



DET NORSKE VERITAS

Rapport

Rekolonisering av bentisk fauna ved
dypvannsdeponiet, Malmøykalven 2012



Oslo Havn KF

Rapportnr./DNV Referansenr.: 2012-1437 / 14ZBLGD-2

Rev. 01, 2012-11-23



Rekolonisering av bentisk fauna ved dypvannsdeponiet, Malmøykalven 2012	DET NORSKE VERITAS AS P.O.Box 300 1322 Høvik, Norway Tlf: +47 67 57 99 00 Faks: +47 67 57 99 11 http://www.dnv.com Org. nr.:
Oppdragsgiver: Oslo Havn KF Postboks 230 0103 OSLO Norway	
Oppdragsgivers referanse: Jarle Berger	

Dato for første utgivelse:	2012-11-23	Prosjektnr.:	PP046392
Rapportnr.:	2012-1437	Organisasjonsenhet:	Environmental Risk Managment
Revisjon nr.:	01	Emnegruppe:	Marin overvåking
Utarbeidet av:	Navn og tittel Tormod Glette Senior Consultant Lucy Brooks Senior Consultant	Signatur 	
Verifisert av:	Navn og tittel Sam Arne Nøland Principal Consultant	Signatur 	
Godkjent av:	Navn og tittel Tor Jensen Vice President - Head of Department	Signatur 	

☐	Ingen distribusjon uten tillatelse fra oppdragsgiver eller ansvarlig organisasjonsenhet, men fri distribusjon innen DNV etter 3 år	Indekseringstermer	
☒	Ingen distribusjon uten tillatelse fra oppdragsgiver eller ansvarlig organisasjonsenhet	Nøkkelord	Sediment, bløtbunnsfauna, tildekking, deponi
☐	Strengt konfidensiell	Service-område	SHE Managment
☐	Fri distribusjon	Markeds-segment	General Energy

Revisjon nr. / Dato:	Årsak for utgivelse:	Utarbeidet av:	Godkjent av:	Verifisert av:



Innholdsfortegnelse

KONKLUDERENDE SAMMENDRAG.....	1
1 INNLEDNING	2
1.1 Bakgrunn	2
1.2 Områdebeskrivelse	2
1.3 Formål	4
2 OVERVÅKINGSPROGRAM.....	4
2.1 Sediment og bløtbunns undersøkelser	4
2.2 Klassifiseringssystem for miljøtilstand	5
2.2.1 Organisk innhold i sediment.....	5
2.2.2 Bløtbunnsamfunn.....	6
Tilstandsklassifisering - univariate indekser	6
Multivariate analyser.....	7
3 GJENNOMFØRING	8
4 RESULTATER	9
4.1 Sediment.....	9
4.2 Bløtbunnsfauna.....	10
4.2.1 Diversitet og dominans	10
4.2.2 Multivariate analyser	15
6 REFERANSER	18

Vedlegg 1 Diversitetsindekser

Vedlegg 2 Artsliste

Vedlegg 3 Sedimentanalyse



KONKLUDERENDE SAMMENDRAG

Det Norske Veritas har på oppdrag fra Oslo Havn KF gjennomført bløtbunnsundersøkelse i dypvannsdeponiet ved Malmøykalven. Undersøkelsen er første gangs kartlegging av rekoloniseringen til bløtbunnsfaunaen på tildekkingsmassene i dypvannsdeponiet.

Resultatene viser at alle stasjonene i tildekkingsområdet er klassifisert som tilstandsklasse "moderat" i henhold til Vannrammedirektivet's klassifiseringssystem (VRD, 2009). Referansestasjonen (syd av tildekkingsområdet) er klassifisert som tilstandsklasse "dårlig". Variasjoner i faunaen reflekterer sedimenttypen; sand og grus i tildekkingsområdet og leire og slam i det omkringliggende referanseområdet. I tildekkingsområdet vitner artssammensetningen om et typisk koloniseringsstadium, mens de dominante artene utenfor tildekkingsområdet er forurensingstolerante arter.

Området som er tildekt med sand og grus fremstår som en "øy" av renere masser i forhold til omkringliggende forurensede sedimenter. Over tid forventes det at faunaen i tildekkingsområdet følger et typisk bentisk suksesjonsmønster så lenge oksygennivået i vannsøylen er tilfredsstillende. Området rundt deponiet har høyt innhold av organisk materiale kan fortsatt være forurensset av miljøgifter. Tilførsler fra tilgrensende forurensset sjøbunn kan muligens påvirke tildekkingsområdet over tid, og forringe forholdene for faunaen i området.

1 INNLEDNING

Det Norske Veritas har, på oppdrag fra Oslo Havn KF, gjennomført bløtbunnsundersøkelse i dypvannsdeponiet ved Malmøykalven. Dette er første undersøkelse etter at arbeidet med tildekkingen av deponiet ble avsluttet i 2011. Undersøkelsen danner grunnlaget for fremtidig overvåking av faunaen ved dypvannsdeponiet.

1.1 Bakgrunn

Secora AS har på vegne av Oslo Havn KF gjennomført tildekkingen av dypvannsdeponiet ved Malmøykalven. Tildekkingen har blitt gjennomført i 4 ulike faser:

1. Prøvetildekking (mars 2007)
2. Første tildekkingslag (november 2008 fram til februar 2009)
3. Hovedtildekking (februar til juli 2009)
4. Supplerende tildekking (september 2010 fram til april 2011)

Under prøvetildekking, utlegging av første tildekkingslag og hovedtildekking, ble tildekkingsmassene fraktet på en splittlekter til dypvannsdeponiet ved Malmøykalven. Splittlekteren ble slept på tvers over tildekkingsfeltet ved hjelp av en slepebåt, og dekningsmassene ble sluppet ut og fordelt over deponiområdet (Figur 1-1).

Under supplerende tildekking ble tildekkingsmassene pumpet ut i rør og sluppet ut under vannoverflaten.

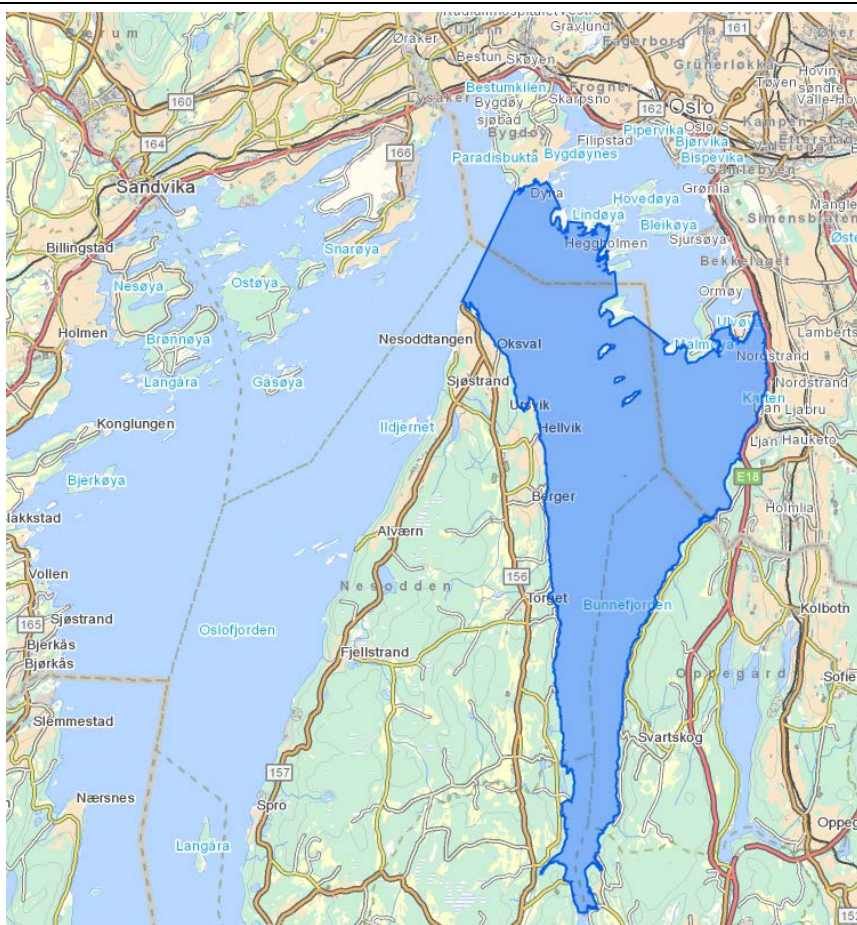


Figur 1-1. *Splittlekter med rene masser tømmes over deponiet.*

1.2 Områdebeskrivelse

Dypvannsdeponiet er etablert vest for Malmøykalven i Bunnefjorden (se faktaboks). Her går det en renne fra indre havn i Oslo, mellom øyene (Langøya, Husbergøya og Malmøykalven) ut i Bunnefjorden. Dypet i deponiområdet er ca. 65 m. Tildekkingsmassene består av rene masser dominert av fin og grov sand iblandet grus og småstein. Sjøbunnen omkring deponiområdet er typisk bløtbunn/mudder. Dypvannsdeponiet er etablert i et område som gjennom lang tid har vært utsatt for forurensning. Omfattende prøvetaking av sedimentene i og rundt deponiet etter tildekking (juni 2009) viste at sedimentkvaliteten i området ikke hadde blitt påvirket av deponidriften (NGI, 2009). Selve deponiarealet viste en sterk miljøforbedring (kjemiske parametere) i 2009 som følge av sandtildekkingen og sedimentene tilsvarte tilstandsklasse I-III (TA 2229-2007). Randområdene viste ingen endring i forhold til situasjonen i 2005 før deponiet ble etablert og lå fortsatt i klasse III-V.

Faktaboks: Vannforekomsten ved dypvannsdeponiet ved Malmøykalven ligger i nordlige del av Bunnefjorden mot grensen til Bekkelagsbassenget. Vannforekomsten er klassifisert som «Moderat» i samlet økologisk tilstand i begge områder (Bunnefjorden og Bekkelagsbassenget). Videre er vannforekomstenes typologi definert som «beskyttet kyst/fjord» noe som er avgjørende for hvilke grenseverdier som benyttes i tolkning av data. Registrerte påvirkningskilder for Bunnefjorden er listet opp i tabellen under:



Kilde: <http://vann-nett.nve.no/statistikk>

Påvirkningskilder: (Kilde: <http://vann-nett.nve.no/statistikk>)

Omfang	Navn	Datakvalitet		Omfang	Navn	Datakvalitet
Middels grad	Avrenning fra landbruk - Annen landbrukskilde	Annet, kommenter		Liten grad	Utslipp fra punktkilder - Industri (ikke-IPPC)	Faglig vurdert
Middels grad	Ikke tilknyttet avløpsnett - Spredt bebyggelse	Faglig vurdert		Middels grad	Utslipp fra punktkilder - Regnvannsoverløp	Faglig vurdert
Middels grad	Avrenning fra diffuse kilder - Fritidsbåter	Faglig vurdert		Middels grad	Utslipp fra renseanlegg - Renseanlegg 2000 PE	Målt
Middels grad	Avrenning fra diffuse kilder - Byer/tettsteder	Faglig vurdert		Liten grad	Fremmede arter - Japansk drivtang	Faglig vurdert
Middels grad	Avrenning fra diffuse kilder - Spillvannlekkasje	Faglig vurdert		Stor grad	Andre påvirkninger - Slamdumping	Faglig vurdert



1.3 Formål

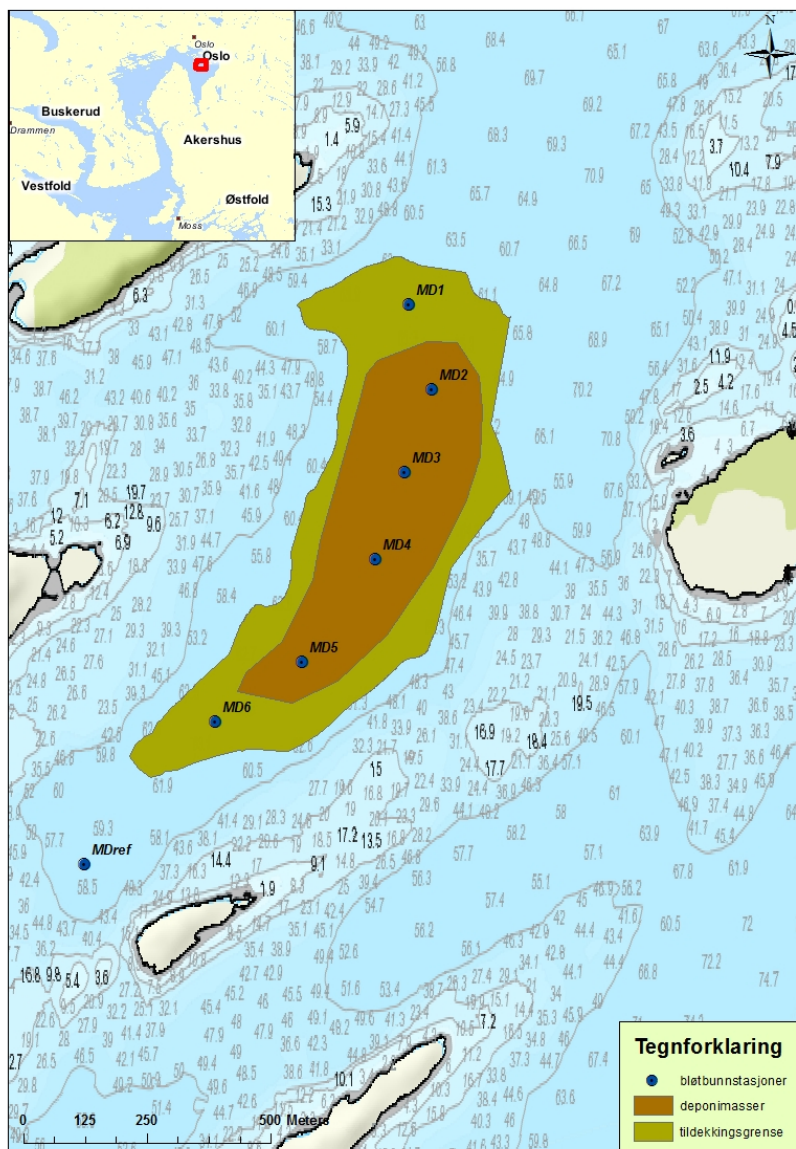
Formålet med undersøkelsen har vært å kartlegge rekoloniseringen av bunndyr i det tildekte deponiområdet ett år etter at tildekkingsarbeidet ble avsluttet. I tillegg vil undersøkelsen danne et godt grunnlag for et fremtidig program for overvåking av rekolonisering av bunnfauna i området. Undersøkelsen vil gi informasjon om bløtbunnsamfunnets tilstand, samt eventuelle effekter av de deponerte massene.

2 OVERVÅKINGSPROGRAM

2.1 Sediment og bløtbunns undersøkelser

I henhold til overvåkingsprogrammet ble sediment og bunnfauna undersøkt på 7 lokaliteter i og ved deponiområdet ved Malmøykalven (Figur 2-1). Stasjonene MD2, MD3, MD4 og MD5 ligger i selve deponiområdet der masser er deponert og tildekket. MD1 og MD6 ligger henholdsvis nord og sør for deponiet, men samtidig innenfor tildekkingsområdet. I tillegg ble det etablert en referansestasjon (MDref) sørvest for tildekkingsområdet. Referansestasjonen skal være upåvirket av virksomheten rundt deponering og tildekking.

For undersøkelse av bunnfauna ble det tatt tre parallelle bløtbunnsprøver (Van Veen grabb; 0,1 m²) fra hver stasjon. Kvantitativ undersøkelse av bløtbunnsfaunaen inkluderte univariate analyser (antall arter og individer, diversitetsindekser (H', ES₁₀₀) og jevnhet (J)), samt de biologiske indeksene NQI1, NQI2 og ISI. Bløtbunnsundersøkelsen er i sin helhet presentert i eget kapittel (kap.4.2). I tillegg ble det samlet inn tre sedimentprøver fra hver stasjon. Fra disse prøvene ble det laget en blandprøve av topplaget (0-5 cm). Blandprøven ble analysert kornstørrelse <63µm (%) og totalt organisk innhold (TOC) (g/kg TS) (støtteparametere i forbindelse med bløtbunnsundersøkelse).



Figur 2-1. Stasjonsplassering ved deponiområdet, Malmøykalven 2012.

2.2 Klassifiseringssystem for miljøtilstand

2.2.1 Organisk innhold i sediment

Hovedhensikten med å ha et klassifiseringssystem er å gi ulike faggrupper og personer innen forvaltning, rådgivning og forskning et felles verktøy for vurdering av miljøtilstand og utvikling i ulike typer vannforekomster. Systemet gir klassifiseringsgrenser for konsentrasjon av bl.a. organisk innhold (TOC) basert på risiko for økologiske effekter. Dette vil si at de forskjellige tilstandsklassene gjenspeiler reelle forskjeller i risiko for skade på levende organismer. N-TOC verdier som er angitt i Tabell 2-1 er TOC-verdier av sediment korrigert (normalisert) for sedimentenes innhold av finstoff (partikler mindre enn 63 µm). Karbonverdier som ikke er korrigert kan ikke brukes til klassifisering.



Tabell 2-1. Klassifisering av tilstand for organisk innhold i sediment (SFT, 97:03). N-TOC er organisk karbon korrigert for andel finstoff.

Parameter	Tilstandsklasser				
	Meget god (I)	God (II)	Mindre god (III)	Dårlig (IV)	Meget dårlig (V)
Organisk karbon N-TOC (mg/g)	<20	20-27	27-34	34-41	>41

2.2.2 Bløtbunnsamfunn

Tilstandsklassifisering - univariate indekser

Tradisjonelle indekser som diversitetsindeks H' (Shannon-Wiener), jevnhet (Pielou's "index of evenness", J') og ES_{100} (Hurlberts rarefaction) er benyttet i analysene. I tillegg er det benyttet de biologiske indeksene NQI1, NQI2 og ISI på datasettet.

I forbindelse med EUs vannrammedirektiv er det lansert egne biotiske indekser for Norge (NQI1 og NQI2) (Vanndirektivet, 2009). Utarbeidelsen av indeksene er basert på sensitivitetsindeksen "AMBI" (www.azti.es), Shannon-Wiener (H'), antall arter og antall individer. I AMBI-databasen er nærmere 6000 arter fra europeiske farvann gruppert etter ømfintlighetsklasse (ecological group, EG):

EG I sensitive arter

EG II nøytrale arter

EG III tolerante arter

EG IV opportunistiske arter

EG V forurensningsindikerende arter

Artssammensetning og tilhørende ømfintlighetsklasse, danner grunnlaget for tilstandsklassene. De biotiske indeksene for Norge er utviklet gjennom empiriske studier og er uttrykt ved:

$NQI1 = [0.5 \cdot (1 - AMBI/7) + 0.5 \cdot (SN/2.7) \cdot (N/(N+5))]$ $NQI2 = [0.5 \cdot (1 - AMBI/7) + 0.5 \cdot (H'/6)]$	Symbolforklaring	
	AMBI:	Sensitivitetsindeks
	SN:	$SN = (\ln S / \ln(\ln N))$
	H' :	Shannon-Wiener indeks
	N:	Antall individer
	S:	Antall arter

I denne undersøkelsen er følgende AMBI-versjon benyttet:

v.5.0 2012beta; species list v. Mar2012.

Indeksverdiene (H' , NQI1 og NQI2) regnes ut for hver grabb, og gjennomsnittet brukes til å klassifisere stasjonen.

Vannrammedirektivets klassifisering av tilstand for bløtbunnsfauna inkluderer flere indekser, der NQ1 vektlegges mest. Grenseverdier for tilstandsklassene er vist i Tabell 2-2.

Klassifiseringssystemet for kystvann inneholder indekser for alle påvirkningstyper på bløtbunnsfauna.



Tallverdiene er foreløpig de samme for alle regioner og vanntyper. Etter hvert som ny kunnskap blir tilgjengelig, vil det bli vurdert om det er grunnlag for å innføre differensierte klassegrenser for regioner og vanntyper.

Tabell 2-2. Grenseverdier for tilstandsklasser for de ulike indeksene, Vanndirektivet 2009.

Indeks	Økologiske tilstandsklasser				
	Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært Dårlig
NQI1	>0,72	0,63-0,72	0,49-0,63	0,31-0,49	<0,31
NQI2	>0,65	0,54-0,65	0,38-0,54	0,20-0,38	<0,20
H'	>3,8	3,0-3,8	1,9-3,0	0,9-1,9	<0,9
ES ₁₀₀	>25	17-25	10-17	5-10	<5
ISI	>8,4	7,5-8,4	6,1-7,5	4,2-6,1	<4,2

Multivariate analyser

Likhetsanalyser (klassifikasjon og ordinasjon) er benyttet til å gruppere stasjoner etter grad av likhet i faunasammensetning. Likhetsanalyser er nyttige fordi de gir en objektiv oversikt over tendenser i komplekse biologiske data. Metodene er sensitive for forskjeller og endringer i biologiske datasett (Warwick & Clarke, 1991 og 1992).

Faunalikhet mellom stasjoner ble undersøkt ved å beregne Bray-Curtis likhetsindeks, som er vanlig brukt i analyser av bunnfauna:

$$\underline{d} = \sum_{i=1}^s \left| \frac{x_{1j} - x_{2j}}{x_{1j} + x_{2j}} \right|$$

hvor x_{1j} og x_{2j} er antall individer av art j på stasjon 1 og 2, og S er antall arter. $\underline{d}$ er ulikhetsindeksen mellom stasjon 1 og 2 summert for alle artene. $\underline{d}$ varierer mellom 0 og 1. Verdier nær 1 vil si at stasjonene er meget ulike med få eller ingen felles arter. Indeksen er et mål for likhet mellom hver av stasjonene i undersøkelsen og resultatene fremkommer som en likhetsmatrise.

Klassifikasjon

- Hierarchical agglomerative clustering (Lance & Williams, 1967).

Ved klassifikasjon foretas en trinnvis sortering av likhetsmatrisen. Her er det brukt "group average sorting" som er en hierarkisk grupperingsteknikk. Da blir stasjoner gruppert etter gjennomsnittlig likhet mellom stasjonene. Resultatet fremkommer som et dendrogram hvor stasjonene er sortert trinnvis fra x-aksen og oppover. Jo lavere ned i dendrogrammet stasjonene sammenføres (horisontale linjer), jo likere er de i faunasammensetning.



3 GJENNOMFØRING

Feltarbeidet ble gjennomført 26. juni 2012 og totalt 7 stasjoner ble samlet inn for analyser av fauna, organisk innhold og kornstørrelsesfordeling (Tabell 3-1).

Tabell 3-1. Stasjonsoversikt Malmøykalven 2012.

STASJON	DYP (M)	TOC/Korn	Fauna	LAT (WGS84)	LONG (WGS84)
MD1	65,5	X	X	59.868309	10.731650
MD2	66	X	X	59.866760	10.732390
MD3	66,5	X	X	59.865269	10.731340
MD4	66	X	X	59.863708	10.730210
MD5	65,5	X	X	59.861881	10.727460
MD6	65	X	X	59.860840	10.724270
MDref	60,5	X	X	59.858311	10.719390

Prøvetakingen ble utført i henhold til ISO 5667-19 (Veiledning i sedimentprøvetaking i marine områder), og det ble tatt tre parallelle sedimentprøver på hver stasjon. Grunnet løst sediment med grov sand og grus, var det ikke mulig å benytte Abdullah kjerneprøvetaker. Sedimentprøvene ble tatt med van Veen grabb, og det ble tatt ut tre parallelle prøver i sjiktet 0-5 cm og laget blandprøver. Sedimentprøvene ble pakket i diffusjonsfrie rilsanposer og sendt i frosset tilstand til Eurofins Norge for analyse av kornstørrelse og totalt organisk karbon (TOC).

Undersøkelsen av bunnfauna (makrofauna) ble utført i henhold til ISO 16665 (Retningslinjer for kvantitativ prøvetaking og prøvebehandling av marin bløtbunnsfauna). Faunaprøvene ble samlet inn ved hjelp av van Veen grabb (0,1 m² overflateareal). Det ble tatt tre parallelle faunaprøver fra hver stasjon. Prøvene ble vasket og siktet i 1 mm og 5 mm sikter under innsamlingen, og deretter konserverert i 4 % formalin bufret med hexamin. Prøvene ble sortert og artsbestemt ved DNVs akkrediterte laboratorium.

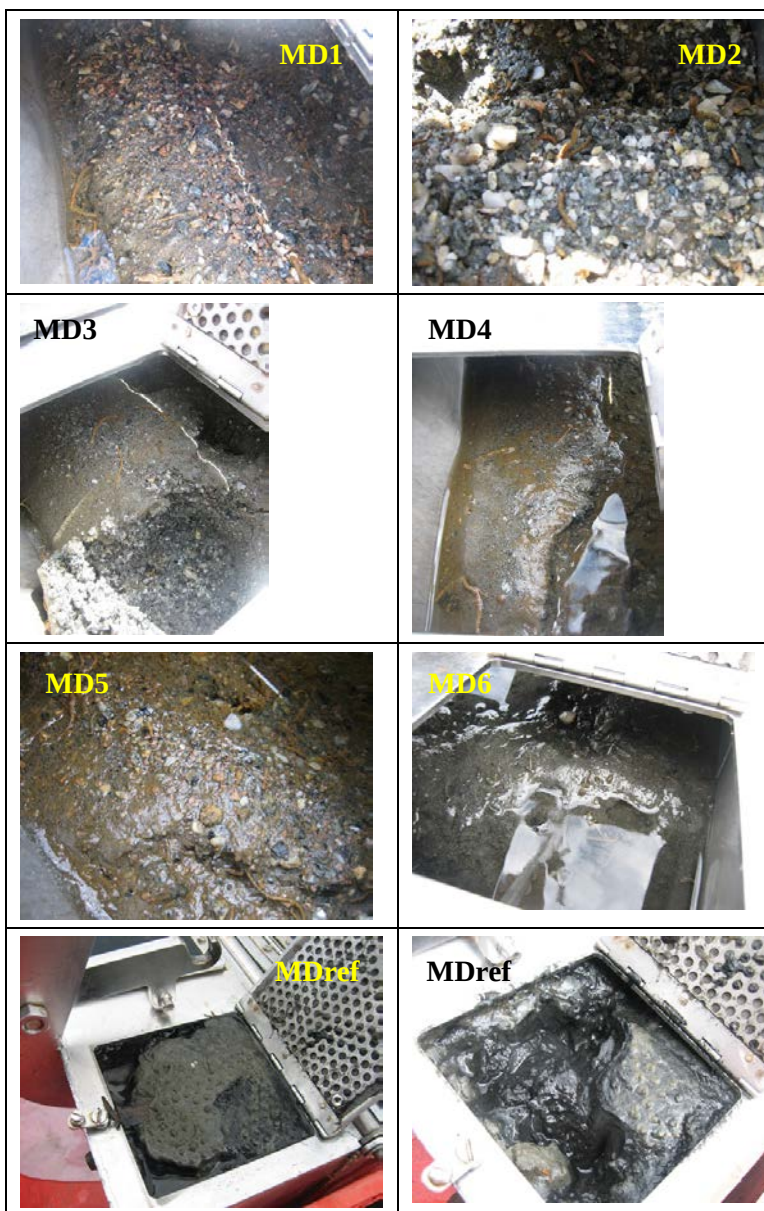
En kvantitativ undersøkelse av bløtbunnsfaunaen inkluderte univariate analyser (antall arter og individer, diversitetsindekser (H', ES₁₀₀) og jevnhet (J)), samt de biologiske indeksene NQI1, NQI2 og ISI. De supplerende analyseresultatene (kornstørrelsesfordeling og TOC) i sjiktet 0-5 cm er nødvendige støtteparametere ved vurdering av faunasituasjonen på bløtbunn.

Sedimentprøvetaking og biologiske analyser er gjennomført akkreditert av DNVs, Biolaboratorium (Test 083).

4 RESULTATER

4.1 Sediment

Stasjonene innen tildekkingsområdet hadde sandig bunnsediment. Analyseresultatene viste at de øverste 5 cm består av ~80 % sand (Vedlegg 1). Under dette sandlaget ble det observert grovere sand og grus (Figur 4-1). Analyseresultater for TOC og kornstørrelse er gjengitt i Tabell 4-1. I tildekkingsområdet er det lave TOC-verdier ($N\text{-TOC} < 20$), som tilsvarer tilstandsklasse I ("meget god") i henhold til Klifs klassifisering av tilstand for organisk innhold i sediment. På referansestasjonen (MDref) bestod 0-5 cm sjiktet av 30 % leire og 24 % grus med noe sand. Analyseresultatene her viste $N\text{-TOC}$ lik 34 mg/g, som ligger i overgangen tilstandsklasse III ("mindre god") og IV ("dårlig").



Figur 4-1. Sediment fra ulike stasjonene, Malmøykalven 2012.



Tabell 4-1. Analyseresultater for sedimentprøver, Malmøykalven 2012. N-TOC er organisk karbon korrigert for andel finstoff. For verdier som ligger under deteksjonsgrense, brukes halve verdien av deteksjonsgrensen ved beregning av N-TOC.

Bakgrunnsfarge refererer til Klifs tilstandsklasser

Meget god (I)	God (II)	Mindre god (III)	Dårlig (IV)	Meget dårlig (V)
------------------	-------------	---------------------	----------------	---------------------

Analyse	Stasjon						
	MD1	MD2	MD3	MD4	MD5	MD6	MDref
Kornstørrelse <63 µm (%)	10,3	11,2	8,7	17,9	13,5	13,7	66,9
TOC (g/kg)	<5	<5	<5	<5	<5	<5	28
N-TOC (mg/g)	18,65	18,48	18,93	17,28	18,07	18,03	33,96

Under prøvetakingen ble det observert en klar forskjell i sedimenttype mellom grabbprøvene på stasjon MD6. Sedimentet i den tredje grabbprøven (MD6-3) var finkornig svart mudder i motsetning til de to første grabbprøvene, der sedimentet var grovere og mer sandig. Årsaken til denne forskjellen kan være ujevn tildekking i området, slik at deler av den opprinnelige og forurensede sjøbunnen er eksponert.

4.2 Bløtbunnsfauna

4.2.1 Diversitet og dominans

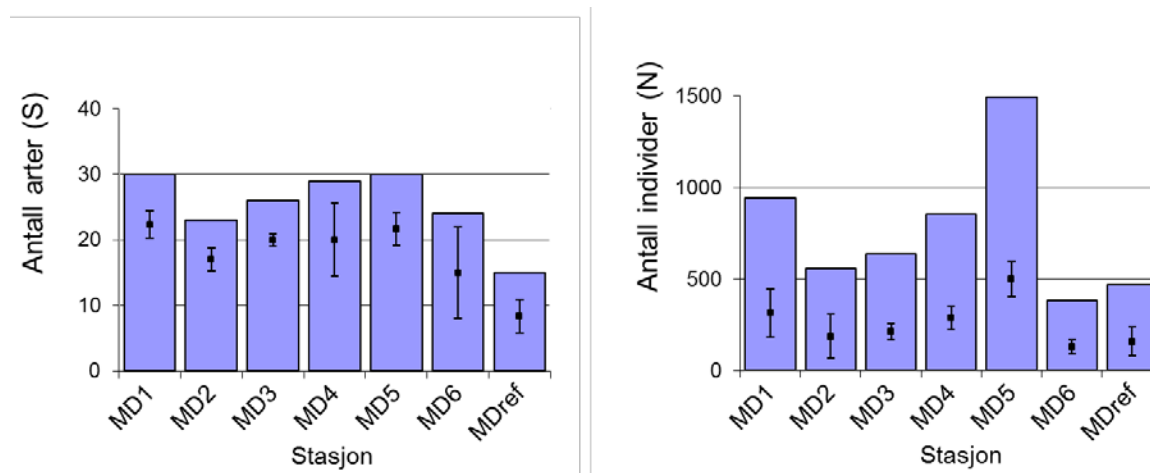
Tabell 4-2 viser antall individer og arter på Malmøykalven fordelt på dyregrupper. Figur 4-2 viser antall individer og arter på de enkelte stasjonene, samt gjennomsnitt grabbprøvene pr stasjon. Til sammen ble det registrert 55 arter fordelt på 5327 individer på stasjonene (fullstendig artsliste i Vedlegg 2).

Faunaen domineres av børstemark (polychaeta) i både antall arter og individer. Totalt utgjør børstemark 90 % av individene og 78 % av artene.

Ingen pigghuder (Echinodermata) ble funnet på noen av stasjonene, og kun to krepsdyr (Crustacea) ble registrert, begge på stasjon MD1. Bløtdyr (Mollusca) utgjør ca. 10 % av alle artene og individene.

Tabell 4-2. Antall individer (N) og arter (S) fordelt på dyregrupper, Malmøykalven 2012.

Dyregrupper	N	%	S	%
Varia	11	0,2	4	7,3
Polychaeta	4791	89,9	43	78,2
Crustacea	2	0,04	2	3,6
Mollusca	523	9,8	6	10,9
Echinodermata	0	0	0	0
Totalt	5327	100,0	55	100,0



Figur 4-2. Antall arter (S) og individer (N) per $0,3 \text{ m}^2$ samt snittverdi og standard avvik mellom grabbprøver ($0,1 \text{ m}^2$), Malmøykalven 2012.

Det var relativt få antall arter (S) på alle stasjonene. Antallet varierte fra 15 på stasjon MDref til 30 på MD1 og MD5. MDref skiller seg ut som spesielt artsfattig. Antall individer (N) varierte fra 379 på stasjon MD6 til 1492 på stasjon MD5.

Tabell 4-3 og Figur 4-3 viser diversitetsindeksene H' , J og ES_{100} for alle stasjonene. På stasjonene innenfor tildekkingsområdet (MD1 til MD6), varierte diversitetsindeksen (H') fra 1,9 (MD5) til 3,1 (MD3). ES_{100} varierte fra 12 (MD5) til 16 (MD1 og MD3). ISI-indeksen varierte fra 5 (MD2) til 5,8 (MD4).

Alle stasjonene, med unntak av MDref klassifiseres som tilstandsklasse "moderat", i henhold til VRD klassifiseringssystem (VRD, 2009).

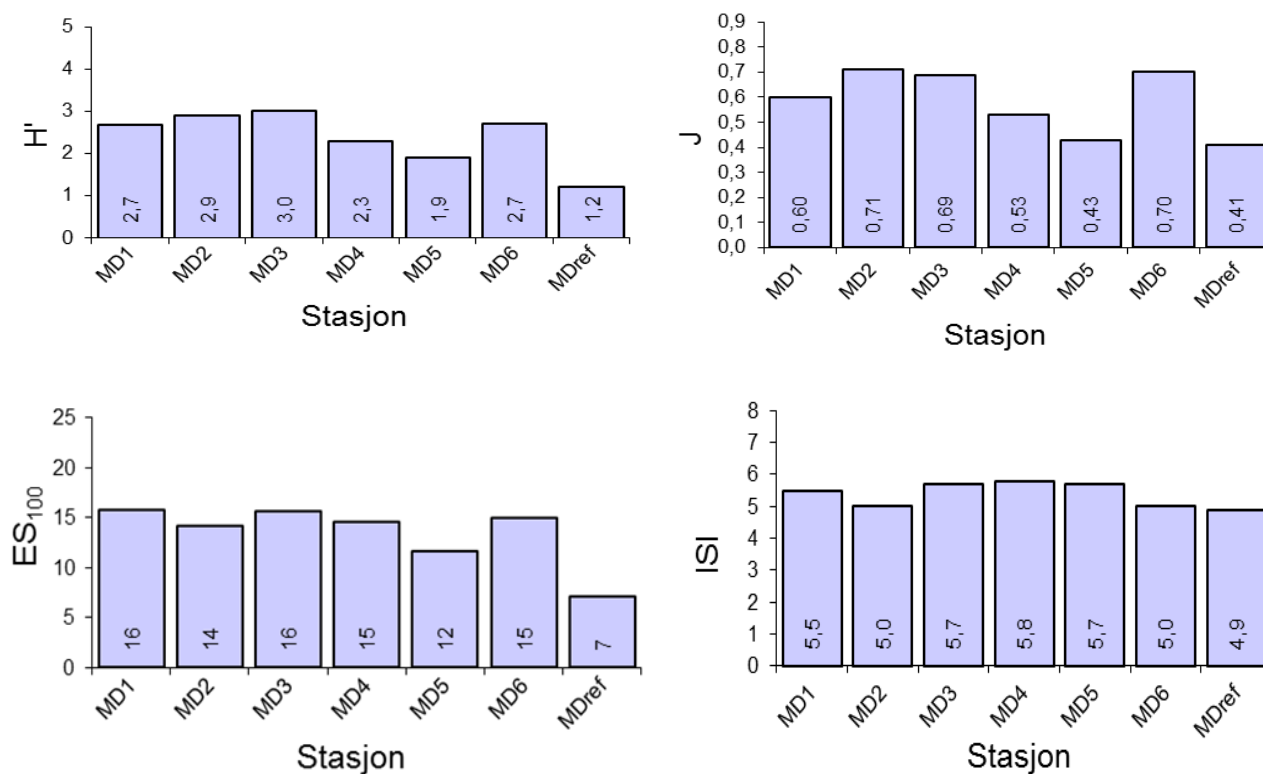
I henhold til Vannrammedirektivet skal det legges vekt på indeksen NQI-1 fremfor de øvrige indeksene ved henvisning til de ulike tilstandsklassene.

På referansestasjonen MDref, som ligger utenfor tildekkingsområdet, var alle de målte indeksene lave. Shannon Wieners diversitetsindeks (H') er 1,2; ES_{100} er 7; og ISI er 4,9. Den økologiske tilstanden på MDref er klassifisert som "dårlig" i henhold til VRD tilstandsklasser.

Tabell 4-3. Dyp, antall arter (S) og individer (N), Jevnhet (J), Shannon Wieners diversitetsindeks (H'), og ES_{100} (forventet antall arter på 100 individer) og de biotiske indeksene $NQI-1$ og 2 , ISI , og $AMBI$, Malmøykalven 2012. Gjennomsnitt verdier per stasjon er visst for H' , J' , $AMBI$, ISI , $NQI1$ og $NQI2$. For detaljert resultater for hver grabb viser til vedlegg 1. ES_{100} er beregnet på stasjonsnivå.

Tilstandsklasse: ■ svært god ■ god ■ moderat ■ dårlig ■ svært dårlig (ref. Tabell 2-2).

Stasjon	Dyp	S	N	J'	H'	ES_{100}	$NQI-1$	$NQI-2$	ISI	$AMBI$	Samlet tilstandsklasse
MD1	65,5	30	942	0,54	2,68	16	0,53	0,43	5,5	4,1	moderat
MD2	66	23	556	0,63	2,9	14	0,54	0,47	5,0	3,9	moderat
MD3	66,5	26	634	0,65	3,0	16	0,55	0,47	5,7	3,9	moderat
MD4	66	29	854	0,49	2,3	15	0,51	0,39	5,8	4,2	moderat
MD5	65,5	30	1492	0,40	1,9	12	0,50	0,35	5,7	4,3	moderat
MD6	65	24	379	0,70	2,7	15	0,49	0,42	5,0	4,2	moderat
MDref	60,5	15	470	0,31	1,20	7	0,35	0,22	4,9	5,3	dårlig



Figur 4-3. Diversitet(gjennomsnitt), jevnhet (gjennomsnitt), ES_{100} og ISI , Malmøykalven 2012.

De ti mest dominerende artene på hver stasjon er vist i Tabell 4-4. På hver stasjon utgjør disse mellom 91 % (MD1) og 99 % (MDref) av totalt antall individer, noe som reflekterer det lave artsantallet på stasjonene.



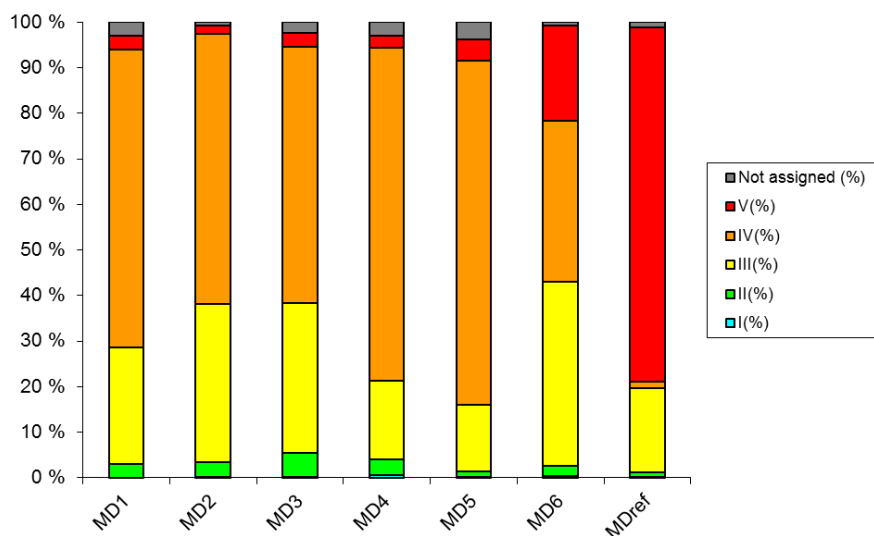
Tabell 4-4. De ti dominante artene på hver stasjon, Malmøykalven 2012.

MD1	Antall	%	Kum%	MD2	Antall	%	Kum%
Chaetozone setosa complex	523	55,52	55,52	Chaetozone setosa complex	246	44,24	44,24
Thyasira sarsi	102	10,83	66,35	Scalibregma inflatum	70	12,59	56,83
Scalibregma inflatum	51	5,41	71,76	Mediomastus fragilis	65	11,69	68,53
Polydora ciliata	41	4,35	76,11	Thyasira sarsi	45	8,09	76,62
Mediomastus fragilis	35	3,72	79,83	Polydora ciliata	44	7,91	84,53
Polyphysia crassa	31	3,29	83,12	Pseudopolydora paucibranchiata	17	3,06	87,59
Capitella capitata	26	2,76	85,88	Polyphysia crassa	11	1,98	89,57
Cauteriella	24	2,55	88,43	Heteromastus filiformis	9	1,62	91,19
Euchone papillosa	14	1,49	89,92	Capitella capitata	8	1,44	92,63
Dipolydora caulleryi	13	1,38	91,30	Dipolydora caulleryi	6	1,08	93,71
MD3	Antall	%	Kum%	MD4	Antall	%	Kum%
Chaetozone setosa complex	252	39,75	39,75	Chaetozone setosa complex	525	61,48	61,48
Mediomastus fragilis	91	14,35	54,10	Thyasira sarsi	79	9,25	70,73
Scalibregma inflatum	76	11,99	66,09	Polydora ciliata	57	6,67	77,4
Polydora ciliata	47	7,41	73,50	Mediomastus fragilis	35	4,1	81,5
Pseudopolydora paucibranchiata	35	5,52	79,02	Capitella capitata	24	2,81	84,31
Thyasira sarsi	28	4,42	83,44	Cauteriella	22	2,58	86,89
Capitella capitata	19	3	86,44	Pseudopolydora paucibranchiata	17	1,99	88,88
Harmothoe	15	2,37	88,80	Polydora	15	1,76	90,63
Cauteriella	12	1,89	90,69	Scalibregma inflatum	12	1,41	92,04
Heteromastus filiformis	10	1,58	92,27	Euchone papillosa	12	1,41	93,44
MD5	Antall	%	Kum%	MD6	Antall	%	Kum%
Chaetozone setosa complex	1039	69,64	69,64	Thyasira sarsi	84	22,16	22,16
Thyasira sarsi	97	6,5	76,14	Capitella capitata	79	20,84	43,01
Capitella capitata	70	4,69	80,83	Polydora ciliata	56	14,78	57,78
Cauteriella	57	3,82	84,65	Chaetozone setosa complex	54	14,25	72,03
Mediomastus fragilis	57	3,82	88,47	Scalibregma inflatum	37	9,76	81,79
Scalibregma inflatum	43	2,88	91,35	Mediomastus fragilis	13	3,43	85,22
Pseudopolydora paucibranchiata	29	1,94	93,30	Polydora	11	2,9	88,13
Polydora ciliata	29	1,94	95,24	Polyphysia crassa	8	2,11	90,24
Polydora	11	0,74	95,98	Spiophanes kroyeri	8	2,11	92,35
Spiophanes kroyeri	10	0,67	96,65	Dipolydora caulleryi	5	1,32	93,67
MDref	Antall	%	Kum%				
Capitella capitata	365	77,66	77,66				
Thyasira sarsi	70	14,89	92,55				
Mediomastus fragilis	11	2,34	94,89				
Polydora ciliata	5	1,06	95,96				
Raricirrus beryli	5	1,06	97,02				
Thyasira flexuosa	3	0,64	97,66				
Tunicata	2	0,43	98,09				
Scalibregma inflatum	2	0,43	98,51				
Amphitrite cirrata	1	0,21	98,72				
Syllidia armata	1	0,21	98,94				

Figur 4-4 viser fordelingen av andel arter i de ulike ømfintlighetsklassene (AMBI). Her var det stor likhet mellom stasjonene MD1, -2, -3, -4 og -5, mens MD6 og MDref skilte seg ut. På stasjonene MD1 til MD5, var mindre enn 5 % av totalt antall individer "nøytrale arter" (EG II, se kap. 2.2.2.1) og færre enn 1 % "sensitive arter" (EG I). Disse stasjonene var mindre enn 5 % av totalt antall individer "forurensningsindikerende arter" (EG V). Det ble registrert en høy andel av "opportunistiske arter" (EG IV) på stasjonene MD1 til MD5. Disse artene utgjør opptil 79 % av totalt antall individer. På disse stasjonene dominerer den opportunistiske (EG IV) børstemarken *Chaetozone setosa*.

Stasjon MD6 er dominert av "tolerante arter" (EG III), særlig muslingen *Thyasira sarsi*, som utgjør 22 % av totalt antall individer og børstemarken *Scalibregma inflatum*. På samme stasjon er andelen av "opportunistiske arter" (EG IV) ca. 36 %, som er noe mindre enn andelen på stasjonene MD1 til MD5. Opportunistiske arter på MD6 er hovedsakelig børstemarkene *Polydora ciliata* og *Chaetozone setosa*. På MD6 var andelen av "forurensningsindikerende arter" (EG V) 21 % av totalt antall individer. Dette er en høyere andel enn på MD1 til MD5 og skyldes høy dominans av *Capitella capitata*.

Stasjon MDref skiller seg ut ved å være dominert av den forurensningsindikerende (EG V) børstemarken *Capitella capitata*, som utgjør 78 % av totalt antall individer.



Figur 4-4. Andel arter i de ulike økologiske gruppene (AMBI), Malmøykalven 2012.



4.2.2 Multivariate analyser

Dendrogram av faunasammensetningen mellom grabbene er vist i Figur 4-5. Grabbene grupperer seg i to grupper, A og B. Dendrogrammet viser at faunasammensetningen er relativt lik (>60 %) innen gruppe A, dvs. mellom stasjonene MD1, -2, -3 -4 og -5. Grabbene på stasjon MD3 og MD5 grupperer seg på stasjonsnivå, mens grabbene fra MD1, MD2, og MD4 fordeler seg litt om hverandre innen gruppen. Bildet viser at referansestasjonen og en av grabbprøvene fra MD6 skiller seg fra de øvrige stasjonene, og at faunasammensetningen innenfor det tildekte området er relativt lik (med unntak av en grabb på MD6),

Forskjellen mellom de to gruppene skyldes høy dominans av *Capitella capitata* (EG IV) og fravær av *Chaetozone setosa* i gruppe B. Analysene viste en ulikhet mellom gruppe A og gruppe B på 66 %. Til sammen utgjør de to artene 35 % av den totale ulikheten mellom gruppene.

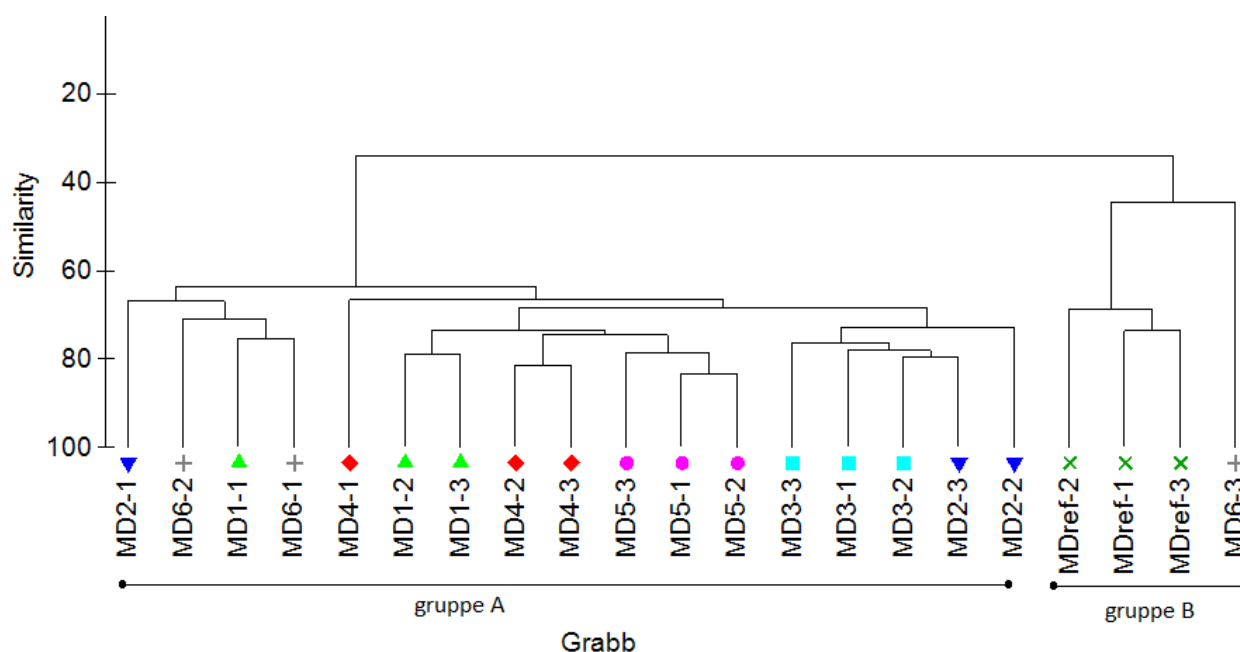
Sedimentet i det tildekte området bestod av sand med lave TOC-verdier. Den dominante arten *Chaetozone setosa* er en vanlig børstemark i alle typer substrater, inkludert sand og grus. Denne arten, som er karakterisert som en bunnfallspiser som finner sin føde i sedimentoverflaten (0,1 cm), lever nedgravd og har liten mobilitet.

Sedimentet på MDref bestod av leire og grus med normalisert N-TOC på ca. 34 mg/g, altså vesentlig høyere enn på de øvrige stasjonene. Den dominante børstemarken *Capitella capitata* lever i alle typer substrater, men er mest vanlig i leirete sand og ren leire. Arten er karakterisert som opportunistisk sedimentspiser, som spiser i øvre lag (0-5 cm), og lever nedgravd med medium mobilitet. *Capitella capitata* er tolerant i forhold til anoksiske miljøforhold og forurensninger.

Nylig tildekte områder av sand og grus med grov kornstørrelse og lite organisk materiale (som observert i det tildekte området) favoriserer *Chaetozone setosa* fremfor *Capitella capitata*.

Forutsatt gode oksygenforhold og lite forurensing vil man etter hvert forvente en økende variasjon i hva slags arter som lever i tildekningsområdet, dvs. en suksesjon fra arter som kun spiser i overflaten til arter som også utnytter det organiske materiale lenger ned. Diversiteten vil altså øke med økende antall nisjer. Hvor lang tid dette tar vil avhenge av sedimentasjonsraten og kvaliteten på det tilførte sedimentet.

Dendrogrammet (Figur 4-5) viser at MD6 har store variasjoner i artssammensetning mellom grabbene, og at grabb MD6-3 er mer lik referansestasjonen enn stasjonene i gruppe A. Det kan sees i sammenheng med observerte forskjeller i sedimenttype mellom grabbene på MD6 under prøvetaking. Sedimentet i grabb MD6-3 var finkornig og bløt svart leire, i motsetning til MD6-1 og MD6-2 med grovere og mer sandig sediment. Årsaken til denne forskjellen kan være ujevn tildekking, slik at lokalt kontaminert sediment påvirker bløtbunnssamfunnet.



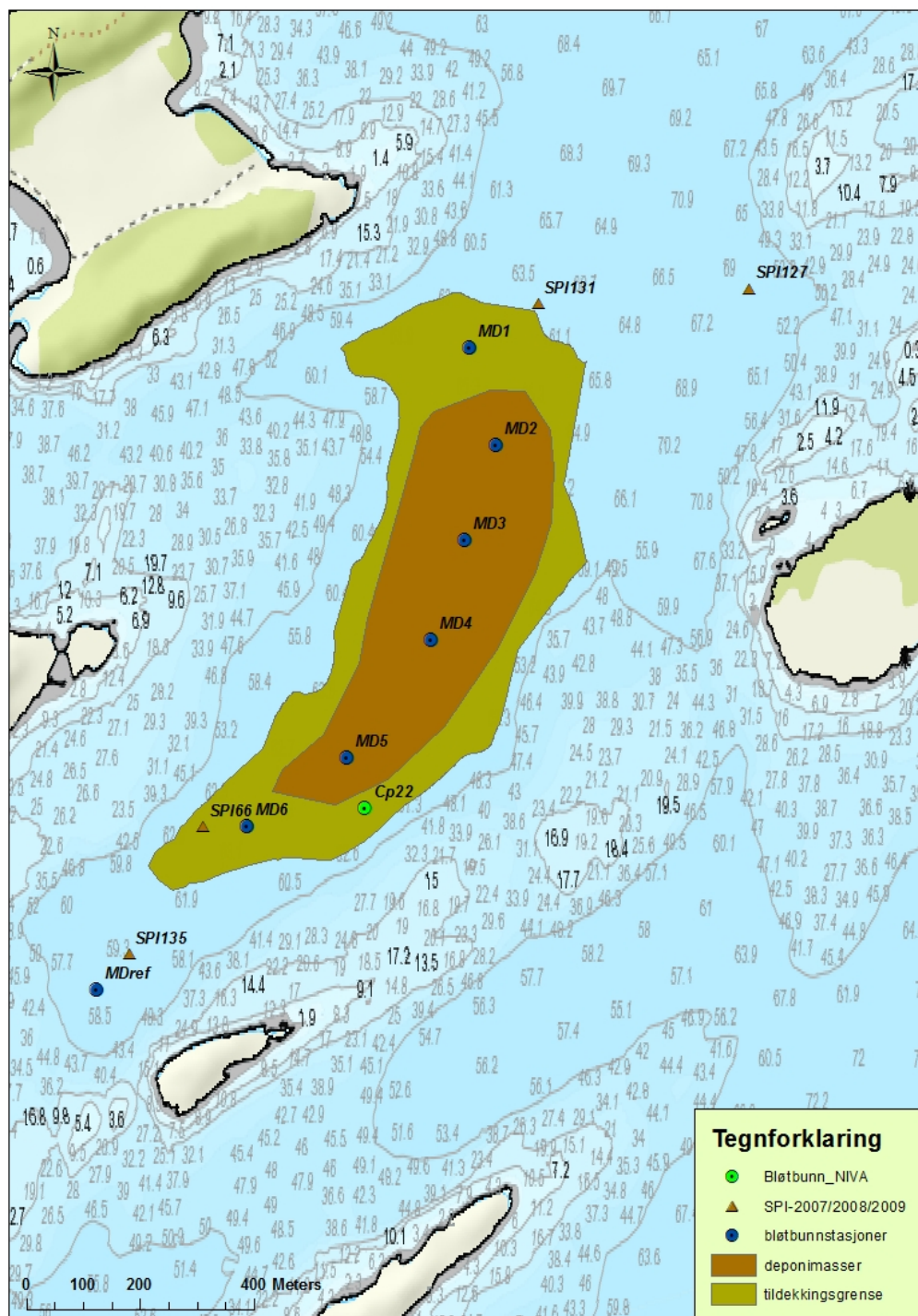
Figur 4-5. Dendrogram på grabbnivå, Malmøykalven 2012.

5 DISKUSJON OG SAMMENLIKNING MED TIDLIGERE STUDIER

Stasjonen MDref representerer området rundt dypvannsdeponiet som ikke har blitt dekket med rene dekningsmasser. Før etablering av deponiet besto bunnen i området ved Malmøykalven av bløt leire og slam som inneholdt høye konsentrasjoner av flere metaller og organiske forbindelser. Dette var et resultat av at området gjennom historien har vært brukt for dumping av skipsvrak og mudrede masser (NGI 2009).

Olsgard (1995) rapporterte om svært lite bløtbunnsfauna under 50 m i Bunnefjorden, og NIVA (NIVA 2009b) konkluderte med at grensen for "svært dårlige forhold" (uten makroskopisk liv) inntraff på omlag 60 meters dyp. Målinger utført i dette studiet viste oksygenkonsentrasjoner på ≤ 1 ml/l i bunnvannet i Bunnefjorden. Studier har vist at bløtbunnsfaunaen påvirkes negativt ved oksygenkonsentrasjoner rundt 1 ml/l. NIVA konkluderte med at fraværende bunnfauna i dypområdene i Bunnefjorden trolig er styrt av oksygenforhold, og i mindre grad av miljøgiftkonsentrasjon (NIVA 2009b).

Tidligere undersøkelser i deponiområdet dokumenterer forholdene i de opprinnelige bunnsedimentene før deponering. I årene før og under deponering og tildekking har NIVA gjennomført undersøkelser av bløtbunnsamfunn og undersøkelser ved hjelp av SPI-kamera (sediment-profilbilder) (Klif 2010; NIVA 2011). SPI- og bløtbunnstasjoner er vist på kart i Figur 5-1.



Figur 5-1. Prøvetakingsstasjoner i 2012, samt tidligere SPI- og bløtbunnstasjonliff. SPI-stasjonene SPI131, SPI166 og SPI135 ble undersøkt i 2007, 2008 og 2009 (Klif 2010). Bløtbunnstasjonstasjonen Cp22 ble undersøkt i 2009 (NIVA 2011).

I følge Klif (2010) ble forholdene på de tre SPI-stasjonene klassifisert som "dårlig" eller "meget dårlig" i henhold til BHQ (Benthic Habitat Quality) indeksen, under første del av



tildekkingsarbeidet (2007, 2008 og 2009). Bløtbunnstasjonen Cp22 ble klassifisert som "moderat"/"dårlig" av NIVA i 2009 med hensyn på NQI.

Området som er tildekt med sand og grus fremstår altså som en "øy" av renere masser i forhold til omkringliggende forurensede sedimenter. Over tid forventes det at området som er tildekt med rene sedimenter følger et typisk bentisk suksesjonsmønster så lenge oksygennivået i vannsøylen opprettholdes.

6 REFERANSER

Borja, A., Franco J., og Perez, V. 2000. *A marine biotic index to establish the ecological quality of soft bottom benthos within European estuarine and coastal environments*. Mar Poll Bull. 40 (12), 1100-114

J. Hyland, L. Balthis, I. Karakassis, P. Magni, A. Petrov, J. Shine, O. Vestergaard, R. Warwick, 2005. *Organic carbon content of sediments as an indicator of stress in the marine benthos*. Mar Ecol Prog Ser 295: 91–103

KLIF 2010. *Kartlegging av sjøbunn med sedimentprofilbilder (SPI) i indre Oslofjord knyttet til mudring i Oslo havn og dypvannsdeponering ved Malmøykalven - 2009*. ISBN 978-82-577-5655-0. Rapportnr. TA2638/2010.

NGI 2009. *Overvåking av forurensing ved mudring å deponering*. Rapportnr:20051785-65. REV 1.

NIVA 2011. *Overvåking av forurensningssituasjonen i Indre Oslofjord 2010*. ISBN 978-82-577-5916-2. Rapport nr. 6181-2011

Olsgard 1995. *Overvåking av forurensningssituasjonen i Indre Oslofjord*. Undersøkelse av bløtbunnsfauna 1993. (overvåkningsrapport 622/95) TA nr 1258-1995.

NIVA 2009b. *Kartlegging av bløtbunn med sedimentprofilbilder (SPI) i Bunnefjorden 2008*, Nilsson, .H ISBN 978-82-577-5538-6. Rapport nr. 5803-2009

SFT 97:03. *Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann*. Veiledning 97:03. Molvær, J., Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J. Sørensen, J. 36 pp.

VRD, 2009. Veileder 01:2009. *Klassifisering av miljøtilstand i vann*. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver.



VEDLEGG

1

Diversitetsindekser

Oversikt over antall individer, arter, jevnhet, ømfintlighets- og diversitetsindekser på grab nivå, Malmøykalven 2012. Klifs tilstandsklasser er markert med farger for hver klassifisering. Diversitet er klassifisert for både sum og gjennomsnitt. Beregningen av NQI-1 og NQI-2 er gjort i henhold til Veileder 01:2009- Beregningene av artsmangfold og ømfintlighets indekser skal beregnes for hver grabb, og gjennomsnitt brukes til å klassifisere stasjonen.

Tilstandsklasse: ■ svært god ■ god ■ moderat ■ dårlig ■ svært dårlig

Station	Dyp	grab	S	N	H'	J'	AMBI	NQI1	NQI2	ISI
MD1	65,5	1	20	190	3,00	0,69	4,2	0,53	0,45	5,2
		2	23	450	2,29	0,51	4,1	0,53	0,40	5,6
		3	24	302	2,74	0,60	4,0	0,55	0,44	5,5
		sum	30	942	2,67	0,54				5,3
		gj. snitt	22	314	2,68	0,60	4,1	0,53	0,43	5,46
MD2	66	1	16	58	3,42	0,85	3,9	0,56	0,51	5,5
		2	16	299	2,08	0,52	4,1	0,50	0,38	4,7
		3	19	199	3,20	0,75	3,7	0,56	0,50	5,0
		sum	23	556	2,83	0,63				5,5
		gj. snitt	17	185	2,90	0,71	3,9	0,54	0,47	5,0
MD3	66,5	1	20	241	2,81	0,65	4,0	0,53	0,45	5,7
		2	21	230	2,84	0,65	3,8	0,55	0,46	5,5
		3	19	163	3,26	0,77	3,8	0,56	0,50	5,7
		sum	26	634	3,06	0,65				5,8
		gj. snitt	20	211	2,97	0,69	3,9	0,55	0,47	5,7
MD4	66	1	14	217	1,94	0,51	4,3	0,48	0,36	5,4
		2	25	338	2,51	0,54	4,0	0,55	0,42	5,6
		3	21	299	2,35	0,53	4,2	0,52	0,39	6,4
		sum	29	854	2,38	0,49				5,9
		gj. snitt	20	285	2,27	0,53	4,2	0,51	0,39	5,8
MD5	65,5	1	22	513	1,90	0,43	4,3	0,50	0,35	5,8
		2	24	584	1,89	0,41	4,2	0,51	0,36	5,7
		3	19	395	1,92	0,45	4,4	0,49	0,34	5,6
		sum	30	1492	1,95	0,40				6,1
		gj. snitt	22	497	1,90	0,43	4,3	0,50	0,35	5,7
MD6		1	18	131	3,09	0,74	3,6	0,57	0,50	5,5
		2	20	163	3,08	0,71	4,0	0,54	0,47	5,5
		3	7	85	1,82	0,65	5,1	0,37	0,29	4,2
		sum	24	379	3,20	0,70				5,7
		gj. snitt	15	126	2,66	0,70	4,2	0,49	0,42	5,0
MDref		1	6	97	1,34	0,52	5,1	0,34	0,25	4,4
		2	11	245	0,99	0,29	5,5	0,36	0,19	5,2
		3	8	128	1,27	0,42	5,3	0,36	0,23	5,2
		sum	15	470	1,20	0,31				5,3
		gj. snitt	8	157	1,20	0,41	5,3	0,35	0,22	4,9



VEDLEGG

2

Artsliste

	MD1			MD2			MD3			MD4			MD5			MD6			MDref		
Malmøykalven	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
VARIA																					
Hexacorallia					1		1														
Nemertea													1	1							
Tunicata																				2	
Oligochaeta	2				2	1															
POLYCHAETA																					
Glycera alba	1	4	1	1		1					1		1	1		1	3				
Glycera													1								
Goniada maculata											1										
Ophiodromus flexuosus			1														1				
Syllidia armata			3		1	3	2	3	1		2	3	3	2	1		1			1	
Pholoe inornata													1								
Chaetoparia nilssoni		1																			
Eteone longa								1					1								
Phyllodoce (Anaitides) groenlandica	2	1					3														
Phyllodoce maculata															1	1					
Phyllodoce rosea			1																		
Sige fusigera	2	2	5				2	1	1		1			1		1	1				
Trochochaeta multisetosa								1													
Eunoe								1													
Harmothoe	1	2	3	2		2	4	5	6	2	3	2	1			1	2				
Malmgrenia				1		4	2	2	3		2	1	1	1	1		1			1	
Polynoidae		1	1		1				1	2		2			2			1			
Syllis cornuta		1	1		2	2	1	1							1		2				1
Galathowenia oculata			1																		
Euchone																1					
Sabella pavonina											4	1	1	1			1				
Euchone papillosa	1	10	3	1			1		1		4	8	1	3	1		1				
Dipolydora caulleryi	6	3	4	2	1	3		3	1	1	1	3	1	3	1	2	1	2			
Polydora	4	2	3	2	1	2	2	1	3	5	6	4	4	5	2	3	2	6	1		
Pseudopolydora paucibranchiata	2	7	1	1	8	8	8	11	16	4	6	7	18	9	2	1	2				
Spiophanes kroyeri	1	7	3	1				3	1	1	1	2	1	8	1	4	4			1	
Polydora ciliata	15	14	12	16	13	15	19	8	20	14	22	21	11	5	13	3	18	35	1	2	2
Anobothrus gracilis											1	1		1							
Melinna cristata												2									
Melinna elisabethae															1						
Amphitrite cirrata																				1	
Eupolymnia nebulosa										1											
Caulleriella	11	7	6			3	6	4	2	6	11	5	19	21	17	2					
Chaetozone setosa complex	83	278	162	7	182	57	117	95	40	144	193	188	360	415	264	30	22	2			
Raricirrus beryli																				2	3
Lagis koreni			1																		
Capitella capitata	11	6	9	3	1	4	6	8	5	6	4	14	16	14	40	8	35	36	67	203	95
Heteromastus filiformis	1	4	6	2	4	3	6	2	2		2		3	5	1	1					
Mediomastus fragilis	4	16	15	6	38	21	27	29	35	10	17	8	15	27	15	8	2	3	6	3	2
Scoloplos (Scoloplos) armiger							1														
Orbiniidae												2									
Scalibregma inflatum	18	9	24	7	19	44	18	46	12		7	5	22	12	9	20	16	1			2
Polyphysia crassa	6	16	9	2	2	7	2	1			1	1	1	2		5	3				
CRUSTACEA																					
Photidae sp.1			1																		
Photidae sp.2			1																		
MOLLUSCA																					
Kurtiella bidentata						1															
Mya truncata										1											1
Corbula gibba											1										
Thyasira flexuosa										1	3	5				1			2	1	
Thyasira sarsi	18	57	27	4	23	18	13	4	11	21	42	16	31	43	23	38	46		20	28	22
Dacrydium vitreum	1																				
ECHINODERMATA																					



VEDLEGG

3

Sedimentanalyse

Det Norske Veritas AS
Veritasveien 1
1322 Høvik
Attn: Tormod Glette

AR-12-MM-011226-01



EUNOMO-00056513

Prøvemottak: 29.06.2012
Temperatur: 0 °C
Analyseperiode: 29.06.2012-12.07.2012
Referanse: Malmøykalven 2012

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.: 439-2012-06290061	Prøvetakingsdato: 26.06.2012
Prøvetype: Sedimenter	Prøvetaker: Christian Volan, DNV
Prøvemerkning: MD-1	Analysestartdato: 29.06.2012
Analyse	Resultat: Enhet: MU Metode: LOQ: Grenseverdi
a) Kornstørrelse < 2000 µm	92.6 % (v/v) dv In acc. with NEN 5753 0.1
a) Kornstørrelse < 1000 µm	59.3 % (v/v) dv In acc. with NEN 5753 0.1
a) Kornstørrelse < 500 µm	43.1 % (v/v) dv In acc. with NEN 5753 0.1
a) Kornstørrelse < 250 µm	29.4 % (v/v) dv In acc. with NEN 5753 0.1
a) Kornstørrelse < 125 µm	17.5 % (v/v) dv In acc. with NEN 5753 0.1
a) Kornstørrelse < 45 µm	7.0 % (v/v) dv Sedimentering 0.1
a) Kornstørrelse < 63 µm	10.3 % (v/v) dv Sedimentering 0.1
a) Kornstørrelse < 16 µm	4.2 % (v/v) dv NEN 5753 1
a) Kornstørrelse < 2 µm	
Fraksjon < 2 µm	<1 % (v/v) dv Sedimentasjon 1
a)* Totalt organisk karbon (TOC)	<5 g/kg TS In acc. with NEN-EN 13137 5

Prøvenr.: 439-2012-06290062	Prøvetakingsdato: 26.06.2012
Prøvetype: Sedimenter	Prøvetaker: Christian Volan, DNV
Prøvemerkning: MD-2	Analysestartdato: 29.06.2012
Analyse	Resultat: Enhet: MU Metode: LOQ: Grenseverdi
a) Kornstørrelse < 2000 µm	93.9 % (v/v) dv In acc. with NEN 5753 0.1
a) Kornstørrelse < 1000 µm	73.9 % (v/v) dv In acc. with NEN 5753 0.1
a) Kornstørrelse < 500 µm	54.1 % (v/v) dv In acc. with NEN 5753 0.1
a) Kornstørrelse < 250 µm	38.6 % (v/v) dv In acc. with NEN 5753 0.1
a) Kornstørrelse < 125 µm	21.8 % (v/v) dv In acc. with NEN 5753 0.1
a) Kornstørrelse < 45 µm	8.5 % (v/v) dv Sedimentering 0.1
a) Kornstørrelse < 63 µm	11.2 % (v/v) dv Sedimentering 0.1
a) Kornstørrelse < 16 µm	5.7 % (v/v) dv NEN 5753 1
a) Kornstørrelse < 2 µm	
Fraksjon < 2 µm	1.5 % (v/v) dv Sedimentasjon 1
a)* Totalt organisk karbon (TOC)	<5 g/kg TS In acc. with NEN-EN 13137 5

Tegnforklaring:

* (Ikke omfattet av akkrediteringen)

< :Mindre enn, > :Større enn, nd :Ikke påvist, MPN :Most Probable Number, cfu :Colony Forming Units, MU :Uncertainty of Measurement, LOQ :Kvantifiseringsgrense

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).



Prøvenr.: 439-2012-06290063	Prøvetakingsdato: 26.06.2012
Prøvetype: Sedimenter	Prøvetaker: Christian Volan, DNV
Prøvemerkning: MD-3	Analysestartdato: 29.06.2012
Analyse	Resultat: Enhet: MU Metode: LOQ: Grenseverdi
a) Kornstørrelse < 2000 µm	96.5 % (v/v) dv In acc. with NEN 5753 0.1
a) Kornstørrelse < 1000 µm	68.7 % (v/v) dv In acc. with NEN 5753 0.1
a) Kornstørrelse < 500 µm	41.8 % (v/v) dv In acc. with NEN 5753 0.1
a) Kornstørrelse < 250 µm	23.4 % (v/v) dv In acc. with NEN 5753 0.1
a) Kornstørrelse < 125 µm	13.7 % (v/v) dv In acc. with NEN 5753 0.1
a) Kornstørrelse < 45 µm	6.9 % (v/v) dv Sedimentering 0.1
a) Kornstørrelse < 63 µm	8.7 % (v/v) dv Sedimentering 0.1
a) Kornstørrelse <16 µm	5.0 % (v/v) dv NEN 5753 1
a) Kornstørrelse <2 µm	
Fraksjon <2 µm	2.5 % (v/v) dv Sedimentasjon 1
a)* Totalt organisk karbon (TOC)	<5 g/kg TS In acc. with NEN-EN 13137 5

Prøvenr.: 439-2012-06290064	Prøvetakingsdato: 26.06.2012
Prøvetype: Sedimenter	Prøvetaker: Christian Volan, DNV
Prøvemerkning: MD-4	Analysestartdato: 29.06.2012
Analyse	Resultat: Enhet: MU Metode: LOQ: Grenseverdi
a) Kornstørrelse < 2000 µm	99.5 % (v/v) dv In acc. with NEN 5753 0.1
a) Kornstørrelse < 1000 µm	88.9 % (v/v) dv In acc. with NEN 5753 0.1
a) Kornstørrelse < 500 µm	71.9 % (v/v) dv In acc. with NEN 5753 0.1
a) Kornstørrelse < 250 µm	51.9 % (v/v) dv In acc. with NEN 5753 0.1
a) Kornstørrelse < 125 µm	31.8 % (v/v) dv In acc. with NEN 5753 0.1
a) Kornstørrelse < 45 µm	13.3 % (v/v) dv Sedimentering 0.1
a) Kornstørrelse < 63 µm	17.9 % (v/v) dv Sedimentering 0.1
a) Kornstørrelse <16 µm	7.7 % (v/v) dv NEN 5753 1
a) Kornstørrelse <2 µm	
Fraksjon <2 µm	2.9 % (v/v) dv Sedimentasjon 1
a)* Totalt organisk karbon (TOC)	<5 g/kg TS In acc. with NEN-EN 13137 5

Tegnforklaring:

* (Ikke omfattet av akkrediteringen)

< :Mindre enn, > :Større enn, nd :Ikke påvist, MPN :Most Probable Number, cfu :Colony Forming Units, MU :Uncertainty of Measurement, LOQ :Kvantifiseringsgrense

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).



Prøvenr.: 439-2012-06290065	Prøvetakingsdato: 26.06.2012					
Prøvetype: Sedimenter	Prøvetaker: Christian Volan, DNV					
Prøvemerkning: MD-5	Analysestartdato: 29.06.2012					
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:	Grenseverdi
a) Kornstørrelse < 2000 µm	84.1	% (v/v) dv		In acc. with NEN 5753	0.1	
a) Kornstørrelse < 1000 µm	68.5	% (v/v) dv		In acc. with NEN 5753	0.1	
a) Kornstørrelse < 500 µm	52.3	% (v/v) dv		In acc. with NEN 5753	0.1	
a) Kornstørrelse < 250 µm	34.3	% (v/v) dv		In acc. with NEN 5753	0.1	
a) Kornstørrelse < 125 µm	16.3	% (v/v) dv		In acc. with NEN 5753	0.1	
a) Kornstørrelse < 45 µm	9.7	% (v/v) dv		Sedimentering	0.1	
a) Kornstørrelse < 63 µm	13.5	% (v/v) dv		Sedimentering	0.1	
a) Kornstørrelse <16 µm	5.9	% (v/v) dv		NEN 5753	1	
a) Kornstørrelse <2 µm						
Fraksjon <2 µm	2.3	% (v/v) dv		Sedimentasjon	1	
a)* Totalt organisk karbon (TOC)	<5	g/kg TS		In acc. with NEN-EN 13137	5	

Prøvenr.:	439-2012-06290066	Prøvetakingsdato:	26.06.2012			
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Christian Volan, DNV			
Prøvemerkning:	MD-6	Analysestartdato:	29.06.2012			
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:	Grenseverdi
a) Kornstørrelse < 2000 µm	93.9	% (v/v) dv		In acc. with NEN 5753	0.1	
a) Kornstørrelse < 1000 µm	72.2	% (v/v) dv		In acc. with NEN 5753	0.1	
a) Kornstørrelse < 500 µm	57.4	% (v/v) dv		In acc. with NEN 5753	0.1	
a) Kornstørrelse < 250 µm	40.5	% (v/v) dv		In acc. with NEN 5753	0.1	
a) Kornstørrelse < 125 µm	24.8	% (v/v) dv		In acc. with NEN 5753	0.1	
a) Kornstørrelse < 45 µm	10.3	% (v/v) dv		Sedimentering	0.1	
a) Kornstørrelse < 63 µm	13.7	% (v/v) dv		Sedimentering	0.1	
a) Kornstørrelse <16 µm	6.8	% (v/v) dv		NEN 5753	1	
a) Kornstørrelse <2 µm						
Fraksjon <2 µm	2.6	% (v/v) dv		Sedimentasjon	1	
a)* Totalt organisk karbon (TOC)	<5	g/kg TS		In acc. with NEN-EN 13137	5	

Tegnforklaring:

* (Ikke omfattet av akkrediteringen)

< :Mindre enn, > :Større enn, nd :Ikke påvist, MPN :Most Probable Number, cfu :Colony Forming Units, MU :Uncertainty of Measurement, LOQ :Kvantifiseringsgrense

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).



Prøvenr.: 439-2012-06290067	Prøvetakingsdato: 26.06.2012					
Prøvetype: Sedimenter	Prøvetaker: Christian Volan, DNV					
Prøvemerkning: MD-REF	Analysestartdato: 29.06.2012					
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:	Grenseverdi
a) Kornstørrelse < 2000 µm	76.1	% (v/v) dv		In acc. with NEN 5753	0.1	
a) Kornstørrelse < 1000 µm	71.0	% (v/v) dv		In acc. with NEN 5753	0.1	
a) Kornstørrelse < 500 µm	70.7	% (v/v) dv		In acc. with NEN 5753	0.1	
a) Kornstørrelse < 250 µm	70.3	% (v/v) dv		In acc. with NEN 5753	0.1	
a) Kornstørrelse < 125 µm	69.7	% (v/v) dv		In acc. with NEN 5753	0.1	
a) Kornstørrelse < 45 µm	66.4	% (v/v) dv		Sedimentering	0.1	
a) Kornstørrelse < 63 µm	66.9	% (v/v) dv		Sedimentering	0.1	
a) Kornstørrelse <16 µm	59.7	% (v/v) dv		NEN 5753	1	
a) Kornstørrelse <2 µm						
Fraksjon <2 µm	29.2	% (v/v) dv		Sedimentasjon	1	
a)* Totalt organisk karbon (TOC)	28	g/kg TS		In acc. with NEN-EN 13137	5	

Utførende laboratorium/ Underleverandør:

a)* Eurofins Analytico (Barneveld), PO Box 459, NL-3770, Barneveld

a) Eurofins|Analytico Barneveld RvA L010, Eurofins Analytico (Barneveld), PO Box 459, NL-3770, Barneveld

Moss 12.07.2012


Grethe Arnestad

ASM/Cand.Mag. Kjemi

Tegnforklaring:

* (Ikke omfattet av akkrediteringen)

< :Mindre enn, > :Større enn, nd :Ikke påvist, MPN :Most Probable Number, cfu :Colony Forming Units, MU :Uncertainty of Measurement, LOQ :Kvantifiseringsgrense

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Det Norske Veritas:

Det Norske Veritas (DNV) er en ledende, uavhengig leverandør av tjenester for risikostyring, med global virksomhet gjennom et nettverk av 300 kontorer i 100 ulike land. DNVs formål er å arbeide for sikring av liv, verdier og miljø.

DNV bistår sine kunder med risikostyring gjennom tre typer tjenester: klassifisering, sertifisering og konsulentvirksomhet. Siden etableringen som en uavhengig stiftelse i 1864 har DNV blitt en internasjonalt anerkjent leverandør av ledelsestjenester og tekniske konsulent- og rådgivningstjenester, og er et av verdens ledende klassifiseringsselskaper. Dette innebærer kontinuerlig utvikling av ny tilnærming til helse-, miljø- og sikkerhetsledelse, slik at bedrifter kan fungere effektivt under alle forhold.

Global impact for a safe and sustainable future:

Besøk vår internettside for mer informasjon: www.dnv.com