

Undersøkelser av hydrokarboner og organiske miljøgifter i sedimenter fra MAREANO-området i 2017

Stepan Boitsov og Jarle Klungsøyr



Prosjektrapport

Rapport: RAPPORT FRA HAVFORSKNINGEN
Nr. – År: 41-2018
Dato: 30.11.2018

Tittel (norsk og engelsk):
Undersøkelser av hydrokarboner og organiske miljøgifter i sedimenter fra MAREANO-området i 2017

Hydrocarbons and organic pollutants in sediments from MAREANO area 2017

Forfattere:
Stepan Boitsov og Jarle Klungsøyr

Distribusjon: Åpen

Havforskningsprosjektnr.:
15312-02

Oppdragsgiver(e):
MAREANO

Program:
MAREANO

Forskningsgruppe:
2560 Miljøkjemi

Antall sider totalt:
51

Sammendrag (norsk):

Havforskningsinstituttet har gjennomført målinger av hydrokarboner (PAH og THC) i sedimenter fra fem lokaliteter i MAREANO-området, inkludert sedimentkjerner. På et utvalg av lokalitetene er det også målt bromerte flammehemmere (PBDE), klorerte miljøgifter (PCB og plantevernmidler) og nye organiske miljøgifter (PFAS, PFR, klorparaffiner og siloksaner) i overflatesedimenter. Prøvene ble innsamlet på høsten 2017 i nordøstlig del av Barentshavet. Nivåene av hydrokarboner var noe høyere enn i sørlige deler av Barentshavet, men lavere enn i områdene rundt Svalbard, og har i stor grad naturlig opphav. Eventuelt antropogent bidrag kunne ikke bekreftes definitivt. Benzo[a]pyren ligger i Miljødirektoratets klasse II (AA-EQS). Nivåene av menneskeskapt organiske miljøgifter av alle typer var lave, og er for de fleste stoffgruppene lavere enn tidligere funnet av MAREANO noen steder. Disse stoffene var alle i Miljødirektoratets klasse II.

Summary (English):

Institute of Marine Research has analysed hydrocarbons (PAH and THC) in sediments from five locations in the MAREANO area, including sediment cores. At some of the locations brominated flame retardants (PBDE), chlorinated contaminants (PCB and pesticides) and emerging organic contaminants (PFAS, PFR, chlorinated paraffins and siloxanes) were also analysed in surface sediments. The samples were collected in autumn 2017 in north-eastern areas of the Norwegian part of the Barents Sea. The levels of hydrocarbons were somewhat higher than what was previously found at locations further south, but lower than in the areas near Svalbard, and seem to be largely of natural origin. Any anthropogenic contribution to PAH levels could not be confirmed conclusively. Benzo[a]pyrene was in the Norwegian Environmental Agency's class II (AA-EQS). The levels of anthropogenic organic contaminants of all types were low, and for most groups of contaminants lower than previously found anywhere by MAREANO. All these contaminants were in class II (AA-EQS).

Emneord (norsk):

1. Hydrokarboner
2. Organiske miljøgifter
3. Sedimenter
4. MAREANO

Subject heading (English):

1. Hydrocarbons
2. Organic contaminants
3. Sediments
4. MAREANO

Stepan Boitsov

prosjektleder

Geir Lasse Taranger

forskningsdirektør



Innhold

Liste over forkortelser brukt i rapporten	.....3
I. Innledning	.....4
1.1. Studier av miljøgifter gjennomført under MAREANO	.....4
1.2. Bakgrunn for målinger av organiske miljøgifter	.....6
1.2.1. Sedimentstudier	.....6
1.2.2. Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og andre hydrokarboner	.....6
1.2.3. Bromerte flammehemmere	.....8
1.2.4. Polyklorerte bifenyler (PCB) og organiske klorerte pesticider (OCP)	.....10
1.2.5. Nye organiske miljøgifter	.....13
II. Metoder	.....16
2.1. Prøvetaking	.....16
2.2. Analysemetoder	.....19
2.2.1. PAH og THC i sedimenter	.....19
2.2.2. PBDE og klorerte miljøgifter i sedimenter	.....19
2.2.3. Nye organiske miljøgifter	.....20
III. Resultater	.....22
3.1. Nivåer av hydrokarboner i overflatesedimenter	.....22
3.2. PAH i sedimentkjerner	.....27
3.3. Nivåer av polybromerte difenyletere (PBDE) i overflatesedimenter	.....29
3.4. Nivåer av PCB og OCP i overflatesedimenter	.....31
3.5. Nivåer av nye organiske miljøgifter i overflatesedimenter	.....34
IV. Planlagt arbeid	.....36
V. Konklusjoner	.....37
VI. Referanser	.....38
Vedlegg A. Resultater av PAH målinger i sedimentkjerner fra fem lokaliteter	.....40
Vedlegg B. Resultater av THC målinger i overflatesedimenter fra fem lokaliteter	.....46
Vedlegg C. Resultater av PBDE målinger i overflatesedimenter fra to lokaliteter	.....47
Vedlegg D. Resultater av målinger av PCB og OCP i overflatesedimenter fra to lokaliteter	.....48
Vedlegg E. Resultater av målinger av nye organiske miljøgifter i overflatesedimenter fra tre lokaliteter	.....49
Vedlegg F. Dybdeprofiler av PAH-nivåer i sedimentkjerner fra fem lokaliteter	.....50

Liste over forkortelser brukt i rapporten

For forkortelser brukt i vedleggene, se Vedlegg A.

AA-EQS	Engelsk: <i>Environmental quality standard, annual average</i>
ASE	Engelsk: <i>Accelerated Solvent Extraction</i>
BFH	Bromerte flammehemmere
BX	Bokscorer
DDD	Diklordifenyldikloretan
DDE	Diklordifenyldikloretylen
DDT	Diklordifenyltrikloretan
∑DDT	Summen av p,p'-DDT, p,p'-DDD og p,p'-DDE
ECD	Engelsk: <i>Electron Capture Detector</i>
EI	Engelsk: <i>Electron Ionisation</i>
EQS	Engelsk: <i>Environmental quality standards</i>
FID	Flamme-ionisasjonsdetektor
GC	Engelsk: <i>Gas chromatography</i>
GR	Van Veen grabb
HCB	Heksaklorbenzen
HCH	Heksaklorsykloheksaner
∑HCH	Summen av α-HCH, β-HCH og γ-HCH
LOQ	Kvantifiseringsgrense (Engelsk: <i>Limit of Quantification</i>)
MAC-EQS	Engelsk: <i>Environmental quality standard, maximum annual concentration</i>
MAREANO	Engelsk: <i>Marine AREA database for NORwegian waters</i>
MC	Multicorer
NCI	Engelsk: <i>Negative Chemical Ionisation</i>
NGU	Norges Geologiske Undersøkelse
NILU	Norsk Institutt for Luftforskning
NPD	Summen av naftalen, fenantren, dibenzotiofen og deres alkylerte homologer
OCP	Organiske klorerte plantevernmidler (Engelsk: <i>Organic Chlorinated Pesticides</i>)
OSPAR	Engelsk: <i>The Oslo-Paris Convention</i>
PAH	Polysykliske aromatiske hydrokarboner
PAH16	Summen av 16 PAH brukt som internasjonal miljøindikator (naftalen, acenaftylen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, pyren, benz[<i>a</i>]antracen, krysen, benzo[<i>b</i>]fluoranten, benzo[<i>k</i>]fluoranten, benzo[<i>a</i>]pyren, indeno[1,2,3- <i>cd</i>]pyren, dibenz[<i>a,h</i>]antracen, benzo[<i>ghi</i>]perylen)
PBDE	Polybromerte difenyletere
PCB	Polyklorerte bifenyler
PCB7	Summen av PCB28, PCB52, PCB101, PCB118, PCB138, PCB153 og PCB180
dl-PCB	Dioksinlignende PCB
PFAS	Per- og polyfluorerte alkylerte stoffer
PFOA	Perfluorooktanoat
PFOS	Perfluorooktansulfonat
PFR	Fosfororganiske flammehemmere (Engelsk: <i>Phosphorus Flame Retardants</i>)
POPs	Persistente organiske miljøgifter (Engelsk: <i>Persistent Organic Pollutants</i>)
SIM	Engelsk: <i>Selected Ion Monitoring</i>
SPE	Fastfaseekstraksjon (Engelsk: <i>Solid-phase Extraction</i>)
THC	Hydrokarboninnhold (Engelsk: <i>Total Hydrocarbon Contents</i>)
TNC	<i>Trans</i> -nonaklor
TOC	Organisk karboninnhold (Engelsk: <i>Total Organic Carbon</i>)

I. Innledning

1.1. Studier av miljøgifter gjennomført under MAREANO

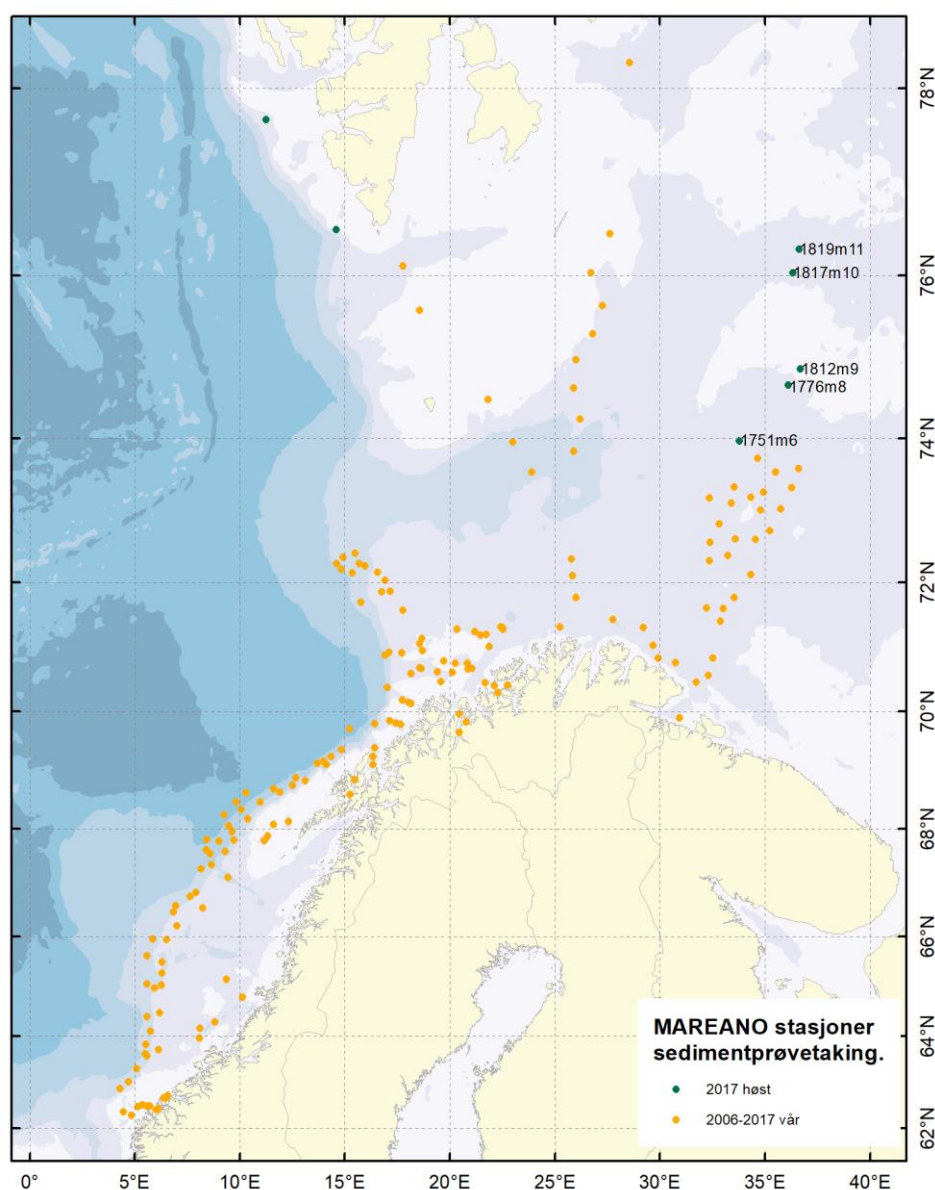
MAREANO er et nasjonalt program for kartlegging av havbunnen på norsk sokkel, påbegynt i 2005. De første sedimentprøvene ble innsamlet inn i 2006. Resultater av målinger av organiske miljøgifter fra tidligere år er rapportert på www.mareano.no/resultater/geokjemirapporter. Resultatene er også tilgjengelig i form av kart og som nedlastbar datafil på www.mareano.no.

I denne rapporten presenteres resultater av målinger av organiske miljøgifter i sedimentprøver innsamlet under MAREANO-toktet med forskningsfartøyet "G.O. Sars" i oktober - november 2017 i østlig Barentshav. Toktet ble avbrutt på grunn av en helikopterulykke ved Svalbard i slutten av oktober 2017, og prøvetakingsprogrammet ble derfor kun delvis fullført. Prøver fra to stasjoner sørvest for Svalbard opprinnelig planlagt for prøvetaking i 2018 ble samlet inn på begynnelsen av november 2017. Resultater for disse to stasjonene skal rapporteres i 2019 som opprinnelig planlagt, sammen med resten av Svalbard-stasjonene prøvetatt i 2018. Kun resultater basert på analyser av prøver innsamlet ved 5 lokaliteter fra østlig Barentshav (figur 1) rapporteres her.



"G.O. Sars" – forskningsfartøyet som ble benyttet til de aller fleste MAREANO-toktene. Foto: Kjartan Mæstad, Havforskningsinstituttet.

Innsamling av sedimentprøver ble utført i samarbeid mellom geokjemikere fra Norges geologiske undersøkelse (NGU) og Havforskningsinstituttet. Havforskningsinstituttet analyserte prøvene for innhold av hydrokarboner, klorerte og bromerte organiske miljøgifter, mens analyser av PFAS, klorparaffiner, siloksaner og fosfororganiske forbindelser ble utført på oppdrag av Norsk Institutt for Luftforskning (NILU). Resultater av disse analysene er omtalt i denne rapporten. NGU analyserte prøver fra samme lokaliteter for innhold av totalt organisk karbon (TOC), kornstørrelsesfordeling og tungmetaller (se rapporter fra NGU på www.mareano.no). Datering av et utvalg av prøvene med hjelp av ^{210}Pb -målinger ble utført på Gamma Dating Center ved Universitetet i København. Analyser av organiske miljøgifter ble utført på Havforskningsinstituttets kjemilaboratorium og NILU i 2018.



Figur 1. Prøvetakingslokaliteter for sedimenter i MAREANO-området. Stasjonene som det ble tatt prøver på på høsttoktet 2017 er vist med blågrønnfarge. Stasjonene omtalt i denne rapporten er videre merket med stasjonsnumre.

1.2. Bakgrunn for målinger av organiske miljøgifter

1.2.1. Sedimentstudier

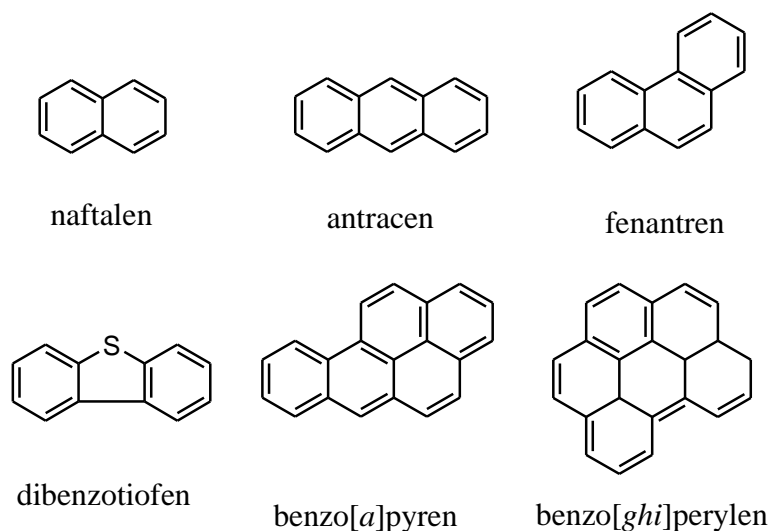
Marine sedimenter kan utgjøre et betydelig lager av miljøgifter. Organiske forbindelser føres som regel til sedimentene bundet til organiske partikler, og vil først og fremst avsettes der det er mye finkornet materiale som leire og silt. Grovere sedimenter som sand osv. inneholder vanligvis lite organisk materiale og egner seg derfor dårligere for analyse av organiske miljøgifter.

Sedimentprøvene blir av denne grunn i hovedsak innsamlet fra lokaliteter der man forventer bløtbunn med stor andel finkornet sediment (<63 µm kornstørrelse, dvs. silt og leire). Ved videre analyse bestemmes nøyaktig mengde organisk materiale i sedimentene, uttrykt som totalt organisk karbon (engelsk: *total organic carbon*, TOC), samt kornstørrelsesfordeling i prøvene (leire, silt, sand, grus). Når man senere bestemmer nivåer av organiske miljøgifter i en sedimentkjerne, og bygger "dybdeprofiler" av nivåene i kjernen, kan man korrigere mot mengde TOC for å se om endringer i nivåene forklares kun av TOC-tilførsel, eller om det også er andre faktorer som spiller inn.

Fortolkning av dybdeprofiler kan tidfestes hvis man utfører en datering av sedimentlagene for å bestemme sedimentasjonsrater i området. Dette gjøres med hjelp av ²¹⁰Pb-datering, dvs. bestemmelse av radioaktivt bly-210 i sedimentene. Denne teknikken fungerer godt i de områdene hvor sedimentasjonsratene har vært stabile over tid (selv om usikkerheten øker i eldre og dypere sedimentlag). I andre områder mer påvirket av bioturbasjon og/eller resuspensjon blir ²¹⁰Pb-dateringene mer usikre (Jensen mfl. 2009). Sedimentasjonsratene varierer fra sted til sted, og ligger i åpne deler av Barentshavet rundt 2 mm/år eller lavere (se for eksempel Heldal mfl. 2002; Zaborska mfl. 2008). I enkelte fjord- og kystnære områder kan det noen steder være noe høyere sedimentasjonshastigheter.

1.2.2. Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og andre hydrokarboner

I MAREANO-programmet utgjør polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) den viktigste typen organiske miljøgifter som analyseres. PAH består av to eller flere aromatiske ringer (se figur 2) og har lav vannløselighet. PAH er derfor i liten grad løst i vannmassene, men knyttet til ulike typer partikler som for eksempel organiske kolloider, plankton eller mineralpartikler. Alle PAH er lipofile (løses lett i fett) og kan bioakkumuleres i marine organismer. Eksponering til PAH kan føre til forskjellige skader, siden mange PAH er giftige og kreftfremkallende. I marine sedimenter kan PAH bli bevart i lang tid, og man kan studere trendene i tilførsel av PAH ved å analysere sedimentkjerner. Egenskapene til PAH er beskrevet mer detaljert av Neff (2002). Noen PAH-lignende forbindelser som inneholder svovel, som dibenzotiofen (se figur 2), analyseres sammen med PAH.



Figur 2. Eksempler på PAH- og PAH-lignende forbindelser.

PAH kan stamme fra forskjellige kilder, både naturlige og menneskeskapt, se tabell 1. Siden det kan være vanskelig å skille mellom de ulike kildene i miljøprøver, studerer man karakteristiske PAH i prøvene. Høye nivåer av enkelte PAH-indikatorforbindelser eller grupper av forbindelser kan tyde på én eller flere bestemte kilder, som beskrevet i tabell 1.

Tabell 1. Kilder for PAH i havmiljø og typer PAH som er karakteristiske for hver kilde.

	PAH opprinnelse		
	Petrogen	Pyrogen	Biogen
<i>Kilder</i>	Fossile stoffer	Produkter av ufullstendig forbrenning	Biologiske prosesser
<i>Eksempel på naturlig kilde</i>	Naturlig forekomst av f.eks. kull, olje	Skogbrann, vulkan	Mikrobiell aktivitet
<i>Eksempel på menneskeskapt kilde</i>	Oljeutslipp fra båt eller oljeplattform	Kull- og vedfyring, bil- og båteksos	-
<i>Typer PAH</i>	Lette og alkylerte	Tunge, ikke alkylerte	Enkelte tunge PAH
<i>Eksempler på representative PAH</i>	Naftalen, fenantren, alkylnaftalener, alkylfenantrener	Fenantren, fluoranten, pyren, benzo[a]pyren, benzo[ghi]perylene	Perylen
<i>Indikator*</i>	NPD	PAH16	Perylen

* NPD – summerte nivåer av naftalen, fenantren, dibenzotiofen og deres alkylerte homologer. PAH16 – summerte nivåer av naftalen, acenaftalen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, pyren, benz[a]antracen, krysen, benzo[b]fluoranten, benzo[k]fluoranten, benzo[a]pyren, indeno[1,2,3-cd]pyren, dibenz[a,h]antracen, benzo[ghi]perylene.

Det er først og fremst petrogene og pyrogene PAH som skaper forurensningsproblemer. Det er generelt lave nivåer av PAH i sedimenter på norsk sokkel i nord, men det finnes både naturlige forekomster av PAH og lokale punktkilder for utslipp fra menneskelig aktivitet. Over hele havet finner man også bakgrunnsnivåer som kan forklares av langtransport fra fjerntliggende områder.

Miljødirektoratet har utarbeidet et eget klassifiseringssystem for nivåene av enkelte PAH-forbindelser i marine sedimenter, basert på internasjonalt etablerte systemer for miljøkvalitetsstandarder (*Environmental Quality Standards*, EQS) og risikovurdering av kjemikalier i EU (Miljødirektoratet, 2016). En av disse PAH-forbindelsene, benzo[*a*]pyren, vurderes som spesielt viktig siden den er sterkt kreftfremkallende. Denne forbindelsen måles ofte for å kunne vurdere både miljøtilstand og sjømattrygghet. Miljødirektoratets klassifisering er imidlertid utviklet for fjord- og havneområder, og kan ikke uten videre brukes direkte i åpent hav. Miljødirektoratets tilstandsklasser for benzo[*a*]pyren i sedimenter er vist i tabell 2.

Tabell 2. Miljødirektoratets tilstandsklasser på PAH-forurensning i marine sedimenter (Miljødirektoratet, 2016).

Tilstandsklasse	Klasse I Bakgrunn	Klasse II AA-EQS*	Klasse III MAC-EQS*	Klasse IV	Klasse V Omfattende akutt tox eff.
Benzo[<i>a</i>]pyren, µg/kg t.v.	<6	6–183	183–230	230–13100	> 13100

* AA-EQS: Environmental quality standard, annual average. MAC-EQS: Environmental quality standard, maximum annual concentration.

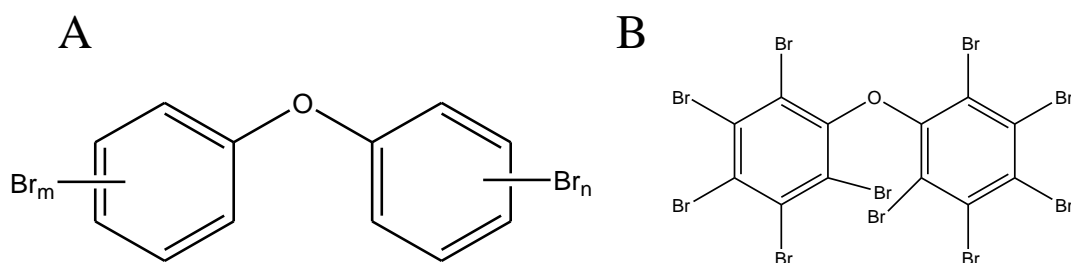
Totale hydrokarbonnivåer (engelsk *total hydrocarbon content*, THC) i sedimentene analyseres også i miljøstudier. Dette gir et generelt bilde av det totale hydrokarboninnholdet i det studerte området, og inkluderer både PAH, monoaromatiske hydrokarboner, alkaner og sykloalkaner. Forhøyete THC-nivåer kan indikere oljeutslipp i området. Det er ikke etablert tilstandsklasser for THC i sediment, men en grense på 50 mg/kg tørrvekt brukes ofte som terskelnivå for mulige effekter på bunnlevende marine organismer (for eksempel OSPAR 2009).

1.2.3. Bromerte flammehemmere

Bromerte flammehemmere (BFH) er masseproduserte kjemikalier som har vært brukt av industrien siden 1970-tallet, for det meste som flammehemmere i forskjellige typer plast, tekstiler, møbler, byggematerialer, elektronisk utstyr, osv. BFH består av flere typer kjemiske forbindelser med felles evne til å dempe brann, men med forskjellig grad av giftighet og ulike kjemiske egenskaper. BFH er lite nedbrytbare (persistente) i miljøet og kan transporteres med luft- og havstrømmer over store

avstander. De finnes derfor i små mengder selv i uberørte områder, som for eksempel i arktiske strøk. De er lite løselige i vann, fettløselige og kan samles opp i fettholdige organer som fiskelever.

Mens produksjon og bruk av noen av disse stoffgruppene nå er forbudt over store deler av verden på grunn av deres skadelige miljøvirkninger, som for eksempel bromerte bifenyler, er flere andre grupper fortsatt i bruk, også i Europa. Den mest utbredte gruppen BFH som er i bruk er polybromerte difenyletere (PBDE). PBDE er produsert av mennesker og finnes ikke naturlig i miljøet. Likevel kan man finne spor av disse forbindelsene i miljøprøver fra hele verden, på grunn av langtransport fra fjerne kildeområder. Det finnes 209 teoretisk mulige varianter (kongenerer) for PBDE, se eksempler på strukturen i figur 3. Titalls av disse finnes i miljøet, og det er den fullbromerte kongeneren, BDE-209 (vist i figur 3B) som ofte finnes i størst mengde i marine sedimenter.



Figur 3. Generell kjemisk struktur for PBDE (A) og den fullbromerte kongeneren BDE-209 (B).

Miljødirektoratet har utarbeidet grenseverdier for tilstandsklasser for summen av seks PBDE i sedimenter: BDE-28, BDE-47, BDE-99, BDE-100, BDE-153 og BDE-154. Samme som for PAH, er tilstandsklassene basert på internasjonale miljøkvalitetsstandarder (EQS), men grenseverdiene er etablert bare fra klasse II og oppover, se tabell 3. Dette gjelder kun for forurensete sediment i kyst- og havneområder, mens bakgrunnsnivåer i åpent hav ligger som regel mye lavere.

Tabell 3. Miljødirektoratets tilstandsklasser på PBDE-forurensning i marine sedimenter (Miljødirektoratet 2016).

Tilstandsklasse	Klasse I Bakgrunn	Klasse II AA-EQS	Klasse III MAC-EQS	Klasse IV	Klasse V Omfattende akutt tox eff.
6 PBDE*, µg/kg t.v.	–	< 62	62–79	79–1580	> 1580

* Summerte nivåer av BDE-28, BDE-47, BDE-99, BDE-100, BDE-153, BDE-154.

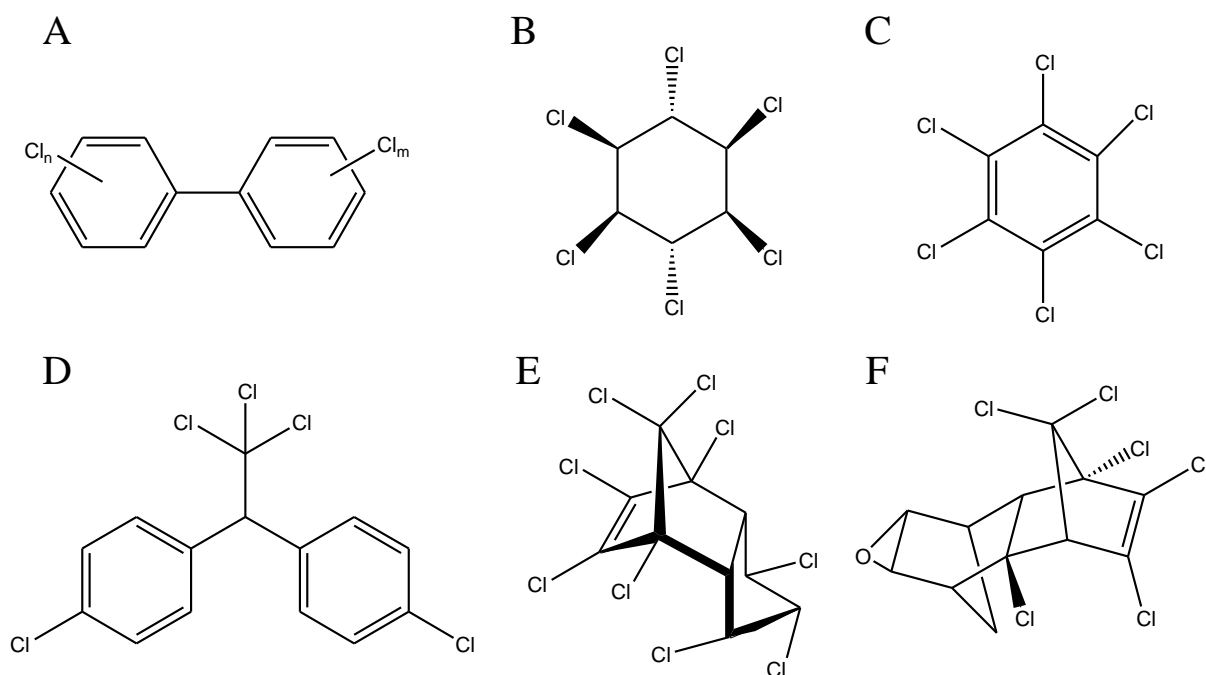
BDE-99 er en markør for en av de kommersielle PBDE-blandingene som var mye brukt i industri, "penta-blandingen". Det finnes også to andre slike blandinger, "okta-blandingen", med BDE-183 som markør, og "deka-blandingen", med BDE-209 som markør. Det er ikke etablert tilstandsklasser for BDE-183 eller BDE-209.

Okta- og penta-blandingene er imidlertid nå omfattet av Stockholm-konvensjonen og skal dermed være forbudt over hele verden (se <http://chm.pops.int>), men deka-blandingen er fortsatt tillatt i store deler av verden og Europa. Dekablanding har vært forbudt i Norge siden 2008.

1.2.4. Polyklorerte bifenyler (PCB) og organiske klorerte pesticider (OCP)

PCB er en stoffgruppe som brytes sent ned, har en global spredning og finnes i spormengder også i uberørte områder. De er toksiske og kan ha skadelig virkning på marine organismer. PCB var produsert på stor skala over hele verden og brukt som komponent i blant annet maling og elektrisk utstyr. Selv om PCB ble forbudt for produksjon på slutten av 1970-tallet i USA og på 1980-tallet i Europa, fortsatte produksjon av PCB i enkelte andre land også senere, bl.a. i Russland helt fram til midten av 1990-tallet. I Norge ble ny bruk av PCB forbudt i 1980, og i 1995 var store kondensatorer med PCB tatt ut av bruk (for mer informasjon, se Miljostatus.no). PCB ble i 2004 ført opp på Stockholm-konvensjonen sin liste over stoff som skal fases ut.

Det finnes 209 mulige kongenere av PCB (se figur 4A). Havforskningsinstituttet analyserer på 10 av disse i sedimenter, inkludert standardparameteren PCB7. PCB7 er en internasjonalt etablert parameter for PCB-forurensning som inngår i mange studier og forskrifter, og det er etablert tilstandsklasser for denne hos Miljødirektoratet (se tabell 4 nedenfor). PCB7 består av PCB28, PCB52, PCB101, PCB118, PCB138, PCB153 og PCB180. Av disse hører PCB118 til såkalte dioksin-lignende PCB (dl-PCB). I motsetning til andre PCB, har dl-PCB en flat struktur som ligner på dioksiner og har lignende toksikologiske effekter på marine organismer. I tillegg til PCB118, analyserer Havforskningsinstituttet på to andre dl-PCB, PCB105 og PCB156. Det analyseres også på PCB31, som ikke er dioksinlignende, men som finnes i relativt høy konsentrasjon i noen miljøprøver.



Figur 4. Kjemiske strukturer for PCB og OCP: den generelle formelen for PCB (A); lindan (γ -HCH) (B); heksaklorbenzen (C); p,p'-DDT (D); trans-nonaklor (E); dieldrin (F).

OCP, "organic chlorinated pesticides", er et samlebegrep på forskjellige klorerte stoffgrupper brukt som plantevernmidler (pesticider). Havforskningsinstituttet analyserer på 5 typer OCP som er beskrevet nedenfor. Alle OCP er toksiske og persistente i havmiljøet og kan bioakkumuleres.

Havforskningsinstituttet analyserer på 3 heksaklorsyklusheksaner (HCH-isomerer), som vurderes som de mest toksiske blant de 8 stereoisomerene som finnes: α -HCH, β -HCH og γ -HCH (lindan, figur 4B). Disse rapporteres både som enkeltforbindelser, og sammen som Σ HCH. Lindan er navnet på det egentlige pesticidet, og finnes i spormengder over hele kloden (for mer informasjon om distribusjon av forskjellige HCH-isomerer i miljøet, se Berger mfl. 2016). Lindan har vært i masseproduksjon og var en periode på 2.plass etter DDT i produserte og brukte mengder. Lindan er nå forbudt til bruk i utviklede land men er fortsatt brukt andre steder i verden. I 17 utviklede land inkludert USA og Canada er det tillatt begrenset bruk av lindan i farmakologi, og det finnes derfor fortsatt noe produksjon av stoffet også der. Siden 2009 er de 3 mest toksiske isomerene av HCH inkludert i Stockholm-konvensjonen med mål om utfasing.

Heksaklorbenzen (HCB) (figur 4C) har vært i bruk som fungicid. HCB er omfattet av Stockholm-konvensjonen siden 2004. Likevel er det fortsatt tilførsler av denne miljøgiften til miljøet, bl.a. fordi at den oppstår som biprodukt ved produksjon av noen organiske løsemidler og enkelte pesticider.

Den kan også tilføres miljøet ved ufullstendig forbrenning av industriavfall som inneholder klorerte organiske materialer.

Pesticidet DDT (diklordifenyiltrikloretan) er et av de mest og lengst brukte i verden.

Havforskningsinstituttet analyserer i sedimenter på *p,p'*-DDT (figur 4D), som utgjør mesteparten i den kommersielle DDT-blandingen, og på degraderingsproduktene *p,p'*-DDD (diklordifenyldikloretan) og *p,p'*-DDE (diklordifenyldikloretylen), rapportert sammen som Σ DDT. Til tross for reguleringer og forbud mot bruken av stoffet er det fortsatt i bruk i flere land. India og Kina produserer stoffet i store volum. Også i land hvor det har vært forbudt produsert i mange år, som Sovjetunionen, tok det gjerne flere tiår før bruken av DDT opphørte, og det kan ikke utelukkes sporadisk bruk selv i nåtiden. Dette bidrar til fortsatt godt sporbare nivåer i miljøet, som man kan finne bl.a. i sedimenter i norske havområder. DDT ble ført opp på Stockholm-konvensjonens liste av stoffer som skal fases ut i 2004.

Trans-nonaklor (figur 4E) er et pesticid som finnes som en komponent i tekniske klordan-blandinger som er toksiske også for fisk.

Dieldrin (figur 4F) er et pesticid som ble først utviklet som et alternativ til DDT, og er fortsatt i bruk i enkelte land som Thailand og i Afrika. Det er omfattet av Stockholm-konvensjonen siden 2004.

Tilstandsklasser er kun utarbeidet av Miljødirektoratet for PCB7 og enkelte OCP, se tabell 4. De gjelder for forurenset sediment i kyst- og havneområder. Det er vel å merke at tilstandsklasse I, bakgrunn, ikke er etablert for menneskeskaptene miljøgiftene Σ DDT og PCB7, mens for lindan og HCB er denne satt til 0. Dette betyr i praksis at alle nivåer av disse stoffene som måles til over målegrensen ligger på sitt laveste i tilstandsklasse II, AA-EQS.

Tabell 4. Miljødirektoratets tilstandsklasser på PCB- og OCP-forurensning i marine sedimenter (Miljødirektoratet 2016).

Konsentrasjoner ($\mu\text{g}/\text{kg}$ tørrvekt)	Klasse I Bakgrunn	Klasse II AA-EQS	Klasse III MAC-EQS	Klasse IV	Klasse V Omfattende akutt tox eff.
Σ DDT	-	< 15	15-165	165-1647	>1647
HCB	0	< 17	17-61	61-610	>610
γ -HCH (lindan)	0	<0,074	0,074-0,74	0,74-9,8	>9,8
Σ PCB7	-	< 4,1	4,1-43	43-430	>430

1.2.5. Nye organiske miljøgifter

Såkalte nye miljøgifter er de siste 10-15 år blitt vurdert å kunne utgjøre et potensielt miljøproblem. Det mangler regulering, nasjonalt og internasjonalt, for de fleste av disse stoffene, og det er derfor viktig å kunne påvise omfanget av problemet som grunnlag for å oppnå forsvarlig bruk og håndtering av stoffene. Problemet er størst først og fremst i belastede kystområder nær havner og industrielle områder, men også åpent hav kan bli påvirket av de nye typene miljøgifter gjennom langtransporterte tilførsler.

PFAS er en gruppe fluoralkylerte forbindelser som er persistente i marint miljø og kan tas opp av biota og bioakkumuleres. De mistenkes å kunne ha negative helseeffekter både for mennesker og andre levende organismer (Corsini mfl. 2014), og er funnet i forskjellige mengder i vannmiljø over hele verden (Rayne & Forest 2009). De produseres for bruk i en rekke ulike produkter, blant annet som flammehemmere i brannskum. Miljødirektoratets studie utført i 2007 i Barentshavet fant spormengder av enkeltstoffer i denne gruppen (PFOS) i sedimenter (SFT 2008a), mens tidligere studier har rapportert tilsvarende lave nivåer i marine sedimenter fra forskjellige steder i norsk Arktis (SFT 2008b). Spormengder av enkelte PFAS-forbindelser ble også funnet i marine sedimenter fra norske arktiske strøk i en nylig utført screening-studie (Miljødirektoratet 2013). Studier utført i andre områder i arktiske strøk har påvist nivåer av enkelte PFAS som var like høye eller høyere enn nivåer av bromerte og klorerte miljøgifter, for eksempel Kelly et al. 2009.

Klorparaffiner er persistente forbindelser som kan tas opp og akkumuleres av biota. De er toksiske og kreftfremkallende. De brukes som tilsetninger til materialer ved høytemperaturprosesser, til maling, som flammehemmere, m.m. (Marvin mfl. 2003). Kortkjedete klorparaffiner (SCCP) ble funnet over bakgrunnsnivå i sedimenter fra Barentshavet i 2007-studiet, men var lavere enn effektgrensen (SFT 2008a). Mellomkjedete klorparaffiner (MCCP) ble ikke funnet i sedimentene i 2007. I 2013 ble både SCCP og MCCP funnet i forskjellige biota-arter i norske arktiske strøk (Miljødirektoratet 2013), mens de ble tidligere påvist i forskjellige deler av arktisk miljø over hele Arktis (Vorkamp & Rigét 2014).

Fosfororganiske forbindelser brukt som flammehemmere (PFR) er en stor gruppe forbindelser med forskjellige kjemiske egenskaper. Noen av disse stoffene er persistente i marint miljø og kan være meget toksiske for marine organismer (Van der Veen & De Boer 2012). I 2007-studiet fant man ikke PFR over deteksjonsgrense i sedimenter fra Barentshavet, og klarte dermed ikke å bestemme bakgrunnsnivå for denne stoffgruppen (SFT 2008a). I 2011 ble flere typer av PFR funnet i forskjellige biota-arter fra norske polare områder, inkludert lodde (Klif 2011).

Siloksaner er en gruppe organiske forbindelser som brukes bl.a. i kosmetikk og kommer derfor ut i det marine miljø blant annet med avløpsvann. Enkelte siloksaner har vært vurdert som persistente og toksiske (Rücker & Kümmerer 2015). 2007-studiet fant nivåer av D5-siloksan i sedimenter fra Barentshavet som var mye lavere enn det som tidligere er påvist i kystnære strøk og fjordområder (SFT, 2008a). Det mangler omfattende studier av siloksaner i nordlige havområder, men det ble funnet D5-siloksan i den marine næringskjeden i Oslofjorden, uten at det ble påvist biomagnifisering (Powell mfl. 2010).

Miljødirektoratet har utarbeidet et eget klassifiseringssystem for nivåene av enkelte organiske miljøgifter i marine sedimenter, basert på internasjonalt etablerte systemer for miljøkvalitetsstandarder (*Environmental Quality Standards*, EQS) og risikovurdering av kjemikalier i EU (Miljødirektoratet 2016). Miljødirektoratets klassifisering er i utgangspunktet utviklet for fjord- og havneområder, men kan fungere som en nyttig pekepinn for vurdering av miljøtilstanden også i åpent hav. Miljødirektoratets tilstandsklasser for aktuelle miljøgifter i sedimenter er vist i tabell 5.

Tabell 5. Miljødirektoratets tilstandsklasser for nye organiske miljøgifter i marine sedimenter (Miljødirektoratet 2016).

Tilstandsklasse	Klasse I Bakgrunn	Klasse II AA-EQS*	Klasse III MAC-EQS*	Klasse IV	Klasse V Omfattende akutt tox eff.
PFOS, µg/kg t.v.	-	<0,23	0,23-72	>72	-
PFOA, µg/kg t.v.	-	<71	>71	-	-
D5, mg/kg t.v.	-	<0,044	0,044-2,6	2,6-26	>26
MCCP, mg/kg t.v.	-	<4,6	4,6-27	27-54	>54
TCEP, µg/kg t.v.	-	<72	72-562	562-5620	>5620

* AA-EQS: Environmental quality standard, annual average. MAC-EQS: Environmental quality standard, maximum annual concentration.

Alle nye organiske miljøgifter analysert i denne studien er listet i tabell 6.

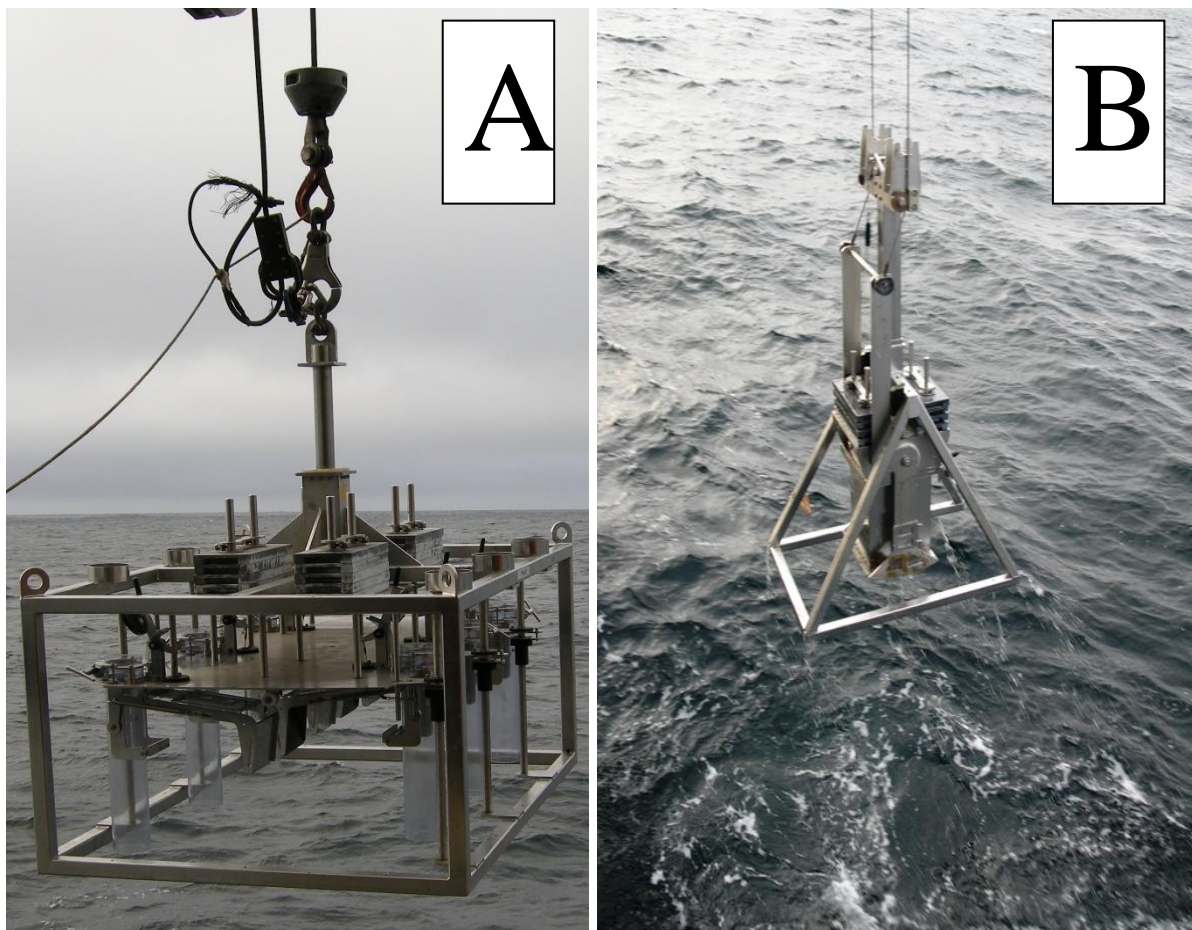
Tabell 6. Nye organiske miljøgifter utvalgt til analyse.

Stoffgruppe i prioritert rekkefølge	Enkeltforbindelser (engelsk)	Forkortelse
1. PFAS (per- og polyfluorerte alkylerte stoffer, engelsk: <i>per- and polyfluorinated alkylated substances</i>)	<i>Perfluorooctane sulfonamide</i>	PFOSA
	<i>Perfluorobutane sulfonate</i>	PFBS
	<i>Perfluoropentane sulfonate</i>	PFPS
	<i>Perfluorohexane sulfonate</i>	PFHxS
	<i>Perfluoroheptane sulfonate</i>	PFHpS
	<i>Perfluorooctane sulfonate linear</i>	PFOSlin
	<i>Perfluorooctane sulfonate (sum of branched and linear)</i>	PFOS
	<i>Perfluorononane sulfonate</i>	PFNS
	<i>Perfluorodecane sulfonate</i>	PFDCS
	<i>Perfluorohexanoate</i>	PFHxA
	<i>Perfluoroheptanoate</i>	PFHpA
	<i>Perfluorooctanoate</i>	PFOA
	<i>Perfluorononanoate</i>	PFNA
	<i>Perfluorodecanoate</i>	PFDCA
	<i>Perfluoroundecanoate</i>	PFUnDA
	<i>Perfluorododecanoate</i>	PFDoDA
	<i>Perfluorotridecanoate</i>	PFTTrDA
	<i>Perfluorotetradecanoate</i>	PFTeDA
<i>6:2 Fluorotelomer sulfonic acid</i>	6:2 FTS	
<i>8:2 Fluorotelomer sulfonic acid</i>	8:2 FTS	
2. Klorparafiner	<i>Short chain chlorinated paraffines (C10-C13)</i>	SCCP
	<i>Medium chain chlorinated paraffines (C14-C17)</i>	MCCP
3. Fosfororganiske flammehemmere (PFR, engelsk: <i>phosphorus flame retardants</i>)	<i>Triethyl phosphate</i>	TEP
	<i>Tris(2-chloroethyl)phosphate</i>	TCEP
	<i>Tripropyl phosphate</i>	TPrP
	<i>Tris(2-chloroisopropyl) phosphate (3 isomerer)</i>	TCIPP
	<i>Triisobutyl phosphate</i>	TiBP
	<i>Butyl diphenyl phosphate</i>	BdPhP
	<i>Triphenylphosphate</i>	TPHP
	<i>Dibutylphenyl phosphate</i>	DBPhP
	<i>Tri-n-butyl phosphate</i>	TnBP
	<i>Tris(1,3-dichloro-2-propyl)phosphate</i>	TDCIPP
	<i>Tris(2-butoxyethyl) phosphate</i>	TBOEP
	<i>Tricresylphosphate</i>	TCP
	<i>2-Etylhexyldiphenylphosphate</i>	EHDP
	<i>Tris(2-ethylhexyl)phosphate</i>	TEHP
4. Siloksaner	<i>Octamethylcyclotetrasiloxane</i>	D4
	<i>Decamethylcyclopentasiloxane</i>	D5
	<i>Dodecamethylcyclohexasiloxane</i>	D6

II. Metoder

2.1. Prøvetaking

Detaljerte multistråle-bunnkart laget av Kartverket Sjødivisjonen ble benyttet for å finne egnete lokaliteter for prøvetaking av sedimenter. På lokaliteten studeres havbunnen først visuelt ved hjelp av video for å bekrefte at bunnen består av ønsket type sediment. Deretter samler man prøver med en multicorer (KC-Danmark, MODEL 73.000) som har seks PVC-rør med 106 mm indre diameter og 60 cm lengde (figur 5A). I noen tilfeller når multicoreren av forskjellige årsaker ikke kan brukes, blir man nødt til å benytte bokscorer (figur 5B). Med bokscorer kan man få inntil fire sedimentkjerner av samme diameter som i multicoreren (multicorer-rør benyttes for prøveuttak fra bokscorer). Van Veen-grabb blir benyttet i de få tilfellene da verken multicorer eller bokscorer kan brukes. Da blir kun overflatesediment samlet inn.



Figur 5. Multicorer (A) og bokscorer (B) brukt til prøvetaking av sedimentprøver.

Sedimentkjerner for analyser av organiske miljøgifter ble kuttet i 1 cm tykke skiver, pakket i aluminiumsfolie og frosset umiddelbart etter prøvetaking. Kun redskap av rustfritt stål ble brukt for å håndtere prøvene. Prøvene ble oppbevart ved -20 °C om bord, under transport til laboratoriet og videre fram til analyse.

Til analyse av nye organiske miljøgifter ble det samlet inn egne prøver av overflatesediment. En bokscorer ble tatt på de samme lokalitetene som multicorer. Etter fullført prøvetaking, men før bokscoreren ble åpnet, ble den tatt til side og skjermet fra all personale om bord unntatt prøvetakeren. Prøvetakeren hadde de siste 24 timer før prøvetaking ikke vært eksponert til noen form for såpe, kosmetikk og andre materialer som kunne inneholde siloksaner. Feltblankprøve tilsendt fra NILU ble åpnet ved siden av bokscoreren samtidig som bokscoreren ble åpnet (kun ved noen lokaliteter). Prøven ble samlet inn med spade av rustfritt stål og oppbevart i vasket og glødet glass, dekket med aluminium-folie og så lukket med skrulokk på folien. Feltblankprøven ble så lukket og plassert sammen med prøven. Prøvene var oppbevart ved -20 °C på samme måte som de andre prøvene.

Detaljert beskrivelse av prøvetakingslokaliteter er gitt i tabell 7, mens geografisk plassering er vist i figur 1. Betegnelsen på prøvetakingsstasjon består av to nummer, hvor den første bokstaven "R" står for MAREANO-programmets prøvetakingsstasjonsnummer. Dette er gjennomgående og unikt for alle MAREANO-toktene gjennom alle år. Det andre nummeret med "MC"-bokstavene står for multicorer-prøvetakingsnummer i det året prøven ble tatt. Lengden på sedimentkjernene og analyseprogram for disse er også vist i tabell 7.

Tabell 7. Prøvetakingslokaliteter under MAREANO-toktet på høsten 2017 og utførte analyser.

Stasjon	Dato	Breddegrad, N	Lengdegrad, Ø	Vanddybde, m	Kjernelengde, cm	Utførte analyser og antall analyserte prøver						
						PAH	THC ^a	PBDE ^a	PCB og OCP ^a	Nye miljøgifter ^{*a}	TOC**	²¹⁰ Pb**
R1751MC006	23.10.2017	73°58.12'	33°46.54'	334	32	16	1	-	-	1	7	-
R1776MC008	24.10.2017	74°40.94'	36°06.19'	265	35	18	1	-	-	1	7	16
R1812MC009	25.10.2017	74°53.10'	36°40.66'	204	32	7	1	-	-	1	1 ^a	-
R1817MC010	26.10.2017	76°01.96'	36°18.69'	246	23	7	1	1	1	-	1 ^a	-
R1819MC011	26.10.2017	76°18.06'	36°37.29'	273	31	16	1	1	1	-	7	17

* Analyser av alkylfenoler i samme prøver ble rapportert tidligere, se Boitsov & Klungsøyr 2018b.

** Levert av NGU.

^a Overflateprøve (0-1 cm).

2.2. Analysemetoder

2.2.1. PAH og THC i sedimenter

Havforskningsinstituttet benytter akkrediterte metoder for analyse av PAH og THC i sedimenter. Sedimentprøvene lufttørkes ved romtemperatur før videre opparbeiding. Prøvene (rundt 10 g tørrvekt) ble ekstrahert ved automatisert sediment-ekstraksjon på ASE (*Accelerated Solvent Extraction*, Dionex ASE 300). Betingelser for ekstraksjon: to sykluser, temperatur 150 °C, trykk 1500 psi, "flush volume" 60 %, løsemiddel – 1:1 heksan:diklormetan. ASE-celler av 34 ml volum brukes til ekstraksjon og fylles med en blanding av sediment og "Diatomaceous earth". Ekstraktet behandles med kobber over natt (minst 12 timer) for å fjerne rester av svovel. Etterpå renses prøven på SPE-kolonne (0,5 g silica). Prøvene løses så i 300 µl heksan og analyseres for PAH og THC som beskrevet nedenfor. Syv deutererte PAH-forbindelser brukes som interne standarder for kvantifisering av PAH, mens baseolje-HDF 200 brukes som ekstern standard for kvantifisering av THC. Analysene inkluderer 49 PAH-forbindelser, som rapporteres både enkeltvis og som summerte nivåer, se fullstendig liste i Vedlegg A. Kvantifiseringsgrensene er 0,5 µg/kg tørrvekt for PAH og 2,0 mg/kg tørrvekt for THC i sedimenter.

Prøver analyseres for PAH på gasskromatograf HP-6890 koblet til Agilent N-5973 massespektrometer med "electron-impact" (EI) ionekilde i "selected ion monitoring" (SIM) modus. En DB-17ms analytisk GC-kolonne (Agilent J&W Scientific, Folsom, USA) benyttes, lengde: $L = 50$ m, indre diameter: I.D. = 0,25 mm, filmtykkelse: $df = 0,25$ µm. Prøver (1 µl heksanløsning) injiseres i "splitless" modus (injektortemperatur, 300 °C) og splitventilen åpnes etter 2 min. Analyseprogrammets varighet er 58 min.

Prøvene analyseres for THC på gasskromatograf HP-6890 koblet til flamme-ionisasjonsdetektor (FID). En Varian GC-kolonne med "Select mineral oil, fused silica" som stasjonær fase, 15 m lengde x 0,32 mm indre diameter og 0,10 µm filmtykkelse brukes. Prøver (1 µl heksanløsning) injiseres i et splitless modus (injektortemperatur satt til 290 °C) og split-ventilen åpnes etter 1 minutt. Analyseprogrammets varighet er 24 minutter. Kromatogrammet integreres i tidsvinduet tilsvarende n-alkan C₁₂- C₃₅.

2.2.2. PBDE og klorerte miljøgifter i sedimenter

Sedimentprøvene lufttørkes ved romtemperatur før opparbeiding. Prøvene tilsettes gjenvinningsstandard PCB29 samt interne standarder for PBDE, BDE-139 og ¹³C-merket BDE-209, før opparbeidingen starter. BDE-139 brukes som interne standarder for kvantifisering av alle PBDE

unntatt BDE-209, mens ¹³C-merket BDE-209 brukes som intern standard for kvantifisering av BDE-209. Prøvene (rundt 10 g tørrvekt) ekstraheres ved automatisert sediment-ekstraksjon på ASE (*Accelerated Solvent Extraction*, Dionex ASE 300). Betingelser for ekstraksjon: to sykluser, temperatur 100 °C, trykk 1500 psi, "flush volume" 60 %, løsemiddel – 1:1 heksan:diklormetan-blanding. ASE celler av 34 ml volum brukes til ekstraksjon og fylles med en blanding av sediment og 10 %-deaktivert alumina, dødvolum etterfylles med "Diatomaceous Earth". Ekstraktet behandles med kobber over natt for å fjerne rester av svovel. Etterpå renses og fraksjoneres ekstraktet på Powerprep (FMS, USA). Det benyttes 7,5 g silica "acid-base-neutral"-kolonner som elueres i 2 fraksjoner med henholdsvis heksan og 1:1 heksan:diklormetan-blanding. Prøvene løses så i 200 µl injeksjonsstandard PCB112 i isooktan. Etter det analyseres ekstraktene for PCB/OCP og PBDE som beskrevet nedenfor. PCB112 brukes som intern standard for kvantifisering av klorerte miljøgifter. Man analyserer for 26 PBDE-forbindelser (listet opp i vedlegg C), ti PCB-forbindelser og ti klorerte pesticider (omtalt i seksjon 1.2.4), som rapporteres både enkeltvis og som summerte nivåer. Kvantifiseringsgrensene er 0,03 µg/kg tørrvekt for enkeltforbindelser PBDE og 0,02 µg/kg tørrvekt for PCB og pesticider.

Prøver analyseres for PBDE på gaskromatograf HP-6890 koblet til Agilent N-5973 massespektrometer med negativ kjemisk ionisering (NCI) ionekilde i "selected ion monitoring" (SIM) modus. En DB-5ms analytisk GC-kolonne (Agilent J&W Scientific, Folsom, USA) benyttes, lengde: $L = 15$ m, indre diameter: I.D. = 0,25 mm, filmtykkelse: $df = 0,10$ µm. Prøver (2 µl heksanløsning) injiseres i et "pulsed splitless"-modus (injektortemperatur, 310 °C) og split-ventilen åpnes etter 2 min. Analyseprogrammets varighet er 43,4 min. Hele spektrumet er skannet for massene til brom (78,9 og 80,9) og relevante fragmenter av BDE-209 og ¹³C-merket BDE-209 (486,5 og 494,7). BDE-49 og BDE-71 rapporteres som summert nivå på grunn av koeluering.

Prøvene analyseres videre for PCB og OCP på gaskromatograf HP-6890 med mikro-ECD (*Electron Capture Detector*). En SGE HT-8 GC-kolonne, 50 m lengde x 0,22 mm indre diameter og 0,25 µm filmtykkelse brukes. Prøver (1 µl isooktanløsning) injiseres i "pulsed splitless" modus (injektortemperatur satt til 280 °C), "purge"-tid er 1,4 minutt og puls-tiden er 1,5 minutt. Analyseprogrammets varighet er 60 minutter.

2.2.3. Nye organiske miljøgifter

Nye organiske miljøgifter ble analysert av NILU som fikk frosne prøvene tilsendt direkte fra prøvetakingsfartøyet.

PFAS. Tørkede sedimentprøver (ca. 2 g) ble tilsatt ¹³C-merkede internstandarder og 1 g vann. Deretter ble 1 mL 200 mM NaOH i metanol tilsatt. Etter 30 minutter ble 100 µL 2M HCl tilsatt før prøven ble ekstrahert på ultralydbad med metanol. Metanolekstraktet ble deretter oppkonsentrert og ekstraktet renses opp med aktivt kull før tilsetning av gjenvinningsstandard. Prøven ble analysert på UPLC-MS/MS, se flere detaljer i Hanssen et al. 2013. Det rapporteres resultater for 20 PFAS listet opp i tabell 6, hvorav 19 er enkeltforbindelser og PFOS er summen av forskjellige isomerer (lineær og forgrenete PFOS).

Klorparafiner. Tørkede sedimentprøver ble ekstrahert med Soxhlet ekstraksjon med aceton/heksan. Prøvene ble deretter behandlet med kobber og renses opp med silika. Prøvene ble så analysert på høytoppløselig massespektrometer MS-system med negativ ion *electron capture* system (ECNI-HRMS).

PFR. Tørkede sedimentprøver ble ekstrahert med ultralyd i asetonitril. Prøvene ble deretter renses opp på Oasis® HLB SPE-kolonner. Prøvene ble så analysert på væske kromatografi-massespektrometer MS-system med *electrospray ionization* system (ESI UPLC-MS/MS).

Siloksaner. Tørkede sedimentprøver ble ekstrahert med asetonitril/heksan og analysert med GC-MS i *electron ionization* modus (EI).

III. Resultater

3.1. Nivåer av hydrokarboner i overflatesedimenter

Oppsummering av hydrokarbonnivåene funnet i overflateprøvene fra høsttøktet 2017 er gitt i tabell 8 og vist på kartene i figurene 6–8, mens alle resultater for 49 PAH i sedimentkjerner er gitt i Vedlegg A og for THC i Vedlegg B.

Tabell 8. Gjennomsnitt-, minimale og maksimale nivåer av hydrokarboner i overflatesedimenter fra 5 lokaliteter undersøkt på høsten 2017. Miljødirektoratets tilstandsklasser er vist med farge i samsvar med tabell 2.

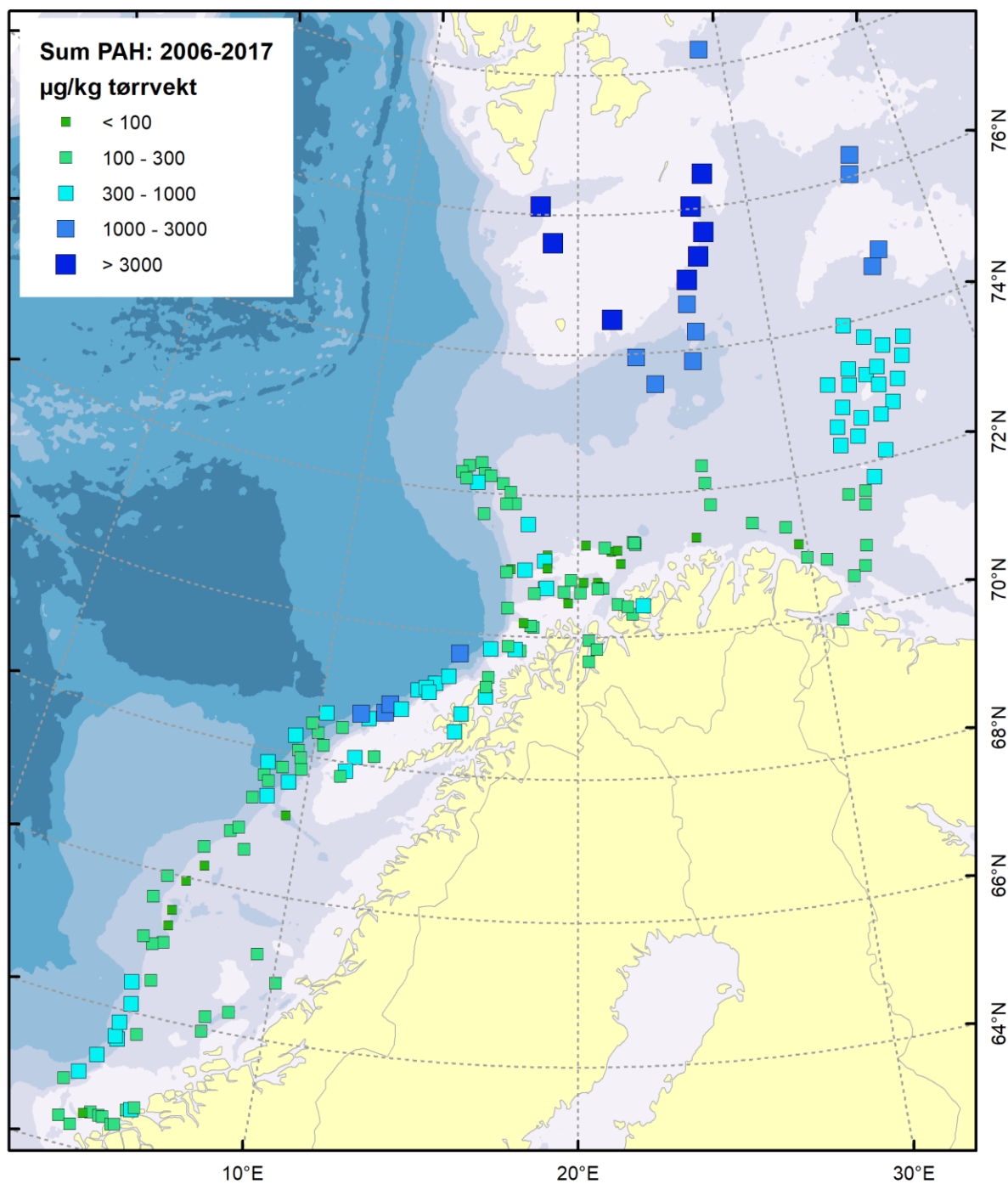
Nivå	THC <i>mg/kg t.v.</i>	Sum 49 PAH <i>µg/kg t.v.</i>	NPD <i>µg/kg t.v.</i>	PAH16 <i>µg/kg t.v.</i>	Benzo[<i>a</i>]pyren <i>µg/kg t.v.</i>	TOC* %
Min.	23	913	264	347	27	1,70
Gjennomsnitt	30	1177	372	429	36	2,40
Maks.	38	1394	482	490	41	3,60

* Dataene rapportert av NGU.

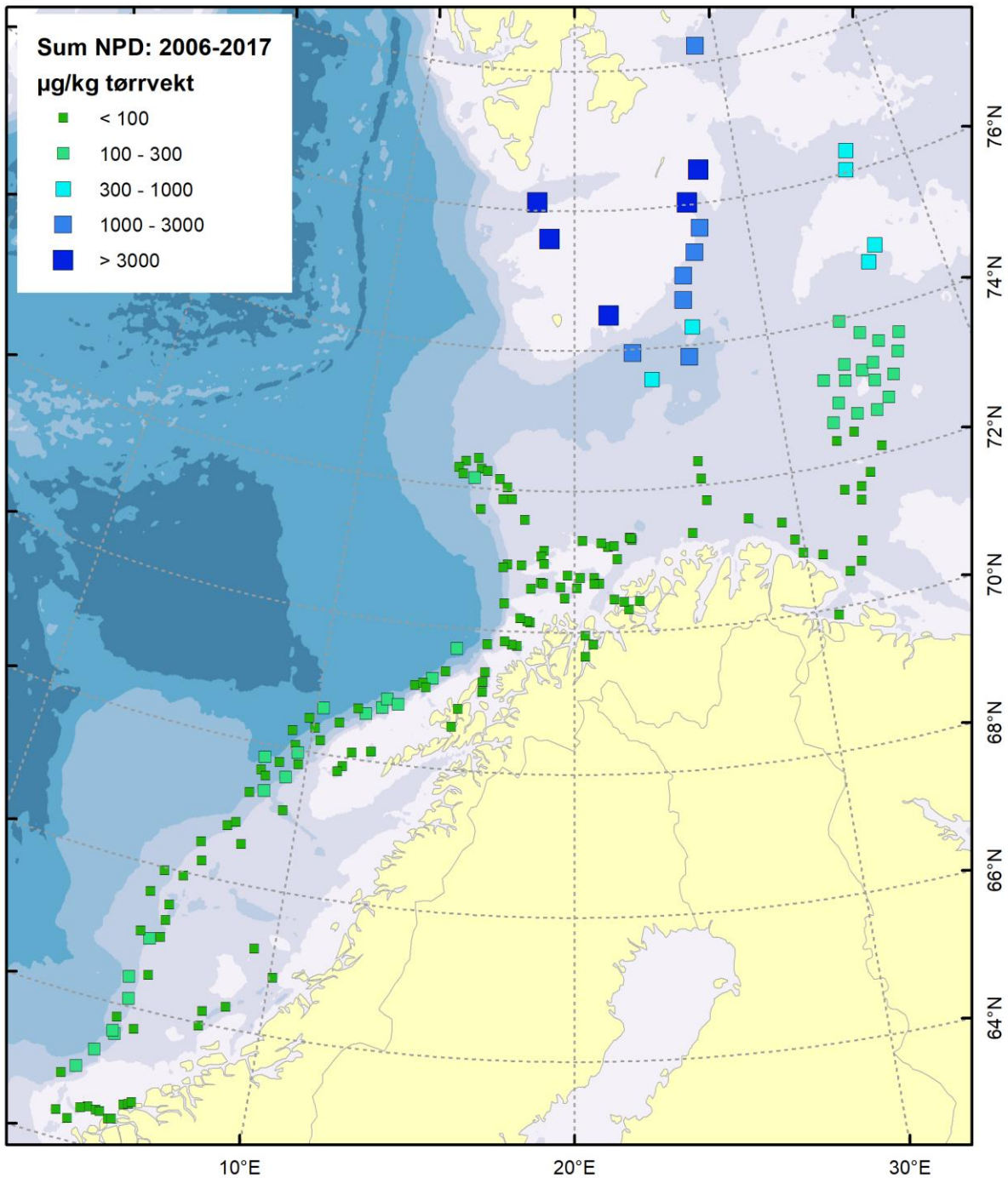
Gjennomsnittsnivåene for summen av 49 PAH-forbindelser målt på 5 lokaliteter ligger på 1177 µg/kg tørrvekt (figur 6). Dette er noe høyere enn det som er tidligere funnet av MAREANO-programmet i sørlig del av Barentshavet og i Norskehavet (se kjemirapporter på mareano.no), men er betydelig lavere enn nivåene som ble rapportert for områdene rundt Svalbard (Boitsov & Klungsøyr 2018a). Det samme gjelder både oljerelaterte NPD (figur 7) og forbrenningsrelaterte PAH (PAH16, figur 8). Forekomsten av PAH rundt Svalbard, rapportert tidligere, er betinget av naturlige kilder knyttet til erosjon av kullholdige bergarter (se diskusjon og referanser gitt i Boitsov & Klungsøyr 2018a). Variasjon i PAH-nivåene i østlig del av Barentshavet forklares derimot stort sett av kornstørrelsen til sedimentene og totalt organisk karbon innhold (TOC). Tidligere undersøkelser i Barentshavet-Øst utført av MAREANO senest i 2015, har påvist litt lavere nivåer av Sum PAH, 573 µg/kg tørrvekt i gjennomsnitt, i områdene like sør for områdene rapportert her (se Boitsov & Klungsøyr 2016). Også TOC var noe lavere i området undersøkt i 2015, og varierte mellom 1,2% og 2,3%, mens det i prøvene fra høsten 2017 er funnet TOC-innhold på mellom 1,7% og 3,6%, enda høyere enn ved Svalbard (mellom 1,3% og 3,3% rapportert for lokalitetene undersøkt i 2016-2017, se Boitsov & Klungsøyr 2018a). Områdene undersøkt tidligere i andre deler av sørlige Barentshavet og spesielt nordøstlige Norskehavet hadde derimot enda grovere sedimenter med lavere TOC innhold og lavere nivåer av PAH. Dette tyder på en gradient i TOC-innholdet i sedimentene fra vestlige Barentshavet, med en økning i TOC nordover og østover, som fører til tilsvarende økning i nivåene av organiske miljøgifter. Man kan derfor vurdere PAH-nivåene funnet i prøvene fra høsten-2017 å være i samsvar med tidligere undersøkelser. Det samme gjelder THC som ligger i gjennomsnitt høyere enn i

områdene sørover, men lavere enn ved Svalbard, og overskrider ikke grensen på 50 mg/kg tørrvekt (se tabell 8). Nivåer av benzo[*a*]pyren ligger alle i tilstandsklasse II (AA-EQS).

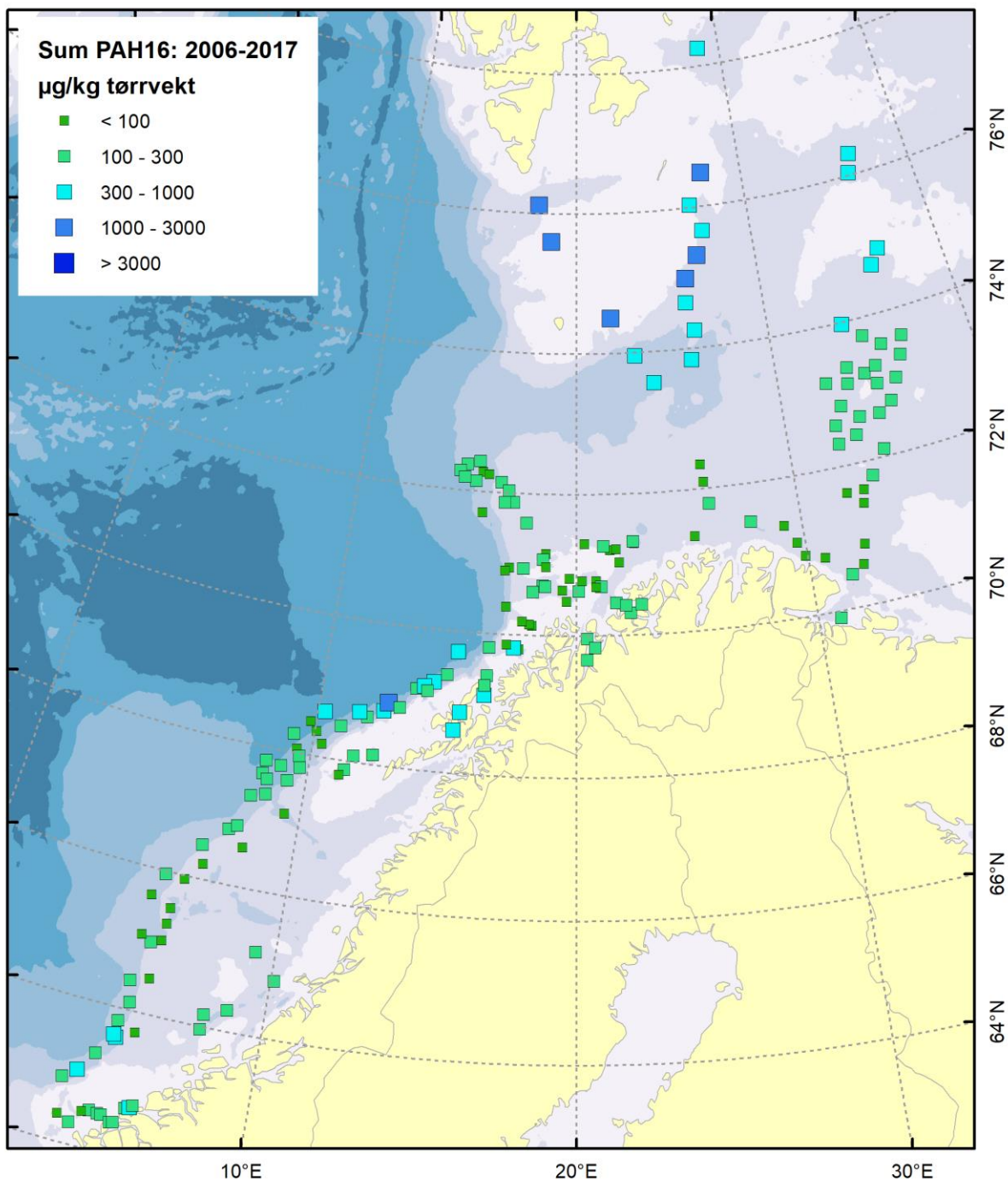
Et annet viktig bidrag til PAH-nivåene i Barentshavet Øst er naturlig forekommende perylen, som her utgjør en stor del av PAH i sedimenter, se videre diskusjon i seksjon 3.2.



Figur 6. Summerte nivåer av 49 PAH i overflatesedimenter (0–1 cm). Stasjonsnumrene for prøvetakingslokalitetene fra høsten 2017 er vist på kart i figur 1.



Figur 7. NPD-nivåer i overflatesedimenter (0–1 cm). Stasjonsnumrene for prøvetakingslokalitetene fra høsten 2017 er vist på kart i figur 1.



Figur 8. PAH16-nivåer i overflatesedimenter (0–1 cm). Stasjonsnumrene for prøvetakingslokalitetene fra høsten 2017 er vist på kart i figur 1.

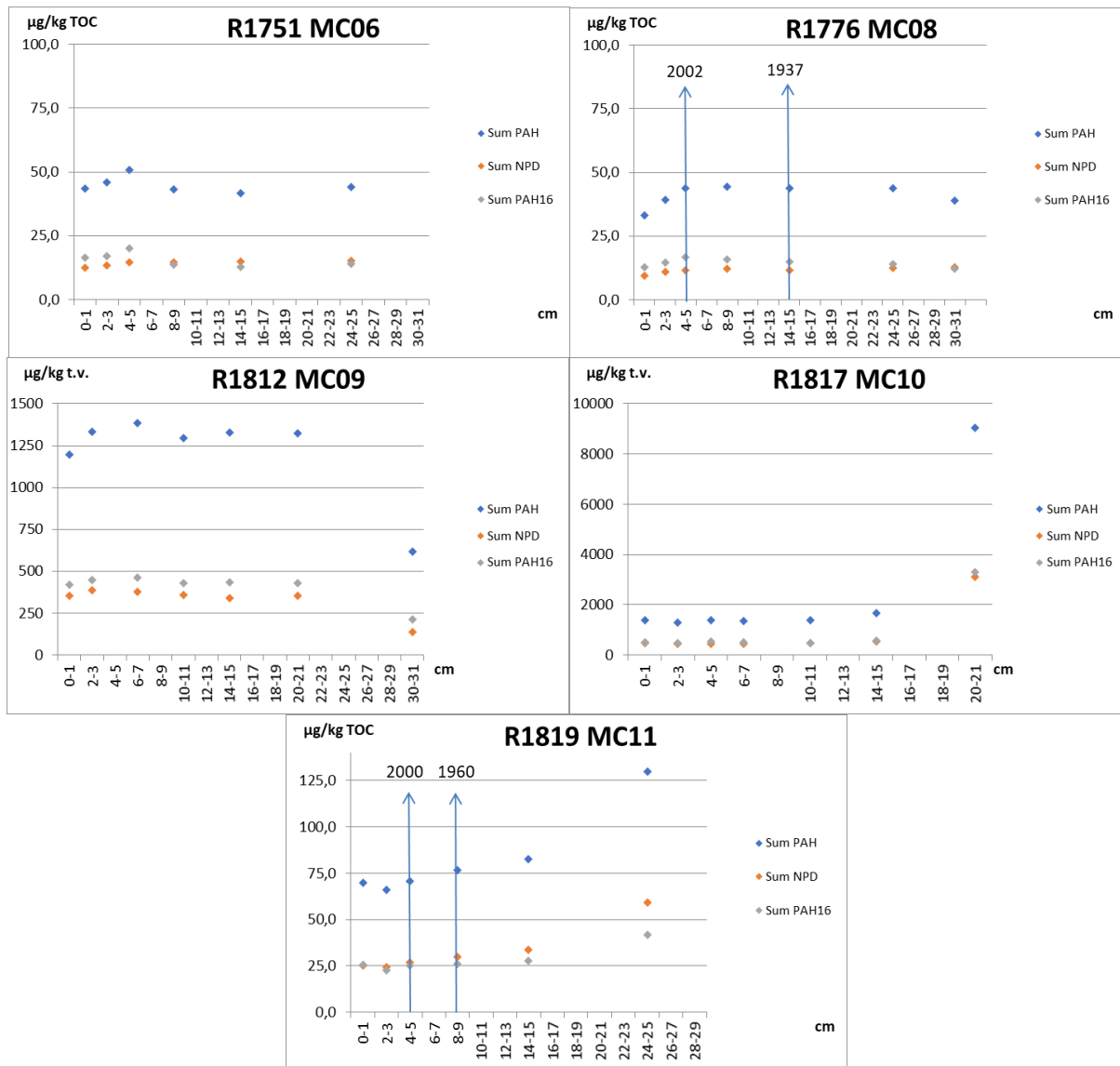
PAH-forholdstall kan videre hjelpe å bestemme kilder for PAH i sedimentene. Det PAH-forholdstallet som brukes oftest er PHE/ANT (fenantren/antracen). Dette forholdstallet bekrefter pyrogen opprinnelse for PAH når PHE/ANT er mindre enn 10, og står for petrogen opprinnelse ved PHE/ANT over 10. Dette fungerer optimalt når det er klar dominans av én kilde over alle andre. Slik er det ikke i overflatesedimentene fra de undersøkte lokalitetene, se for øvrig diskusjon av dybdeprofiler i seksjon 3.2. PAH forholdstall ligger derfor rundt 10 for disse stasjonene, og tyder på blandet sammensetning av PAH i prøvene. PHE/ANT for overflateprøver fra de undersøkte lokalitetene er gitt i tabell 9.

Tabell 9. PHE/ANT forholdstall i overflateprøvene (0–1 cm).

Stasjon	PHE/ANT
R1751 MC6	10,5
R1776 MC8	8,7
R1812 MC9	8,6
R1817 MC10	13,9
R1819 MC11	12,6

3.2. PAH i sedimentkjerner

For å kunne si noe om tidstrender og mulige kilder for PAH i sedimenter, må nivåene i dypere lag i sedimentkjernene studeres. Dybdeprofiler for PAH16, NPD og summerte nivåer av 49 PAH er vist for alle fem kjernene i figur 9, enten som absolutte nivåer eller normalisert til TOC for de kjernene som det ble målt TOC for. Dybdeprofilene for alle fem kjerner er vist som absolutte nivåer i Vedlegg F. Alle resultater for PAH-målinger i sedimentkjernene er gitt i Vedlegg A.



Figur 9. Dybdeprofiler av Sum PAH, NPD og PAH16 i sedimentkjerner (kun syv prøver per kjerne). TOC ble av NGU analysert kun i 3 kjerner og nivåene vises derfor i forhold til TOC for disse kjernene, og som absolutte nivåer for de to andre kjernene. Ca. årstall er vist for daterte kjerner. X-aksen viser snittdypet i cm, og Y-aksen angir mengde PAH (per kilogram TOC der dette er målt). NB: Til 8-9 cm i TOC-normaliserte resultater er det brukt TOC-verdi for 9-10 cm fra NGU. I kjernen fra stasjon R1751 er det kun seks prøver analysert for TOC i den delen av kjernen som ble analysert for PAH på Havforskningsinstituttet.

De summerte PAH-nivåene vist med blå farge i figur 9 gjenspeiler bidrag fra forskjellige kilder. Ser man derimot på profilene til kildespesifikke PAH-indikatorer som PAH16 (grå farge i figur 9) eller NPD (oransje farge), kan man ofte forklare trender i dybdeprofilene. Dette er imidlertid noe mer vanskelig med årets prøver siden kun syv snitt per kjerne ble analysert, trendene i dybdeprofilene er dermed mindre åpenbare. Det synes å være to typer trender i de fem kjernene. Den første, funnet i kjernene fra de tre sørligste stasjonene, R1751, R1776 og R1812, har en svak dominans av pyrogene PAH (uttrykt her som PAH16), med en mulig topp etterfulgt av nedgang i de øverste sedimentlagene. Dette ligner i så fall på trendene funnet tidligere flere andre steder sørover i Barentshavet. Trendene er mer tydelig uttrykt i sørområdene på grunn av høyere andel pyrogene PAH i sedimentene der. Dette knyttes til bidrag fra antropogene kilder som kullforbrenning m.m., men i tilfellet kjernene studert i år er det kun snakk om svake spor av slik langtransportert forurensning. En annen type trender synes å være tilstede i kjernene fra de to nordligste stasjonene, R1817 og R1819. Her ligger pyrogene og petrogene PAH like lavt nærmere overflaten, uten tegn på noe trend i den øverste halvparten av kjernen som stammer fra 20.århundre (se datering for kjerne R1819 MC11). I de dypeste snittene observeres det en økning i nivåene, gjerne mest i petrogene PAH (særlig for stasjon R1819). Dette er en usikker tolkning på grunn av få målepunkter i kjernene. Hvis riktig, er dette i tråd med resultater funnet enkelte andre steder i Barentshavet med kjente forekomster av fossile stoffer, som gir økt naturlig bidrag til petrogene PAH, spesielt i dypere sedimentlag. En videre bekreftelse på en slik usikker tolkning er PAH forholdstall, som ligger tydelig i petrogen sone ($PHE/ANT > 10$) for både overflatesedimenter (se tabell 9) og enda høyere i dypere snitt (opptil $PHE/ANT = 21$ for kjernen R1819 MC11). Hvis riktig, tyder disse resultatene på en endring i PAH-sammensetningen i sedimentene fra dette området sammenlignet med områdene videre sørover i Barentshavet Øst.

Et viktig bidrag til de totale PAH-nivåene i kjerner fra alle stasjoner undersøkt her er den naturlige forekommende forbindelsen perylen. Denne utgjør mellom 20% og 38% av det totale PAH-innholdet i kjernene. Slike resultater var tidligere funnet flere andre steder i Barentshavet-Øst og knyttes til naturlige prosesser som bl.a. sedimentasjon av planteplankton, se ellers diskusjon gitt tidligere i Boitsov & Klungsøyr 2016.

3.3. Nivåer av polybromerte difenyletere (PBDE) i overflatesedimenter

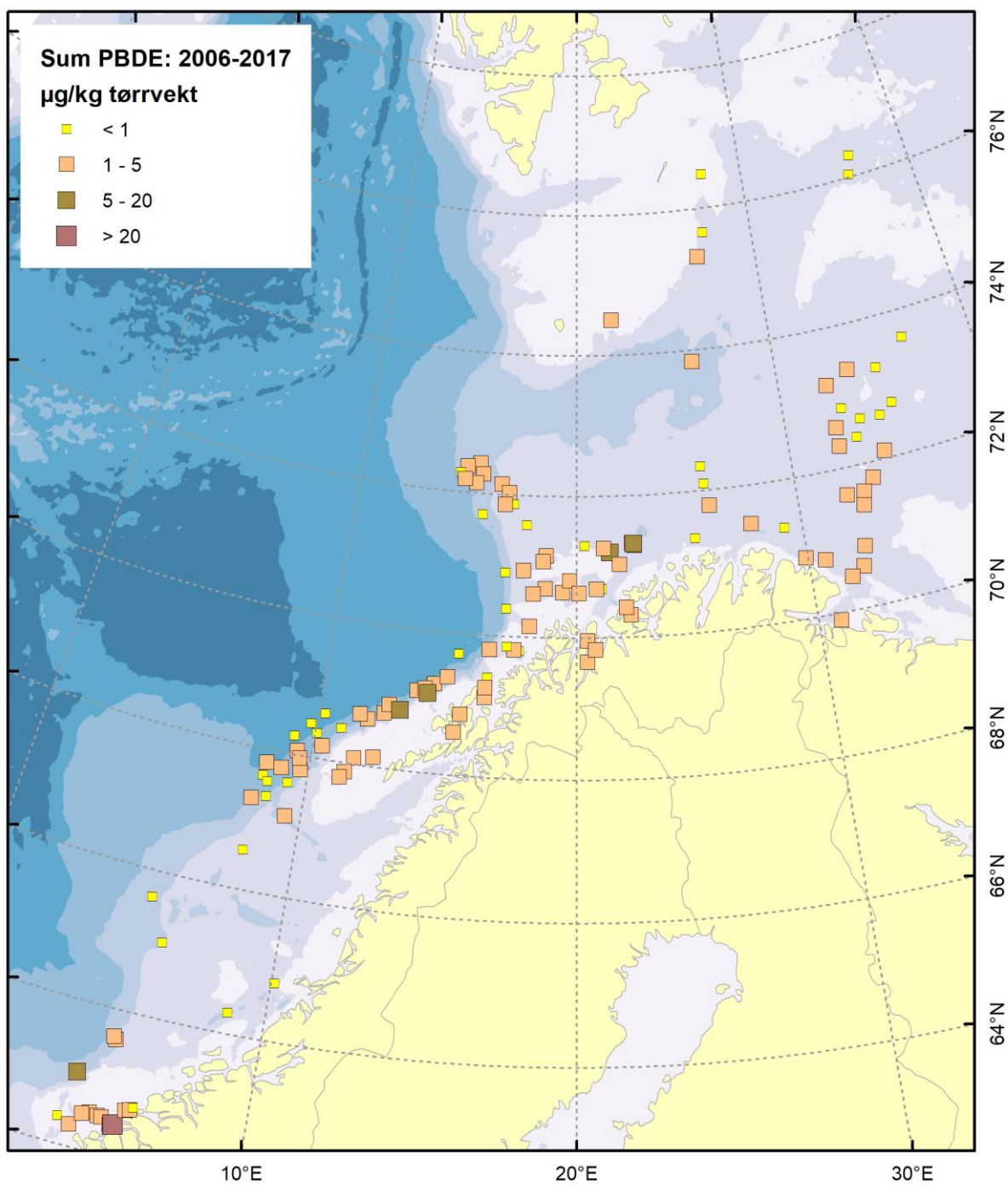
Oppsummering av PBDE-nivåene funnet i overflatesediment fra to lokaliteter i MAREANO området er gitt i tabell 8 og vist på kart i figur 10, mens alle resultater for PBDE i overflatesedimenter er gitt i Vedlegg C.

Tabell 8. Nivåer av PBDE i overflatesedimenter fra to lokaliteter i MAREANO-området. Miljødirektoratets tilstandsklasser er vist med farge i samsvar med tabell 3.

Nivå <i>µg/kg t.v.</i>	Sum 26 PBDE*	Sum 6 PBDE*	BDE-99	BDE-183	BDE-209
R1817 MC10	0,32	0,05	<0,03	<0,03	0,18
R1819 MC11	0,16	0,06	<0,03	<0,03	<0,03

* Kun forbindelser over målegrensen er tatt med i beregningen

PBDE måles kun i et utvalg av prøver og ble i denne omgang målt ved de to nordligste stasjonene i det studerte området. Nivåene av PBDE i alle undersøkte prøver ligger meget lavt, under deteksjonsgrensen for mange kongenere. De summerte nivåene er lavere enn det som ble funnet av enkelte andre steder i Norskehavet og Barentshavet (se MAREANO rapporter fra tidligere år). Nivåer av 6 PBDE som Miljødirektoratet har utarbeidet tilstandsklasser for (se tabell 3) er klassifisert ved alle stasjoner som Miljødirektoratets Klasse II (AA-EQS). Dette tyder på at disse fjerne lokalitetene i nordlig del av det sentrale Barentshavet er lite preget av menneskelig påvirkning, selv gjennom langtransport, og til tross for et relativt høyt innhold av organisk karbon (TOC) i de finkornete sedimentene.



Figur 10. Summerte nivåer av 26 PBDE i overflatesedimenter (0–1 cm) fra MAREANO-området. Stasjonsnumrene for prøvetakingslokalitetene fra høsten 2017 er vist på kart i figur 1.

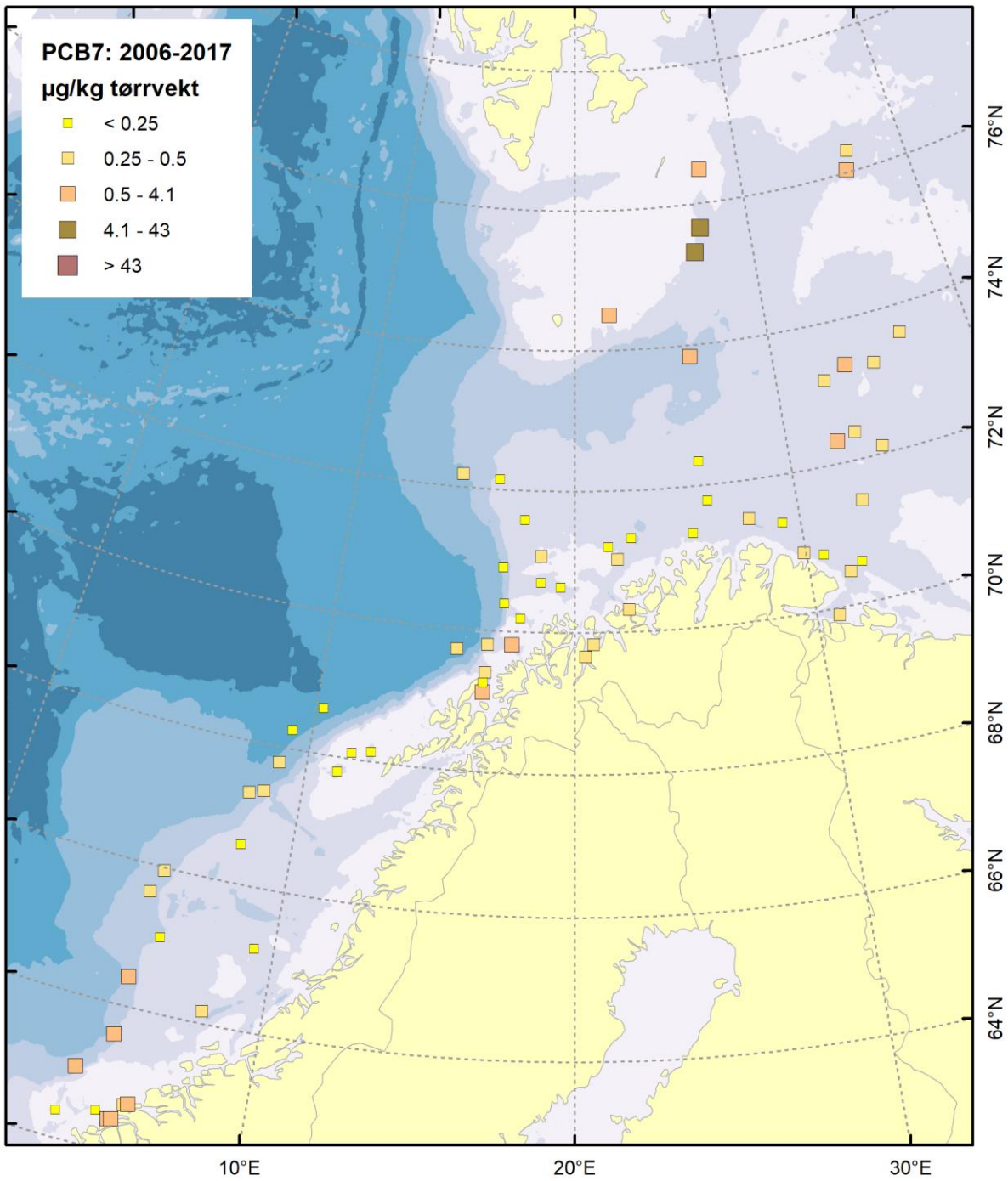
3.4. Nivåer av PCB og OCP i overflatesedimenter

Oppsummering av PCB- og OCP-nivåene funnet i overflatesediment fra to lokaliteter i MAREANO området er gitt i tabell 9, og vist for to av stoffgruppene på kart i figurene 11 og 12. Alle resultater for PCB og OCP i overflatesedimenter er gitt i Vedlegg D.

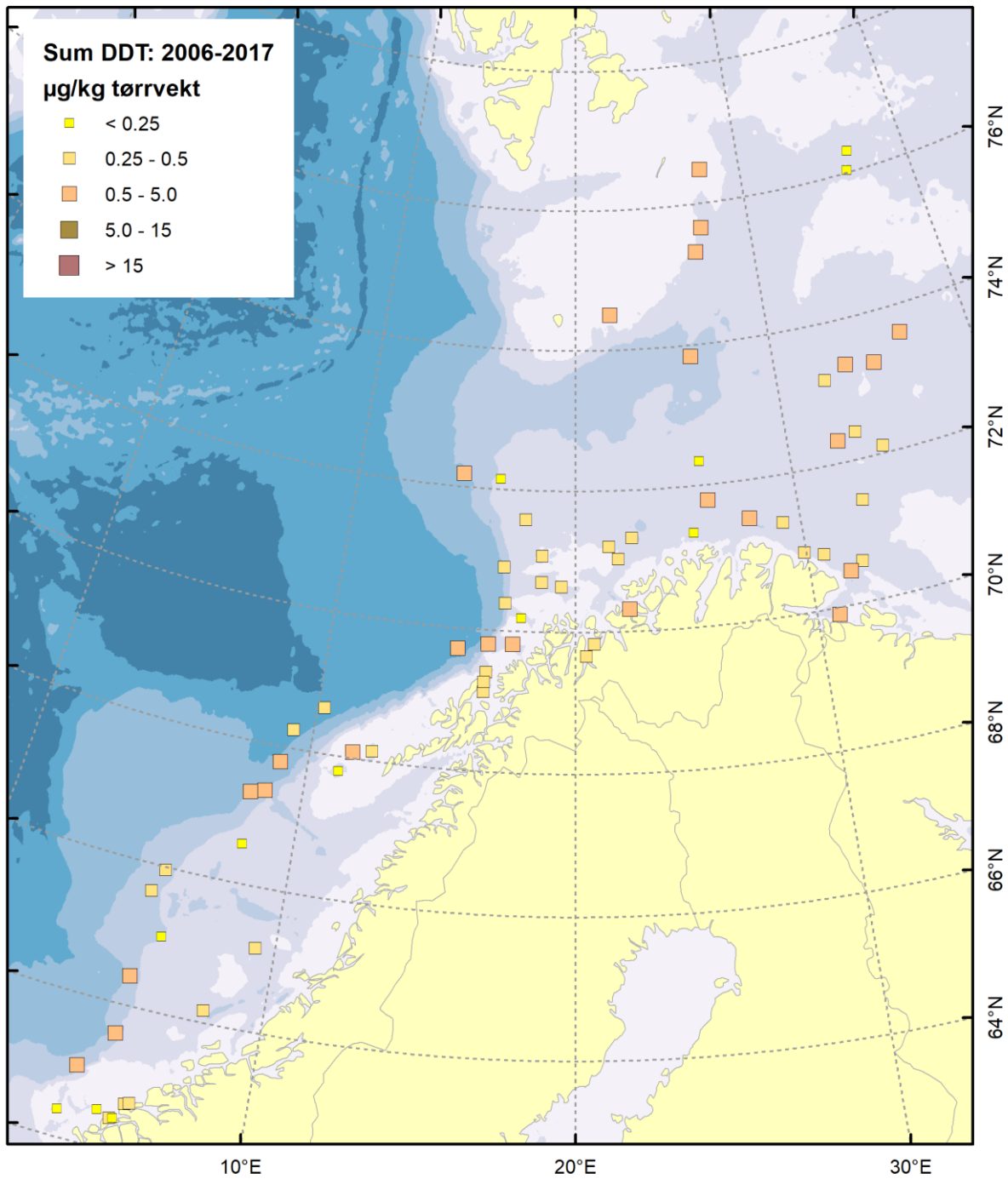
Tabell 9. Nivåer av PCB og OCP i overflatesedimenter fra to lokaliteter i MAREANO-området. Miljødirektoratets tilstandsklasser er vist med farge i samsvar med tabell 4.

Nivå <i>µg/kg t.v.</i>	PCB7	Sum 10 PCB	Sum DDT	γ-HCH (lindan)	Sum HCH	HCB	TNC	Dieldrin
R1613 MC10	0,73	0,79	0,15	0,02	0,34	0,16	0,03	0,20
R1636 MC14	0,43	0,50	0,12	0,06	0,37	0,16	0,03	0,08

PCB og OCP måles kun i et utvalg av prøver og ble i denne omgang målt ved de to nordligste stasjonene i det studerte området. Nivåene i alle undersøkte prøver ligger meget lavt, og er for de fleste stoffene blant de laveste av det som ble funnet av MAREANO noen steder i Norskehavet og Barentshavet (se rapporter fra tidligere år). Ifølge tilstandsklassene etablert av Miljødirektoratet for disse stoffene i sedimenter (Miljødirektoratet 2016), ligger PCB7, ΣDDT, lindan og HCB i klasse II (AA-EQS) i alle prøver. Som for PBDE, tyder dette på at disse fjerne lokalitetene er lite preget av menneskelig påvirkning.



Figur 11. Summerte nivåer av PCB7 i overflatesedimenter (0–1 cm) fra MAREANO-området. Stasjonsnumrene for prøvetakingslokalitetene fra høsten 2017 er vist på kart i figur 1.



Figur 12. Summerte nivåer av p,p' -DDT, p,p' -DDD og p,p' -DDE ("ΣDDT") i overflatesedimenter (0–1 cm) fra MAREANO-området. Stasjonsnumrene for prøvetakingslokalitetene fra høsten 2017 er vist på kart i figur 1.

3.5. Nivåer av nye organiske miljøgifter i overflatesedimenter

Av de fire stoffgruppene av nye organiske miljøgifter som rapporteres her, er det kun PFAS som ble funnet over målegrensen i flere prøver og for flere forbindelser. Oppsummering av PFAS-nivåer er gitt i tabell 10 for de samme syv stoffene som tidligere var rapportert med nivåer over LOQ andre steder i Barentshavet. Disse er også vist på kart i figur 13. Alle resultater for nye organiske miljøgifter i overflatesedimenter fra tre lokaliteter er gitt i Vedlegg E.

Tabell 10. Nivåer av PFAS i overflatesedimenter fra tre lokaliteter i MAREANO-området, i µg/kg tørrvekt (LOQ: 0,05 µg/kg tørrvekt). Miljødirektoratets tilstandsklasser er vist med farge i samsvar med tabell 5. Forklaringen av forkortelsene er gitt i tabell 6.

Stasjon	PFOS	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUnDA	Sum 7 PFAS
R1751	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,24	0,13	<LOQ	<LOQ	0,37
R1776	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,08	0,10	<LOQ	<LOQ	0,18
R1812	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Gjennomsnitt*	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,12	0,08	<LOQ	<LOQ	0,25

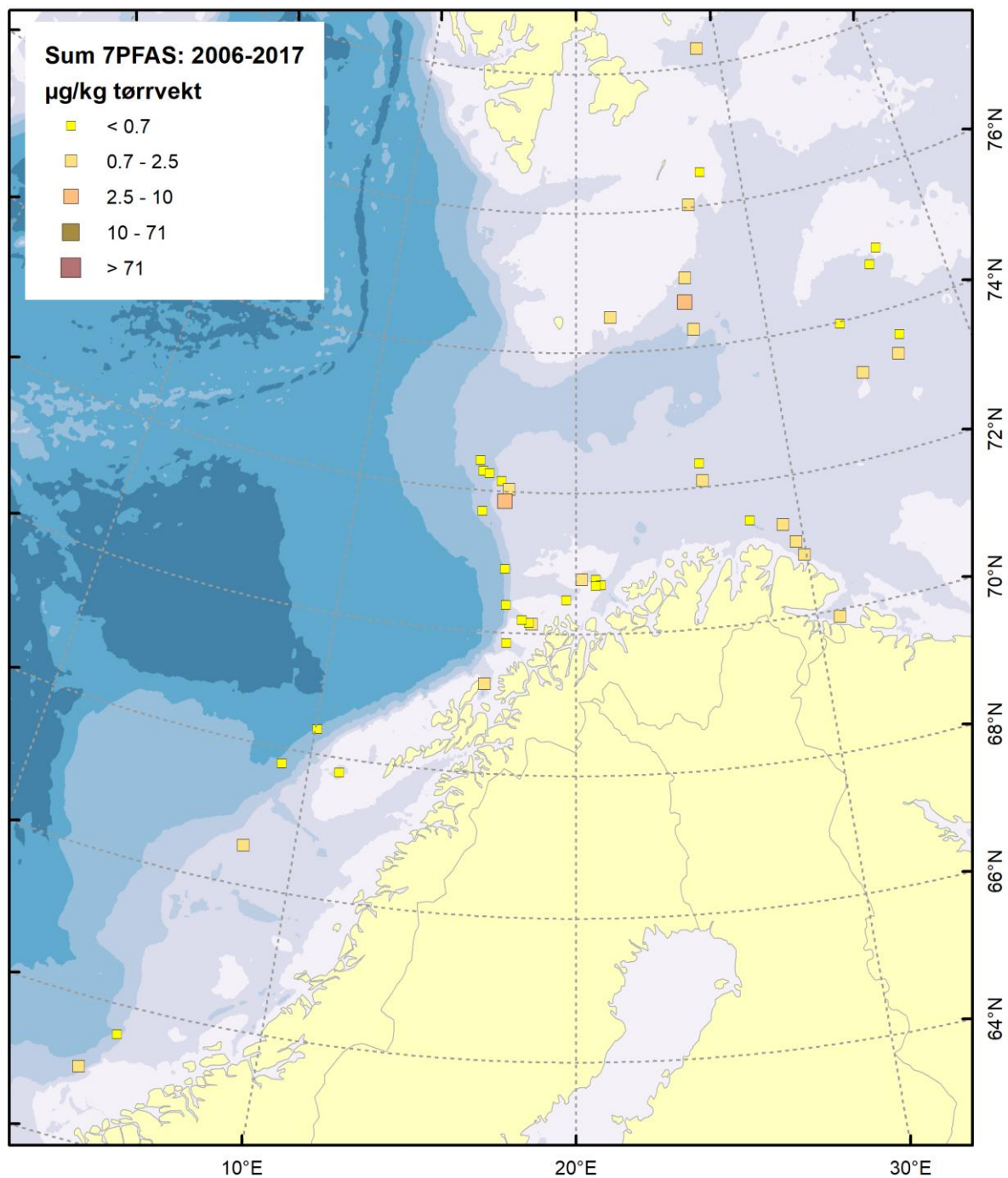
* - for nivåer under målegrensen ble LOQ/2 brukt til utregning av gjennomsnittet

Nivåer av PFAS ligger meget lavt ved alle de tre lokalitetene, med kun to stoffer (PFOA og PFNA) funnet over målegrensen i to prøver. Alle stoffer ligger under LOQ i den tredje prøven fra den nordligste lokaliteten, R1812. Nivåene ligger i Miljødirektoratets klasse II for PFOA og PFOS. Disse nivåene er lavere enn det som er tidligere funnet i områdene sør og vest i Barentshavet (se Boitsov & Klungøy 2018b).

Nivåer av klorerte paraffiner (SCCP og MCCP) i prøver fra de samme tre lokalitetene ligger alle under målegrensen, unntatt nivåer av MCCP i én av prøvene fra stasjon R1776. Her ligger nivået av MCCP på 2,8 mg/kg tørrvekt, som tilsvarer tilstandsklasse II ifølge Miljødirektoratets klassifisering gitt i tabell 5.

Nivåer av PFR (17 forbindelser) ligger også alle under målegrensen, unntatt nivåer av én forbindelse, TBEP, i en av prøvene (R1812), som ligger her på 6,7 µg/kg tørrvekt. Tilstandsklassene er kun etablert for en annen forbindelse i PFR-gruppen, TCEP, som ligger under målegrensen på 0,24 µg/kg tørrvekt i alle prøver og dermed innenfor tilstandsklasse II (tabell 5).

Nivåer av siloksaner (D4, D5 og D6) ble kvantifisert for D5 og D6 i én prøve fra stasjon R1751, mens de i andre prøvene og D4 i alle prøver ligger under målegrensen. Nivåene av D5 og D6 målt i prøve fra stasjon R1751 ligger imidlertid lavere enn nivåene av de samme stoffene målt i feltblankprøven (2,1 µg/kg tørrvekt for D5 og 1,3 µg/kg tørrvekt for D6). De må derfor anses som upålitelige og kan ikke vurderes som reell forurensning. For øvrig ligger alle målte nivåer inklusive feltblankprøven godt innenfor i Miljødirektoratets tilstandsklasse II (tabell 5).



Figur 13. Summerte nivåer av syv PFAS forbindelser i overflatesedimenter (0–1 cm) fra MAREANO-området. Stasjonsnumrene for prøvetakingslokalitetene fra høsten 2017 er vist på kart i figur 1.

IV. Planlagt arbeid

Prøvetaking i nye deler av MAREANO-området blir videreført, og det er tatt sedimentkjerner på 5 nye lokaliteter i 2018 i Kongsfjorden og Rijpfjorden ved Svalbard. Disse blir analysert sammen med prøvene fra to lokaliteter utenfor kysten av Svalbard tatt på høsten 2017 for hydrokarboner (PAH, THC), og for PBDE, PCB, klorerte pesticider og nye miljøgifter i løpet av 2019. Analyseresultatene er planlagt for rapportering til desember 2019.

V. Konklusjoner

Ved alle lokaliteter kartlagt av MAREANO på høsten 2017 ble det funnet nivåer av hydrokarboner (PAH, THC) som er noe høyere enn i sørlige deler av Barentshavet og i Norskehavet, men betydelig lavere enn ved Svalbard. Disse nivåene antas å ha stort sett naturlig opphav, bestående i stor grad av biogen perylen, og ellers i positiv korrelasjon med høyt innhold av organisk karbon (TOC) og høy andel leire/silt i sedimentene. Det er også en antydning på visse petrogene bidrag ved de nordligste stasjonene, antatt også av naturlig opphav. Eventuelle antropogene bidrag fra langtransporterte tilførsler, tidligere påvist andre steder i Barentshavet i varierende grad, er vanskelig å bedømme i prøvene rapportert her på grunn av for få prøver analysert i sedimentkjerner.

Antropogene organiske miljøgifter (POPs) av flere typer undersøkt i denne undersøkelsen ligger alle lavt eller meget lavt, og er enten ikke kvantifiserbare eller ligger i Miljødirektoratets klasse II for de forbindelsene som det er etablert klassifisering for. For flere av stoffgruppene er nivåene noe av det laveste som er hittil funnet gjennom MAREANO-kartlegging. Alt dette gjelder også nye organiske miljøgifter som ble målt i prøvene.

VI. Referanser

- Berger, M., Löffler, D., Ternes, T., Heininger, P., Ricking, M., Schwarzbauer, J. 2016. The effect of distribution processes on the isomeric composition of hexachlorocyclohexane in a contaminated riverine system. *International Journal of Environmental Science and Technology* 13, 995-1008.
- Boitsov, S., Klungsøyr, J. 2016. Undersøkelser av organiske miljøgifter i sedimenter fra MAREANO-området i 2015. Rapport fra Havforskningen 34-2016, 60 s. Tilgjengelig på <http://www.mareano.no/resultater/geokjemirapporter>
- Boitsov, S., Klungsøyr, J. 2018a. Undersøkelser av hydrokarboner og organiske miljøgifter i sedimenter fra MAREANO-området i 2016 og 2017. Rapport fra Havforskningen 11-2018, 56 s. Tilgjengelig på <http://www.mareano.no/resultater/geokjemirapporter>
- Boitsov, S., Klungsøyr, J. 2018b. Undersøkelser av nye organiske miljøgifter i sedimenter fra MAREANO-området. Rapport fra Havforskningen 37-2018, 27 s. Tilgjengelig på <http://www.mareano.no/resultater/geokjemirapporter>
- Corsini, E., Luebke, R.W., Germolec, D.R., DeWitt, J.C. 2014. Perfluorinated compounds: Emerging POPs with potential immunotoxicity. *Toxicology Letters* 230(2), 263-270.
- Hanssen, L., Dudarev, A.A., Huber, S., Odland, J.Ø., Nieboer, E., Sandanger, T.M. 2013. Partition of perfluoroalkyl substances (PFASs) in whole blood and plasma, assessed in maternal and umbilical cord samples from inhabitants of arctic Russia and Uzbekistan. *Science of Total Environment* 447, 430-437.
- Heldal, H.E., Varskog, P., Føyn, L. 2002. Distribution of selected anthropogenic radionuclides (¹³⁷Cs, ²³⁸Pu, ²³⁹, ²⁴⁰Pu and ³⁴¹Am) in marine sediments with emphasis on the Spitsbergen-Bear Island area. *Science of the Total Environment* 293, 233–245.
- Jensen, H.K.B., Boitsov, S., Finne, T.E., Klungsøyr, J., Knies, J. 2009. Physical and chemical traces of anthropogenic influence at the seabed and in the sediments in Ingøydjupet, Southern Barents Sea. *Norwegian Journal of Geology* 89, 101-108.
- Kelly, B.C., Ikonomidou, M.G., Blair, J.D., Surridge, B., Hoover, D., Grace, R., Gobas, F.A.P.C. 2009. Perfluoroalkyl contaminants in an Arctic marine food web: trophic magnification and wildlife exposure. *Environmental Science and Technology* 43, 4037-4043.
- Klif. 2011. Organophosphorous flame retardants in Arctic biota. Klif rapport 1092/2011, TA2791-2011. Ss. 50. Tilgjengelig på <http://www.miljodirektoratet.no/old/klif/publikasjoner/2791/ta2791.pdf>
- Marvin, C.H., Painter, S., Tomy, G.T., Stern, G.A., Braekevelt, E., Muir, D.C.G. 2003. Spatial and temporal trends in short-chain chlorinated paraffins in Lake Ontario sediments. *Environmental Science and Technology* 37, 4561-4568.
- Miljødirektoratet. 2013. Perfluorinated alkylated substances, brominated flame retardants and chlorinated paraffins in the Norwegian environment – screening 2013. Miljødirektoratets rapport M-40, 2013. Ss. 110. Tilgjengelig på <http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M-40/M40.pdf>
- Miljødirektoratet. 2016. Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota. Miljødirektoratets rapport M-608, 2016. 26 s. Tilgjengelig på <http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M608/M608.pdf>
- Neff, J.M. 2002. Bioaccumulation in marine organisms. Elsevier, Oxford. 452 s.

OSPAR. 2009. Assessment of impacts of offshore oil and gas activities in the North-East Atlantic. OSPAR Commission 453/2009. 39 s.

Powell, D.E., Durham, J., Huff, D.W., Böhmer, T., Gerhards, R., Koerner, M. 2010. Bioaccumulation and trophic transfer of cyclic volatile methylsiloxane (CVMS) materials in the aquatic marine food webs of the Inner and Outer Oslofjord, Norway. Final Report, Dow Corning, HES Study no 11060–108. Tilgjengelig på http://www.epa.gov/oppt/tsca8e/pubs/8ehq/2010/feb10/8ehq_0210_17834a.pdf

Rayne, S., Forest, K. 2009. Perfluoroalkyl sulfonic and carboxylic acids: A critical review of physicochemical properties, levels and patterns in waters and wastewaters, and treatment methods. Journal of Environmental Science and Health A - Toxic/hazardous substances & environmental engineering 44(12), 1145-1199.

Rücker, C., Kümmerer, K. 2015. Environmental chemistry of organosiloxanes. Chemical Reviews 115(1), 466-524.

SFT. 2008a. Mapping selected organic contaminants in the Barents Sea 2007. SFT rapport 1021/2008, TA-2400/2008. Ss. 135. Tilgjengelig på <http://www.miljodirektoratet.no/old/klif/publikasjoner/2400/ta2400.pdf>

SFT. 2008b. Polybrominated diphenyl ethers and perfluorinated compounds in the Norwegian environment. SFT rapport 2450/2008. Ss. 45. Tilgjengelig på <http://www.miljodirektoratet.no/old/klif/publikasjoner/2450/ta2450.pdf>

Van der Veen, I., de Boer, J. 2012. Phosphorus flame retardants: properties, production, environmental occurrence, toxicity and analysis. Chemosphere 88, 1119-1153.

Vorkamp, K., Rigét, F. 2014. A review of new and current-use contaminants in the Arctic environment: Evidence of long-range transport and indications of bioaccumulation. Chemosphere 111, 379-395.

Zaborska, A., Carroll, J., Papucci, C., Torricelli, L., Carroll, M.L., Walkusz-Miotk, J., Pempkowiak, J. 2008. Recent sediment accumulation rates for the Western margin of the Barents Sea. Deep-Sea Research II 55, 2352–2360.

Vedlegg A. Resultater av PAH målinger i sedimentkjerner fra fem lokaliteter

Forkortelser: NAP – naftalen, BIP – bifenyl, ACY – acenaftilen, ACE – acenaften, DBF – dibenzofuran, FLU – fluoren, PHE – fenantren, ANT – antracen, DBT – dibenzotiofen, FLT – fluoranten, PYR – pyren, BAA – benz[*a*]antracen, CHR – krysen, BBF – benzo[*b*]fluoranten, BKF – benzo[*k*]fluoranten, BJF - benzo[*j*]fluoranten, BEP - benzo[*e*]pyren, BAP – benzo[*a*]pyren, PER – perylen, IND – indeno[1,2,3-*cd*]pyren, DBA – dibenz[*a,h*]antracen, BGP – benzo[*ghi*]perylene, Me – metyl, Et – etyl, Pr – propyl, DiMe – dimetyl, TMe – trimetyl, TeMe – tetrametyl.

Nivåene angis i µg/kg tørrvekt. Nivåer under kvantifiseringsgrensen på 0,5 µg/kg tørrvekt angis som "<0,5".

(Fortsetter på neste side)

Undersøkelser av hydrokarboner og organiske miljøgifter i
sedimenter fra MAREANO-området i 2017

R1751 MC06 /cm	0-1	2-3	4-5	6-7	8-9	10-11	12-13	14-15	16-17	18-19	20-21	22-23	24-25	26-27	28-29	30-31
NAP	12	12	11	11	10	10	11	10	10	9	9	9	10	9	10	10
2-MeNAP	19	22	23	21	21	19	25	22	19	20	19	20	19	20	21	19
1-MeNAP	23	26	28	30	25	20	29	23	23	24	23	23	23	24	25	23
BIP	5	5	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2,6-DiMeNAP	15	15	19	14	11	10	10	9	9	9	9	9	9	9	9	9
1,3-DiMeNAP	32	34	32	33	33	34	35	37	32	33	32	31	32	35	34	32
2,3-DiMeNAP	8	9	10	10	8	9	9	8	8	9	8	8	9	9	9	8
1,4-DiMeNAP	4	5	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
ACY	0,9	0,7	0,7	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
ACE	2,1	2,2	2,0	2,9	2,1	1,8	2,8	1,7	1,8	1,8	1,8	1,7	2,0	1,7	1,9	1,5
DBF	5	6	6	5	4	5	5	5	4	4	4	4	5	4	5	4
1,3,7-TMeNAP	9	10	10	13	13	9	14	10	11	10	10	10	11	12	12	12
2,3,5-TMeNAP	9	11	10	11	11	9	11	12	10	10	10	10	11	11	11	10
1,2,3-TMeNAP	3	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4
1,4,6,7-TeMeNAP	2	3	3	3	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	3
1,2,5,6-TeMeNAP	10	11	15	12	14	11	14	15	12	12	11	10	12	13	12	13
FLU	6	6	6	5	6	5	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5
1-MeFLU	9	11	12	8	12	8	10	11	9	9	9	8	10	9	10	9
9-EtFLU	<0,5	0,7	0,6	0,5	0,6	0,6	0,8	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,6	0,6
DBT	3	3	3	3	3	2	3	2	2	3	2	2	2	3	3	2
PHE	30	31	29	28	27	26	26	25	25	26	25	25	26	26	27	25
ANT	2,8	2,3	2,1	2,5	2,3	2,2	1,9	1,7	2,1	2,1	1,9	1,9	2,1	2,0	1,7	1,5
4-MeDBT	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3-MePHE	11	11	12	9	11	10	13	11	10	10	10	10	11	13	12	10
2-MePHE	12	13	14	10	12	12	15	14	12	12	12	11	13	15	14	12
9-MePHE	22	21	20	17	20	19	21	20	18	19	19	18	19	22	22	18
1-MePHE	12	12	12	10	12	11	11	11	10	11	11	10	11	12	12	11
4-EtDBT	0,9	0,9	0,9	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,7	0,8	0,9	0,9	0,7
3,6-DiMePHE	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4-PrDBT	0,7	0,6	0,6	<0,5	0,8	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6
1,7-DiMePHE	9	10	9	8	11	9	9	9	8	9	9	8	9	9	10	9
1,2-DiMePHE	4	3	4	3	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	4	3
2,6,9-TMePHE	6	6	7	6	7	5	6	6	6	6	6	5	5	6	6	5
1,2,6-TMePHE	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
1,2,7-TMePHE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1,2,6,9-TeMePHE	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
FLT	26	27	34	23	17	17	13	14	12	12	11	11	11	11	12	9
PYR	26	27	28	26	25	25	25	23	23	24	23	22	23	22	23	21
BAA	17	15	17	13	9	11	11	10	10	10	9	10	11	11	10	8
CHR	16	17	16	13	9	8	9	7	8	7	8	8	9	7	8	7
BBF	77	77	97	54	51	46	46	44	43	45	44	43	46	47	40	42
BKF	17	21	27	15	12	11	11	9,7	9,6	10	9,5	9,6	10	11	9	9,3
BJF	17	21	27	14	12	10	10	9	8,7	9,3	8,9	8,7	9	9	8	8
BEP	36	42	50	35	30	28	28	26	26	27	26	26	28	30	27	26
BAP	27	28	32	25	24	24	23	23	22	23	21	21	22	23	23	21
PER	273	287	267	253	263	261	249	232	234	245	228	221	236	238	233	223
IND	39	40	44	32	23	22	20	18	17	18	17	17	19	18	19	18
DBA	5,9	6,0	6,3	4,9	4,0	4,4	3,8	3,6	3,4	3,4	3,5	3,3	3,7	3,6	3,7	3,5
BGP	42	44	49	41	36	35	35	33	32	33	32	31	34	33	37	33

Undersøkelser av hydrokarboner og organiske miljøgifter i
sedimenter fra MAREANO-området i 2017

R1776 MC08 /cm	0-1	2-3	4-5	6-7	8-9	10-11	12-13	14-15	16-17	18-19	20-21	22-23	24-25	26-27	28-29	30-31
NAP	12	14	14	13	12	12	11	12	12	11	11	12	12	11	12	12
2-MeNAP	20	23	24	23	23	22	20	23	22	22	24	25	24	24	25	25
1-MeNAP	25	31	29	30	29	31	24	29	30	29	30	33	32	32	34	33
BIP	4,7	5,3	5,3	5,3	5,0	5,0	4,7	5,1	4,9	4,8	4,9	5,2	5,4	5,1	5,2	5,3
2,6-DiMeNAP	32	36	34	37	28	25	21	23	21	21	21	19	19	22	23	20
1,3-DiMeNAP	37	44	42	43	42	43	35	41	43	43	43	46	46	47	46	52
2,3-DiMeNAP	10	11	11	11	11	11	9	11	11	12	11	12	12	12	12	12
1,4-DiMeNAP	6,3	7,2	6,9	7,3	7,1	7,4	6,1	6,9	7,3	7,3	7,8	8,0	8,1	8,1	8,1	8,2
ACY	0,75	0,96	0,93	0,89	0,85	0,99	0,78	0,91	0,75	0,77	0,77	0,66	0,74	0,99	0,73	0,75
ACE	2,8	3,1	4,3	3,7	3,5	4,1	3,3	4,7	5,6	4,9	4,5	4,1	4,0	4,8	3,9	6,1
DBF	5,7	6,9	7,6	7,0	7,1	7,7	6,8	8,0	8,5	6,8	6,5	6,2	6,5	5,9	6,7	8,5
1,3,7-TMeNAP	12	16	15	17	13	16	13	13	16	15	14	16	16	15	19	18
2,3,5-TMeNAP	12	15	14	16	15	15	12	14	14	16	16	15	16	16	15	16
1,2,3-TMeNAP	5,1	5,9	5,8	6,0	5,8	6,0	5,7	5,6	6,6	6,7	7,2	6,4	6,6	6,9	6,5	6,6
1,4,6,7-TeMeNAP	3,2	4,1	3,2	4,5	4,1	3,9	3,6	3,4	3,4	4,1	3,6	4,1	3,8	4,2	4,1	4,4
1,2,5,6-TeMeNAP	15	18	19	20	19	18	17	18	19	20	21	20	20	21	20	24
FLU	7,1	8,1	8,2	7,7	9,0	8,1	9,2	8,9	9,4	7,1	9,1	7,7	8,4	8,8	8,3	10
1-MeFLU	13	14	15	15	17	16	17	17	17	14	19	16	17	18	17	19
9-EtFLU	<0,5	1,0	1,1	1,1	1,2	1,1	1,3	1,3	1,2	1,0	1,2	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
DBT	3,2	3,3	3,7	3,8	3,9	3,7	3,5	3,6	3,7	3,0	3,5	3,4	3,6	3,4	3,3	3,5
PHE	34	35	39	38	39	37	36	39	40	35	37	38	39	40	39	41
ANT	3,9	4,0	4,6	3,8	4,2	4,0	3,9	3,8	3,2	4,3	3,0	4,2	4,2	4,0	3,7	3,7
4-MeDBT	4,0	4,2	4,3	4,0	4,9	4,0	4,2	4,3	4,2	3,9	4,3	3,8	4,2	4,1	4,3	4,4
3-MePHE	13	13	14	14	16	15	14	15	15	12	14	13	15	16	15	16
2-MePHE	15	15	17	15	18	17	16	17	17	14	16	16	17	18	18	19
9-MePHE	30	28	32	30	34	31	32	33	33	27	32	33	35	34	35	36
1-MePHE	15	14	16	16	17	16	17	17	16	14	16	17	17	17	17	18
4-EtDBT	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5	1,3	1,4	1,4	1,5	1,2	1,5	1,4	1,4	1,5	1,6	1,6
3,6-DiMePHE	1,7	1,8	1,9	1,8	1,8	1,7	2,0	1,9	1,7	1,5	1,7	1,7	1,9	1,8	2,1	2,0
4-PrDBT	1,0	0,83	1,1	1,0	0,88	0,91	0,81	1,1	1,1	0,7	1,1	0,77	0,83	0,99	0,76	1,2
1,7-DiMePHE	12	11	12	13	15	12	12	14	13	11	14	11	12	13	13	15
1,2-DiMePHE	5,5	5,5	5,5	5,5	6,0	5,7	5,2	6,6	5,6	4,9	6,6	5,0	5,9	6,0	5,7	5,6
2,6,9-TMePHE	8,3	8,3	8,7	8,8	9,3	7,7	9,2	11,3	9,3	6,8	10	9,3	10	11	10	10
1,2,6-TMePHE	2,9	2,4	2,9	3,1	3,2	3,1	3,3	3,0	3,1	2,9	3,1	2,8	3,2	2,9	3,5	3,1
1,2,7-TMePHE	1,9	1,6	1,9	2,0	2,1	2,0	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9	1,8	2,1	1,8	2,3	1,9
1,2,6,9-TeMePHE	<0,5	<0,5	<0,5	0,6	<0,5	<0,5	<0,5	0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,5	0,6
FLT	39	49	48	47	44	42	43	45	26	27	26	23	22	22	19	21
PYR	33	39	41	44	43	41	40	41	41	39	41	43	42	40	42	39
BAA	23	21	21	21	21	18	18	18	16	17	19	17	17	17	17	15
CHR	18	17	19	18	14	14	13	16	15	13	15	15	12	11	14	11
BBF	103	99	125	108	101	114	114	111	98	80	82	90	93	96	88	87
BKF	22	25	32	27	23,6	25,8	26,9	24,1	20,7	18,3	17,4	19,7	19,7	18,9	18	16,0
BJF	22	25	32	27	24	26	27	25	18,0	17,0	15,3	16,6	17	16	17	16
BEP	47	51	62	58	57	56	57	59	48	44	46	53	49	49	49	50
BAP	40	42	49	47	46	45	45	44	43	43	45	50	50	46	48	40
PER	359	411	450	445	447	452	453	484	461	449	484	512	494	475	466	398
IND	52	55	59	57	52	50	50	48	37	38	37	38	37	36	37	31
DBA	7,6	8,4	8,8	8,7	7,2	7,2	6,6	5,9	5,8	6,5	6,4	6,4	6,9	5,5	5,9	3,8
BGP	59	73	77	75	70	72	66	57	60	68	59	65	68	62	64	50

Undersøkelser av hydrokarboner og organiske miljøgifter i
sedimenter fra MAREANO-området i 2017

R1812 MC09 /cm	0-1	2-3	6-7	10-11	14-15	20-21	30-31
NAP	11	9,7	9,0	8,2	8,7	8,7	2,1
2-MeNAP	18	18	20	17	19	20	4,2
1-MeNAP	23	26	28	25	24	25	7,2
BIP	4,2	4,1	4,0	3,8	3,7	4,1	1,1
2,6-DiMeNAP	41	50	32	28	18	16	3,4
1,3-DiMeNAP	36	41	43	37	37	41	13
2,3-DiMeNAP	10	11	12	10	11	11	3,7
1,4-DiMeNAP	7,0	7,7	8,3	7,6	7,2	7,8	2,9
ACY	0,97	0,82	0,80	1,1	1,1	0,76	<0,5
ACE	3,7	4,7	4,3	5,0	6,3	5,2	1,8
DBF	5,6	6,3	6,2	8,5	9,1	5,7	1,6
1,3,7-TMeNAP	13	17	14	15	13	16	6,0
2,3,5-TMeNAP	13	15	15	14	13	16	6,5
1,2,3-TMeNAP	5,9	6,6	7,0	6,0	5,9	6,3	3,5
1,4,6,7-TeMeNAP	3,7	4,3	4,5	4,8	4,2	4,1	2,7
1,2,5,6-TeMeNAP	16	19	19	19	18	19	10
FLU	8,1	7,9	8,3	8,5	7,8	7,6	2,6
1-MeFLU	14	16	17	18	17	18	6,5
2-EtFLU	<0,5	1,3	1,4	1,6	1,3	1,6	0,9
DBT	3,7	4,0	3,9	3,8	3,5	3,6	1,4
PHE	33	35	34	36	36	35	12
ANT	3,9	4,4	4,3	4,3	4,4	4,1	2,4
4-MeDBT	4,7	4,9	4,3	5,1	4,4	4,7	2,2
3-MePHE	13	13	14	14	13	14	6,0
2-MePHE	14	15	16	16	15	16	6,5
9-MePHE	33	34	38	37	33	35	15
1-MePHE	15	16	18	18	16	17	7
4-EtDBT	1,6	1,6	1,8	1,7	1,7	1,6	1,1
3,6-DMePHE	1,7	2,1	1,9	1,8	1,6	1,6	1,3
4-PrDBT	0,85	0,91	1,1	0,98	0,90	1,05	0,75
1,7-DiMePHE	12	12	13	13	12	12	6,0
1,2-DiMePHE	6,2	5,9	6,8	6,2	6,4	6,1	3,0
2,6,9-TMePHE	10	9	11	11	11	10	5,6
1,2,6-TMePHE	2,8	2,8	3,0	3,4	2,8	2,9	1,6
1,2,7-TMePHE	1,9	1,8	2,0	2,1	1,9	1,9	0,9
1,2,6,9-TeMePHE	0,54	0,55	0,62	0,53	0,56	0,55	<0,5
FLT	39	42	44	38	32	22	9,8
PYR	37	42	43	43	44	45	24
BAA	21	19	18	13	17	19	7,9
CHR	21	18	13	9,6	11	14	5,4
BBF	86	89	102	104	97	86	58
BKF	17	22	23	21,3	19,7	18,0	11
BJF	16	21	23	22	19	16,3	9,9
BEP	39	47	53	56	52	49	30
BAP	41	45	48	43	49	52	26
PER	390	448	482	444	500	490	232
IND	39	40	42	40	36	36	18
DBA	6,0	6,5	6,2	4,5	5,0	6,3	2,3
BGP	52	64	60	48	56	68	29

Undersøkelser av hydrokarboner og organiske miljøgifter i
sedimenter fra MAREANO-området i 2017

R1817 MC10 /cm	0-1	2-3	4-5	6-7	10-11	14-15	20-21
NAP	11	14	14	15	12	13	16
2-MeNAP	25	30	32	29	29	30	82
1-MeNAP	31	39	40	36	38	40	128
BIP	5,8	5,2	5,8	5,5	5,8	7,5	46
2,6-DiMeNAP	27	20	20	20	16	16	38
1,3-DiMeNAP	53	52	53	52	55	67	377
2,3-DiMeNAP	14	14	15	14	15	18	110
1,4-DiMeNAP	10	9,9	9,6	9,1	10	14	102
ACY	1,2	1,4	1,3	1,5	1,4	1,3	14
ACE	6,8	6,9	5,4	6,7	7,3	9,2	214
DBF	6,9	9,8	10	12	9,5	6,6	14
1,3,7-TMeNAP	20	16	18	17	20	28	186
2,3,5-TMeNAP	18	17	16	17	18	23	143
1,2,3-TMeNAP	7,2	6,9	7,1	6,9	7,3	9,0	57
1,4,6,7-TeMeNAP	5,6	5,2	4,1	4,4	4,5	6,5	53
1,2,5,6-TeMeNAP	16	18	18	20	19	21	62
FLU	8,0	9,1	8,8	9,2	9,0	9,1	47
1-MeFLU	21	20	19	20	25	34	325
9-EtFLU	<0,5	1,3	1,2	1,3	1,5	1,8	13
DBT	3,2	3,4	3,6	3,8	3,5	3,6	16
PHE	57	51	51	51	53	60	399
ANT	4,1	4,6	4,2	4,5	4,5	5,7	24
4-MeDBT	4,8	4,6	4,3	4,7	4,6	4,6	22
3-MePHE	20	18	17	19	20	22	128
2-MePHE	25	20	20	22	23	27	167
9-MePHE	57	41	39	41	48	61	497
1-MePHE	28	21	21	23	24	29	212
4-EtDBT	1,3	1,1	1,1	1,2	1,3	1,4	8,8
3,6-DMePHE	2,3	2,1	2,4	2,4	2,5	2,3	10
4-PrDBT	1,0	1,0	0,9	1,0	1,1	1,2	4,5
1,7-DiMePHE	18	15	15	16	18	19	105
1,2-DiMePHE	6,6	6,3	5,5	6,0	6,7	7,5	52
2,6,9-TMePHE	11	11	9,3	10	12	14	84
1,2,6-TMePHE	3,7	3,4	3,2	3,4	3,8	4,1	25
1,2,7-TMePHE	2,1	2,0	1,9	2,1	2,1	2,1	10
1,2,6,9-TeMePHE	<0,5	<0,5	0,50	<0,5	<0,5	<0,5	1,3
FLT	45	40	45	44	35	40	348
PYR	53	45	48	45	55	75	606
BAA	32	20	22	20	22	28	191
CHR	25	18	25	20	18	26	242
BBF	88	94	113	108	84	95	324
BKF	17	22	27	27	17	18	55
BJF	17	22	28	28	17	18	49
BEP	47	53	65	62	55	59	179
BAP	40	38	42	39	44	56	224
PER	393	331	341	318	385	530	2422
IND	39	38	47	49	34	36	195
DBA	6,9	6,5	6,5	7,1	6,0	7,4	38
BGP	56	58	62	65	62	71	361

Undersøkelser av hydrokarboner og organiske miljøgifter i
sedimenter fra MAREANO-området i 2017

R1819 MC11 /cm	0-1	2-3	4-5	6-7	8-9	10-11	12-13	14-15	16-17	18-19	20-21	22-23	24-25	26-27	28-29
NAP	14	15	17	16	18	18	19	21	21	21	21	27	29	26	22
2-MeNAP	30	34	35	36	39	42	44	43	42	47	47	55	59	67	50
1-MeNAP	35	48	44	45	49	52	50	52	50	68	62	66	71	73	67
BIP	5,5	5,9	6,3	6,9	7,1	7,4	7,1	8,5	8,2	8,4	9,2	10	12	11	8,8
2,6-DiMeNAP	16	15	19	18	12	17	16	15	20	20	18	29	22	26	22
1,3-DiMeNAP	51	53	58	60	64	74	63	67	76	78	85	87	93	98	80
2,3-DiMeNAP	13	15	15	17	17	18	17	18	20	20	20	23	23	28	20
1,4-DiMeNAP	8,4	8,4	9,5	9,2	10	10	9,5	10	11	12	12	13	13	16	12
ACY	0,93	0,65	0,90	0,98	0,91	0,67	0,81	0,96	0,72	0,80	0,95	1,1	1,2	1,1	1,8
ACE	4,0	3,1	3,4	3,2	3,9	3,3	3,3	3,8	4,1	3,7	3,8	4,9	5,3	3,9	6,8
DBF	6,7	8,1	8,5	8,1	7,9	8,6	8,7	10	9,1	10	12	14	16	11	21
1,3,7-TMeNAP	17	17	21	22	24	20	22	25	21	31	26	29	32	35	30
2,3,5-TMeNAP	16	18	21	19	20	20	19	21	19	28	26	27	27	28	25
1,2,3-TMeNAP	6,1	6,1	6,5	6,7	6,8	8,0	6,2	6,9	6,2	8,1	7,4	8,3	9,5	8,5	8,4
1,4,6,7-TeMeNAP	4,2	4,0	3,8	4,4	4,7	4,6	3,8	4,4	3,7	4,9	4,3	5,2	4,9	5,1	4,5
1,2,5,6-TeMeNAP	15	17	17	19	19	20	17	20	18	26	21	26	23	29	21
FLU	7,8	7,5	7,9	8,4	8,6	9,6	9,6	10	11	9,5	9,8	14	19	12	14
1-MeFLU	17	17	18	19	20	19	22	22	23	24	21	32	32	29	26
2-EtFLU	<0,5	1,1	1,2	1,1	1,4	1,2	1,3	1,1	1,4	1,1	1,3	1,7	1,5	1,3	1,6
DBT	3,3	3,4	3,6	3,6	3,8	3,8	4,2	4,5	4,5	4,7	4,8	5,9	6,6	5,7	5,2
PHE	46	46	49	51	53	51	56	63	61	61	63	77	85	77	74
ANT	3,7	3,2	3,7	3,7	3,6	2,7	3,6	4,1	3,5	3,7	3,9	3,9	4,1	4,4	5,1
4-MeDBT	4,4	4,8	4,5	4,7	5,5	4,8	5,4	5,9	6,1	5,4	6,2	7,8	8,5	7,2	7,8
3-MePHE	19	18	19	20	24	22	23	25	26	23	26	35	42	33	33
2-MePHE	21	20	24	23	26	27	30	26	30	26	30	40	46	37	36
9-MePHE	42	36	45	40	43	45	48	43	46	41	48	58	69	54	55
1-MePHE	21	19	24	21	23	24	26	23	26	22	26	33	40	29	31
4-EtDBT	1,2	1,0	1,3	1,1	1,2	1,2	1,4	1,2	1,2	1,1	1,3	1,5	1,9	1,4	1,5
3,6-DMePHE	2,3	2,4	2,8	2,8	2,7	2,6	3,2	3,2	3,5	3,2	3,6	4,7	5,0	4,3	4,2
4-PrDBT	0,98	0,85	1,0	0,94	1,1	0,99	1,1	1,0	1,1	0,99	1,1	1,3	1,4	1,3	1,4
1,7-DiMePHE	17	15	18	16	18	18	19	19	21	18	21	33	29	27	25
1,2-DiMePHE	6,1	5,3	6,1	5,6	6,0	5,3	5,9	5,6	6,3	6,3	6,8	9,1	8,0	7,2	7,2
2,6,9-TMePHE	11	11	10	10	10	10	11	10	11	11	11	16	15	13	13
1,2,6-TMePHE	3,7	3,2	3,4	3,5	3,7	3,5	3,9	3,8	4,3	4,2	4,4	5,8	5,9	5,1	4,9
1,2,7-TMePHE	2,2	1,8	1,8	2,0	2,0	1,9	2,0	2,0	2,3	2,2	2,3	3,0	3,0	2,6	2,6
1,2,6,9-TeMePHE	<0,5	<0,5	<0,5	0,5	0,5	<0,5	0,6	<0,5	0,60	0,53	<0,5	0,64	0,81	0,55	0,62
FLT	32	25	32	30	23	20	20	20	18	19	20	22	23	21	19
PYR	40	45	46	46	42	38	41	40	37	37	40	44	42	42	38
BAA	21	17	19	20	22	18	20	18	20	16	17	19	21	18	16
CHR	20	15	20	21	18	16	13	16	21	13	13	21	20	17	17
BBF	88	80	86	100	86	86	79	77	79	79	82	94	93	85	82
BKF	17	17	19	22	18	19	16	15	17	16	17	20	19	18	17
BJF	17	16	19	22	17	19	15	14	15	14	15	18	17	16	16
BEP	53	51	54	61	58	57	57	56	58	57	64	72	71	66	65
BAP	35	37	38	41	41	41	42	44	42	43	47	50	50	46	44
PER	289	304	300	318	318	298	298	314	290	296	317	341	336	310	291
IND	39	34	37	42	34	34	31	32	30	30	32	35	35	34	33
DBA	7,0	6,2	7,2	7,1	6,9	6,7	7,1	6,8	6,8	6,7	6,9	7,8	8,1	7,3	6,9
BGP	54	54	63	61	60	64	66	69	67	67	71	80	87	76	69

Vedlegg B. Resultater av THC målinger i overflatesedimenter fra fem lokaliteter

Nivåer under kvantifiseringsgrensen på 2,0 mg/kg tørrvekt angis som "<2,0".

Stasjon	Konsentrasjon, mg/kg t.v.
R1751 MC6	23
R1776 MC8	33
R1812 MC9	38
R1817 MC10	32
R1819 MC11	25

Undersøkelser av hydrokarboner og organiske miljøgifter i
sedimenter fra MAREANO-området i 2017

Vedlegg C. Resultater av PBDE målinger i overflatesedimenter fra to lokaliteter

Nivåene angis i µg/kg tørrvekt. Nivåer under kvantifiseringsgrensen på 0,03 µg/kg tørrvekt angis som "<0,03".

Stasjon	BDE 28	BDE 35	BDE 75	BDE 49+71	BDE 47	BDE 66	BDE 77	BDE 100	BDE 119	BDE 99	BDE 118	BDE 85	BDE 154	BDE 153	BDE 138	BDE 183	BDE 181	BDE 190	BDE 207	BDE 203	BDE 196	BDE 205	BDE 195	BDE 206	BDE 209
R1817 MC10	<0,03	<0,03	<0,03	<0,06	0,05	<0,03	0,06	<0,03	<0,03	<0,03	0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,18
R1819 MC11	<0,03	<0,03	<0,03	<0,06	0,06	<0,03	0,07	<0,03	<0,03	<0,03	0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03

Undersøkelser av hydrokarboner og organiske miljøgifter i
sedimenter fra MAREANO-området i 2017

Vedlegg D. Resultater av målinger av klorerte miljøgifter i overflatesedimenter fra to lokaliteter

Nivåene angis i µg/kg tørrvekt. Nivåer under kvantifiseringsgrensen på 0,02 µg/kg tørrvekt angis som "<0,02".

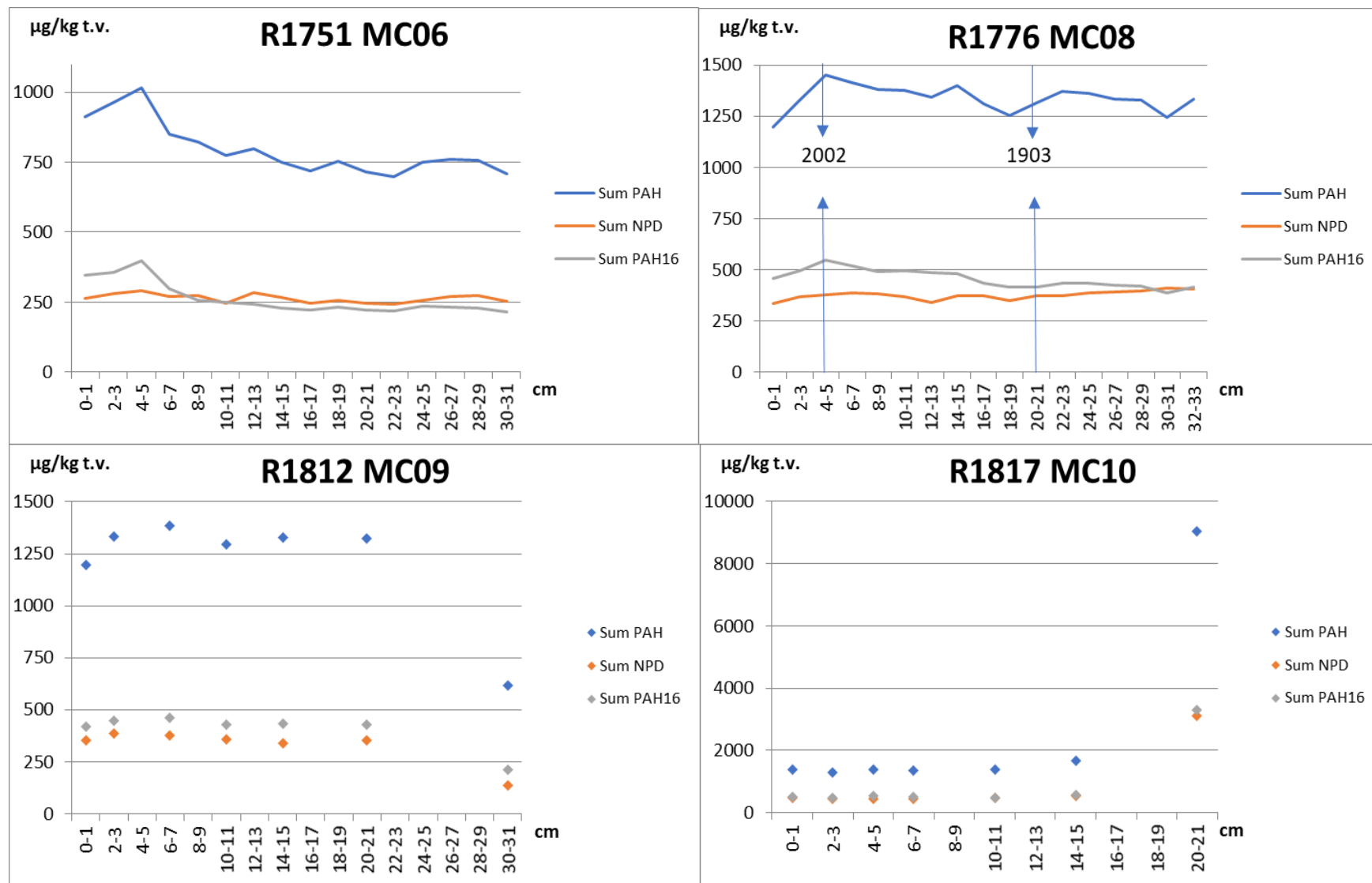
Stasjon	PCB#28	PCB#31	PCB#52	PCB#101	PCB#105	PCB#118	PCB#138	PCB#153	PCB#156	PCB#180	p,p'-DDD	p,p'-DDE	p,p'-DDT	HCB	α-HCH	β-HCH	γ-HCH	TNC	Dieldrin
R1817 MC10	0,42	0,04	0,03	0,12	<0,02	0,04	0,04	0,09	0,02	<0,02	0,07	0,08	<0,02	0,16	0,03	0,29	0,02	0,03	0,20
R1819 MC11	0,17	0,04	0,03	0,11	<0,02	0,03	0,04	0,06	0,03	<0,02	<0,02	0,10	0,02	0,16	0,04	0,27	0,06	0,03	0,08

Vedlegg E. Resultater av målinger av nye organiske miljøgifter i overflatesedimenter fra tre lokaliteter

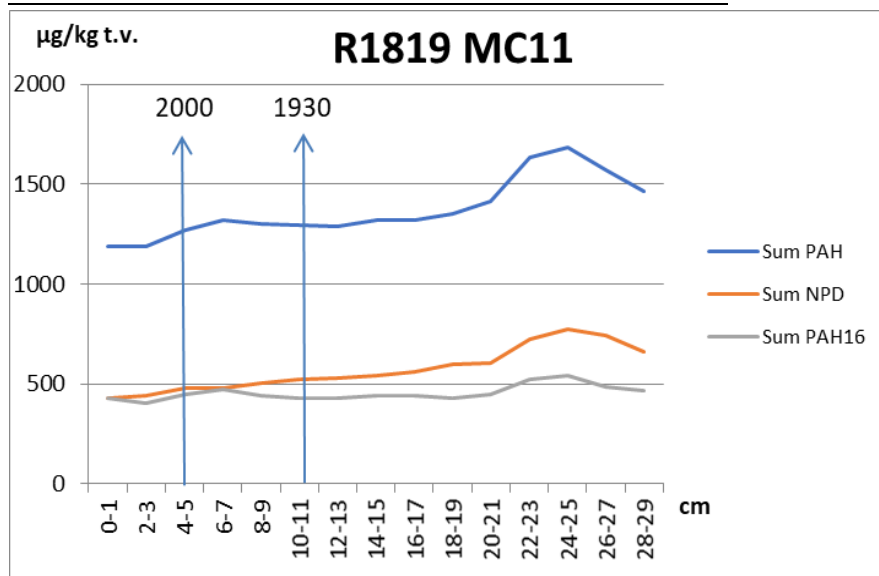
Nivåene angis i µg/kg tørrvekt. Nivåer under kvantifiseringsgrensen angis som mindre enn kvantifiseringsgrensens verdi i µg/kg tørrvekt. For forklaring av forkortelsene se tabell 6.

Forbindelse	Stasjon	R 1751	R 1776	R 1812	Feltblank
4:2 FTS		<0,10	<0,10	<0,10	
6:2 FTS		<0,10	<0,10	<0,10	
8:2 FTS		<0,10	<0,10	<0,10	
PFBS		<0,10	<0,10	<0,10	
PFPS		<0,10	<0,10	<0,10	
PFHxS		<0,10	<0,10	<0,10	
PFHpS		<0,10	<0,10	<0,10	
PFOS br		<0,05	<0,05	<0,05	
PFOSlin		<0,05	<0,05	<0,05	
PFNS		<0,10	<0,10	<0,10	
PFDS		<0,10	<0,10	<0,10	
FOSA		<0,10	<0,10	<0,10	
PFHxA		<0,05	<0,05	<0,05	
PFHpA		<0,05	<0,05	<0,05	
PFOA		0,24	0,08	0,03	
PFNA		0,13	0,10	0,03	
PFDA		<0,05	<0,05	<0,05	
PFUnDA		<0,05	<0,05	<0,05	
PFDoDA		<0,05	<0,05	<0,05	
PFTrDA		<0,05	<0,05	<0,05	
PFTeDA		<0,05	<0,05	<0,05	
TEP		<0,13	<0,13	<0,13	
TCEP		<0,24	<0,24	<0,24	
TPrP		<0,01	<0,01	<0,01	
TCPP		<0,48	<0,48	<0,48	
TIBP		<0,06	<0,06	<0,06	
BdPhP		<0,03	<0,03	<0,03	
DBPhP		<0,01	<0,01	<0,01	
TnBP		<0,11	<0,11	<0,11	
TPP		<0,13	<0,13	<0,13	
TDCPP		<0,02	<0,02	<0,02	
TBEP		<1,31	<1,31	6,7	
TCP		<0,02	<0,02	<0,02	
EHDP		<0,08	<0,08	<0,08	
TXP		<0,02	<0,02	<0,02	
TIPPP		<0,01	<0,01	<0,01	
TTBPP		<0,02	<0,02	<0,02	
TEHP		<0,04	<0,04	<0,04	
D4		<2,03	<2,03	<2,03	<2,03
D5		0,99	<0,84	<0,84	2,1
D6		0,99	<81	<0,81	1,3
SCCP		<1376	<1376	<1376	
MCCP		<655	2778	<655	

Vedlegg F. Dybdeprofiler av PAH-nivåer i sedimentkjerner fra fem lokaliteter. Dateringen er angitt der den er tilgjengelig. Dybdeprofiler er vist med heltrukne linjer der det ble analysert hvert 2.snitt, mens de kjernene der det kun ble analysert 7 prøver per kjerne er kun vist med punkter.



Undersøkelser av hydrokarboner og organiske miljøgifter i sedimenter fra MAREANO-området i 2017



Retur: Havforskningsinstituttet, Postboks 1870 Nordnes, NO-5817 Bergen

HAVFORSKNINGSINSTITUTTET
Institute of Marine Research

Nordnesgaten 50 – Postboks 1870 Nordnes
NO-5817 Bergen
Tlf.: +47 55 23 85 00
E-post: post@hi.no

www.hi.no

