

GRUNNLAGSUNDERSØKELSER I REGION 4 - 2019

Duva og Gjøa G

Neptune Energy AS

Rapportnr.: 2020-0259, Rev. 2

Dokumentnr.: 694949

Dato: 2021-01-08



Prosjektnavn:	Grunnlagsundersøkelser i Region 4 - 2019	DNV GL AS Region Norway
Rapporttittel:	Duva og Gjøa G	Veritasveien 1
Oppdragsgiver:	Neptune Energy AS, Forusbeen 50, 4035, Stavanger, Norway	1363 Høvik Norway
Kontaktperson:	Wenche Rosengren Helland	Tel: +47 67 57 99 00
Dato:	2021-01-08	NO 945 748 931
Prosjektnr.:	10142966	
Org. enhet:	Environmental Monitoring	
Rapportnr.:	2020-0259, Rev. 2	
Dokumentnr.:	694949	

Levering av denne rapporten er underlagt bestemmelsene i relevant(e) kontrakt(er):

Oppdragsbeskrivelse:

Grunnlagsundersøkelser på Duva og Gjøa i Region 4.

Utført av:	Verifisert av:	Godkjent av:
 Thomas Møskeland Marine biologist/Senior principal consultant	 Amund Ulfesnes Marine biologist/Principal consultant	 Tor Jensen Vice President - Head of Section
 Lucy Brooks Marine biologist/Senior consultant		
 Helene Tvete M.Sc (Sintef Norlab)		
 Fredrik Melsom/Consultant		

Beskyttet etter lov om opphavsrett til åndsverk m.v. (Åndsverkloven) © DNV GL 2020. Alle rettigheter forbeholdes DNV GL. Med mindre annet er skriftlig avtalt, gjelder følgende: (i) Det er ikke tillatt å kopiere, gjengi eller videreformidle hele eller deler av dokumentet på noen måte, hverken digitalt, elektronisk eller på annet vis; (ii) Innholdet av dokumentet er fortrolig og skal holdes konfidensielt av kunden, (iii) Dokumentet er ikke ment som en garanti overfor tredjeparter, og disse kan ikke bygge en rett basert på dokumentets innhold; og (iv) DNV GL påtar seg ingen aktsomhetsplikt overfor tredjeparter. Det er ikke tillatt å referere fra dokumentet på en slik måte at det kan føre til feiltolkning. DNV GL og Horizon Graphic er varemerker som eies av DNV GL AS.

DNV GL distribusjon:

- ☒ ÅPEN. Fri distribusjon, intent og eksternt.
- ☐ INTERN. Fri distribusjon internt i DNV GL.
- ☐ KONFIDENSIELL. Distribusjon som angitt i distribusjonsliste. Distribution within DNV GL according to applicable contract.*
- ☐ HEMMELIG. Kun autorisert tilgang.

Nøkkelord:

Sedimenter, bunnfauna, hydrokarboner, metaller

*Distribusjonsliste:

Rev.nr.	Dato	Årsak for utgivelser	Utført av	Verifisert av	Godkjent av
1	2020-09-15	Etter kommentarer fra EG	THM	ULAM	TJEN
2	2021-01-08	Etter siste kommentarer EG	THM	ULAM	TJEN



Innholdsfortegnelse

1.1	Sammendrag	4
1.2	Summary	5
2	INTRODUKSJON.....	7
3	MATERIALER OG METODER	8
3.1	Feltarbeid	8
3.2	Biologiske analyser	9
3.3	Kjemisk analyser og sedimentkarakterisering	14
3.4	Avvik fra program og retningslinjer	19
4	RESULTATER	20
4.1	Duva	21
4.2	Gjøa G	32
5	OPPSUMMERING	41
6	REFERANSER.....	42



Forord

Grunnlagsundersøkelsene på Duva og Gjøl G i Region 4 i 2019 er utført i fellesskap av DNV GL og Sintef Norlab (SINTEF Molab har skiftet navn), og koordinert av Equinor Energy AS v/ Linn Hocking.

Rapporten beskriver resultatene av de kjemiske og fysiske analysene av sjøbunnsedimentene samt analyser av bløtbunnsamfunnet på de to feltene.

Medarbeidere

Feltarbeid:

- Thomas Møskeland (DNV GL), toktleder
- Tormod Glette (DNV GL, skiftleder)
- Lucy Brooks (DNV GL, skiftleder)
- Anders Ommundsen (DNV GL)
- Jørgen Nordstrøm (DNV GL)
- Thomas Trulsen (SINTEF Norlab)
- Knut Magne Rui (SINTEF Norlab)

Linn Hocking fra Equinor deltok på toktet.

Kjemiske analyser/sedimentkarakterisering:

Kornstørrelsesfordeling: Terje Kolberg og Marianne Johansen

Totalt organisk karbon: Karl Olav Bratland

Metaller: Knut Magne R. Rui, Liss-Ingvild Haldorsen, Robert Gibala, Gunn-Mari Michaelsen, Anja Gull, Lene Sivertsen, Maja Svartkjøneng, Hanne Skog Lillevik

THC, PAH, NPD: Helene Tvette, Amela Ljajic

De kjemiske analysene er utført hos Sintef Norlab AS i Oslo, Mo i Rana og Porsgrunn.

Kornstørrelsesfordelingen er bestemt hos Sintef Norlab AS i Glomfjord.

Biologiske analyser:


Polychaeter: Fredrik Melsom og Anders Ommundsen

Varia: Fredrik Melsom og Anders Ommundsen

Crustacea: Jon Kristian Haugland og Thomas Møskeland

Mollusca: Amund Ulfesnes

Echinodermata: Fredrik Melsom



Sortering er utført på DNV GLs Biolaboratorium på Høvik. Jørgen Nordstrøm, Ludvig Søgne Jensen, Anders Glette Johnsen, Annecken Nøland og Matias Egeberg har vært ansvarlig for sortering av biologiske prøver.

Sorterere: Jørgen Nordstrøm, Astrid Kirkemo Wermåker, Ingeborg Wermåker, Matilde Bustgaard, Anders Glette Johnsen, Johanne Paaske, Martinus Nissen-Lie, Emilie Hernes Vereide, Jenny Myklebust Ulfesnes, Håvard Rivedal, Annecken Nøland, Ludvig Søgne Jensen, Johanne Søgne Jensen, Maja Sogn Lien, Matias Egeberg, Charlotte Egeberg, Hans Magnus Dalseth, Alva Herdis Kierulf, Marie Wahlstrøm, Nora Nicole Brude, Katrine Falck Heggen, Andrea Cecilie Myhrer Øiangen og Ingrid Svihus Knutsen.

Univariate analyser:

Lucy Brooks

Multivariate analyser:

Fredrik Melsom

Utarbeidelse av rapport:

Kjemi:

Helene Tvette

Biologi:

Lucy Brooks, Fredrik Melsom og Thomas Møskeland

Hovedrapport:

Thomas Møskeland

Verifikasjon:

Amund Ulfesnes

Prosjektleder:

Thomas Møskeland

Definisjoner

Bakgrunnsnivå: Konsentrasjonen av utvalgte parametere (hydrokarboner, metaller, radioaktive stoffer) på de regionale stasjonene i de enkelte regionene. Så nær som mulig representative for naturtilstandene i området.

Diversitet: mål for artsmangfoldet i et bunndyrsamfunn, her som funksjon av antall arter og hvordan antall individer er fordelt på disse artene. Beskrives ved diversitetsindekser.

Grunnlagsundersøkelser: Den første miljøundersøkelsen i et område eller på en lokalitet for å kartlegge kjemisk og biologisk tilstand før en ny aktivitet settes i gang.

Juvenile: Unge, ikke kjønnsmodne individer av makrofauna

Kurtosis: er et mål på hvor bred/smål en fordeling er i forhold til en normalfordeling. Høye kurtoseverdier indikerer at fordelingen av dataene har en kurve som er spissere enn kurven til en normalfordeling. Brukes ved vurdering av kornfordeling.

LSC (Limit of Significant Contamination): Statistisk beregnet konsentrasjonsgrense for kjemisk kontaminering basert på bakgrunnsverdier fra regionale/subregionale stasjoner.

Makrofauna: Dyr som lever i og på bunnsedimenter og er større enn 1 mm (de dyrene som holdes igjen på en 1 mm sikt).

NPD: Naftalener, fenantrener og dibenzotiofener, sum og enkeltforbindelser.

PAH: Polyaromatiske hydrokarboner. Alle hydrokarboner med to eller flere aromatiske ringer i molekylet. Det er 16 forbindelser som analyseres i overvåkingen, acenaften, acenaftylen, antracen, benzo(a)antrazen, benzo(a)pyren, benzo(b)fluoranten, benso(g,h,i)perylene, benso(k)fluoranten, krysen, Dibenso(a,h)antracen, fluoranten, fluoren, indeno(1,2,3-cd)pyren, naftalen, fenantren, pyren.

THC: Totalt innhold av hydrokarboner. Samlebetegnelse på summen av alle hydrokarboner i et materiale innenfor et bestemt intervall av molekylstørrelser (n-C12 – n-C35), både de som er dannet biologisk og de som kommer fra olje og andre forurensningskilder.

TOC: Betegnelse på totalt organisk bundet karbon i et sediment.

1.1 Sammendrag

På vegne av Neptune Energy AS er det utført grunnlagsundersøkelser på Duva og Gjølga G i Region 4. Hensikten med grunnlagsundersøkelsen er å etablere en referanse for naturtilstanden på feltene før eventuelle aktiviteter der.

Følgende analyser er gjennomført:

- Sedimentkarakterisering ved kornstørrelsesfordeling og innhold av totalt organisk karbon (TOC).
- Sedimentanalyser for innhold av totalmengde hydrokarboner (THC), NPD, PAH og metaller.
- Analyser av makrofauna i sedimentene.

Grunnlagsundersøkelsen på Duva og Gjølga G i Region 4 2019 viser:

- Sedimentene på Duva og Gjølga G er karakterisert som veldig fin sand. TOC varierer fra 0,34 - 0,74 %.
- Konsentrasjonene av THC, PAH og NPD er relativt lave med unntak av DUV11 hvor konsentrasjonen av THC er omtrent 4 ganger høyere enn ved de andre stasjonene på feltet. Dette kan ikke relateres til tidligere boret brønner i området, så årsaken vites ikke. THC konsentrasjonene er på nivå med eller lavere sammenliknet med regional stasjon.
- Konsentrasjonene av Ba og metaller er lave og samsvarer med REG4-27.
- Det er lavere andel silt og leire samt TOC på den regionale stasjonen så det bør vurderes å etablere nye regionale stasjoner for feltene, eventuelt benytte andre eksisterende stasjoner hvis relevant.

De viktigste parametere på hvert felt:

Duva	Variasjon	Beskrivelse av feltet
THC (mg/kg)	6-28	Det er ikke beregnet LSC da dette er en grunnlagsundersøkelse. THC nivået på Duva er på nivå eller lavere sammenliknet med regional stasjon. LSC for THC i regionen i 2017 var 3,8 mg/kg i dyp subregion og 4,5 i grunn subregion. THC er høyere sammenliknet med LSC i 2017. DUV11 skiller seg ut med høyere konsentrasjoner (stor variasjon mellom replikatene). Årsaken er uvisst, men det kan vanskelig relateres til brønner i nærheten.
Ba (mg/kg)	93-109	LSC er ikke beregnet. LSC for Ba i regionen i 2017 var 220 mg/kg i dyp subregion og 145 mg/kg i grunn subregion. Ba er lavere sammenliknet med LSC i 2017 og er representativt for bakgrunnskonsentrasjoner av Ba i området. Ba på Duva er også på nivå med regional stasjon.
H'	5,5 – 5,8	Relativt høy diversitet og et uforstyrret bunnsamfunn med taxa fra alle grupper. Opportunistiske og/eller
ES ₁₀₀	42 - 48	indikatorarter er fraværende eller forekommer i lavt antall. Relativt lik diversitet og sammensetning av fauna mellom stasjonene på feltet.

Gjøa G	Variasjon	Beskrivelse av feltet
THC (mg/kg)	5-11	Det er ikke beregnet LSC da dette er en grunnlagsundersøkelse. Lave antatt bakgrunnskonsentrasjoner på feltet og på nivå med regional stasjon. Noe høyere verdier sammenliknet med LSC i 2017.
Ba (mg/kg)	91-118	LSC er ikke beregnet. Antatt bakgrunnskonsentrasjoner av Ba. Ba på Gjøa G er på nivå med regional stasjon.
H'	5,5 – 5,9	Relativt høy diversitet og et uforstyrret bunnsamfunn med taxa fra alle grupper. Opportunistiske og/eller indikatorarter er fraværende eller forekommer i lavt antall.
ES ₁₀₀	44 - 50	Relativt lik diversitet og sammensetning av fauna mellom stasjonene på feltet.

1.2 Summary

On behalf of Neptune Energy AS baseline monitoring at Duva and Gjøa G in Region 4 has been conducted. The purpose of the baseline survey is to establish a reference for the natural state of the environment before any activity at the two sites.

The following analyzes have been conducted:

- Sediment characterization by grain size distribution and content of total organic carbon (TOC)
- Sediment analyses for content of total hydrocarbons (THC), NPD, PAH and metals
- Analysis of benthic macro fauna

The baseline investigations at Duva and Gjøa G shows:

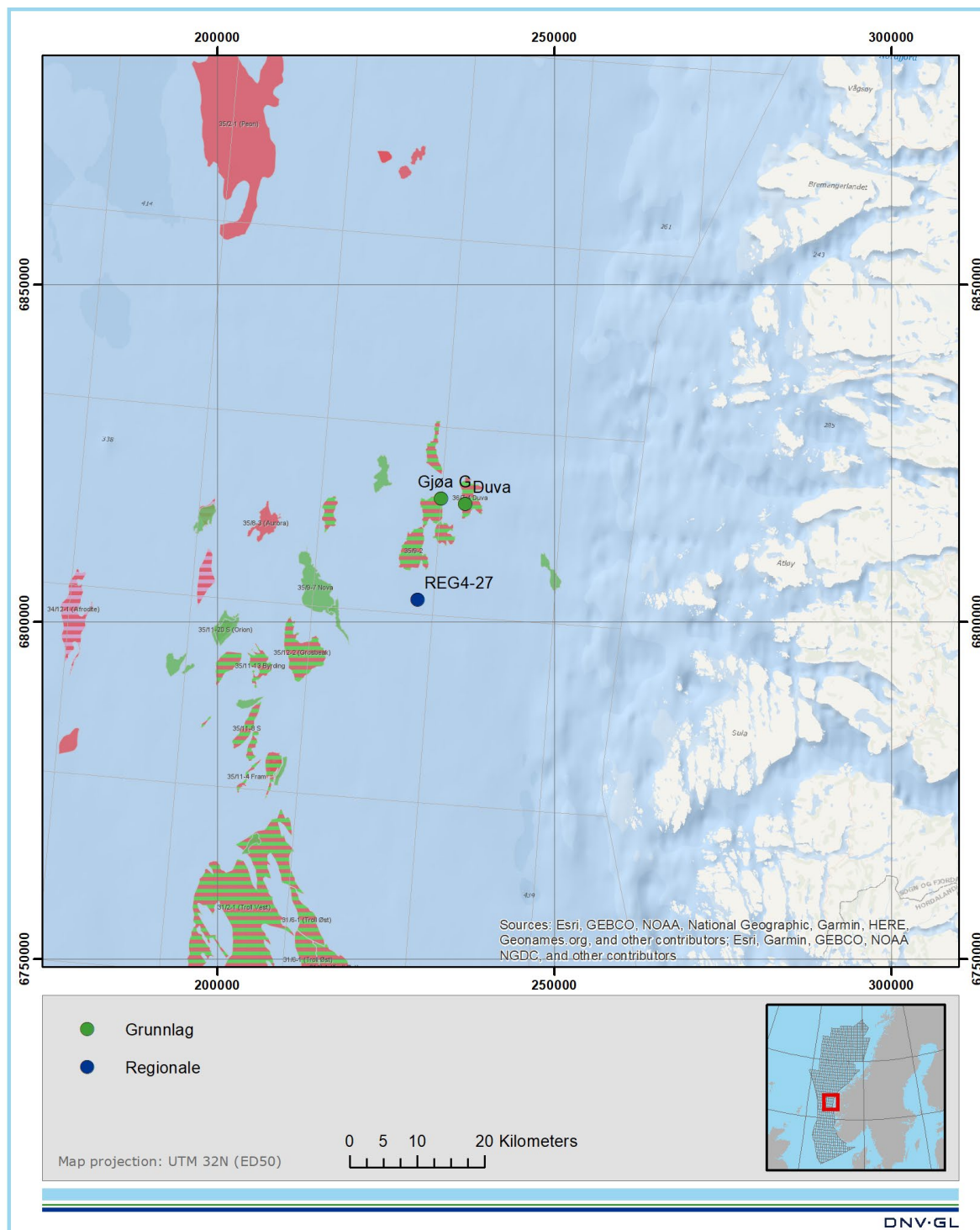
- The sediments are characterized as very fine sand. TOC varies between 0,34 - 0.74 %.
- The concentrations of THC, PAH and NPD are low except for station DUV11 (DUVA) where the THC concentrations are approximately 4 times higher than the other stations at the field. This cannot be attributed to wellbores in the area, so the reason is unknown.
- The concentrations of Ba and other metals are low and in line with regional station REG4-27.
- It is measured lower content of silt & clay and TOC at the regional station. It should be considered to establish new regional stations for the fields, tentatively use other existing regional stations if relevant.

The most important parameters on each field:

Duva	Variation	Description of the field
THC (mg/kg)	6-28	LSC is not calculated because this is a baseline investigation. THC at Duva is at the same level or lower than regional station. LSC for THC in the region in 2017 was 3.8 mg/kg in deep sub-region and 4.5 mg/kg in shallow sub-region. THC is higher compared to LSC in 2017. Low concentrations in general but station DUV11 has higher concentrations compared to the other stations (but large variation between replica). The reason for elevated levels at Duva 11 is uncertain, but it cannot be related to nearby wells.
Ba (mg/kg)	93-109	LSC is not calculated. LSC for Ba in the region in 2017 was 220 mg/kg in deep sub-region and 145 mg/kg in shallow sub-region. Ba at Duva is at the same level as regional station and considered to represent background concentrations in the area.
H'	5.5 – 5.8	Relatively high diversity and undisturbed fauna at the field.
ES ₁₀₀	42 - 48	Fauna has taxa from all groups. Opportunistic and/or indicator species not present or in low numbers. The stations at the field similar in diversity and fauna composition.
Gjøa	Variation	Description of the field
THC (mg/kg)	5-11	LSC is not calculated. Expected low background concentrations. THC at Gjøa is at the same level as regional station.
Ba (mg/kg)	91-118	LSC is not calculated. Expected low background concentrations. Ba at Gjøa G is at the same level as regional station.
H'	5.5 – 5.9	Relatively high diversity and undisturbed fauna at the field.
ES ₁₀₀	44 - 50	Fauna has taxa from all groups. Opportunistic and/or indicator species not present or in low numbers. The stations at the field similar in diversity and fauna composition.

2 INTRODUKSJON

På vegne av Neptune Energy AS det utført grunnlagsundersøkelser på Duva og Gjøl i Region 4. Hensikten med grunnlagsundersøkelsene er å etablere en referanse for naturtilstand før oppstart av aktiviteter på feltene. Geografisk plassering av undersøkelseslokalitetene er vist i Figur 2-1.



Figur 2-1. Lokalisering av Duva og Gjøl samt regional stasjon REG4-27, 2019.

3 MATERIALER OG METODER

3.1 Feltarbeid

Feltarbeidet ble gjennomført i forbindelse med den regionale overvåkingen av region III (Oseberg) av DNV GL i samarbeid med SINTEF Norlab fra fartøyet MV Elektron i perioden 30. mai – 1. juni 2019.

Sedimentundersøkelsen omfattet innsamling for kjemiske og biologiske analyser av sedimenter, samt karakterisering av sedimentene. Prøvetaking er gjennomført iht. *Miljøovervåking av petroleums-virksomheten til havs* (M300|2015) og DNV GLs og SINTEF Norlabs akkrediterte metoder for denne type arbeid (Test 083 og 032).

Det er utarbeidet en egen toktrapport (DNV GL, 2019). Toktrapporten inneholder en fullstendig oversikt over prøvetakingen, bl.a. stasjonskoordinater (UTM og grader/minutter), dyp, dato og klokkeslett for prøvetaking, volum av sedimenter til bløtbunnsanalyser, antall bomskudd, farge og enkelte kommentarer.

3.1.1 Prøvetakingsstrategi

Sedimentprøvetakingen er utført som beskrevet i godkjent undersøkelsesprogram og i føringer gitt i M300|2015 (Miljødirektoratet, 2015).

3.1.2 Prøvetaking/utstyr

Sedimentprøvetakingen som ble utført er standard for denne type undersøkelser og følgende utstyr ble benyttet:

- Kombigrabb – modifisert van Veen (0, 15m² overflateareal, tar kjemi- og biologiprøver i samme hugg) (merket B23 og B25) og van Veen grabb (0,1 m² overflateareal merket B29).
- Mottaksbord i rustfritt stål
- Målesylinder
- Vaskebord
- Sikter (5 mm og 1,0 mm runde hull)
- Vinsj/aggregat pakke; to vinsjer (en TMA vinsj og en KC vinsj m/aggregat + ekstra aggregat fra Karmøy vinsj)

3.1.3 Gjennomføring

Feltarbeidet ble gjennomført i henhold til programmet uten spesielle problemer. Detaljer er gitt i en separat toktrapport (DNV GL, 2019).

Sedimentprøvetaking ble på de aller fleste stasjonene gjennomført med "dobbelgrabbing". For å spare tid ble to grabber benyttet om hverandre ved at det ble sjaklet om slik at en ny grabb ble sendt ned umiddelbart når en prøve kom på dekk. Mens den andre grabben var på vei ned, foregikk nødvendig prøveuttak og opparbeiding på dekk.

Hvilke grabber som ble benyttet på de ulike stasjonene er oppgitt i Appendiks A i toktrapporten (DNV GL, 2019). Grabbene ble skylt mellom hvert grabbhugg. Vinsjhastigheten ble redusert til <2 m/s ca. 20 m over bunnen, og så satt forsiktig ned på bunnen. Grabben ble løftet forsiktig opp fra havbunnen før hastigheten ble økt. Alle grabbhugg på hver stasjon, inkl. forkastede prøver, ble loggført på stasjonsskjema som inneholder informasjon om grabb som ble benyttet, beskrivelse og prøvedyp for

hvert grabbhugg samt hva prøven ble benyttet til (kjemi eller fauna). Etter ferdigstilling av hvert felt ble loggen, dvs. informasjonen fra stasjonsskjemaene, overført til Excel. Det ble generelt tatt minimum ett fotografi av en representativ prøve fra hver stasjon, som er vist i Toktrapporten i Appendiks A.

Faunaprøvene ble overført til et vaskebord og deretter siktet gjennom 0,5 cm sikt (for å unngå større stein osv. i den videre sikteprosessen) og 1 mm sikt (runde hull). Restmaterialet ble tilsatt formalinløsning (bufret med hexamin) med fargestoff (bengalrosa). Prøvene ble oppbevart på dobbeltmerkede plastspann, og lagret i finérkasser. Sedimentprøver til kjemiske analyser ble oppbevart i dobbeltmerkede rilsanposer eller plastbegere. Dypfrysere ble benyttet for lagring av kjemiske prøver, og prøvene ble fraktet med frysetransport til Sintef Norlab, Oslo.

3.1.4 Kvalitetssikring

Prøvetaking ble utført i henhold til akkrediterte prosedyrer beskrevet i Biolaboratory Management System; Prøvetaking av marint sediment og bløtbunnsanalyser. Det ble spesielt lagt vekt på at sedimentoverflaten i prøven var uforstyrret og at vasking/sikting av faunaprøvene ble utført skånsomt. Alle prøvene ble dobbeltmerket og pakket i solide kasser for å unngå skade på prøve-emballasjen.

3.2 Biologiske analyser

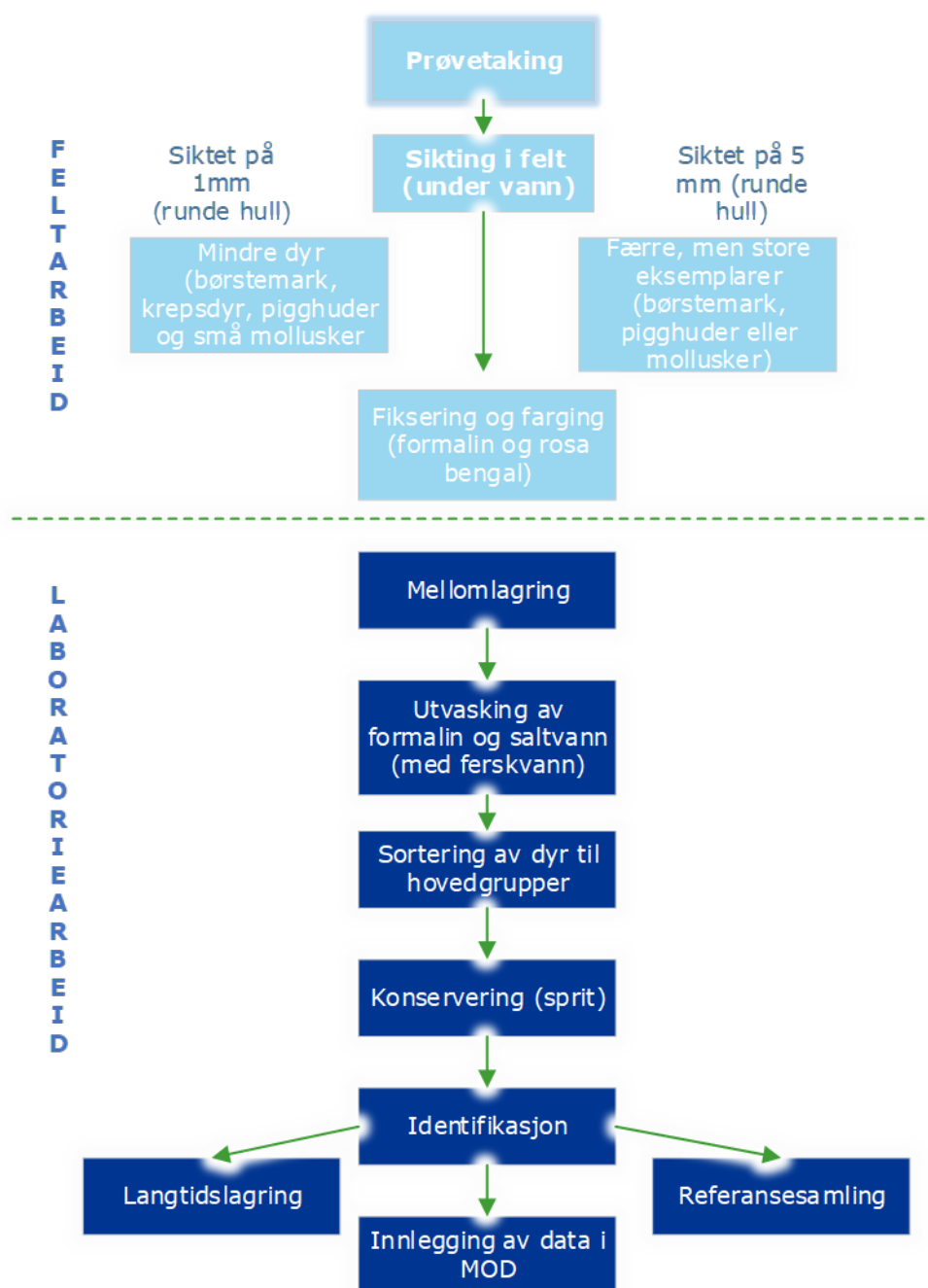
3.2.1 Makrobenthos – en introduksjon

Bunnfauna er dyr som lever på og i sediment (sand, silt eller leire) og inkluderer følgende taksonomiske dyregrupper: børstemark (Polychaeta), krepsdyr (Crustacea), bløtdyr (Mollusca), pigghuder (Echinodermata) og Varia (samlegruppe for øvrige grupper). Kun dyr større enn 1 mm (makrobenthos) ble tatt med i undersøkelsen.

Metodene som er benyttet er i overensstemmelse med *Miljøovervåking av petroleumsvirksomheten til havs* (M-300) og prosedyrene er beskrevet i DNV GLs Biolaboratoriets kvalitetssystem: "Prøvetaking av marint sediment og bløtbunnsanalyser". Et flytdiagram som viser de forskjellige trinnene i opparbeidelsen av makrofauna er vist Figur 3-1.

Sammensetningen av bunndyrsamfunn gir informasjon om effekt av utslipp rundt oljeinstallasjoner. Grunnen til at bunndyr foretrekkes i denne typen undersøkelse er at de fleste artene er relativt stasjonære (de kan ikke flykte fra utslipp), noe som gjør at forandringer i artssammensetning og tetthet relativt lett kan påvises. De forekommer også i relativt høyt antall, noe som er gunstig ved statistisk behandling.

Sammensetningen av faunaen kan relateres til naturlig variasjon av miljøparametere som dyp og sedimenttype, samtidig som den kan relateres til forurensningsparametere som f.eks. metall- og hydrokarboninnhold i sedimentet. Bunnfauna nær olje- og gassinstallasjoner påvirkes av en rekke faktorer som kan spores tilbake til installasjonenes utslipp (borekaks, borevæske, olje og andre kjemikalier) samt fysiske forstyrrelser. Med utslipp menes både planlagte og ikke-planlagte utslipp.



Figur 3-1. Flytdiagram – opparbeidelse og analyse av makrofauna.

3.2.2 Sortering og artsbestemmelse

Under feltarbeidet ble prøvene vasket og siktet på 1 mm sifter. På laboratoriet ble prøvene vasket i 1 mm sifter for å fjerne formalin og rester av sedimentet. Sikteresten ble overført til en bakk. Deretter ble individene plukket ut for hånd under lupe.

Dyrene ble delt inn i taksonomiske hovedgrupper og oppbevart i 70 % sprit før artsbestemmelse.

Med unntak av dyregruppene som er nevnt under, ble alle individer bestemt til lavest mulig taksonomisk nivå (fortrinnsvis til artsnivå). Nematoda, Foraminifera og kolonidannende dyr (f.eks. Porifera og

Bryozoa) ble kun registrert som tilstedeværende eller fraværende og ingen av disse er tatt med i analysene. Noen grupper (f.eks. Platyhelminthes, Nemertini, Tunicata, Tanaidacea) ble kvantifisert, men ikke bestemt videre til art.

Små individer som ikke lot seg artsbestemme fordi karaktertegn manglet, ble registrert som juvenile (juv.). Det er utarbeidet en egen referansesamling for undersøkelsen.

Følgende organismer har blitt tatt til høyere nivå grunnet usikker/vanskelig artsbestemmelse eller består av komplekse grupper:

- *Lumbrineris* sp.:
 - o Består hovedsakelig av artene *L. aniara* og *L. cingulata*.
- *Nephasoma* indet.:
 - o Består av flere arter; *N. minuta*, *N. diaphanes/liljeborgii* og muligens andre.
- *Golfingiidae* indet.:
 - o Består av *Golfingia* og evt. andre arter.
- *Terebellides stroemii* og *T. gracilis*:
 - o To komplekse grupper hvor DNV GL har definert de som:
 - *T. gracilis*:
 - *Terebellides* med hvite segmenter på ventralsiden
 - *T. stroemii*:
 - *Terebellides* uten hvite segmenter
- *Spiochaetopterus* sp.
 - o Består av artene *Spiochaetopterus bergensis* og *S. typicus*

3.2.3 Statistiske metoder

Følgende matematiske og statistiske metoder er brukt som verktøy til å tolke resultatene:

- Antall arter pr. arealenhet.
- Antall individer pr. art.
- Shannon-Wieners diversitetsindeks, H' (Shannon & Weaver 1963). Indeks for artsmangfold.
- Forventet antall arter i per 100 individer (ES_{100}) (Sanders rarefaction 1968). Indeks for artsmangfold.
- Fra 2015 er Pielous jevnhetsindeks (J) utelatt, og enkelte standarder fra vannrammedirektivet er inkludert:
 - o NSI og ISI: Sensitivitetsindekser som er tilpasset norsk fauna (Rygg og Norling 2013), beskriver i hvilken grad faunasamfunnet består av tolerante eller følsomme arter.
 - o NQI1: Gir et samlet mål for artsmangfold og følsomhet, basert på AMBI-indeksen for faunaforstyrrelse (Borja et al. 2000) og antall arter og individer i en prøve.

De nye indeksene er oppgitt sammen med eksisterende indekser, men er ikke normalisert for bruk i vannrammedirektivets klassifiseringssystem for tilstandsklasser ettersom dette ikke er relevant for offshoreundersøkelser. Disse indeksene er diskutert på generell basis.

- Alle analysene er basert på vedlagte artslistene (på minnepinne). Det er i tillegg benyttet ulike multivariate analyseteknikker (se nedenfor).
- Faunalikhet mellom stasjonene ved hjelp av Bray-Curtis likhets indeks δ_{ijk} (Bray & Curtis 1957). Likhetsmatrisen ble benyttet i multivariate analyser for å se på gradienter og grupperinger stasjonene imellom. Metodene som ble brukt var hierarkisk grupperingsteknikk som grupperer stasjoner etter gjennomsnittlig likhet (hierarchical agglomerative classification) (Lance & Williams 1967), og ordinasjon med "non-metric Multidimensional Scaling (MDS)", (Kruskal and Wish 1978).
- Klassifikasjon, MDS- og PCA-ordinasjon samt BIOENV og SIMPER ble gjennomført med programpakken PRIMER (Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research).
- Tabell over de 10 tallmessig dominerende arter ved hver stasjon.

Kvalitetssikret og analyserte data er lagret med full oppløselighet i miljøovervåkingsdatabasen (MOD).

3.2.4 Kvalitetssikring

Kvalitetssikringen av resultater og rapport er basert på egensjekk og intern verifikasjon.

Prosedyrer inkl. rutiner for kvalitetskontroll i forbindelse med opparbeiding, artsbestemmelse og registrering av bløtbunnsprøver er gitt i *Biolaboratory Management System* (for metoden "Prøvetaking av marint sediment og bløtbunnsanalyser").

I korte trekk ble følgende gjennomført:

I felt ble alle prøver dobbeltmerket og journalført. Prøvene ble fraktet i spesialkasser, og i laboratoriet ble all sortering loggført (hvem som sorterte når, tidsforbruk for hver prøve, antall glass til oppbevaring, spesielle observasjoner). Hver prøve ble kontrollert av en på forhånd godkjent kontrollør.


Hver artsbestemmer har utarbeidet en egen referansesamling som ved tvil ble sammenlignet med DNV GLs referansesamling. Ved tvil i artsbestemmelsen er dette påpekt i artslisten. For å oppnå sporbarhet har hver artsbestemmer signert ut hvilke grabber og dyregrupper vedkommende har bestemt. Referansesamlingen er lagret hos DNV GL.

Alle registrerte artsnavn blir sjekket mot WoRMS (World Register of Marine Species) slik at korrekt navnetting benyttes. Alle artsnavn på listene i rapportens vedlegg er WoRMS validerte artsnavn (der parenteser i artsnavnene forekommer, er disse slik de er registrert i WoRMS).

3.2.5 Vurdering av bunnfauna

I vurderingen av hvorvidt fauna er forstyrret eller ikke er det lagt til grunn føringer som definert under.

Sterkt forstyrret: sterk dominans av typiske indikatorarter for forurensning. Få arter og ofte mange individer. Pigghuder og krepsdyr mangler ofte da disse er mer ømfintlige mot forstyrrelser. Skiller seg tydelig ut fra nærliggende stasjoner med tilsvarende naturforhold i multivariate analyser. Lav til svært lav diversitet.



Forstyrret: mange opportunistiske og/eller indikatorarter/individer i topp 5. Ikke nødvendigvis noen tydelig dominans, men er ofte tallrike og kan dominere. Skiller seg ut fra nærliggende stasjoner med tilsvarende naturforhold i multivariate analyser. Som regel lavere diversitet enn nærliggende stasjoner.

Lett forstyrret: tilstedeværelse av opportunistiske og/eller indikatorarter i topp 5 i moderate mengder, ingen tydelig dominans. Skiller seg nødvendigvis ikke mye ut fra nærliggende stasjoner med tilsvarende naturforhold i multivariate analyser. Diversiteten er som regel tilsvarende som for nærliggende stasjoner, men kan også være høyere eller lavere.

Uforstyrret: ingen av de over. Fauna med taxa fra alle grupper. Opportunistiske og/eller indikatorarter er fraværende eller forekommer i lavt antall. Tilsvarende som for nærliggende stasjoner med likt naturforhold i multivariate analyser. Tilsvarende diversitet som nærliggende stasjoner.

Noen opportunistiske arter kan forekomme ved naturlig sedimentforhold i relativt høyt antall og dette gjelder særlig for den dype subregionen i årets undersøkelser hvor den opportunistiske børstemarken *Heteromastus filiformis* forekommer i relativt høyt antall på både feltstasjonene og de regionale stasjonene. Feltene er derfor vurdert hver for seg sett i forhold til nærliggende stasjoner (f.eks. de regionale) da man vurderte grad av forstyrrelser.

3.3 Kjemisk analyser og sedimentkarakterisering

3.3.1 Oversikt over analyseparametere

- Sedimentkarakterisering:
 - Fordeling av silt og leire ($< 63 \mu\text{m}$) og sand ($> 63 \mu\text{m}$)
 - Kumulativ vekt %, fordeling fra $63 - 2000 \mu\text{m}$
 - Median partikkeldiameter (M_d), standardavvik (SD), skjevhet (Sk) og kurtosis (K)
- Totalt organisk karbon
 - % TOC i sedimentet
- Kjemiske analyser:
 - Hydrokarboner
 - THC: C12-C35
 - PAH 16 EPA og NPD (C1, C2 og C3 naftalener, fenantrener og dibenzotiofener)
- Metaller:
 - Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Ti, Zn, As

3.3.1.1 Kornstørrelsesfordeling

Metoden for bestemmelse av kornstørrelsesfordeling i sedimentprøver er beskrevet i Buchanan (1984). Metoden består av en hurtig, mekanisk separasjon av sandfraksjonen ($> 63 \mu\text{m}$) fra silt og leire. Denne sandfraksjonen tørkes og siktes gjennom et sett med graderte sikter.

De tre grabbprøvene fra 0-5 cm sjiktet på hver stasjon ble blandet og homogenisert, og en homogenisert prøve ble analysert. Ca. 10 g ble veid ut til nærmeste 0,01 g før våtsikting på en $63 \mu\text{m}$ sikt. En egen prøve ble innveid, tørket og tørrvekten ble bestemt. Prosent silt og leire ($< 63 \mu\text{m}$) i tørr prøve ble så beregnet.

Den gjenværende sandfraksjonen ($> 63 \mu\text{m}$) ble tørket ved 105°C , og siktet på nytt i tørr tilstand. En serie Retsch graderte sikter (Endecott Test Sieves, London) med mesh størrelser fra 2000 til $63 \mu\text{m}$ ble brukt. Prøven ble ristet på en Retsch KG testing sieve shaker i minimum tre minutter. Vekten av hver fraksjon ble bestemt til nærmeste 0,01 g. En kumulativ vekt % fordeling ble beregnet, og beregningene ble videre brukt til å bestemme median partikkel diameter og avvik, skjevhet og kurtosis for partikkelstørrelsesfordelingen. Fordi partikkelstørrelsesfordelingen for fraksjonen $< 63 \mu\text{m}$ ikke ble bestemt, ble ϕ -verdien for denne samlefraksjonen satt lik 8 (beskrevet i Faksness 1998). Verdiene for $M_d\phi$, $SD\phi$, $Sk\phi$ og $K\phi$ må derfor betraktes som ekstrapolerte resultater.

Formler brukt for beregninger av $M_d\phi$, $SD\phi$, $Sk\phi$ og $K\phi$ er også beskrevet Buchanan (1984):

$M_d\phi$ (median partikkel diameter):

$M_d\phi$ = verdien til midtpunktet (dvs. 50 %) til den kumulative % vektkurven.

$SD\phi$ (standard avvik):

$SD\phi$ estimeres ved:

$$SD\phi = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6.6}$$

$SD\phi$ gir et mål for spredning i partikkelstørrelse rundt $Md\phi$, og således et mål for sorteringsgraden.

$Sk\phi$ (skjevhet):

$Sk\phi$ estimeres ved:

$$Sk\phi = \frac{\phi_{16} + \phi_{84} - 2Md\phi}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_5 + \phi_{95} - 2Md\phi}{2(\phi_{95} - \phi_5)}$$

$Sk\phi$ beskriver symmetrien av spredningen i fordelingen rundt $Md\phi$. En fullstendig symmetrisk fordeling vil ha $Sk\phi = 0$, negative verdier indikerer forskyvning av fordelingskurven mot grovere sediment, og positiv $Sk\phi$ verdier indikerer forskyvning mot finere sediment.

Kurtosis, $K\phi$:

$K\phi$ estimeres ved:

$$K\phi = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2.44(\phi_{75} - \phi_{25})}$$

$K\phi$ beskriver toppetheten til fordelingen, dvs. hvor tung halene er (uttrykt ved ϕ_5 og ϕ_{95} fraksjonene) sammenlignet med den sentrale delen av fordelingen. For en normalfordeling vil $K\phi$ verdien være 1,00.

Oversikt over meshverdier og kornstørrelsesparametere er gitt i Tabell 3-1 og Tabell 3-2.

Tabell 3-1 Kornstørrelsefordeling. Mesh størrelser og Wentworth klassifisering (Buchanan, 1984)

Mesh diameter (μm)	ϕ	Beskrivelse
4000	-2	Grus
2000	-1	
1000	0	Grov sand
500	1,0	
355	1,5	Medium sand
250	2,0	
180	2,5	Fin sand
125	3,0	
90	3,5	Veldig fin sand
63	4,0	
<63	>4,5	Silt og leire (pelitt)

ϕ -verdien for silt og leire fraksjonen blir satt lik 8.

Tabell 3-2 Tolkning av beskrivende størrelser.

	Indeks verdi	Tolkning
Standardavvik (SD_{ϕ})	<0,35	svært godt sortert
	0,35-0,50	godt sortert
	0,50-0,71	moderat godt sortert
	0,71-1,00	moderat sortert
	1,00-2,00	dårlig sortert
	2,00-4,00	svært dårlig sortert
	>4,00	ekstremt dårlig sortert
Skjevhet (Sk_{ϕ})	+1,00 til +0,30	meget skjev mot finkornig
	+0,30 til +0,10	skjev mot finkornig
	+0,10 til -0,10	symmetrisk
	-0,10 til -0,30	skjev mot grovkornig
	-0,30 til -1,00	meget skjev mot grovkornig
Kurtosis (K_{ϕ})	<0,67	meget platykuritisk
	0,67-0,90	platykuritisk (flat-toppet)
	0,90-1,11	mesokuritisk (nærmest normal)

3.3.1.2 Totalt organisk karbon (TOC)

De tre grabbprøvene fra 0-5 cm sjiktet på hver stasjon ble blandet og homogenisert, og en homogenisert prøve ble analysert. TOC er bestemt etter NS-EN 13137 - metode A ved at totalt karbon bestemmes i induksjonsovn, og uorganisk karbon bestemmes ved å løse prøven i fortynnet fosforsyre. TOC beregnes da som differansen mellom totalt karbon og total uorganisk karbon. Merk at TOC analyser ble innført som standard i regionen i 2016. Før den tid ble TOM (Totalt organisk materiale) analysert.

3.3.2 Kjemiske analyser

3.3.2.1 Hydrokarboner

Prøveopparbeidelse:

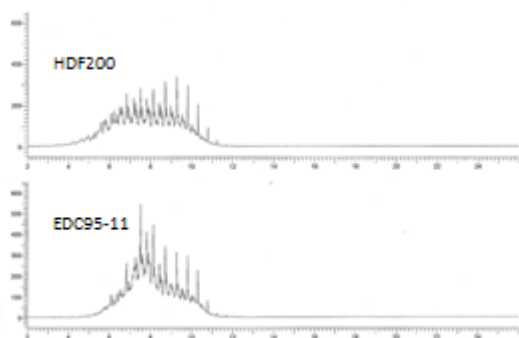
Sedimentprøvene til analyse av THC (n-C12 – n-C35) PAH og NPD ble opparbeidet med forhøyet trykk og temperatur ved bruk av Dionex ASE 350 Accelerated Solvent Extractor, med påfølgende opprensing på silika-kolonne etter bytte av løsningsmiddel til heksan. De viktigste trinnene i analyseprosedyren er vist i Figur 3-3.

Kvantifisering:

Innholdet av THC ble bestemt ved bruk av GC-FID, mens innholdet av PAH og NPD ble bestemt ved bruk av GC-MSMS.

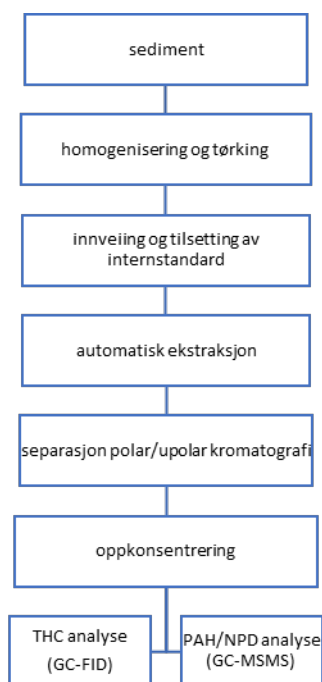
THC ble bestemt med gasskromatografi i kokepunktområdet n-C12 alkan til n-C35 alkan.

Kvantifiseringen ble utført med bruk av en ekstern standardkurve av referanseoljen boreslamsolje HDF 200, som er benyttet ved tidligere overvåkningsprosjekter. Boreslamoljen som er foreslått benyttet i forslag til ny aktivitetsforskrift, EDC95-11, ble sammenliknet med HDF200; begge standardkurver viser en $R^2 > 0,999$ i en 4-punkts kurve (0,1-1 mg/ml) og $R^2 > 0,998$ i en 7-punkts kurve (0,1-10 mg/ml). Demings regresjon viser ingen forskjell mellom de to 7 punkts kurvene. (Slope 1,256 [1,098 to 1,413]. Intercept -0,0581 [-0,2362 to 0,1199]). Se Figur 3-2 for GC-FID kromatogram for de to oljene.



Figur 3-2 GC-FID kromatogram; HDF200 er vist øverst og EDC95-11 nederst.

PAH og NPD ble bestemt ved GC-MSMS med deuturerte forbindelser som internstandarder samt en ekstern standardkurve.



Figur 3-3 Oversikt over de viktigste trinnene ved bestemmelse av hydrokarboner (THC, PAH, NPD) i sedimenter.

3.3.2.2 Metaller

Den kjemiske analysen av metaller inkluderer bestemmelse av Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Ti, Zn og As med salpetersyreoppslutning (NS 4770).

Sedimentprøven ble tørket ved 40 °C i 2 døgn, homogenisert og siktet gjennom et 0,5 mm nylon nett. 1 g av sedimentfraksjonen < 0,5 mm ble ekstrahert med 20 mL 7 M salpetersyre i en pyrex oppslutningskolbe i en autoklav ved 120° i 30 min. Etter avkjøling ble 80 mL avionisert vann tilsatt. Løsningen ble deretter blandet godt, og etter sedimentering ble den klare løsningen dekantert over i en polyetylenflaske.

Det ble ved bestemmelsen av Ba, Cr, Ti, Pb, og Zn benyttet ICP-OES, induktivt koplet plasma optisk emisjonsspektrometer. Cd, As og Cu ble bestemt ved bruk av ICP-MS, induktivt koplet plasma massespektrometer, mens Hg ble bestemt ved bruk av CV-AAS, atomadsorpsjon kald damp teknikk. Bestemmelsene av Ba, Cr, Cu, Ti, Pb, As og Zn er utført i hht. NS-EN ISO 11885:2009/ICP-OES. Bestemmelse av Cd, As og Cu er utført etter intern ICP-MS-metode basert på EPA 200.8. Hg er bestemt etter intern metode i hht. NS-EN 1483.

3.3.2.3 Analyseinformasjon

Informasjon relatert til analysene er gitt i tabellen under.

Parameter	Metode		Akkred. status	Relativ usikkerhet (%)	Kvant-grense	Enhet
Cd, Kadmium	ICP-MS	Oppslutning etter NS 4770:1994. ICP-MS etter intern metode D042191	A	20	0,01 (LOD) / 0,03 (LOQ)	mg/kg
As, Arsen	ICP-MS		A	20	0,2	mg/kg
Cu, Kobber	ICP-MS		A	20	0,2	mg/kg
Ba, Barium	ICP-OES	NS-ISO 11885:2009 og NS 4770:1994	A	20	5	mg/kg
Cr, Krom	ICP-OES		A	30	3	mg/kg
Pb, Bly	ICP-OES		A	20	1	mg/kg
Zn, Sink	ICP-OES		A	25	5	mg/kg
Ti, Titan	ICP-OES		A	25	5	mg/kg
Hg, Kvikksølv	CV-AAS	NS-EN 1483:2007	A	35	0,01	mg/kg
THC (C12-C35)	GC-FID	D00833	A	30-50	1 (LOD) / 3 (LOQ)	mg/kg
PAH og NPD	GC-MS-MS	D00836	A	30-50	0,001 - 0,01	mg/kg
TOC	-	NS-EN 13137:2001	A	25	0,1	%
Kornstørrelsesfordeling	-	Intern metode	A	-	-	-

3.3.3 Kvalitetssikring

Sintef Norlab as er akkreditert av Norsk Akkreditering for kornstørrelsesfordeling og kjemiske analyser under akkrediteringsnr.: Test 032. Akkrediteringen er i henhold til NS-EN ISO/IEC 17025. Detaljerte opplysninger fås ved henvendelse til laboratoriet.

Kvalitetskontroll for kornstørrelsesfordeling

Metoden er sjekket med referanseprøver som er siktet ved et annet akkreditert laboratorium. En husstandard blir analysert for hver 10. prøve etter samme prosedyre som de reelle prøvene og resultatene blir plottet inn i kontrollkort.

Kvalitetskontroll for totalt organisk karbon

Det er gjort sammenliknende tester (SLP) med tilfredsstillende resultat. En husstandard, basert på en blandprøve fra ulike sedimenter, er validert internt og utvekslet med akkreditert laboratorium med god overenstemmelse.

Kvalitetskontroll for hydrokarboner

Analyseprosedyrene blir kontrollert regelmessig ved analyse av kvalitetssikringsprøver og blindprøver. Standardprøver med mineralolje analyseres hver gang det utføres en THC-analyse. Husstandarder analyseres regelmessig, og resultatene plottes inn i kontrollkort. Sertifiserte referansematerialer analyseres for kontroll av nøyaktigheten.

Laboratoriet deltar regelmessig i sammenlignende laboratorieprøvinger internasjonalt for THC og PAH. For PAH og NPD gjennomføres i tillegg en sammenligning med et annet akkreditert laboratorium.

Kvalitetskontroll for metaller

Alle reagenser er av graden pro analyse. Et sertifisert referansemateriale, husstandarder og blindprøver blir analysert sammen med prøvene i hver analyserunde.

De sertifiserte verdiene gjelder total oppslutning. Sertifiserte verdier for NS 4770 (partiell oppslutning) finnes ikke. På laboratoriet er det imidlertid etablert en "referanseverdi" for partiell oppslutning ved analyse av det sertifiserte referansematerialet i perioden 1999-2017. Prøvene blir analysert på nytt dersom resultatene for referansematerialet ligger utenfor gitte krav.

Nøyaktighet og reproduserbarhet kontrolleres ved analyse av det sertifiserte referansematerialet.

3.4 Avvik fra program og retningslinjer

I tabeller i rapporten er konsentrasjoner ned til LOD oppgitt. I hht Norsk Akkreditering er ikke verdier mellom LOD og LOQ akkreditert.

4 RESULTATER

Resultatkapittelet er generelt delt i følgende 4 deler:

- 1) Generell innledning med stasjonsinformasjon og litt om prøvetaking
- 2) Kjemiske resultater
- 3) Biologiske resultater
- 4) Konklusjoner

For punkt 3 over nevnes følgende og som beskrevet i Veileder M300:

«Dersom de juvenile stadiene er blant de ti mest dominerende organismene bør de statistiske analysene kjøres både med og uten disse, for å illustrere deres innflytelse på benthos-samfunnet»

Juvenile stadier var ikke dominerende på stasjonene i Region 4, derfor er alle indeksene presentert med juvenile individer i rapporten.

For hvert felt er følgende presentert for å karakterisere det biologiske samfunnet:

- Antall individer (N), taxa (S), diversitet (H') og ES₁₀₀ på hver stasjon.
- De ti mest vanlige artene på hver stasjon, inkludert om juvenile stadier er blant de ti mest dominerende artene.
- Sensitivitetsindeksene AMBI, NQI1, NSI og ISI. Dette er indekser som benyttes for tilstandsklassifisering i norske kystnære farvann/fjorder i henhold til vanndirektivet. Det er imidlertid ikke etablert grenseverdier/tilstandsklasser for områder til havs (offshore), og disse indeksene er diskutert på generell basis.

Generelt nevnes at å inkludere juvenile stadier i analysene medfører høyere individantall og lavere diversitet. Sensitivitetsindekser er lite påvirket om juvenile stadier inkluderes eller ikke, da sensitivitetsverdier sjeldent er gitt på familienivå eller for juvenile stadier.

Det bemerkes at følgende appendikser følger med denne rapporten på minnepinne:

- A. Toktrapport
- B. Prøvingsrapport og kvalitetssikring faunaanalyser
- C. Analyserapporter – kjemi
- D. Statistiske metoder
- E. Undersøkellesprogram

4.1 Duva

4.1.1 Innledning

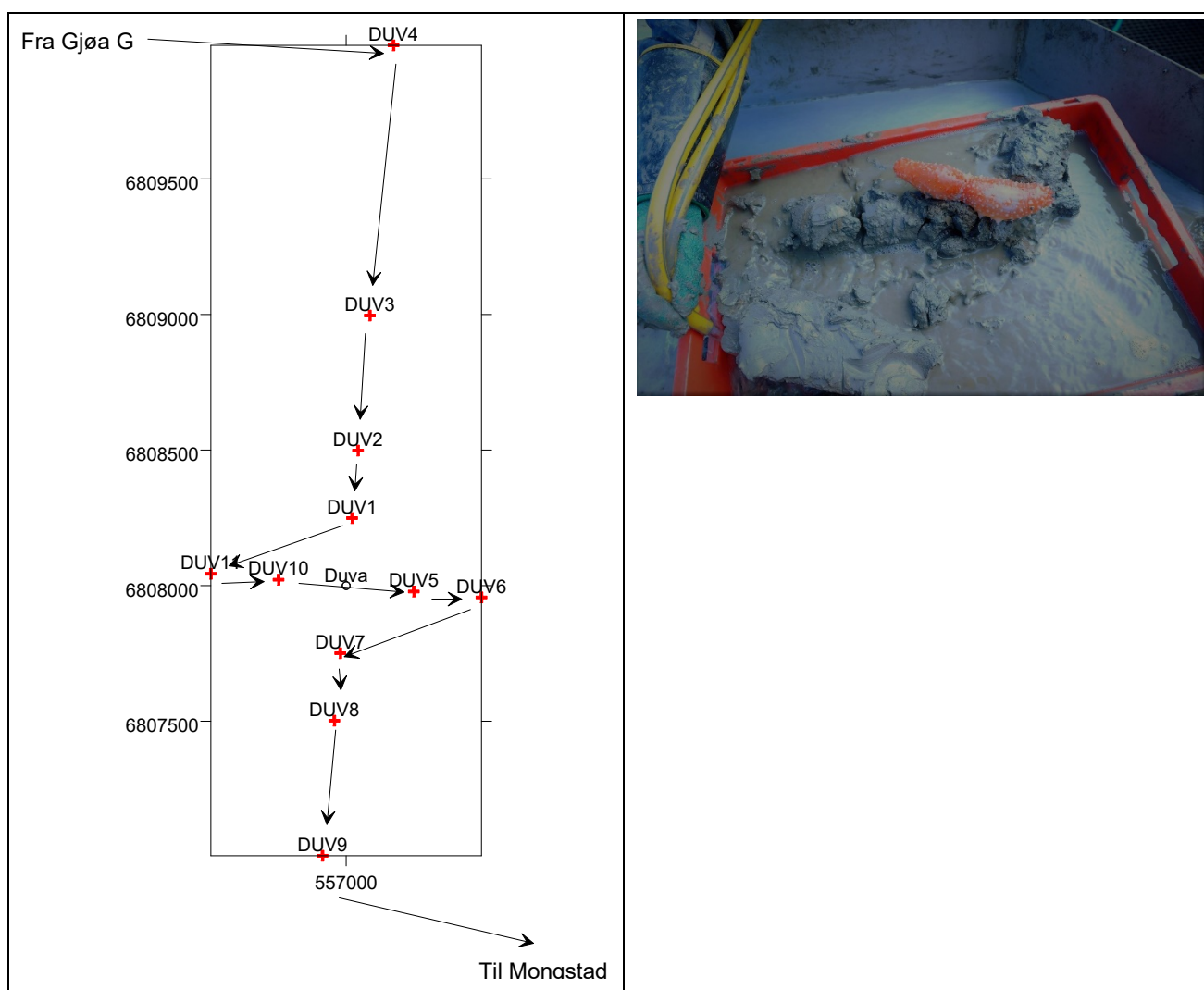
Funnet 36/7-4 (Duva) ligger i nordlig del av Nordsjøen, seks kilometer nordøst for Gjøa-feltet. Vann dybden i området er ca. 350 meter. Funnet ble påvist i 2016. Utbygging av feltet med en havbunnsramme tilknyttet Gjøa-innretningen ble startet i september 2019.

4.1.2 Prøvetaking

Stasjonsdypet på Duva varierte mellom 350 – 363 m. Sedimentet er beskrevet som grå leire med spikler på enkelte steder. Stasjonsinformasjon er vist i Tabell 4-1.

Tabell 4-1 Stasjonsopplysninger for Duva, 2019 (ED50, UTM sone 31).

Stasjon	Dyp (m)	Retning (°)	Avstand (m)	UTM (øst)	UTN Nord	Merknad
Senter				557000	6808000	
DUV1	356	5	250	557022	6808249	Bio/Kjemi
DUV2	359	5	500	557044	6808498	Bio/Kjemi
DUV3	354	5	1000	557087	6808996	Bio/Kjemi
DUV4	350	5	2000	557174	6809992	Bio/Kjemi
DUV5	356	95	250	557249	6807978	Bio/Kjemi
DUV6	359	95	500	557498	6807956	Bio/Kjemi
DUV7	363	185	250	556978	6807751	Bio/Kjemi
DUV8	362	185	500	556956	6807502	Bio/Kjemi
DUV9	362	185	1000	556913	6807004	Bio/Kjemi
DUV10	360	275	250	556751	6808022	Bio/Kjemi
DUV11	360	275	500	556502	6808044	Bio/Kjemi



Figur 4-1 Stasjonskart og eksempel på sediment fra Duva. **X**: Biologi- og kjemiprøver.

4.1.3 Sedimentkarakterisering

Kornstørrelsesfordeling og totalt organisk karbon (TOC)

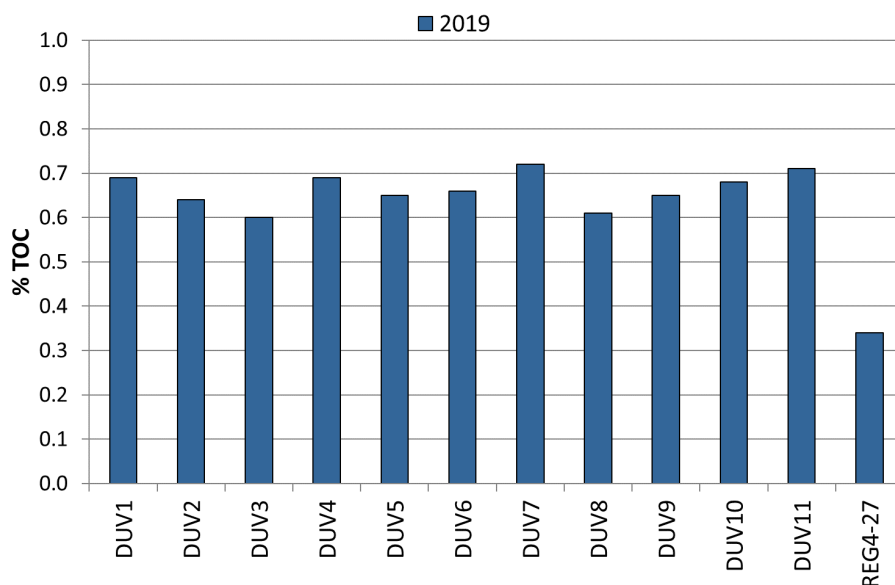
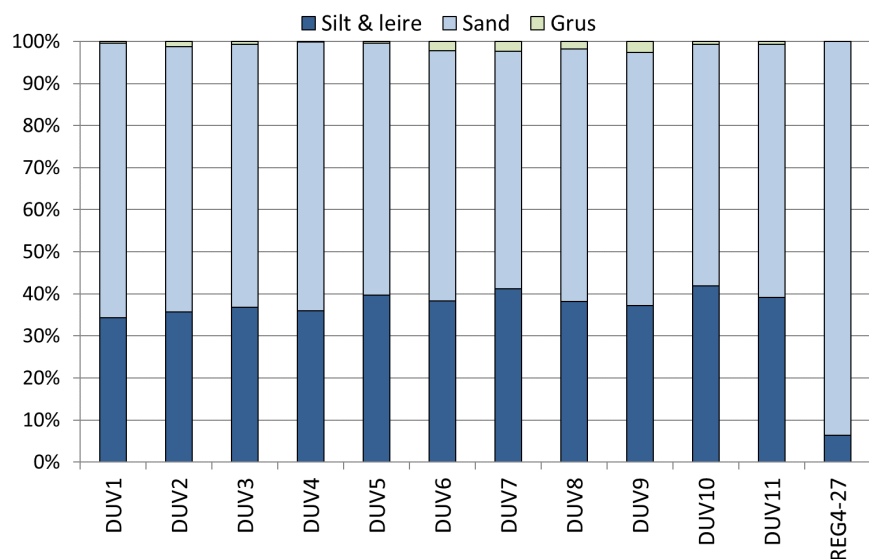
Kornstørrelsesfordeling og innhold av totalt organisk karbon er gitt i Tabell 4-2 og Figur 4-2. Detaljerte resultater er gitt i Appendiks C.

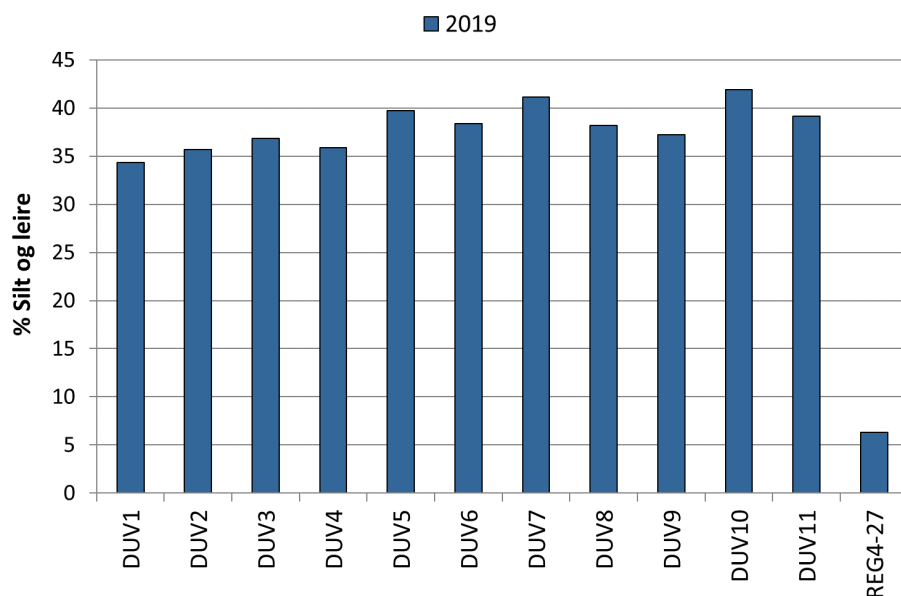
Undersøkelsen ved Duva er en grunnlagsundersøkelse i region 4. Sedimentet er karakterisert som veldig fin sand, og TOC varierer fra 0,60 – 0,72 %. Den regionale stasjonen REG4-27 er karakterisert som veldig fin sand og inneholder mindre TOC og silt og leire enn stasjonene ved Duva.

Tabell 4-2 Duva 2019, kornstørrelsesfordeling og totalt organisk karbon (TOC) i % av tørt sediment.

Stasjon	Retning (°)	Avstand (m)	Dyp (m)	TOC (%)	Klassifisering	Silt & leire %	Sand %	Grus %	Median (Φ)
DUV1	5	250	356	0,69	Veldig fin sand	34,4	65,2	0,4	3,41
DUV2	5	500	359	0,64	Veldig fin sand	35,7	63,0	1,3	3,51
DUV3	5	1000	354	0,60	Veldig fin sand	36,8	62,5	0,6	3,47
DUV4	5	2000	350	0,69	Veldig fin sand	35,9	64,0	0,1	3,46
DUV5	95	250	356	0,65	Veldig fin sand	39,7	59,8	0,5	3,50
DUV6	95	500	359	0,66	Veldig fin sand	38,4	59,5	2,1	3,45
DUV7	185	250	363	0,72	Veldig fin sand	41,1	56,5	2,3	3,54
DUV8	185	500	362	0,61	Veldig fin sand	38,2	60,0	1,9	3,47
DUV9	185	1000	362	0,65	Veldig fin sand	37,2	60,2	2,6	3,49
DUV10	275	250	360	0,68	Veldig fin sand	41,9	57,4	0,7	3,52
DUV11	275	500	360	0,71	Veldig fin sand	39,2	60,1	0,7	3,48
REG4-27			359	0,34	Veldig fin sand	6,3	93,6	0,1	3,01
Min.*				0,60		34,4	56,5	0,1	3,41
Max.*				0,72		41,9	65,2	2,6	3,54

*) Regionale stasjoner ikke medregnet





Figur 4-2 Duva 2019, sedimentkarakteristikk (TOC og andel silt og leire). Andel silt og leire, sand og grus for 2019 er vist øverst. TOC og silt og leire er vist under.

4.1.4 Kjemiske analyser

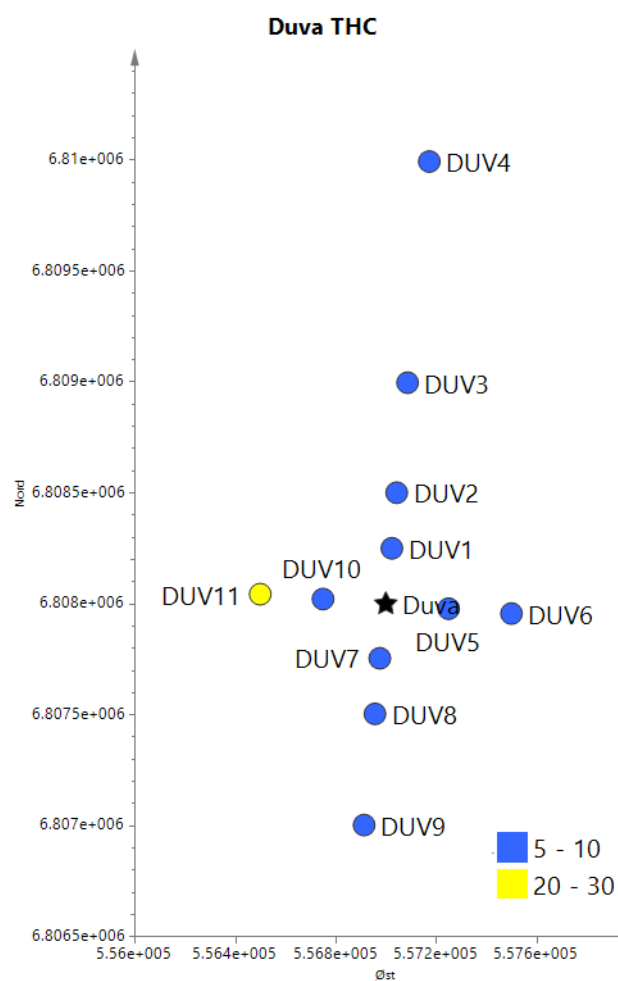
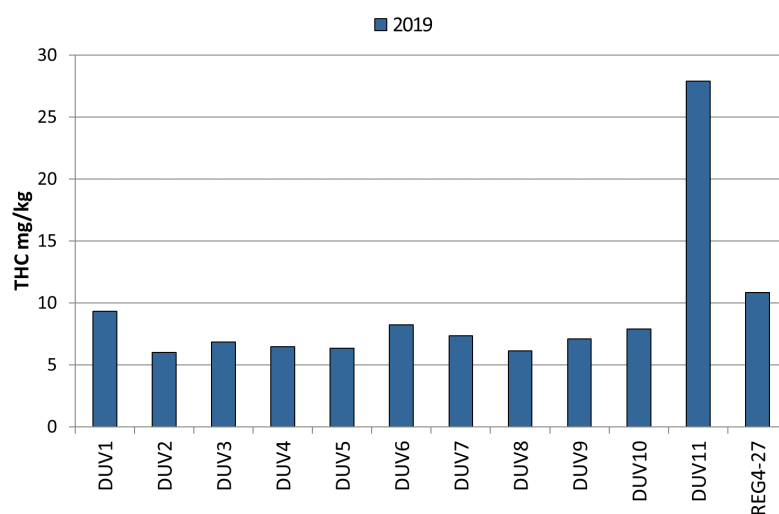
Hydrokarboner

Hydrokarbonresultatene er gitt i Tabell 4-3. Figur 4-3 viser også fordelingen av THC relatert til stasjonsplassering. Detaljerte resultater på grabbnivå er gitt i Appendiks C.

Tabell 4-3 Duva 2019, gjennomsnittlige konsentrasjoner av hydrokarboner (mg/kg tørt sediment).

Stasjon	Retning (°)	Avstand (m)	THC snitt	SD	PAH snitt	SD	NPD snitt	SD
DUV1	5	250	9	4,7	0,116	0,009	0,54	0,32
DUV2	5	500	6	1,0	0,100	0,003	0,19	0,01
DUV3	5	1000	7	2,7	0,084	0,010	0,19	0,05
DUV4	5	2000	6	0,4	0,117	0,021	0,26	0,02
DUV5	95	250	6	0,9	0,103	0,015	0,29	0,13
DUV6	95	500	8	0,9	0,138	0,024	0,50	0,19
DUV7	185	250	7	0,4	0,135	0,021	0,34	0,07
DUV8	185	500	6	1,4	0,110	0,018	0,25	0,05
DUV9	185	1000	7	0,8	0,132	0,026	0,36	0,18
DUV10	275	250	8	1,6	0,126	0,012	0,45	0,12
DUV11	275	500	28	14	0,139	0,020	0,65	0,39
REG4-27			11	2,7	0,102	0,010	0,10	0,01
Min.*			6		0,084		0,19	
Max.*			28		0,139		0,65	

*: Reg ikke medregnet



Figur 4-3 Duva2019. THC-innhold (mg/kg) i toppsediment (0-1cm) fra tre parallelle prøver. Fordeling av THC relatert til stasjonsplassering er vist under. Sirklene er farget etter mg/kg THC som angitt nederst til høyre i figuren.

THC-konsentrasjonen (0-1 cm) ved Duva varierer fra 6 – 28 mg/kg. Stasjon DUV11 500 meter vest for senter skiller seg fra de andre stasjonene med betydelig høyere THC konsentrasjon. Standardavviket mellom de tre parallellene er høyt og prøvene er re-analysert med samme resultat. Da Duva er en grunnlagsundersøkelse i region 4 er det ikke beregnet LSC og det finnes ingen tidligere undersøkelser for sammenlikning. Ved den regionale stasjonen REG4-27 er det påvist noe høyere konsentrasjon av THC enn ved de fleste stasjonene rundt Duva.

PAH varierer fra 0,084 – 0,139 mg/kg, og NPD varierer fra 0,19 – 0,65 mg/kg. I likhet med THC konsentrasjonene er de høyeste PAH og NPD konsentrasjonene funnet ved DUV11. Også for disse parameterne er standardavviket høyt, og prøvene er re-analysert med samme resultat.

Metaller

Gjennomsnittlige metallkonsentrasjoner er gitt i Tabell 4-4. Fullstendig resultattabell er gitt i Appendiks C. Fordeling av Ba relatert til stasjonsplassering er ikke vist på grunn av at LSC ikke er utregnet og fordi det er liten variasjon i resultatene. Det er heller ikke vist figurer for øvrige metaller da det er lave konsentrasjoner og små variasjoner.

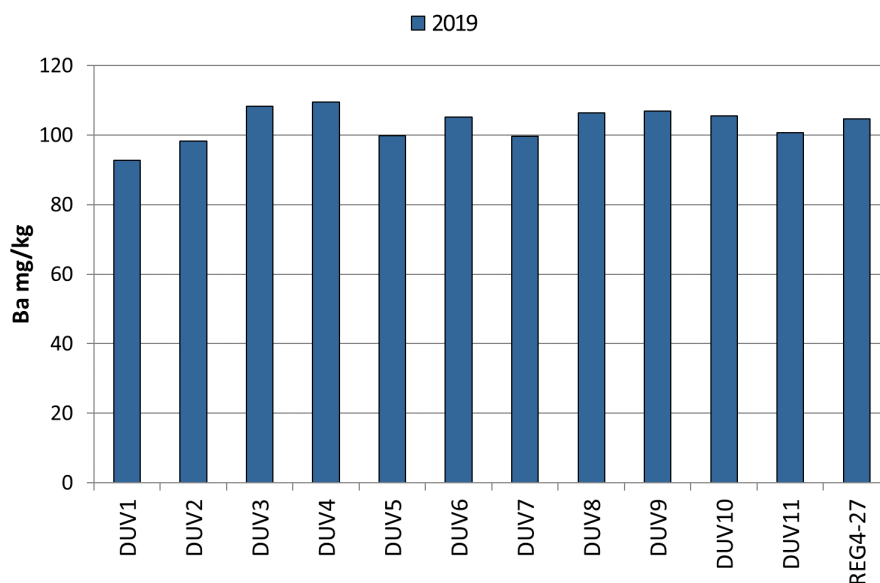
Ba-konsentrasjonen (0-1 cm) ved Duva varierer fra 93 – 109 mg/kg. Da Duva er en grunnlagsundersøkelse i region 4 er det ikke beregnet LSC og det finnes ingen tidligere undersøkelser for sammenlikning.

Det er liten variasjon i konsentrasjon av metaller, inkludert Ba, og resultatene samsvarer med REG4-27.

Tabell 4-4 Duva 2019, gjennomsnittlige metallkonsentrasjoner (mg/kg tørt sediment).

Stasjon		Ba		Cd		Cr		Cu		Hg		Pb		Ti		Zn		As	
	(°/m)	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD
DUV1	5/250	93	9	0,03	0,00	17	1,8	6,0	0,6	0,02	0,00	14	1,3	222	8	32	3	3,8	0
DUV2	5/500	98	13	0,02	0,00	18	0,6	6,3	0,5	0,01	0,00	14	1,2	235	6	33	0	4,1	0
DUV3	5/1000	108	6	0,02	0,00	18	1,0	6,4	0,4	0,02	0,00	14	0,1	243	9	34	2	3,9	0
DUV4	5/2000	109	12	0,02	0,01	18	1,5	6,5	0,9	0,02	0,00	15	1,4	226	13	37	5	4,4	1
DUV5	95/250	100	4	0,02	0,00	17	1,5	6,2	1,0	0,01	0,00	14	1,4	227	9	32	4	4,0	0
DUV6	95/500	105	11	0,02	0,00	19	0,9	6,9	0,3	0,02	0,00	16	0,9	232	15	37	2	4,4	0
DUV7	185/250	100	16	0,02	0,01	18	1,3	6,4	0,5	0,01	0,00	15	1,4	231	21	34	3	4,0	0
DUV8	185/500	106	8	0,04	0,00	19	3,1	6,9	1,0	0,01	0,00	15	0,4	200	20	39	6	3,6	1
DUV9	185/1000	107	6	0,04	0,00	18	1,5	7,0	0,6	0,01	0,00	15	1,0	196	11	38	6	4,0	0
DUV10	275/250	106	15	0,05	0,01	19	3,4	8,1	1,7	0,01	0,00	16	1,7	201	20	39	7	4,7	1
DUV11	275/500	101	17	0,04	0,01	15	0,7	5,7	0,8	0,01	0,00	13	1,3	179	7	31	3	3,9	0
REG4-27		105	8	0,03	0,01	15	1,6	5,4	0,6	0,01	0,00	14	1,6	194	9	31	3	3,8	0
Min. *		93		0,02		15		5,7		0,01		13		179		31		3,6	
Max. *		109		0,05		19		8,1		0,02		16		243		39		4,7	

*: Reg ikke medregnet

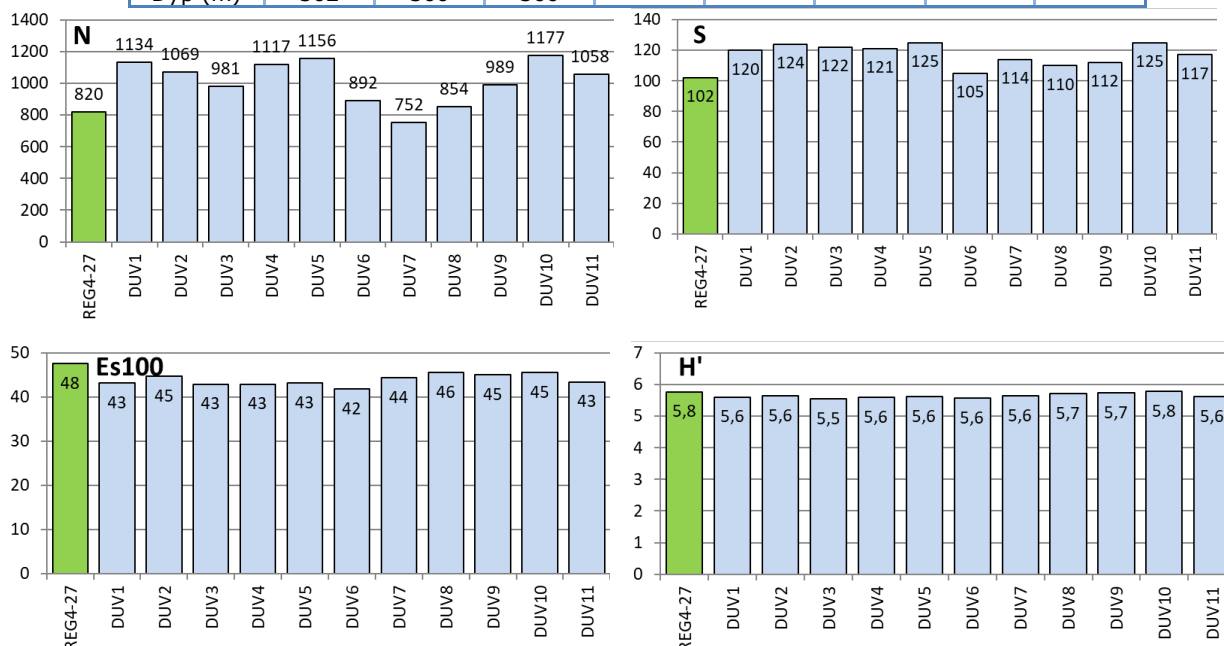


Figur 4-4 Duva 2019. Ba-innhold (mg/kg) i toppsediment (0-1cm) fra tre parallelle prøver. Resultater for de øvrige metallene i 2019 er ikke inkludert i figuren da konsentrasjonene er lave, det er liten variasjon i konsentrasjoner og ingen tidligere undersøkelser for sammenlikning. Fordeling av Ba relatert til stasjonsplassering utgår på grunn av manglende LSC og liten variasjon i resultater.

4.1.5 Biologiske analyser

Antall individer og taxa på hver stasjon er vist sammen med diversitetsindekser i Figur 4-5. De ti mest vanlige artene for hver stasjon er vist i Tabell 4-5 (regional stasjon) og Tabell 4-6 og Figur 4-6 viser fordeling av individene i økologiske grupper samt tre ulike sensitivitetsindekser.

	DUV1	DUV2	DUV3	DUV4	DUV5	DUV6	DUV7	DUV8
Ret (°)	5	5	5	5	95	95	185	185
Avs (m)	250	500	1000	2000	250	500	250	500
Dyp (m)	356	359	354	350	356	359	363	362
	DUV9	DUV10	DUV11					
Ret (°)	185	275	275					
Avs (m)	1000	250	500					
Dyp (m)	362	360	360					



Figur 4-5 Univariate indekser på Duva, 2019. Antall individer (N) og arter (S) per 0,5m², ES₁₀₀ og Shannon-Wieners diversitetsindeks H'. Avstand, retning, og dyp per stasjon.

Det er gode sediment forhold på Duva. Som på regional stasjon REG4-27, er diversiteten og andel sensitive individer (AMBI gr. I) veldig høy. Diversiteten (H') er over 5,5, og sensitive individer utgjør ≥ 40 % av totalt antall individer. Andel nøytrale (gr. II) individer er også høy (20 -30 %).

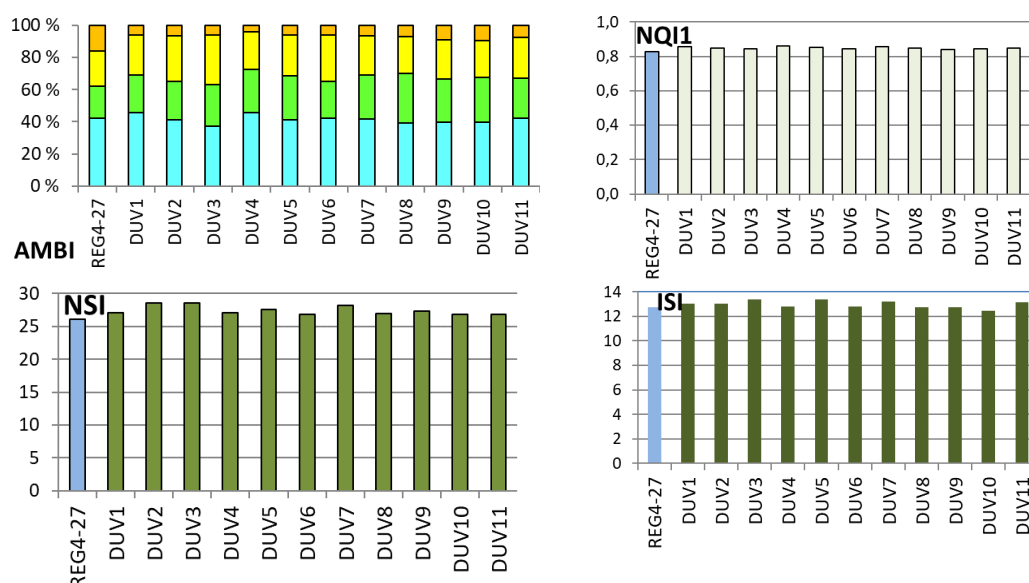
Andel opportunistiske individer (gr. IV) på feltet er lavt og utgjør <10 % av totalt antall individer per stasjon. Dette er lavere enn på regionale stasjon REG4-27 hvor 16 % av totalt antall individer er opportunistiske. Det er ingen forurensningsindikerende arter (gr. V) på Duva, og sensitivitetsindeksene NQI1, NSI og ISI er høye.

Tabell 4-5 De ti mest vanlige artene for Regionale stasjon i Region 4, 2019.

REG4-27	Antall	%	Kum%
Heteromastus filiformis	90	10	10
Kelliella miliaris	47	5	16
Cirrophorus brevicirrat	38	4	20
Glycera lapidum	34	4	25
Parvicardium minimum	30	3	28
Haploopsis setosa	27	3	31
Clymenura borealis	23	2	34
Prionospio cirrifera	23	2	37
Levinsonia gracilis	22	2	39
Onchnesoma steenstrupii	20	2	42
Totalt antall taxa 102			

Tabell 4-6 De ti mest vanlige artene for hver stasjon Duva, 2019.

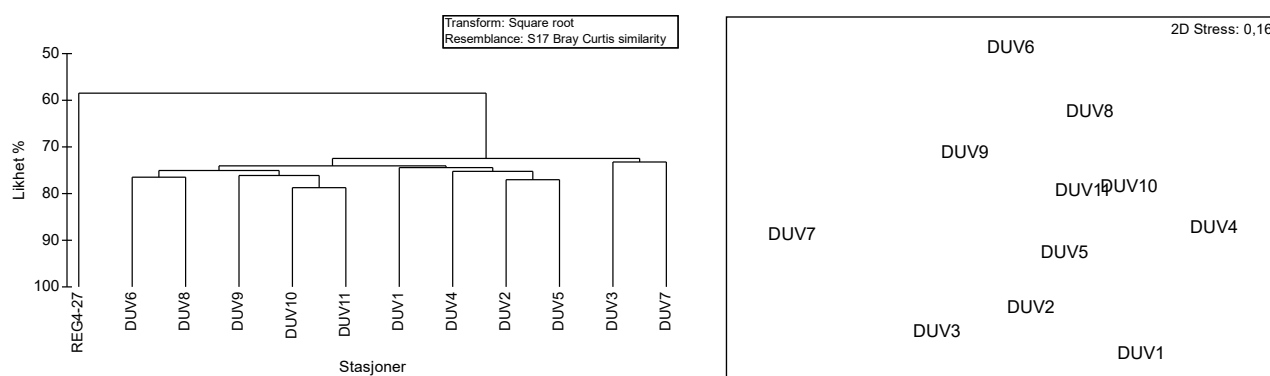
DUV1	Antall	%	Kum%
Paradoneis mikeli	97	8	8
Parvicardium minimum	92	8	16
Kelliella miliaris	74	6	22
Abra longicallus	69	6	28
Euchone incolor	49	4	33
Haploops setosa	49	4	37
Parexogone longicirris	41	3	41
Amythasides macroglossus	37	3	44
Glycera lapidum	35	3	47
Pista bansei	27	2	49
Totalt antall taxa 120			
DUV3	Antall	%	Kum%
Paradoneis mikeli	106	10	10
Haploops setosa	104	10	21
Euchone incolor	52	5	26
Parexogone longicirris	49	4	31
Parvicardium minimum	42	4	35
Abra longicallus	39	3	39
Kelliella miliaris	32	3	42
Amythasides macroglossus	28	2	45
Glycera lapidum	27	2	48
Prionospio cirrifera	27	2	51
Totalt antall taxa 122			
DUV5	Antall	%	Kum%
Euchone incolor	104	8	8
Haploops setosa	81	6	15
Paradoneis mikeli	78	6	22
Abra longicallus	59	5	27
Kelliella miliaris	53	4	32
Glycera lapidum	49	4	36
Parvicardium minimum	49	4	40
Yoldiella lucida	48	4	44
Parexogone longicirris	46	3	48
Amythasides macroglossus	45	3	52
Totalt antall taxa 125			
DUV7	Antall	%	Kum%
Haploops setosa	71	9	9
Paradoneis mikeli	55	7	16
Parvicardium minimum	41	5	21
Euchone incolor	39	5	26
Yoldiella lucida	39	5	32
Glycera lapidum	33	4	36
Heteromastus filiformis	27	3	39
Parexogone longicirris	25	3	43
Abra longicallus	23	3	46
Amythasides macroglossus	21	2	48
Totalt antall taxa 114			
DUV9	Antall	%	Kum%
Haploops setosa	67	6	6
Paradoneis mikeli	60	5	12
Heteromastus filiformis	53	5	17
Euchone incolor	49	4	22
Glycera lapidum	40	3	26
Parexogone longicirris	39	3	30
Abra longicallus	37	3	34
Kelliella miliaris	35	3	37
Amythasides macroglossus	32	3	40
Augeneria	30	2	43
Totalt antall taxa 112			
DUV11	Antall	%	Kum%
Paradoneis mikeli	114	10	10
Kelliella miliaris	64	5	16
Euchone incolor	58	5	22
Heteromastus filiformis	47	4	26
Glycera lapidum	45	4	30
Parvicardium minimum	40	3	34
Parexogone longicirris	39	3	38
Abra longicallus	39	3	41
Haploops setosa	37	3	45
Amythasides macroglossus	35	3	48
Totalt antall taxa 117			
DUV2	Antall	%	Kum%
Haploops setosa	137	12	12
Paradoneis mikeli	73	6	19
Euchone incolor	53	4	24
Kelliella miliaris	51	4	28
Parexogone longicirris	42	3	32
Heteromastus filiformis	40	3	36
Glycera lapidum	38	3	40
Yoldiella lucida	37	3	43
Abra longicallus	35	3	46
Parvicardium minimum	28	2	49
Totalt antall taxa 124			
DUV4	Antall	%	Kum%
Paradoneis mikeli	85	7	7
Kelliella miliaris	84	7	14
Euchone incolor	81	7	22
Parvicardium minimum	66	5	27
Parexogone longicirris	63	5	33
Haploops setosa	58	5	38
Yoldiella lucida	41	3	42
Abra longicallus	40	3	45
Amythasides macroglossus	35	3	48
Heteromastus filiformis	31	2	51
Totalt antall taxa 121			
DUV6	Antall	%	Kum%
Paradoneis mikeli	66	7	7
Kelliella miliaris	51	5	13
Abra longicallus	45	5	18
Parvicardium minimum	43	4	22
Haploops setosa	39	4	27
Glycera lapidum	37	4	31
Yoldiella lucida	34	3	35
Amythasides macroglossus	32	3	38
Spiophanes kroyeri	32	3	42
Parexogone longicirris	31	3	45
Totalt antall taxa 105			
DUV8	Antall	%	Kum%
Paradoneis mikeli	68	7	7
Euchone incolor	61	7	15
Glycera lapidum	48	5	20
Abra longicallus	46	5	25
Parexogone longicirris	34	3	29
Amythasides macroglossus	33	3	33
Parvicardium minimum	32	3	37
Pista bansei	28	3	40
Yoldiella lucida	22	2	43
Kelliella miliaris	22	2	45
Totalt antall taxa 110			
DUV10	Antall	%	Kum%
Paradoneis mikeli	89	7	7
Heteromastus filiformis	59	4	12
Kelliella miliaris	56	4	17
Euchone incolor	54	4	21
Glycera lapidum	53	4	26
Parexogone longicirris	52	4	30
Haploops setosa	49	4	34
Parvicardium minimum	44	3	38
Abra longicallus	38	3	41
Amythasides macroglossus	37	3	44
Totalt antall taxa 125			



Figur 4-6 Prosentvis fordeling av individer i ulike økologiske AMBI-grupper: ● Gr. I - sensitive arter; ● Gr. II - nøytrale arter; ● Gr. III - tolerante arter; ● Gr. IV - opportunistiske arter; ● Gr. V - forurensningsindikerende arter. Sensitivitetsindeksene NQI1, NSI og ISI per stasjon (0,5m²), Duva, 2019.

Likhetsanalyser

Klassifikasjon og ordinasjon er gjennomført på stasjonsnivå. Dendrogram og MDS-plott er vist i Figur 4-7. Analysen viser at feltstasjonene skiller seg fra den regionale stasjonen REG4-27 ved en likhet på 58 %, noe som tyder på at de er relativt like i faunasammensetning. Forskjellen skyldes flere individer av børstemarken *H. filiformis* og færre av børstemarken *E. incolor* på den regionale stasjonen. Feltstasjonene viser et homogent faunasamfunn uten at noen av stasjonene skiller seg spesielt ut. Diversiteten er høy både på feltstasjonene og den regionale stasjonen.



Figur 4-7 Dendrogram (venstre) og MDS-plott (høyre) på stasjonsnivå, Duva 2019.

BioEnv-analysen ga ingen nevneverdig korrelasjon, dvs. at korrelasjonen er lav og i tillegg så varierer miljøvariablene og faunasamfunnet lite mellom feltstasjonene.



4.1.6 Konklusjoner

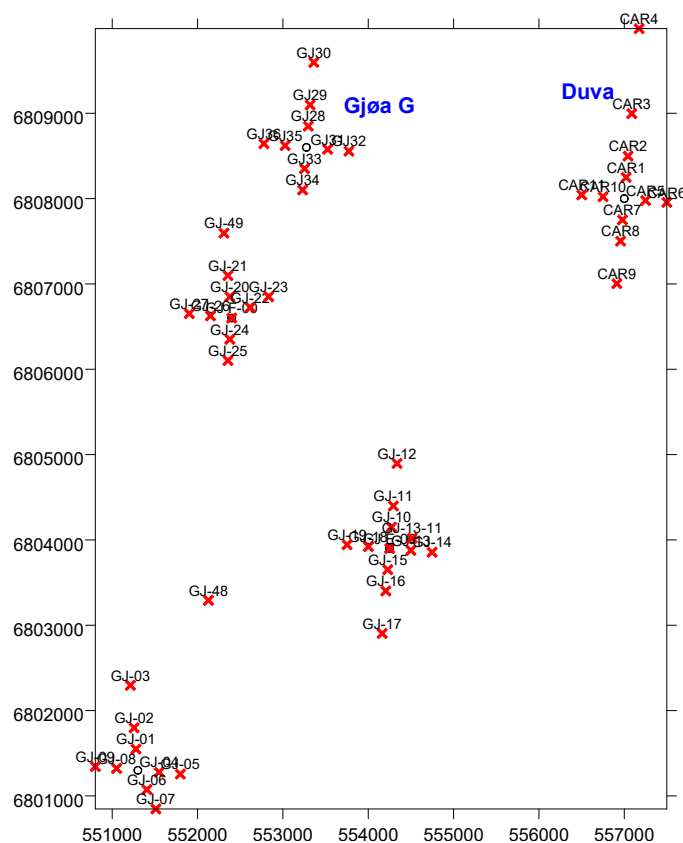
Sedimentet på Duva er karakterisert som veldig fin sand, og TOC varierer fra 0,60 – 0,72 %. Den regionale stasjonen REG4-27 er karakterisert som veldig fin sand men inneholder mindre TOC og silt og leire enn stasjonene på Duva. Nivåene av THC og metaller på stasjon REG4-27 samsvarer med konsentrasjonene på feltstasjonene, med unntak av DUV11 hvor det er funnet høyere konsentrasjoner av THC, PAH og NPD enn på resten av feltet. Det er stor variasjon mellom de tre parallellene ved denne stasjonen og prøvene er re-analysert med samme resultat. Den regionale stasjonen har en mindre andel silt og leire og lavere TOC innhold enn feltstasjonene. Det bør derfor vurderes å opprette nye regionale stasjoner for feltet, eventuelt benytte eksisterende regionale stasjoner som kan egne seg hvis relevant.

Det er høy faunadiversitet på feltet med høy andel sensitive arter og lav andel forurensningsindikerende arter. Faunaen på feltet er naturlig og uforstyrret.

4.2 Gjøl G

4.2.1 Innledning

Gjøl G ligger i den nordlige delen av Nordsjøen, 50 kilometer nordøst for Troll i region 4. Vanndybden i området er 360 meter. Feltet er bygd ut med fire havbunnsrammer og en satellittbrønn koblet til en halvt nedsenkbar produksjons- og prosessinnretning. Produksjonen startet i 2010. De planlagte produksjonsbrønnene ligger i nærhet til tidligere undersøkte områder i Gjøl lisensen hvor det eksisterer mange overvåkingsstasjoner, dvs. at sedimentforholdene i området er godt kjent. Figur 4-8 viser plasseringen av Gjøl G, samt Duva, i forhold til eksisterende undersøkelseslokaliteter i området.



Figur 4-8 Plasseringen av Gjøl G i forhold til eksisterende undersøkelseslokaliteter på Gjøl samt den planlagte grunnlagsundersøkelsen på Duva.

4.2.2 Prøvetaking

Det er gjennomført en grunnlagsundersøkelse på Gjøl G. Dypet varierte mellom 360 til 367 m. Sedimentet er beskrevet som grå leire med spikler. Prøvetakingen ble gjennomført i henhold til programmet. Stasjonsinformasjon er vist i Tabell 4-7

Tabell 4-7 Stasjonsopplysninger for Gjøl G, 2019 (ED50, UTM sone 31).

Stasjon	Dyp (m)	Retning (°)	Avstand (m)	UTM (øst)	UTN Nord	Merknad
Senter				553364	6808483	
GJ28	362	5	250	553386	6808732	Bio/Kjemi
GJ29	362	5	500	553408	6808981	Bio/Kjemi
GJ30	365	5	1000	553451	6809479	Bio/Kjemi

GJ31	365	95	250	553613	6808461	Bio/Kjemi
GJ32	365	95	500	553862	6808439	Bio/Kjemi
GJ33	367	185	250	553342	6808234	Bio/Kjemi
GJ34	360	185	500	553320	6807985	Bio/Kjemi
GJ35	365	275	250	553115	6808505	Bio/Kjemi
GJ36	365	275	500	552866	6808527	Bio/Kjemi

4.2.3 Sedimentkarakterisering

Kornstørrelsesfordeling og totalt organisk karbon (TOC)

Kornstørrelsesfordeling og innhold av totalt organisk karbon er gitt i

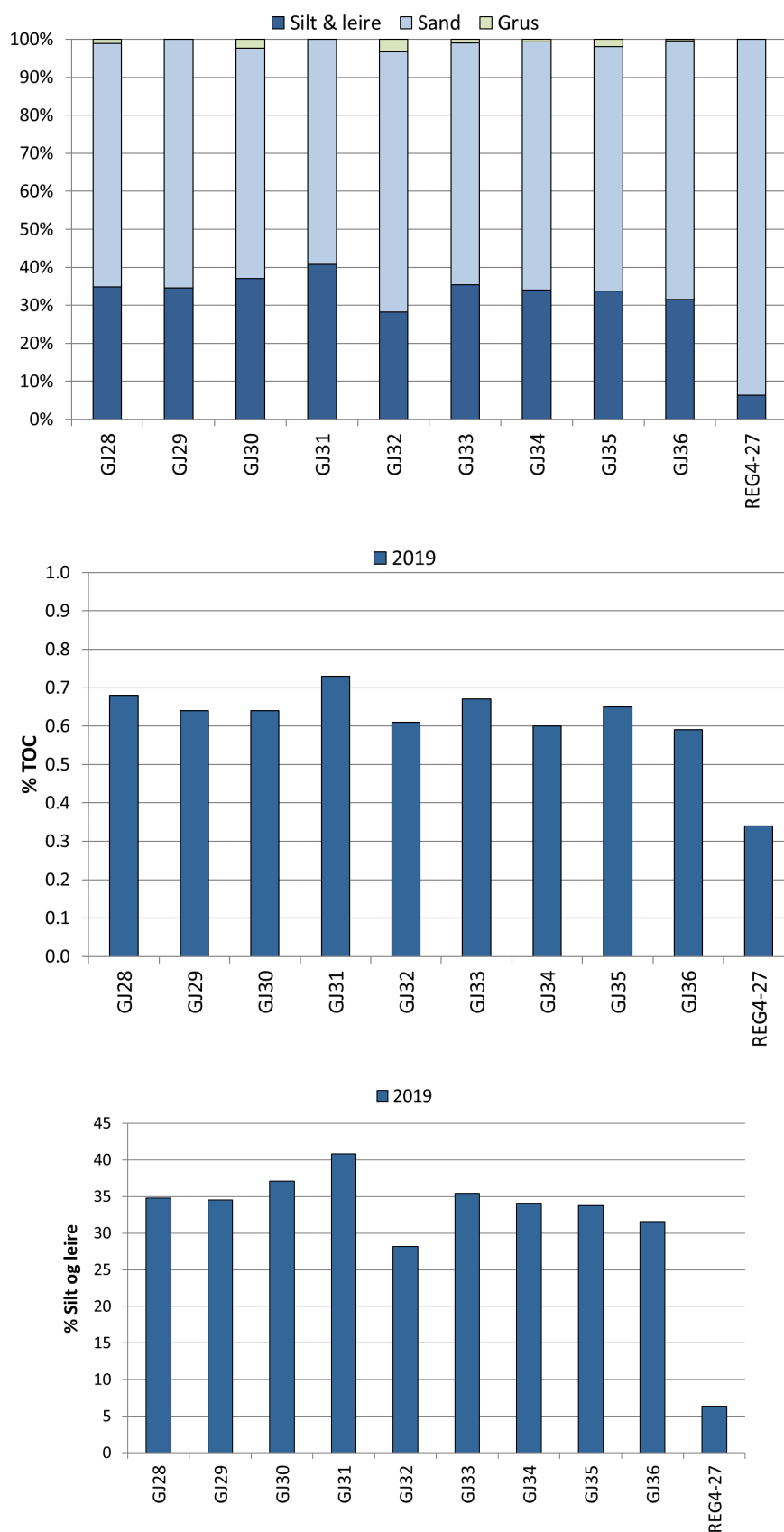
Tabell 4-8 og Figur 4-9. Detaljerte resultater er gitt i Appendiks C.

Undersøkelsen ved Gjøa G er en grunnlagsundersøkelse i Region 4. Sedimentet er karakterisert som veldig fin sand, og TOC varierer fra 0,34 – 0,73 %. Den regionale stasjonen REG4-27 er karakterisert som veldig fin sand og inneholder mindre TOC og silt og leire enn stasjonene ved Gjøa.

Tabell 4-8 Gjøa G 2019, kornstørrelsesfordeling og totalt organisk karbon (TOC) i % av tørt sediment.

Stasjon	Retning (°)	Avstand (m)	Dyp (m)	TOC (%)	Klassifisering	Silt & leire %	Sand %	Grus %	Median (Φ)
GJ28	5	250	362	0,68	Veldig fin sand	34,8	64,0	1,2	3,55
GJ29	5	500	362	0,64	Veldig fin sand	34,5	65,4	0,1	3,55
GJ30	5	1000	365	0,64	Veldig fin sand	37,1	60,6	2,3	3,51
GJ31	95	250	365	0,73	Veldig fin sand	40,8	59,2	0,0	3,67
GJ32	95	500	365	0,61	Veldig fin sand	28,2	68,5	3,3	3,24
GJ33	185	250	367	0,67	Veldig fin sand	35,4	63,6	1,0	3,52
GJ34	185	500	360	0,60	Veldig fin sand	34,1	65,2	0,7	3,43
GJ35	275	250	365	0,65	Veldig fin sand	33,8	64,3	2,0	3,40
GJ36	275	500	365	0,59	Veldig fin sand	31,6	68,1	0,4	3,34
REG4-27			359	0,34	Veldig fin sand	6,3	93,6	0,1	3,01
Min.*				0,34		6,3	59,2	0,0	3,01
Max.*				0,73		40,8	93,6	3,3	3,67

*) Regionale stasjoner ikke medregnet



Figur 4-9 GjØa G 2019, sedimentkarakteristikk (TOC og andel silt og leire). Andel silt og leire, sand og grus for 2019 er vist Øverst. TOC og silt og leire er vist under.

4.2.4 Kjemiske analyser

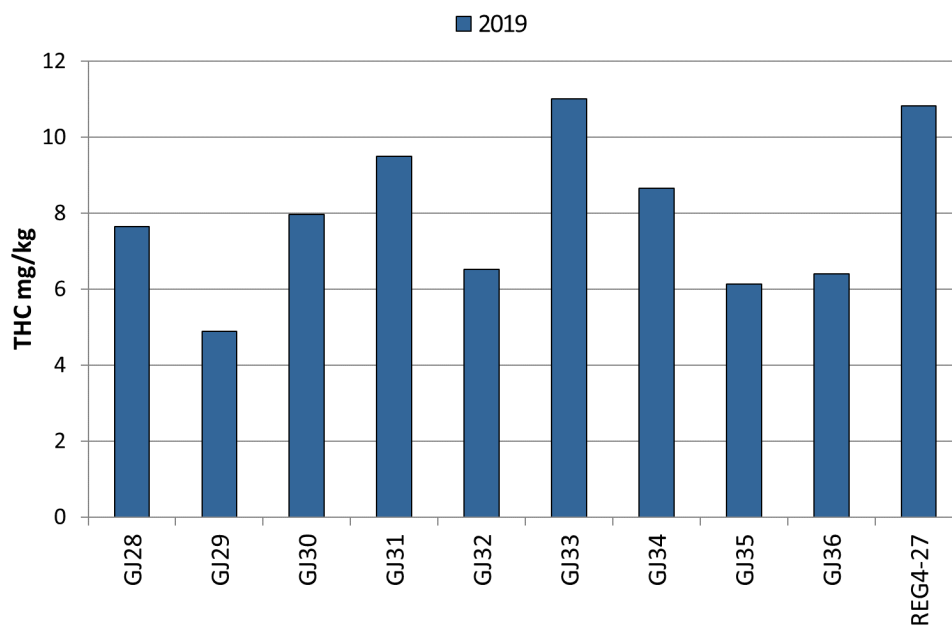
Hydrokarboner

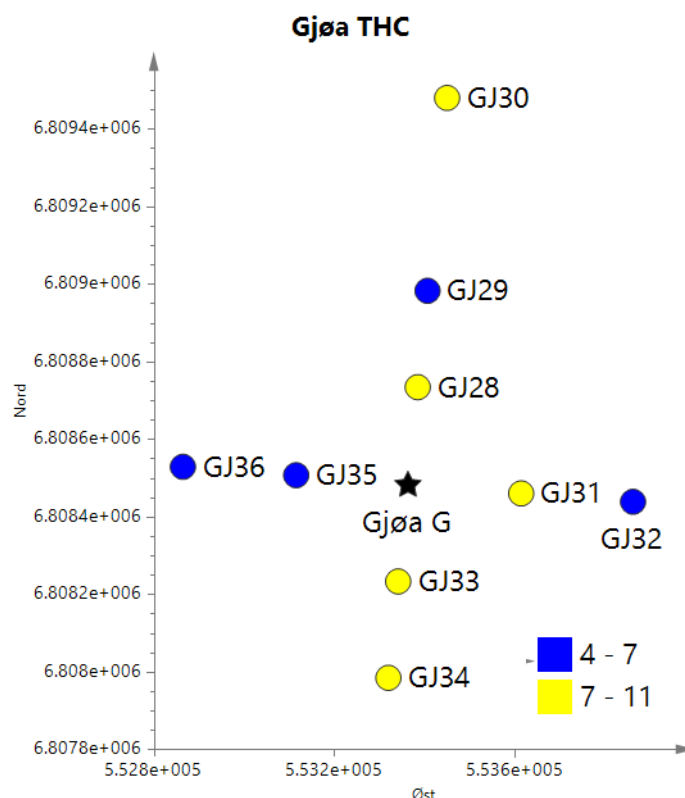
Hydrokarbonresultatene er gitt i Tabell 4-9 og Figur 4-10. Figur 4-10 viser også fordelingen av THC relatert til stasjonsplassering. Detaljerte resultater på grabbnivå er gitt i Appendiks C.

Tabell 4-9 Gjøa G 2019, gjennomsnittlige konsentrasjoner av hydrokarboner (mg/kg tørt sediment).

Stasjon	Retning (°)	Avstand (m)	THC snitt	SD	PAH snitt	SD	NPD snitt	SD
GJ28	5	250	8	1,2	0,138	0,033	1,68	1,46
GJ29	5	500	5	3,4	0,089	0,034	0,73	0,59
GJ30	5	1000	8	1,6	0,114	0,017	0,88	0,19
GJ31	95	250	10	2,4	0,104	0,025	0,48	0,27
GJ32	95	500	7	0,7	0,082	0,012	0,29	0,09
GJ33	185	250	11	5,8	0,113	0,012	1,11	0,33
GJ34	185	500	9	0,8	0,193	0,048	3,03	0,97
GJ35	275	250	6	4,3	0,080	0,032	0,59	0,41
GJ36	275	500	6	2,2	0,095	0,031	1,00	0,70
REG4-27			11	2,7	0,102	0,010	0,10	0,01
Min.*			5		0,080		0,29	
Max.*			11		0,193		3,03	

*: Reg ikke medregnet





Figur 4-10 Gjøa G 2019. THC-innhold (mg/kg) i toppsediment (0-1cm) fra tre parallelle prøver. Fordeling av THC relatert til stasjonsplassering er vist under. Sirklene er farget etter mg/kg THC som angitt nederst til høyre i figuren.

THC-konsentrasjonen (0-1 cm) ved Gjøa varierer fra 5– 11 mg/kg. De høyeste konsentrasjonene er påvist sør og øst for feltsenteret. Da Gjøa G er en grunnlagsundersøkelse i Region 4 er det ikke beregnet LSC og det finnes ingen tidligere undersøkelser på samme lokaliteter for sammenlikning. Ved den regionale stasjonen REG4-27 er det påvist noe høyere konsentrasjon av THC enn ved halvparten av stasjonene rundt Gjøa. Gjennomsnittlig konsentrasjon av THC i sedimentet (0-1 cm) på Gjøa, lokalisert i størrelsesorden 8 km fra Gjøa G (se Figur 4-8), i 2017 var 6 mg/kg som er på nivå med årets undersøkelse på Gjøa G.

PAH varierer fra 0,080 – 0,193 mg/kg, og NPD varierer fra 0,29 – 3,03 mg/kg. De høyeste konsentrasjonene er påvist ved GJ34, det er stort standardavvik mellom parallellene på denne stasjonen og prøvene er re-analysert med samme resultat.

Metaller

Gjennomsnittlige metallkonsentrasjoner er gitt i Tabell 4-10 og Figur 4-11. Fullstendig resultattabell er gitt i Appendiks C. Figur av fordelingen av Ba relatert til stasjonsplassering er ikke vist da LSC ikke er beregnet og det er liten variasjon i resultatene.

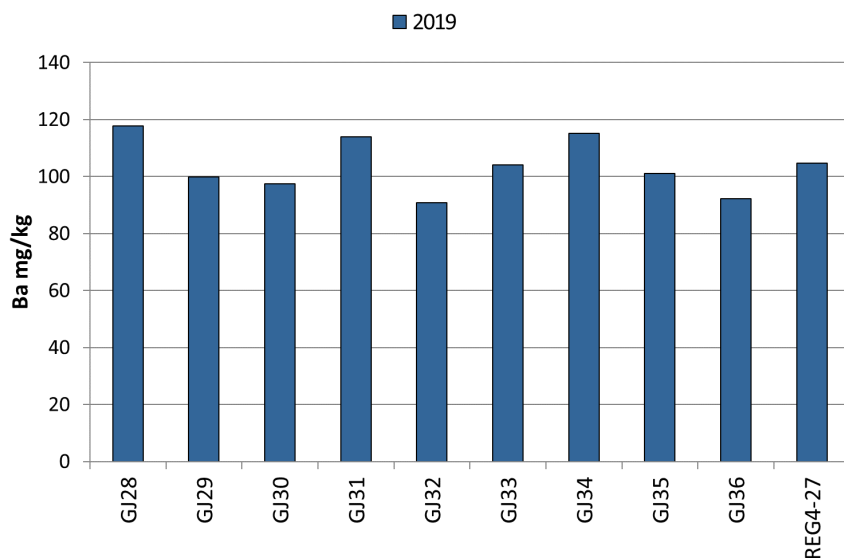
Ba-konsentrasjonen (0-1 cm) ved Gjøa varierer fra 91 – 118 mg/kg. Da Gjøa G er en grunnlagsundersøkelse i Region 4 er det ikke beregnet LSC og det finnes ingen tidligere undersøkelser for sammenlikning.

Det er liten variasjon i konsentrasjon av metaller, inkludert Ba, og resultatene samsvarer med REG4-27.

Tabell 4-10 Gjøa G 2019, gjennomsnittlige metallkonsentrasjoner (mg/kg tørt sediment).

Stasjon		Ba		Cd		Cr		Cu		Hg		Pb		Ti		Zn		As	
	(°/m)	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD
GJ28	5/250	118	8	0,04	0,00	15	0,8	5,9	0,5	0,01	0,00	13	1,0	187	9	31	2	3,6	0
GJ29	5/500	100	16	0,03	0,00	15	0,7	5,9	0,2	0,01	0,00	11	0,3	186	3	30	2	3,5	0
GJ30	5/1000	97	4	0,04	0,00	16	4,0	6,4	1,5	0,01	0,00	13	1,8	190	29	33	7	3,6	0
GJ31	95/250	114	10	0,04	0,00	15	2,3	6,0	1,0	0,01	0,00	12	0,9	194	15	30	5	3,6	0
GJ32	95/500	91	8	0,04	0,00	16	1,0	6,3	0,3	0,01	0,00	13	0,2	193	12	32	2	3,8	0
GJ33	185/250	104	5	0,04	0,01	17	2,4	6,6	1,0	0,01	0,00	13	0,9	198	16	34	4	3,7	0
GJ34	185/500	115	9	0,04	0,00	18	2,9	7,1	1,9	0,01	0,00	14	1,1	205	13	35	5	3,9	0
GJ35	275/250	101	22	0,05	0,02	16	1,3	6,2	0,4	0,01	0,00	13	0,5	184	9	31	2	3,6	0
GJ36	275/500	92	32	0,05	0,01	17	3,6	6,9	1,5	0,01	0,00	12	0,6	205	27	33	5	3,3	0
REG4-27		105	8	0,03	0,01	15	1,6	5,4	0,6	0,01	0,00	14	1,6	194	9	31	3	3,8	0
Min. *		91		0,03		15		5,9		0,01		11		184		30		3,3	
Max. *		118		0,05		18		7,1		0,01		14		205		35		3,9	

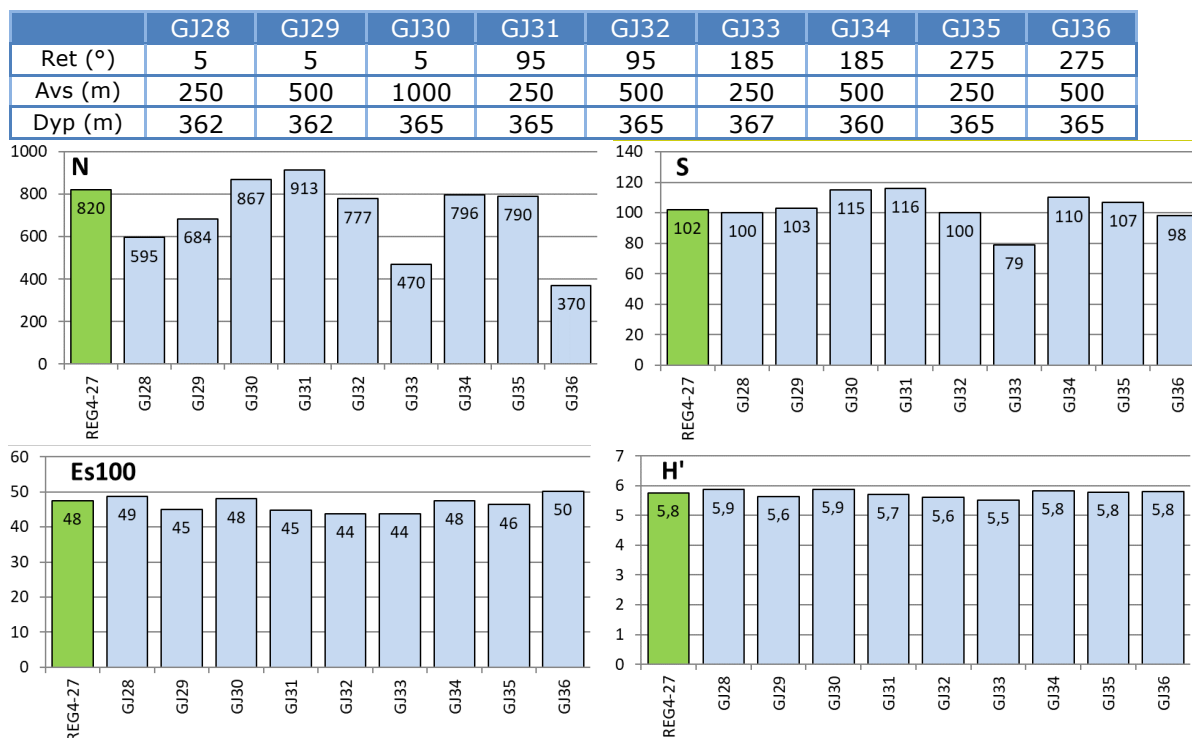
*: Reg ikke medregnet



Figur 4-11 Gjøa G 2019. Ba-innhold (mg/kg) i toppsediment (0-1cm) fra tre parallelle prøver. Resultater for de øvrige metallene i 2019 er ikke inkludert i figuren da konsentrasjonene er lave, det er liten variasjon i konsentrasjoner og ingen tidligere undersøkelser for sammenlikning. Fordeling av Ba relatert til stasjonsplassering utgår på grunn av manglende LSC og liten variasjon i resultater.

4.2.5 Biologiske analyser

Antall individer og taxa på hver stasjon er vist sammen med diversitetsindekser i Figur 4-12. De ti mest vanlige artene for hver stasjon er vist i Tabell 4-11 (for regional stasjon se Tabell 4-5). Figur 4-13 viser fordeling av individene i økologiske grupper samt tre ulike sensitivitetsindekser.



Figur 4-12 Univariate indekser på Gjølga G, 2019. Antall individer (N) og arter (S) per 0,5m², ES₁₀₀ og Shannon-Wieners diversitetsindeks H'. Avstand, retning, og dyp per stasjon.

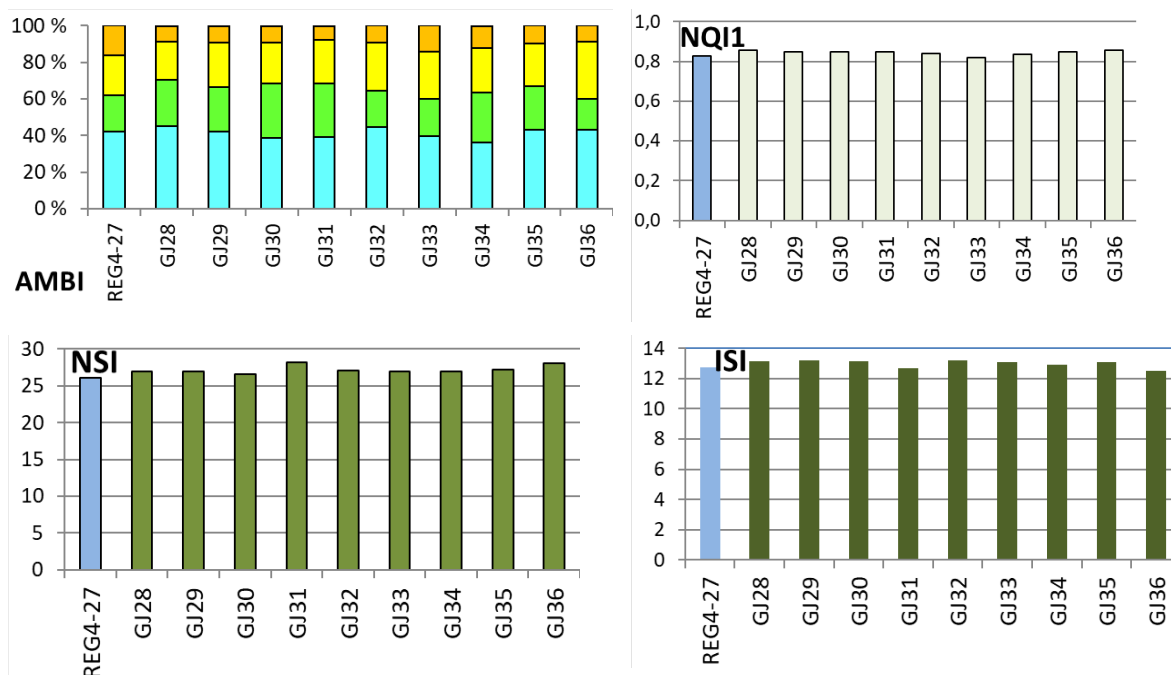
Bløtbunn samfunnet reflekterer gode sediment forhold på Gjølga. Som på regional stasjon Reg4-27, er diversitet veldig høy på Gjølga ($H \geq 5,5$), og andel sensitive individer (AMBI gr. I) er veldig høy (≥ 40 % av totalt antall individer). De sensitive individer tilhører mange forskjellige arter og det er ikke en eller to sensitiv arter som dominerer. Andel nøytrale (gr. II) individer er også høy (15 -30 %).

Andel opportunistiske individer (gr. IV) er lav på de fleste stasjonene (< 10 %), med høyere andel på stasjon GJ33 og -34, som på regionale stasjon Reg4-27 (10 – 16 %). Den opportunistiske børstemarken *Heteromastus filiformis* er mest dominante art på stasjon Reg4-27. Det er få ($< 0,5$ %) forurensningsindikerende arter (gr. V) på Gjølga, og sensitivitetsindeksene NQI1, NSI og ISI er høye.

Tabell 4-11 De ti mest vanlige artene for hver stasjon på Gjølga G, 2019.

GJ28	Antall	%	Kum%
Glycera lapidum	33	5	5
Kelliella miliaris	30	4	10
Paradoneis mikeli	28	4	15
Haploops setosa	26	4	19
Yoldiella lucida	24	3	23
Abra longicallus	23	3	27
Euchone incolor	20	3	30
Harpinia pectinata	19	3	33
Parexogone longicirris	17	2	36
Amythasides macroglossus	15	2	38
<i>Totalt antall taxa 100</i>			
GJ30	Antall	%	Kum%
Glycera lapidum	63	7	7
Paradoneis mikeli	55	6	13
Kelliella miliaris	37	4	17
Yoldiella lucida	36	4	21
Haploops setosa	30	3	25
Euchone incolor	29	3	28
Parexogone longicirris	29	3	31
Prionospio cirrifer	28	3	34
Amythasides macroglossus	23	2	37
Heteromastus filiformis	23	2	40
<i>Totalt antall taxa 115</i>			
GJ32	Antall	%	Kum%
Haploops setosa	66	8	8
Kelliella miliaris	53	6	15
Paradoneis mikeli	43	5	20
Yoldiella lucida	41	5	25
Glycera lapidum	38	4	30
Prionospio cirrifer	29	3	34
Heteromastus filiformis	28	3	37
Abra longicallus	27	3	41
Parvicardium minimum	22	2	44
Parexogone longicirris	19	2	46
<i>Totalt antall taxa 100</i>			
GJ34	Antall	%	Kum%
Haploops setosa	56	6	6
Glycera lapidum	44	5	12
Heteromastus filiformis	43	5	17
Paradoneis mikeli	42	5	22
Parexogone longicirris	29	3	26
Yoldiella lucida	23	2	29
Prionospio cirrifer	22	2	32
Parvicardium minimum	22	2	34
Octobrachus sikorskii	21	2	37
Chaetozona	20	2	39
<i>Totalt antall taxa 110</i>			
GJ36	Antall	%	Kum%
Haploops setosa	32	8	8
Paradoneis mikeli	26	6	15
Abra longicallus	18	4	20
Heteromastus filiformis	16	4	24
Yoldiella lucida	13	3	28
Glycera lapidum	12	3	31
Harpinia pectinata	12	3	34
Echinocucumis hispida	12	3	37
Onchnesoma steenstrupii steenstrupii	8	2	39
Chaetozona	8	2	41
<i>Totalt antall taxa 98</i>			

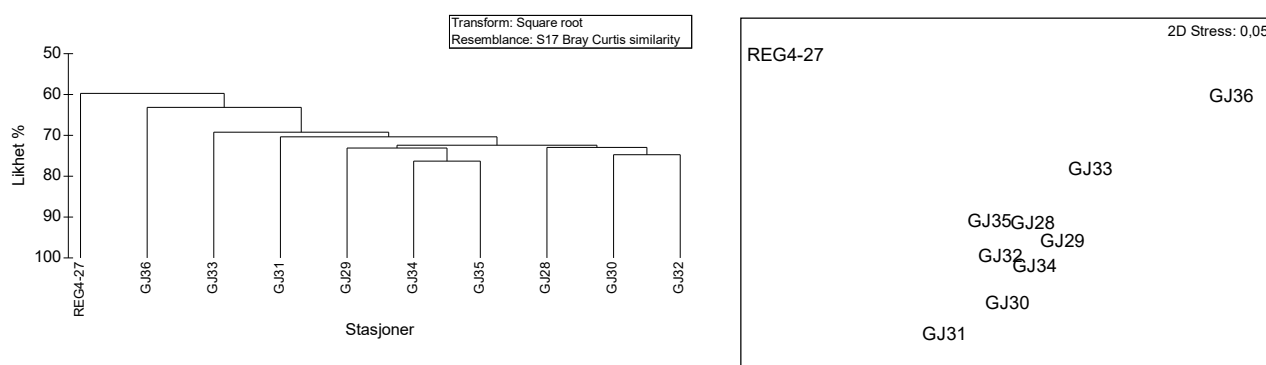
GJ29	Antall	%	Kum%
Haploops setosa	60	8	8
Paradoneis mikeli	51	7	15
Glycera lapidum	48	6	22
Kelliella miliaris	36	5	28
Heteromastus filiformis	26	3	31
Harpinia pectinata	25	3	35
Yoldiella lucida	25	3	38
Golfingiidae	20	2	41
Protodorvillea kefersteini	19	2	44
Parvicardium minimum	18	2	47
<i>Totalt antall taxa 103</i>			
GJ31	Antall	%	Kum%
Haploops setosa	72	7	7
Euchone incolor	58	6	13
Paradoneis mikeli	52	5	19
Glycera lapidum	50	5	24
Parexogone longicirris	45	4	29
Prionospio cirrifer	39	4	33
Yoldiella lucida	35	3	37
Abra longicallus	30	3	40
Amythasides macroglossus	26	2	42
Octobrachus sikorskii	25	2	45
<i>Totalt antall taxa 116</i>			
GJ33	Antall	%	Kum%
Paradoneis mikeli	43	9	9
Heteromastus filiformis	31	6	15
Haploops setosa	31	6	22
Glycera lapidum	20	4	26
Prionospio cirrifer	20	4	30
Kelliella miliaris	20	4	34
Euchone incolor	15	3	37
Yoldiella lucida	14	2	40
Amythasides macroglossus	13	2	43
Echinocucumis hispida	12	2	46
<i>Totalt antall taxa 79</i>			
GJ35	Antall	%	Kum%
Parvicardium minimum	50	6	6
Paradoneis mikeli	49	6	12
Haploops setosa	38	4	17
Heteromastus filiformis	37	4	21
Kelliella miliaris	34	4	26
Glycera lapidum	32	4	30
Yoldiella lucida	27	3	33
Abra longicallus	26	3	36
Euchone incolor	22	2	39
Prionospio cirrifer	20	2	41
<i>Totalt antall taxa 107</i>			



Figur 4-13 Prosentvis fordeling av individer i ulike økologiske AMBI-grupper: ● Gr. I - sensitive arter; ● Gr. II - nøytrale arter; ● Gr. III - tolerante arter; ● Gr. IV - opportunistiske arter; ● Gr. V - forurensningsindikerende arter. Sensitivitetsindeksene NQI1, NSI og ISI per stasjon (0,5m²), Gjølga, 2019.

Likhetsanalyser

Klassifikasjon og ordinasjon er gjennomført på stasjonsnivå. Dendrogram og MDS-plott er vist i Figur 4-14. Analysen viser at feltstasjonene skiller seg fra den regionale stasjonen REG4-27 ved en likhet på 60 %, noe som tyder på at de er relativt like i faunasammensetning. Feltstasjonene viser en relativt homogen faunasammensetning, men GJ36 skiller seg noe ut fra de andre. Dette skyldes færre individer av de samme artene på GJ-36. Diversiteten er høy på alle stasjoner.



Figur 4-14 Dendrogram (venstre) og MDS-plott (høyre) på stasjonsnivå, Gjølga 2019.

BioEnv-analysen ga ingen nevneverdig korrelasjon.

4.2.6 Konklusjoner

Sedimentet på Gjølå G er karakterisert som veldig fin sand, og TOC varierer fra 0,34 – 0,73 %. Den regionale stasjonen REG4-27 er karakterisert som veldig fin sand og inneholder noe mindre TOC og silt og leire enn stasjonene ved Gjølå G. Det bør vurderes å opprette nye regionale stasjoner for feltet.

Ved den regionale stasjonen REG4-27 er det påvist noe høyere konsentrasjon av THC enn ved halvparten av stasjonene rundt Gjølå. Ved GJ34 er det påvist høyere konsentrasjoner av PAH og NPD enn ved de andre stasjonene. Konsentrasjonen av metaller, inkludert Ba, samsvarer med REG4-27 og det er ingen forskjell i konsentrasjon mellom de ulike stasjonene.

Det er høy faunadiversitet på feltet med høy andel sensitive arter og lav andel forurensningsindikerende arter. Faunaen på feltet er naturlig og uforstyrret.

5 OPPSUMMERING

Sedimentet på Duva og Gjølå G er veldig fin sand med et TOC-innhold på mellom 0,34 og 0,73 %. Det er som forventet relativt lave THC og Ba konsentrasjoner i sedimentet på feltene og på nivå med eller lavere enn den regionale stasjonen som er undersøkt. Det er målt noe forhøyet THC nivå på stasjon 11 på Duva. Det er relativt stor variasjon mellom replikatene på denne stasjonen men prøven er re-analysert med samme resultat. Det er boret en brønn i forbindelse med testing på feltet (brønn 36/7-4) men denne er lokalisert nærmere stasjon DUV4 så det er vanskelig å relatere funnet til denne brønnen.

Det er høy bunnfauna diversitet og et uforstyrret bunnsamfunn med taxa fra alle grupper på begge felt. Opportunistiske og/eller indikatorarter er fraværende eller forekommer i lavt antall.

Det anbefales at samme overvåkingsprogram benyttes ved eventuelle videre oppfølging, men vurdere å etablere nye regionale stasjoner.

6 REFERANSER

Borja, Angel & Franco, Javier & Perez Landa, Víctor. (2000). A Marine Biotic Index to Establish the Ecological Quality of Soft-Bottom Benthos Within European Estuarine and Coastal Environments. *Marine Pollution Bulletin*. 40. 1100-1114. 10.1016/S0025-326X(00)00061-8.

Bray, J.R. & J.T. Curtis 1957. *An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin*. *Ecol. Monogr.* 27: 325-349.

Buchanan, J.B. (1984), *Sediment analysis*. In "Methods for the study of marine benthos". Editors: Holme, N.A., and A.D. McIntyre. Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK, pp. 41-65.

DNV GL, 2019. Toktrapport. Miljøovervåking i Region 3– 2018. Rapport nr. 2018-0851, Rev.02

Faksness, 1998. Miljøundersøkelser Vøring og Barentshavet 1998: kornstørrelsesfordeling. Sintef rapport STF66 F98151.

Kruskal, J.B. & M. Wish. 1978. *Multidimensional scaling*. Sage Publishers. California. 93s.

Miljødirektoratet, 2015. Miljøovervåking av petroleumsvirksomheten til havs. M300|2015.

Miljødirektoratet, 2020. Miljøovervåking av petroleumsvirksomheten til havs. M300|2020.

Pielou, E.C., 1966: An introduction to mathematical ecology. Wiley-Interscience, New York.

Sanders, H. 1968. *Marine Benthic Diversity: A Comparative Study*. *The American Naturalist* 102 (925): 243-283

Shannon, C.E. & W.W. Weaver 1963: *The mathematical theory of communities*. University of Illinois Press. Urbana, Illinois. 117 pp.





Om DNV GL

DNV GL er et internasjonalt selskap innen kvalitetssikring og risikohåndtering. Siden 1864 har vårt formål vært å sikre liv, verdier og miljøet. Vi bistår våre kunder med å forbedre deres virksomhet på en sikker og bærekraftig måte.

Vi leverer klassifisering, sertifisering, teknisk risiko- og pålitelighetsanalyse sammen med programvare, datahåndtering og uavhengig ekspertrådgivning til maritim sektor, til olje- og gass-sektoren, og til energibedrifter. Med 80,000 bedriftskunder på tvers av alle industrisektorer er vi også verdensledende innen sertifisering av ledelsessystemer.

Med høyt utdannede ansatte i 100 land, jobber vi sammen med våre kunder om å gjøre verden sikrere, smartere og grønnere.