

STATOIL

**KONSEKVENsutREDNING - AVVIKLING OG  
DISPONERING AV TOMMELITEN GAMMA**

*Tommeliten*  
*Statoil*

Emne: Avviklingsplan

Kommentar: Dette er en konsekvensutredning som skal inn som en del av Statoils avslutningsplan for Tommeliten Gamma

Forfatter Even Lind og Bernt Rønningsbakk

Nøkkelord konsekvensutredning, avviklingsplan

Prosjektnr 96035

Rapportnavn Konsekvensutredning - avvikling og disponering av Tommeliten Gamma

Rapportnr 9777

Lagret bernt, F:\BERNT\TOMMELIT\RA9777BR.DOC

Sist lagret dato: 05.07.96 12:57

Sist lagret av: Bernt Rønningsbakk

Sist skrevet ut: 17.06.97 14:18

**Endelig utgave**

## FORORD

Den norske stats oljeselskap har på vegne av lisensgruppen igangsatt arbeidet med å utføre en konsekvensutredningen i forbindelse med avslutningsplanen for Tommeliten Gamma.

Eierandelene er fordelt slik:

Den norske stats oljeselskap a.s. (SDØE 42,38 %):	70,64 %
Fina Exploration Norway:	20,23 %
Norsk Agip A/S:	9,13 %

Arbeidet har vært lagt opp i henhold til generelle faglige kriterier for konsekvensutredninger. Det er tatt hensyn til de krav og metoder som omtales i:

- Ot. prp. nr 43, (1996) Lov om Petroleumsvirksomhet, NOU 1993:25 - "Avslutning av petroleumsproduksjon - fremtidig disponering av innretninger"
- OLFs «Metodestudie - Miljø- og samfunnsmessige konsekvenser ved plattformdisponering», 1996

Fra Statoil har følgende fulgt prosjektet og bidratt med bakgrunnsmateriale:

Øyvind Strøm  
Bjørn Bekken  
Ingrid Sølvberg

Asplan Viak Stavanger har vært konsulent i samarbeid med Det Norske Veritas:

Even Lind	Asplan Viak Stavanger
Bernt Rønningsbakk	Asplan Viak Stavanger
Steinar Nesse	Det Norske Veritas
Terje Sverud	Det Norske Veritas
Alvar Mjelde	Det Norske Veritas
Alf G. Melbye	Det Norske Veritas

Stavanger, 4.juni 1996

Even Lind  
Prosjektleder

# INNHOLD

<b>1 SAMMENDRAG</b>	<b>6</b>
1.1 Bunnramme	7
1.2 Rørledninger	8
1.3 Kontrollkablene	9
<b>2 INNLEDNING</b>	<b>11</b>
2.1 Kort om feltet	11
2.2 Lovverkets krav til konsekvensutredninger - beslutningsprosess	12
2.2.1 Internasjonale konvensjoner og retningslinjer	12
2.2.2 Nasjonalt lovverk	13
2.2.3 Beslutningsprosess	14
<b>3 MÅLSETTING OG PROBLEMSTILLINGER</b>	<b>16</b>
3.1 Målsetting	16
3.2 Problemstillinger ved alternative disponeringer	17
<b>4 ALTERNATIVE DISPONERINGER AV INNRETNINGENE</b>	<b>19</b>
4.1 Beskrivelse av innretningene	19
4.1.1 Bunnrammen	20
4.1.2 Rørledninger	20
4.1.3 Kontrollkabler	20
4.2 Materialtyper og mengder	20
4.3 Disponeringsalternativer og estimerte kostnader	21
4.3.1 Bunnrammen	22
4.3.2 Rørledningene	24
4.3.3 Kontrollkablene	24
4.4 Alternative løsninger	24
<b>5 MILJØMESSIGE KONSEKVENSER</b>	<b>25</b>
5.1 Områdebeskrivelse	25
5.1.1 Forekomst av naturressurser	25
5.1.2 Miljøets nåtilstand	26
5.2 Bunnramme	27
5.2.1 Gjenbruk	27
5.2.2 Opphugging/Resirkulering	30

	4
5.2.3 Deponering på dypt vann	31
5.2.4 Etterlatelse	33
5.2.5 Miljømessige vurderinger	33
<b>5.3 Rørledninger</b>	<b>35</b>
5.3.1 Gjenbruk	35
5.3.2 Opphugging/Resirkulering	36
5.3.3 Etterlatelse	38
5.3.4 Miljømessige vurderinger	38
<b>5.4 Kontrollkabler</b>	<b>38</b>
5.4.1 Opphugging/Resirkulering	38
5.4.2 Etterlatelse	39
5.4.3 Miljømessige vurderinger	40
<b>6 KONSEKVENSER FOR SAMFUNN OG FISKERI</b>	<b>41</b>
<b>6.1 Beregningsmetode for sysselsetting</b>	<b>41</b>
<b>6.2 Bunnramme</b>	<b>41</b>
6.2.1 Sysselsettingseffekter for disponeringsalternativene	41
6.2.2 Konsekvenser for fiskeriene	42
<b>6.3 Rørledninger</b>	<b>44</b>
6.3.1 Sysselsettingseffekter av disponeringsalternativene	44
6.3.2 Konsekvenser for fiskeriene	45
<b>6.4 Kontrollkabler</b>	<b>46</b>
6.4.1 Sysselsettingseffekter av disponeringsalternativene	46
6.4.2 Konsekvenser for fiskeriene	46
<b>6.5 Fri ferdsel</b>	<b>46</b>
<b>7 AVBØTENDE TILTAK, OPPFØLGING OG OVERVÅKNINGSPROGRAM</b>	<b>47</b>
<b>8 SAMMENSTILLING AV DISPONERINGSALTERNATIV</b>	<b>48</b>
<b>8.1 Bunnramme</b>	<b>48</b>
8.1.1 Konsekvenser ved gjenbruk av bunnrammen	49
8.1.2 Konsekvenser ved resirkulering av bunnrammen	50
8.1.3 Konsekvenser ved deponering av bunnrammen på dypt vann	51
8.1.4 Konsekvenser ved etterlating og overgrusing av bunnrammen	51
<b>8.2 Rørledninger</b>	<b>52</b>
8.2.1 Konsekvenser ved gjenbruk av rørledningene	53
8.2.2 Konsekvenser ved resirkulering av rørledningene	53
8.2.3 Konsekvenser ved etterlating av rørledningene	54
<b>8.3 Kontrollkabler</b>	<b>54</b>
8.3.1 Konsekvenser ved resirkulering eller etterlating av kablene	55

	5
<b>9 REFERANSER</b>	<b>56</b>
<b>10 VEDLEGG</b>	<b>57</b>
<b>10.1 Internasjonale avtaler</b>	57
<b>10.2 Utdrag fra OSCOM retningslinjene</b>	59
<b>10.3 Materialliste for Tommeliten Gamma</b>	61
<b>10.4 Metaller</b>	63
<b>10.5 Sentrale prosesser ved deponering av metalliske enheter i sjøen</b>	64
<b>10.6 Fiskeristatistikk og begrensninger ved bruk</b>	67

# 1 SAMMENDRAG

Tommeliten Gamma er lokalisert i blokk 1/9, sørvest for Ekofisk på ca. 73 m vanddyb. Feltet er bygget ut med et undervanns produksjonssystem. Brønnstrømmen føres til Edda plattformen, og behandlingen foregår i eksisterende Ekofiskanlegg. Denne utredningen omfatter bunnrammen, rørledningene og den elektriske og hydrauliske kontrollkabelen.

Feltet har vært i produksjon siden oktober 1988, og produserer gass med assosiert kondensat. Det var pr. 31.12.96 produsert 3,7 mill Sm<sup>3</sup> olje, 8,7 mrd Sm<sup>3</sup> gass og 1,1 mill Sm<sup>3</sup> NGL. I juli 1998 skal produksjonen fra feltet avsluttes. Solgte mengder ved utgangen av 1997 er beregnet til 9,5 mrd Sm<sup>3</sup> gass, 4,0 mill Sm<sup>3</sup> olje og 1,2 mill Sm<sup>3</sup> NGL.

Installasjonene på Tommeliten Gamma består av en bunnramme, tre rørledninger, en elektrisk og en hydraulisk kontrollkabel samt prosessutstyr på Edda plattformen. Det er gjennomført studier som tar for seg alternative måter å disponere installasjonene på. Studiene bekrefter gjennomførbarhet og skisserer kostnader og tidsforbruk for ulike disponeringsløsninger. Denne konsekvensutredningen tar utgangspunkt i disse studiene, og analyserer de samlede miljø- og samfunnsmessige konsekvensene ved avviklingen av Tommeliten Gamma.

Utredningen tar for seg de disponeringsalternativene som framgår av tabell 1.1.

*Tabell 1.1 Oversikt over alternative disponeringer for de enkelte innretninger på Tommeliten Gamma. Svart felt angir ikke aktuell løsning.*

	Gjenbruk	Resirkulering	Deponering på dypt vann	Etterlating
<b>Bunnramme</b>				
<b>Rørledninger</b>				
<b>Kontrollkabler</b>				

Alternativene er utredet for miljømessige og samfunnsmessige konsekvenser inklusiv fiskerier. I tillegg er det utarbeidet en materialoversikt for installasjonene. Utredningen behandler Tommeliten installasjonene isolert, og tar ikke høyde for eventuelt samvirke med hva som gjøres med andre installasjoner.

## 1.1 Bunnramme

Bunnrammen med tilhørende utstyr består hovedsaklig av stål, ca. 1000 tonn. Konstruksjonen er påmontert vel 17 tonn aluminiumbaserte offeranoder. I tillegg er konstruksjonen begrodd av marine organismer, anslått til ca. 150 tonn.

Miljøkonsekvenser for disponering av bunnrammen er vurdert med hovedvekt på avgasser fra transport opphugging og omsmelting, generering av avfall og effekter på marint miljø ved deponering i sjøen.

Tabell 1.2 Konsekvensmatrise - bunnramme

Konsekvenser	Disponeringsalternativ			
	Gjenbruk	Resirkulering	Deponering på dypt vann	Etterlating (overgrusing)
<b>Miljø</b>				
Utslipp til luft - CO <sub>2</sub> , tonn	- 660*	- 490	1480	280
- NO <sub>x</sub> , tonn	- 4	- 4	33	6
- SO <sub>2</sub> , tonn	- 27	- 27	3	1
Effekter på marint miljø	Neglisjerbare effekter fra sprengning	Neglisjerbare effekter fra sprengning	Neglisjerbare effekter fra sprengning Små lokale effekter av metaller på sedimentkvalitet	Små lokale effekter av metaller på sedimentkvalitet
Avfall, tonn	500	180	0	0
<b>Samfunn</b>				
Syssetsetting i årsverk	61	74	48	12
Fiskeri, ulemper	Ingen	Ingen	Ingen	Meget begrensede
Fri ferdsel, ulemper	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen, men på grensen av IMO- retningslinjer
Avbøtende tiltak	Mulig oppfølging i lagringstid	Ingen	Ingen	Oppfølging av grus- tildekking, evt. etterfylling
Estimerte kostnader (mill.NOK)	42	46	42	15

\* Negative tall betyr en besparelse av utslipp sammenlignet med alternativ produksjon.

Samtlige disponeringsalternativer vurderes som miljømessig akseptable. Alternativene gjenbruk og resirkulering er gunstig ressursmessig og med tanke på avgasser. Disse alternativene vil imidlertid bidra til en viss avfallsgenerering. Deponering i sjø vil på sin side kun gi marginale effekter på miljøet.

Området rundt Tommeliten benyttes som gyteområde av arter som tobis, makrell, torsk og øyepål. Fisket i området domineres av notfiske etter sild og trålfiske etter tobis. Norsk trålfiske i området er begrenset, men det er noe mer omfattende for utenlandske fiskere. Sjøbunnen i området er lite forurensset. Omfanget av borekaks ble undersøkt i mai 1996 og det var lite kaks i nærområdene rundt bunnramme.



Mulige negative konsekvenser for fiskeriene vil være relatert til etterlating av bunnrammen på feltet og anses kun som relevant for trålfiske. Løsninger hvor rammen fjernes fra feltet vil gi ingen eller positive virkninger for fiskeriene.

Etterlating av en overgruset bunnramme vil ikke medføre noe tapt fangstpotensiale for fiskerne. Eventuelt beslaglagt areal vil være meget beskjedent, og bunnrammen vil også være overtrålbart. Mulige virkninger vil derfor være begrenset til skade på fangst og redskap fra stein/pukk. Sannsynligheten for at en slik hendelse skal inntreffe er imidlertid meget lav, og de totale negative konsekvensene for fiskeriene synes derfor å være meget begrenset.

De estimerte kostnadene for gjenbruk, resirkulering og deponering varierer fra 42 til 46 millioner NOK. Kostnader for overgrusing er anslått til 15 millioner NOK. Sysselsettingseffekten er høyest for resirkulering med omlag 75 årsverk.

Det er ikke inkludert noen eventuell salgsinntekt ved kostnadsestimeringen for gjenbruksalternativet da det er knyttet store usikkerheter til denne inntekten.

## 1.2 Rørledninger

De tre rørledningene er laget av rustfritt duplex stål, og de to produksjonsrørledningene er isolert med plastmaterialer. Rørledningene er katodisk beskyttet med aluminiumbaserte offeranoder. Før endelig disponering vil rørledningene være rengjort.

Tabell 1.3 Konsekvensmatrise - rørledning

Konsekvenser	Disponeringsalternativ		
	Gjenbruk	Resirkulering	Etterlating
<b>Miljø</b>			
Utslipp til luft - CO <sub>2</sub> , tonn	- 6000	- 5500	0
- NO <sub>x</sub> , tonn	- 6	- 6	0
- SO <sub>2</sub> , tonn	- 720	- 720	0
Effekter på marint miljø	Neglisjerbare effekter ved fjerning	Neglisjerbare effekter ved fjerning	Små lokale effekter av metaller på sedimentkvalitet
Avfall, tonn	20	250	0
<b>Samfunn</b>			
Sysselsetting i årsverk	34	111	2
Fiskeri, ulemper	Ingen	Ingen	Ingen
Fri ferdsel, ulemper	Ingen	Ingen	Ingen
<b>Avbøtende tiltak</b>	Oppfølging i lagringstid	Ingen	Mulig oppfølging av overgrusing, evt. etterfylling
<b>Estimerte kostnader (mill.NOK)</b>	26	29	1

\* Negative tall betyr en besparelse av utslipp sammenlignet med alternativ produksjon.

Samtlige disponeringsalternativer for rørledningene vurderes som miljømessig akseptable. Gjenbruk av rørledningene gir god ressursutnyttelse og er en miljømessig god løsning. Både gjenbruk og gjenvinning er gunstig med tanke på avgasser og energiutnyttelse. Gjenvinning vil medføre at det genereres en del avfall, hvorav en del vurderes som spesialavfall. Effekter ved etterlating av de nedgravde rørledningene vil være begrenset til lokalt forhøyede metallkonsentrasjoner i sediment over lang tid, men effekten av dette på miljø vurderes som neglisjerbar.

Ingen av de aktuelle løsninger vil ha noen merkbare negative effekter for fiskeriene.

Gjenbruksalternativet har en potensiell salgssinntekt eller gjenbruksgevinst som ikke er tatt med i regnestykket da det er knyttet store usikkerheter til dette. Resirkulering vil ha en klart større sysselsettingseffekt enn gjenbruksalternativet.

### 1.3 Kontrollkablene

Kontrollkablene er utredet for løsninger med fjerning for opphugging og gjenvinning, samt etterlating på stedet. Gjenbruk anses ikke som noe aktuelt alternativ. Den elektriske kabelen består av kobberleder, stålarmring og isolasjonsmaterialer. Den hydrauliske kabelen består av stål og isolasjonsstoffer. Denne vil bli rengjort før endelig disponering.

Tabell 1.4 Konsekvensmatrise - kontrollkabler

Konsekvenser	Disponeringsalternativ	
	Resirkulering	Etterlating
<b>Miljø</b>		
Utslipp til luft - CO <sub>2</sub> , tonn	130	0
- NO <sub>x</sub> , tonn	7	0
- SO <sub>2</sub> , tonn	0	0
Effekter på marint miljø	Neglisjerbare effekter ved fjerning	Små lokale effekter av metaller på sedimentkvalitet
Avfall, tonn	80	0
<b>Samfunn</b>		
Sysselsetting i årsverk	5	2
Fiskeri, ulemper	Ingen	Ingen
Fri ferdsel, ulemper	Ingen	Ingen
<b>Avbøtende tiltak</b>	Ingen	Ingen
<b>Estimerte kostnader (mill.NOK)</b>	9	1

På grunn av transportarbeid vil ikke gjenvinning av kablene gi en netto besparelse i energibruk og utslipp til luft. Utslippene er likevel helt marginale. Dersom kablene kan ligge helt uforstyrret og nedgravd i sedimentet forventes ingen målbare effekter på miljø. Begge løsningene vurderes som miljømessig akseptable.

Både rørledningene og kontrollkablene er nedgravd i sjøbunnen. De er laget av bestandige materialer, og antas ikke å sprekke opp og disintegre på flere hundre år. Etterlating vil ikke medføre noe båndlegging av areal. Så lenge de forblir nedgravd forventes ingen konsekvenser for fiskeriene. Dersom de skulle bli eksponert mot overflaten kan de på veldig lang sikt utgjøre potensielle hindringer, men det vurderes som lite sannsynlig at dette vil inntreffe. Totalt sett vil etterlatelse av rørledninger og kontrollkabler kun innebære et potensiale for minimale konsekvenser for fiskeriene.

## 2 INNLEDNING

Produksjonen fra Tommeliten Gamma avsluttes 31. juli 1998. I den forbindelse skal det utarbeides en teknisk-økonomisk plan for disponering av installasjonene. Det er gjennomført studier som beskriver framgangsmåter for disponering, bekrefter gjennomførbarhet og skisserer kostnader og tidsforbruk. Denne konsekvensutredningen tar utgangspunkt i disse studiene når den ser nærmere på de samlede miljø- og samfunnsmessige konsekvensene ved avviklingen av Tommeliten Gamma.

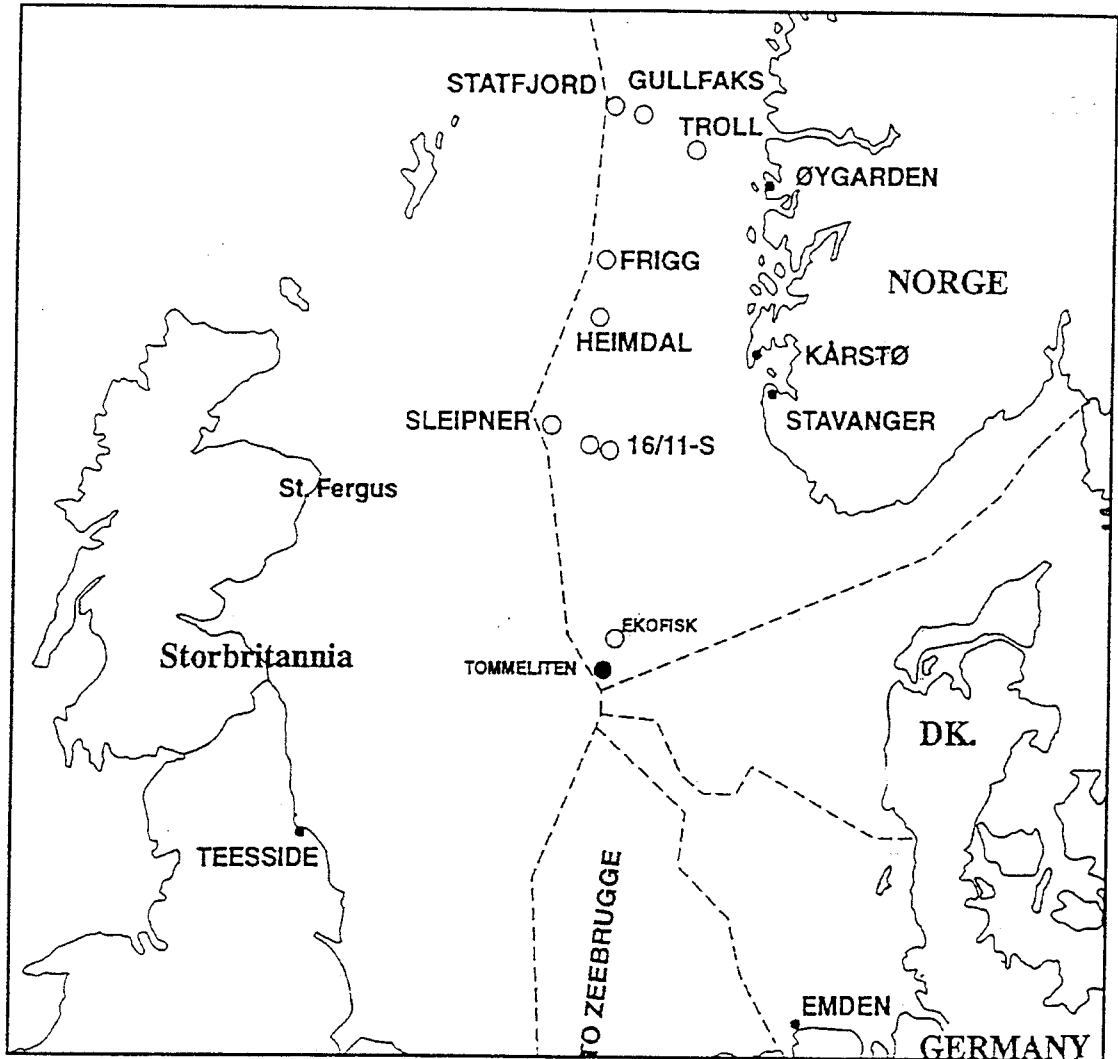
### 2.1 Kort om feltet

Tommeliten Gamma er lokalisert i blokk 1/9, sørvest av Ekofisk på ca. 73 m vandyp. Feltet er bygget ut med et undervannsproduksjonssystem, og denne utredningen omfatter disponering av bunnrammen, rørledningene og kontrollkablene.

Feltet har vært i produksjon siden oktober 1988, og produserer gass med assosiert kondensat. Det var pr. 31.12.96 produsert 8,7 mrd  $\text{Sm}^3$  gass, 3,7 mill  $\text{Sm}^3$  olje og 1,1 mill  $\text{Sm}^3$  NGL. Solgte mengder ved avslutning i juli 1997 er beregnet til 9,5 mrd  $\text{Sm}^3$  gass, 4,0 mill  $\text{Sm}^3$  olje og 1,2 mill  $\text{Sm}^3$  NGL.

Produksjonen fra havbunnsbrønnene transporteres gjennom rørledninger til Edda plattformen, som er lokalisert 11,7 km fra bunnrammen. Etter prosessering på Edda plattformen, transporteres gassen og kondensatet til Ekofisk senteret for ytterligere prosessering, før videre transport til mottaksanleggene I henholdsvis Emden og Teesside. Undervannsanlegget kontrolleres fra Edda plattformen via en elektrisk og en hydraulisk kontrollkabel.

De totale investeringene på Tommeliten Gamma er oppgitt til 3,3 mrd 1995-kroner (NOE 1996).



Figur 2.1 Beliggenhet - Tommeliten

## 2.2 Lovverkets krav til konsekvensutredninger - beslutningsprosess

### 2.2.1 Internasjonale konvensjoner og retningslinjer

Det finnes flere internasjonale konvensjoner og avtaler som i ulik grad har innflytelse på hvordan offshore innretninger kan disponeres. To av de mest sentrale knyttet til plattformdisponering er:

- IMO retningslinjene: "The Guidelines and Standards for the Removal of Offshore Installations and Structures on the Continental Shelf and in the Exclusive Economic Zone", IMO 1989.
- OSCOM retningslinjene: "The Guidelines for Disposal of Offshore Installations at Sea", Oslo Commission 1991.

IMO retningslinjene er ikke rettslig bindende, men er godtatt av norske myndigheter og således vurdert som gjeldende på norsk sokkel. I henhold til disse retningslinjene skal enhver offshore installasjon eller struktur fjernes, med unntak for etterlating eller delvis fjerning etter standarder som angitt i Tabell 2.1.

Tabell 2.1 IMO standard for fjerning av utrangerte innretninger

Vanndyp	Plattform vekt (understell)	Krav
< 75 m	< 4000 tonn	Full fjerning
< 100 m	< 4000 tonn	Full fjerning dersom utplassering etter 1.1 1998
Kombinasjoner av dyp og vekt utenfor kriteriene overfor		Delvis fjerning med minimum 55 m fri vannsøyle; vedlikehold av alle deler over havflaten.

IMO retningslinjene foreskriver videre at en fjerningsoperasjon skal utføres slik at det ikke gir negative konsekvenser for navigasjon og miljø. I den forbindelse anbefaler IMO at det utarbeides en konsekvensutredning som en del av utviklingsplanene. OSCOM retningslinjene foreskriver relativt detaljerte krav til utredning og beslutningskriterier i forbindelse med eventuell sjødisponering. OSCOM retningslinjene er nærmere beskrevet i vedlegg 10.2. Andre relevante internasjonale avtaler er beskrevet i vedlegg 10.1.

## 2.2.2 Nasjonalt lovverk

Petroleumsloven av 1985, Kapittel III, § 30 (Overtakelse og fjerning av installasjoner) redegjør ansvarsforholdet i forbindelse med fjerning av installasjoner. Loven gir ikke spesifikke kriterier for fjerning, men den gir myndighetene fullmakt til å fatte beslutning om disponering i den enkelte sak. Myndighetene kan kreve at installasjonen fjernes helt eller delvis, eller at det iverksettes tiltak for å hindre at installasjonen skal forårsake skade eller ulempe for andre.

I OT prp nr 43 (1995/96) legger Nærings- og energidepartementet fram forslag til ny lov om petroleumsvirksomhet som skal erstatte Petroleumsloven av 1985. Lovforslaget tar sikte på å tilpasse regelverket til den fase norsk petroleumsvirksomhet nå går inn i, med utvikling av marginalfelt, nye utbyggingsløsninger og en rekke feltavslutninger. Lovforslaget innebærer blant annet nye regler for avslutningsfasen. Lovteksten er også foreslått omorganisert, og avslutningsfasen blir nå omhandlet i et eget kapittel 5, §§ 5-1 til 5-6.

I lovforslaget ligger det et krav om at rettighetshaver skal utarbeide en avslutningsplan innen 2-5 år forut for antatt produksjonsstans eller lisensperioden utgår. Med et slikt system forventer NOE at det normalt vil være fattet vedtak om disponering før bruken av en innretning opphører eller lisensperioden utgår. De foreslår derfor å ikke videreføre fristbestemmelser for myndighetsbehandling av disponeringssakene.

Det er flere lovverk enn Petroleumsloven som har betydning for disponeringsløsninger. Fjerningsfordelingsloven (1986) fastsetter den kostnadmessige fordelingen mellom operatørselskaper og Staten. Sjødyktighetsloven (1903) kommer til anvendelse ved dumping til

sjøs. Forurensningsloven<sup>1</sup> (1981) ivaretar forurensningsmessige forhold ved enhver form for disponering. Lov om bruk, import/eksport og deponering av radioaktive produkter (1938) kommer til anvendelse ved disponering og behandling av radioaktivt materiale. Havne- og farvannsloven omfatter oppankring av innretninger og sjødeponering i indre farvann. Også andre lovverk kan komme til anvendelse.

I tillegg til lovverkene finnes det en rekke forskrifter som på enkelte detaljområder vil være styrende. Foruten dem som er avledet av Forurensningsloven nevnes: Forskrift om forsøpling og forurensning fra petroleumsaktivitet (1979); Forskrift om innsamling av miljødata (1989); *Forskrift om merking mv. av kjemikalier osv.* (1990); Asbestforskriften (1991); Sikkerhetsforskriften (1985).

### 2.2.3 Beslutningsprosess

Etter at konsekvensutredningen for disponering av plattformer er utarbeidet, skal den oversendes Nærings- og energidepartementet som en del av avslutningsplanen for feltet.

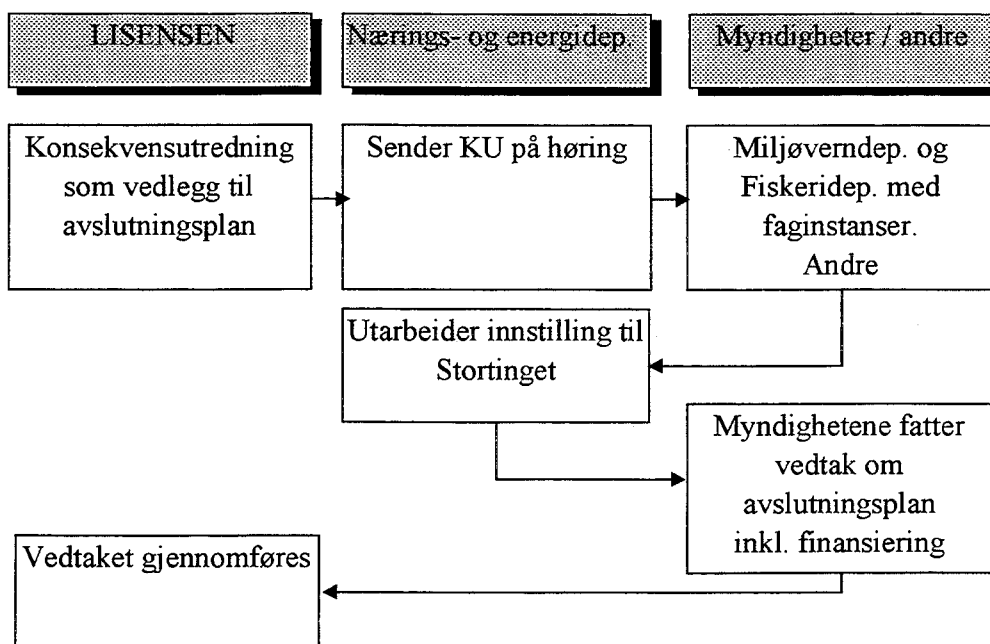
Sentrale høringsinstanser er:

- **Miljøverndepartementet**
- Statens forurensningstilsyn
- Direktoratet for naturforvaltning
  
- **Fiskeridepartementet**
- Fiskeridirektoratet
- Havforskningsinstituttet
- Fiskerisjefen for fylket

Nærings- og energidepartementet samordner merknader som er kommet fra høringsinstansene og forbereder saken for Stortinget. Figur 2.2 illustrerer saksgangen.

---

<sup>1</sup> *Forurensningsloven (med tilhørende forskrifter) setter klare grenser for utslipp, støy og avfallshåndtering. Relevante forskrifter er blant andre spesialavfallsforskriften (1994); Dumpeforskriften (1980); Forskrift om grensekryssende transport av avfall (1994); Forskrift om merking og utslipp av olje osv. (1977); Batteriforskrift (1990); PCB-forskrift (1979); KFK-forskrift (1991).*



Figur 2.2 Beslutningsprosessen for konsekvensutredning som følger avslutningsplan



### 3 MÅLSETTING OG PROBLEMSTILLINGER

Formålet med konsekvensutredningen er å klargjøre hvilke virkninger de ulike disponeringsalternativene har på miljø, naturressurser, sysselsetting og samfunnet forøvrig.

Konsekvensutredningen følger de retningslinjene som er angitt i Petroleumsloven og er utført i henhold til OLFs anbefalte metodeopplegg. Konseptet er i hovedtrekk det samme som ved andre avviklinger såvel som i tradisjonelle konsekvensutredninger etter Plan- og bygningsloven. Utredningen skal tjene som en del av beslutningsunderlaget ved valg av disponeringsløsning. Det er derfor lagt vekt på å få frem forskjellene mellom de ulike disponeringsalternativene.

En del sentrale problemstillinger er adressert i internasjonale regelverk og retningslinjer, tidligere utførte studier, samt innspill fra interesseorganisasjoner, myndigheter og presse. Noen av disse blir belyst i dette kapittelet sammen med metodiske vurderinger.

Forhold knyttet til teknisk gjennomførbarhet og risikoaspekter ved de ulike disponeringsalternativene er dekket i disponeringsplanen og omtales kun kort her.

#### 3.1 Målsetting

Utredningen skal belyse konsekvenser for miljø, fiskeri og samfunn ved ulike disponeringsalternativer for *bunnrammen, rørledningene og kontrollkablene*.

Fire disponeringsalternativer er utredet for bunnrammen:

- Gjenbruk
- Opphugging/resirkulering
- Etterlating
- Deponering på dypt vann

Tre disponeringsalternativer er utredet for rørledningene:

- Gjenbruk
- Opphugging/resirkulering
- Etterlating

To disponeringsalternativer er utredet for kontrollkablene:

- Opphugging/resirkulering
- Etterlating

Konsekvensene for disponeringsalternativene er summert i et vurderingsskjema.

### 3.2 Problemstillinger ved alternative disponeringer

For alle disponeringsalternativene er det viktig å kartlegge hva slags materialer og stoffer (komponenter) installasjonene består av. Herunder er det sentralt å avdekke komponenter som er potensielle forurensningskilder, samt komponenter hvis håndtering er underlagt nasjonale/internasjonale bestemmelser. I tillegg skal utredningen skissere kostnader og metoder for gjennomføring av alternativene. For Tommeliten Gamma er gjennomførbarheten ved de ulike alternativene avklart gjennom metodestudier.

**Gjenbruk** er vurdert for bunnrammen og rørledningene. Sammenlignet med resirkulering, innebærer gjenbruk ytterligere avfallsreduksjon og ressursutnyttelse.

Den potensielle gevinsten ved gjenbruk er tosidig. Dels kan man eliminere et avfallsproblem, dels kan man spare seg for en nybyggingsprosess. Imidlertid vil det ofte være vesentlige forskjeller på nytt og brukt som gjør at konsekvensbildet blir noe mer sammensatt. Kvalitative og kvantitative forskjeller mellom nye løsninger og gjenbruksalternativer vil gi livsløp med ulike miljømessige og samfunnsmessige konsekvenser.

Utredningen vurderer de potensielle gevinstene ved gjenbruk prinsipielt på samme måte som den vurderer resirkulering. Konsekvensene av gjenbruk måles som *reduksjon i energiforbruk, utslipp og spesialavfall for stålproduksjon tilsvarende det som må påregnes ved å produsere samme mengde stål*.

**Opphugging/resirkulering** er vurdert for alle installasjonene og involverer strategier for avfallsreduksjon og ressursgjenvinning. Utredningen vurderer *sysselsettingseffekter ved opphugging/resirkulering* av installasjonene, og miljøgevinster ved resirkulering knyttet til redusert behov for nyproduksjon av tilsvarende stålmengder.

Opphugging og resirkulering vil inkludere ingeniørtjenester, marine operasjoner, transport, opphuggingsarbeid og omsmelting. For offshoreverft stiller noe av dette arbeidet nye krav både til arbeidsmetoder, konsesjoner og tillatelser, og anlegg og utstyr.

Statens forurensningstilsyn har nylig i et brev til oljeselskapene i Norge gjort oppmerksom på at opphugging stiller særskilte krav til avfallshåndtering, at det gir støy og utslipp til luft og vann og at det kreves tillatelse i henhold til forurensningsloven. Det minnes videre om at oljeselskapene, i henhold til internkontrollforskriftene, har plikt til å sørge for at bedrifter som tildeles slike oppdrag har konsesjon for denne type virksomhet.

**Deponering på dypt vann** er kun vurdert for bunnrammen. Dette er et alternativ til etterlating dersom det viser seg nødvendig å fjerne installasjonen på grunn av miljømessige forhold, konflikt med fiskeriinteresser eller andre aspekter. Når det gjelder utredningsmetodikk er dette alternativet svært likt etterlating, med et tillegg for selve flytteoperasjonen og deponering.

**Etterlating** er vurdert for alle installasjonene. *Komponentoversiktene* står sentralt i utredningen av dette alternativet, da man skal kartlegge potensiell forurensning og

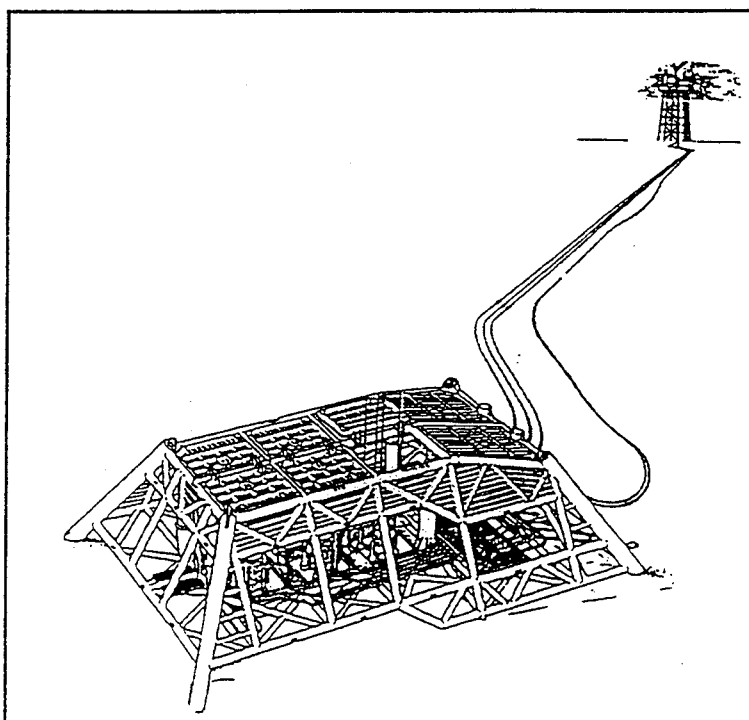
miljømessige konsekvenser over tid. Det er videre viktig å utrede *mulige konflikter med fiskeriinteresser* og eventuelle avbøtende tiltak.

## 4 ALTERNATIVE DISPONERINGER AV INNRETNINGENE

### 4.1 Beskrivelse av innretningene

Tommeliten Gamma produserer gass med assosiert kondensat fra seks produksjonsbrønner. Feltet er bygd ut med et undervannsanlegg som kontrolleres fra Edda plattformen, 11,7 km unna. Plattformen tar imot produksjonen fra havbunnsbrønnene via rørledninger. Foruten utstyret som er installert på Edda plattformen, består Tommeliten anleggene av følgende hovedelementer:

- en bunnramme med seks produksjonsbrønner
- to produksjonslinjer og en testlinje
- en hydraulisk og en elektrisk kontrollkabel



Figur 4.1 Feltutbyggingen på Tommeliten

#### 4.1.1 Bunnrammen

Bunnrammen har følgende dimensjoner:

- L = 42,5 m
- B = 27,2 m
- H = 11,4 m

Vekt i luft er ca. 800 tonn. Bunnrammen inneholder seks brønnslisser, produksjons- og testmanifold og elektrisk og hydraulisk distribusjonssystem.

Bunnrammen er installert over en forboringsramme og pælt fast til havbunnen. Forboringsrammens hovedmål er 20m x 6,5m x 2,5m. Vekt i luft er 95,8 tonn. I de fjerningsoperasjonene som er utredet, blir bunnrammen og forboringsrammen foreslått fjernet som én struktur. Forboringsrammen betraktes derfor som en del av bunnrammen såfremt ikke annet blir spesifisert.

#### 4.1.2 Rørledninger

De tre rørledningene er alle i rustfritt duplex materiale. Ekspansjonssløyfene ved innløpet til bunnrammen er dekket med betongmatter. Forøvrig er rørledningene nedgravd. Rørledningene krysser oljerørledningen til Teesside.

På grunn av temperaturpåvirkning har rørledningene ved flere anledninger kommet opp av havbunnen. Dette er blitt kompensert for ved å dumpe grus over de aktuelle stedene. Ved ett tilfelle var det nødvendig å installere tre 5 m høye betongpyramider under rørene for å stabilisere før grusen ble dumpet.

De to produksjonsledningene har en indre diameter på 200 mm og har et ytre isolasjonslag. Testlinjen har en diameter på ca 6" og er uisolert.

Alle rørledningene består av sammensveiste lengder med unntak av spesialtilpassede ekspansjonssløyfer som forbinder rørledningene til henholdsvis bunnramme og plattform.

#### 4.1.3 Kontrollkabler

De to kontrollkablene er buntet sammen og nedgravd i en felles grøft. Som rørledningene krysser også kablene oljerøret til Teesside. Ved tilkoplingen til bunnrammen er kablene dekket med betongmatter.

### 4.2 Materialtyper og mengder

Bunnrammen er laget av vanlig offshore kvalitet stål. Aluminiumsbaserte anoder er påmontert bunnrammen som katodisk beskyttelse. I tillegg er bunnrammen beskyttet med maling. Det er

også en del integrert rørføring samt ventiler på bunnrammen. Det er fylt betong i pæleforbindelsene mellom forboringsrammen og bunnrammen, samt i to av hjørnebeina på bunnrammen. Inspeksjon viser at det er betydelig begroing av marine organismer. Mengder av ulike materialer og anslag for begroing på bunnrammen er oppsummert i tabell 4.1.

Rørledningene er laget av rustfritt duplex stål med et innhold av 22% krom og 5% molybden. Isolasjon og korrosjonsbeskyttelse består av plastmaterialer som polyuretan og polykloropren foruten katodisk beskyttelse med aluminium anoder. Forutsatt et maksimalt hydrokarbon innhold i rørledningenes vannfase etter rengjøring på 40 mg pr. liter vann, vil maksimalt hydrokarboninnhold være < 50 kg.

Vektmessig domineres den elektriske kabelen av sin stålarmring. I tillegg består den av en kobberleder samt polyetylen isolasjon. Den hydrauliske kabelen består av 14 hydraulikk/metanol slanger av termoplast, et fyllmateriale (gummiplast), stålarmring og isolasjonsmateriale (polyetylen). Mengdefordeling er gitt i tabell 4.1.

Tabell 4.1 Materialfordeling for Tommeliten Gamma (tonn)

Material	Bunnramme	Rørledninger	Elektrisk kabel	Hydraulisk kabel	Totalt
Rustfritt stål	90	2622,3	-	-	2712
Annet stål	926,6	-	68,4	160,4	1155,4
Anoder	17,9	23,2	-	-	41,1
Plastmaterialer/isolasjon	1,8	235,7	13,6	72,3	323,4
Maling	3,1	-	-	-	3,1
Kobberledning	-	-	3,8	-	3,8
Betong	0,9	-	-	-	0,9
Marin begroing	150	-	-	-	150

En mer detaljert fremstilling av materialfordelingen i de ulike installasjonene er presentert i vedlegg 10.3 og 10.4.

Innhold av metallelementer i stålmaterialer, anoder, maling og kobberleder er kalkulert ut fra informasjon om sammensetning av materialer. Hovedmengden utgjøres av jern (78,4%), krom (15,5%) og molybden (3,5%). I tillegg finnes en rekke elementer i mindre andeler (vedlegg 10.4).

### 4.3 Disponeringsalternativer og estimerte kostnader

I forbindelse med den forestående produksjonsavslutningen er det utført metodestudier som verifiserer gjennomførbarhet, skisserer gjennomføringsplaner og tidsforbruk for fjerning, og antyder kostnader for de ulike disponeringsalternativene. Studiene er gjennomført av kontraktører som selv er kandidater til å utføre de aktuelle operasjonene, og de skisserte løsningene refererer til skip, kraner og utstyr forøvrig som er tilgjengelig for kontraktørene. I

gjennomgangen av disponeringsalternativene forutsettes det at operasjoner knyttet til gjenbruk, resirkulering og fjerning blir gjennomført av aktører som har de tillatelsene fra offentlige myndigheter som er nødvendig for denne type aktiviteter.

Matrisen nedenfor (Tabell 4.2) gir en oversikt over de ulike disponeringsalternativene for de tre delinstallasjonene.

Tabell 4.2 Disponeringsalternativer - grunnmatrise

Disponeringsalternativ/ Installasjonskomponent	Gjenbruk	Opphugging/ resirkulering	Deponering på dypt vann	Etterlating
Bunnramme				
Rørledninger				
Kontrollkabler				

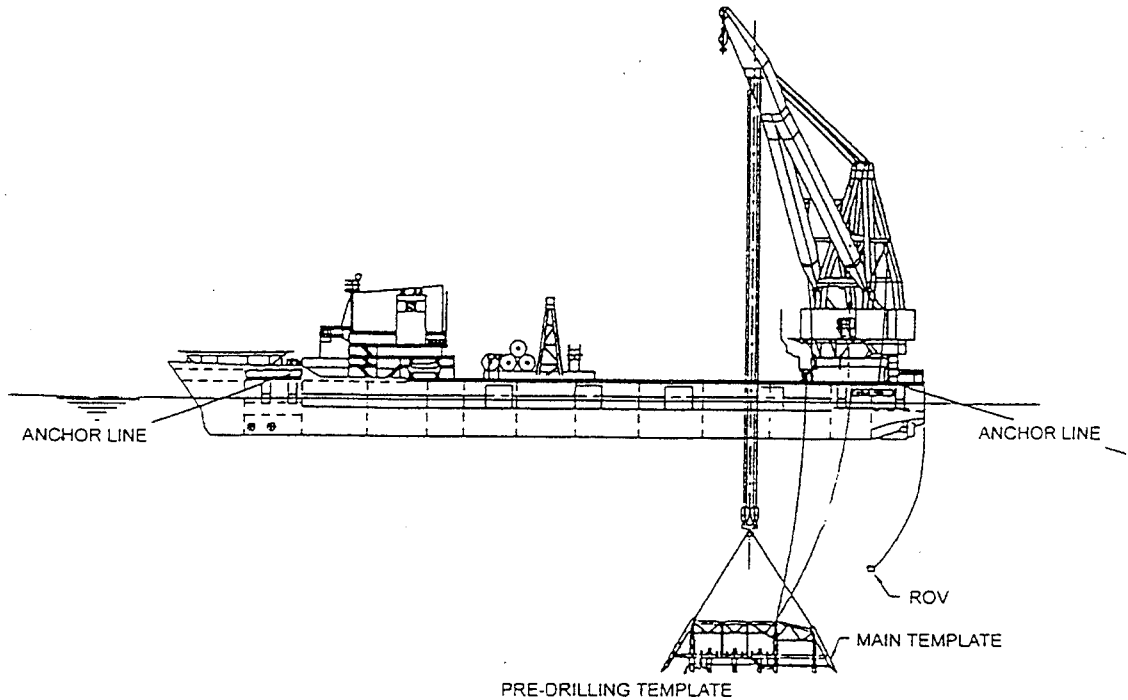
Tabellen illustrerer fire disponeringsalternativer for bunnrammen, tre for rørledningene og to for kontrollkablene.

#### 4.3.1 Bunnrammen

Bunnrammen kan fjernes med et tungløftefartøy (HLV). Operasjonen vil bestå av følgende deloperasjoner:

- Inspeksjon og rengjøring av strukturen
- Fjerning av betongmattene
- Rengjøring av rørledningene og den hydrauliske kontrollkabelen
- Frakopling av rørledningene og kontrollkablene fra bunnrammen
- Kutte pælene (se nedenfor)
- Installere løfteanordninger
- Løfte bunnrammen opp på HLV-dekket,
- Transport

Løftet er estimert til 1150 T i luft, og ligger dermed godt innenfor tungløftefartøyets kapasitet. Undervannsarbeidet utføres ved hjelp av dykkere og ROV.



Figur 4.2 Heving av bunnramme vha kranskip

Pælene (6 stk) blir kuttet ved havbunnen. Fire ulike kuttemetoder er vurdert i studien som er lagt til grunn. Her anbefales det å kutte ved hjelp av eksplosiver eller med hydraulisk sag. De to metodene er basert på velkjent teknologi og gir ingen tilkomstproblemer. Etter at bunnrammen er fjernet kan pælene kuttes fra innsiden, 5 m under havbunnen, for deretter å bli fjernet.

Følgende disponeringsalternativer med tilhørende kostnadsestimater vurderes for bunnrammen:

**Alternativ 1: Gjenbruk - 42 mill. NOK**

Bunnrammen fjernes og transporteres til et offshoreverft hvor den oppgraderes og settes i stand til gjenbruk. Eventuell gjenbruksverdi er ikke inkludert i kostnadsestimatet.

**Alternativ 2: Opphugging og resirkulering - 46 mill. NOK**

Bunnrammen fjernes og transporteres til et offshoreverft for opphugging og resirkulering. Skrapverdi for stålet er inkludert i kostnadsestimatet.

**Alternativ 3: Deponering på dypt vann - 42 mill. NOK**

Bunnrammen fjernes og transporteres til deponeringslokasjonen. Kostnadsestimatet tar utgangspunkt i alternativ 2 og er trukket fra kostnader for opphugging og resirkulering.

**Alternativ 4: Etterlating - 15 mill. NOK**

Bunnrammen etterlates på stedet og overgruses.



Kostnadsestimatene er forbundet med relativt store usikkerheter som blant annet er relatert til hvilke fartøyer som brukes til de marine operasjonene og markedssituasjonen ved kontraktsinngåelse. Kostnadsestimatene ekskluderer aktiviteter forbundet med nedstenging og rengjøring av installasjonene.

#### **4.3.2 Rørledningene**

Fjerning av rørledningene kan gjennomføres fra et rørleggingsfartøy. Ut over de forberedende aktivitetene som ble referert til for bunnrammen må sand og grus fjernes fra rørledningene og alle forbindelser til betongpyramidene må kuttes. Rørledningene spoles deretter opp og transporteres til en egnet base.

##### **Alternativ 1: Gjenbruk - 26 mill. NOK**

Rørledningene tas opp og inspiseres før de reinstallerer. Gjenbrukspotensialet for rørledningene vurderes som gode. Kostnadsestimatet inkluderer ikke salgsinntekter.

##### **Alternativ 2: Opphugging og resirkulering - 29 mill.NOK**

Rørledningene tas til land for opphugging og resirkulering. Kostnadsestimatet inkluderer skrapverdi for duplex materialet.

##### **Alternativ 3: Etterlating - 1 mill. NOK**

Rørledningene forblir nedgravd, og endene overgruses.

#### **4.3.3 Kontrollkablene**

##### **Alternativ 1: Opphugging - 9 mill. NOK**

Kontrollkablene koples fra bunnrammen og spoles på en eller to karuseller ombord på et kabelfartøy før de fraktes til land for opphugging og resirkulering. Kostnadsestimatet inkluderer ikke inntekter fra resirkulering av materialer.

##### **Alternativ 2: Etterlating - 1 mill. NOK**

Kontrollkablene forblir nedgravd, og endene overgruses.

#### **4.4 Alternative løsninger**

En valgt disponeringsløsning for en installasjon kan i enkelte tilfeller begrense valgmulighetene for de øvrige installasjonene. For Tommeliten Gamma installasjonene er det imidlertid forhold som taler for å betrakte disponeringen av hver installasjon relativt uavhengig av hverandre. Det vil bli benyttet forskjellige fartøystyper til de marine operasjonene for hver av de tre installasjonene og eventuelle stordriftsfordeler i fjerningsarbeidet blir dermed relativt små.

## 5 MILJØMESSIGE KONSEKVENSER

Konsekvenser for miljø vurderes ved å belyse energibruk og emisjoner for de ulike disponeringsløsningene. I tillegg vurderes eventuelle konsekvenser fra marine operasjoner, avfallsdeponering og utslipp/utlekking av metaller.

### 5.1 Områdebeskrivelse

Tommeliten befinner seg i et område som ligger utenfor de dominerende strømsystemene i Nordsjøen. Typiske strømhastigheter i overflaten er 0,15 m/sek om sommeren og 0,3 m/sek om vinteren. Om sommeren er vannmassene lagdelte med et sprangsjikt i 20-40 m dyp. Overflatetemperaturen er normalt 3-8 °C om vinteren og 14-16 °C om sommeren. Ved bunnen er temperaturen stabil mellom 6 og 7 °C [3]. Bunnsedimentene består hovedsaklig av sand, med dominans av fin sand.

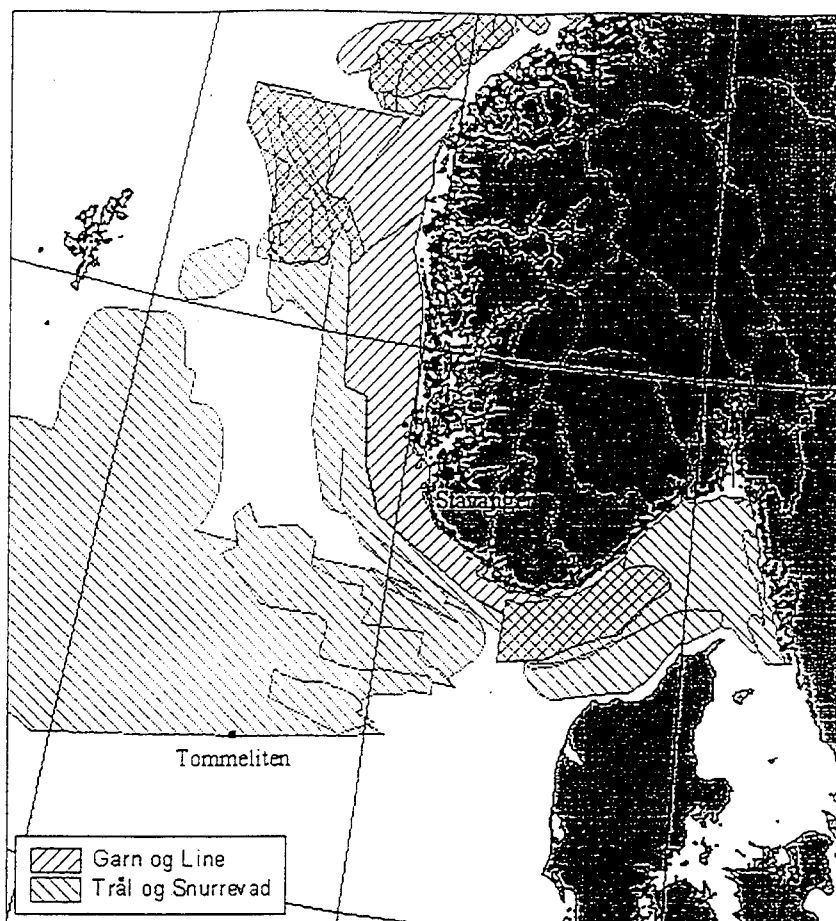
#### 5.1.1 Forekomst av naturressurser

Nordsjøen er et viktig område for en rekke fiskearter. De viktigste pelagiske fiskeartene er sild, makrell og brisling, mens de viktigste bunnfiskene er torsk, sei, hyse, hvitting, rødspette, tunge, tobis og øyepål. De fleste artene har en vid utbredelse, og viktigheten av et lite avgrenset område er derfor begrenset. En del arter har gyteområde som overlapper med lokaliteten av Tommeliten. Dette er spesielt sentralt for tobis (sild), men makrell, torsk og øyepål antas også å gyte i området [1] [3].

Egg og larver av ulike fiskearter vil drifte med strømsystemene, og vil således også kunne berøre dette området. Forekomst vil, noe avhengig av art, kunne variere betydelig med årstidene.

Omfang i beskatning av fiskeressursene i det aktuelle området gir en indikasjon på fiskeforekomsten. I denne delen av nordsjøen er de dominerende redskapene not og trål. For hovedområde 41 (hvor Tommeliten er lokalisert) domineres fangsten av tobis, brisling og sild. Norsk fangststatistikk for fiskerilokasjonene nærmest Tommeliten viser imidlertid at det er svært begrenset trålfiske i dette området [7]. Mens den geografiske utstrekningen av lokasjonene representerer 12% av hovedområdet, utgjør den totale trålfangsten kun i størrelsesorden 0,4-2,5% for perioden 1993-95. I tillegg utøves det fiske i området fra utenlandske fartøyer. I løpet av en 2-års periode ble det observert 41 utenlandske fartøyer i området [1].

Norske fangster som tas med trål domineres av tobis (92-97%). Resterende fangst består av arter som torsk, hyse, hvitting, sei og flatfisk. Nottfisket domineres av brisling og sild. Figur 5.1 angir fangstområder for blant annet trålfiske i nordsjøen.



Figur 5.1 Trålfelter i Nordsjøen i forhold til Tommeliten-feltet.

### 5.1.2 Miljøets nåtilstand

Sedimentenes miljøkvalitet undersøkes jevnlig i form av pålagte miljøundersøkelser. Tommeliten feltet er blitt undersøkt i 1987, 1989 og 1996. Undersøkelsene viser at sedimentene hovedsakelig består av fin sand. Innhold av indikator-metaller som barium og strontium viser rester av boreavfall (kaks/slam) [11]. Forekomst av andre metaller er beskjeden. Konsentrasjoner av hydrokarboner er funnet i størrelsesorden 7 mg/kg tørt sediment. Dette angir kun meget lav hydrokarbonpåvirkning. Miljøtilstanden i sedimentene vurderes totalt sett som god i området. Fysisk forstyrrelse av sedimenter under disponeringsarbeidet anses ikke å representere noen signifikant fare for frigjøring og spredning av miljøgifter.

Betydelige mengder boreavfall (ca. 5000 m<sup>3</sup>) ble fjernet fra feltet i 1988. Det ble gjennomført inspeksjon rundt bunnrammen våren 1996, og det ble ikke observert borekaks i nærheten av strukturen.

## 5.2 Bunnramme

### 5.2.1 Gjenbruk

I et miljømessig perspektiv kan gjenbruk være et gunstig alternativ. For å finne frem til hvor gunstig gjenbruk er i forhold til andre alternativer blir energiforbruk og utslipp knyttet til gjenbruk sett i relasjon til nyproduksjon av stål. Dette samsvarer med fremgangsmåte for hugging og resirkulering.

En rekke operasjoner er nødvendig før bunnrammen er ferdig oppgradert for gjenbruk. Operasjoner som kan ha betydning for miljø er fjerning fra feltet (heving og transport), rengjøring (fjerning av marin begroing, rør, maling etc.) og oppgradering for gjenbruk (maling). Miljøkonsekvensene av oppgradering vurderes ikke her, da tilsvarende operasjoner i stor grad også må utføres på en nybygd bunnramme.

#### Heving og transport

Pælene kan kuttes ved hjelp av eksplosiver og hydrauliske kutteverktøy. Pælene kuttes først ved havbunnen slik at bunnrammen kan fjernes. Når bunnrammen er fjernet kan pælene kuttes til foreskrevet dybde som er fem meter under havbunnen og for deretter å fjernes.

Bruk av eksplosiver kan gi negative effekter for fisk med svømmeblære, og eventuelt andre høyerestående dyr i influensområdet. Det er ikke beregnet noe influensområde for eventuell sprengning av peler på Tommeliten. Resultater fra lignende scenarier antyder at fiskelarver i de øvre 25 m av vannsøylen kan bli drept i en radius på ca. 700 m. Voksen fisk vil ikke ta skade ut over ca. 100 m [4] [9]. Kutting ved bruk av andre metoder enn sprengning vurderes til ikke å gi målbare virkninger på miljø.

Bunnrammen kan fjernes med et tungløftefartøy (HLV). Transport er for beregningenes skyld antatt til Rogaland. Stål for gjenvinning må følgelig transporteres videre til smelteverk. Heving og transport til land vil medføre et drivstofforbruk på omlag 195 og 210 tonn for henholdsvis tungløftefartøy (HLV) og dykkerfartøy (DSV), samt tilhørende utslipp av avgasser til luft. Transport videre til smelteverk vil foregå sammen med annet skrapstål, og drivstofforbruk er beregnet i størrelsesorden 1 tonn. De totale emisjonene fra sjøtransport er beregnet som vist i Tabell 5.1.

Tabell 5.1 Emisjoner fra transport (tonn)

Emisjoner fra transport	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	VOC	CO	Partikler
DSV	661	14,9	1,4	1,4	1,4	1,4
HLV	614	13,8	1,3	1,3	1,3	1,3
Kysttransport	3	0,1	-	-	-	-
<b>Totalt</b>	<b>1278</b>	<b>28,8</b>	<b>2,7</b>	<b>2,7</b>	<b>2,7</b>	<b>2,7</b>

Miljørisiko i form av utslipp eller skade på miljø under heving og transport vurderes som meget lav, og er hovedsakelig begrenset til et potensielt utslipp av drivstoff fra fartøy.

### Rengjøring og oppgradering

Slamrester og bløt begroing kan fjernes ved spyling. Anoder, rør og rester av hydrauliske og elektriske kabler tas bort. Forboringsrammen separeres fra bunnrammen, og til slutt fjernes hard marin begroing og maling ved sandblåsing eller høytrykkspyling. Etter kvalitetskontroll kan bunnrammen males og gjøres i stand for gjenbruk. Disponering av de ulike delene av bunnrammen ved gjenbruk er som vist i Tabell 5.2.

Tabell 5.2 Disponering av materialer ved gjenbruk av bunnrammen (tonn)

Enhet	Gjenbruk	Resirkulering	Avfallsdeponering
Bunnramme	800		260
Pelrester		30,8	0,9
Integrert rørføring, ventiler		90	11,8
Forboringsramme		95,8	
Anoder			17,9
Maling			3,1
Marin begroing			150
Totalt	800	216,6	443,7

Neopren i interne rørføringer bør ikke utsettes for oppvarming da dette kan medføre dannelse av giftige klogasser.

### Energiforbruk og utslipp av avgasser

Gjenbruk av bunnrammen blir sett i forhold til nyproduksjon av en tilsvarende stålmengde, det vil si unngått produksjon av 800 tonn lavlegert stål. Forboringsrammen og diverse intern rørføring vil sannsynligvis hugges og resirkuleres. Dette gir gjenvinning av 126,6 tonn lavlegert stål og 90 tonn høylegert stål. Betydningen av gjenbruk og gjenvinning i form av netto energiforbruk, avfallsgenerering og emisjoner er beregnet som angitt i Tabell 5.3. Negative verdier angir en netto besparelse. Gjenbruk av bunnrammen vil eksempelvis medføre en besparelse i elektrisitetsforbruk på 1,9 GWh i forhold til om samme mengde stål måtte produseres fra malm. For samtlige beregnede parametre gir gjenbruk en gevinst i forhold til nyproduksjon.

Tabell 5.3 Energiforbruk, avfallsgenerering og emisjoner fra opphugging, omsmelting og nyproduksjon.

Aktivitet	Elektrisitet	Brensel	Avfall	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CF <sub>4</sub> /CF <sub>6</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	Støv	Miljøgift (Hg-ekv.)
	GWh	GJ	tonn	tonn	tonn	tonn	tonn	tonn	tonn	kg
Opphugging	0	6,5	0	0,4	0	0	0	0	0	0
Omsmelting	0,1	0	2,8	38	0	0	0,05	0	0,02	0,15
Nyproduksjon	-2,0	0	-627	-1971	0	-18	-29,7	-4,4	-45,2	-1,2
Netto	-1,9	-6,5	-624	-1933	0	-18	-29,6	-4,4	-45,2	-1,0

### Avfallsdisponering

Avfall utgjøres av anoderester, rester av rør og kabel/isolasjon, marin begroing og avskrapet maling. Metallisk avfall og plast avfall kan deponeres som konvensjonelt avfall på en kommunal fyllplass. Organisk avfall som marin begroing kan også deponeres slik. Dersom bunnrammen sandblåses slik at marin begroing, malingsrester og sand blandes vil også dette avfallet kunne deponeres på samme måte. Siden rester av marin begroing sannsynligvis vil lukte mye, er det viktig at dette blir tildekket med egnet dekkmasse (for eksempel bark og flis).

Ved sandblåsing av en malt stålplate benyttes det omkring 40-50 kg sand pr. m<sup>2</sup>. Pr. i dag blir ikke slik sand gjenvunnet [15]. For sandblåsing av stålstrukturer bestående av sammensveisede sirkulære elementer antas det at forbruket av blåsemiddel vil være ca. 60 kg pr m<sup>2</sup>. For bunnrammen er det beregnet et forbruk på 260 tonn sand. Noe av sanden vil bli knust til finstøv mens resten vil bli blandet med maling og marin begroing. Denne blandingen må behandles som avfall.

Dersom forboringsrammen, pælrester og integrerte rørføringer må rengjøres før en eventuell omsmelting, vil dette kunne medføre en ekstra sandmengde på ca. 50 tonn.

Den integrerte rørføringen er laget av rustfritt stål og er ikke malt. Stålrørene er i stedet dekket med et lag av neopren som må fjernes. Det er beregnet et sandforbruk på ca. 10 tonn for å fjerne neopren fra rørene. Neopren må håndteres etter gruppe 3 (stabile oljeemulsjoner) i spesialavfallsforskriften. Av den grunn må også blåsemiddelet håndteres som spesialavfall. Rustfritt stål leveres til skraphandlere eller produsenter av slikt stål, og ikke til vanlige stålprodusenter.

Den totale mengden blåsemiddel vil være i størrelsesorden 320 tonn dersom alt stål må sandblåses før gjenbruk/omsmelting. Diverse pælrester og anoder kan behandles som vanlig næringsavfall og deponeres. Den totale avfallsmengden for deponi vil være i størrelsesorden 500 tonn, inkludert sand fra sandblåsing.

Anoder kan teknisk sett gjenvinnnes, enten ved produsenter av anoder eller ved sekundærsmelteanlegg. Dette må vurderes opp mot kostnader.

Avsetninger av lavradioaktivt leirmateriale (scaling) er ikke et problem på Tommeliten-feltet, og er derfor ikke behandlet nærmere.

## 5.2.2 Opphugging/Resirkulering

### Heving og transport

Heving vil foregå tilsvarende som for gjenbruk. Transport vil ha et større omfang i form av transport fra opphuggingssted til smelteverk. For beregningens skyld antas det at smelteverket i Mo i Rana benyttes. Med en transportavstand fra Ryfylket til Mo i Rana (ca. 900 km), og bruk av et fartøy med lastekapasitet 1000 tonn vil dette gi et drivstofforbruk på ca. 10 tonn [ref. Mo Shipping ....nr.?]. De totale emisjoner fra sjøtransport er summert i Tabell 5.4.

Tabell 5.4 Emisjoner fra transport (tonn)

Emisjoner fra transport	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	VOC	CO	Partikler
DSV	661	14,9	1,4	1,4	1,4	1,4
HLV	614	13,8	1,3	1,3	1,3	1,3
Kysttransport	28	0,6	0,1	0,1	0,1	0,1
Totalt	1303	29,3	2,8	2,8	2,8	2,8

Miljørisiko i form av utslipp eller skade på miljø under heving og transport vurderes som meget lav, og hovedsaklig begrenset til et potensielt utslipp av drivstoff fra fartøy.

### Hugging og avfallsbehandling

Stål som skal smeltes om må kuttes i lengder på ca. 1,5 meter før mottak på smelteverk. Ved resirkulering av bunnrammen, kan en forvente en total stålmengde på ca. 1000 tonn. For enkelthets skyld er det ikke differensiert mellom typer av stål, da dette kun vil gi marginale effekter på miljøvurderingene.

Tabell 5.5 Disponering av materialer ved resirkulering av bunnrammen (tonn)

Enhet	Resirkulering	Avfallsdeponering <sup>(1)</sup>
Bunnramme	800	(260)
Pelrester	30,8	0,9 (10)
Rør, ventiler	90	1,8 (10)
Forboringsramme	95,8	(40)
Anoder		17,9
Maling		3,1
Marin begroing		150
Totalt	1016,6	173,7 (320)

1) Tall i parentes representerer avfall (forurenset sand) fra eventuell sandblåsing.

Dersom alt stål som skal smeltes om må rengjøres, vil avfallsgenereringen være tilsvarende som for gjenbruk. Det forventes imidlertid at vanlig stål ikke nødvendigvis må rengjøres for

omsmelting. Dette avhenger av hvilket stålverk som blir benyttet, type renseteknologi (og utslippskonsesjon), samt bedriftens krav til innhold i stålet.

#### Energiforbruk og utslipp av avgasser

Energiforbruk, avfallsgenerering og emisjoner fra opphugging og omsmelting av 926,6 tonn lavlegert stål og 90 tonn høylegert stål er beregnet og vist i Tabell 5.6. Tilsvarende verdier for nyproduksjon av samme mengder stål fra malm er også beregnet. Differansen gir da netto forbruk/utslipp. Negative verdier betyr besparelse i miljøbelastning. Beregningene viser at hugging og omsmelting av stål fra bunnrammen gir nettobesparelser i forhold til nyproduksjon for de fleste parametre som er beregnet.

*Tabell 5.6 Energiforbruk, avfallsgenerering og emisjoner fra opphugging, omsmelting og nyproduksjon.*

Aktivitet	Elektrisitet	Brensel	Avfall	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CF <sub>4</sub> /CF <sub>6</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	Støv	Miljøgift (Hg-ekv.)
	GWh	GJ	tonn	tonn	tonn	tonn	tonn	tonn	tonn	kg
Opphugging	0	30,5	0	2	0	0	0	0	0	0
Omsmelting	0,7	0	13	180	0	0	0,2	0	0,09	0,7
Nyproduksjon	-2,0	0	-627	-1971	0	-18	-29,7	-4,4	-45,2	-1,2
Netto	-1,3	30,5	-614	-1792	0	-18	-29,5	-4,4	-45,1	-0,5

### 5.2.3 Deponering på dypt vann

#### Heving og transport

Heving vil være tilsvarende som for gjenbruk og resirkulering. Omfang av transport kan imidlertid være forskjellig. Transportavstand er vurdert til 1500 km (nordatlanteren) og total operasjonstid for kranskipet er antatt til 10 døgn (≈ 260 tonn drivstoff), eventuelt tilsvarende som for transport til land for en dypvannslokalitet i et fjordområde (f.eks. Nedstrandsfjorden). I Tabell 5.7 er det gjort et anslag av emisjoner for et alternativ med deponering i nordatlanteren.

*Tabell 5.7 Emisjoner fra transport (tonn)*

Emisjoner fra transport	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	VOC	CO	Partikler
DSV	661	14,9	1,4	1,4	1,4	1,4
HLV	819	18,5	1,7	1,7	1,7	1,7
Totalt	1480	33,4	3,1	3,1	3,1	3,1

Miljørisiko i form av utslipp eller skade på miljø under heving og transport vurderes som meget lav, og hovedsakelig begrenset til et potensielt utslipp av drivstoff fra fartøy.

#### Rengjøring

Bunnrammen er antatt til å bli tilstrekkelig rengjort under nedstengningsarbeidet, og kan transporteres direkte til deponeringslokalitet uten videre rengjøring etter heving.



### Effekter på vannmiljø og sediment

Nedslaget av bunnrammen når den deponeres på dypvannslokasjonen vil være meget kraftig, og vil resultere i kraftig oppvirvling av sedimenter. Partiklene vil resedimentere, og kan dekke over organismer i nærheten av bunnrammen. Organismer i selve nedslagsfeltet vil også bli eliminert. Dette er imidlertid kun lokale effekter som vil påvirke enkeltorgansimer. Effekten er således miljømessig sett neglisjerbar.

Utlekking/oksydasjon av metaller i stålinnretningene vil avhenge av fysiske og kjemiske forhold på stedet. Fullstendig korrosjon forventes ikke før etter flere hundre år. Konsentrasjon av metallene i sjøvann vil være bestemt av likevektene mellom fast fase og oppløsning av de tungtløselige saltene av metallene. I tillegg vil en betydelig andel av metallene (enten utfelt som salter eller i ioneform) være sorbert til partikler suspendert i vannmassene eller til partikler i sedimenter. Partiklene kan være av biologisk natur (plankton) eller av uorganisk natur (f.eks. leirepartikler eller salt-utfellinger i sedimentene).

Hvilke salter metallene i hovedsak vil kunne felle ut som, er avhengig av reduksjons/oksydasjonsforholdene i systemet. Dette red/oks-forholdet vil i første rekke bestemmes av oksygeninnhold, noe som er avhengig av dybden. På en dypvannslokalitet vil ofte oksygeninnholdet være lavt, eventuelt anoksiske forhold. Under anoksiske forhold vil metaller ofte felles som sulfider.

Hvor stor grad av sorbsjon som vil forekomme er avhengig av biologisk aktivitet (årstid og dybde) og av konsentrasjonen av suspenderte partikler (avhengig av lokalitet).

Det vil med andre ord ikke kunne forventes økt konsentrasjon av frie metallioner som følge av korrosjon av sjødeponerte installasjoner, men total mengde metall i nærmiljøet som følge av oksidasjon av metallstrukturer på havbunnen, vil øke. Spesielt nedstrøms i forhold til installasjonen vil det måtte påregnes en økt mengde tungtløselige salter og sorberte salter/ioner av de aktuelle metaller. Sett på lang sikt vil metallene spres ("fortynnes") ytterligere på grunn av resuspensjon, oppløsning av tungtløselige salter, biologisk opptak etc. Sentrale prosesser når metaller deponeres i sjøvann er nærmere belyst i vedlegg 10.5.

De konsentrasjoner en kan forvente utfra konservative beregninger for utlekking fra strukturelt stål er tidligere funnet å være flere størrelsesordener lavere enn laveste påviste konsentrasjon for effekt på marine organismer [2] [4]. Det forventes derfor ikke effekter på marine organismer fra deponering av bunnrammen på dypt vann. Lokalt forhøyede verdier av metaller i sedimentfase vurderes som den eneste målbare effekten på lang sikt.

## 5.2.4 Etterlatelse

### Operasjoner og transport

Utover vanlig nedstengningsarbeid vil det med unntak av overgrusing ikke bli utført omfattende operasjoner. Grusing av innretningen kan dekke et areal på flere tusen kvadratmeter og vil utgjøre i størrelsesorden 25-40.000 m<sup>3</sup> pukk (ved en helning på henholdsvis 1:2 og 1:3). Det er da lagt til grunn en overgrusing på 0,5 meter. Med tanke på overflatestabilitet av fyllingen bør 1:2 være tilstrekkelig. Avhengig av bunnforholdene vil trolig helningen måtte reduseres ned mot 1:3 for å oppnå tilstrekkelig stabilitet.

Et typisk grusdumpingsfartøy vil bruke ca. 12 timer ut. Lossetid pr. last vurderes til ca. 1 døgn. Drivstofforbruk under transport er ca. 30 tonn/døgn og halvparten ved lossing. Totalt drivstofforbruk vil ligge i størrelsesorden 45 tonn pr tur [ref.?]. Et minimum antall av 2 turer er lagt til grunn for de videre beregninger av emisjoner som er vist i Tabell 5.8.

Tabell 5.8 Emisjoner fra transport (tonn)

Emisjoner fra transport	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	VOC	CO	Partikler
Grus transport	283	6,3	0,6	0,6	0,6	0,6

### Rengjøring

Bunnrammen er antas å bli tilstrekkelig rengjort under nedstengningsarbeidet, og blir ikke rengjort ytterligere før overgrusing.

### Effekter på vannmiljø og sediment

Grus/pukk vil representere et nytt habitat på lokasjonen. Dette vil medføre at nye arter etablerer seg i forhold til de som finnes i et sandig habitat i nåværende situasjon. Sanddominerte habitater er meget utbredt i denne del av Nordsjøen. Habitatformen, med tilhørende økosystem, er således ikke truet av en begrenset gruslegging. Grushaugen vil også kunne endre de lokale bunnstrømmene. Dette vurderes som uten nevneverdig konsekvens for miljø.

Utlekking av og skjebnen for metaller vil hovedsaklig være som beskrevet under dypvannsdeponering. Forskjeller vil hovedsakelig være avhengig av oksygenforhold. Dersom bunnrammen overgruses forventes det at korrosjonsprodukter hovedsakelig vil felles ut innenfor det overgrusede området. Det forventes ingen effekter ut over en noe lokal økning i konsentrasjon av metaller. Forekomsten av stoffer med høyt potensiale for negative effekter på marine organismer er også meget lavt.

## 5.2.5 Miljømessige vurderinger

For å kunne vurdere de ulike disponeringsløsningene for bunnrammen i forhold til hverandre er anslag over emisjoner fra transport og videre behandling sammenlignet i Tabell 5.9. Når det gjelder emisjoner er gjenbruk det mest gunstige alternativet, mens deponering på dypt vann er det minst gunstige.

Tabell 5.9 Netto emisjoner fra disponeringsløsninger for bunnrammen (tonn).

Emisjoner	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	Partikler
Gjenbruk	-655	24,4	-26,9	-42,5
Resirkulering	-489	24,9	-26,7	-42,3
Deponering på dypt vann	1480	33,4	3,1	3,1
Etterlatelse	283	6,3	0,6	0,6

Ved å sammenligne med nasjonal statistikk over emisjoner som vist i Tabell 5.10 kan en se at bidragene uansett løsning er marginale, hovedsakelig i størrelsesorden < 1%. Det vil derfor ikke ha noen signifikant effekt på utslipp til luft hvorvidt bunnrammen gjenbrukes eller deponeres i sjøen.

Tabell 5.10 Nasjonale utslipp til luft 1994/95 (1000 tonn). Verdier fra SSB (1996).

Emisjoner	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	Partikler
Norge 1994/95	38.000	223	34	23

Uansett hvilken løsning som velges for bunnrammen kan mesteparten av avfallskomponentene håndteres som vanlig næringsavfall og deponeres på en kommunal fyllplass. Hvis mulig vil det være ønskelig å gjenvinne materialer fra anoder osv. Neopren fra den integrerte rørføringen må håndteres som spesialavfall. Avfallsgenerering for de ulike løsningene er sett i forhold til avfallsstatistikk for bygge- og rivningsavfall (næringsavfall) for utvalgte geografiske referanselokaliteter, Tabell 5.11. 200-500 tonn avfall er en liten mengde i nasjonal sammenheng. For en liten kommune kan imidlertid en slik mengde utgjøre en stor økning.

Tabell 5.11 Avfallsgenerering ved ulike løsninger sett i forhold til årlig nasjonal, fylkesvis og kommunal avfallsstatistikk (tonn). Referansetall fra SSB (1994).

Gjenbruk	Resirkulering ( <sup>1</sup> )	Deponering på dypt vann	Etterlatelse	Norge 1992	Rogaland 1992 ( <sup>2</sup> )	Hjelmeland 1992 ( <sup>2</sup> )
500	180	0	0	94.913	13.593	300

1) Det er antatt at stålskrap ikke må sandblåses før omsmelting.

2) Rogaland og Hjelmeland er valgt som referansesteder ut fra geografisk beliggenhet, og etablert opphuggingsindustri.

Ved deponering i sjø vil elementene som inngår i bunnrammen over meget lang tid langsomt inngå i de likevektsprosesser som finner sted i havet, herunder utlekking, binding til partikler, kompleksdannelse og utfelling. Effektene på miljø vil kun være målbare i form av lokalt forhøyede verdier i sedimentfasen. Innholdet av tungmetaller i bunnrammen er lavt, og det

forventes ingen effekter på marine organismer fra det tillegget i mengde som bidraget vil representere.

## 5.3 Rørledninger

### 5.3.1 Gjenbruk

Rørledningene mellom Tommeliten Gamma og Edda plattformen vurderes som meget godt egnet til gjenbruk på andre felt. Gjenbruk vil medføre at rørledningene heves og transporteres til land for kontroll og eventuell oppgradering.

#### Heving og transport

Det er vurdert å fjerne rørledningene ved hjelp av et rørleggingsfartøy. En slik operasjon er antatt å ta 10 døgn, med et drivstofforbruk tilsvarende som for et dykkerfartøy (DSV). Emisjoner fra fartøyet er beregnet som angitt i tabell 5.12.

Tabell 5.12 Emisjoner fra transport

Emisjoner fra transport	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	VOC	CO	Partikler
DSV (tonn)	441	9,9	0,9	0,9	0,9	0,9

I hevingsprosessen må rørledningene frigjøres fra overdekninger og festepunkter, og sedimenter og grus fjernes. Selve hevingen vil medføre at sjøbunnen langs trasèen omveltes, da rørledningene er nedgravd. Miljømessige konsekvenser som følge av dette vurderes som marginale og av kort varighet.

Beregning av energiforbruk, avfallsgenerering og emisjoner for nyproduksjon av en stålmengde ekvivalent med rørledningene er vist i Tabell 5.13. Gjenbruk kan da betraktes som en besparelse tilsvarende dette (dvs. motsatt fortegn).

Tabell 5.13 Energiforbruk, avfallsgenerering og emisjoner ved gjenbruk av rørledningene i forhold til nyproduksjon av en ekvivalent stålmengde.

Aktivitet	Elektrisitet	Brensel	Avfall	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CF <sub>4</sub> /CF <sub>6</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	Støv	Miljøgift (Hg-ekv.)
	GWh	GJ	tonn	tonn	tonn	tonn	tonn	tonn	tonn	kg
Nyproduksjon	-16	0	-1591	-6437	0	-0,5	-716	-15,5	-102	-2,6

Miljørisiko i form av utslipp eller skade på miljø under heving og transport vurderes som meget lav, og hovedsakelig begrenset til et potensielt utslipp av drivstoff fra fartøy.

#### Avfallsdisponering

Anoder må fjernes og erstattes før gjenbruk. Med unntak av eventuelle skadde deler vil resten av rørledningene kunne gjenbrukes. Anodene kan deponeres på kommunal fyllplass som konvensjonelt avfall, men kan teknisk sett også oppgraderes for gjenbruk.

### 5.3.2 Opphugging/Resirkulering

#### Heving og transport

Heving og transport vil være av samme omfang som for gjenbruksalternativet.

#### Rengjøring

Før omsmelting av det rustfrie stålet må anoder fjernes, rørene kuttes, og isolasjonsmaterialer separeres fra stålrørene. Kutting kan foregå mekanisk. Separasjonsprosessen kan imidlertid være noe mer komplisert. Ved oppvarming kan polykloropren danne giftige klogasser. Det er derfor viktig at separasjonsprosessen skjer uten oppvarming (fysisk/mechanisk). Det finnes flere anlegg i Norge hvor slikt arbeid kan utføres.

#### Energiforbruk og utslipp av avgasser

Det er beregnet omfang av energiforbruk, avfallsgenerering og utslipp av gasser til luft ved opphugging og omsmelting av høylegert stål fra rørledningene. Samtidig er det beregnet tilsvarende tall for nyproduksjon av samme mengde materiale (2.622 tonn). Dette er presentert i Tabell 5.14. Beregningene viser at hugging og omsmelting av stål fra rørledningene gir nettobesparelser i forhold til nyproduksjon for de fleste parametre som er beregnet.

Tabell 5.14 Energiforbruk, avfallsgenerering og emisjoner fra opphugging og omsmelting av stål fra rørledningene og sett i forhold til nyproduksjon av en ekvivalent stålmengde.

Aktivitet	Elektrisitet	Brensel	Avfall	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CF <sub>4</sub> /CF <sub>6</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	Støv	Miljøgift (Hg-ekv.)
	GWh	GJ	tonn	tonn	tonn	tonn	tonn	tonn	tonn	kg
Opphugging	0	78	0	5	0	0	0	0	0	0
Omsmelting	1,9	0	34	464	0	0	0,6	0	0,2	1,8
Nyproduksjon	-16	0	-1591	-6437	0	-0,5	-716	-15,5	-102	-2,6
Netto	-14,1	78	-1557	-5968	0	-0,5	-715	-15,5	-102	-0,4

#### Avfallsdisponering

Isolasjonsmaterialer og anoder vurderes som avfallsstoffer. Omfanget av dette er i størrelsesorden 23 tonn anoder, 99 tonn polykloropren isolasjon og 137 tonn polyuretan elastomer isolasjon - totalt ca. 250 tonn avfall. Anoder kan teknisk sett gjenbrukes, noe som igjen må vurderes opp mot kostnader. Avfall av polykloropren må vurderes som spesialavfall. Resterende avfall kan deponeres som konvensjonelt avfall på kommunal fylling.

Utslipp fra transport til fylling vil være i størrelsesorden 0,2 tonn for CO<sub>2</sub>, og vurderes derfor ikke nærmere.

Tabell 5.15 Disponering av rørledningene (tonn)

	Omsmelting	Avfallsbehandling
2 stk 9" rørledning	1985	202
1 stk 6" rørledning	637	56,8
Totalt	2622	258,8

### 5.3.3 Etterlatelse

#### Operasjoner

Etterlatelse av rørledningene krever kun mindre operasjoner ettersom rørledningene er nedgravd. Emisjoner fra operasjonene vil derfor være helt marginale og er ikke beregnet.

#### Rengjøring

Rørledningene vil allerede være rengjort, fylt med ferskvann og plugget. Resterende hydrokarbonmengde i rørledningene vil være maksimum 40 mg pr. liter vann, totalt < 50 kg hydrokarboner i vannfasen.

#### Effekter på vannmiljø og sediment

Rørledningene er beskyttet av katodisk beskyttelse, isolert med bestandige plastmaterialer, og nedgravd. Det er derfor rimelig å anta at rørledningene er meget bestandige og stabile, og ikke vil korrodere bort på flere århundrer.

Så lenge rørledningene forblir nedgravd vil korrosjonsprodukter hovedsaklig samles lokalt i sedimentet. Fysiske forstyrrelser og gravende organismer kan teoretisk bidra til en viss vertikal spredning, med påfølgende mulighet for horisontal spredning. Dette vurderes til ikke å utgjøre noe miljømessig problem i dette tilfellet.

### 5.3.4 Miljømessige vurderinger

Gjenbruk er som oftest en miljømessig gunstig løsning, da dette innebærer en bedre ressursutnyttelse enn andre disponeringsløsninger.

For å kunne vurdere de ulike disponeringsløsningene for rørledningene i forhold til hverandre er anslag over emisjoner fra transport og videre behandling sammenlignet i

Tabell 5.16 . Med kun å se på emisjoner ser en at gjenbruk og gjenvinning er meget gunstige løsninger. Etterlatelse vil ikke gi vesentlige emisjoner og vil isolert sett også være en akseptabel løsning.

Tabell 5.16 Netto emisjoner fra disponeringsløsninger for rørledningene (tonn) i forhold til nyproduksjon.

Emisjoner	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	Partikler
Gjenbruk	-5996	-5,6	-715	-101
Resirkulering	-5527	-5,6	-715	-101
Etterlatelse	0	0	0	0

I forhold til nasjonale utslippstall representerer besparelsen i CO<sub>2</sub> utslipp 0,1%. Besparelsen vil heller ikke direkte kunne betraktes som en nasjonal besparelse, men teoretisk som en global siden nyproduksjon ikke foregår i Norge.

Ved omsmelting vil det genereres ca. 250 tonn avfall, mens gjenbruk kun vil generere avfall fra anoder (ca. 23 tonn). Disse kan teknisk sett også gjenbrukes, noen avhengig av tilstand og kostnader. Avfallsmengden fra rørledningene vil bestå av anoder og isolasjonsrester og vil hovedsakelig kunne håndteres som vanlig næringsavfall. Polykloroprenholdig avfall må imidlertid vurderes som spesialavfall.

En slik avfallsmengde er liten i nasjonal sammenheng. Avhengig av hvor rørene hugges kan imidlertid en slik avfallsmengde gi vesentlige bidrag på lokale fyllplasser.

Effekter ved etterlatelse vil kun være i form av lokalt forhøyede metallkonsentrasjoner i sediment, og på veldig lang sikt. Effekten vil være neglisjerbar, og det vil ikke oppstå virkninger på marine organismer utover enkeltorganismer.

## 5.4 Kontrollkabler

### 5.4.1 Opphugging/Resirkulering

#### Heving og transport

Fjerning av kontrollkablene kan utføres ved hjelp av et kabel fartøy. Arbeidet er estimert til å ha en varighet på litt over 7,5 døgn. Med et brenselforbruk på ca. 0,65 m<sup>3</sup>/h gir dette emisjoner som vist i Tabell 5.17 . Metanol- og hydraulikkslangene i kontrollkabelen vil bli tømt og rengjort under nedstengningsarbeidet. Maksimale innhold av hydrokarboner vil være 40 mg pr. liter vann, tilsvarende omlag 1 kg hydrokarboner i vannfasen. Dette har ingen miljømessig betydning.

Tabell 5.17 Emisjoner (tonn) fra transport

Emisjoner fra transport	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	VOC	CO	Partikler
DSV	346	7,8	0,7	0,7	0,7	0,7

Miljørisiko i form av utslipp eller skade på miljø under heving og transport vurderes som meget lav, og hovedsakelig begrenset til et potensielt utslipp av drivstoff fra fartøy.

#### Opphugging

Kontrollkablene kan hugges mekanisk ved bruk av hydraulisk saks. Dette gir lite støy, og bruker mindre energi enn f.eks. gasskjæring.

#### Energiforbruk og utslipp av avgasser

Energiforbruk og utslipp av avgasser fra opphugging og omsmelting av stål fra kontrollkablene er beregnet og sett i relasjon til nyproduksjon. Løsningen innebærer en netto besparelse i utslipp i forhold til nyproduksjon, men mengdene som inngår er marginale. Omsmelting av kobber er ikke belyst separat, da mengdene og relaterte emisjoner er svært lave.

Tabell 5.18 Energiforbruk, avfallsgenerering og emisjoner fra opphugging og omsmelting av stål fra kontrollkablene sett i forhold til nyproduksjon av en ekvivalent stålmengde.

Aktivitet	Elektrisitet	Brensel	Avfall	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CF <sub>4</sub> /CF <sub>6</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	Støv	Miljøgift (Hg-ekv.)
	GWh	GJ	tonn	tonn	tonn	tonn	tonn	tonn	tonn	kg
Opphugging	0	4	0	0,3	0	0	0	0	0	0
Omsmelting	0,1	0	2	23	0	0	0,03	0	0,01	0,1
Nyproduksjon	-0,2	0	-79	-242	0	0	-0,71	-0,5	-5,8	-0,15
Netto	-0,1	4	-77	-219	0	0	-0,71	-0,5	-5,8	-0,05

#### Avfallsdisponering

Hugging og omsmelting av kontrollkablene vil generere ca. 85 tonn fast avfall som hovedsaklig består av plaststoffer som slanger, isolasjonsstoffer og fyllmateriale. En del av dette avfallet vil være egnet for gjenvinning, men dette avhenger av mottaksbedriften (metode for kutting/separasjon) samt kostnader.

Tabell 5.19 Disponering av kablene (tonn)

	Omsmelting	Avfallsbehandling
Elektrisk kabel	72,2	13,6
Hydraulisk kabel	160,4	72,3
Totalt	232,6	85,9

## 5.4.2 Etterlatelse

### Operasjoner



Kontrollkablene er nedgravd, og etterlatelse medfører ingen operasjoner med virkninger på miljø. Kabelendene overgruses for å hindre at de stikker opp og blir et hinder for fiskeriene.

#### Effekter på vannmiljø og sediment

Faste plaststoffer som er benyttet er meget bestandige, og vil knapt brytes ned. Metaller (stål og kobber) i kablene er omkapslet av plaststoffer, og vil ikke frigjøres til omkringliggende miljø før plaststoffene er brutt ned. I kabelendene, eller andre flater hvor metallet er i kontakt med vannfasen, kan metaller frigjøres. Omfanget av dette vurderes som neglisjerbart effektmessig. Dersom kablene får ligge uforstyrret og nedgravd forventes ingen målbare effekter på miljø, hverken på kort eller lang sikt.

### 5.4.3 Miljømessige vurderinger

For å kunne vurdere de ulike disponeringsløsningene for kontrollkablene i forhold til hverandre er anslag over emisjoner fra transport og videre behandling sammenlignet.

*Tabell 5.20 Netto emisjoner fra disponeringsløsninger for rørledningene (tonn) i forhold til nyproduksjon.*

Emisjoner	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	Partikler
Resirkulering	127	7,3	0	-5,1
Etterlatelse	0	0	0	0

Hugging og omsmelting av kontrollkablene vil generere ca. 85 tonn avfall. Avfallet vil i hovedsak bestå av ulike plaststoffer. Det som ikke kan resirkuleres kan håndteres som vanlig næringsavfall.

Dersom kablene får ligge uforstyrret og nedgravd ved etterlatelse forventes ingen målbare effekter på miljø, hverken på kort eller lang sikt.

Omfanget av eventuell omsmelting er lite. Dette bidrar til at den potensielle miljøgevinsten ved resirkulering isolert sett er svært begrenset. Når utslipp i forbindelse med fjerning og transport av kontrollkablene tas med i regnestykket, gir resirkulering høyere utslipp enn ny produksjon av tilsvarende mengder. Ut fra disse forhold vil etterlatelse gi mindre utslipp enn resirkulering. Bidragene fra resirkulering er imidlertid så marginale at også dette er en akseptabel løsning.

## 6 KONSEKVENSER FOR SAMFUNN OG FISKERI

I dette kapitlet omtales:

- metodeopplegg
- sysselsettingsmessige konsekvenser ved avviklingen
- opplegg og kostnader ved resirkulering
- konsekvenser for fiskeriene

### 6.1 Beregningsmetode for sysselsetting

For beregning av de samlede sysselsettingsvirkningene på nasjonalt nivå er det benyttet en forenklet multiplikatorbasert beregningsmodell. Modellen skiller mellom direkte sysselsettingsvirkninger, indirekte sysselsettingsvirkninger og konsumeffekter. Direkte sysselsettingsvirkninger refererer til sysselsetting hos operatøren og hos de selskap som blir direkte engasjert av operatøren i forbindelse med avviklingen. Indirekte virkninger refererer til økt aktivitet hos underleverandører og deres underleverandører. Konsumeffekten refererer til at økt direkte og indirekte sysselsetting gir økt konsum blant de sysselsatte, noe som igjen gir sysselsettingsmessige ringvirkninger i samfunnet. De direkte og indirekte produksjonsvirkninger pluss konsumvirkninger utgjør de samlede sysselsettingsvirkninger.

Metodestudiene som er utført har en sentral plass i sysselsettingsberegningene. Studiene inneholder blant annet kostnadsestimater for de ulike arbeidsoperasjonene og varigheter for de marine operasjonene. Sammen med erfaringstall for timekostnader og typisk bemanning ved ulike marine operasjoner utgjør dette beregningsgrunnlaget for direkte sysselsettingsvirkninger. Indirekte virkninger og konsumeffekter er beregnet ved hjelp av multiplikatorer av bransjetypisk størrelse. På bakgrunn av de opplysningene som kommer fram i metodestudiene, har vi antatt at den norske andelen av direkte sysselsettingsvirkninger vil være opp mot 100%.

### 6.2 Bunnramme

#### 6.2.1 Sysselsettingseffekter for disponeringsalternativene

Følgende funksjoner medfører sysselsetting i forbindelse med fjerning av bunnrammen (og er felles for de tre fjerningsalternativene):

- Pre-engineering
- Detaljengineering
- Innkjøp og administrasjon
- Konstruksjon
- Dykking og ROV, med support
- Operasjon av kranskip
- Administrasjon

Gjenbruksalternativet medfører i tillegg sysselsetting i forbindelse med overhalingsarbeid. For resirkuleringsalternativet kommer noe opphuggingsarbeid i tillegg. Deponering på dypt vann er dekket inn av punktene ovenfor. Etterlatingsalternativet er tilskrevet en viss sysselsettingseffekt knyttet til overgrusing av bunnrammen. Sysselsettingsberegningene er summert opp i Tabell 6.1.

Tabell 6.1 Sysselsettingsevirkninger - fire alternative disponeringer av bunnrammen

Sysselsetting i årsverk	Disponeringsalternativ			
	Gjenbruk	Opphugging/ resirkulering	Deponering på dypt vann	Etterlating
Direkte produksjonsvirkninger	29	35	23	7
Indirekte prod.virkninger	14	18	12	2
Konsumeffekt	17	21	14	3
Total sysselsettingseffekt	61	74	48	12
<b>Bransjefordeling:</b>				
Oljevirkksomheten	7	7	6	2
Verkstedindustri	8	14	3	0
Transport, marine tjenester	14	14	14	5
Andre	32	39	25	5

Bunnrammen og forboringsrammen inneholder ca. 925 tonn stål og 90 tonn duplex. Sysselsettingseffekten av resirkuleringsarbeidet i alternativ 2 i Tabell 6.1 utgjør 14 årsverk i verkstedindustrien.

Timeverk hos operatør, verksted og annen engineering/administrasjon er beregnet ut fra oppgitte kostnadsestimater og en forventet timekostnad på NOK 300,-. Arbeidstimer i forbindelse med dykkerfartøy og kranskip er beregnet ut fra en forventet bemanning på henholdsvis 60 og 30 personer.

### 6.2.2 Konsekvenser for fiskeriene

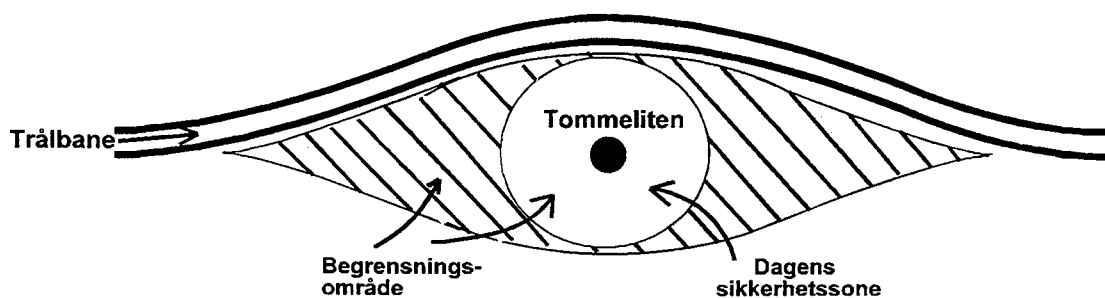
Gjenbruk og opphugging/resirkulering av bunnrammen er løsninger som medfører at havbunnen vil bli etterlatt uten vesentlige hindringer for utøvelse av fiskerivirkksomhet. Disse løsningene vurderes således utelukkende å ha positive virkninger for fiskeriutøvelsen.

Ved etterlatelse av bunnrammen vil denne bli overgruset. Teoretisk tapt fangstmengde kan beregnes som et produkt av begrensingsareal (område det ikke vil bli fisket på) og midlere fangst per arealenhet i området.

### Begrensningsareal

Eksisterende sikkerhetssone med radius 500 meter rundt innretningen vil sannsynligvis ikke bli opprettholdt etter feltets avvikling. Fra fiskerihold er det imidlertid uttrykt bekymring over at gruslagte innretninger i Nordsjøen kan medføre skade på fangst og redskap (Misund, Fiskeridirektoratet, pers. med.). Ved beregning av begrensningsareal antas det derfor at fiskere vil forsøke å gå utenom en overgruset bunnramme under tråling.

Risiko for avdrift på grunn av vind og strøm (Valdemarsen 1995) gjør det nødvendig å operere med en viss sikkerhetsmargin under passeringen. Det legges derfor til grunn at fiskefartøyene vil passere bunnrammen utenfor dagens sikkerhetssone, m.a.o. 500 m. til høyre eller venstre for bunnrammen. Denne passasjen forutsetter at fartøyene styrer unna innretningen et stykke før 500 meters sonen og vende tilbake til opprinnelig trålbane et stykke etter den er passert. Dette gir et begrensningsareal som er vurdert til å omfatte ca. 2 km<sup>2</sup>, og er illustrert i Figur 6.1 nedenfor.



Figur 6.1 Selvpålagt begrensningsområde ved tråling ved innretning (etter Valdemarsen 1995).

### Fangststatistikk

Fangststatistikker for området er gjengitt i Tabell 6.2 og Tabell 6.3.

Tabell 6.2 Total fangsmengde norske fartøyer 1993-95 (tonn)

Område	1993	1994	1995	snitt
Hovedområde 41	144.733	217.818	121.945	161.498
9 lokasjoner rundt Tommeliten	32.043 (22%)	15.539 (7%)	11.332 (9%)	19.638 (12%)

Tabell 6.3 Total fangsmengde med trål - norske fartøyer 1993-95 (tonn)

Område	1993	1994	1995	snitt
Hovedområde 41	70.986	159.714	74.458	101.719
9 lokasjoner rundt Tommeliten	1.757	642	578	992

Område	1993	1994	1995	snitt
	(2,5%)	(0,4%)	(0,8%)	(1%)

Tabellene viser fangst for norske fartøyer. Det er ikke gjort beregninger for utenlandsk fangststatistikk. Basert på begrensede fangstdata fra nærliggende områder (Asplan 1993) kan det antas at tallene vil være omlag 4 ganger så høye når utenlandske trålfangster (danske og britiske) inkluderes. I vedlegg 10.6 er det gitt en kort beskrivelse av fiskeristatistikk og dens begrensninger.

Arealmessig representerer de 9 lokasjonene som er referert i tabellene ca. 12% av hovedområdet. Tabellene viser stor variasjon i total fangstmengde både i hovedområdet og innen de ulike fiskerilokasjoner. Fra 1993 til 1994 er fangstmengden i hovedområdet øket med over 50%, mens andelen tatt i de 9 valgte lokasjonene ble redusert med 2/3. Legger man en gjennomsnittsbetraktning over tidsperioden til grunn, viser fangststatistikken at området har en fiskerimessig betydning tilsvarende gjennomsnittet for Nordsjøen. For trålfiske er den fangstmessige betydningen langt lavere.

#### Tap av fangstpotensial, skade på redskap

Basert på fangststatistikken ovenfor og et begrensingsareal på 2 km<sup>2</sup>, får man et teoretisk tap av fangstpotensial for norske fartøyer på omlag 1,3 tonn per år. Da er begrensingsarealet muligens satt noe høyt, slik at det virkelige tapet kan bli lavere.

I perioden 1990-91 ble det registrert 3-4 overtrålinger av Tommeliten. I ett tilfelle heftet trålwiren seg fast (Asplan 1993). Ved overgrusing vil sannsynligheten for hekting nærmest bli eliminert, og sannsynligheten for at fangst eller redskap vil bli skadet som følge av overtråling vil være begrenset, selv ved fritt fiske i området.

Sikkerhetssonen kommer til å opphøre, og overgrusing er tenkt utført på en slik måte at det blir mulig å tråle over bunnrammen uten å skade utstyret. Sammen med at tapt fangstpotensial forventes å være lavt, tyder dette på at de totale konsekvensene for fiskeri ved etterlatelse av en overgruset bunnramme på Tommeliten vil være meget begrensede.

## 6.3 Rørledninger

### 6.3.1 Sysselsettingseffekter av disponeringsalternativene

Følgende funksjoner gir sysselsettingseffekter ved fjerning av rørledningene:

- Engineering og administrasjon
- Operasjoner fra dykkefartøy
- Operasjoner fra rørleggingsfartøy
- Administrasjon hos Statoil

Ved gjenbruk må det påregnes noe arbeid i forbindelse med overhaling og modifikasjon av rørledningene. Sysselsettingseffekter av dette arbeidet er ikke med i beregningene. For resirkuleringsalternativet kommer opphuggingsarbeid i tillegg. Etterlating gir noe sysselsetting i forbindelse med overgrusing av endene. Sysselsettingsberegningene er summert i Tabell 6.4.

Tabell 6.4 Sysselsettingseffekter av 3 disponeringsalternativer for rørledningene

Sysselsetting i årsverk	Disponeringsalternativ		
	Gjenbruk	Opphugging/ resirkulering	Etterlating
Direkte produksjonsvirkninger	16	53	1
Indirekte prod.virkninger	8	26	0
Konsumeffekt	10	32	1
Total sysselsettingseffekt	34	111	2
<b>Bransjefordeling:</b>			
Oljevirkksomheten	3	4	0
Verkstedindustri	0	36	0
Transport, marine tjenester	13	13	1
Andre	18	58	1

Rørledningene inneholder ca 2.600 tonn duplex. Tabell 6.4 viser at resirkulering gir en sysselsettingseffekt i verkstedindustrien på 36 årsverk.

Arbeidstimer i forbindelse med dykkeroperasjoner er beregnet ved å bruke samme forhold kostnad/arbeid som tilsvarende operasjoner i tilknytning til bunnrammen. Virksomheten knyttet til rørleggingsfartøyet er estimert med et forhold kostnad/arbeid som ligger midt mellom dykkefartøy og kranfartøy. Den øvrige sysselsetting er beregnet på samme måte som for bunnrammen.

### 6.3.2 Konsekvenser for fiskeriene

Fjerning av rørledningene vil medføre at havbunnen lokalt blir forstyrret, og midlertidige grøfter/furer kan oppstå. Effekten vil være tidsbegrenset, og vurderes ikke til å gi negative virkninger for utøvelsen av fiske i området.

Rørledningene vil ikke representere noen trussel for fiskeriene så lenge de forblir nedgravd. De har tidligere beveget seg og kommet opp av havbunnen. Dette har skyldtes temperaturforskjeller, varme og ekspansjon som følge av at rørene har vært, og er, i bruk. Faren for slik eksponering er en lite aktuell problemstilling ved eventuell etterlating. Rørledningene er laget av meget bestandige materialer, og sannsynligheten for oppsprekking er meget lav selv om de eksponeres over havbunnen.

Konsekvenser for fiskeriene i form av skade på utstyr vurderes som meget begrensede, og som ikke-eksisterende på kort sikt.

Etterlating av rørledningene vurderes til ikke å medføre båndlegging av areal. Etterlating har således ingen effekt på muligheten for utøvelse av fiske og påvirker ikke fangstpotensialet.

## 6.4 Kontrollkabler

### 6.4.1 Sysselsettingseffekter av disponeringsalternativene

Fjerning av kontrollkablene kan gjøres med et kabelfartøy. Det er ikke nødvendig med forberedende arbeid utover det som gjøres ved fjerning av bunnrammen. Dersom kontrollkablene etterlates, vil endene overgruses. Forventede sysselsettingseffekter for de to alternativene er presentert i Tabell 6.5.

Tabell 6.5 Sysselsettingseffekter for disponeringsalternativene for kontrollkablene

Sysselsetting i årsverk	Disponeringsalternativ	
	Opphugging/ resirkulering	Etterlating
Direkte produksjonsvirkninger	2	1
Indirekte prod.virkninger	1	0
Konsumeffekt	1	1
Total sysselsettingseffekt	5	2
<b>Bransjefordeling:</b>		
Oljevirkksomheten	1	0
Verkstedindustri	0	0
Transport, marine tjenester	1	1
Andre	3	1

Kablene inneholder ca. 230 tonn galvanisert stål. Sysselsetting knyttet spesielt til resirkulering er ikke innarbeidet i beregningene. Opphugging av kabler gjøres maskinelt, og sysselsettingseffekten er derfor beskjedent.

### 6.4.2 Konsekvenser for fiskeriene

Fjerning av kontrollkablene vil ikke gi effekter som kan hemme fiskerivirkksomheten i området. Siden kablene er nedgravd vil heller ikke etterlatelse av kablene medføre noen hindring av fisket. Kablene er laget av bestandige materialer, og vil, selv om de eksponeres over havbunnen, ikke sprekke opp på kort sikt. Dimensjonene er små, slik at selv oppsprukne kabelender ikke nødvendigvis vil gi skade på fiskeredskaper.

## 6.5 Fri ferdsel

I henhold til de tidligere omtalte IMO retningslinjene, skal innretninger fjernes dersom de står på mindre enn 75 m vanddyb og er lettere enn 4000 tonn. Installasjonen står på 73 meter og veier omlag 900 tonn. I henhold til disse retningslinjene skal den fjernes. På den annen side vil det være en fri vannsøyle på drøyt 60 meter over installasjonen.

## 7 AVBØTENDE TILTAK, OPPFØLGING OG OVERVÅKNINGSPROGRAM

I tradisjonell konsekvensutredning er det et viktig punkt å klargjøre eventuelle avbøtende tiltak for å redusere konsekvensene fra virksomheten. Dette vurderes også for å være et moment som bør behandles i en konsekvensutredning for avvikling. Eventuelle avbøtende tiltak i forbindelse med avviklingen av Tommeliten Gamma vil hovedsaklig være knyttet til etterlating av installasjonene. Følgende tiltak kan være aktuelt:

- et planlagt overvåkingsprogram for å kontrollere at installasjonene forblir tildekket av grus og at rørledningene forblir liggende stabilt nedgravd.

Avbøtende tiltak vil bli iverksatt dersom framtidige kontroller sannsynliggjør behov for dette.



## 8 SAMMENSTILLING AV DISPONERINGSALTERNATIV

Dette kapitlet gir en samlet oversikt over konsekvensene for de aktuelle disponeringsalternativene for de tre installasjonene. Konsekvensene er beskrevet kvantitativt der dette er mulig, og med kvalitative spissformuleringer på de øvrige områdene. Alt er presentert i tre oppsummerende *konsekvensmatriser* som dekker hver sin installasjon. Knyttet til disse matrisene er vurderinger av fordeler og ulemper med de forskjellige alternativene. Til slutt blir forutsetninger og faktorer som ikke har vært behandlet i utredningen, men som kan være av betydning for disponeringsvalg kort vurdert.

Hver konsekvensmatrise presenterer disponeringsalternativene for installasjonene med de mest aktuelle konsekvensene for miljø, naturressurser og samfunn, de bedriftsmessige (lisensens) kostnader og en vurdering av fri ferdsel i forhold til IMOs retningslinjer.

### 8.1 Bunnramme

Bunnrammen er den installasjonen som er mest sammensatt når det gjelder materialtyper og konstruksjon. Sammen med forboringsrammen veier den omlag 900 tonn og kan karakteriseres som en «liten» innretning. Tilhørende konsekvenser av disponeringsløsningene er også begrenset.

Bunnrammens konsekvensmatrise er gjengitt i tabell 8.1. I tabellen er det valgt ut noen sentrale miljøkonsekvenser når det gjelder utslipp til luft. I kapittel 5 vurderes også andre utslipp til luft samt energibruk. Disse konsekvensene er imidlertid relativt små. De følger samme mønster som de presenterte miljøkonsekvensene og er derfor utelatt fra konsekvensmatrisen.

Tabell 8.1 Konsekvensmatrise - bunnramme

Konsekvenser	Disponeringsalternativ			
	Gjenbruk	Resirkulering	Deponering på dypt vann	Etterlating (overgrusing)
<b>Miljø</b>				
Utslipp til luft - CO <sub>2</sub> , tonn	- 660	- 490	1480	280
- NO <sub>x</sub> , tonn	- 4	- 4	33	6
- SO <sub>2</sub> , tonn	- 27	- 27	3	1
Effekter på marint miljø	Neglisjerbare effekter fra sprengning	Neglisjerbare effekter fra sprengning	Neglisjerbare effekter fra sprengning Små lokale effekter av metaller på sedimentkvalitet	Små lokale effekter av metaller på sedimentkvalitet
Avfall, tonn	500	180	0	0
<b>Samfunn</b>				
Sysselsetting i årsverk	61	74	48	12
Fiskeri, ulemper	Ingen	Ingen	Ingen	Meget begrensede
Fri ferdsel, ulemper	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen, men på grensen av IMO-retningslinjer
<b>Avbøtende tiltak</b>	Mulig oppfølging i lagringstid	Ingen	Ingen	Mulig oppfølging av grustildekking, evt. etterfylling
<b>Estimerte kostnader (mill.NOK)</b>	42	46	42	15

*Negative tall symboliserer netto besparelser sammenlignet med regulær produksjon av tilsvarende stålmengder.*

### 8.1.1 Konsekvenser ved gjenbruk av bunnrammen

Av tabellen framgår det at gjenbruksalternativet medfører reduserte utslipp til luft. Dette henger sammen med de besparelser som ligger i gjenbruk sammenlignet med nyproduksjon. Dette er imidlertid små besparelser i nasjonal målestokk.

Det kan genereres en del avfall i forbindelse med tilrettelegging for gjenbruk dersom sandblåsing må gjennomføres. I lokal sammenheng kan dette utgjøre en vesentlig del av næringsavfallet. Mesteparten kan deponeres på kommunal fyllplass.

Effektene på det marine miljø ved fjerning av bunnrammen er neglisjerbare og kortvarig. Dette alternativet vil ikke medføre varige negative konsekvenser for fiskeriene eller ferdsel til sjøs.

Kostnadene er foreløpig anslått til omlag 42 millioner NOK, og gir en forventet sysselsettingseffekt på 61 årsverk.

Andre forhold som kan påvirke konsekvensene ved gjenbruk er:

- inkludering av produksjon av en tilsvarende bunnramme, og ikke bare produksjon av tilsvarende stålmengder, som vil medføre en økt miljøgevinst
- inntekter fra et eventuelt salg av bunnrammen som vil medføre en reduksjon i de totale kostnadene
- arbeid i forbindelse med oppgradering for gjenbruk (sandblåsing, maling etc.) gjøres på et egnet sted med tillatelse til denne type arbeide som bl.a. medfører støy

### **8.1.2 Konsekvenser ved resirkulering av bunnrammen**

For å vurdere de miljømessige aspektene ved resirkulering av bunnrammen er det sett på hvilke miljømessige konsekvenser opphugging og omsmelting kan medføre sammenlignet med nyproduksjon av stål, på samme måte som for gjenbruksalternativet.

Resirkuleringsalternativet er omtrent jevngodt med gjenbruk på følgende punkter:

- utslipp til luft
- effekter på marint miljø
- fiskeri
- fri ferdsel
- kostnader

Resirkulering medfører litt større utslipp av CO<sub>2</sub> enn gjenbruksalternativet, noe som er knyttet til selve omsmeltingen. Derimot genereres under halvparten så mye avfall, forutsatt at sandblåsing ikke er nødvendig før gjenbruk.

Kostnadene for resirkuleringsalternativet er kalkulert til 46 millioner NOK. Det gir en beregnet sysselsetting på omlag 74 årsverk når direkte og indirekte ringvirkninger inkluderes. Den høye sysselsettingseffekten henger sammen med at opphugging for resirkulering gir mer arbeid i verkstedindustrien enn klargjøring for gjenbruk.

Andre forhold og endringer i forutsetninger som kan påvirke konsekvensene ved resirkulering er:

- at arbeidet som foregår ved tilrettelegging for resirkulering og opphugging foregår på et egnet sted med tillatelse til denne type arbeider som bl.a. medfører støy og utslipp.

### **8.1.3 Konsekvenser ved deponering av bunnrammen på dypt vann**

Deponering på dypt vann innebærer ingen vesentlig luftforurensning. På den annen side oppnår man heller ikke slike utslippsbesparelser som i alternativene ovenfor.

Det vil være små lokale effekter av metaller på sedimentkvaliteten i det marine miljøet. Deponering på dypt vann vil ikke gi noen negative effekter for fiskeri eller fri ferdsel til sjøs.

Kostnadene for deponeringsalternativet er beregnet til 42 millioner NOK som er noe lavere enn de to alternativene som innebærer ilandføring. Det er beregnet at dette alternativet medfører en sysselsetting på omlag 48 årsverk, mye innenfor marine operasjoner.

### **8.1.4 Konsekvenser ved etterlating og overgrusing av bunnrammen**

Kostnadmessig er etterlating det rimeligste, og det vil medføre minst aktivitet i form av sysselsetting med noen få årsverk. Når det gjelder utslipp til luft er etterlating en gunstigere løsning enn deponering på dypt vann. Det marine miljøet kan bli påført små lokale effekter av metaller på sedimentkvalitet. Alternativet innebærer minimalt med avfall på land. Etterlating med overgrusing antas å ha meget begrensede virkninger for fiskeriene.

Alternativet er kostnadsestimert til 15 millioner NOK, hovedsaklig knyttet til overgrusing. Dette gir en forventet sysselsettingseffekt på 12 årsverk.

Andre forhold og endringer i forutsetninger som kan påvirke konsekvensene ved etterlating er:

- at installasjonen ligger innenfor kategorien av innretninger som skal fjernes I henhold til IMO's retningslinjer

- at ved etterlating kan de ansvarlige for innretningen bli pålagt oppfølging for å kontrollere stabilitet av overgrusing og eventuelt foreta utbedringer

## 8.2 Rørledninger

De tre rørledningene er omlag 12 km lange og har en samlet vekt på ca. 2.600 tonn. Rørledningene utgjør den største stålmengden av installasjonene som skal avvikles, og de egner seg meget godt til gjenbruk.

Konsekvensmatrisen i tabell 8.2 gir en oversikt over de sentrale konsekvensene for de ulike disponeringsalternativene.

Tabell 8.2 Konsekvensmatrise - rørledninger

Konsekvenser	Disponeringsalternativ		
	Gjenbruk	Resirkulering	Etterlating
<b>Miljø</b>			
Utslipp til luft - CO <sub>2</sub> , tonn	- 6000	- 5500	0
- NO <sub>x</sub> , tonn	- 6	- 6	0
- SO <sub>2</sub> , tonn	- 720	- 720	0
Effekter på marint miljø	Neglisjerbare effekter ved fjerning	Neglisjerbare effekter ved fjerning	Små lokale effekter av metaller på sedimentkvalitet
Avfall, tonn	20	250	0
<b>Samfunn</b>			
Sysselsetting i årsverk	34	111	2
Fiskeri, ulemper	Ingen	Ingen	Ingen
Fri ferdsel, ulemper	Ingen	Ingen	Ingen
<b>Avbøtende tiltak</b>	Mulig oppfølging i lagringstid	Ingen	Mulig oppfølging av grustildekking, evt. etterfylling
<b>Estimerte kostnader (mill. NOK)</b>	26	29	1

*Negative tall symboliserer netto besparelser sammenlignet med regulær produksjon av tilsvarende stålmengder.*

### 8.2.1 Konsekvenser ved gjenbruk av rørledningene

De miljømessige aspektene ved gjenbruk av rørledningene er vurdert ved å se på hvilke miljømessige konsekvenser gjenbruk kan medføre sammenlignet med produksjon av nytt stål til tilsvarende rørledninger.

Når det gjelder utslipp til luft, er gjenbruksalternativet gunstig. Det har positive effekter sammenlignet med nyproduksjon, selv om utslippsmengdene i et nasjonalt perspektiv er små.

Arbeidsoperasjonene forbundet med selve fjerningen medfører neglisjerbare effekter på det marine miljøet, og ingen langtidseffekter.

Det kan genereres en liten mengde avfall ved gjenbruk (anoder). Dette kan deponeres på en kommunal fyllplass.

Det er beregnet at gjenbruksalternativet kan medføre en sysselsetting på omlag 34 årsverk når direkte og indirekte ringvirkninger inkluderes. Kostnadene er beregnet til 26 millioner NOK.

Gjenbruksalternativet vil ikke ha negative konsekvenser for fiskeriene eller ferdsel til sjøs.

Andre forhold og endringer i forutsetningene som kan påvirke konsekvensene ved gjenbruk er:

- hvis miljøkonsekvenser ved produksjonen av tilsvarende rørledninger inkluderes, og ikke bare tilsvarende stålmengder, noe som vil gi en større miljøgevinst.
- om en lykkes med å selge rørledningene vil dette gi en inntekt som gjør denne løsningen vesentlig gunstigere økonomisk.

### 8.2.2 Konsekvenser ved resirkulering av rørledningene

For å vurdere de miljømessige aspektene ved resirkulering av bunnrammen er miljømessige konsekvenser ved opphugging og omsmelting vurdert og sammenlignet med nyproduksjon av stål.

Når det gjelder:

- utslipp til luft
- effekter på marint miljø
- fiskeri
- fri ferdsel
- kostnader
- avbøtende tiltak

så er resirkulering omtrent jevngodt med gjenbruk, men med litt større utslipp av CO<sub>2</sub>. Imidlertid genereres det vesentlig mer avfall her enn ved gjenbruk.

Det er beregnet at dette alternativet kan gi sysselsettingsevirkninger i størrelsesorden 111 årsverk. Dette er en tredobling i forhold til gjenbruksalternativet, noe som skyldes mye verkstedarbeid knyttet til opphugging. Store deler av denne sysselsettingseffekten blir dekket

inn av skrapverdien for rørmaterialene. Kostnadmessig er det derfor mindre forskjell på de to alternativene. Resirkulering er kostnadsestimert til 29 millioner NOK - 3 millioner over gjenbruksalternativet. Verdien av gjenbruk er ikke med i dette regnestykket, og den reelle forskjellen i nettokostnader kan vise seg å bli svært markant.

Andre forhold og endringer i forutsetninger som kan påvirke konsekvensene av resirkulering er:

- at det er en forutsetning at det arbeidet som foregår ved tilrettelegging for resirkulering og opphugging foregår på et egnet sted som har tillatelse til denne type arbeider som bl.a. medfører støy og utslipp.

### 8.2.3 Konsekvenser ved etterlating av rørledningene

Miljømessig er etterlating en mindre gunstigere løsning enn gjenbruk og resirkulering når det gjelder utslipp til luft, men utslippene er små i nasjonal sammenheng.

Det marine miljøet kan bli påført små lokale effekter av metaller på sedimentkvalitet.

Etterlating av nedgravde rørledninger med en overgrusing av endene antas å ha ingen virkninger for fiskeriene.

Etterlating er kostnadsestimert til 1 million NOK, med en forventet sysselsettingseffekt på 2 årsverk. Med forbehold for gjenbruksverdien av rørledningene er dette det rimeligste alternativet.

Andre forhold og endringer i forutsetninger som kan påvirke konsekvensene av etterlating er:

- ved etterlating kan ansvarlige for denne innretningen bli pålagt oppfølgende kontroller for å sjekke tildekking og stabilitet av rørledningene og eventuelt måtte foreta utbedringer.

## 8.3 Kontrollkabler

Den elektriske og hydrauliske kontrollkabelen er 12 km lang. Begge kablene er nedgravd, bortsett fra ved innløp til plattform og bunnramme. Tabell 8.3 gir en oversikt over de sentrale konsekvensene for de ulike disponeringsalternativene.

Tabell 8.3 Konsekvensmatrise - kontrollkabler

Konsekvenser	Disponeringsalternativ	
	Resirkulering	Etterlating
<b>Miljø</b>		
Utslipp til luft - CO <sub>2</sub> , tonn	130	0
- NO <sub>x</sub> , tonn	7	0
- SO <sub>2</sub> , tonn	0	0
Effekter på marint miljø	Neglisjerbare effekter ved fjerning	Små lokale effekter av metaller på sedimentkvalitet
Avfall, tonn	80	0
<b>Samfunn</b>		
Sysselsetting i årsverk	5	2
Fiskeri, ulemper	Ingen	Ingen
Fri ferdsel, ulemper	Ingen	Ingen
<b>Avbøtende tiltak</b>	Ingen	Ingen
<b>Estimerte kostnader (mill. NOK)</b>	9	1

### 8.3.1 Konsekvenser ved resirkulering eller etterlating av kablene

Resirkulering av kablene vil medføre små mengder av utslipp til luft og generering av noe avfall på land. Det påregnes ikke synlige effekter på marint miljø, fiskeri eller fri ferdsel. Kostnadene er estimert til 9 millioner NOK og en sysselsettingseffekt tilsvarende 5 årsverk.

Ved etterlating unngår man luftutslipp. Det er heller ikke her identifisert effekter på marint miljø, fiskeri eller fri ferdsel. Alternativet er kostnadsberegnet til omlag 1 millioner NOK, knyttet til overgrusing av endene. Dette gir en forventet sysselsettingseffekt på snaut 2 årsverk.



## 9 REFERANSER

- [1] Asplan 1993. Utbygging av Tommeliten-feltet. Konsekvenser for fiskeri og samfunn. Rapport fra Asplan analyse.
- [2] Asplan 1995. Miljø- og samfunnsmessige konsekvenser ved avviklingen av Odin plattformen. Asplan rapport 2-32747, for Esso Norge as.
- [3] DNVI 1993. Konsekvensutredning Tommeliten Alfa. H. Rye & K. Jødestøl. DNVI rapport 93/3536.
- [4] DNVI 1995. Avvikling av Øst Frigg feltet. Konsekvensutredning. DNVI rapport 95-3271, for Elf Petroleum Norge as.
- [5] Fiskeridirektoratet 1994. Forskrift om endring av forskrift om oppgaveplikt for fiske- og fangstfartøy. J-13-94. Melding fra Fiskeridirektøren.
- [6] Fiskeridirektoratet 1995. Fiskeristatistikk for årene 1990 til 1992. Utarbeidet for miljøkonsekvensutredning for Balder.
- [7] Fiskeridirektoratet 1996. Fangstdata for hovedområde 41 (sentrale Nordsjø) for årene 1993, 1994 og 1995.
- [8] IMO 1989. The Guidelines and Standards for the Removal of Offshore Installations and Structures on the Continental Shelf and in the Exclusive Economic Zone.
- [9] Larsen, T., 1994. Odin abandonment - effekter av eventuell sprengning under vann på fisk i området. Rapport fra Høgskolen i Finnmark 1994.
- [10] Lind, E. og Nesse, S. in prep. Metodestudie- Miljø- og samfunnsmessige konsekvenser ved plattformdisponering. Rapport fra Asplan og DNV til OLF.
- [11] Miljøplan 1990. Miljøundersøkelse på Tommelitenfeltet, Juni 1989.
- [12] Nærings og energidepartementet (NOE) 1996. Faktaheftet
- [13] Nærings og energidepartementet (NOE) 1995/96. Odelstingsproposisjon nr 43 (1995/96) Om lov om petroleumsvirksomhet
- [14] Oslo Commission 1991. The Guidelines for Disposal of Offshore Installations at Sea.
- [15] SFT, 1993. Sandblåsing av skip. SFT rapport 93:07.
- [16] SSB, 1994. Avfallsstatistikk. Kommunalt avfall 1992. Statistisk sentralbyrå 1994.
- [17] SSB 1996. Naturressurser og miljø 1996. Statistisk sentralbyrå 1996.
- [18] Valdemarsen, J.W., 1995. Fiskeressurser og fiskerier i Nordsjøen - Konflikt med oljeinstallasjoner? Konferansedokument fra konferanse om fremtidig disponering av oljeinstallasjoner, Egersund, 23-24 august 1995.

## 10 VEDLEGG

### 10.1 Internasjonale avtaler

*The Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic* (OSPAR) was adopted in June, 1992. It have replaced the 1972 Oslo Convention and the 1974 Paris Convention.

In Annex III to the Convention, the parties have agreed on the following regarding the Prevention and Elimination of Pollution from Offshore Sources:

1. No disused offshore installation or disused offshore pipeline shall be dumped and no disused offshore installation shall be left wholly or partly in place in the marine area without a permit issued by the competent authority of the relevant Contracting Party on a case-by-case basis. The Contracting Parties shall ensure that their authorities, when granting such permits, shall implement the relevant applicable decisions, recommendations and all other agreements adopted under the convention.
2. No such permit shall be issued if the disused offshore installation or disused offshore pipeline contains substances which result or are likely to result in hazards to human health, harm to living resources and marine ecosystems, damage to amenities or interference with other legitimate uses of the sea.

These provisions will enter into force at the same time as the Convention itself enters into force.

The 1991 Guidelines adopted under the 1972 Oslo Convention is still applicable under the new 1992 OSPAR Convention. They will, however, be reviewed regularly and amendments may be made to the Guidelines in the years to come.

The Commission to the OSPAR Convention has initiated work on sacrificial anodes. Currently the activities are limited to a survey of the use of sacrificial anodes, and of the contribution from these to discharges of heavy metals to the North Sea.

In *The Ministerial Declaration of the Third International Conference on the Protection of the North Sea* (The North Sea Declaration) 1990, the participants decided to adopt a comprehensive set of common actions including reducing the input of hazardous substances and nutrients, the operational discharges from offshore installations and the discharges and disposal of radioactive wastes.

The Declaration introduced the precautionary principle and Best Available Technology (BAT) as premises for the future work of the participants, and sets quantitative goals for the reduction of the discharges of certain substances. Regarding the disposal of offshore installations, the 1990 North Sea Declaration states the following:

*"To agree that specific conditions in the North Sea require specific safeguards in order to protect the marine environment from the disposal of installations or parts thereof and to this end invite the Oslo Commission to continue its work in developing guidelines with the aim of ensuring that offshore installations are disposed of in an environmentally satisfactory manner."*

Such guidelines were subsequently agreed by the Parties to the Oslo Convention in 1991, i.e. the OSCOM guidelines.

The situation was further discussed at *the 4<sup>th</sup> International Conference on the Protection of the North Sea* (Esbjerg Declaration) in June 1995. It was recognised that offshore installations could pose a threat to the marine environment (if dumped or left at sea) even if noxious and hazardous materials were removed prior to disposal. Further, it was stated that disposal of installations on land by recycling recyclable materials and ensuring safe and controlled disposal of unavoidable residues would be in accordance with generally agreed principles of waste management policy.

As a conclusion the Ministers agreed that more environmentally acceptable and controllable land-based solutions are preferable. To continue a precautionary approach they agreed (with exception of Norway, United Kingdom and France):

1. that decommissioned offshore installations shall either be reused or be disposed of on land;
2. to invite OSPAR to implement this agreement by 1997; and
3. to also take concerted action within the London Convention 1972 with the aim that the revised Convention would require the disposal on land of decommissioned offshore installations.

## 10.2 Utdrag fra OSCOM retningslinjene

Retningslinjene forbyr sjødisponering av innretninger som inneholder Annex I stoffer, og krever at det utstedes tillatelse for sjødisponering av innretninger som inneholder Annex II stoffer. Tillatelsene skal kun gis iht. spesifiserte kriterier, vurdert utfra:

1. referanse data relatert til bestemte disponeringsløsninger eller disponeringslokaliteter, f.eks. data om bunnforhold, mengder og posisjon for utslipp av borekaks og konsentrasjoner av olje i sediment;
2. gjenværende mengder av Annex I og II stoffer etter rengjøring og ferdigstillelse for disponering; og
3. en sammenligning av øket konsekvens ved å disponere en komponent ved en lokalitet i forhold til en annen lokalitet.

Dersom de spesifiserte kriteriene ikke kan imøtekommes skal tillatelse ikke gis, med unntak av dersom en detaljert vurdering av § 3b i Annex III indikerer at sjødisponering uansett er alternativet med minst konsekvenspotensiale.

Følgende informasjon skal legges til grunn for en vurdering av materialenes karakteristika og sammensetning:

- Mengde og sammensetning
- Mengde av stoffer og materialer som blir deponert per dag (per uke, per måned)
- Giftighet
- Nedbrytbarhet
- Akkumulering i biologisk materiale eller sediment
- Kjemiske og fysiske endringer med avfallet etter utslipp, inkludert muligheten for dannelse av nye komponenter.

Sannsynlighet for smaksetting som kan gi redusert markedsverdi for gitte ressurser (fisk, skalldyr, osv.)

Dersom det legges opp til dumping, krever retningslinjene at det legges fram informasjon om dumpelokaliteten og metode for dumping (avhengig av hvorvidt dumpelokaliteten er ny, allerede etablert, eller er *in situ* lokaliteten), herunder:

- Geografisk posisjon, vanndybde og avstand til nærmeste kyst
- Lokalisering i relasjon til naturressurser, i både voksne og yngre stadier (gyte- og oppvekstområder, trekkruter for fisk og sjøpattedyr, områder av vitenskapelig eller biologisk viktighet (marine naturreservater, habitater for sjeldne, sårbare eller truede arter))
- Lokalisering i forhold til estetisk viktige områder (friluftslivområder; sportfiskeområder; områder med spesiell naturkvalitet eller viktig kulturell og historisk viktighet)
- Emballeringsmetode, hvis dette gjøres

- Initiell fortytning som oppnås ved den foreslåtte utslippsmåten
- Spredning, horisontal transport- og vertikal miksingskarakteristika
- Forekomst og effekter av pågående og tidligere disponering i området (inkludert akkumulerte effekter)
- Avstand til andre lovlige brukere av havet (fiskerier; skipsleder; militære forbudssoner; bruk av sjøbunn (mineralutvinning, kabler, transformatorer, osv.)

En sammenligningsvurdering av ulike disponeringsløsninger bør baseres på:

- teknisk gjennomførlighet
- miljøkostnader
- farer knyttet til transport og deponering
- økonomi
- eksklusjon av områder for fremtidig bruk

Dersom en vurdering av de ovenfor nevnte forhold viser at et alternativ med landdeponering er mer egnet skal det ikke gis tillatelse til sjødeponering (§ 5.5).

I tillegg kreves det at det gjennomføres overvåking etter fjerning, for å kunne vurdere effekter på biotisk og abiotisk miljø som følge av disponeringen.

## 10.3 Materialliste for Tommeliten Gamma

BUNNRAMME		Antall	Vekt	Vekt	Materiale	Note
			kg / stk	Tonn		Nr.
Forboringsramme		1	95800	95.8	Stål	1
Beskyttelsesstruktur		1	80000	800.0	Stål	1
Peler		6		30.8	Stål	2
Betong i peler				0.9	Betong	2
Integrert rørføring				90.0	Rustfritt stål (Duplex)	1
Korrosjonsbeskyttelse int.rør				1.8	Neophrene	3
Anoder forboringsramme		42	99.4	4.2	Al-Zn-In legering	1
Anoder beskyttelsesstruktur		138	99.4	13.7	Al-Zn-In legering	1
Maling forboringsramme				0.3	Epoxy	3
Maling beskyttelsesstruktur				2.8	Zink / epoxy	3

RØRLEDNINGER	Lengde	Antall	Vekt	Vekt	Materiale	Note
	m		kg/m	Tonn		Nr.
9" rørledning	11500	2	80.97	1862.3	Duplex	2
9" rørledning (tykkvegget)	500	2	122.87	122.9	Duplex	2
6" rørledning	11500	1	52.03	598.3	Duplex	2
6" rørledning (tykkvegget)	500	1	77.53	38.8	Duplex	2
Isolasjon 9" linje	12000	2	5.7	136.8	Polyuretan elastomer	2
Korrosjonsbeskyttelse 9" linje	12000	2	1.97	47.3	Polykloropren	2
Korrosjonsbeskyttelse 6" linje	12000	1	4.3	51.6	Polykloropren	2
Anoder 9" linje				18.0	Al-Zn-In legering	1
Anoder 6" linje				5.2	Al-Zn-In legering	1

ELEKTRISK KABEL	Lengde	Antall	Vekt	Vekt	Materiale	Note
	m		kg/m	Tonn		Nr.
Kabel	12000	1	7.15	85.8	Komplett kabel	1
Kraft- / signal tråd	12000	1	0.32	3.8	Cu	2
Armering	12000	1	5.7	68.4	Galvanisert stål	2
Beskyttelseslag, indre/ytre	12000	1	1.13	13.6	Polyetylen	2

HYDRAULISK KABEL	Lengde	Antall	Vekt	Vekt	Materiale	Note
	m		kg/m	Tonn		Nr.
Kabel	12000	1	19.39	232.7	Komplett kabel	1
Hydraulikk- / metanolslanger	12000	14	0.23	39.4	Hytrel (termoplast)	2
Fyllemateriale	12000	1	0.20	2.4	Gummi / plast	2
Armering	12000	1	13.37	160.4	Galvanisert stål	2
Beskyttelseslag, indre/ytre	12000	1	2.54	30.5	Polyetylen	2

NOTER						
1. Oppgitt / eksakt mengde						
2. Beregnet mengde						
3. Estimert mengde						

## 10.4 Metaller

Tabell 10.1 Elementer i samtlige enheter tilhørende Tommeliten (tonn)

Element	Stål	Anode	Maling	Kobberledning
C	4,5			
Mn	50			
Si	16	0,08		
S	0,5			
P	0,5			
Cu	9	0,003		3,8
Ni	13			
Cr	600			
Mo	137			
V	2,5			
Nb	0,9			
Ti	1,6			
Al	1,9	39		
B	0,02			
N	0,3			
Sn	0,08			
Sb	0,08			
Bi	0,01			
Pb	0,03			
As	0,1			
Fe	3030	0,04		
In	-	0,02		
Zn	4,6	2	0,1	



## 10.5 Sentrale prosesser ved deponering av metalliske enheter i sjøen

### Generelt

Utlekkingsrater av metallene som oksyder er ikke berørt her. De viktigste elementene i et typisk sjøvann er:

Element	Typisk konsentrasjon (mg/L)
Klor	19400
Natrium	10770
Sulfat	2710
Magnesium	1290
Kalsium	410
Kalium	390
Bikarbonat	142

Alle elementene og forbindelsene i sjøvann, også oppløste gasser, vil påvirke hverandres tilstand. Denne likevekten, som kan forskyves ved tilførsel eller fjerning av enkelte komponenter, forandring i biologisk aktivitet eller forandring i temperatur, er meget kompleks, og det går langt utover målet til dette notatet å gå inn på alle sammenhengene.

Reduksjons/oksydasjons-tilstanden til omgivelsene vil påvirke tilstanden til de metallene som her er beskrevet. De fleste metaller kan befinne seg i flere oksydasjonstilstander. I sjøvann er red/oks-tilstanden i stor grad bestemt av konsentrasjonen av oppløst oksygen i vannet, og vil således være dybdeavhengig.

De prosesser som er viktige for transport og faseoverføring for komponenter i sjøvann og sedimenter kan oppsummeres til:

- Adsorpsjon/Absorpsjon
- Resorpsjon
- Utfelling
- Oppløsning
- Kompleksring
- Sedimentasjon
- Resuspensjon
- Fotokjemiske reaksjoner
- Biologisk omdanning
- Bioakkumulering

### Jern

Jern, og salter av jern, vil inngå i biologiske omdanningsprosesser. Dette vil være biologisk opptak av jern i planktonisk sone og gjendanning på større dyp ved biologisk nedbrytning.

Jern vil kunne foreligge i to oksydasjonstilstander, Fe(I) og Fe(II), og dette er bestemt av red/oks-tilstandene i omgivelsene. Sjøvann ved relativt store dyp har en red/oks-tilstand som

indikerer at jern vil kunne foreligge utelukkende som Fe(II) (Anoksiske forhold, dyp > ca. 200 m).

Jern vil i oksygenrikt vann og i oksygenrike sedimenter foreligge som oksyder og hydroksyder (eks. FeOOH, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe(OH)<sub>3</sub>, Fe<sub>3</sub>(OH)<sub>8</sub>). I de øvre vannmasser vil Fe<sub>3</sub>(OH)<sub>8</sub> være den best løselige, mens på større dyp (>200 m), vil det være Fe(OH)<sub>3</sub> som vil være den best løselige av hydroksydene. Disse vil være assosiert til partikler suspendert i frie vannmasser eller til sedimenter.

I anoksiske miljø vil sannsynligvis utfellingen av uløselige sulfidsalter være den viktigste prosessen for fjerning av fritt jern fra vannmassene. Sulfidsaltene er et produkt fra sulfatreducerende bakterier. Det mest stabile sulfidsaltet er pyritt. Krystallstrukturen til pyritt kan også inkorporere nikkel og mangan, en prosess som kan påvirke konsentrasjonene av disse elementene i vannet.

Det er sannsynlig at løseligheten av disse utfelte hydroksydene og sulfidsaltene bestemmer konsentrasjonen av fritt jern i sjøvann (vanligvis under 100 µg/L).

#### Aluminium

Aluminiumkonsentrasjoner i sjøvann svinger mye, og dette er trolig på grunn av sorpsjon til suspenderte partikler i vannet. Konsentrasjonen av aluminium vil vanligvis øke med økende havdyp. Løst aluminium vil fjernes fra sjøvannet gjennom disse prosessene, og transporteres til sedimentene. Mineralet som sannsynligvis er bestemmende for konsentrasjonen av aluminium i sjøvann og sedimenter er gibbsitt, Al(OH)<sub>3</sub>. Typiske konsentrasjoner av aluminium vil være av samme størrelsesorden som for jern.

#### Krom

De marin-kjemiske prosessene for krom er meget kompliserte, og involverer mange samtidige reaksjoner: Red/oks-reaksjoner, utfelling, oppløsning, adsorpsjon, desorpsjon, biologiske interaksjoner.

Krom i sjøvann vil ha en positiv flux mot sedimentene, men likevekten mellom utfellinger i sedimentene og de løste krom-forbindelsene vil være avhengig av red/oks-betingelsene. Krom kan foreligge i mange oksydasjonstilstander, og typiske konsentrasjoner av krom i sedimenter fra åpent hav, ligger som regel under 20 mg/kg.

Krom kan adsorberes til sedimenter, og mengden av organisk materiale vil være viktig i denne prosessen. Krom vil da sannsynligvis være kompleksert til organiske komponenter, som humus-forbindelser. Krom kan også finnes som salter av jern og kalsium i sedimentene (FeCr<sub>2</sub>O<sub>4</sub> og CaCrO<sub>4</sub>)

Generelt er kromat-mineraler for løselige til å være en viktig komponent i marine sedimenter, men reaksjonene er kompliserte og svært avhengig av red/oks-tilstanden i omgivelsene. FeCr<sub>2</sub>O<sub>4</sub> er det mest stabile kromholdige mineralet, og vil sannsynligvis være bestemmende for krom-konsentrasjonen i sjøvann.

Konsentrasjonen av løst krom i sjøvann vil ligge i området 0.04 til 10.8  $\mu\text{g/L}$ , og krom vil kunne foreligge i oksydasjonstilstandene Cr(III) og Cr(VI). Krom vil også kunne foreligge kompleksert med organiske forbindelser i sjøvannet, men det foreligger ingen entydige data på hvilke typer kompleksere som vil være dominerende, eller konsentrasjonene av disse.

### Kobber

Kobber vil finnes i det marine miljø i mange organiske og uorganiske kjemiske former. Disse forskjellige forbindelsene vil være i nøyaktig likevekt, men konsentrasjonene av de forskjellige forbindelsene vil være avhengig av påvirkning av omgivelsene, f.eks. red/oks-tilstand. Kobber vil finnes i to oksydasjonstilstander, Cu(I) og Cu(II). Det forventes at marine sedimenter er det viktigste endepunktet for tungmetaller som kobber, kadmium, kvikksølv og bly i det marine miljø, men de tungmetallholdige forbindelsene vil også kunne være en kilde til tungmetaller i vann, hvis likevekten blir forskjøvet. Sedimentene vil med andre ord regulere konsentrasjonen av frie tungmetaller i sjøvann.

Typiske konsentrasjoner av kobber i marine sedimenter vil ligge under 10 mg/kg i ikke-forurensede områder. Kobber vil foreligge som enten frie kobberioner, kompleksert til organiske eller uorganiske forbindelser eller i form av kobbermineraler. Kobberioner kan adsorberes til negativt ladede overflater, slik som kalcitt, leire, organiske forbindelser, oksyder og hydroksyder av jern og mangan.

Flere kobberholdige mineraler er funnet i marine sedimenter, men det er antatt at kobberferritt vil være det bestemmende mineralet for kobberkonsentrasjonen i sjøvann. I anoksiske sedimenter er det antatt at kobbersulfid vil kunne dannes.

Kobber i sjøvann vil foreligge som frie ioner eller kompleksert til organiske eller uorganiske forbindelser. Typisk konsentrasjon av totalt løst kobber i ikke-forurenset sjøvann er rundt 100 ng/L. Undersøkelser har vist at en stor fraksjon av kobber i sjøvann vil være bundet til organiske forbindelser (3-100%), og sjøvannets kapasitet til å kunne kompleksere tungmetaller vil være avhengig av biologisk aktivitet (planktonproduksjon).  $\text{CuCl}_2^-$ ,  $\text{CuCl}_3^-$ ,  $\text{CuCl}^0$ ,  $\text{Co(OH)}^+$ ,  $\text{CuCO}_3^0$  og  $\text{CuSO}_4^0$  er de viktigste uorganiske kobberforbindelser i sjøvann, med sulfider som dominerende i anoksiske miljø, kobberkloridene som de mest dominerende i sub-oksisk miljø og karbonater i oksisk miljø.

Faktorer som påvirker spesieringen av kobber i sjøvann er bl.a. red/oks-tilstand, temperatur og salinitet. Beregninger har vist at ca. 1% av alt løst kobber vil finnes som fritt  $\text{Cu}^{2+}$ .

### Nikkel

Nikkel kan danne organiske kompleksere som er relativt stabile. Nikkel vil ikke danne sterke kompleksere med sulfider, men vil derimot kunne felle ut som sulfider.

### Sink

Sink finnes i sjøvann som relativt stabile forbindelser som sulfider (komplekser), oksyder, karbonater og silikater. Oppløst sink i sjøvann finnes i stor grad kompleksert til organiske komponenter.

## 10.6 Fiskeristatistikk og begrensninger ved bruk

Beskrivelse av fiskeriaktivitet innenfor norsk havområde er hentet fra kart og fiskeristatistikk mottatt av Fiskeridirektoratet (Fiskeridirektoratet 1995). Fiskeristatistikken vil imidlertid inneholde en rekke begrensninger. For hver levering av fangst til mottaksanlegg leveres det fangstdagbok for utfylling av sluttseddel. Fangstdagboken inneholder den enkelte fiskers estimat av fangst, mens sluttseddelen oppfører den eksakt innleverte fangstmengde. Det kan derfor være et avvik mellom fangstdagboken og sluttseddelen mhp. fangstmengde (Dahl, Fiskeridirektoratet, pers. medd.). Fangstdagbok fylles ut av dagbokspliktige redskaper, som omfatter notfartøyer, konsumtrål, industritrål og reketrål (Fiskeridirektoratet 1994 og 1995). For disse redskapene foreligger statistikken ned på lokasjonsnivå (se beskrivelse av lokasjon nedenfor). Det er også for de enkelte fiskerier fordelt fangster på artsnivå.

Trålfangster oppgitt på lokasjonsnivå vil være begrensende da fangstene oppføres på den lokasjon hvor det er tatt størst fangster (utføres av Fiskeridirektoratet) selv om fangsten er tatt over flere lokasjoner. Dette gjelder for konsumtrål. For industritrål og notfartøyer er fisket begrenset i areal, slik at den oppgitte lokasjon er den faktiske lokasjon hvor fangsten ble tatt (Dahl, Fiskeridirektoratet, pers. medd.).

Verdi av fangster tatt i de aktuelle områdene kan ikke knyttes direkte opp til lokasjoner, da prisfastsettingen til fiskeslagslaget er bestemt ut fra produkt levert, størrelse og vekt pr. fiskeslag. Det er derfor benyttet gjennomsnittspriser utbetalt pr. fisker for å få et estimat for verdien av fangstene innenfor de aktuelle lokasjoner de aktuelle år. Informasjonen er gitt av Fiskeridirektoratet.

Beregning av fiskeriaktivitet basert på den generelle statistikken ut fra et skjønnsmessig utvalg av fangstår og arter vil være begrensende for i hvilken grad en skal kunne vurdere og komme uttalelser om fiskeaktiviteten innenfor et mindre område. En rekke av de ovenfor nevnte feilkilder vil kunne begrenses ved nærmere kontakt med salgslag og lokale fiskere.

Fiskerikartene fra Fiskeridirektoratet gir en generell oversikt over fiskefelt innenfor norsk fiskerisone. Ut fra fangststatistikken og samtaler med Fiskeridirektoratet går det imidlertid frem at det også drives annet fiske enn det som fremgår av disse kartene. Kartene bør derfor ikke sees på separat, men i sammenheng med statistikken for å få et mer helhetlig bilde av aktiviteten i området.

Hele havområdet i Europa er delt inn i mindre områder kalt "hovedområder". Hvert hovedområde er gitt et unikt to-sifret nummer (f.eks 41). Hovedområdene er igjen delt inn i lokasjoner angitt med et fire-sifret nummer der de to første tallene angir hovedområde (f.eks lokasjon 4152 - ligger i hovedområde 41 del 52). Hver lokasjon har et areal på 1°N-S og

1/2°Ø-V og består igjen av 6 blokker (tilsvarende de blokker som benyttes i petroleumsindustrien). Inne ved kysten vil derimot lokasjonenes areal være noe annerledes.