

R A P P O R T

MOM C-gransking ved lokalitetene Bergsvik og Barlingebotten i Masfjorden kommune



Rådgivende Biologer AS 2019



Rådgivende Biologer AS

RAPPORT TITTEL:

MOM C - gransking ved lokalitetene Bergsvik og Barlingebotten i Masfjorden kommune.

FORFATTARAR:

Bjarte Tveranger, Mette Eilertsen og Thomas Tveit Furset.

OPPDRAKGJEVAR:

Erko Seafood AS

OPPDRAGET GITT:

Juni 2014

ARBEIDET UTFØRT:

August 2014

RAPPORT DATO:

3. februar 2015

RAPPORT NR:

2019

ANTAL SIDER:

27

ISBN NR:

ISBN 978-82-8308-141-1

EMNEORD:

- Resipientgransking
- Masfjorden kommune
- Hordaland Fylke

- Oksygenmetting
- Sedimentkvalitet
- Blautbotnfauna

KVALITETOversikt:

Element	Akkreditering
Prøvetaking	Søkt etter NS-EN ISO / IEC 17025 (2005)
Kjemiske analyser	Akkreditert underleverandør Eurofins Norsk Miljøanalyse AS
Sortering blautbotnfauna	Akkreditert underleverandør Havbruksstjenesten AS
Artsbestemming blautbotnfauna	Akkreditert underleverandør Havbruksstjenesten AS
Vurdering av resultat	Søkt etter NS-EN ISO / IEC 17025 (2005)
Rapportering	Søkt etter NS-EN ISO / IEC 17025 (2005)

RÅDGIVENDE BIOLOGER AS

Bredsgården, Bryggen, N-5003 Bergen

Foretaksnummer 843 667 082-mva

Internett : www.radgivende-biologer.no E-post: post@radgivende-biologer.no

Telefon: 55 31 02 78 Telefaks: 55 31 62 75

Framsidebilete: Lokaliteten Bergsvik henta frå <http://kart.fiskeridir.no>.

FØREORD

Rådgivende Biologer AS har på oppdrag frå Erko Seafood AS utført ei MOM C-gransking på oppdrettslokalitetane nr 13872 Bergsvik og 13873 Barlingebotten i Masfjorden kommune. Lokalitetane er godkjent for ein maksimalt tillaten biomasse (MTB) på høvesvis 1755 og 1560 tonn.

Bakgrunnen for MOM C granskingsa på lokalitetane Bergsvik og Barlingebotten er at Fylkesmannen i Hordaland i løyve dagsett 17. oktober 2011 skriv at dei to lokalitetane ligg nær kvarande i Masfjorden og bør sjåast i samanheng, og at resipientundersøking etter MOM C blir gjort for begge lokalitetane og etter 2 år i drift for å kartleggje forureiningseffekten anlegga har på resipienten. Denne rapporten presenterer resultat og vurdering av tilstand i resipienten frå ei MOM C-gransking med innsamling av sediment og botndyr samt hydrografiske profilar den 11. og 13. august 2014.

Rådgivende Biologer AS takkar alle som har bidrige til denne rapporten. Analysar av sediment er gjort av det akkrediterte laboratoriet Eurofins Norsk Miljøanalyse AS avd. Bergen. Sortering og artsbestemming av botnfauna er utført av akkreditert laboratorium Havbruksstjenesten AS.

Rådgivende Biologer AS takkar Erko Seafood AS ved Leif Rune Pedersen for oppdraget, og Engesund Fiskeoppdrett AS for lån av båt og assistanse ved feltarbeidet.

Bergen, 23. februar 2015

INNHOLD

Føreord.....	2
Innhald	2
Samandrag	3
Områdeskildring.....	4
Metode og datagrunnlag	6
Hydrografi	6
sedimentprøvar	6
Blautbotnfauna	8
Resultat	10
Sjiktning og hydrografi	10
Sedimentkvalitet.....	11
Blautbotnfauna	15
Tilhøvet til naturmangfaldlova.....	20
Vurdering av tilstand	20
Konklusjon	22
Referansar	23
Om marin blautbotnfauna	25
Vedlegg	26

SAMANDRAG

Tveranger, B., M. Eilertsen & T.T. Furset 2015

MOM C – gransking ved lokalitetane Barlingebotten og Bergsvik i Masfjorden kommune
Rådgivende Biologer AS, rapport 2019, 27 sider. ISBN 978-82-8308-141-1.

Rådgivende Biologer AS har på oppdrag frå Erko Seafood AS utført ei MOM C-gransking på oppdrettslokalitetane nr 13872 Bergsvik og 13873 Barlingebotten i Masfjorden kommune. Den 11. og 13. august 2014 vart det samla inn prøvar av sediment og botnfauna på fire stasjonar frå nær lokalitetane ved Bergsvik og Barlingebotten og eit stykke ut i resipienten i Masfjorden, samt hydrografiprofil på den djupaste stasjonen i indre basseng.

Lokalitetane Bergsvik og Barlingebotten ligg med ein innbyrdes avstand på om lag 800 meter midt i Masfjorden i Masfjorden kommune i Hordaland. Anlegga er moderat eksponert for vind frå sør til sørvest. Anlegget ved Bergsvik ligg ca 90 m frå land i austnordaustleg – vestsørvestleg retning, og botnen skrå bratt under anlegget i retning nordaust. Anlegget ved Barlingebotten ligg ca 85 – 160 m frå land i nordnordaustleg – sørsvørvestleg retning, og botnen skrå nedover i retning nordnordaust. Lokalitetane ligg i Masfjorden sitt indre basseng ned mot den djupaste delen av resipienten kor det er over 450 meter djupt.

Granskinga den 11. og 13. august 2014 synte noko redusert oksygenmetting tilsvarende tilstandsklasse III= ”moderat” ved det djupaste punktet på 470 meters djup i resipienten til anlegget, og oksygenmålingar føreteke sidan 2011 indikerer noko reduksjon av oksygeninnhaldet i bassengvatnet. Sedimenttilhøva tyder på sedimentterande tilhøve ved dei undersøkte stasjonane, men glødetapsmålingane, nedbrytingstilhøva i sedimentet og sedimentkvaliteten forøvrig tyder på relativt normale og tilfredsstillande nedbrytingstilhøve i resipienten til anlegget. Nivået av kopar og sink var relativt jamt og lågt på alle stasjonar og tilsvarte tilstandsklasse I = ”bakgrunn”.

I høve til MOM C-indeksen for botndyr vart stasjon Berg 1 og Berg 2/Bar 2 i nær- og overgangssona klassifisert til miljøtilstand 1, medan nærstasjonen Bar 1 vart klassifisert til miljøtilstand 2. Blautbotnfaunaen i høve til rettleiar 02:2013 viste ein tydeleg organisk påverknad i nærsone på stasjon Bar 1, medan stasjon Berg 1 i nærsone og stasjon Berg 2/Bar 2 i overgangssona framstod som upåverka av organisk påverknad. Stasjon Bar 3 i fjernsona framstod også som upåverka av organisk påverknad. Basert på den samla verdien (gjennomsnittet av nEQR), vart stasjonen klassifisert i tilstandsklasse «god».

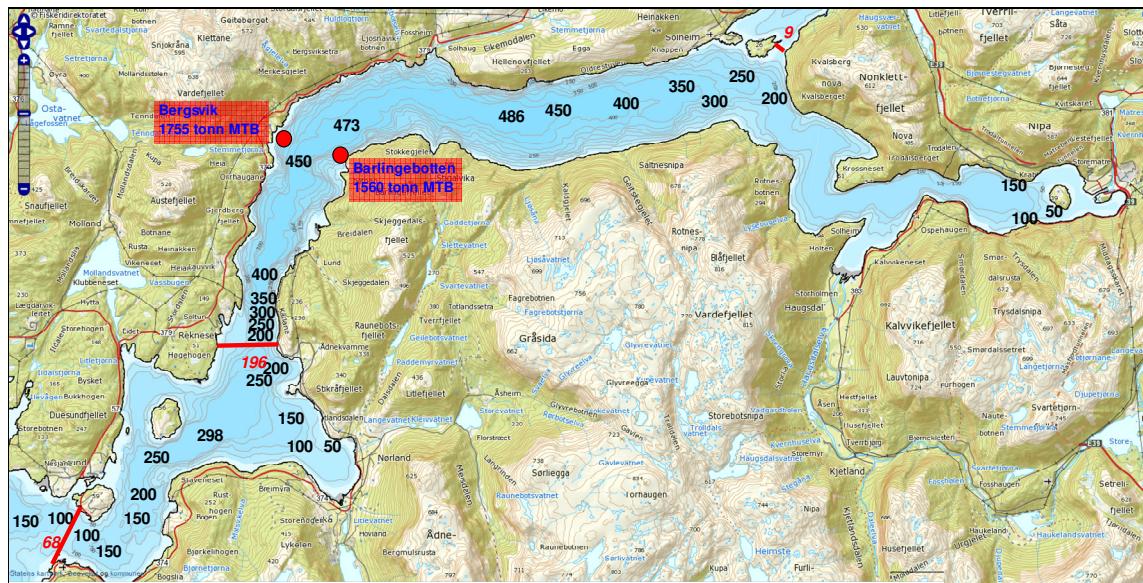
Resultata frå resipientgranskinga syner at anlegget ved Barlingebotten og Bergsvik i liten grad påverkar resipienten negativt. Granskinga syner at Masfjorden sitt indre framleis basseng ser ut til å ha kapasitet til å handtere dagens drift ved lokalitetane. Samtidig er det også rett å peike på at fjordbassenget ikkje har uavgrensa resipientkapasitet, og at det kanskje vil vere høveleg med dagens MTB-rammer for lokalitetane. Oksygennivået i det inste fjordbassenget bør overvakast regelmessig for å følgje med utviklinga i bassengvatnet i Masfjorden.

Tabell 1. Oppsummering av miljøtilstand for ulike målte parametrar på stasjonane Berg 1, Berg 2/Bar 2, Bar 1 og Bar 3 i resipienten til Bergsvik og Barlingebotten 11. og 13. august 2014. Gjeldande parametrar for miljøtilstand ved lokalitetene har fargekodar. Vurdering av botnfauna i nær- og overgangssona er i høve til NS 9410:2007, medan rettleiar 02:2013 er gjeldande for fjernstasjonen. Fargekodar tilsvavar tilstandsklassifisering etter rettleiar 02:2013, tilstand I (blå), II (grøn), III (gul), IV (oransje) til V (raud). Soneinndeling for kvar stasjon er markert som n= nærsone, o = overgangssone, f = fjernstasjon.

Stasjon	NS 9410:2007			Rettleiar 02:2013				
	pH/Eh	Fauna	Miljø-tilstand	TOC	O ₂ botn	nEQR grabb	nEQR stasjon	Økologisk tilstand
Berg 1 (n)	I	I	Meget god	V	-	0,602	0,601	God
Berg 2/Bar 2 (o)	I	I	Meget god	V	-	0,697	0,707	God
Bar 1 (n)	I	II	God	V	-	0,296	0,300	Dårlig
Bar 3 (f)	I	I	Meget god	V	III	0,639	0,655	God

OMRÅDESKILDRING

Lokalitetane Bergsvik og Barlingebotten ligg med ein innbyrdes avstand på om lag 800 meter om lag midt i Masfjorden i Masfjorden kommune i Hordaland. Anlegga er moderat eksponert for vind frå sør til sørvest (**figur 1**). Lokalitetane ligg i det indre delbassenget med eit maksimaldjup på vel 470 meters djup. Masfjorden er ein omrent 20 km lang og mellom 0,5 og 1,3 km brei terskelfjord i Masfjorden kommune heilt nord i Hordaland fylke. Om lag 15 km inn i fjorden deler fjorden seg i to greiner der den rundt 4 km lange Haugsværjfjorden fortset i retning nordaust og den rundt 6 km lange Matresfjorden i retning aust. Dei bratte fjellsidene rundt Masfjorden set naturleg nok sitt preg på fjordbassengen der det fort blir brådjupt frå land og utover i fjorden. Djupnene i Matresfjorden ligg mellom 150 og 200 m djup frå Matresøyna og utover mot Solheim der terskelen inn til Haugsværjfjorden er på berre 9 m djup. Herifrå djupnest det vidare mot vest der ein har eit vel 5 km langt djupbasseng med djupner over 450 m, og med eit maksimaldjup på 486 m. Utanfor Barlingebotten er det vel 470 m djupt. Lokalitetane Barlingebotten og Bergsvik ligg i den djupaste delen av Masfjordens indre basseng og her vender fjorden i retning sør og det vert gradvis grunnare oppover til eit terskeldjup på 196 m på høgde med Ådnekvamme. Her forlet ein Masfjorden sitt indre basseng og kjem ut i det ytre bassenget. Frå terskelen ved Ådnekvamme djupnest det vidare mot sør til eit nytt basseng med ei maksimaldjupne på ca 300 m djup. Det grunnast vidare mot sør før fjorden vender retning mot vest ved Duesundøyna, der terskelen på 68 m djup ligg mellom Duesundøyna og Sandnes (**figur 1**).



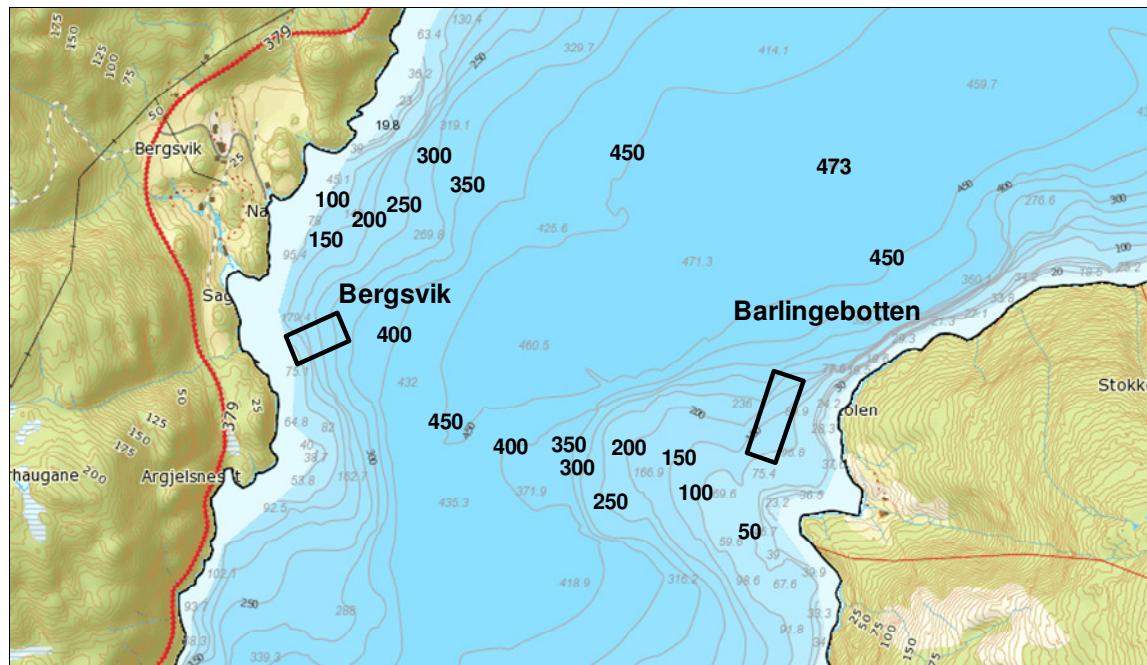
Figur 1. Djupnekart over Masfjorden. Plasseringa av lokalitetane Bergsvik og Barlingebotten er markert, og tersklar og djupner i fjorden er markert i høvesvis raudt og svart. Kartgrunnlaget er henta fra <http://kart.fiskeridir.no/>.

Ved lokalitetane Bergsvik og Barlingebotten er fjorden om lag 1 km brei, og lokalitetane ligg i Masfjorden sitt indre basseng ned mot den djupaste delen av recipienten kor det er over 450 meter djupt (**figur 2**). Anlegget ved Bergsvik er om lag 105 m langt og 55 m breitt og ligg ca 90 m frå land i austnordaustleg – vestsørvestleg retning. Det er bratt på lokaliteten der djupna under anlegget ligg mellom rundt 100 og 350 meter og skrår i retning nordaust. Anlegget ved Barlingebotten er om lag 130 m langt og 55 m breitt og ligg ca 85 – 160 m frå land i nordnordaustleg – sør-sørvestleg retning. Det er bratt på lokaliteten der djupna under anlegget ligg mellom rundt 100 og 250 meter og skrår i retning nord – nordvest.

Det undersøkte sjøområdet utanfor **Bergsvik** og **Barlingebotten** ligg i vassførekomsten Masfjorden (fjordkatalog nr 02.61.04.06.01-C), og recipienten kan klassifiserast som mindre følsam iht. EUs avløpsdirektiv (Molvær m. fl. 2005). Masfjorden er oppført med ”**god**” økologisk tilstand (låg pålitelegheitsgrad) i Vassdirektiv databasen Vann-Nett.

Masfjorden er av typen *M4 = “Ferskvannspåvirket beskyttet fjord”* basert på følgjande tilhøve:

- økoregion Nordsjøen nord
- Polyhalin 18 – 30 %
- Beskytta
- Permanent lagdelt med stagnerende djupvatn
- Tidevatn <1meter



Figur 2. Masfjorden ved lokalitetene Bergsvik og Barlingebotten, med djupnekoter avmerka. Kartgrunnlaget er henta fra <http://kart.fiskeridir.no/>

Lokaliteten Bergsvik har vore i drift sidan tidleg på 2000 talet, og hausten 2011 og 2013 vart det sett ut 500.000 fisk ved kvart utsett. Våren 2014 vart det sett ut 600.000 fisk. Fisken sett ut hausten 2013 vart flytta til lokaliteten Rotøy i desember 2014, medan fisken sett ut våren 2014 vert flytta til Rotøy våren 2015.

Lokaliteten Barlingebotten er relativt ny og har vore i drift sidan 2012, og hausten 2012 og 2014 vart det sett ut høvesvis 549.000 og 800.000 fisk. Halvparten av haustutsettet 2014 er planlagt flytta til lokaliteten Bergsvik i mai 2015. Fôrforbruk og produsert mengde fisk på lokalitetene i perioden 2011 – 2014 har vore som følgjer (**tabell 2**):

Tabell 2. Anlegga ved Bergsvik og Barlingebotten sin driftshistorikk sidan haustutsettet 2011.

	2011	2012	2013	2014
Fôrmengde (tonn)	120	1800	1800	1200
Produksjon (tonn)	100	1400	1400	900

METODE OG DATAGRUNNLAG

MOM C-granskinga er gjennomført i høve til Norsk Standard NS 9410:2007 og består av ei skildring av botntilhøva i området rundt oppdrettslokalitetane Bergsvik og Barlingebotten i Masfjorden kommune. Granskinga skal avdekke miljøtilstanden i nærsona og overgangssona rundt anlegga, samt på ein fjernstasjon (**tabell 3**). Det er utført analyser av **sedimentkvalitet** og **blautbotnsfauna**, i tillegg til **hydrografisk profil**. Vurdering av resultat er gjort i høve til NS 9410:2007 og Vassforskrifta sin rettleiar 02:2013 (Direktoratsgruppa for vanndirektivet).

Tabell 3. *Oversyn over soneinndelinga i MOM-systemet. Tabellen skildrar påverknadskjelde og potensiell påverknad, samt kva type granskingar som inngår i overvaka og kva slags miljøstandardtypar som vert brukt (frå NS 9410:2007).*

	Nærsonen	Overgangssone	Fjernsone
Definisjon	Område under og i umiddelbar nærleik til eit anlegg der det meste av større partiklar vanlegvis sedimenterer.	Område mellom nærsone og fjernsone der mindre partiklar sedimenterer. På djupe, strømsterke lokalitetar kan også større partiklar sedimentere her.	Område utanfor overgangssona
Påverknads-kjelde	Akvakulturanlegget.	Akvakulturanlegget er hovudpåverkar, men andre kjelder kan ha betydning.	Akvakulturanlegget er ei av fleire kjelder.
Potensiell påverknad	Endringar i fysiske, kjemiske og biologiske forhold i botnen.	Vanlegvis mindre påverknad enn i nærsona.	Auka primærproduksjon og oksygenforbruk i djupvatnet. Oksygenmangel i recipientar med dårlig vassutskifting.
Gransking	Primært B	Primært C	C
Miljøstandard	Eigne grenseverdiar gitt i NS 9410:2007, og Rettleiar vassdirektivet 02:2013	Eigne grenseverdiar gitt i NS 9410:2007, og Rettleiar vassdirektivet 02:2013	Rettleiar vassdirektivet 02:2013

HYDROGRAFI

Hydrografiske tilhøve vart målt i Masfjordens indre basseng den 11. august med ein SAIIV CTD/STD sonde modell SD204 i posisjon N 60° 52,017', Ø 5° 21,728'. Det vart målt temperatur, saltinnhald og oksygen i vassøyla ned til botn på 473 meters djup i Masfjordens indre basseng (Bar 3). Målingane vart utført den 11. august 2014.

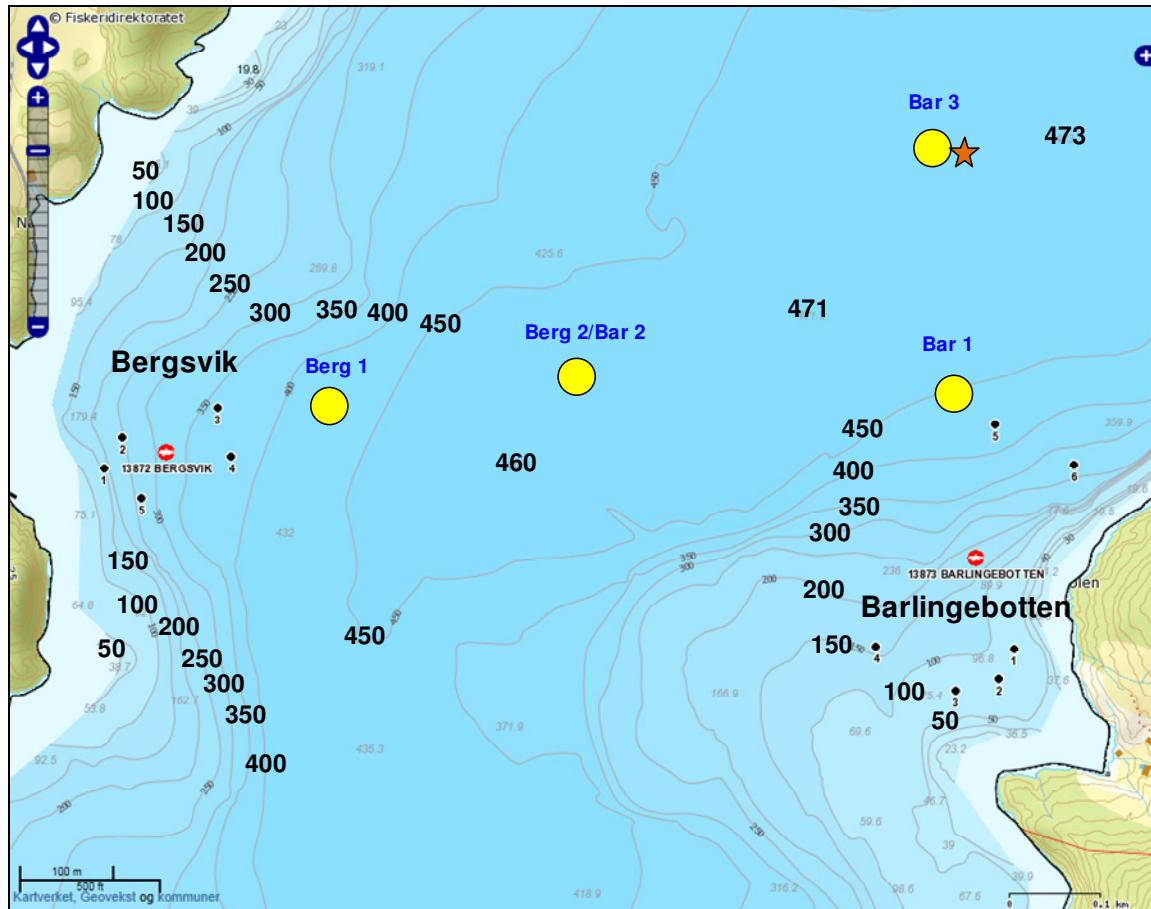
SEDIMENTPRØVAR

Den 11. og 13. august 2014 vart det tatt prøvar av sediment og botndyr på fire stasjonar ved og omkring lokalitetane Bergsvik og Barlingebotten, jf. **tabell 4, figur 3**. Prøvetaking er utført i høve til Norsk Standard NS-EN ISO 5667-19:2004 og NS-EN ISO 16665:2013.

Det vart tatt prøvar av sediment på fire stasjonar. På grunn av hard og bratt botn under og nedanfor foten av anlegget ved Bergsvik, vart stasjonen Berg 1 tatt på 425 m djup om lag 125 meter frå anlegget sin kortende mot austnordaust. Stasjon Berg 2/Bar 2 vart tatt i overgangssona mellom lokalitetane på 457, om lag 400 meter frå anlegga. På grunn av hard og bratt botn under og nedanfor foten av anlegget ved Barlingebotten, vart stasjonen Bar 1 tatt på 442 m djup om lag 125 meter frå anlegget sin kortende mot nordnordaust. Stasjon Bar 3 (fjernstasjonen) vart tatt ned mot det djupaste i recipienten på 475 m djup, høvesvis ca 900 og 400 meter frå anlegga ved Bergsvik og Barlingebotten.

Tabell 4. Posisjonar (WGS 84) for stasjonane i samband med MOM C-granskinga ved og rundt lokalitetane Bergsvik og Barlingebotten i Masfjorden kommune den 11. og 13. august 2014.

Stasjon:	Berg 1	Berg 2/Bar 2	Bar 1	Bar 3
Posisjon nord	60° 51,813'	60° 51,855'	60° 51,877'	60° 52,017'
Posisjon aust	5° 21,048'	5° 21,333'	5° 21,771'	5° 21,728'
Djupne (m)	425	457	442	475



Figur 3. Stasjonane Berg 1, Berg 2/Bar 2, Bar 1 og Bar 3 (gule sirklar) og posisjon for sondeprofil (stjerne) i sjøområdet rundt lokalitetane Bergsvik og Barlingebotten ved granskinga 11. og 13. august 2014. Kartgrunnlaget er henta fra <http://kart.fiskeridir.no/>

For gransking av blautbotnfauna vart det tatt to parallelle sedimentprøvar med ein $0,1 \text{ m}^2$ stor vanVeen-grabb på kvar av dei fire stasjonane (figur 3). Sedimentet i prøvane frå kvar av parallellane vart vaska gjennom ei rist med holdiameter på 1 mm, og attverande materiale vart fiksert med formalin tilsett bengalrosa og borax. Boksar med silt og fiksert materiale vart merka med stasjonsnamn, dato, prøvestad og prøve id, og sendt til Havbruksstjenesten AS for sortering, artsbestemming og vurdering av botnfauna.

KORNFORDELING OG KJEMI

Det vart tatt eit grabbhogg på kvar av dei fire stasjonane med ein $0,1 \text{ m}^2$ stor vanVeen-grabb for uttak av sedimentprøve for vurdering av sedimentkvalitet, dvs kornfordelingsanalyse og kjemiske analyser (tørrstoff, glødetap, TOC, kopar og sink). Prøve for kjemisk analyse vart tatt frå den øvste centimeteren av grabbprøva, medan prøve for kornfordelingsanalyse vart tatt frå dei øvste 5 centimetrene. Analysar er utført av Eurofins Norsk Miljøanalyse Norge AS avd. Bergen.

Kornfordelingsanalysen måler den relative andelen av leire, silt, sand, og grus i sedimentet og vert utført gravimetrisk. Innholdet av organisk karbon (TOC) i sedimentet vart analysert etter EN 13137, men for å kunne nytte klassifiseringa i frå SFT rettleiar (Molvær m. fl. 1997) skal konsentrasjonen av TOC i tillegg standardiserast for teoretisk 100 % finstoff etter følgjande formel, der F = andel av finstoff (leire + silt) i prøva:

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

Det vart og gjort sensoriske vurderinger av prøvematerialet og målt surleik (pH) og redokspotensial (Eh) i felt. Måling av pH i sedimentprøvane vart utført med ein WTW Multi 3420 med ein SenTix 980 pH-elektrode til måling av pH og ein SenTix ORP 900 platinaelektrøde med intern referanseelektrode til måling av redokspotensial (Eh). pH-elektroden blir kalibrert med buffer pH 4 og 7 før kvar feltøkt. Eh-referanseelektroden gjev eit halvcellepotensial på +207 mV ved 25°C , +217 mV ved 10°C og +224 mV ved 0°C . Halvcellepotensial tilsvarende sedimenttemperaturen på feltdagen vart lagt til avlest verdi før innføring i "prøveskjema" (**tabell 8**). Litt ulike halvcellepotensial ved ulike temperaturar ligg innanfor presisjonsnivået for denne type granskingar på $\pm 25 \text{ mV}$, som oppgitt i NS 9410:2007.

BLAUTBOTNFAUNA

Det vert utført ei kvantitativ og kvalitativ gransking av makrofauna (dyr større enn 1 mm) for kvar enkelt parallel og for middelverdien av dei to parallellane og for kvar stasjon samla. Dette for å kunne stadfeste ein fullstendig miljøtilstand. I nær- og overgangssona skal botnfauna klassifiserast etter grenseverdiar i NS 9410:2007, medan fjernstasjonen skal klassifiserast etter rettleiar 02:2013 (**tabell 5 og 6**). Vurderinga av tilstand vert gjort ut frå klassifisingssystem basert på ein kombinasjon av indeksar som inkluderer diversitet og tettleik (antal artar og individ) samt førekommst av sensitive og forureiningstolerante artar (sjå **tabell 4**). Det vert brukt seks ulike indeksar for å sikre best mogeleg vurdering av tilstanden på botndyr. Indeksverdien for kvar indeks vert vidare omrekna til nEQR (normalisert ecological quality ratio), og vert gjeve ein talverdi frå 0-1. Middelverdien av nEQR verdien for samlede indeksar vert brukt til å fastsetje den økologiske tilstanden på stasjonen. Sjå rettleiar 02:2013 for detaljar om dei ulike indeksane.

Tabell 5. Klassifisingssystem for blautbotnfauna basert på ein kombinasjon av indeksar (Klassifising av miljøtilstand i vann, veileder 02:2013).

Indeks	type	Økologiske tilstandsklassar basert på observert verdi av indeks				
		Kvalitetsklassar →	svært god	god	moderat	dårlig
NQI1	samansatt	0,9 - 0,82	0,82 - 0,63	0,63 - 0,49	0,49 - 0,31	0,31 - 0
H'	artsmangfold	5,7 - 4,8	4,8 - 3	3 - 1,9	1,9 - 0,9	0,9 - 0
ES ₁₀₀	artsmangfold	50 - 34	34 - 17	17 - 10	10 - 5	5 - 0
ISI ₂₀₁₂	ømfintlighet	13 - 9,6	9,6 - 7,5	7,5 - 6,2	6,1 - 4,5	4,5 - 0
NSI	ømfintlighet	31-25	25 - 20	20 - 15	15 - 10	10 - 0
DI	individtettheit	0 - 0,30	0,30 - 0,44	0,44 - 0,60	0,60 - 0,85	0,85 - 2,05
nEQR tilstandsklasse		1-0,8	0,8-0,6	0,6-0,4	0,4-0,2	0,2-0,0

MOM C-indeks for botndyr

Frå heilt opp til eit utslepp og eit stykke utover i recipienten vil ein på grunn av den store lokale påverknaden ofte kunne finne få artar med ujamm individfordeling i prøvane. Følsame diversitetsindeksar blir då lite eigna til å ange miljøtilstand. I nærsoma og overgangssona til lokaliteten vert det difor gjort ei vurdering på grunnlag av talet på artar og samansetnaden av artar etter nærare skildring i NS 9410:2007 (**tabell 6**).

Tabell 6. Grenseverdiar nytta i nærsoma til eit utslepp for vurdering av prøvestasjonen sin miljøtilstand (frå NS 9410:2007).

Miljøtilstand 1	-Minst 20 artar av makrofauna (>1 mm) utanom nematoder i eit prøveareal på 0,2 m ² ; -Ingen av artane må utgjera meir enn 65 % av det totale individantalet.
Miljøtilstand 2	-5 til 19 artar av makrofauna (>1 mm) utanom nematoder i eit prøveareal på 0,2 m ² ; -Meir enn 20 individ utanom nematoder i eit prøveareal på 0,2 m ² ; -Ingen av artane må utgjera meir enn 90 % av det totale individantalet.
Miljøtilstand 3	-1 til 4 artar av makrofauna (>1 mm) utanom nematoder i eit prøveareal på 0,2 m ² .
Miljøtilstand 4	-Ingen makrofauna (>1 mm) utanom nematoder i eit prøveareal på 0,2 m ² (uakseptabel)

Geometriske klassar

Då botnfaunaen blir 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 7**). For ytterlegare informasjon kan ein vise 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 dominérande artar som førekjem i store mengder, samt at kurva vil bli utvida med fleire geometriske klassar.

Tabell 7. 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

RESULTAT

SJIKTNING OG HYDROGRAFI

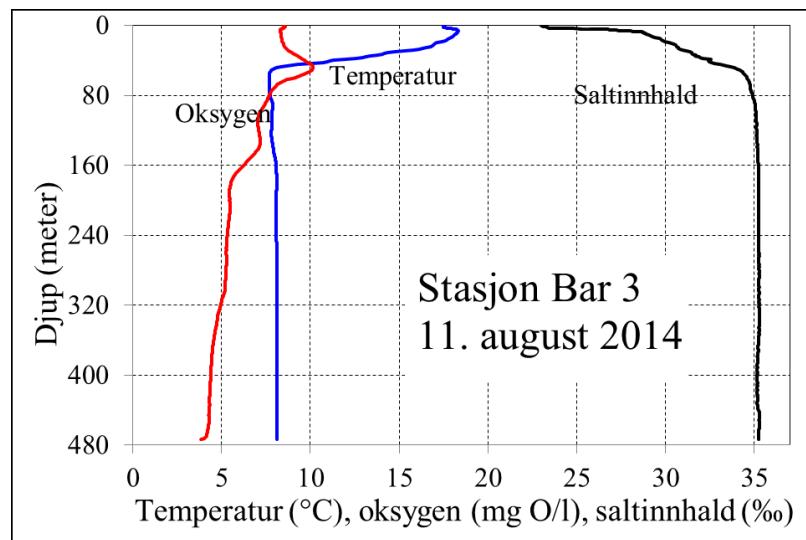
Då målingane er føreteke sommartid var det ei sjikting av vassmassane med omsyn på temperatur og saltinnhald som strekte seg ned mot rundt 60 – 65 meters djup (kystvatn) på stasjonen før ein trefte på det meir stabile djupvasslaget frå rundt 60 meters djup og nedover mot botnen.

Målingane viste at det naturleg nok var eit definert brakkvasslag i overflatelaget (**figur 4**). Masfjorden mottekk mykje ferskvatn frå uregulerte felt samt kraftverkskøyringa inne i Matre meir eller mindre heile året (40 – 50 m³/s). Nedover i vassøyla auka saltinnhaldet relativt jamt til 34,7 % på rundt 65 m djup, moderat aukande til 35,1 % ned til ca 100 m djup, og vidare ned til botnen var saltinnhaldet relativt stabilt og vart målt til 35,3 % på 473 m djup.

Målingane viste også ei temperatursjikting av vassmassane som gjekk ned til rundt 50 meters djup. Temperaturen låg rundt 17 – 18 °C i overflatelaget og sokk til 7,7 °C på 55 meters djup. Frå 65 m djup steig temperaturen moderat frå 7,7 °C til 8 °C på 150 m djup. Herifrå og ned mot botnen låg temperaturen i vassøyla stabilt rundt 8 – 8,1 °C ned til 473 m djup.

Ein ser av **figur 4** at ein fekk ein liten oksygendropp i vassøyla dei nedste 5 metrane på stasjonen Bar 3, truleg på grunn av at sonden har vore ned i sedimentet på veg ned, og at ein difor får ein oksygendropp i det ein dreg sonden oppatt frå botnen før oksygensensoren stabiliserer seg på veg oppatt. For stasjonen Bar 3 reknar ein då oksygenminimum ved 470 m djup.

På stasjonen Bar 3 var det ei stigning i oksygeninnhaldet frå overflata og ned mot 50 – 60 m djup. Oksygeninnhaldet steig frå 8,5 mg O/l i overflata (105 % metting) til eit maksimum på 10,1 mg O/l på 50 m djup (108 % metting). Då oksygeninnhaldet i sjøvatn er nært knytt opp mot temperaturen i vassøyla, er det ein samanheng mellom auken i oksygeninnhaldet og gradvis fallande temperatur ned mot 50 – 60 m djup, noko ein også ser av mettingsprosenten, som er om lag den same mellom overflata og 50 – 60 m djup. Vidare nedover i vassøyla fall oksygeninnhaldet til 8,0 mg O/l frå 50 til 70 m djup (omtrent på nivå med hovudterskelen). Vidare nedover i djupvasslaget sokk oksygeninnhaldet jamt nedover til 5,2 mg O/l på 300 m djup (56 % metting) og 4,3 mg O/l på 450 m djup (47 % metting). Ved botn på 470 m djup vart oksygeninnhaldet målt til 4,14 mg O/l (2,91 ml O/l) og 45 % metting, noko som tilsvrar tilstand III = "moderat".

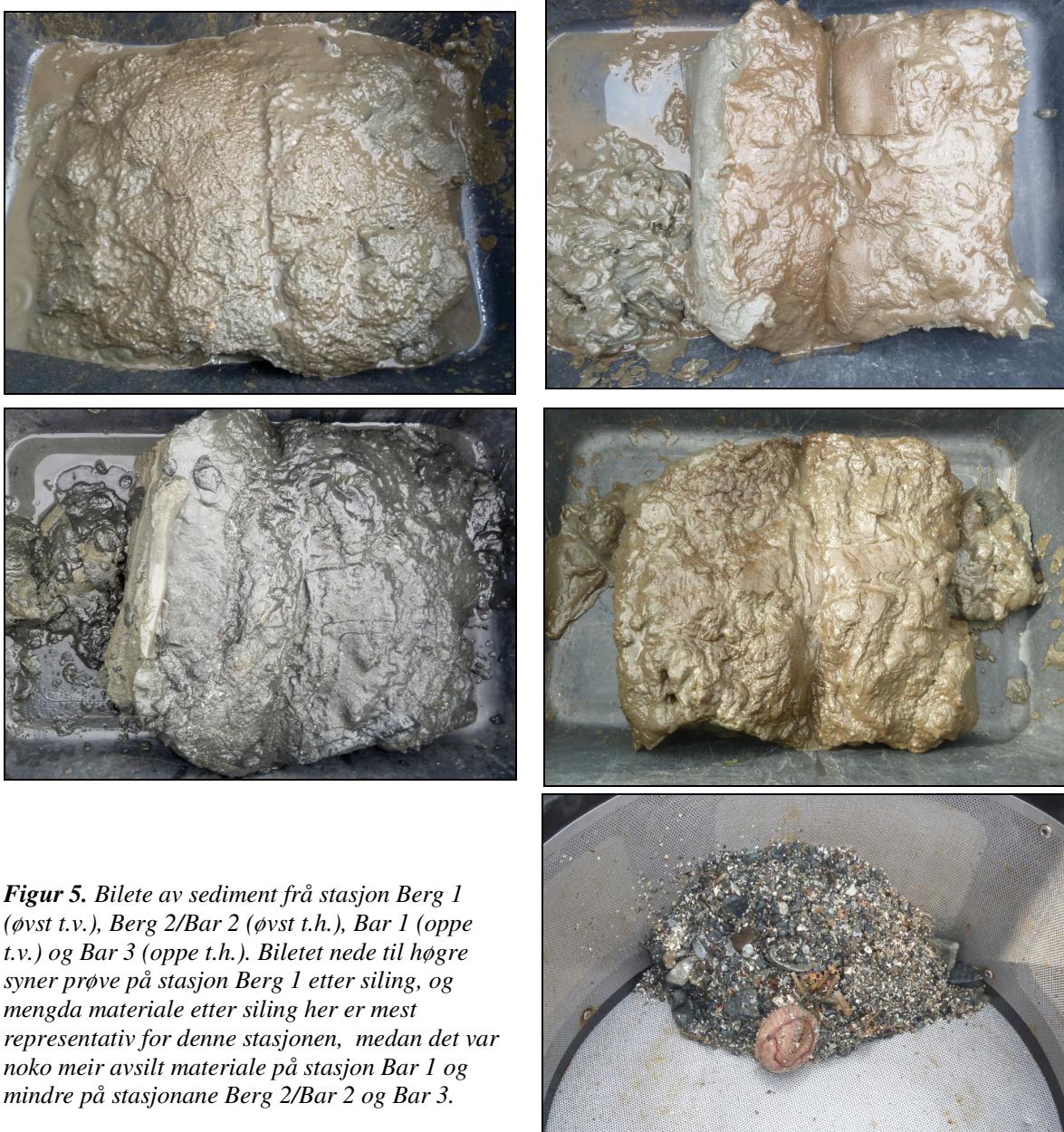


Figur 4. Temperatur-, saltinnhald- og oksygenprofilar ved det djupaste i Masfjordens indre basseng (Bar 3) målt den 11. august 2014.

SEDIMENTKVALITET

SKILDRING AV PRØVANE

Stasjon Berg 1: På første forsøk trefte ein fjellbotn. Dei to parallellane var nokså like i struktur og samansetjing. Grabbane var vel $\frac{3}{4}$ fulle av eit lyst brunt, mjukt og luktfritt sediment (**figur 5, tabell 8**). Prøvane bestod i hovudsak av leire og sand, skjelsand og litt grus. Sedimentkarakteristikk (NS 9410:2007) for dei to parallellane gav tilstand 1 = "meget god" (**tabell 9**).



Figur 5. Bilete av sediment frå stasjon Berg 1 (øvst t.v.), Berg 2/Bar 2 (øvst t.h.), Bar 1 (oppe t.v.) og Bar 3 (oppe t.h.). Biletet nede til høgre syner prøve på stasjon Berg 1 etter siling, og mengda materiale etter siling her er mest representativ for denne stasjonen, medan det var noko meir avsilt materiale på stasjon Bar 1 og mindre på stasjonane Berg 2/Bar 2 og Bar 3.

Stasjon Berg 2/Bar 2 : Dei to parallellane var nokså like i struktur og samansetjing. Grabbane var fulle av grått sediment med eit rundt 1 cm brunt lag på toppen. Sedimentet var luktfritt og med mjuk konsistens (**figur 5, tabell 8**). Prøvane bestod i hovudsak av silt og leire, sand og spor av skjelsand. Sedimentkarakteristikk for dei to parallellane gav tilstand 1 = "meget god" (**tabell 9**).

Stasjon Bar 1: Dei to parallellane var nokså like i struktur og samansetjing. Grabbane var høvesvis full og halvfull av eit mjukt og luktfrift sediment med eit 4 – 6 cm gråsvart lag (sulfid) oppå ein lysare grå såle. Prøvane bestod i hovudsak av leire, silt, sand og grus og litt skjelsand/skjelrestar. Sedimentkarakteristikk for dei to parallellane gav tilstand 1 = "meget god".

Stasjon Bar 3: Dei to parallellane var nokså like i struktur og samansetjing. Grabbane var fulle av lys brunt sediment med eit brunt slør på toppen. Sedimentet var luktfrift og med mjuk konsistens (**figur 5, tabell 8**). Prøvane bestod i hovudsak av silt, sand og litt skjelsand. Sedimentkarakteristikk for dei to parallellane gav tilstand 1 = "meget god".

Tabell 8. Feltskildring av sedimentprøvane som vart samla inn ved granskninga rundt lokalitetane Bergsvik og Barlingebotten 11. og 13. august 2014.

Stasjon	Berg 1 a-b	Berg 2/Bar 2 a-b	Bar 1 a-b	Bar 3 a-b
Grabbvolum (liter)	¾ - full	Full	½ - full	Full
Gassbobling i prøve	Nei	Nei	Nei	Nei
H ₂ S lukt	Nei	Nei	Nei	Nei
Primær- sediment:	Skjelsand Grus Sand Silt Leire Mudder	5 – 10 % litt 40 – 45 % 50 % – –	spor – 10 % 40 % 50 % –	litt 15 % 25 – 30 % 30 % 25 – 30 % –
Feltskildring av prøvane	¾ - full grabb med lys brun og luktfrift materiale med mjuk konsistens beståande av sand og silt og litt skjelsand. Begge parallellear var av same type.	Full grabb med grått og luktfrift materiale med eit 1 cm brun lag på toppen og mjuk konsistens, bestående av sand, silt og leire. Begge parallellear var av same type.	½ - full grabb med grått og luktfrift materiale med eit 4 – 6 cm gråsvart topplag (sulfid) og mjuk konsistens, bestående av grus, sand, silt og leire og litt skjelsand/skjelrestar. Begge parallellear var av same type.	Full grabb med lys brun og luktfrift materiale med eit tynt brun slør på toppen og mjuk konsistens, bestående av skjelsand, silt og leire. Begge parallellear var av same type.

Oppgjeven prosentdel av dei ulike fraksjonane i prøvane i **tabell 8** er basert på rein visuell observasjon og ikkje absolutte, målte verdiar. Dei prosentvise anslaga er meir ein indikasjon på kva for type sediment ein fann i prøvane. Resultat frå kornfordelingsanalyse er presentert nedanfor.

Nedbrytingstilhøva i sedimentet kan beskrivast ved hjelp av både surleik (pH) og elektrodepotensial (Eh). Ved høg grad av akkumulering av organisk materiale vil sedimentet verte surt og ha eit negativt elektrodepotensial. Sedimentet på alle stasjonane var lite belasta, med middels høge til høge pH-verdiar og frå noko låge til høge Eh-verdiar. Alle stasjonar og parallellear hamna i tilstand 1 (**tabell 8**). Meir detaljert var det høgast Eh-verdiar i sedimentet på stasjon Berg 2/Bar 2 og fjernstasjonen Bar 3, medan stasjon Bar 1, hadde lågaste Eh-verdiar.

Samla vurdering av sedimentkvalitet (middelverdi av gruppe II+III) gav tilstand 1 på kvar av stasjonane (**tabell 9**).

Tabell 9. PRØVESKJEMA for granskingane i dei ulike parallelleane frå dei fire stasjonane rundt Bergsvik og Barlingebotten 11. og 13. august 2014.

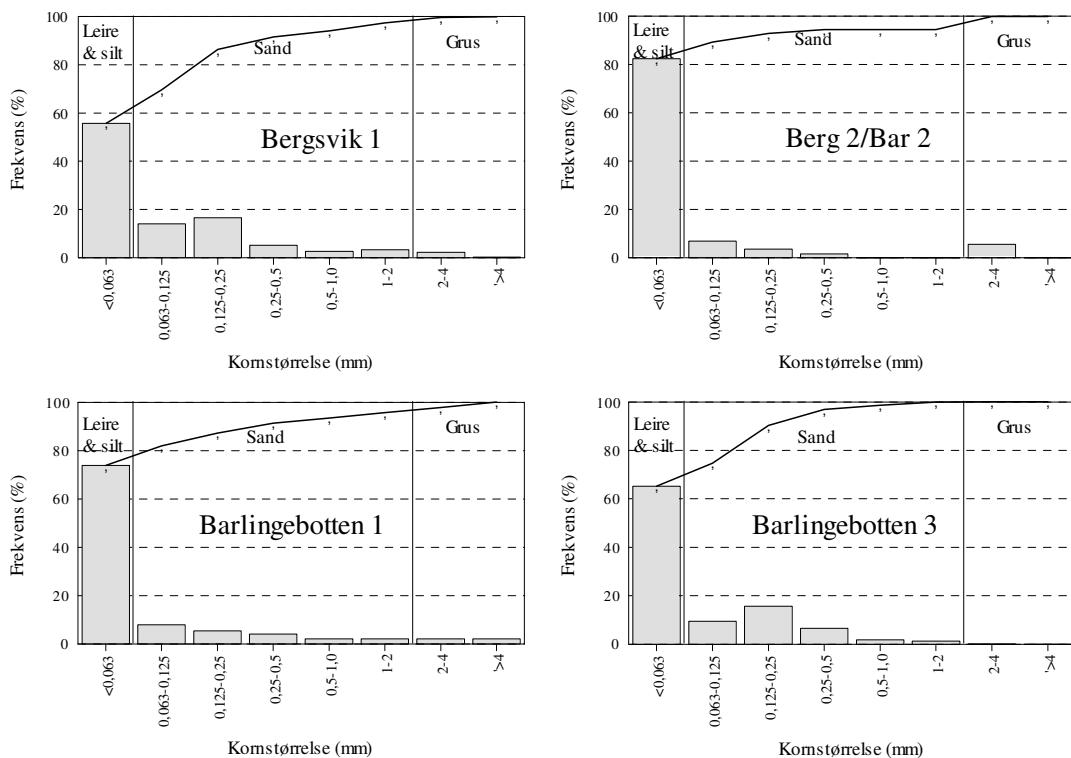
Gr	Parameter	Poeng	Prøve nr								Indeks
			Berg1a	Berg1b	BB2a	BB2b	Bar1a	Bar1b	Bar3a	Bar3b	
	Dyr	Ja=0 Nei=1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
I	Tilstand gruppe I	A									
II	pH	verdi	7,60	7,66	7,94	7,98	7,67	7,62	8,00	8,00	
	Eh	verdi	102	47	293	325	-68	-23	146	232	
	pH/Eh	frå figur	0	1	0	0	1	1	0	0	0,38
	Tilstand prøve		1	1	1	1	1	1	1	1	
	Tilstand gruppe II	1	Buffertemp: 15,1 °C Sjøvasstemp: 16,8 °C Sedimenttemp: 8 °C pH sjø: 7,99 Eh sjø: 410 mV Referanseelektrode: 217 mV								
III	Gassbobler	Ja=4 Nei=0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Farge	Lys/grå=0	1	1	1	1	1	1	1	1	
		Brun/sv=2									
	Lukt	Ingen=0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Noko=2									
		Sterk=4									
	Konsistens	Fast=0									
		Mjuk=2	2	2	2	2	2	2	2	2	
		Laus=4									
		<1/4 =0									
	Grabb-volum	1/4 - 3/4 = 1						1			
		> 3/4 = 2	2	2	2	2	2		2	2	
	Tjukkelse	0 - 2 cm =0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	på	2 - 8 cm = 1									
	slamlag	> 8 cm = 2									
		SUM:	5	5	5	5	5	4	5	5	
		Korrigert sum (*0,22)	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	0,88	1,1	1,1	1,07
		Tilstand prøve	2	2	2	2	2	1	2	2	
		Tilstand gruppe III	1								
II +	Middelverdi gruppe II+III		0,55	1,05	0,55	0,55	1,05	0,94	0,55	0,55	0,72
	Tilstand prøve		1	1	1	1	1	1	1	1	
III	Tilstand gruppe II+III		1								
	“pH/Eh”										
	“Korr.sum”										
	“Indeks”	Tilstand									
	< 1,1	1									
	1,1 - 2,1	2									
	2,1 - 3,1	3									
	> 3,1	4									
								LOKALITETENS TILSTAND :		1	

KORNFORDELING OG KJEMI

Resultatet frå kornfordelingsanalysen syner at det var noko variable, men sedimentterande tilhøve på alle stasjonane ved lokalitetane Bergsvik og Barlingebotten der innhaldet av finsediment (silt og leire) låg mellom 55,7 og 82,4 % (**tabell 10, figur 6**).

Tabell 10. Tørrstoff, organisk innhald, kornfordeling og innhald av fosfor, nitrogen, kopar og sink i sedimentet frå fire stasjonar rundt Bergsvik og Barlingebotten 11. og 13. august 2014. Tilstand er markert med tal og farge, som tilsvavar tilstandsklassifiseringa etter rettleiar 02:13 og TA 2229:2007.

Stasjon	Eining	Berg 1	Berg 2/Bar 2	Bar 1	Bar 3
Leire & silt	%	55,7	82,4	73,9	65,2
Sand	%	41,8	12,1	21,7	34,7
Grus	%	2,5	5,5	4,4	0,1
Tørrstoff	%	34,8	31,4	35,1	34,0
Glødetap	%	9,24	11,5	11,5	10,5
TOC	mg/g	42,0	47,0	48,0	44,0
Normalisert TOC	mg/g	50,0 (V)	50,2 (V)	52,7 (V)	50,3 (V)
Total Fosfor	mg/g	1,3	1,5	1,3	1,3
Total Nitrogen (N)	mg/g	2,4	3,0	2,7	2,5
Kopar (Cu)	mg/kg	32 (I)	32 (I)	27 (I)	30 (I)
Sink (Zn)	mg/kg	110 (I)	120 (I)	160 (I)	120 (I)



Figur 6. Kornfordeling av sedimentet på stasjonane Berg 1, Berg 2/Bar 2, Bar 1 og Bar 3 rundt Bergsvik og Barlingebotten den 11. og 13. august 2014. Figuren viser kornstorleik i mm langs x-aksen og høvesvis akkumulert vektprosent (linje) og andel (stolper) i kvar storleikskategori langs y-aksen. Vertikale linjer indikerar grense mellom leire/silt og sand, og mellom sand og grus.

Tørrstoffinhaldet i sedimentprøvar vil kunne variere, med lågt innhald i prøvar med mykje organisk materiale, og høgare innhald i prøvar som inneholder mykje mineralsk materiale i form av primærsediment. Tørrstoffinhaldet var relativt lågt på samlede stasjonar og låg mellom 31,4 og 35,1 % (**tabell 10**).

Glødetapet var moderat høgt på samlede stasjonar og låg mellom 9,3 og 11,5 %. Glødetapet angir mengda organisk stoff i sedimentet, der ein reknar med at det vanlegvis er 10 % eller mindre i sedimenter der det føregår normal nedbryting av organisk materiale. Høgare verdiar førekjem i sediment der det enten er så store tilførsler av organisk stoff at nedbrytinga ikkje greier å halde følgje med tilførslene, eller i område der nedbrytinga er naturleg avgrensa av til dømes oksygenfattige forhold.

Innhaldet av normalisert TOC var høgt på samlede stasjonar og låg mellom 50,0 og 52,7 mg C/g på stasjon C3, noko som tilsvrar tilstandsklasse V = "svært dårlig" (**tabell 10**). Normalisert TOC vert berre nytta som eit supplement til vurdering av blautbotnfauna for å få informasjon om organisk belasting (02:2013).

Innhaldet av organisk nitrogen og fosfor i sedimentet fortel òg noko om nedbrytingstilhøva og omfanget av tilførsler til sedimentet. Det vart målt eit relativt lågt innhald av nitrogen på alle stasjonar med verdiar mellom 2,4 og 3,0 mg N/g på stasjonane, noko som tilsvarer tilstandsklasse I= "god" på stasjonane Berg 1 og Bar 3 og II= "mindre god" på stasjonane Berg 2/Bar 2 og Bar 1 (Rygg og Thelín 1993). Ved gode nedbrytingsforhold er innhaldet av fosfor vanlegvis ein del lågare enn innhaldet av nitrogen, og resultata samsvarer godt med dette på alle stasjonar og indikerer relativt gode nedbrytingsforhold i recipienten til anlegga.

Nivået av kopar og sink var relativt jamt på alle stasjonar, og i høve til klassegrensene i rettleiar TA 2229:2007 hamna alle stasjonar innan tilstandsklasse I = "bakgrunn" (**tabell 10**).

BLAUTBOTNFAUNA

Detaljar om blautbotnfauna for dei ulike stasjonane er skildra i Havbruksstjenesten AS sine rapport for Bergsvik og Barlingebotten (**vedlegg 2**).

St Berg 1

Vurdering av botnfauna i høve til grenseverdiar frå NS 9410:2007 viser at stasjon Berg 1 hamna i beste tilstandsklasse (Miljøtilstand 1) på grunnlag av talet på artar og samansetjing av artar.

Som grunnlag for faunagranskning fekk ein opp høvesvis full og halvfull grabb i begge parallellane. Gjennomsnittleg antal artar i dei to grabbane var innafor normalen i høve til vegleiar 02:2013, medan antal individ var høgare enn normalen (**tabell 11**). Normalt gjennomsnittleg artsantal er 25-75 artar per grabb, medan for individ er det 50-300 per grabb. Oftast førekommande art var den forureiningstolerante fleirbørstemakken *Paramphipnus jeffreysi* (NSI-gruppe III) som utgjorde 51 % av det samla individantalet (**tabell 15**). Faunastrukturen uttrykt i geometriske klassar syner ei jamm synkande kurve, men med ein art med høgt individtal og høg geometrisk klasse (**figur 7**).

NQI1-indeksen, ES₁₀₀, ISI-indeksen og NSI-verdien for begge grabbane, \bar{G} og \bar{S} låg innanfor tilstandsklassen «god». H'-verdien for grabb B, gjennomsnittet (\bar{G}) og stasjonsverdien (\bar{S}) låg innanfor tilstandsklassen «god», medan grabb A låg innanfor tilstandsklassen «moderat». DI-verdien for grabb B, \bar{G} og \bar{S} låg innanfor tilstandsklassen «dårlig», medan verdien for grabb A låg innanfor tilstandsklassen «svært dårlig».

Tabell 11. Artsantal (S), individantal (N), $NQII$ -indeks, artsmangfald uttrykt ved Shannon-Wieners (H') og Hurlberts indeks (ES_{100}), jamleksindeks (J), H'_{max} , ISI -indeks, NSI -indeks og DI -indeks i grabb A og B på stasjon Berg 1 i Masfjorden 11. og 13. august 2014. Hurlberts indeks er ikke oppgitt i situasjoner med under 100 individ. Middelverdi for grabb A og B angitt som \bar{G} , medan stasjonsverdien er angitt som \hat{S} . Til høgre for begge sistnemte kolonner står nEQR-verdiane for desse størrelsene. Nedst i tabellen sitt høgre hjørne står middelverdien av de to berekningane sin middel nEQR som angjev samla basis for stasjonen sin tilstandsklasse. Tilstandsklassar er angitt med farge, der blå = klasse I, grøn = II, gul = III, oransje = IV og raud = V (jf. **tabell 5**). Enkeltresultat er presentert i **vedlegg 2**.

St. Berg 1	grabb A	grabb B	\bar{G}	\hat{S}	nEQR \bar{G}	nEQR \hat{S}
S	57	49	53	68		
N	890	475	682,5	1365		
NQI1	0,672	0,698	0,685	0,685	0,658	0,658
H'	2,933	3,626	3,279	3,281	0,631	0,631
J	0,503	0,646	0,574	0,539		
H'_{max}	5,833	5,615	5,724	6,087		
ES_{100}	19,8	26,9	23,35	22,92	0,675	0,67
ISI_{2012}	8,713	8,869	8,791	8,853	0,723	0,729
NSI	20,749	21,95	21,35	21,167	0,654	0,647
DI	0,899	0,627	0,763	0,763	0,27	0,27
Samla verdi:			0,601		0,602	0,601

St Berg 2/Bar 2

Vurdering av botnfauna i høve til grenseverdiar frå NS 9410:2007 viser at stasjon Berg 2/Bar 2 hamna i beste tilstandsklasse (Miljøtilstand 1) på grunnlag av talet på artar og samansetjing av artar.

Tabell 12. Artsantal (S), individantal (N), $NQII$ -indeks, artsmangfald uttrykt ved Shannon-Wieners (H') og Hurlberts indeks (ES_{100}), jamleksindeks (J), H'_{max} , ISI -indeks, NSI -indeks og DI -indeks i grabb A og B på stasjon Berg 2/Bar 2 i Masfjorden 11. og 13. august 2014. Enkeltresultat er presentert i **vedlegg 2**.

St. Berg 2/Bar 2	grabb A	grabb B	\bar{G}	\hat{S}	nEQR \bar{G}	nEQR \hat{S}
S	33	38	35,5	46		
N	308	196	252	504		
NQI1	0,669	0,701	0,985	0,685	0,658	0,657
H'	3,654	4,382	4,018	4,107	0,713	0,723
J	0,724	0,835	0,78	0,744		
H'_{max}	5,044	5,248	5,146	5,524		
ES_{100}	22,61	28,99	25,8	25,76	0,704	0,703
ISI_{2012}	8,503	8,505	8,504	9,019	0,696	0,745
NSI	21,073	21,877	21,79	21,771	0,672	0,671
DI	0,439	0,242	0,34	0,34	0,742	0,742
Samla verdi:			0,702		0,697	0,707

Som grunnlag for faunagranskning fekk ein opp full grabb i begge parallellar. Gjennomsnittleg tal artar og tal individ i dei to grabbane var innafor normalen i høve til vugleiar 02:2013. Oftast førekommande art var den forureiningstolerante fleirbørstemakken *Paramphipnoma jeffreysi* (NSI-gruppe III) som utgjorde 28 % av det samla individantalet. Faunastrukturen uttrykt i geometriske klassar syner ei relativt jamm synkande kurve med enkelte toppar. Det vil seie at det for det meste er mange artar representert med få individ, samt eit par artar med noko høge individtal.

NQI1-indeksen, H'- verdien, ES₁₀₀, ISI-indeksen og NSI-verdien for begge grabbane, Ĝ og Š låg innanfor tilstandsklassen «god». DI-verdien for grabb A, Ĝ og Š låg innanfor tilstandsklassen «god», medan verdien for grabb B låg innanfor tilstandsklassen «svært god».

St Bar 1

Vurdering av botnfauna i høve til grenseverdiar frå NS 9410:2007 viser at stasjon Bar 2 hamna i nest beste tilstandsklasse (Miljøtilstand 2) på grunnlag av talet på artar og samansetjing av artar.

Som grunnlag for faunagranskning fekk ein opp høvesvis full og halvfull grabb i begge parallellar. Gjennomsnittleg antal artar i dei to grabbane var lågare enn normalen i høve til vugleiar 02:2013, medan antal individ var høgare enn normalen. Oftast førekommande art var den forureiningsnøytrale fleirbørstemakken *Prionospio steenstrupi* (NSI-gruppe II) som utgjorde 65 % av det samla individantalet. Faunastrukturen uttrykt i geometriske klassar syner til ein tydeleg påverknad med nærmast flat kurve, der to av totalt fem artar opptrer med høge individtal.

NQI1-verdien og ES₁₀₀-verdien for begge grabbane, Ĝ og Š låg innanfor tilstandsklassen «svært dårlig». H'- verdien for grabb A, Ĝ og Š låg innanfor tilstandsklassen «dårlig», medan verdien for grabb B låg innanfor tilstandsklassen «svært dårlig». ISI-indeksen for begge grabbane, Ĝ og Š låg innanfor tilstandsklassen «dårlig». NSI-verdien for grabb A låg innanfor tilstandsklassen «dårlig», medan grabb B låg innanfor tilstandsklassen «god». Ĝ og Š låg innanfor tilstandsklassen «moderat». DI-verdien for grabb A låg innanfor tilstandsklassen «god», medan grabb B låg innanfor tilstandsklassen «dårlig». Ĝ og Š låg innanfor tilstandsklassen «moderat».

Tabell 13. Artsantal (S), individantal (N), NQI1-indeks, artsmangfald uttrykt ved Shannon-Wieners (H') og Hurlberts indeks (ES100), jamleiksindeks (J), H'max, ISI-indeks, NSI-indeks og DI-indeks i grabb A og B på stasjon Bar 1 i Masfjorden 11. og 13. august 2014.

St. Bar 1	grabb A	grabb B	Ĝ	Š	nEQR Ĝ	nEQR Š
S	4	3	3,5	5		
N	303	513	408	816		
NQI1	0,261	0,266	0,264	0,297	0,17	0,192
H'	1,149	0,755	0,952	1,104	0,21	0,223
J	0,574	0,476	0,525	0,437		
H'max	2,0	1,585	1,792	2,322		
ES ₁₀₀	3,272	2,195	2,734	2,846	0,109	0,114
ISI ₂₀₁₂	6,15	5,027	5,588	5,198	0,328	0,282
NSI	14,269	20,303	17,286	18,062	0,491	0,522
DI	0,431	0,66	0,546	0,546	0,468	0,468
Samla verdi:			0,298		0,296	0,3

St Bar 3

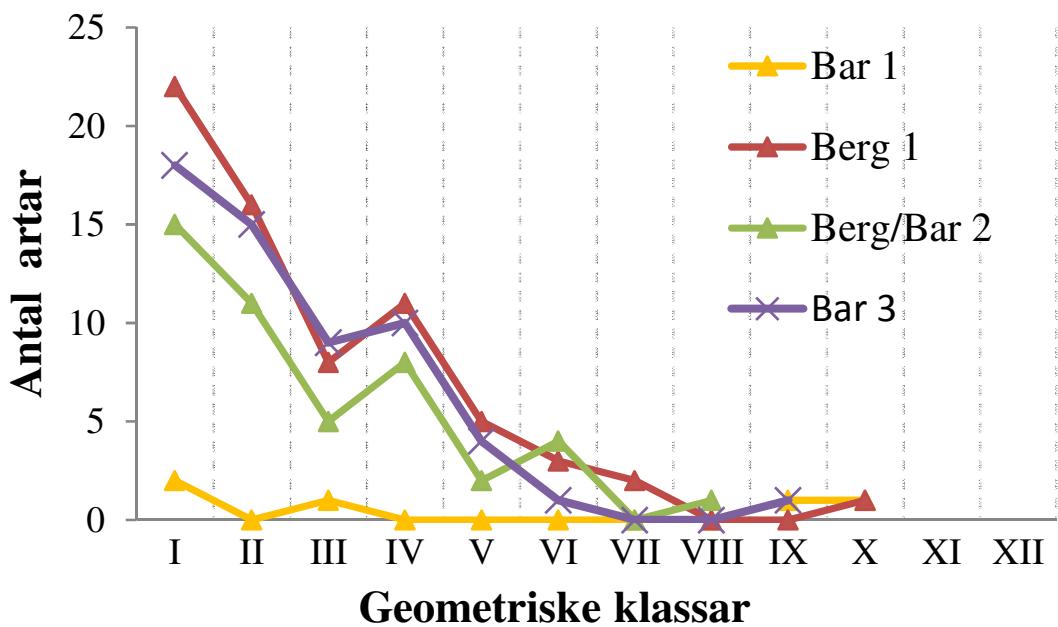
Vurdering av botnfauna i høve til grenseverdiar frå NS 9410:2007 viser at stasjon Bar 3 hamna i beste tilstandsklasse (Miljøtilstand 1) på grunnlag av talet på artar og samansetjing av artar.

Som grunnlag for faunagranskning fekk ein opp full grabb i begge parallellar. Gjennomsnittleg antal artar i dei to grabbane var innafor normalen i høve til vugleiar 02:2013, medan antal individ var høgare enn normalen. Oftast førekommande art var den forureiningstolerante fleirbørstemakken *Paramphinnome jeffreysi* (NSI-gruppe III) som utgjorde 54,2 % av det samla individantalet. Faunastrukturen uttrykt i geometriske klassar syner ei jamn synkande kurve med mange artar representert med få individ, samt ein art med høg dominans og dermed høg geometrisk klasse (IX).

NQI1-indeksen, H'- verdien, ES₁₀₀, ISI-indeksen og NSI-verdien for begge grabbane, Ĝ og Š låg innanfor tilstandsklassen «god». DI-verdien for begge grabbane, A, Ĝ og Š låg innanfor tilstandsklassen «moderat».

Tabell 14. Artsantal (*S*), individantal (*N*), NQI1-indeks, artsmangfald uttrykt ved Shannon-Wieners (*H'*) og Hurlberts indeks (*ES100*), jamleiksindeks (*J*), *H'max*, ISI-indeks, NSI-indeks og DI-indeks i grabb A og B på stasjon Bar 3 i Masfjorden 11. og 13. august 2014. Enkeltresultat er presentert i vedlegg 2.

St. Bar 3	grabb A	grabb B	Ĝ	Š	nEQR Ĝ	nEQR Š
S	45	45	45	58		
N	410	363	386,5	773		
NQI1	0,706	0,709	0,708	0,712	0,682	0,686
H'	3,061	3,347	3,204	3,274	0,623	0,63
J	0,557	0,609	0,583	0,559		
H'max	5,492	5,492	5,492	5,858		
ES₁₀₀	24,88	25,2	25,04	25,28	0,695	0,697
ISI₂₀₁₂	8,406	8,978	8,692	8,994	0,714	0,742
NSI	22,292	22,46	22,376	22,371	0,695	0,695
DI	0,563	0,51	0,536	0,536	0,48	0,48
Samla verdi:		0,647			0,639	0,655



Figur 7. Faunastruktur uttrykt i geometriske klassar for stasjonane Bar 1, Berg 1, Berg/Bar 2 og Berg/Bar 3 tekne 11. og 13. august 2014 ved oppdrettslokalitetene Barlingebotten og Bergsvik. Antal artar langs y – aksen og geometriske klassar langs x- aksen.

Tabell 15. Dei ti mest dominerande artane av botndyr tekne på stasjon Bar 1, Berg 1, Berg/Bar 2 og Berg/Bar 3 ved oppdrettslokalitetene Barlingebotten og Bergsvik i Masfjorden 11 og 13. august 2014.

Bar 1			Berg 1		
Taxa	%	Kum %	Taxa	%	Kum %
<i>Prionospio streenstrupi</i>	65,20	100,00	<i>Paramphipnoma jeffreysii</i>	51,21	82,27
<i>Capitella capitata</i>	33,70	34,80	<i>Chaetozone setosa</i>	9,16	31,06
<i>Nebalia bipes</i>	0,86	1,10	<i>Aphelochaeta sp.</i>	5,20	21,90
<i>Aphelochaeta sp.</i>	0,12	0,25	<i>Lagis koreni</i>	4,18	16,70
<i>Malacoceros fuliginosus</i>	0,12	0,12	<i>Abra nitida</i>	2,56	12,53

Berg/Bar 2			Bar 3		
Taxa	%	Kum %	Taxa	%	Kum %
<i>Paramphipnoma jeffreysii</i>	28,17	74,80	<i>Paramphipnoma jeffreysii</i>	54,72	78,01
<i>Spiochaetopterus typicus</i>	8,13	46,63	<i>Spiochaetopterus typicus</i>	4,79	23,29
<i>P. paucibranchiata</i>	7,94	38,49	<i>Aricidea catherinae</i>	4,01	18,50
<i>Thyasira equalis</i>	7,74	30,56	<i>Notomastus latericeus</i>	2,59	14,49
<i>Terebellides stroemii</i>	6,35	22,82	<i>Cerianthus lloydii</i>	2,20	11,90
<i>Abra nitida</i>	4,56	16,47	<i>Lagis koreni</i>	2,07	9,70
<i>Aphelochaeta sp.</i>	3,57	11,90	<i>Aphelochaeta sp.</i>	1,94	7,63
<i>Notomastus latericeus</i>	2,98	8,33	<i>Philine scabra</i>	1,94	5,69
<i>Galathowenia oculata</i>	2,78	5,36	<i>Ceratocephale loveni</i>	1,94	3,75
<i>Ceratocephale loveni</i>	2,58	2,58	<i>Galathowenia oculata</i>	1,81	1,81

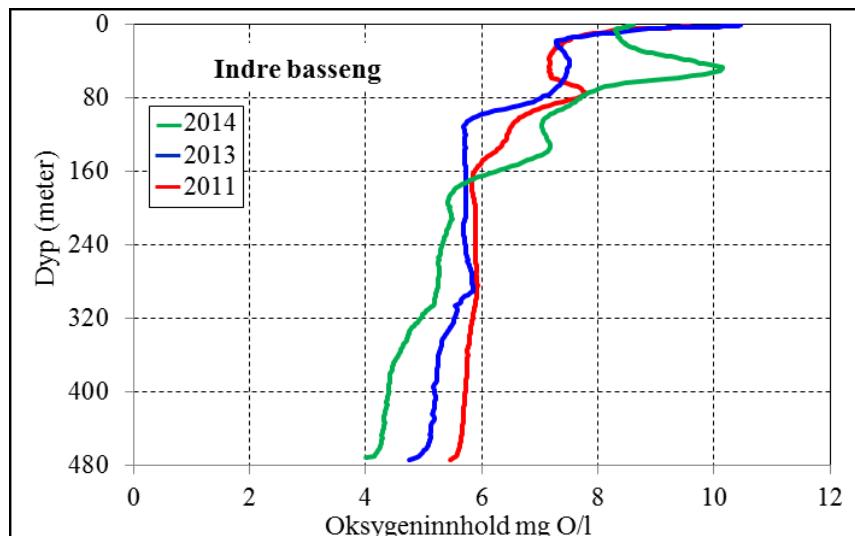
TILHØVET TIL NATURMANGFALDLOVA

Denne resipientgranskingsa 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). Resipientgranskingsa vurderer verknader av oppdrettsverksemda, samt om resipienten har kapasitet til auka belastningar på økosystemet og det registrerte naturmiljøet i resipienten (§ 10). Oppdrettar legg vinn på å drive anlegget slik at skadar på naturmangfaldet så langt mogleg vert avgrensa, og ein søker å oppnå det beste samfunnsmessige resultatet ut frå ei samla vurdering av både naturmiljø og økonomiske tilhøve (§ 12).

VURDERING AV TILSTAND

HYDROGRAFI

Det er til saman utført tre hydrografimålingar ved det djupaste punktet i Masfjorden sitt indre basseng på stasjon Bar 3. I **figur 8** nedanfor har vi samanlikna oksygeninnhaldet frå 2011 (Tveranger 2011), 2013 (Furset 2014) og frå denne granskingsa i 2014.



Figur 8. Samanlikning av oksygeninnhaldet i indre basseng i 2011, 2013 og 2014.

Både i 2011 og 2013 sokk oksygeninnhaldet frå overflata og ned til ca 15 m djup. Vidare var det litt variasjonar ned mot terskeldjup. I 2014 var oksygeninnhaldet heilt i overflata lågare enn dei to føregåande åra, men med ei god stiging ned mot 50 – 60 m djup. Dei variasjonane ein såg over terskeldjup i dei tre åra er naturlege sesongvariasjonar som hovudsakelig følgjer av årstider og variasjonar i vær og vind, og dette vil variere frå år til år. Litt under terskeldjup sokk oksygeninnhaldet raskt nedover i vassøyla alle tre åra, men samstundes var oksygeninnhaldet i 2014 ved 150 m djup opp mot 1 – 2 mg O/l høgare enn dei to føregående åra på stasjon Bar 3.

I 2014 låg oksygeninnhaldet i heile vassøyla frå rundt 170 m djup og nedover mot botnen 0,5 – 1,5 mg O/l under målingane frå dei to føregåande åra. Ved botnen på 470 m djup vart oksygeninnhaldet i 2011 og 2013 målt til høvesvis 5,57 (3,92 ml O/l) og 4,90 mg O/l (3,45 ml O/l), medan nivået i august 2013 vart målt til 4,14 mg O/l. (2,91 ml O/l). Oksygennivået tilsvarte tilstand II = ”god” i 2011 og tilstand III = ”moderat” i 2013 og 2014.

Det vart i 2011 ved hjelp av "Fjordmiljømodellen" berekna eit teoretisk månadleg oksygenforbruk på 0,025 ml O₂/liter i bassengvatnet i Masfjorden ved ein årleg produksjon på 1150 tonn. Ved ei dobling av produksjonen vil oksygenforbruket ha auka til 0,028 ml O₂/liter i månaden. I oktober 2011 vart oksygeninnhaldet i indre basseng på 400 m djup målt til 5,72 mg O₂/l (4,03 ml O₂/l), mens det i desember 2013 og august 2014 vart målt til høvesvis 5,18 (3,65 ml O₂/l) og 4,39 mg O₂/l (3,09 ml O₂/l). Dette er høvesvis 0,38 og 0,56 ml O₂/l lågare i desember 2013 og august 2014, og tilsvarer ein månadleg reduksjon på høvesvis 0,014 ml O₂/l frå oktober 2011 til desember 2013 og 0,07 ml O₂/l frå desember 2013 til august 2014. Dette kan indikere at det ikkje har skjedd noko utskifting av bassengvatn i indre basseng av betydning i perioden, men resultatet kan også tyde på ein auke i oksygenforbruket i bassengvatnet i indre basseng frå desember 2013 til august 2014.

Anleggsdrifta ved Bergsvik og Barlingebotten vil naturleg nok føre til auka oksygenforbruk i bassengvatnet i høve til ein situasjon utan oppdrett, og sjølv om oksygenmålingane i 2013 og 2014 syner at oksygeninnhaldet i djupvatnet no ligg innafor tilstandsklasse III = "moderat", er det grunn til å tru at påverknaden framleis ligg innafor akseptable rammer sidan øvrige resultat frå denne granskingsa (sedimentkvalitet og botndyr) tilseier tilfredsstillande nedbrytingstilhøve i sedimenta i den djupaste delen av resipienten, men det er grunn til å følgje utviklinga nøyne framover.

Sjølv om utviklinga i oksygeninnhaldet i Masfjordens indre basseng syner ein nedadgåande trend dei siste tre åra, skal ein uansett vere varsam med å trekke for bastante konklusjonar når det gjeld utviklinga i oksygenforbruk i perioden. Ein har berre tre måleseriar i perioden, og små variasjonar i f. eks kalibrering av sonden kan gje utslag på profilane. Ein veit heller ikkje sikkert om det har skjedd ei fornying av botnvatnet i Masfjorden dei tre siste åra. Det mest pålitelige ville ha vore å følgje med på utviklinga gjennom månadlege målingar for eventuelt å fange opp sesongvariasjonar og når det skjer utskifting av bassengvatn over terskeldjupet inn til Masfjorden.

SEDIMENTKVALITET

Resultatet frå kornfordelingsanalysen syner at det var noko variable, men sedimentterande tilhøve på stasjonane i resipienten til anlegga ved Bergsvik og Barlingebotten der andelen finstoff (leire og silt) var frå middels høgt til høgt på stasjonane. Dette avspeglar også glødetapsmålingane som viste at innhaldet av organisk stoff i sedimentet låg rundt 9 – 11,5 % på stasjonane, men nivået var ikkje høgare enn at det på alle fire stasjonane truleg føregår normal nedbryting av organisk materiale. Innhaldet av normalisert TOC var høgt på samlede stasjonar der nivået tilsvarte tilstandsklasse V = "svært dårlig". Det vil ikkje bli lagt stor vekt på tilstandsklassene til normalisert TOC då det ikkje lenger skal nyttast som eit eige kvalitetselement i stadfesting av den økologiske tilstanden, men hovudsakelig som støtteparameter til blautbotnfauna granskingsa (rettleiar 02:13).

Nivået av kopar og sink var relativt jamt og lågt på alle stasjonar og tilsvarte tilstandsklasse I = "bakgrunn". Andre målte parametrar viste òg at i ein avstand på rundt 125 m meter frå anlegga og til det djupaste i resipienten, er det eit naturleg friskt og upåverka sediment.

I høve til MOM C-indeksen for botndyr vart stasjon Berg 1 og Berg 2/Bar 2 i nær- og overgangssona klassifisert til miljøtilstand 1, medan nærstasjonen Bar 1 vart klassifisert til miljøtilstand 2. Blautbotnfaunaen i høve til rettleiar 02:2013 viste ein tydeleg organisk påverknad i nærsoma på stasjon Bar 1 rundt 125 meter frå anlegget, medan stasjon Berg 1 i nærsoma 125 meter frå anlegget og stasjon Berg 2/Bar 2 i overgangssona rundt 400 meter frå anlegga framstod som upåverka av organisk påverknad. Stasjonen i fjernsoma høvesvis ca 900 og 400 meter frå anlegga ved Bergsvik og Barlingebotten framstod også som upåverka av organisk påverknad. Basert på den samla verdien (gjennomsnittet av nEQR), vart stasjon Bar 1 klassifisert i tilstandsklasse «dårlig», medan stasjonane Berg 1, Berg 2/Bar 2 og Bar 3 vart klassifisert i tilstandsklasse «god».

Det er gjort ei MOM B gransking på kvar av lokalitetane Bergsvik og Barlingebotten i 2014 (Øvstetun 2014 og Sunde 2014). Granskinga ved Bergsvik vart omtent ved maksimal produksjon der lokaliteten fekk nest beste tilstandsklasse, tilstand 2 = "god". Granskinga ved Barlingebotten vart utført like etter utsett av ny fisk hausten 2014 då lokaliteten hadde vore brakklagt i 6 månader der lokaliteten fekk beste tilstandsklasse, tilstand 1 = "meget god". Begge lokalitetane er bratte og dominert av fjellbotn, noko som kom klart fram frå granskingane, slik at det ikkje er usannsynleg at avfall frå anlegga vil kunne skli nedover og ende opp ved foten av anlegga kor botnen flatar meir ut. To av prøvane teke ved Bergsvik indikerer dette, der stasjon 1 og 2 fekk tilstand 4 og resterande stasjonar fekk tilstand 1. Alle prøvar tatt ved Barlingebotten fekk tilstand 1. Det ser soleis ut til å vere generelt lite påverknad frå oppdrettverksemda direkte under anlegga.

Då resipienten truleg har noko avgrensa kapasitet, vil det truleg vere høveleg med dagens produksjon på lokalitetane, men oksygennivået i det inste fjordbassengen bør overvakast regelmessig for å følgje med utviklinga i bassengvatnet i Masfjorden.

KONKLUSJON

Oppdrettslokalitetane Bergsvik og Barlingebotten ligg med ein innbyrdes avstand på om lag 800 meter i Masfjordens sitt indre basseng høvesvis rundt 90 og 85 – 160 m frå land i høvesvis i austnordaustleg – vestsørvestleg og nordnordaustleg – sør-sørvestleg retning. Det er bratt på lokalitetane der djupna under anlegget ved Bergsvik ligg mellom rundt 100 og 350 meter og skrår i retning nordaust, og djupna under anlegget ved Barlingebotten ligg mellom rundt 100 og 250 meter og skrår i retning nord – nordvest. Resultata indikerer ein reduksjon i oksygennivået i bassengvatnet sidan 2011, men resultata elles tilseier tilfredsstillande nedbrytingstilhøve i sedimenta i den djupaste delen av resipienten. I høve til grenseverdiar for vurderinga av botnfauna etter NS 9410:2007 vert stasjonane i nærsona til anlegga klassifisert til høvesvis miljøtilstand 1 = "svært god" og 2 = "god", og stasjonen i overgangssona midt mellom anlegga vert klassifisert til miljøtilstand 1 = "svært god". Fjernstasjonen vert klassifisert til tilstand "god" i høve til rettleiar 02:2013.

Tabell 18. Oppsummering av miljøtilstand for ulike målte parametrar på stasjonane Berg 1, Berg 2/Bar 2, Bar 1 og Bar 3 i resipienten til Bergsvik og Barlingebotten 11. og 13. august 2014. Gjeldande parametrar for miljøtilstand ved lokalitetene har fargekodar. Vurdering av botnfauna i nærsone og overgangssona er i høve til NS 9410:2007, medan rettleiar 02:2013 er gjeldande for Fjernstasjonen. Fargekodar tilsvrar tilstandsklassifisering etter rettleiar 02:2013, tilstand I (blå), II (grøn), III (gul), IV (oransje) til V (raud). Soneinndeling for kvar stasjon er markert som n= nærsone, o = overgangssone, f = fjernstasjon.

Stasjon	NS 9410:2007			Rettleiar 02:2013				
	pH/Eh	Fauna	Miljø-tilstand	TOC	O ₂ botn	nEQR grabb	nEQR stasjon	Økologisk tilstand
Berg 1 (n)	I	I	Meget god	V	-	0,602	0,601	God
Berg 2/Bar 2 (o)	I	I	Meget god	V	-	0,697	0,707	God
Bar 1 (n)	I	II	God	V	-	0,296	0,300	Dårlig
Bar 3 (f)	I	I	Meget god	V	III	0,639	0,655	God

REFERANSAR

BAKKE, T., G. BREEDVELD, T. KÄLLQVIST, 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.

BOTNEN, H., E. HEGGØY, PJ. JOHANNESSEN, P-O. JOHANSEN, G. VASSENDEN 2007.

Miljøovervåking av olje og gassfelt i Region II i 2006.

UNIFOB- Seksjon for anvendt miljøforskning. Bergen, mars 2007. 72s.

DIREKTORATSGRUPPA VANNDIREKTIVET 2013.

Veileder 02:2013 Klassifisering av miljøtilstand i vann.

FURSET, T.T. 2014

Vurdering av utvikling i oksygenforhold i Masfjorden, og miljøpåvirkningen fra oppdrettslokalitet Ådnekvamme.

Rådgivende Biologer AS, notat, 7 sider

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.*

ISAKSEN, T. E., H. R. JAKOBSEN & P. JOHANNESEN 2013.

MOM B-undersøkelse ved Brattavika i Austevoll kommune

Uni Miljø, Seksjon for anvendt miljøforskning-marin. Notat 09-2013.

JOHANSEN, P.O. & HEGGØY, E. 2009.

MOM-C undersøkelse fra fire oppdrettslokaliteter ved Hidra, Flekkefjord Kommune i 2009.

Unifob – Seksjon for anvendt miljøforskning. SAM e-Rapport nr. 6-2009. 53s.

KUTTI, T., P.K. HANSEN, A. ERVIK, T. HØISÆTER & P. JOHANNESEN 2007.

Effects of organic effluents from a salmon farm on a fjord system. II. Temporal and spatial patterns in infauna community composition. *Aquaculture 262, 355-366.*

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 16665:2013

Vannundersøkelse. Retningslinjer for kvantitativ prøvetaking og prøvebehandling av marin bløtbunnsfauna

Standard Norge, 21 sider

PEARSON, T.H., R. ROSENBERG 1978.

Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment.

Oceanography and Marine Biology Annual Review 16: 229-311

PEARSON, T.H. 1980.

Macrobenthos of fjords. In: Freeland, H.J., Farmer, D.M., Leving, 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. JOHANNESEN 1983.

Objective selection of sensitive species indicative of pollution – induced change in benthic communities. 2. Data analyses.

Marine Ecology Progress Series 12: 237-255

RYGG, B. & I. THÉLIN 1993.

Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Virkninger av organiske stoffer.
SFT Veileddning 93:05. TA-925/1993.

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 s.

SUNDE, B.K. 2014.

MOM-B undersøking ved Barlingebotten i Masfjorden kommune
Sub Aqua Tech, rapport MOM B3-14-14, 14 sider

TVERANGER, B. 2011.

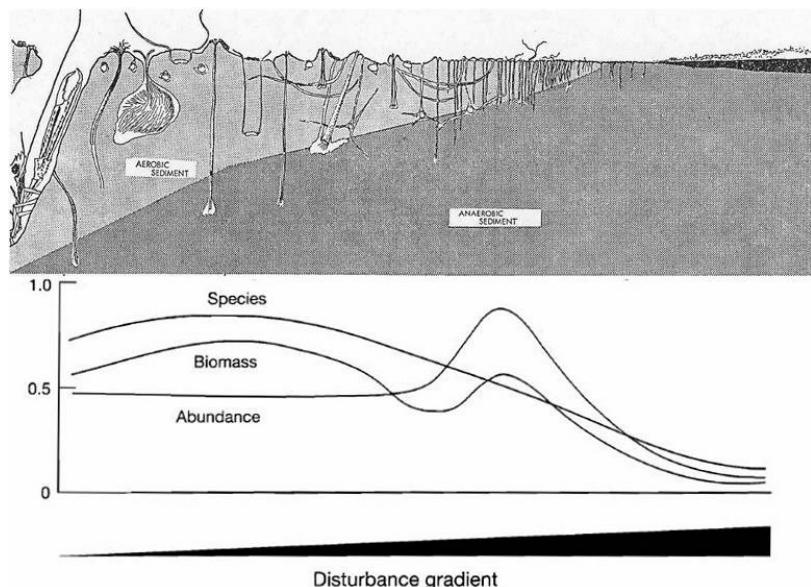
Vurdering av miljøpåvirkningen fra eksisterende og planlagt oppdrettsaktivitet i Masfjorden ved hjelp av Fjordmiljømodellen.
Rådgivende Biologer AS, notat, 13 sider

ØVSTETUN, G. 2014.

MOM-B undersøking ved Bergsvik i Masfjorden kommune
Sub Aqua Tech , rapport MOM B2-14-14, 23 sider

OM MARIN BLAUTBOTNFAUNA

Blautbotsfauna er dominert av fleirbørstemakk, krepsdyr, muslingar og pigghudingar, men det er mange ulike organismegrupper som kan vere representert. Det er vanleg å nytte blautbotsfauna som indikator på miljøtilhøva, og for å karakterisere verknadane av ei eventuell forureining. Mange dyr som har sedimentet som habitat er relativt lite mobile og fleirårige, og ut frå dette kan ein difor registrere unaturleg forstyrring på miljøet. Samfunnet kan beskrivast og talfestast. Ved hjelp av slik informasjon kan ein sjå om negative påverknadar har ført til ein dominans av forureiningstolerante artar, reduksjon i talet på artar og reduksjon i diversitet. Er det gode og upåverka botntilhøve med oksygenrikt sediment blir dette vist av større, djuptgravande individ (**figur 9**). Her vil det vere mange artar som førekjem i få eksemplar kvar, og fordelinga mellom individua vil vera nokolunde jamm. I område med moderate tilførslar vil botnen få ein "gjødslingseffekt", som fører til at ein då vil sjå dyr av mindre storleik, samt ein auke av tolerante artar som førekjem i høge individantal (Kutti m.fl. 2007). I svært påverka område eller under tilnærma oksygenfrie tilhøve vil ein berre finne forureiningstolerante artar, som til dømes *Capitella capitata* og *Malacoceros fuliginosus*, ofte med svært høge individantal. Ei "overgjødsling" vil føre til at dyresamfunnet vert kvelt.



Figur 9. Biletet (over) og modell (under) illustrerer endringar i botndyrsamfunnet som ein respons på økologiske tilførslar, oksygenmangel og fysiske forstyrningar (frå Pearson & Rosenberg, 1978).

Granskingar av blautbotsfauna er svært vanleg i miljøgranskingar. Eit døme på overvaking av blautbotsamfunnet over tid i ein større skala, er frå olje- og gassverksemene i Nordsjøen. Med utbygging og etablering av oljeverksemd har det vore eit krav om både biologiske, fysiske og kjemiske granskingar. Over tid har det vist seg at oljeindustrien har tilført miljøgifter i sedimenta med merkbare påverknader på dyresamfunnet i blautbotnen. Miljøgranskingar vart starta i 1997 og har sidan vorte utført tre gonger. I løpet av desse granskingane har ein registrert store mengder av blant anna oljehydrokarboner, barium, kopar og bly i sedimenta som skaper store forstyrningar i botndyrafaunaen. Ved hjelp av færre og mindre utslepp, og strengare reinse-/utslepps krav, har ein sett ei merkbar endring i tilstanden hos blautbotnfaunaen (Botnen m.fl. 2007).

VEDLEGG

Vedlegg 1. Detaljar om ulike indeksar for klassifisering av tilstand til blautbotnfauna. Henta frå rettleiar 02:2013, Klassifisering av miljøtilstand i vann.

1. NQI1 = Norwegian quality index

Den samansatte indeksen NQI1 kombinerer granskning av ømfintlighet (basert på AMBI = Azti Marine Biotic Index, Borja et al., 2000) direkte med artsantal og individantal.

$$NQI1 = 0,5*((1-AMBI)/7) + 0,5*((\ln(S)/(\ln(\ln N))/2,7)*(N/(N+5)))$$

der N er antal individ og S antal artar.

$$AMBI = 0*EGI + 1,5*EGII + 3*EGIII + 4,5*EGIV + 6*EGV$$

kor EGI er andelen av individ som tilhører toleransegruppe I etc. Tala angir toleranseverdiane. AMBI vert berekna ved bruk av dataprogrammet ambi_v5 (2012). Det er 6500 marine botndyrartar med toleranseverdi i dette systemet. Høg AMBI-verdi betyr at det er mange artar med høg sensitivitet (lav toleranse mot påvirknad og/eller organisk belastning) i prøva.

2. H' = Shannon-Wieners diversitetsindeks (Shannon & Weaver 1949)

Komponentane artsrikdom og jamnleik (fordeling av antall individer pr art) er samanfatta i Shannon-Wieners diversitetsindeks:

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

der $p_i = n_i/N$, og n_i = antal individ av arten i , N = totalt antal individ og S = totalt antal artar.

Dersom artsantalet er høgt, og fordelinga mellom artane er jamn, vert verdien på denne indeksen (H') høg. Dersom ein art dominerer og/eller prøva inneheld få artar vert verdien låg. Prøvar med jamn fordeling av individua blant artane gjer høg diversitet, også ved eit lågt artsantal. Ein slik prøve vil dermed få god tilstandsklasse sjølv om det er få artar (Molvær m. fl. 1997).

3. ES₁₀₀= Hurlberts indeks

Denne indeksen skildrar forventa antal artar blant 100 vilkårlig valde individ i ei prøve.

$$ES_{100} = \sum_{i=1}^S 1 - [(N - N_i)! / ((N - N_i - 100)! * 100!)] / [N! / ((N - 100)! * 100!)]$$

der N er totalt antall individ i prøva, S er antal artar og N_i er antal individ av arten i .

4. ISI₂₀₁₂ = Indicator species index (se NIVA-rapport 4548-2002 og oppdatering 2012 med revisert og utvida artsliste).

Indikatorartsindeksar som ISI₂₀₁₂ (og NSI) kan vurdere økologisk kvalitet på grunnlag av ulike artar sin reaksjon på ugunstige miljøtilhøve. Artar som er sensitive for miljøpåverknad har høge sensitivitetsverdiar, medan artar med høg toleranse har låge verdiar.

$$ISI_{2012} = \sum_i^S (ISI_i / S_{ISI})$$

der ISI_i er verdi for arten i, og S_{ISI} er antal arter tildelt sensitivetetsverdier.

Lista med ISI-verdiar omfattar 591 arter (taksa). Indeksen tek berre omsyn til kva slags arter som er i ei prøve og ikkje kor mange individ av arten der er.

5. NSI = Norsk sensitivitetsindeks

NSI liknar på AMBI men er utvikla for norske tilhøve (norske arter) og indeksen tek omsyn til kor mange individ av kvar art som er i ei prøve. Her er det – i samsvar med ISI_{2012} – 591 arter som har tilordna sensitivitetsverdi.

$$NSI = \sum_i^S [(N_i * NSI_i) / N_{NSI}]$$

der N_i er antal individ og NSI_i verdi for arten i, og N_{NSI} er antal individ med sensitivitetsverdi.

6. DI = Density index

DI er ein ny indeks for individtettleik (antal dyr per $0,1\text{ m}^2$) som tek omsyn til at særslig høge og særslig låge individtall kan indikere dårlig miljøtilstand.

$$DI = \text{abs} [\log_{10}(N_{0,1m^2})]$$

DI er spesielt egna for å klassifisere individfattige botndyrsamfunn. Lågt individtal kan finnast på botn med stabilt därlege oksygentilhøve (t.d. oksygenfattige fjordar) medan ekstremt høgt individtal av tolerante arter oftast peikar på organisk belasting.

Vedlegg 2. Blautbotnfaunarapport utarbeida av Havbruksstjenesten AS er lagt ved på neste side.

Bløtbunnsfaunaundersøkelse

NS-EN ISO 16665:2013



Foto: *Phyllodoce groenlandica* (Martin Skarsvåg)

Lokalitet: Bergsvik

Dato: 24.12.2014

Oppdragsgiver: Rådgivende Biologer AS
Bredsgården, 5003 Bergen

Rapport	
Tittel	Bløtbunnsfaunaundersøkelse for Bergsvik

Rapportnr.	BBU-M- 5314-Bergsvik-1214
Rapportdato	13.08.2014

Dato feltarbeid	Ikke oppgitt
Revisjonsnr.	-
Revisjonsbeskrivelse:	-

Lokalitet	
Lokalitet	Bergsvik, Masfjorden kommune, Hordaland
Lokalitetsnummer	Ikke oppgitt

Oppdragsgiver	
Selskap	Rådgivende biologer AS Bredsgården 5003 BERGEN
Kontakt person	Mette Eilertsen mette.eilertsen@radgivende-biologer.no Tlf.: 41 16 38 83

Oppdragsansvarlig	
Selskap Adresse	Havbruksstjenesten AS Siholmen, 7260 SISTRANDA Organisasjon nr. 963 554 052
Rapportansvarlig	Therese S. Løkken therese@havbruksstjenesten.no Telefonnr: 930 11 173
Forfatter (e)	Therese S. Løkken Ingrid Kjerstad ingrid@havbruksstjenesten.no Tlf.: 92232863
Godkjent av	Arild Kjerstad arild@havbruksstjenesten.no Tlf.: 909 42 055

Innholdsfortegnelse

Forord	4
Sammendrag	5
1. Innledning	6
2. Metode og datagrunnlag	7
3. Resultater og vurdering	9
3.1 Arts- og individfordeling; Berg 1	9
3.2 Arts- og individfordeling; Berg/Bar 2	11
3.3 Arts- og individfordeling; Berg/Bar 3	12
3.4 NQI1-indeks.....	13
3.5 Shannon-Wieners indeks (H').....	14
3.6. ES ₁₀₀ -indeks	15
3.7. ISI-indeks.....	16
3.8. NSI-indeks	17
3.9. DI-indeks.....	18
3.10 AMBI.....	19
3.11 Normaliseringsverdi (nEQR)	20
4 Referanser	21
V. Vedlegg	22
V.1 Beregning av indekser.....	22
V.1.1. Diversitet og jevnhet	22
V.1.2. Sensitivitet og tetthet.....	23
V.1.3. Sammensatt indeks (NQI1).....	24
V.1.4. Normalisering	24
V.2 Klassifisering av forurensningsgrad (NSI).....	25
V.3 Artsliste	27
V.4 Referansetilstander og klassegrenser (Klassifisering ut i fra veileder 02:2013)	31
V.5 Klassifisering av miljøtilstand ut i fra NS 9410:2007	33

Forord

Havbruksstjenesten AS har på oppdrag fra Rådgivende Biologer AS utført artsidentifisering i henhold til NS-EN ISO 16665:2013 fra prøver tatt ved lokalitet Bergsvik i Masfjorden kommune. Denne rapporten tar for seg alle funn; artsantall, individantall og kalkulerte indekser for hver prøve, samt gjennomsnitt og stasjonsverdi for hver stasjon.

Havbruksstjenesten AS er akkreditert for vurdering og fortolkning av resultater etter SFT-Veileder 97:03 og Norsk Standard NS 9410, samt NIVA- rapport 4548 (Berge 2002) og Veileder 02:2013 (Anon 2013) ved Direktoratgruppa for gjennomføring av vanndirektivet. Havbruksstjenesten AS sitt laboratorium tilfredsstiller kravene i NS-EN ISO/IEC 17025.

Trondheim 24.12.2014

Sammendrag

Denne rapporten omhandler en undersøkelse av miljøforholdene ved Bergsvik, Masfjorden kommune, Hordaland. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på bunndyrsundersøkelser. Materialet ble grovsortert og artsidentifisert ut ifra NS EN ISO 16665:2013, samt klassifisert ut ifra veileder 02:2013 (Anon 2013) og NS 9410:2007. Basert på den samlede verdien (gjennomsnittet av nEQR, se Tabell V.4.2-V.4.4 i vedlegg V.4) ble både Berg 1, Berg/Bar 2 og Berg/Bar 3 ut ifra *veileder 02:2013 - Klassifisering av miljøtilstand i vann* totalt sett klassifisert i tilstandsklassen «god». Stasjonene synes derfor best representert ved denne tilstandsklassen og fremstår derfor som ikke påvirket av organisk materiale.

På grunn av stor lokal påvirkning helt opp til utslippet/anlegget kan man ofte finne få arter med jevn individfordeling som gjør det uegnet å bruke diversitetsindeks til å angi miljøtilstand. I denne rapporten fra Bergsvik er vurdering av stasjonene Berg 1 og Berg/Bar 2 også gjort på grunnlag av artsantall og artssammensetning ut ifra beskrivelse fra *NS 9410:2007 – Miljøovervåkning av bunnpåvirkning fra marine akvakulturanlegg*. Både Bar 1 og Berg/Bar 2 faller da under miljøtilstand 1; «meget god».

1. Innledning

Bløtbunnsfauna domineres av flerbørstemark, krepsdyr, muslinger og pigghuder, men også flere andre dyregrupper forekommer. Sammensetningen av dyrearter i sedimentet kan gi viktige opplysninger om miljøforholdene ved en lokalitet. De fleste marine bløtbunnsarter er flerårige og relativt lite mobile, og vil dermed reflektere langtidseffekter fra miljøpåvirkning.

Miljøforholdene er avgjørende for antall arter og antall individer innenfor hver art i et bunndyrsamfunn. Ved naturlige forhold vil et bunndyrsamfunn inneholde mange ulike arter med en relativt jevn fordeling av individer blant disse artene. Flertallet av artene vil oftest forekomme med et moderat antall individer. Moderat organisk belastning kan stimulere bunndyrsamfunnet slik at artsantallet øker, mens ved større organisk belastning i et område vil antallet arter reduseres. Opportunistiske arter, slik som de forurensingstolerante flerbørstemarkene *Capitella capitata* og *Malacoceros fuliginosus*, vil da øke i antall individer mens mer sensitive arter vil forsvinne.

Direktoratsgruppen for gjennomføring av vanndirektivet har gitt retningslinjer for å klassifisere miljøkvaliteten i marine områder (Veileder 02:2013) Når bløtbunnsfauna brukes i klassifisering, benyttes Shannon-Wieners diversitetsindeks (H') og den sammensatte indeksen NQI1 (beskrevet i vedlegg V.3). Tilstandsklassene (vedlegg V.3.4) kan gi et godt inntrykk av de reelle miljøforhold, særlig når de benyttes sammen med artssammensetningen i prøvene. Shannon-Wieners diversitet er beregnet ut fra individfordelingen mellom artene. NQI1 tar i tillegg til artsmangfoldet også hensyn til hvilke forurensingstolerante arter som er tilstede i prøvene (sensitivitet).

De univariate metodene (Shannon-Wieners indeks (H'), Jevnhetsindeksen (J), ISI, NSI, AMBI og NQI1, forklart i vedlegg V.3) reduserer den samlede informasjonen som ligger i en artsliste til et tall eller indeks, som oppfattes som et mål på artsrikdom og påvirkningsgrad i bløtbunnsfaunasamfunnet. Ut fra indeksen kan miljøkvaliteten i et område vurderes, men metodene må brukes med forsiktighet og sammen med andre resultater for at konklusjonen skal bli korrekt. Klima og forurensningsdirektoratet (Klif) legger imidlertid vekt på indekser når miljøkvaliteten i et område skal anslås på bakgrunn av bløtbunnfauna (Molvær et al. 1997 og Veileder 02:2013).

2. Metode og datagrunnlag

Alle prøver ble grovsortert, identifisert og kvantifisert i henhold til NS-EN ISO 16665:2013 (Tabell 2.1)

Tabell 2.1: Oversikt over utført arbeid.

Leverandør	Arbeid	Personell	Akkreditert arbeid
Rådgivende Biologer AS	Feltarbeid	Rådgivende Biologer AS	-
Havbruksjenesten AS	Grovsortering	Jovita Prakapaviciute	Ja, (Test 252: P21)
Havbruksjenesten AS	Artsidentifisering	Therese S. Løkken Øystein Stokland	Ja, (Test 252: P21)
Havbruksjenesten AS	Vurdering og tolkning	Therese S. Løkken Ingrid Kjerstad Øystein Stokland	Ja, (Test 252: P32)

Artsmangfold (ES_{100}) og jevnhet (J) og ble utført med programpakken PRIMER, versjon 6.1.6 fra Plymouth Laboratories, England. Sensitivitetsindeksen AMBI (komponent i NQI1) ble utregnet ved hjelp av programpakken AMBI, versjon 5.0 fra AZTI-Tecnalia. Alle øvrige utregninger ble utført i Microsoft Excel 2013.

Shannon-Wieners indeks og Jevnhetsindeksen (J) ble regnet ut i henhold til Shannon & Weaver, 1949 og Veileder 02:2013 (Anon 2013). ISI- og NSI-indeksene ble beregnet i henhold til Rygg & Norling, 2013. AMBI-indeks, NQI1-indeks, DI-indeks samt vurdering og fortolkning ble beregnet og foretatt etter Veileder 02:2013. Alle utregninger er beskrevet med formler i vedlegg V.3. Forklaringer til ulike forkortelser og indekser som er benyttet i denne rapporten er beskrevet i Tabell 2.2.

Tabell 2.2: Forklaringer på forkortelser og indekser benyttet i rapporten.

Forkortning	Beskrivelse
S	Antall arter i prøven
N	Antall individer i prøven
NQI1	Artsmangfold og ømfintlighet (sammensatt indeks)
H'	Artsmangfold (Shannon-Wiener diversitets indeks)
ES ₁₀₀	Hurlberts diversitetsindeks (Kun oppgitt dersom N ≥ 100)
J	Jevnhetsindeks
H' _{max}	Maksimal diversitet som kan oppnås ved et gitt antall arter (= $\log_2 S$)
ISI	Sensitivitetsindeks (Indicator Species Index), tar ikke hensyn til individtall
NSI	Sensitivitetsindeks (Norwegian Sensitivity Index) basert på norske forhold, hvor individtall også inngår
DI	Indeks for individtetthet (Density Index)
Ā	Gjennomsnittlig verdi for grabb 1 og 2
Ś	Stasjonsverdi (kombinert verdi for grabb 1 og 2)
nEQR	Normaliserte verdier (Normalised Ecological Quality Ratio)
Samlet verdi	Gjennomsnittet av alle indeksenes nEQR-verdi

3. Resultater og vurdering

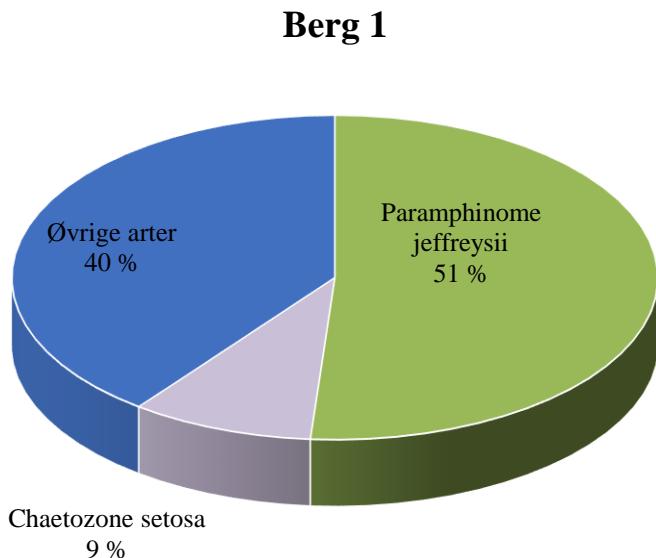
Arts- og individtall (statistisk relevante) registrert ved stasjonene Berg 1, Berg/Bar 2 og Berg/Bar 3 samt en vurdering av disse er presentert i Tabell 3.1 – 3.3. Figurene 3.1 - 3.3 viser fordeling av de hyppigste forekommende artene funnet ved de tre stasjonene. De hyppigste artene er også beskrevet med grad av forurensingstoleranse/sensitivitet angitt av NSI-indekset (se vedlegg V.2). Komplett artsliste for alle prøver er oppgitt i vedlegg V.3. Miljøkvaliteten for de tre stasjonene er beskrevet av indeksene; NQI1, H⁺, ES₁₀₀, ISI, NSI, DI, AMBI og nEQR som er regnet ut på bakgrunn av arts og individtall fra resultatene. Indeksene er presentert og vurdert i avsnitt 3.4-3.11 og gjengitt i tabellform i vedlegg V.4 (beskrivelse av utregning av indekser finnes i vedlegg V.1). I denne rapporten er grad av forurensingssensitivitet/toleranse angitt av de økologiske gruppene som NSI-indekset for de ulike artene faller under. NSI-indekset blir brukt fremfor AMBI i denne klassifiseringen da det har vist seg at NSI passer noe bedre i norske resipienter enn det AMBI gjør (Rygg & Norling 2013) (se vedlegg V.2).

3.1 Arts- og individfordeling; Berg 1

Hyppigst forekommende art på Berg 1 (Figur 3.1) var den forurensingstolerante flerbørstemarken *Paramphinome jeffreysi* (NSI-gruppe III), som utgjorde 51 % av det totale individtallet. Nest hyppigst forekommende var den forurensingstolerante og opportunistiske flerbørstemarken *Chaetozone setosa* (NSI-gruppe IV), som utgjorde 10 % av det totale individtallet. Alle andre arter forekom med 5,2 % eller mindre per art og utgjorde til sammen 40 % av det totale individtallet.

Tabell 3.1: Antall arter (s), antall individer (N), gjennomsnitt (Ḡ), stasjonsverdi (S̄) samt vurdering og tolkning for Berg 1.

St. 1	Grabb A	Grabb B	Ḡ	S̄	Vurdering og tolkning
S	57	49	53	68	Gjennomsnittlig artsantall (Ḡ) i de to grablene var innenfor normalen (norm. 25 – 75 pr. grabb, ref: veileder 02:2013).
N	890	475	682,5	1356	Gjennomsnittlig individtall (S̄) i de to grablene var høyere enn normalen (norm. 50 - 300 pr. grabb, ref: veileder 02:2013)



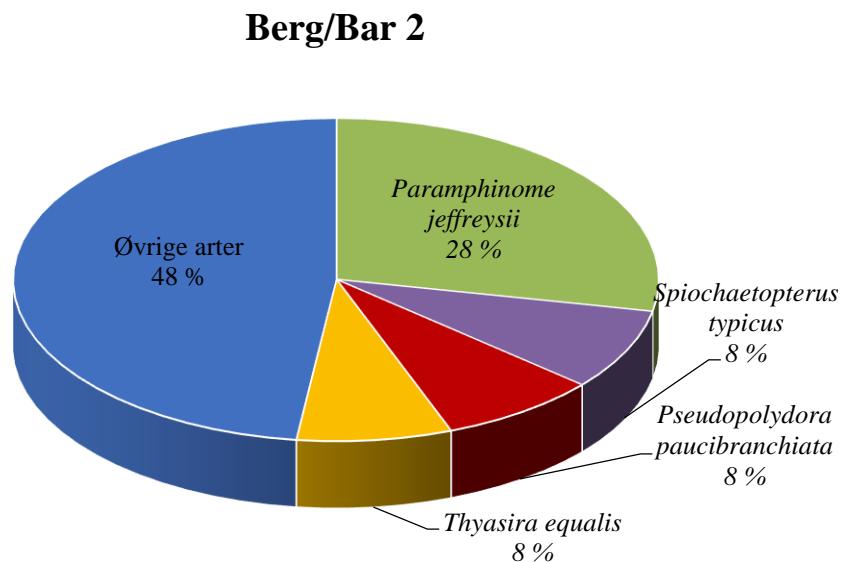
Figur 3.1: Prosentvis fordeling av de fire hyppigste artene ved Berg 1. Fordelingen er basert på stasjonsverdien (\hat{S}) for antall individer funnet ved stasjonen.

3.2 Arts- og individfordeling; Berg/Bar 2

Hyppigst forekommende art ved Berg/Bar 2 (Figur 3.2) var den forurensningstolerante flerbørstemarken *Paramphinome jeffreysi* (NSI-gruppe III), som utgjorde 28 % av det totale individantallet. Nest hyppigst forekommende art var den forurensningstolerante og opportunistiske flerbørstemarken *Spiochaetopterus typicus* (NSI-gruppe IV), som utgjorde 8,1 % av det totale individantallet. Tredje hyppigst forekommende art var den forurensningstolerante og opportunistiske flerbørstemarken *Pseudopolydora paucibranchiata* (NSI-gruppe IV) som utgjorde 7,9 % av det totale individantallet. Fjerde hyppigst forekommende art var den forurensningstolerante muslingen *Thyasira equalis* (NSI-gruppe III) som utgjorde 7,4 % av det totale individantallet. Alle andre resterende arter forekom med 6,3 % eller mindre per art og utgjorde til sammen 48 % av det totale individtallet.

Tabell 3.2: Antall arter (S), antall individer (N), gjennomsnitt (\bar{G}) stasjonsverdi (\dot{S}) samt vurdering og tolkning for Berg/Bar 2.

Berg/Bar 2	Grabb A	Grabb B	\bar{G}	\dot{S}	Vurdering og tolkning
S	33	38	35,5	46	Gjennomsnittlig artsantall (\bar{G}) i de to grabbene var innenfor normalen (norm. 25-75 pr. grabb, ref: veileder 02:2013).
N	308	196	252	504	Gjennomsnittlig individantall (\bar{G}) i de to grabbene var innenfor normalen (norm. 50 – 300 pr. grabb, ref: veileder 02:2013).



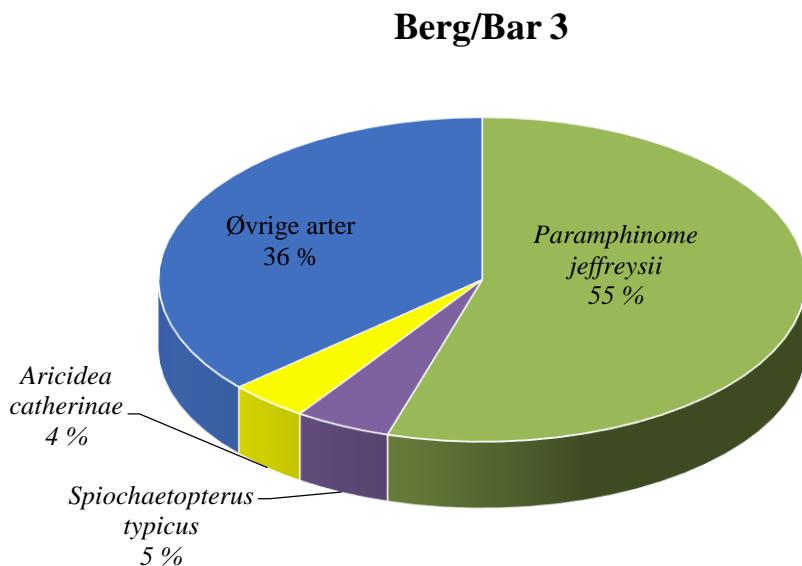
Figur 3.2: Prosentvis fordeling av de hyppigste artene ved Berg/Bar 2. Fordelingen er basert på stasjonsverdien (\dot{S}) for antall individer funnet ved stasjonen.

3.3 Arts- og individfordeling; Berg/Bar 3

Også på denne stasjonen var hyppigst forekommende art (Figur 3.3) den forurensningstolerante flerbørstemarken *Paramphipnoma jeffreysi* (NSI-gruppe III) som utgjorde 54,2 % av det totale individantallet. Nest hyppigst forekommende art var den forurensningstolerante og opportunistiske flerbørstemarken *Spiochaetopterus typicus* (NSI-gruppe IV), som utgjorde 4,8 % av det totale individantallet. Tredje hyppigst forekommende art var den forurensingssensitive flerbørstemarken *Aricidea catherinae* (NSI-gruppe I) som utgjorde 4 % av det totale individantallet. Alle andre resterende arter forekom med 2,6 % eller mindre og utgjorde til sammen 36 % av det totale individtallet.

Tabell 3.3: Antall arter (S), antall individer (N), gjennomsnitt (\bar{G}), stasjonsverdi ($\$$) samt vurdering og tolkning for BERG/BAR 3.

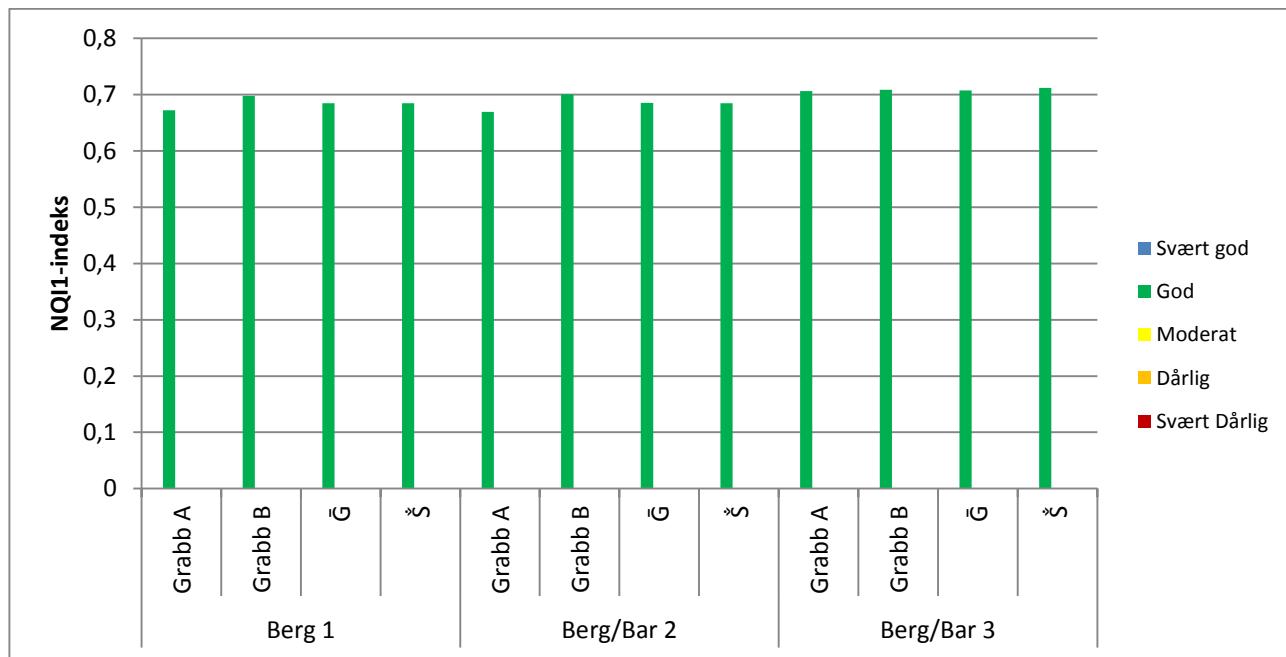
Berg/Bar 3	Grabb A	Grabb B	\bar{G}	$\$$	Vurdering og tolkning
S	45	45	45	58	Gjennomsnittlig artsantall (\bar{G}) i de to grabbene var innenfor normalen (norm. 25-75 pr. grabb, ref: veileder 02:2013).
N	410	363	386,5	773	Gjennomsnittlig individantall (\bar{G}) i de to grabbene var over normalen (norm. 50 – 300 pr. grabb, ref: veileder 02:2013).



Figur 3.3: Prosentvis fordeling av de hyppigste artene ved Berg/Bar 3. Fordelingen er basert på stasjonsverdien ($\$$) for antall individer funnet ved stasjonen.

3.4 NQI1-indeks

NQI1-indeksen for Berg 1, Berg/Bar 2 og Berg/Bar 3 er presentert i Figur 3.4 som viser hvilke tilstandsklasser indeksen faller inn under for de ulike stasjonene og grabbene.



Figur 3.4: NQI1-indeksen for alle stasjonene, samt gjennomsnitt (\bar{G}) og stasjonsverdi (\dot{S}), beregnet på grunnlag av gjennomsnittlig AMBI-verdi for de ulike stasjonene.

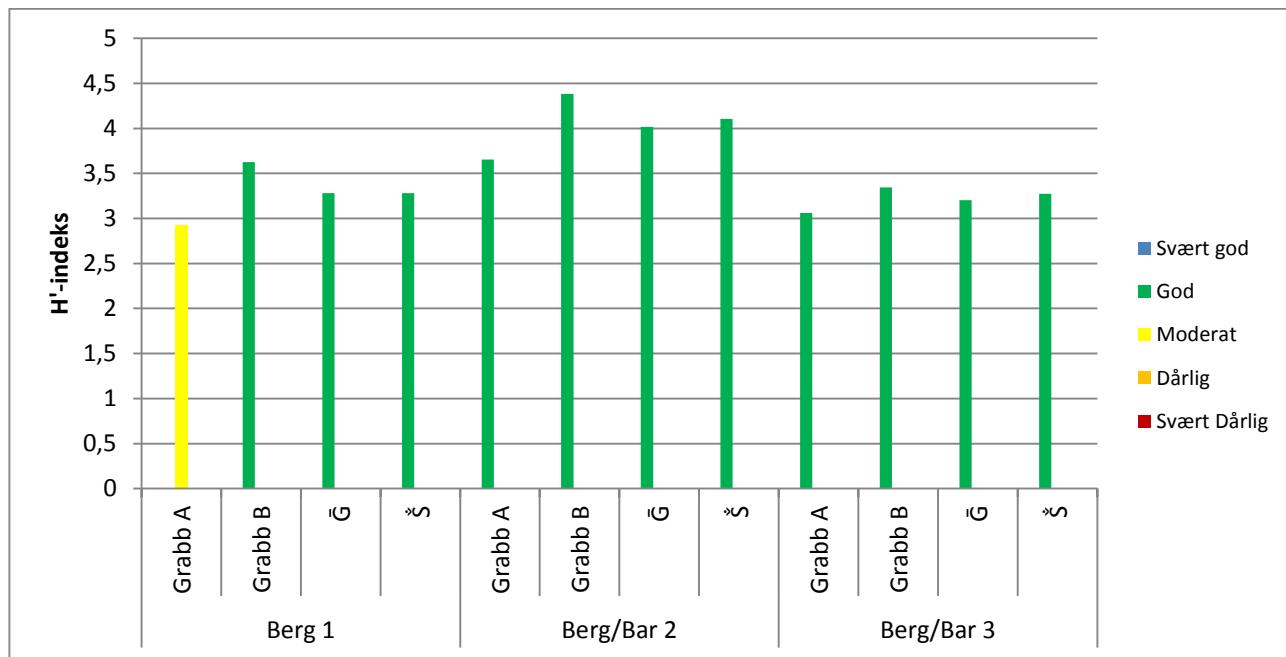
For Berg 1 lå NQI1-verdien for både grabb A, grabb B, gjennomsnittet (\bar{G}) og stasjonsverdien (\dot{S}) innenfor tilstandsklassen «god».

For Berg/Bar 2 lå NQI1-verdien for både grabb A, grabb B, gjennomsnittet (\bar{G}) og stasjonsverdien (\dot{S}) innenfor tilstandsklassen «god».

For Berg/Bar 3 lå NQI1-verdien for både grabb A, grabb B, gjennomsnittet (\bar{G}) og stasjonsverdien (\dot{S}) innenfor tilstandsklassen «god».

3.5 Shannon-Wieners indeks (H')

Shannon-Wieners indeksen for Berg 1, Berg/Bar 2 og Berg/Bar 3 er presentert i Figur 3.5 som viser hvilke tilstandsklasser indeksen faller inn under for de ulike stasjonene og grabbene.



Figur 3.5: Shannon-Wieners indeks (H') for alle stasjoner, samt gjennomsnittet (\bar{G}) og stasjonsverdi (\dot{S}), beregnet på grunnlag av gjennomsnittlig arts- og individantall for de ulike stasjonene.

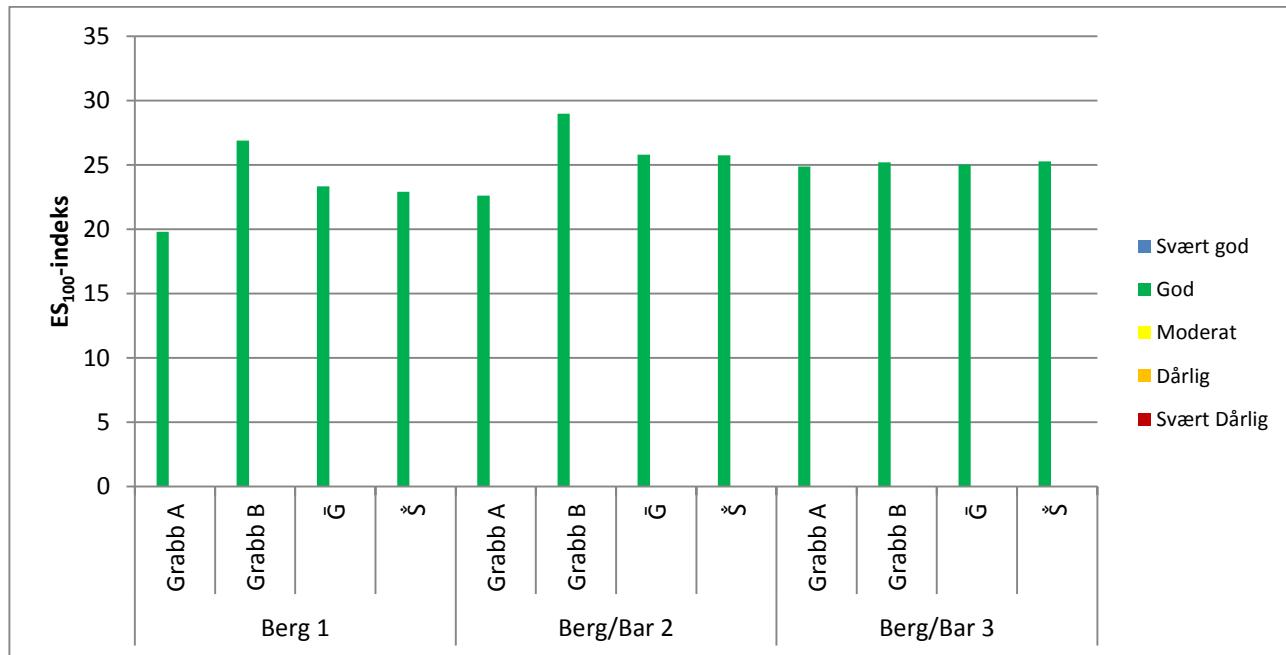
For Berg 1 lå H' - verdien for grabb B, gjennomsnittet (\bar{G}) og stasjonsverdien (\dot{S}) innenfor tilstandsklasse «god», mens grabb A lå innenfor tilstandsklassen under; «moderat».

For Berg/Bar 2 lå H' -verdien for både grabb A, grabb B, gjennomsnittet (\bar{G}) og stasjonsverdien (\dot{S}) innenfor tilstandsklassen «god».

For Berg/Bar 3 lå H' -verdien for både grabb A, grabb B, gjennomsnittet (\bar{G}) og stasjonsverdien (\dot{S}) innenfor tilstandsklassen «god».

3.6. ES₁₀₀-indeks

Artsmangfoldet som er representert ved ES₁₀₀ - indeksen for Berg 1 - 3 er presentert i Figur 3.6 som viser hvilke tilstandsklasser indeksen faller inn under for de ulike stasjonene og grabbene.



Figur 3.6: ES₁₀₀-indeksen for alle stasjoner, samt gjennomsnitt (G) og stasjonsverdi (S), beregnet på grunnlag av gjennomsnittlig arts- og individantall for de ulike stasjonene.

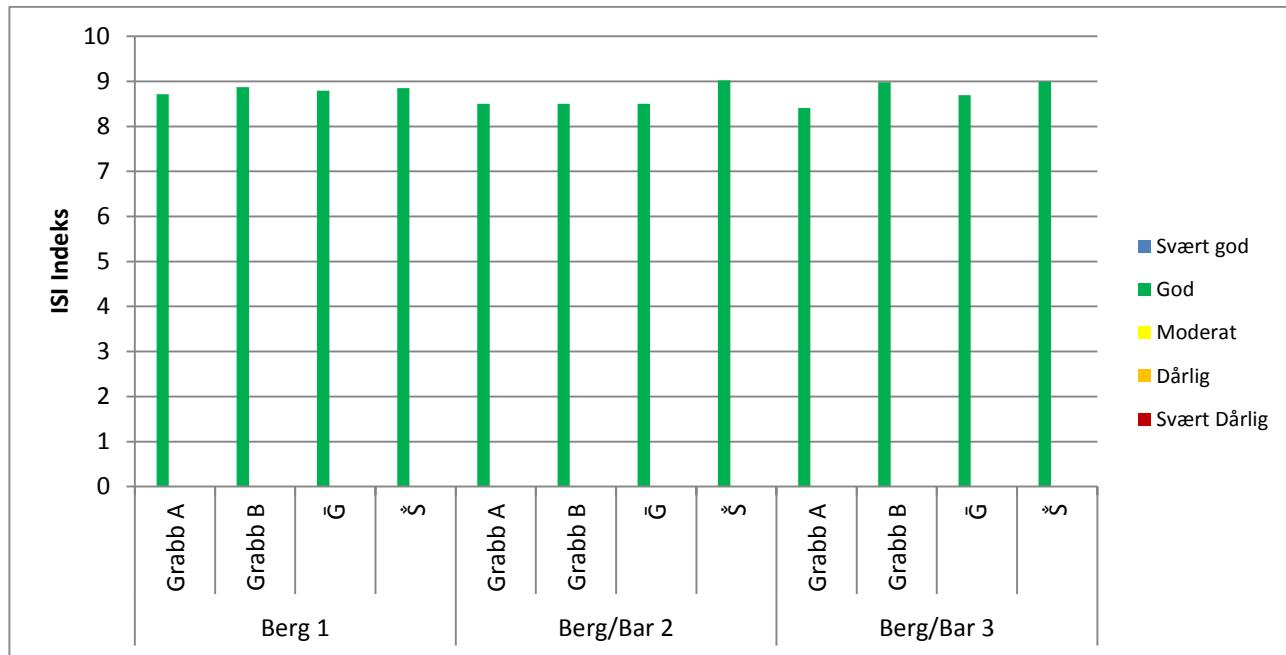
For Berg 1 lå ES₁₀₀-verdien for både grabb A, grabb B, gjennomsnittet (G) og stasjonsverdien (S) innenfor tilstandsklassen «god».

For Berg/Bar 2 lå ES₁₀₀-verdien for både grabb A, grabb B, gjennomsnittet (G) og stasjonsverdien (S) innenfor tilstandsklassen «god».

For Berg/Bar 3 lå ES₁₀₀-verdien for både grabb A, grabb B, gjennomsnittet (G) og stasjonsverdien (S) innenfor tilstandsklassen «god».

3.7. ISI-indeks

ISI – indeksen for Berg 1 - 3 er presentert i Figur 3.7 som viser hvilke tilstandsklasser indeksen faller inn under for de ulike stasjonene og grabbene.



Figur 3.7: ISI-indeks for alle stasjoner, samt gjennomsnitt (\bar{G}) og stasjonsverdi (\hat{S}), beregnet på grunnlag av gjennomsnittlig arts- og individantall for de ulike stasjonene.

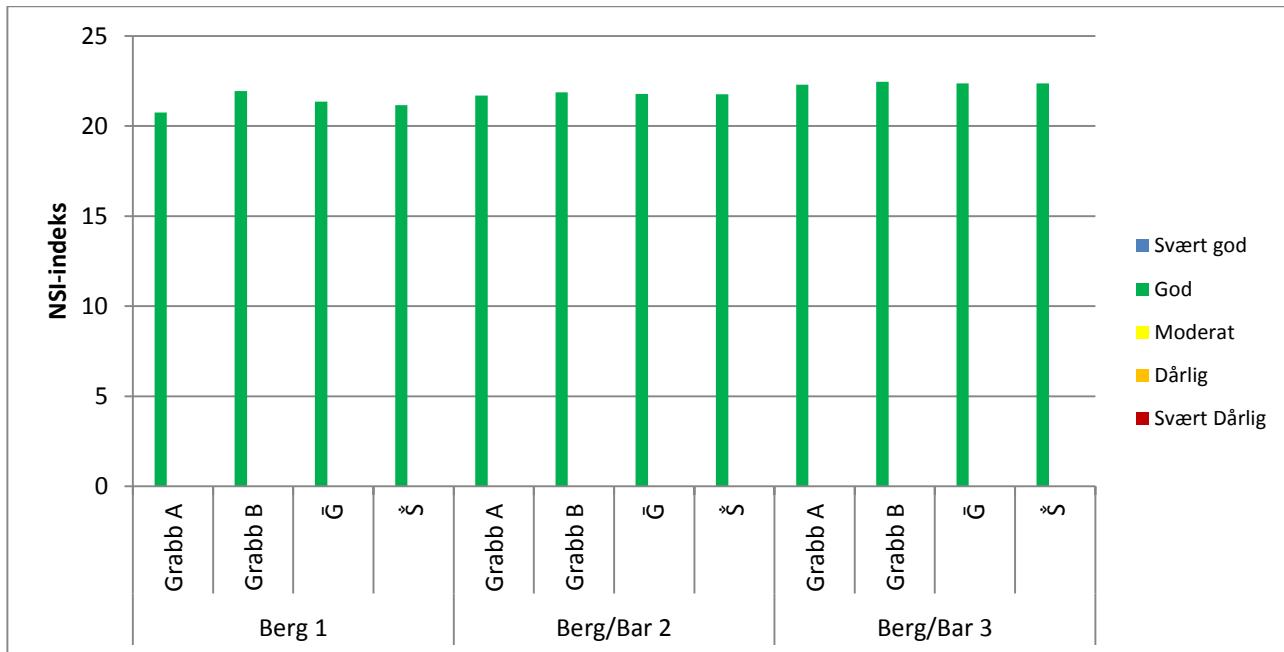
For Berg 1 lå ISI-verdien for både grabb A, grabb B, gjennomsnittet (\bar{G}) og stasjonsverdien (\hat{S}) innenfor tilstandsklassen «god».

For Berg/Bar 2 lå ISI-verdien for både grabb A, grabb B, gjennomsnittet (\bar{G}) og stasjonsverdien (\hat{S}) innenfor tilstandsklassen «god».

For Berg/Bar 3 lå ISI-verdien for både grabb A, grabb B, gjennomsnittet (\bar{G}) og stasjonsverdien (\hat{S}) innenfor tilstandsklassen «god».

3.8. NSI-indeks

NSI - indeksen for Berg 1 - 3 er presentert i Figur 3.8 som viser hvilke tilstandsklasser indeksen faller inn under for de ulike stasjonene og grabbene.



Figur 3.8: NSI-indeks for alle stasjoner, samt gjennomsnitt (\bar{G}) og stasjonsverdi (\dot{S}), beregnet på grunnlag av gjennomsnittlig arts- og individantall for de ulike stasjonene.

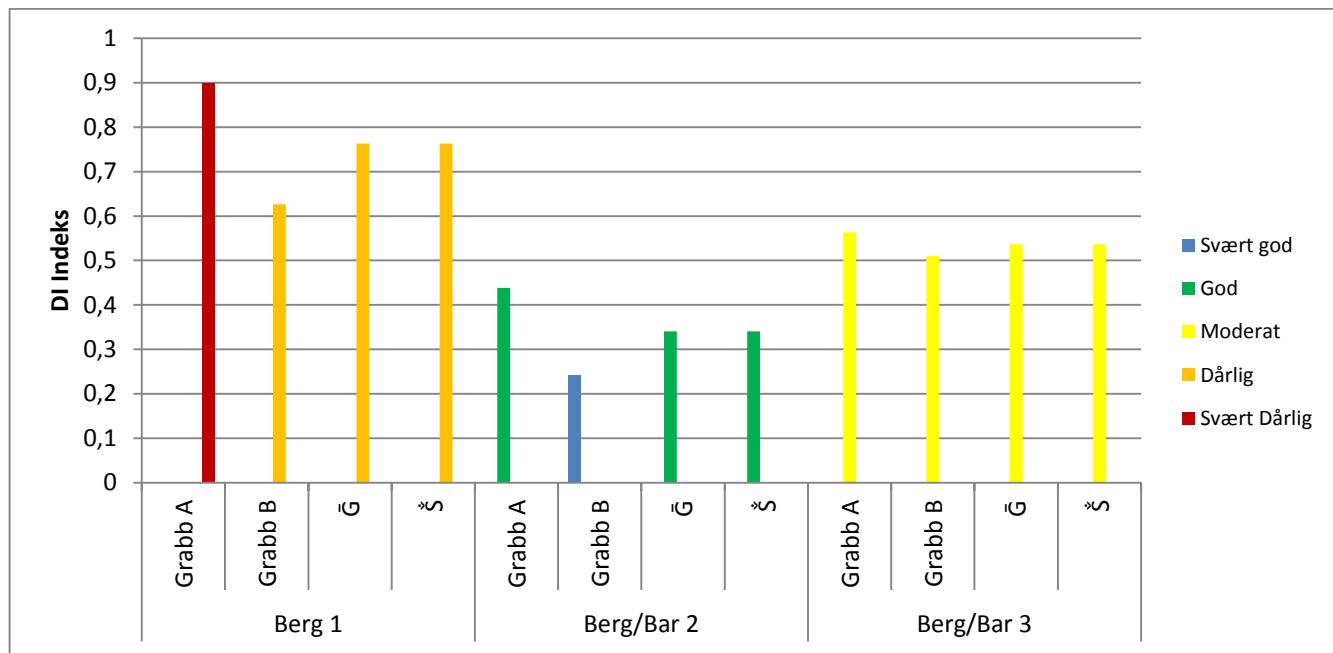
For Berg 1 lå NSI-verdien for både grabb A, grabb B, gjennomsnittet (\bar{G}) og stasjonsverdien (\dot{S}) innenfor tilstandsklassen «god».

For Berg/Bar 2 lå NSI-verdien for både grabb A, grabb B, gjennomsnittet (\bar{G}) og stasjonsverdien (\dot{S}) innenfor tilstandsklassen «god».

For Berg/Bar 3 lå NSI-verdien for både grabb A, grabb B, gjennomsnittet (\bar{G}) og stasjonsverdien (\dot{S}) innenfor tilstandsklassen «god».

3.9. DI-indeks

DI - indeksen for Berg 1 - 3 er presentert i Figur 3.9 som viser hvilke tilstandsklasser indeksen faller inn under for de ulike stasjonene og grabbene.



Figur 3.9: DI-indeks for alle stasjoner, samt gjennomsnittet (\bar{G}) og stasjonsverdien (\dot{S}), beregnet på grunnlag av gjennomsnittlig individantall for de ulike stasjonene.

For Berg 1 lå DI-verdien for grabb B, gjennomsnittet (\bar{G}) og stasjonsverdien (\dot{S}) innenfor tilstandsklassen «dårlig», mens grabb A lå innenfor tilstandsklassen under; «svært dårlig».

For Berg/Bar 2 lå DI-verdien for grabb A, gjennomsnittet (\bar{G}) og stasjonsverdien (\dot{S}) innenfor tilstandsklassen «god», mens grabb B lå innenfor tilstandsklassen over; «svært god».

For Berg/Bar 3 lå DI-verdien for både grabb A, grabb B, gjennomsnittet (\bar{G}) og stasjonsverdien (\dot{S}) innenfor tilstandsklassen «moderat».

3.10 AMBI

AMBI – indeksen for stasjonene Bar 1, Berg/Bar 2, Berg/Bar 3 er presentert i Tabell 3.4.

Tabell 3.4: Oversikt over de beregnede AMBI-verdiene for grabb A og grabb B tatt ved stasjonene Bar 1, Berg/Bar 2, Berg/Bar 3 samt stasjonsverdien (\bar{S}) for hver stasjon

Stasjon	Berg 1 A	Berg 1 B	Bar 1 \bar{S}	Berg/ Bar 2 A	Berg/ Bar 2 B	Berg/ Bar 2 \bar{S}	Berg/ Bar 3 A	Berg/ Bar 3 B	Berg/ Bar 3 \bar{S}
AMBI	3,03	2,72	2,93	2,74	2,72	2,79	2,54	2,56	2,55

3.11 Normaliseringsverdi (nEQR)

Basert på den samlede verdien (gjennomsnittet av nEQR, se Tabell V.4.2-V.4.4 i vedlegg V.4) ble både Berg 1, Berg/Bar 2 og Berg/Bar 3 ut i fra *veileder 02:2013 - Klassifisering av miljøtilstand i vann* totalt sett klassifisert i tilstandsklassen «god». Stasjonene synes derfor best representert ved denne tilstandsklassen og fremstår derfor som ikke påvirket av organisk materiale. Den samlede verdien (nEQR) Berg 1 lå for øvrig på grensen til tilstandsklassen under; «moderat».

På grunn av stor lokal påvirkning helt opp til utsippet/anlegget kan man ofte finne få arter med jevn individfordeling som gjør det uegnet å bruke diversitetsindeks til å angi miljøtilstand. I denne rapporten fra Bergsvik er vurdering av stasjonene Berg 1 og Berg/Bar 2 også gjort på grunnlag av artsantall og artssammensetning ut ifra beskrivelse fra *NS 9410:2007 – Miljøovervåkning av bunnpåvirkning fra marine akvakulturanlegg*. Både Bar 1 og Berg/Bar 2 falt da under miljøtilstand 1; «meget god».

Oversikt over klassifiseringssystemet til NS 9410:2007 se tabell V.5.1 i Vedlegg V.5.

4 Referanser

1. Anon, 2013. Veileder 02:2013. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Direktoratsgruppa for gjennomføringen av vanndirektivet/Miljøtilstandsprosjektet. 263s.
2. Berge G. 2002. Indicator species for assessing benthic ecological quality in marine waters of Norway. NIVA-rapport 4548-2002.
3. Borja, A., Franco, J., Perez, V., 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. Marine Pollution Bulletin 40 (12), 1100–1114.
4. Molvær J, Knutzen J, Magnusson J, Rygg B, Skei J, Sørensen J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Kortversjon. SFT-veiledning nr. 97:03. 36 s.
5. Norsk Standard NS 9410:2007. Miljøovervåkning av marine matfiskanlegg. Norges Standardiseringsforbund.
6. Pielou EC. 1966. The measurement of species diversity in different types of biological collections. - Journal of Theoretical Biology 13:131-144.
7. Rygg, B., & K. Norling, 2013. Norwegian Sensitivity Index (NSI) for marine macroinvertebrates, and an update of Indicator Species Index (ISI). NIVAS-rapport 6475-2013. 46 pp.
8. Shannon CE, Weaver, W. 1949. The mathematical theory of communication. - University of Illinois Press, Urbana. 117 s.

V. Vedlegg

V.1 Beregning av indeks

V.1.1. Diversitet og jevnhet

Shannon-Wieners diversitetsindeks (H') beskrives ved artsmangfoldet (S, totalt antall arter i en prøve) og jevnhet (J, fordelingen av antall individer relatert til fordeling av individer mellom artene) (Shannon og Wiener 1949). Diversitetsindeksen er beskrevet av formelen:

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

hvor $p_i = N_i/N$, N_i = antall individer av art i , N = totalt antall individer i prøven eller på stasjonen og S = totalt antall arter i prøven eller på stasjonen.

Diversiteten er vanligvis over tre i prøver fra uforurensede stasjoner. Ved å beregne den maksimale diversitet som kan oppnås ved et gitt antall arter, $H'_{\max} (= \log_2 S)$, er det mulig å uttrykke jevnheten (J) i prøven på følgende måte (Pielou 1966):

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

hvor H' = Shannon Wiener indeks og H'_{\max} = diversitet dersom alle arter er representert med ett individ. Dersom $H' = H'_{\max}$ er J maksimal og får verdien 1. J har en verdi nær null dersom de fleste individene tilhører en eller få arter.

Hurlbert diversitetsindeks ES_{100} er beskrevet som:

$$ES_{100} = \sum_i^S \left[1 - \frac{\binom{N - N_i}{100}}{\binom{N}{100}} \right]$$

hvor ES_{100} = forventet antall arter blant 100 tilfeldig valgte individer i en prøve med N individer, S arter, og N_i individer av i -ende art.

V.1.2. Sensitivitet og tetthet

Sesitivitet beskrives av indeksene ISI (Indicator Species Index), NSI og AMBI (Azti Marin Biotic Index).

Beregning av ISI er beskrevet av Rygg, 2002 og NIVA-rapport 4548-2002. Formelen for utregning av en prøves ISI-verdi er gitt ved:

$$ISI = \sum_i^S \left[\frac{ISI_i}{S_{ISI}} \right]$$

hvor ISI_i er verdien for arten i og S_{ISI} er antall arter tilordnet sensitivitetsverdier. Hver art er tilordnet en sensitivitetsverdi (ISI-verdi), og en prøves ISI-verdi beregnes ved gjennomsnittet av artene i prøven.

NSI er utviklet med basis i norske faunadata. Her er også hver art tilordnet en sensitivitetsverdi (NSI-verdi) og individantall for hver art inngår i beregningen. Formelen for utregning av en prøves NSI-verdi er gitt ved:

$$NSI = \sum_i^S \left[\frac{N_i \cdot NSI_i}{N_{NSI}} \right]$$

hvor N_i er antall individer og NSI_i er verdien for arten i , N_{NSI} er antall individer tilordnet sensitivitetsverdier.

Sensitivitetsindeksen AMBI tilordner hver art en ømfintlighetsklasse (økologisk gruppe, EG): EG-I: sensitive arter, EG-II: indifferente arter, EG-III: tolerante, EG-IV: opportunistiske, EG-V: forurensningsindikerende arter, og hver økologisk gruppe har en toleranseverdi (AMBI-verdi) (Borja et al., 2000). Formelen for beregning av en prøves AMBI-verdi er gitt ved:

$$AMBI = \sum_i^S \left[\frac{N_i \cdot AMBI_i}{N_{AMBI}} \right]$$

hvor N_i er antall individer med innenfor økologisk gruppe i , $AMBI_i$ er toleranseverdien for de ulike økologiske gruppene (henholdsvis 0, 1.5, 3, 3.5 og 6, for gruppe I- V, respektivt) og N_{AMBI} er antall arter tilordnet en AMBI-verdi.

DI (diversity index) er en indeks for individtethet og er gitt ved (Veileder 02:2013):

$$DI = abs[\log_{10}(N_{0,1} \text{ m}^2) - 2,05]$$

hvor abs står for absoluttverdi, $N_{0,1} \text{ m}^2$ står for antall individer pr. $0,1 \text{ m}^2$.

AMBI og DI viser stigende verdi ved synkende (dårligere) tilstand, mens alle de andre indeksene viser synkende verdi ved synkende (dårligere) tilstand.

V.1.3. Sammensatt indeks (NQI1)

Den sammensatte indeksen NQI1 (Norwegian quality status, version 1) bestemmes ut fra både arts mangfold og sensitivitet (AMBI).

NQI-indeksten er gitt ved formelen:

$$NQI1 = \left[0,5 \cdot \left(\frac{1 - AMBI}{7} \right) + 0,5 \cdot \left(\frac{\left[\frac{\ln(S)}{\ln(\ln(N))} \right]}{2,7} \right) \cdot \left(\frac{N}{N + 5} \right) \right]$$

hvor AMBI er en sensitivitetsindeks, S er antall arter og N er antall individer i prøven.

V.1.4. Normalisering

Ved å regne om alle indeksert til nEQR (normalised Ecological Quality Ratio) får man normaliserte verdier som gjør det letttere å sammenligne dem. nEQR gir en tallverdi på en skala mellom 0 og 1, og hver tilstandsklasse spenner over nøyaktig 0,2 (tilstandsklasse «svært dårlig» tilsvarer verdier mellom 0 – 0,2, tilstandsklasse «dårlig» tilsvarer verdier mellom 0,2 – 0,4 osv.). I tillegg til å vise statusklassen viser nEQR-verdien også hvor høyt eller lavt verdien ligger innenfor sin tilstandsklasse. For eksempel viser en nEQR-verdi på 0,75 at indeksen ligger tre firedele i tilstandsklassen «god» (Tabell V.3.1).

Alle indeksverdier omregnes til nEQR etter følgende formel

$$nEQR = \frac{abs[Indeksverdi - Klassens nedre verdi]}{Klassens øvre indeksverdi - Klassens nedre grenseverdi} \cdot 0,2 + Klassens nEQR Basisverdi$$

Tabell V.3.1: Hver tilstandsklasse nEQR-basisverdi.

	nEQR basisverdi	Tilstandsklasse
Klasse I	0,8	Svært god
Klasse II	0,6	God
Klasse II	0,4	Moderat
Klasse IV	0,2	Dårlig
Klasse V	0	Svært dårlig

V.2 Klassifisering av forurensningsgrad (NSI)

Endringer i klassifisering av artenes forurensningsgrad; system (V.2.1) og språkbruk (V.2.2).

V.2.1 System: Overgang fra AMBI til NSI

Med bakgrunn i rapporten «*Norwegian Sensitivity Index (NSI) for marine macroinvertebrates, and an update of Indicator Species Index (ISI)*» (Rygg & Norling, 2013) har Havbruksstjenesten AS avd. Marine Bunndyr konkludert med å bruke artenes NSI-verdi stedet for AMBI-verdi for å angi forurensningsgrad (forurensingssensitiv, tolerant osv). Ettersom Rygg & Norling konkluderte med at NSI viste bedre korrelasjon med norske resipienter enn hva AMBI gjorde velger vi nå å ta utgangspunkt i de økologiske gruppene som artenes NSI verdi faller under.

Ettersom NSI er laget med bakgrunn i å dekke samme bruksområde som AMBI i norske resipienter, er den økologiske gruppeinndelingen basert på utgangspunktet for AMBI-indeksem (Borja et al., 2000). Artene som har blitt klassifisert i AMBI-systemet er delt inn i fem økologiske grupper basert på toleransen ovenfor organisk tilførsel i sedimentene. Utgangstilstanden er beskrevet som ikke tilført organisk materiale (lett ubalanse er noe organisk tilførsel osv):

Gruppe I – Arter som er veldig sensitive til organisk tilførsel og er tilstede ved ikke forurensede forhold (utgangstilstand). Denne gruppen inkluderer karnivore spesialister og noen rørbyggende flerbørstemarkar (Benevnelse - forurensingssensitive).

Gruppe II – Arter som er helt eller til en viss grad likegyldig til organisk tilførsel. Alltid tilstede i lave tettheter med ikke-betydelige variasjoner over tid (fra utgangstilstand til lett ubalanse). I denne gruppen inkluderes «suspension feeders», mindre selektive karnivorer og åtseletere (Benevnelse - forurensingsnøytrale).

Gruppe III – Arter som er tolerante ovenfor organisk tilførsel. Disse artene kan også forekomme under normale tilstander, men blir stimulert av organisk tilførsel. Denne gruppen inkluderer overflate «deposit feeders» som noen rørbyggende flerbørstemarkar (Benevnelse - forurensingstolerante).

Gruppe IV – Andre orden opportunister (lett til markert ubalanserte situasjoner). I hovedsak små flerbørstemarkar; «subsurface deposit-feeders» som f.eks cirratulider (Benevnelse - Opportunistisk, forurensingstolerant)

Gruppe V – Første orden opportunister (markert ubalanserte situasjoner) (Benevnelse - Forurensingsindikerende art).

V.2.2 Språkbruk: Endringer

Etter en re-tolkning av Borja et al. 2000 velger vi å endre noe på språkbruken ang. benevnelsen til de forskjellige økologiske gruppene. Nedenfor har vi satt opp en oversiktstabell fra tidligere benevnelse til den nye benevnelsen:

Tabell V.5.1 – Oversikt over reviderte benevnelser for inndeling av AMBI/NSI i økologiske grupper.

Økologisk gruppe	Gammel benevnelse	Ny benevnelse
I	Svært forurensingssensitiv	Forurensingssensitiv
II	Forurensingssensitiv	Forurensingsnøytral
III	Forurensingstolerant	Forurensingstolerant
IV	Svært forurensingstolerant (opportunistisk)	Forurensingstolerant (opportunistisk)
V	Kraftig forurensingstolerant (opportunist)	Forurensingsindikering art

V.3 Artliste

Tabell V.3. viser komplett artsliste for alle grabber ved alle stasjoner. Arter markert i rødt er arter som er identifisert (og i enkelte tilfeller kvantifisert), men som ikke er statistisk gjeldende (i.e Foraminifera, phylum Bryozoa, kolonielle Porifera, infraklasse Cirripedia, kolonielle Cnidaria, phylum Nematoda og pelagiske arter, jf. NS-EN ISO 16665:2013).

Tabell V.3: Komplett artsliste for alle grabber ved alle stasjoner ved Bergsvik der arter merket med rødt er ikke statistisk gjeldene. Symbolet «X» indikerer at arten eller taxaea er observert, men ikke kvantifisert.

	Art/taxa	Berg 1 A	Berg 1 B	Berg/ Bar 2 A	Berg/ Bar 2 B	Berg/ Bar 3 A	Berg/ Bar 3 B
HEXACORALLIA	<i>Cerianthus lloydii</i>	12	11	7	3	8	9
	<i>Paraedwardsia arenaria</i>						1
NEMERTEA	Nemertea indet.	2	6	3	6	8	6
NEMATODA	Nematoda indet.	1	5				
POLYCHAETA	<i>Aglaophamus rubella</i>					2	
	<i>Amaeana trilobata</i>		2				1
	<i>Ampharete falcata</i>					1	
	Ampharetidae indet.	1					
	<i>Amphictene auricoma</i>	1	2			1	
	<i>Amythasides macroglossus</i>	2	2		1	4	2
	<i>Anobothrus gracilis</i>		2				
	<i>Aphelochaeta filiformis</i>						2
	<i>Aphelochaeta</i> sp.	42	29	13	5	5	10
	<i>Aricidea (Acmina) catherinae</i>	6	6	7	3	14	17
	<i>Augeneria tentaculata</i>						1
	<i>Capitella capitata</i>	1					
	<i>Ceratocephale loveni</i>	3	2	10	3	4	11
	<i>Chaetoparia nilssoni</i>	1					
	<i>Chaetozone setosa</i>	106	19	4	1	2	1
	<i>Diplocirrus glaucus</i>	2	2	1	2	2	4
	<i>Euchone incolor</i>	1					
	<i>Galathowenia oculata</i>	2	4	8	6	5	9
	<i>Glycera alba</i>						2

	Art/taxa	Berg 1 A	Berg 1 B	Berg/ Bar 2 A	Berg/ Bar 2 B	Berg/ Bar 3 A	Berg/ Bar 3 B
	<i>Glycera lapidum</i>	5	8	2	1	5	3
	<i>Glycera</i> sp.				1		
	<i>Heteromastus filiformis</i>		1				
	<i>Lagis koreni</i>	40	17	2	11	6	10
	<i>Levinsenia gracilis</i>	1		5	2	3	9
	<i>Lipobranchius jeffreysii</i>					1	
	<i>Lumbrineris</i> sp.			1	2		3
	<i>Lysippe labiata</i>			1			
	<i>Neoleanira tetragona</i>	2	1		1	1	1
	<i>Nephtys incisa</i>	1	2		2		
	<i>Nephtys</i> sp.			1	2		
	Nereididae indet.	1			1	1	
	<i>Notomastus latericeus</i>	9	5	11	4	12	8
	<i>Owenia borealis</i>	4					
	<i>Oxydromus flexuosus</i>	2	3		3	1	2
	<i>Paradiopatra fiordica</i>		2				
	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	485	214	110	32	237	186
	<i>Pectinaria</i> (<i>Pectinaria</i>) <i>belgica</i>	1					
	<i>Pherusa falcata</i>		1			1	1
	<i>Pholoe baltica</i>	2				1	
	<i>Pholoe pallida</i>	2	1			3	
	<i>Phylo norvegicus</i>					1	
	<i>Pilargis papillata</i>						1
	<i>Pista cristata</i>	1	1				1
	<i>Polycirrus medusa</i>		1				
	<i>Praxillella praetermissa</i>	1					
	<i>Prionospio cirrifera</i>					5	2
	<i>Prionospio dubia</i>	8	3				1
	<i>Prionospio fallax</i>		2				
	<i>Prionospio streenstrupi</i>	1	3				

	Art/taxa	Berg 1 A	Berg 1 B	Berg/ Bar 2 A	Berg/ Bar 2 B	Berg/ Bar 3 A	Berg/ Bar 3 B
	<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	2	6	19	21	2	
	<i>Pterolysippe vanelli</i>	5	14			5	1
	<i>Rhodine loveni</i>	1					
	<i>Sabellides octocirrata</i>					3	2
	<i>Scalibregma inflatum</i>	1					
	<i>Scolelepis</i> sp.		1	1	1		
	<i>Sosanopsis wireni</i>					4	2
	<i>Spiochaetopterus typicus</i>	13	22	25	16	21	16
	<i>Spiophanes kroyeri</i>	3		3	3		
	<i>Spiophanes wigleyi</i>	5	10			2	2
	<i>Terebellides stroemii</i>	2	6	19	13	5	2
SIPUNCULA	<i>Onchnesoma steenstrupii</i>	2	1		2	1	1
	<i>Phascolion strombus</i>	1					
COPEPODA	Calanoida indet.	1	3	5	5	6	1
CUMACEA	<i>Diastylis</i> sp.	1					
	<i>Diastyloides biplicatus</i>				1		
	<i>Diastyloides serratus</i>		1	1		2	
AMPHIPODA	<i>Pardalisca tenuipes</i>			1			
	<i>Synchelidium haplocheles</i>				1		
MYSIDAE	Mysidae indet.					1	
CAUDOFOVEATA	Caudofoveata indet.				1		
	<i>Chaetoderma nitidulum</i>	6	8	3		3	2
	<i>Scutopus ventrolineatus</i>	2	8	2			
PROSOBRANCIA	Eulimidae indet.					1	
	<i>Euspira nitida</i>		1				
	<i>Lunatia montagui</i>				1		
HETEROBRANCHIA	<i>Cyllichna cylindracea</i>						1
	<i>Philine scabra</i>	10	4	4	8	8	7
SCAPHOPODA	<i>Entalina tetragona</i>				1		

	Art/taxa	Berg 1 A	Berg 1 B	Berg/ Bar 2 A	Berg/ Bar 2 B	Berg/ Bar 3 A	Berg/ Bar 3 B
BIVALVIA	<i>Abra nitida</i>	30	5	4	19	1	10
	<i>Abra</i> sp.	1	1				
	<i>Kelliella miliaris</i>	1	1	3	1	2	1
	<i>Kurtiella tumidula</i>		2				
	<i>Mendicula ferruginosa</i>	3	1				
	<i>Mytilus edulis</i>	1	1			1	
	<i>Nucula tumidula</i>	1		1			1
	<i>Thyasira equalis</i>	12	7	30	9	5	3
	<i>Thyasira sarsi</i>	16	13	3		2	
OPIIUROIDEA	<i>Amphilepis norvegica</i>	20	10	2	5	6	5
	<i>Amphiura chiajei</i>						1
	<i>Ophiura sarsi</i>	1					
	Ophiuroidea indet. juv.	1					
ECHINOIDEA	<i>Brisaster fragilis</i>	1					
	<i>Echinocardium</i> sp.				1	2	1
CHORDATA	Molgulidae indet.			1			
	<i>Myxine glutinosa</i>						1
VARIA	Fiskeegg			1	5		
	Insecta indet.	1					

V.4 Referansetilstander og klassegrenser (Klassifisering ut i fra veileder 02:2013)

Fargene som er brukt i tabellene nedenfor (V.2.1-V.2.4) angir hvilke tilstandsklasse de ulike indeksverdiene hører til i; blå tilsvarer tilstandsklassen «svært god», grønn → «god», gul → «moderat», oransje → «dårlig» og rød → «svært dårlig».

Tabell V.4.1: Oversikt over klassegrenser og referansetilstand for de ulike indeksene i henhold til veileder 02:2013.

Indeks	Økologisk tilstandsklasse				
	Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
NQI1	0.82- 0.90	0.63 - 0.82	0.49 - 0.63	0.31 - 0.49	0 - 0.31
H'	4.8 - 5.7	3.0 - 4.8	1.9 - 3.0	0.9 - 1.9	0 - 0.9
ES100	34 - 50	17 - 34	10 - 17	5 - 10	0 - 5
ISI	9.6 - 13	7.5 - 9.6	6.2 - 7.5	4.5- 6.1	0 - 4.5
NSI	25 - 31	20 - 25	15 - 20	10 - 15	0 - 10
DI	0-0,30	0,30 – 0,44	0,44 – 0,60	0,60 - 0,85	0,85 – 2,05

Indeksverdiene fra Byttingsneset er presentert (Tabell V.2.2-V2.4) nedenfor.

Tabell V.4.2: Oversikt over alle indeksverdiene beregnet ut ifra resultatene fra Berg 1 fra grabb A og grabb B, gjennomsnittet (\bar{G}) for grabbenes og stasjonsverdien (\dot{S}). Fargene i tabellene angir hvilken tilstandsklasse de ulike indeksene faller inn under. Samlet verdi er gjennomsnittet fra den normaliserte nEQR som samler aller indeksene til en felles representativ verdi for stasjonen. Fargekoder: blå tilsvarer tilstandsklassen «svært god», grønn → «god», gul → «moderat», oransje → «dårlig» og rød → «svært dårlig».

Berg 1	Grabb A	Grabb B	\bar{G}	\dot{S}	nEQR \bar{G}	nEQR \dot{S}
S	57	49	53,0	68		
N	890	475	682,5	1365		
NQI1	0,672	0,698	0,685	0,685	0,658	0,658
H'	2,933	3,626	3,279	3,281	0,631	0,631
J	0,503	0,646	0,574	0,539		
H'max	5,833	5,615	5,724	6,087		
ES100	19,80	26,9	23,35	22,92	0,675	0,670
ISI	8,713	8,869	8,791	8,853	0,723	0,729
NSI	20,749	21,950	21,350	21,167	0,654	0,647
DI	0,899	0,627	0,763	0,763	0,270	0,270
		Samlet verdi:	0,601		0,602	0,601

Tabell V.4.3: Oversikt over alle indeksverdiene beregnet ut ifra resultatene fra Berg/Bar 2 fra grabb A, grabb B, gjennomsnittet (\bar{G}) for grabbene og stasjonsverdien (\dot{S}). Fargene i tabellene angir hvilken tilstandsklasse de ulike indeksene faller inn under. Samlet verdi er gjennomsnittet fra den normaliserte nEQR som samler aller indeksene til en felles representativ verdi for stasjonen. Fargekoder: blå tilsvarer tilstandsklassen «svært god», grønn → «god», gul → «moderat», oransje → «dårlig» og rød → «svært dårlig».

Berg/Bar 2	Grabb A	Grabb B	\bar{G}	\dot{S}	nEQR \bar{G}	nEQR \dot{S}
S	33	38	35,5	46		
N	308	196	252	504		
NQI1	0,669	0,701	0,685	0,685	0,658	0,657
H'	3,654	4,382	4,018	4,107	0,713	0,723
J	0,724	0,835	0,780	0,744		
H'max	5,044	5,248	5,146	5,524		
ES100	22,61	28,99	25,80	25,76	0,704	0,703
ISI	8,503	8,505	8,504	9,019	0,696	0,745
NSI	21,703	21,877	21,790	21,771	0,672	0,671
DI	0,439	0,242	0,340	0,340	0,742	0,742
		Samlet verdi:	0,702		0,697	0,707

Tabell V.4.4: Oversikt over alle indeksverdiene beregnet ut ifra resultatene fra Berg/Bar 3 fra grabb A og grabb B, gjennomsnittet (\bar{G}) for grabbene og stasjonsverdien (\dot{S}). Fargene i tabellene angir hvilken tilstandsklasse de ulike indeksene faller inn under. Samlet verdi er gjennomsnittet fra den normaliserte nEQR som samler aller indeksene til en felles representativ verdi for stasjonen. Fargekoder: blå tilsvarer tilstandsklassen «svært god», grønn → «god», gul → «moderat», oransje → «dårlig» og rød → «svært dårlig».

Berg/Bar 3	Grabb A	Grabb B	\bar{G}	\dot{S}	nEQR \bar{G}	nEQR \dot{S}
S	45	45	45	58		
N	410	363	386,5	773		
NQI1	0,706	0,709	0,708	0,712	0,682	0,686
H'	3,061	3,347	3,204	3,274	0,623	0,630
J	0,557	0,609	0,583	0,559		
H'max	5,492	5,492	5,492	5,858		
ES100	24,880	25,200	25,040	25,280	0,695	0,697
ISI	8,406	8,978	8,692	8,994	0,714	0,742
NSI	22,292	22,460	22,376	22,371	0,695	0,695
DI	0,563	0,510	0,536	0,536	0,480	0,480
		Samlet verdi:	0,647		0,639	0,655

V.5 Klassifisering av miljøtilstand ut i fra NS 9410:2007

Tabell V. 5.1: Miljøtilstanden (tilstandsklasse) deles inn i fire tilstandsklasser for resultatene fra Prøve 1 - Nærsonene fra en C-undersøkelse; «meget god», «god», «dårlig», «meget dårlig»

Miljøtilstand	Kriterier
1 – meget god	<ul style="list-style-type: none"> - Minst 20 arter av makrofauna (> 1mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m². - Ingen av artene må utgjøre mer enn 65% av det totale individtallet.
2 – god	<ul style="list-style-type: none"> - 5 til 19 arter av makrofauna (> 1mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m². - Mer enn 20 individer utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m². - Ingen av artene må utgjøre mer enn 90% av det totale individtallet.
3 – dårlig	<ul style="list-style-type: none"> - 1 til 4 arter av makrofauna (> 1mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m².
4 – meget dårlig	<ul style="list-style-type: none"> - Ingen arter av makrofauna (> 1mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m²

Bløtbunnsfaunaundersøkelse

NS-EN ISO 16665:2013



Foto: *Phyllodoce groenlandica* (Martin Skarsvåg)

Lokalitet: Barlingebotten

Rapport dato: 03.02.2015

Oppdragsgiver: Rådgivende Biologer AS
Bredsgården, 5003 Bergen

Rapport	
Tittel	Bløtbunnsfaunaundersøkelse for Barlingebotten
Rapportnr.	BBU-M-5114-Barlingebotten-1214
Rapportdato	03.02.2015
Dato feltarbeid	13.08.2014
Revisjonsnr.	1
Revisjonsbeskrivelse:	Fjernet feilaktig innlitt artsliste.
Lokalitet	
Lokalitet	Barlingebotten, Masfjorden kommune, Hordaland
Lokalitetsnummer	Ikke oppgitt
Oppragsgiver	
Selskap	Rådgivende Biologer AS Bredsgården, 5003 Bergen
Kontakt person	Mette Eilertsen mette.eilertsen@radgivende-biologer.no Tlf.: 41 16 38 83
Oppdragsansvarlig	
Selskap	Havbrukstjenesten AS Siholmen, 7260 SISTRANDA Organisasjon nr. 963 554 052
Rapportansvarlig	Ingrid Kjerstad ingrid@havbrukstjenesten.no Telefonnr: 92232863
Forfatter (e)	Øystein Stokland Therese S. Løkken Ingrid Kjerstad
Godkjent av	Arild Kjerstad arild@havbrukstjenesten.no 90 94 20 55

Innholdsfortegnelse

Forord	4
Sammendrag	5
1. Innledning	6
2. Metode og datagrunnlag	7
3. Resultater og vurdering	9
3.1 Arts- og individfordeling; Bar 1	9
3.2 Arts- og individfordeling; Berg/Bar 2	11
3.3 Arts- og individfordeling; Berg/Bar 3	12
3.4 NQI1-indeks	13
3.5 Shannon-Wieners indeks (H')	14
3.6. ES ₁₀₀ -indeks	15
3.7. ISI-indeks	16
3.8. NSI-indeks	17
3.9. DI-indeks	18
3.10 AMBI	19
3.11 Normalisering (nEQR)	20
4 Referanser	21
V. Vedlegg	22
V.1 Beregning av indekser	22
V.1.1. Diversitet og jevnhet	22
V.1.2. Sensitivitet og tetthet	23
V.1.3. Sammensatt indeks (NQI1)	24
V.1.4. Normalisering	24
V.2 Klassifisering av forurensningsgrad (NSI)	25
V.3 Artsliste	27
V.4 Referansestilstand og klassegrenser (Klassifisering ut i fra veileder 02:2013)	31
V.5 Klassifisering av miljøtilstand ut i fra NS 9410:2007	33

Forord

Havbruksstjenesten AS har på oppdrag fra Rådgivende Biologer AS utført artsidentifisering i henhold til NS-EN ISO 16665:2013 fra prøver tatt ved lokalitet Barlingebotten i Masfjorden kommune. Denne rapporten tar for seg alle funn; artsantall, individantall og kalkulerte indekser for hver prøve, samt gjennomsnitt og stasjonsverdi for hver stasjon.

Havbruksstjenesten AS er akkreditert for vurdering og fortolkning av resultater etter SFT-Veileder 97:03 og Norsk Standard NS 9410, samt NIVA- rapport 4548 (Berge 2002) og Veileder 02:2013 (Anon 2013) ved Direktoratgruppa for gjennomføring av vanndirektivet. Havbruksstjenesten AS sitt laboratorium tilfredsstiller kravene i NS-EN ISO/IEC 17025.

Trondheim 24.12.2014

Sammendrag

Denne rapporten omhandler en undersøkelse av miljøforholdene ved Barlingebotten, Masfjorden kommune, Hordaland. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på bunndyrsundersøkelser. Materialet ble grovsortert og artsidentifisert ut i fra NS EN ISO 16665:2013, samt klassifisert ut ifra veileder 02:2013 (Anon 2013) og NS 9410:2007. Ut ifra den normaliserte samlede verdien (gjennomsnittlig nEQR) til indeksene synes Bar 1 ut i fra Veileder 02:2013 best representert ved tilstandsklassen «dårlig» og fremstår dermed som tydelig påvirket av organisk materiale. Både Berg/Bar 2 og Berg/Bar 3 synes ut i fra den normaliserte samlede verdien (nEQR) til indeksene best representert ut i fra tilstandsklassen «god» og fremstår dermed som ikke påvirket av organisk materiale.

På grunn av stor lokal påvirkning nært til utslippet/anlegget kan man ofte finne få arter med jevn individfordeling som gjør det uegnet å bruke diversitetsindeks til å angi miljøtilstand. I denne rapporten fra Barlingebotten er vurdering av Bar 1 og Berg/Bar 2 også gjort på grunnlag av artsantall og artssammensetning ut fra beskrivelse i *NS 9410:2007 – Miljøovervåkning av bunnpåvirkning fra marine akvakulturanlegg*. Stasjon Bar 1 ble da klassifisert ved miljøtilstand 2; «god» og Stasjon Berg/Bar 2 falt da under miljøtilstand 1; «meget god».

1. Innledning

Bløtbunnsfauna domineres av flerbørstemark, krepsdyr, muslinger og pigghuder, men også flere andre dyregrupper forekommer. Sammensetningen av dyrearter i sedimentet kan gi viktige opplysninger om miljøforholdene ved en lokalitet. De fleste marine bløtbunnsarter er flerårige og relativt lite mobile, og vil dermed reflektere langtidseffekter fra miljøpåvirkning.

Miljøforholdene er avgjørende for antall arter og antall individer innenfor hver art i et bunndyrsamfunn. Ved naturlige forhold vil et bunndyrsamfunn inneholde mange ulike arter med en relativt jevn fordeling av individer blant disse artene. Flertallet av artene vil oftest forekomme med et moderat antall individer. Moderat organisk belastning kan stimulere bunndyrsamfunnet slik at artsantallet øker, mens ved større organisk belastning i et område vil antallet arter reduseres. Opportunistiske arter, slik som de forurensningstolerante flerbørstemarkene *Capitella capitata* og *Malacoboceros fuliginosus*, vil da øke i antall individer mens mer sensitive arter vil forsvinne.

Direktoratsgruppen for gjennomføring av vanndirektivet har gitt retningslinjer for å klassifisere miljøkvaliteten i marine områder (Veileder 02:2013) Når bløtbunnsfauna brukes i klassifisering, benyttes Shannon-Wieners diversitetsindeks (H') og den sammensatte indeksen NQI1 (beskrevet i vedlegg V.1). Tilstandsklassene (vedlegg V.1.4) kan gi et godt inntrykk av de reelle miljøforhold, særlig når de benyttes sammen med artssammensetningen i prøvene. Shannon-Wieners diversitet er beregnet ut fra individfordelingen mellom artene. NQI1 tar i tillegg til artsmangfoldet også hensyn til hvilke forurensningstolerante arter som er tilstede i prøvene (sensitivitet).

De univariate metodene (Shannon-Wieners indeks (H'), Jevnhetsindeksen (J), ISI, NSI, AMBI og NQI1, forklart i vedlegg V.1) reduserer den samlede informasjonen som ligger i en artsliste til et tall eller indeks, som oppfattes som et mål på artsrikdom og påvirkningsgrad i bløtbunnsfaunasamfunnet. Ut fra indeksen kan miljøkvaliteten i et område vurderes, men metodene må brukes med forsiktighet og sammen med andre resultater for at konklusjonen skal bli korrekt. Klima og forurensningsdirektoratet (Klif) legger imidlertid vekt på indeksene når miljøkvaliteten i et område skal anslås på bakgrunn av bløtbunnfauna (Molvær et al. 1997 og Veileder 02:2013).

Ved å normalisere alle indeksene gjennom indeksen normalised Ecological Quality Ratio (nEQR) (se vedlegg V.1.4) får man verdier som gjør det mulig å sammenligne de ulike indeksene på bakgrunn av tallverdi. Tilstandsklassene nEQR er delt opp i spenner over en skala fra 0-1, og hver tilstandsklasse spenner over nøyaktig 0,2 (tilstandsklasse «svært dårlig» tilsvarer verdier mellom 0 – 0,2, tilstandsklasse «dårlig» tilsvarer verdier mellom 0,2 – 0,4 osv.). En samlet verdi av nEQR for alle indeksene vil da også indikere hvilken tilstandsklasse som synes best å karakterisere stasjonen.

Metode, resultat og konklusjon for prøvene tatt ved Barlingebotten er presentert i avsnitt 2.- 3.

2. Metode og datagrunnlag

Havbruksstjenesten AS mottok sediment fra tre stasjoner ved lokalitet Barlingebotten (2 prøver per stasjon); Bar 1, Berg/Bar 2 og Berg/Bar 3 fra Rådgivende Biologer AS. Prøvene fra Berg/Bar 2 og Berg/Bar 3 er felles med undersøkelsen for lokalitet Bergsvik. Alle prøver ble grovsortert, identifisert og kvantifisert i henhold til NS-EN ISO 16665:2013 og NS 9410:2007 (Tabell 2.1).

Tabell 2.1: Oversikt over utført arbeid.

Leverandør	Arbeid	Personell	Akkreditert arbeid
Rådgivende Biologer AS	Feltarbeid	Rådgivende Biologer AS	-
Havbruksstjenesten AS	Grovsortering	Jovita Prakapaviciute	Ja, (Test 252: P21)
Havbruksstjenesten AS	Artsidentifisering	Therese S. Løkken Øystein Stokland	Ja, (Test 252: P21)
Havbruksstjenesten AS	Vurdering og tolkning	Øystein Stokland	Ja, (Test 252: P32)

Artsmangfold (ES_{100}) og jevnhet (J) og ble utført med programpakken PRIMER, versjon 6.1.6 fra Plymouth Laboratories, England. Sensitivitetsindeksen AMBI (komponent i NQI1) ble utregnet ved hjelp av programpakken AMBI, versjon 5.0 fra AZTI-Tecnalia. Alle øvrige utregninger ble utført i Microsoft Excel 2013.

Shannon-Wieners indeks og Jevnhetsindeksen (J) ble regnet ut i henhold til Shannon & Weaver, 1949 og Veileder 02:2013 (Anon 2013). ISI- og NSI-indeksene ble beregnet i henhold til Rygg & Norling, 2013. AMBI-indeks, NQI1-indeks, DI-indeks samt vurdering og fortolkning ble beregnet og foretatt etter Veileder 02:2013. Alle utregninger er beskrevet med formler i vedlegg V.1. Forklaringer til ulike forkortelser og indekser som er benyttet i denne rapporten er beskrevet i Tabell 2.2.

Tabell 2.2: Forklaringer på forkortelser og indeks benyttet i rapporten.

Forkortning/Indeks	Beskrivelse
S	Antall arter i prøven
N	Antall individer i prøven
NQI1	Artsmangfold og ømfintlighet (sammensatt indeks)
H'	Artsmangfold (Shannon-Wiener diversitets indeks)
ES ₁₀₀	Hurlberts diversitetsindeks (Kun oppgitt dersom N ≥ 100)
J	Jevnhetsindeks
H' _{max}	Maksimal diversitet som kan oppnås ved et gitt antall arter (= $\log_2 S$)
ISI	Sensitivitetsindeks (Indicator Species Index), tar ikke hensyn til individtall
NSI	Sensitivitetsindeks (Norwegian Sensitivity Index) basert på norske forhold, hvor individantall også inngår
DI	Indeks for individtetthet (Density Index)
Ā	Gjennomsnittlig verdi for grabb A og 2
Ś	Stasjonsverdi (kombinert verdi for grabb A og 2)
nEQR	Normaliserte verdier (Normalised Ecological Quality Ratio)
Samlet verdi	Gjennomsnittet av alle indeksenes nEQR-verdi

3. Resultater og vurdering

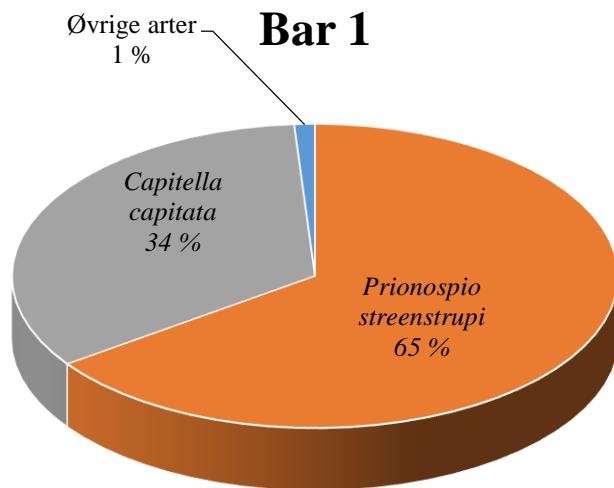
Arts- og individtall (statistisk relevante) registrert ved stasjonene Bar 1, Berg/Bar 2 og Berg/Bar 3 samt en vurdering av disse er presentert i Tabell 3.1 – 3.3. Figurene 3.1 - 3.3 viser fordeling av de hyppigste forekommende artene funnet ved de tre stasjonene. De hyppigste artene er også beskrevet med grad av forurensingstoleranse/sensitivitet angitt av NSI-indeksem (se vedlegg V.2). Komplett artsliste for alle prøver er oppgitt i vedlegg V.3. Miljøkvaliteten for de tre stasjonene er beskrevet av indeksene; NQI1, H⁺, ES₁₀₀, ISI, NSI, DI, AMBI og nEQR som er regnet ut på bakgrunn av arts og individtall fra resultatene. Indeksene er presentert og vurdert i avsnitt 3.4-3.11 og gjengitt i tabellform i vedlegg V.4 (beskrivelse av utregning av indekser finnes i vedlegg V.1). I denne rapporten er grad av forurensingssensitivitet/toleranse angitt av de økologiske gruppene som NSI-indeksem for de ulike artene faller under. NSI-indeksem blir brukt fremfor AMBI i denne klassifiseringen da det har vist seg at NSI passer noe bedre i norske resipienter enn det AMBI gjør (Rygg & Norling 2013) (se vedlegg V.2).

3.1 Arts- og individfordeling; Bar 1

Hyppigst forekommende art var den forurensningsnøytrale flerbørstemarken *Prionospio steenstrupi* (NSI-gruppe II) som utgjorde 65 % av det totale individtallet. Nest hyppigst forekommende art var den forurensingsindikatorende flerbørstemarken *Capitella capitata* (NSI-gruppe V) som utgjorde 34 % av det totale individtallet. De øvrige artene utgjorde 1 % av det totale individtallet ved stasjonen og bestod av 7 individer fordelt på 3 arter. Det ble også funnet en del planterester, trevirke og alger i begge grabbene.

Tabell 3.1: Antall arter (S), antall individer (N), gjennomsnitt (Ḡ), stasjonsverdi (S̄) samt vurdering og tolkning for Bar 1.

Bar 1	Grabb A	Grabb B	Ḡ	S̄	Vurdering og tolkning
S	4	3	3,5	5	Gjennomsnittlig artsantall (Ḡ) i de to grabbene var lavere enn normalen (norm. 25-75 pr. grabb, ref: veileder 02:2013).
N	303	513	408	816	Gjennomsnittlig individtall (Ḡ) i de to grabbene var høyere enn normalen (norm. 50 – 300 pr. grabb, ref: veileder 02:2013).



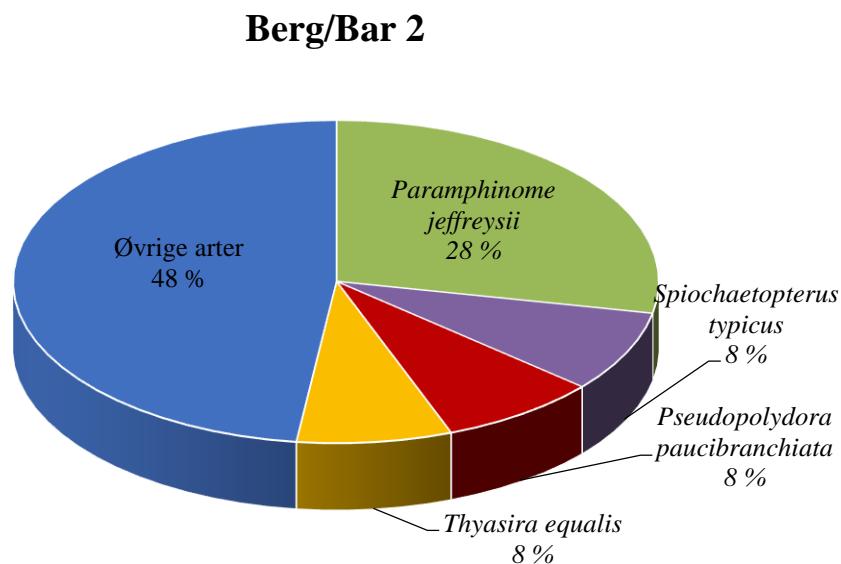
Figur 3.1: Prosentvis fordeling av de tre hyppigste artene ved Bar 1. Fordelingen er basert på stasjonsverdien (฿) for antall individer funnet ved stasjonen.

3.2 Arts- og individfordeling; Berg/Bar 2

Hyppigst forekommende art ved Berg/Bar 2 (Figur 3.2) var den forurensningstolerante flerbørstemarken *Paramphinoje jeffreysi* (NSI-gruppe III), som utgjorde 28 % av det totale individantallet. Nest hyppigst forekommende art var den forurensningstolerante og opportunistiske flerbørstemarken *Spiochaetopterus typicus* (NSI-gruppe IV), som utgjorde 8,1 % av det totale individantallet. Tredje hyppigst forekommende art var den forurensningstolerante og opportunistiske flerbørstemarken *Pseudopolydora paucibranchiata* (NSI-gruppe IV) som utgjorde 7,9 % av det totale individantallet. Fjerde hyppigst forekommende art var den forurensningstolerante muslingen *Thyasira equalis* (NSI-gruppe III) som utgjorde 7,4 % av det totale individantallet. Alle andre resterende arter forekom med 6,3 % eller mindre og utgjorde til sammen 48 % av det totale individtallet. Det ble også funnet en del planterester, trevirke og alger i begge grabbene.

Tabell 3.2: Antall arter (S), antall individer (N), gjennomsnitt (Ḡ), stasjonsverdi (S̄) samt vurdering og tolkning for Berg/Bar 2.

Berg/Bar 2	Grabb A	Grabb B	Ḡ	S̄	Vurdering og tolkning
S	33	38	35,5	46	Gjennomsnittlig artsantall (Ḡ) i de to grabbene var innenfor normalen (norm. 25-75 pr. grabb, ref: veileder 02:2013).
N	308	196	252	504	Gjennomsnittlig individantall (Ḡ) i de to grabbene var innenfor normalen (norm. 50 – 300 pr. grabb, ref: veileder 02:2013).



Figur 3.2: Prosentvis fordeling av de hyppigste artene ved Berg/Bar 2. Fordelingen er basert på stasjonsverdien (S̄) for antall individer funnet ved stasjonen.

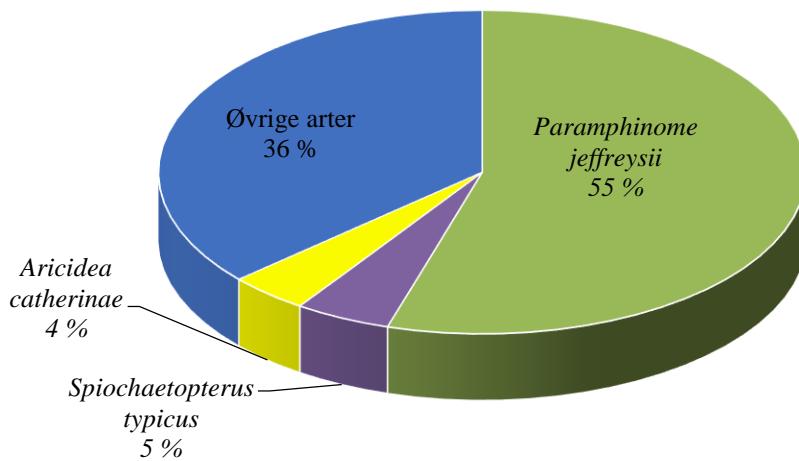
3.3 Arts- og individfordeling; Berg/Bar 3

Også på denne stasjonen var hyppigst forekommende art (Figur 3.3) den forurensningstolerante flerbørstemarken *Paramphinome jeffreysi* (NSI-gruppe III) som utgjorde 54,2 % av det totale individantallet. Nest hyppigst forekommende art var den forurensningstolerante og opportunistiske flerbørstemarken *Spiochaetopterus typicus* (NSI-gruppe IV), som utgjorde 4,8 % av det totale individantallet. Tredje hyppigst forekommende art var den forurensingssensitive flerbørstemarken *Aricidea catherinae* (NSI-gruppe I) som utgjorde 4 % av det totale individantallet. Alle andre resterende arter forekom med 2,6 % eller mindre og utgjorde til sammen 36 % av det totale individtallet. Det ble også funnet en del planterester, trevirke og alger i begge grablene.

Tabell 3.3: Antall arter (S), antall individer (N), gjennomsnitt (\bar{G}), stasjonsverdi (\dot{S}) samt vurdering og tolkning for BERG/BAR 3.

Berg/Bar 3	Grabb A	Grabb B	\bar{G}	\dot{S}	Vurdering og tolkning
S	45	45	45	58	Gjennomsnittlig artsantall (\bar{G}) i de to grablene var innenfor normalen (norm. 25-75 pr. grabb, ref: veileder 02:2013).
N	410	363	386,5	773	Gjennomsnittlig individantall (\bar{G}) i de to grablene var over normalen (norm. 50 – 300 pr. grabb, ref: veileder 02:2013).

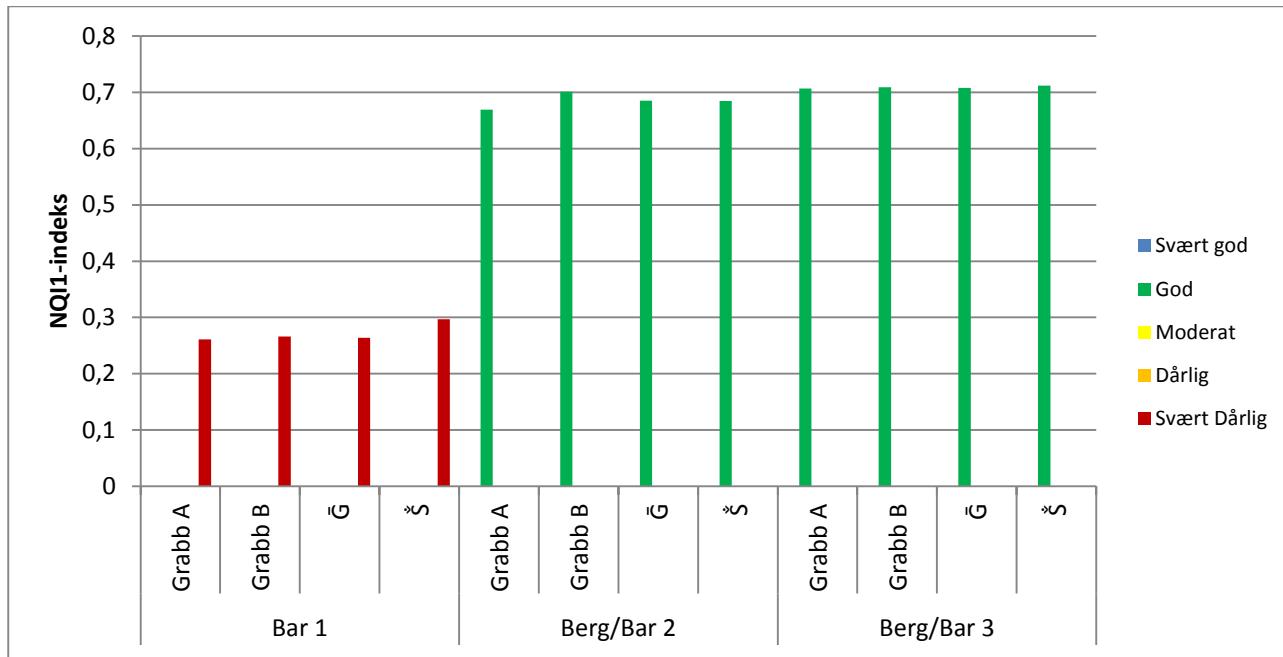
Berg/Bar 3



Figur 3.3: Prosentvis fordeling av de hyppigste artene ved Berg/Bar 3. Fordelingen er basert på stasjonsverdien (\dot{S}) for antall individer funnet ved stasjonen.

3.4 NQI1-indeks

NQI1-indeksen for stasjonene Bar 1, Berg/Bar 2, Berg/Bar 3 er presentert i Figur 3.4 som viser hvilke tilstandsklasser indeksen faller inn under for de ulike stasjonene og grabbene.



Figur 3.4: NQI1-indeksen for alle stasjonene, samt gjennomsnitt (\bar{G}) og stasjonsverdi (\dot{S}), beregnet på grunnlag av gjennomsnittlig AMBI-verdi for de ulike stasjonene.

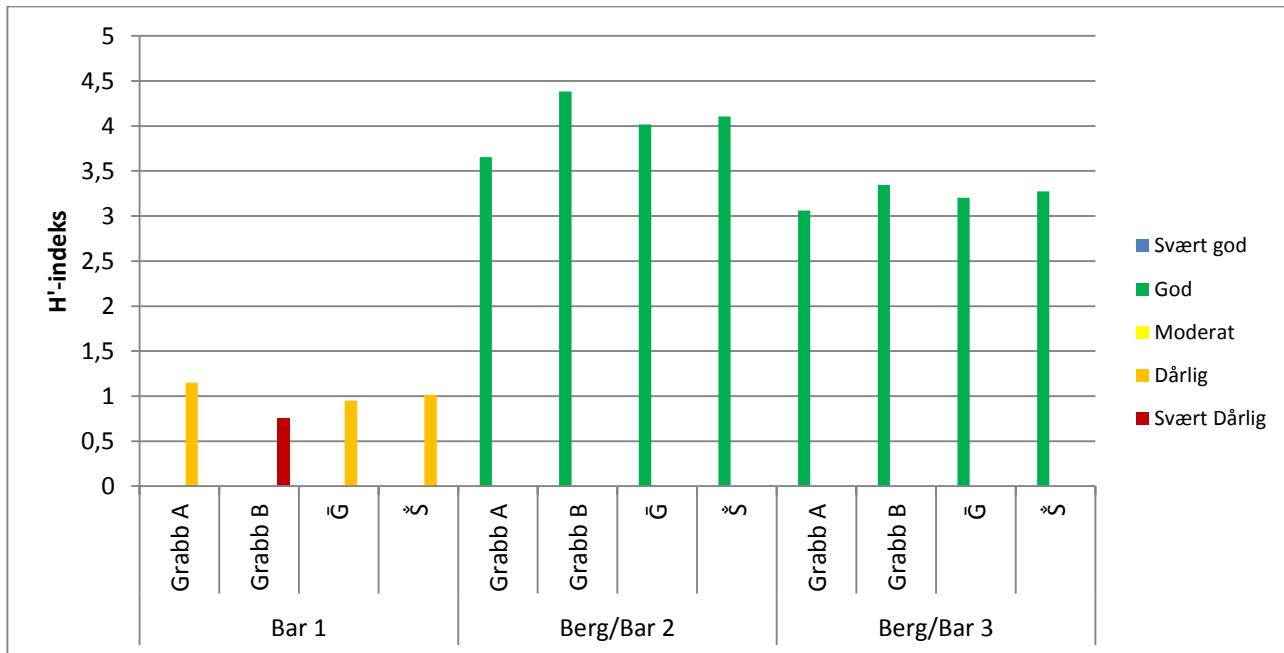
For Bar 1 lå NQI1-verdien for både grabb A, grabb B, gjennomsnittet (\bar{G}) og stasjonsverdien (\dot{S}) innenfor tilstandsklassen «svært dårlig».

For Berg/Bar 2 lå NQI1-verdien for både grabb A, grabb B, gjennomsnittet (\bar{G}) og stasjonsverdien (\dot{S}) innenfor tilstandsklassen «god».

For Berg/Bar 3 lå NQI1-verdien for både grabb A, grabb B, gjennomsnittet (\bar{G}) og stasjonsverdien (\dot{S}) innenfor tilstandsklassen «god».

3.5 Shannon-Wieners indeks (H')

Shannon-Wieners indeksen for stasjonene Bar 1, Berg/Bar 2, Berg/Bar 3 er presentert i Figur 3.5 som viser hvilke tilstandsklasser indeksen faller inn under for de ulike stasjonene og grabbene.



Figur 3.5: Shannon-Wieners indeks (H') for alle stasjoner, samt gjennomsnitt (\bar{G}) og stasjonsverdi (\dot{S}), beregnet på grunnlag av gjennomsnittlig arts- og individantall for de ulike stasjonene.

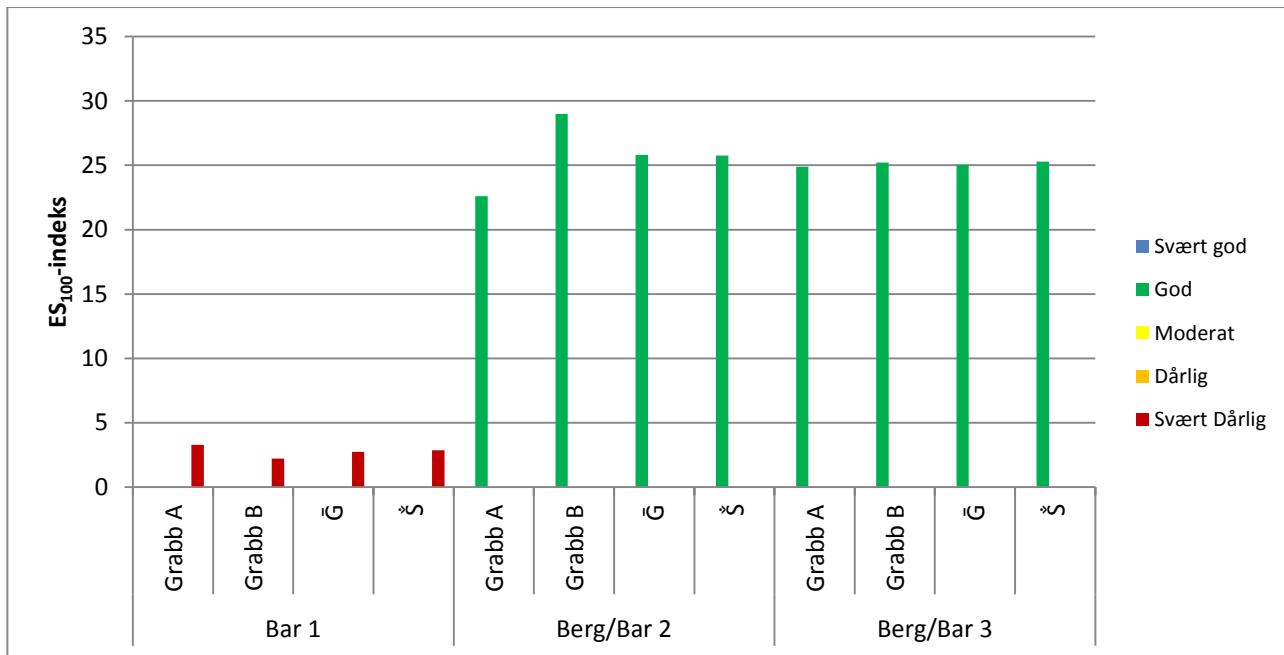
For Bar 1 lå H' -verdien for både grabb A, gjennomsnittet (\bar{G}) og stasjonsverdien (\dot{S}) innenfor tilstandsklassen «dårlig», mens grabb B lå innenfor tilstandsklassen under; «svært dårlig».

For Berg/Bar 2 lå H' -verdien for både grabb A, grabb B, gjennomsnittet (\bar{G}) og stasjonsverdien (\dot{S}) innenfor tilstandsklassen «god».

For Berg/Bar 3 lå H' -verdien for både grabb A, grabb B, gjennomsnittet (\bar{G}) og stasjonsverdien (\dot{S}) innenfor tilstandsklassen «god».

3.6. ES₁₀₀-indeks

Artsmangfoldet som er representert ved ES₁₀₀ - indeksen stasjonene Bar 1, Berg/Bar 2, Berg/Bar 3 er presentert i Figur 3.6 som viser hvilke tilstandsklasser indeksen faller inn under for de ulike stasjonene og grabbene.



Figur 3.6: ES₁₀₀-indeksen for alle stasjoner, samt gjennomsnitt (\bar{G}) og stasjonsverdi (\hat{S}), beregnet på grunnlag av gjennosnittlig arts- og individantall for de ulike stasjonene.

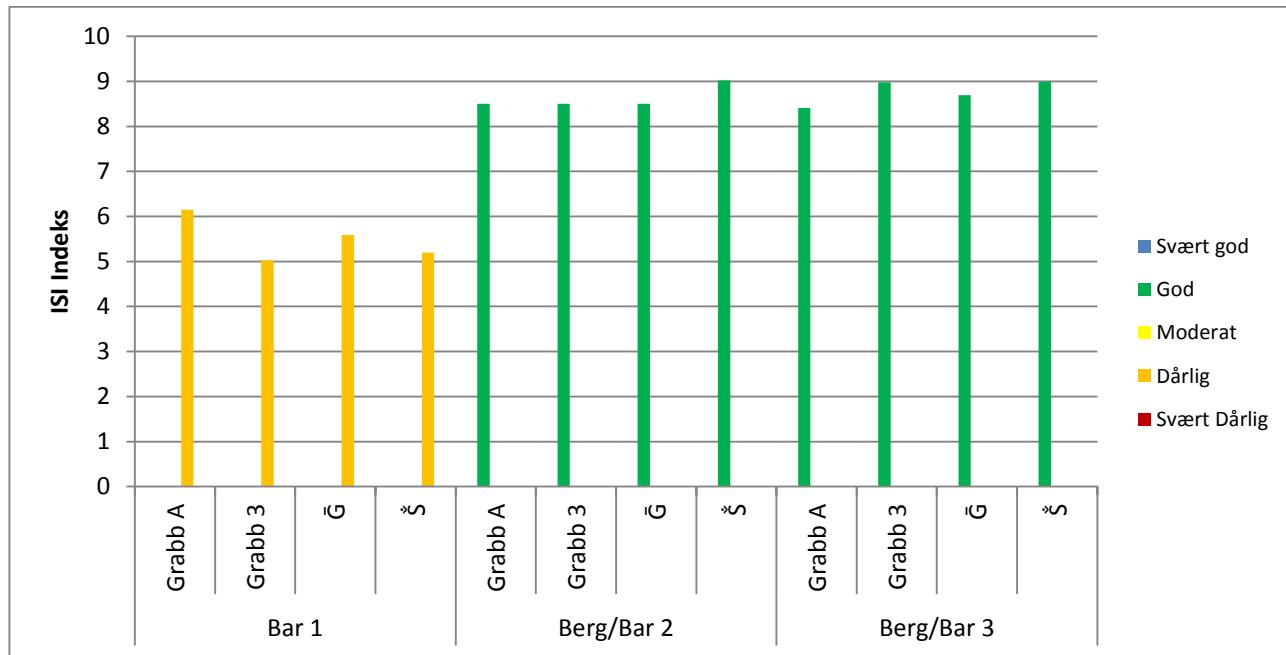
For Bar 1 lå ES₁₀₀-verdien for både grabb A, grabb B, gjennomsnittet (\bar{G}) og stasjonsverdien (\hat{S}) innenfor tilstandsklassen «svært dårlig».

For Berg/Bar 2 lå ES₁₀₀-verdien for både grabb A, grabb B, gjennomsnittet (\bar{G}) og stasjonsverdien (\hat{S}) innenfor tilstandsklassen «god».

For Berg/Bar 3 lå ES₁₀₀-verdien for både grabb A, grabb B, gjennomsnittet (\bar{G}) og stasjonsverdien (\hat{S}) innenfor tilstandsklassen «god».

3.7. ISI-indeks

ISI – indeksen for stasjonene Bar 1, Berg/Bar 2, Berg/Bar 3 er presentert i Figur 3.7 som viser hvilke tilstandsklasser indeksen faller inn under for de ulike stasjonene og grabbene.



Figur 3.7: ISI-indeks for alle stasjoner, samt gjennomsnitt (\bar{G}) og stasjonsverdi (\dot{S}), beregnet på grunnlag av gjennomsnittlig arts- og individantall for de ulike stasjonene.

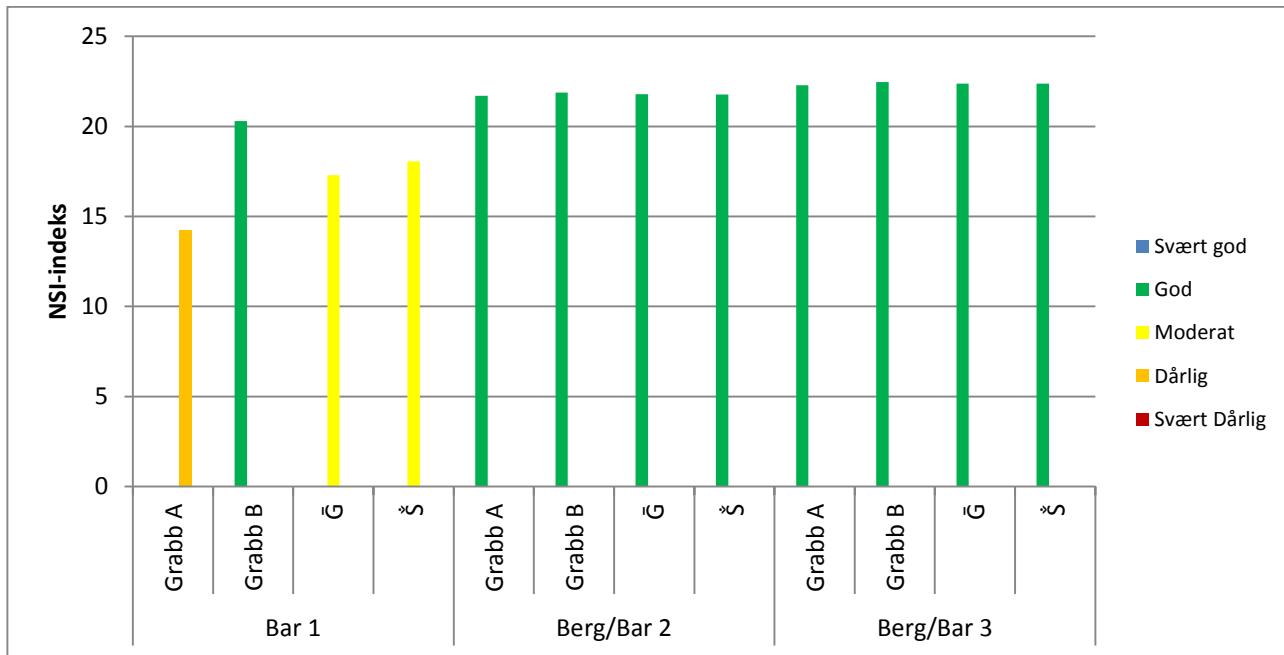
For Bar 1 lå ISI-verdien for både grabb A, grabb B, gjennomsnittet (\bar{G}) og stasjonsverdien (\dot{S}) innenfor tilstandsklassen «dårlig».

For Berg/Bar 2 lå ISI-verdien for både grabb A, grabb B, gjennomsnittet (\bar{G}) og stasjonsverdien (\dot{S}) innenfor tilstandsklassen «god».

For Berg/Bar 3 lå ISI-verdien for både grabb A, grabb B, gjennomsnittet (\bar{G}) og stasjonsverdien (\dot{S}) innenfor tilstandsklassen «god».

3.8. NSI-indeks

NSI - indeksen for stasjonene Bar 1, Berg/Bar 2, Berg/Bar 3 er presentert i Figur 3.8 som viser hvilke tilstandsklasser indeksen faller inn under for de ulike stasjonene og grabbene.



Figur 3.8: NSI-indeks for alle stasjoner, samt gjennomsnitt (\bar{G}) og stasjonsverdi (\dot{S}), beregnet på grunnlag av gjennosnittlig arts- og individantall for de ulike stasjonene.

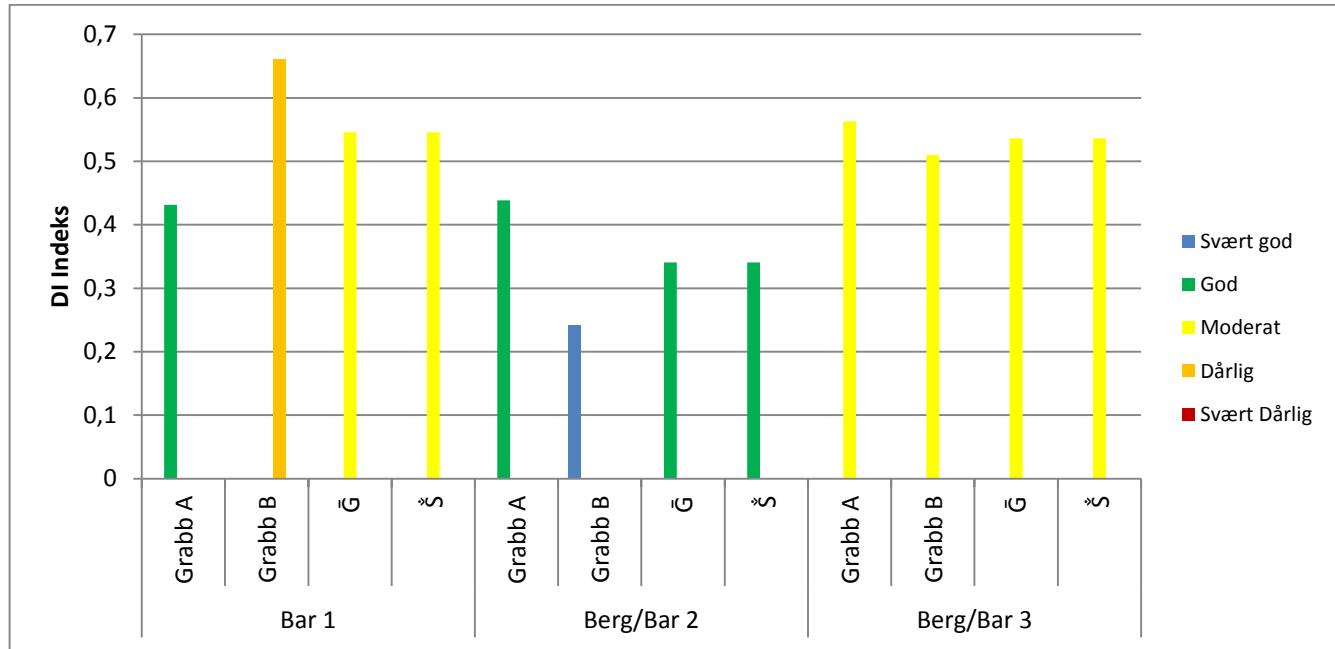
For Bar 1 lå NSI-verdien for grabb A innenfor tilstandsklassen «dårlig», mens grabb B lå innenfor tilstandsklassen «god». Gjennomsnittet (\bar{G}) og stasjonsverdien (\dot{S}) falt begge innenfor tilstandsklassen «moderat».

For Berg/Bar 2 lå NSI-verdien for både grabb A, grabb B, gjennomsnittet (\bar{G}) og stasjonsverdien (\dot{S}) innenfor tilstandsklassen «god».

For Berg/Bar 3 lå NSI-verdien for både grabb A, grabb B, gjennomsnittet (\bar{G}) og stasjonsverdien (\dot{S}) innenfor tilstandsklassen «god».

3.9. DI-indeks

DI - indeksen for stasjonene Bar 1, Berg/Bar 2, Berg/Bar 3 er presentert i Figur 3.9 som viser hvilke tilstandsklasser indeksen faller inn under for de ulike stasjonene og grabbene.



Figur 3.9: DI-indeks for alle stasjoner, samt gjennomsnitt (G) og stasjonsverdi (S), beregnet på grunnlag av gjennomsnittlig individantall for de ulike stasjonene.

For Bar 1 lå DI-verdien for grabb A innenfor tilstandsklassen «god», mens grabb B lå innenfor tilstandsklassen «dårlig». DI-verdien for Gjennomsnittet (G) og stasjonsverdien (S) falt begge innenfor tilstandsklassen «moderat».

For Berg/Bar 2 lå DI-verdien for grabb A innenfor tilstandsklassen «god», mens grabb B lå innenfor tilstandsklassen «svært god». DI-verdien for gjennomsnittet (G) og stasjonsverdien (S) falt begge innenfor tilstandsklassen «god».

For Berg/Bar 3 lå DI-verdien for både grabb A, grabb B, gjennomsnittet (G) og stasjonsverdien (S) innenfor tilstandsklassen «moderat».

3.10 AMBI

AMBI – indeksen for stasjonene Bar 1, Berg/Bar 2, Berg/Bar 3 er presentert i Tabell 3.4.

Tabell 3.4: Oversikt over de beregnede AMBI-verdiene for grabb A og grabb B tatt ved stasjonene Bar 1, Berg/Bar 2, Berg/Bar 3 samt stasjonsverdien (\bar{S}) for hver stasjon

Stasjon	Bar 1 A	Bar 1 B	Bar 1 \bar{S}	Berg/ Bar 2 A	Berg/ Bar 2 B	Berg/ Bar 2 \bar{S}	Berg/ Bar 3 A	Berg/ Bar 3 B	Berg/ Bar 3 \bar{S}
AMBI	5,37	4,81	5,02	2,74	2,72	2,79	2,54	2,56	2,55

3.11 Normaliseringsverdi (nEQR)

Basert på den samlede verdien (gjennomsnittet av nEQR, se Tabell V.4.2-V.4.4 i vedlegg V.4) ble Bar 1 ut i fra *veileder 02:2013 - Klassifisering av miljøtilstand i vann* totalt sett klassifisert i tilstandsklassen «dårlig». Stasjonen synes derfor best representert ved denne tilstandsklassen og fremstår derfor som tydelig påvirket av organisk materiale. Stasjonene Berg/Bar 2 og Berg/Bar 3 fall begge under tilstandsklassen «god» og synes derfor best representert ved denne tilstandsklassen og fremstår som ikke påvirket av organisk materiale.

På grunn av stor lokal påvirkning helt opp til utslippet/anlegget kan man ofte finne få arter med jevn individfordeling som gjør det uegnet å bruke diversitetsindeks til å angi miljøtilstand. I denne rapporten fra Barlingebotten er vurdering av stasjon Bar 1 og Berg/Bar 2 også gjort på grunnlag av artsantall og artssammensetning ut ifra beskrivelse fra NS 9410:2007 – *Miljøovervåkning av bunnpåvirkning fra marine akvakulturanlegg*. Bar 1 fall da under miljøtilstand 2; «god» og Berg/Bar 2 fall under miljøtilstand 1; «meget god». Bar 1 var for øvrig på grensen til miljøtilstand 3; «dårlig» da artsantallet ved stasjonen var lavt.

Oversikt over klassifiseringssystemet til NS 9410:2007 se tabell V.5.1 i Vedlegg V.5.

4 Referanser

1. Anon, 2013. Veileder 02:2013. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Direktoratsgruppa for gjennomføringen av vanndirektivet/Miljøtilstandsprosjektet. 263s.
2. Berge G. 2002. Indicator species for assessing benthic ecological quality in marine waters of Norway. NIVA-rapport 4548-2002.
3. Borja, A., Franco, J., Perez, V., 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. Marine Pollution Bulletin 40 (12), 1100–1114.
4. Molvær J, Knutzen J, Magnusson J, Rygg B, Skei J, Sørensen J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Kortversjon. SFT-veiledning nr. 97:03. 36 s.
5. Norsk Standard NS 9410:2007. Miljøovervåkning av marine matfiskanlegg. Norges Standardiseringsforbund.
6. Pielou EC. 1966. The measurement of species diversity in different types of biological collections. - Journal of Theoretical Biology 13:131-144.
7. Rygg, B., & K. Norling, 2013. Norwegian Sensitivity Index (NSI) for marine macroinvertebrates, and an update of Indicator Species Index (ISI). NIVAS-rapport 6475-2013. 46 pp.
8. Shannon CE, Weaver, W. 1949. The mathematical theory of communication. - University of Illinois Press, Urbana. 117 s.

V. Vedlegg

V.1 Beregning av indekser

V.1.1. Diversitet og jevnhet

Shannon-Wieners diversitetsindeks (H') beskrives ved artsmangfoldet (S, totalt antall arter i en prøve) og jevnhet (J, fordelingen av antall individer relatert til fordeling av individer mellom artene) (Shannon og Wiever 1949). Diversitetsindeksen er beskrevet av formelen:

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

hvor $p_i = N_i/N$, N_i = antall individer av art i , N = totalt antall individer i prøven eller på stasjonen og S = totalt antall arter i prøven eller på stasjonen.

Diversiteten er vanligvis over tre i prøver fra uforenede stasjoner. Ved å beregne den maksimale diversitet som kan oppnås ved et gitt antall arter, $H'_{\max} (= \log_2 S)$, er det mulig å uttrykke jevnheten (J) i prøven på følgende måte (Pielou 1966):

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

hvor H' = Shannon Wiener indeks og H'_{\max} = diversitet dersom alle arter er representert med ett individ. Dersom $H' = H'_{\max}$ er J maksimal og får verdien 1. J har en verdi nær null dersom de fleste individene tilhører en eller få arter.

Hurlbert diversitetsindeks ES₁₀₀ er beskrevet som:

$$ES_{100} = \sum_i^S \left[1 - \frac{\binom{N - N_i}{100}}{\binom{N}{100}} \right]$$

hvor ES_{100} = forventet antall arter blant 100 tilfeldig valgte individer i en prøve med N individer, S arter, og N_i individer av i -ende art.

V.1.2. Sensitivitet og tetthet

Sesitivitet beskrives av indeksene ISI (Indicator Species Index), NSI og AMBI (Azti Marin Biotic Index).

Beregning av ISI er beskrevet av Rygg, 2002 og NIVA-rapport 4548-2002. Formelen for utregning av en prøves ISI-verdi er gitt ved:

$$ISI = \sum_i^S \left[\frac{ISI_i}{S_{ISI}} \right]$$

hvor ISI_i er verdien for arten i og S_{ISI} er antall arter tilordnet sensitivitetsverdier. Hver art er tilordnet en sensitivitetsverdi (ISI-verdi), og en prøves ISI-verdi beregnes ved gjennomsnittet av artene i prøven.

NSI er utviklet med basis i norske faunadata. Her er også hver art tilordnet en sensitivitetsverdi (NSI-verdi) og individantall for hver art inngår i beregningen. Formelen for utregning av en prøves NSI-verdi er gitt ved:

$$NSI = \sum_i^S \left[\frac{N_i \cdot NSI_i}{N_{NSI}} \right]$$

hvor N_i er antall individer og NSI_i er verdien for arten i , N_{NSI} er antall individer tilordnet sensitivitetsverdier.

Sensitivitetsindeksen AMBI tilordner hver art en ømfintlighetsklasse (økologisk gruppe, EG): EG-I: sensitive arter, EG-II: indifferente arter, EG-III: tolerante, EG-IV: opportunistiske, EG-V: forurensningsindikerende arter, og hver økologisk gruppe har en toleranseverdi (AMBI-verdi) (Borja et al., 2000). Formelen for beregning av en prøves AMBI-verdi er gitt ved:

$$AMBI = \sum_i^S \left[\frac{N_i \cdot AMBI_i}{N_{AMBI}} \right]$$

hvor N_i er antall individer med innenfor økologisk gruppe i , $AMBI_i$ er toleranseverdien for de ulike økologiske gruppene (henholdsvis 0, 1.5, 3, 3.5 og 6, for gruppe I- V, respektivt) og N_{AMBI} er antall arter tilordnet en AMBI-verdi.

DI (diversity index) er en indeks for individtettethet og er gitt ved (Veileder 02:2013):

$$DI = \text{abs}[\log_{10}(N_{0,1} \text{ m}^2) - 2,05]$$

hvor *abs* står for absoluttverdi, $N_{0,1} \text{ m}^2$ står for antall individer pr. $0,1 \text{ m}^2$.

AMBI og DI viser stigende verdi ved synkende (dårligere) tilstand, mens alle de andre indeksene viser synkende verdi ved synkende (dårligere) tilstand.

V.1.3. Sammensatt indeks (NQI1)

Den sammensatte indeksen NQI1 (Norwegian quality status, version 1) bestemmes ut fra både artsmangfold og sensitivitet (AMBI).

NQI-indeksten er gitt ved formelen:

$$\text{NQI1} = \left[0,5 \cdot \left(\frac{1 - \text{AMBI}}{7} \right) + 0,5 \cdot \left(\frac{\left[\frac{\ln(S)}{\ln(\ln(N))} \right]}{2,7} \right) \cdot \left(\frac{N}{N + 5} \right) \right]$$

hvor AMBI er en sensitivitetsindeks, S er antall arter og N er antall individer i prøven.

V.1.4. Normalisering

Ved å regne om alle indeksert til nEQR (normalised Ecological Quality Ratio) får man normaliserte verdier som gjør det letttere å sammenligne dem. nEQR gir en tallverdi på en skala mellom 0 og 1, og hver tilstandsklasse spenner over nøyaktig 0,2 (tilstandsklasse «svært dårlig» tilsvarer verdier mellom 0 – 0,2, tilstansklasse «dårlig» tilsvarer verdier mellom 0,2 – 0,4 osv.). I tillegg til å vise statusklassen viser nEQR-verdien også hvor høyt eller lavt verdien ligger innenfor sin tilstandsklasse. For eksempel viser en nEQR-verdi på 0,75 at indeksen ligger tre firedele i tilstandsklassen «god» (Tabell V.3.1).

Alle indeksverdier omregnes til nEQR etter følgende formel

$$\text{nEQR} = \frac{\text{abs}[\text{Indeksverdi} - \text{Klassens nedre verdi}]}{\text{Klassens øvre indeksverdi} - \text{Klassens nedre grenseverdi}} \cdot 0,2 + \text{Klassens nEQR Basisverdi}$$

Tabell V.3.1: Hver tilstandsklasse nEQR-basisverdi.

	nEQR basisverdi	Tilstandsklasse
Klasse I	0,8	Svært god
Klasse II	0,6	God
Klasse II	0,4	Moderat
Klasse IV	0,2	Dårlig
Klasse V	0	Svært dårlig

V.2 Klassifisering av forurensningsgrad (NSI)

Endringer i klassifisering av artenes forurensningsgrad; system (V.2.1) og språkbruk (V.2.2).

V.2.1 System: Overgang fra AMBI til NSI

Med bakgrunn i rapporten «*Norwegian Sensitivity Index (NSI) for marine macroinvertebrates, and an update of Indicator Species Index (ISI)*» (Rygg & Norling, 2013) har Havbruksstjenesten AS avd. Marine Bunndyr konkludert med å bruke artenes NSI-verdi stedet for AMBI-verdi for å angi forurensningsgrad (forurensingssensitiv, tolerant osv). Ettersom Rygg & Norling konkluderte med at NSI viste bedre korrelasjon med norske resipienter enn hva AMBI gjorde velger vi nå å ta utgangspunkt i de økologiske gruppene som artenes NSI verdi faller under.

Ettersom NSI er laget med bakgrunn i å dekke samme bruksområde som AMBI i norske resipienter, er den økologiske gruppeinndelingen basert på utgangspunktet for AMBI-indeksem (Borja et al., 2000). Artene som har blitt klassifisert i AMBI-systemet er delt inn i fem økologiske grupper basert på toleransen ovenfor organisk tilførsel i sedimentene. Utgangstilstanden er beskrevet som ikke tilført organisk materiale (lett ubalanse er noe organisk tilførsel osv):

Gruppe I – Arter som er veldig sensitive til organisk tilførsel og er tilstede ved ikke forurensede forhold (utgangstilstand). Denne gruppen inkluderer karnivore spesialister og noen rørbyggende flerbørstemarkar (Benevnelse - forurensingssensitive).

Gruppe II – Arter som er helt eller til en viss grad likegyldig til organisk tilførsel. Alltid tilstede i lave tettheter med ikke-betydelige variasjoner over tid (fra utgangstilstand til lett ubalanse). I denne gruppen inkluderes «suspension feeders», mindre selektive karnivorer og åtseletere (Benevnelse - forurensingsnøytrale).

Gruppe III – Arter som er tolerante ovenfor organisk tilførsel. Disse artene kan også forekomme under normale tilstander, men blir stimulert av organisk tilførsel. Denne gruppen inkluderer overflate «deposit feeders» som noen rørbyggende flerbørstemarkar (Benevnelse - forurensingstolerante).

Gruppe IV – Andre orden opportunister (lett til markert ubalanserte situasjoner). I hovedsak små flerbørstemarkar; «subsurface deposit-feeders» som f.eks cirratulider (Benevnelse - Opportunistisk, forurensingstolerant)

Gruppe V – Første orden opportunister (markert ubalanserte situasjoner) (Benevnelse - Forurensingsindikatorende art).

V.2.2 Språkbruk: Endringer

Etter en re-tolkning av Borja et al. 2000 velger vi å endre noe på språkbruken ang. benevnelsen til de forskjellige økologiske gruppene. Nedenfor har vi satt opp en oversiktstabell fra tidligere benevnelse til den nye benevnelsen:

Tabell V.5.1 – Oversikt over reviderte benevnelser for inndeling av AMBI/NSI i økologiske grupper.

Økologisk gruppe	Gammel benevnelse	Ny benevnelse
I	Svært forurensingssensitiv	Forurensingssensitiv
II	Forurensingssensitiv	Forurensingsnøytral
III	Forurensingstolerant	Forurensingstolerant
IV	Svært forurensingstolerant (opportunistisk)	Forurensingstolerant (opportunistisk)
V	Kraftig forurensingstolerant (opportunist)	Forurensingsindikering art

V.3 Artliste

Tabell V.3. viser komplett artsliste for alle grabber ved alle stasjoner. Arter markert i rødt er arter som er identifisert (og i enkelte tilfeller kvantifisert), men som ikke er statistisk gjeldende (i.e Foraminifera, phylum Bryozoa, kolonielle Porifera, infraklasse Cirripedia, kolonielle Cnidaria, phylum Nematoda og pelagiske arter, jf. NS-EN ISO 16665:2013).

Tabell V.3: Komplett artsliste for alle grabber ved alle stasjoner ved Barlingebotten der arter merket med rødt er ikke statistisk gjeldene. Symbolet «X» indikerer at arten eller taxaea er observert, men ikke kvantifisert.

	Art/taxa	Bar 1 A	Bar 1 B	Berg/Bar 2 A	Berg/Bar 2 B	Berg/Bar 3 A	Berg/Bar 3 B
HEXACORALLIA	Cerianthus lloydii			7	3	8	9
	Paraedwardsia arenaria						1
NEMERTEA	Nemertea indet.			3	6	8	6
NEMATODA	Nematoda indet.		1				
POLYCHAETA	Aglaophamus rubella					2	
	Amaeana trilobata						1
	Ampharete falcata					1	
	Amphictene auricoma					1	
	Amythasides macroglossus				1	4	2
	Aphelochaeta filiformis						2
	Aphelochaeta sp.		1	13	5	5	10
	Aricidea (Acmira) catherinae			7	3	14	17
	Augeneria tentaculata						1
	Capitella capitata	169	106				
	Ceratocephale loveni			10	3	4	11
	Chaetozone setosa			4	1	2	1
	Diplocirrus glaucus			1	2	2	4
	Galathowenia oculata			8	6	5	9
	Glycera alba						2
	Glycera lapidum			2	1	5	3
	Glycera sp.				1		
	Lagis koreni			2	11	6	10

	Art/taxa	Bar 1 A	Bar 1 B	Berg/Bar 2 A	Berg/Bar 2 B	Berg/Bar 3 A	Berg/Bar 3 B
POLYCHAETA	<i>Levinsenia gracilis</i>			5	2	3	9
	<i>Lipobranchius jeffreysii</i>					1	
	<i>Lumbrineris sp.</i>			1	2		3
	<i>Lysippe labiata</i>			1			
	<i>Malacoceros fuliginosus</i>		1				
	<i>Neoleanira tetragona</i>				1	1	1
	<i>Nephtys incisa</i>				2		
	<i>Nephtys sp.</i>			1	2		
	Nereididae indet.				1	1	
	<i>Notomastus latericeus</i>			11	4	12	8
	<i>Oxydromus flexuosus</i>				3	1	2
	<i>Paramphinome jeffreysii</i>			110	32	237	186
	<i>Pherusa falcata</i>					1	1
	<i>Pholoe baltica</i>					1	
	<i>Pholoe pallida</i>					3	
	<i>Phylo norvegicus</i>					1	
	<i>Pilargis papillata</i>						1
	<i>Pista cristata</i>						1
	<i>Prionospio cirrifera</i>					5	2
	<i>Prionospio dubia</i>						1
	<i>Prionospio streenstrupi</i>	126	406				
	<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>			19	21	2	
	<i>Pterolysippe vanelli</i>					5	1
	<i>Sabellides octocirrata</i>					3	2
	<i>Scolelepis sp.</i>			1	1		
	<i>Sosanopsis wireni</i>					4	2
	<i>Spiochaetopterus typicus</i>			25	16	21	16
	<i>Spiophanes kroyeri</i>			3	3		

	Art/taxa	Bar 1 A	Bar 1 B	Berg/Bar 2 A	Berg/Bar 2 B	Berg/Bar 3 A	Berg/Bar 3 B
POLYCHAETA	<i>Spiophanes wigleyi</i>					2	2
	<i>Terebellides stroemii</i>			19	13	5	2
SIPUNCULA	<i>Onchnesoma steenstrupii</i>				2	1	1
COPEPODA	Calanoida indet.	19	12	5	5	6	1
LEPTOSTRACA (subphylum Crustacea)	<i>Nebalia bipes</i>	7					
CUMACEA	<i>Diastyloides biplicatus</i>				1		
	<i>Diastyloides serratus</i>			1		2	
AMPHIPODA	<i>Pardalisca tenuipes</i>			1			
	<i>Synchelidium haplocheles</i>				1		
MYSIDAE	Mysidae indet.					1	
CAUDOFOVEATA	Caudofoveata indet.				1		
	<i>Chaetoderma nitidulum</i>			3		3	2
	<i>Scutopus ventrolineatus</i>			2			
PROSOBRANCIA	Eulimidae indet.					1	
	<i>Lunatia montagui</i>				1		
HETEROBANCHIA	<i>Cylichna cylindracea</i>						1
	<i>Philine scabra</i>			4	8	8	7
SCAPHOPODA	<i>Entalina tetragona</i>				1		
BIVALVIA	<i>Abra nitida</i>			4	19	1	10
	<i>Abra</i> sp.						
	<i>Kelliella miliaris</i>			3	1	2	1
	<i>Mytilus edulis</i>					1	
	<i>Nucula tumidula</i>			1			1
	<i>Thyasira equalis</i>			30	9	5	3
	<i>Thyasira sarsi</i>			3		2	
OPIUROIDEA	<i>Amphilepis norvegica</i>			2	5	6	5
	<i>Amphiura chiajei</i>						1
ECHINOIDEA	<i>Echinocardium</i> sp.				1	2	1

	Art/taxa	Bar 1 A	Bar 1 B	Berg/Bar 2 A	Berg/Bar 2 B	Berg/Bar 3 A	Berg/Bar 3 B
CHORDATA	Molgulidae indet.			1			
	<i>Myxine glutinosa</i>						1
VARIA	Fiskeegg			1	5		

V.4 Referansetilstander og klassegrenser (Klassifisering ut i fra veileder 02:2013)

Fargene som er brukt i tabellene nedenfor (V.2.1-V.2.4) angir hvilke tilstandsklasse de ulike indeksverdiene hører til i; blå tilsvarer tilstandsklassen «svært god», grønn → «god», gul → «moderat», oransje → «dårlig» og rød → «svært dårlig».

Tabell V.4.1: Oversikt over klassegrenser og referansetilstand for de ulike indeksene i henhold til veileder 02:2013.

Indeks	Økologisk tilstandsklasse				
	Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
NQI1	0.82- 0.90	0.63 - 0.82	0.49 - 0.63	0.31 - 0.49	0 - 0.31
H'	4.8 - 5.7	3.0 - 4.8	1.9 - 3.0	0.9 - 1.9	0 - 0.9
ES100	34 - 50	17 - 34	10 - 17	5 - 10	0 - 5
ISI	9.6 - 13	7.5 - 9.6	6.2 - 7.5	4.5- 6.1	0 - 4.5
NSI	25 - 31	20 - 25	15 - 20	10 - 15	0 - 10
DI	0-0,30	0,30 – 0,44	0,44 – 0,60	0,60 - 0,85	0,85 – 2,05

Indeksverdiene fra Byttingsneset er presentert (Tabell V.2.2-V2.4) nedenfor.

Tabell V.4.2: Oversikt over alle indeksverdiene beregnet ut ifra resultatene fra BAR 1 fra grabb a og grabb b, gjennomsnittet (\bar{G}) for grabbenes og stasjonsverdien (\dot{S}). Fargene i tabellene angir hvilken tilstandsklasse de ulike indeksene faller inn under. Samlet verdi er gjennomsnittet fra den normaliserte nEQR som samler aller indeksene til en felles representativ verdi for stasjonen. Fargekoder: blå tilsvarer tilstandsklassen «svært god», grønn → «god», gul → «moderat», oransje → «dårlig» og rød → «svært dårlig».

Bar 1	Grabb A	Grabb B	\bar{G}	\dot{S}	nEQR \bar{G}	nEQR \dot{S}
S	4	3	3,5	5		
N	303	513	408	816		
NQI1	0,261	0,266	0,264	0,297	0,170	0,192
H'	1,149	0,755	0,952	1,014	0,210	0,223
J	0,574	0,476	0,525	0,437		
H'max	2,000	1,585	1,792	2,322		
ES100	3,272	2,195	2,734	2,846	0,109	0,114
ISI	6,150	5,027	5,588	5,198	0,328	0,282
NSI	14,269	20,303	17,286	18,062	0,491	0,522
DI	0,431	0,660	0,546	0,546	0,468	0,468
		Samlet verdi:	0,298		0,296	0,300

Tabell V.4.3: Oversikt over alle indeksverdiene beregnet ut ifra resultatene fra Berg/Bar 2 fra grabb a, grabb b, gjennomsnittet (\bar{G}) for grabbene og stasjonsverdien (\dot{S}). Fargene i tabellene angir hvilken tilstandsklasse de ulike indeksene faller inn under. Samlet verdi er gjennomsnittet fra den normaliserte nEQR som samler aller indeksene til en felles representativ verdi for stasjonen. Fargekoder: blå tilsvarer tilstandsklassen «svært god», grønn → «god», gul → «moderat», oransje → «dårlig» og rød → «svært dårlig».

Berg/Bar 2	Grabb A	Grabb B	\bar{G}	\dot{S}	nEQR \bar{G}	nEQR \dot{S}
S	33	38	35,5	46		
N	308	196	252	504		
NQI1	0,669	0,701	0,685	0,685	0,658	0,657
H'	3,654	4,382	4,018	4,107	0,713	0,723
J	0,724	0,835	0,780	0,744		
H'max	5,044	5,248	5,146	5,524		
ES100	22,61	28,99	25,80	25,76	0,704	0,703
ISI	8,503	8,505	8,504	9,019	0,696	0,745
NSI	21,703	21,877	21,790	21,771	0,672	0,671
DI	0,439	0,242	0,340	0,340	0,742	0,742
		Samlet verdi:	0,702		0,697	0,707

Tabell V.4.4: Oversikt over alle indeksverdiene beregnet ut ifra resultatene fra Berg/Bar 3 fra grabb a og grabb b, gjennomsnittet (\bar{G}) for grabbene og stasjonsverdien (\dot{S}). Fargene i tabellene angir hvilken tilstandsklasse de ulike indeksene faller inn under. Samlet verdi er gjennomsnittet fra den normaliserte nEQR som samler aller indeksene til en felles representativ verdi for stasjonen. Fargekoder: blå tilsvarer tilstandsklassen «svært god», grønn → «god», gul → «moderat», oransje → «dårlig» og rød → «svært dårlig».

Berg/Bar 3	Grabb A	Grabb B	\bar{G}	\dot{S}	nEQR \bar{G}	nEQR \dot{S}
S	45	45	45	58		
N	410	363	386,5	773		
NQI1	0,706	0,709	0,708	0,712	0,682	0,686
H'	3,061	3,347	3,204	3,274	0,623	0,630
J	0,557	0,609	0,583	0,559		
H'max	5,492	5,492	5,492	5,858		
ES100	24,880	25,200	25,040	25,280	0,695	0,697
ISI	8,406	8,978	8,692	8,994	0,714	0,742
NSI	22,292	22,460	22,376	22,371	0,695	0,695
DI	0,563	0,510	0,536	0,536	0,480	0,480
		Samlet verdi:	0,647		0,639	0,655

V.5 Klassifisering av miljøtilstand ut i fra NS 9410:2007

Tabell V. 5.1: Miljøtilstanden (tilstandsklasse) deles inn i fire tilstandsklasser for resultatene fra Prøve 1 - Nærsonne fra en C-undersøkelse; «meget god», «god», «dårlig», «meget dårlig»

Miljøtilstand	Kriterier
1 – meget god	<ul style="list-style-type: none"> - Minst 20 arter av makrofauna (> 1mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m². - Ingen av artene må utgjøre mer enn 65% av det totale individtallet.
2 – god	<ul style="list-style-type: none"> - 5 til 19 arter av makrofauna (> 1mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m². - Mer enn 20 individer utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m². - Ingen av artene må utgjøre mer enn 90% av det totale individtallet.
3 – dårlig	<ul style="list-style-type: none"> - 1 til 4 arter av makrofauna (> 1mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m².
4 – meget dårlig	<ul style="list-style-type: none"> - Ingen arter av makrofauna (> 1mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m²