

MILJØOVERVÅKING 2016

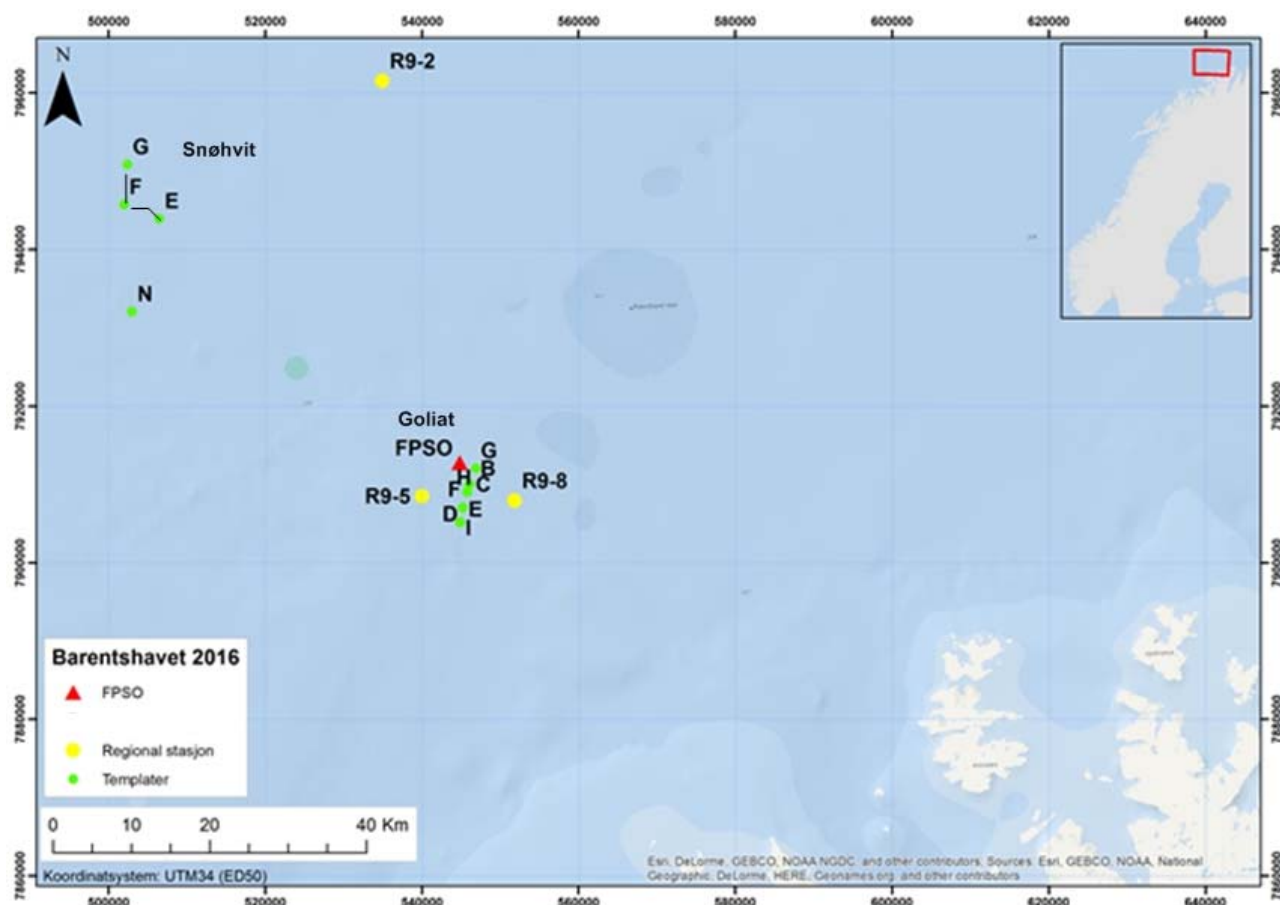
Region 9 – Sammendragsrapport / Summary Report

Statoil Petroleum AS

Rapportnr.: 2017-0116, Rev. 01

Dokumentnr.: 1ZAE5RP-12

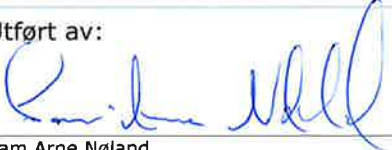
Dato: 2017-09-04





Prosjektnavn: Miljøovervåking 2016
Rapporttittel: Region 9 – Sammendragsrapport / Summary Report
Oppdragsgiver: Statoil Petroleum AS,
Kontaktperson: Rolf Chr. Sundt/Linn Pedersen Hocking
Dato: 2017-09-04
Prosjektnr.: PP151287
Org. enhet: Environmental Risk Management
Rapportnr.: 2017-0116, Rev. 01
Dokumentnr.: 1ZAE5RP-12

DNV GL AS Oil & Gas
Environmental Risk Management
P.O. Box 300
1322 Høvik
Norway
Tel: +47 67 57 99 00
NO 945 748 931 MVA

Levering av denne rapporten er underlagt bestemmelsene i relevant(e) kontrakt(er): 4600017024

Utført av: 
Sam Arne Nøland
Senior Principal Consultant/Marine biologist

Verifisert av: 
Øyvind Fjukmoen
Principal Consultant/Marine biologist

Godkjent av: 
Tor Jensen
Head of Section

Helene Tvette, Sintef Molab
Chem. Ing.

Beskyttet etter lov om opphavsrett til åndsverk m.v. (Åndsverkloven) © DNV GL 2017. 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:

- ☒ Fri distribusjon (internt og eksternt)
☐ Fri distribusjon innen DNV GL
☐ Fri distribusjon innen det DNV GL-selskap som er kontraktspart
☐ Ingen distribusjon (konfidensiell)

Nøkkelord:

Sedimenter, bunnfauna, hydrokarboner, metaller, rørledningstrasé, svamp, ROV

Rev.nr.	Dato	Årsak for utgivelser	Utført av	Verifisert av	Godkjent av
0	[yyyy-mm-dd]	First issue			

Innholdsfortegnelse

1	SAMMENDRAGDRAGSRAPPORT	1
1.1	Innledning	1
1.2	Feltarbeid	2
1.3	Status for regionen	3
1.4	Oppsummering av resultater	7
1.4.1	Snøhvit F	7
1.4.2	Snøhvit N	7
1.4.3	Visuell inspeksjon av rørledningstraséer	8
1.4.4	Goliat Templat G	9
1.4.5	Goliat Templat B/H	10
1.4.6	Goliat Templat C	11
1.4.7	Goliat Templat D/F	12
1.4.8	Goliat Templat I/E	13
1.4.9	Goliat – alle templat	14
1.5	Anbefalinger	15
2	SUMMARY REPORT	16
2.1	Introduction	16
2.2	Fieldwork	17
2.3	Status of the region	18
2.4	Summary of results	22
2.4.1	Snøhvit F	22
2.4.2	Snøhvit N	22
2.4.3	Visual inspection of pipeline route	23
2.4.4	Goliat Template G	24
2.4.5	Goliat Template B/H	25
2.4.6	Goliat Template C	26
2.4.7	Goliat Template D/F	27
2.4.8	Goliat Template I/E	28
2.4.9	Goliat – all templates	29
2.5	Recommendations	30

Forord

Overvåkingsundersøkelsen i Region 9 i Barentshavet 2016 er utført i fellesskap av DNV GL (tidligere Det Norske Veritas) og SINTEF MOLAB, og koordinert av Statoil v/ Linn Pedersen og Rolf Chr. Sundt.

Rapporten beskriver resultatene av de kjemiske/fysiske analysene av sjøbunnsedimentene samt analyser av bløtbunnsamfunnet ved Snøhvit og Goliat. I tillegg er det gjort visuell inspeksjon langs en rørledningstrasé på Snøhvit.

Følgende personell deltok på toktet:

- Sam-Arne Nøland (DNV GL, toktleder)
- Øyvind Fjukmoen (DNV GL, skiftleder)
- Lars Ulvestad (DNV GL, skiftleder)
- Jon Kristian Haugland (DNV GL)
- Anders Ommundsen (DNV GL)
- Odd Strandvoll (SINTEF MOLAB)
- Thomas Trulsen (SINTEF MOLAB)
- Tore Anthonsen (AUR-Lab)
- Fra Isurvey deltok Walter Andreas Drexel

Rolf Chr. Sundt var Statoils representant om bord under toktet.

Kjemiske analyser/sedimentkarakterisering:

Kornstørrelsesfordeling:	Marianne Johansen, Terje Kolberg
Totalt organisk materiale:	Karl Olav Bratland, Terje Pedersen
Metaller:	Anne Berdal, Robert Gibala, Knut Magne Rugstad Rui, Emilie Østrem, Arne Åsheim (Cd) Hanne Skog Lillevik, Gunn Mari Michaelsen, Maja L Olsen, Terje Pedersen, Lene Sivertsen (Ba, Cr, Cu, Pb, Ti, Zn, As, Hg)
THC:	Amela Liajic, Helene Tvete
NPD og PAH:	Elena Petrovich, Helene Tvete

De kjemiske analysene er utført hos SINTEF Molab AS, avdeling Oslo, Mo i Rana og Porsgrunn. Kornstørrelsesfordelingen er bestemt hos SINTEF Molab AS, avdeling Glomfjord. Totalt organisk karbon er bestemt hos SINTEF Molab AS, avdeling Mo i Rana.

Biologiske analyser:

Jon Kristian Haugland (krepsdyr)
Fredrik Melsom (børstemark, varia og pigghuder)
Timothy Worsfold (APEM) (bløtdyr)
Anders Ommundsen (børstemark, varia)

Sortering er utført på DNVs Biolaboratorium på Høvik. Ludvig Søgne Jensen, Kasper Nøland og Jørgen Nordstrøm har vært ansvarlig for sortering av biologiske prøver.



Univariate analyser: Lucy Brooks

Multivariate analyser: Sam Arne Nøland, Fredrik Melsom

Utarbeidelse av rapport:

Kjemi: Helene Tvette, Hege Karlsen

Bunnfauna: Lucy Brooks, Fredrik Melsom, Sam-Arne Nøland

Visuell undersøkelse: Lars Ulvestad

Hovedrapport: Sam-Arne Nøland

Verifikasjon: Øyvind Fjukmoen

Prosjektleder: Sam-Arne Nøland



Preface

The monitoring survey in Region 9 in the Barents Sea 2016 has been conducted of DNV GL (former Det Norske Veritas) and SINTEF MOLAB, and coordinated by Statoil by Linn Pedersen and Rolf Chr. Sundt.

The report describes the results from the chemical/physical analyses of the seabed sediments and also analyses of the soft bottom fauna community at Snøhvit and Goliat. It was also carried out a visual inspection along a pipeline route at Snøhvit.

Survey personnel:

- Sam-Arne Nøland (DNV GL, survey leader)
- Øyvind Fjukmoen (DNV GL, shift leader)
- Lars Ulvestad (DNV GL, shift leader)
- Jon Kristian Haugland (DNV GL)
- Anders Ommundsen (DNV GL)
- Odd Strandvoll (SINTEF MOLAB)
- Thomas Trulsen (SINTEF MOLAB)
- Tore Anthonsen (AUR-Lab)
- From Isurvey: Walter Andreas Drexel

Rolf Chr. Sundt was Statoil's representative on board during the survey.


Chemical analyses/sediment characterization:

Grain size distribution:	Marianne Johansen, Terje Kolberg
Total organic carbon:	Karl Olav Bratland, Terje Pedersen
Metals:	Anne Berdal, Robert Gibala, Knut Magne Rugstad Rui, Emilie Østrem, Arne Åsheim (Cd) Hanne Skog Lillevik, Gunn Mari Michaelsen, Maja L Olsen, Terje Pedersen, Lene Sivertsen (Ba, Cr, Cu, Pb, Ti, Zn, As, Hg)
THC:	Amela Liajic, Helene Tvete
NPD and PAH:	Elena Petrovich, Helene Tvete

The chemical analyses are performed at SINTEF Molab AS, Oslo, Mo i Rana and Porsgrunn. The grain size distribution is determined at SINTEF Molab AS, Glomfjord. Total organic carbon is determined at SINTEF Molab AS, Mo i Rana.

Biological analyses:

Jon Kristian Haugland (Crustacea)
Fredrik Melsom (Polychaeta, varia and Echinoderms)
Timothy Worsfold (APEM) (Mollusca)
Anders Ommundsen (Polychaeta, varia)



Sorting is performed at DNV GL's Biology laboratory at Høvik. Ludvig Søgne Jensen, Kasper Nøland and Jørgen Nordstrøm has been responsible for sorting of the biological samples.

Univariate analyses: Lucy Brooks

Multivariate analyses: Sam Arne Nøland, Fredrik Melsom

Report:

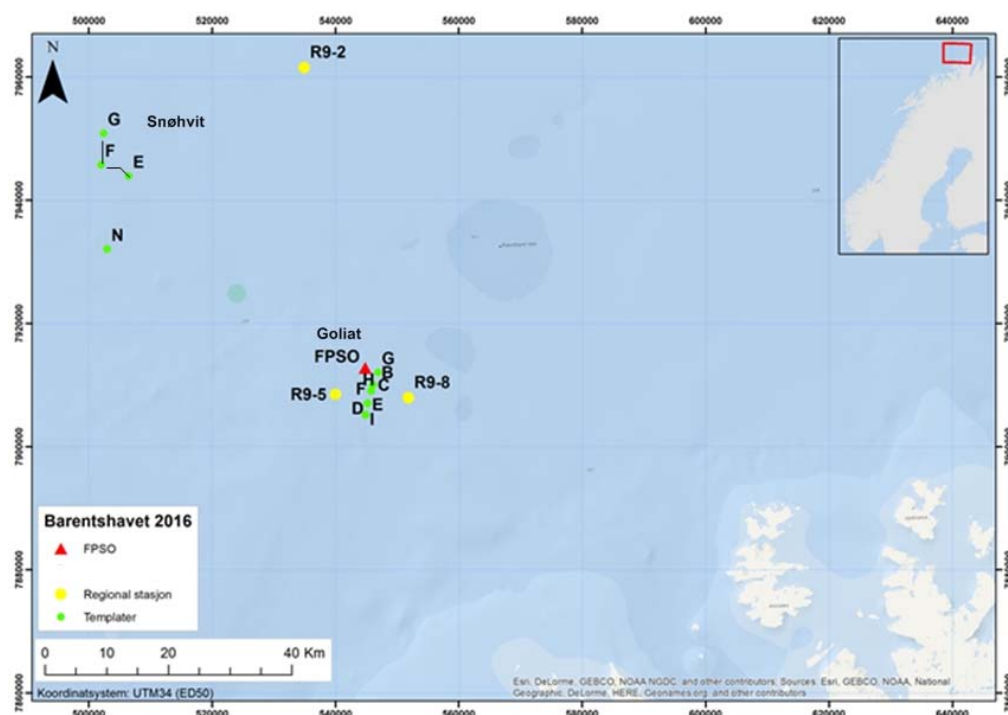
Chemistry:	Helene Tvette, Hege Karlsen
Benthic fauna:	Lucy Brooks, Fredrik Melsom, Sam-Arne Nøland
Visual survey:	Lars Ulvestad
Main report:	Sam-Arne Nøland
Verification:	Øyvind Fjukmoen
Project Manager:	Sam-Arne Nøland

1 SAMMENDRAGDRAGSRAPPORT

1.1 Innledning

På vegne av Statoil og Eni er det utført miljøovervåking i Region 9 – Finnmark. Hensikten med de regionale undersøkelsene er å studere miljøeffekter fra petroleumsaktiviteter på hvert felt og over et større område.

Oppdraget inkluderte sedimentundersøkelser på Snøhvit og Goliat samt visuell inspeksjon av en rørledningstrasé på Snøhvit.



Figur 1.1-1 Oversikt over felt/templatert inkludert i undersøkelsen.

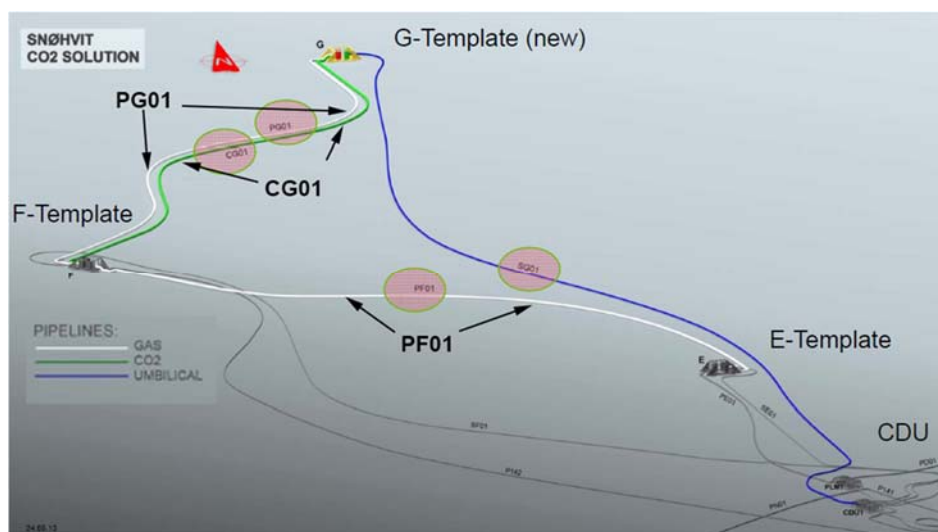
Tabell 1.1-1 Oversikt over felt/aktiviteter i Region 9 2016.

Operatør	Felt	Templat	Undersøkelsestype	Komm.
Statoil	Snøhvit	F	Sedimentovervåking	5 stasjoner
		N	Sedimentovervåking	5 stasjoner
		E til G via F	Etterkantsundersøkelse	Visuell – etter legging av rørledning
Eni	Goliat	G	Sedimentovervåking	8 stasjoner
		B/H	Sedimentovervåking	12 stasjoner
		C	Sedimentovervåking	8 stasjoner
		D/F	Sedimentovervåking	8 stasjoner
		E/I	Sedimentovervåking	13 stasjoner
		FPSO	PFAS i sediment	3 stasjoner (rapportert separate)
	Regionale		Sediment	3 stasjoner

Programmet for sedimentovervåkingen er i tråd med det som tidligere er utført i regionen, og skiller seg ikke nevneverdig ut fra tidligere programmer.

Rapporten inneholder også resultatene fra den visuelle inspeksjonen av rørledninger på Snøhvit. Bakgrunnen for undersøkelsen er at Statoil har installert rørledninger for transport av gass og CO₂ mellom enkelte templatere på Snøhvit.

I forkant av disse aktivitetene ble bunnfaunaen langs den planlagte rørledningstraséen kartlagt, og formålet med den visuelle inspeksjonen i 2016 har vært å avdekke eventuelle effekter av rørledningsoperasjonene.



Figur 1.1-2 Rørledninger og kabler mellom Snøhvittemplatene G, F og E (Technip, 2013).

Rapporteringen er delt i tre deler. I Sammendragsrapporten/Summary Report (Rapp.nr. 2017-0116) er de viktigste resultatene presentert, og i hovedrapporten (denne) er resultatene kommentert og diskutert.

Vedleggsrapporten (vedlagte minnepinne) inneholder:

- Appendiks A – Toktrapport
- Appendiks B – Prøvsingsrapport (biologi) og kvalitetssikring
- Appendiks C – Analyserapport (kjemi) og kvalitetssikring
- Appendiks D – Statistisk analysemetodikk
- Appendiks E – Undersøkellesprogram

Prøveinnsamlingen omfattet også sedimentprøver for analyse av brannskum (PFAS/PFOS) ved enkelte lokaliteter ved Goliat. Resultatene fra disse analysene er rapportert separat.

1.2 Feltarbeid

Toktet ble utført fra surveyfartøyet «Island Spirit» i perioden 8 - 15 . juni. Sedimentundersøkelsen omfattet innsamling for kjemiske og biologiske analyser av sedimenter, samt karakterisering av sedimentene. Det ble også utført visuell inspeksjon av en rørledningstrasé ved hjelp av ROV. Prøvetaking og visuell inspeksjon er gjennomført iht. *Miljøovervåking av petroleumsvirksomheten til havs* (M300|2015) og DNV GLs og SINTEF MOLABs akkrediterte metoder for denne type arbeid (Test 083 og 032). Feltarbeidet ble gjennomført i henhold til programmet uten spesielle problemer.

1.3 Status for regionen

Basert på tidligere PCA beregninger, og for få statistiske måledata, ble ikke regionen delt inn i subregioner. Som anbefalt i 2013 er kun 3 regionale stasjoner inkludert i programmet i 2016. R9-2 er tilordnet Snøhvit, mens R9-5 og R9-8 er etablert i forbindelse med Goliat.

Det er beregnet grenseverdier for kontaminering (LSC) basert på resultater fra perioden 1998 – 2016 for regionen. Disse verdiene benyttes for å avgjøre om konsentrasjonene av hydrokarboner og metaller på de enkelte feltstasjonene er forhøyet eller ikke.

Tabell 1.3-1 LSC-verdier benyttet i Region 9 i 2016.

mg/kg	THC	PAH	NPD	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Ti	Zn	As
LSC _{reg9/2008-2016}	7,2	0,138	0,18	192	0,09	62	21	0,07	26	1066	106	10,3

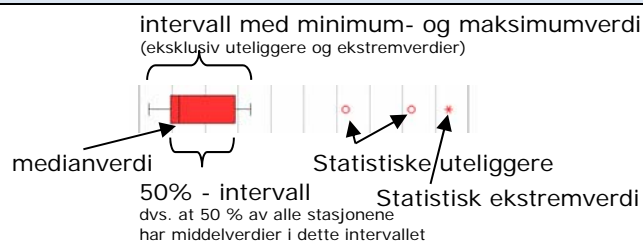
Miljøovervåkingen i region 9 2016 viser:

- Sedimentene er karakterisert som veldig fin sand og silt og leire.
- Ved Goliat Templat D og Goliat Templat I/E er det ved enkelte stasjoner funnet over 10 % grus.
- Innhold av silt og leire har ikke blitt betydelig endret sammenliknet med tidligere undersøkelser.
- Ved Goliat templatene er innholdet av silt og leire høyest ved de nordligste templatene (Goliat Templat G og Goliat Templat B/H), som også er dypere enn de sørlige Goliat-templatene.
- Innhold av TOC varierer fra 0,4 – 1,1 %.
- Ved Snøhvit F og Snøhvit N er det ikke påvist $\text{THC} > \text{LSC}_{\text{reg9/2008-2016}}$, og det er påvist en liten reduksjon av THC konsentrasjon sammenliknet med tidligere.
- Ved Goliat Templat C og Goliat Templat D er det ikke påvist $\text{THC} > \text{LSC}_{\text{reg9/2008-2016}}$, og det er ingen betydelige endringer sammenliknet med tidligere.
- Ved Goliat Templat G, Goliat Templat B/H og Goliat Templat I/E er det ved flere stasjoner påvist $\text{THC} > \text{LSC}_{\text{reg9/2008-2016}}$.
- De høyeste konsentrasjonene av THC er funnet øst for feltcenter ved Goliat Templat B/H.
- Det er kun på stasjoner hvor det er påvist $\text{THC} > \text{LSC}_{\text{reg9/2008-2016}}$ hvor det er en økning av THC konsentrasjonen sammenliknet med tidligere.
- Ved Snøhvit F er det påvist $\text{Ba} > \text{LSC}_{\text{reg9/2008-2016}}$ ved én stasjon; ved Snøhvit N er det påvist $\text{Ba} > \text{LSC}_{\text{reg9/2008-2016}}$ ved to stasjoner.
- Det er ingen økning i metallkonsentrasjoner, inkludert Ba, ved Snøhvit templatene sammenliknet med tidligere.
- Ved Goliat-templatene varierer Ba konsentrasjonene fra 74 – 4900 mg/kg. 37 av 48 undersøkte stasjoner inneholder $\text{Ba} > \text{LSC}_{\text{reg9/2008-2016}}$.
- Av Goliat templatene er det Goliat Templat G som inneholder lavest konsentrasjoner av Ba.
- Alle stasjoner plassert øst/sørøst for feltcenter på alle Goliat templatene inneholder $\text{Ba} > \text{LSC}_{\text{reg9/2008-2016}}$.
- Det har vært en økning i Ba-konsentrasjon ved flere stasjoner, særlig ved stasjonene med $\text{Ba} > \text{LSC}_{\text{reg9/2008-2016}}$.
- Det er liten ending av konsentrasjoner av andre metaller enn Ba sammenliknet med tidligere.

- Det er ikke funnet konsentrasjoner av Cd, Cr, Cu, Pb, Ti, Zn, As eller Hg > LSC_{reg9/2008-2016} ved Goliat templatene
- PAH og NPD konsentrasjonene er generelt lave. Ved Snøhvit N er det ikke analysert PAH og NPD, og ved Snøhvit F er det ikke funnet konsentrasjoner > LSC_{reg9/2008-2016}. Ved Goliat-templatene er det ikke påvist PAH > LSC_{reg9/2008-2016}, men det er påvist NPD > LSC_{reg9/2008-2016} ved GB2, GB3, GB5 og GD1.
- Bunnfaunasamfunnet på de tre regionale stasjonene karakteriseres som stabilt fra år til år. Det er ingen indikasjoner på forstyrrelser i faunaen på de disse stasjonene. Trass ulikheter i sedimenttype og relativt stor avstand mellom de to stasjonene, er det R9-2 og R9-8 som har mest til felles med faunaen på feltstasjonene både på Snøhvit og Goliat. R9-5, som var den opprinnelige referansestasjonen på Goliat og senere ble en regional stasjon tilordnet Goliat, er den av stasjonene som har minst faunalikhet med feltstasjonene på Snøhvit og Goliat. R9-2 og R9-8 er godt egnet som sammenligningsgrunnlag for fauna-analysene både på Snøhvit og Goliat.
- Bunndyrsfaunaen ved Snøhvit F og Snøhvit G er uforstyrret, og forholdsvis lik faunaen på den regionale stasjonen R9-2. Artssammensetningen på de to stasjonene i nordøstlig retning på Snøhvit F skiller seg noe fra de øvrige feltstasjonene uten at dette kan knyttes til innhold av hydrokarboner eller metaller. På Snøhvit N skiller ingen av stasjonene seg nevneverdig ut.
- Trass i forhøyede konsentrasjoner av THC (og Ba) på de to stasjonene øst for feltsenter betraktes bunnfaunaen på Goliat G som sunn uten synlige tegn på forstyrrelse. Individantallet har variert en del i de tre undersøkelsene, men artsammensetningen og diversitetsindeksene både på feltstasjonene og de regionale stasjonene viser stabile forhold.
- Artssammensetningen og redusert arts- og individantall i bunnfaunaen på stasjon GB1, 200 m øst for feltsenter, gjør at denne stasjonen skiller seg noe ut fra de øvrige feltstasjonene på Goliat Templat B/H. På denne stasjonen er det også påvist forhøyede konsentrasjoner av THC, Ba og andre metaller. Om dette er forklaringen på faunaendringen er imidlertid ikke opplagt ettersom flere av feltstasjonene inneholder større mengder av både hydrokarboner og metaller uten at dette har noe synlig effekt på bunnfaunasamfunnet. Det er ikke funnet noen korrelasjon mellom feltstasjonene og forhøyede verdier av hydrokarboner eller metaller.
- På Goliat Templat C skiller artsammensetningen i bunnfaunaen på stasjon GC3 seg noe ut fra de øvrige feltstasjonene, men det er ikke påvist noen sammenheng med nivåene av hydrokarboner eller metaller. Etter en markert reduksjon i antall individer, spesielt slangestjerner fra 2008 til 2013, er individtettheten og artsrikdommen på Goliat C i 2016 på samme nivå som i 2008. Økningen fra 2013 til 2016 skyldes ikke slangestjerner, men økt individtetthet av børstemark som er vanlige i området.
- Artssammensetning og diversitetsindekser gjør at bunnfaunaen på Goliat Templat D/F fremstår som sunn og uforstyrret, og forholdene virker stabile over tid.
- På stasjonsnivå er det ikke påvist noen sammenheng mellom høye konsentrasjoner av hydrokarboner (eller Ba) og endringer/forstyrrelser i bunnfaunaen Goliat Templat E/I. Det er imidlertid indikasjoner på at faunaen i en enkelt grabbprøve med høyt innhold av hydrokarboner er forstyrret. Resultatene og erfaringene fra prøvetakingen viser heterogene sedimenter på denne stasjonen. For øvrig er det ingen tegn til forstyrrelse i bunnfaunaen ved Goliat E/I, og forholdene betraktes som stabile med stor grad av likhet i faunaen fra år til år.

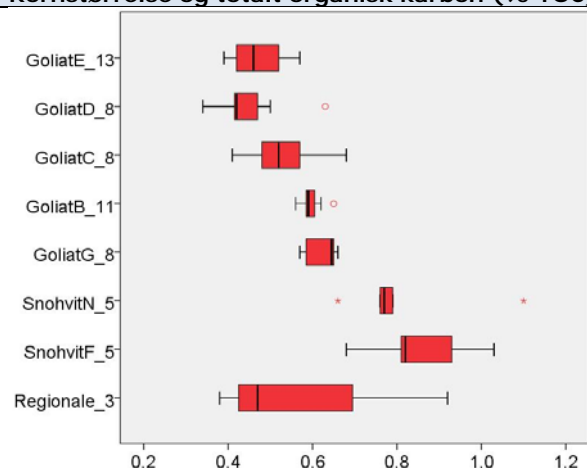
Miljøundersøkelsen for region 9 2016 viser følgende:

Slik leses boxplottene



Antall stasjoner pr felt er angitt etter feltnavn

Kornstørrelse og totalt organisk karbon (% TOC)



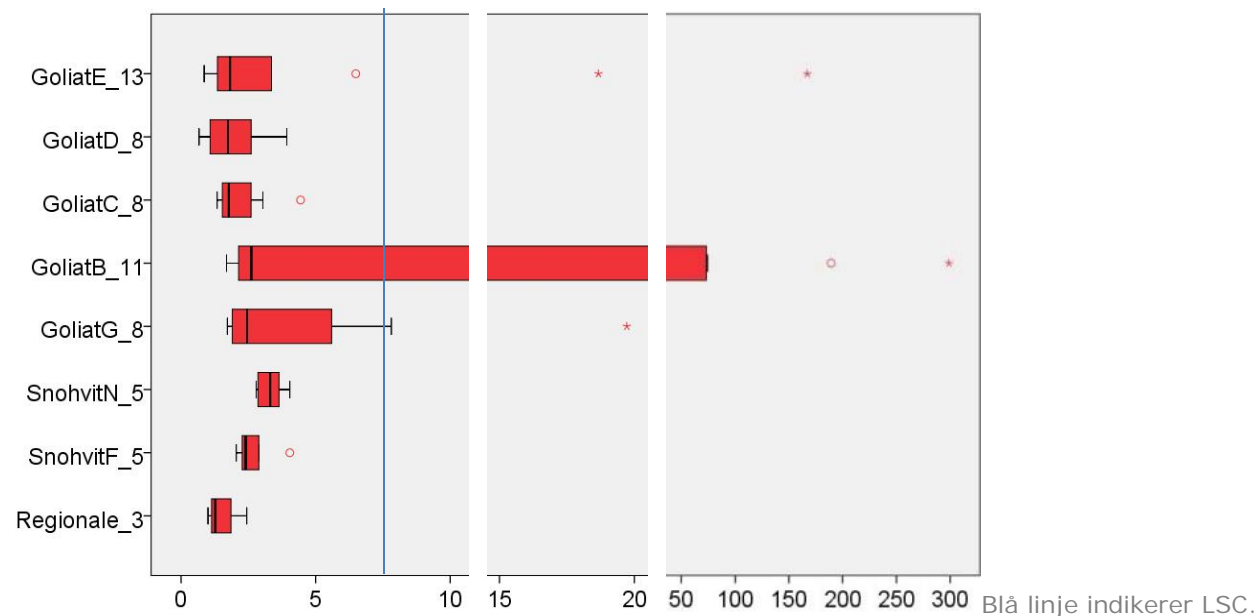
Sedimentene er karakterisert som veldig fin sand og silt og leire.

Innholdet av TOC varierer fra 0,34 til 1,10 %.

Innholdet av TOC er noe høyere ved Snøhvitstasjonene enn ved Goliatstasjonene.

Den statistiske spredningen av resultater er lav, både mellom stasjoner og innad på feltene.

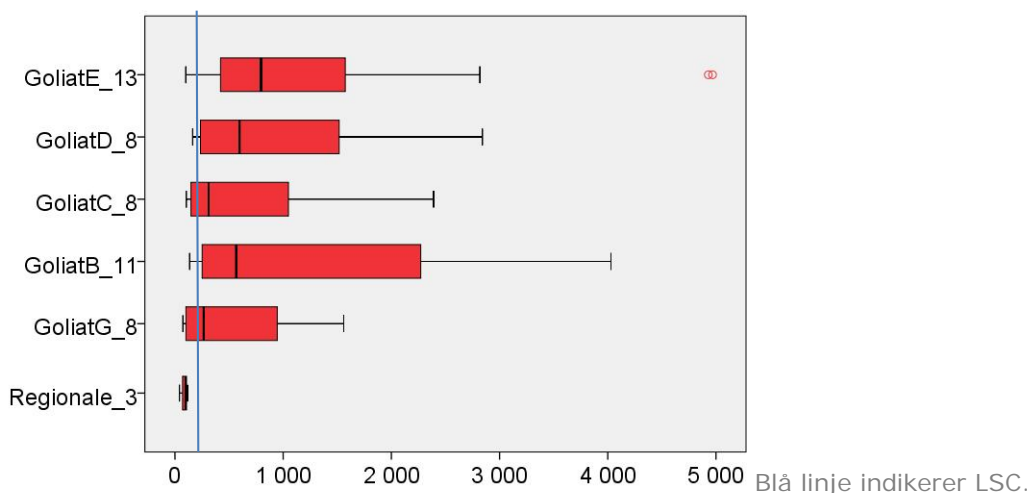
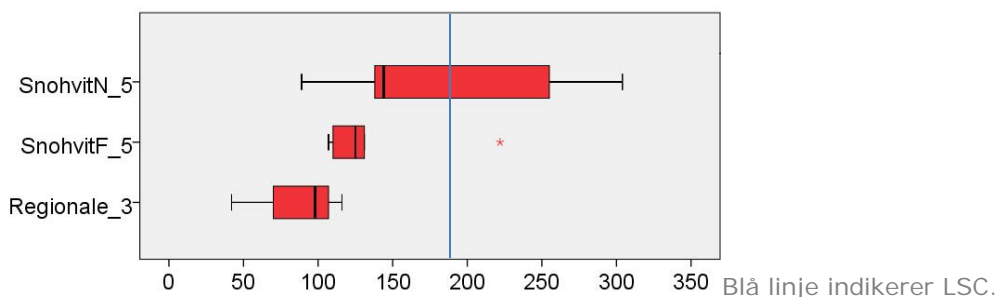
Totalmengde hydrokarboner (mg/kg THC)



Ved Snøhvit F og Snøhvit N varierer THC-konsentrasjonene fra 2 til 4 mg/kg. Ved Goliat-templatene varierer THC-konsentrasjonene fra 1 til 300 mg/kg. Den statistiske spredningen er lav ved de regionale stasjonene, Snøhvit F og N, Goliat Templat C og Templat D/F. Det er funnet statistiske uteliggere og ekstremverdier ved Goliat Templat I/E, Goliat Templat C, Goliat Templat B/H og Goliat Templat G samt Snøhvit F.

De høyeste konsentrasjonene er funnet ved Goliat Templat B. Det er funnet $\text{THC} > \text{LSC}_{\text{reg9/2008-2016}}$ ved Goliat Templat I/E, Goliat B/H og Goliat G.

Baritt – Barium (Ba)



Ved Snøhvit F og Snøhvit N varierer Ba-konsentrasjonene fra 89 til 304 mg/kg, og de fleste stasjoner inneholder høyere konsentrasjoner enn de regionale stasjonene. Ved Snøhvit F er det én stasjon med Ba > LSC_{reg9/2008-2016}, ved Snøhvit N er det to stasjoner med Ba > LSC_{reg9/2008-2016}.

Ved Goliattemplatene varierer Ba-konsentrasjonene fra 74 til 4900 mg/kg. Det er generelt høye konsentrasjoner av Ba ved alle Goliatstasjonene, hvor kun 11 stasjoner (23 %) er < LSC_{reg9/2008-2016}. Ved alle Goliattemplatene er de høyeste Ba-konsentrasjonene funnet øst/sørøst for feltsenter.

Bunnfauna

I store trekk skiller de relativt grunne Snøhvittemplatene (314 - 327 m) seg fra Goliat. Goliattemplatene er delt inn i to forholdsvis homogene hovedgrupper; de nordligste og dypeste templatene G, B og C (380 – 395 m) og de sørlige og noe grunnere D- og E-templatene (350 – 375 m).

Av de regionale stasjonene er det R9-2 (357 m) og R9-8 (390 m) som er best egnet mhp. fauna. Det samme var tilfellet i 2013. R9-5, den opprinnelige referansestasjonen, plassert vest på Goliattemplatene, er antakelig for grunn (306 m) i forhold til Snøhvit og Goliat.

Bunnfaunaen på Snøhvittemplatene er uforstyrret, og det er heller ingenting i resultatene fra de øvrige analysene som skulle tilsi forstyrrelse.

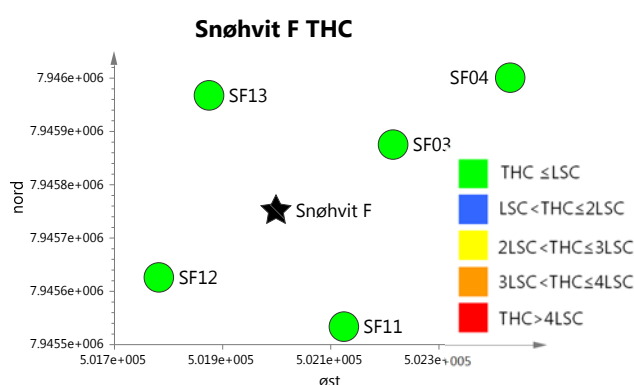
På Goliat er det indikasjoner på forstyrrelse i en prøve med høyt innhold av hydrokarboner på templat B/H. Ellers på Goliat er det ikke påvist noen effekt på faunaen trass i forholdsvis høye konsentrasjoner av THC.

1.4 Oppsummering av resultater

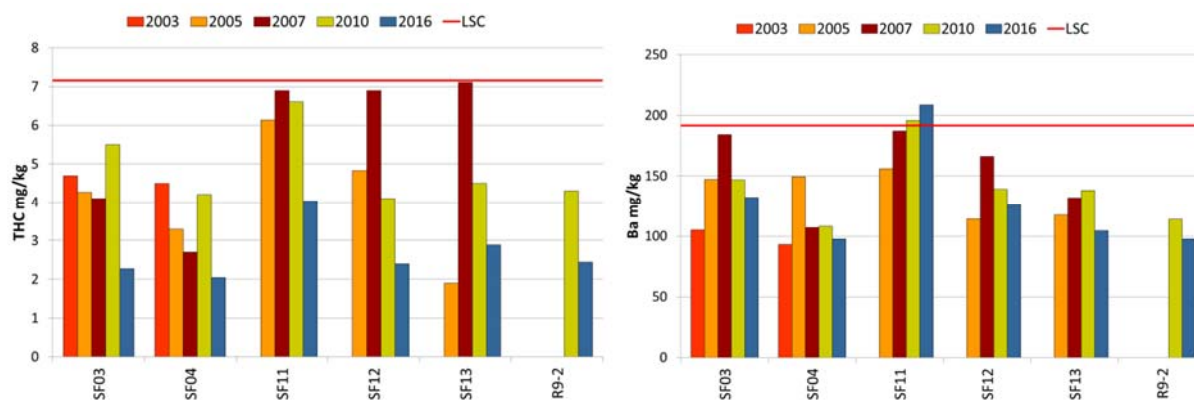
1.4.1 Snøhvit F

Det er påvist forhøyede konsentrasjoner av Ba ved SF11, 250 m sør-øst for senter. Det er ikke påvist forhøyede konsentrasjoner av THC, PAH, NPD eller andre metaller. Det er ikke observert økning av konsentrasjon av organiske komponenter eller metaller sammenliknet med tidligere år.

Bunndyrsamfunnet på Snøhvit F er uforstyrret, og forholdsvis likt faunaen på den regionale stasjonen R9-2. Artssammensetningen på de to stasjonene i nordøstlig retning skiller seg noe fra de øvrige feltstasjonene uten at dette kan knyttes til innhold av hydrokarboner eller metaller.



Figur 1.4-1 THC innhold (mg/kg) i toppsedimentet (0-1 cm).

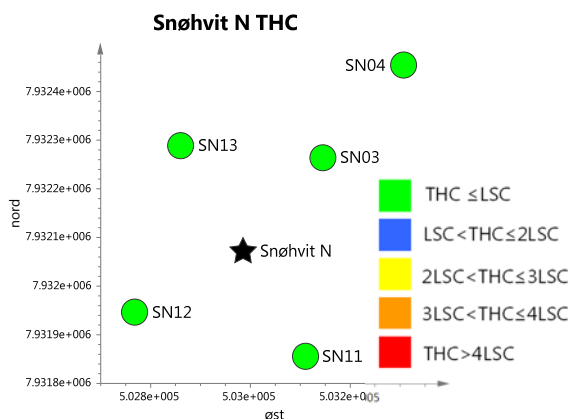


Figur 1.4-2 Utvikling av THC og Ba ved Snøhvit F.

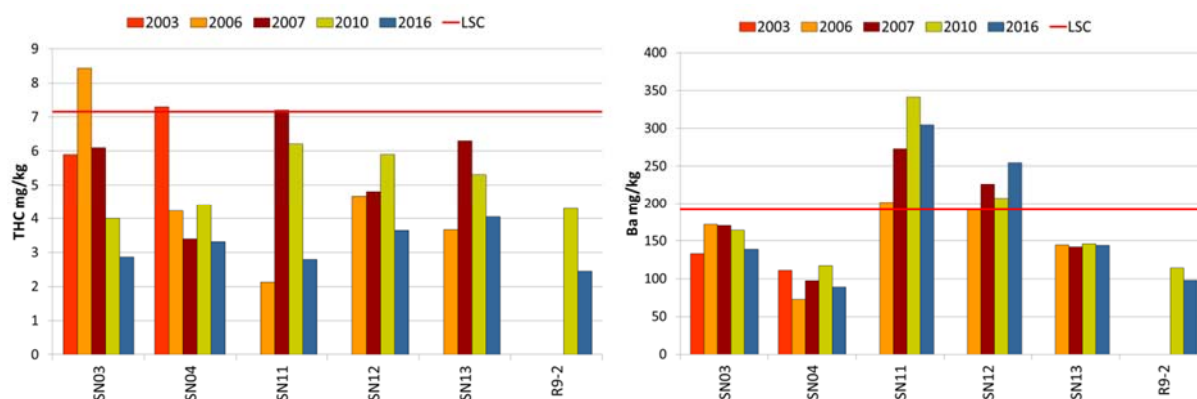
1.4.2 Snøhvit N

Det er påvist forhøyede konsentrasjoner av Ba ved SN11 og SN12, begge 250 m sør for senter. Det er ikke påvist forhøyede konsentrasjoner av THC, PAH, NPD eller andre metaller. Det er en liten økning av Ba ved SN12, ellers er det ikke observert økning av organiske komponenter eller andre metaller sammenliknet med tidligere år.

Bunndyrsamfunnet på Snøhvit N er uforstyrret, og ingen av stasjonene skiller seg nevneverdig ut. Faunaen på feltstasjonene er forholdsvis likt faunaen på den regionale stasjonen R9-2.



Figur 1.4-3 THC innhold (mg/kg) i toppsedimentet (0-1 cm).



Figur 1.4-4 Utvikling av THC og Ba ved Snøhvit N.

1.4.3 Visuell inspeksjon av rørledningstraséer

Et område på totalt ~203 000 m² er kalkulert påvirket av rørleggingsoperasjonene. Dette er 37 % mer enn beregnet på forhånd (140 000 m²). Ved å se bort fra områder med lav påvirkning blir resultatene mer overensstemmende (143 800 m²). Områder der påvirkningen ble kategorisert som høy var totalt 80 500 m², av dette skyldes mesteparten steindumping (64 500 m²). Steindumpingen kan regnes som en langvarig/evig endring av bunnhabitatet med medfølgende lokale forandringer i artssammensetning, mens grøftede arealer høyst sannsynlig vil rekoloniseres og gå tilbake til opprinnelig status etter en viss tid. I områder med moderat og lav påvirkning er rekolonisering allerede i gang, og er sannsynligvis tilbake til opprinnelig status i nær fremtid (>10 år).

Størst andel beregnet påvirkning kom fra umbilical SG01 (82 600 m²). Det ble ikke gjort noen visuell undersøkelse av denne traséen og påvirkning fra steindumping og grøfting er derfor antatt lik de andre rørledningene. Påvirkningen er imidlertid noe overestimert da steindumpingen er lagt oppå grøftede områder.

Bunnfaunaen var noe endret siden 2013, bl.a. reduserte mengder svamp av typen *Asconema* sp., også utenfor de synlig påvirkede områdene. Om dette er på grunn av rørleggingen eller har naturlige forklaringer kan vi ikke si noe om da vi ikke har noe referanseområde lenger unna influensområdet. *Asconema* sp. er en opportunistisk svampart som i 2013 ble registrert i uvanlig høye tettheter på Snøhvit. Det kan spekuleres i om dette kan ha vært en kortere massiv tilvekst på grunn av temporære gunstige forutsetninger som ikke lenger er tilstede.

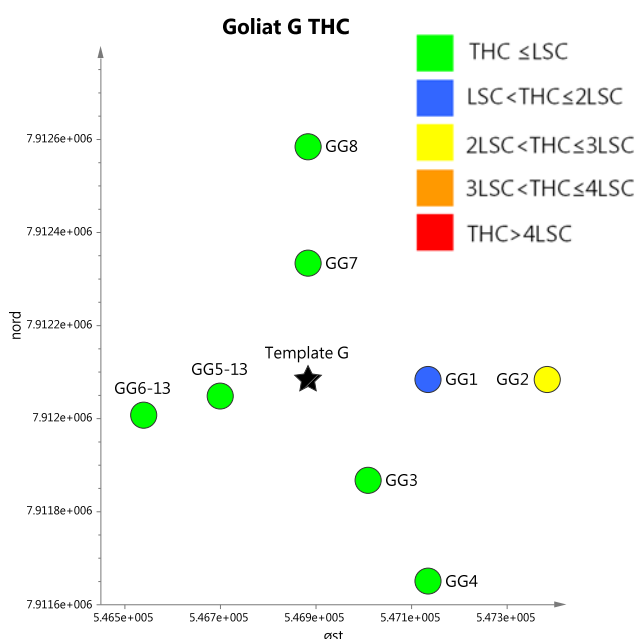
I det store og hele var det ikke vesentlige avvik i størrelse mellom området som på forhånd ble antatt å bli påvirket, og den observerte påvirkningen. Det ble ikke påvist uventet steindumping innenfor de forhåndsdefinerte svampområdene og rørledningsoperasjonene har holdt seg innenfor det forhåndsdefinerte omfanget.

1.4.4 Goliat Templat G

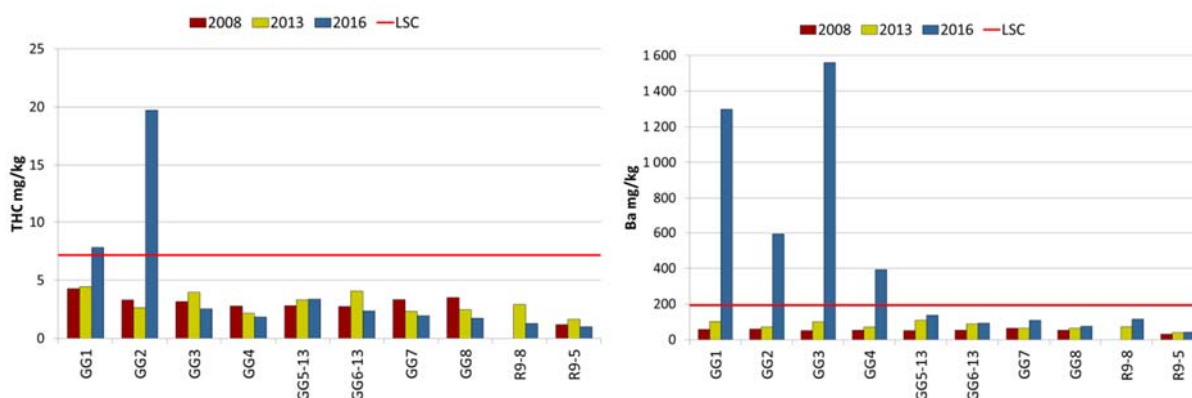
Det er påvist forhøyede konsentrasjoner av THC på de to stasjonene øst for senter. Ved disse to stasjonene har konsentrasjonen av THC økt fra forrige undersøkelse. Det er påvist forhøyede konsentrasjoner av Ba ved alle stasjoner øst og sørøst fra senter, og konsentrasjonene av Ba ved disse stasjonene har økt fra forrige undersøkelse.

Det er ikke påvist forhøyede konsentrasjoner, eller økning av PAH, NPD og andre metaller.

Trass i forhøyede konsentrasjoner av THC (og Ba) på de to stasjonene øst for feltcenter betraktes bunnfaunaen på Goliat G som sunn uten synlige tegn på forstyrrelse. Individantallet har variert en del i de tre undersøkelsene, men artsammensetningen og diversitetsindeksene både på feltstasjonene og de regionale stasjonene viser stabile forhold. De regionale stasjonene R9-2 og R9-8 er godt egnet som sammenligningsgrunnlag for fauna-analysene.



Figur 1.4-5 THC-innhold (mg/kg) i toppsedimentet (0-1 cm).



Figur 1.4-6 Utvikling av THC og Ba ved Goliat Templat G.

1.4.5 Goliat Templat B/H

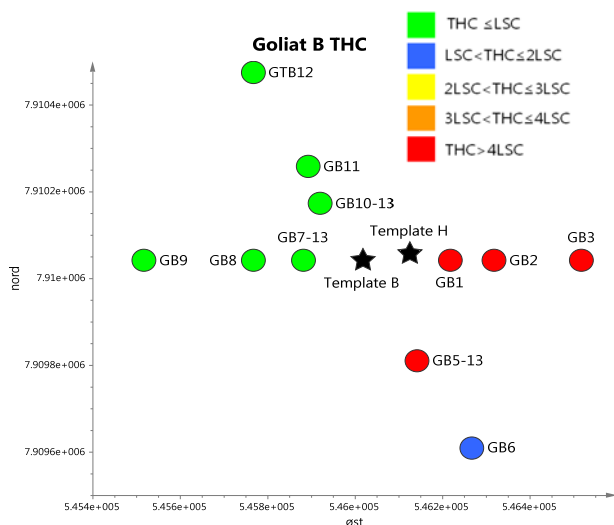
Det er påvist forhøyede konsentrasjoner av THC ved alle stasjoner 90° og 150° for senter, og konsentrasjonen av THC har økt ved disse stasjonene sammenliknet med tidligere.

Det er påvist forhøyede konsentrasjoner av Ba ved alle stasjoner med unntak av GB9, 500 m vest fra senter, og konsentrasjonen av Ba har økt ved alle stasjoner sammenliknet med tidligere.

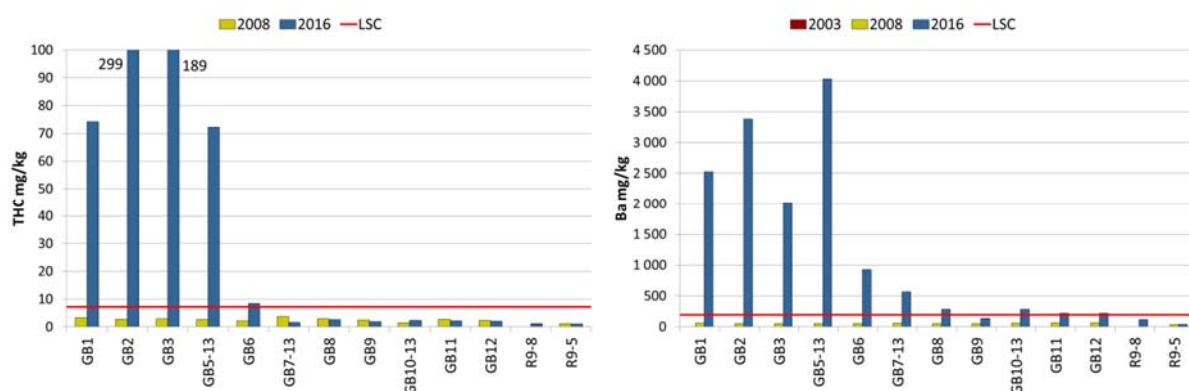
Siden 2008 har det vært en økning av Cu og Pb ved flere stasjoner uten at dette medfører overskridelse av LSC. Det er ingen forhøyede konsentrasjoner av metaller unntatt Ba.

Det er påvist forhøyede konsentrasjoner av NPD ved tre stasjoner.

Artssammensetningen og redusert arts- og individantall i bunnfaunaen på stasjon GB1, 200 m øst for feltcenter, gjør at denne stasjonen skiller seg noe ut fra de øvrige feltstasjonene. På denne stasjonen er det også påvist forhøyede konsentrasjoner av THC, Ba og andre metaller. Om dette er forklaringen på faunaendringen er imidlertid ikke opplagt ettersom stasjonene GB2, GB3 og GB5-13 inneholder større mengder av både hydrokarboner og metaller uten at dette har noe synlig effekt på bunnfaunasamfunnet. Det ble heller ikke funnet noen korrelasjon mellom feltstasjonene og forhøyede verdier av hydrokarboner eller metaller.



Figur 1.4-7 THC innhold (mg/kg) i toppsedimentet (0-1 cm).



Figur 1.4-8 Utvikling av THC og Ba ved Goliat Templat B/H.

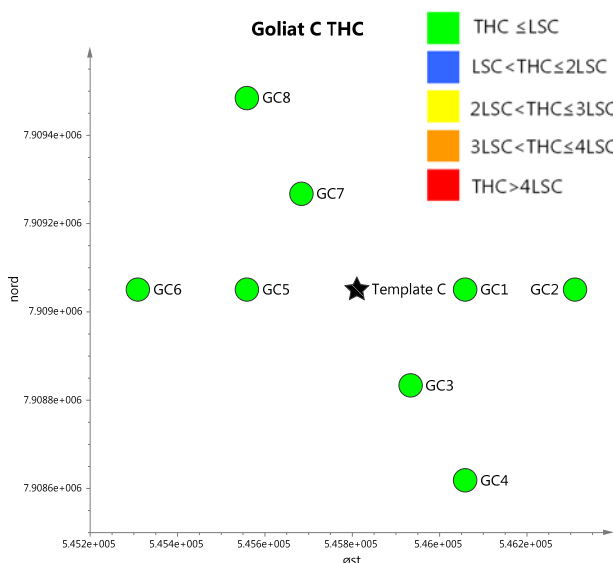
Som for Snøhvitfeltene og de øvrige Goliattemplatene har faunaen på Goliat B mest til felles med R9-2 og R9-8, og ikke med den opprinnelige referansestasjonen for Goliatfeltet, R9-5.

1.4.6 Goliat Templat C

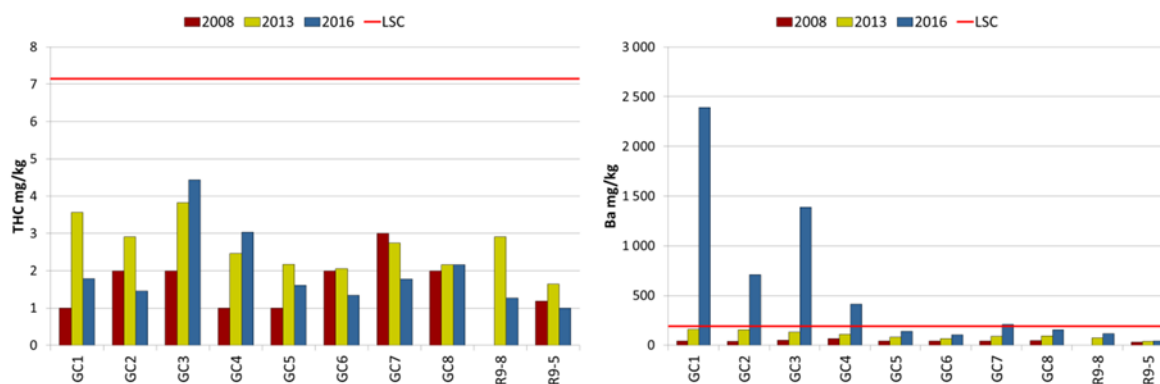
Det er ikke påvist forhøyede konsentrasjoner av THC, PAH og NPD og det er ingen økning av THC konsentrasjoner sammenliknet med tidligere.

Det er påvist forhøyede konsentrasjoner av Ba ved fem stasjoner, og en økning ved alle stasjoner. De høyeste konsentrasjonene er påvist øst/sør-øst for senter. Det er ikke påvist forhøyede konsentrasjoner, eller økning, av andre metaller.

Arts sammensetningen i bunnfaunaen på stasjon GC3 skiller seg noe ut fra de øvrige feltstasjonene, men det er ikke påvist noen sammenheng med nivåene av hydrokarboner eller metaller. Etter en markert reduksjon i antall individer, spesielt slangestjerner fra 2008 til 2013, er individtettheten og artsrikdommen på Goliat C i 2016 på samme nivå som i 2008. Økningen fra 2013 til 2016 skyldes ikke slangestjerner, men økt individtetthet av børstemark som er vanlige i området. Bunnfaunaen på Goliat templat C ansees som uforstyrret.



Figur 1.4-9 THC-innhold (mg/kg) i toppsedimentet (0-1 cm).



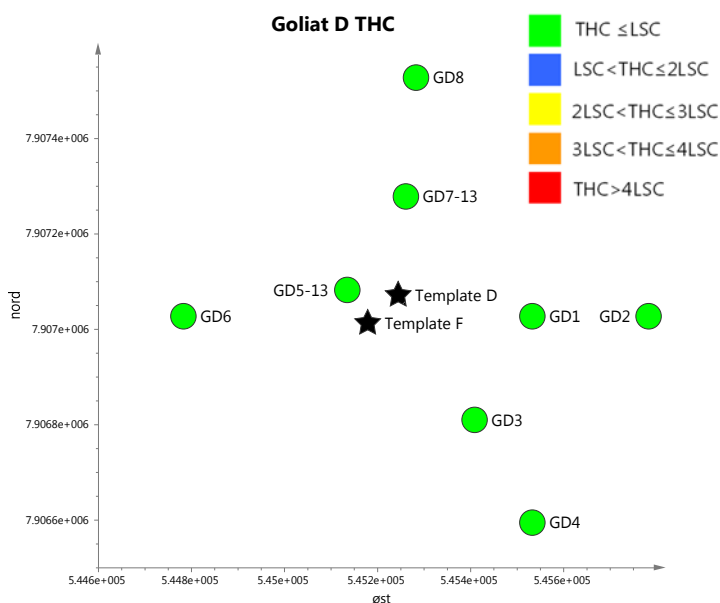
Figur 1.4-10 Utvikling av THC og Ba ved Goliat Templat C.

1.4.7 Goliat Templat D/F

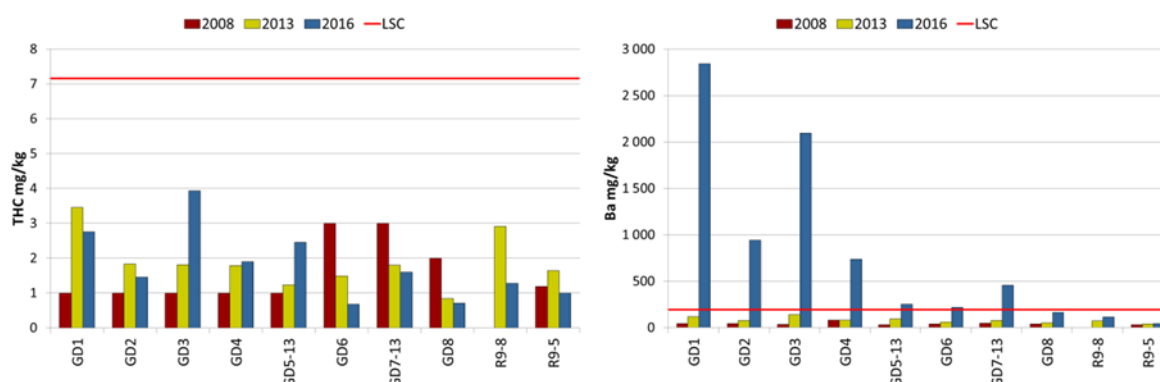
Det er ikke påvist forhøyede konsentrasjoner av THC og PAH og det er ingen økning av THC konsentrasjoner sammenliknet med tidligere. Ved GD1 er det påvist forhøyede konsentrasjoner av NPD like over LSC.

Det er påvist forhøyede konsentrasjoner av Ba ved alle stasjoner unntatt GD8, og konsentrasjonene har økt ved alle stasjoner. De høyeste konsentrasjonene er funnet øst/sør-øst for senter.

Artssammensetning og diversitetsindekser gjør at bunnfaunaen på Goliat D fremstår som sunn og uforstyrret, og forholdene virker stabile over tid.



Figur 1.4-11 THC innhold (mg/kg) i toppsedimentet (0-1 cm).



Figur 1.4-12 Utvikling av THC og Ba ved Goliat Templat D/F.

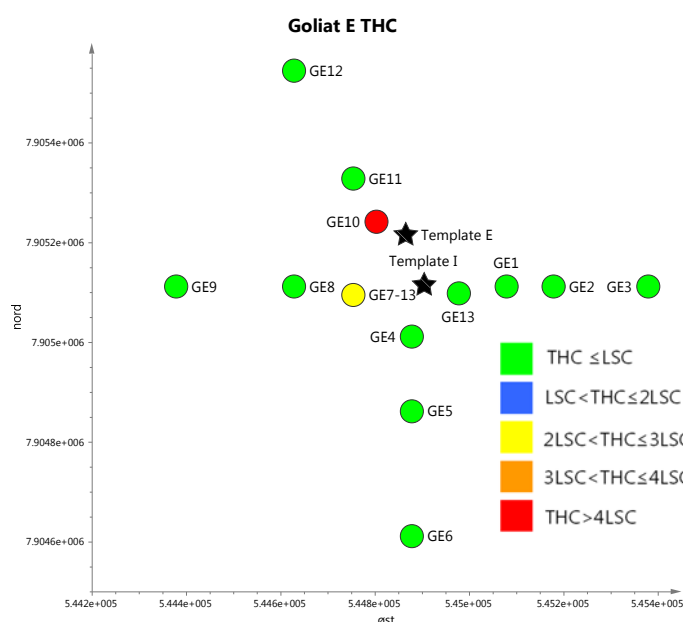
1.4.8 Goliat Templat I/E

Det er påvist forhøyede konsentrasjoner av THC ved to stasjoner. Standardavviket mellom parallellene indikerer at sedimentet er lite homogent ved disse stasjonene (GE10 og GE7-13). Det er i tillegg til disse to stasjonene, funnet en økning i THC konsentrasjonen ved GE13. Det er ikke funnet forhøyede konsentrasjoner av PAH og NPD.

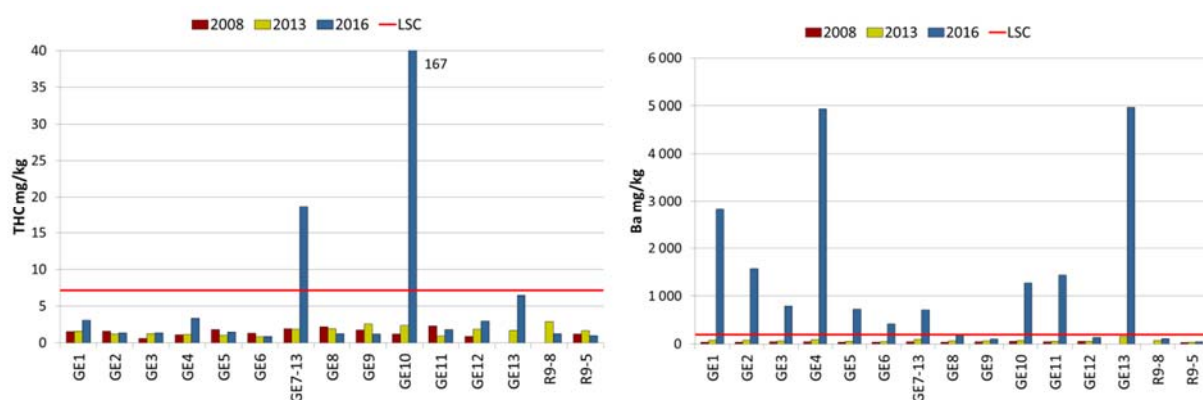
Det er funnet forhøyede konsentrasjoner av Ba ved alle stasjoner med unntak av GE9 og GE12, og konsentrasjonene har økt ved alle stasjoner. Det er ikke funnet forhøyede konsentrasjoner av andre metaller.

På stasjonsnivå er det ikke påvist noen sammenheng mellom høye konsentrasjoner av hydrokarboner (eller Ba) og endringer/forstyrrelser i bunnfaunaen. Det er imidlertid indikasjoner på at faunaen i den ene grabbprøven fra GE10 som inneholdt mest THC er forstyrret. Resultatene og erfaringene fra prøvetakingen viser heterogene sedimenter på denne stasjonen.

For øvrig er det ingen tegn til forstyrrelse i bunnfaunaen ved Goliat E/I, og forholdene betraktes som stabile med stor grad av likhet i faunaen fra år til år.



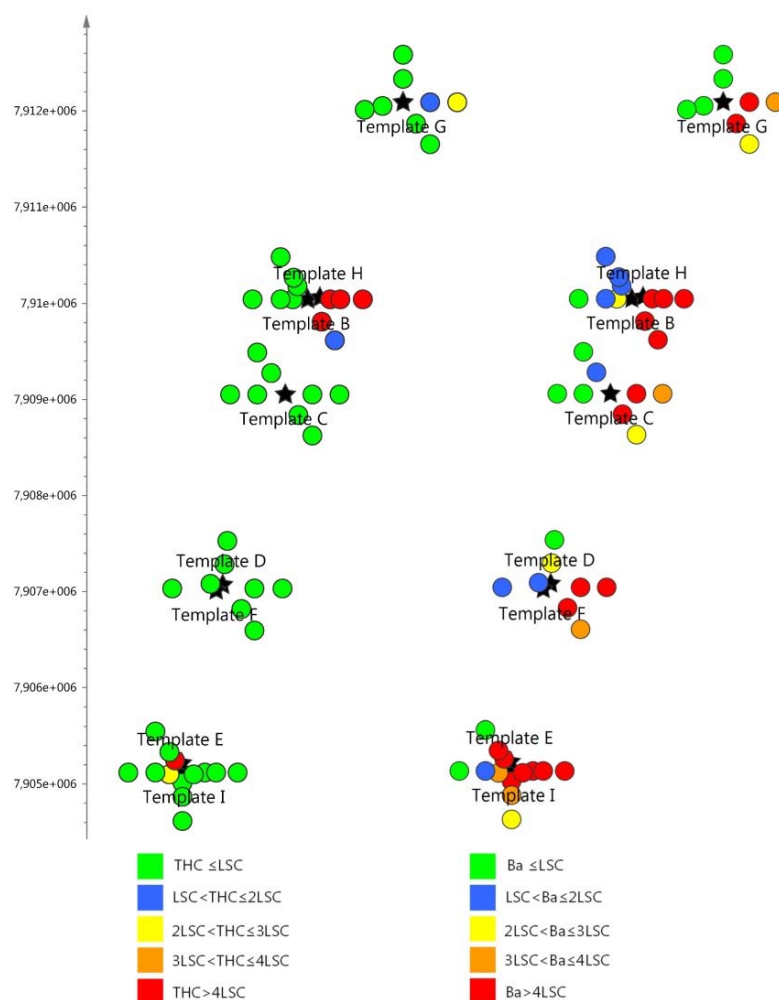
Figur 1.4-13 THC innhold (mg/kg) i toppsedimentet (0-1 cm).



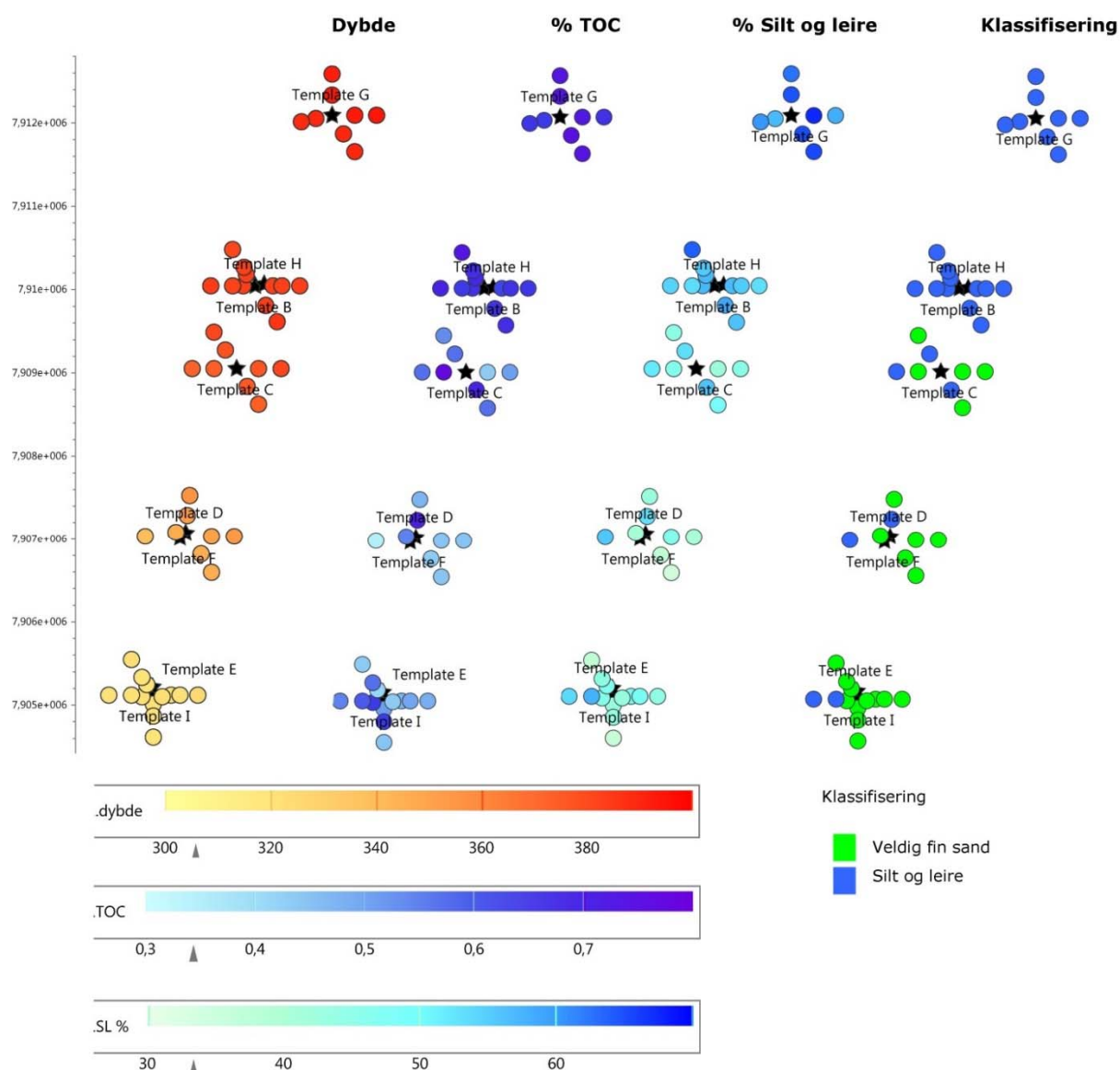
Figur 1.4-14 Utvikling av THC og Ba ved Goliat Templat D/F.

1.4.9 Goliat – alle templatene

Sedimentkarakteristikk og konsentrasjoner av hydrokarboner og metaller på Goliat er oppsummert i figurene under. De viser gradienten i vandndyp og sedimentkarakteristikk i nord-sør retningen og THC- og Ba kontaminering hovedsakelig i østlig retning.



Figur 1.4-15 Goliat-templatene, innhold av THC (venstre) og Ba (høyre). Ba-konsentrasjonene er høyest øst/sørøst for feltcenter ved alle templatene. Goliat templat B/H inneholder høyest konsentrasjon av både THC og Ba av alle feltene.



Figur 1.4-16 Goliat templatene. Fra venstre: 1) sirkler farget etter økende havdyp. 2): sirkler farget etter % TOC. 3) sirkler farget etter % silt og leire 4) Klassifisering: grønn = veldig fin sand, blå = silt og leire.

1.5 Anbefalinger

R9-5 har liten nytteverdi i forhold til Snøhvit og Goliat, og kan utelates dersom det ikke inkluderes nye lokaliteter i 2019.

Resultatene fra 2016 viser at både hydrokarboner og barium spres østover fra Goliattemplatene. Det er derfor viktig å fortsatt ha en regional stasjon vest for templatene, men denne bør legges til dypere vann. Det anbefales også å etablere en ekstra regional stasjon øst for Goliat, omtrent på samme dyp og retning som R9-8, men i større avstand fra templatene. Hensikten vil være å fange opp en evt. bariumgradient, og den vil også fungere som en «backup» for R9-8 dersom denne skulle vise seg å være kontaminert.

På bakgrunn av årets resultater for THC og Ba bør stasjonsnettet ved flere av Goliattemplatene utvides mot øst.

2 SUMMARY REPORT

2.1 Introduction

On behalf of Statoil and Eni DNV GL have conducted environmental monitoring in Region 9 - Finnmark. The purpose of the regional surveys is to study environmental effects from petroleum activities on each field and over a larger area.

The survey included sediment sampling on Snøhvit and Goliat and visual inspection along a pipeline route at Snøhvit.

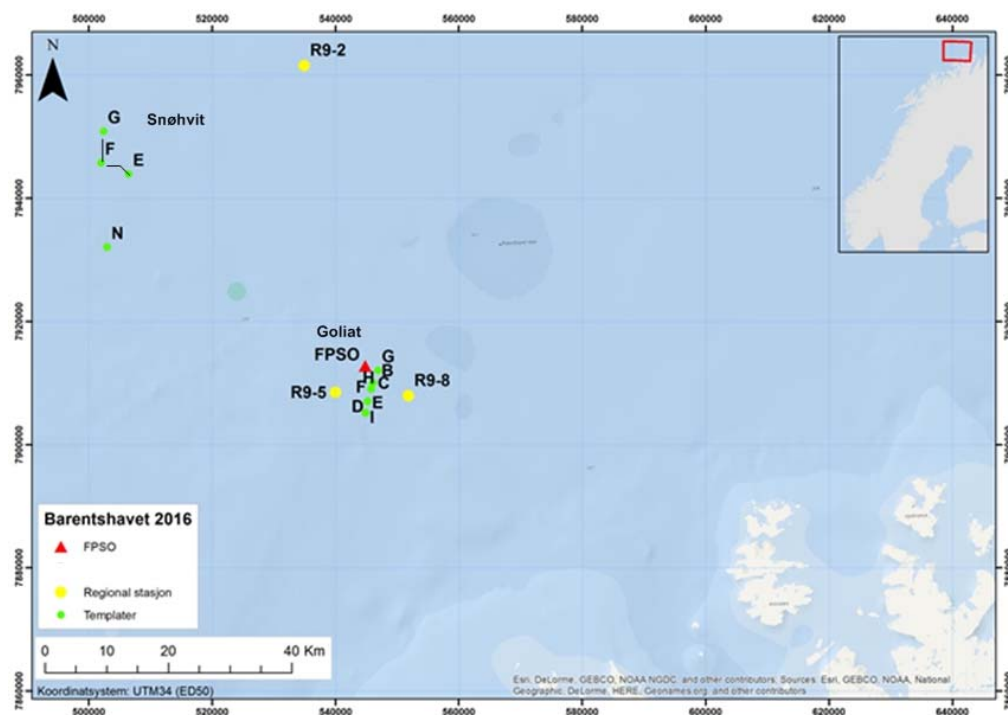


Figure 2.1-1 Overview of fields/templates included in the survey.

Table 2.1-1 Overview of fields/templates in Region 9 2016.

Operator	Field	Template	Survey type	Comm.
Statoil	Snøhvit	F	Sediment monitoring	5 stations
		N	Sediment monitoring	5 stations
		E til G via F	After pipeline operations	Visual
Eni	Goliat	G	Sediment monitoring	8 stations
		B/H	Sediment monitoring	12 stations
		C	Sediment monitoring	8 stations
		D/F	Sediment monitoring	8 stations
		E/I	Sediment monitoring	13 stations
		FPSO	PFAS in sediments	3 stations (reported separately)
	Regional		Sediment	3 stations

The program of sediment monitoring is in line with what has previously been done in the region, and does not differ notably from previous programs.

The report also includes the results of the visual inspection of pipeline routes on Snøhvit. The reason for this study is that Statoil has installed pipelines for transporting gas and CO₂ between some templates on Snøhvit. Prior to these activities the benthic fauna along the planned pipeline route was mapped, and the purpose of the visual inspection in 2016 has been to reveal any effects of the pipeline operations.

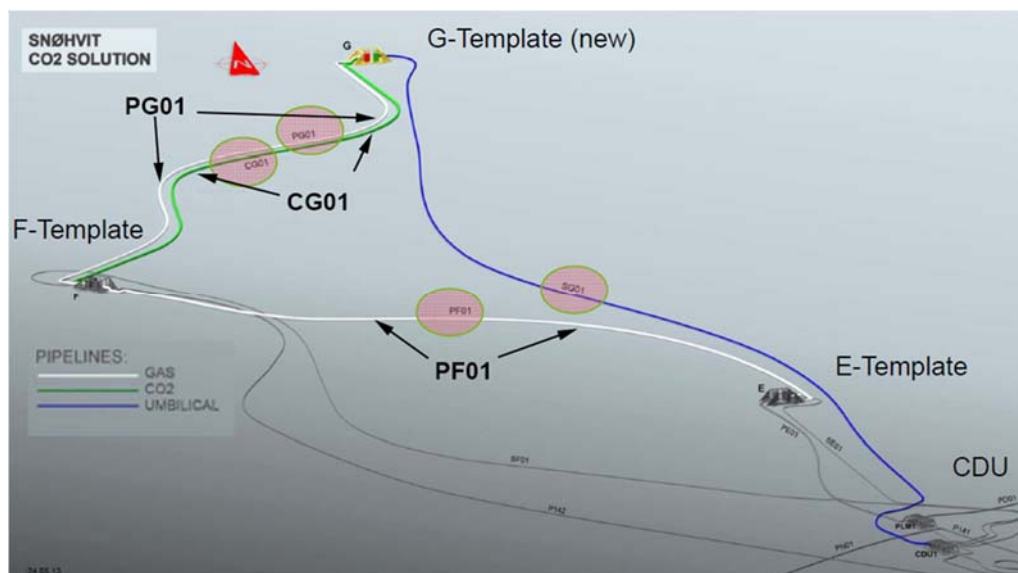


Figure 2.1-2 Pipelines/flowlines and cables between the Snøhvit templates G, F and E (Technip, 2013).

The report is divided into three parts. In the main report (Rapp.nr. 2017-1212) the results are commented and discussed. In Sammendragsrapport / Summary Report (this report) the most important results are presented, and the Appendix report (attached memory stick) contains:

- Appendix A - Cruise Report
- Appendix B - Test Report (biology) and quality assurance
- Appendix C - Analysis Report (chemistry) and quality assurance
- Appendix D - Statistical analysis methodology
- Appendix E - Survey Program

The sampling also included sediments for analysis by fire foam (PFAS / PFOS) at some locations at Goliat. The results of these assays are reported separately.

2.2 Fieldwork

The survey was conducted by the survey vessel "Island Spirit" in the period 8-15. June. The sediment survey included sampling of sediments for biological and chemical analyzes, as well as characterization of the sediments. The visual inspection of the pipeline route was carried out by ROV. Sampling and visual inspection was carried out according to *Guidelines for environmental monitoring of petroleum activities* on the Norwegian continental shelf (M300 | 2015) and DNV GL's and SINTEF Molab's accredited methods for this type of work (Test 083 and 032). The fieldwork was carried out according to the program without particular problems.

2.3 Status of the region

Based on previous PCA calculations, and few statistical data, the region was not divided into sub regions. Only 3 regional stations were included in the 2016 survey, as recommended in 2013. R9-2 is appointed to Snøhvit, while R9-5 and R9-8 are appointed to the Goliat Templates.

Limit of Significant Contamination (LSC) were calculated based on results from 1998- 2016 for the region. These values are used to determine whether the concentrations of hydrocarbons and metals on the field stations are elevated or not.

Table 2.3-1 LSC values used in Region 9 2016.

mg/kg	THC	PAH	NPD	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Ti	Zn	As
LSC _{reg9/2008-2016}	7,2	0,138	0,18	192	0,09	62	21	0,07	26	1066	106	10,3

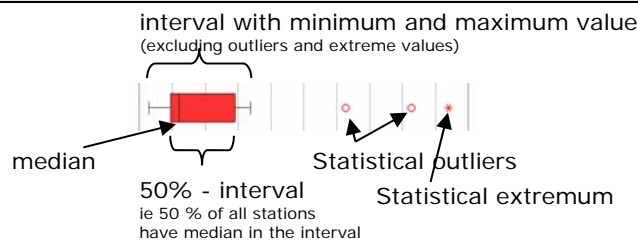
The 2016 environmental survey shows:

- The sediments are characterized as very fine sand and silt and clay.
- At some stations at Goliat Template D and Goliat Template I/E, over 10% gravel has been found.
- The content of silt and clay has not been considerably changed compared to previous surveys.
- At the Goliat Templates, the content of silt and clay are highest at the northernmost templates (Goliat Template G and Goliat Template B/H). These templates are deeper than the templates further south.
- The TOC content vary from 0,4 – 1,1 %.
- It is not found $\text{THC} > \text{LSC}_{\text{reg9/2008-2016}}$ at Snøhvit F and Snøhvit N, and there is a slight reduction in THC concentration compared to previous surveys.
- It is not found $\text{THC} > \text{LSC}_{\text{reg9/2008-2016}}$ at Goliat Template C and Goliat Template D, and there is no change compared to previous surveys.
- At Goliat Template G, Template B/H and Template I/E is found several stations with $\text{THC} > \text{LSC}_{\text{reg9/2008-2016}}$.
- The highest concentrations of THC are found east of the center at Goliat Template B/H.
- The only increase in THC concentrations is at the stations with $\text{THC} > \text{LSC}_{\text{reg9/2008-2016}}$
- It is found $\text{Ba} > \text{LSC}_{\text{reg9/2008-2016}}$ at one station at Snøhvit F, and at two stations at Snøhvit N.
- There is no increase in the concentrations of metals, including Ba, at the Snøhvit fields, compared to previous surveys.
- The the Goliat templated the Ba concentrations vary from 74 – 4900 mg/kg. 37 of 48 stations contains $\text{Ba} > \text{LSC}_{\text{reg9/2008-2016}}$.
- In the Goliat Templates, Goliat Template G contains the lowest concentrations of Ba.
- All the stations located east/southeast of the center at all the Goliat templates contains $\text{Ba} > \text{LSC}_{\text{reg9/2008-2016}}$
- There has been an increase in Ba concentrations at several Goliat templates, in particular the stations with $\text{Ba} > \text{LSC}_{\text{reg9/2008-2016}}$
- There are only small changes in metal concentrations, other than Ba, compared to previous surveys.
- It is not found concentrations of Cd, Cr, Cu, Pb, Ti, Zn, As or Hg $> \text{LSC}_{\text{reg9/2008-2016}}$ at the Goliat templates.

- The PAH and NPD concentrations are low. PAH and NPD are not analyzed at Snøhvit N, and there are no concentrations > LSC_{reg9/2008-2016} at Snøhvit F. At the Goliat templates there are no concentrations of PAH > LSC_{reg9/2008-2016}, but NPD > LSC_{reg9/2008-2016} at GB2, GB3, GB5 and GD1.
- The benthic fauna community at the three regional stations is characterized as stable from year to year. There are no indications of disturbed fauna at these locations. Despite differences in sediment type and relatively large distance between the two stations, R9-2 and R9-8 have the most in common with the fauna at the field stations on both Snøhvit and Goliat. The fauna at R9-5, which was the original reference station on Goliat and later became a regional station assigned Goliat, is least similar the fauna at the field stations on Snøhvit and Goliat. R9-2 and R9-8 is well suited as a benchmark for fauna analyzes both Snøhvit and Goliat.
- The benthic fauna at Snøhvit F and G is undisturbed and relatively similar the fauna at the regional station R9-2. The species composition of the two stations in a northeasterly direction on Snøhvit F differs somewhat from the remaining stations without this can be linked to the content of hydrocarbons or metals. On Snøhvit N none of the stations differ noticeably from the others.
- Despite elevated concentrations of THC (and Ba) at the two stations east of the field center the benthic fauna on Goliat G is considered healthy with no visible signs of disturbance. The abundance has varied somewhat across the three surveys, but species composition and diversity indices both at field stations and regional stations show stable conditions.
- The species composition and reduced numbers of species and individuals in the benthic fauna at station GB1, 200 m east of the field center, contribute to the difference between GB1 and the other stations on Goliat Template B / H. On this station, it also demonstrated elevated concentrations of THC, Ba and other metals. If this is the explanation of the fauna change is not obvious, since several of the stations contain higher concentrations of both hydrocarbons and metals, without this having any visible effect on the benthic fauna community. It is not found any correlation between field stations and elevated levels of hydrocarbons or metals.
- On Goliat Template C the species composition of benthic fauna at station GC3 stands out somewhat from the other stations, but it is not revealed any correlation with the levels of hydrocarbons or metals. After a considerable reduction in the number of individuals, especially brittle stars from 2008 to 2013, the abundance and species richness on Goliat C is back to the same level as in 2008. The increase from 2013 to 2016 is due not brittle stars, but increased abundance of common polychaetes.
- Species composition and diversity indices shows that the benthic fauna on Goliat Template D / F is healthy and undisturbed, and the benthic conditions seem stable over time.
- At station level, there is no evidence of any correlation between high concentrations of hydrocarbons (or Ba) and changes/disturbances in the benthic fauna at Goliat Template E / I. It is, however, indicated that the fauna in a single grab sample with a high content of hydrocarbons is disturbed. The results and experiences from the sampling show heterogeneous sediments at this station. Otherwise there are no signs of disturbance in the benthic fauna at Goliat E / I, and conditions are considered stable with a high degree of similarity of the fauna from year to year.

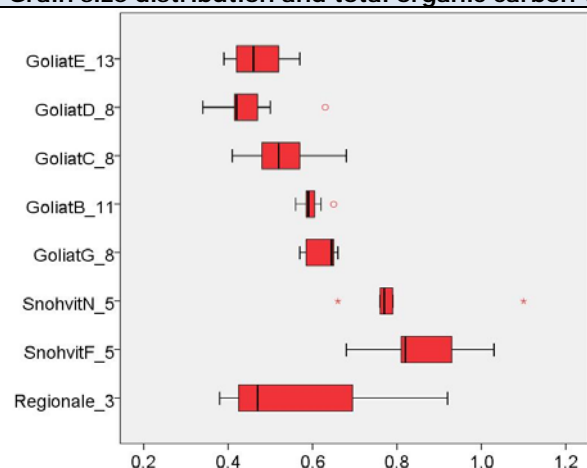
The 2016 environmental survey shows:

How to read the boxplots



The number of stations at each field is given after the fieldname.

Grain size distribution and total organic carbon (% TOC)

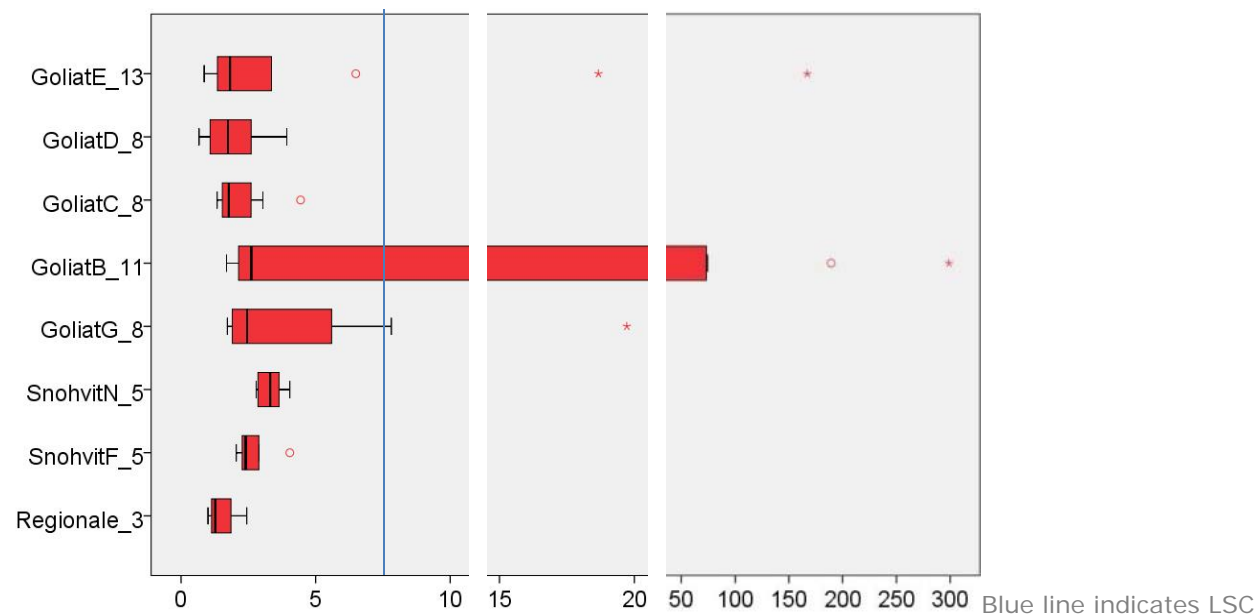


The sediments are characterized as very fine sand and silt and clay.

The contents of TOC vary from 0,34 – 1,1 %. The TOC contents are slightly higher at the Snøhvit stations than at the Goliat Templates.

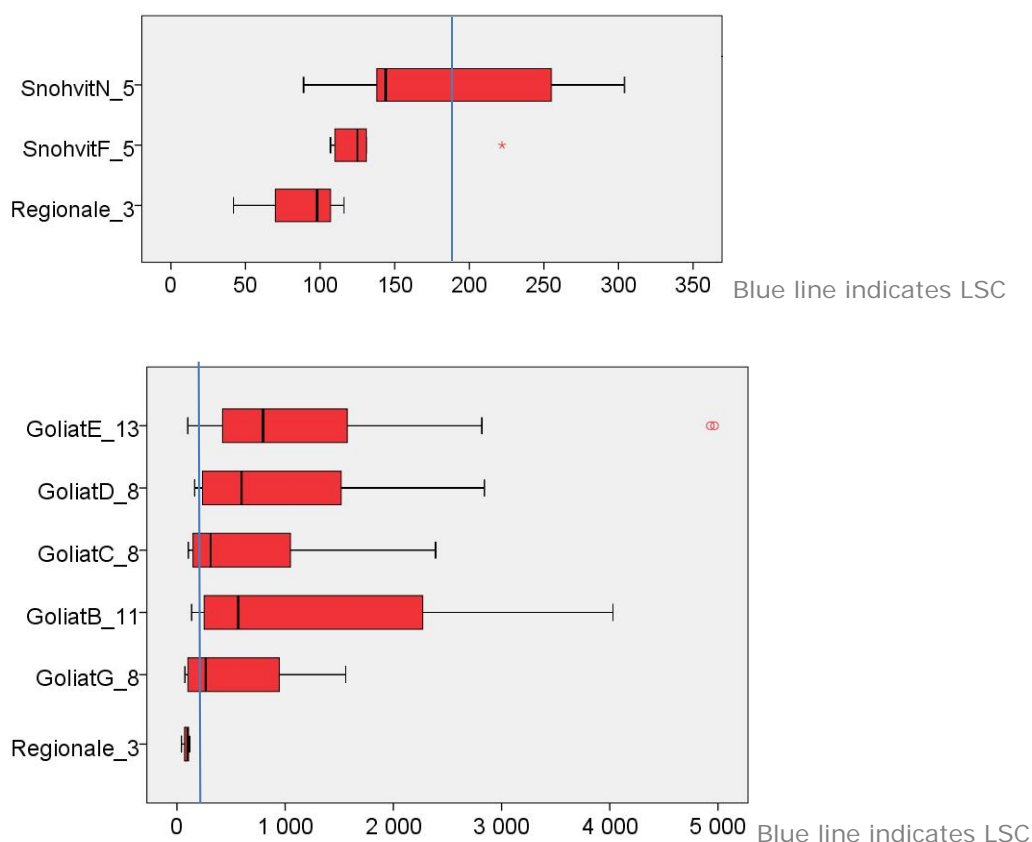
The statistic variation is low, both between the fields, and at the stations.

Total hydrocarbones (THC)



The THC concentrations vary between 2 – 4 mg/kg at Snøhvit F and Snøhvit N. The THC concentrations at the Goliat templates vary between 1 – 300 mg/kg. The statistical variation is low at the regional station, at the Snøhvit fields, Goliat Template I/E, and the Goliat Templates C and D. There are statistical outliers and extreme values at Goliat Template I/E, Goliat Template C, Goliat Template B/H, Goliat Template G and Snøhvit F. The highest concentrations are found at Goliat Template B. It is found $THC > LSC_{reg9/2008-2016}$ at Goliat E, Goliat B and Goliat G.

Baritt – Barium (Ba)



The Ba concentrations vary from 89 – 304 mg/kg at the Snøhvit stations, and most of the stations exceed the concentrations at the regional stations. One station at Snøhvit F have Ba > LSC_{reg9/2008-2016}, at Snøhvit N there are two stations with Ba > LSC_{reg9/2008-2016}.

At the Goliat templates, the concentrations vary from 74 – 4900 mg/kg. The concentrations are generally high at all the Goliat Templates. Only 11 stations (23 %) have Ba < LSC_{reg9/2008-2016}. The highest concentrations of Ba are found east/south east of the center of all the templates.

Benthic fauna

The relatively shallow Snøhvit templates (314-327 m) separates somewhat from Goliat. The Goliat templates are divided into two relatively homogeneous main fauna groups; the northernmost and deepest templates G, B, and C (380-395 m) and the southern and somewhat shallower D and E templates (350-375 m).

Of the regional stations the R9-2 (357 m) and R9-8 (390 m) are best suited with respect to the fauna. The same was the case in 2013. R9-5, the original reference station, located west of Goliat templates, is presumably too shallow (306 m) compared to Snøhvit and Goliat.

The benthic fauna on the Snøhvit templates is undisturbed, and there is nothing in the results from the other analyzes that would call for disturbance.

At Goliat, there are indications of disturbance in a grab sample with high content of hydrocarbons at template B / H. Otherwise at Goliat there are no evidence of any effect on the fauna in spite of relatively high concentrations of THC.

2.4 Summary of results

2.4.1 Snøhvit F

It is found elevated concentrations of Ba at SF11, 250 m south-east of the centre. It is not found elevated concentrations of THC, PAH, NPD or other metals. There is no increase in concentrations of the organic components or metals compared to previous surveys.

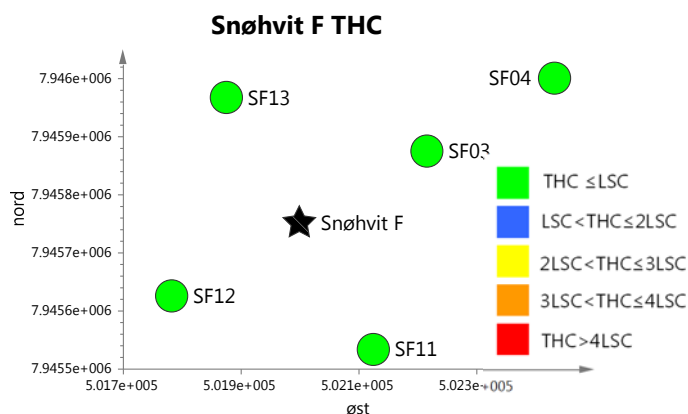


Figure 2.4-1 THC concentrations (mg/kg) in the top sediment (0-1 cm).

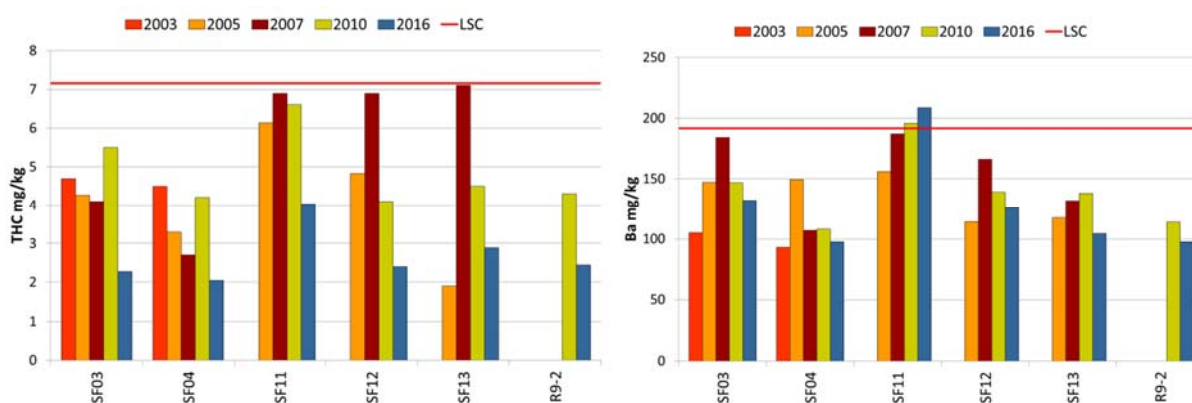


Figure 2.4-2 Development of THC and Ba.

The benthic fauna community at Snøhvit F is undisturbed and relatively similar to the regional station R9-2. The species composition of the two stations in the north-easterly direction differs somewhat from the remaining stations, but this is not correlated to the content of hydrocarbons or metals.

2.4.2 Snøhvit N

It is found elevated levels of Ba at SN11 and SN12, both 250 m south of the center. It is not found elevated levels of THC, PAH, NPD or other metals. There is a slight increase of Ba at SN12 compared to previous surveys. There is no increase in THC, PAH, NPD or other metals.

The benthic fauna community at Snøhvit N is undisturbed, and none of the stations differ notably out. The fauna at the field stations are relatively similar to the fauna at regional station R9-2

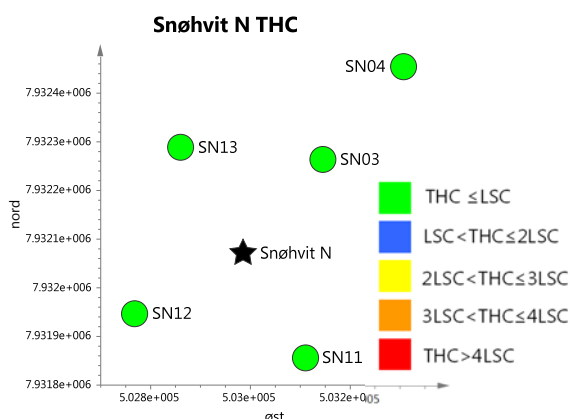


Figure 2.4-3 THC concentrations (mg/kg) in the top sediment (0-1 cm).

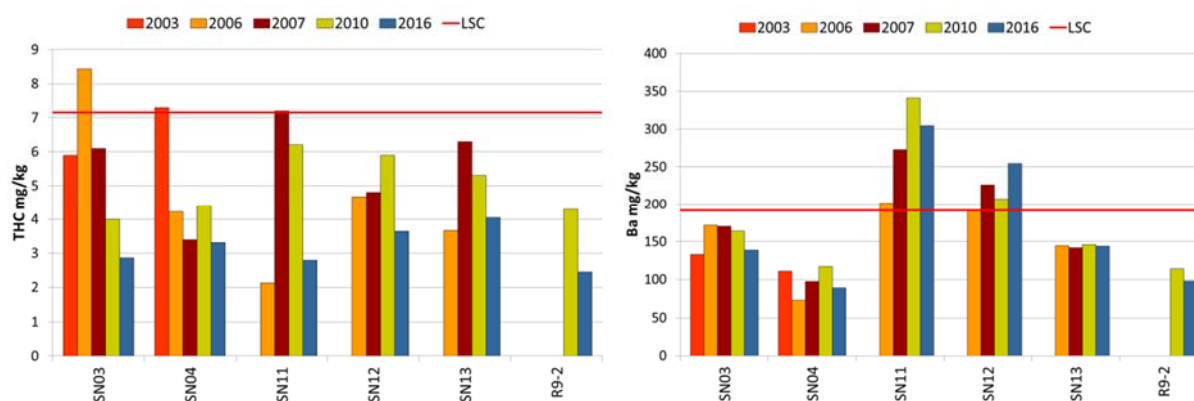


Figure 2.4-4 Development of THC and Ba.

2.4.3 Visual inspection of pipeline route

A total area of ~ 203 000 m² is calculated to be affected by the pipe-laying operations. This is 37 % more than estimated in advance (140 000 m²). By excluding areas with low impact the results become more consistent (143,800 m²). Areas where the effects were categorized as high were a total of 80 500 m², most of this caused by rock dumping (64 500 m²). The rock dumping could be considered a prolonged / eternal change of benthic habitats with accompanying local changes in species composition, while trench areas very likely will recolonize and return to original status after a certain time. In areas with moderate and low exposure the recolonization is already underway and is likely to return to their original status in the near future (> 10 years).

The highest percentage calculated influence came from umbilical SG01 (82 600 m²). It was not made any visual examination of this trench and impact from rock dumping and trenching is therefore assumed similar the other pipelines. The impact is however somewhat overestimated because the rock dumping is superimposed on trench areas.

The benthic fauna was changed slightly since 2013, including reduced abundances of the sponge *Asconema* sp., also outside the visible affected areas. Whether this is due to the pipelaying or have natural explanations is difficult to say because we do not have any reference area away from the impact area. *Asconema* sp. is an opportunistic sponge species which in 2013 was registered in unusually high

densities of Snøhvit. It can be speculated that this may have been a shorter massive growth due to temporary favorable assumptions that no longer exists.

In the whole, there were no significant differences in size between the area previously thought to be affected, and the observed effects. The study did not reveal any unexpected rock dumping within the predefined sponge areas, and the pipeline operations have stayed within the predefined scope.

2.4.4 Goliat Template G

It is not found $\text{THC} > \text{LSC}_{\text{reglIgrunn1997-2015}}$, and there is a decrease in the THC concentrations compared to previous surveys. The THC concentrations are slightly higher than the concentration of R2-18.

It is found $\text{Ba} > \text{LSC}_{\text{reglIgrunn1997-2015}}$ at all stations except from ALF6. The concentrations are unchanged compared to previous surveys.

It is found elevated concentrations of THC at the two stations east of the center. The THC concentrations have increased on these two stations compared to previous survey. It is found elevated concentrations of Ba at all stations 90° og 150° from center, and the Ba concentrations at these stations have increased compared to previous survey.

It is not found elevated concentrations, or increase in PAH, NPD or other metals.

Despite elevated concentrations of THC (and Ba) at the two stations east of the template the benthic fauna is considered healthy with no visible signs of disturbance on Goliat G. The abundance has varied somewhat across the three surveys, but species composition and diversity indices at the field stations and regional stations show stable conditions. The regional stations R9-2 and R9-8 is well suited as a basis for comparison for fauna analyses.

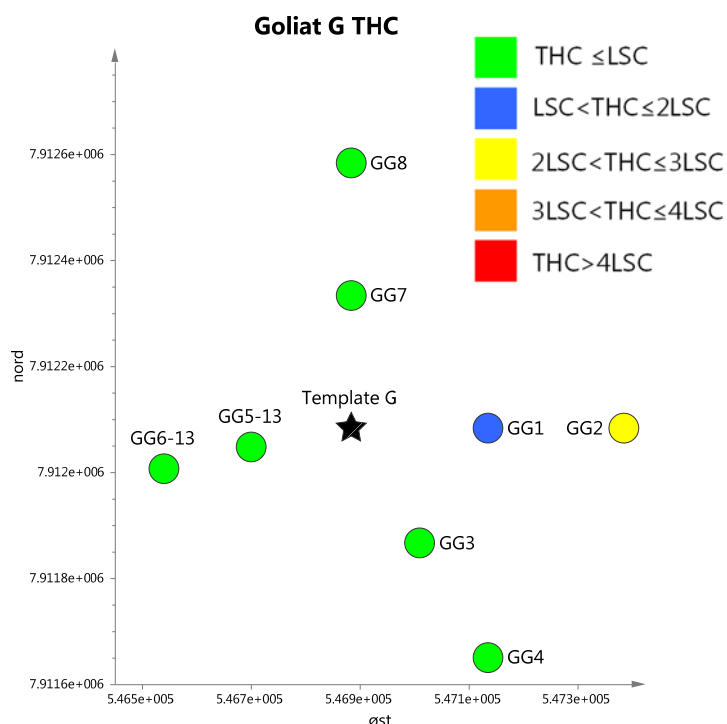


Figure 2.4-5 THC concentrations (mg/kg) in the top sediment (0-1 cm).

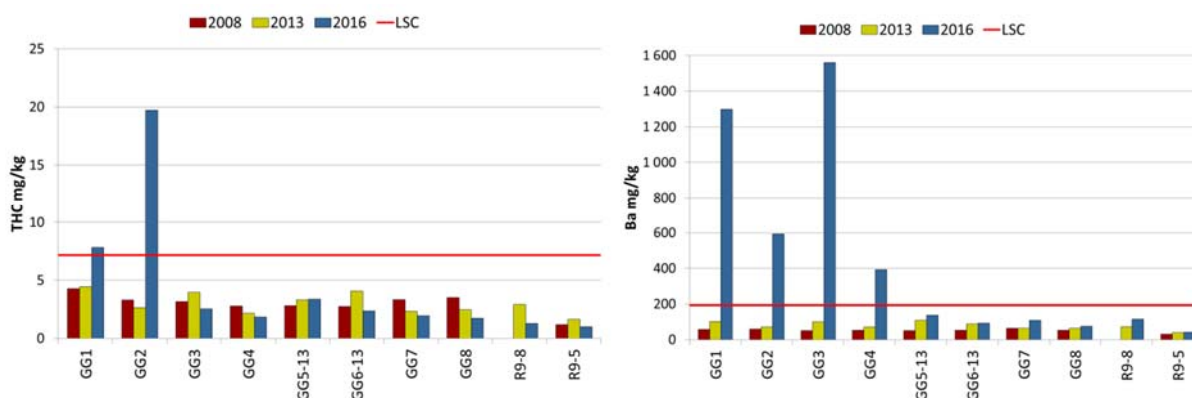


Figure 2.4-6 Development of THC and Ba.

2.4.5 Goliat Template B/H

It is found elevated concentrations of THC at all stations east/southeast of the center, and the concentrations of THC have increased at these stations compared to previous surveys.

It is found elevated concentrations of Ba at all stations except from GB9, 500 m west of the center. The Ba concentrations have increased at all stations compared to previous surveys. There is an increase in Cu and Pb concentrations at several stations, but no elevated concentrations except from Ba. It is found elevated concentrations of NPD at three stations.

The species composition and reduced numbers of species and abundance in the benthic fauna at station GB1, 200 m east of the field center, makes this station differ somewhat from the remaining stations. On this station it is also revealed elevated concentrations of THC, Ba and other metals. It is, however, not obvious that this is the explanation of the observed fauna change, as stations GB2, GB3 and GB5-13 contain higher amounts of both hydrocarbons and metals, without this having any visible effect on benthic fauna community. It was not found a correlation between field stations and elevated levels of hydrocarbons or metals.

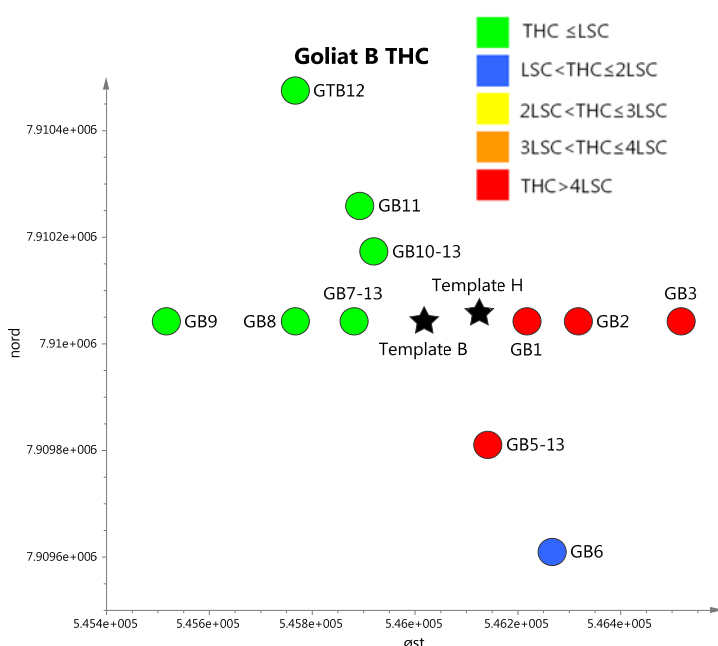


Figure 2.4-7 THC concentrations (mg/kg) in the top sediment (0-1 cm).

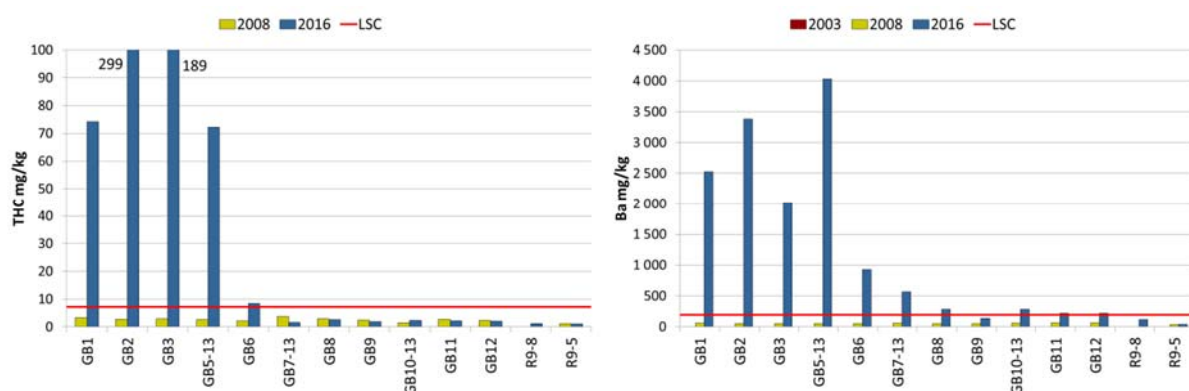


Figure 2.4-8 Development of THC and Ba.

As for the Snøhvit fields and the other Goliat templates the fauna at Goliat B has most in common with the regional stations R9-2 and R9-8, and not with the original reference station for Goliat, R9-5.

2.4.6 Goliat Template C

It is not found elevated concentrations of THC, PAH or NPD, and there is no increase in THC concentrations compared to previous surveys.

It is found elevated Ba concentrations at five stations, and there is an increase at all stations. The highest concentrations are found east/south east of the center. It is not found elevated concentrations, or increase in the concentrations of other metals.

The species composition of benthic fauna at station GC3 differs somewhat from the remaining stations, but it is not found any correlation with levels of hydrocarbons or metals. After a marked reduction in the abundance, especially brittle stars from 2008 to 2013, the abundance and species richness on Goliat C in 2016 are at the same level as in 2008. The increase from 2013 to 2016 was not due to brittle stars, but increased abundance of polychaetes that are common in the area. The benthic fauna at Goliat template C is considered undisturbed.

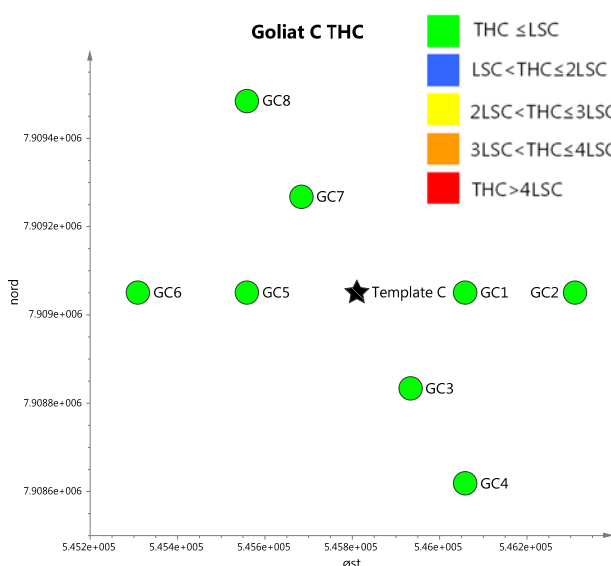


Figure 2.4-9 THC concentrations (mg/kg) in the top sediment (0-1 cm).

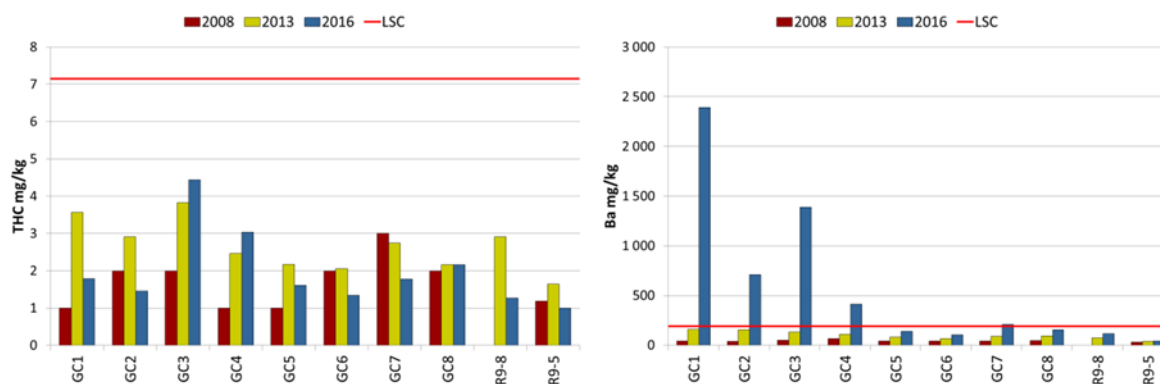


Figure 2.4-10 Development of THC and Ba.

2.4.7 Goliat Template D/F

It is not found elevated concentrations of THC or PAH and there is no increase in THC concentrations compared to previous surveys. At GD1 it is found NPD slightly higher than LSC.

It is found elevated concentrations of Ba at all stations except GD8, and the concentrations have increased at all stations. The highest concentrations are found east/south east of center.

Species composition and diversity indices make the benthic fauna on Goliat D appear as healthy and undisturbed, and conditions seem stable over time.

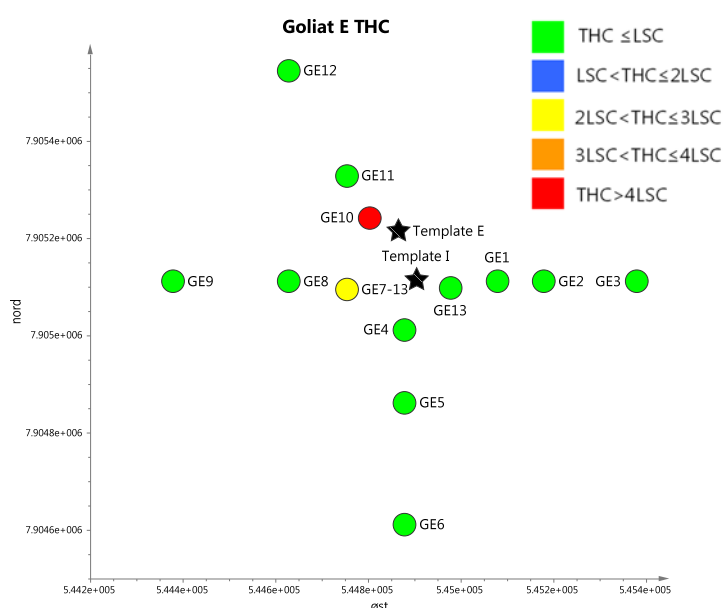


Figure 2.4-11 THC concentrations (mg/kg) in the top sediment (0-1 cm).

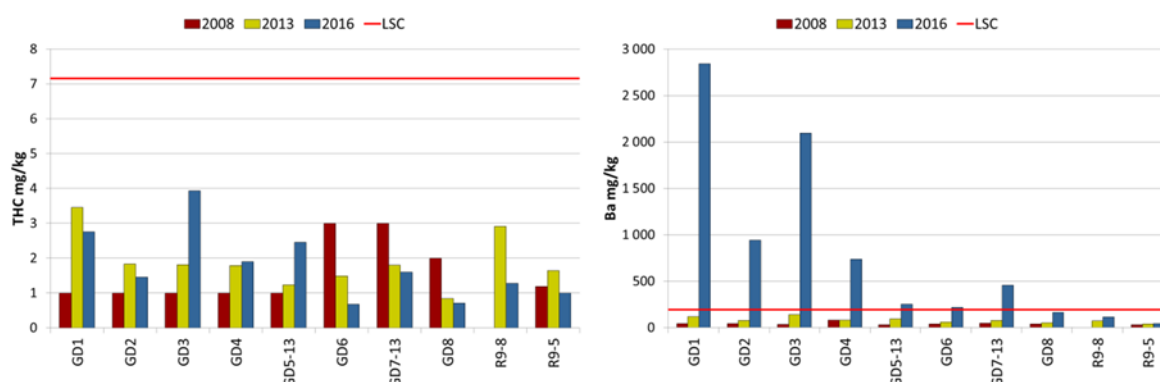


Figure 2.4-12 Development of THC and Ba.

2.4.8 Goliat Template I/E

It is found elevated concentrations of THC at two stations. The standard deviation between the parallels indicates that the sediment is inhomogeneous at these stations (GE10 and GE7-13). In addition to these stations, there is an increase in THC at GE13. It is not found elevated concentrations of PAH and NPD.

It is found elevated concentrations of Ba at all stations except from GE9 and GE12, and the concentrations have increased at all stations. It is not found elevated concentrations of other metals.

At station level, there is no evidence of any correlation between high concentrations of hydrocarbons (or Ba) and changes / disturbance in the benthic fauna. However, there are indications that the fauna in one grab sample from station GE10 containing most THC, is disturbed. The results and lessons learned from sampling shows heterogeneous sediments at this station

There are no signs of disturbance in the benthic fauna at Goliat E / I, and conditions are considered stable with a high degree of similarity in the fauna from year to year.

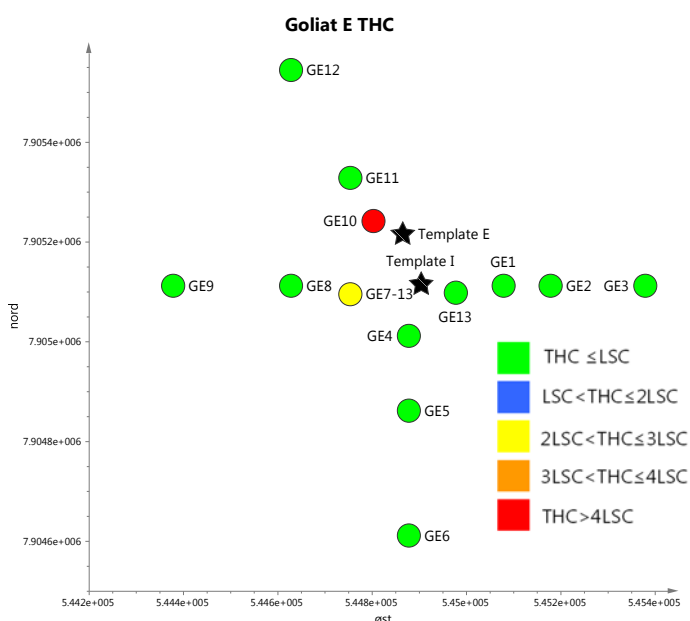


Figure 2.4-13 THC concentrations (mg/kg) in the top sediment (0-1 cm).

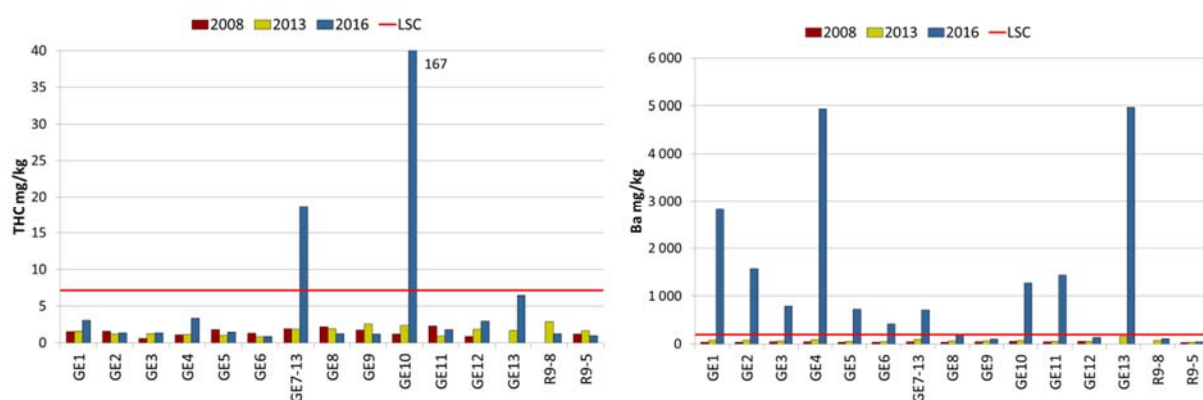


Figure 2.4-14 Development of THC and Ba.

2.4.9 Goliat – all templates

The Goliat sediment characteristics and concentrations of hydrocarbons and metals are summarized in the figures below, showing the gradient in water depth and sediment characteristics in the north-south direction and the THC and Ba contamination mainly in the eastern direction.

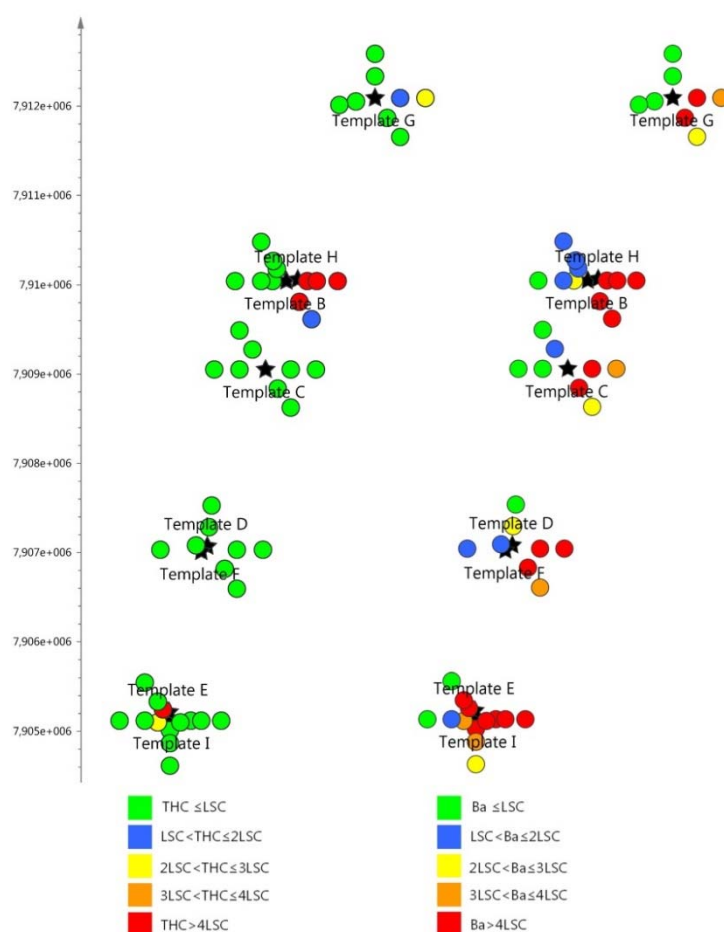


Figure 2.4-15 Goliat templates, contents of THC (left) and Ba (right). Ba-concentrations are highest east/southeast of the center at all the templates. Goliat Template B/H contains the highest concentrations of both THC and Ba.

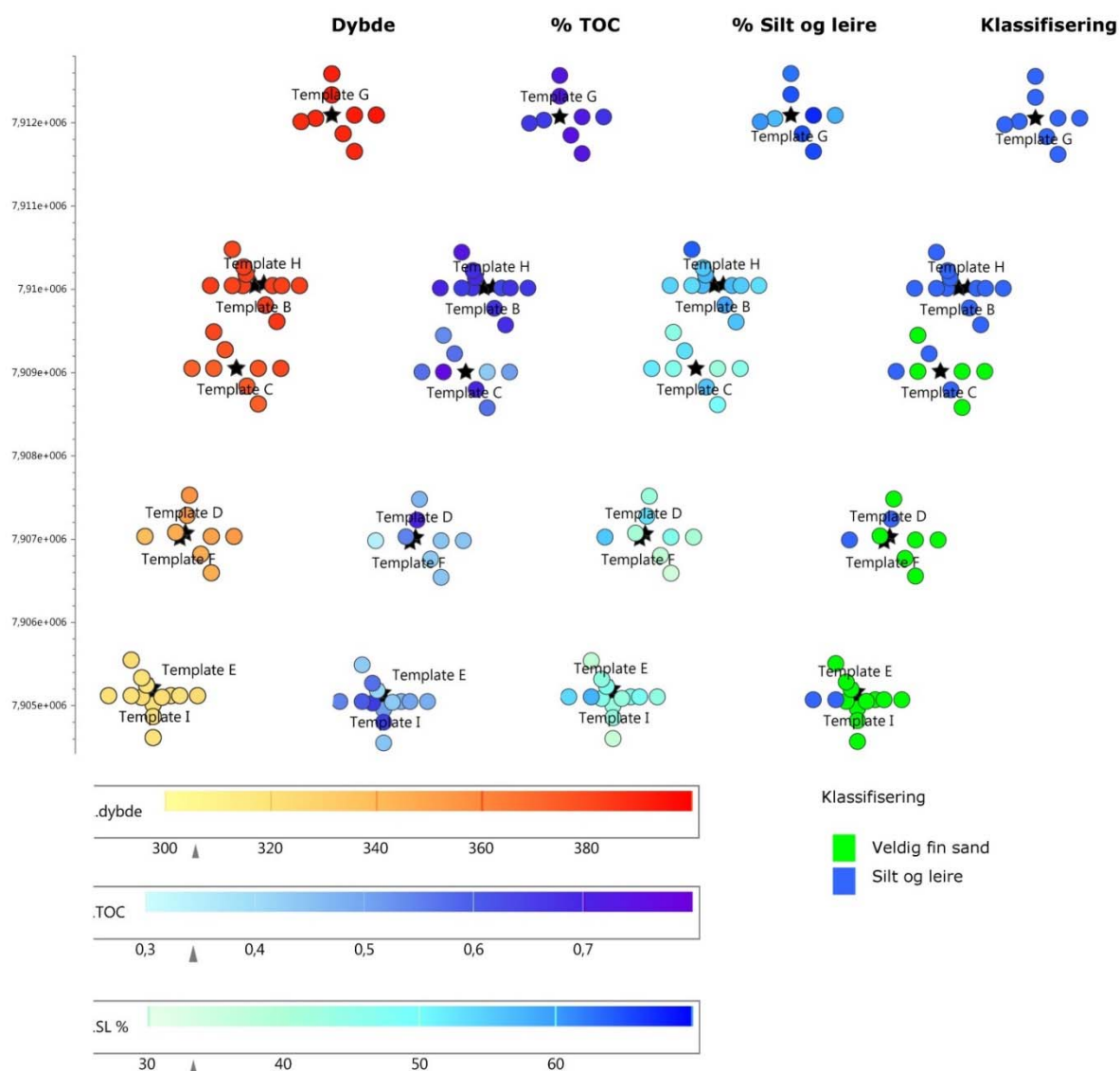


Figure 2.4-16 Goliat templates. From the left: 1) The circles are colored by increasing depth 2): The circles are colored by % TOC 3) The circles colored by % silt and clay 4) Classification: green = very fine sand, blue = silt and clay.

2.5 Recommendations

R9-5 has little value as a basis of comparison for Snøhvit and Goliat, and may be omitted unless new locations in the vicinity to R9-5 are included in 2019.

The results from 2016 show that both hydrocarbons and barium spread eastward from the Goliat templates. It is therefore important to still have a regional station west of the templates, but this should be added to deeper water. It is also recommended to establish an additional regional station east of Goliat, at about the same depth and direction as R9-8, but at a greater distance from the templates. The purpose will be to reveal a possible barium gradient, and it will also serve as a "backup" for R9-8 if this should prove to be contaminated.

Based on this year's results for THC and Ba the station network should be expanded eastward at several of the Goliat templates.





About DNV GL

Driven by our purpose of safeguarding life, property and the environment, DNV GL enables organizations to advance the safety and sustainability of their business. We provide classification and technical assurance along with software and independent expert advisory services to the maritime, oil & gas and energy industries. We also provide certification services to customers across a wide range of industries. Operating in more than 100 countries, our professionals are dedicated to helping our customers make the world safer, smarter and greener.