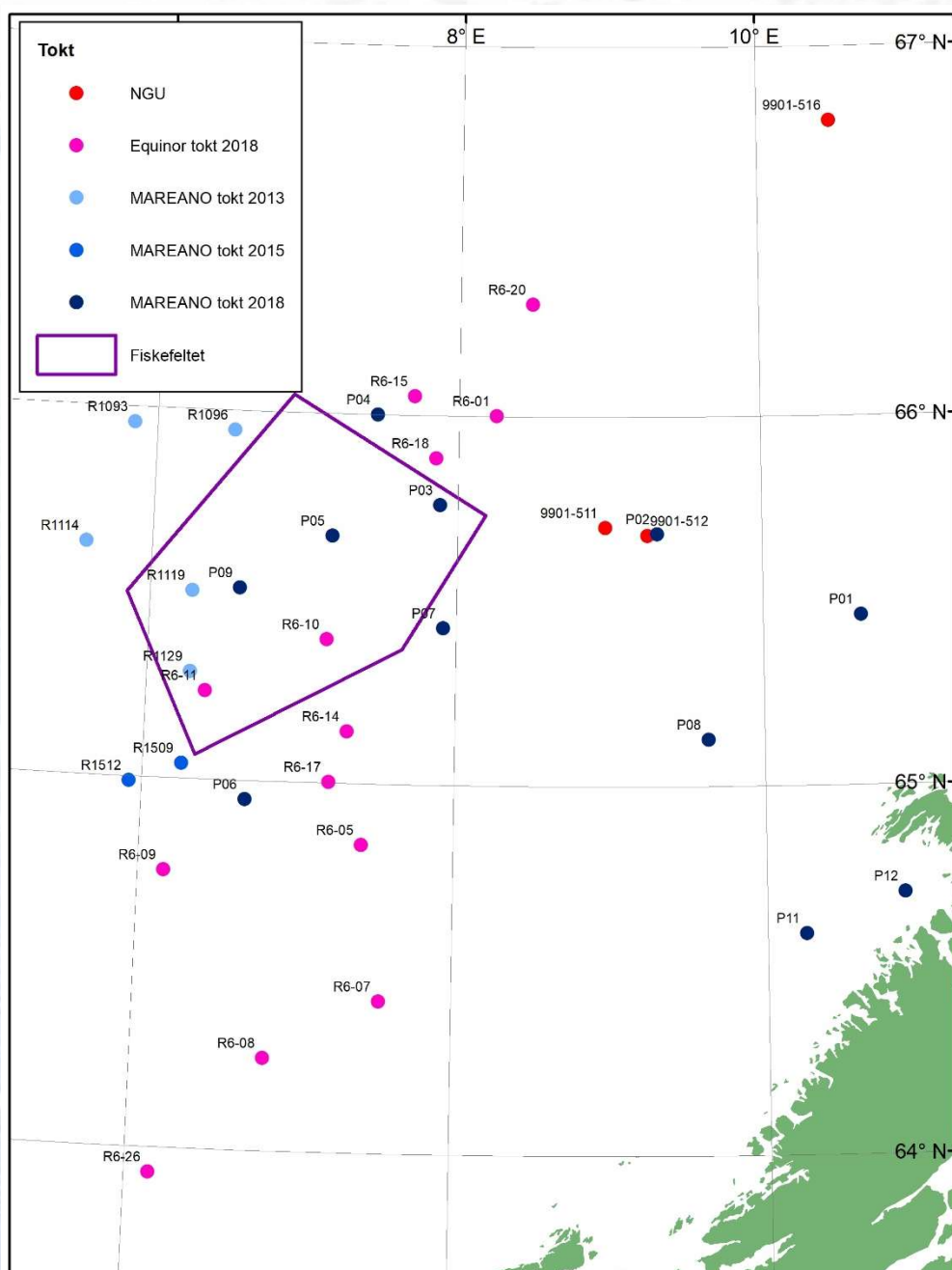


Kildesporing av miljøgifter i kveite, basert på innhold av organiske og uorganiske miljøgifter i sedimenter fra ytre Sklinnadjupet



This page is intentionally left blank

Rapporttittel / Report title

Kildesporing av miljøgifter i kveite, basert på innhold av organiske og uorganiske miljøgifter i sedimenter fra ytre Sklinnadjupet

Forfatter(e) / Author(s)

Kristine Bondo Pedersen

Miljødirektoratet rapport nr / report no

M-1128|2018

Akvaplan-niva rapport nr / report no

60099-1

Dato / Date

23.09.2018

Antall sider / No. of pages

31 + 0

Distribusjon / Distribution

Gjennom oppdragsgiver

Oppdragsgiver / Client

Miljødirektoratet

Oppdragsg. referanse / Client's reference

Bård Nordbø

Sammendrag / Summary

Grunnet forhøyd innhold av miljøgifter i atlantisk kveite, har Fiskedirektoratet stengt fiskefelt ved ytre Sklinnadjupet i Norskehavet for fiske av denne arten. Det har ved flere anledninger i perioden 1999-2018 blitt tatt prøver av sediment fra stasjoner i og omkring ytre Sklinnadjupet, bla. i forbindelse med MAREANO og Equinor tokt. I dette prosjektet er i alt 34 sedimentprøver fra området analysert for en lang rekke miljøgifter som en innledende kartlegging av eventuelle kilder til bioakkumulering i kveite. For en lang rekke av miljøgiftene, herunder pesticider, klorerte hydrokarboner, metaller og PAH ble det ikke påvist innhold over deteksjonsgrensene eller nivåene tilsvarte bakgrunnsnivåer. Det ble stedvis påvist forhøyede nivåer av klorparafiner, dioksiner og kvikksølv. Konsentrasjonen av disse var fortsatt lave og innenfor nivåer målt i andre områder langs norskekysten. Ingen av de analyserte sedimentene i og rundt ytre Sklinnadjupet viste forhøyde miljøgiftkonsentrasjoner som forklarer de forhøyde nivåene av miljøgifter i kveite fra dette området. Dette kan skyldes at en eller flere kilder ikke er identifisert.

Prosjektleder / Project manager

Kristine B. Pedersen

Kvalitetskontroll / Quality control

Marianne Frantzen

INNHOLDSFORTEGNELSE

1 INNLEDNING	3
1.1 Bakgrunn	3
1.2 Målsetning og strategi	3
1.3 Miljøgifter.....	4
1.4 Vurdering av miljøkvalitet	4
2 METODE	6
2.1 Prøvetaking.....	6
2.2 Vurdering av forurensningskilder.....	9
2.2.1 Prinsipene i PCA	9
3 RESULTATER OG DISKUSJON	11
3.1 Kjemiske analyser.....	11
3.1.1 Støtteparametere	11
3.1.2 Klorerte hydrokarboner	12
3.1.3 Klorparafiner	12
3.1.4 Pesticider	14
3.1.5 Dioksiner og furaner.....	16
3.1.6 Polyklorerte bifenyler	18
3.1.7 Metaller.....	19
3.1.8 Polyaromatiske hydrokarboner og tributyltinn.....	20
3.2 Vurdering av sedimenter som lokale forurensningskilder.....	21
3.3 Innledende kildesporingsvurdering	23
4 KONKLUSJON.....	25
5 REFERANSER.....	26
VEDLEGG	27

Forord

Akvaplan-niva AS har på oppdrag fra Miljødirektoratet koordinert kjemiske analyser av sediment i og omkring ytre Sklinnadjupet i Norskehavet og denne rapporten sammenfatter resultatene. Oppdraget er del av en kildesporingsanalyse for å vurdere grunnen til at kveite fra ytre Sklinnadjupet har høyere nivåer av miljøgifter enn andre steder langs norskekysten.

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Akvaplan-niva AS har på oppdrag fra Miljødirektoratet gjennomført kjemiske og statistiske analyser av miljøgiftkonsentrasjoner i sediment samlet inn i og omkring ytre Sklinnadjupet i Norskehavet som del av prosjektet "Kildesporing av miljøgifter i kveite 2018". Oppdraget er en del av en kildesporingsanalyse som skal danne grunnlag for å vurdere årsaken til at kveite i ytre Sklinnadjupet har høyere nivåer av miljøgifter enn kveite fra andre områder langs norskekysten.

NIFES analyserte i perioden 2013-2016 miljøgifter i totalt 392 atlantiske kveiter fra hele norskekysten, på oppdrag fra Mattilsynet (*Nilsen et al. 2016*). De høyeste nivåene av kvikksølv, dioksiner (herunder PCDD/F), dioksinlignende polyklorerte bifenyler (PCB), PCB og polybromerte difenyletere (PBDE, bromerte flammehemmere) ble funnet i ytre Sklinnadjupet, vest for Sklinnabanken. På bakgrunn av miljøgiftnivåene og på anmodning fra Mattilsynet, stengte Fiskeridirektoratet ytre Sklinnadjupet for fiske etter atlantisk kveite den 9. oktober 2017.

Prosentandelen av kveiter med nivåer av miljøgifter over grenseverdien for kveitefilet (fastsatt av EU) var høyere i ytre Sklinnadjupet enn i alle andre områder. 11-55% av kveiten hadde kvikksølv, PCDD/F eller PCB nivåer over grenseverdien. Selv om konsentrasjonen av kvikksølv og de persistente organiske miljøgiftene økte med økende størrelse på fisken kunne den geografiske variasjonen i innhold av miljøgifter ikke forklares med forskjeller i fiskestørrelser, da det ikke ble funnet signifikante forskjeller i lengde eller vekt på fisken mellom de ulike geografiske områdene. Det ble derfor vurdert at det er en eller flere kilder til miljøgifter i og ved ytre Sklinnadjupet (*Nilsen et al. 2016*). Det er mistanke om at flere tusen tonn klorerte alifatiske hydrokarboner ble dumpet i nærheten av Sklinnabanken rundt 1970. Det er usikkert om det også er dumpet andre miljøgifter i området eller om det er andre uidentifiserte kilder som kan være årsaken til miljøgiftnivåene funnet i kveite (*Miljødirektoratet 2018*).

1.2 Målsetning og strategi

Målsetning med prosjektet er å gjøre en innledende vurdering av potensielle kilder i sedimenter til miljøgiftene funnet i kveite fra ytre Sklinnadjupet. Det er på flere tidspunkt i perioden 1999-2018 tatt sedimentkjerner i og rundt ytre Sklinnadjupet, bla. i regi av MAREANO. Sediment fra i alt 34 stasjoner i og omkring ytre Sklinnadjupet inngår i en innledende kartlegging av miljøgifter.

Denne rapporten sammenfatter resultater fra screening av miljøgifter i sedimenter fra de 34 stasjonene. Vurdering av miljøtilstand på sedimentene gjøres ved å sammenligne miljøgift konsentrasjonene med kvalitetskriterier fastlagt av Miljødirektoratet og OSPAR, der disse finnes. For å vurdere om det generelt er høyere innhold av miljøgifter i og rundt ytre Sklinnadjupet enn i andre områder sammenlignes resultatene i tillegg med nivåene målt i andre områder langs norskekysten. For å vurdere potensielle kilder til de forhøyde konsentrasjoner i kveite, suppleres vurderingen av miljøgiftkonsentrasjoner i sedimenter fra ytre Sklinnadjupet og de omkringliggende områder med vurdering av forskjeller i miljøgiftsammensetningen. På bakgrunn av resultatene er det gjennomføres en innledende vurdering av om de lokale sedimentene kan være kilden til miljøgiftene funnet i kveite fra ytre Sklinnadjupet.

1.3 Miljøgifter

En oversikt over parametere som er analysert for hver stasjon i dette oppdraget er angitt i Tabell 1. Det var ikke nok materiale til å analysere for samtlige parametere i prøvene fra 1999-2015. En del av de parametere som ikke ble analysert for (støtteparametere og metaller) er tidligere analysert i regi av MAREANO. Analysene ble utført i henhold til akkrediterte metoder av Eurofins. Detaljert oversikt over analyser, deteksjonsgrenser og kvantifiseringsgrenser fremgår i analyserapportene fra Eurofins i vedlegg 1.

Tabell 1: Analyseparametere for de ulike sedimentprøver.

	Prøver fra tokt 1999-2015 (i alt 9 prøver)	Prøver fra tokt 2018
Støtteparametere ¹	MAREANO	x
Klorerte hydrokarboner ²	x	x
Klorparafiner ³	x	x
Pesticider ⁴	x	x
Metaller ⁵	MAREANO	x
7 PCB ⁶	i.a.	x
Dioksiner og furaner ⁷	x	x
16 PAH ^{*8}	i.a.	x
TBT ^{*9}	i.a.	x
Screening av organiske miljøgifter (GC-MS) ¹⁰	i.a.	x

* Parametere som ikke er en del av oppdraget, men med i pakkeløsning fra Eurofins

1 Kornstørrelse (<2µm, <63µm), total organisk karbon (TOC), svovel

2 Monoklorbenzen; 1,3-Diklorbenzen; 1,2-Diklorbenzen; 1,4-Diklorbenzen; 1,2-Dikloreten; Triklormetan (kloroform); 1,1,1-Trikloreten; Tetrakloreten; Diklormetan; Trikloretan; 1,1,2-Trikloreten; 1,1-Dikloreten; 1,1-Dikloreten; Tetraklormetan; cis-1,2-Dikloreten; trans-1,2-Dikloreten; E/Z-dikloreten; Vinyl chloride; 1,1,1,2-Tetrakloreten

3 SCCP (kortkjedet klorparafiner C10-C13); MCCP (mellomkjedet klorparafiner C14-C17)

4 alfa-HCH; beta-HCH; delta-HCH; Kvintozen; Endosulfan-sulfat; p,p'-DDE; Endosulfan, alfa-; Endosulfan-beta; alfa-Klordan (cis); gamma-Klordan (trans); Heptaklorepoksid (cis); Heptaklorepoksid (trans); o,p-DDD; p,p'-DDD; o,p'-DDE; p,p'-DDT; Lindan (gamma-HCH); Pentakloranilin; Heksaklorbenzen (HCB); Heptaklor; Aldrin; Dieldrin; Endrin; o,p-DDT

5 Arsen, Kadmium, Krom, Kobber, Kvikksølv, Nikkel, Bly, Sink, Kobolt, Sølv, Tinn

6 PCB28, PCB52, PCB101, PCB118, PCB138, PCB153, PCB180

7 2,3,7,8-TetraCDD; 1,2,3,7,8-PentaCDD; 1,2,3,4,7,8-HeksaCDD; 1,2,3,6,7,8-HeksaCDD; 1,2,3,7,8,9-HeksaCDD; 1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDD; OktaCDD; 2,3,7,8-TetraCDF; 1,2,3,7,8-PentaCDF; 2,3,4,7,8-PentaCDF; 1,2,3,4,7,8-HeksaCDF; 1,2,3,6,7,8-HeksaCDF; 1,2,3,7,8,9-HeksaCDF; 2,3,4,6,7,8-HeksaCDF; 1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDF; 1,2,3,4,7,8,9-HeptaCDF; OktaCDF

8 Acenaften; Acenaftilen; Antracen; ; Benzo[a] antracen; Benzo[b] fluoranten; Benzo[k] fluoranten; Benzo[ghi]perylene; Benzo[a] pyren; Dibenzo[a,h]antracen; Fenantren; Fluoranten; Fluoren; Indeno[1,2,3-cd]pyren; Krysen/ Trifenylen; Naftalen; Pyren

9 Dibutyltinn kation; Tributyltinn-Sn (TBT-Sn); Monobutyltinn kation; Monobutyltinn; Dibutyltinn; Tributyltinn

10 Pentaklorfenol; beta-HCH; delta-HCH; Pentaklorbenzen; Endosulfan-sulfat; o,p'-DDE; DDE-p,p; N-Nitrosodipropylamin; Nitrobenzen; 2,4-Dinitrotoluen; alfa-HCH; Isophoron; o,p-DDT; Endosulfan-alfa; Endosulfan-beta; p,p'-DDT; Hexachlorobenzene; Lindan (gamma-HCH); Benzylbutylftalat; Dieldrin; Endrin; Dietylftalat (DEP); 1-Methylnaphthalene; Heksakloreten; 2,6-Dinitrotoluen; Diklorfenoler (sum); Dimetylftalat; Tetraklorfenoler (sum); Triklorfenoler (sum); N-nitroso-di-fenylamin; Di-n-butylftalat; Di-(2-etylheksyl)ftalat; Di-n-oktylftalat; Azobenzen; Bis(2-kloretyl)eter; Bis(2-klorisopropyl)eter; Bis(2-kloretoxy)metan; 4-klorfenyl fenyleter; 4-bromfenyl; fenyleter

1.4 Vurdering av miljøkvalitet

For å vurdere kvaliteten til sedimentet i forhold til miljøgifter, har Miljødirektoratet (veileder M608/2016) og OSPAR utviklet kriterier som angir potensiell risiko for det marine miljøet.

Miljødirektoratet opererer med fem tilstandsklasser for sediment (Figur 1). Tilstandsklasse 1 omfatter sedimenter med miljøgiftsnivå innen antatte bakgrunnsverdier. Sedimentene kan være påvirket av diffus forurensning, men det antas ikke å være påvirkning fra punktkilder. Overskridelser av tilstandsklasse 1 indikerer påvirkning fra menneskelige aktiviteter.

Figur 1: Miljødirektoratet sine kriterier for miljøtilstand for marine sedimenter

Tilstandsklasse 1	Tilstandsklasse 2	Tilstandsklasse 3	Tilstandsklasse 4	Tilstandsklasse 5
Bakgrunn	God kvalitet	Moderat kvalitet	Dårlig kvalitet	Svær dårlig kvalitet
Bakgrunnsnivå	Under nivåer for potensiell effekt	Kroniske effekter ved langtidspåvirkning	Akutte toksiske effekter ved korttidspåvirkning	Omfattende akutt toksiske effekter

Tilstandsklasse 2 omfatter sedimenter som er påvirket av miljøgifter, men konsentrasjonene antas å ikke medføre effekter på marine organismer. Sedimenter i tilstandsklasse 3 defineres som moderat forurensset og kan medføre kroniske effekter på enkelte arter i organismesamfunnene ved langtidspåvirkning. Tilstandsklasse 4 omfatter sedimenter med miljøgiftsnivå som kan medføre risiko for akutte toksiske effekter ved korttidspåvirkning. Tilstandsklasse 5 omfatter sedimenter med svært dårlig kvalitet og høye konsentrasjoner av miljøgifter, med risiko for omfattende akutte toksiske effekter ved korttidspåvirkning.

Hovedfunksjonen for sediment-klassifiseringen er å identifisere områder som kan være påvirket av miljøgiftkilder og vurdere om disse potensielt kan utgjøre uakseptabel risiko for mennesker og/eller miljø. For sedimenter i tilstandsklasser 3-5 må det gjennomføres en mer grundig vurdering av risiko, og om de utgjør en uakseptabel risiko må det vurderes om tiltak for å minske risikoen er nødvendige.

OSPAR opererer med to kriterier: BAC (Background Assessment Criteria) og ERL (Effects Range Low). BAC tilsvarer den norske tilstandsklasse 1 med konsentrasjonsnivå innen antatt bakgrunnsnivå. ERL tilsvarer den norske tilstandsklasse 3 og konsentrasjoner som er høyere enn ERL kriteriene utgjør risiko for effekter på det marine miljøet.

2 Metode

2.1 Prøvetaking

Sedimentkjerner ble tatt ved stasjoner i og omkring ytre Sklinnadjupet ved ulike tokt i perioden 1999-2018. Prøvetakingene ble gjennomført ved tokt i 1999 (3 stasjoner, NGU), ved MAREANO tokt 2013-2018 (18 stasjoner) og ved Equinor tokt i 2018 (13 stasjoner). For detaljerte beskrivelser av prøvetaking ved MAREANO toktet henvises til *Boitsov et al. (2014)* og *Boitsov et al. (2016a)*. Resultater fra 2018 er enda ikke rapportert av MAREANO og Equinor. En oversikt over stasjoner, prøvetakingsdyp, koordinater og tokt-årstall er sammenfattet i Tabell 2. Plassering av stasjonene fremgår av Figur 2 (utarbeidet av Miljødirektoratet). Stasjon 9901-516 samt R6-07, R6-08 og R6-26 er referansestasjoner.

NGU daterte 8 sedimentkjerner fra Norskehavet i 2014 (MAREANO tokt 2013) og fant at sedimentasjonsraten i Norskehavet er 0,5-2,1 mm/år (*Jensen et al. 2014*). De øverste 5 cm av sedimentkjernene innsamlet i perioden 1999-2018 representerer dermed sedimentasjon fra de siste 24-100 år.

Ved MAREANO og Equinor tokt i 2018, ble de øverste 5 cm av sedimentkjernene prøvetatt og fryst umiddelbart etter prøvetaking. Fra MAREANO toktene 2013-2015 er det oppbevart frysetørket sediment for hver cm av sedimentkjernen. For disse kjernene ble prøvene fra 0-1 cm, 1-2 cm og 2-3 cm slått sammen til en prøve for hver prøvetakingsstasjon. Fra prøvetakingen i 1999 var hele sedimentkjerner frosset ned. Disse ble tint og de øverste 5 cm av hver kjerne ble prøvetatt.

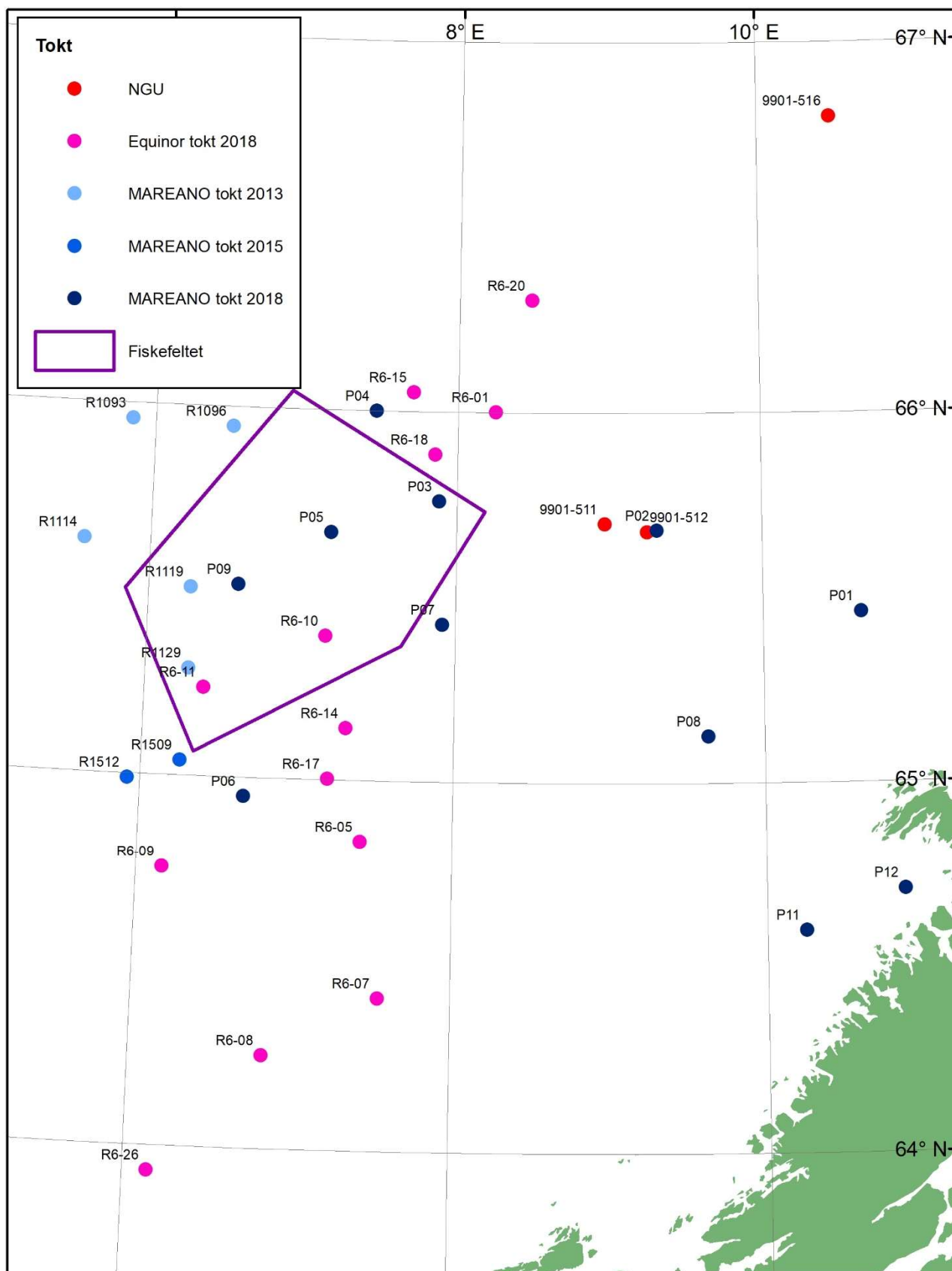
Alle prøver ble analysert av Eurofins sitt akkreditert laboratorium i Moss.

Tabell 2: Oversikt over stasjoner, prøvetakingsdyp, koordinater og prøvetakingstokt.

Stasjon	Dybde (m)	Analysert segment	Årstall (utifra sedimentasjon)*	UTM Øst (32V)	UTM Nord (32V)	Tokt/årstall
9901-511	?	0-3 cm	1939/1985-1999	65.7017	8.9700	1999
9901-512	?	0-3 cm	1939/1985-1999	65.6800	9.2467	1999
9901-516	?	0-3 cm	1939/1985-1999	66.7983	10.4983	1999
R1093	609	0-3 cm	1953/1999-2013	65.9584	5.8475	MAREANO 2013
R1096	361	0-3 cm	1953/1999-2013	65.9472	6.5150	MAREANO 2013
R1114	620	0-3 cm	1953/1999-2013	65.6303	5.5669	MAREANO 2013
R1119	428	0-3 cm	1953/1999-2013	65.5090	6.2758	MAREANO 2013
R1129	355	0-3 cm	1953/1999-2013	65.2905	6.2816	MAREANO 2013
R1509	431	0-3 cm	1955/2001-2015	65.0408	6.2500	MAREANO 2015
R1512	485	0-3 cm	1955/2001-2015	64.9880	5.9210	MAREANO 2015
P01	460	0-5 cm	1918/1994-2018	65,4605	10,6355	MAREANO 2018
P02	464	0-5 cm	1918/1994-2018	65,6843	9,3110	MAREANO 2018
P03	400	0-5 cm	1918/1994-2018	65,7593	7,8817	MAREANO 2018
P04	443	0-5 cm	1918/1994-2018	66,0007	7,4580	MAREANO 2018
P05	465	0-5 cm	1918/1994-2018	65,6702	7,1785	MAREANO 2018
P06	315	0-5 cm	1918/1994-2018	64,9497	6,6653	MAREANO 2018
P07	435	0-5 cm	1918/1994-2018	65,4262	7,9158	MAREANO 2018
P08	381	0-5 cm	1918/1994-2018	65,1270	9,6357	MAREANO 2018
P09	450	0-5 cm	1918/1994-2018	65,5220	6,5847	MAREANO 2018
P11	470	0-5 cm	1918/1994-2018	64,6005	10,2447	MAREANO 2018
P12	560	0-5 cm	1918/1994-2018	64,7085	10,8748	MAREANO 2018
R6-01	388	0-5 cm	1918/1994-2018	66.0017	8.2499	Equinor 2018
R6-05	261	0-5 cm	1918/1994-2018	64.8352	7.4168	Equinor 2018
R6-07	267	0-5 cm	1918/1994-2018	64.4132	7.5476	Equinor 2018
R6-08	334	0-5 cm	1918/1994-2018	64.2519	6.8339	Equinor 2018
R6-09	310	0-5 cm	1918/1994-2018	64.7514	6.1662	Equinor 2018
R6-10	328	0-5 cm	1918/1994-2018	65.3890	7.1610	Equinor 2018
R6-11	318	0-5 cm	1918/1994-2018	65.2406	6.3827	Equinor 2018
R6-14	293	0-5 cm	1918/1994-2018	65.1418	7.3071	Equinor 2018
R6-15	374	0-5 cm	1918/1994-2018	66.0531	7.7024	Equinor 2018
R6-17	293	0-5 cm	1918/1994-2018	65.0031	7.1971	Equinor 2018
R6-18	380	0-5 cm	1918/1994-2018	65.8851	7.8506	Equinor 2018
R6-20	334	0-5 cm	1918/1994-2018	66.3042	8.4850	Equinor 2018
R6-26	?	0-5 cm	1918/1994-2018	?	?	Equinor 2018

? – Ukjent

* Basert på sedimentasjonsrate på 0,5-2,1 mm/år.



Figur 2: Kart med plassering av stasjoner og ytre Sklinnadjupet.

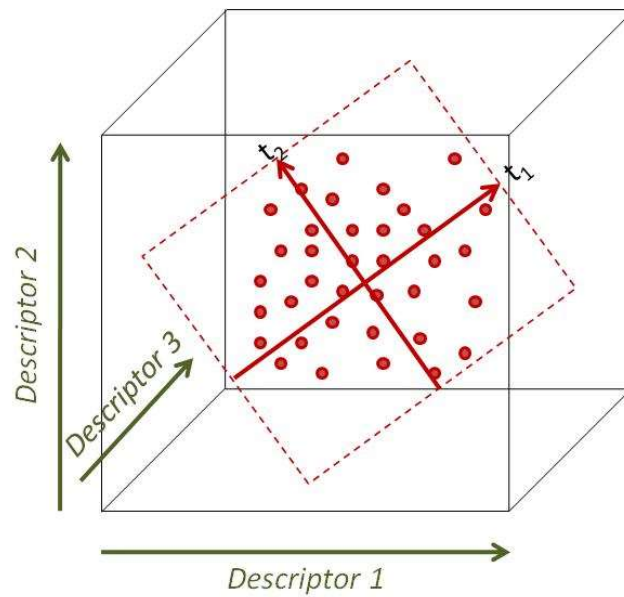
2.2 Vurdering av forurensningskilder

For å vurdere forurensningskilder i og rundt ytre Sklinnadjupet er det gjennomført en PCA (principal component analysis). Dette vil gi overblikk over om det er forskjeller eller likheter mellom miljøgiftsammensetningen i sedimenter fra de ulike stasjonene og dermed om det er lokale forurensningskilder i sedimentene, eller om eventuell forurensning er grunnet diffuse kilder.

2.2.1 Prinsippene i PCA

PCA er et multivariat verktøy for å visualisere forskjeller og likheter i store datasett ved å forenkle variasjonen i dataene. Dette gjøres ved vinkelrett projeksjon av punkter i et flerdimensjonalt rom til færre dimensjoner, typisk todimensjonalt, som gir bedre oversikt. Datasettet består av N objekter (her er N 34 sedimentprøver) med K egenskaper (her er K miljøgiftkonsentrasjoner, TOC og kornstørrelse) og der egenskapene spenner over et K -dimensjonalt rom. I dette rommet kan hver prøve (N) beskrives av et punkt med K koordinater. Objektene vil da være representert som en sverm av punkter i det K -dimensjonale rommet. For å gjøre det enklere å analysere data i det K -dimensjonale rommet, plasseres en vektor gjennom svermen av punkter i den retningen dataene har den største variasjonen, dette er den første hovedkomponenten. Vektoren forankres i det gjennomsnittlige punktet for egenskapene (her miljøgift konsentrasjoner og kornstørrelse) og deretter gjøres vinkelrette projeksjoner av alle punkter til denne vektoren, slik at alle objekter (her de 34 prøvene) beskrives av koordinater på denne vektoren. Hvis det er systematisk variasjon som ikke er beskrevet av den første hovedkomponenten, plasseres en ny vektor gjennom svermen av punkter med den nest største variasjonen. Den andre vektoren er vinkelrett på den første vektoren. Hvis det fortsatt er systematisk variasjon som ikke er beskrevet av de to første komponentene, innføres flere komponenter, som er vinkelrett til tidligere komponenter, inntil all systematisk variasjon er beskrevet. Egenskapene (her miljøgifter, TOC og kornstørrelse) som er korrelert til hverandre beskrives av den samme hovedkomponenten. Da hovedkomponentvektorene er vinkelrett på hverandre, beskriver komponentene uavhengige og ikke-korrelerte variasjoner av egenskapene.

Prinsippene for PCA er illustrert i Figur 3, der et tredimensjonalt rom som projekteres til et todimensjonalt plot (t_1 vs. t_2), som da representerer den systematiske variasjonen i færre dimensjoner. De samme prinsippene brukes når et flerdimensjonalt rom reduseres til færre dimensjoner. I et plott vil objekter med sammenlignbare verdier av egenskaper plasseres nært hverandre, mens objekter som er ulike plasseres langt fra hverandre.



Figur 3: Sverm av datapunkter i et tredimensjonalt "descriptor" (egenskap) rom, projeksjonert ned til to hovedkomponentvektorer med koordinater av første (t_1) og andre (t_2) hovedkomponent.

Avhengig av datasettet er det forskjell på hvor gode og pålitelige PCA modeller vil være. Som et mål på hvor stor andel av variasjonen (her sedimentkarakteristikk) som forklares av modellen brukes R^2X , som gjerne skal nærme seg 100%. Modeller som beskriver >50% av variansen i et datasett ansees som gode modeller. For å evaluere hvor stabil en modell er (dvs. hvor pålitelig den er) brukes Q^2 som bestemmes ved kryssvalidering. For stabile modeller vil Q^2 ha en verdi nært R^2X og forskjellen mellom de to bør ikke være mer enn 35. Programmet Simca-P14 ble benyttet for beregning av PCA modell.

3 Resultater og diskusjon

3.1 Kjemiske analyser

3.1.1 Støtteparametere

Resultater for støtteparametere (kornstørrelse, totalt organisk karbon (TOC) og svovel) er sammenfattet i Tabell 3. Fraksjonen av finere partikler (leire/silt) er mellom 29,2 - 99,6%. I alle prøver ble det påvist lavt innhold av TOC (<1%). Innholdet av svovel var mellom 490 - 2300 mg/kg TS. De høyeste innhold av svovel var generelt knyttet til høyeste innhold av finstoff og TOC.

Tabell 3: Resultater for støtteparametere. Statistiske uteliggere for hver parameter er fremhevet med fet skrift (basert på kvartiler).

Stasjon	Tørrstoff	Kornstørrelse < 63 µm	Kornstørrelse <2 µm	Totalt organisk karbon (TOC)	Svovel (S)
	%	% TS	% TS	%	mg/kg TS
Stasjoner i ytre Sklinnadjupet					
R1119	99,5	40,2*	2,6*	0,40*	610
R1129	97,1	41,0*	3,5*	0,34*	840
P03	51,3	83,3	8,4	0,54	1200
P05	53,3	90,8	9,2	0,55	1200
P09	58,9	84,7	7,7	0,52	970
R6-10	65,8	65,6	6,1	0,36	690
R6-11	58,7	61,1	5,7	0,38	720
Stasjoner omkring ytre Sklinnadjupet					
9901-511	43,2	i.a.	i.a.	0,97	2300
9901-516	49,8	i.a.	i.a.	0,79	1400
9901-512	48,8	i.a.	i.a.	0,87	1600
R1093	96,6	55,6*	6,9*	0,65*	1400
R1096	99,5	29,2*	2,8*	0,30*	590
R1114	97,0	44,3*	5,0*	0,55*	1100
R1509	95,7	52,9*	5,1*	0,54*	1300
R1512	98,5	42,3*	5,2*	0,76*	1300
P01	59,6	74,2	5,7	0,59	1000
P02	46,2	99,6	9,7	0,74	1500
P04	45,5	97,4	9,7	0,70	1400
P06	57,3	80,3	6,3	0,48	1100
P07	52,4	93,4	9,1	0,63	1200
P08	53,5	87,6	8,3	0,61	1100
P09	58,9	84,7	7,7	0,52	970
P11	56,7	76,2	6,4	0,75	1200
P12	40,8	95,5	9,0	0,88	2100
R6-01	49,3	96,0	10,1	0,74	1300
R6-05	63,1	72,8	7,2	0,51	930
R6-07	65,8	76,3	7,4	0,39	510
R6-08	61,3	86,4	7,3	0,49	810
R6-09	65,0	74,2	6,4	0,52	650
R6-14	64,6	72,8	7,2	0,49	650
R6-15	58,5	79,9	7,7	0,62	880
R6-17	56,7	86,0	7,9	0,48	810
R6-18	54,0	90,2	9,2	0,67	910
R6-20	48,6	94,0	9,0	0,74	1500
R6-26	75,1	38,1	3,6	0,25	490

* Analyseresultater fra MAREANO undersøkelser i 2013 og 2015, data hentet fra <http://www.mareano.no/datanedlasting/kjemidata>

3.1.2 Klorerte hydrokarboner

For de klorerte hydrokarboner ble det ikke påvist innhold over deteksjonsgrensene (10-20 µg/kg TS). En fullstendig oversikt over alle analyserte klorerte hydrokarboner er gitt i analyserapportene i vedlegg 1. Det har ikke tidligere blitt analysert for klorerte hydrokarboner i regi av OSPAR eller MAREANO og det er ikke mulig å vurdere hvordan deteksjonsgrensen forholder seg til konsentrasjonsnivåer i andre områder av norskekysten. Området for eventuell dumping av alifatiske hydrokarboner på 1970-tallet er således ikke funnet.

3.1.3 Klorparafiner

Tabell 4 sammenfatter resultater for kortkjedet og mellomkjedet klorparafiner, hhv. SCCP og MCCP. Resultatene er sum av hhv. C10-C13 og C14-C17. Det finnes ikke tilstandsklasser for SCCP. Konsentrasjonene av MCCP er i tabellen sammenlignet med tilstandsklasser og alle sedimenter har konsentrasjoner tilsvarende tilstandsklasse 2. De høyeste konsentrasjoner forekommer i sedimenter prøvetatt ved MAREANO toktet i 2018 (P01-P12).

SCCP og MCCP ble analysert i seks sedimentkjerner fra Norskehavet (øverste cm) i regi av MAREANO i 2016 (*Boitsov et al. 2016a*). Resultatene er sammenfattet i Tabell 5 og sammenlignet med resultater fra undersøkelsene rundt ytre Sklinnadjupet. Det fremgår av tabellen at konsentrasjonene av SCCP i ytre Sklinnadjupet er innenfor nivåene tidligere målt i Norskehavet, mens konsentrasjonene av MCCP er høyere enn tidligere målt i Norskehavet. Dette gjelder også for sedimentprøver tatt i 1999 og er derfor ikke relatert til nye kilder av MCCP i ytre Sklinnadjupet.

Tabell 4: Analyseresultater for kortkjedede (SCCP) og mellomkjedet (MCCP) klorparafiner. Konsentrasjonene av MCCP er sammenlignet med Miljødirektoratets tilstandsklasser og vist med tilsvarende farge.

Stasjon	SCCP	MCCP
	µg/kg TS	
Stasjoner i ytre Sklinnadjupet		
R1119	46,5	76,9
R1129	44,3	63,1
P03	82,3	185
P05	112	236
P09	115	353
R6-10	42,1	51,9
R6-11	36,7	46,1
Stasjoner rundt ytre Sklinnadjupet		
9901-511	41,8	93,9
9901-516	41,7	69,6
9901-512	46,7	79,6
R1093	42,1	83,5
R1096	40,2	116
R1114	37,4	61,5
R1119	46,5	76,9
R1129	44,3	63,1
R1509	55,6	61,5
R1512	53,7	137
P01	147	298
P02	138	285
P04	101	331
P06	151	779
P07	165	903
P08	186	985
P11	138	798
P12	95,2	480
R6-01	36,3	47,2
R6-05	37,1	112
R6-07	36,1	42,2
R6-08	46,1	52,5
R6-09	42,8	63,7
R6-14	35,3	35,1
R6-15	36,1	43
R6-17	37,2	44,6
R6-18	37,1	61,5
R6-20	46,3	61,8
R6-26	35,8	45,4

Tilstandsklasse 1

Tilstandsklasse 2

Tilstandsklasse 3

Tilstandsklasse 4

Tilstandsklasse 5

Tabell 5: Nivåer av SCCP og MCCP, analysert i Norskehavet i 2016, sammenlignet med resultater fra området rundt ytre Sklinnadjupet. Den minimale, maksimale og gjennomsnittskonsentrasjonene er gjengitt.

	SCCP		MCCP	
	Norskehavet	Rundt ytre Sklinnadjupet	Norskehavet	Rundt ytre Sklinnadjupet
Min	58	35,3	2,3	35,1
Maks	514	186	5,3	985
Gjennomsnitt	217	70	3,5	211

3.1.4 Pesticider

Det ble ikke påvist innhold av pesticider over deteksjonsgrensene. Resultater for utvalgte pesticider er sammenfattet i Tabell 6. Pesticidene i tabellen representerer de pesticider som var prioritert av Miljødirektoratet i utlysningen til dette prosjektet (endosulfan sulfat og endosulfan), samt pesticider som i regi av MAREANO tidligere har blitt analysert i Norskehavet (diklordifenyltrikloretan (DDT) og lindan). Sum av DDT inkluderer p,p'-DDD; o,p'-DDD; p,p'-DDE; o,p'-DDE; o,p'-DDT og p,p'-DDT. En fullstendig oversikt over alle analyserte pesticider er gitt i analyserapportene i Vedlegg 1. Nøyaktig klassifisering for endosulfan og DDT er ikke mulig ettersom deteksjonsgrensen for disse forbindelsene tilsvarer hhv. tilstandsklasse 4 og 2.

DDT og lindan ble analysert i sedimentkjerner fra Norskehavet og Barentshavet i regi av MAREANO i 2015 (Boitsov *et al.* 2016a). Resultatene er sammenfattet i Tabell 7 og sammenlignet med resultater fra undersøkelsene rundt ytre Sklinnadjupet. De maksimale konsentrasjonene av DDT og lindan målt i Norskehavet/Barentshavet 2015 var lik eller under deteksjonsgrensen for sedimentanalysene i og rundt ytre Sklinnadjupet. Det er derfor ikke mulig å vurdere om det er litt forhøyde konsentrasjoner av DDT og lindan i sedimentene ved ytre Sklinnadjupet i forhold til andre områder i Norskehavet og Barentshavet. Da deteksjonsgrensen for DDT er innenfor kriteriene for tilstandsklasse 2 er det ikke noe som indikerer betydelig forurensning med DDT. Selv om det ikke er sterke indikasjoner på forurensning med pesticider, er det ikke mulig å vurdere nivåer av endosulfan, da deteksjonsgrensen var tilstandsklasse 4. Det ble ikke analysert for pesticider i kveite og det er derfor ikke sikkert at pesticider vil være fokus ift. forhøyde verdier av miljøgifter i kveite.

Tabell 6: Analyseresultater for endosulfan-sulfat, endosulfan, DDT og lindan. Miljødirektoratet har etablert klassegrenser for endosulfan og DDT, men ettersom deteksjonsgrensene for disse forbindelsene her tilsvarende hhv. tilstandsklasse 4 og 2 er klassifisering ikke gjennomført.

Stasjon	Endosulfan-sulfat	Endosulfan (total)	DDT (sum)	Lindan (gamma-HCH)
	µg/kg TS			
Stasjoner i ytre Sklinnadjupet				
R1119	<0,91	<2,8	<5,5	<0,91
R1129	<0,91	<2,8	<5,5	<0,91
P03	<0,92	<2,8	<5,5	<0,92
P05	<0,92	<2,8	<5,5	<0,92
P09	<0,91	<2,8	<5,5	<0,91
R6-10	<0,93	<2,8	<5,6	<0,93
R6-11	<0,91	<2,8	<5,5	<0,91
Stasjoner rundt ytre Sklinnadjupet				
9901-511	<0,99	<3,0	<6,0	<0,99
9901-516	<1,1	<3,2	<6,4	<1,1
9901-512	<1,1	<3,3	<6,6	<1,1
R1093	<0,92	<2,8	<5,5	<0,92
R1096	<0,91	<2,8	<5,5	<0,91
R1114	<0,91	<2,8	<5,5	<0,91
R1509	<0,91	<2,8	<5,5	<0,91
R1512	<0,91	<2,8	<5,5	<0,91
P01	<0,92	<2,8	<5,5	<0,92
P02	<0,92	<2,8	<5,6	<0,92
P04	<0,93	<2,7	<5,6	<0,93
P06	<0,91	<2,8	<5,5	<0,91
P07	<0,92	<2,8	<5,5	<0,92
P08	<0,91	<2,8	<5,5	<0,91
P11	<0,91	<2,8	<5,5	<0,91
P12	<0,93	<2,8	<5,6	<0,93
R6-01	<0,97	<2,9	<5,8	<0,97
R6-05	<0,92	<2,8	<5,5	<0,92
R6-07	<0,91	<2,8	<5,5	<0,91
R6-08	<0,92	<2,8	<5,5	<0,92
R6-09	<0,92	<2,8	<5,5	<0,92
R6-10	<0,93	<2,8	<5,6	<0,93
R6-11	<0,91	<2,8	<5,5	<0,91
R6-14	<0,92	<2,8	<0,92	<0,92
R6-15	<0,92	<2,8	<5,6	<0,92
R6-17	<0,92	<2,8	<5,5	<0,92
R6-18	<0,94	<2,9	<5,7	<0,94
R6-20	<0,95	<2,9	<5,7	<0,95
R6-26	<0,91	<2,8	<5,5	<0,91

Tilstandsklasse 1

Tilstandsklasse 2

Tilstandsklasse 3

Tilstandsklasse 4

Tilstandsklasse 5

Tabell 7: Nivåer av DDT og lindan, analysert i Norskehavet og Barentshavet i 2015, sammenlignet med resultater fra området rundt ytre Sklinnadjupet. Den minimale, maksimale og gjennomsnittskonsentrasjonene er gjengitt.

	DDT		Lindan	
	Norskehavet/ Barentshavet	Rundt ytre Sklinnadjupet	Norskehavet/ Barentshavet	Rundt ytre Sklinnadjupet
Min	<0,23	<0,92	<0,02	<0,91
Maks	0,92	<6,4	0,08	<1,1
Gjennomsnitt	0,57	-	0,04	-

3.1.5 Dioksiner og furaner

Tabell 8 sammenfatter resultater for dioksiner (PCDD) og furaner (PCDF). De høyeste konsentrasjoner forekommer i stasjoner nært kysten (P11 og P12). Basert på konsentrasjonene er det beregnet toksisitetsekvivalenter (TEQ) for PCDD/F, ifølge WHO 2005. Disse er i tabellen sammenlignet med tilstandsklasser fra Miljødirektoratet og fargelagt iht. disse. Det finnes ikke tilstandsklasse 1 og med unntak av en prøve er alle innenfor kriteriet for tilstandsklasse 3 (3,6 ng TEQ/kg). Prøven fra stasjon P12, tatt nært kysten, tilsvarte tilstandsklasse 4. Det er viktig å påpeke at tilstandsklasse 4 dekker over et stort sikt – fra 3,6-500 ng/kg og prøven fra stasjon P12 er i det nedre siktet. I andre lande brukes det andre kriterier, for eksempel bruker Canada en ISQG (tilsvarende tilstandsklasse 1) kriterium på 0,86 ng TEQ/kg og kriterium for forventet effekt (predicted effects level, tilsvarende grensen for tilstandsklasse 2) på 21 ng TEQ/kg TS.

Det har ikke tidligere blitt analysert for PCDD og PCDF i regi av OSPAR eller MAREANO og det er ikke mulig å vurdere konsentrasjonsnivåer i dette prosjektet opp imot OSPAR eller MAREANO databasene, og dermed konsentrasjonsnivåer for hhv. diffus og punktkilde påvirkning. Et studie fra et industriområde (cellulose) fra Sverige viste påvirkning av PCDD/F i sedimenter tilsvarende 5-100 ng TEQ/kg TS, avhengig av tidsperiode og avstand fra industriområdet. De høyeste konsentrasjonene ble observert i dypere sedimenter (fra ca. 1970-tallet) og nært kilden. Overflateprøver av sediment fra 2009 viste en konsentrasjon mellom 5-20 ng/kg TS. Grunnen til den observerte reduksjon i PCDD/F konsentrasjonene med tid er at utslipp av PCDD/F fra cellulose industrien er kraftig redusert. Ifølge forfatterne skal grunnen til den fortsatte påvirkning av sedimentene finnes i atmosfæriske utslipp av PCDD/F (fra forbrenning) fremfor de historiske utslipp fra cellulose industrien (Karlsson og Malmaeus 2012).

Tabell 8: Analyseresultater for PCDD og PCDF. TEQ verdier er sammenlignet med Miljødirektoratets tilstandsklasser og vist med tilsvarende farge.

Stasjon	2,3,7,8-TetraCDD	1,2,3,7,8-PentaCDD	1,2,3,4,7,8-HeksaCDD	1,2,3,6,7,8-HeksaCDD	1,2,3,7,8,9-HeksaCDD	1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDD	OktaCDD	2,3,7,8-TetraCDF	1,2,3,7,8-PentaCDF	2,3,4,7,8-PentaCDF	1,2,3,4,7,8-HeksaCDF	1,2,3,6,7,8-HeksaCDF	1,2,3,7,8,9-HeksaCDF	2,3,4,6,7,8-HeksaCDF	1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDF	1,2,3,4,7,8,9-HeptaCDF	OktaCDF	WHO(2005)-PCDD/F TEQ
	ng/kg TS																	
Stasjoner i ytre Sklinnadjupet																		
R1119	< 0,180	< 0,239	< 0,479	< 0,479	< 0,479	3,81	23,1	< 0,319	< 0,439	0,48	0,528	< 0,399	< 0,399	0,585	2,3	< 0,379	4,12	1,02
R1129	< 0,177	< 0,236	< 0,472	< 0,472	0,529	4,65	28,5	< 0,314	< 0,432	0,563	0,692	0,454	< 0,393	0,849	2,74	0,406	5,13	1,1
P03	< 0,181	< 0,259	< 0,482	0,591	0,773	9,33	107	< 0,321	< 0,442	0,501	0,872	0,618	< 0,402	0,617	4,83	< 0,382	8,3	1,25
P05	< 0,180	0,304	< 0,480	0,632	0,949	8,56	65,7	0,321	< 0,440	0,537	0,765	0,537	< 0,400	0,605	3,42	< 0,380	6,07	1,27
P09	< 0,178	0,248	< 0,475	0,549	0,781	6,74	51,3	< 0,317	< 0,435	0,458	0,711	0,473	< 0,396	0,484	2,89	< 0,376	5,18	1,11
R6-10	< 0,180	< 0,241	< 0,481	< 0,481	< 0,481	5,64	50,5	< 0,321	< 0,441	< 0,441	0,631	0,419	< 0,401	0,49	3,38	< 0,381	10,3	1,05
R6-11	< 0,172	0,261	< 0,459	0,536	0,616	6,63	51,5	0,408	< 0,421	0,679	1,06	0,655	< 0,382	0,862	4,25	0,605	9,77	1,28
Stasjoner rundt ytre Sklinnadjupet																		
9901-511	< 0,162	0,458	0,543	0,954	1,06	10,6	67,9	0,645	0,783	1,17	1,65	1,23	< 0,360	1,45	6,67	1,03	12,9	1,99
9901-516	< 0,182	0,365	< 0,486	0,635	0,854	7,86	68	< 0,324	< 0,446	0,551	0,877	0,681	< 0,405	0,888	4,35	0,578	8,54	1,39
9901-512	< 0,195	0,343	< 0,521	0,623	1,07	9,12	89,3	< 0,347	< 0,478	0,493	0,752	0,514	< 0,434	0,769	3,41	< 0,413	< 5,87	1,36
R1093	< 0,174	0,464	0,485	0,887	1,08	9,36	51,4	0,819	0,786	1,18	1,52	1,14	< 0,386	1,78	7	1,18	14,4	2,02
R1096	< 0,177	< 0,237	< 0,473	< 0,473	< 0,473	3,11	18,6	< 0,315	< 0,434	< 0,434	0,454	< 0,394	< 0,394	0,525	1,8	< 0,375	3,41	0,967
R1114	< 0,167	0,404	0,45	0,718	0,93	7,56	44,6	0,603	0,561	0,91	1,12	0,861	< 0,371	1,3	4,91	0,732	9,52	1,64
R1509	< 0,180	0,369	< 0,481	0,822	0,886	8,19	44,7	0,653	0,588	1,03	1,31	0,875	< 0,401	1,32	5,52	0,834	10,7	1,71
R1512	< 0,175	0,531	0,482	0,922	1,04	8,12	47,1	0,708	0,766	1,29	1,38	1,04	< 0,389	1,71	5,89	0,84	10,1	2,05
P01	< 0,182	0,487	0,515	0,876	0,946	11,1	71	0,809	0,831	1,37	1,78	1,24	< 0,403	1,47	8,59	0,944	15,5	2,14
P02	< 0,180	0,395	< 0,481	0,849	1,22	10,5	83,7	0,445	0,568	0,837	1,17	0,83	< 0,401	0,897	5,29	0,638	9,03	1,66
P04	< 0,180	0,575	0,548	0,872	1,24	10,8	89,4	0,796	0,888	1,7	1,5	1,24	< 0,401	2,25	6,28	1,05	12,1	2,39
P06	< 0,181	0,382	< 0,482	0,74	0,819	9,67	68,3	0,593	0,616	0,99	1,32	0,935	< 0,402	1,09	7,36	0,708	13,1	1,72
P07	< 0,180	0,565	< 0,481	0,899	1,31	11,1	73,5	0,589	0,718	0,942	1,29	0,971	< 0,401	1,01	6,25	0,68	11	1,95
P08	< 0,178	0,478	0,498	0,908	1,21	11,6	82	0,602	0,816	1,2	1,59	1,07	< 0,396	1,28	7,51	0,834	13,3	2,03
P11	< 0,181	0,502	0,534	1	1,29	12,3	77,7	0,927	0,991	1,55	2,07	1,31	< 0,402	1,57	10,3	1,09	20,7	2,35
P12	0,202	0,9	1,03	1,91	1,75	21,5	163	2,05	1,83	2,97	4,08	2,73	< 0,380	3,02	19,7	1,72	33,6	4,23
R6-01	< 0,289	< 0,385	< 0,769	< 0,769	< 0,769	7,71	79	< 0,513	< 0,705	< 0,705	0,88	< 0,641	< 0,641	0,656	4,09	< 0,609	7,94	1,62
R6-05	< 0,149	0,415	0,446	0,709	0,868	9,21	79,1	0,468	0,6	0,759	1,34	0,921	< 0,331	0,99	6,2	0,602	11,2	1,6
R6-07	< 0,170	0,276	< 0,452	< 0,452	0,542	5,22	41,8	< 0,302	< 0,415	0,467	0,639	0,419	< 0,377	0,547	2,57	< 0,358	4,82	1,07
R6-08	< 0,177	0,437	0,472	0,797	0,904	9,8	70,9	0,646	0,738	1,17	1,71	1,17	< 0,393	1,35	7,95	0,959	15,9	1,94
R6-09	< 0,179	0,292	< 0,478	0,621	0,67	6,42	40,2	0,43	0,517	0,75	1,12	0,754	< 0,398	0,876	4,68	0,578	8,63	1,38
R6-14	< 0,176	< 0,235	< 0,469	0,474	0,593	5,7	39,2	0,46	< 0,430	0,872	1,07	0,668	< 0,391	0,944	4,13	< 0,644	8,89	1,31
R6-15	< 0,178	0,334	< 0,468	0,679	0,67	14,3	168	0,383	< 0,429	0,798	0,904	0,724	< 0,390	0,731	3,51	< 0,505	6,71	1,49
R6-17	< 0,178	0,385	< 0,473	0,686	0,875	8,61	66,5	0,405	0,452	0,831	1,15	0,724	< 0,394	1,06	5,05	< 1,10	10,7	1,57
R6-18	< 0,164	0,311	< 0,436	0,587	0,69	6,79	47,5	0,336	< 0,400	0,588	0,813	0,651	< 0,364	0,644	3,2	< 0,910	6,21	1,24
R6-20	< 0,188	0,469	0,517	0,897	0,926	11	100	0,533	0,733	1,1	1,46	1,19	< 0,417	1,16	7,25	< 1,49	13,9	1,95
R6-26	< 0,179	< 0,238	< 0,477	< 0,477	< 0,477	4,28	26,9	0,328	< 0,437	0,654	0,954	0,632	< 0,397	0,767	4,72	0,569	10,2	1,18

3.1.6 Polyklorerte bifenyler

I prøvene analysert i 2018 er det ikke påvist innhold av PCB7 (sum av PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180) over deteksjonsgrensene (0,5 µg/kg TS). I prøver analysert tidligere i regi av MAREANO (R1093, R1114, R1509) er det påvist innhold av PCB på 0,3 µg/kg TS.

Konsentrasjonene og deteksjonsgrenser tilsvarer den laveste tilstandsklasse 2, som også er den laveste tilstandsklasse da det ikke finnes tilstandsklasse 1. Det er også under OSPAR kvalitetskriteriet for BAC (1,09 µg/kg TS) og det er derfor ikke noe som tilsier at PCB-forurensning i kveite stammer fra sedimentene fra ytre Sklinnadjupet.

Tabell 9: Analyseresultater for PCB7. Konsentrasjonene er sammenlignet med Miljødirektoratets tilstandsklasser og vist med tilsvarende farge.

Stasjon	PCB 28	PCB 52	PCB 101	PCB 118	PCB 138	PCB 180	PCB 153	Sum 7 PCB
µg/kg TS								
Stasjoner i ytre Sklinnadjupet								
R1119	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
R1129	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
P03	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	i.d.
P05	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	i.d.
P09	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	i.d.
R6-10	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	i.d.
R6-11	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	i.d.
Stasjoner rundt ytre Sklinnadjupet								
9901-511	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
9901-516	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
9901-512	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
R1093*	<0,02	<0,02	0,033	0,043	0,059	0,14	0,033	0,31
R1096	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
R1114*	<0,02	<0,02	0,032	0,032	0,049	0,132	0,059	0,30
R1509*	0,02	0,03	0,04	0,06	0,05	<0,02	0,08	0,28
R1512	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
P01	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	i.d.
P02	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	i.d.
P04	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	i.d.
P06	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	i.d.
P07	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	i.d.
P08	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	i.d.
P11	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	i.d.
P12	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	i.d.
R6-01	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	i.d.
R6-05	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	i.d.
R6-07	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	i.d.
R6-08	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	i.d.
R6-09	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	i.d.
R6-14	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	i.d.
R6-15	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	i.d.
R6-17	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	i.d.
R6-18	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	i.d.
R6-20	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	i.d.
R6-26	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	i.d.

i.a. – ikke analysert. i.d. – ikke detektert

* Analyseresultater fra MAREANO undersøkelser i 2013 og 2015, data hentet fra <http://www.mareano.no/datanedlasting/kjemidata>

Tilstandsklasse 1	Tilstandsklasse 2	Tilstandsklasse 3	Tilstandsklasse 4	Tilstandsklasse 5
-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------

Etter MAREANO toktet i 2015 ble det analysert for PCB7 i sedimentprøver fra Norskehavet og Barentshavet. Konsentrasjonene av PCB7 var mellom 0,18-0,69 µg/kg TS (Boitsov 2016a). Sedimentet fra R1093, R1114 og R1509 har konsentrasjoner innenfor dette spekteret. I OSPAR overvåkningsprogram er gjennomsnittskonsentrasjonen av PCB7 utenfor Shetlandsøyene 1,9 µg/kg (<http://dome.ices.dk/OSPARMIME/main.html>)

3.1.7 Metaller

Analyseresultater for metaller er sammenfattet i Tabell 10 og er sammenlignet med Miljødirektoratets tilstandsklasser. I de fleste prøver tilsvarende nivåene av metaller bakgrunnskonsentrasjoner.

Tabell 10: Analyseresultater for metaller. Konsentrasjonene er sammenlignet med Miljødirektoratets tilstandsklasser (prioriterte metaller) og vist med tilsvarende farge. Det er ikke etablert tilstandsklasser for kobolt, sølv eller tinn.

Stasjon	Kobolt	Sølv	Tinn	Arsen	Kadmium	Krom	Kobber	Kvikksølv	Nikkel	Bly	Sink
mg/kg TS											
Stasjoner i ytre Sklinnadjupet											
R1119	4,8	0,10	< 0,50	2,0*	0,05*	12,7*	4,4*	0,013*	9,7*	8,9*	24,3*
R1129	5,8	< 0,050	< 0,50	2,4*	0,05*	11,6*	3,9*	0,011*	8,8*	7,3*	22,4*
P03	8,9	< 0,050	0,62	3,7	0,15	25	9,1	0,01	21	12	45
P05	8,5	< 0,050	0,65	4	0,079	26	9,5	0,012	23	15	49
P09	6,0	1,2	< 0,50	3,1	0,092	16	7	0,01	15	12	32
R6-10	4,1	< 0,050	< 0,50	2,3	0,087	15	5,7	0,007	13	10	27
R6-11	4,6	< 0,050	< 0,50	3,4	0,054	18	6,5	0,008	14	13	29
Stasjoner rundt ytre Sklinnadjupet											
9901-511	22	0,083	1,3	9,3*	0,11*	81*	16,0*	0,01*	46,6	30,7	107
9901-516	14	< 0,050	< 0,50	11,1*	0,11*	79,5*	13,6*	0,02*	29,8	31,5	104
9901-512	16	< 0,050	< 0,50	9,9*	0,13*	85,7*	14,8*	0,06*	32,7	33,3	103
R1093	8,3	0,093	0,70	5,5*	0,09*	17,4*	10,4*	0,029*	15,1*	16,9*	39,5*
R1096	4,0	< 0,050	< 0,50	1,8*	0,05*	10,6*	3,2*	0,011*	8,2*	6,6*	19,6*
R1114	5,6	0,40	0,54	4,6*	0,08*	14*	7,9*	0,021*	13,7*	13*	30,7*
R1509	7,6	0,087	0,66	6,8*	0,05*	16*	7,6*	0,021*	13*	16,3*	33,6*
R1512	6,1	1,5	0,61	7,0*	0,19*	16,5*	8,2*	0,026*	14,5*	17,3*	35*
P01	7,5	< 0,050	0,65	3,6	0,063	22	7,7	0,007	17	16	38
P02	10	0,058	0,76	4,4	0,79	27	60	0,093	27	24	110
P04	9,2	0,13	< 0,50	4,8	0,11	29	11	0,018	29	19	57
P06	6,3	0,062	0,56	3,8	0,059	17	6,7	0,008	16	15	32
P07	7,7	0,092	0,53	3,8	0,085	22	8,9	0,012	21	19	43
P08	7,9	< 0,050	0,74	3,8	0,077	24	8,7	0,009	20	18	43
P11	7,1	0,13	0,62	4,8	0,063	23	9,3	0,006	18	18	41
P12	15	0,45	1,1	8,9	0,081	53	20	0,008	38	34	90
R6-01	7,2	< 0,050	< 0,50	3,6	0,068	17	7,3	0,015	18	17	36
R6-05	6,0	< 0,050	< 0,50	2,7	0,083	21	6,9	0,006	16	11	35
R6-07	1,5	< 0,050	< 0,50	1,4	0,058	2,9	3,2	0,009	4,7	10	11
R6-08	6,2	< 0,050	0,51	5	0,053	21	7,6	0,007	17	17	36
R6-09	4,2	< 0,050	< 0,50	4,1	0,047	18	6,4	0,008	14	14	28
R6-14	3,5	< 0,050	< 0,50	2,6	0,039	10	4,6	0,009	9,9	12	20
R6-15	6,5	< 0,050	0,57	4	0,056	23	7,4	0,01	19	13	39
R6-17	3,3	< 0,050	< 0,50	1,9	0,078	12	5	0,01	11	11	24
R6-18	8,3	< 0,050	0,58	5,6	0,068	32	8,9	0,009	25	14	49
R6-20	11	< 0,050	0,78	5,4	0,063	35	11	0,009	29	20	60
R6-26	2,3	< 0,050	< 0,50	1,5	0,029	8,5	2,9	0,005	6,7	6,8	15

* Analyseresultater fra MAREANO undersøkelser i 2013 og 2015, data hentet fra <http://www.mareano.no/datanedlasting/kjemidata>

Tilstandsklasse 1	Tilstandsklasse 2	Tilstandsklasse 3	Tilstandsklasse 4	Tilstandsklasse 5
-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------

Ved fem stasjoner, plassert utenfor ytre Sklinnadjupet, er det påvist forhøyede nivåer av noen metaller i forhold til de øvrige stasjonene. Ved stasjonene fra 1999 er det påvist forhøyd innhold av krom, bly og sink (tilstandsklasse 2). I 9901-511 er det i tillegg forhøyd innhold av nikkel (tilstandsklasse 3) og bly (tilstandsklasse 2) og i 9901-512 forhøyd innhold av nikkel (tilstandsklasse 2). Ved stasjon P02 var det forhøyede nivåer av kadmium, kobber, kvikksølv og sink og i sedimenter fra stasjon P12 var det forhøyet innhold av kobolt, sølv, tinn, kobber, nikkel, bly og sink. Konsentrasjonene tilsvarer tilstandsklasse 2 og vurderes ikke å utgjøre en risiko for det marine miljøet. Observert variasjon i metallkonsentrasjon tilsvarer variasjonen som har blitt observert i andre områder langs norskekysten i regi av MAREANO (*Jensen et al. 2014*).

3.1.8 Polyaromatiske hydrokarboner og tributyltinn

Analyse av polyaromatiske hydrokarboner (PAH) og tributyltinn (TBT) var ikke en opprinnelig del av dette prosjektet, men ble inkludert fordi de inngår som en del av analysepakker fra Eurofins. Det ble generelt ikke påvist innhold av PAH16-forbindelser over deteksjonsgrensene. Analyseresultatene i sin helhet fremgår av Vedlegg 1. Herunder er resultater for benzo(a)pyren, sum av PAH16 og TBT er sammenfattet i Tabell 10. Konsentrasjonene av benzo(a)pyren er sammenlignet med tilstandsklassekriteriene og konsentrasjonene av TBT er sammenlignet med forvaltningskriterier fra Miljødirektoratet (TA 2229/2007). Konsentrasjonene og deteksjonsgrensen av benzo(a)pyren tilsvarer tilstandsklasse 1 og konsentrasjonene og deteksjonsgrensen av TBT tilsvarer tilstandsklasse 2.

Tabell 11: Analyseresultater for PAH og TBT. Konsentrasjonene er sammenlignet med Miljødirektoratets tilstandsklasser og vist med tilsvarende farge.

Stasjon	Benzo[a] pyren	Sum PAH 16	Tributyltinn (TBT)
	mg/kg TS		µg/kg TS
Stasjoner i ytre Sklinnadjupet			
R1119	0,001	0,04	i.a.
R1129	0,001	0,03	i.a.
P03	< 0,010	0,01	<2.5
P05	< 0,010	0,03	<2.5
P09	< 0,010	0,03	<2.5
R6-10	< 0,010	0,02	<2.5
R6-11	< 0,010	0,03	<2.5
Stasjoner i ytre Sklinnadjupet			
9901-511	i.a.	i.a.	i.a.
9901-516	i.a.	i.a.	i.a.
9901-512	i.a.	i.a.	i.a.
R1093	0,004	0,09	i.a.
R1096	0,001	0,03	i.a.
R1114	0,003	0,05	i.a.
R1509	0,004	0,08	i.a.
R1512	0,006	0,08	i.a.
P01	< 0,010	0,07	<2.5
P02	< 0,010	0,05	<2.5
P04	< 0,010	0,03	<2.5
P06	< 0,010	0,03	3,6
P07	< 0,010	0,03	<2.5
P08	< 0,010	0,05	<2.5
P11	< 0,010	0,12	<2.5
P12	0,01	0,33	<2.5
R6-01	< 0,010	0,05	<2.5
R6-05	< 0,010	0,02	<2.5
R6-07	< 0,010	i.d.	<2.5
R6-08	< 0,010	0,05	<2.5
R6-09	< 0,010	0,03	<2.5
R6-14	< 0,010	0,01	<2.5
R6-15	< 0,010	0,01	<2.5
R6-17	< 0,010	i.d.	<2.5
R6-18	< 0,010	i.d.	<2.5
R6-20	< 0,010	0,03	<2.5
R6-26	< 0,010	i.d.	<2.5

i.a. – ikke analysert. i.d. – ikke detektert

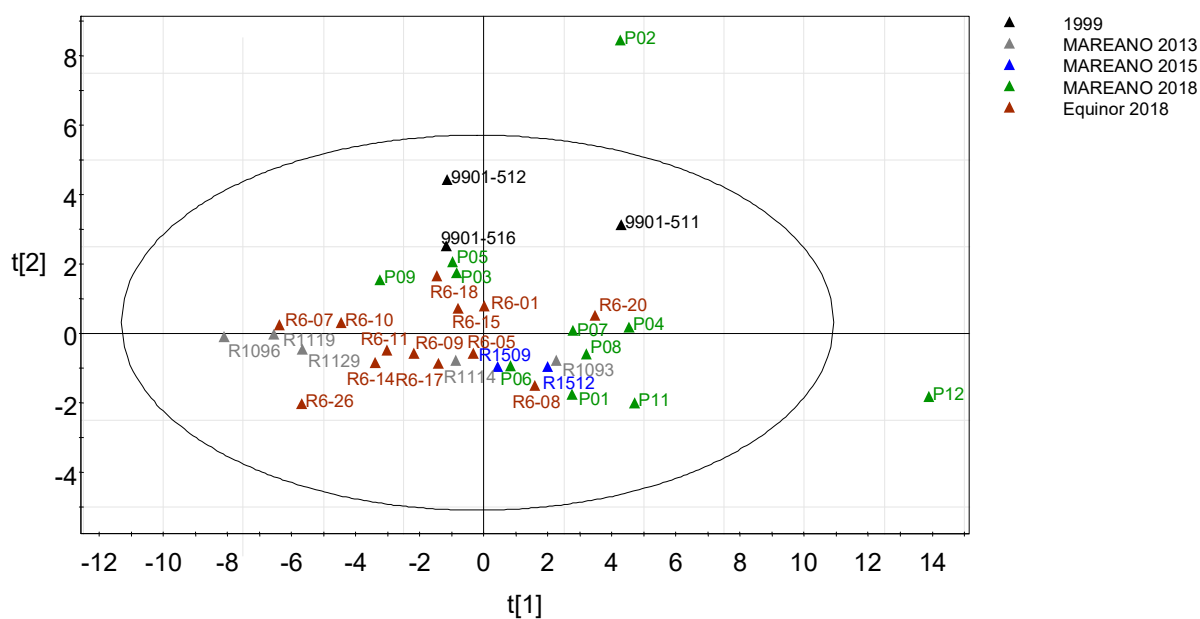
Tidligere undersøkelser i regi av MAREANO 2006-2017 har påvist innhold av PAH16 (sum) mellom 0,007-1,6 mg/kg TS i sedimenter langs norskekysten. Prøvene fra ytre Sklinnadjupet hadde PAH konsentrasjoner fra 0,01-0,09 mg/kg TS og dermed i det lavere sjiktet. De høyeste konsentrasjoner av PAH ble påvist i sediment fra kystnære stasjoner (P11 og P12).

3.2 Vurdering av sedimenter som lokale forurensningskilder

For å vurdere om de påviste nivåer av miljøgifter utgjør diffus eller lokal punktkilde til forurensning i og rundt ytre Sklinnadjupet er det gjennomført en PCA. Miljøgifter som ble påvist i mer enn 80% av sedimentprøvene ble inkludert i de statistiske analysene. Dette for å forhindre en mulig fordreining av modellen ved å inkludere parametere med begrenset

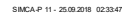
variasjon. PCA modellen inkluderte derfor metaller, SCCP, MCCP, PCDD/F forbindelser og PAH (benzofluor(b)anten og sum PAH16). Siden miljøgifter har stor affinitet til organisk materiale og er som regel bundet i finere fraksjoner av sedimentet (leire og silt), ble også TOC og kornstørrelse inkludert i modellen.

PCA modellen forklarte 73% av variasjonen i datasettet og grunnet en Q2 verdi på 51% ansees den som stabil. Den første komponenten (t1) forklarte 60% av variansen i datasettet og den andre komponenten (t2) forklarte 13% av variansen i datasettet. Et score-plot (t1 vs t2) illustrerer hvilke sedimenter som har lik sammensetning (plassert nært hverandre), og er vist i Figur 4. De sedimenter som er mest ulike de øvrige og derfor har ulike miljøgiftssammensetning er fra stasjon P02 og P12. Hvilket tokt sedimentene ble prøvetatt virker også til å ha innflytelse på plassering i score-plottet og dette kan henge sammen med forskjell i segmenter analysert (Tabell 2). For å vurdere hvilke parametre som har størst innflytelse på plassering av sedimentene i score-plottet, anvendes et loading plot (Figur 5).



Figur 4: PCA analyse, score-plott. PCA modellen forklarer 73% av variansen i datasettet. Sedimenter plassert nær hverandre har lik miljøgifts-sammensetning, mens sedimenter plassert langt fra hverandre har forskjellig sammensetning.

I et loading plott har parametre som er plassert lengst fra (0,0) størst innflytelse på spredningen av sedimenter i score-plottet. For spredning langs t1 akse i score-plottet (Figur 4) har parametre plassert lengst fra 0-punktet på p1 akse i loading plottet den største innflytelse. Mange av PCDD/F parameterene har høyeste verdi i p1 og har derfor størst innflytelse på fordeling langs t1 akse i score-plottet. Det betyr at sediment fra P12 stasjonen, plassert ytterst på t1 akse, har høy konsentrasjon av PCDD/F forbindelser. Kvikksølv og kadmium er nærmest 0-punktet på p1 akse og har derfor lavest innflytelse på fordeling av sedimenter langs t1 akse i score-plottet. For spredning langs t2 akse i score-plottet har parametre plassert lengst fra 0-punktet på p2 akse i loading plottet den største innflytelse. I Figur 5 er kadmium, kobber og kvikksølv plassert lengst fra 0-punktet og har derfor størst innflytelse på fordeling langs t2 akse. Dette vil si at stasjon P02 avviker fra de resterende sedimenter grunnet høyt innhold av kadmium, kobber og kvikksølv. MCCP er plassert på 0-punktet i p2 akse og har derfor ingen innflytelse på plassering av sedimenter langs t2 akse i score-plottet.



Et loading plott kan også indikere hvilke parametere som kan være sammenhengende, disse vil være plassert nært hverandre. Eksempelvis er kadmium og kvikksølv plassert nær hverandre, hvilket indikerer at konsentrasjonene av kadmium og kvikksølv har samme varians i de 34 sedimenter. På samme måte har de fleste av PCDD/F samme varians. Svovel, nikkel og krom er plassert nært TOC og det kan være indikasjon på at disse metallene i høy grad er bundet i organisk materiale i sedimentene.

Ved undersøkelsen av miljøgifter i kveite fra ytre Sklinnadjupet 2013-2015 ble det påvist forhøyd innhold av PCDD/F, kvikksølv og PBDE (*Nilsen 2016*). På grunn av at det kun er kvikksølv og PCDD/F som er sammenfallende med miljøgifter analysert i sedimentprøvene, er det ikke grunnlag for å lage PCA-analyse for vurdering av om miljøgifts sammensetningen i kveite sammenfaller med sammensetningen i sedimentprøvene.

Det ble påvist innhold av PCDD/F i samtlige prøver med høyest konsentrasjon ved stasjon P12, plassert nært kysten. Konsentrasjonene var ca. 3-4 ganger høyere enn gjennomsnittskonsentrasjonene av PCDD/F-forbindelser ved de øvrige stasjonene. I sedimentet fra P12 ble det påvist lav konsentrasjon av kvikksølv. Det ble påvist forhøyet innhold av kvikksølv i sediment fra 9901-512 og P02, med den høyeste konsentrasjon av kvikksølv i P02. De forhøyde nivåene tilsvarer tilstandsklasse 2, som i utgangspunktet ikke medfører risiko for det marine miljø.

Kildesporing av miljøgifter i kveite, basert på innhold av uorganiske og organiske miljøgifter i sedimenter fra ytre Sklinnadjupet
 Akvaplan-niva AS Rapport 60099

innflytelse på miljøgifts sammensetningen. Dette vil si at variasjonen i klorparafin-konsentrasjonene som ble observert mellom stasjonene var uavhengig av de andre miljøgifter.

Med unntak av stasjonene langs kysten var det ingenting som tydet på at lokale kilder hadde påvirket nivået av miljøgifter i sedimenter. Det ble ikke detektert klorerte alifatiske hydrokarboner i sedimentprøvene så det er dermed usannsynlig at et dumpfelt for slike forbindelser ligger i nærheten av de sedimentasjoner som ble inkludert i foreliggende undersøkelse. De fleste stasjonene grupperte seg relativt tett i PCA-analysen, noe som indikerer at de i hovedsak er påvirket av diffus forurensning. Noen forskjeller mellom de ulike innsamlinger skyldes trolig at ulike sedimentlag er analysert.

Ved undersøkelsene ble det ikke funnet en tydelig kilde til det forhøyde nivået av PCDD/F og kvikksølv i kveite. Konsentrasjonene av kvikksølv eller dioksiner i sediment i ytre Sklinnadjupet var ikke høyere enn i andre områder langs norskekysten. Årsaken til de forhøyde nivåene i kveite er således fremdeles ikke kjent. Både dioksiner og kvikksølv bioakkumulerer i fisk og brytes langsomt/ikke ned. Konsentrasjonene av disse miljøgiftene vil også vanligvis øke med økende alder, men ifølge opplysninger fra Miljødirektoratet var det ikke sammenheng mellom alder/størrelse og nivå i fisken. Høye nivå kan skyldes at kveite har et relativt høyt trofisk nivå og/eller at de har liten evne til å kvitte seg med miljøgifter.

4 Konklusjon

Det ble analysert for klorerte hydrokarboner, klorparafiner, pesticider, PCDD/F, PCB7, metaller og PAH16 i 34 sedimenter fra stasjoner plassert i og rundt ytre Sklinnadjupet i Norskehavet. For en lang rekke av miljøgiftene, herunder pesticider, klorerte hydrokarboner, PCB7, metaller og PAH16 ble det påvist innhold under deteksjonsgrensene eller nivåer tilsvarende bakgrunnsnivåer. Det ble stedvis påvist forhøyd nivåer av klorparafiner, PCDD/F (stasjon P12) og kvikksølv (stasjon P02). Konsentrasjonene var fortsatt lave og innenfor nivåer målt i andre områder langs norskekysten. Det ble ikke funnet en tydelig kilde til de forhøyde nivåer av miljøgifter i kveite i ytre Sklinnadjupet. Dette kan skyldes at kilden(e) ikke er identifisert.

5 Referanser

Boitsov, Stepan og Klungsøyr, Jarle: *Undersøkelser av organiske miljøgifter i sedimenter fra MAREANO-området i 2013*. Rapport fra Havforskningen nr. 30, 2014.

Havforskningsinstituttet.

Boitsov, Stepan og Klungsøyr, Jarle: *Undersøkelser av organiske miljøgifter i sedimenter fra MAREANO-området i 2015*. Rapport fra Havforskningen nr. 34, 2016a.

Havforskningsinstituttet.

Boitsov, Stepan Klungsøyr, Jarle; Jensen, Henning K.B.: *Pilotstudie av nye organiske miljøgifter i sedimenter fra MAREANO-området*. Rapport fra Havforskningen nr. 37, 2016b.

Havforskningsinstituttet.

Karlsson, Magnus; Malmeus, Mikael J.: *Indications of Recovery from PCDD/F contamination outside Swedish Cellulose Industries* Organohalogen compounds 74: 1229-1232, 2012.

Jensen, Henning K.B.; Plassen, Liv, Finne, Tor Erik, Thorsnes, Terje: *Miljøgeokjemiske data og dateringsresultater fra Norskehavet og Tidligere Omstridt Område (TOO) – MAREANO*. NGU rapport 2014.025. 2014

Nilsen, Bente M.; Nedreaas, Kjell og Måge, Amund: *Kartlegging av fremmedstoffer i Atlantisk kveite (Hippoglossus hippoglossus) Sluttrapport for programmet «Miljøgifter i fisk og fiskevarer» 2013-2015*, Nasjonalt institutt for ernærings- og sjømatforskning (NIFES) 2016, ISBN: 978-82-91065-43-4

Miljødirektoratet: *Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota*. Veileder M608/2016, 2016.

Miljødirektoratet: Utlysningstekst og oppdragsbeskrivelse av "Kildesporing i kveite" februar 2018.

OSPAR Commission: *CEMP Assessment Manual. Co-ordinated Environmental Monitoring Programme Assessment Manual for contaminants in sediment and biota*. 2008

Statens Forurensingstilsyn (SFT, nå Miljødirektoratet): *Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann*. TA2229/2007, 2007

Vedlegg

Vedlegg 1: Analyserapporter