlig intensivt fiske.
- Fra fiskerihold er det hevdet at det ikke formidles tilstrekkelig informasjon om den seismiske aktiviteten. Et viktig avbøtende tiltak vil derfor være å styrke allerede eksisterende rutiner for kommunikasjon mellom fiskeriinteressene og aktørene som utøver den seismiske aktiviteten (både seismiske selskaper og oljeselskapene).

LITTERATUR

- Alpha & HI 2002. RKU-Norskehavet: Oppdatering av eksisterende beskrivelse av miljøressurser. Aktivitet 6: Seismikk. Alpha Notat 1098 III. Alpha Miljørådgivning og Havforskningsinstituttet.
- Blaxter, J.H.S. & Hoss, D.E. 1981. Startle response in herring: The effect of sound stimulus frequency, size of fish and selective interference with the acoustic-Lateralis system. *J. Mar. Biol. Assoc. UK* 61: 871-879.
- Blaxter, J.H.S., Gray, J.A.B. & Denton, E.J. 1981. Sound and startle response in herring shoals. *J. Mar. Biol. Assoc. UK* 61: 851-869.
- Booman, C., Dalen, J., Leivestad, H., Levsen, A., Van Der Mehren, T. & Toklum, K. 1996. Effekter av luftkanonskyting på egg, larver og yngel. Undersøkelser ved Havforskningsinstituttet og Zoologisk Laboratorium, Universitetet i Bergen. *Fisken og Havet*, Nr. 3 – 1996. 83 s.
- Brude, O.W., Ugland, K.I. & Moe, K.A. 2000. Olje-Fisk – Barentshavet. Anskueliggjøring av miljørisiko i forbindelse med Borekampanjen 2000-2001. Alpha Rapport 1057-1. Alpha Miljørådgivning. 33 s.
- Caldwell, J. 2002. Does air-gun noise harm marine mammals? *The Leading edge* 21(1): 75-78.
- Dalen, J. 1973. Stimulering av sildestimer. Forsøk i Hopavågen og Imsterfjorden/Verrafjorden 1973. Rapport for NTNF, NTH nr. 73-143-T, Trondheim. 36 s.
- Dalen, J. 1993a. Effekter av luftkanonskyting på egg, larver og yngel. Rapport Nr. 10 - 1993, Senter for marine ressurser, Havforskningsinstituttet.
- Dalen, J. 1993b. Effekter av luftkanonskyting på egg, larver og yngel til havs. Rapport Nr. 9 - 1993, Senter for marine ressurser, Havforskningsinstituttet.
- Dalen, J. & Raknes, A. 1985. Skremmeeffekter på fisk frå 3-dimensjonale seismiske undersøkingar. Havforskningsinstituttet, rapp. nr. FO 9504, Bergen. 25 s.
- Dalen, J. & Knutsen, G.M. 1987. Scaring effects in fish and harmful effects on eggs, larvae and fry by offshore seismic explorations. S. 93-102 in Merklinger, H.M. (red.): *Progress in Underwater Acoustics*. Plenum Publishing Corporation.
- Davis, R.A., Thomson, D.H. & Malme, C.I. 1998. Environmental assessment of seismic exploration on the Scotian shelf. LGL Limited environmental research associates for Mobil Oil Canada Properties Ltd., Shell Canada Ltd., Imperial Oil Ltd. Calgary, AB. 5 August 1998.
- Døving, K.B. 1991. Assessment of animal behaviour as a method to indicate environmental toxicity. *Comp. Biochem. Physiol.* 100C (1/2): 247-252.
- Engås, A., Løkkeborg, S., Ona, E. & Soldal, A.V. 1993. Effekter av seismisk skyting på fangst og fangsttilgjengelighet av torsk og hyse. *Fisken og Havet*, Nr. 3 – 1993.
- Finneran, J.J., Schlundt C.E., Dear, R., Carder, D.A. & Ridgway S.H. 2002. Temporary shift in masked hearing thresholds in odontocetes after exposure to single underwater impulses from a seismic water gun. *Journal of the Acoustical Society of America* 111(6): 2929-2940.
- Fossum, P. & Øiestad, V. 1992. De tidlige livsstadiene hos fisk i møte med trusselen fra petroleumsvirksomheten. Sluttrapport fra Havforskningsinstituttets egg og larveprogram – HELP (1985-1991). 78 s.
- Føyn, L., von Quillfeldt, C.H. & Olsen, E. 2002. Miljø- og ressursbeskrivelse av området Lofoten-Barentshavet. *Fisken og havet*, Nr. 6 - 2002.
- Gisner, R. C. 1998. Workshop on the effects of anthropogenic noise in the marine environment, 10-12 February 1998. Marine Mammal Science Program, Office of Naval Research.
- Harris, R.E., Miller, G.W. & Richardson, W.J. 2001. Seal responses to airgun sounds during summer seismic surveys in the Alaskan Beaufort Sea. *Marine Mammal Science* 17 (4): 795-812.
- Harwood, J. & Wilson, B. 2001. The implications of developments on the Atlantic Frontier for marine mammals. *Continental shelf research* 21: 1073-1093.
- Hassel, A., Knutsen, T., Dalen, J., Løkkeberg, S., Skaar, K., Østensen, Ø., Haugland, E.K., Fonn, M., Høines, Å. & Misund, O.A. 2003. Reaction of sandeel to seismic shooting: A field experiment and fishery statistics study. IFM, Bergen, Norway.
- Holliday, D.V., Pieper, R.E., Clarke, M.E. & Greenlaw, C.F. 1987. The effects of airgun energy releases on the eggs, larvae and adults of the Northern anchovy (*Engrails modal*). API Publication no. 4453, American Petroleum Institute, Washington, DC, USA. 108 pp.

- Isaksen, K. & Wiig, Ø. 1995. Conservation value assessment and distribution of selected marine mammals in the Northern Barents Sea. Norsk Polarinstittutt Meddelelser nr. 136. Oslo 1995. AKUP.
- Iversen, S.A. (red.) 2001. Havets ressurser 2001. Fiskeriet og havet, særnummer 1 - 2001. Havforskningsinstituttet.
- Jákupsstovu, S.H, Olsen, D. & Zachariassen, K. 2001. Effects of seismic activities on the fisheries at the Faeroe Islands. Report. Fiskirannsóknarstovan, Torshavn, Færøylene. 42 pp. + Appendix.
- Kosheleva, V. 1992. The impact of air guns used in marine seismic explorations on organisms living in the Barents Sea. Contr. Petro Piscis II '92 Conference F-5, Bergen, 6-8 April, 1992. 6 pp.
- Knudsen, F.R. & Enger, P.S. 1992. Seismic Surveying: The effects of air guns on marine organisms. Report. Cooperating Marine Scientists.
- Kolle, J., Havelin, T., Rudi, T-O., Lorentsen, E., Jensen, P., Rasmussen, D. & Berg, Ø. 2002. Fiskeriaktiviteten i området Lofoten- Barentshavet. Delrapport til konsekvensutredning for fiskeri, havbruk og skipstrafikk. Fiskeridirektoratet, Norges Fiskarlag, Norges kystfiskarlag, Norges råfisklag, Norges sildesalgslag 1. november 2002.
- Kostyuchenko, L.P. 1973. Effects of elastic waves generated in marine seismic prospecting of fish eggs in the Black Sea. Hydrobiological Journal 9 (5): 45-48.
- Larsen, T., Kjellsby, E. & Olsen, S. 1993. Effekter av undervannsprengning på fisk. Rapport Nr. 11, Senter for marine ressurser, Havforskningsinstituttet.
- Ljungblad, D.K., Würsig, B., Swartz, S.L. & Keene, J.M. 1988. Observations on the behavioural response of bowhead whales (*Balaena mysticetus*) to active geophysical vessels in the Alaskan Beaufort Sea. Arctic 41 (3): 183-194.
- Løkkeborg, S. & Soldal, A.V. 1993. The influence of seismic exploration with air guns on cod (*Gadus morhua*) behaviour and catch rates. ICES Mar. Sci. Symp. 196: 62-67.
- Malme, C.I., Smith, P.W. & Miles, P.R. 1986. Characterization of geophysical acoustic survey sounds. OCS Study MMS-86-0032. Prepared by BBN Laboratories for Batelle Memorial Inst. to the Dept. of Interior, Mineral Management Services, LA, California.
- Malme, C.I., Würsig, B., Bird, J.E. & Tyack, P. 1988. Observations on feeding grey whale responses to controlled industrial noise exposure. S. 55-73 In: Sackinger, W.M. et al. (eds.), Port and ocean engineering under arctic conditions, vol. II. Geophys. Inst., Univ. Alaska, Fairbanks. 111 pp.
- Mate, B.R., Stafford K.M. & Ljungblad D.K. 1994. A change in sperm whale (*Physeter macrocephalus*) distribution correlated to seismic surveys in the Gulf of Mexico. Journal of the Acoustical Society of America 96 (5, Pt 2): 3268-3269.
- Matsen P.T., Møhl, B.K. & Wahlberg, M. 2002. Male sperm whale behavior during exposures to distant seismic survey pulses. Dept. of Zoophysiology, Institute of Biological Sciences, University of Aarhus.
- Moe, K.A. & Brude, O.W. 2001. Seismikk i blokk 31/10-11, 26/1, 2, 4, 5, 7 og 8 høsten 2001. Vurderinger av problemstillinger vis à vis fiskeriinteresser. Alpha Rapport 1085-01-01. Alpha Miljørådgivning. 18 s.
- Moe, K.A., Ugland, K.I. & Brude, O.W. 2000. Fisk & Olje. Et integrert konsept for skade- og risikoberegninger. Alpha Rapport 1028-1. Alpha Miljørådgivning. 34 s.
- National Research Council (NRC) 2003. Ocean noise and marine mammals. Prepublication copy. The National Academies Press. Washington, D.C.
- OD 2002. Forventet fremtidig seismikk behov. Oljedirektoratet. Notat av 09.11.02.0.
- Pethon, P. 1998. Aschehougs store fiskebok. Norges fisker i farger. 4. reviderte utgave 1998. ISBN 82-03-22260-9.
- von Quillfeldt, C., Eliassen, J-E., Føyn, L., Gulliksen, B., Lydersen, C. & Marstrander, L. 2002. Marine verdier i havområdene rundt Svalbard. Oversikt over marine områder i territorialfarvannet og fiskevernsonen med behov for vern eller andre forvaltningstiltak. Norsk Polarinstittutt Rapportserie nr. 118. Norsk Polarinstittutt 2002.
- Richardson, W.J., Würsig, B. & Greene C.R. 1986. Reactions of bowhead whales (*Balaena mysticetus*), to seismic exploration in the Canadian Beaufort Sea. Journal of the Acoustical Society of America 79 (4):1117-1128.

- Richardson, W.J., Finlet, K.J., Miller, G.W., Davis, R.A. & Koski, W.R. 1995. Feeding, social and migration behaviour of bowhead whales, *Balena mysticetus*, in Baffin Bay vs. The Beaufort sea – regions with different amounts of human activity. *Marine Mammal Science* 11 (1):1-45.
- Rostad, H., Kolbjørnsen, K., Lorentsen, E. & Sæther, K. 1995. Effekter av luftkanonskyting på fiskeressursene. Rapport. Rostad Consulting.
- Skalski, J.R., Pearson, W.H. & Malme, C.I. 1992. Effects of sound from geophysical survey device on catch-per-unit-effort in a hook-and-line fishery for rockfish (*Sebastes sp.*). *Can. J. Fish., Aquat. Sci.* 49: 1357-1365.
- Slotte, A., Hansen, K., Dalen, J., Ona, E., 1999. Acoustic mapping of pelagic fish distribution and density in relation to a seismic shooting area off the Norwegian west coast. Paper 270: Session 7 Avoidance, ICES Symposium “Acoustics in fisheries and aquatic, Montpellier 2002.
- Soldal, A.V. & Løkkeborg, S. 1993. Seismisk aktivitet og fiskefangster. Analyse av innsamlede fangstdata. *Fisken og Havet*. Nr. 4 – 1993.
- Sætre, R. & Ona, E. 1996. Seismiske undersøkelser og skader på fiskeegg og larver; en evaluering av mulige effekter på bestandsnivå. *Fisken og Havet*, Nr. 8 – 1996. 25 s.
- Aaserød, I.M., Moe, K.A. & Østby, C. 2003. Utredning av helårlig petroleumsvirksomhet i området Lofoten – Barentshavet. Konsekvenser for fiskerivirksomhet. Temerapport 8-b. Agenda. Utkast til rapport av 14.03.2003.