

RAPPOR

Deponering av steinmassar ved Kollsnes, Øygarden kommune



Granskningar av marint naturmiljø
og miljøgiftar i sediment

Rådgivende Biologer AS 1736



Rådgivende Biologer AS

RAPPORT TITTEL:

Deponering av steinmassar ved Kollsnes, Øygarden kommune.
Granskingar av marint naturmiljø og miljøgiftar i sediment.

FORFATTAR:

Mette Eilertsen, Hilde Eirin Haugsøen og Erling Brekke

OPPDRAKGIVER:

Statoil, Troll A TPC34 prosjektet

OPPDRAGET GITT: **ARBEIDET UTFØRT:** **RAPPORT DATO:**

februar 2013

mars 2013

31. mai 2013

RAPPORT NR:

1736

ANTAL SIDER:

19

ISBN NR:

ISBN 978-82-7658-982-5

EMNEORD:

- Deponering av steinmassar
- Marin blautbotnfauna
- Miljøgifter i sediment

- Skjelsandførekomstar

RÅDGIVENDE BIOLOGER AS
Bredsgården, Bryggen, N-5003 Bergen
Foretaksnummer 843667082-mva

Internett : www.radgivende-biologer.no E-post: post@radgivende-biologer.no
Telefon: 55 31 02 78 Telefaks: 55 31 62 75

Framsidefoto: Oversiktsbilete over sjøområde aktuelt for deponering av steinmassar, sørvest for Ganghellarskjeret, samt biletet av sediment tatt i området. Foto: Erling Brekke.

FØREORD

Statoil skal leggje kablar frå Kollsnes og ut til oljeplattformen TROLL A. I samband med dette skal det sprengjast vekk eit lite undervassfjell i Skrahellersundet for å lage ein best mogleg trase. Tenkt deponeringsstad for steinmassar er ein djupål sørvest for Ganghellarskjeret.

Rådgivende Biologer har tidlegare utarbeida ei konsekvensutgreiing av marint naturmiljø basert på eksisterande kunnskap frå offentlege databasar i høve til mogleg deponering av steinmassar (Eilertsen 2012), men med omsyn på handsaminga i høve til naturmangfaldlova, var det behov for ytterligare granskingar i området.

Rådgivende Biologer AS har difor på oppdrag frå Statoil ved Jan N. Langfeldt utført ei gransking av sedimentkvalitet, miljøgifter, marin naturtype og marin blautbotnfauna i djupålen sørvest for Ganghellarskjeret ved Kollsnes, i aktuelt deponeringsområde for steinmassar.

Denne rapporten presenterer resultat frå prøvetaking og analyser av sediment, ei vidare vurdering av verdiar og verknad, samt om området er eigna som deponeringsområde for steinmassar.

Rådgivende biologer AS rettar takk til alle som har bidrege til denne rapporten. Jan Røssang for leie av båt og bistand i samband med feltarbeid. Analyse av sediment er gjort av det akkrediterte laboratoriet Eurofins Norsk Miljøanalyse AS Avd. Bergen. Guro Eilertsen har sortert botnfaunaprøver, og det akkrediterte selskapet Marine Bunndyr AS ved Cand. scient. Øystein Stokland har artsbestemt dyr.

Rådgivende Biologer AS takkar Jan N. Langfeldt for prosjektet.

Bergen, 31. mai 2013.

INNHOLD

Føreord.....	2
Innhald	2
Samandrag.....	3
Deponering av steinmassar	4
Metode	5
Resultat og verdivurdering.....	8
Konsekvensvurdering av tiltaket.....	15
Om miljøgifter.....	16
Vedleggstabell.....	18
Referansar	19

SAMANDRAG

EILERTSEN, M., HAUGSØEN, H.E. & BREKKE, E. 2013.

Deponering av steinmassar ved Kollsnes, Øygarden kommune.

Granskingar av marint naturmiljø og miljøgiftar i sediment.

Rådgivende Biologer AS, rapport 1736, 19 sider. ISBN 978-82-7658-982-5.

Rådgivende Biologer AS har på oppdrag frå Statoil utført ei gransking av miljøgifter og sedimentkvalitet, samt marin naturtype og marin blautbotnfauna i djupålen sørvest for Ganghellarskjeret, sør for Kollsnes. Denne granskinga er ei supplering til allereie utarbeida KU for naturmiljø, naturressursar og samfunnsverdiar (Eilertsen 2012).

TILTAKET

Statoil skal leggje kablar frå Kollsnes og ut til oljeplattformen TROLL A. I samband med dette skal det sprengjast vekk eit lite undervassfjell i Skrahellersundet for å lage ein best mogleg trase. Statoil ynskjer å deponere dei utsprengte steinmassane i ein djupål sørvest for Ganghellarskjeret.

RESULTAT OG VERDIVURDERING

Sedimentkvalitet og miljøgifter

Sedimentet i djupålen sørvest for Ganghellarskjeret er grovkorna og består i hovudsak av skjelsand, sand og silt. Alle dei tre stasjonane vart tekne på same djupne. Glødetapet var høgt på stasjon 2 og 3, medan stasjon 1 hadde lågt glødetap. Dette skuldast truleg at stasjon 2 og 3 inneheldt ein høgare andel finsediment med ein større andel organisk stoff. Normalisert TOC var lågt for alle stasjonane og hamna i beste tilstandsklasse.

Innhaldet av tungmetallar var generelt lågt med konsentrasjonar innafor tilstandsklasse I = "god". Det var enkelte PAH sambindingar som førekomm med konsentrasjonar som var moderat høge (tilstandsklasse III) til dårlig (tilstandsklasse IV), men samla sett for alle sambindingane var konsentrasjonen innanfor beste og nest beste tilstandsklasse i dei tre prøvene. PCB og TBT innhaldet var innafor tilstandsklasse III = "moderat" på stasjon 2 og 3, medan stasjon 1 hamna i tilstandsklasse I = "bakgrunn".

Marine naturtypar og marin blautbotnfauna

I høve til NIN systemet vart det registrert hovudnaturtypen *mellomfast afotisk saltvassbotn* (*M12*) og grunntypen *afotisk skjelsandbotn* (*M12-4*). Reine skjelsandførekommstar er ein viktig naturtype i høve til DN handbok 19, men vart ikkje registrert i dette området. Registrert naturtype er vurdert å ha *liten verdi*.

Det vart registrert ein marin blautbotnfauna som var tydeleg prega av dårlige miljøtilhøve med lågt arts- og individtal, samt enkeltartar som dominerte. Grunne tersklar i området rundt djupålen kan mogleg føre til noko redusert utskifting og oksygentilhøve i djupålen, men ein har ikkje oksygenmålingar som kan vise til dette. Det er ikkje registrert noko rikt eller verdifullt artsmangfald, og marin blautbotnfauna i djupålen er vurdert å ha *liten verdi*.

KONSEKVENSVURDERING AV TILTAKET

Det er knytt ubetydeleg verknad til aktivisering og spreying av miljøgifter for marint biologisk mangfald ved deponering av steinmassar. Generelt låge verdiar av miljøgifter medførar liten risiko og det eksponerte sjøområdet vil sørge for rask spreying og fortynning av partiklar. Det er ingen verknader i driftsfasen.

- *Liten verdi og ingen verknad av miljøgifter gjev ubetydeleg konsekvens (0) i anleggfasen.*

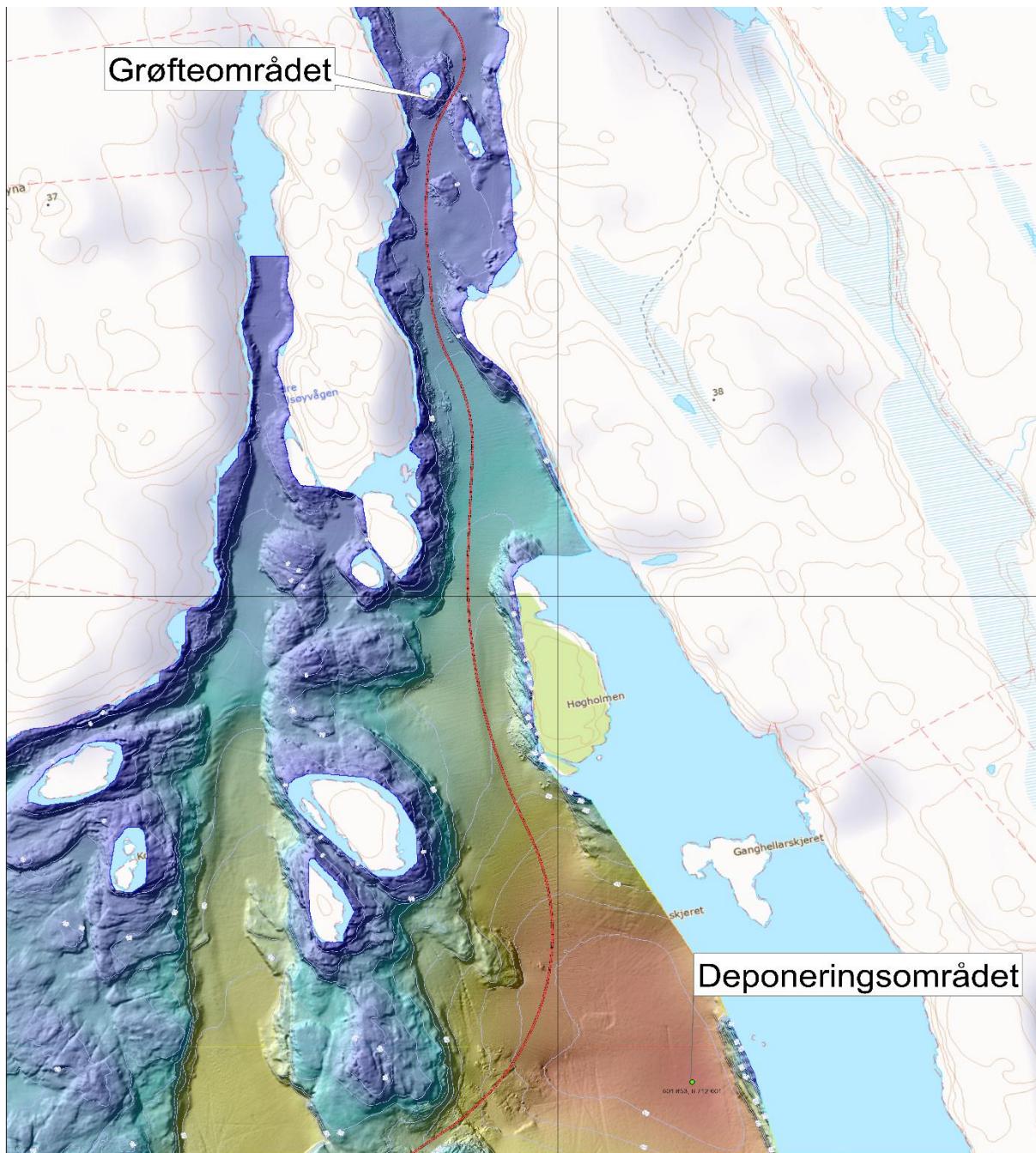
Det er knytt middels negativ konsekvens for marine naturtypar og marin blautbotnfauna ved deponering av steinmassar i driftsfasen. Arealbeslag vil endre naturtype og artsmangfald fullstendig i området.

- *Liten verdi og middels negativ konsekvens gjev liten negativ verknad (-) i driftsfasen*

Djupålen sørvest for Ganghellarskjeret vil vere eit eigna område for deponering, og utan særleg verknad av moglege aktiviserte miljøgiftar.

DEPONERING AV STEINMASSAR

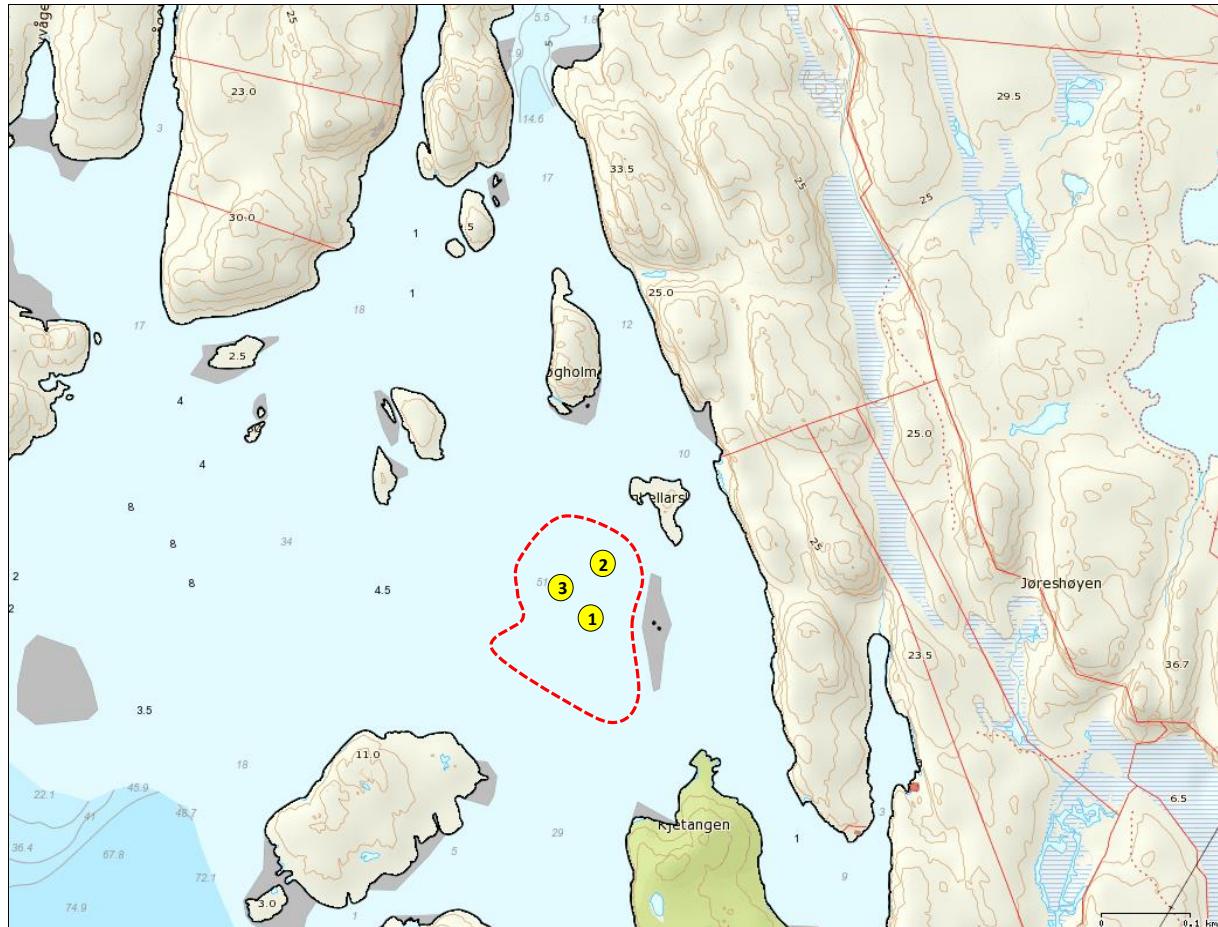
Statoil skal legge kablar frå Kollsnes til Troll A feltet gjennom Skrahellersundet og dermed er det behov for å sprengje vekk om lag 800 m^3 fjell for optimalisering av trase. Ein ynskjer å deponere dei utsprengte steinmassane i ein nærliggande djupål sørvest for Ganghellarskjeret på om lag 50 m djupne (**figur 1**). Det er om lag 1500 m^3 med steinmassar som skal deponerast og fyllinga i denne djupålen på det høgste vere 2 m. Dette vil omfatte eit område med ei utstrekning på $25\times30\text{ m}$.



Figur 1. Oversikt over sjøkabeltrase (raud linje) i området for sprenging i Skrahellersundet, samt område for deponering av steinmassar sørvest for Ganghellarskjeret ved Kollsnes.

METODE

7. mars 2013 vart det utført granskningar av sedimentkvalitet med kornfordeling og miljøgifter i sediment på tre stader (**figur 2**), samt kartlegging av marin naturtype og den marine blautbotnfaunaen sin samansetning i området. Undersøkingane vart utført i høve til Norsk Standard NS-EN ISO 5667-19:2004 og NS-EN ISO 16665:2005. Vurdering av resultat er gjort i høve til KLIFs klassifisering av miljøtilstand i vatn, rettleiar 97:03 for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann, og revidert rettleiar for klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter (Bakke mfl. 2007), samt rettleiar 01:09 (Direktoratsgruppa for vassdirektivet).



Figur 2. Oversynskart over deponerings- og prøvetakingsområde sørvest for Ganghellarskjeret ved Kollsnes. Stasjon 1-3 for prøvetaking er merka med gule sirklar. Kartgrunnlaget er henta fra www.fiskeridir.no.

SEDIMENTKVALITET OG MILJØGIFTER I SEDIMENT

Det vart samla inn fire parallelle sedimentprøvar på dei tre stasjonane med ein 0,025 m² stor vanVeen-grabb (**figur 2, tabell 1**). Frå kvar av dei fire prøvene vart materiale teke ut frå dei 2–5 øvste cm og samla til ein blandprøve for analysar og vurdering av miljøgifter, kornfordeling, innhald av tørrstoff og organisk stoff som TOC og glødetap.

Kornfordelingsanalysen måler den relative andelen av leire, silt, sand, og grus i sedimentet. Kornfordelingsanalyser og resterande kjemiske analyser vert utført i samsvar med NS-EN ISO 16665. Innholdet av organisk karbon (TOC) i sedimentet vart analysert direkte etter AJ 31, men for å kunne nytte klassifiseringa i KLIF (1997) skal konsentrasjonen av TOC i tillegg standardiserast for teoretisk 100 % finstoff etter nedanforstående formel, der F = andel av finstoff (leire + silt) i prøven:

$$\text{Normalisert TOC} = \text{målt TOC} + 18 \times (1-F)$$

Alle kjemiske analyser samt kornfordelingsanalyser er utført av Eurofins Norsk Miljøanalyse AS avd. Bergen

KLIF sine rettleiarar for handtering av forureina sediment (TA 2960/2012 og TA 2855/2011) skisserar krav til kva som skal gjerast av undersøkning i samband med mudring og deponering av sedimenter. Når det gjelder tilnærma reine sedimenter i tilstandsklasse I og II vil det som regel ikkje føre til nokon auka forureining på dumpestaden. Der ordinær mudring / dumping av / utfylling på forureina massar i tilstandsklasse III er aktuelt, vil behov for tiltak avhenge av type miljøgift(er), mengde massar og forholda på dumpestaden.

Tabell 1. Posisjonar og djup for sedimentstasjonane til miljøgifter og sedimentkvalitet sørvest for Ganghellarskjeret ved Kollsnes 7. mars 2013.

	Stasjon 1	Stasjon 2	Stasjon 3
Posisjon nord	60°32,085'	60°32,130'	60°32,113'
Posisjon aust	4°51,234'	4°51,233'	4°51,204'
Djupne (m)	52	51	51

MARIN BLAUTBOTNFAUNA

Det vart tatt to sedimentprøvar med ein 0,1 m² stor vanVeen-grabb på stasjon 1 for artsbestemming av blautbotnfauna (**figur 3**). Prøven vart vaska gjennom ei rist med holdiameter på 1 mm, og attverande materiale vart fiksert på kvar sin boks med formalin tilsett bengalrosa og tatt med til lab for analyse av fauna.

Det vert utført ei kvantitativ og kvalitativ gransking av makrofauna (dyr større enn 1 mm). Vurderinga av samansetninga til botndyr vert gjort på bakgrunn av diversiteten og førekommst av ømfintlige eller tolerante artar i prøven. Diversitet omfattar to tilhøve, artsrikdom og jamleik, som er ei beskriving av fordelinga av antal individ pr art. Det vert brukt fire ulike indeksar for å sikre best mogleg vurdering av tilstanden på botndyr (**tabell 2**). To av indeksane, Shannon Wieners indeks og indikator-artsindeksen vert nærmare skildra nedanfor.

Tabell 2. Klassegrenser for ulike botndyrindeksar (veileder 01:09).

Indikativ parameter	I Svært god	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
NQI1	>0,72	0,63-0,72	0,49-0,63	0,31-0,49	<0,31
H'	>3,8	3,0-3,8	1,9-3,0	0,9-1,9	<0,9
ES ₁₀₀	>25	17-25	10-17	5-10	<5
ISI indeks	> 8,4	7,5-8,4	6,1-7,5	4,2-6,1	<4,2

H' Shannon Wiener Indeks

Komponentane artsrikdom og jamleik er samanfatta i Shannon-Wieners diversitetsindeks (Shannon & Weaver 1949):

$$H' = -\sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i$$

der $p_i = n_i/N$, og n_i = tal på individ av arten i , N = totalt tal på individ og s = totalt tal på artar.

Dersom talet på artar er høgt, og fordelinga mellom artane er jamn, vert verdien på denne indeksen (H') høg. Dersom ein art dominerer og/eller prøven innehold få artar vert verdien låg. Prøver med jamn fordeling av individua blant artane gir høg diversitet, også ved eit lågt tal på artar. Ein slik prøve vil dermed få god tilstandsklasse sjølv om det er få artar (Molvær m. fl. 1997). Diversitet er også eit dårleg mål på miljøtilstand i prøver med mange artar, men der svært mange av individua tilhører ein art. Diversiteten vert låg som følgje av skeiv fordeling av individua (låg jamleik), mens mange artar viser at det er gode miljøtilhøve. Ved vurdering av miljøtilhøva vil ein i slike tilfelle legge større vekt på talet på artar og kva for artar som er til stades enn på diversitet. Jamnleiken av prøven på stasjonane er også kalkulert, ved Pielous jamleksindeks (J):

$$J = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

der $H'_{\max} = \log_2 S$ = den maksimale diversitet ein kan oppnå ved eit gitt tal på artar, S.

ISI indeks

Det er etablert eit klassifiseringssystem basert på førekommstar av sensitive og forureiningstolerante artar (Rygg 2002, **tabell 2**). Ein indikatorartsindeks (ISI = Indicator species index) kan vurdere økologisk kvalitet på botnfauna på grunnlag av ulike artar sin reaksjon på ugunstige miljøtilhøve. Artar som er sensitive for miljøpåverknadar har høge sensitivitetsverdiar, medan artar med høg toleranse har låge verdiar. Indikatorindeksen er eit gjennomsnitt av sensitivitetsverdiane til alle artane som er til stades i prøven. Den forureiningstolerante fleirbørstemakken *Capitella capitata* har til dømes ein sensitivitetsverdi på 2,46, medan fleirbørstemarken *Terebellides stroemi*, som ein vanlegvis finn i upåverka miljø, har ein sensitivitetsverdi på 9,5.

Geometriske klassar

Då botnfaunaen vert identifisert og kvantifisert, kan artane inndelast i geometriske klassar. Det vil seie at alle artane frå ein stasjon blir gruppert etter kor mange individ kvar art er representert med. Skalaen for dei geometriske klassane er I = 1 individ, II = 2–3 individ, III = 4–7 individ, IV = 8–15 individ per art, osv (**tabell 3**).

For ytterlegare informasjon kan ein visa til Gray og Mirza (1979), Pearson (1980) og Pearson et. al. (1983). Denne informasjonen kan setjast opp i ei kurve kor geometriske klassar er presentert i x-aksen og antal artar er presentert i y-aksen. Forma på kurva er eit mål på sunnheitsgraden til botndyrsamfunnet og kan dermed brukast til å vurdere miljøtilstanden i området. Ei krapp, jamt fallande kurve indikerer eit upåverka miljø, og forma på kurva kjem av at det er mange artar, med heller få individ. Eit moderat påverka samfunn vil ha ei kurve som er meir avflata enn i eit upåverka miljø. I eit sterkt påverka miljø vil forma på kurva variere på grunn av dominerande artar som førekjem i store mengder, samt at kurva vil bli utvida med fleire geometriske klassar.

Tabell 3. Døme på inndeling i geometriske klassar.

Geometrisk klasse	Tal individ/art	Tal artar
I	1	15
II	2-3	8
III	4-7	14
IV	8-15	8
V	16-31	3
VI	32-63	4
VII	64-127	0
VIII	128-255	1
IX	256-511	0
X	512-1032	1

RESULTAT OG VERDIVURDERING

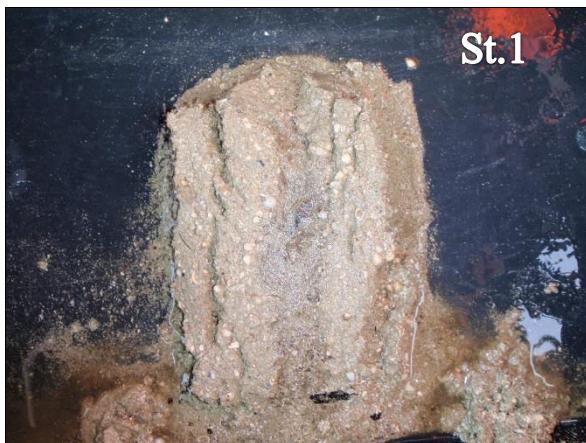
SEDIMENTKVALITET

Stasjon 1 vart tatt på 52 meters djup. Ein fekk opp $\frac{1}{2}$ til $\frac{1}{3}$ fulle grabbar i dei fire parallellane med den litle grabben. Sedimentet var grått, fast i konsistens og luktfritt, beståande av 70 % skjelsand, 20 % silt og leire og 10 % sand. Om lag 40 % av skjelsanden var av grovere struktur. Samtlige prøvar var homogene.

Det vart tatt to parallellar på same djupne med den store grabben for analyse av blautbotnfauna. Ein fekk opp om lag halvfull grabb i begge parallellane (6 liter). Sedimentet var grått, fast i konsistens med svak antyding av lukt av hydrogensulfid (H_2S). Sedimentet bestod av ein høg andel skjelsand og ein mindre andel sand og silt (**tabell 4**). Om lag 40 % av skjelsanden var av grovere struktur. Ein fann restar av tareblad i prøven.

Stasjon 2 vart tatt på 51 meters djup, og ein fekk opp frå 3-4 skeier materiale til $\frac{1}{2}$ grabb med den litle grabben. Sedimentet var gråbrunt, mjuk i konsistens og noko luktande. Ein fekk opp noko heterogene prøvar med sediment beståande av skjelsand, organisk materiale og silt. Det var restar av tare i prøvane.

Stasjon 3 vart tatt på 51 meters djup der ein fekk opp $\frac{1}{2}$ grabb i parallelane med den litle grabben. Sedimentet var gråbrunt, mjuk i konsistens og noko luktande, bestående av om lag 50 % skjelsand, 30 % silt og 20 % organiske materiale. Prøvane var homogene, forutan første parallel som innehaldt ein høgare andel skjelsand (**tabell 4**).



Figur 3: Bilete av sediment tatt med liten grabb på stasjon 1–3 sørvest for Ganghellarskjeret ved Kollsnes 7. mars 2013.

Tabell 4. Sensorisk og kjemisk feltskildring av sedimentprøver tatt med stor og liten grabb fra stasjon 1-3 sørvest for Ganghellarskjeret ved Kollsnes 7. mars 2012. Andel av de ulike sedimentfraksjonane er anslått i felt. pH/Eh poeng og tilstand henta fra figur i NS 9410:2007. For antal prøver og forsøk er det gitt for stor grabb/ liten grabb.

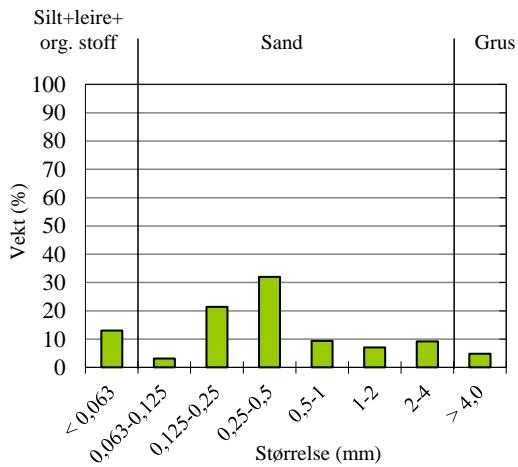
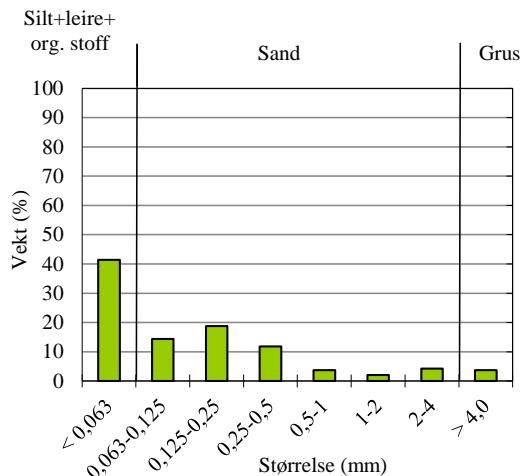
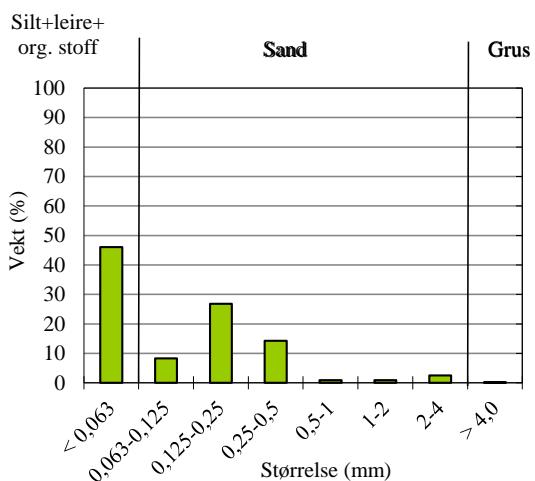
Stasjon		1	2	3
Antal prøver		2/4	-/1	-/4
Antal forsøk		2/4	-/4	-/4
Grabbvolum (0,1 m ²)		6		
Grabbvolum (0,025 m ²)		½ – ½	> ¼ til ½	½
Bobling i prøve		Nei	Nei	Nei
H ₂ S lukt		luktfri til svak lukt	luktfri til noko lukt	noko lukt
Primær sediment i %	Skjelsand	70 %	30 - 50 %	50 – 60 %
	Grus			
	Sand	10 %		
	Silt	20 %	20 - 30 %	30 %
	Leire			
	Mudder		20 - 50 %	10 - 20 %
	Stein	-	-	-
	Fjell	-	-	-

Kornfordeling

Kornfordelingsanalysen visar at det er noko variasjon i sedimentterande tilhøve på stasjon 1–3 sørvest for Ganghellarskjeret (**figur 4, tabell 5**). Det var ein låg andel silt og leire (pellitt) på stasjon 1 og middels høg andel på stasjon 2 og 3 på høvesvis 41,4 og 46 %. Andelen sand var høg på stasjon 1 med 82,1 %, medan stasjon 2 og 3 hadde middels høg andel på høvesvis 53,7 og 54,9 %. Andelen grus var 0,2 og 4,88 % (**tabell 5**). Sedimentet var mest finkorna på stasjon 2 og 3.

Tabell 5. Kornfordeling, tørrstoff, organisk innhold og TOC i sedimentet fra stasjonane 1 – 3 sørvest for Ganghellarskjeret ved Kollsnes den 7. mars 2013. KLIF-tilstanden for totalt organisk karbon er markert med blå som syner tilstand I = meget god.

Stasjon	1	2	3
Leire & silt i %	13,0	41,4	46,0
Sand i %	82,1	54,9	53,7
Grus i %	4,88	3,7	0,2
Tørrstoff (%)	51	28	30
Glødetap (%)	4,52	15,50	12,70
TOC (mg/g)	1,4	6,5	6,2
Normalisert TOC (mg/g)	17,06	17,048	15,92

Stasjon 1**Stasjon 2****Stasjon 3**

Figur 4. Kornfordeling av sedimentet på stasjonane 1–3 sørvest for Ganghellarskjeret ved Kollsnes 7. mars 2013. Figuren viser kornstorleik i mm langs x-aksen og høvesvis akkumulert vektprosent og andel i kvar storleikskategori langs y-aksen.

Tørrstoff og organisk innhold

Tørrstoffsinnhaldet var noko lågt til middels høgt på stasjonane, med høgaste prosentandel på stasjon 1 med 51 % (**tabell 5**). Tørrstoffsinnhaldet i sedimentprøver vil kunne variere, med lågt innhald i prøver med mykje organisk materiale, og høgt innhald i prøver som inneholder mykje mineralsk materiale i form av primærsediment.

Glødetapet i sedimentet på dei ulike stasjonane varierte fra 4,52 til 15,50 %, som er frå normal til moderat høge verdiar i slike sediment. Glødetapet var lågast på stasjon 1 som hadde det minst finkorna sedimentet. Stasjon 2 og 3 hadde moderat høge verdiar på høvesvis 12,7 og 15,5 %. Glødetapet er mengda organisk stoff som forsvinn ut som CO₂ når sedimentprøven blir gløda, og er eit mål for mengde organisk stoff i sedimentet. Ein reknar med at det vanlegvis er 10 % eller mindre i sediment der det føregår normal nedbryting av organisk materiale. Høgare verdiar førekjem i sediment der det anten er så store tilførslar av organisk stoff at nedbrytinga ikkje klarar å halde følgje med tilførslene, eller i område der nedbrytinga er naturleg avgrensa av til dømes oksygenfattige tilhøve. Innhaldet av normalisert TOC på stasjonane var for det meste lågt i sedimentet sørvest for Ganghellarskjeret. Nivået av normalisert TOC var på mellom 15,92 til 17,06 mg C/g på stasjonane, som tilsvarar KLIFs tilstandsklasse I = "meget god".

MILJØGIFTER

Det var låge til moderate konsentrasjonar av tungmetall i sedimentet på dei tre stadane (**tabell 6**). Innhaldet av bly var relativt lågt på stasjon 2 tilsvarende KLIFs tilstandsklasse II = "god" og lågt på stasjon 1 og 3 tilsvarende tilstandsklasse I = "bakgrunn". Innhaldet av kadmium på stasjon 1 hamna i KLIFs tilstandsklasse = I "bakgrunn", medan stasjon 2 og 3 hadde noko høgare verdiar, og hamna i tilstandsklassen II = "god". Konsentrasjon av tungmetalla på dei resterande stasjonane tilsvara tilstandsklasse I = "bakgrunn".

For **PAH-stoffa** (summen av tri- til hexasykliske sambindingar) vart det påvist låge til moderat konsentrasjonar av dei ulike sambindingane i sedimentet, der stasjon 1 samla sett ligg innanfor KLIFs tilstandsklasse I = "bakgrunn" medan stasjonane 2 og 3 ligg i tilstandsklasse II= "god". Innhaldet til dei fleste sambindingane var låg tilsvarende tilstandsklasse I = "bakgrunn" og II = "god", men nokon var høge, tilsvarende tilstandsklasse III = "moderat" og tilstand IV = "dårlig". Dette gjeld benzo(a)pyren og dibenzo(ah)antracen på stasjonane 2 og 3 (**tabell 6**).

Det vart påvist konsentrasjonar av enkelte kreftframkallande stoff (* **tabell 6**) som ideno(123)pyren på stasjon 2 og 3 som hamna innafor tilstandsklasse IV ("dårlig"), og det vart funne moderat konsentrasjon av benzo(a)antracen på stasjon 2 tilsvarende tilstandsklasse III ("moderat"). Påvising av enkelt kreftframkallande stoff på dei resterande stasjonane hamna innafor tilstandsklasse I-II = "bakgrunn-god".

Innhaldet av ΣPCB 7 var lågt på stasjon 1, tilsvarende tilstandsklasse I ="bakgrunn". På stasjon 2 og 3 var innhaldet av bly moderat høgt, tilsvarende tilstandsklasse III = "moderat". Nivået av **TBT** var lågt på stasjon 1 tilsvarende KLIFs tilstandsklasse I = "bakgrunn" og moderat høgt på stasjon 2 og 3 tilsvarende tilstandsklasse III = "moderat".

Tabell 6. Miljøgifter i dei øvste 3 cm av sedimentet frå stasjon 1, 2 og 3 sørvest for Ganghellarskjeret ved Kollsnes den 7. mars 2013. Alle prøvene er analysert ved det akkrediterte laboratoriet Eurofins AS. Klif sin TA-2229/2007 er nytta for klasseinndeling av resultat etter følgjande skala, og dersom målingane ligg på grensa mellom to tilstandsklassar, er fargen for den høgaste nytta:

I = bakgrunnsnivå	II = god	III = moderat	IV = dårlig	V = svært dårlig
-------------------	----------	---------------	-------------	------------------

Stoff / miljøgift	Eining	St. 1	St. 2	St. 3
Kobber (Cu)	mg/kg	6.3	18	19
Sink (Zn)	mg/kg	<30	120	95
Bly (Pb)	mg/kg	5.3	32	26
Krom (Cr)	mg/kg	2.5	9.2	8.3
Nikkel (Ni)	mg/kg	<2.0	11	8.8
Kadmium (Cd)	mg/kg	0.20	1.4	1.2
Kvikksølv (Hg)	µg/kg	0.011	0.070	0.045
Naftalen	µg/kg	6.51	9.54	22.0
Acenaftylen	µg/kg	0.82	5.07	2.99
Acenaften	µg/kg	0.60	5.44	2.50
Fluoren	µg/kg	1.89	10.9	9.44
Fenantren	µg/kg	7.19	85.9	40.9
Antracen	µg/kg	2.02	19.4	7.14
Fluoranten	µg/kg	13.8	188	64.0
Pyren	µg/kg	11.5	144	47.8
Benzo(a)antracen*	µg/kg	7.34	67.8	27.9
Chrysen	µg/kg	8.62	62.3	35.5
Benzo(b)fluoranten*	µg/kg	18.1	141	85.9
Benzo(k)fluoranten*	µg/kg	8.84	64.8	35.5
Benzo(a)pyren*	µg/kg	8.21	91.2	45.8
Indeno(123cd)pyren*	µg/kg	16.1	157	103
Dibenzo(ah)antracen*	µg/kg	4.17	21.5	14.1
Benzo(ghi)perylen	µg/kg	24.1	128	81.5
ΣPAH 16 EPA	µg/kg	140	1200	626
PCB # 28	µg/kg	0.37	0.17	0.14
PCB # 52	µg/kg	0.44	0.20	0.23
PCB # 101	µg/kg	0.28	0.34	0.28
PCB # 118	µg/kg	0.30	0.22	0.17
PCB # 153	µg/kg	0.28	0.59	0.47
PCB # 138	µg/kg	0.27	0.56	0.44
PCB # 180	µg/kg	0.34	0.25	0.20
Σ PCB	µg/kg	2.30	27,5	31.2
TBT(Tributyltinn)	µg/kg	1,3	8,6	7,0

MARINE NATURTYPAR

Etter NIN (Naturtyper i Norge) systemet (Halvorsen 2009) vart det frå prøvetaking av sediment i djupålen sørvest for Ganghellarskjeret registrert hovudtypen *mellomfast afotisk saltvassbotn* (M12). Den afotiske sona vil seie djupner der sollyset ikkje slepp ned slik at det ikkje føregår produksjon av oksygen av planttoplankton (fotosyntese). Innanfor denne hovudtypen hamnar grunntypen *afotisk skjelsandbotn* (M12-4). Skjelsandførekomstar i høve til DN handbok 19 er ein viktig naturtype, der kriterier for viktige område er at førekommstane av skjelsand består av rein skjelsand, og om området er

knytt til tareskog. Verdien vert og vurdert ut i frå arealet av førekommstane. Skjelsandførekommstar frå DN handbok 19 kan oversettast direkte til NIN systemet som er nemnd ovanfor. Det er ikkje registrert reine førekommstar av skjelsand i djupålen og registrert naturtype vert vurdert å ha *liten verdi*.

MARIN BLAUTBOTNFAUNA

På stasjon 1 fekk ein opp $\frac{1}{2}$ grabb per parallel til botndyr. Artsantalet i dei to grabbane på stasjon 1 var svært lågt med høvesvis 7 og 10 arter for grabb A og grabb B. Samla artsantall var også svært lågt med 15 Individantalet i dei to grabbane på stasjonen var lågt til relativt lågt med høvesvis 101 og 283 for grabb A og grabb B. Totalt individantal var relativt lågt med 384. Verdiane for artsmangfald ved Shannon-Wieners indeks låg innafor tilstandsklasse "svært dårlig" for grabb A, medan verdien for grabb B låg i klasse "dårlig". Samla verdi låg i klasse "moderat", men nær "dårlig". Verdiane for Hurlberts indeks låg i tilstandsklasse "dårlig" både for enkeltgrabbane og samla. Jamnleiksindeksen og H'max hadde verdiar assosiert med sterkt til tydeleg dominans.

Verdiene for ISI-indeksen låg innafor tilstandsklasse "dårlig" for grabb A, mens verdiane for grabb B og samla låg i klasse "moderat". Verdiane for NQI1-indeksen låg innafor tilstandsklasse "dårlig" både for enkeltgrabbane og samla. For grabb A låg verdien nær klasse "svært dårlig".

Det var ganske stor forskjell på artssamansetninga i dei to innsamla grabbane. Soleis var den samla hyppigast førekommande arten, muslingen *Corbula gibba*, berre til stades i grabb 2. Arten er rekna som forureiningstolerant, og utgjorde samla 39 prosent av individua. Nest hyppigast var fåbørstemark av den svært forureiningstolerante slekta *Tubificoides* med 37 prosent. Tredje hyppigast var den forureiningsomfintlige fleirbørstemarken *Paradoneis lyra* med 24 prosent.

Tabell 7. Antal artar og individ av botndyr i kvar av dei to parallelle grabbhogga på stasjon 1 sørvest for Ganghellarskjeret ved Kollsnes den 7. mars 2013, samt berekna Shannon-Wieners diversitetsindeks, maksimal diversitet (H' -max), jamnleik (evenness), Hurlberts indeks, ISI artsindeks (Rygg 2002) og ømfintlighet (NQI1). Enkeltresultata er presentert i vedleggstabell 1 bak i rapporten. Fargekoder tilsvara tilstandsklassifiseringa etter Vassdirektivet sine klassar (1-2009).

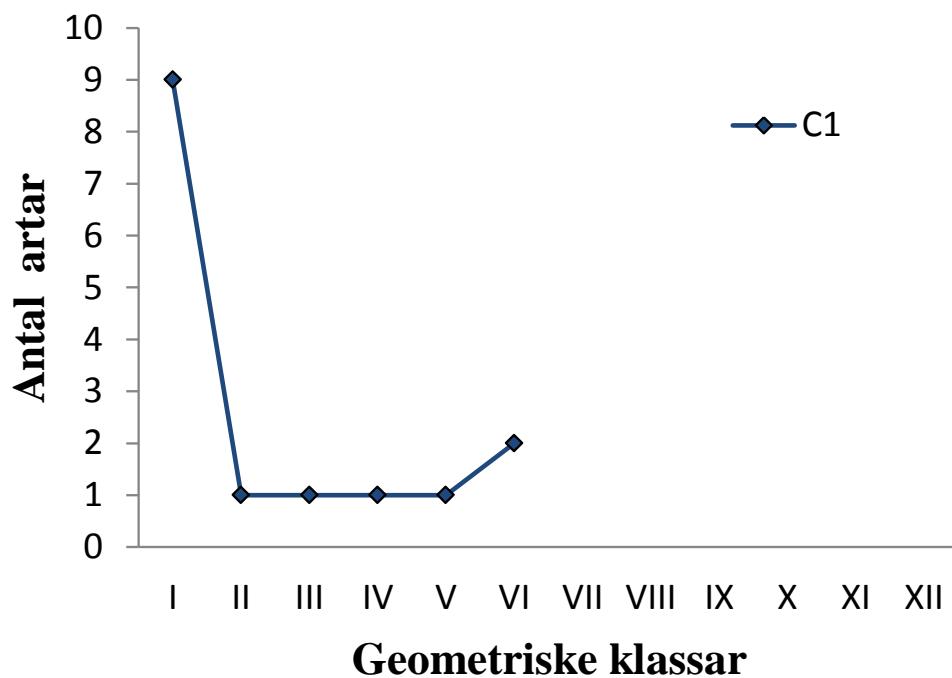
Stasjon	Antal artar	Antal individ	H'max	Jamnleik J	Hurlberts indeks	Diversitet H'	ISI indeks	NQI1
1	a	7	101	2,80	0,25	6,96 (IV)	0,7 (V)	5,56 (IV)
	b	10	283	3,30	0,53	6,09 (IV)	1,75 (IV)	7,08 (III)
	sum	15	384	3,88	0,50	7,44 (IV)	1,94 (III/IV)	6,32 (III)

Kombinasjonen svært lågt artsantal, lågt til relativt lågt individantal, artsmangfald med noko spreiing men mest i tilstandsklasse "dårlig", sterkt til tydeleg dominans, ISI-indeks stort sett i klasse "moderat", NQI1-indeks i klasse "dårlig" og forureiningstolerante arter som dei mest dominante karakteriserer stasjon 1 ved Kollsnes per 7. mars 2013. Stasjonen framstår med noko heterogene tilhøve der tilstandsklasse "dårlig", men relativt nær klasse "moderat" synast å karakterisere den samlande situasjonen best.

Tabell 8. Dei ti mest dominante artane av botndyr tatt på stasjon 1 sørvest for Ganghellarskjeret ved Kollsnes 7. mars 2013.

Artar st. C1	%	Kum %
<i>Corbula gibba</i>	38,54	98,70
<i>Tubificoides sp.</i>	37,24	60,16
<i>Paradoneis lyra</i>	17,97	22,92
<i>Glyphohesione klatti</i>	2,34	4,95
<i>Malacoceros fuliginosus</i>	1,04	2,60
<i>Pholoe baltica</i>	0,52	1,56
<i>Raricirrus beryli</i>	0,26	1,04
<i>Prosobranchia indet fr.</i>	0,26	0,78
<i>Nebalia bipes</i>	0,26	0,52
<i>Edwardsiidae indet.</i>	0,26	0,26

Geometriske klasser (figur 5) viser òg til eit lågt artsantall, der enkelte artar dominerar i stor grad, som gjev indikasjonar på påverka miljøtilhøve. Dei dårlege miljøtilhøva kjem truleg av at det er grunne tersklar i omrent alle retningar utanfor djupålen sørvest for Ganghellarskjeret og kan gjere at det er noko dårlegare utskifting og oksygentilhøve der. Det er ikkje målt oksygentilhøve ved denne granskninga.



Figur 5. Faunastruktur uttrykt i geometriske klassar for stasjon 1 tatt 7. mars 2013 sørvest for Ganghellarskjeret ved Kollsnes i Øygarden kommune. Antal artar langs y – aksen og geometriske klassar langs x- aksen

Frå analyser av botnfauna er det ikkje knytt eit rikt og verdifullt artsmangfald til djupålen sørvest for Ganghellarskjeret og marin blautbotnfauna vert vurdert til å ha **liten verdi**.

KONSEKVENSVURDERING AV TILTAKET

VURDERING MED OMSYN PÅ NATURMANGFALDLOVA

Denne utgreiinga tek utgangspunkt i forvaltningsmålet nedfesta i naturmangfaldlova (§§ 4-5), og kunnskapsgrunnlaget er vurdert som ”godt” (§ 8) slik at føre var prinsippet ikkje er naudsynt i denne samanhengen (§ 9). Utgreiinga vurderer konsekvensar av deponering av steinmassar i djupålen ved Ganghellarskjeret i høve til dei samla belastningane på økosystemet og det registrerte naturmiljøet i resipienten (§ 10) frå denne granskingsa. Ved deponering av steinmassar har ein lagt deponeringsområde vekk frå viktige naturtypar registrert i området, slik at skadar på naturmangfaldet så langt som mogleg vert avgrensa, og ein søker å oppnå det beste samfunnsmessige resultat ut frå ein samla vurdering av både naturmiljø og økonomiske tilhøve (§ 12).

Ein visar til allereie utarbeida KU for nærmare informasjon om metodegrunnlag og referansar for vurdering av verdi, verknad og konsekvens av tiltaket, samt meir detaljerte skildringar av tiltaket (Eilertsen 2012). Denne granskingsa og informasjonen er ei supplering til konsekvensutgreiinga og vurdering er dermed kortfatta.

MARINE NATURYPAR OG MARIN BLAUTBOTNFAUNA

Det vil kunne vere middels negativ konsekvens for marine naturtypar og marin blautbotnfauna ved deponering av steinmassar i driftsfasen. Dette fordi eit arealbeslag vil endre og destruere naturtypen og artsmangfaldet fullstendig i tiltaksområdet. Det vil ikkje vere mogleg for rekolonisering av artar då skjelsandbotn vert erstattat med steinmassar. Det er imidlertid ikkje registrert viktige og verdifulle naturtypar eller artsmangfald i området og konsekvensen av tiltaket vil vere liten. Det vil ikkje vere verknader i anleggsfasen.

- *Liten verdi og middels negativ konsekvens gjev liten negativ verknad (-) i driftsfasen*

MILJØGIFTER I SEDIMENT

Det vil vere liten verknad av aktivisering og spreiing av miljøgifter på marin naturmiljø ved deponering av steinmassar i anleggsfasen. Frå prøvetakinga er det registrert låge verdiar av tungmetaller og PAH. Det er enkelte sambindingar av PAH som kjem därlegare ut, men samla sett er det låge konsentrasjonar på dei ulike stasjonane. Det vart registrert moderate verdiar av PCB og TBT i sedimentet på to stasjonar. Generelt låge verdiar av miljøgifter og sedimentterande tilhøve medførar liten risiko for omfattande spreiing av miljøgiftar i høge konsentrasjonar. Det er ingen verknader i driftsfasen.

Forureiningsmyndighetene anbefalar tiltaksmål ved tilstandsklasse III / IV i område der tilførslar ikkje er stoppa (TA2960/2012) og tilstandsklasse II / III i område der tilførslar er stoppa. Slike tiltaksmål vert gjennomført etter pålegg eller tillatelse gitt av forureiningsmyndighetene. Innhaldet av miljøgiftar var høgast i prøvene frå ei to stasjonane med høgast innhald av finstoff i sedimentet, og difor mest sedimentterande tilhøve. Ei mogleg aktivisering av desse sedimenta vil høgst sannsynleg i føre til rask fortynning og liten miljøverknad.

- *Liten verdi og ingen verknad av miljøgifter gjev ubetydeleg konsekvens (0) i anleggsfasen.*

KONKLUSJON

Det er registrert marint naturmiljø med liten verdi og tiltaket med deponering av steinmassar vil ha liten negativ konsekvens for marint naturmiljø. Djupålen sørvest for Ganghellarskjeret vil vere eit eigna område for deponering, og utan særleg miljøverknad ved aktivserte miljøgiftar.

OM MILJØGIFTER

Metall og tungmetall

Akkumulering av metall og tungmetall i sediment vil kunne verke som ei stresskjelde for organismar i eller nær botnen. Stoff som blir skilt ut fra botnstoff på båtar vil ofte innehalde tungmetall som tinn, sink, bly, arsen og tidlegare kopar eller kvikksølv. Felles for desse stoffa er at dei er giftige for det marine miljøet, der særleg kopar er giftig for marine planter, botnlevande dyr og fiskar. Kvikksølv og kadmium vart sett på som dei mest giftige tungmetalla. Begge kan gi skadar på nervesystem, nyrer og foster/fødselsskader ved eksponering. Kvikksølv blir akkumulert og oppkonsentrert i næringskjeda, og kan overførast frå mor til foster hjå pattedyr. Kvikksølv er sterkt partikkelbunde og kan akkumulere i svært høge verdiar i botnsediment. Kvikksølv i miljøet finst i forskjellige former og sambindingar, og det vil skifte mellom desse avhengig av skiftande miljøforhold. Denne evna til å inngå i forskjellige sambindingar gjer kvikksølv til ei særleg utstabil og lite kontrollerbar miljøgift.

Hushaldsspillvatn og overvatn i det kommunale avløpsvatnet kan vere betydelege kjelder til miljøgifter, deriblant tungmetall som kadmium, kopar, nikkel og sink. Industriell metallproduksjon (jernverk, sinkverk, aluminiumverk, osv), verkstadindustri og skipsindustri (verft, slippar, båtbyggerier, hoggerier, sandblåsing, osv) er dei viktigaste kjeldene for utslepp i hamneområde. Den generelle hamnetrafikken bidreg også til forureining. Målingfabrikkar har blant andre vore betydelege kjelder for kvikksølvutslepp og bly (blymønje), og botnstoff frå båtar har tilført miljøet både kvikksølv, kopar og tinnorganiske sambindingar. Kvikksølv, bly og kadmium er også mykje nytta i batteri. Kadmium er mykje nytta i overflatebehandling av metall (galvanisering) og inngår i mange legeringar.

Tjørestoff (PAH)

PAH-stoffa (polysyklike aromatiske hydrokarbonar) er eit samlenamn for organiske sambindingar bestående av eit varierande antal benzen-ringar (2 til 10). Løyselegheit og nedbrytingsevne blir redusert med aukande antal benzen-ringar. PAH-stoffa er potensielt giftige, reproduksjonsskadelege, kreftframkallande og/eller arrestoffskadelege (mutagene). Dei feittlipofile eigenskapane gjer at PAH-stoff lett blir absorbert i akvatiske organismar og kan oppkonsentrerast i næringskjedene. Samansetjinga av dei ulike PAH-komponentane er av betydning for giftigheitsgrad. Ved høg temperatur og forbrenning blir det dannar "lette" enkelt samansette PAH-stoff med få alkylgrupper/benzenringar, og desse er relativt ufarlege, som t.d. fenantron, antrasen og pyren. Ved ufullstendig forbrenning av t.d. olje, koks og kol blir det dannar "tyngre" komponentar som er svært høgaktive og karsinogene, t.d. benzo(a)pyren og dibenzo(a,h)anthrasen. Desse stoffa er ofte høgt alkylerte og har molekyl med mange kondenserte femringar.

Tjørestoff (PAH) blir dannar ved alle former for ufullstendig forbrenning (vulkanutbrot, skogbrannar, brenning av avfall, vedfyring, fossilt brensel, o.l.). Tjørestoff (PAH) i sediment frå hamneområde skriv seg m.a. frå ufullstendig forbrenning av organiske stoff, t.d. fossile brensel (olje, kol og koks). PAH kan også knytast til kol- og sotpartiklar frå fyring og drivstoffprodukt, og til tungindustri som t.d. aluminium og ferrolegering. Skipsverft og boreplattformer er også kjelder for PAH-forureining. Kreosot og bek er høvesvis tungoljefraksjonen og restproduktet ved destillasjon av steinkoltjøre, og begge har vore mykje nytta i Noreg (aluminiumsindustri, alsfaltproduksjon, impregnering, etc). Steinkoltjøra var tidlegare eit biprodukt frå steinkol (anthracenkol) nytta ved dei mange gassverka i byane langs kysten.

Klororganiske sambindingar (PCB)

PCB (polyklorerte bifeny) er ei gruppe syntetiske klorsambindingar som er akutt giftige i store konsentrasjonar, kreftframkallande, tungt nedbrytbare (persistente) og bioakkumulerande. Dei finst ikkje naturleg i miljøet og stammar utelukkande frå menneskelege aktivitetar. Det finst ca. 200 ulike PCB-variantar, der dei høgast klorerte sambindingane er mest giftige og tyngst nedbrytbare. PCB har høg feittøyselegheit og blir lagra i feittrike delar av organismar, og blir oppkonsentrert i næringskjeder. PCB blir lagra og overført til neste generasjon via opplagsnæring i egg, via livmor til foster, samt via morsmjølk.

PCB er akutt giftig for marine organismar. Akutt giftigheit for pattedyr er relativt låg. Sjølv i små konsentrasjonar har PCB kroniske giftverknader både for landlevande og vasslevande organismar. PCB blir for eksempel sett i samanheng med reproduksjonsforstyrringar hjå sjøpattedyr. PCB kan i tillegg medføre svekka immunforsvar, noko som aukar mottakelegheita for infeksjonar og sjukdomar. Ulike PCB-sambindingar kan skade nervesystemet, gi leverkreft, skade forplantningsevna og fosteret. PCB har også vist negativ innverknad på mennesket si læringsevne og utvikling.

PCB stammar frå mange ulike kjelder. PCB-haldige oljer er vorte brukt i isolasjons- og varmeoverføringsoljer i elektrisk utstyr, som i store kondensatorar og transformatorar, hydrauliske væsker, smøreoljer og vakuumpumper. PCB har også vore brukt i bygningsmateriale som fugemasse, isolerglasslim, mørteletsats og måling. PCB-sambindingar har vorte spreidd i miljøet ved utskifting av PCB-haldig olje, ved utstyrshavari, ved riving av utstyr, bygningar o. l. PCB vart forbode å bruke i 1980, men på grunn av den tidlegare, allsidige bruken finst PCB-haldig materiale overalt i samfunnet vårt.

Tributyltinn (TBT)

Tributyltinn- (TBT) og trifenyltinnsambindingar (TFT) er kunstig framstilte tinnorganiske sambindingar. Stoffa er tungt nedbrytbare og kan oppkonsentrerast i organismar. Dei er svært giftige for mange marine organismar. Dei er klassifisert som miljøskadelege og giftige for menneske. Den mest kjende og irreversible effekten er misdanning av kjønnsorgan, med sterilisering og auka dødelegheit til følgje. Det er konstatert forhøga nivå av TBT i blåskjel og purpursnegl. Det er observert skadar på forplantningsorgan hjå sneglar på belasta lokalitetar, men det er også observert skadar langt frå punktkjelder, i område med høg skipsaktivitet.

TBT og TFT har ikkje vorte produsert i Noreg, men produkt basert på tinnorganiske sambindingar blir produsert her i landet. Sambindingane inngår i produkt som tidlegare vart nytta som botnstoff (som no er forbode), i treimpregnéringsmiddel, samt i mindre grad i produkt som trebeis og tremåling, desinfeksjonsmiddel, konserveringsmiddel og reingjeringsmiddel. Sambindingane opptrer i forhøga konsentrasjonar i vatn og sediment nær skipsverft, marinaer og trafikkerte hamner og skipsleier.

VEDLEGGSTABELL

Vedleggstabell 1. Oversikt over botndyr funne i sediment på stasjon 1 utanfor Kollsnes 7. mars 2013. Prøvene er henta ved hjelp av en 0,1 m² stor vanVeen-grabb, og det vart tatt to parallelle prøver på stasjonen. Prøvetakinga dekkjer dermed eit samla botnareal på 0,2 m² på stasjonen.

		St. 1
	a	b
Taksa merka med X inngår ikkje i statistikk		
PORIFERA - Svamp		
<i>Porifera</i> indet.	X	1
CNIDARIA - Nesledyr		
<i>Hydroida</i> indet på på <i>Corbula gibba</i>	X	1
<i>Hydroida</i> indet.	X	1
<i>Edwardsiidae</i> indet.		1
NEMATODA - Rundorm		
<i>Nematoda</i> indet.	X	10
POLYCHAETA - Fleirbørstemakk		
<i>Pholoe baltica</i>	2	
<i>Glyphohesione klatti</i>	1	8
<i>Malacoceros fuliginosus</i>	4	
<i>Paradoneis lyra</i>		69
<i>Raricirrus beryli</i>		1
<i>Owenia fusiformis</i>		1
OLIGOCHAETA - Fåbørstemakk		
<i>Tubificoides</i> sp.	91	52
CRUSTACEA - Krepsdyr		
<i>Diastylis lucifera</i>	1	
<i>Lysianassidae</i> indet.	1	
<i>Nebalia bipes</i>		1
MOLLUSCA - Bløtdyr		
<i>Prosobranchia</i> indet fr.		1
<i>Astarte montagui</i>		1
<i>Lucinoma borealis</i>	1	
<i>Corbula gibba</i>		148
BRYOZOA - Mosdyr		
<i>Bryozoa</i> indet.	X	1
Diverse		
Eggmasse	X	1

REFERANSAR

- Bakke, T., G. Breedveld, T. Källquist, A. Oen, E. Eek, A. Ruus, A. Kibsgaard, A. Helland & K. Hylland 2007. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann – Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. SFT Veileder. TA-2229/2007. 12 sider.
- Direktoratsgruppa Vanndirektivet, 2009.
Veileder 01:2009 Klassifisering av miljøtilstand i vann.
- Eilertsen, M. 2012. Deponering av steinmassar ved Kollsnes, Øygarden kommune. Konsekvensutgreiing for naturmiljø, naturressursar og samfunnsinteresser. Rådgivende Biologer AS, rapport 1660, 22 sider. ISBN 978-82-7658-952-8.
- Gray, J.S. & F.B. Mirza 1979.
A possible method for the detection of pollution-induced disturbance on marine benthic communities.
Marine Pollution Bulletin 10: 142-146.
- Halvorsen, R. 2009. Naturtyper i Norge. Artsdatabanken. Versjon 1.1. Faglig grunnlag for en helhetlig nasjonal plan for overvåking av naturmangfold og rolla til naturtyper i Norge (NIN).
Naturtyper i Norge. Bakgrunnsdokument ver. 01.
- Molvær, J., J. Knutzen, J. Magnusson, B. Rygg, J. Skei & J. Sørensen 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. SFT Veiledning 97:03. TA-1467/1997.
- NORSK STANDARD NS 9410: 2007. Miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine akvakulturanlegg. Standard Norge, 23 sider.
- NORSK STANDARD NS-EN ISO 5667-19:2004. Vannundersøkelse. Prøvetaking. Del 19:
Veiledning i sedimentprøvetaking i marine områder. Standard Norge, 14 sider
- NORSK STANDARD NS-EN ISO 16665:2005. Vannundersøkelse. Retningslinjer for kvantitativ prøvetaking og prøvebehandling av marin bløtbunnsfauna. Standard Norge, 21 sider
- Olsen, M., Aarre, I., Bjørke Ruge, ;, Larsen E., Solberg, H & I. Stene 2011. Veileder for håndtering av forurensede sedimenter. Klif veileder TA 2855/2011. 85 sider.
- Pearson, T.H. 1980. Macrobenthos of fjords. In: Freeland, H.J., Farmer, D.M., Levings, C.D. (Eds.), NATO Conf. Ser., Ser. 4. Mar. Sci. Nato Conference on fjord Oceanography, New York, pp. 569–602.
- Pearson, T.H., J.S. Gray & P.J. Jihannessen 1983. Objective selection of sensitive species indicative of pollution – induced change in benthic communities. 2. Data analyses. Marine Ecology Progress Series 12: 237-255
- TA 2960/2012. Veileder for håndtering av sedimenter. Klima og forurensingsdirektoratet. 96 sider.
- Rygg, B. 2002. Indicator species index for assessing benthic ecological quality in marine waters of Norway. NIVA-rapport SNO 4548-2002. 32s.
- Shannon, C.E. & W. Weaver 1949. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Urbana, 117 sider.