



# MILJØFARLIGE FORURENENDE STOFFER 2023

NOVANA

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 634

2024



AARHUS  
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI



# MILJØFARLIGE FORURENENDE STOFFER 2023

NOVANA

---

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 634

2024

Pia Lassen  
Martin Mørk Larsen  
Christian Kjær  
Liselotte Sander Johansson  
Jakob Strand  
Zhanna Tairova  
Peter Borgen Sørensen  
Christian Frølund Damgaard

Aarhus Universitet, Institut for Miljøvidenskab og Institut for Ecoscience



AARHUS  
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

# Datablad

Serietitel og nummer:	Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 634
Kategori:	Rådgivningsrapporter
Titel:	Miljøfarlige forurenende stoffer 2023
Undertitel:	NOVANA
Forfattere:	Pia Lassen, Martin Mørk Larsen, Christian Kjær, Liselotte Sander Johansson, Jakob Strand, Zhanna Tairova, Peter Borgen Sørensen, Christian Frølund Damgaard
Institutioner:	Aarhus Universitet, Institut for Miljøvidenskab og Institut for Ecoscience
Udgiver:	Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL:	<a href="http://dce.au.dk">http://dce.au.dk</a>
Udgivelsesår:	December 2024
Redaktion afsluttet:	December 2024
Faglig kommentering:	Rossana Bossi, Hans Sanderson, Kai Bester samt medforfattere
Kvalitetssikring, DCE:	Iben Boutrup Kongsfelt
Sproglig kvalitetssikring:	Medforfattere
Ekstern kommentering:	Styrelsen for Grøn Arealforvaltning og Vandmiljø (SGAV). Kommentarerne findes her: <a href="https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Videnskabelige_rapporter_600-699/KommentarerSR/SR634_komm.pdf">https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Videnskabelige_rapporter_600-699/KommentarerSR/SR634_komm.pdf</a>
Finansiel støtte:	Ingen ekstern finansiering
Bedes citeret:	Lassen, P., Larsen, M.M., Kjær, C., Sander Johansson, L., Strand, J., Tairova, Z., Sørensen, P. B., Damgaard, C. F., 2024. Miljøfarlige forurenende stoffer 2023. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 207s. - Videnskabelig rapport nr. 634.
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Sammenfatning:	Denne rapport er den første rapport fra fagdatacentret for miljøfarlige forurenende stoffer (MFS). Rapporten indeholder en gennemgang de stofgrupper, der indgår i NOVANA for overfladevand med korte beskrivelser fysisk/kemiske egenskaber, skæbne, effekter og kilder. Ved hver stofgruppe er angivet status inden for direktiver, lovgivning og konventioner samt eventuelle miljøkvalitetskrav. Der præsenteres en gennemgang af analyseresultaterne af MFS i kontrolovervågningen og i den operationelle overvågning for 2023 samt i perioden 2018-2023 for søer, vandløb, marine områder og punktkilder. Resultaterne vurderet i forhold til eventuelle miljøkvalitetskrav. Rapporten indeholder videre en gennemgang af data for fire stofgrupper på tværs af medier og matricer samt tidstrends. Disse stofgrupper er metaller, polycykliske aromatiske hydrocarboner (PAHer), aromatiske kulbrinter samt organotin. Endelig er der temaafsnit med sammenligning mellem kontrolstationer og operationelle stationer i vandløb, baseret på biota data ud fra koncentrationer og oplandstype.
Emneord:	NOVANA, miljøfarlige forurenende stoffer, MFS
Layout:	Majbritt Ulrich
Foto forside:	Martin Mørk Larsen
ISBN:	978-87-7156-913-1
ISSN (elektronisk):	2244-9981
Sideantal:	207

# Indhold

<b>Forord</b>	<b>5</b>
<b>Sammenfatning</b>	<b>7</b>
<b>Summary</b>	<b>11</b>
<b>1 Overvågningsprogrammet</b>	<b>15</b>
<b>2 Miljøfarlige forurenende stoffer i NOVANA</b>	<b>19</b>
2.1 Metaller	19
2.2 PAHer	21
2.3 Aromatiske kulbrinter og kulbrinter	23
2.4 Organotin forbindelser	25
2.5 Polychlorerede biphenyler, PCB	26
2.6 Dioxiner og furaner	28
2.7 Bromerede flammehæmmere	29
2.8 Perfluorerede stoffer	30
2.9 Pesticider	32
2.10 Blødgørere	33
2.11 Phenoler	35
2.12 Halogenerede alifatiske kulbrinter	37
2.13 Anioniske detergenter	38
2.14 Phosphor triestre	39
2.15 Halogenerede syrer	40
2.16 Ethere	41
2.17 Farmaceutiske stoffer	43
2.18 Østrogener	44
2.19 Biologiske effektmålinger	45
<b>3 Data for de enkelte medier 2023</b>	<b>47</b>
3.1 Marint miljø herunder biologiske effekter	47
3.2 Søer	60
3.3 Vandløb	84
3.4 Punktkilder	114
<b>4 Gennemgang af data for udvalgte parametergrupper på tværs af medierne.</b>	<b>145</b>
4.1 Metaller	146
4.2 PAHer og aromatiske kulbrinter	152
4.3 Organotin forbindelser	162
<b>5 Temaafsnit. Operationelle vandløbsstationer</b>	<b>165</b>
<b>6 Referencer</b>	<b>171</b>
<b>Bilag 1 Oversigt over miljøfarlige forurenende stoffer i det nuværende NOVANA program i overfladevand</b>	<b>176</b>
<b>Bilag 2 Andre marine vurderingskriterier</b>	<b>183</b>

<b>Bilag 3</b>	<b>Oversigt over stoffer med miljøkvalitetskriterier</b>	<b>187</b>
<b>Bilag 4</b>	<b>Risikokvotienter opdelt på regioner</b>	<b>190</b>
<b>Bilag 5</b>	<b>Data oversigt for marine parametre</b>	<b>197</b>

## Forord

Denne rapport udgives af DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet (DCE) som et led i den landsdækkende rapportering af det Nationale program for Overvågning af Vandmiljøet og Naturen (NOVANA). NOVANA er fjerde generation af nationale overvågningsprogrammer, som med udgangspunkt i Vandmiljøplanens Overvågningsprogram blev iværksat i efteråret 1998. Nærværende rapport omfatter data til og med 2023.

Overvågningsprogrammet er målrettet mod at tilvejebringe det nødvendige dokumentations- og vidensgrundlag til at understøtte Danmarks overvågningsbehov og -forpligtelser, bl.a. i forhold til en række EU-direktiver inden for natur- og miljøområdet. Programmet er løbende tilpasset overvågningsbehovene og omfatter overvågning af tilstand og udvikling i vandmiljøet og naturen, herunder den terrestriske natur og luftkvalitet.

DCE har som en væsentlig opgave for Ministeriet for Grøn Trepert og Miljøministeriet, at bidrage med forskningsbaseret rådgivning til styrkelse af det faglige grundlag for miljøpolitiske prioriteringer og beslutninger. Som led heri forestår DCE med bidrag fra Institut for Ecoscience og Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet den landsdækkende rapportering af overvågningsprogrammet inden for områderne ferske vande, marine områder, landovervågning, atmosfæren, arter og naturtyper samt miljøfarlige forurenende stoffer (MFS).

I overvågningsprogrammet er der en arbejds- og ansvarsdeling mellem fagdatacentrene og Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø (SGAV) og Miljøstyrelsen (MST). Fagdatacentret for grundvand og borerer er placeret hos De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS), fagdatacentret for punktkilder er placeret hos SGAV, mens de øvrige fagdatacentre (vandløb, hydrometri og næringsstoftransport, søer, det marine, stofudvaskning fra dyrkede arealer (LOOP), biodiversitet og terrestrisk natur, luftkvalitet og miljøfarlige forurenende stoffer) er placeret hos DCE, Aarhus Universitet.

Denne rapport er udarbejdet af Fagdatacenter for Miljøfarlige forurenende stoffer. SGAV og MST har haft mulighed for at kommentere på udkast til rapporten. Rapporten er baseret på data indsamlet af henholdsvis SGAV og DCE. Rapporten beskriver udviklingen i den overordnede tilstand, men den forholder sig ikke til mål- og tilstandsvurderinger efter EU-direktiverne.

Dette års rapport er den første årlige rapport, som udelukkende dækker miljøfarlige forurenende stoffer i overfladevand. Rapporten dækker data fra vandløb, søer, marine områder samt punktkilder. Gennemgang af MFS data for overfladevand har tidligere været afrapporteret i NOVANA rapporter for de respektive medier. Endvidere, er der tidligere lavet en samlerapport for MFS over en længere tidsperiode med gennemgang af alle MFS data i NOVANA. Den sidste rapport dækkede perioden 2008-2019 (Boutrup et al. 2021).

I dette års rapport gennemgås årets indsamlede MFS data (2023) samt data for 2018-23 for de enkelte medier: marint, søer og vandløb samt punktkilder. Endvidere gennemgås data for fire stofgrupper på tværs af medier og år. Disse stofgrupper er metaller, polycykliske aromatiske hydrocarboner (PAHer),

aromatiske kulbrinter samt organotin. Det er planen at der hvert år udvælges en række stofgrupper, som gennemgås særskilt på tværs af medier. Endvidere indeholder rapporten et temaafsnit, som foretager en sammenligning for biota mellem kontrolstationer og operationelle stationer i vandløb ud fra koncentrationer og oplandstype.

Konklusionerne i denne rapport sammenfattes med konklusionerne fra de øvrige fagdatacenter-rapporter i 'Vandmiljø og Natur 2023', som udgives i et samarbejde mellem DCE, GEUS og SGAV.



## Sammenfatning

I forbindelse med etablering af det nuværende NOVANA program, NOVANA 2023-27, blev bl.a. miljøfarlige forurenende stoffer (MFS) udskilt i sit eget delprogram. MFS har tidligere været en del af delprogrammerne for de respektive medier, hvor prøverne bliver udtaget, dvs. vandløb, søer, marine områder samt punktkilder. I forbindelse med, at MFS fik sit eget delprogram, blev fagdatacenter for miljøfarlige forurenende stoffer etableret i 2024. Dette års rapport er den første årlige rapport fra FDC MFS, som udelukkende dækker miljøfarlige forurenende stoffer i overfladevand. Rapporten dækker data for vandløb, søer, marine områder samt punktkilder. For nærmere beskrivelse af NOVANA programmet, delprogrammet MFS samt de forskellige overvågningstyper, se kapitel 1.

Indsamling af data: I denne rapport er anvendt analyseresultater for MFS i kontrolovervågningen og i den operationelle overvågning for 2023 samt i perioden 2018-2023 for søer, vandløb, marine områder og punktkilder. Endvidere er der for udvalgte stofgrupper (se sammendrag beskrivelse af kapitel 4) gennemgået data længere tilbage i tiden primært tilbage til 2011/2012, men nogle stofgrupper i enkelte medier er der data til 1998. Disse er medtaget, hvis det har givet mening i forhold til gennemgangen. Data for vandløb, søer og marint er hentet i VanDa/Miljøportalen. For punktkilder har fagdatacenter for punktkilder stillet data til rådighed fra PULS.

Kapitel 2 omhandler korte beskrivelser af alle de stofgrupper, som indgår i NOVANA for overfladevand. Ved hver stofgruppe er angivet status inden for direktiver, lovgivning og konventioner. Der er under hver stofgruppe angivet eventuelle miljøkvalitetskrav til enkeltstoffer (Miljøministeriet 2023a). Beskrivelserne af de enkelte stofgrupper indeholder en beskrivelse af stoffernes anvendelse, stoffernes kemiske struktur, fysisk kemiske egenskaber, persistens, risiko og effekter i miljøet. Der er endvidere et afsnit om biologiske effektmålinger. Biologiske effektmålinger ligger ikke under delprogrammet MFS, men under det marine delprogram. Da de biologiske effektmålinger er relevante i relation til de øvrige MFS data, sker rapporteringen i denne rapport.

Kapitel 3 præsenterer en gennemgang af analyseresultaterne af MFS i kontrolovervågningen og i den operationelle overvågning for 2023 samt i perioden 2018-2023 for søer, vandløb, marine områder og punktkilder. I det omfang, der er tilstrækkeligt datagrundlag for det, er der foretaget en analyse af, om der er forskel på koncentrationerne for 2023 sammenlignet med 2018-2023. For alle data er der beregnet fundprocent, median og maksimalkoncentration for 2023 datasættet og fundprocent, median, 90% percentil og maksimalkoncentration for 2018-2023 datasættet. For Søer, vandløb og marine områder er enkeltmålinger sammenholdt med miljøkvalitetskravene (MKK) for at vurdere om der er tale om høje eller lave koncentrationer (Miljøministeriet 2023a). I nedenstående vil det primært være data for 2018-2023, der er gennemgået.

Marine områder: Der indgår prøver for muslinger, fisk og sedimenter i datasættet. Endvidere er der målt forskellige biologiske effekter. Indenfor det marine område sammenholdes medianværdierne, ud over miljøkvalitetskrav også med en række andre kriterier fra ICES og HELCOM: EAC (Environmental Assessment Criteria), BAC (Background Assessment Criteria) samt EU fødevarerkrav. For muslinger er der værdier højere end MKK for kviksølv

(12%), og for cadmium og bly er det henholdsvis 16% og 40% af de målte koncentrationer højere end MKK for 2023. Koncentrationerne for alle tre metaller er højere end BAC værdierne for 4-28% af prøverne. For PAH'er er der målt enkelte værdier højere end MKK for fluoranthen og benzo(b+j+k)fluoranthen. For marine fisk ses højere koncentrationer end MKK for kviksølv i 88% af prøverne og for dioxiner/furaner, WHO TEQ PCDD/F i 77% af prøverne. Generelt ses ingen koncentrationsforskel ved sammenligning mellem 2023 og 2018-2023. For biologiske effektmålinger: PAH-specifikke effektindikatorer var over BAC. I sediment er der for octylphenoler kun to stationer ud af 66 målt i perioden 2018-2023, heraf en i 2023, over MKK, hvorimod der for nonylphenol er 60 stationer over MKK, heraf 9 i 2023. Biologiske effekter i blåmuslinger: Niveauet af lysosomal membranstabilitet tyder ikke på væsentlig MFS-påvirkning af muslingerne. For undersøgelse af ålekvabbeunger, viser en station (Kalveboløbet) væsentlig miljøpåvirkning på fiskenes udvikling.

Søer: Der er målt på sediment og fisk fra søer i kontrolovervågningen og den operationelle overvågning. Sedimentdata (2018-2022): For bly ses enkelte søer med koncentrationer højere end MKK, for vanadium er det 22% af søerne. For PAH'erne er der enkelte søer med koncentrationer højere end MKK for anthracen, som er den eneste PAH med et sediment MKK. For summen af methylnaphthalener har ca. 72-73% af søerne koncentrationer højere end MKK. For nonylphenol er der kun en enkelt sø med højere koncentrationer end MKK. I fisk ligger kviksølv for langt størstedelen af søerne med koncentrationer højere end MKK og for PFOS i fisk er det ca. halvdelen af søerne. Der er generelt ikke forskel på koncentrationsniveauerne for prøver fra den operationelle overvågning og kontrolovervågningen. Bortset fra WHO PCB i fisk ses ingen umiddelbart forskel i niveauerne for 2023 sammenlignet med 2018-2023. For WHO PCB ses højere koncentrationer for 2023 sammenlignet med 2018-2023. En mulig teori er, at det kan skyldes langtransport af PCB'er som følge af den kraftige stigning i skovbrande globalt.

Vandløb: Der er MFS data for vand, sediment og biota, fisk. For vand ses koncentrationer højere end MKK for en række enkeltstationer for zink, kobber og bly. Barium har mediankoncentrationer højere end MKK. Der er ingen mediankoncentrationer over MKK for resten af stofferne i vand. For sediment (2018-2022) ses højere koncentrationer end MKK af anthracen i 22-24% af stationerne. Anthracen er den eneste PAH, hvor der foreligger et miljøkvalitetskrav i sediment. For aromatiske kulbrinter er der højere koncentrationer end MKK i 28% af prøverne for naphthalen og 67% af prøverne for de methylerede naphthalener på kontrolstationer, men kun enkelte (37%) for de methylerede naphthalener på de operationelle stationer. For octylphenolerne er der to stationer med værdier højere end MKK. For biota ligger mediankoncentrationerne for kviksølv højere end MKK. Der er generelt ikke forskel på koncentrationsniveauerne for stationer fra den operationelle overvågning og kontrolovervågningen.

Punktkilder: Der er målt spildevand fra avanceret og mekanisk renseanlæg (til- og udløb), spildevand fra regnvandsbetonet udløb (RBU) separat kloak (til- og udløb) spildevand fra RBU fælleskloak, udløb og sediment for regnvandsbassin, RBU separat kloak. For RBU fælleskloak er der ikke data for 2023 på grund af tekniske fejl ved indlæsning i databasen. For renseanlæggene ses generelt god fjernelsesgrad og lave koncentrationer ved udløb af langt de fleste stoffer. Fjernelsesgraden af MFS er forventeligt lavere for mekaniske renseanlæg og indløbskoncentrationerne er også betydeligt lavere sammenlignet med avancerede renseanlæg grundet oplandstype. Det er kun en lille andel af

det samlede spildevand, der i dag tilgår de mekaniske renselanlæg. Enkelte stofgrupper giver dog udfordring, specielt de farmaceutiske stoffer og de perfluorerede stoffer (PFAS). For begge stofgrupper er fjernelsesgraden ikke god, dvs. fundprocent og koncentrationer bliver ikke reduceret specielt meget i anlæggene. For avanceret anlæg ses dog en høj fjernelsesgrad af fire farmaceutiske stoffer, 2-hydroxyibuprofen, ibuprofen, paracetamol og salicylsyre, baseret på både fundprocent og mediankoncentrationer (ved udløb 0,05-0,2 µg/l). Disse fire stoffer har også de højeste mediankoncentrationer for tilløb i avancerede renselanlæg med værdier på 11-46 µg/l, hvor resten af de målte farmaceutiske stoffer ligger mellem 0,04-0,8 µg/l. Samme fjernelsesgrad ses ikke i de mekaniske anlæg. For flere PFAS er fundprocenten og koncentrationerne højere ved udløb end ved tilløb, hvilket kan skyldes en omdannelse i anlæggene af andre PFAS til de målte stoffer.

I kapitel 4 er gennemgået data for fire stofgrupper på tværs af medier og matricer samt tids-trends. Disse stofgrupper er metaller, polycykliske aromatiske hydrocarboner (PAHer), aromatiske kulbrinter samt organotin. Det er planen, at der hvert år udvælges en række stofgrupper indenfor NOVANAs MFS delprogram, som gennemgås særskilt i den årlige rapport. For at kunne sammenligne data på tværs af medier/matricer og landområder, er der bla. beregnet risikokvotienter for enkeltstoffer. Data for medianer er opdelt på regioner og risikokvotienter er beregnet som forholdet mellem medianer og miljøkvalitetskrav/kriterier. Region Syddanmark blev yderligere opdelt i Fyn og øerne samt Sønderjylland for at kunne adskille bælte og vadehavet. Risikokvotienter er beregnet for metaller, PAHer og aromatiske kulbrinter. For organotin var der ikke nok data over detektionsgrænsen til at kunne foretage robuste beregninger.

Metaller: For metalkoncentrationsniveauer i marine muslinger, varierer trenden over tid. Kviksølv og cadmium har både stigende og faldende tendenser, kobber kun faldende og bly kun stigende tendenser. Der er dog kun en til seks stationer med signifikant tidstrend fra det marine område, men generelt var forventningen, at de alle skulle falde pga. regulering. For risikokvotienterne er kviksølv, cadmium, bly og arsen større end 1 eller tæt på 1 i alle regioner. De højeste risikokvotienter ses for arsen (50-180x) i muslinger og kviksølv (2-12x) i fisk. Koncentrationerne i spildevand er generelt højere end vandløbsvand for metallerne, med en faktor 2-10, undtagen for arsen, hvor koncentrationen i spildevand er tilsvarende den i vandløbsvand. Dette indikerer, at der sandsynligvis er tale om naturlige koncentrationer af arsen som forekommer i miljø, og at risikovurderingen for muslinger ikke tager hensyn til et højt baggrundsniveau. Endvidere vil det meste arsen i muslinger være organiske forbindelser, der er meget mindre skadelige end uorganisk arsen, men analysemetoderne måler total arsen, så det er ikke muligt at adskille det uorganiske og det organiske arsen.

PAHer og aromatiske kulbrinter: For PAHer ses sammensætning og koncentrationsniveauer at være konstante for ferskvand og punktkilder, hvilket tyder på rimeligt konstante diffuse kilder. For marine muslinger ses et fald i koncentrationer gennem årene. Siden 1998 er koncentrationerne reduceret med ca. 50%. Tilsvarende sammenligning, som for metaller på risikokvotienter, er også foretaget for PAHer og aromatiske kulbrinter. Her ses generelt en tendens til højere koncentrationer i Region Hovedstaden, specielt af de mindre PAHer, hvorimod de tungere PAHer er mere jævnt fordelt på landsplan. Risikokvotienterne er dog generelt langt under 1 for de fleste medianværdier bortset fra enkelte PAHer i muslinger og i spildevand udløb fra renselanlæg.

Organotin forbindelser: For organotin ses et fald i koncentrationen i det marine miljø efter forbuddet mod TBT i bundmaling trådte i kraft i 2003. For søer og vandløb er der først tilstrækkelige data omkring 2011/2012. På det tidspunkt er der allerede set en kraftig reduktion i organotin i miljøet baseret på målingerne i det marine miljø, hvorfor faldet i ferskvand er mindre tydeligt. Koncentrationerne af organotin i ferskvand er dog generelt lave og under MKK.

Kapitel 5 indeholder et temaafsnit med sammenligning mellem kontrolstationer og operationelle stationer i vandløb, baseret på biota data ud fra koncentrationer og oplandstype. Generelt ses der ikke en forskel mellem kontrolstationer og operationelle stationer. Når der vurderes overfor oplandstyper, er der lavere værdier ved landbrugsoplande, hvilket nok hænger sammen med, at der primært er data for kviksølv for disse stationer, og landbrugsdrift ikke er en væsentlig kilde til kviksølv. Temaet for kapitel 5 vil hvert år blive fastlagt i samråd med SGAV.

## Summary

In connection with the establishment of the current NOVANA program, NOVANA 2023-27, environmentally hazardous pollutants (MFS) were separated into their own sub-program. MFS was previously part of the sub-programs for the respective media where samples are taken, i.e., streams, lakes, marine areas, and point sources. With MFS getting its own sub-program, the topic centre for environmentally hazardous pollutants (FDC MFS) was established in 2024. This year's report is the first annual report from the FDC MFS, exclusively covering hazardous pollutants in surface water. The report includes data for streams, lakes, marine areas, and point sources. For a detailed description of the NOVANA program, the MFS sub-program, and the various monitoring types, see Chapter 1.

**Data Collection:** This report uses analytical results for MFS in control monitoring and operational monitoring for 2023 and the period 2018-2023 for lakes, streams, marine areas, and point sources. Additionally, for selected substance groups (see summary description of Chapter 4), data from earlier periods, primarily back to 2011/2012, but for some substance groups in certain media, data goes back to 1998. These are included if relevant to the review. Data for streams, lakes, and marine areas were retrieved from VanDa/Miljøportalen. For point sources, the topic centre for point sources provided data from PULS.

Chapter 2 contains brief descriptions of all substance groups included in NOVANA for surface water. Each substance group includes the status within directives, legislation, and conventions. Environmental quality standards for individual substances are also indicated under each substance group (Miljøministeriet 2023a). The descriptions include the use of the substances, their chemical structure, physical-chemical properties, persistence, risk, and environmental effects. Biological effect measurements are not part of the MFS sub-program but placed under the marine sub program. However, since the biological effect measurements are relevant in relation to the other MFS data, the reporting is included in this report.

Chapter 3 presents a review of the analytical results of MFS results in control and operational monitoring for 2023 and the period 2018-2023 for lakes, streams, marine areas, and point sources. Where sufficient data is available, an analysis of concentration differences between 2023 and 2018-2023 is conducted. For all data were the following calculated: the detection percentage, median, and maximum concentration for the 2023 dataset and detection percentage, median, 90% percentile, and maximum concentration for the 2018-2023 dataset. For lakes, streams, and marine areas, individual measurements are compared with environmental quality standards (EQS) to assess whether concentrations are high or low (Miljøministeriet 2023a). In the following review of the data, the primary focus will be on data for 2018-2023.

**Marine Areas:** The dataset include samples for mussels, fish, and sediments. Various biological effects are also measured. Median values are compared with EQS and other criteria from ICES and HELCOM: EAC (Environmental Assessment Criteria), BAC (Background Assessment Criteria), and EU food criteria. For mussels, concentrations higher than EQS were found for mercury (12%), cadmium (16%), and lead (40%) in 2023. Concentrations for all three metals exceeded BAC values in 4-28% of samples. For PAHs, some

concentrations were higher than EQS for fluoranthene and benzo(b+j+k) fluoranthene. In marine fish, mercury higher concentrations than EQS were found in 88% of samples, and dioxins/furans (WHO TEQ PCDD/F) in 77% of samples. Generally, no concentration differences were seen when comparing 2023 and 2018-2023. In sediments, octylphenols exceeded EQS at two out of 66 stations measured from 2018-2023, with one in 2023, while nonylphenol exceeded EQS at 60 stations, with nine in 2023. For biological effect measurements: PAH-specific effect indicators were above BAC. In blue mussels, the level of lysosomal membrane stability did not indicate significant MFS impact. For eel pout juveniles, significant environmental impact was observed at one station (Kalveboløbet).

Lakes: Sediment and fish from lakes were measured in control and operational monitoring. Sediment data (2018-2022): Some lakes showed lead concentrations higher than EQS, and 22% of lakes had vanadium concentrations above EQS. For PAHs, some lakes had anthracene concentrations higher than EQS, which is the only PAH with an EQS for sediment. Approximately 72-73% of lakes had concentrations of methyl naphthalenes higher than EQS. Only one lake had nonylphenol concentrations above EQS. In fish, mercury concentrations were higher than EQS in most lakes, and PFOS concentrations were above EQS in about half of the lakes. Generally, there was no difference in concentration levels between control and operational monitoring samples. Except for WHO PCB in fish, no immediate differences in levels were observed between 2023 and 2018-2023. WHO PCB concentrations were higher in 2023 compared to 2018-2023, possibly due to long-range transport of PCBs as a result of the high increase globally in forest fires.

Streams: MFS data for water, sediment, and biota (fish) were collected. Water: Concentrations higher than EQS were found for several individual stations for zinc, copper, and lead. Barium had median concentrations higher than EQS. There were no concentrations above EQS for the rest of the substances in water. Sediment (2018-2022), higher concentrations than EQS were found for anthracene at 22-24% of stations. For aromatic hydrocarbons, higher concentrations than EQS were found in 28% of samples for naphthalene, and 67% for methylated naphthalenes at control stations, but only 37% at operational stations. For octylphenols, there were only two stations with values higher than EQS. For biota, median concentrations for mercury were higher than EQS. Generally, there was no difference in concentration levels between control and operational monitoring stations.

Point Sources: Samples of wastewater from advanced and mechanical treatment plants (inlet and outlet), stormwater overflow (RBU) separate sewer (inlet and outlet), stormwater overflow combined sewer, outlet and sediment for stormwater basin, RBU separate sewer were analysed. There were no data for RBU combined sewer from 2023 due to technical issues with database loading. Treatment plants generally showed good removal rates and low concentrations at outlets for most substances. Mechanical treatment plants had lower removal rates and also lower inlet concentrations compared to advanced treatment plants due to catchment type. Only a small portion of total wastewater currently goes to mechanical treatment plants. Some substance groups, particularly pharmaceuticals and perfluorinated substances (PFAS), pose challenges. Both groups had poor removal rates, with detection percentages and concentrations not significantly reduced in the plants. Advanced plants showed high removal rates for four pharmaceuticals: 2-hydroxyibuprofen, ibuprofen, paracetamol, and salicylic acid, based on both detection

percentages and median concentrations (outlet 0.05-0.2 µg/l). These four substances also had the highest median inlet concentrations in advanced treatment plants (11-46 µg/l), while other measured pharmaceuticals ranged from 0.04-0.8 µg/l. Mechanical plants did not show the same removal rates. For some PFAS, detection percentages and concentrations were higher at outlets than inlets, possibly due to transformation of other PFAS into the measured substances in the plants.

Chapter 4 reviews data for four substance groups across media and matrices, as well as time trends. These substance groups are metals, polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), aromatic hydrocarbons, and organotin. Each year, a selection of substance groups within NOVANA's MFS sub-program will be reviewed separately in the annual report. To compare data across media/matrices and regions, risk quotients for individual substances were calculated. Median data was divided by region, and risk quotients were calculated as the ratio between medians and environmental quality standards/criteria. The Southern Denmark region was further divided into Fyn and islands, and Southern Jutland to distinguish between the belts and the Wadden Sea. Risk quotients were calculated for metals, PAHs, and aromatic hydrocarbons. For organotin, there was not enough data above the detection limit to perform robust calculations.

For metal concentration levels in marine mussels, trends over time vary. Mercury and cadmium show both increasing and decreasing trends, copper only decreasing, and lead only increasing trends. However, there are only one to six stations with significant time trends from the marine area, but generally, the expectation was that all should decrease due to regulation. For risk quotients, mercury, cadmium, lead, and arsenic are higher than or close to 1 in all regions. The highest risk quotients were found for arsenic (50-180x) in mussels and mercury (2-12x) in fish. Concentrations in wastewater were generally higher than in stream water for metals, by a factor of 2-10, except for arsenic, where the concentration in wastewater were similar to stream water. This indicates that natural concentrations of arsenic likely occur in the environment, and the risk assessment for mussels does not account for a high background level. Additionally, most arsenic in mussels will be organic compounds, which are much less harmful than inorganic arsenic, but the analysis methods measure total arsenic, so it is not possible to distinguish between inorganic and organic arsenic.

For PAHs, the composition and concentration levels are constant for freshwater and point sources, indicating reasonably constant diffuse sources. In marine mussels, concentrations have decreased over the years. Since 1998, concentrations have been reduced by approximately 50%. Similar comparisons to metals for risk quotients were also made for PAHs and aromatic hydrocarbons. Generally, higher concentrations are seen in the Capital Region, especially for the smaller PAHs, while the heavier PAHs are more evenly distributed nationwide. Risk quotients are generally well below 1 for most median values, except for some PAHs in mussels and in wastewater effluent from treatment plants.

For organotin, a decrease in concentration in the marine environment has been observed since the ban on TBT in antifouling paint came into effect in 2003. For lakes and streams, sufficient data is only available around 2011/2012. By that time, a significant reduction in organotin in the environment had already been observed based on measurements in the marine

environment, so the decrease in freshwater is less noticeable. Organotin concentrations in freshwater are generally low and below EQS.

Chapter 5: This chapter includes a thematic section comparing control stations and operational stations in streams on biota data based on concentrations and catchment types. Generally, no difference is seen between control stations and operational stations. When assessed against catchment types, lower values are seen in agricultural catchments, likely because there is primarily data for mercury at these stations, and agricultural activities are not a significant source of mercury. The theme for Chapter 5 will be determined annually in consultation with SGAV.



# 1 Overvågningsprogrammet

Overvågningen af miljøfarlige forurenende stoffer (MFS) i overfladevand har været en del af det danske overvågningsprogram siden det første landsdækkende overvågningsprogram, NOVA 2003, blev igangsat i 1998. Prøvetagningen sker i marine miljøer og i ferskvandsmiljøer samt ved punktkilder. Der foreligger også målinger af MFS fra før 1998. Disse blev udført som en del af amternes regionale tilsyn. I 2004 blev overvågningsprogrammet udvidet til også at omfatte overvågning af arter og naturtyper og skiftede navn til NOVANA. NOVANA programmet opdateres som udgangspunkt hvert sjette år, dog med muligheden for at omfatte et femårigt program plus et overgangså. Det nuværende program er navngivet NOVANA 2023-27 og kan findes her: <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2023/09/978-87-7038-556-5.pdf>.

I den nuværende programbeskrivelse, NOVANA 2023-27, blev MFS udskilt i et særskilt delprogram. MFS har tidligere været en del af delprogrammerne for de respektive medier, hvor prøverne bliver udtaget, dvs. vandløb, søer, marine områder samt punktkilder.

Det nuværende program er opdelt i en række delprogrammer: Marine områder, søer, vandløb, stoftransport og landovervågning, MFS og punktkilder, grundvand, terrestriske naturtyper og arter, samt luft.

Formålet med NOVANA programmerne er at understøtte nationale prioriterede behov for overvågningsdata om påvirkning, tilstand og udvikling i naturen og miljøet i Danmark.

Programmet skal bidrage til opfyldelse af forpligtelser i EU-regulering, dansk lov og internationale konventioner om overvågning af natur, vandmiljø og luft samt behovet for viden i forbindelse med de nationale vandområde- og Natura 2000-planer samt Havstrategiens basisanalyse. Hertil kommer andre nationale forvaltningsmæssige behov på bl.a. drikkevands- og pesticidområdet. I prioriteret rækkefølge er disse:

1. Danmarks forpligtelser i henhold til EU-lovgivningen
2. National lovgivning og forvaltningsmæssige behov
3. Internationale konventioner.

For MFS kan dette oplistes til følgende:

- Vandrammedirektivet (2000/60/EF), som er implementeret i den danske lovgivning i Miljømålsloven og Lov om vandplanlægning (Miljøministeriet 2023b; Miljø- og Fødevarerministeriet 2021).
- Direktiv om prioriterede stoffer inden for vandpolitikken (2008/105/EF). Dette er udmøntet i Bekendtgørelse om fastlæggelse af miljøkvalitetskrav (Miljøministeriet 2023a)
- Direktiv om ændring af direktiv 2000/60/EF og 2008/105/EF for så vidt angår prioriterede stoffer inden for vandpolitikken (2013/39/EU)
- Havstrategirammedirektivet (2008/56/EF) om fastlæggelse af en ramme for Fællesskabets havmiljøpolitiske foranstaltninger. Omfatter marine

områder uden for de kystnære områder, dvs. Nordsøen, herunder Kattegat, og Østersøen.

- Europa-Kommissionens gennemførelsesafgørelse (EU) 2022/1307 (observationslisten) om "nye" miljøfarlige forurenende stoffer. Her skal de enkelte lande indsamle data med henblik på at danne et vidensgrundlag for, om stofferne skal tilføjes listen over prioriterede stoffer. Listen skal ajourføres hvert andet år (EU 2022a).
- Tillægsaftale til Pesticidstrategi 2017-2021, fortsat gældende i 2024
- Forordning om persistente organiske miljøgifte (POP) (EU) 2019/1021, Stockholm konventionen (EU 2019)
- HELCOM-konventionen (1992). Omhandler overvågning af det baltiske område
- OSPAR-konventionen (1992). Omhandler overvågning i Nordsø-området
- Byspildevandsdirektivet 91/271/EØF (kun punktkilder). Dette er udmøntet i bekendtgørelse om spildevandtilladelser. (Miljø- og ligestillingsministeriet 2024)
- Bekendtgørelse om kvalitetskrav for skaldyrvand, nr. 794 af 13/06/2023 (Miljøministeriet 2023c). Også kaldet Skaldyrvandebekendtgørelsen.

Mere konkret skal overvågningen af MFS tilvejebringe viden om forekomster af MFS i marine områder, søer og vandløb samt i udledningen fra punktkilder. Overvågningsdata skal hermed bidrage til at beskrive den kemiske og økologiske tilstand samt udvikling i marine og ferske vandområder for at opfylde forpligtigelser i vandrammedirektivet og havstrategidirektivet m.m. Desuden skal overvågningen af MFS i overfladevand og punktkilder danne grundlag for forvaltningsmæssige tiltag i forbindelse med vandområdeplanlægningen og øvrige nationale handlingsplaner, samt dokumentere effekterne heraf. Overvågningen af MFS fra punktkilder skal også klarlægge hvilke MFS, der udledes i betydende mængder til marine og ferske vandområder. Resultaterne af overvågning ved punktkilder skal bidrage til at justere overvågningen af MFS i disse områder. Desuden anvendes resultaterne til kildeopsporing.

Data fra overvågningen af MFS i overfladevand indgår i udviklingen af modeller, der på sigt kan muliggøre vurderingen af miljøtilstanden i vandområder, der ikke er inkluderet i overvågningen i dag.

Selve overvågningen af MFS omfatter organiske stoffer og metaller (uorganiske stoffer), som ikke er naturligt forekommende, eller som er til stede i koncentrationer, der er højere end de naturligt forekommende koncentrationer, og som kan være skadelige for natur, miljø og menneskers sundhed. Alle miljøfarlige forurenende stoffer i overvågningsprogrammet er udvalgt på baggrund af viden om deres forekomst og potentiale for at blive ophobet i fødekæden og risikoen for at forårsage skadelige effekter i miljøet. Overvågningen foretages ved analyse af prøver fra vandfasen, sedimentfasen og biota. Vandopløselige stoffer måles i vandfasen, og stoffer som primært er partikelbundne måles i sedimentprøver. I fisk (biota) måles stoffer som bioakkumuleres. Enkelte stofgrupper måles i marine muslinger, bla. PAHer, som nedbrydes i fisk men ikke i muslinger. Der indgår 18 stofgrupper og ca. 200 forskellige stoffer i delprogrammet for MFS, se bilag 1.

Den samlede liste over analyserede parametre kan også findes i programbeskrivelsen for NOVANA 2023-2027

(<https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2023/09/978-87-7038-556-5.pdf>).

Overvågningen af miljøfarlige forurenende stoffer i overfladevand i det nuværende program inkluderer følgende matricer i de forskellige medier:

- Punktkilder – spildevand (tilløb, udløb) regnbetingede udledninger samt sediment fra bassiner til regnbetingede udledninger.
- Vandløb – vand, sediment og fisk
- Søer – sediment og fisk
- Marine områder – sediment, muslinger og fisk

Ved overvågningen af MFS i overfladevand opdeles prøvetagningsstationerne efter formål. Det omfatter kontrolovervågning, operationel overvågning og anden overvågning. En tilsvarende opdeling kan dog ikke bruges i forbindelse med overvågningen ved punktkilder.

Kontrolovervågning skal give et generelt overblik over vandområders miljøtilstand og udvikling i forhold til påvirkningen fra MFS. Kontrolovervågningen kan dermed beskrive eventuelle langtidsændringer, som skyldes naturlige og/eller menneskeskabte forhold.

Den operationelle overvågning skal primært levere data, der beskriver tilstanden i vandområder, der er i risiko for at overskride de fastsatte miljømål på grund af en mulig MFS-påvirkning. Den operationelle overvågning anvendes desuden til at beskrive tilstanden i vandområder med ukendt tilstand. Endelig skal den operationelle overvågning danne grundlag for en vurdering og beregning af indsatsbehovet, og den skal kunne eftervise effekten af forvaltningsmæssige tiltag (indsatsprogrammer).

Anden overvågning omfatter screeningsundersøgelser og undersøgelser af stoffer på EU's observationsliste samt visse projekter. Screeninger anvendes til at afdække om nye stoffer udgør et problem i vandmiljøet. Anden overvågning inkluderer også havstrategiovervågning, som er supplerende overvågning til den overvågning, der udføres i regi af vandrammedirektivet.

Overvågningen er fastlagt på geografisk definerede stationer, som samlet set skal søge at dække vandområderne i Danmark. Der udtages ikke prøver fra alle stationerne hvert år. Kontrolovervågningsstationerne bliver udtaget med en fastlagt frekvens, således at alle stationer har fået udtaget prøver hvert 5. eller 6. år. For operationel overvågning varierer frekvensen afhængigt af formålet, men der er ofte mere end 6 år mellem. For det marine er der dog tre stationer, som bliver udtaget hvert år. For de operationelle stationer afhænger prøvetagningsfrekvensen af det specifikke formål, men der bliver udtaget en række stationer hvert år. Der er fastlagt måleprogrammer for hvilke stoffer, der bliver målt for på henholdsvis kontrolovervågningsstationer og operationelle stationer. Der er i det nuværende program udpeget 72 kontrolovervågningsstationer og 271 operationelle stationer i det marine miljø. For søer er der udpeget 70 kontrolovervågningsstationer og 64 operationelle stationer og for vandløb er der 25 kontrolovervågningsstationer og 195 operationelle stationer. For vandløb gennemføres der yderligere en række selvstændige projekter.

Punktkilder er opbygget efter en anden struktur. Her er opdelingen under NOVANA ud fra punktkildetypen. Renseanlæg er opdelt i større avancerede renseanlæg samt mekaniske renseanlæg, som er mindre renseanlæg uden væsentlig rensning af spildevandet. Til mekaniske anlæg er der oftest ikke tilledning af spildevand fra industri. De regnbetingede anlæg (RBU) opdeles ligeledes i to typer. RBU fælleskloak, som er fra fælles kloakerede områder, hvor der ved kraftige regnhændelser sker overløb og derfor indeholder en blanding af regnvand og spildevand. RBU separat kloak er regnvandsudledninger fra befæstede arealer, såsom tagflader, veje, stier og pladser, der er tilsluttet et kloaknet. Endvidere opsamles sedimentprøver fra RBU separat kloak regnvandsbassin. I delprogrammet for punktkilde er der også fastlagt stationer (anlæg) ud fra ovennævnte opdeling.

## 2 Miljøfarlige forurenende stoffer i NOVANA

*Pia Lassen, Jakob Stand og Zhanna Tairova*

Dette kapitel indeholder korte beskrivelser af de stofgrupper, som indgår i NOVANA for overfladevand. Ved hver stofgruppe er angivet status inden for direktiver, lovgivning og konventioner. Der er under hver stofgruppe angivet eventuelle miljøkvalitetskrav til enkeltstoffer (Miljøministeriet 2023a). Andre internationale vurderingskriterier for det marine område er angivet i bilag 2. Det drejer sig især om OSPAR og HELCOM vurderingskriterier.

Beskrivelserne af de enkelte stofgrupper indeholder et overblik over stoffernes anvendelse, stoffernes kemiske struktur, fysisk kemiske egenskaber, persistens, dvs. hvor let stoffet bliver nedbrudt i miljøet, samt risiko og effekter i miljøet. De fysisk kemiske egenskaber er primært angivet som vandopløselighed og  $\text{LogK}_{\text{ow}}$ .  $\text{LogK}_{\text{ow}}$  er logaritmen af vand-octanol forholdet, som siger noget om, hvor let stoffet opløses i organisk solvent. Jo højere  $\text{LogK}_{\text{ow}}$  desto højere fedtopløselighed. Begge egenskaber kan give en indikation om stoffets skæbne. Høj vandopløselighed betyder, at stoffet er mere mobilt og har højere risiko for transport til eksempelvis grundvandet. Høj vandopløselighed og en  $\text{LogK}_{\text{ow}}$  på 1-3 betyder, at stoffet har større biotilgængelighed. Ved  $\text{LogK}_{\text{ow}}$  større end 3, er der risiko for bioakkumulering.

I denne rapport indgår også biologiske effektmålinger. Disse er ligeledes beskrevet i dette kapitel. Biologiske effektmålinger ligger ikke under delprogrammet MFS, men under det marine program. Det er dog besluttet, at data skal rapporteres i denne rapport da de er effekter, der tilskrives påvirkning af miljøfarlige forurenende stoffer.

### 2.1 Metaller

Metaller findes naturligt i jordens geologiske udgangsmateriale og frigives herfra ved kemiske, fysiske og biologiske nedbrydningsprocesser. Siden midten af det forrige århundrede har menneskets industrielle aktiviteter resulteret i, at metaller bundet i fossile brændstoffer og andre geologiske materialer er frigivet til miljøet. Dette har medført en global spredning af metaller via atmosfærisk nedfald eller lokal forurening, såsom anvendelse af restprodukter som slagge og flyveaske fra kraftvarmeværker og affaldsforbrændingsanlæg. Metaller indgår også i handelsgødning, både som kontaminering og mikronæringsstoffer. Sænkning af grundvandsspejlet kan betyde, at der frigives tungmetaller og andre uorganiske sporstoffer til grundvand og overfladevand. En af de primære kilder til kobber og zink til miljøet var tidligere via husdyrgødning, men i 2022 blev det forbudt at anvende kobber og zink til veterinær medicin, hvilket har givet et fald i målte koncentrationer i vandløb.

Den menneskeskabte forurening stammer således både fra diffus forurening og fra specifikke lokaliserede kilder (punktkilder). De koncentrationer, der måles ved overvågningen, er således en sum af de naturlige baggrundskoncentrationer og de koncentrationer, der er tilført som følge af menneskelige aktiviteter.

Med tungmetaller menes i denne sammenhæng bly, cadmium, krom, kobber, nikkel og zink. Der er ikke en entydig definition af tungmetaller, men oprindeligt blev det brugt som betegnelse for metaller, der har større massefylde end jern. I daglig tale anvendes tungmetaller som samlebetegnelse for miljøfarlige forurenende metaller og halvmetaller (arsen).

Metallerne kan inddeles i tre grupper:

- De toksiske, der har sundheds- og miljømæssigt skadelige effekter, selv ved små koncentrationer (bl.a. arsen, bly, cadmium, kviksølv)
- De essentielle, der omfatter stoffer, som er nødvendige for alle levende organismer i små mængder, men som er sundhedsskadelige og økotoksiske i større koncentrationer (bl.a. nikkel, krom, kobber, zink)
- Stoffer, som normalt ikke optræder i så høje koncentrationer, at de udgør et problem, men som under særlige omstændigheder kan have både human- og økotoksikologiske effekter (GEUS 2004).

Ved forhøjede niveauer er alle tungmetaller skadelige for organismer i vandmiljøet. Kviksølv og cadmium er begge giftige i meget lave koncentrationer for de fleste former af liv og opkoncentreres bl.a. i leveren. Hverken cadmium, kviksølv eller bly har nogen kendt nyttevirkning i organismer. Nikkel, kobber og zink er nødvendige mikronæringsstoffer, dog med snævre grænser mellem nytte- og skadevirkning.

Metaller bliver målt i muslinger og sediment i det marine miljø, sediment i søer, vand i vandløb. For punktkilder måles der spildevand i avanceret og mekanisk renseanlæg (tilløb og udløb), spildevand i regnbetinget (RBU) fælleskloak (udløb), spildevand i RBU separat kloak (tilløb og udløb) samt i sediment i regnvandsbassin RBU separat kloak.

For oversigt over hvilke metaller der måles i NOVANA overfladevand, se bilag 1.

### **Direktiv-, lovgivnings- og konventionsmæssig status**

Overvågning af metaller indgår i følgende direktiver, lovgivning og konventioner:

Vandrammedirektivets liste over prioriterede stoffer omfatter følgende metaller: Bly, cadmium, kviksølv og nikkel (EU 2013).

I medfør af havstrategidirektivet (EU 2008b) måles der metaller i muslinger samt kviksølv i fisk.

Bekendtgørelsen om fastlæggelse af miljømål for vandløb, søer, overgangsvande og grundvand har nationale kvalitetskrav til en række metaller (Miljøministeriet 2023a) OSPAR's liste over "chemicals for priority action" omfatter bly, cadmium og kviksølv i marint sediment og biota (OSPAR 2019).

HELCOM's liste over prioriterede stoffer omfatter kviksølv og cadmium. HELCOM opgør tilførslen af kviksølv, cadmium, og bly til det baltiske havområde (HELCOM, 2018).

I tabel 2.1 er angivet miljøkvalitetskrav for metaller. Kun metaller som indgår NOVANA er medtaget. For andre vurderingskriterier henvises til bilag 2.

**Tabel 2.1.** Miljøkvalitetskrav for metaller i overfladevand (Miljøministeriet 2023a).

	Vand (µg/l)				Sediment		Biota	
	Generelt kvalitetskrav		Maksimumkoncentration		mg/kg TS		µg/kg VV	
	Fersk	Marin	Fersk	Marin	Fersk	Marin	Fersk	Marin
Antimon (Sb)	113	11,3	177	177				
Arsen (As)	4,3	0,6 <sup>3</sup>	43	1,1 <sup>3</sup>				
Barium (Ba)	19 <sup>3</sup>	5,8 <sup>3</sup>	145	145				
Bly (Pb)	1,2 <sup>4</sup>	1,3	14	14	163	163	110	110
Bor (B)	94 <sup>3</sup> (20.000) <sup>2</sup>	94 <sup>3</sup> (20.000) <sup>2</sup>	2.080 <sup>3</sup>	2.080 <sup>3</sup>			5.480	5.480
Cadmium (Cd)	≤ 0,08-0,25 <sup>1,3</sup>	0,2 <sup>3</sup>	≤0,45-1,5 <sup>1,3</sup>	≤0,45-1,5 <sup>1,3</sup>	3,8 <sup>3,4</sup>	3,8 <sup>3,4</sup>	160	160
Kobber (Cu)	1 <sup>3,4</sup> (4,9) <sup>2</sup>	1 <sup>3</sup> (4,9) <sup>2</sup>	2 <sup>3</sup> (4,9) <sup>2</sup>	2 <sup>3</sup> (4,9) <sup>2</sup>				
Krom (Cr)	Cr VI: 3,4 Cr III: 4,9	Cr VI: 3,4 Cr III: 3,4	Cr VI: 17 Cr III: 124	Cr VI: 17 Cr III: 124				
Kviksølv (Hg)			0,07	0,07			20	20
Molybdæn (Mo)	67	6,7 <sup>3</sup>	587	587				
Nikkel (Ni)	4 <sup>4</sup>	8,6	34	34				
Selen (Se)	0,1 <sup>3</sup>	0,08 <sup>3</sup>	31 <sup>3</sup>	31 <sup>3</sup>				
Sølv (Ag)	0,017 <sup>3</sup>	0,2 <sup>3</sup>	0,36 <sup>3</sup>	1,2 <sup>3</sup>	30*foc <sup>5</sup>	260*foc <sup>5</sup>		
Tin (Sn)	2	0,2	20	20				
Vanadium (V)	4,1 <sup>3</sup>	4,1 <sup>3</sup>	57,8	57,8	23,6 <sup>3</sup>	23,6 <sup>3</sup>	122	122
Zink (Zn)	7,8 <sup>3,4</sup> (3,1) <sup>3,5</sup>	7,8 <sup>3</sup>	8,4 <sup>3</sup>	8,4 <sup>3</sup>				

1: Kvalitetskravene er graduerede afhængig af vandets hårdhed

2: Højest tilladte koncentration

3: Kvalitetskravet er værdien tilføjet den naturlige baggrundskoncentration

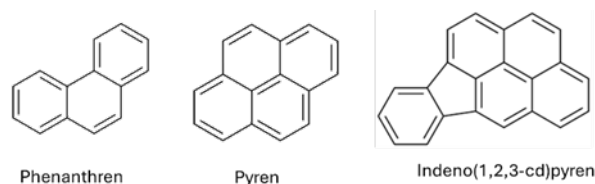
4: Gælder for den biotilgængelige koncentration, men ikke i kombination med 3).

5: foc er fraktion af organisk kulstof i sedimentet. Hvis indholdet af organisk kulstof i det givne sediment er ukendt, kan en EU-standardværdi for sedimentets indhold af organisk kulstof på 5 % anvendes

For miljøkvalitetskrav for metaller i overfladevand, som er vist i tabel 2.1 gælder det, at kvalitetskravene i vandfasen er gældende for den opløste fraktion (Miljøministeriet 2023a). Der er under tabellen angivet, om der tages hensyn til den naturlige baggrundskoncentration samt om kravet gælder for den biotilgængelige fraktion ved vurdering af overholdelse af miljøkvalitetskravet.

## 2.2 PAHer

Polycykliske aromatiske hydrocarboner (PAHer) kaldes også tjærestoffer. Det er en stofgruppe, der, som navnet antyder, er opbygget af flere aromatiske ringe. Det drejer sig primært om 6-leddet ringe, svarende til benzen, men 5-leddet kan også forekomme. Dette giver en stabil og samtidig flad struktur af molekylerne (eksempler kan ses i figur 2.1). Udover den sammensatte ringstruktur kan også andre stofgrupper, typisk alkylgrupper såsom metyl, være bundet til ringene. Der findes flere hundrede PAHer i stofgruppen. Stofgruppen har generelt høj LogK<sub>ow</sub> og LogK<sub>oc</sub> (affinitet for organisk materiale), hvilket betyder lav vandopløselighed, grænsende til ikke-opløselig og høj affinitet til at binde til organisk materiale i sediment og jord. Værdierne er korreleret til størrelsen af molekylerne, jo flere ringe der er bundet sammen, desto lavere vandopløselighed og desto højere affinitet for organisk materiale. LogK<sub>ow</sub> ligger fra ca. 4 for de tre-ringede op til ca. 7 for de 6-7 ringede PAHer. Vandopløselighed ligger fra ca. 4 mg/L for de tre-ringede og ned til 0,0002 mg/L for de syv-ringede PAHer.



**Figur 2.1.** Eksempler på kemiske strukturer af PAHer

PAHer findes naturligt i råolie. Ved raffinering af olien, stiger koncentrationen af PAHer, jo tungere olien er. Tjære har således et højt indhold af PAHer. PAHer dannes også ved afbrænding, det gælder både menneskeskabte afbrændinger af fossile brændstoffer, såsom kul, olie og trafikrelateret forurening, men også naturlige afbrændinger såsom skovbrande, er kilder. Forureningen kan deles i en diffus forurening, stammende fra deposition fra luften, samt i forurening fra olieholdige produkter. Lokale hotspots kan også forekomme, såsom forurening fra gasværksgrunde, nedgravede olietanke osv. Primære kilder til vandmiljøet stammer fra veje herunder dækslid, spildevand, oliespild i forbindelse med skibstrafik samt diffus forurening stammende fra luftforurening (trafik og afbrænding).

PAHer er langsomt nedbrydelige, men kan nedbrydes mikrobiologisk. Persistensen stiger med stigende antal ringe. PAHer bliver klassificeret som POP stoffer.

PAHer er som sådan ikke biomagnificerbare, da vertebrater, såsom fisk, kan omdanne PAHerne. Invertebrater kan ikke omdanne PAHer.

En række af PAHerne er genotoksiske og kræftfremkaldende.

Regulering /prioritering: PAHer er prioriteret under vandrammedirektivet, i dansk lovgivning og under ICES og Helcom. Der er miljøkvalitetskrav på 11 PAHer.

I NOVANA programmet måles 22 PAHer, inklusiv flere methylerede PAHer. PAH måles i muslinger i det marine miljø, da muslinger ikke kan omdanne PAHer, samt i sediment for ferskvand (søer og vandløb). For punktkilder måles der i spildevand i regnbetinget (RBU) separat kloak (tilløb og udløb) samt i sediment i regnvandsbassin RBU separat kloak.

For oversigt over hvilke PAHer der måles i NOVANA overfladevand, se bilag 1.

### **Direktiv-, lovgivnings- og konventionsmæssig status**

Vandrammedirektivets liste over prioriterede stoffer omfatter PAHerne anthracen og fluoranthen. Desuden er PAH anført som en sum baseret på benzo(a)pyren, benzo(b)fluoranthener, benzo(k)fluoranthener, benzo(ghi)perylene og indeno(1,2,3-cd)pyren (EU 2013).

I medfør af havstrategidirektivet (EU 2008b) måles der PAHer i muslinger og sediment.

Bekendtgørelsen om fastlæggelse af miljømål for vandløb, søer, overgangsvande og grundvand har nationale kvalitetskrav til en række PAHer (Miljøministeriet 2023a).

OSPAR's liste over "chemicals for priority action" omfatter PAHer (OSPAR 2019).



HELCOM's liste over prioriterede stoffer omfatter PAHer (HELCOM, 2018).

Miljøkvalitetskrav for PAH i overfladevand er oplistet i tabel 2.2.

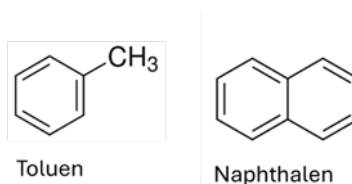
**Tabel 2.2.** Miljøkvalitetskrav for PAHer i overfladevand (Miljøministeriet 2023a).

	Vand (µg/l)				Sediment (mg/kg TS)		Biota (µg/kg VV)	
	Generelt kvalitetskrav		Maksimumkoncentration		Fersk	Marin	Fersk	Marin
	Fersk	Marin	Fersk	Marin				
Acenaphthen	3,8	0,38	3,8	3,8				
Acenaphthylen	1,3	0,13	3,6	3,6				
Anthracen	0,1	0,1	0,1	0,1	0,48*foc <sup>2</sup>	0,096*foc <sup>2</sup>	2.400	2.400
Benz(a)anthracen	0,012	0,0012	0,018	0,018				
Benz(a)pyren	0,00017	0,00017	0,27	0,027			5 <sup>1</sup>	
Crysen	0,014	0,0014	0,014	0,014				
Dibenz(a,h)anthracen	0,0014	0,00014	0,018	0,018				
Fluoranthren	0,0063	0,0063	0,12	0,12			30	
Fluoren	2,3	0,23	21,2	21,2				
Phenanthren	1,3	1,3	4,1	4,1				
Pyren	0,0046	0,0017	0,023	0,023				

1: benz(a)pyren betragtes som markør for benz(b)fluoranthren, benz(k)fluoranthren, benz(g,h,i)perylene og indeno(1,2,3-cd)-pyren. 2: foc er fraktion af organisk kulstof i sedimentet. Hvis indholdet af organisk kulstof i det givne sediment er ukendt, kan en EU-standardværdi for sedimentets indhold af organisk kulstof på 5 % anvendes

### 2.3 Aromatiske kulbrinter og kulbrinter

Aromatiske kulbrinter er i dette afsnit defineret som de aromatiske kulbrinter, der har en til to benzenringe, se figur 2.2. For aromatiske kulbrinter med flere benzenringe end to, henvises der til afsnit 2.2. I overvågningen indgår dels benzen og naphthalen, samt methylerede og ethylerede derivater af disse. Aromatiske kulbrinter med én benzenring er flygtige og findes primært i vandfasen i vandmiljøet, mens de to-ringede (naphthalener) har større affinitet til partikler og derfor i højere grad vil være bundet i sediment. Flere af stofferne dannes naturligt i råolie og resten syntetiseres fra oliestoffer.



**Figur 2.2.** Eksempler på kemiske strukturer af aromatiske kulbrinter.

De aromatiske kulbrinter indgår i olieholdige produkter, samt nedbrydningsprodukter af olieprodukter. Endvidere anvendes de i stort omfang i den kemiske industri og til fremstilling af farmaceutiske produkter. Flere af stofferne anvendes også som opløsningsmiddel i maling og træbeskyttelse. Ethylbenzen anvendes primært til fremstilling af styren, et plastprodukt. Naphthalen og methylnaphthalenerne forekommer i tjæreprodukter og benzin.

Stoffer med en benzenring er generelt rimelig let bionedbrydelige og har lav bioakkumulering. Stoffer med to benzenringe er generelt mindre bionedbrydelige, men bliver ikke betragtet som persistente. Disse har også lav bioakkumulering.

Stoffernes anvendelse samt deres fysiske kemiske egenskaber betyder, at de primært tilføres miljøet via luft og spildevand. Aromatiske kulbrinter har i højere grad tendens til at blive bundet til partikler end til at være opløst i vand.

Stofferne er toksiske i det akvatiske miljø, primært over for alger, krebsdyr og fiske- og skaldyrsyngel. Benzen er klassificeret som kræftfremkaldende.

Kulbrinter i overvågningsprogrammet er en betegnelse for måling af olie, som opdeles i faktorer afhængig af kædelængden af alkanerne. Metoden kan anvendes til måling af alt fra benzin til tunge fuelolier. Olie består af mange hundrede forskellige komponenter, og indeholder både alkaner og forskellige aromatiske forbindelser. Flere af stofferne måles også som enkeltstoffer i overvågningsprogrammet. Olie dannes naturligt og kan afhængig af raffinering variere i sammensætning afhængig hvor tung olien er. Olie bliver som produkt primært anvendt til forbrænding. Olie er som enkeltparameter ikke reguleret under Vandrammedirektivet.

Aromatiske kulbrinter bliver målt i muslinger og sediment i det marine miljø, samt i sediment i søer, og vandløb. For punktkilder måles der i spildevand i avanceret og mekanisk renseanlæg (tilløb og udløb), spildevand i regnbetinget (RBU) fælleskloak (udløb), spildevand i RBU separat kloak (tilløb og udløb) samt i sediment i regnvandsbassin RBU separat kloak.

Kulbrinter bliver målt i sediment i regnvandsbassin RBU separat kloak under punktkilder.

For oversigt over hvilke aromatiske kulbrinter og kulbrinter der måles i NO-VANA overfladevand, se bilag 1.

### **Direktiv-, lovgivnings- og konventionsmæssig status**

Vandrammedirektivets liste over prioriterede stoffer omfatter to aromatiske kulbrinter, benzen og naphthalen (EU 2013).

I medfør af havstrategidirektivet (EU 2008b) måles der aromatiske kulbrinter i muslinger og sediment.

Bekendtgørelsen om fastlæggelse af miljømål for vandløb, søer, overgangsvande og grundvand har nationale kvalitetskrav til en række aromatiske kulbrinter (Miljøministeriet 2023a).

Miljøkvalitetskrav for aromatiske kulbrinter i overfladevand er angivet i tabel 2.3 i det omfang, de er fastsat.

**Tabel 2.3.** Miljøkvalitetskrav for aromatiske kulbrinter i overfladevand (Miljøministeriet 2023a).

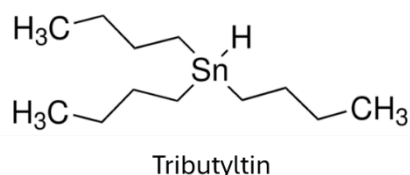
	Vand (µg/l)				Sediment (mg/kg TS)		Biota (µg/kg VV)	
	Maksimum-				Fersk	Marin	Fersk	Marin
	Generelt kvalitetskrav koncentration							
	Fersk	Marin	Fersk	Marin				
Benzen	10	8	50	50				
Ethylbenzen	20	2	180	180				
Methylnaphthalener, sum <sup>1</sup>	0,12	0,12	2	2	0,478*foc <sup>2</sup>	0,478*foc <sup>2</sup>	2.400	2.400
Naphthalen	2	2	130	130	2,76*foc <sup>2</sup>	2,76*foc <sup>2</sup>	2.400	2.400
Toluen	74	7,4	380	380				
Xylener (o-, p- og m)	Σ=10	Σ=1	Σ=100	Σ=100				

1: Sum af methylnaphthalener, herunder 1-methylnaphthalen, 2-methylnaphthalen, dimethylnaphthalen og trimethylnaphthalen.

2: foc er fraktionen af organisk kulstof i sedimentet. Hvis indholdet af organisk kulstof i det givne sediment er ukendt, kan en EU-standardværdi for sedimentets indhold af organisk kulstof på 5 % anvendes

## 2.4 Organotin forbindelser

Organotin forbindelser er karakteriseret ved, at organiske kulstof grupper er bundet til metallet tin, se figur 2.3



**Figur 2.3.** Eksempel på den kemiske struktur af organotin forbindelser.

I forbindelse med NOVANA og havstrategidirektivet måles på stofferne tributyltin (TBT), dibutyltin (DBT), monobutyltin (MBT) og triphenyltin (TPhT).

Anvendelsen af TBT og TPhT er i dag ulovlig, men de har tidligere været udbredt som biocider. Den mest kendte anvendelse var som antibegroningsmiddel i skibes bundmaling, hvilket blev forbudt i 2003. Derudover blev de også brugt som antiseptiske midler samt som fungicider i træimprægning og i landbruget. MBT og DBT anvendes bl.a. i forbindelse med produktionen og som additiv i forskellige typer af plastmaterialer (fx PVC og PUR), men de dannes også ifm. fysisk-kemisk og biologisk nedbrydning af TBT i miljøet.

Især TBT og TPhT vurderes at være særligt miljøskadelige pga. deres egenskaber med højt potentiale for bioakkumulering, persistens og toksicitet for vandlevende organismer. Blandt de toksiske egenskaber er hormonforstyrrende effekter på bl.a. havsnegle, som kan medføre synlige kønsændringer i form af de såkaldte imposex og intersex fænomener, der i de mest fremskredne stadier kan forårsage sterilitet. I NOVANA-programmet indgår forekomsten af imposex og intersex i udvalgte arter af havsnegle også i den biologiske effektovervågning som TBT-specifikke miljøindikatorer.

Der er udviklet miljøkvalitetskrav og-kriterier for TBT, og biologiske effekter med specifik kobling til denne. Det beslægtede stof TPhT er tilsvarende særdeles miljøskadeligt, mens stoffer DBT og MBT betragtes ikke at være miljøskadelige i samme grad.

Organotin forbindelser bliver målt i muslinger i det marine miljø, samt i det ferske miljø i sediment i søer og vandløb. For punktkilder måles der i spildevand i avanceret og mekanisk renseanlæg (tilløb og udløb) samt i spildevand i regnbetinget (RBU) separat kloak (tilløb og udløb). For oversigt over hvilke organotinforbindelser der måles i NOVANA overfladevand, se bilag 1.

### Direktiv-, lovgivnings- og konventionsmæssig status

Vandrammedirektivets liste over prioriterede stoffer omfatter TBT-forbindelser (EU 2013).

I medfør af havstrategidirektivet (EU 2008b) bliver der målt organotin i muslinger samt biologiske effekter i snegle.

TBT og TPhT samt biologiske effekter er på HELCOM's og OSPAR's lister over primære overvågningsindikatorer for væsentlige presfaktorer i det marine miljø (HELCOM 2018, OSPAR 2019).

Udover miljøkvalitetskrav er der også udviklet andre forskellige miljøkvalitetskriterier for TBT og effekter i det marine miljø, se Bilag 2.

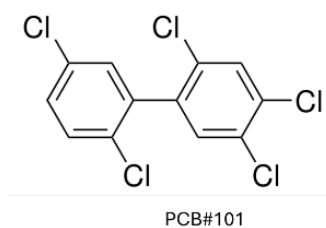
Miljøkvalitetskrav for organotin forbindelser i overfladevand er angivet i tabel 2.4 i det omfang, de er fastsat.

**Tabel 2.4.** Miljøkvalitetskrav (MKK) for organotin forbindelser i overfladevand (Miljøministeriet 2023a).

	Vand (µg/l)			
	Generelt kvalitetskrav		Maksimumkoncentration	
	Fersk	Marin	Fersk	Marin
Tributyltin (TBT)	0,0002	0,0002	0,0015	0,0015

## 2.5 Polychlorerede biphenyler, PCB

Polychlorerede biphenyler (PCB) består kemisk af to phenyl-ringe bundet sammen (en biphenyl), og med et varierende antal chlor-atomer bundet til de to ringe (se figur 2.4). Antallet af chlor-atomer og deres placering på de to phenyl grupper, giver en del kombinationer, og gruppen af PCB'er omfatter således 209 forskellige isomer forbindelser, også kaldet congenere, som er navngivet med hver sit nummer. Jo højere antal chloratomer der er bundet på phenylringene, desto højere nummer. PCB forekommer typisk i en blanding af forskellige PCB congenere. PCB har høje  $\text{LogK}_{ow}$  værdier, fra 4,6 for PCB#28 til 5,6 for PCB#108. Dette betyder, at de er uopløselige i vand og vil akkumulere i fedtvæv.



**Figur 2.4.** Eksempel på den kemiske struktur af PCB.

PCB har haft udbredt anvendelse på grund af deres kemiske og termiske stabilitet, varmeledning, elektrisk isolationsevne og generelle holdbarhed. De er

anvendt i hydrauliske væsker, varmeoverførselsvæsker, smøremidler og blødgørere. De er blevet anvendt i byggematerialer som fx fugemasse og termoruder samt i maling. En anden udbredt anvendelse har været i kondensatorer, transformatorer og andre elektriske apparater. PCBer blev desuden tilsat PVC som flammehæmmer. Brugen af PCB i byggematerialer har været forbudt siden 1977 og i andre typer produkter og apparatur siden 1986.

PCBer er bioakkumulerbare, langtransporterbare og meget svært nedbrydelige i miljøet. PCB#180 er som eksempel estimeret til en halveringstid på ca. 27,5 år i vand og 38 år i sediment. PCBer er således klassiske POP stoffer, og PCB forekommer stadig i miljøet. PCB dannes desuden i mindre omfang naturligt ved skovbrande.

PCBer er toksiske, kræftfremkaldende og skadelige for immunsystemet.

På grund af deres effekter og bioakkumulering er de meget giftige for det akvatiske miljø.

En række PCB congenere har dioxin-lignende giftighed, de såkaldte dioxinlignende-PCBer, der indgår i WHO's toksicitetsækvivalent beregning (WHO-TEQ PCB-DL). Det gælder de såkaldt co-planare PCB congenere (PCB #77, #81, #126 og #169) samt PCB kongenerne PCB #105, PCB #114, PCB #118, PCB #123, PCB #156, PCB #157, PCB #167 og PCB #189.

Under NOVANA er PCBerne opdelt i de "almindelige" PCB og i WHO-PCBer. De almindelige PCBer måles i fisk i det marine miljø. WHO PCBer følger dioxinerne og måles derfor i fisk i både det marine miljø og i ferskvand.

For oversigt over hvilke PCBer der måles i NOVANA overfladevand, se bilag 1.

### **Direktiv-, lovgivnings- og konventionsmæssig status**

Vandrammedirektivets liste over prioriterede stoffer omfatter dioxinlignende PCBer som en del af gruppen dioxiner og dioxinlignende forbindelser (EU 2013).

I medfør af havstrategidirektivet (EU 2008b) måles der PCBer i fisk.

OSPAR's liste over "chemicals for priority action" omfatter PCBer (OSPAR 2019).

HELCOM's liste over prioriterede stoffer omfatter PCBer (HELCOM, 2018).

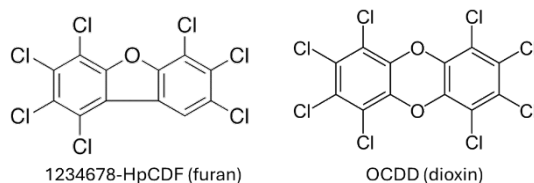
PCB er omfattet af Stockholmkonventionens bilag C med stoffer, hvis utilsigtede udslip skal reduceres (EU 2019).

Der er ikke fastsat miljøkvalitetskrav for PCB.

Dioxinlignende PCBer indgår i miljøkvalitetskravet for dioxiner og furaner. Dette miljøkvalitetskrav er fastsat som summen af toksicitetsækvivalenter af de tre stofgrupper (se afsnit 2.6).

## 2.6 Dioxiner og furaner

Dioxiner er en kemisk betegnelse for chlorholdige stoffer, som består af to benzenringe bundet sammen via en ring med to iltatomer (kaldet dioxinring) og hvortil der på benzenringen er bundet et antal chloratomer. Furaner er tilsvarende bortset fra at de kun er bundet sammen med en ring med et iltatom (furanring), se figur 2.5.



**Figur 2.5.** Eksempler på kemiske strukturer af dioxiner og furaner. 1234678-HpCDF (furan) og OCDD (dioxin).

Dioxiner og furaner kan dannes ved forbrænding af chlorholdigt organisk materiale. Tidligere sås også udslip af dioxin fra industrielle processer, som involverer chlor eller brom, men det er i dag betydelig reduceret grundet det høje fokus, der har været på dioxiner/furaner. Dette betyder, at den dominerende kilde for tilførsel til miljøet i dag stammer fra afbrænding og sker via luften ved atmosfærisk deposition.

Dioxiner og furaner dannes også i mindre mængder naturligt ved skovbrande og vulkanudbrud. Grundet det stigende antal skovbrande, der ses i disse år, er det muligt at bidraget fra denne form for kilder vil stige i de kommende år.

Stofferne er hydrofobe, dvs. ikke-opløselige i vand, med  $\text{LogK}_{\text{ow}}$  værdier på 5-8. Dioxiner og furaner er langsomt nedbrydelige, bioakkumulerbare og toksiske, og vil i miljøet, grundet deres fysiske kemiske egenskaber, være bundet til partikler samt forekomme i biota, hvor de binder sig til fedtholdigt væv. På grund af stoffernes stabilitet, kan de transporteres via luften over lange afstande blandt andet bundet til sodpartikler.

Dioxiner og furaner er toksiske stoffer, men med forskellig toksicitet af de enkelte stoffer i de to stofgrupper. Koncentrationen af dioxiner og furaner i biota angives i toksicitetsækvivalenter beregnet med en omregningsfaktor fastsat af WHO (WHO-TEQ). WHO-PCB-forbindelser har tilsvarende toksicitet, og henregnes til gruppen af dioxiner og furaner som "dioxinlignende forbindelser" og omregnes til toksicitetsækvivalenter, (WHO-TEQ PCB-DL) med egne omregningsfaktorer. Der er fastsat faktorer til beregning af WHO-TEQ i 1998 og 2005.

I NOVANA måles dioxiner og furaner i fisk i vandløb, søer og marint.

For oversigt over hvilke dioxiner og furaner der måles i NOVANA overfladevand, se bilag 1.

### Direktiv-, lovgivnings- og konventionsmæssig status

Vandrammedirektivets liste over prioriterede stoffer omfatter dioxin og dioxinlignende forbindelser (EU 2013).

I medfør af havstrategidirektivet (EU 2008b) måles der dioxiner og furaner i fisk.



og octa-BDE har været forbudt i EU i alle produkter siden 2004, mens deca-BDE har været forbudt i elektronik siden 2006.

Fysisk kemisk er bromerede flammehæmmere hydrofobe, dvs. meget lav vandopløselighed med høje LogK<sub>ow</sub> værdier: 6,5-9. De er persistente og bioakkumulerbare og ophobes derfor i miljøet. Stofferne vil derfor primært forekomme i sediment og biota.

Bromerede flammehæmmere er hormonforstyrrende og toksiske for dyr, mennesker og det akvatiske miljø og kan medføre biomagnifikation.

Tilførslen af bromerede flammehæmmere til miljøet sker primært ved frigivelse fra overflader og dermed tilførelse til spildevand, eksempelvis ved rengøring, men forventes også at kunne frigives via emission til luften.

I NOVANA programmet måles bromerede flammehæmmere i marine fisk.

For oversigt over hvilke bromerede flammehæmmere der måles i NOVANA overfladevand, se bilag 1.

### Direktiv-, lovgivnings- og konventionsmæssig status

Vandrammedirektivets liste over prioriterede stoffer omfatter gruppen af bromerede diphenylethere (BDE) med en præcisering af, at miljøkvalitetskravet gælder for summen af BDE congenere #28, #47, #99, #100, #153 og #154 samt hexabromcyclododecan (HBCDD) (EU 2013).

I medfør af havstrategidirektivet (EU 2008b) måles der bromerede flammehæmmere i fisk.

OSPAR's liste over "chemicals for priority action" omfatter bromerede flammehæmmere (OSPAR 2019).

HELCOM's liste over prioriterede stoffer omfatter bromerede flammehæmmere (HELCOM, 2018).

Fire bromerede diphenylethere, BDE#153, #154, #175 og #183 er på Stockholmkonventionens liste over POP-stoffer, hvis produktion og anvendelse skal udfases (Annex A) (EU 2019).

Miljøkvalitetskrav for bromerede flammehæmmere i overfladevand er oplyst i tabel 2.6.

**Tabel 2.6.** Miljøkvalitetskrav (MKK) for bromerede flammehæmmere i overfladevand (Miljøministeriet 2023a).

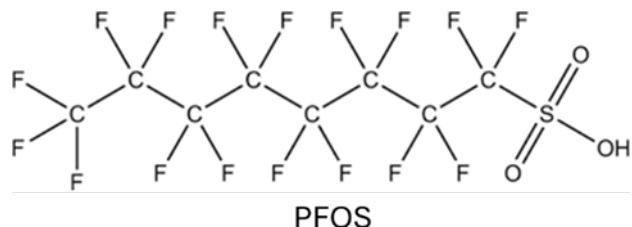
	Vand (µg/l)				Biota (µg/kg vv)
	Generelt kvalitetskrav		Maksimumkoncentration		
	Fersk	Marin	Fersk	Marin	
Bromerede diphenylethere (sum af BDE#28, #47, #99, #100, #153, #154)	-	-	0,14	0,014	0,0085
Hexabromcyclododecan (HBCDD)	0,0016	0,0008	0,5	0,05	167

## 2.8 Perfluorerede stoffer

Per- og polyfluorerede alkylstoffer (PFAS) er en række kemiske organiske stoffer hvorpå der er organisk fluor på kulstofkæderne, se figur 2.7. Denne



kemiske sammensætning betyder, at stofferne har unikke fysisk kemiske egenskaber, som gør, at de har olie-, vand-, og smudsafvisende egenskaber samt er modstandsdygtige overfor høje temperaturer og aggressive kemikalier. Perfluorerede forbindelser er en gruppe på over 10.000 forskellige stoffer. Definitionen på en PFAS i henhold til OECD er at der er mindst et kulstofatom med fluoratomer (-CF<sub>2</sub>), hvilket er årsagen til det høje antal stoffer, der defineres som PFAS.



**Figur 2.7.** Eksempel på kemisk struktur af perfluorerede stoffer.

I starten var det primært de langkædede PFAS der blev anvendt, men efterhånden som de er blevet reguleret, er industrien gået over til de kortkædede, som dog også rummer miljømæssige udfordringer. Definitionen på langkædede er >7 fluorerede kulstofatomer, mens de kortkædede er defineret ved 4-6 fluorerede kulstofatomer.

PFAS har en udbredt anvendelse, dækkende blandt andet brandsluknings-skum, slip-let metal belægninger, papir- og papemballage, cremer, kosmetik, tekstiler, tæpper, maling, pesticider og lægemidler. Desuden anvendes PFAS i en lang række fluorplast-materialer og i industrielle processer (Braun et al. 2023).

Kilder til PFAS i miljøet er derfor meget diverse. Udover spildevand og afløb fra marker, forekommer der også flere hotspot kilder såsom øvelsesområder for brandbekæmpelse og forurenede industrigrunde. Opkoncentrering i havskum, som efterfølgende blæser ind over land vurderes i dag også at være en mulig kilde i kystnære områder. De kortkædede og langkædede PFAS har lidt forskellig miljømæssig adfærd i det akvatiske miljø. De kortkædede er mere vandopløselige og kan optages i planter, mens de langkædede, som er mindre vandopløselige, vil binde sig til sediment.

PFAS er persistente, bioakkumulerbare og toksiske stoffer (PBT). I modsætning til de fleste PBT-stoffer er PFAS ikke lipofile, hvilket betyder, at de i højere grad akkumuleres i indre organer som lever end i fedtvævet. Deres egenskaber betyder også at de er ret mobile og derfor lettere transporteres til eksempelvis grundvand i modsætning til de fleste andre stoffer inden for PBT gruppen (Persistent, Bioakkumulerende og Toksisk).

PFAS bliver målt i alle medier i NOVANA og både kortkædede og langkædede PFAS bliver monitoreret. Overvågningen sker for det marine miljø, søer og vandløb i fisk. For punktkilder måles der i spildevand i avanceret og mekanisk renseanlæg (tilløb og udløb), spildevand i regnbetinget (RBU) fælleskloak (udløb). Antallet af perfluorerede stoffer som bliver målt under NOVANA er steget de seneste år og er nu på 24 PFAS for flere medier.

For oversigt over hvilke PFAS der måles i NOVANA overfladevand, se bilag 1.

## Direktiv-, lovgivnings- og konventionsmæssig status

Vandrammedirektivets liste over prioriterede stoffer omfatter PFOS (EU 2013)

Der bliver målt PFAS i fisk under havstrategidirektivet.

PFOS og salte af PFOS og perfluoroktansyre (PFOA) er omfattet af Stockholm-konventionen (EU 2019).

PFOS og PFOA er desuden på HELCOM's liste over prioriterede stoffer (HELCOM 2018).

OSPAR's liste over "chemicals for priority action" (OSPAR 2019) omfatter PFAS (OSPAR 2019).

Miljøkvalitetskrav for PFAS i overfladevand er oplistet i tabel 2.7. Der er fastsat miljøkvalitetskrav for PFOS som det eneste stof fra gruppen af PFAS. Miljøkvalitetskravet er fastsat af hensyn til giftigheden ved human konsum af fisk (EU 2022b).

**Tabel 2.7.** Miljøkvalitetskrav (MKK) for perfluorerede stoffer i overfladevand (Miljøministeriet 2023a).

	Generelt kvalitetskrav		Vand (µg/l)		Biota (µg/kg)
	Fersk	Marin	Maksimumkoncentration		
			Fersk	Marin	
PFOS	6,5x10 <sup>-4</sup>	1,3x10 <sup>-4</sup>	36	7,2	9,1

## 2.9 Pesticider

Pesticider er en samlet betegnelse for plantebeskyttelsesmidler og biocider, som anvendes til skadebekæmpelse primært i landbruget, frugtavl og til dels i skovbrug. De er opdelt efter deres funktion: ukrudtsbekæmpelse (herbicider), insektbekæmpelse (insekticider), svampebekæmpelse (fungicider), til vækstregulering (stråforkortere), rottebekæmpelse (rodenticider) m.v. Pesticider bliver generelt tilført miljøet ved afstrømning fra sprøjtede marker. Stofferne vil forekomme i både overfladevand og i spildevand.

Biocider er betegnelsen for kemiske stoffer der er bestemt til at kunne ødelægge, afskrække, uskadeliggøre, hindre virkningen af eller bekæmpe virkningen af skadegørere (EU 2012). Skadegørere kan være skadedyr (fra insekter til rotter), bakterier eller svampe. Visse biocider kan derfor have andre spredningsveje, da de anvendes direkte ved udspredning som gift, men også i rengøringsmidler og maling. Anvendelsen af biocider til bl.a. maling udvendig på bygninger medfører langsom frigivelse ved udsættelse for vind og vejr eller afvaskning fra overfladerne i forbindelse med regn, hvorefter biocider bliver ført til det afstrømmende regnvand (Vollertsen et al. 2017).

Da de enkelte pesticider er specifikt designet til en bestemt form for skadebekæmpelse kan der ikke siges noget generelt hverken om deres struktur, skæbne eller effekter i miljøet. Imidlertid, da pesticider er udviklet til at hæmme eller dræbe skadegørere, kan de have utilsigtede effekter på miljøet såsom påvirkning af nontarget organismer og planter.

For nogle pesticider forekommer nedbrydningsprodukterne mere udbredt end selve pesticidet, eksempelvis 2,6-dichlorbezamid (BAM), som er nedbrydningsprodukt af 2,6-dichlobenil, fluopicolid og chlorthiamid.

Pesticidernes nedbrydelighed, og den hastighed, nedbrydningen sker med, har betydning for, om det er pesticiderne, deres nedbrydningsprodukter eller begge, der kan findes i miljøet. Overvågningen omfatter derfor såvel pesticider som en række nedbrydningsprodukter af pesticider.

Pesticider og deres nedbrydningsprodukter måles i vand for vandløb. For punktkilder måles der i spildevand i regnbetinget (RBU) separat kloak (tilløb og udløb) samt i sediment i regnvandsbassin RBU separat kloak. En række forbudte chlorerede pesticider bliver målt i fisk i de marine områder.

For oversigt over hvilke pesticider der måles i NOVANA overfladevand, se bilag 1.

### Direktiv-, lovgivnings- og konventionsmæssig status

Vandrammedirektivets liste over prioriterede stoffer omfatter en række pesticider (EU 2013).

I medfør af havstrategidirektivet (EU 2008b) måles der pesticider i fisk.

Bekendtgørelsen om fastlæggelse af miljømål for vandløb, søer, overgangsvande og grundvand har nationale kvalitetskrav til en række pesticider (Miljøministeriet 2023a).

En række af de forbudte chlorerede pesticider bl.a. DDT er omfattet af Stockholmkonventionen (EU 2019).

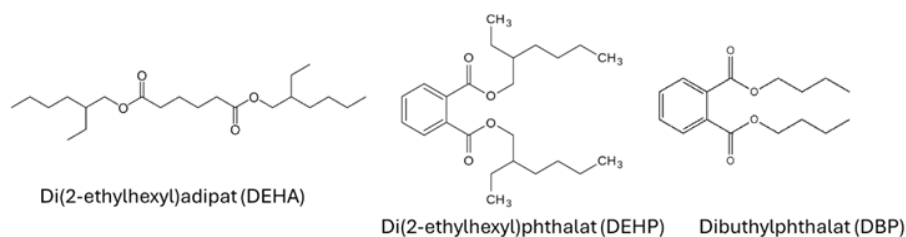
Der foreligger miljøkvalitetskrav for en række pesticider. Miljøkvalitetskrav i overfladevand for de pesticider, som indgår i NOVANA programmet, er op-listet i tabel 2.8.

**Tabel 2.8.** Miljøkvalitetskrav (MKK) for pesticider i overfladevand (Miljøministeriet 2023a). Kun pesticider som indgår i NOVANA programmet er medtaget.

	Vand (µg/l)			
	Generelt kvalitetskrav		Maksimumkoncentration	
	Fersk	Marin	Fersk	Marin
Atrazin	0,6	0,6	2	2
Bentazon	45	45	450	450
Chlorpyrifos	0,03	0,03	0,1	0,1
Cypermethrin	8x10 <sup>-5</sup>	8x10 <sup>-6</sup>	6x10 <sup>-4</sup>	6x10 <sup>-5</sup>
2,6- Dichlorbenzamid (BAM)	78	7,8	780	780
Diuron	0,2	0,2	1,8	1,8
Isoproturon	0,3	0,3	1	1
Mechlorprop-P	18	1,8	187	187
DDT (inkl. metabolitter DDD og DDE)	0,025	0,025	anvendes ikke	anvendes ikke
ppDDT	0,01	0,01	anvendes ikke	anvendes ikke
Hexachlorcyclohexan (alle isomerer og lindan)	0,02	0,002	0,04	0,02

## 2.10 Blødgørere

Blødgørerne omfatter stofgruppen phthalater og en enkelt adipat. Bortset fra adipaten består phthalaterne af estre af phthalsyre hvortil der er bundet varierende længde kulstofkæder. Phthalsyre er en aromat ring med to carboxylsyrer på. Se figur 2.8.



**Figur 2.8.** Eksempler på kemiske strukturer for blødgørere.

Blødgørere anvendes i forskellige plasttyper/produkter, gummi, maling, forseglere og klæbemidler m.m. Blødgørerne påvirker fleksibiliteten af bl.a. plastmaterialer, som derved kan anvendes til en lang række produkter, hvor der er behov for meget forskellige egenskaber.

Blandt blødgørerne har di(2-ethylhexyl) phthalat (DEHP) tidligere haft størst anvendelse, men stoffet er blevet pålagt reguleringer, og forbruget er derefter faldet markant.

Fysik kemisk varierer stofferne noget.  $\text{LogK}_{\text{ow}}$  værdierne ligger mellem 4-8 og vandopløselighed går fra moderat til meget lav. Flere af stofferne har affinitet for at binde sig til sediment fremfor at være i vandfasen. For flere af stofferne er der potentiale for bioakkumulering og flere af dem er persistente i miljøet.

DEHP, BBP og DBP er hormonforstyrrende og reproduktionsskadende.

Stofferne betragtes generelt som giftige for det akvatiske miljø.

Blødgørerne tilføres til omgivelserne med spildevand, med overfladisk afstrømning og via afdampning til atmosfæren, hvorfra det udvaskes.

I NOVANA programmet måles blødgørere i marint sediment, for vandløb i sediment og vand, for søer i sediment. For punktkilder måles der i spildevand i avanceret og mekanisk renseanlæg (tilløb og udløb), spildevand i regnbetinget (RBU) fælleskloak (udløb), spildevand i RBU separat kloak (tilløb og udløb) samt i sediment i regnvandsbassin RBU separat kloak.

For oversigt over hvilke blødgørere der måles i NOVANA overfladevand, se bilag 1.

### Direktiv-, lovgivnings- og konventionsmæssig status

Vandrammedirektivets liste over prioriterede stoffer omfatter DEHP som det eneste stof fra gruppen af blødgørere (EU 2013).

Bekendtgørelsen om fastlæggelse af miljømål for vandløb, søer, overgangsvande og grundvand har nationale kvalitetskrav til en række blødgørere (Miljøministeriet 2023a).

Miljøkvalitetskrav for blødgørere i overfladevand er oplyst i tabel 2.9.

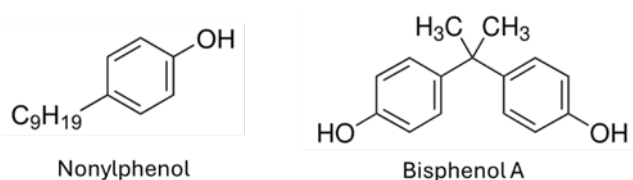
**Tabel 2.9.** Miljøkvalitetskrav (MKK) for blødgørere i overfladevand (Miljøministeriet 2023a).

	Vand ( $\mu\text{g/l}$ )			
	Generelt kvalitetskrav		Maksimumkoncentration	
	Fersk	Marin	Fersk	Marin
Butylbenzylphthalat (BBP)	7,5	0,75	15	15
Di(2-ethylhexyl)adipat (DEHA)	0,7	0,07	6,6	0,66
Di(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	1,3	1,3	Anvendes ikke	Anvendes ikke
Dibutylphthalat (DBP)	2,3	0,23	35	35

## 2.11 Phenoler

Gruppen af phenoler omfatter i NOVANA, phenol, alkylphenoler og bisphenol A. Alkylphenolerne omfatter nonylphenol og octylphenol samt deres ethoxylater.

Kemisk set er grundstrukturen for dem alle en benzenring, hvortil der er bundet en OH grupper (en phenol). Derudover kan der være bundet kulstofkæder af forskellig længde og struktur til benzenringen, hvilket giver forskellige fysisk/kemiske egenskaber, se figur 2.9.

**Figur 2.9.** Eksempler på kemiske strukturer for phenoler.

Phenol anvendes primært i den kemiske industri som råmateriale til andre kemiske stoffer, bla. bisphenol A. Det samme gælder nonylphenol, som primært anvendes til fremstilling af nonylphenoletoxylater. Andre mulige kilder er maling, lak, klæbemidler, fyldstoffer og fugemasser. Rengørings- og affedtningmidler er også kilder til nonylphenoletoxylater. Endvidere indgår alkylphenoler i pesticidformuleringer. Blandt octylphenolerne er det 4-tert-octylphenol som næsten udelukkende bliver brugt, og her skønnes den vigtigste kilde at være restindhold i dæk.

Bisphenol A (BPA) er et af de industrikemikalier, der produceres i størst volumen på verdensplan. Bisphenol A indgår i epoxyharpikser og polycarbonat plast. Bisphenol A anvendes derfor i en lang række af forbrugerprodukter og artikler. Anvendelsen af bisphenol A er i dag begrænset i flere produkter da stoffet vurderes at have hormonforstyrrende effekter.

Phenoler bliver tilført miljøet via spildevand samt evt. afstrømning fra sprøjtede marker som følge af anvendelsen af sprøjtemidler. Stofferne vil forekomme i både overfladevand og som partikulært bundet til sediment. Nonylphenoletoxylater i spildevand kan nedbrydes til nonylphenol i renseanlæg.

Der er forholdsvis store forskelle på skæbne og effekter. For alkylphenolerne og etoxylater ligger  $\text{LogK}_{\text{ow}}$  ca. 4,1-5,9. Bisphenol A har en  $\text{LogK}_{\text{ow}}$  på 3,4, men phenol er det mest vandopløselige med  $\text{LogK}_{\text{ow}}$  på 1,47 og en vandopløselighed 84 g/l. Stofferne er persistente i sediment ( $T_{1/2} > 100$  dage), men har rimelig nedbrydelighed i vand. Grundet  $\text{LogK}_{\text{ow}}$  vil alkylphenolerne og etoxylater

fordelingsmæssigt i højere grad forefindes i sediment frem for vand. De fleste er svagt til moderat bioakkumulerbare (Hansen and Lassen, 2008).

Stofferne er generelt meget toksiske for fisk, flere af stofferne er desuden meget toksiske generelt for det akvatiske miljø (Hansen and Lassen, 2008).

Flere af phenolerne er på EU's lister over hormonforstyrrende stoffer og har østrogenlignende effekt. Endvidere anses flere af stofferne for at være reproduktionsskadende, det gælder bl.a. bisphenol A og 4-tert-octylphenol.

I NOVANA programmet bliver alkylphenoler målt i sediment i det marine miljø og søer. Phenol og alkylphenol måles i vand i vandløb. For punktkilder måles phenol og alkylphenol i spildevand i avanceret og mekanisk renseanlæg (tilløb og udløb), spildevand i regnbetinget (RBU) fælleskloak (udløb), spildevand i RBU separat kloak (tilløb og udløb) samt i sediment i regnvandsbassin RBU separat kloak.

For oversigt over hvilke phenoler der måles i NOVANA overfladevand, se bilag 1.

### **Direktiv-, lovgivnings- og konventionsmæssig status**

Vandrammedirektivets liste over prioriterede stoffer omfatter: Nonylphenoler og octylphenoler. Nonylphenoler omfatter isomere forbindelser, mens det for octylphenoler med CAS nr. er angivet, at det er isomere forbindelser af 4-octylphenol (EU 2018).

Bekendtgørelsen om fastlæggelse af miljømål for vandløb, søer, overgangsvande og grundvand har nationale kvalitetskrav til en række phenoler (Miljøministeriet 2023a).

Nonylphenoler og nonylphenoethoxylater samt octylphenol er på HELCOM's liste over prioriterede stoffer (HELCOM 2018).

Miljøkvalitetskrav for Phenoler i overfladevand er oplyst i tabel 2.10.

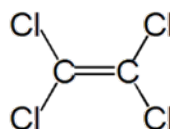
**Tabel 2.10.** Miljøkvalitetskrav (MKK) for phenoler i overfladevand (Miljøministeriet 2023a).

	Vand (µg/l)				Sediment (mg/kg TS)	
	Generelt kvalitetskrav		Maksimumkoncentration		Fersk	Marin
	Fersk	Marin	Fersk	Marin		
Bisphenol A	0,1	0,01	10	10		
Phenol	7,7	0,77	310	310		
Nonylphenoler	0,3 <sup>1</sup>	0,3 <sup>1</sup>	2 <sup>1</sup>	2 <sup>1</sup>	25*foc <sup>5,6</sup>	2,5*foc <sup>5,6</sup>
Nonylphenol	0,3 <sup>2</sup>	0,3 <sup>2</sup>	2 <sup>2</sup>	2 <sup>2</sup>		
Octylphenoler <sup>3</sup>	0,1	0,01	Anvendes ikke	Anvendes ikke	39,3*foc <sup>6</sup>	3,93*foc <sup>6</sup>
Octylphenol <sup>4</sup>	0,1	0,01	Anvendes ikke	Anvendes ikke		

1: CAS nr. 84852-15-3; 2: CAS nr. 25154-52-3; 3: CAS nr. 140-66-9; 4: CAS nr. 1806-26-3, 5: Sum af 84852-15-3, 104-40-5 og 25154-52-3, 6: foc er fraktion af organisk kulstof i sedimentet. Hvis indholdet af or-ganisk kulstof i det givne sediment er ukendt, kan en EU-standardværdi for sedimentets indhold af organisk kulstof på 5 % anvendes

## 2.12 Halogenerede alifatiske kulbrinter

Halogenerede alifatiske kulbrinter indenfor NOVANA omfatter tre stoffer, trichlormethan, trichloretylen og chloroform, dvs. chlorerede forbindelser med et til to kulstofatomer, se figur 2.10. Gruppen af stoffer er langt større, men nedenstående vil kun omhandle de letflygtige chlorerede forbindelser.



Tetrachlorethylen

**Figur 2.10.** Eksempel på kemisk struktur for halogenerede alifatiske kulbrinter.

Disse forbindelser anvendes primært som opløsningsmiddel i fx maling og lak. Derudover bruges halogenerede alifatiske kulbrinter indenfor den kemiske industri ved syntese, ekstraktion og affedtning.

Halogenerede alifatiske kulbrinter indenfor NOVANA forekommer som væske ved stuetemperatur, men er, som nævnt, letflygtige og letopløselige i vand, (omkring 0,1-1 g/l). Stofferne er ikke klassificeret som persistente.

Stofferne er giftige for det akvatiske miljø, men betragtes ikke som bioakkumulerbare. De er meget giftige for mennesker og mistænkt eller klassificeret som kræftfremkaldende.

Grundet deres fysiske kemiske egenskaber samt brug, vil deres primære tilførsel til miljøet være gennem luften og med spildevand. Stofferne kan også forekomme som hotspots ved jordforureninger ved for eksempel gamle industrigrunde og dermed med risiko for nedsivning til grundvandet samt evt. nærliggende overfladevand.

Halogenerede alifatiske kulbrinter bliver under NOVANA målt under punktkilder i spildevand i avanceret og mekanisk renseanlæg (tilløb og udløb), spildevand i regnbetinget (RBU) fælleskloak (udløb).

For oversigt over de halogenerede alifatiske kulbrinter der måles i NOVANA overfladevand, se bilag 1.

## Direktiv-, lovgivnings- og konventionsmæssig status

Vandrammedirektivets liste over prioriterede stoffer omfatter flere halogenerede alifatiske kulbrinter (EU 2013).

Bekendtgørelsen om fastlæggelse af miljømål for vandløb, søer, overgangsvande og grundvand har nationale kvalitetskrav til en række halogenerede kulbrinter (Miljøministeriet 2023a).

Miljøkvalitetskrav for halogenerede kulbrinter i overfladevand er oplyst i tabel 2.11. Kun halogenerede kulbrinter som indgår i NOVANA er angivet.

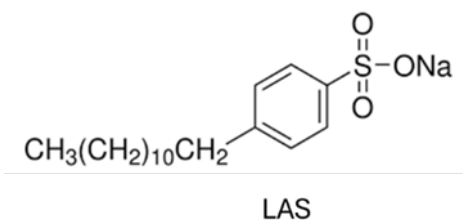
**Tabel 2.11.** Miljøkvalitetskrav (MKK) for halogenerede alifatiske kulbrinter i overfladevand (Miljøministeriet 2023a).

	Vand (µg/l)			
	Generelt kvalitetskrav		Maksimumkoncentration	
	Fersk	Marin	Fersk	Marin
Chloroform (trichlormethan)	2,5	2,5	Anvendes ikke	Anvendes ikke
Tetrachlorethylen	10	10	Anvendes ikke	Anvendes ikke
Trichlorethylen	10	10	Anvendes ikke	Anvendes ikke

## 2.13 Anioniske detergenter

Lineære alkylbenzensulfonater (LAS) hører til gruppen af anioniske detergenter, der måles i NOVANA programmet. Der skelnes mellem anioniske og kationiske detergenter, som ikke nødvendigvis tilhører samme kemiske stofgruppe. Detergenter er en undergruppe af tensider, som en betegnelse for overfladeaktive stoffer. Detergenter er designet til rengøring og bruges derfor især i vaske- og rengøringsmidler.

LAS stofferne består af en ionisk ende, som er en natriumsulfonate gruppe ( $\text{NaSO}_3$ ), der er bundet til en benzenring med en kulstofkæde (alkyl) af varierende længde, og som er en hydrofob ende. Den ioniske ende vil orientere sig mod en vandfase mens den hydrofobe ende vil orientere sig mod en organisk fase. Det er denne kombination, der giver vaskeevnen, da LAS derved mindsker overfladespændingen mellem vand og olie, og således kan få snavs til at gå i opløsning i vaskevandet. LAS består ikke af et stof men er en blanding af flere homologe stoffer med varierende længde af kulstofkæder, typisk med 10 til 13 kulstofatomer, Se figur 2.11.



**Figur 2.11.** Eksempel på kemisk struktur for detergenter.

LAS er nedbrydeligt under iltede forhold, både i renseanlæg og i naturen, men nedbrydes ikke fuldstændigt under iltfattige forhold. LAS binder sig til suspenderet stof, og vil derfor binde sig til slam på renseanlæg. Der er derfor fastsat afskæringsværdi for LAS i slam, der udbringes på landbrugsjord (Miljø- og Fødevarerministeriet 2018).



LAS er giftigt overfor vandlevende organismer som fisk, krebsdyr og alger. Giftvirkningen skyldes, at stoffet opløser fedt og proteiner og dermed kan ødelægge cellemembranen hos levende væsner.

LAS har ikke høj giftighed overfor mennesker, men kan forårsage hudirritation og allergi.

Under NOVANA måles LAS i vand, i vandløb. For punktkilder måles der i spildevand i avanceret og mekanisk renseanlæg (tilløb og udløb), spildevand i regnbetinget (RBU) fælleskloak (udløb) samt spildevand i RBU separat kloak (tilløb og udløb).

For oversigt over hvor LAS måles i NOVANA overfladevand, se bilag 1.

### Direktiv-, lovgivnings- og konventionsmæssig status

Vandrammedirektivets liste over prioriterede stoffer omfatter ikke stoffer fra gruppen af anioniske eller kationiske detergenter.

Bekendtgørelsen om fastlæggelse af miljømål for vandløb, søer, overgangsvande og grundvand har nationale kvalitetskrav til LAS (Miljøministeriet 2023a).

Stofferne er ikke omfattet af lister i regi af HELCOM eller OSPAR

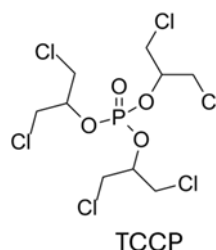
Miljøkvalitetskrav for anioniske detergenter i overfladevand er oplyst i tabel 2.12.

**Tabel 2.12.** Miljøkvalitetskrav (MKK) for anioniske detergenter i overfladevand (Miljøministeriet 2023a).

	Vand (µg/l)			
	Generelt kvalitetskrav		Maksimumkoncentration	
	Fersk	Marin	Fersk	Marin
LAS	54	54	160	160

### 2.14 Phosphor triestre

Phosphor triestre (p-triestre), er kemiske stoffer, der indeholder et phosphor atom der er bundet til tre alkoxy-grupper (R-O) (se figur 2.12). Der indgår fire p-triestre i NOVANA programmet.



**Figur 2.12.** Eksempel på kemisk struktur for phosphor triestre.

P-triestre anvendes som overfladeaktive stoffer, blødgørere, brandhæmmere og udfyldningsmateriale i bl.a. bygningsmaterialer, plastikprodukter og elektriske artikler. Endvidere har p-triestre tidligere været brugt i tekstiler og møbler.

Der er stor forskel på P-triestrene, hvad angår fysisk kemiske egenskaber, persistens og effekter.

Tri-n-butylphosphat og trichlorpropylphosphat (TCCP) har moderat vandopløselighed (400-1080 mg/l), mens triphenylphosphat og tricresylphosphat (TCP) nærmest er uopløselige i vand. Det tilsvarende gælder  $\text{LogK}_{\text{ow}}$ , som spænder fra ca. 2,7-5,1.

Tilsvarende er TCCP ikke klassificeret som giftigt over for det akvatiske miljø, mens triphenylphosphat og TCP vurderes som giftige for det akvatiske miljø.

Flere af p-triestrene kan ophobes i organismer og medføre bioakkumulering og biomagnifikation. Endvidere nedbrydes nogle p-triestre langsomt i miljøet.

Under NOVANA måles p-triestre under punktkilder i spildevand i avanceret og mekanisk renseanlæg (tilløb og udløb), spildevand i regnbetinget (RBU) fælleskloak (udløb) samt spildevand i RBU separat kloak (tilløb og udløb).

For oversigt over hvilke p-triestre der måles i NOVANA overfladevand, se bilag 1.

### Direktiv-, lovgivnings- og konventionsmæssig status

P-triestre er ikke med på vandrammedirektivets liste over prioriterede stoffer.

Bekendtgørelsen om fastlæggelse af miljømål for vandløb, søer, overgangsvande og grundvand har nationale kvalitetskrav til en række phosphor triestrestre (Miljøministeriet 2023a).

Stofferne er ikke omfattet af lister i regi af HELCOM eller OSPAR

Miljøkvalitetskrav for p-triestre i overfladevand er oplyst i tabel 2.13.

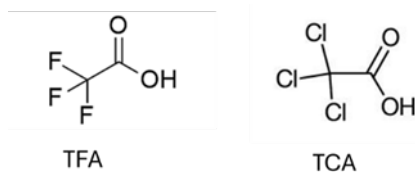
**Tabel 2.13.** Miljøkvalitetskrav (MKK) for phosphor triestrestre i overfladevand (Miljøministeriet 2023a).

	Vand ( $\mu\text{g/l}$ )				Sediment (mg/kg TS)	
	Generelt kvalitetskrav		Maksimumkoncentration		Fersk	Marin
	Fersk	Marin	Fersk	Marin		
Tris-(2-chloro-1-methylethyl)phosphat (TCPP)	640	64	640	640	111*foc <sup>1</sup>	11,1*foc <sup>1</sup>
Tri-n-butylphosphat	82	8,2	170	170		
Triphenylphosphat (TPP)	0,74	0,074	1,8	1,8		

1: foc er fraktion af organisk kulstof i sedimentet. Hvis indholdet af organisk kulstof i det givne sediment er ukendt, kan en EU-standardværdi for sedimentets indhold af organisk kulstof på 5 % anvendes

### 2.15 Halogenerede syrer

Der indgår to halogenerede syrer i NOVANA programmet, trifluoreddikesyre (TFA) og trichloreddikesyre (TCA). Det er begge derivater af eddikesyre, hvortil der er bundet enten fluor eller chlor (se figur 2.13).



**Figur 2.13.** Eksempler på kemiske strukturer af halogenerede syrer.

TCA anvendes som industrikemikalie, i laboratoriekemikalier, pH-regulatorer, vandrensningsprodukter, farmaceutiske produkter, kosmetik samt plejeprodukter. TCA kan også forekomme som et biprodukt fra chlorering af drikkevand og svømmehaller. TFA anvendes bl.a. som en stærk ikke-oxiderende syre, laboratoriereagens, opløsningsmiddel, katalysator og i organisk syntese. Derudover kan TFA dannes ud fra nedbrydning af andre PFAS i miljøet. TFA er blandt andet et nedbrydningsprodukt fra pesticider, hvor der indgår PFAS forbindelser i 13 aktivstoffer fra en række godkendte plantebeskyttelsesmidler.

Trifluoreddikesyre (TFA) er ekstremt stabilt kemisk, og vurderes persistent i miljøet. Det er et perfluoreret stof i henhold til gældende klassificering af PFAS (Braun et al. 2023). Da det kun indeholder et kulstofatom med fluor bundet på, vurderes det ikke at være bioakkumulerbart, i samme omfang som stoffer indenfor PFAS gruppen normalt er. Dog kan TFA optages i planter på grund af sin vandopløselighed.

Begge stoffer er stærke syrer, med høj vandopløselighed og lav  $\text{LogK}_{ow}$  på ca. 0,8-1,3 og vil primært forekomme i vandfasen. De er mobile, persistente og meget toksiske for det akvatiske miljø, men i mindre omfang bioakkumulerbare. Stofferne vil primært forekomme i vandfasen og på grund af deres mobilitet er der risiko for nedsivning til grundvandet, hvilket senest er dokumenteret af GEUS (Alber, 2024). TFA har et damptryk 124 hPa, hvilket betyder at det vurderes som letflygtigt og kan derfor også forekomme i luften.

Kilderne vil være spildevand samt afstrømning fra marker. Regnvand er også en betydelig kilde for TFA på grund af dets letflygtige egenskab.

I NOVANA programmet måles de halogenerede syrer i vandløb i vandprøver.

For oversigt over de halogenerede syrer der måles i NOVANA overfladevand, se bilag 1.

### **Direktiv-, lovgivnings- og konventionsmæssig status**

TCA og TFA er ikke med på vandrammedirektivets liste over prioriterede stoffer.

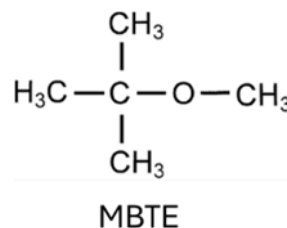
Stofferne er ikke omfattet af lister i regi af HELCOM eller OSPAR.

Der foreligger ingen miljøkvalitetskrav, men der er udarbejdet miljøkvalitetskriterier. Se beskrivelse og henvisning i bilag 3.

## **2.16 Etherer**

Ethere er karakteriseret ved at to organiske stofgrupper er bundet sammen via et iltmolekyle, se figur 2.14. Tert-butylmethyl-ether (MTBE) har været vidt udbredt som hjælpestof i benzin i stedet for bly for at øge oktantal og fremme forbrændingen i motoren. I dag anvendes MTBE kun i 98 oktan

benzin. Triclosan, som også er en ether, er et biocid, der anvendes som konserveringsmiddel og antibakterielt middel i bl.a. tandpasta, sæber og deodoranter samt i rengøringsmidler. Brugen af triclosan har dog længe været faldende.



**Figur 2.14.** Eksempel på kemisk struktur for ethere.

MTBE har høj vandopløselighed (50 g/l), en  $\text{LogK}_{ow}$  på 1,2 og et relativt højt damptryk (245 mmHg (326 hPa) v. 25°C) hvilket betyder at det let fordamper. MTBE er forholdsvis biotilgængelig for planter. MTBE er svært nedbrydelig under anaerobe forhold og pga. sine fysik kemiske egenskaber nedsiver det til grundvand.

Triclosan har en  $\text{LogK}_{ow}$  omkring 4,8 hvilket gør det moderat hydrofobt med forholdsvis lav vandopløselighed og moderat bioakkumulerbarhed.

Både triclosan og MTBE kan ophobes i miljøet og er toksiske overfor akvatiske organismer.

MTBE er ikke akut toksisk for mennesker, men er mistænkt for at være hormonforstyrrende.

Triclosan er mistænkt for at være hormonforstyrrende og kræftfremkaldende, og der er bekymring for, at brug af triclosan kan give anledning til antibiotikaresistens.

MTBE spredes i miljøet via spildevand og overfladisk afstrømning samt eventuel udsivning til grundvand fra forureninger ved benzinstationer. Den væsentligste kilde til spredning af triclosan er spildevand.

I NOVANA måles MTBE og triclosan under punktkilder i spildevand i avanceret og mekanisk renseanlæg (tilløb og udløb) og spildevand i regnbetinget (RBU) fælleskloak (udløb).

For oversigt over ethere der måles i NOVANA overfladevand, se bilag 1.

### Direktiv-, lovgivnings- og konventionsmæssig status

Vandrammedirektivets liste over prioriterede stoffer omfatter ikke stoffer fra gruppen af ethere.

Bekendtgørelsen om fastlæggelse af miljømål for vandløb, søer, overgangsvande og grundvand har nationale kvalitetskrav til MTBE (Miljøministeriet 2023a).

Stofferne er ikke omfattet af lister i regi af HELCOM eller OSPAR.

Miljøkvalitetskrav for ethere i overfladevand er oplyst i tabel 2.14.

**Tabel 2.14.** Miljøkvalitetskrav (MKK) for ethere i overfladevand (Miljøministeriet 2023a).

	Vand (µg/l)				Sediment (mg/kg TS)		Biota (µg/kg VV)	
	Generelt kvalitetskrav		Maksimumkoncentration		Fersk	Marin	Fersk	Marin
	Fersk	Marin	Fersk	Marin				
MTBE	10	10	90	90	0,081	0,081	24	24

## 2.17 Farmaceutiske stoffer

Farmaceutiske stoffer eller lægemidler er en gruppe af stoffer, der har deres anvendelse som enten human eller veterinært lægemiddel til fælles. Som stofgruppe er der tale om stoffer med forskellige kemiske egenskaber, og dermed forskellige egenskaber i forhold til forekomst i miljøet. For de humane lægemidler vil tilførslen til omgivelserne stort set udelukkende ske via spildevand. De veterinære lægemidler kan, ud over tilførslen med spildevand, tilføres til overfladevand via dambrug og via gylle udbragt på marker fra landbruget.

Da farmaceutiske stoffer er meget forskellige kan der ikke siges noget generelt hverken om deres struktur, skæbne eller effekter i miljøet. Imidlertid eftersom de er udviklet til at give en påvirkning på levende væsner, kan de have utilsigtede effekter på miljøet til trods for forekomst i meget lave koncentrationer.

Farmaceutiske stoffer, både humane og veterinære, måles under NOVANA i vand i vandløb. For punktkilder måles der i spildevand i avanceret og mekanisk renseanlæg (tilløb og udløb) og regnbetinget (RBU) fælles kloak (udløb).

For oversigt over hvilke farmaceutiske stoffer der måles i NOVANA overfladevand, se bilag 1.

### Direktiv-, lovgivnings- og konventionsmæssig status

Vandrammedirektivets liste over prioriterede stoffer omfatter ikke farmaceutiske stoffer, hverken til human eller veterinær brug.

Vandrammedirektivets observationsliste indeholder en række farmaceutiske stoffer (EU 2022a).

Bekendtgørelsen om fastlæggelse af miljømål for vandløb, søer, overgangsvande og grundvand har nationale kvalitetskrav til en række farmaceutiske stoffer (Miljøministeriet 2023a).

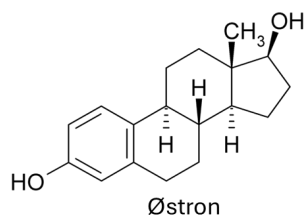
Miljøkvalitetskrav for farmaceutiske stoffer i overfladevand er oplyst i tabel 2.15. Kun farmaceutiske stoffer, som er medtaget i NOVANA, er oplyst.

**Tabel 2.15.** Miljøkvalitetskrav (MKK) for farmaceutiske stoffer i overfladevand (Miljøministeriet 2023a)

	Vand (µg/l)			
	Generelt kvalitetskrav		Maksimumkoncentration	
	Fersk	Marin	Fersk	Marin
Sulfadiazin	4,6	4,6	14	14
Trimethoprim	100	10	160	160
Salicylsyre	171	17,1	390	39

## 2.18 Østrogener

Østrogener er kvindelige kønshormoner, hvor østron og 17  $\beta$ -østradiol er de naturlige hormoner, mens ethinyløstradiol er et kunstigt hormon. Ethinyløstradiol indgår i p piller og medicin, mens 17  $\beta$ -østradiol blandt andet anvendes i menopausepræparater. Se figur 2.15 for kemisk struktur.



**Figur 2.15.** Eksempel på kemisk struktur for østrogener.

Østrogenerne omdannes i kroppen til stoffer, som er langt mere vandopløselige end østrogenerne. Omdannelsen betyder, at stofferne let udskilles med urin og føres derved via spildevand til rensesanlæg. På rensesanlæg sker der endnu en omdannelse, hvor stofferne omdannes tilbage til de oprindelige østrogenforbindelser med deraf følgende risiko for østrogen effekt af stofferne i miljøet.

Stofferne vurderes ikke at være let nedbrydelige i miljøet. 17  $\beta$ -østradiol vurderes at have et potentiale for bioakkumulering, da hvirvelløse arter ikke nødvendigvis kan nedbryde dem. Generelt forventes stofferne at være bundet i slamfasen i rensesanlæg, da de har en  $\log K_{ow}$  på 3-5. Stofferne er qua deres natur hormonforstyrrende både overfor mennesker og dyr.

Den væsentligste kilde til østrogener i miljøet er spildevand.

Østrogener måles i NOVANA under punktkilder i spildevand i avanceret og mekanisk rensesanlæg (tilløb og udløb) og regnbetinget (RBU) fælles kloak (udløb).

For oversigt over de østrogener der måles i NOVANA overfladevand, se bilag 1.

### Direktiv-, lovgivnings- og konventionsmæssig status

Vandrammedirektivets liste over prioriterede stoffer omfatter ikke østrogener.

Bekendtgørelsen om fastlæggelse af miljømål for vandløb, søer, overgangsvande og grundvand har nationale kvalitetskrav til etinyløstradiol og 17- $\beta$ -østradiol (Miljøministeriet 2023a).

Miljøkvalitetskrav for østrogener i overfladevand er oplyst i tabel 2.16.

**Tabel 2.16.** Miljøkvalitetskrav (MKK) for østrogener i overfladevand (Miljøministeriet 2023a).

	Vand ( $\mu\text{g/l}$ )				Sediment		Biota	
	Generelt kvalitetskrav		Maksimumkoncentration		(mg/kg TS)		( $\mu\text{g/kg VV}$ )	
	Fersk	Marin	Fersk	Marin	Fersk	Marin	Fersk	Marin
Ethinyløstradiol	0,000075	0,000075	0,00075	0,00075	$6,63 \times 10^{-6}$	$6,63 \times 10^{-6}$	0,00609	0,00609
					$3,428 \times 10^{-4}$			
					$4^{*} \text{foc}^1$	$3,428 \times 10^{-4} \text{ foc}^1$		
17- $\beta$ -Østradiol	0,0001	0,0001	4,6	4,6				

1: foc er fraktion af organisk kulstof i sedimentet. Hvis indholdet af organisk kulstof i det givne sediment er ukendt, kan en EU-standardværdi for sedimentets indhold af organisk kulstof på 5 % anvendes

## 2.19 Biologiske effektmålinger

De biologiske effekter af miljøfarlige forurenende stoffer undersøges ved forskellige biologiske effektindikatorer i muslinger og fisk. Overvågningen af biologiske effekter i NOVANA udføres koordineret med undersøgelserne af miljøfarlige forurenende stoffer. Vurderingskriterier er angivet i bilag 2.

Ålekvabbe (*Zoarces viviparus*) og blåmuslinger (*Mytilus edulis*) anvendes i overvågningen som indikatorer for forekomst af effekter af miljøfarlige forurenende stoffer i dyr fra kystnære områder. For de biologiske effektmålinger, der er præsenteret i denne rapport, blev ålekvabber indsamlet ved stationen Kalvebodløbet ved Hvidovre Havn (den nordlige del af Køge Bugt). Her blev ålekvabber undersøgt for forekomst af de PAH-specifikke biologiske effektindikatorer for CYP1A-enzymatisk aktivitet (målt som EROD) og niveauet af PAH-metabolitter i galde samt den mere generelle effektindikator reproduktiv succes, som også omfatter undersøgelser af forekomsten af fejludviklede unger. Blåmuslinger blev indsamlet til undersøgelserne af lysosomal membranstabilitet ved stationerne Nivå Bugt, Agersø og Sjællands Odde (i 2019). De PAH-specifikke effektindikatorer omfatter PAH-metabolitter i fiskegalde og CYP1A-enzymatisk aktivitet i fiskelever.

### PAH-metabolitter i fiskegalde

Metabolitterne af PAHer er til stede i fiskegalde i den sidste fase af biotransformationsprocessen, hvor fedtopløselige PAH forbindelser omdannes til mere vandopløselige former og derefter udskilles fra organismen. Derfor bruges måling af disse forbindelser i fiskegalde ved hjælp af fluorescensanalytiske teknikker som et redskab til at vurdere fisks eksponering for PAHer (Davies & Vethaak, 2012). Denne indikator anvendes til vurdering af PAH-eksponering i fisk i både OSPAR og HELCOM (Tairova & Strand, 2021).

### CYP1A aktivitet i fiskelever

Aktiviteten af cytochrom P450 1A (CYP1A) enzymfamilien, som er ansvarlig for den primære metabolisme af PAHer og polychlorerede bifenylter (PCBer), måles ved brug af det kunstige substrat 7-ethoxyresorufin (EROD). PAHer, PCBer og dioxinlignende forbindelser inducerer syntesen af CYP1A ved at binde sig til arylhydrocarbonreceptor/ARNT-komplekset, og derfor anvendes målingen af EROD-aktiviteten som et redskab til at måle induktionen af dette enzymesystem forårsaget af denne type forurening (Davies & Vethaak, 2012). Den biologiske effekt indikator er beskrevet i OSPAR Joint Monitoring and assessment Program (JAMP) teknisk bilag 2 om PAH-specifik overvågning af biologiske effekter, og under OSPAR pre-CEMP: "general biological effect". Denne indikator var også en del af HELCOMs kandidatindikatorliste men er endnu ikke klar til brug i HELCOM regi (HELCOM HOD, 2016).

### Lysosomal membranstabilitet i muslinger

Hos blåmuslinger (*Mytilus edulis*) måles, som en del af det danske overvågningsprogram, lysosomal membranstabilitet (LMS) som indikator under OSPAR pre-CEMP: "General biological effect". Denne indikator er også en del af HELCOMs kandidatindikatorliste men er endnu ikke klar til brug i HELCOM regi (HELCOM HOD, 2016).

LMS er en type af lysosomale responser, der bruges som effekt-biomarkører, og som indikerer generel stress udløst af forurening i havmiljøet (Davies &

Vethaak, 2012). LMS kan blive påvirket, når visse fysiologiske eller patologiske tilstande opstår, herunder dem, der kan fremkaldes af miljøfarlige forurenende stoffer (Martínez-Gómez et al., 2015).

### **Reproduktiv succes hos ålekvabbe**

"Reproduktiv succes hos ålekvabbe" (WGBEC 2012, OSPAR 2013). Denne indikator blev foreslået som en pre-core indikator på HELCOMs indikatorliste, men den er endnu ikke klar til brug i HELCOM regi (HELCOM HOD, 2016). Denne indikator blev inkluderet i JAMP-retningslinjer for generel biologisk effektmonitorering (OSPAR, 2007).

Reproduktiv succes måles som andel af misdannede unger (type B-G), andel af sent døde unger (type A), andel af tidligt døde unger (type 0) og andel af totale abnorme unger (alle typer). Ålekvabben (*Zoarces viviparus*), også kaldet levendefødende kutling, kan anvendes som bioindikator for påvirkningen af miljøfarlige forurenende stoffer på reproduktiv succes hos levendefødende fisk i havmiljøet. De miljøfarlige forurenende stoffer, der kan påvirke embryonal og larveudvikling hos fisk, omfatter organochloriner, pesticider, polycykliske aromatiske kulbrinter (PAHer), tungmetaller og organometaller (Davies & Vethaak, 2012).



### 3 Data for de enkelte medier 2023

I dette afsnit præsenteres en overordnet beskrivelse af resultaterne af analyser af miljøfarlige forurenende stoffer (MFS) i kontrolovervågningen og i den operationelle overvågning for 2023 samt i perioden 2018-2023 for Søer, vandløb, marint og punktkilde samt data i medfør af havstrategidirektivet for det marine område. I det omfang, der er tilstrækkeligt datagrundlag for det, er der foretaget en analyse af, om der er statistisk signifikant forskel på koncentrationerne indenfor perioden. Da datagrundlaget er forskelligt for de forskellige medier, er der forskel i beregninger og præsentation af data.

Der er generelt foretaget simpel statistik, dvs. beregning af fundprocent, medianer, maksimum koncentrationer og 90% percentil (kun for 2018-2023). Sidstnævnte er den medtaget, når minimum 10 datasæt over detektionsgrænsen indgår.

Delprogrammet for MFS i NOVANA er nærmere beskrevet i kapitel 1.

Den samlede liste over analyserede parametre kan findes i programbeskrivelsen for NOVANA 2023-2027

(<https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2023/09/978-87-7038-556-5.pdf>).

#### 3.1 Marint miljø herunder biologiske effekter

*Martin Mørk Larsen, Jakob Strand og Zhanna Tairova*

Kontrolovervågningen af miljøfarlige forurenende stoffer (MFS) i det marine miljø i NOVANA-overvågningen omfatter 72 stationer. Stationerne er opdelt på, om der udtages fisk, muslinger eller sediment. På de fleste stationer udtages prøver en enkelt gang i en programperiode, men på enkelte fiske- og muslingestationer udtages der prøver hvert år. I den operationelle overvågning indgår 270 stationer.

MFS, hvis forekomst kvantificeres under det marine overvågningsprogram, er fordelt på 12 grupper: metaller, polyaromatiske kulbrinter (PAH), aromatiske kulbrinter, polychlorerede biphenyler (PCB), chlorerede pesticider, dioxiner/furaner, WHO PCBer, bromerede flammehæmmere, organotinforbindelser, perfluorerede forbindelser (PFAS), blødgørere og phenoler.

I det marine program er der udover miljøkvalitetskravene normalt anvendt vurderingskriterier vedtaget i Nordsø- og HELCOM konventionerne OSPAR og HELCOM, som Danmark også har accepteret. Det drejer sig om EAC (Environmental Assessment Criteria), forløberen til MKK. EAC er fastlagt for en række organiske stoffer ud fra økotoksikologiske kriterier der svarer lidt til EU's guidance 27 (som MKK baserer sig på). For EAC er der, grundet en begrænset mængde økotoksikologiske data til rådighed, i højere grad lagt vægt på videnskabelige vurderinger (OSPAR, 2021a). Herudover er der etableret "Background Assessment Criteria" (BAC), som, for naturligt forekommende stoffer, er det forventede baggrundsniveau, tillagt en analyseusikkerhed. For organiske analyser er baggrundsniveauet sat til 0. Det betyder, at det for disse analyser reelt er analyseusikkerheden på analyserne der afgør niveauet af

BAC. Man kan her vurdere om et rapporteret tal er signifikant under analyseusikkerheden og dermed ikke væsentligt forskellig fra 0 (OSPAR, 2021b).

Udover måling af koncentrationer af udvalgte stoffer (tabel 3.1) er der også en række biologiske effekter der måles, enten som biologiske ændringer (imposex, reproduktiv succes og lysosomal stabilitet) eller specifikke biologiske responser på påvirkning af kemikalier (PAH-metabolitter og EROD induktion). Imposex er et meget specifikt biologisk respons på TBT.

**Tabel 3.1.** Oversigt over stofgrupper, biologiske effekter og antal stationer, der er analyseret i marine prøver som en del af NO-VANA-programmet for sediment, muslinger og fisk i 2023. For fisk måles PFOS i lever og PAH-metabolitter i galde, mens alle øvrige stoffer måles i muskel.

Stofgruppe/biologisk effekt	Sediment	Muslinger	Fisk
Antal stationer i alt	30	25	8
Kviksølv (Hg)	-	25	8
Andre grundstoffer <sup>1</sup>	-	25	-
Organotinforbindelser (TBT, DBT, MBT, TPhT)	-	3	-
PAHer <sup>2</sup>	-	25	-
Blødgørere og phenoler	30	-	-
Dioxin, furaner og dioxinlignende PCBer	-	-	8
Chlorerede pesticider og alm. PCBer	-	-	8
Bromerede flammehæmmere <sup>3</sup>	-	-	8
Perfluorerede stoffer (PFAS, lever)	-	-	8
Imposex (OBS havsnegle)	-	7	-
Ålekvabbe reproduktiv succes	-	-	1+1
PAH-metabolitter	-	-	1+1
CYP1A enzymaktivitet (EROD)	-	-	0+1
Ålekvabbe yngeludvikling	-	-	1+1
Lysosomal stabilitet	-	2	-

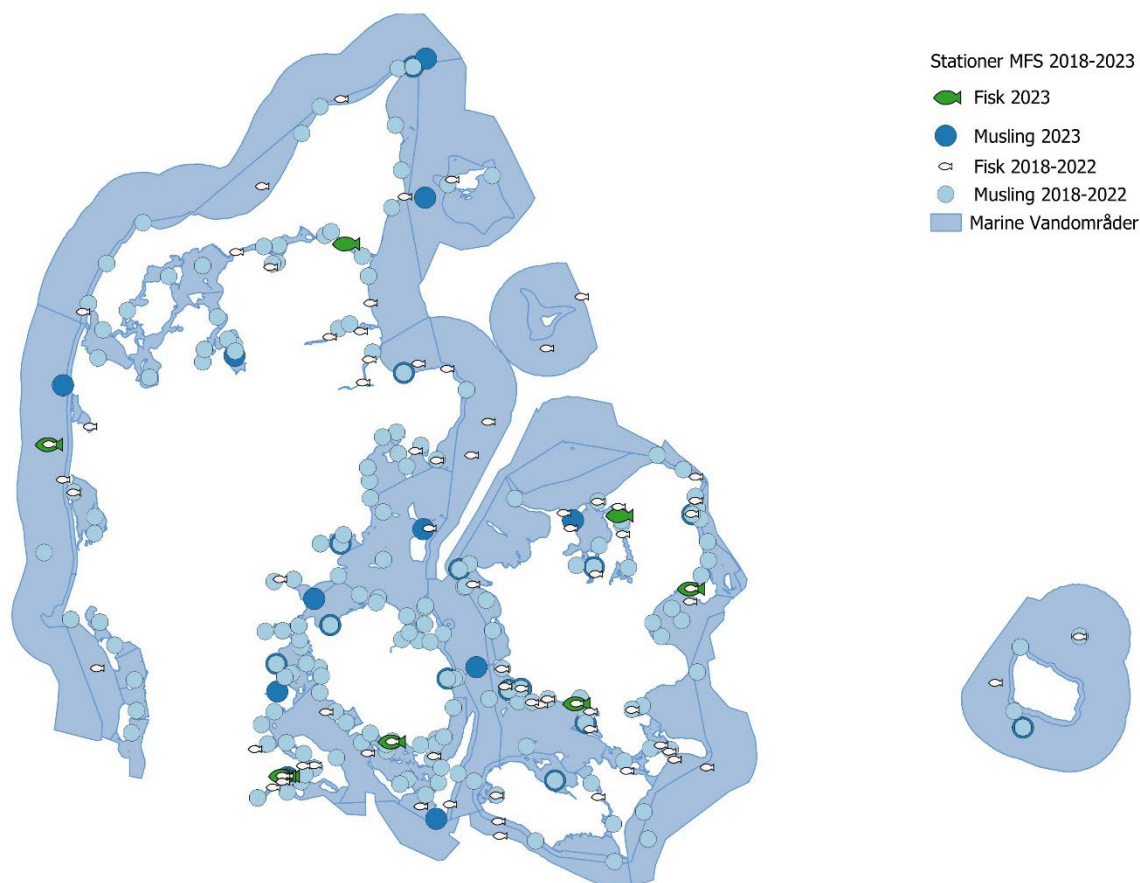
<sup>1</sup> Cadmium (Cd), bly (Pb), kobber (Cu), nikkel (Ni), krom (Cr), arsen (As), zink (Zn). Desuden sølv (Ag) i muslinger, da stoffet indgår i EU's skaldyrsdirektiv.

<sup>2</sup> Polyaromatiske (3-7 aromatringer) og aromatiske (naphthalen) hydrocarboner/kulbrinter.

<sup>3</sup> PBDE og HCBDD.

For stoffer med miljøkvalitetskrav (MKK), biologiske kvalitetskriterier (BKK) for beskyttelse af toprovdyr, humane kvalitetskrav (HKK) for beskyttelse af menneskers indtag af fødevarer, er antallet af målinger over detektionsgrænsen og over de enkelte krav opgjort (tabel 3.2-3.7). Bemærk at der også er anvendt fødevarerkrav, som kommer fra fødevarerlovgevingen (EU 2023), hvorimod BKK og MKK relaterer sig til miljøbeskyttelse. MKK kan være enten nationalt fastsatte eller baseret på EU's lister over biologiske Environmental Quality Criteria (EU 2008a), som er indføjet i dansk lovgivning (Miljøministeriet 2023a) som MKK sammen med de nationalt fastsatte MKK (Miljøministeriet 2023a). Da miljøkvalitetskravet for kviksølv gælder for toprovdyr skal den målte koncentration i muskelen omregnes til hele fisk, her er der fastlagt omregningsfaktorer (en faktor 0,71 -1,2 for de 4 marine arter der anvendes, 0,93 i gennemsnit) i Larsen (2019). I praksis har dette ikke betydning for vurderingen af resultaterne i fisk, da de fleste koncentrationer er langt over MKK, men for 2023 falder en korrigeret prøve under 20 (75% over), og for 2018-2023 er der 3 prøver der yderligere kommer under, hvorved 86% er over MKK i stedet for 90%. Tabel 3.2 viser overblikket for metaller, og det bemærkes at der er relativt få målinger i 2023 i forhold til 2018-2023 (kun ca. 10% i forhold til de sidste 6 år). For fisk har der været stigende problemer med at fange fisk på de lokaliteter, der var udset til at skulle måles på. To stationer indgår hvert andet år, og disse kan bruges til tidstrends, men ellers prøvetages der forskellige steder hvert år. Det betyder også at et års resultater ikke kan bruges til at

sammenligne direkte med foregående år, men i løbet af en 6 års cyklus er der målt data fra stort set alle vandområder (se figur 3.1). I relativt mange vandområder er koncentrationerne af bly over MKK (40%), med lidt færre (12-16%) for kviksølv og cadmium. For nærmere gennemgang, se kapitel 4 om metaller, hvor også de øvrige metaller der indgår i overvågningen, er beskrevet (nikkel, kobber, zink, arsen, krom og kviksølv), og bilag 5 der viser alle marine koncentrationsdata.



**Figur 3.1.** Stationer for miljøfarlige forurenende stoffer i biota i det marine program, med indikation af, om prøverne er udtaget i 2023 (mørke markeringer) eller 2018-2022 (lyse markeringer).

MKK for PAHer er fastlagt for muslinger, hvorimod de øvrige MKK gælder for fisk. Kviksølv måles i både fisk og muslinger, og det kan derfor argumenteres for, at der bør korrigeres for trofisk niveau eller energioptag efter EU's Guideline 32 (EU 2014). I Larsen og Strand (2018) blev en trofisk-niveauekorrigering anvendt til at beregne en muslinge-baseret MKK ud fra en trofisk magnifiseringsfaktor (TMF) på 4 (3,5 - 4,7) og en MKK for muslinger blev beregnet til 1,25 µg/kg (mellem 0,9 og 1,6 µg/kg).

For de organiske stoffer, der ophobes i fedtvæv, kan der anvendes normalisering til 5% fedt, hvis det ikke er et fødevarekrav, der ligger til grund for MKK. Hvis MKK er baseret på et fødevarekrav anvendes i stedet vådvægtskoncentrationen (evt. normaliseret til 26% tørstof for fisk jvnf. Guidance no. 32). Normalt fedtindhold i muskel er omkring 1%, så det betyder en faktor 5 højere fedt for normaliserede koncentrationer.

Tabellerne nedenfor viser resultaterne for henholdsvis 2023 og den seneste 6 års periode fra 2018 til og med 2023 (n (årstal) angivet over de to opgørelser). For hver stofgruppe angives %-delen af resultater over detektionsgrænsen (>DG, jo større tal jo flere resultater er målt), og afhængig af hvilke vurderingskrav og kriterier, der er tilgængelige (se bilag 2) ligeledes %-delen af resultater over BAC, MKK, EAC og fødevarekriterierne for det enkelte stof. – indikerer at det angivne miljøkvalitetskrav/kriterium ikke er fastlagt. For hver periode er desuden angivet koncentrationen af medianværdien, 90% percentilen og maksimumkoncentrationen for prøverne, alle som målte koncentrationer i µg/kg vådvægt uden normalisering eller omregning til hele fisk.

For kviksølv og cadmium er alle målte koncentrationer over detektionsgrænsen, hvorimod 3-12% af bly-værdierne er under detektionsgrænsen. For muslinger er 4-28% af metallerne over BAC værdien, og 12 – 40% over MKK mod 31-65% i 2018-2023 datasættet. Kviksølv i fisk er ca. 90% over MKK i begge perioder, korrektion for muskel til hele fisk ændrer ingen af prøvernes sammenligning med MKK værdien.

**Tabel 3.2.** Opgørelse af koncentrationer af kviksølv, cadmium og bly i muslinger efter OSPARs baggrundsvurderingskriterie (BAC baseret på indholdet i tørstof) og miljøkvalitetskravene baseret på vådvægt. (EU's kviksølv miljøkvalitetskrav og nationale miljøkvalitetskrav for cadmium og bly baseret på indholdet i vådvægt) og fødevaregrænseværdier fra bilag 2.

Opgørelse	Kviksølv fiskemuskel	Kviksølv muslinger <sup>#</sup>	Cadmium muslinger	Bly muslinger
n (2023)	8	25	25	25
Resultater > DG (%)	100	100	100	88
Større end BAC (%)	100	28	24	4
Større end MKK* (%)	87,5	12	16	40
Større end EU fødevarer (%)	0	0	0	0
Median (µg/kg VV)	38	12	128	100
90% percentil (µg/kg VV)	171	21	177	182
Maksimum (µg/kg VV)	345	30	248	266
n (2018-2023)	89	247	247	247
Resultater > DG (%)	100	100	100	97
Større end BAC (%)	100	50	47	21
Større end MKK* (%)	90	31	47	65
Større end EU fødevarer (%)	1	0	0	0
Median (µg/kg VV)	49	15	161	136
90% percentil (µg/kg VV)	182	36	247	249
Maksimum (µg/kg VV)	661	136	648	820

\* MKK = miljøkvalitetskrav (danske) # Muslinger er IKKE korrigeret for trofisk niveau eller energioptag. Efter trofisk-korrektion vil den justerede MKK værdi være 1,25 µg/kg VV (svarende ca. til detektionsgrænsen)

### 3.1.1 PAH og metaller i muslinger og kviksølv i fisk

For PAH'erne er der MKK for 5 specifikke stoffer (tabel 3.3), og generelt er disse PAH'er fundet i mindst halvdelen af prøverne både i 2023 og for hele perioden 2018-2023. OSPARs baggrundsvurderingskoncentrationer indikerer at benzo(a)pyren og benzo(ghi)perylene findes i højere koncentrationer end, hvad Nordsø landene betragter som baggrund, men der er ingen koncentrationer over MKK og EAC værdierne, bortset fra enkelte lokaliteter for benzo(b)fluoranthren. Koncentrationerne i 2023 svarer nogenlunde til medianværdierne for 2018-2023, og for de fleste er maksimumkoncentrationerne også i samme område (undtagen antracen). Udviklingen i PAH-koncentrationer tilbage i tid, er gennemgået i kapitel 4. Resultaterne for 2023 ligger stort set på niveau med 2018-2023, baseret på 25 målinger mod ca. 10 gange flere

målinger over de seneste 6 år. Da stationerne varierer fra år til år (figur 3.1), er det ikke muligt at sammenligne årene direkte, men indenfor hvert 6 års interval, forventes der at være data fra alle vandområder.

**Tabel 3.3.** Opgørelse af koncentrationen af PAHer i muslinger i forhold til OSPARs baggrundsvurderingskriterie (BAC baseret på indholdet i tørstof), miljøkvalitetskrav (MKK), OSPAR EAC og EU's fødevarergrænseværdier (alle baseret på indhold i muslinger på vådvægt) fra Bilag 2.

Opgørelse	Fluoranthen	Benzo(a)pyren	Benzo(b+j+k)-fluoranthen	Benzo(g,h,i)-perylene	Indeno(1,2,3-cd)pyren
n (2023)	25	25	25	25	25
Resultater > DG (%)	100	76	100	52	44
Større end BAC (%)	28	4	-	56	24
Større end MKK* (%)	8	0	8	0	0
Større end OSPAR EAC (%)	0	0	-	0	-
Større end EU fødevarer (%)	-	0	-	-	-
Median (µg/kg VV)	1,8	0,5	1,5	0,4	0,3
90% percentil (µg/kg VV)	4,0	1,1	2,4	0,9	0,7
Maksimum (µg/kg VV)	11,4	3,5	9,6	2,8	1,6
n (2018-2023)	247	247	247	247	247
Resultater > DG (%)	99,6	69,2	99,6	57,1	53,4
Større end BAC (%)	59,1	1,6	-	57,5	44,9
Større end MKK* (%)	7,3	0	5,3	0	0
Større end OSPAR EAC (%)	0,4	0	-	0	-
Større end EU fødevarer (%)	-	0	-	-	-
Median (µg/kg VV)	2,3	0,4	1,5	0,5	0,4
90% percentil (µg/kg VV)	4,7	0,9	3,4	1,1	1,0
Maksimum (µg/kg VV)	33,0	3,5	10,8	3,0	4,0

\* MKK = miljøkvalitetskrav (danske)

Udover disse 5 PAHer er der for antracen, naphthalen og methylnaphthalener, udviklet danske MKK, og for naphthalen og 6 yderligere PAHer udviklet BAC og/eller EAC-værdier (tabel 3.4). Også for disse er der en del målinger over baggrundskoncentrationen (BAC) (28-96%), men ikke nogen over EAC eller MKK, så der er tale om forhøjede koncentrationer der ikke forventes at have miljømæssig påvirkning. For summen af mono-, di- og trimethylnaphthalenerne er der heller ingen målte koncentrationer højere end MKK.

**Tabel 3.4.** Opgørelse af koncentrationen af PAHer i muslinger efter OSPARs baggrundsvurderings- og miljøvurderingskriterier BAC og EAC samt EU's fødevarergrænseværdier fra Bilag 2.

Opgørelse	Naphthalen	Anthracen	Benzo(a)-anthracen	Chrysen/triphenylen	Perylen	Phenanthren	Pyren
n (2023)	25	25	25	25	25	25	25
> DG (%)	96	48	96	96	36	100	100
> BAC (%)	96	-	68	36	60	76	28
> MKK* (%)	0	0	-	-	-	-	-
> EAC (%)	0	0	0	-	-	88	36
Median (µg/kg VV)	2,2	0,2	0,5	1,4	0,4	3,5	1,4
90% percentil (µg/kg VV)	4,7	0,4	1,8	3,0	0,9	5,4	2,9
Maksimum (µg/kg VV)	5,2	1,5	5,5	8,0	1,5	7,1	8,4
n (2018-2023)	224	246	246	246	246	245	246
> DG (%)	99,6	100,0	100,0	100,0	100,0	99,6	100,0
> BAC (%)	42,4	-	6,9	1,6	4,1	0,8	0,0
> MKK* (%)	0	0	-	-	-	-	-
> EAC (%)	0	0	0	-	-	64,5	52,4
Median (µg/kg VV)	2,2	0,2	0,8	1,4	0,4	2,4	1,8
90% percentil (µg/kg VV)	4,6	0,5	2,0	2,8	1,6	5,1	3,6
Maksimum (µg/kg VV)	10,9	3,2	36,0	21,5	3,8	21,0	10,5

\* MKK = miljøkvalitetskrav (danske)

### 3.1.2 Fisk

#### Halogenerede stoffer i fisk

I fisk er der målt for en række andre organiske forbindelser, opsummeret i tabel 3.5. PCBerne betragtes fortrinsvis som gammel forurening, og CB118 anvendes som indikator for dioxin-lignende PCBer, hvorimod CB153 er en indikator for ikke-dioxinlignende PCBer. Summen af CB28, 52, 101, 138, 153 og 180 er en mere robust indikator for ikke-dioxinlignende PCBer. Endelig er der to summer for dioxiner og furaner, summeret baseret på deres toksicitet, og summen af dioxiner og furaner og de dioxin lignende PCBer baseret på WHO's toksicitets-ækvivalenter (fortrinsvis fra 2005, men i 2019 og 2020 blev der rapporteret baseret på de originale 1998 WHO toksicitets-ækvivalenter, som giver nogle lidt højere summer end 2005 ækvivalenterne). I 2018 blev der ikke målt dioxin og furaner. Bemærk at dioxin og furaner måles med en 1000x lavere enhed ( $10^{-12}$  i forhold til  $10^{-9}$ ).

**Tabel 3.5.** Opgørelse af koncentrationen chlorerede og bromerede forbindelser efter OSPARs baggrundsvurderings- og miljøvurderingskriterier BAC og EAC, MKK samt EU's fødevarergrænseværdier fra *bilag 2*. ICES 6 PCB er normaliseret til 5% lipid indhold før sammenligning med MKK, WHO-PCDD er fødevarerkrav og derfor ikke lipidnormaliseret.

Opgørelse	PCB118	PCB153	ICES 6 PCB	WHO TEQ PCDD/F	WHO TEQ PCDD/F + DL-PCB
Enhed (i VV)	µg/kg	µg/kg	µg/kg	ng/kg	ng/kg
n (2023)	9	9	9	8	8
> DG (%)	89	100	89	-	-
> BAC (%)	89	-	67	-	-
> MKK* (%)	-	-	0	100	-
> EAC (%)	33	78	0	-	-
>fødevarer (%)	--	0	0	100	100
Median	0,6	1,2	0,1	0,1	0,1
90% percentil	3,5	6,6	1,3	0,3	0,4
Maksimum	8,6	16,2	3,3	0,8	0,9
n (2018-2023)	90	90	89	34	34
> DG (%)	72,2	100	75,3	0	0
> BAC (%)	88,9	-	65,2	-	-
> MKK* (%)	-	-	0	76,5	-
> EAC (%)	25,6	80,0	0	-	-
>fødev. (%)	-	0	0	79,4	100
Median	0,5	1,0	0,1	<DL	0,2
90% percentil	3,3	6,4	1,2	0,1	0,9
Maksimum	12,3	22,8	4,9	0,8	1,9

\* MKK = miljøkvalitetskrav (danske)

Udover PFOS, som for nuværende er den eneste fluorerede forbindelse med et miljøkvalitetskrav, måles der fra og med 2023 på i alt 24 PFAS. Disse forventes at indgå i et nyt PFAS MKK, som kommer til at indeholde en sum, svarende til dioxinernes toksicitetsækvivalenter for de 24 PFAS, hvor der for otte PFAS vil være relative potens faktorer over 1 (mellem 1,3 for PFHpS og 10 for PFNA) og for 15 PFAS vil være potens faktorer under 1 (Larsen, Vorkamp og Bossi, 2024). Der normaliseres til PFOA, med toksicitetsækvivalent på 2 for PFOS.

I 2023 er der ikke målt koncentrationer over den nuværende MKK, når der tages hensyn til opkoncentrering af PFOS i fiskelever på en faktor 5 i forhold til fiskemuskel. For fødevarer er der et nyere krav, som er lavere end den eksisterende MKK, her er der målt koncentrationer i en enkelt fisk fra perioden 2018-2023 som er højere end grænseværdien, men kun hvis der ikke korrigeres for opkoncentrering i lever. Så reelt viser alle resultater koncentrationer under både MKK og fødevarerkraterierne fra 2023.

For de bromerede flammehæmmere ( $\Sigma$ 6PBDE for BDE 28, 47, 99, 100, 153 og 154) er der mere end 70% fundet over MKK, men alle værdierne er under BAC, hvilket viser en uoverensstemmelse mellem fastlæggelsen af baggrundsvurderingskoncentrationer (på basis af analyseusikkerhed mellem laboratorier i QUASIMEME) og den økotoksikologiske fastlagte MKK værdi, baseret på humant indtag (HKK). For bromeret hexabromcyclododecan (summen af alpha, beta og gamma-HBCDD) er der ikke er målt koncentrationer højere end det nuværende MKK. Der er stillet forslag om, at MKK skal sænkes til 3,5 µg/kg vådvægt (Larsen&Vorkamp, 2023), det ændrer dog ikke på, at alle koncentrationer fra 2018-2023 er under også den nye foreslåede værdi.

For de chlorerede pesticider, nedbrydningsproduktet af DDT (DDE), hexachlorbenzen og gamma-lindan (g-HCH) findes heller ingen målinger med koncentrationer højere end kvalitetskravet.

**Table 3.6.** Opgørelse af koncentrationen af perfluorerede (PFOS), bromerede (PBDE) og chlorerede pesticid forbindelser efter OSPARs baggrundsvurderings- og miljøvurderingskriterier BAC og EAC, MKK samt EU's fødevarergrænseværdier fra Bilag 2. Alle resultater undtagen PFOS er normaliseret til 5% lipid indhold ved sammenligning med MKK. For PFOS er der taget hensyn til en faktor 5 mellem lever og muskel, så maksimum værdierne skal divideres med 5 før sammenligning med MKK og fødevarer-kriterierne.

Opgørelse	PFOS	$\Sigma$ 6PBDE	$\Sigma$ HBCDD	DDE, p,p'-	HCB	HCH
n (2023)	9	8	9	8	8	8
> DG (%)	89	25	-	100	25	25
> BAC (%)	-	0	-	87,5	-	-
> MKK* (%)	0	75	0	0	-	-
> EAC (%)	-	0	-	0	-	0
>fødevarer (%)	0	0	-	-	-	-
Median	3,3	0,019	0,006	0,5	0,03	0,05
90% percentil	5,6	0,051	0,022	0,8	0,07	0,07
Maksimum	5,7	0,052	0,024	1,3	0,07	0,07
n (2018-2023)	89	78	89	36	36	11
> DG (%)	98,9	20,5	0	100	38,9	45,5
> BAC (%)	-	2,6	-	86,1	-	-
> MKK* (%)	0	71,8	0	0	-	-
> EAC (%)	-	0	-	-	-	-
>fødev. (%)	5,6	0	-	-	-	-
Median	2,3	0,015	0,012	0,5	0,04	0,05
90% percentil	6,2	0,048	0,024	1,2	0,07	0,07
Maksimum	10,9	0,096	0,052	2,3	0,08	0,09

\* MKK = miljøkvalitetskrav (danske)

### 3.1.3 Organotin

For organotin forbindelser er niveauet af tributyltin (TBT) i muslinger og imposex i havsnegle fra både åbne farvande og kystnære område lavere end baggrundsvurderingskriterierne og ofte også under den analytiske detektionsgrænse. Derimod forekommer der stadigvæk væsentligt forhøjede niveauer af TBT inde i havne, hvor niveauerne af både TBT i muslinger og imposex/intersex i havsnegle ofte er højere end miljøvurderingskriterierne EAC og BKK og endda HKK, se tabel 3.7. De forhøjede koncentrationer af TBT i havne og deraf følgende biologiske effekter i havsnegle, kan formentlig tillægges at TBT stadig frigives fra deponier i sedimenter eller kommer fra afstrømning af vedligeholdelsespladser for både på land. I flere af de undersøgte havneområder er niveauerne stadigvæk så høje at der forekommer sterile snegle pga. imposex/intersex.



**Table 3.7.** Opgørelse af koncentrationen af tributyltin (TBT) i muslinger nationale miljøkvalitetskriterier for biota til beskyttelse af topredatorer (BKK) og mennesker (HKK) baseret på vådvægt (VV) samt af OSPARs anbefalede baggrundsvurderingskriterie (BAC) og miljøvurderingskriterie (EAC) baseret på indholdet i tørstof (TS) samt miljøvurderingskriterier for forekomsten af imposex og intersex i havsnegle baseret på VDSI og ISI-værdier (bilag 2).

Opgørelse	TBT	TBT	TBT	Imposex/intersex	Imposex/intersex
	Blåmusling, kystnære	Blåmusling, havne	Sediment, åbne farvande	Havsnegle, åbne farvande	Havsnegle, havne
n (2023)	3	0	0	7	0
Resultater > DG (%)	0	-	-	43	-
Større end BAC (%)	0	-	-	0	-
Større end BKK / EAC (%)	0	-	-	0	-
Større end HKK (%)	0	-	-	-	-
Median (µg/kg VV), VDSI	< DG	-	-	0,03	-
90% percentil (µg/kg VV), VDSI	-	-	-	-	-
Maksimum (µg/kg VV), VDSI	< DG	-	-	0,08	-
<b>n (2018-2023)</b>	<b>70</b>	<b>23</b>	<b>10</b>	<b>18</b>	<b>28</b>
Resultater > DG (%)	30	100	0	67	89
Større end BAC (%)	27	100	-	33	82
Større end BKK / SKK / EAC (%)	14/ 6	91 / 83	0	0	75
Større end HKK (%)	0	52	-	-	-
Median (µg/kg VV), VDSI	< DG	30,2	< DG	0,06	0,33
90% percentil (µg/kg VV), VDSI	2,5	111	< DG	0,38	3,0
Maksimum (µg/kg VV), VDSI	29	246	< DG	0,5	4,1

Med hensyn til forekomsten af andre målte organotin forbindelser i perioden 1998 - 2023, kan DMT og MBT ofte måles i muslinger, hvor der også er fundet TBT. DMT og MBT er nedbrydningsprodukter af TBT og findes oftest i koncentrationer, der er lavere end TBT. TPhT er kun fundet i 39% af 23 muslingeprøver fra havneområder (dvs. median < DG), og med 90% percentil på 40 µg/kg VV og maksimumværdi på 79 µg/kg VV.

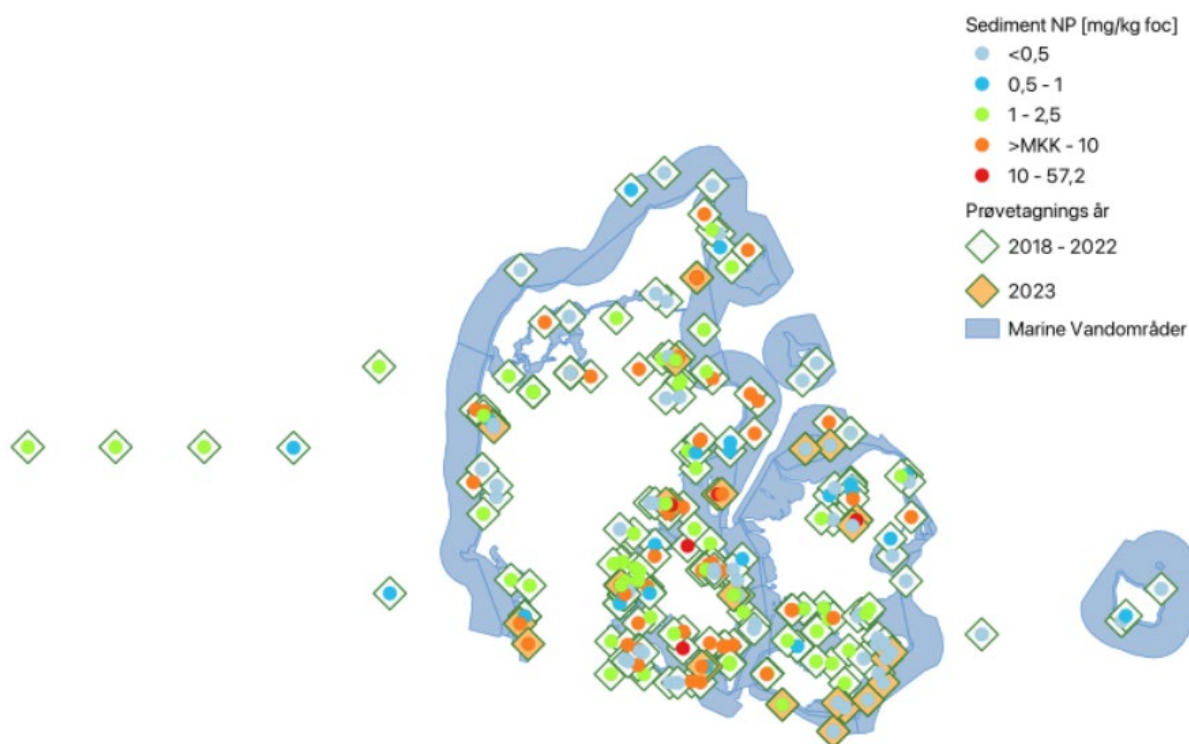
### 3.1.4 Blødgørere og phenoler i sediment

Der er miljøkvalitetskrav for nonylphenol og octylphenoler i marint sediment. Der er målt i alt 225 prøver imellem 2018 og 2023, heraf 28 prøver i 2023. For octylphenoler er der kun på to stationer af 66, målt imellem 2018 og 2023, heraf en i 2023 med koncentrationer højere end MKK, hvorimod der for nonylphenol er 60 prøver, heraf 9 i 2023 med koncentrationer højere end MKK (figur 3.2). Det giver en svagt stigende tendens med 32% med koncentrationer højere end MKK i 2023 mod 26% i 2018-2022. Der er en tendens til, at værdier

over MKK er kystnære stationer, hvorimod åbent vands stationerne er under MKK, til trods for en normaliseringsfaktor på 100 eller højere pga. TOC indhold på 0,1-1% i de ofte sandede områder (især Nordsøen). Octylphenol blev detekteret i 85% af prøverne, og for nonylphenoler var 74% over detektionsgrænsen i 2023.

For de fleste blødgørere er de fundet i mere end 80% af prøverne, med DEHP i 96% af prøverne, og Di-n-octylphthalat og Benzylbutylphthalat, som de eneste i under 50% af prøverne. Da der ikke pt. er kvalitetskrav blødgørere i sediment er data kun vist i bilag 5, men blødgørere er generelt allestedsnærværende i de danske farvande.

For metaller, TBT, PAH og dioxiner/furaner/WHO-PCB'er er der ikke målt på sediment stationer i 2023, men i 2020-2022 er der målt på 19 stationer (transektet i Nordsøen/Skagerrak) i 2020-2021 og indre danske farvande i 2022 under havstrategien. Data for perioden 2018-2023 er vist i bilag 5.



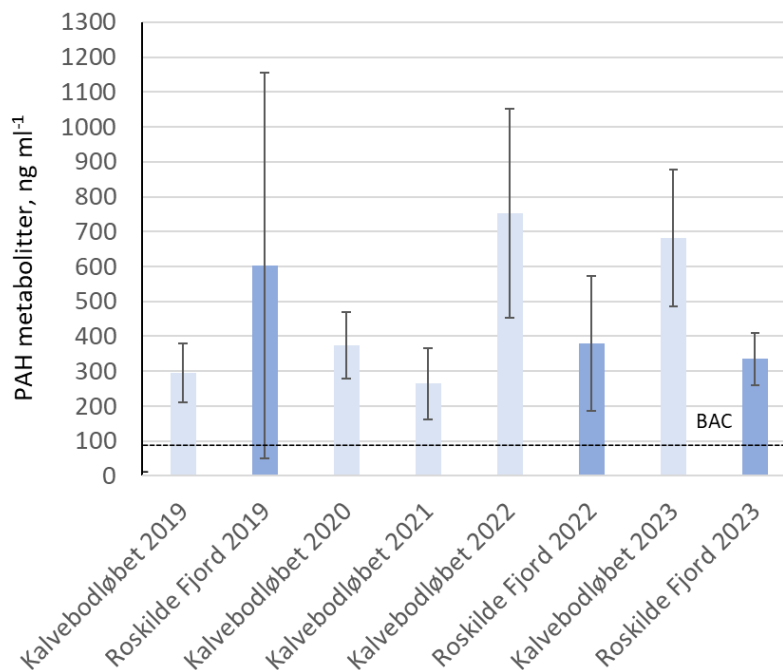
**Figur 3.2.** Stationer for miljøfarlige forurenende stoffer i sediment i det marine program, med indikation af, om prøverne er udtaget i 2023 (orange rhomber) eller 2018-2022 (hvide rhomber). Prikken angiver den normaliserede nonylphenol koncentration i forhold til MKK (orange og rød over MKK).

### 3.1.3 Biologiske effektmålinger

Beskrivelser af de biologiske effektmålinger, som anvendes i NOVANA, findes i kapitel 2.19, og vurderingskriterierne i bilag 2. Resultaterne for perioden 2018-2023 er præsenteret nedenfor. Bemærk at hvor det for PAH-specifikke effekter og reproduktiv succes er værdier over BAC eller EAC der indikerer manglende målsætningsopfyldelse, er det for lysosomal membran aktivitet i muslinger omvendt da højere er bedre, så værdier under BAC og EAC indikerer manglende målsætningsopfyldelse.

### PAH-specifikke effektindikatorer

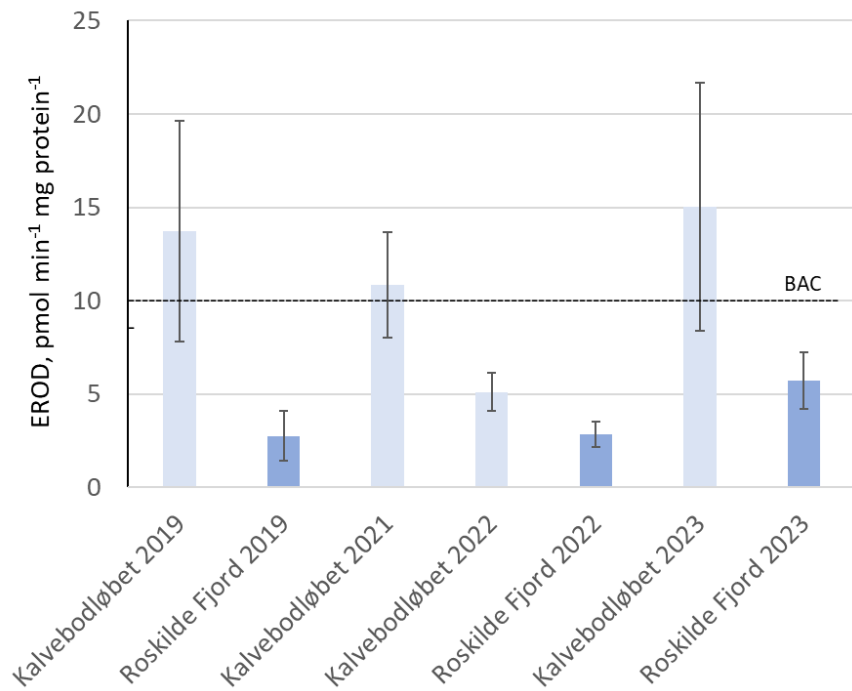
De PAH-specifikke effektindikatorer omfatter "PAH-metabolitter i fiskegalde" og "CYP1A-enzymatisk aktivitet i fiskelever". De tilgængelige data for begge indikatorer målt i perioden 2018-2023 for to stationer, Kalvebodløbet og Roskilde Fjord, er vist i Figur 3.3 og 3.4.



**Figur 3.3.** Niveaue af den PAH-specifikke effektindikator i ålekvabbe (*Zoarces viviparus*): PAH-metabolitter i galde var undersøgt ved Kalvebodløbet og Roskilde Fjord i perioden 2019-2023 (middel ± 95 % konfidensinterval). Den stiplede linje er BAC værdier (BAC (PAH metabolitter) = 92 ng/ml.)

Effektundersøgelserne af ålekvabbe i perioden 2019-2023 viste forhøjede niveauer for den PAH-specifikke effektindikator PAH-metabolitter i galde ved stationer i Kalvebodløbet ved Køge Bugts nordlige del og i Roskilde Fjord (figur 3.3). Niveaue af PAH-metabolitter i galde var i alle årene i begge stationer væsentligt højere end baggrundsresponsniveaue (BAC) fastsat af ICES (se bilag 2).

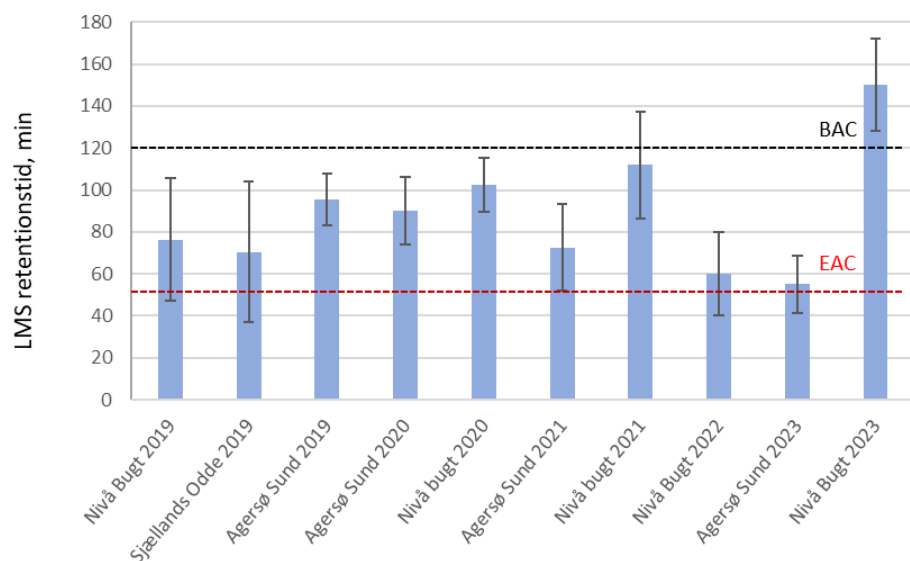
Effektundersøgelserne af CYP1A-aktivitet i ålekvabbers lever, i perioden 2019-2023, viste forhøjede niveauer for den PAH-specifikke effektindikator ved stationer i Kalvebodløbet ved Køge Bugts nordlige del i 2019, 2021 og 2023 (figur 3.4). Niveaue af den biologisk respons var i disse tre tilfælde væsentligt højere end baggrundsresponsniveaue (BAC) fastsat af ICES (se bilag 2).



**Figur 3.4.** Niveaue af den PAH-specifikke effektindikator i ålekvalbe (*Zoarces viviparus*): CYP1A-enzymatisk aktivitet i fiskelever (EROD) undersøgt ved Kalvebodløbet og Roskilde Fjord i perioden 2019-2023 (middel  $\pm$  95 % konfidensinterval). Den stiplede linje er BAC værdier (BAC EROD = 10 pmol min<sup>-1</sup> mg protein<sup>-1</sup>)

### Lysosomal membranstabilitet i muslinger

De tilgængelige data for lysosomal membranstabilitet i blåmuslinger i perioden 2018-2023 for tre stationer, Nivå Bugt, Sjællands Odde og Agersø Sund, er vist i Figur 3.5.

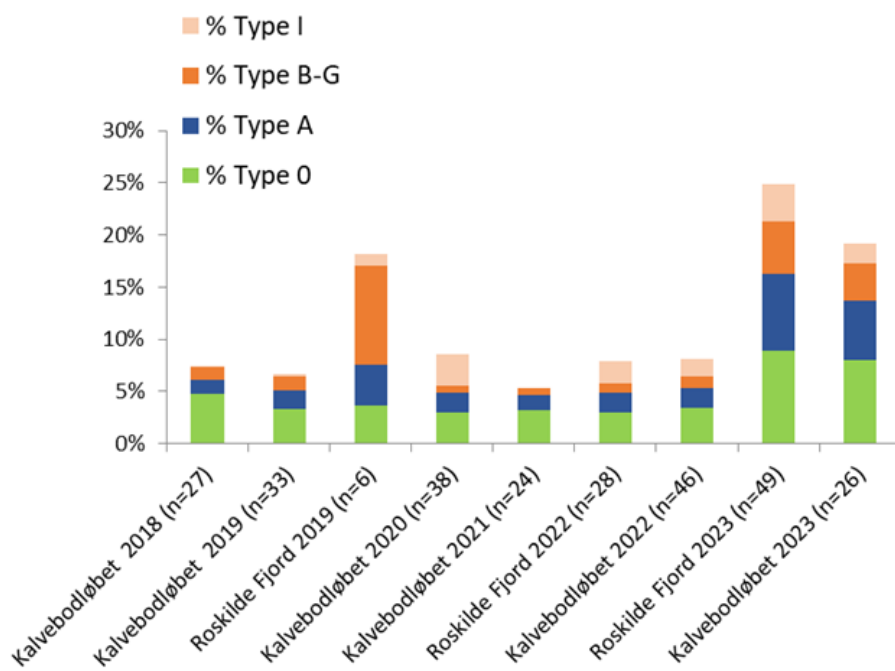


**Figur 3.5.** Lysosomal membranstabilitet (LMS) i blåmuslinger fra tre forskellige kystnære områder ved Nivå Bugt, Sjællands Odde og Agersø Sund i perioden 2019-2023 (middel  $\pm$  95 % konfidensinterval). Den sorte stiplede linje er BAC værdi (BAC= 120 min, retentions-tid) og den røde stiplede linje er EAC værdi (EAC=50 min, retentionstid).

Undersøgelserne af lysosomal membranstabilitet i blåmusling fra tre stationer i Sjællands Odde, Nivå Bugt og Agersø Sund viste retentionstider på hhv. 71 i Sjællands Odde, og 100 og 78 minutter i middel for Nivå Bugt og Agersø Sund (Figur 3.5). Sammenholdt med kvalitetskriterier, BAC (120 min) og EAC (50 min), afviger responsniveauet fra et naturligt baggrunds niveau på alle stationer, udover Nivå Bugt i 2023. For ingen stationer findes LMS i blåmuslinger under EAC, og det er niveauer under EAC-værdien der er forbundet med risiko. Resultaterne tyder derfor på, at muslingerne ikke er udsat for væsentlig miljøpåvirkning af miljøfarlige forurenende stoffer.

### Reproduktiv succes hos ålekvabbe

De tilgængelige data for denne indikator målt i perioden 2018-2023 i fisk fra to stationer, Kalvebodløbet og Roskilde Fjord, er vist i Figur 3.6.



**Figur 3.6.** Forekomst af fejludviklede unger hos ålekvabbe fra Kalvebodløbet og i Roskilde Fjord i perioden 2018-2023 angivet som middelværdi af hhv. tidligt døde unger (type 0), sent døde unger (type A), synligt misdannede unger (type B-G) og unger med signifikant lavere vækst end resten af kuldet (type I). De forskellige typer er undersøgt som anvist i Strand (2013).

Ved undersøgelserne af ålekvabbeunger fra to stationer i perioden, 2018-2023 blev der fundet flere forskellige typer af fejludviklede unger (figur 3.6). Dette omfattede både tidligt døde unger (type 0), sent døde unger (type A), synlige misdannelser af bl.a. indvolde, skelet (bl.a. spiralformet ryggrad), hoved, øjne og siamesiske tvillinger (type B-G) og dværge (type I) (Strand 2013). Niveauet var over BAC-værdierne (bilag 2) for andelen af tidligt døde unger (type 0) fra alle stationer i perioden 2018-2022, og over EAC-værdien i 2023 fra begge stationer. Niveauet var over BAC-værdien for andelen af misdannelser (type B-G) i fisk fra Kalvebodløbet i 2018, 2019 og i 2022, mens det var over EAC-værdien i fisk fra begge stationer i 2023 og Roskilde Fjord 2019. Niveauet var over BAC-værdien for andelen af fejludviklede unger totalt (alle typer) fra begge stationer i alle årene, mens niveauerne i fisk fra Roskilde Fjord fra 2019, 2023 og Kalvebodløbet i 2023 var over EAC-værdien (bilag 2).

## Sammenfatning for biologiske effektmålinger

- PAH-specifikke effektindikatorer i ålekvabbe: niveauet af PAH-metabolitter i galde var over BAC-værdien i fisk fra både Kalvebodløbet og Roskilde Fjord i prøver fra alle år. CYP1A-aktiviteten, der også responderer på PAH-eksponering, var også over BAC-værdien i Kalvebodløbet i prøver fra alle år bortset fra 2022, mens værdierne i Roskilde Fjord lå under BAC.
- Biologiske effekter i blåmuslinger: niveauet af lysosomal membran-stabilitet undersøgt i blåmuslinger fra tre stationer tyder på, at muslingerne har været udsat for påvirkning af miljøfarlige stoffer, da niveauet er lavere end BAC-værdien på de fleste stationer i alle årene, men ikke i en alvorlig grad, da niveauerne ikke er lavere end EAC-værdien.
- Flere typer af fejludviklede unger var over BAC-værdien i begge undersøgte områder. Forekomsten af misdannede ålekvabbeunger (Type B-G) og fejludviklede unger total (alle typer) var over EAC-værdien i Roskilde Fjord i 2019 og i 2023, mens de var over EAC-værdi i fisk fra Kalvebodløbet i 2023, hvilket indikerer en væsentlig miljøpåvirkning på fiskenes udvikling.

## 3.2 Søer

*Liselotte Sander Johansson*

Kontrolovervågningen af Miljøfarlige Forurenende Stoffer (MFS) i søer i NOVANA 2018-2023 omfattede 79 søer med undersøgelse ved hver station ét år i løbet af programperioden. I den operationelle overvågning indgik 71 søer. Der har dog tidligere indgået flere søer i den operationelle overvågning, så der findes MFS data fra ca. 336 søer.

Undersøgelserne omfatter sedimentprøver. Derudover indsamles ved hver station fisk til kvantificering af udvalgte stoffer, som bioakkumuleres i biota.

MFS, som kvantificeres under overvågningsprogrammet for søer, er fordelt i ni grupper: metaller, polyaromatiske hydrocarboner (PAH), aromatiske kulbrinter, dioxiner/furaner, WHO PCB, organotinforbindelser, perfluorerede forbindelser (PFAS), blødgørere og phenoler.

I det følgende gives en overordnet beskrivelse af indholdet af hvert af stofferne i de søer, der er undersøgt ifm. NOVANA-programmet for 2018-2023.

### 3.2.1 Databehandling

Der er beregnet fundprocent, median og maksimumkoncentration for data for 2023 og fundprocent, median, 90% percentil (for stoffer, hvor der er fundet værdier over detektionsgrænsen i mere end 10 søer) og maksimumkoncentration for data for 2018-2023. I tilfælde, hvor et stof forekommer i lavere koncentrationer end den analytiske detektionsgrænse bliver de ikke medtaget. Kun andelen af prøver med værdier over detektionsgrænsen er inddraget i beregningerne. Miljøkvalitetskrav for miljøfarlige forurenende stoffer i sediment og biota sammenholdes med værdierne af stofkoncentrationerne indsamlet i den anførte tidsperiode (2023 hhv. 2018-2023).

### 3.2.2 Sediment

#### Metaller

Indholdet af metaller i søsediment for perioden er vist i tabel 3.8 og 3.9. De fleste metaller blev fundet i alle de undersøgte sedimentprøver. Undtaget er nikkel, hvor stoffet i en enkelt sø i 2023 ikke blev fundet. Omregnet svarer det til en fundprocent på 92% i 2023 og 99% i perioden 2018-2023 for nikkel. I den operationelle overvågning er fundprocenten ligeledes 100 for alle søer, bortset fra en enkelt sø, hvor vanadium ikke blev fundet i perioden 2018-2023.

Aluminium forekom med de højeste koncentrationer i perioden 2018-2023, her ligger medianen på 6000-8000 mg/kg TS i både kontrolovervågningen og den operationelle overvågning. Samme niveau ses i søerne i det operationelle program i 2023, mens søerne i kontrolovervågningen i 2023 har en median, der ligger på 12000 mg/kg TS. Zink har de næsthøjeste koncentrationer og stort set samme niveau for kontrol- og operationel overvågning, hvor medianværdierne ligger på 100-150 mg/kg tørstof. Arsen, krom, nikkel, vanadium, kobber og bly forekom med mediankoncentrationer på ca. 7-26 mg/kg tørstof, bortset fra søerne i kontrolovervågningen i 2023, hvor medianen for bly er 38 mg/kg TS. Cadmium er det stof blandt metallerne, der har den laveste medianværdi, omkring 1 mg/kg TS.

Bortset fra aluminium er forskellene i medianværdierne mellem søerne i kontrolovervågningen og i den operationelle overvågning generelt ikke særligt store. For aluminium er medianværdien i 2023 i kontrolovervågningen næsten dobbelt så stor som i den operationelle overvågning. For bly og zink er værdierne i 2023 henholdsvis 38 og 150 mg/kg TS i kontrolovervågningen mod 22 og 115 mg/kg TS i den operationelle overvågning. For perioden 2018-2023 gælder det, at der for mange af stofferne både i kontrolovervågningen og i den operationelle overvågning er ret stor forskel mellem 90%-fraktilerne og de maksimale værdier. Dette indikerer at der er enkelte søer, der skiller sig ud med høje koncentrationer for en del af stofferne.

Bly, cadmium og vanadium er de eneste stoffer blandt de målte metaller, for hvilke der er fastsat miljøkvalitetskrav i sediment; bly: 163 mg/kg tørstof, cadmium: 3,8 mg/kg tørstof, vanadium: 23,6 mg/kg tørstof. For cadmium gælder det, at MKK enten kan beregnes som 3,8 mg/kg tørstof adderet med baggrundskoncentrationen, eller som 3,8 mg/kg tørstof for den biotilgængelige koncentration af cadmium. På nuværende tidspunkt findes der ikke tilgængelige data til at gennemføre disse beregninger. For vanadium gælder det også, at man skal addere baggrundskoncentrationen. Denne er i Bak & Larsen (2014) estimeret til at være 11 mg/kg tørstof.

Der er i perioden 2018-2023 fundet blyindhold højere end MKK (163 mg/kg tørstof) i fire af søerne i kontrolovervågningen (Skt. Jørgens Sø, Kvie Sø, Rævsø og Peblingsø) og i tre af søerne i den operationelle overvågning (Vrads Sande Sø, Viborg Søndersø og Birkerød Sø). Alle disse søer er enten bynære eller næringsfattige og/eller kalkfattige (lavalkaline). Mht. vanadium er der 19 søer i kontrolovervågningen og 14 i den operationelle overvågning, svarende til i alt 22% af de undersøgte søer, hvor koncentrationerne er højere end MKK (34,6 mg/kg tørstof ved ovennævnte baggrundskoncentration på 11 mg/kg tørstof). Det er, som anført ovenfor, ikke muligt at vurdere, om cadmiumkoncentrationerne i de undersøgte søer er højere end MKK. Men som det ses af tabel 3.8 og 3.9 ligger cadmiumkoncentrationerne i mindst 90% af

søerne i begge overvågningstyper under MKK, før den naturlige baggrunds-koncentration bliver tillagt.

**Tabel 3.8.** Metaller i sedimentprøver fra søer undersøgt ved kontrolovervågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver, procentvis fundhyppighed, hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen, medianværdi samt maksimumsværdi. For perioden 2018-2023 er 90%-percentilen vist. MKK=miljøkvalitetskrav

Kontrol	2023				2018-2023						
	Stofnavn mg/kg TS	Antal prøver	>DG %	Median	Maks. måling	Antal prøver	>DG %	Median	90% percentil	Maks måling	MKK
	Aluminium	13	100	12.000	20.000	79	100	7.700	18.000	37.000	
	Arsen	13	100	11	110	79	100	7,1	22	110	
	Bly	13	100	38	220	79	100	26	120	370	163
	Cadmium	13	100	1	5,1	79	100	0,82	2,8	12	3,8
	Krom	13	100	16	35	79	100	14	29	61	
	Kobber	13	100	21	58	79	100	21	42	230	
	Nikkel	13	92	16,5	130	79	99	16	42	200	
	Vanadium	13	100	22	91	79	100	20	55	91	23,6
	Zink	13	100	150	580	79	100	110	330	1.000	

**Tabel 3.9.** Metaller i sedimentprøver fra søer undersøgt ved den operationelle overvågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver, procentvis fundhyppighed, hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen, medianværdi samt maksimumsværdi. For perioden 2018-2023 er 90%- percentilen vist. MKK=miljøkvalitetskrav.

Operationel	2023				2018-2023						
	Stofnavn mg/kg TS	Antal prøver	>DG %	Median	Maks. måling	Antal prøver	>DG %	Median	90% percentil	Maks måling	MKK
	Aluminium	14	100	6200	20.000	71	100	6800	16.000	36.000	
	Arsen	14	100	9,45	120	71	100	7,8	27	120	
	Bly	14	100	22	78	71	100	25	99	210	163
	Cadmium	14	100	0,62	3,3	71	100	0,73	2,4	9,7	3,8
	Krom	14	100	10,65	39	71	100	13	34	210	
	Kobber	14	100	17	42	71	100	20	43	180	
	Nikkel	14	100	11,55	43	71	100	16	37	200	
	Vanadium	14	100	23	72	71	99	21	50	72	23,6
	Zink	14	100	115	340	71	100	110	340	2.200	

### PAHer

De fleste PAHer (tabel 3.10 og 3.11) blev fundet over detektionsgrænsen i størstedelen af de undersøgte søer, både i kontrolovervågningen og i den operationelle overvågning. Enkelte PAHer blev generelt fundet i mindre omfang end resten. Ser man på hele perioden, blev 2-methylpyren fundet i knap en fjerdedel af søerne i både kontrolovervågningen og den operationelle overvågning. For acenaphthen er dette gældende for lidt over en tredjedel af søerne. 3,6-dimethylphenanthren blev fundet i tre søer, både i kontrolovervågningen og den operationelle overvågning. For 2023 alene blev 1-methylpyren, 2-methylpyren og acenaphthen fundet i et mindretal af søerne (7-31%) i begge overvågningsprogrammer. Det samme gælder for dibenzothiophen i kontrolovervågningen (i 15% af søerne) samt for 2-methylphenanthren og acenaphthylen i den operationelle overvågning (henholdsvis 36% og 21% af søerne). Dibenz(a,h)-anthracen og 3,6-dimethylphenanthren blev ikke fundet i nogen af overvågningsprogrammerne i 2023, mens dibenzothiophen ikke blev fundet i den operationelle overvågning.



Ingen af stofferne skiller sig voldsomt ud fra de andre mht. mediankoncentrationer, men de højeste værdier fandtes for benzo(b+j+k)fluoranthen (overordnet 0,1-0,3 mg/kg TS), perylen (0,06-0,2 mg/kg TS) fluoranthen og pyren, hvor koncentrationerne ligger på ca. 0,07-0,12 mg/kg tørstof. Som for metallerne er der heller ikke i denne stofgruppe nævneværdig forskel mellem medianværdierne i søerne fra kontrolovervågningen og den operationelle overvågning. Især for de fem- til seksringede PAHer, dvs. de tunge PAHer, ser det ud til, at få søer udviser højere koncentrationer end resten, da de maksimale målinger generelt er en del højere end 90% fraktilen i perioden 2018-2023.

Der er fastsat miljøkvalitetskrav for antracen, som er 0,48\*fraktion af organisk kulstof (foc). Til fastlæggelse af fraktionen af organisk stof anvendes glødetabsprocenten, som varierer mellem 3,6 og 78 i de søer (både i kontrolovervågningen og i den operationelle overvågning), hvor antracen er fundet over detektionsgrænsen. Dette svarer til et miljøkvalitetskrav, der varierer mellem 0,017 og 0,37 mg/kg tørstof. Ved anvendelse af disse beregninger, har tre søer i kontrolovervågningen (Favrholm Sø, Peblingesøen og Sankt Jørgens Sø) og fire søer i den operationelle overvågning (Viborg Sø, Hovlung Sø, Sørup Sø og Birkerød Sø) koncentrationer af antracen, der ligger højere end miljøkvalitetskravet. Det skal bemærkes, at der ikke forefindes glødetabsprocent for otte søer, som derfor ikke indgår i sammenligningen af aktuelle koncentrationer med miljøkvalitetskravet.

**Tabel 3.10.** PAH i sedimentprøver fra søer undersøgt ved kontrol overvågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver, procentvis fundhyppighed, hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen, medianværdi samt maksimumsværdi. For perioden 2018-2023 er 90%- percentilen vist. MKK=miljøkvalitetskrav

Kontrol Stofnavn mg/kg TS	2023				2018-2023					MKK
	Antal prøver	>DG %	Median	Maks. måling	Antal prøver	>DG %	Median	90% percentil	Maks måling	
1-methylpyren	13	31	0,0105	0,043	78	65	0,0055	0,025	0,16	
2-methylphenanthren	13	62	0,0155	0,081	78	65	0,011	0,043	0,29	
2-methylpyren	13	31	0,017	0,077	78	23	0,022	0,11	0,25	
Acenaphthen	13	15	0,0138	0,022	78	36	0,011	0,028	0,054	
Acenaphthylen	13	54	0,022	0,11	78	79	0,014	0,034	0,27	
Antracen	13	77	0,027	0,14	78	81	0,014	0,041	0,32	0,48*foc
Benzo(a)anthracen	13	69	0,092	0,5	78	87	0,046	0,18	2,2	
Benzo(a)fluoren	13	77	0,028	0,14	78	94	0,013	0,056	0,49	
Benzo[a]pyren	13	100	0,074	0,48	78	94	0,053	0,17	2,6	
Benzo(ghi)perylene	13	100	0,12	0,66	78	100	0,067	0,28	2,7	
Benzo(b+j+k)-fluoranthener	13	100	0,25	1,4	78	99	0,13	0,66	4,4	
Benzo(e)pyren	13	100	0,083	0,51	78	97	0,051	0,21	1,7	
Dibenzo(a,h)-anthracen	13				78	71	0,016	0,099	0,73	
Dibenzothiophen	13	15	0,02	0,027	78	50	0,0076	0,045	0,099	
3,6-dimethylphenanthren	13				78	3	0,0021		0,0032	
Fluoranthen	13	100	0,14	1,2	78	99	0,089	0,33	3,4	
Fluoren	13	92	0,0125	0,035	78	92	0,012	0,035	0,12	
Indeno(1,2,3-cd)-pyren	13	100	0,086	0,61	78	94	0,06	0,22	2,7	
Perylen	13	77	0,17	1,3	78	94	0,059	0,62	1,3	
Phenanthren	13	92	0,0645	0,39	78	99	0,042	0,13	0,78	
Pyren	13	100	0,12	0,98	78	99	0,075	0,3	3,2	

**Tabel 3.11.** PAH i sedimentprøver fra søer undersøgt ved den operationelle overvågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver, procentvis fundhyppighed, hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen, medianværdi samt maksimumsværdi. For perioden 2018-2023 er 90%- percentilen vist. MKK=miljøkvalitetskrav.

Operationel Stofnavn mg/kg TS	2023				2018-2023					MKK
	Antal prøver	>DG %	Median	Maks. måling	Antal prøver	>DG %	Median	90% percentil	Maks måling	MKK
1-methylpyren	14	7	0,059	0,059	71	59	0,0076	0,046	0,33	
2-methyl-phenanthren	14	36	0,026	0,089	71	62	0,011	0,045	0,35	
2-methylpyren	14	7	0,054	0,054	71	24	0,025	0,44	0,52	
Acenaphthen	14	7	0,013	0,013	71	38	0,013	0,076	0,14	
Acenaphthylen	14	21	0,033	0,083	71	76	0,013	0,071	0,69	
Anthracen	14	71	0,026	0,079	71	72	0,018	0,07	0,72	0,48*foc
Benzo(a)anthracen	14	64	0,037	1	71	87	0,036	0,21	4,2	
Benzo(a)fluoren	14	64	0,011	0,11	71	89	0,011	0,08	1,2	
Benzo[a]pyren	14	93	0,036	0,88	71	94	0,046	0,3	4,4	
Benzo(ghi)perylene	14	100	0,055	0,8	71	99	0,068	0,39	3,8	
Benzo(b+j+k)-fluoranthener	14	100	0,11	2,1	71	99	0,11	0,77	10	
Benzo(e)pyren	14	93	0,043	0,61	71	93	0,055	0,28	3,6	
Dibenzo(a,h)-anthracen	14	0			71	61	0,021	0,11	0,64	
Dibenzothiophen	14	0			71	51	0,0098	0,046	0,19	
3,6-dimethyl-phenanthren	14	0			71	3	0,0102		0,011	
Fluoranthren	14	100	0,087	1,5	71	97	0,088	0,59	7,5	
Fluoren	14	71	0,0074	0,052	71	87	0,015	0,054	0,26	
Indeno(1,2,3-cd)-pyren	14	86	0,04	0,76	71	93	0,057	0,4	3	
Perylen	14	86	0,23	1,3	71	93	0,096	0,52	1,8	
Phenanthren	14	79	0,033	0,57	71	92	0,049	0,23	1,8	
Pyren	14	100	0,067	1,4	71	97	0,072	0,4	6,3	

### Blødgørere

I søerne, der blev undersøgt for blødgørere i 2023, er DEHP det eneste stof, der blev fundet over detektionsgrænsen (tabel 3.12 og 3.13). Det gælder både for kontrolovervågningen, hvor stoffet blev fundet i en enkelt sø og i den operationelle overvågning, hvor fundprocenten er 21, svarende til tre søer. Mediankoncentrationerne for DEHP i disse søer ligger på 0,1-0,19 mg/kg TS.

Når alle årene i perioden 2018-2023 tages i betragtning, er alle stoffer påvist, dog blev DEHA ikke fundet i kontrolovervågningen og kun i en enkelt sø (0,03 mg/kg TS) i den operationelle overvågning. BBP blev fundet i én sø i kontrolovervågningen og i to søer i den operationelle overvågning, omregnet til 1-3% af søerne; mediankoncentrationerne for dette stof lå på henholdsvis 0,02 og 0,04 mg/kg TS. DBP forekom i 9-10% af søerne (medianværdier 0,015-0,06 mg/kg TS) og DINP i 40% og 30% af søerne i henholdsvis kontrolovervågningen og den operationelle overvågning. DINP blev fundet i mediankoncentrationer på 0,12-0,15 mg/kg TS og er dermed det stof blandt blødgørerne med de højeste koncentrationer. Også i hele perioden er DEHP det hyppigst fundne stof og blev fundet i henholdsvis 55 og 52% af søerne i de to overvågningsprogrammer med en mediankoncentration på 0,07 mg/kg TS i begge programmer.

**Tabel 3.12.** Blødgørere i sedimentprøver fra søer undersøgt ved kontrolovervågningen i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver, procentvis fundhyppighed, hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen, medianværdi samt maksimumsværdi. For perioden 2018-2023 er 90%- percentilen vist. MKK=miljøkvalitetskrav.

Kontrol	2023				2018-2023					
	Stofnavn mg/kg TS	Antal prøver	>DG %	Median	Maks. måling	Antal prøver	>DG %	Median	90% percentil	Maks måling
Benzylbuthyl-phthalat (BBP)		13	0			78	1	0,02		0,02
Di(2-ethylhexyl) adipat (DEHA)		13	0			78	0			
Di(2-ethylhexyl)-phthalate (DEHP)		13	8	0,19	0,19	78	55	0,07	0,19	0,71
Dibutylphthalat (DBP)		13	0			77	10	0,015		0,06
Diisononylphthalate (DINP)		13	0			78	40	0,12	0,37	0,76

**Tabel 3.13.** Blødgørere i sedimentprøver fra søer undersøgt ved den operationelle overvågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver, procentvis fundhyppighed, hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen, medianværdi samt maksimumsværdi. For perioden 2018-2023 er 90%- percentilen vist. MKK=miljøkvalitetskrav.

Operationel	2023				2018-2023					
	Stofnavn mg/kg TS	Antal prøver	>DG %	Median	Maks. måling	Antal prøver	>DG %	Median	90% percentil	Maks måling
Benzylbuthyl- phthalat (BBP)		14				71	3	0,04		0,05
Di(2-ethylhexyl) adipat (DEHA)		14				71	1	0,03		0,03
Di(2-ethylhexyl)-phthalate (DEHP)		14	21	0,1	0,12	71	52	0,07	0,44	3,3
Dibutylphthalat (DBP)		14				70	9	0,06		0,77
Diisononylphthalate (DINP)		14				71	30	0,15	0,96	2,4

### Organotin

I kontrolovervågningen blev dibutyltin fundet i ca. en tredjedel af søerne både i 2023 og i perioden 2018-2023 som helhed (tabel 3.14). Medianværdierne er her ca. 4 µg/kg TS. Monobutyltin er den hyppigst fundne organotin forbindelse, idet fundprocenten er 92% i 2023 og 81% i 2018-2023 med mediankoncentrationer på henholdsvis 10 og 8,5 µg/kg TS. Fundprocenten for tributyltin er 23% (svarende til tre søer) i 2023, og 12% i perioden 2018-2023. Mediankoncentrationen af tributyltin ligger i 2023 omkring 2 µg/kg TS i 2023, mens den i 2018-2023 er 4,3 µg/kg TS. Triphenyltin blev fundet i 17% (to søer) i 2023 og i 11% af søerne i perioden 2018-2023. Koncentrationerne i de to søer i 2023 er relativt høje (>5 µg/kg TS) i forhold til perioden 2018-2023, hvor medianværdien ligger på 0,25 µg/kg TS.

Organotin forbindelserne blev kun undersøgt i tre af søerne i den operationelle overvågning (tabel 3.15), hvor tributyltin og triphenyltin ikke blev fundet i nogen af søerne, mens dibutyltin og monobutyltin blev fundet i henholdsvis to søer og i alle tre søer. Koncentrationerne for dibutyltin og monobutyltin i den operationelle overvågning i perioden 2018-2023 ligger på 3-4 µg/kg TS.

**Tabel 3.14.** Organotin forbindelser i sedimentprøver fra søer undersøgt ved kontrolovervågningen i perioden 2018-2023 Tabellen præsenterer antal prøver, procentvis fundhyppighed, hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen, medianværdi samt maksimumsværdi. For perioden 2018-2023 er 90%- percentilen vist. MKK=miljøkvalitetskrav.

Kontrol	2023				2018-2023					
	Stofnavn mg/kg TS	Antal prøver	>DG %	Median	Maks. måling	Antal prøver	>DG %	Median	90% percentil	Maks måling
	Dibutyltin (DBT)	13	31	3,9	5,1	77	30	4,4	8,6	21
	Monobutyltin (MBT)	13	92	10	50	77	81	8,5	46	150
	Tributyltin (TBT)	13	23	2,1	4,3	77	12	4,3		27
	Triphenyltin (TPhT)	12	17	5,3	8,2	76	11	0,25		8,2

**Tabel 3.15.** Organotin forbindelser i sedimentprøver fra søer undersøgt ved den operationelle overvågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver, procentvis fundhyppighed, hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen, medianværdi samt maksimumsværdi. For perioden 2018-2023 er 90%- percentilen vist. MKK=miljøkvalitetskrav.

Operationel	2023				2018-2023					
	Stofnavn mg/kg TS	Antal prøver	>DG %	Median	Maks. måling	Antal prø- ver	>DG %	Median	90% percentil	Maks måling
	Dibutyltin (DBT)					3	67	3,3		4,2
	Monobutyltin (MBT)					3	100	3,2		4
	Tributyltin (TBT)					3	0			
	Triphenyltin (TPhT)					3	0			

### Aromatiske kulbrinter

Alle aromatiske kulbrinter blev fundet i søsedimenter i årene 2018-2023 (tabel 3.16 og 3.17). Hvis man ser på 2023 alene, blev 1-Methylnaphthalen og 2-Methylnaphthalen samt trimethylnaphthalener ikke fundet i den operationelle overvågning. Dimethylnaphthalenerne blev som den eneste parameter fundet i alle prøver, både i kontrolovervågningen og i den operationelle overvågning.

Medianværdien for koncentrationerne af dimethylnaphthalenerne er højest i perioden 2018-2023; henholdsvis 0,25 og 0,38 mg/kg TS i kontrolovervågningen og den operationelle overvågning. De tilsvarende værdier for 2023 er 0,07 og 0,18 mg/kg TS. Naphthalen er det næsthypigste stof. I 2023 blev det fundet i 69% af prøverne i kontrolovervågningen og i halvdelen af prøverne i den operationelle overvågning. Medianværdierne i 2023 for naphthalenkonzentrationerne er henholdsvis 0,025 og 0,013 mg/kg TS. I perioden 2018-2023 blev naphthalen fundet i 82-86% af prøverne i de to undersøgelsesprogrammer og mediankoncentrationen er ca. 0,02 mg/kg TS i begge programmer. 1-Methylnaphthalen blev i 2023 fundet i en enkelt prøve i kontrolovervågningen, hvor koncentrationen var 0,00091 mg/kg TS. I perioden 2018-2023 blev stoffet fundet i ca. halvdelen af prøverne i både kontrolovervågningen og den operationelle overvågning og med en mediankoncentration på ca. 0,004 mg/kg TS i begge programmer. 2-Methylnaphthalen blev fundet i tre prøver i 2023 med en koncentration på ca. 0,02 mg/kg TS, mens stoffet i 2018-2023 blev fundet i ca. halvdelen af prøverne i både kontrolovervågningen og den operationelle overvågning i mediankoncentrationer på ca. 0,007 mg/kg TS. Trimethylnaphthalener blev i 2023 fundet i to søer i kontrolovervågningen med koncentrationer omkring 0,02 mg/kg TS. I perioden 2018-2023 blev trimethylnaphthalener fundet i størstedelen af prøverne, både i kontrolovervågningen og den operationelle overvågning (henholdsvis i 71% og 59%). Medianværdien for koncentrationerne af trimethylnaphthalener ligger for hele perioden tæt på hinanden i de to programmer; 0,023 og 0,029 mg/kg TS.

Der er fastsat miljøkvalitetskrav for summen af methylnaphthalener (1-methylnaphthalen, 2-methylnaphthalen, dimethylnaphthalen og trimethylnaphthalen), som er 0,478\*fraktion af organisk kulstof (foc). Beregning af MKK er tilsvarende den for antracen (se ovenfor v/PAH). Miljøkvalitetskravet for summen af methylnaphthalener varierer mellem 0,003 og 0,373 mg/kg TS. Disse beregninger resulterer i, at i 56 søer i kontrolovervågningen og 52 søer i den operationelle overvågning (svarende til 72-73% af søerne), er der mindst én af metylnaphthalenerne, der har koncentrationer, der ligger over miljøkvalitetskravet. Det skal bemærkes, at otte søer ikke har angivet glødetabsprocent og derfor ikke indgår i disse beregninger. Det samme gælder for naphthalen (ser herunder).

Tilsvarende analyser af naphthalen, hvor miljøkvalitetskravet er sat til 2,76\*foc, viser at det varierer mellem 0,063 og 2,15 mg/kg TS. Ingen af søerne, hvor der foreligger resultater for glødetabsprocent, har højere koncentration af naphthalen end miljøkvalitetskravet.

**Tabel 3.16.** Aromatiske kulbrinter i sedimentprøver fra søer undersøgt ved kontrolovervågningen i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver, procentvis fundhyppighed, hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen, medianværdi samt maksimumsværdi. For perioden 2018-2023 er 90%- percentilen vist. MKK=miljøkvalitetskrav.

Kontrol	2023				2018-2023					MKK	
	Stofnavn mg/kg TS	Antal prøver	>DG %	Median	Maks. måling	Antal prøver	>DG %	Median	90% percentil		Maks måling
	1-Methylnaphthalen	13	8	0,00091	0,00091	78	49	0,0035	0,014	0,092	Sum=0,478*foc
	2-Methylnaphthalen	13	23	0,016	0,019	78	53	0,0066	0,022	0,15	
	Dimethylnaphthalener	13	100	0,067	0,35	78	100	0,25	1,1	2,9	
	Trimethylnaphthalener	13	15	0,017	0,029	78	71	0,023	0,06	0,21	
	Naphthalen	13	69	0,025	0,058	78	86	0,02	0,052	0,42	2,76*foc

**Tabel 3.17.** Aromatiske kulbrinter i sedimentprøver fra søer undersøgt ved den operationelle overvågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver, procentvis fundhyppighed, hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen, medianværdi samt maksimumsværdi. For perioden 2018-2023 er 90%- percentilen vist. MKK=miljøkvalitetskrav.

Operationel	2023				2018-2023					MKK	
	Stofnavn mg/kg TS	Antal prøver	>DG %	Median	Maks. måling	Antal prøver	>DG %	Median	90% percentil		Maks måling
	1-Methylnaphthalen	14	0			71	49	0,004	0,027	0,09	Sum=0,478*foc
	2-Methylnaphthalen	14	0			71	49	0,0071	0,06	0,16	
	Dimethylnaphthalener	14	100	0,18	1,3	71	100	0,38	1,3	3,8	
	Trimethylnaphthalener	14	0			71	59	0,029	0,094	0,24	
	Naphthalen	14	50	0,013	0,041	71	82	0,021	0,078	0,42	2,76*foc

### Phenoler

I mange af søerne blev der ikke fundet phenoler over detektionsgrænsen (tabel 3.18 og 3.19). Således blev der ikke påvist phenoler i 2023 i den operationelle overvågning, og i kontrolovervågning blev kun 4-tert-octylphenol fundet

og kun i en enkelt sø med en koncentration på 0,0074 mg/kg TS. I kontrolovervågningen i perioden 2018-2023 var det også kun i et fåtal af søer, der blev fundet phenoler. Det hyppigste stof i kontrolovervågningen var 4-tert-octylphenol, der blev fundet i 6% af søerne med en mediankoncentration på 0,0074 mg/kg TS. 4-n-nonylphenol og nonylphenolmonoethoxylater blev fundet i 3-4% af søerne i kontrolovervågningen med mediankoncentrationer på henholdsvis 0,012 og 0,021 mg/kg TS. Nonylphenol blev fundet i en enkelt sø med en koncentration på 0,19 mg/kg TS, hvilket er den højeste koncentration blandt phenolerne i kontrolovervågningen.

I den operationelle overvågning er det også nonylphenol, der udviser den højeste koncentration; en medianværdi på 0,14 mg/kg TS (og en maksimalværdi så høj som 12 mg/kg TS) for de 6% af søerne, hvor stoffet findes. De resterende tre fundne phenoler i den operationelle overvågning, 4-n-nonylphenol, 4-tert-octylphenol og nonylphenolmonoethoxylater, er fundet i et fåtal af søerne; mellem én (ud af tre søer) og fire søer i mediankoncentrationer mellem ca. 0,01 og 0,04 mg/kg TS.

Der er fastsat miljøkvalitetskrav for nonylphenoler og for 4-nonylphenol, forgrenet svarende til 25 mg/kg tørstof \*fraktionen af organisk stof. Som beskrevet fandtes der ingen prøver i perioden 2018-2023 med koncentrationer af 4-nonylphenol, forgrenet, over detektionsgrænsen. Kun i en enkelt sø (Gødstrup Sø, som blev undersøgt i den operationelle overvågning) blev der fundet koncentration af nonylphenoler over miljøkvalitetskravet. Der er også fastsat et miljøkvalitetskrav for 4-tert-octylphenol på 39,3 \*foc. I ingen af de relativt få prøver, hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen, ligger koncentrationerne over dette niveau.

**Tabel 3.18.** Phenoler i sedimentprøver fra søer undersøgt ved kontrolovervågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver, procentvis fundhyppighed, hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen, medianværdi samt maksimumsværdi. For perioden 2018-2023 er 90%- percentilen vist. MKK=miljøkvalitetskrav.

Kontrol Stofnavn mg/kg TS	2023				2018-2023					
	Antal prøver	>DG %	Median	Maks. måling	Antal prøver	>DG %	Median	90% percentil	Maks måling	MKK
4-n-nonyl-phenol	13	0			78	3	0,012		0,022	
4-nonylphenol, for- grenet					24	0				25,5*foc
4-n-octylphenol	13	0			78	0				
4-tert-octylphenol	13	8	0,0074	0,0074	78	6	0,0074		0,082	39,3*foc
Nonylphenol-dietho- xylater	13	0			77	0				
Nonylphenol-mono- ethoxylater	13	0			77	4	0,021		0,04	
Nonylphenol	13	0			78	1	0,19		0,19	25,5*foc

**Tabel 3.19.** Phenoler i sedimentprøver fra søer undersøgt ved den operationelle overvågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver, procentvis fundhyppighed, hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen, medianværdi samt maksimumsværdi. For perioden 2018-2023 er 90%- percentilen vist. MKK=miljøkvalitetskrav.

Operational	2023				2018-2023						
	Stofnavn mg/kg TS	Antal prøver	>DG %	Median	Maks. måling	Antal prøver	>DG %	Median	90% percentil	Maks måling	MKK
	4-n-nonyl-phenol	14	0			71	3	0,011		0,019	
	4-nonylphenol, for- grenet					15	0				25,5*foc
	4-n-octylphenol	14	0			71	0				
	4-tert-octylphenol	14	0			71	6	0,0063		0,12	39,3*foc
	Nonylphenol-dietho- xylater					3	0				
	Nonylphenol-mono- ethoxylater					3	33	0,036		0,036	
	Nonylphenol	14	0			71	6	0,14		12	25,5*foc

### 3.3.3 Biota

Aborre er iflg. den tekniske anvisning den foretrukne art til analyse af miljøfarlige forurenende stoffer i biota i søer. Der blev fundet og analyseret muskelvæv fra aborre (*Perca fluviatilis*), i næsten alle søer. I mangel af denne art kan andre arter anvendes i en prioriteret rækkefølge. Således blev der i enkelte søer i stedet analyseret ål (*Anguilla anguilla*, én sø i kontrolovervågningen), gedde (*Esox lucius*, i to søer i kontrolovervågningen og en enkelt i den operationelle overvågning), trepigget hundestejle (*Gasterosteus aculeatus*, i én sø i hver af overvågningsprogrammerne), nipigget hundestejle (*Pungitus pungitus*, i én kontrolsø), skalle (*Rutilus rutilus*, i to søer i kontrolovervågningen og fem i den operationelle) eller rudskalle (*Scardinius erythrophthalmus*, i én sø i den operationelle overvågning). I og med at datamaterialet for de "alternative" arter er meget begrænset, fokuseres der i dette afsnit på aborre.

### Kviksølv

Indholdet af kviksølv i fisk fanget i søer for perioden 2018-2023 er vist i tabel 3.20 og 3.21. I perioden 2018-2023 blev 78 søer undersøgt, heraf 13 i 2023, i kontrolovervågningen. Tilsvarende blev 71 henholdsvis 14 søer undersøgt i den operationelle overvågning.

Overordnet blev der fundet kviksølv i alle prøver. Medianværdien for aborre lå, totalt set, på 0,07-0,08 mg/kg vådvægt. De højeste værdier blev fundet i den operationelle overvågning, dvs. 1,17 mg/kg vådvægt mod 0,91 i kontrolovervågningen i perioden 2018-2023 og 1,17 mod 0,33 i 2023 alene.

Miljøkvalitetskravet for kviksølv i ferskvandsbiota er 0,02 mg/kg vådvægt. Dette MKK gælder for den hele fisk. Resultaterne i tabel 3.20 stammer fra muskelvæv alene. I henhold til Larsen (2019) skal der anvendes en faktor på 0,81 ( $\pm 46\%$ ) ved omregning af kviksølvkoncentrationen fra muskelvæv til den hele fisk. Ved division af MKK for den hele fisk med 0,81 fås en MKK for muskelvæv alene på 0,0247 mg/kg vådvægt. Af medianværdierne i tabel 3.20 og 3.21, ses det, at mindst halvdelen af alle prøver ligger over denne værdi. Ser man nærmere på resultaterne for de enkelte søer viser det sig, at i alle analyserede aborrer fanget i søer i perioden 2018-2023, bortset fra én sø i kontrolovervågningen og to søer i den operationelle overvågning ligger kviksølvkoncentrationen højere end miljøkvalitetskravet.

**Tabel 3.20.** Kviksølv i fisk fra søer undersøgt ved kontrolovervågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver, procentvis fundhyppighed, hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen,

Kontrol		2023			2018-2023						
Stofnavn	Art	Antal prøver	>DG %	Median	Maks. måling	Antal prøver	>DG %	Median	90% percentil	Maks måling	MKK
	<i>Anguilla anguilla</i>	1	100	0,0198	0,0198	1	100	0,0198		0,0198	
	<i>Esox lucius</i>	2	100	0,18065	0,2847	2	100	0,18065		0,2847	
Kviksølv	<i>Gasterosteus aculeatus</i>					1	100	0,0225		0,0225	
mg/kg VV	<i>Perca fluviatilis</i>	10	100	0,07005	0,3333	71	100	0,079	0,1857	0,90843	0,02 <sup>1)</sup>
	<i>Pungitius pungitius</i>					1	100	0,0244		0,0244	
	<i>Rutilus rutilus</i>					2	100	0,0198		0,0198	

*Anguilla anguilla*: ål; *Esox lucius*: gedde; *Gasterosteus aculeatus*: trepigget hundestejle; *Perca fluviatilis*: aborre; *Pungitius pungitius*: nipigget hundestejle; *Rutilus rutilus*: skalle.

<sup>1)</sup>Denne værdi gælder for hele fisken. Ved division med 0,81 (se tekst) for omregning til MKK for muskeltvæv fås værdien 0,0247.

**Tabel 3.21.** Kviksølv i fisk fra søer undersøgt ved den operationelle overvågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver, procentvis fundhyppighed, hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen, medianværdi samt maksimumsværdi. For perioden 2018-2023 er 90%-fraktilen vist. MKK=miljøkvalitetskrav.

Operationel		2023			2018-2023						
Stofnavn	Art	Antal prøver	>DG %	Median	Maks. måling	Antal prøver	>DG %	Median	90% percentil	Maks måling	MKK
	<i>Esox lucius</i>					1	100	0,041		0,041	
	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	1	100	0,0286	0,0286	1	100	0,0286		0,0286	
Kviksølv	<i>Perca fluviatilis</i>	13	100	0,0769	1,1659	63	100	0,08	0,2023	1,1659	0,02 <sup>1)</sup>
mg/kg VV	<i>Rutilus rutilus</i>					5	100	0,0606		0,286	
	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>					1	100	0,115		0,115	

*Esox lucius*: gedde; *Gasterosteus aculeatus*: trepigget hundestejle; *Perca fluviatilis*: aborre; *Rutilus rutilus*: skalle; *Scardinius erythrophthalmus*: rudskalle

<sup>1)</sup>Denne værdi gælder for hele fisken. Ved division med 0,81 (se tekst) for omregning til MKK for muskeltvæv fås værdien 0,0247.

**Tabel 3.21.** Kviksølv i fisk fra søer undersøgt ved den operationelle overvågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver, procentvis fundhyppighed, hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen, medianværdi samt maksimumsværdi. For perioden 2018-2023 er 90%-fraktilen vist. MKK=miljøkvalitetskrav.

Operationel		2023			2018-2023						
Stofnavn	Art	Antal prøver	>DG %	Median	Maks. måling	Antal prøver	>DG %	Median	90% percentil	Maks måling	MKK
	<i>Esox lucius</i>					1	100	0,041		0,041	
	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	1	100	0,0286	0,0286	1	100	0,0286		0,0286	
Kviksølv	<i>Perca fluviatilis</i>	13	100	0,0769	1,1659	63	100	0,08	0,2023	1,1659	0,02 <sup>1)</sup>
mg/kg VV	<i>Rutilus rutilus</i>					5	100	0,0606		0,286	
	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>					1	100	0,115		0,115	

*Esox lucius*: gedde; *Gasterosteus aculeatus*: trepigget hundestejle; *Perca fluviatilis*: aborre; *Rutilus rutilus*: skalle; *Scardinius erythrophthalmus*: rudskalle

<sup>1)</sup>Denne værdi gælder for hele fisken. Ved division med 0,81 (se tekst) for omregning til MKK for muskeltvæv fås værdien 0,0247.



## Dioxiner, furaner og WHO PCB

Koncentrationerne og miljøkvalitetskravene i dioxiner, furaner og dioxinlignende PCBer (WHO PCBer) udtrykkes som summerede toksicitetsækvivalenter (WHO-TEQ). Se nærmere forklaring i afsnit 2.6. Tabel 3.22 og 3.23 viser en oversigt over de summerede toksicitetsækvivalenter for hver af de nævnte stofgrupper i biota fra søer for perioden 2018-2023. Der findes ikke værdier blandt de analyserede prøver fra 2018-2023, der ligger over miljøkvalitetskravet på 6,5 ng/kg vådvægt.

Toksicitetsækvivalenterne er beregnet ud fra data for dioxiner og furaner (tabel 3.24 og 3.25) samt WHO PCBer (tabel 3.26 og 3.27). Da der kun foreligger miljøkvalitetskrav på WHO-TEQ, vil data ikke blive nærmere gennemgået. Dog kan det konstateres at for 2023 sås forhøjede koncentrationer i forhold til de tidligere år for flere PCBer (tabel 3.26 og 3.27). En mulig teori er, at det kan skyldes langtransport af PCBer som følge af den kraftige stigning i skovbrande globalt (Eckhardt et al. 2007). Da effekten kun er set for 2023, må vi afvente de kommende års data for se om det er en trend. Effekten ses ikke for de andre medier, men det kan skyldes forskelle i hydrologi, organisk indhold i sediment og lignende, som gør at det er slået tydeligere igennem for søer.

**Tabel 3.22.** WHO toxicitetsækvivalenter i fisk fra søer undersøgt ved kontrolovervågningen i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver, procentvis fundhyppighed, hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen, medianværdi samt maksimumsværdi. For perioden 2018-2023 er 90%-percentilen vist. MKK=miljøkvalitetskrav.

Parameter ng/kg vådvægt	Art	2023			2018-2023			Maks måling	MKK
		Antal prøver	Median	Maks. måling	Antal prøver	Median	90% percentil		
WHO-TEQ 2005 c-PCB	<i>Anguilla anguilla</i>	1	0,273	0,273	1	0,273		0,273	
	<i>Esox lucius</i>	2	0,05	0,073	2	0,05		0,073	
	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	0			1	0,129		0,129	
	<i>Perca fluviatilis</i>	9-10	0,04	0,212	55-56	0,041	0,184	1	
	<i>Rutilus rutilus</i>	0			2	0,039		0,041	
WHO-TEQ 2005 PCDD/F	<i>Anguilla anguilla</i>	1	0,221	0,221	1	0,221		0,221	
	<i>Esox lucius</i>	2	0,062	0,088	2	0,062		0,088	
	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	0			1	0,175		0,175	6,5
	<i>Perca fluviatilis</i>	10	0,028	0,082	56	0,028	0,04	0,109	
	<i>Rutilus rutilus</i>	0			2	0,024		0,024	
WHO-TEQ 2005 total, ekskl. LOQ	<i>Anguilla anguilla</i>	1	0,494	0,494	1	0,494		0,494	
	<i>Esox lucius</i>	2	0,112	0,161	2	0,112		0,161	
	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	0			1	0,304		0,304	
	<i>Perca fluviatilis</i>	9-10	0,065	0,293	55-56	0,064	0,184	0,371	
	<i>Rutilus rutilus</i>	0			2	0,051		0,065	

*Anguilla anguilla*: ål; *Esox lucius*: gedde; *Gasterosteus aculeatus*: trepigget hundestejle; *Perca fluviatilis*: aborre; *Rutilus rutilus*: skalle.

**Tabel 3.23.** WHO toxicitetsækvivalenter i fisk fra søer undersøgt ved den operationelle overvågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver, procentvis fundhyppighed, hvor stoffet er fundet

Operationel overvågning		2023			2018-2023				
Parameter ng/kg vådvægt	Art	Antal prøver	Median	Maks. måling	Antal prøver	Median	90% percentil	Maks måling	MKK
WHO-TEQ 2005 c-PCB	Perca fluviatilis	1	0,022	0,022	3	0,022		0,022	
WHO-TEQ 2005 PCDD/F	Perca fluviatilis	1	0,015	0,015	3	0,015		0,015	6,5
WHO-TEQ 2005 total, ekskl. LOQ	Perca fluviatilis	1	0,037	0,037	3	0,037		0,037	

*Perca fluviatilis*: aborre

**Tabel 3.24.** Dioxiner og furaner i fisk fra søer undersøgt ved kontrolovervågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver, procentvis fundhyppighed, hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen, medianværdi samt maksimumsværdi. For perioden 2018-2023 er 90%- percentilen vist. MKK=miljøkvalitetskrav.

Kontrol Stofnavn ng/kg vådvægt	Dioxiner og furaner Art	2023				2018-2023				
		Antal prøver	>DG %	Median	Maks. måling	Antal prøver	>DG %	Median	90% percentil	Maks måling
2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-p-dioxin (2378-TCDD)	<i>Anguilla anguilla</i>	1	100	0,056	0,056	1	100	0,056		0,056
	<i>Esox lucius</i>	2	50	0,009	0,009	2	50	0,009		0,009
	<i>Gasterosteus aculeatus</i>					1	100	0,065		0,065
	<i>Perca fluviatilis</i>	10	20	0,024	0,043	56	7	0,007		0,043
1,2,3,7,8-Pentachlordibenzo-p-dioxin (12378-PeCDD)	<i>Anguilla anguilla</i>	1	100	0,116	0,116	1	100	0,116		0,116
	<i>Esox lucius</i>	2	50	0,033	0,033	2	50	0,033		0,033
	<i>Gasterosteus aculeatus</i>					1	100	0,052		0,052
	<i>Perca fluviatilis</i>	10	30	0,016	0,026	56	7	0,017		0,026
1,2,3,4,7,8-Hexachlordibenzo-p-dioxin (123478-HxCDD)	<i>Gasterosteus aculeatus</i>					1	100	0,016		0,016
	<i>Perca fluviatilis</i>	10	10	0,007	0,007	56	2	0,007		0,007
1,2,3,7,8,9-Hexachlordibenzo-p-dioxin (123789-HxCDD)	<i>Esox lucius</i>	2	50	0,015	0,015	2	50	0,015		0,015
	<i>Gasterosteus aculeatus</i>					1	100	0,016		0,016
	<i>Perca fluviatilis</i>	10	40	0,007	0,013	56	9	0,006		0,013
1,2,3,6,7,8-Hexachlordibenzo-p-dioxin (123678-HxCDD)	<i>Esox lucius</i>	2	50	0,033	0,033	2	50	0,033		0,033
	<i>Gasterosteus aculeatus</i>					1	100	0,051		0,051
	<i>Perca fluviatilis</i>	10	40	0,008	0,011	56	14	0,008		0,018
1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzo-p-dioxin (1234678-HpCDD)	<i>Anguilla anguilla</i>	1	100	0,404	0,404	1	100	0,404		0,404
	<i>Esox lucius</i>	2	100	0,218	0,358	2	100	0,218		0,358
	<i>Gasterosteus aculeatus</i>					1	100	0,135		0,135
	<i>Perca fluviatilis</i>	10	100	0,087	0,17	56	66	0,029	0,104	0,17
	<i>Rutilus rutilus</i>					2	50	0,013		0,013
1,2,3,4,6,7,8,9-Octachlordibenzodioxin (OCDD)	<i>Perca fluviatilis</i>	1	100	0,431	0,431	3	33	0,431		0,431
1,2,3,4,6,7,8,9-Octachlordibenzodioxin (OCDD)	<i>Anguilla anguilla</i>	1	100	1,951	1,951	1	100	1,951		1,951
	<i>Esox lucius</i>	2	100	1,034	1,567	2	100	1,034		1,567
	<i>Gasterosteus aculeatus</i>					1	100	0,311		0,311
	<i>Perca fluviatilis</i>	10	100	0,503	0,989	56	73	0,128	0,514	0,989
	<i>Rutilus rutilus</i>					2	50	0,058		0,058

Tabel 3.24 fortsat

Kontrol Stofnavn ng/kg vådvægt	Dioxiner og furaner Art	2023				2018-2023				
		Antal prøver	>DG %	Median	Maks. måling	Antal prøver	>DG %	Median	90% percentil	Maks måling
2,3,7,8-Tetrachlordibenzofuran (2378-TCDF)	<i>Anguilla anguilla</i>	1	100	0,031	0,031	1	100	0,031		0,031
	<i>Esox lucius</i>	2	100	0,096	0,124	2	100	0,096		0,124
	<i>Gasterosteus aculeatus</i>					1	100	0,18		0,18
	<i>Perca fluviatilis</i>	10	100	0,056	0,236	56	63	0,044	0,119	0,236
	<i>Pungitius pungitius</i>					1	100	0,05		0,05
	<i>Rutilus rutilus</i>					2	50	0,073		0,073
1,2,3,7,8-Pentachlordibenzofuran (12378-PeCDF)	<i>Esox lucius</i>	2	100	0,024	0,037	2	100	0,024		0,037
	<i>Gasterosteus aculeatus</i>					1	100	0,028		0,028
	<i>Perca fluviatilis</i>	10	50	0,013	0,044	56	29	0,015	0,05	0,79
	<i>Rutilus rutilus</i>					2	50	0,01		0,01
2,3,4,7,8-Pentachlordibenzofuran (23478-PeCDF)	<i>Anguilla anguilla</i>	1	100	0,083	0,083	1	100	0,083		0,083
	<i>Esox lucius</i>	2	100	0,043	0,063	2	100	0,043		0,063
	<i>Gasterosteus aculeatus</i>					1	100	0,084		0,084
	<i>Perca fluviatilis</i>	10	60	0,017	0,061	56	34	0,023	0,042	0,061
	<i>Rutilus rutilus</i>					2	50	0,017		0,017
1,2,3,4,7,8-Hexachlordibenzofuran (123478-HxCDF)	<i>Esox lucius</i>	2	50	0,014	0,014	2	50	0,014		0,014
	<i>Perca fluviatilis</i>	10	10	0,008	0,008	56	7	0,016		0,13
1,2,3,6,7,8-Hexachlordibenzofuran (123678-HxCDF)	<i>Esox lucius</i>	2	50	0,02	0,02	2	50	0,02		0,02
	<i>Gasterosteus aculeatus</i>					1	100	0,014		0,014
1,2,3,7,8,9-Hexachlordibenzofuran (123789-HxCDF)	<i>Perca fluviatilis</i>	10	20	0,007	0,009	56	7	0,008		0,09
2,3,4,6,7,8-Hexachlordibenzofuran (234678-HxCDF)	<i>Esox lucius</i>	2	50	0,018	0,018	2	50	0,018		0,018
	<i>Gasterosteus aculeatus</i>					1	100	0,006		0,006
	<i>Perca fluviatilis</i>	10	10	0,013	0,013	56	5	0,03		0,17
1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzofuran (1234678-HpCDF)	<i>Esox lucius</i>	2	100	0,147	0,264	2	100	0,147		0,264
	<i>Gasterosteus aculeatus</i>					1	100	0,044		0,044
	<i>Perca fluviatilis</i>	10	100	0,033	0,049	56	61	0,018	0,038	0,049
	<i>Rutilus rutilus</i>					2	50	0,014		0,014

Tabel 3.24 fortsat

Kontrol		Dioxiner og furaner				2018-2023				
Stofnavn ng/kg vådvægt	Art	Antal prøver	>DG %	Median	Maks måling	Antal prøver	>DG %	Median	90% percentil	Maks måling
1,2,3,4,7,8,9-Heptachlordibenzofuran (1234789-HpCDF)	<i>Anguilla anguilla</i>	1	100	0,02	0,02	1	100	0,02		0,02
	<i>Esox lucius</i>	2	50	0,016	0,016	2	50	0,016		0,016
	<i>Perca fluviatilis</i>	10	40	0,004	0,008	56	14	0,005		0,01
1,2,3,4,6,7,8,9-Octachlordibenzofuran (OCDF)	<i>Anguilla anguilla</i>	1	100	0,218	0,218	1	100	0,218		0,218
	<i>Esox lucius</i>	2	100	0,092	0,135	2	100	0,092		0,135
	<i>Gasterosteus aculeatus</i>					1	100	0,031		0,031
	<i>Perca fluviatilis</i>	10	100	0,052	0,117	56	45	0,018	0,067	0,117
1,2,3,4,6,7,8,9-Octachlordibenzofuran (OCDF)	<i>Perca fluviatilis</i>	1	100	0,044	0,044	3	33	0,044		0,044

*Anguilla anguilla*: ål; *Esox lucius*: gedde; *Gasterosteus aculeatus*: trepigget hundestejle; *Perca fluviatilis*: aborre; *Pungitus pungitus*: nipigget hundestejle; *Rutilus rutilus*: skalle.

**Tabel 3.25.** Dioxiner og furaner i fisk fra søer undersøgt i den operationelle overvågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver, procentvis fundhyppighed, hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen, medianværdi samt maksimumsværdi. For perioden 2018-2023 er 90%- percentilen vist. MKK=miljøkvalitetskrav.

Operationel		2023				2018-2023				
Stofnavn ng/kg vådvægt	Art	Antal prøver	>DG %	Median	Maks måling	Antal prøver	>DG %	Median	90% percentil	Maks måling
1,2,3,6,7,8-Hexachlordibenzo-p-dioxin (123678-HxCDD)	<i>Perca fluviatilis</i>	1	100	0,004	0,004	3	33	0,004		0,004
1,2,3,7,8,9-Hexachlordibenzo-p-dioxin (123789-HxCDD)	<i>Perca fluviatilis</i>	1	100	0,005	0,005	3	33	0,005		0,005
1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzo-p-dioxin (1234678-HpCDD)	<i>Perca fluviatilis</i>	1	100	0,06	0,06	3	33	0,06		0,06
1,2,3,4,6,7,8,9-Octachlordibenzodioxin (OCDD)	<i>Perca fluviatilis</i>	1	100	0,431	0,431	3	33	0,431		0,431
2,3,7,8-Tetrachlordibenzofuran (2378-TCDF)	<i>Perca fluviatilis</i>	1	100	0,032	0,032	3	33	0,032		0,032
2,3,4,6,7,8-Hexachlor- dibenzofuran (234678-HxCDF)	<i>Perca fluviatilis</i>					3	33	0,02		0,02
1,2,3,4,6,7,8-Heptachlor-dibenzofuran (1234678-HpCDF)	<i>Perca fluviatilis</i>	1	100	0,024	0,024	3	33	0,024		0,024
1,2,3,4,6,7,8,9-Octachlordibenzofuran (OCDF)	<i>Perca fluviatilis</i>	1	100	0,044	0,044	3	33	0,044		0,044

*Perca fluviatilis*: aborre

**Tabel 3.26.** WHO PCB'er i fisk fra søer undersøgt ved kontrolovervågningen i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver, procentvis fundhyppighed, hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen, medianværdi samt maksimumsværdi. For perioden 2018-2023 er 90%- percentilen vist. MKK=miljøkvalitetskrav.

Kontrol	WHO PCB	2023				2018-2023					
		Stofnavn ng/kg vådvægt	Art	Antal prøver	>DG %	Median	Maks måling	Antal prøver	>DG %	Median	90% percentil
3,3',4,4'-Tetrachlorbiphenyl (PCB 77)	<i>Anguilla anguilla</i>	1	100	1,11	1,11	1	100	1,11			1,11
	<i>Esox lucius</i>	2	100	0,9	0,94	2	100	0,9			0,94
	<i>Gasterosteus aculeatus</i>					1	100	4,81			4,81
	<i>Perca fluviatilis</i>	10	100	1,29	8,09	56	80	0,94	5,57		10,33
	<i>Rutilus rutilus</i>					2	100	0,88			1,61
3,4,4',5-Tetrachlorbiphenyl (PCB 81)	<i>Anguilla anguilla</i>	1	100	0,11	0,11	1	100	0,11			0,11
	<i>Esox lucius</i>	2	100	0,08	0,1	2	100	0,08			0,1
	<i>Gasterosteus aculeatus</i>					1	100	0,25			0,25
	<i>Perca fluviatilis</i>	10	100	0,1	0,46	56	70	0,12	0,47		1,94
	<i>Pungitius pungitius</i>					1	100	0,96			0,96
	<i>Rutilus rutilus</i>					2	50	0,11			0,11
2,3,3',4,4'-Pentachlorbiphenyl (PCB 105)	<i>Anguilla anguilla</i>	1	100	81,1	81,1	1	100	81,1			81,1
	<i>Gasterosteus aculeatus</i>					1	100	36,14			36,14
	<i>Perca fluviatilis</i>	9	33	81,7	111,3	55	75	7,09	66,9		125,78
	<i>Pungitius pungitius</i>					1	100	5,64			5,64
	<i>Rutilus rutilus</i>					2	100	9,75			18,31
2,3,4,4',5-Pentachlorbiphenyl (PCB 114)	<i>Anguilla anguilla</i>	1	100	33,5	33,5	1	100	33,5			33,5
	<i>Esox lucius</i>	2	100	9,97	10,4	2	100	9,97			10,4
	<i>Perca fluviatilis</i>	10	100	9,74	15	56	68	4,01	12,9		15,09
	<i>Pungitius pungitius</i>					1	100	0,28			0,28
	<i>Rutilus rutilus</i>					2	100	2,03			3,95
2,3',4,4',5-Pentachlorbiphenyl (PCB 118)	<i>Anguilla anguilla</i>	1	100	338,7	338,7	1	100	338,7			338,7
	<i>Esox lucius</i>	2	50	41,5	41,5	2	50	41,5			41,5
	<i>Gasterosteus aculeatus</i>					1	100	166,16			166,16
	<i>Perca fluviatilis</i>	9	56	83,2	370,6	55	82	22,53	207,6		370,6
	<i>Pungitius pungitius</i>					1	100	22,33			22,33
	<i>Rutilus rutilus</i>					2	50	60,41			60,41

Tabel 3.26 fortsat

Kontrol Stofnavn vådvægt	WHO PCB ng/kg Art	2023				2018-2023					
		Antal prøver	>DG %	Median	Maks måling	Antal prøver	>DG %	Median	90% percentil	Maks måling	
2,3',4,4',5'-Pentachlorbiphenyl (PCB 123)	<i>Anguilla anguilla</i>	1	100	30,5	30,5	1	100	30,5		30,5	
	<i>Esox lucius</i>	2	50	10,3	10,3	2	50	10,3		10,3	
	<i>Perca fluviatilis</i>	10	40	9,93	10,4	56	68	4,5	15,59	22,93	
	<i>Pungitius pungitius</i>					1	100	2,75		2,75	
	<i>Rutilus rutilus</i>					2	100	5		5,23	
3,3',4,4',5'-Pentachlorbiphenyl (PCB 126)	<i>Anguilla anguilla</i>	1	100	2,14	2,14	1	100	2,14		2,14	
	<i>Esox lucius</i>	2	100	0,44	0,64	2	100	0,44		0,64	
	<i>Gasterosteus aculeatus</i>					1	100	1,14		1,14	
	<i>Perca fluviatilis</i>	10	100	0,32	2,26	56	70	0,33	1,69	2,46	
	<i>Pungitius pungitius</i>					1	100	0,23		0,23	
	<i>Rutilus rutilus</i>					2	50	0,36		0,36	
2,3,3',4,4',5'-Hexachlorbiphenyl (PCB 156)	<i>Anguilla anguilla</i>	1	100	56,2	56,2	1	100	56,2		56,2	
	<i>Esox lucius</i>	2	50	11,7	11,7	2	50	11,7		11,7	
	<i>Gasterosteus aculeatus</i>					1	100	35,19		35,19	
	<i>Perca fluviatilis</i>	10	30	35,7	59,6	55	78	5,36	35,7	60,73	
	<i>Pungitius pungitius</i>					1	100	2,67		2,67	
	<i>Rutilus rutilus</i>					2	100	5,4		9,93	
2,3,3',4,4',5'-Hexachlorbiphenyl (PCB 157)	<i>Anguilla anguilla</i>	1	100	82	82	1	100	82		82	
	<i>Esox lucius</i>	2	100	20,15	21,9	2	100	20,15		21,9	
	<i>Gasterosteus aculeatus</i>					1	100	7,68		7,68	
	<i>Perca fluviatilis</i>	10	100	19,2	26,9	56	80	2,45	19,5	26,9	
	<i>Pungitius pungitius</i>					1	100	0,68		0,68	
	<i>Rutilus rutilus</i>					2	100	1,43		2,72	
2,3',4,4',5,5'-Hexachlorbiphenyl (PCB 167)	<i>Anguilla anguilla</i>	1	100	164	164	1	100	164		164	
	<i>Esox lucius</i>	2	100	26,1	34,9	2	100	26,1		34,9	
	<i>Gasterosteus aculeatus</i>					1	100	31,96		31,96	
	<i>Perca fluviatilis</i>	10	100	28,25	115,6	56	91	5,86	33,4	115,6	
	<i>Pungitius pungitius</i>					1	100	13,28		13,28	
	<i>Rutilus rutilus</i>					2	100	4,69		6,69	



Tabel 3.26 fortsat

Kontrol	WHO PCB	2023				2018-2023				
Stofnavn ng/kg vådvægt	Art	Antal prøver	>DG %	Median	Maks måling	Antal prøver	>DG %	Median	90% percentil	Maks måling
3,3',4,4',5,5'-Hexachlorbiphenyl (PCB 169)	<i>Anguilla anguilla</i>	1	100	0,7	0,7	1	100	0,7		0,7
	<i>Esox lucius</i>	2	100	0,05	0,07	2	100	0,05		0,07
	<i>Gasterosteus aculeatus</i>					1	100	0,19		0,19
	<i>Perca fluviatilis</i>	10	90	0,04	0,18	56	38	0,04	0,12	0,31
2,3,3',4,4',5,5'-Heptachlorbiphenyl (PCB 189)	<i>Esox lucius</i>	2	100	48,9	71,4	2	100	48,9		71,4
	<i>Gasterosteus aculeatus</i>					1	100	6,89		6,89
	<i>Perca fluviatilis</i>	9	100	52,1	152,1	55	60	3,6	57,6	152,1
	<i>Rutilus rutilus</i>					2	100	1,2		2,3

*Anguilla anguilla*: ål; *Esox lucius*: gedde; *Gasterosteus aculeatus*: trepigget hundestejle; *Perca fluviatilis*: aborre; *Pungitus pungitus*: nipigget hundestejle; *Rutilus rutilus*: skalle.

**Tabel 3.27.** PCB'er i fisk fra søer undersøgt ved den operationelle overvågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver, procentvis fundhyppighed, hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen, medianværdi samt maksimumsværdi. For perioden 2018-2023 er 90%- percentilen vist. MKK=miljøkvalitetskrav.

Operationel		2023				2018-2023				
Stofnavn ng/kg vådvægt	Art	Antal prøver	>DG %	Median	Maks måling	Antal prøver	>DG %	Median	90% percentil	Maks måling
2,3,3',4,4'-Pentachlorbiphenyl (PCB 105)	<i>Perca fluviatilis</i>					2	100	2,19		2,62
	<i>Rutilus rutilus</i>					1	100	0,9		0,9
2,3,4,4',5-Pentachlorbiphenyl (PCB 114)	<i>Perca fluviatilis</i>	1	100	8,52	8,52	3	67	4,36		8,52
2,3',4,4',5-Pentachlorbiphenyl (PCB 118)	<i>Perca fluviatilis</i>					2	100	8,58		10
2,3',4,4',5'-Pentachlorbiphenyl (PCB 123)	<i>Perca fluviatilis</i>	1	100	9,04	9,04	3	100	0,8		9,04
	<i>Rutilus rutilus</i>					1	100	2,39		2,39
3,3',4,4',5-Pentachlorbiphenyl (PCB 126)	<i>Perca fluviatilis</i>	1	100	0,18	0,18	3	33	0,18		0,18
3,3',4,4'-Tetrachlorbiphenyl (PCB 77)	<i>Perca fluviatilis</i>	1	100	0,71	0,71	3	33	0,71		0,71
	<i>Rutilus rutilus</i>					1	100	0,14		0,14
3,4,4',5-Tetrachlorbiphenyl (PCB 81)	<i>Perca fluviatilis</i>	1	100	0,05	0,05	3	100	0,25		0,33
2,3,3',4,4',5-Hexachlorbiphenyl (PCB 156)	<i>Perca fluviatilis</i>	1	100	3,41	3,41	3	100	1,62		3,41
	<i>Rutilus rutilus</i>					1	100	0,38		0,38
2,3,3',4,4',5'-Hexachlorbiphenyl (PCB 157)	<i>Perca fluviatilis</i>	1	100	17,53	17,53	3	100	0,24		17,53
	<i>Rutilus rutilus</i>					1	100	0,06		0,06
2,3',4,4',5,5'-Hexachlorbiphenyl (PCB 167)	<i>Perca fluviatilis</i>	1	100	19,25	19,25	3	100	5,63		19,25
	<i>Rutilus rutilus</i>					1	100	3,26		3,26
3,3',4,4',5,5'-Hexachlorbiphenyl (PCB 169)	<i>Perca fluviatilis</i>	1	100	0,02	0,02	3	33	0,02		0,02
2,3,3',4,4',5,5'-Heptachlorbiphenyl (PCB 189)	<i>Perca fluviatilis</i>	1	100	28,84	28,84	3	67	14,46		28,84

*Perca fluviatilis*: aborre; *Rutilus rutilus*: skalle

## Perfluorerede stoffer

Indholdet af PFAS i fisk fanget i søer for perioden 2018-2023 er vist i tabellerne 3.28 og 3.29. I perioden 2018-2023 blev 63 søer undersøgt i kontrolovervågningen, heraf 13 i 2023. Tilsvarende blev 55 henholdsvis 13 søer undersøgt i den operationelle overvågning. Aborre blev undersøgt i størstedelen af søerne; ål, gedde, skalle og trepigget hundestejle i et fåtal af søerne (vedr. valg af arter se omtale øverst i dette afsnit). PFAS undersøges i lever, og de fleste stoffer blev fundet i alle prøver. Undtaget er PFDA, som blev fundet i 70% af aborrerne i kontrolovervågningen og i 66% i den operationelle overvågning. Tilsvarende blev PFNA fundet i henholdsvis 44% og 48% af aborrerne i de to overvågningsprogrammer. PFOSA var det mindst forekommende stof (7% og 2% i aborrerne), mens PFOA blev fundet i knap en femtedel (16-18%) af prøverne og PFUnA i næsten 2/3 (63-64%) af prøverne.

Blandt stofferne i PFAS gruppen findes der for biota kun miljøkvalitetskrav for PFOS. Dette er fastsat til 9,1 µg/kg vådvægt og gælder for muskelvæv. Resultaterne i tabel 3.28 og 3.29 stammer som nævnt fra levervæv. I henhold til Larsen og Bossi (2021) skal der anvendes en faktor på 18 ved omregning af PFOS koncentration fra levervæv til muskelvæv. Ved division af MKK for muskelvæv med 18 fås en MKK for levervæv på 5,06 µg/kg vådvægt. I kontrolovervågningen ses det umiddelbart, at mindst halvdelen af de analyserede prøver ligger over dette niveau (medianværdien er 22,7 µg/kg vådvægt). For den operationelle overvågning, er medianværdien er 4,4 µg/kg vådvægt. Hvis man ser på de enkelte søer, ligger PFOS koncentrationen i 23 af de 57 af undersøgte aborreprøver i kontrolovervågningen over miljøkvalitetskravet. I den operationelle overvågning gælder det for 22 af 50 prøver. Kun i alt otte søer (fire i hver af overvågningsprogrammerne) har koncentrationer, der ligger under miljøkvalitetskravet.

**Tabel 3.28.** PFAS i fisk fra søer undersøgt i kontrolovervågningen i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver, procentvis fundhyppighed, hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen, medianværdi samt maksimumsværdi. For perioden 2018-2023 er 90%- percentilen vist. MKK=miljøkvalitetskrav.

Kontrol		2023				2018-2023					
Stofnavn µg/kg VV vådvægt	Art	Antal prøver	>DG %	Median	Maks måling	Antal prøver	>DG %	Median	90% percentil	Maks måling	MKK
Perfluorodecansyre (PFDA)	<i>Anguilla anguilla</i>	1	100	0,48	0,48	1	100	0,48		0,48	
	<i>Esox lucius</i>	2	100	0,845	0,94	2	100	0,845		0,94	
	<i>Perca fluviatilis</i>	10	100	1,36	5,83	57	70	1,15	5,74	30,8	
	<i>Rutilus rutilus</i>					2	50	1,56		1,56	
Perfluorononansyre (PFNA)	<i>Anguilla anguilla</i>	1	100	2,98	2,98	1	100	2,98		2,98	
	<i>Esox lucius</i>	2	100	0,97	1,23	2	100	0,97		1,23	
	<i>Perca fluviatilis</i>	10	90	0,49	1,84	57	44	0,49	2,41	8,55	
	<i>Rutilus rutilus</i>					2	50	0,9		0,9	
Perfluoroktansulfonamid (PFOSA)	<i>Esox lucius</i>	2	50	0,35	0,35	2	50	0,35		0,35	
	<i>Perca fluviatilis</i>	10	10	0,17	0,17	57	7	0,185		0,92	
Perfluoroktansulfonsyre (PFOS)	<i>Anguilla anguilla</i>	1	100	6,6	6,6	1	100	6,6		6,6	
	<i>Esox lucius</i>	2	100	14,14	25,49	2	100	14,14		25,49	
	<i>Gasterosteus aculeatus</i>					1	100	0,2		0,2	9,1 <sup>1)</sup>
	<i>Perca fluviatilis</i>	10	100	22,685	450,33	57	100	5,98	45,63	450,33	
	<i>Rutilus rutilus</i>					2	100	22,925		45,05	
Perfluorooctansyre (PFOA)	<i>Anguilla anguilla</i>	1	100	10,86	10,86	1	100	10,86		10,86	
	<i>Esox lucius</i>	2	100	1,585	1,79	2	100	1,585		1,79	
	<i>Perca fluviatilis</i>	10	80	1,165	2,25	57	16	0,96		2,25	
Perfluoroundecansyre (PFUnA)	<i>Anguilla anguilla</i>	1	100	0,26	0,26	1	100	0,26		0,26	
	<i>Esox lucius</i>	2	100	1,23	1,69	2	100	1,23		1,69	
	<i>Perca fluviatilis</i>	10	100	1,26	5,81	57	63	0,76	2,17	5,81	
	<i>Rutilus rutilus</i>					2	50	0,39		0,39	

*Anguilla anguilla*: ål; *Esox lucius*: gedde; *Gasterosteus aculeatus*: trepigget hundestejle; *Perca fluviatilis*: aborre; *Rutilus rutilus*: skalle.

<sup>1)</sup>Denne værdi gælder for muskeltvæv. Ved division med 18 (se tekst) for omregning til MKK for levervæv fås værdien 5,06.

**Tabel 3.29.** PFAS i fisk fra søer undersøgt ved den operationelle overvågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver, procentvis fundhyppighed, hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen, medianværdi samt maksimumsværdi. For perioden 2018-2023 er 90%- percentilen vist. MKK=miljøkvalitetskrav.

Operationel		2023				2018-2023					
Stofnavn µg/kg VV vådvægt	Art	Antal prøver	>DG %	Median	Maks måling	Antal prøver	>DG %	Median	90% percentil	Maks måling	MKK
Perfluorodecansyre (PFDA)	<i>Esox lucius</i>					1	100	0,74		0,74	
	<i>Perca fluviatilis</i>	13	100	1,41	2,66	50	66	1,08	2,66	7,39	
	<i>Rutilus rutilus</i>					4	75	0,16		0,79	
Perfluorononansyre (PFNA)	<i>Esox lucius</i>					1	100	0,2		0,2	
	<i>Perca fluviatilis</i>	13	85	0,47	1,26	50	48	0,335	1,04	1,26	
Perfluoroktansulfonamid (PFOSA)	<i>Esox lucius</i>					1	100	0,13		0,13	
	<i>Perca fluviatilis</i>					50	2	7,22		7,22	
Perfluoroktansulfonsyre (PFOS)	<i>Esox lucius</i>					1	100	1,38		1,38	
	<i>Perca fluviatilis</i>	13	100	11,74	59,08	50	100	4,375	23,715	73,25	9,1 <sup>1)</sup>
	<i>Rutilus rutilus</i>					4	100	0,755		5,44	
Perfluoroktansyre (PFOA)	<i>Perca fluviatilis</i>	13	69	0,72	6,02	50	18	0,72	6,02	6,02	
Perfluoroundecansyre (PFUnA)	<i>Esox lucius</i>					1	100	0,75		0,75	
	<i>Perca fluviatilis</i>	13	100	1,06	4,8	50	64	0,895	2,36	4,8	
	<i>Rutilus rutilus</i>					4	100	0,145		0,44	

*Esox lucius*: gedde; *Perca fluviatilis*: aborre; *Rutilus rutilus*: skalle

<sup>1)</sup>Denne værdi gælder for muskeltvæv. Ved division med 18 (se tekst) for omregning til MKK for levervæv fås værdien 5,06.

### 3.3 Vandløb

*Christian Kjær*

Kontrolovervågningen af Miljøfarlige Forurenende Stoffer (MFS) i vandløb i NOVANA-overvågningen omfatter 25 vandløbsstationer med undersøgelse ved hver station ét år i løbet af programperioden. Hertil kommer et antal supplerende kontrolovervågningsstationer som alle er blevet etableret i 2023. Overvågningen er tilrettelagt, så der i udgangspunktet skal indsamles prøver fra fem stationer pr. år. Resten af de vandløb, der er undersøgt for MFS, indgår i den operationelle overvågning.

De årlige kontrolundersøgelser omfatter måling af vandrammedirektivets prioriterede stoffer i 12 vandprøver pr. vandløbsstation og måling af nationalt prioriterede miljøfarlige forurenende stoffer i fire årlige vandprøver. På de samme stationer indsamles en sedimentprøve. Derudover indsamles, ved hver station, fisk til kvantificering af udvalgte stoffer, som bioakkumuleres i biota.

De stoffer, hvis forekomst kvantificeres under overvågningsprogrammet for vandløb, er fordelt på 13 grupper: Metaller, polyaromatiske kulbrinter (PAH), aromatiske kulbrinter, dioxiner/furaner, WHO PCBer, organotinforbindelser, perfluorerede forbindelser (PFAS), blødgørere, phenoler, halogenerede syrer, anioniske detergenter, pesticider og farmaceutiske stoffer. De konkrete stoffer fremgår af bilag 1.

I det følgende gives en overordnet beskrivelse af indholdet af hvert af stofferne i de vandløb, der er undersøgt ifm. NOVANA-programmet for 2018-2023. Resultater for perioden 2016-2021 er tidligere beskrevet i Thodsen et al. (2023).

#### 3.3.1 Metoder

##### Fund under detektionsgrænsen

I tilfælde, hvor et stof forekommer i lavere koncentrationer end den analytiske detektionsgrænse bliver de ikke medtaget. Kun andelen af prøver med værdier over detektionsgrænsen er inddraget i beregningerne.

##### Miljøkvalitetskrav

Endnu findes der kun miljøkvalitetskrav for få miljøfarlige forurenende stoffer i vandløbssediment og biota (Miljøministeriet 2023a), mens der findes miljøkvalitetskrav for en række stoffer i vandløbsvand. Miljøkvalitetskrav for miljøfarlige forurenende stoffer i vand sammenholdes med medianværdien for vandløbsstationer indsamlet i den anførte tidsperiode (2023 hhv. 2018-2023). Ligeledes nævnes det hvis enkeltværdier er højere end maksimumkoncentrationen.

I de tilfælde hvor der er færre end 10 observationer over detektionsgrænsen vil der ikke blive angivet en 90%-percentil.

### 3.3.2 Vandfasen

Prøver fra vandfasen analyseres for følgende stofgrupper: Metaller og uorganiske sporstoffer, pesticider samt blødgørere og halogenerede syrer. Her følger en gennemgang af resultaterne. Indsamlinger på operationelle stationer har samme analysepakke som kontrol-overvågningen, desuden er der medtaget 4 farmaceutiske stoffer (trimethoprim, sulfamethiazol, sulfamethoxazol og sulfadiazin).

#### Metaller og uorganiske sporstoffer

De fleste metaller blev fundet med detektionsfrekvenser på 100%. Miljøkvalitetskravene for de fleste metaller skal vurderes i relation til aktuelle baggrundskoncentrationsniveauer for at kunne sammenholde fundkoncentrationerne med etablerede grænseværdier (Boutrup et al. 2015). Disse baggrundskoncentrationsniveauer kendes for barium, kobber, nikkel og zink (Bak & Larsen 2014). Barium blev på kontrol-overvågningsstationerne (tabel 3.30) fundet i koncentrationer, der var højere end det generelle kvalitetskrav, med en medianværdi på henholdsvis 41 µg/l (2023) og 31 µg/l (2018-2023) efter baggrundskoncentrationen er fratrukket. Der blev fundet 15 observationer hvor koncentrationen af zink er højere end maksimumkoncentrationen, og koncentrationen af kobber er ligeledes højere end maksimumkoncentrationen for 3 stationer.

For de operationelle stationer (tabel 3.31) blev der tilsvarende fundet en medianværdi for barium som er højere end det generelle kvalitetskriterie (46 mg/l) for både 2023 og for hele perioden mellem 2018 og 2023. For kobber er der i 2023 seks stationer med koncentrationer over maksimumkoncentration og 80 stationer med en koncentration over miljøkvalitetskravet. For hele perioden 2018-2023 var de tilsvarende værdier henholdsvis 16 og 207 stationer. Zink blev på de operationelle stationer fundet i værdier højere end maksimal-koncentrationen på 101 vandløbsstationer i 2023 og på 265 vandløbsstationer for hele perioden mellem 2018-2023. På de operationelle stationer var der endvidere enkeltværdier for bly, som var højere end maksimumkoncentrationen for stoffet.

**Tabel 3.30.** Metaller i vandprøver fra vandløb undersøgt ved kontrolovervågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal observationer (N), procentvis fundhyppighed (>DG, %), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale registrering i en enkelt prøve. Miljøkvalitetskravene (generelt (MKK) og maksimumkoncentrationen) er angivet. Enheden er ug/l.

<b>Periode</b>	<b>2023</b>								
<b>Stof</b>	<b>Arsen</b>	<b>Barium</b>	<b>Bly</b>	<b>Cadmium</b>	<b>Krom</b>	<b>Kobber</b>	<b>Nikkel</b>	<b>Vanadium</b>	<b>Zink</b>
N	32	32	72	72	32	32	72	32	32
>DG, %	100	100	63	72	97	100	99	97	88
MKK	4,3	19	1,2 <sup>4</sup>	0,08-0,25 <sup>5</sup>	3,4/4,9 <sup>3,2</sup>	1 <sup>1,3</sup> /4,9 <sup>6</sup>	4 <sup>3</sup>	4,1	7,8 <sup>1,3</sup> /3 <sup>1,4</sup>
Maksimal konc	43	145	14	<0,45-1,5 <sup>5</sup>	17/124 <sup>2</sup>	2/ 4,9 <sup>6</sup>	34	57,8	8,4 <sup>1</sup>
Median	0,73	56	0,053	0,00795	0,12	0,755	1	0,52	1,65
90% percentil	1,8	72	0,11	0,014	0,32	1,9	5	0,88	4,7
Maksimum værdi	3,9	87	0,19	0,022	0,43	3,4	8,3	1,2	18
<b>Periode</b>	<b>2018-2023</b>								
<b>Stof</b>	<b>Arsen</b>	<b>Barium</b>	<b>Bly</b>	<b>Cadmium</b>	<b>Krom</b>	<b>Kobber</b>	<b>Nikkel</b>	<b>Vanadium</b>	<b>Zink</b>
N	226	226	460	459	226	226	460	223	226
>DG %	100	100	67	83	92	100	99	89	92
MKK	4,3	19	1,2	0,08-0,25 <sup>5</sup>	3,4/4,9 <sup>3,2</sup>	1 <sup>1,3</sup> /4,9 <sup>6</sup>	4 <sup>3</sup>	4,1	7,8 <sup>1,3</sup> /3 <sup>1,4</sup>
Maksimal konc	43	145	14	<0,45-1,5 <sup>5</sup>	17/124 <sup>2</sup>	2/ 4,9 <sup>6</sup>	34	57,8	8,4 <sup>1</sup>
Median	0,82	46	0,05	0,0095	0,12	0,87	1,2	0,46	1,95
90% percentil	1,9	79	0,13	0,025	0,28	1,9	3,9	0,76	8,2
Maksimum værdi	5,7	110	0,89	0,18	0,72	5	24	1,3	110

1: Kvalitetskravet er denne koncentration tilføjet den naturlige baggrundskoncentration (barium 15, kobber 0,66, nikkel ,82, vanadium 0,11 og zink 1,5)

2: Kvalitetskrav for CrVI/CrIII

3: Kvalitetskravet gælder for den biotilgængelige koncentration, men ikke i kombination med 1)

4: Kvalitetskravet gælder for blødt vand

5: Afhænger af vandets hårdhedsgrad

6: Øvre koncentration uafhængig af naturlig baggrundskoncentration



**Tabel 3.31.** Metaller i vandprøver fra vandløb undersøgt ved den operationelle overvågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal observationer (N), procentvis fundhyppighed (>DG, %), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale registrering i en enkelt prøve. Miljøkvalitetskravene (generelt (MKK) og maksimumkoncentrationen) er angivet. Enheden er ug/l.

Periode	2023								
Stof	Arsen	Barium	Bly	Cadmium	Krom	Kobber	Nikkel	Vanadium	Zink
N	1785	1785	2761	2761	1785	1798	2761	1653	1785
>DG, %	100	100	66	83	86	99	100	87	88
MKK	4,3	19	1,2 <sup>3</sup>	0,08-0,25 <sup>5</sup>	3,4/4,9 <sup>3,2</sup>	1 <sup>1,3</sup> /4,9 <sup>6</sup>	4 <sup>3</sup>	4,1 <sup>1</sup>	7,8 <sup>1,3</sup> /3,1 <sup>4</sup>
Maksimal konc	43	145	14	<0,45-1,5 <sup>5</sup>	17/124 <sup>2</sup>	2/ 4,9 <sup>6</sup>	34	57,8	8,4 <sup>1</sup>
Median	0,85	46	0,065	0,014	0,17	1	1,5	0,5	2,2
90% percentil	1,7	76	0,17	0,053	0,44	2,2	3,8	1,1	8,1
Maksimum værdi	6,9	140	6,2	0,24	2,4	15	31	4,6	150
Periode	2018-2023								
Stof	Arsen	Barium	Bly	Cadmium	Krom	Kobber	Nikkel	Vanadium	Zink
N	5499	5499	7564	7564	5498	5534	7563	4960	5499
>DG %	100	100	54	84	86	99	99	82	86
MKK	4,3	19	1,2	0,08-0,25 <sup>5</sup>	3,4/4,9 <sup>3,2</sup>	1 <sup>1,3</sup> /4,9 <sup>6</sup>	4 <sup>3</sup>	4,1	7,8 <sup>1,3</sup> /3,1 <sup>4</sup>
Maksimal konc	43	145	14	<0,45-1,5 <sup>5</sup>	17/124 <sup>2</sup>	2/ 4,9 <sup>6</sup>	34	57,8	8,4 <sup>1</sup>
Median	0,82	46	0,057	0,011	0,14	0,84	1,3	0,47	1,8
90% percentil	1,7	79	0,16	0,041	0,37	2	3,5	1,1	6,9
Maksimum værdi	6,9	160	15	0,32	110	37	61	4,6	160

1: Kvalitetskravet er denne koncentration tilføjet den naturlige baggrundskoncentration (barium 15, kobber 0,66, nikkel 0,82, vanadium 0,11 og zink 1,5)

2: Kvalitetskrav for CrVI/CrIII

3: Kvalitetskravet gælder for den biotilgængelige koncentration, men ikke i kombination med 1)

4: Kvalitetskravet gælder for blødt vand

5: Afhænger af vandets hårdhedsgrad

6: Øvre koncentration uafhængig af naturlig baggrundskoncentration

## Pesticider

Overvågningen af pesticider i vandløbsvand omfatter en række herbicider og to nedbrydningsprodukter af glyphosat samt to svampemidler. De konkrete stoffer fremgår af bilag 1.

De hyppigst fundne stoffer er glyphosat og et af dets nedbrydningsprodukter: AMPA (Aminimethylphosphorsyre) samt herbicidet MCPA. Tilsvarende er de højeste gennemsnitskoncentrationer af enkeltstoffer fundet for AMPA og MCPA (tabel 3.32). I det omfang, der er fastsat miljøkvalitetskrav for enkeltstoffer, er der ikke fundet koncentrationer over kvalitetskravene på hverken kontrolovervågningsstationer eller de operationelle NOVANA-stationer (Tabel 3.32 og 3.33).

Internationale undersøgelser har vist, at maksimumkoncentrationerne af pesticider, især de stærkt lipofile stoffer, typisk forekommer ifm. kraftige nedbørshændelser, hvor koncentrationsniveauet øges betragteligt (en faktor 10-100) sammenlignet med koncentrationer under basisvandføring (f.eks. Bundschuh et al. 2014; Rasmussen et al. 2015). Da vandprøverne i forbindelse med overvågningen er indsamlet uafhængigt af klima og nedbør, må det forventes, at de fundne gennemsnit kan være underestimerede også fordi nogle af stofferne kun indsamles som 4 årlige prøver. Herved er der stor sandsynlighed for at der ikke vil være sammenfald med de nævnte nedbørshændelser.

**Tabel 3.32.** Pesticider i vandprøver fra vandløb undersøgt ved kontrolovervågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal observationer (N), procentvis fundhyppighed (>DG, %), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale registrering i en enkelt prøve. Miljøkvalitetskravene (generelt (MKK) og maksimumkoncentrationen er angivet. Enheden er ug/l.

Periode	2023									
Stof	2,6-Dichlor-benzamid	Aminomethyl-phosphorsyre	Azoxystrobin	Bentazon	Carbendazim	Dinitro-o-cre-sol	Glyphosat	MCPA	Mechlorprop	Prosulfo-carb
N	32	32	28	32	27	32	32	32	32	32
>DG, %	3	84	0	6	0	3	53	13	0	19
MKK	78	Ingen	Ingen	45	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen	18	Ingen
Maksimal konc	780	Ingen	Ingen	450	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen	187	Ingen
Median	0,013	0,051	—	0,012	—	0,047	0,064	0,025	—	—
90% percentil	—	0,240	—	—	—	—	0,290	—	—	—
Maksimum værdi	0,013	0,260	—	0,012	—	0,047	0,300	0,044	—	—
Periode	2018-2023									
Stof	2,6-Dichlor-benzamid	Aminomethyl-phosphorsyre	Azoxystrobin	Bentazon	Carbendazim	Dinitro-o-cre-sol	Glyphosat	MCPA	Mechlorprop	Prosulfo-carb
N	183	182	93	183	92	183	182	183	183	183
>DG %	14	84	1	7	0	10	69	27	4	10
MKK	78	Ingen	Ingen	45	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen	18	Ingen
Maksimal konc	780	Ingen	Ingen	450	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen	187	Ingen
Median	0,014	0,085	0,014	0,019	—	0,019	0,075	0,029	0,019	0,0215
90% percentil	0,024	0,43	—	0,81	—	0,064	0,35	0,1	—	0,089
Maksimum værdi	0,033	1,6	0,014	1,3	—	0,077	13	0,85	0,054	0,12

**Tabel 3.33.** Pesticider i vandprøver fra vandløb undersøgt ved den operationelle overvågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal observationer (N), procentvis fundhyppighed (>DG, %), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale registrering i en enkelt prøve. Miljøkvalitetskravene (generelt (MKK) og maksimumkoncentrationen er angivet. Enheden er ug/l.

<b>Periode</b>	<b>2023</b>									
<b>Stof</b>	<b>2,6-Dichlorbenzamid<sup>1</sup></b>	<b>Aminomethyl-phosphorsyre<sup>2</sup></b>	<b>Azoxystrobin</b>	<b>Bentazon</b>	<b>Carbendazim</b>	<b>Dinitro-o-cresol<sup>3</sup></b>	<b>Glyphosat</b>	<b>MCPA</b>	<b>Mechlorprop</b>	<b>Prosulfo-carb</b>
N	1707	1708	1709	1707	1708	1654	1707	1707	1707	1707
>DG, %	14	79	1	12	1	4	66	20	2	13
MKK	78	77	Ingen	45	Ingen	100	Ingen	Ingen	18	Ingen
Maksimal konc	780	140	Ingen	450	Ingen	1000	Ingen	Ingen	187	Ingen
Median	0,016	0,0535	0,0375	0,016	0,012	0,016	0,040	0,030	0,0275	0,0295
90% percentil	0,034	0,250	0,250	0,035	0,015	0,026	0,230	0,230	0,095	0,140
Maksimum værdi	0,130	78	0,25	32	0,047	0,033	4,5	25	0,83	0,75
<b>Periode</b>	<b>2018-2023</b>									
<b>Stof</b>	<b>2,6-Dichlorbenzamid</b>	<b>Aminomethyl-phosphorsyre</b>	<b>Azoxystrobin</b>	<b>Bentazon</b>	<b>Carbendazim</b>	<b>Dinitro-o-cresol</b>	<b>Glyphosat</b>	<b>MCPA</b>	<b>Mechlorprop</b>	<b>Prosulfo-carb</b>
N	4560	4561	4276	4560	4275	4156	4559	4560	4560	4560
>DG %	18	83	1	11	1	4	69	22	3	8
MKK	78	77	Ingen	45	Ingen	100	Ingen	Ingen	18	Ingen
Maksimal konc	780	140	Ingen	450	Ingen	1000	Ingen	Ingen	187	Ingen
Median	0,016	0,056	0,034	0,015	0,013	0,016	0,043	0,030	0,022	0,028
90% percentil	0,034	0,350	0,160	0,039	0,031	0,041	0,270	0,230	0,079	0,140
Maksimum værdi	0,2	78	1,3	32	0,047	0,18	9,5	25	0,93	6,3

<sup>1</sup>2,6-Dichlorbenzamid er det samme som BAM, <sup>2</sup> Aminomethyl-phosphorsyre er det samme som AMPA og <sup>3</sup> Dinitro-o-cresol er det samme som DNOC

### **Blødgørere**

I det omfang, der er fastsat miljøkvalitetskrav for enkeltstoffer, er der ikke fundet koncentrationer over kvalitetskravene på NOVANA-stationerne. Der blev fundet meget få prøver med en koncentration af blødgørere større end detektionsgrænsen for det enkelte stof (tabel 3.34 og 3.35) og i de tilfælde var det med en lav koncentration. Det gælder både på kontrolovervågningsstationerne og på de operationelle stationer.

**Tabel 3.34.** Blødgørere i vandprøver fra vandløb undersøgt ved kontrolovervågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal observationer (N), procentvis fundhyppighed (>DG, %), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale registrering i en enkelt prøve. Miljøkvalitetstestkravene (generelt (MKK) og maksimumkoncentrationen er angivet. Enheden er ug/l

<b>Periode</b>	<b>2023</b>					
<b>Stof</b>	<b>Butylbenzylphthalat</b>	<b>Di(2-ethylhexyl)adipat</b>	<b>Di(2-ethylhexyl)phthalat</b>	<b>Dibutylphthalat</b>	<b>Diisononylphthalat</b>	<b>Di-n-octylphthalat</b>
N	21	21	60	21	21	21
>DG, %	0	5	3	0	10	0
MKK	7,5	0,7	1,3	2,3	Ingen	Ingen
Maksimal konc	15	6,6	Anvendes ikke	35	Ingen	Ingen
Median	—	0,099	0,335	—	5,5	—
90% percentil	—	—	—	—	—	—
Maksimum værdi	—	0,099	0,53	—	11	—
<b>Periode</b>	<b>2018-2023</b>					
<b>Stof</b>	<b>Butylbenzylphthalat</b>	<b>Di(2-ethylhexyl)adipat</b>	<b>Di(2-ethylhexyl)phthalat</b>	<b>Dibutylphthalat</b>	<b>Diisononylphthalat</b>	<b>Di-n-octylphthalat</b>
N	119	119	348	119	119	119
>DG %	2	1	4	3	16	0
MKK	7,5	0,7	1,3	2,3	Ingen	Ingen
Maksimal konc	15	6,6	Anvendes ikke	35	Ingen	Ingen
Median	0,19	0,099	0,145	0,2	0,29	—
90% percentil	—	—	0,53	—	11	—
Maksimum værdi	0,22	0,099	0,56	0,33	11	—

**Tabel 3.35.** Blødgørere i vandprøver fra vandløb undersøgt ved den operationelle overvågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal observationer (N), procentvis fundhyppighed (>DG, %), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale registrering i en enkelt prøve. Målkvalitetstkravene (generelt (MKK) og maksimumkoncentrationen er angivet. Enheden er ug/l

<b>Periode</b>	<b>2023</b>					
<b>Stof</b>	<b>Butylbenzylphthalat</b>	<b>Di(2-ethylhexyl)adipat</b>	<b>Di(2-ethylhexyl)phthalat</b>	<b>Dibutylphthalat</b>	<b>Diisononylphthalat</b>	<b>Di-n-octylphthalat</b>
N	398	398	1179	398	398	398
>DG, %	0	1	5	16	4	0
MKK	7,5	0,7	1,3	2,3	Ingen	Ingen
Maksimal konc	15	6,6	Anvendes ikke	35	Ingen	Ingen
Median	—	0,12	0,15	0,16	0,20	—
90% percentil	—	—	0,46	0,3	1,2	—
Maksimum værdi	—	0,24	1,5	2,5	6,3	—
<b>Periode</b>	<b>2018-2023</b>					
<b>Stof</b>	<b>Butylbenzylphthalat</b>	<b>Di(2-ethylhexyl)adipat</b>	<b>Di(2-ethylhexyl)phthalat</b>	<b>Dibutylphthalat</b>	<b>Diisononylphthalat</b>	<b>Di-n-octylphthalat</b>
N	798	798	2277	798	798	798
>DG %	0	1	5	9	10	0
MKK	7,5	0,7	1,3	2,3	Ingen	Ingen
Maksimal konc	15	6,6	Anvendes ikke	35	Ingen	Ingen
Median	—	0,12	0,15	0,16	0,20	—
90% percentil	—	—	0,46	0,30	1,2	—
Maksimum værdi	—	0,24	1,5	2,5	6,3	—

## Halogenerede syrer

Halogenerede syrer, der overvåges i kontrol- og i den operationelle overvågning i vandløb, omfatter stofferne trichloreddikesyre (TCA) og trifluoreddikesyre (TFA) (tabel 3.36 og 3.37).

**Tabel 3.36.** Forekomst af halogenerede syrer i vandprøver fra vandløb undersøgt ved kontrolovervågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal observationer (N), procentvis fundhyppighed (>DG, %), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale registrering i en enkelt prøve. Miljøkvalitetetskravene (generelt (MKK) og maksimumkoncentrationen er angivet. Enheden er ug/l.

<b>Periode</b>	<b>2023</b>	
<b>Stof</b>	<b>Trichloreddikesyre (TCA)</b>	<b>Trifluoreddikesyre (TFA)</b>
N	21	27
>DG, %	52	100
MKK	Ingen	Ingen
Maksimal konc	Ingen	Ingen
Median	0,03	0,6
90% percentil	0,1	2,1
Maksimum værdi	0,11	3,2
<b>Periode</b>	<b>2018-2023</b>	
<b>Stof</b>	<b>Trichloreddikesyre (TCA)</b>	<b>Trifluoreddikesyre (TFA)</b>
N	135	93
>DG %	21	93
MKK	Ingen	Ingen
Maksimal konc	Ingen	Ingen
Median	0,03	0,6
90% percentil	0,12	1,3
Maksimum værdi	0,33	3,2



**Tablet 3.37.** Forekomst af halogenerede syrer i vandprøver fra vandløb undersøgt i den operationelle overvågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal observationer (N), procentvis fundhyppighed (>DG, %), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale registrering i en enkelt prøve. Miljøkvali-tetskravene (generelt (MKK) og maksimumkoncentrationen er angivet. Enheden er ug/l..

<b>Periode</b>	<b>2023</b>	
<b>Stof</b>	<b>Trichloreddikesyre (TCA)</b>	<b>Trifluoreddikesyre (TFA)</b>
N	322	1708
>DG, %	3	97
MKK	Ingen	Ingen
Maksimal konc	Ingen	Ingen
Median	0,126	0,68
90% percentil	—	1,5
Maksimum værdi	1,3	4
<b>Periode</b>	<b>2018-2023</b>	
<b>Stof</b>	<b>Trichloreddikesyre (TCA)</b>	<b>Trifluoreddikesyre (TFA)</b>
N	945	4282
>DG %	6	95
MKK	Ingen	Ingen
Maksimal konc	Ingen	Ingen
Median	0,03	0,62
90% percentil	0,23	1,4
Maksimum værdi	1,3	6,1

## Phenoler

Gruppen af phenoler er i overvågningen af vandløbsvand begrænset til bisphenol A. Der blev fundet meget få prøver med en koncentration af bisphenol A større end detektionsgrænsen og i de tilfælde var det med en lav koncentration (Tabel 3.38 og 3.39). Der blev ikke fundet koncentrationer af bisphenol A, der er højere end det fastsatte miljøkvalitetskrav.

**Tabel 3.38.** Forekomst af phenoler i vandprøver fra vandløb undersøgt ved kontrolovervågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal observationer (N), procentvis fundhyppighed (>DG, %), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale registrering i en enkelt prøve. Miljøkvalitetskravene (generelt (MKK) og maksimumkoncentrationen er angivet. Enheden er ug/l.

Periode	2023
<b>Stof</b>	<b>Bisphenol A</b>
N	21
>DG, %	5
MKK	0,1
Maksimal konc	10
Median	0,03
90% percentil	—
Maksimum værdi	0,11
Periode	2018-2023
<b>Stof</b>	<b>Bisphenol A</b>
N	81
>DG %	5
MKK	0,1
Maksimal konc	10
Median	0,03
90% percentil	—
Maksimum værdi	0,09

**Tabel 3.39.** Forekomst af phenoler i vandprøver fra vandløb undersøgt i den operationelle overvågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal observationer (N), procentvis fundhyppighed (>DG, %), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale registrering i en enkelt prøve. Miljøkvalitetskravene (generelt (MKK) og maksimumkoncentrationen er angivet. Enheden er ug/l.

Periode	2023
Stof	Bisphenol A
N	424
>DG, %	7
MKK	0,1
Maksimal konc	10
Median	0,019
90% percentil	0,32
Maksimum værdi	0,86
Periode	2018-2023
Stof	Bisphenol A
N	881
>DG %	6
MKK	0,1
Maksimal konc	10
Median	0,02
90% percentil	0,05
Maksimum værdi	0,86

### Farmaceutiske stoffer

På en delmængde af stationerne i den operationelle overvågning er der blevet undersøgt for forekomst og koncentration af følgende fire farmaceutiske stoffer: Trimethoprim, sulfamethiazol, sulfamethoxazol og sulfadiazin. I det omfang, der er fastsat miljøkvalitetskrav for de enkelte stoffer, er der ikke fundet koncentrationer højere end kvalitetskravene på de operationelle NOVANA-stationer. Der blev fundet meget få prøver med en koncentration af disse fire stoffer større end detektionsgrænsen for det enkelte stof (Tabel 3.40) og i de tilfælde var det med en lav koncentration.

**Tabel 3.40.** Farmaceutiske stoffer i vandprøver fra vandløb undersøgt i den operationelle overvågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal observationer (N), procentvis fundhyppighed (>DG, %), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale registrering i en enkelt prøve. Miljøkvalitetskravene (generelt (MKK) og maksimumkoncentrationen er angivet. Enheden er ug/l

Periode	2023			
Stof	Sulfadiazin	Sulfamethiazol	Sulfamethoxazol	Trimethoprim
N	107	79	80	132
>DG, %	2	5	0	0
MKK	4,6	Ingen	Ingen	100
Maksimal konc	14	Ingen	Ingen	160
Median	0,012	0,020	—	—
90% percentil	—	—	—	—
Maksimum værdi	0,015	0,037	—	—
Periode	2018-2023			
Stof	Sulfadiazin	Sulfamethiazol	Sulfamethoxazol	Trimethoprim
N	662	476	479	772
>DG %	1	19	4	3
MKK	4,6 ug/l	Ingen	Ingen	100
Maksimal konc	14	Ingen	Ingen	160
Median	0,016	0,049	0,02	0,021
90% percentil	—	0,37	0,043	0,1
Maksimum værdi	0,98	1,1	0,072	0,24

### 3.3. 3 Sediment

Prøver fra sedimentet på overvågningsstationer i vandløb analyseres for forekomsten af følgende stofgrupper: Polyaromatisk kulbrinter (PAH), aromatiske kulbrinter, phenoler og organotin forbindelser. Her følger en gennemgang af resultaterne.

#### Polyaromatiske kulbrinter (PAH)

Der ses, for data fra hele perioden mellem 2018 og 2023, at der er en stor spredning i koncentrationsniveauerne for størstedelen af de polyaromatiske kulbrinter. Spredningen spænder op til flere størrelsesordener mellem vandløbsstationer (tabel 3.41 og 3.42). Der er kun miljøkvalitetskrav for enkelte PAH i sediment (antracen). Der blev fundet antracen på 22% af stationerne med koncentrationer højere end kvalitetskravet på kontrolovervågningsstationerne mens der på de operationelle stationer var 24% af stationerne der havde antracen koncentrationer højere end miljøkvalitetskravet.

**Tablet 3.41.** Polyaromatiske kulbrinter (PAH) i sedimentprøver fra vandløb undersøgt ved kontrolovervågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal observationer (N), procentvis fundhyppighed (>DG, %), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale registrering i en enkelt prøve. Miljøkvalitetskravene (generelt MKK) er angivet. Enheden er ug/kg TS.

Stof	2023					2018-2023					
	N	>DG, %	Median	90%-per- centil	Maksimum	N	>DG, %	Median	90%-percen- til	Maksimum	MKK
1-Methylpyren	5	100	6,2	—	14	31	80	4,6	22	32	Ingen
2-Methylphenanthren	5	100	8,1	—	18	31	94	5,8	21	43	Ingen
2-Methylpyren	5	40	16	—	19	31	23	19	—	45	Ingen
Acenaphthen	5	0	—	—	—	31	45	7,45	36	46	Ingen
Acenaphthylen	5	100	18	—	44	31	94	10	60	76	Ingen
Antracen	5	100	21	—	36	31	90	11	54	63	480 ug/kg TS x F <sub>OC</sub> <sup>1</sup>
Benzo(a)anthracen	5	100	53	—	79	31	100	33	86	300	Ingen
Benzo(a)fluoren	5	100	15	—	25	31	94	8,2	44	81	Ingen
Benzo(a)pyren	5	100	52	—	110	31	97	34,5	125	490	Ingen
Benzo(ghi)perylen	5	100	55	—	190	31	100	35	170	360	Ingen
Benzo(b+j+k)fluranthen	5	100	110	—	270	31	100	79	270	740	Ingen
Benzo(e)pyren	5	100	41	—	120	31	100	32	120	340	Ingen
Chrysen/triphenylen	5	100	62	—	160	31	100	44	150	320	Ingen
Dibenzo(a,h)anthracen	5	0	—	—	—	31	71	7,65	50	72	Ingen
Dibenzothiophen	5	0	—	—	—	31	52	3,2	13	20	Ingen
2,6-dimethylphenanthren	5	0	—	—	—	31	3	4,5	—	4,5	Ingen
Fluoranthren	5	100	90	—	180	31	100	69	180	530	Ingen
Fluoren	5	100	5,1	—	11	31	77	3,95	11	14	Ingen
Indeno(1,2,3-cd)pyren	5	100	41	—	120	31	100	29	120	260	Ingen
Perylen	5	100	31	—	220	31	100	58	220	1100	Ingen
Phenanthren	5	100	35	—	79	31	97	32,5	94,5	190	Ingen
Pyren	5	100	80	—	190	31	100	66	190	470	Ingen

<sup>1</sup> F<sub>OC</sub> er fraktionen af organisk stof i sedimentet.

**Tabel 3.42.** Polyaromatiske kulbrinter (PAH) sedimentprøver fra vandløb undersøgt ved den operationelle overvågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal observationer (N), procentvis fundhyppighed (>DG, %), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale registrering i en enkelt prøve. Miljøkvalitetskravene (generelt MKK) er angivet. Enheden er ug/kg TS.

Stof	2023					2018-2023					
	N	>DG, %	Median	90%-per- centil	Maksimum	N	>DG, %	Median	90%-percen- til	Maksimum	MKK
1-Methylpyren	40	65	6,25	19	49	266	67	6,2	21	65	Ingen
2-Methylphenanthren	40	72,5	9,3	34	51	266	74	7,05	24	120	Ingen
2-Methylpyren	40	20	30,5	76	76	266	25	20	59	100	Ingen
Acenaphthen	40	7,5	5,8	—	13	266	24	4,8	33	100	Ingen
Acenaphthylen	40	90	15	42	100	266	88	12	48	230	Ingen
Antracen	40	87,5	15	54	80	266	78	15	54	280	480 ug/kg TS x f <sub>oc</sub> <sup>1</sup>
Benzo(a)anthracen	40	85	46	190	270	266	95	34	140	960	Ingen
Benzo(a)fluoren	40	92,5	12	44	100	266	90	9,4	40	210	Ingen
Benzo(a)pyren	40	97,5	53	180	320	265	97	44	170	740	Ingen
Benzo(ghi)perylene	40	97,5	51	150	380	265	98	44	160	550	Ingen
Benzo(b+j+k)fluranthen	40	100	105	370	680	265	100	93	330	1100	Ingen
Benzo(e)pyren	40	100	42,5	135	290	265	100	38	140	430	Ingen
Chrysen/triphenylen	40	95	63	320	400	266	98	53	190	680	Ingen
Dibenzo(a,h)anthracen	40	7,5	22	—	75	265	65	11	41	120	Ingen
Dibenzothiophen	40	7,5	4,1	—	6,2	266	35	2,9	8,5	41	Ingen
2,6-dimethylphenanthren	40	0	—	—	—	266	2	2,55	—	17	Ingen
Fluoranthren	40	95	98,5	320	540	266	99	74	290	1200	Ingen
Fluoren	40	80	6	11	38	266	70	4,55	12	85	Ingen
Indeno(1,2,3-cd)pyren	40	95	41	140	240	265	97	36,5	140	460	Ingen
Perylen	40	95	59	180	370	265	98	57	240	9000	Ingen
Phenanthren	40	97,5	36	110	180	266	99	26	96	570	Ingen
Pyren	40	97,5	91	270	590	266	98	67	270	1100	Ingen

<sup>1</sup> F<sub>oc</sub> er fraktionen af organisk stof i sedimentet.

### Aromatiske kulbrinter.

Aromatiske kulbrinter er i denne sammenhæng begrænset til den del af de aromatiske kulbrinter med to benzenringe. De omtalte aromatiske kulbrinter har i højere grad tendens til at blive bundet til partikler end til at være opløst i vand.

Aromatiske kulbrinter blev fundet i vandløbssedimenter (tabel 3.43 og 3.44). Forskellen mellem laveste og højeste koncentration varierede meget mellem de enkelte stoffer. På kontrolovervågningsstationerne blev der fundet koncentrationer højere end det generelle miljøkvalitetskrav for 28% af prøverne for naphthalen og 67% af prøverne for de methylerede naphthalener. Der skal gøres opmærksom på at det er meget få stationer, hvor der var prøver med koncentrationer over detektionsgrænsen. På de operationelle stationer var de tilsvarende værdier henholdsvis 0% for naphthalen og 37% for de methylerede naphthalener.

**Tabel 3.43.** Aromatiske kulbrinter i sedimentprøver fra vandløb undersøgt ved kontrolovervågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal observationer (N), procentvis fundhyppighed (>DG, %), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale registrering i en enkelt prøve. Miljøkvalitetskravene (generelt MKK) er angivet. Miljøkvalitetskravene (generelt) (MKK) er angivet. Enheden er ug/kg TS.

Periode	2023				
Stof	1-Methyl-naphthalen	2-Methyl-naphthalen	Dimethyl-naphthalener	Naphthalen	Trimethyl-naphthalener
N	5	5	5	5	5
>DG, %	20	0	100	80	60
MKK	0,478 x foc <sup>1,2</sup>	0,478 x foc <sup>1,2</sup>	0,478 x foc <sup>1,2</sup>	2,76 x foc <sup>2</sup>	0,478 x foc <sup>1,2</sup>
Median	6,3	—	41	—	17
90% percentil	—	—	—	—	—
Maksimum værdi	6,3	—	180	—	21
Periode	2018-2023				
Stof	1-Methyl-naphthalen	2-Methyl-naphthalen	Dimethyl-naphthalener	Naphthalen	Trimethyl-naphthalener
N	31	31	31	31	31
>DG %	55	45	100	80	29
MKK	0,478 x foc <sup>1,2</sup>	0,478 x foc <sup>1,2</sup>	0,478 x foc <sup>1,2</sup>	2,76 x foc <sup>2</sup>	0,478 x foc <sup>1,2</sup>
Median	2,6	4,45	38	7,9	17
90% percentil	11	20	180	37	—
Maksimum værdi	15	25	750	54	57

<sup>1</sup> Sum af methylnaphthalener, herunder 1-methylnaphthalen, 2-methylnaphthalen, dimethylnaphthalen og trimethylnaphthalen.

<sup>2</sup> F<sub>OC</sub> er fraktionen af organisk stof i sedimentet.

**Tabel 3.44.** Aromatiske kulbrinter i sedimentet fra vandløb undersøgt i den operationelle overvågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal observationer (N), procentvis fundhyppighed (>DG, %), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale registrering i en enkelt prøve. Miljøkvalitetskravene (generelt MKK) er angivet. Miljøkvalitetskravene (generelt) (MKK) er angivet. Enheden er ug/kg TS.

Periode		2023			
Stof	1-Methyl-naphthalen	2-Methyl-naphthalen	Dimethyl-naphthalener	Naphthalen	Trimethyl-naphthalener
N	28	28	28	28	28
>DG, %	11	0	94	89	25
MKK	0,478 x foc <sup>1,2</sup>	0,478 x foc <sup>1,2</sup>	0,478 x foc <sup>1,2</sup>	2,76 x foc <sup>2</sup>	0,478 x foc <sup>1,2</sup>
Median	8,4	—	27,5	0,01	18
90% percentil	—	—	77	0,036	—
Maksimum værdi	17	—	170	0,066	64
Periode		2018-2023			
Stof	1-Methyl-naphthalen	2-Methyl-naphthalen	Dimethyl-naphthalener	Naphthalen	Trimethyl-naphthalener
N	205	205	205	205	205
>DG %	31	35	92	76	30
MKK	0,478 x foc <sup>1,2</sup>	0,478 x foc <sup>1,2</sup>	0,478 x foc <sup>1,2</sup>	2,76 x foc <sup>2</sup>	0,478 x foc <sup>1,2</sup>
Median	3	3,6	36	0,014	18
90% percentil	11	11	150	13	43
Maksimum værdi	130	230	570	150	100

<sup>1</sup> Sum af methylnaphthalener, herunder 1-methylnaphthalen, 2-methylnaphthalen, dimethylnaphthalen og trimethylnaphthalen.

<sup>2</sup> F<sub>oc</sub> er fraktionen af organisk stof i sedimentet.

## Phenoler

Gruppen af phenoler er i denne sammenhæng begrænset til phenol, alkylphenoler og bisphenol A. Der blev fundet meget få prøver med en koncentration af de omtalte phenoler som var større end detektionsgrænsen for det enkelte stof og i de tilfælde var det med en lav koncentration (Tabel 3.45 og 3.46). Der er ikke observationer med en værdi højere end miljøkvalitetskravet for de phenoler, der blev påvist.



**Tabel 3.45.** Phenoler i sedimentprøver fra vandløb undersøgt ved kontrolovervågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal observationer (N), procentvis fundhyppighed (>DG, %), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale registrering i en enkelt prøve. Miljøkvalitetskravene (generelt MKK) er angivet. Miljøkvalitetskravene (generelt) (MKK) er angivet. Enheden er ug/kg TS.

Periode		2023					
Stof	4-n-octyl-phenol	4-Nonylphenol	4-tert-octylphenol	Bisphenol A	Nonylphenol-diethoxylater	Nonylphenoler	Nonylphenol-monoethoxylater
N	5	5	5	5	5	5	5
>DG, %	0	0	20	20	0	40	0
MKK	39,3*Foc <sup>1</sup>	25*Foc <sup>1</sup>	39,3*Foc <sup>1</sup>	Ingen	Ingen	25*Foc <sup>1</sup>	Ingen
Median	—	—	0,0017	44	—	0,11	—
90% percentil	—	—	—	—	—	—	—
Maksimum værdi	—	—	0,0017	44	—	0,11	—
Periode		2018-2023					
Stof	4-n-octyl-phenol	4-Nonylphenol	4-tert-octylphenol	Bisphenol A	Nonylphenol-diethoxylater	Nonylphenoler	Nonylphenol-monoethoxylater
N	31	31	31	19	29	31	29
>DG %	0	3	16	5	0	10	0
MKK	39,3*Foc <sup>1</sup>	25*Foc <sup>1</sup>	39,3*Foc <sup>1</sup>	Ingen	Ingen	25*Foc <sup>1</sup>	Ingen
Median	—	0,81	1,5	44	—	0,11	—
90% percentil	—	—	—	—	—	—	—
Maksimum værdi	—	0,81	7,4	44	—	140	—

<sup>1</sup> Foc er er fraktion af organisk stof i sedimentet

**Table 3.46.** Phenols in sediment from water flow investigated by operational monitoring in the period 2018-2023. The table presents number of observations (N), percentage of exceedance (>DG, %), median value, 90%-percentile and the maximum registration in a single sample. Environmental quality requirements (generally MKK) are given. The unit is µg/kg TS.

<b>Periode</b>		<b>2023</b>					
<b>Stof</b>	<b>4-n-octylphenol</b>	<b>4-Nonylphenol</b>	<b>4-tert-octylphenol</b>	<b>Bisphenol A</b>	<b>Nonylphenol-diethoxylater</b>	<b>Nonylphenoler</b>	<b>Nonylphenol-monoethoxylater</b>
N	33	33	33	32	1	33	1
>DG, %	0	3	18	0	0	0	0
MKK	39,3*foc <sup>1</sup>	25*foc <sup>1</sup>	39,3*foc <sup>1</sup>	Ingen	Ingen	25*foc <sup>1</sup>	Ingen
Median	—	0,53	0,9	—	—	—	—
90% percentil	—	—	—	—	—	—	—
Maksimum værdi	—	0,53	3,8	—	—	—	—
<b>Periode</b>		<b>2018-2023</b>					
<b>Stof</b>	<b>4-n-octylphenol</b>	<b>4-Nonylphenol</b>	<b>4-tert-octylphenol</b>	<b>Bisphenol A</b>	<b>Nonylphenol-diethoxylater</b>	<b>Nonylphenoler</b>	<b>Nonylphenol-monoethoxylater</b>
N	243	243	243	137	80	243	80
>DG %	0	2	11	4	0	3	4
MKK	39,3*Foc <sup>1</sup>	25* Foc <sup>1</sup>	39,3* Foc <sup>1</sup>	Ingen	Ingen	25* Foc <sup>1</sup>	Ingen
Median	—	3	0,003	41	—	0,53	17
90% percentil	—	—	7,4	—	—	—	—
Maksimum værdi	—	34	23	130	—	320	18

<sup>1</sup> Foc er fraktion af organisk stof i sedimentet

## Organotinforbindelser

Der blev i 2023 fundet ganske få prøver med koncentrationer af tributyltin, triphenyltin, dibutyltin eller monobutyltin over detektionsgrænsen i sedimentet på kontrolovervågningsstationerne. Monobutyltin var den organotinforbindelse som oftest blev fundet i vandløbssedimenter både på kontrol- og operationelle stationer (tabel 3.47 og 3.48).

**Tabel 3.47.** Organotinforbindelser i sedimentet fra vandløb undersøgt ved kontrol-overvågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal observationer (N), procentvis fundhyppighed (>DG, %), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale registrering i en enkelt prøve. Miljøkvalitetskravene (generelt MKK) er angivet. Enheden er ug/kg TS.

<b>Periode</b>	<b>2023</b>			
<b>Stof</b>	<b>Dibutyltin</b>	<b>Monobutyltin</b>	<b>Tributyltin</b>	<b>Triphenyltin</b>
N	5	5	5	5
>DG, %	20	80	20	0
MKK	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen
Median	7,7	4,85	1,4	—
90% percentil	—	—	—	—
Maksimum værdi	7,7	19	1,4	—
<b>Periode</b>	<b>2018-2023</b>			
<b>Stof</b>	<b>Dibutyltin</b>	<b>Monobutyltin</b>	<b>Tributyltin</b>	<b>Triphenyltin</b>
N	29	29	29	29
>DG %	17	59	7	0
MKK	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen
Median	14	11	2,05	—
90% percentil	—	57	—	—
Maksimum værdi	140	70	2,7	—

**Tabel 3.48.** Organotinforbindinger i sedimentet fra vandløb undersøgt på stationer i den operationelle overvågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal observationer (N), procentvis fundhyppighed (>DG, %), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale registrering i en enkelt prøve. Miljøkvalitetskravene (generelt MKK) er angivet. Enheden er ug/kg TS.

Periode		2023			
Stof	Dibutyltin	Monobutyltin	Tributyltin	Triphenyltin	
N	1	1	1	1	
>DG, %	0	100	0	0	
MKK	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen	
Median	—	3,5	—	—	
90% percentil	—	—	—	—	
Maksimum værdi	—	3,5	—	—	
Periode		2018-2023			
Stof	Dibutyltin	Monobutyltin	Tributyltin	Triphenyltin	
N	80	80	80	80	
>DG %	4	23	0	0	
MKK	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen	
Median	1,4	5,6	—	—	
90% percentil	—	18	—	—	
Maksimum værdi	4,4	19	—	—	

### 3.3.4 Biota

Fisk fanget på kontrol- og operationelle overvågningsstationer i vandløb er undersøgt for indhold af dioxiner og furaner, PFAS og kviksølv. Der er målt på forskellige fiskearter afhængig af hvilke fisk, det har været muligt at indsamle fra det enkelte vandløb. I den tekniske anvisning for 'Miljøfremmede stoffer og tungmetaller i vandløb: Sediment og biota' (Wiberg-Larsen & Rasmussen 2017) er det anført, at "der til analyserne så vidt muligt kun anvendes én fiskeart: Ørred (bækørred). Denne art er den mest udbredte i danske vandløb. I mangel på bækørred kan der anvendes andre rovfisk som aborre, gedder eller sandart. Hvis der ikke findes rovfisk i fangsten, kan der vælges andre arter. Her følger en gennemgang af resultaterne.

### Dioxiner og furaner

Koncentrationen af dioxiner og furaner i biota angives i toksicitetsækvivalenter beregnet med en omregningsfaktor fastsat af WHO (WHO-TEQ). Coplanare PCB-forbindinger har tilsvarende toksicitet, og henregnes til gruppen af dioxiner og furaner som "dioxinlignende forbindinger" og omregnes til toksicitetsækvivalenter, (WHO-TEQ c-PCB) med egne omregningsfaktorer. Der er fastsat faktorer til beregning af WHO-TEQ i 1998 og 2005. Ændringen fra WHO-TEQ 1998 til 2005 betyder, at omregningsfaktorerne for 12378-PCDF og 23478-PeCDF er sat ned fra 0,05 og 0,5 til hhv. 0,03 og 0,3, og for OCDD og OCDF sat op fra 0,0001 til 0,0003. For de dioxinlignende PCB'er er omregningsfaktoren ændret fra 0,00001-0,005 til at alle har faktoren 0,00003, undtagen PCB#169 som er sat op fra 0,01 til 0,03 (Van den Berg et al. 2006).

Kvalitetskravet for dioxiner og furaner i overfladevand er fastsat som summen af toksicitetsækvivalenter af dioxiner, furaner og dioxinlignende forbindinger i biota. Kvalitetskravet er for dioxiner og furaner på 0,0035 µg TEQ/kg og 0,0065 µg TEQ/kg for alle de omtalte stoffer (Miljøministeriet 2023a). Miljøkvalitetskravet er baseret Verdenssundhedsorganisationens toksicitetsækvivalensfaktorer fra 2005.

Der blev ikke fundet koncentrationer over kvalitetskravene for denne stofgruppe, hverken på kontrol eller de operationelle overvågningsstationer (tabel 3.49 og 3.50).

**Tabel 3.49.** Dioxiner og furaner samt WHO TEQ værdier i fisk fanget på kontrolovervågningsstationer i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal observationer (N), procentvis fundhyppighed (>DG, %), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale registrering i en enkelt prøve. Målingerne er angivet i forhold til WHO TEQ 2005. Miljøkvalitetskravene (generelt MKK) er angivet. Enheden er ng/kg VV.

Stof	2023					2018-2023					
	N	>DG, %	Median	90%-percentil	Maksimum	N	>DG, %	Median	90%-percentil	Maksimum	MKK
1,2,3,4,6,7,8,9-Octachlordibenzodioxin	3	100	0,280	—	0,753	15	80	0,185	0,306	0,753	Ingen
1,2,3,4,6,7,8,9-Octachlordibenzofuran	3	100	0,037	—	0,040	15	53	0,022	—	0,040	Ingen
1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzofuran	3	100	0,017	—	0,023	15	67	0,017	0,027	0,027	Ingen
1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzo-p-dioxin	3	100	0,062	—	0,134	15	73	0,047	0,101	0,133	Ingen
1,2,3,4,7,8,9-Heptachlordibenzofuran	3	0	—	—	—	15	20	0,004	—	0,004	Ingen
1,2,3,4,7,8-Hexachlordibenzofuran	3	33	0,010	—	0,010	15	27	0,011	—	0,012	Ingen
1,2,3,4,7,8-Hexachlordibenzo-p-dioxin	3	33	0,012	—	0,012	15	33	0,01	—	0,045	Ingen
1,2,3,6,7,8-Hexachlordibenzofuran	3	0	—	—	—	15	0	—	—	—	Ingen
1,2,3,6,7,8-Hexachlordibenzo-p-dioxin	3	67	0,012	—	0,017	15	33	0,016	—	0,023	Ingen
1,2,3,7,8,9-Hexachlordibenzofuran	3	0	—	—	—	15	13	0,006	—	0,006	Ingen
1,2,3,7,8,9-Hexachlordibenzo-p-dioxin	3	33	0,008	—	0,008	15	13	0,008	—	0,008	Ingen
1,2,3,7,8-Pentachlordibenzofuran	3	67	0,016	—	0,019	15	60	0,019	—	0,230	Ingen
1,2,3,7,8-Pentachlordibenzo-p-dioxin	3	33	0,019	—	0,019	15	14	0,028	—	0,037	Ingen
2,3,4,6,7,8-Hexachlordibenzofuran	3	0	—	—	—	15	7	0,012	—	0,012	Ingen
2,3,4,7,8-Pentachlordibenzofuran	3	100	0,015	—	0,032	15	60	0,032	—	0,060	Ingen
2,3,7,8-Tetrachlordibenzofuran	3	100	0,047	—	0,102	15	80	0,094	0,174	0,314	Ingen
2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-p-dioxin	3	67	0,012	—	0,018	15	47	0,018	—	0,048	Ingen
WHO-TEQ 2005 c-PCB	3	—	0,027	—	0,064	13	—	0,096	0,329	0,680	Ingen
WHO-TEQ 2005 PCDD/F	3	—	0,032	—	0,078	13	—	0,044	0,109	0,137	Ingen
WHO-TEQ 2005 total, ekskl. LOQ	3	—	0,059	—	0,143	13	—	0,15	0,374	0,817	6,5

**Tabel 3.50.** Dioxiner og furaner samt WHO TEQ værdier i fisk fanget i det operationelle overvågningsprogram i vandløb i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal observationer (N), procentvis fundhyppighed (>DG, %), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale registrering i en enkelt prøve. Miljøkvalitetskravene (generelt MKK) er angivet. Enheden er ng/kg VV.

Stof	2023					2018-2023					
	N	>DG, %	Median	90%-percentil	Maksimum	N	>DG, %	Median	90%-percentil	Maksimum	MKK
1,2,3,4,6,7,8,9-Octachlordibenzodioxin	6	100	0,388	—	0,634	62	97	0,163	0,388	0,634	Ingen
1,2,3,4,6,7,8,9-Octachlordibenzofuran	6	100	0,029	—	0,063	62	90	0,017	0,036	0,090	Ingen
1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzofuran	6	100	0,0175	—	0,061	62	95	0,017	0,038	0,077	Ingen
1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzo-p-dioxin	6	100	0,064	—	0,148	62	95	0,038	0,078	0,148	Ingen
1,2,3,4,7,8,9-Heptachlordibenzofuran	6	33	0,005	—	0,005	62	32	0,005	0,012	0,016	Ingen
1,2,3,4,7,8-Hexachlordibenzofuran	6	50	0,010	—	0,020	62	27	0,014	0,023	0,026	Ingen
1,2,3,4,7,8-Hexachlordibenzo-p-dioxin	6	33	0,006	—	0,008	62	18	0,010	0,016	0,026	Ingen
1,2,3,6,7,8-Hexachlordibenzofuran	6	33	0,012	—	0,017	62	27	0,017	0,028	0,048	Ingen
1,2,3,6,7,8-Hexachlordibenzo-p-dioxin	6	67	0,015	—	0,030	62	52	0,011	0,026	0,040	Ingen
1,2,3,7,8,9-Hexachlordibenzofuran	6	0	—	—	—	62	8	0,016	—	0,024	Ingen
1,2,3,7,8,9-Hexachlordibenzo-p-dioxin	6	33	0,007	—	0,008	62	31	0,007	0,020	0,025	Ingen
1,2,3,7,8-Pentachlordibenzofuran	6	50	0,035	—	0,041	62	60	0,015	0,041	0,080	Ingen
1,2,3,7,8-Pentachlordibenzo-p-dioxin	6	33	0,027	—	0,031	62	47	0,019	0,046	0,052	Ingen
2,3,4,6,7,8-Hexachlordibenzofuran	6	50	0,169	—	0,169	62	24	0,011	0,017	0,022	Ingen
2,3,4,7,8-Pentachlordibenzofuran	6	67	0,009	—	0,010	62	77	0,026	0,065	0,129	Ingen
2,3,7,8-Tetrachlordibenzofuran	6	100	0,043	—	0,066	62	97	0,067	0,170	0,475	Ingen
2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-p-dioxin	6	83	0,043	—	0,214	62	85	0,013	0,028	0,174	Ingen
WHO-TEQ 2005 c-PCB	6	—	0,009	—	0,021	61	—	0,065	0,178	0,367	Ingen
WHO-TEQ 2005 PCDD/F	6	—	0,031	—	0,106	61	—	0,042	0,100	0,236	Ingen
WHO-TEQ 2005 total, ekskl. LOQ	6	—	0,079	—	0,284	61	—	0,107	0,323	0,487	6,5

### **Perfluorerede forbindelser (PFAS)**

Det er i direktivet om prioriterede stoffer anført, at kvalitetskravet gælder for PFOS og derivater. Det er efterfølgende afklaret, at kun PFOS skal inddrages ved vurdering i forhold til MKK. Miljøkvalitetskravet er fastsat på baggrund af human eksponering, og derfor er det koncentrationen i muskel, kravet gælder for. I overvågningsprogrammet er PFAS i biota målt i fiskelever, fordi der her er størst chance for at detekterer stofferne. For at kunne vurdere resultatet heraf i forhold til miljøkvalitetskravet er der bestemt en omregningsfaktor for fisk i ferskvand (Larsen & Bossi, 2021).

Som det fremgår af tabel 3.51 og 3.52, så er tilstedeværelsen af PFOS en størrelsesorden højere end de øvrige PFAS-forbindelser og det er fundet i alle prøver. Der er ikke målinger der har en koncentration som er højere end det omregnede kvalitetskrav, hverken på kontrol-overvågningsstationerne eller de operationelle stationer.



**Table 3.51.** PFAS i fisk fanget på kontrolovervågningsstationer i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal observationer (N), procentvis fundhyppighed (>DG, %), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale registrering i en enkelt prøve. Miljøkvalitetskravene (generelt MKK) er angivet. Enheden er ug/kg TS.

Stof	2023						
	Perfluoro-decansyre (PFDA)	Perfluoro-hexane-sulfonsyre (PFHxS)	Perfluoro-nonansyre (PFNA)	Perfluoroktan-sulfamid (PFOSA)	Perfluorooktan-sulfonsyre (PFOS)	Perfluorooktan-syre (PFOA)	Perfluoroundecansyre (PFUnA)
N	4	4	4	4	4	4	4
>DG, %	100	50	100	100	100	100	100
MKK (ug/kg)	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen	91 <sup>1</sup>	Ingen	Ingen
Median	0,78	0,33	0,49	0,37	11,66	0,585	0,385
90% percentil	—	—	—	—	—	—	—
Maksimum værdi	5,45	0,4	1,13	1,39	56,38	3,1	4,05
Stof	2018-2023						
	Perfluoro-decansyre (PFDA)	Perfluoro-hexane-sulfonsyre (PFHxS)	Perfluoro-nonansyre (PFNA)	Perfluoroktan-sulfamid (PFOSA)	Perfluorooktan-sulfonsyre (PFOS)	Perfluorooktan-syre (PFOA)	Perfluoroundecansyre (PFUnA)
N	24	24	24	24	24	24	24
>DG %	71	12,5	58	62,5	100	29	71
MKK	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen	91 <sup>1</sup>	Ingen	Ingen
Median	0,83	0,4	0,48	0,47	5,2	0,42	0,48
90% percentil	2,78	—	1,3	1,1	14,3	—	1
Maksimum værdi	5,45	0,5	1,4	1,39	56,38	3,1	1,16

<sup>1</sup> MKK er omregnet for det forhold at målingen er foretaget i lever, men kvalitetskravet er udregnet/bestemt for muskeltvæv (Korrektionsfaktoren er 10 (Larsen og Bossi 2021))

**Tablet 3.52.** PFAS i fisk fanget på de operationelle overvågningsstationer i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal observationer (N), procentvis fundhyppighed (>DG, %), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale registrering i en enkelt prøve. Miljøkvalitetskravene (generelt MKK) er angivet. Enheden er ug/kg TS.

<b>Periode</b>		<b>2023</b>						
<b>Stof</b>	<b>Perfluorode- cansyre (PFDA)</b>	<b>Perfluorohexane- sulfonsyre (PFHxS)</b>	<b>Perfluorononan- syre (PFNA)</b>	<b>Perfluoroktan- sulfamid (PFOSA)</b>	<b>Perfluorooktan- sulfonsyre (PFOS)</b>	<b>Perfluoro- oktansyre (PFOA)</b>	<b>Perfluorounde- cansyre (PFUnA)</b>	
N	31	31	31	31	31	31	31	
>DG, %	100	39	97	97	100	97	97	
MKK	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen	91 <sup>1</sup>	Ingen	Ingen	
Median	0,47	0,265	0,46	0,445	8,65	0,53	0,59	
90% percentil	1,65	0,57	1,16	1,27	18,52	1,89	1,175	
Maksimum værdi	2,27	0,63	1,92	3,57	28,43	2,4	1,42	
<b>Periode</b>		<b>2018-2023</b>						
N	203	203	203	203	203	203	203	
>DG %	56	17	38	55	99	24	46	
MKK	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen	91 <sup>1</sup>	Ingen	Ingen	
Median	0,53	0,29	0,44	0,3	2,9	0,475	0,53	
90% percentil	1,97	0,8	1,3	1,26	11,15	1,71	1,42	
Maksimum værdi	4,75	3,72	2,07	7,18	51,55	2,4	2,5	

<sup>1</sup> MKK er omregnet for det forhold at målingen er foretaget i lever, men kvalitetskravet er udregnet/bestemt for muskelvæv (Korrektionsfaktoren er 10 (Larsen og Bossi 2021))

## Kviksølv

Målingerne er foretaget på fiskenes muskelvæv. Det fastsatte miljøkvalitetskrav for kviksølv i biota (fisk) på 20 µg/kg vådvægt gælder for den hele fisk. Larsen (2019) indeholder en oversigt over faktorer for omregning af kviksølvindhold i muskel til indhold i hele fisk. For de undersøgte fisk er den generelle omregningsfaktor på 0,93 ( $\pm 38\%$ ). For at kunne vurdere de fundne kviksølvkoncentrationer i de undersøgte fisk, er disse korrigeret for, at der er målt i muskel i stedet for den hele fisk. Efter korrektion, ved anvendelse af ovennævnte omregningsfaktor, finder man at medianværdien af målingerne er højere end kvalitetskravet. Det gælder både for 2023 alene og for tidsintervallet mellem 2018 og 2023. Og det for både de operationelle stationer og for kontrolovervågningsstationerne (tabel 3.53 og 3.54).

**Tabel 3.53.** Kviksølv i fisk fanget på kontrolovervågningsstationer i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal observationer (N), procentvis fundhyppighed (>DG, %), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale registrering i en enkelt prøve. Miljøkvalitetskravene (generelt MKK) er angivet. Enheden er ug/kg VV.

Periode	2023
Stof	Kviksølv
N	5
>DG, %	100
MKK	20 ug/kg VV
Median	33,5
90% percentil	—
Maksimum værdi	94,3
Periode	2018-2023
Stof	Kviksølv
N	26
>DG %	100
MKK	20 ug/kg VV
Median	60,1
90% percentil	94,3
Maksimum værdi	139

**Tabel 3.54.** Kviksølv i fisk fanget på de operationelle overvågningsstationer i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal observationer (N), procentvis fundhyppighed (>DG, %), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale registrering i en enkelt prøve. Miljøkvalitetskravene (generelt MKK) er angivet. Enheden er ug/kgVV.

<b>Periode</b>	<b>2023</b>
<b>Stof</b>	<b>Kviksølv</b>
N	33
>DG, %	100
MKK	20 ug/kg VV
Median	47,7
90% percentil	77,4
Maksimum værdi	88,9
<b>Periode</b>	<b>2018-2023</b>
<b>Stof</b>	<b>Kviksølv</b>
N	246
>DG %	100
MKK	20 ug/kg VV
Median	56
90% percentil	108
Maksimum værdi	313

### 3.4 Punktkilder

*Pia Lassen*

De årlige kontrolundersøgelser omfatter måling af miljøfarlige forurenende stoffer fra punktkilder. Der udtages en prøve pr år ved de avancerede renseanlæg, men ikke alle anlæg udtages hvert år. Der udtages prøver tre gange årligt ved renseanlæg uden særlig industri (mekaniske renseanlæg) og otte gange om året ved regnbetingede udledninger (RBU). For sediment fra RBU separat kloakering udtages der en prøve årligt.

For renseanlæg kan overvågningen opdeles i større avancerede renseanlæg i tættere bebyggelse og med mulig udledning af spildevand fra industri (avancerede renseanlæg), og overvågning på mekaniske renseanlæg uden væsentlig rensning af spildevandet og uden væsentlig tilledning af spildevand fra industri, samt med mere spredt bebyggelse. Langt den største del af det spildevand, der produceres i Danmark, bliver behandlet på avancerede anlæg (Miljø- og Ligestillingsministeriet 2024). Regn øger mængden af vand i vores kloaksystemer. Dette håndteres i anlæg for regnbetingede udledninger (RBU), som dækker over det spildevand og regnvand, der udledes via udløb til vandløb, søer og havet fra befæstede arealer, såsom tagflader, veje, stier og pladser, der er tilsluttet et kloaknet. RBU kan opdeles i to typer; RBU fælleskloak, som er fra fælles kloakerede områder, hvor der ved kraftige regnhændelser sker overløb og som derfor indeholder en blanding af regnvand og spildevand. Under almindelige regnhændelser håndteres regnvandet i det tilhørende renseanlæg. RBU separat kloak er regnvandsudledninger fra befæstede arealer, der er tilsluttet et separat kloaknet, dvs. kun regnvand. Endvidere opsamles sedimentprøver fra RBU separat kloak regnvandsbassin. RBU vil have varierende fjernelse af MFS afhængig af design.

Der indgår 15 stofgrupper i punktkildeovervågningen: Metaller, polyaromatiske kulbrinter (PAH), aromatiske kulbrinter, kulbrinter, halogenerede alifatiske kulbrinter, organotinforbindelser, perfluorerede forbindelser (PFAS), blødgørere, phenoler, anioniske detergenter, pesticider, ethere, phosphortriester, farmaceutiske stoffer og østrogener.

Data er udtrukket fra PULS-databasen og fremsendt af fagdatacenter for punktkilder for perioden 2018-2023. Der er data for to typer renseanlæg; avanceret og mekanisk. Der er målt på spildevand til- og udløb. Der indgår de samme 15 avancerede anlæg både i perioden 2018-2023 og i 2023. For mekaniske anlæg indgår otte anlæg i perioden 2018-2023 og heraf fem i 2023. For separatkloakerede regnvandsudledninger (RBU, separat kloak) er der målt på spildevand, til- og udløb, samt sediment i regnvandsbassin. Der indgår de samme to anlæg for RBU, separat kloak, både for perioden 2018-2023 og i 2023. For fælleskloakerede regnvandsudledninger (RBU fælleskloak) er der målt på spildevand, udløb. Der indgår kun to anlæg for perioden 2018-2022, da der ikke er data fra 2023. På grund af tekniske fejl ved indlæsning i databasen kunne 2023 for RBU fælleskloak ikke afrapporteres. I tabel 3.55 er der angivet antal datapunkter for 2023 og for perioden 2018-2023 opdelt på parametergrupper.

**Tabel 3.55.** Oversigt over antal prøver indenfor de forskellige typer anlæg i perioden 2018-2013, som indgår i de statistiske beregninger

Parametergruppe	Tidsperiode	renseanlæg		RBU		
		avanceret, tilløb/udløb	mekanisk, tilløb/udløb	RBU, fælles kloak udløb	RBU, separat kloak tilløb/udløb	separat kloak sediment, regnvandsbassin
Metaller	2023	15	11	0	18	2
	2018-2023	50	80	31	74	10
Aromatiske kulbrinter	2023	15	11	0	18	2
	2018-2023			31	74	11
Kulbrinter	2023					1
	2018-2023					3
Polyaromatiske hydrocarboner (PAHer)	2023				18	2
	2018-2023				74	11
Organotin	2023	15	11	0		
	2018-2023	50	80	31		
Perfluorerede stoffer	2023	15/14	10/8	0		
	2018-2023	50/49	79/77	31		
Pesticider	2023				18	2
	2018-2023				74	10
Blødgørere	2023	15	11	0	18	2
	2018-2023	50	80	31	74	10
Phenoler	2023	15	11	0	18	2
	2018-2023	50	80	31	74	11
Halogenerede alifatiske kulbrinter	2023	15	11	0		
	2018-2023	50	80	31		
Anioniske detergenter	2023	15	11	0	18	
	2018-2023	50	80	31	74	
Phosphor triste	2023	15	11	0	18	
	2018-2023	50	80	31	74	
Ethere	2023	15	11	0		
	2018-2023	50	80	31		
Farmaceutiske stoffer	2023	15	11	0		
	2018-2023	50	80	31		
Østrogener	2023	15	11	0		
	2018-2023	50	80	31		

### 3.4.1 Metode

Den statistiske databehandling af punktkildedata er foretaget efter samme metode som de andre delafsnit i dette kapitel. Der er for 2023 beregnet fundhyppighed, median og maksimumværdi. For 2018-2023 er beregnet fundhyppighed, median, 90%percentil og maksimumværdi. Data under detektionsgrænsen (DG) er ikke medtaget i statistikken. Formålet er at inddrage punktkildedata i den samlede vurdering af vandmiljøet. Tallene kan således ikke bruges som opdaterede typetal for punktkilder. For nøgle- og typetal for renselanlæg og RBU anlæg henvises til rapporter fra fagdatacenter for punktkilder (Miljøstyrelsen 2021b, Miljøstyrelsen 2022).

I den statistiske databehandling er data opdelt på typer af anlæg, og der er beregnet på særskilt tilløb og udløb for renselanlæg og RBU separat kloak. Da værdier under detektionsgrænsen ikke er medtaget, kan de beregnede tal for til- og udløb dog ikke anvendes til vurdering af en eventuel fjernelsesgrad af stofferne i anlæggene. Dog i de tilfælde, hvor fundprocenten er næsten 100

for både tilløb og udløb, kan man tage en forsigtig generel vurdering af fjernelsesgraden i anlæggene baseret på median og evt. 90%percentil. Tilsvarende vil en lavere fundhyppighed ved udløb give en indikation af bedre fjernelsesgrad men igen kun overordnet og ikke i forhold til de enkelte anlæg.

### 3.4.2 Gennemgang af data

De beregnede tal kan ses i tabel 3.56 til tabel 3.105. Tabellerne er opdelt på stofgrupper samt anlægstyper: Avanceret renseanlæg, mekanisk renseanlæg, RBU separat kloak, RBU fælleskloak og sediment i regnvandsbassin fra RBU separat kloak.

Tabellerne gennemgås kort i de nedenstående afsnit, som tilsvarende er opdelt på stofgrupper. Der er primært lagt vægt på de beregnede tal for perioden 2018-2023 for at have et større datagrundlag. Der bliver ikke lavet direkte sammenligningerne med miljøkvalitetskriterier, da disse ikke er fastlagt for spildevand. Dog bruges miljøkvalitetskriterier/krav i forhold til vurdering af om mediankoncentrationerne for udløb vurderes høje eller lave.

For beskrivelse af de enkelte stofgrupper, se kapitel 2.

#### Metaller

Metaller måles i spildevand for avanceret og mekanisk renseanlæg (tilløb og udløb), spildevand i RBU fælleskloak (udløb), spildevand i RBU separat kloak (tilløb og udløb) samt i sediment i regnvandsbassin RBU separat kloak. Der måles for 17 forskellige metaller og metalloider. I nedenstående gennemgang vil ordet metal dog blive brugt om alle stoffer i denne stofgruppe. Data for metaller vist i tabel 3.56-3.60.

For de avancerede renseanlæg varierer de gennemsnitlige fundprocenter af metaller for 2018-2023 (tabel 3.56). Fundprocenterne for tilløb er generelt høje, 71-100%, bortset fra antimon, som har en fundprocent på 46% ved tilløb. Fundprocenter og median koncentrationer ved udløb er generelt lavere for metallerne sandsynligvis som følge af nedfældning når der udfældes fosfor. Bor er det eneste metal, som stort set har uændret fundprocent og median koncentration ved tilløb og udløb. Bor har også de højeste koncentrationer ved udløb (median 210 µg/l). Aluminium har de højeste koncentrationer ved tilløb men også høj fjernelsesgrad i de avancerede renseanlæg (1.100 /60 µg/l for tilløb/udløb). Bortset fra aluminium, barium, bor og zink ligger metalkoncentrationerne under 3 µg/l for udløb. For aluminium, barium og zink ligger mediankoncentrationerne for udløb på 13-60 µg/l.

For mekaniske renseanlæg (tabel 3.57) er fjernelsesgraden generelt dårligere, men fundprocent og koncentrationer er også lavere ved tilløb. Bortset fra aluminium, barium, bor, kobber og zink ligger metalkoncentrationerne under 5 µg/l for både tilløb og udløb. For disse fem metaller ligger mediankoncentrationerne for udløb på 20-200 µg/l.

For RBU fælleskloak, udløb, ses de højeste koncentrationer for aluminium, bor og zink (340-1900 µg/l) (tabel 3.59). Koncentrationerne er for flere metaller højere end for avanceret renseanlæg, tilløb, hvilket nok skyldes ud- og afvaskning pga. regn. For RBU separat kloak (tabel 3.58) udløber det igen aluminium, bor og zink som har de højeste koncentrationer ved tilløb. Dog har bor betydelig lavere koncentrationer sammenlignet med renseanlæg og RBU

fælleskloak. Fjernelsesgraden for RBU fælleskloak svarer nogenlunde til de mekanisk renseanlæg. For RBU separat kloak, sediment fra regnvandsbassin (tabel 3.60) er fundprocenten høj (90-100%), og koncentrationerne for flere metaller er forholdsvis høje, hvilke kunne tyde på, at metallerne til dels bliver fanget i sedimentet.

**Tabel 3.56.** Metaller i spildevand for avancerede renseanlæg i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver (N); procentvis fundhyppighed hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen (>DG%), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale koncentration blandt prøverne (maks. konc). Enheden er ug/l.

Enhed µg/l		2023			2018-2023					
		N	>DG, %	Median	maks. konc.	N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
Aluminium (Al)	Tilløb	14	100	950	2.100	49	100	1.100	2.520	4.500
	Udløb	15	33	43	310	50	48	60	227	330
Antimon (Sb)	Tilløb	15	53	1,3	3,6	50	46	1,4	2,1	3,6
	Udløb	15	7	1,2	1,2	50	2	1,2	1,2	1,2
Arsen (As)	Tilløb	14	93	2,0	3,6	49	98	2,3	4,3	10,0
	Udløb	15	87	0,7	1,0	50	78	0,7	1,5	11,0
Barium (Ba)	Tilløb	14	100	72	250	49	100	83	174	490
	Udløb	15	100	17	35	50	98	13	24	35
Bly (Pb)	Tilløb	14	100	4,8	27	49	100	6,7	13,2	27
	Udløb	15	0	-	-	50	12	1,2	2,1	2,7
Bor (B)	Tilløb	14	100	138	1100	49	100	240	644	1100
	Udløb	15	100	120	1100	50	100	210	655	1400
Cadmium (Cd)	Tilløb	14	93	0,1	0,5	49	96	0,2	0,4	4,3
	Udløb	15	0	-	-	50	8	0,8	3,4	4,3
Krom (Cr)	Tilløb	14	100	4,4	10,0	49	100	4,8	8,8	18
	Udløb	15	40	1,5	2,5	50	36	1,0	2,7	6,9
Kobber (Cu)	Tilløb	14	100	43	130	49	100	59	134	180
	Udløb	15	73	1,2	5,6	50	68	1,8	7,05	21
Kviksølv (Hg)	Tilløb	14	93	0,11	0,53	49	78	0,23	0,57	9,50
	Udløb	15	33	0,06	0,13	50	30	0,12	0,36	1,90
Molybdæn (Mo)	Tilløb	14	86	2,4	7	49	94	2,7	6,4	8,6
	Udløb	15	53	2	6,6	50	58	1,9	5,6	18
Nikkel (Ni)	Tilløb	14	100	5,2	13,0	49	100	6,1	10,2	15,0
	Udløb	15	73	1,8	5,1	50	72	2,8	5,9	24,0
Selen (Se)	Tilløb	14	86	0,7	7,0	49	71	0,6	1,9	61
	Udløb	15	93	0,2	3,2	50	56	0,1	1,9	71
Tin (Sn)	Tilløb	15	80	2,0	4,5	50	94	3,2	5,2	25
	Udløb	15	7	3,4	3,4	50	4	2,1	3,1	3,4
Vanadium (V)	Tilløb	14	100	2,6	7,3	49	90	4,2	6,9	11
	Udløb	15	0	-	-	50	24	1,9	3,3	7,3
Zink (Zn)	Tilløb	14	100	200	280	49	100	230	362	490
	Udløb	15	93	24	100	50	94	19	65	120



**Tabel 3.57.** Metaller i spildevand for mekaniske renseanlæg i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver (N); procentvis fundhyppighed hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen (>DG%), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale koncentration blandt prøverne (maks. konc). Enheden er ug/l.

Renseanlæg, mekanisk		2023			2018-2023					
		N	>DG, %	Median	maks. konc.	N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
Aluminium (Al)	Tilløb	11	82	250	1100	80	93	310	1510	6700
	Udløb	11	73	87	780	80	86	200	946	10000
Antimon (Sb)	Tilløb	11	27	2,8	12,0	80	23	2,8	9,9	12,0
	Udløb	11	36	6,2	6,6	80	34	3,3	6,42	9,8
Arsen (As)	Tilløb	11	100	0,8	2,8	80	91	1,4	4,88	11
	Udløb	11	82	3,7	6,6	80	93	1,9	6,12	13
Barium (Ba)	Tilløb	11	100	53	190	80	100	68,5	180	250
	Udløb	11	100	37	150	80	100	56,5	161	330
Bly (Pb)	Tilløb	11	82	2,2	5,7	80	84	2,9	7,28	12
	Udløb	11	55	1,5	3,2	80	66	2,3	5,66	65
Bor (B)	Tilløb	11	100	150	310	80	100	190	310	690
	Udløb	11	100	110	340	80	100	160	340	550
Cadmium (Cd)	Tilløb	11	64	0,11	0,22	80	63	0,14	0,24	0,77
	Udløb	11	73	0,14	0,46	80	66	0,11	0,28	2,60
Krom (Cr)	Tilløb	11	64	1,8	8	80	68	2,1	5,6	11
	Udløb	11	18	1,1	1,5	80	58	1,5	4,2	34
Kobber (Cu)	Tilløb	11	100	48	88	80	95	33	85,5	170
	Udløb	11	100	16	44	80	100	20	55,4	360
Kviksølv (Hg)	Tilløb	11	55	0,15	0,26	80	44	0,15	0,98	1,60
	Udløb	11	18	0,15	0,15	80	36	0,14	0,42	0,95
Molybdæn (Mo)	Tilløb	11	64	1,4	4,6	80	66	2	3,88	17
	Udløb	11	64	1,7	3,2	80	68	2,1	4,3	17
Nikkel (Ni)	Tilløb	11	91	2,8	7,6	80	85	3,1	7,5	14
	Udløb	11	82	2,4	4,9	80	73	3,3	8,6	34
Selen (Se)	Tilløb	11	82	0,6	0,9	80	50	0,5	1,0	4,7
	Udløb	11	100	0,4	0,8	80	56	0,5	1,4	7,6
Tin (Sn)	Tilløb	11	55	1,8	2,3	80	50	2,2	4,3	480
	Udløb	11	18	1,1	1,1	80	35	1,8	4,5	17
Vanadium (V)	Tilløb	11	36	1,1	3,1	80	48	2,9	6,3	9,6
	Udløb	11	45	3,9	7,2	80	54	3,5	7,4	32
Zink (Zn)	Tilløb	11	100	100	150	80	94	88	240	440
	Udløb	11	100	51	160	80	96	54	144	1500

**Tabel 3.58.** Metaller i spildevand for RBU separat kloak i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver (N); procentvis fundhyppighed hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen (>DG%), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale koncentration blandt prøverne (maks. konc). Enheden er ug/l.

RBUs separat kloak		2023					2018-2023				
		N	>DG, %	Median	maks. konc.	N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.	
Aluminium (Al)	Tilløb	18	94	630	6.100	74	99	1.100	3.260	8.600	
	Udløb	18	72	58	500	74	84	120	527	3500	
Antimon (Sb)	Tilløb	18	22	1,5	2,3	74	28	1,3	2,7	4,1	
	Udløb	18	0	-	-	74	1,4	2,6	2,6	2,6	
Arsen (As)	Tilløb	18	72	1,2	3,8	74	82	1,4	3,2	25	
	Udløb	18	67	0,7	1,3	74	64	0,7	1,4	2,8	
Bly (Pb)	Tilløb	18	89	1,2	16	74	89	2,6	7,5	54	
	Udløb	18	0	-	-	74	27	0,7	3,9	8,2	
Bor (B)	Tilløb	18	78	27	58	74	74	36	116	180	
	Udløb	18	78	16	46	74	72	27	89	220	
Cadmium (Cd)	Tilløb	18	33	0,11	0,41	74	54	0,10	0,22	0,69	
	Udløb	18	17	0,10	0,15	74	18	0,15	0,18	0,31	
Krom (Cr)	Tilløb	18	67	3,3	28	74	91	4,1	12,4	51	
	Udløb	18	50	2,2	15	74	76	1,8	7,4	61	
Kobber (Cu)	Tilløb	18	94	7,3	180	74	96	11	40	180	
	Udløb	18	100	2,2	8,3	74	88	2,4	12,6	660	
Kviksølv (Hg)	Tilløb	18	39	0,14	0,18	74	45	0,13	0,19	0,29	
	Udløb	18	50	0,14	0,21	74	43	0,13	0,21	0,31	
Nikkel (Ni)	Tilløb	18	78	3,45	21	74	88	4,7	9,14	21	
	Udløb	18	39	1,9	4,4	74	47	1,9	8,2	12	
Selen (Se)	Tilløb	18	100	0,2	3,5	74	69	0,2	1,8	5,7	
	Udløb	18	89	0,09	0,16	74	62	0,09	0,87	9	
Tin (Sn)	Tilløb	18	50	1,2	6,5	74	49	1,4	3,9	6,9	
	Udløb	18	22	0,7	0,8	74	16	0,9	2,0	4,3	
Zink (Zn)	Tilløb	18	100	120	1700	74	100	190	501	1700	
	Udløb	18	78	24	120	74	86	33	134	14000	

**Tabel 3.59.** Metaller i spildevand for RBU fælleskloak i perioden 2018-2022. Tabellen præsenterer antal prøver (N); procentvis fundhyppighed hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen (>DG%), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale koncentration blandt prøverne (maks. konc). Enheden er ug/l.

<b>RBU fælles kloak</b>		<b>2018-2022</b>				
<b>Enhed µg/l</b>		<b>N</b>	<b>&gt;DG, %</b>	<b>Median</b>	<b>90% percentil</b>	<b>maks. konc.</b>
Aluminium (Al)	Udløb	31	100	950	1900	3800
Antimon (Sb)	Udløb	31	13	1,3	1,5	1,6
Arsen (As)	Udløb	31	71	0,7	1,2	1,6
Barium (Ba)	Udløb	31	100	14	34	48
Bly (Pb)	Udløb	31	100	4,8	8,3	17
Bor (B)	Udløb	31	71	53	398	680
Cadmium (Cd)	Udløb	31	61	0,1	0,2	0,2
Krom (Cr)	Udløb	31	90	3,6	9,7	20
Kobber (Cu)	Udløb	31	100	15	28	35
Kviksølv (Hg)	Udløb	31	45	0,13	0,54	0,96
Molybdæn (Mo)	Udløb	31	6,5	1,6	1,8	1,8
Nikkel (Ni)	Udløb	31	84	3,5	9,2	61
Selen (Se)	Udløb	31	48	0,2	0,4	2,1
Tin (Sn)	Udløb	31	58	2,1	6,6	21
Vanadium (V)	Udløb	31	81	3,6	9,1	14
Zink (Zn)	Udløb	31	100	180	340	430

**Tabel 3.60.** Metaller i sediment i regnvandsbassin, RBU separat kloak, i perioden 2018-2022. Tabellen præsenterer antal prøver (N); procentvis fundhyppighed hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen (>DG%), medianværdi, 90%-percentil samt maksimale koncentration blandt prøverne (maks. konc). Enheden er mg/kg TS.

<b>RBU separat kloak, regnvandsbassin, sediment</b>		<b>2023</b>		<b>2018-2023</b>						
<b>Enhed mg/kg TS</b>		<b>N</b>	<b>&gt;DG, %</b>	<b>Median</b>	<b>maks. konc.</b>	<b>N</b>	<b>&gt;DG, %</b>	<b>Median</b>	<b>90% percentil</b>	<b>maks. konc.</b>
Aluminium (Al)		2	100	16.500	17.000	10	100	17.000	19.500	24.000
Arsen (As)		2	100	11	14	10	100	7	12	14
Bly (Pb)		2	100	29	35	10	100	23	35	35
Cadmium (Cd)		2	100	0,57	0,59	10	100	0,48	0,60	0,64
Krom (Cr)		2	100	34	37	10	100	32	42	42
Kobber (Cu)		2	100	71	75	10	100	58	77	92
Kviksølv (Hg)		2	100	0,088	0,096	10	100	0,066	0,081	0,096
Lithium (Li)		2	100	15	17	10	90	14	19	21
Nikkel (Ni)		2	100	30	31	10	100	30	42	43
Vanadium (V)		2	100	55	60	6	100	49	59	60
Zink (Zn)		2	100	1235	1700	10	100	760	1740	2100

### Aromatiske kulbrinter og kulbrinter

Aromatiske kulbrinter måles i spildevand for avanceret og mekanisk renseanlæg (tilløb og udløb), RBU fælleskloak (udløb), RBU separat kloak (tilløb og udløb) samt i sediment i regnvandsbassin RBU separat kloak. Se tabel 3.61-3.65. For RBU separat kloak bliver der kun målt naphthalen (tabel 3.63).

Toluen, som måles på renseanlæg (tabel 3.61 og 3.62) og RBU fælles kloak (tabel 3.64), har gennemgående de højeste fundprocenter og medianværdier både ved til- og udløb sammenlignet med de andre aromatiske kulbrinter.

Værdierne er dog ikke høje for toluen for de forskellige typer anlæg (0,5-4 µg/l ved udløb). De aromatiske kulbrinter ligger generelt lavt, for de fleste langt under 1 µg/l for alle typer anlæg.

For sediment i regnvandsbassin (tabel 3.65) har de aromatiske kulbrinter lave mediankoncentrationer. Dimethylnaphthalener (med en mediankoncentration 0,4 mg/kg TS) skiller sig dog ud ved at have en mediankoncentration, der er en faktor 20-100 gange over mediankoncentrationerne af de andre aromatiske kulbrinter.

For kulbrinter foreligger der kun tre målinger for perioden 2022-2023 i sediment i regnvandsbassin (tabel 3.65). Værdierne er høje, men det er ikke muligt at konkludere noget på så lille et datagrundlag.

**Tabel 3.61.** Aromatiske kulbrinter i spildevand for avancerede renseanlæg i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver (N); procentvis fundhyppighed hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen (>DG%), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale koncentration blandt prøverne (maks. konc). Enheden er ug/l.

Renseanlæg; avanceret		2023				2018-2023				
		N	>DG, %	Median	maks. konc.	N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
Enhed µg/l										
Naphthalen	Tilløb	14	43	0,13	4,7	49	78	0,09	0,21	4,7
	Udløb	15	27	0,04	0,06	50	26	0,02	0,06	0,11
2-Methylnaphthalen	Tilløb	15	40	0,07	1,6	50	66	0,06	0,15	1,6
	Udløb	15	7	0,011	0,011	50	4	0,011	0,011	0,011
Dimethylnaphthalener	Tilløb	15	73	0,74	4,1	50	86	0,71	1,48	4,1
	Udløb	15	20	0,014	0,021	50	32	0,020	0,040	0,045
Trimethylnaphthalener	Tilløb	15	33	0,09	1,1	50	56	0,13	0,78	1,5
	Udløb	15	0	-	-	50	4	0,01	0,01	0,015
Benzen	Tilløb	15	80	0,12	0,52	51	84	0,14	0,65	15
	Udløb	15	7	0,051	0,051	50	2	0,051	0,051	0,051
Biphenyl	Tilløb	15	0	-	-	50	0	-	-	-
	Udløb	15	0	-	-	50	0	-	-	-
Ethylbenzen	Tilløb	15	93	0,21	0,6	51	98	0,20	0,67	3,3
	Udløb	15	7	0,05	0,05	50	4	0,06	0,07	0,07
m+p-Xylen	Tilløb	15	100	0,47	1,00	51	100	0,49	1,10	3,1
	Udløb	15	13	0,08	0,14	50	8	0,04	0,11	0,14
o-Xylen	Tilløb	15	67	0,09	0,47	51	82	0,07	0,26	1,2
	Udløb	15	7	0,07	0,07	50	2	0,07	0,07	0,07
Toluen	Tilløb	15	100	1,30	13	51	100	2,20	11,0	78
	Udløb	15	60	0,03	0,15	50	54	0,05	0,17	0,43
Xylen	Tilløb	0	-	-	-	14	100	0,52	1,14	4,4
	Udløb	0	-	-	-	13	0	-	-	-

**Tabel 3.62.** Aromatiske kulbrinter i spildevand for mekaniske renseanlæg i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver (N); procentvis fundhyppighed hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen (>DG%), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale koncentration blandt prøverne (maks. konc). Enheden er ug/l.

<b>Renseanlæg, mekanisk</b>		<b>2023</b>				<b>2018-2023</b>				
<b>Enhed µg/l</b>		<b>N</b>	<b>&gt;DG, %</b>	<b>Median</b>	<b>maks. konc.</b>	<b>N</b>	<b>&gt;DG, %</b>	<b>Median</b>	<b>90% percentil</b>	<b>maks. konc.</b>
Naphthalen	Tilløb	11	9,1	0,02	0,02	80	30	0,03	0,07	0,10
	Udløb	11	0	-	-	80	36	0,03	0,12	0,29
2-Methylnaphthalen	Tilløb	11	9,1	0,02	0,02	80	5,0	0,03	0,10	0,13
	Udløb	11	0	-	-	80	6,3	0,02	0,23	0,33
Dimethylnaphthalener	Tilløb	11	73	0,10	0,95	80	81	0,16	0,80	2,10
	Udløb	11	36	0,30	1,60	80	69	0,18	0,72	3,10
Trimethylnaphthalener	Tilløb	11	9,1	0,06	0,06	80	28	0,06	0,17	0,22
	Udløb	11	18	0,50	0,94	80	25	0,09	0,37	0,94
Benzen	Tilløb	11	91	0,12	0,36	79	44	0,17	0,58	2,60
	Udløb	11	36	0,15	0,33	80	30	0,16	0,81	1,30
Biphenyl	Tilløb	11	9,1	0,13	0,13	80	18	0,02	0,07	0,13
	Udløb	11	9,1	0,21	0,21	80	18	0,04	0,22	0,81
Ethylbenzen	Tilløb	11	55	0,05	0,54	79	39	0,08	1,20	3,50
	Udløb	11	36	0,22	0,66	80	36	0,14	2,24	6,70
m+p-Xylen	Tilløb	11	100	0,36	1,30	79	63	0,24	1,30	3,80
	Udløb	11	36	0,71	1,10	80	45	0,35	2,00	5,30
o-Xylen	Tilløb	11	45	0,04	0,22	79	24	0,04	0,17	0,62
	Udløb	11	36	0,03	0,75	80	25	0,04	0,43	1,70
Toluen	Tilløb	11	100	4,10	450	79	84	4,05	90	450
	Udløb	11	64	7,20	310	80	71	8,10	114	310
Xylen	Tilløb	0	-	-	-	28	43	0,08	0,24	0,30
	Udløb	0	-	-	-	29	55	0,08	0,51	0,99

**Tabel 3.63.** Aromatiske kulbrinter i spildevand for RBU separat kloak i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver (N); procentvis fundhyppighed hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen (>DG%), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale koncentration blandt prøverne (maks. konc). Enheden er ug/l.

<b>RBU separat kloak</b>		<b>2023</b>				<b>2018-2023</b>				
<b>Enhed µg/l</b>		<b>N</b>	<b>&gt;DG, %</b>	<b>Median</b>	<b>maks. konc.</b>	<b>N</b>	<b>&gt;DG, %</b>	<b>Median</b>	<b>90% per- centil</b>	<b>maks. konc.</b>
Naphthalen	Tilløb	18	50	0,02	0,03	74	39	0,01	0,03	0,04
	Udløb	18	56	0,01	0,02	74	39	0,01	0,02	0,03

**Tabel 3.64.** Aromatiske kulbrinter i spildevand for RBU fælleskloak i perioden 2018-2022. Tabellen præsenterer antal prøver (N); procentvis fundhyppighed hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen (>DG%), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale koncentration blandt prøverne (maks. konc). Enheden er ug/l.

RBU fælles kloak		2018-2022				
Enhed µg/l		N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
Naphthalen	Udløb	31	84	0,022	0,036	0,061
2-Methylnaphthalen	Udløb	31	19	0,013	0,017	0,018
Dimethylnaphthalener	Udløb	31	94	0,040	0,112	0,200
Trimethylnaphthalener	Udløb	31	39	0,021	0,030	0,056
Benzen	Udløb	31	23	0,034	0,608	1,100
Biphenyl	Udløb	31	13	0,014	0,015	0,016
Ethylbenzen	Udløb	31	39	0,033	0,085	0,120
m+p-Xylen	Udløb	31	100	0,140	0,270	0,470
o-Xylen	Udløb	31	81	0,044	0,136	0,200
Toluen	Udløb	31	97	0,195	0,470	1,300

**Tabel 3.65.** Aromatiske kulbrinter og kulbrinter i sediment i regnvandsbassin, RBU separat kloak, i perioden 2018-2022. Tabellen præsenterer antal prøver (N); procentvis fundhyppighed hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen (>DG%), medianværdi, 90%-percentil samt maksimale koncentration blandt prøverne (maks. konc). Enheden er mg/kg TS.

RBU separat kloak, regnvandsbassin, sediment		2023	2018-2023						
Enhed mg/kg TS	N	>DG, %	Median	maks. konc.	N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
<b>Aromatiske kulbrinter</b>									
Naphthalen	2	50	0,018	0,018	11	91	0,016	0,027	0,037
1-Methyl-naphthalen	2	0	-	-	11	55	0,004	0,010	0,014
2-Methylnaphthalen	2	0	-	-	11	64	0,006	0,013	0,014
Dimethylnaphthalener	2	100	0,5	0,8	11	100	0,4	1,5	2,1
Trimethylnaphthalener	2	0	-	-	11	73	0,018	0,046	0,087
<b>Kulbrinter</b>									
>C10-C15 kulbrinter	1	100	13	13	3	100	13	46,6	55
>C15-C20 kulbrinter	1	100	44	44	3	100	44	121	140
>C20-C40 kulbrinter	1	100	760	760	3	100	760	1752	2000
C6-C10 kulbrinter	1	100	7,8	7,8	3	100	7,8	17,6	20
Sum af kulbrinter (C6-C40)	1	100	830	830	3	100	830	1926	2200

### Polyaromatiske hydrocarboner (PAHer)

PAHer bliver målt i spildevand for RBU separat kloak, i henholdsvis spildevand, til- og udløb, og i sediment, regnvandsbassin. Se tabel 3.66 og 3.67.

For RBU separat kloak, spildevand (tabel 3.66), er fundprocent ved tilløb generelt lave, mellem 4-35%. Endvidere ses der pæn fjernelsesgrad i anlæggene, da fundprocenten ved udløb ligger endnu lavere (0-2,7%). For sediment i regnvandsbassin er fundprocenterne generelt høje (73-100%) bortset fra 2-methylpyren, acenaphthen og dibenzothiophen, som har fundprocenter på 36-45%. 2,6-dimethylphenanthren er ikke påvist i prøverne (tabel 3,67). Den høje fundprocent i sediment i regnvandsbassin, i forhold til spildevand stemmer godt overens med, at PAHer bindes til partikulært materiale fremfor at være til stede i vandfasen. Mediankoncentrationerne i udløb i RBU separat kloak og sediment i regnvandsbassin vurderes generelt lave.

**Table 3.66.** PAHer i spildevand for RBU separat kloak i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver (N); procentvis fundhyppighed hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen (>DG%), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale koncentration blandt prøverne (maks. konc). Enheden er ug/l.

RBU separat kloak	2023					2018-2023				
	Enhed µg/l	N	>DG, %	Median	maks. konc.	N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
Benz(a)anthracen	Tilløb	18	0	-	-	74	6,8	0,012	0,020	0,024
	Udløb	18	0	-	-	74	0	-	-	-
Benzo(a)pyren	Tilløb	18	0	-	-	74	8,1	0,012	0,022	0,026
	Udløb	18	0	-	-	74	1,4	0,022	0,022	0,022
Benzo(ghi)perylene	Tilløb	18	6	0,011	0,011	74	15	0,013	0,028	0,029
	Udløb	18	0	-	-	74	1,4	0,025	0,025	0,025
Benzo(b+j+k)fluoranthener	Tilløb	18	11	0,020	0,023	74	28	0,018	0,042	0,051
	Udløb	18	0	-	-	74	2,7	0,027	0,038	0,041
Benzo(e)pyren	Tilløb	18	11	0,013	0,013	74	15	0,013	0,026	0,026
	Udløb	18	0	-	-	74	2,7	0,027	0,033	0,035
Chrysen/triphenylen	Tilløb	18	17	0,028	0,27	74	23	0,02	0,051	0,27
	Udløb	18	0	-	-	74	1,4	0,018	0,018	0,018
Fluoranthren	Tilløb	18	11	0,021	0,028	74	27	0,0205	0,0335	0,11
	Udløb	18	0	-	-	74	2,7	0,0315	0,0463	0,05
Indeno(1,2,3-cd)pyren	Tilløb	18	0	-	-	74	4	0,014	0,0164	0,017
	Udløb	18	0	-	-	74	1,4	0,018	0,018	0,018
Phenanthren	Tilløb	18	11	0,031	0,046	74	27	0,02	0,04	0,12
	Udløb	18	0	-	-	74	2,7	0,04	0,05	0,05
Pyren	Tilløb	18	17	0,019	0,03	74	35	0,02	0,03	0,11
	Udløb	18	0	-	-	74	2,7	0,041	0,062	0,067

**Tabel 3.67.** PAHer i sediment i regnvandsbassin, RBU separat kloak, i perioden 2018-2022. Tabellen præsenterer antal prøver (N); procentvis fundhyppighed hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen (>DG%), medianværdi, 90%-percentil samt maksimale koncentration blandt prøverne (maks. konc). Enheden er mg/kg TS.

RBUSeparat kloak, regnvandsbassin, sediment	2023				2018-2023				
	N	>DG, %	Median	maks. konc.	N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
1-Methylpyren	2	50	0,014	0,014	11	73	0,012	0,022	0,025
2,6-dimethylphenanthren	2	0	-	-	11	0	-	-	-
2-Methylphenanthren	2	50	0,022	0,022	11	91	0,020	0,031	0,066
2-Methylpyren	2	50	0,014	0,014	11	36	0,016	0,018	0,019
Acenaphthen	2	0	-	-	11	36	0,009	0,013	0,014
Acenaphthylen	2	50	0,03	0,03	11	82	0,01	0,03	0,03
Anthracen	2	100	0,025	0,026	11	100	0,022	0,029	0,033
Benzo(a)anthracen	2	100	0,056	0,065	11	100	0,047	0,065	0,11
Benzo(a)fluoren	2	100	0,022	0,025	11	100	0,023	0,043	0,077
Benzo(a)pyren	2	100	0,071	0,072	11	100	0,071	0,12	0,16
Benzo(b+j+k)fluoranthener	2	100	0,185	0,2	11	100	0,20	0,34	0,51
Benzo(e)pyren	2	100	0,088	0,097	11	100	0,097	0,180	0,28
Benzo(ghi)perylene	2	100	0,11	0,11	11	100	0,11	0,23	0,3
Chrysen/triphenylen	2	100	0,2	0,2	11	100	0,2	0,3	0,6
Dibenzo(a,h)anthracen	2	0	-	-	11	73	0,0225	0,143	0,15
Dibenzothiophen	2	0	-	-	11	45	0,006	0,012	0,013
Fluoranthren	2	100	0,14	0,18	11	100	0,13	0,18	0,29
Fluoren	2	50	0,016	0,016	11	91	0,010	0,018	0,033
Indeno(1,2,3-cd)pyren	2	100	0,071	0,072	11	100	0,072	0,160	0,210
Perylen	2	100	0,026	0,03	11	100	0,022	0,034	0,052
Phenanthren	2	100	0,074	0,088	11	100	0,06	0,11	0,14
Pyren	2	100	0,17	0,22	11	100	0,13	0,22	0,3

### Organotin

Organotin bliver målt i spildevand på avancerede og mekaniske renseanlæg til- og udløb samt i RBU fælleskloak, udløb. Se tabel 3.68-3.70.

Monobutyltin blev detekteret i 96-100% af prøverne for udløb for både renseanlæg og for RBU fælleskloak. Monobutyltin har også de højeste koncentrationer for avancerede og mekaniske renseanlæg, 17-18 µg/l ved tilløb. Der ses rimelig fjernelsesgrad af monobutyltin for de avancerede renseanlæg (tabel 3.68), men ikke for de mekaniske (tabel 3.69). For dibutyltin lå fundprocenten på udløb for mekaniske renseanlæg og RBU fælleskloak på henholdsvis 23% og 48%, mens den ikke blev påvist i avanceret renseanlæg. Tributyltin havde generelt lave fundprocenter både for til- og udløb, mellem 0 og 4%. Koncentrationerne i RBU fælleskloak er generelt meget lave (tabel 3.70) sammenlignet med renseanlæggene.



**Tabel 3.68.** Organotin i spildevand for avancerede renseanlæg i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver (N); procentvis fundhyppighed hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen (>DG%), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale koncentration blandt prøverne (maks. konc). Enheden er ug/l.

Renseanlæg; avanceret		2023		2018-2023						
Enhed µg/l		N	>DG, %	Median	maks. konc.	N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
Dibuthyltin (DBT)	Tilløb	15	67	2	3	50	54	3	6	8
	Udløb	15	0	-	-	50	0	-	-	-
Monobutyltin (MBT)	Tilløb	15	100	17	80	50	100	18	39	200
	Udløb	15	100	6	19	50	98	6	30	78
Tributyltin (TBT)	Tilløb	15	0	-	-	50	4	4	6	6
	Udløb	15	0	-	-	50	0	-	-	-

**Tabel 3.69.** Organotin i spildevand for mekaniske renseanlæg i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver (N); procentvis fundhyppighed hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen (>DG%), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale koncentration blandt prøverne (maks. konc). Enheden er ug/l.

Renseanlæg, mekanisk		2023		2018-2023						
Enhed µg/l		N	>DG, %	Median	maks. konc.	N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
Dibuthyltin (DBT)	Tilløb	11	45	2	7	80	31	3	9	17
	Udløb	11	18	3	4	80	23	3	7	7
Monobutyltin (MBT)	Tilløb	11	100	36	78	80	98	17	52	120
	Udløb	11	100	16	48	80	96	15	52	160
Tributyltin (TBT)	Tilløb	11	0	-	-	80	1,3	6	6	6
	Udløb	11	0	-	-	80	1,3	5	5	5

**Tabel 3.70.** Organotin i spildevand for RBU fælleskloak i perioden 2018-2022. Tabellen præsenterer antal prøver (N); procentvis fundhyppighed hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen (>DG%), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale koncentration blandt prøverne (maks. konc). Enheden er ug/l.

RBU fælles kloak		2018-2022				
Enhed µg/l		N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
Dibuthyltin (DBT)	Udløb	31	48	0,003	0,005	0,007
Monobutyltin (MBT)	Udløb	31	100	0,014	0,030	0,150
Tributyltin (TBT)	Udløb	31	3,2	0,005	0,005	0,005

### Perfluorede stoffer

Perfluorede stoffer (PFAS) bliver målt i spildevand for avancerede og mekaniske renseanlæg, til- og udløb, samt i RBU fælles kloak udløb. Se tabel 3.71-3.73.

Der er stor spredning på fundprocenterne både for til- og udløb for avancerede og mekaniske renseanlæg (tabel 3.71 og 3.72). Mediankoncentrationerne er dog betydelig mere ensartede for til- og udløb og ligger i intervallet DG-0,0051 µg/l, bortset fra FTS (0,015 µg/l ved tilløb for mekanisk renseanlæg). Dog ses der også høje maksimumkoncentrationer, specielt for PFPA for mekanisk og avancerede renseanlæg (0,23 og 0,11 µg/l i tilløb) og for PFHxA, avancerede renseanlæg (0,13µg/l i tilløb). For PFOSA er fundprocenten lav for tilløb, 0-6% for begge typer renseanlæg. For flere andre PFAS er der meget lave fundprocenter for mekaniske renseanlæg og RBU fælles kloak (tabel 3.73), men det samme er ikke tilfældet for avancerede renseanlæg, hvor

fundprocenten generelt er højere. Fjernelsesgraden i renseanlæggene er overordnet ikke godudløb. For flere af stofferne er fundprocenten og koncentrationerne højere ved udløb end ved tilløb, hvilket kan skyldes, en omdannelse i anlæggene af andre PFAS til de målte stoffer.

**Tabel 3.71.** Perfluorerede stoffer i spildevand for avancerede renseanlæg i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver (N); procentvis fundhyppighed hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen (>DG%), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale koncentration blandt prøverne (maks. konc). Enheden er ug/l.

Renseanlæg; avanceret	2023				2018-2023					
	Enhed ug/l	N	>DG, %	Median	maks. konc.	N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
Fluorotelomersulfonsyre (FTS)	Tilløb	15	87	0,0012	0,0046	50	60	0,0017	0,0046	0,0150
	Udløb	14	64	0,0010	0,0072	49	55	0,0023	0,0091	0,0250
Perfluorbutansulfonsyre (PFBS)	Tilløb	14	100	0,0020	0,0054	49	67	0,0016	0,0065	0,0092
	Udløb	14	100	0,0021	0,0057	49	73	0,0022	0,0056	0,0078
Perfluorbutansyre (PFBA)	Tilløb	15	100	0,0031	0,0320	50	86	0,0028	0,0064	0,0320
	Udløb	14	100	0,0030	0,0100	49	90	0,0035	0,0053	0,0100
Perfluorodecansyre (PFDA)	Tilløb	15	73	0,0007	0,0030	50	32	0,0009	0,0021	0,0030
	Udløb	14	64	0,0007	0,0010	49	39	0,0010	0,0022	0,0049
Perfluoroheptansyre (PFHpA)	Tilløb	14	100	0,0012	0,0480	49	65	0,0015	0,0025	0,0480
	Udløb	14	100	0,0016	0,0150	49	84	0,0017	0,0035	0,0150
Perfluorhexansulfonsyre (PFHxS)	Tilløb	15	27	0,0019	0,0029	50	28	0,0018	0,0028	0,0110
	Udløb	14	86	0,0005	0,0016	49	49	0,0006	0,0022	0,0077
Perfluorohexansyre (PFHxA)	Tilløb	15	100	0,0031	0,1300	50	82	0,0027	0,0060	0,1300
	Udløb	14	100	0,0046	0,0370	49	96	0,0051	0,0166	0,1300
Perfluorononansyre (PFNA)	Tilløb	15	67	0,0005	0,0040	50	26	0,0005	0,0023	0,0040
	Udløb	14	71	0,0005	0,0014	49	35	0,0008	0,0026	0,0041
Perfluoroktansulfonamid (PFOSA)	Tilløb	15	6,7	0,0007	0,0007	50	2,0	0,0007	0,0007	0,0007
	Udløb	14	21	0,0004	0,0004	49	6,1	0,0004	0,0004	0,0004
Perfluoroktansulfonsyre (PFOS)	Tilløb	15	93	0,0024	0,0180	50	84	0,0026	0,0108	0,0290
	Udløb	14	100	0,0015	0,0043	49	96	0,0017	0,0048	0,0140
Perfluorooctansyre (PFOA)	Tilløb	15	100	0,0033	0,0680	50	94	0,0033	0,0062	0,0680
	Udløb	14	100	0,0037	0,0200	49	100	0,0045	0,0078	0,0200
Perfluorpentansyre (PFPA)	Tilløb	15	100	0,0025	0,1100	50	78	0,0024	0,0174	0,1100
	Udløb	14	100	0,0028	0,0300	49	88	0,0032	0,0142	0,0330

**Tabel 3.72.** Perfluorerede stoffer i spildevand for mekaniske renseanlæg i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver (N); procentvis fundhyppighed hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen (>DG%), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale koncentration blandt prøverne (maks. konc). Enheden er ug/l.

Renseanlæg, mekanisk	2023				2018-2023					
	Enhed µg/l	N	>DG, %	Median	maks. konc.	N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
Fluorotelomersulfonsyre (FTS)	Tilløb	10	20	0,0118	0,0220	79	13	0,0037	0,0235	0,0370
	Udløb	8	13	0,0180	0,0180	77	5	0,0150	0,0194	0,0200
Perfluorbutansulfonsyre (PFBS)	Tilløb	10	0	-	-	79	6	-	-	-
	Udløb	8	63	0,0011	0,0019	77	19	0,0015	0,0026	0,0027
Perfluorbutansyre (PFBA)	Tilløb	10	100	0,0024	0,0035	79	66	0,0026	0,0052	0,0090
	Udløb	8	100	0,0022	0,0041	77	66	0,0028	0,0061	0,0120
Perfluorodecansyre (PFDA)	Tilløb	10	30	0,0012	0,0023	79	10	0,0017	0,0032	0,0054
	Udløb	8	13	0,0012	0,0012	77	10	0,0017	0,0021	0,0022
Perfluoroheptansyre (PFHpA)	Tilløb	10	20	0,0008	0,0012	79	15	0,0012	0,0013	0,0018
	Udløb	8	63	0,0006	0,0014	77	29	0,0014	0,0022	0,0120
Perfluorhexansulforsyre (PFHxS)	Tilløb	10	0	-	-	79	3	0,0021	0,0023	0,0024
	Udløb	8	25	0,0010	0,0010	77	12	0,0015	0,0037	0,0048
Perfluorohexansyre (PFHxA)	Tilløb	10	80	0,0010	0,0011	79	30	0,0012	0,0016	0,0020
	Udløb	8	88	0,0012	0,0017	77	40	0,0017	0,0025	0,0110
Perfluorononansyre (PFNA)	Tilløb	10	20	0,0021	0,0038	79	5	0,0030	0,0057	0,0065
	Udløb	8	13	0,0006	0,0006	77	13	0,0012	0,0037	0,0054
Perfluoroktansulfonamid (PFOSA)	Tilløb	10	0	-	-	79	0	-	-	-
	Udløb	8	25	0,0027	0,0045	77	4	0,0012	0,0038	0,0045
Perfluoroktansulfonsyre (PFOS)	Tilløb	10	80	0,0017	0,0022	79	65	0,0021	0,0040	0,0130
	Udløb	8	63	0,0045	0,0059	77	65	0,0033	0,0080	0,0120
Perfluoroktansyre (PFOA)	Tilløb	10	100	0,0019	0,0094	79	76	0,0023	0,0039	0,0110
	Udløb	8	100	0,0017	0,0021	77	75	0,0025	0,0051	0,0140
Perfluorpentansyre (PFPA)	Tilløb	10	30	0,0006	0,0006	78	18	0,0034	0,0383	0,2300
	Udløb	8	88	0,0012	0,0018	76	41	0,0024	0,0140	0,0600

**Tabel 3.73.** Perfluorerede stoffer i spildevand for RBU fælleskloak i perioden 2018-2022. Tabellen præsenterer antal prøver (N); procentvis fundhyppighed hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen (>DG%), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale koncentration blandt prøverne (maks. konc). Enheden er ug/l.

RBU fælles kloak	2018-2023					
Enhed µg/l		N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
1H, 1H,2H,2H- Perfluoroktansulfonsyre	Udløb	21	0	-	-	-
Fluorotelomersulfonsyre (FTS)	Udløb	10	0	-	-	-
Perfluorbutansulfonsyre (PFBS)	Udløb	31	3	0,0016	0,0016	0,0016
Perfluorbutansyre (PFBA)	Udløb	31	68	0,0020	0,0051	0,0170
Perfluorodecansyre (PFDA)	Udløb	31	6,5	0,0016	0,0022	0,0024
Perfluoroheptansyre (PFHpA)	Udløb	31	10	0,0010	0,0015	0,0016
Perfluorhexansulforsyre (PFHxS)	Udløb	31	0	-	-	-
Perfluorohexansyre (PFHxA)	Udløb	31	42	0,0019	0,0031	0,0167
Perfluorononansyre (PFNA)	Udløb	31	6,5	0,0019	0,0021	0,0022
Perfluoroktansulfonamid (PFOSA)	Udløb	31	3,2	0,0008	0,0008	0,0008
Perfluoroktansulfonsyre (PFOS)	Udløb	31	29	0,0020	0,0032	0,0048
Perfluoroktansyre (PFOA)	Udløb	31	39	0,0028	0,0050	0,0068
Perfluorpentansyre (PFPA)	Udløb	31	6,5	0,0007	0,0009	0,0010

## Pesticider

Pesticider bliver målt i spildevand for RBU separat kloak til- og udløb, i spildevand og sediment fra regnvandsbassin. Se tabel 3.74 og 3.75.

For RBU separat kloak blev 2,6-dichlorbenzamid (BAM) ikke fundet i til- og udløb, og diuron blev ikke fundet i udløb og kun med en fundprocent på 1,4 i tilløb. AMPA og glyphosat havde høje fundprocenter for både tilløb og udløb (80-96%). Resten af pesticiderne varierede med 11-61% i fundprocent i tilløb og 6-47% i udløb (tabel 3.74).

I sediment fra regnvandsbassin, RBU separat kloak, måles fire pesticider. Kun cypermethrin blev detekteret i to ud af 10 prøver, dvs. en fundprocent 20% (tabel 3.75).

**Tabel 3.74.** Pesticider i spildevand for RBU separat kloak i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver (N); procentvis fundhyppighed hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen (>DG%), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale koncentration blandt prøverne (maks. konc). Enheden er µg/l.

RBUSeparat kloak		2023		2018-2023						
		N	>DG, %	Median	maks. konc.	N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
2,6-Dichlorbenzamid	Tilløb	18	0	-	-	74	0	-	-	-
	Udløb	18	0	-	-	74	0	-	-	-
AMPA	Tilløb	18	100	0,19	0,98	74	95	0,18	0,74	1,8
	Udløb	18	56	0,07	0,2	74	80	0,05	0,20	0,66
Dicamba	Tilløb	18	33	0,19	2,5	74	11	0,19	1,38	2,5
	Udløb	18	17	0,16	0,5	74	6,8	0,07	0,36	0,5
Diflufenican	Tilløb	18	17	0,04	0,25	74	38	0,032	0,27	3,5
	Udløb	18	11	0,10	0,13	74	27	0,04	0,08	0,13
Diuron	Tilløb	18	0	-	-	74	1,4	0,01	0,01	0,01
	Udløb	18	0	-	-	74	0	-	-	-
Glyphosat	Tilløb	18	94	0,2	2,5	74	96	0,2	2,5	40
	Udløb	18	56	0,05	0,48	74	85	0,06	0,48	2,4
MCPA	Tilløb	18	33	0,16	32	74	36	0,11	0,37	32
	Udløb	18	33	0,05	1,2	74	38	0,04	0,20	7
Mechlorprop	Tilløb	18	61	0,022	0,140	74	61	0,030	0,095	0,140
	Udløb	18	39	0,023	0,077	74	47	0,026	0,060	0,077
Prosulfocarb	Tilløb	18	17	0,026	0,03	74	18	0,06	0,18	0,40
	Udløb	18	6	0,022	0,022	74	9,5	0,07	0,14	0,14

**Tabel 3.75.** Pesticider i sediment i regnvandsbassin, RBU separat kloak, i perioden 2018-2022. Tabellen præsenterer antal prøver (N); procentvis fundhyppighed hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen (>DG%), medianværdi, 90%-percentil samt maksimale koncentration blandt prøverne (maks. konc). Enheden er mg/kg TS.

RBUSeparat kloak, regnvandsbassin, sediment	2023				2018-2023				
	N	>DG, %	Median	maks. konc.	N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
Chlorpyrifos	2	0	-	-	10	0	-	-	-
Cypermethrin	2	0	-	-	10	20	0,09	0,11	0,11
Isoproturon	2	0	-	-	10	0	-	-	-
Tau-fluvalinat	2	0	-	-	10	0	-	-	-

## Blødgørere

Blødgørere måles i spildevand for avanceret og mekanisk renseanlæg (tilløb og udløb), RBU fælleskloak (udløb), RBU separat kloak (tilløb og udløb) samt i sediment i regnvandsbassin RBU separat kloakudløb. Se tabel 3.76-3.80.

Di(2-ethylhexyl)-phthalate (DEHP) og diisononylphthalate (DINP) blev fundet i de højeste fundprocenter ved tilløb (92-100%) og i de højeste mediankoncentrationer for alle typer anlæg, både renseanlæg og RBU. En almindelig kilde til DEHP og DINP er PVC. RBU separat kloak (tabel 3.78) har dog gennemgående lavere mediankoncentrationer sammenlignet med renseanlæg (tabel 3.76 og 378) og RBU, fælleskloak (Tabel 3.79). Bortset fra avancerede renseanlæg, ses der lav fjernelsesgrad af DEHP og DINP. Di(2-ethylhexyl)adipat (DEHA) og di-n-octylphthalat (DNOP) bliver stort set ikke påvist hverken i renseanlæg eller RBU anlæggene. Benzylbutylphthalat (BBP) bliver fundet i tilløb ved avancerede renseanlæg, men ikke for mekanisk renseanlæg eller RBU anlæggene. Der blev målt lidt færre forskellige phthalater i sediment fra regnvandsbassin (tabel 3.80), men ellers er billedet det samme, generelt er mediankoncentrationerne for sediment lave.

**Tabel 3.76.** Blødgørere i spildevand for avancerede renseanlæg i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver (N); procentvis fundhyppighed hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen (>DG%), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale koncentration blandt prøverne (maks. konc). Enheden er ug/l.

Renseanlæg; avanceret		2023				2018-2023				
		N	>DG, %	Median	maks. konc.	N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
Benzylbutylphthalat (BBP)	Tilløb	15	47	0,04	0,25	50	50	0,03	0,07	0,25
	Udløb	15	7	0,11	0,11	50	12	0,13	0,50	0,86
Di(2-ethylhexyl)adipat (DEHA)	Tilløb	15	0	-	-	50	2	0,12	0,12	0,12
	Udløb	15	0	-	-	50	0	-	-	-
Di(2-ethylhexyl)-phthalate (DEHP)	Tilløb	15	93	3,50	7,50	50	98	4,90	8,20	15,00
	Udløb	15	40	0,46	1,50	50	38	0,38	1,08	1,50
Dibutylphthalat (DBP)	Tilløb	15	60	0,16	0,27	50	72	0,21	0,42	0,78
	Udløb	15	0	-	-	50	8	0,11	0,12	0,12
Diethylphthalat (DEP)	Tilløb	15	100	0,81	2,80	50	100	1,40	2,30	4,80
	Udløb	15	33	0,14	0,54	50	20	0,17	0,33	0,54
Diisononylphthalate (DINP)	Tilløb	15	53	5,50	41,00	50	86	14	21	41
	Udløb	15	27	0,51	4,10	50	50	0,37	3,10	7,40
Di-n-octylphthalat (DNOP)	Tilløb	15	27	0,12	0,22	50	14	0,12	0,18	0,22
	Udløb	15	0	-	-	50	0	-	-	-

**Tabel 3.77.** Blødgørere i spildevand for mekaniske renseanlæg i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver (N); procentvis fundhyppighed hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen (>DG%), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale koncentration blandt prøverne (maks. konc). Enheden er ug/l.

Renseanlæg, mekanisk		2023				2018-2023				
		N	>DG, %	Median	maks. konc.	N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
Benzylbutylphthalat (BBP)	Tilløb	11	0	-	-	80	7,5	0,1	0,2	0,2
	Udløb	11	0	-	-	80	2,5	0,1	0,1	0,1
Di(2-ethylhexyl)adipat (DEHA)	Tilløb	11	0	-	-	80	2,5	0,3	0,4	0,4
	Udløb	11	0	-	-	80	3,8	0,3	0,6	0,7
Di(2-ethylhexyl)-phthalate (DEHP)	Tilløb	11	100	8,7	23,0	79	99	12,0	24,0	70,0
	Udløb	11	100	7,9	25,0	80	99	11,0	20,8	66,0
Dibutylphthalat (DBP)	Tilløb	11	64	0,2	0,7	80	55	0,2	0,6	1,3
	Udløb	11	27	0,2	0,2	80	45	0,2	0,5	0,9
Diethylphthalat (DEP)	Tilløb	11	91	2,4	13,0	80	90	0,8	6,0	19,0
	Udløb	11	55	0,5	8,7	80	73	0,6	5,2	19,0
Diisononylphthalate (DINP)	Tilløb	11	45	6,8	43,0	80	89	6,8	19,0	100,0
	Udløb	11	45	0,3	23,0	80	85	5,4	16,3	87,0
Di-n-octylphthalat (DNOP)	Tilløb	11	0	-	-	80	3,8	0,2	0,2	0,2
	Udløb	11	0	-	-	80	6,3	0,2	0,4	0,4

**Tabel 3.78.** Blødgørere i spildevand for RBU separat kloak i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver (N); procentvis fundhyppighed hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen (>DG%), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale koncentration blandt prøverne (maks. konc). Enheden er ug/l.

RBU separat kloak		2023				2018-2023				
		N	>DG, %	Median	maks. konc.	N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
Di(2-ethylhexyl)-phthalate (DEHP)	Tilløb	18	100	2,1	8,6	74	92	0,7	3,4	8,6
	Udløb	18	89	1,9	5,9	74	59	0,8	3,3	5,9
Diethylphthalat (DEP)	Tilløb	18	11	0,1	0,1	74	5,4	0,2	0,2	0,3
	Udløb	18	0	-	-	74	0	-	-	-
Diisononylphthalate (DINP)	Tilløb	18	61	0,8	5,8	74	88	1,8	3,8	5,8
	Udløb	18	50	0,5	6,6	74	42	0,3	2,3	6,6

**Tabel 3.79.** Blødgørere i spildevand for RBU fælleskloak i perioden 2018-2022. Tabellen præsenterer antal prøver (N); procentvis fundhyppighed hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen (>DG%), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale koncentration blandt prøverne (maks. konc). Enheden er ug/l.

RBU fælles kloak		2018-2022				
		N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
Benzylbutylphthalat (BBP)	Udløb	31	0	-	-	-
Di(2-ethylhexyl)adipat (DEHA)	Udløb	31	10	0,14	0,23	0,25
Di(2-ethylhexyl)-phthalate (DEHP)	Udløb	31	100	2,40	5,30	57,0
Dibutylphthalat (DBP)	Udløb	31	61	0,15	0,27	0,31
Diethylphthalat (DEP)	Udløb	31	77	0,24	0,41	0,80
Diisononylphthalate (DINP)	Udløb	31	100	6,1	14,0	42,0
Di-n-octylphthalat (DNOP)	Udløb	31	3,2	0,11	0,11	0,11

**Tabel 3.80.** Blødgørere i sediment i regnvandsbassin, RBU separat kloak, i perioden 2018-2022. Tabellen præsenterer antal prøver (N); procentvis fundhyppighed hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen (>DG%), medianværdi, 90%-percentil samt maksimale koncentration blandt prøverne (maks. konc). Enheden er mg/kg TS.

RBU separat kloak, regnvandsbassin, sediment	2023				2018-2023					
	Enhed mg/kg TS	N	>DG, %	Median	maks. konc.	N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
Benzylbutylphthalat (BBP)		0	-	-	-	4	0	-	-	-
Di(2-ethylhexyl)adipat (DEHA)		2	0	-	-	10	10	0,01	0,01	0,01
Di(2-ethylhexyl)-phthalate (DEHP)		2	100	1,2	1,2	10	80	1,3	2,3	3,1
Diisononylphthalate (DINP)		2	0	-	-	10	60	17	22	23

### Phenoler

Phenoler måles i spildevand for avanceret og mekanisk renseanlæg (tilløb og udløb), RBU fælleskloak (udløb), RBU separat kloak (tilløb og udløb) samt i sediment i regnvandsbassin RBU separat kloakudløb. Alle phenoler er dog ikke målt ved alle typer anlæg. Se tabel 3.81-3.85.

Bisphenol A er målt på alle typer anlæg, både renseanlæg og RBU. Der er høje fundprocenter (73-100%) for bisphenol A for både til- og udløb for renseanlæg og RBU fælleskloak. RBU separat kloak har en fundprocent på 19% ved udløb. Selvom brugen af bisphenol A i dag er reguleret, tyder dette på, at dets anvendelse i plastik stadig er ret udbredt. Mediankoncentrationerne for bisphenol A for renseanlæg og RBU anlæg ved udløb ligger mellem 0,02-0,13 µg/l. Phenol er ligeledes målt på alle typer anlæg, men ikke i sediment i regnvandsbassin. For phenol i mekanisk renseanlæg (tabel 3.82) og RBU fælleskloak (tabel 3.84) ses ligeledes høje fundprocenter (tabel 3.83) ved udløb (90-98%), men ikke for avanceret (tabel 3.81) og RBU separat kloak, hvor fundprocenten er betydelig lavere ved udløb (26-44%). For nonylphenoler ses en høj fjernelsesgrad i avancerede renseanlæg, men ikke i mekaniske anlæg. Den højere fjernelsesgrad af phenoler skyldes sandsynligvis det biologiske renselin i de avancerede renseanlæg. I sediment fra regnvandsbassin (tabel 3.85), er det primært 4-tert-octylphenol (fundprocent 100) der bliver fundet, men i lave mediankoncentrationer.

**Tabel 3.81.** Phenoler i spildevand for avancerede renseanlæg i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver (N); procentvis fundhyppighed hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen (>DG%), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale koncentration blandt prøverne (maks. konc). Enheden er ug/l.

Renseanlæg; avanceret	2023				2018-2023					
	Enhed µg/l	N	>DG, %	Median	maks. konc.	N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
Bisphenol A	Tilløb	15	100	0,26	0,72	50	100	0,46	0,83	2,80
	Udløb	15	73	0,03	0,07	50	80	0,04	0,08	0,12
Nonylphenol-diethoxylater (NP2EO)	Tilløb	15	7	0,75	0,75	50	10	0,90	2,38	2,90
	Udløb	15	0	-	-	50	0	-	-	-
Nonylphenoler	Tilløb	15	80	0,17	1,10	50	88	0,20	0,52	1,40
	Udløb	15	0	-	-	50	4	0,06	0,07	0,07
Nonylphenol-monoethoxylater (NP1EO)	Tilløb	15	27	0,49	0,64	50	48	0,52	1,51	2,00
	Udløb	15	0	-	-	50	0	-	-	-
Phenol	Tilløb	15	100	11	120	50	100	41	111	150
	Udløb	15	53	0,2	0,5	50	44	0,2	0,4	0,5

**Tabel 3.82.** Phenoler i spildevand for mekaniske renseanlæg i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver (N); procentvis fundhyppighed hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen (>DG%), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale koncentration blandt prøverne (maks. konc). Enheden er ug/l.

Renseanlæg, mekanisk		2023				2018-2023				
		N	>DG, %	Median	maks. konc.	N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
Bisphenol A	Tilløb	11	100	0,2	0,7	80	100	0,4	0,7	1,3
	Udløb	11	82	0,2	1,2	80	90	0,4	0,8	1,5
Nonylphenol-diethoxylater (NP2EO)	Tilløb	11	0	-	-	80	6,3	0,4	0,7	0,8
	Udløb	11	0	-	-	80	13	0,8	2,6	5,6
Nonylphenoler	Tilløb	11	73	0,10	0,19	80	71	0,1	0,4	0,68
	Udløb	11	27	0,14	0,18	80	59	0,2	0,4	1,5
Nonylphenol-monoethoxylater (NP1EO)	Tilløb	11	64	0,35	0,57	80	66	0,4	1,0	1,9
	Udløb	11	27	0,18	0,34	80	56	0,3	1,1	4
Phenol	Tilløb	11	100	87	300	80	99	31,0	182	370
	Udløb	11	100	0,63	380	80	98	6,0	223	380

**Tabel 3.83.** Phenoler i spildevand for RBU separat kloak i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver (N); procentvis fundhyppighed hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen (>DG%), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale koncentration blandt prøverne (maks. konc). Enheden er ug/l.

RBU separat kloak		2023				2018-2023				
		N	>DG, %	Median	maks. konc.	N	>DG, %	Median	90% per- centil	maks. konc.
Bisphenol A	Tilløb	18	100	0,08	0,24	74	97	0,06	0,15	0,27
	Udløb	18	33	0,03	0,1	74	19	0,02	0,11	0,19
Nonylphenoler	Tilløb	18	6	0,36	0,36	74	4,1	0,06	0,30	0,36
	Udløb	18	0	-	-	74	0	-	-	-
Phenol	Tilløb	18	83	0,2	75	74	80	0,3	1,5	75
	Udløb	18	28	0,6	1,6	74	26	0,6	1,7	2,1

**Tabel 3.84.** Phenoler i spildevand for RBU fælleskloak i perioden 2018-2022. Tabellen præsenterer antal prøver (N); procentvis fundhyppighed hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen (>DG%), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale koncentration blandt prøverne (maks. konc). Enheden er ug/l.

RBU fælles kloak		2018-2022				
		N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
Bisphenol A	Udløb	31	100	0,13	0,31	0,49
Nonylphenol-diethoxylater (NP2EO)	Udløb	31	10	0,18	0,31	0,34
Nonylphenoler	Udløb	31	71	0,09	0,12	0,28
Nonylphenol-monoethoxylater (NP1EO)	Udløb	31	52	0,11	0,24	0,32
Phenol	Udløb	31	90	0,6	1,2	3,6



**Tabel 3.85.** Phenoler i sediment i regnvandsbassin, RBU separat kloak, i perioden 2018-2022. Tabellen præsenterer antal prøver (N); procentvis fundhyppighed hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen (>DG%), medianværdi, 90%-percentil samt maksimale koncentration blandt prøverne (maks. konc). Enheden er mg/kg TS.

RBU separat kloak, regnvandsbassin, sediment	2023				2018-2023				
	N	>DG, %	Median	maks. konc.	N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
4-n-octylphenol	2	0	-	-	11	0	-	-	-
4-Nonylphenol	2	0	-	-	11	9	0,0063	0,0063	0,0063
4-tert-octylphenol	2	100	0,016	0,021	11	82	0,007	0,015	0,021
Nonylphenol-diethoxylater (NP2EO)	2	0	-	-	11	0	-	-	-
Nonylphenoler	2	0	-	-	11	18	0,13	0,14	0,14
Nonylphenol-monoethoxylater (NP1EO)	2	50	0,033	0,033	11	27	0,038	0,048	0,051

### Halogenerede alifatiske kulbrinter

Halogenerede alifatiske kulbrinter er målt i spildevand for avanceret og mekanisk renseanlæg, til- og udløb, samt RBU fælleskloak, udløb. Se tabel 3.86-3.88.

Fundprocenten for stofferne ligger på 53-80% for tilløb for mekanisk og avanceret renseanlæg. For de avancerede renseanlæg (tabel 3.86) falder fundprocenten til 8-14% ved udløb, mens den for de mekaniske anlæg (tabel 3.87) ligger på samme høje fundprocent på 79-80% for udløb. For RBU fælles kloak (tabel 3.88), udløb er kun chloroform blevet påvist med en fundprocent på 19%. Mediankoncentrationerne er dog for alle typer anlæg meget lave.

**Tabel 3.86.** Halogenerede alifatiske kulbrinter i spildevand for avancerede renseanlæg i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver (N); procentvis fundhyppighed hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen (>DG%), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale koncentration blandt prøverne (maks. konc). Enheden er ug/l.

Renseanlæg; avanceret		2023				2018-2023				
		N	>DG, %	Median	maks. konc.	N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
Tetrachlorethylen	Tilløb	15	60	0,06	1,10	51	63	0,07	0,17	1,10
	Udløb	15	13	0,05	0,05	50	8	0,04	0,05	0,05
Trichlorethylen	Tilløb	15	53	0,10	0,30	51	53	0,14	0,49	0,80
	Udløb	15	7	0,03	0,03	50	8	0,04	0,05	0,05
Trichlormethan	Tilløb	15	67	0,05	0,77	51	78	0,09	0,58	5,00
	Udløb	15	13	0,05	0,07	50	14	0,06	0,14	0,24

**Tabel 3.87.** Halogenerede alifatiske kulbrinter i spildevand for mekaniske renseanlæg i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver (N); procentvis fundhyppighed hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen (>DG%), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale koncentration blandt prøverne (maks. konc). Enheden er ug/l.

Renseanlæg, mekanisk		2023		2018-2023						
		N	>DG, %	Median	maks. konc.	N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
Tetrachlorethylen	Tilløb	11	18	0,26	0,38	79	5,1	0,12	0,31	0,38
	Udløb	11	9,1	0,03	0,03	80	8,8	0,05	0,29	0,33
Trichlorethylen	Tilløb	11	18	0,31	0,32	79	7,6	0,07	0,31	0,32
	Udløb	11	0	-	-	80	6,3	0,04	0,05	0,06
Trichlormethan	Tilløb	11	27	0,06	0,11	79	23	0,06	0,69	2,10
	Udløb	11	18	0,10	0,18	80	16	0,05	0,34	0,49

**Tabel 3.88.** Halogenerede alifatiske kulbrinter i spildevand for RBU fælleskloak i perioden 2018-2022. Tabellen præsenterer antal prøver (N); procentvis fundhyppighed hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen (>DG%), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale koncentration blandt prøverne (maks. konc). Enheden er ug/l.

RBU fælles kloak		2018-2022				
Enhed ug/l		N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
Chloroform	Udløb	31	19	0,04	0,12	0,17
Tetrachlorethylen	Udløb	31	0	-	-	-
Trichlorethylen	Udløb	31	0	-	-	-

### Detergenter

Der måles en anionisk detergent, lineære alkylbenzensulfonater (LAS). LAS bliver målt i spildevand for avanceret og mekanisk renseanlæg (tilløb og udløb), RBU fælleskloak (udløb) samt RBU separat kloak (tilløb og udløb)udløb, hvilket afspejler den udbredte anvendelse i vaskemidler. Se tabel 3.89-3.92.

Fundprocenterne ved tilløb er høje, 98-100% for renseanlæg (tabel 3.89 og 3.90) men ikke RBU separat kloak (tabel 3.91), som er regnvandsbaseret. For avancerede renseanlæg er der høj fjernelsesgrad med en fundprocent på 14% ved udløb. For mekaniske anlæg er der mindre reduktion med en fundprocent på 71%, mens fundprocenten for RBU fælleskloak udløb er 100%. Mediankoncentrationerne for udløb fra mekaniske renseanlæg og RBU fælleskloak ligger på 410-490 ug/l, mens avancerede renseanlæg ligger på 16 ug/l. Medianværdien for separat kloak var lav i både til- og udløb, 13-21 ug/l.

**Tabel 3.89.** Detergenter i spildevand for avancerede renseanlæg i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver (N); procentvis fundhyppighed hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen (>DG%), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale koncentration blandt prøverne (maks. konc). Enheden er ug/l.

Renseanlæg; avanceret		2023		2018-2023						
Enhed ug/l		N	>DG, %	Median	maks. konc.	N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
	Udløb	15	20	13	21	50	14	16	35	49

**Tabel 3.90.** Detergenter i spildevand for mekaniske renseanlæg i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver (N); procentvis fundhyppighed hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen (>DG%), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale koncentration blandt prøverne (maks. konc). Enheden er ug/l.

Renseanlæg, mekanisk		2023				2018-2023				
		N	>DG, %	Median	maks. konc.	N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
Lineære alkylbenzensulfonater (LAS)	Tilløb	11	91	390	1100	80	98	570	1560	4500
	Udløb	11	36	350	680	80	71	490	1840	2900

**Tabel 3.91.** Detergenter i spildevand for RBU separat kloak i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver (N); procentvis fundhyppighed hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen (>DG%), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale koncentration blandt prøverne (maks. konc). Enheden er ug/l.

RBU separat kloak		2023				2018-2023				
		N	>DG, %	Median	maks. konc.	N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
Lineære alkylbenzensulfonater (LAS)	Tilløb	18	6	22	22	74	9,5	13	22	23
	Udløb	18	0	-	-	74	5,4	21	28	31

**Tabel 3.92.** Detergenter i spildevand for RBU fælleskloak i perioden 2018-2022. Tabellen præsenterer antal prøver (N); procentvis fundhyppighed hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen (>DG%), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale koncentration blandt prøverne (maks. konc). Enheden er ug/l.

RBU fælles kloak		2018-2022				
		N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
Lineære alkylbenzensulfonater (LAS)	Udløb	31	100	150	410	760

### Phosphor triestre

Phosphor triestre bliver målt i spildevand for avanceret og mekanisk renseanlæg (tilløb og udløb), RBU fælleskloak (udløb) samt RBU separat kloak (tilløb og udløb). Se tabel 3.93-3.96.

Trichloropropylphosphat (TCPP) har høje fundprocenter for både tilløb og udløb for alle typer anlæg (86-100%). Sammenlignes avancerede renseanlæg (tabel 3.93) med mekaniske renseanlæg (tabel 3.94), ses en betydelig reduktion i TCPP for avancerede anlæg, som ikke ses for mekaniske renseanlæg. Triphenylphosphat bliver fundet i et højt antal prøver for renseanlæg tilløb (78 og 79%) og for udløb 34% og 68%. Udløb for RBU fælleskloak er 77%. For RBU separat kloak (tabel 3.95) er tilløb nede på en fundprocent på 20% for triphenylphosphat.

**Tabel 3.93.** Phosphor triestre i spildevand for avancerede renseanlæg i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver (N); procentvis fundhyppighed hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen (>DG%), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale koncentration blandt prøverne (maks. konc). Enheden er ug/l.

Renseanlæg; avanceret		2023				2018-2023				
		N	>DG, %	Median	maks. konc.	N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
Tri-n-butylphosphat	Tilløb	15	67	0,04	0,30	50	68	0,03	0,05	0,30
	Udløb	15	47	0,03	0,28	50	52	0,03	0,07	0,28
Trichlorpropylphosphat (TCPP)	Tilløb	15	87	1,10	4,70	50	96	2,50	3,66	4,80
	Udløb	15	100	0,36	0,91	50	100	0,40	0,65	0,94
Tricresylphosphat	Tilløb	15	7	0,057	0,057	50	22	0,048	0,076	14,000
	Udløb	15	0	-	-	50	0	-	-	-
Triphenylphosphat	Tilløb	15	80	0,07	0,14	50	78	0,11	0,24	0,33
	Udløb	15	33	0,03	0,07	50	34	0,03	0,04	0,07

**Tabel 3.94.** Phosphor triestre i spildevand for mekaniske renseanlæg i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver (N); procentvis fundhyppighed hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen (>DG%), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale koncentration blandt prøverne (maks. konc). Enheden er ug/l.

Renseanlæg, mekanisk		2023				2018-2023				
		N	>DG, %	Median	maks. konc.	N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
Tri-n-butylphosphat	Tilløb	11	36	0,03	0,04	80	45	0,03	0,07	0,10
	Udløb	11	64	0,03	0,07	80	55	0,04	0,07	0,08
Trichlorpropylphosphat (TCPP)	Tilløb	11	100	2,0	7,0	80	100	1,6	4,8	9,2
	Udløb	11	100	0,8	4,9	80	99	1,4	4,2	6,6
Tricresylphosphat	Tilløb	11	9	0,11	0,11	80	14	0,04	0,06	0,11
	Udløb	11	0	-	-	80	11	0,03	0,05	0,06
Triphenylphosphat	Tilløb	11	91	0,04	1,10	80	79	0,05	0,15	1,20
	Udløb	11	36	0,07	0,11	80	68	0,06	0,19	3,70

**Tabel 3.95.** Phosphor triestre i spildevand for RBU separat kloak i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver (N); procentvis fundhyppighed hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen (>DG%), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale koncentration blandt prøverne (maks. konc). Enheden er ug/l.

RBU separat kloak		2023				2018-2023				
		N	>DG, %	Median	maks. konc.	N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
Tri-n-butylphosphat	Tilløb	18	17	0,03	0,07	74	5,4	0,03	0,06	0,07
	Udløb	18	6	0,06	0,06	74	5,4	0,045	0,06	0,06
Trichlorpropylphosphat (TCPP)	Tilløb	18	72	-	-	74	86	0,16	1,34	7
	Udløb	18	100	0,08	0,3	74	88	0,09	0,17	4,3
Tricresylphosphat	Tilløb	18	0	-	-	74	2,7	0,033	0,043	0,045
	Udløb	18	0	-	-	74	1,4	0,05	0,05	0,05
Triphenylphosphat	Tilløb	18	22	0,028	0,14	74	20	0,03	0,07	0,14
	Udløb	18	0	-	-	74	4,1	0,024	0,026	0,027

**Tabel 3.96.** Phosphor triestre i spildevand for RBU fælleskloak i perioden 2018-2022. Tabellen præsenterer antal prøver (N); procentvis fundhyppighed hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen (>DG%), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale koncentration blandt prøverne (maks. konc). Enheden er ug/l.

RBU fælles kloak		2018-2022				
Enheden ug/l		N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
Tri-n-butylphosphat	Udløb	31	3,2	0,03	0,03	0,03
Trichlorpropylphosphat (TCPP)	Udløb	31	97	0,4	0,8	3,6
Tricresylphosphat	Udløb	31	13	0,024	0,033	0,037
Triphenylphosphat	Udløb	31	77	0,039	0,061	0,069

### Ethere

Ethere bliver målt i spildevand for avanceret og mekanisk renseanlæg, til- og udløb, samt RBU fælleskloak, udløb. Se Tabel 3.97-3.99.

MTBE blev ikke påvist i RBU fælleskloak (tabel 3.99), og blev kun påvist i enkelte prøver for mekaniske renseanlæg (1,3-2,5%), tabel 3.98. For avancerede anlæg (tabel 3.97) var der en fundprocent i tilløb på 30% og i udløb på 24%. Mediankoncentrationerne var dog generelt meget lave, omkring 0,1 ug/l. Triclosan blev ikke påvist i prøverne.

**Tabel 3.97.** Etherer i spildevand for avancerede renseanlæg i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver (N); procentvis fundhyppighed hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen (>DG%), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale koncentration blandt prøverne (maks. konc). Enheden er ug/l.

Renseanlæg; avanceret		2023				2018-2023				
Enheden ug/l		N	>DG, %	Median	maks. konc.	N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
Methyl-tert-butylether	Tilløb	15	60	0,10	0,53	50	30	0,11	0,70	0,90
	Udløb	15	53	0,10	0,46	50	24	0,13	0,46	4,40
Triclosan	Tilløb	15	0	-	-	50	0	-	-	-
	Udløb	15	0	-	-	50	0	-	-	-

**Tabel 3.98.** Ethere i spildevand for mekaniske renseanlæg i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver (N); procentvis fundhyppighed hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen (>DG%), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale koncentration blandt prøverne (maks. konc). Enheden er ug/l.

Renseanlæg, mekanisk		2023				2018-2023				
		N	>DG, %	Median	maks. konc.	N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
Methyl-tert-butylether	Tilløb	11	9,1	0,08	0,08	80	2,5	0,07	0,08	0,08
	Udløb	11	9,1	0,08	0,08	80	1,3	0,08	0,08	0,08
Triclosan	Tilløb	11	0	-	-	79	0	-	-	-
	Udløb	11	0	-	-	80	0	-	-	-

**Tabel 3.99.** Ethere i spildevand for RBU fælleskloak i perioden 2018-2022. Tabellen præsenterer antal prøver (N); procentvis fundhyppighed hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen (>DG%), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale koncentration blandt prøverne (maks. konc). Enheden er ug/l.

RBU fælles kloak		2018-2022				
Enhed ug/l		N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
MTBE	Udløb	31	0	-	-	-
Triclosan	Udløb	31	0	-	-	-

### Farmaceutiske stoffer

Farmaceutiske stoffer blive målt i spildevand i avanceret og mekanisk renseanlæg, til- og udløb, samt RBU fælleskloak, udløb. Se tabel 3.100-3.102.

For avancerede og mekaniske renseanlæg er fundprocenterne med få undtagelser høje (85-100%) for de farmaceutiske stoffer, og der ses kun begrænset eller ingen reduktion i fundprocent og mediankoncentrationer for udløb sammenlignet med tilløb for de fleste stoffer. For avancerede anlæg (tabel 3.100) ses dog en høj fjernelsesgrad af 2-hydroxyibuprofen, ibuprofen, paracetamol og salicylsyre, baseret på både fundprocent og mediankoncentrationer (ved udløb 0,05-0,2 µg/l). Disse fire stoffer har de højeste mediankoncentrationer for tilløb i avancerede renseanlæg med værdier på 11-46 µg/l, hvor resten af de målte farmaceutiske stoffer ligger mellem 0,04-0,8 µg/l. Den samme høje reduktion for 2-hydroxyibuprofen, ibuprofen, paracetamol og salicylsyre ses dog ikke for de mekaniske renseanlæg (tabel 3.101). Her ligger mediankoncentrationerne for udløb på 9,5-64 µg/l. Enkelte farmaceutiske stoffer er detekteret i mindre omfang. Azithromycin, clarithromycin og sulfamethoxazol er alle fundet med betydelig lavere fundprocenter (5-15% for de avancerede renseanlæg). Trimethoprim har lave fundprocenter ved tilløb for avancerede renseanlæg (15%), men har relativt høje fundprocenter for mekaniske tilløb (72%), hvilket kan skyldes, at lægemidlet også anvendes til dyr. For RBU fælles kloak udløb (tabel 3.102) er billedet generelt lidt mere blandet med mere varierede fundprocenter, men det kan skyldes et mindre opland i forhold til renseanlæggene.

**Tabel 3.100.** Farmaceutiske stoffer i spildevand for avancerede renseanlæg i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver (N); procentvis fundhyppighed hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen (>DG%), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale koncentration blandt prøverne (maks. konc). Enheden er ug/l.

Renseanlæg; avanceret	2023				2018-2023					
	Enhed µg/l	N	>DG, %	Median	maks. konc.	N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
2-hydroxyibuprofen	Tilløb	15	100	19	44	50	100	23	46,1	78
	Udløb	15	53	0,8	3,1	50	76	0,5	1,3	3,1
Azithromycin	Tilløb	15	13	0,02	0,03	50	28	0,04	0,11	0,16
	Udløb	15	13	0,01	0,02	50	22	0,03	0,05	0,07
Carbamazepin	Tilløb	15	100	0,07	0,27	50	90	0,08	0,26	0,41
	Udløb	15	100	0,10	0,28	50	98	0,11	0,29	1,00
Citalopram	Tilløb	15	100	0,19	0,52	50	98	0,24	0,48	1,80
	Udløb	15	93	0,11	0,57	50	94	0,14	0,34	0,82
Clarithromycin	Tilløb	15	27	0,015	0,045	50	24	0,042	0,110	0,180
	Udløb	15	13	0,021	0,025	50	20	0,025	0,043	0,055
Diclofenac	Tilløb	15	100	0,05	0,86	50	92	0,08	0,44	1,20
	Udløb	15	100	0,19	0,70	50	96	0,20	0,40	0,72
Furosemid	Tilløb	15	93	0,8	2,0	50	98	0,8	2,0	4,0
	Udløb	15	100	0,9	2,2	50	100	1,1	1,7	4,0
Ibuprofen	Tilløb	15	100	8,5	21,0	50	100	11,0	17,3	22,0
	Udløb	15	53	0,2	0,2	50	52	0,2	0,5	0,8
Naproxen	Tilløb	15	100	1,1	3,9	50	90	0,3	2,3	3,9
	Udløb	15	100	0,1	19,0	50	82	0,1	0,2	19,0
Paracetamol	Tilløb	15	100	23,0	76,0	50	100	39,5	88,6	210,0
	Udløb	15	13	0,62	0,77	50	20	0,05	0,70	0,77
Propranolol	Tilløb	15	100	0,05	0,20	50	92	0,08	0,21	0,45
	Udløb	15	100	0,04	0,07	50	88	0,06	0,09	0,17
Salicylsyre	Tilløb	15	100	21	83	50	100	45,5	74	110
	Udløb	15	33	0,13	0,33	50	54	0,22	0,662	0,92
Sulfamethiazol	Tilløb	15	87	0,4	1,1	50	94	0,3	0,8	4,5
	Udløb	15	100	0,1	0,7	50	100	0,2	0,6	2,4
Sulfamethoxazol	Tilløb	15	53	0,021	0,077	50	60	0,050	0,111	0,270
	Udløb	15	40	0,019	0,024	50	56	0,031	0,085	0,210
Tramadol	Tilløb	15	100	0,5	1,4	50	98	0,6	1,5	4,9
	Udløb	15	100	0,4	1,6	50	98	0,6	1,4	4,5
Trimethoprim	Tilløb	15	67	0,07	0,17	50	72	0,05	0,12	0,21
	Udløb	15	67	0,03	0,10	50	68	0,04	0,09	0,16

**Tabel 3.101.** Farmaceutiske stoffer i spildevand for mekaniske renseanlæg i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver (N); procentvis fundhyppighed hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen (>DG%), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale koncentration blandt prøverne (maks. konc). Enheden er ug/l.

Renseanlæg, mekanisk		2023				2018-2023				
		N	>DG, %	Median	maks. konc.	N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
2-hydroxyibuprofen	Tilløb	11	100	50	290	79	100	22	110	290
	Udløb	11	100	9,2	180	80	100	13,5	67,5	180
Azithromycin	Tilløb	11	0	-	-	80	5,0	0,02	0,03	0,028
	Udløb	11	0	-	-	80	5,0	0,02	0,03	0,027
Carbamazepin	Tilløb	11	45	0,15	1	80	24	0,15	4,52	48
	Udløb	11	45	0,15	1	80	31	0,07	3,42	5,2
Citalopram	Tilløb	11	73	0,57	1,60	80	63	0,14	0,81	1,6
	Udløb	11	73	0,03	0,71	80	63	0,07	0,66	1,8
Clarithromycin	Tilløb	11	0	-	-	80	6,3	0,02	0,03	0,032
	Udløb	11	0	-	-	80	5,0	0,02	0,03	0,03
Diclofenac	Tilløb	11	100	0,2	1,2	80	89	0,2	1,2	16
	Udløb	11	73	0,2	1,6	80	81	0,1	1,4	14
Furosemid	Tilløb	11	73	1,0	18,0	80	86	1,3	7,7	18
	Udløb	11	64	0,4	8,1	80	84	1,0	7,2	12
Ibuprofen	Tilløb	11	100	18	59	79	100	12	29,4	59
	Udløb	11	91	0,8	61	80	96	9,5	27,4	61
Naproxen	Tilløb	11	91	2,9	70	80	71	1,8	24	92
	Udløb	11	82	3,9	88	80	69	1,5	14,6	92
Paracetamol	Tilløb	11	91	110	490	80	91	79	254	580
	Udløb	11	55	99,5	440	80	85	61	279	820
Propranolol	Tilløb	11	27	0,11	0,21	80	31	0,05	0,23	0,62
	Udløb	11	18	0,07	0,07	80	30	0,06	0,23	0,47
Salicylsyre	Tilløb	11	100	55	110	79	95	25	62,2	140
	Udløb	11	82	1,1	95	80	85	11	54,9	130
Sulfamethiazol	Tilløb	11	45	0,05	4,90	80	45	0,05	5,05	79
	Udløb	11	45	0,02	0,44	80	51	0,02	1,3	97
Sulfamethoxazol	Tilløb	11	27	1,7	5,5	80	14	0,3	1,8	5,5
	Udløb	11	18	0,3	0,4	80	13	0,2	0,7	2,6
Tramadol	Tilløb	11	91	3,2	8,3	80	95	0,7	8,3	15
	Udløb	11	100	3	5,4	80	98	0,7	4,8	14
Trimethoprim	Tilløb	11	27	0,32	0,73	80	15	0,09	0,46	0,73
	Udløb	11	18	0,24	0,24	80	11	0,12	0,31	0,58



**Tabel 3.102.** Farmaceutiske stoffer i spildevand for RBU fælleskloak i perioden 2018-2022. Tabellen præsenterer antal prøver (N); procentvis fundhyppighed hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen (>DG%), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale koncentration blandt prøverne (maks. konc). Enheden er ug/l.

RBU fælles kloak		2018-2022				
Enhed µg/l		N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
2-hydroxyibuprofen	Udløb	31	97	2,9	6,6	13,0
Azithromycin	Udløb	31	10	0,052	0,079	0,086
Carbamazepin	Udløb	31	71	0,036	0,078	0,170
Citalopram	Udløb	31	90	0,052	0,110	0,180
Clarithromycin	Udløb	31	6,5	0,085	0,094	0,096
Diclofenac	Udløb	31	81	0,02	0,12	0,26
Erythromycin	Udløb	31	6,5	0,10	0,16	0,17
Erythrosin	Udløb	2	0	-	-	-
Furosemid	Udløb	31	97	0,36	0,97	1,5
Ibuprofen	Udløb	31	97	1,5	3,8	19
Naproxen	Udløb	31	81	0,2	0,6	3,3
Paracetamol	Udløb	30	100	17	34	100
Propranolol	Udløb	31	35	0,02	0,02	0,04
Salicylsyre	Udløb	31	97	1,03	4,07	15
Sulfamethiazol	Udløb	31	52	0,10	0,43	0,92
Sulfamethoxazol	Udløb	31	26	0,03	0,06	0,08
Tramadol	Udløb	31	97	0,2	0,5	1,1
Trimethoprim	Udløb	31	35	0,03	0,06	0,46

### Østrogener

Østrogenerne bliver målt i spildevand i avanceret og mekanisk renseanlæg, til- og udløb, samt RBU fælleskloak, udløb. Se tabel 3.103-3.105.

Østron er fundet i det højeste antal prøver for både renseanlæg og RBU fælleskloak. For tilløb til renseanlæg er fundprocent 96-100% og for udløb 76% for mekaniske anlæg (tabel 3.104) og 46% af prøver for avancerede anlæg (tabel 3.103). For RBU fælleskloak (tabel 1.05) er fundprocenten ved udløb 100%. 17Beta-østradiol har næsthøjeste fundprocent på 56-64% ved tilløb, mens ethinyløstradiol stort set ikke bliver påvist i prøverne.

**Tabel 3.103.** Østrogener i spildevand for avancerede renseanlæg i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver (N); procentvis fundhyppighed hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen (>DG%), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale koncentration blandt prøverne (maks. konc). Enheden er ug/l.

Renseanlæg; avanceret		2023		2018-2023						
Enhed µg/l		N	>DG, %	Median	maks. konc.	N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
17Beta-østradiol	Tilløb	15	27	0,019	0,021	50	64	0,043	0,019	0,021
	Udløb	15	13	0,002	0,003	50	4	0,003	0,002	0,003
Ethinyløstradiol	Tilløb	15	0	-	-	50	2	0,042	0,042	0,042
	Udløb	15	0	-	-	50	0	-	-	-
Østron	Tilløb	15	100	0,071	0,180	50	100	0,069	0,122	0,800
	Udløb	15	47	0,007	0,044	50	46	0,005	0,020	0,044

**Tabel 3.104.** Østrogen i spildevand for mekaniske renseanlæg i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver (N); procentvis fundhyppighed hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen (>DG%), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale koncentration blandt prøverne (maks. konc). Enheden er ug/l.

Renseanlæg, mekanisk		2023					2018-2023				
		N	>DG, %	Median	maks. konc.	N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.	
17Beta-østradiol	Tilløb	11	27	0,0076	0,025	79	56	0,0043	0,0174	0,089	
	Udløb	11	9,1	0,026	0,026	80	43	0,0035	0,00977	0,026	
Ethinyløstradiol	Tilløb	11	0	-	-	79	0	-	-	-	
	Udløb	11	0	-	-	80	0	-	-	-	
Østron	Tilløb	11	100	0,00011	0,00022	79	96	0,055	0,115	0,22	
	Udløb	11	73	0,000044	0,0002	80	76	0,048	0,12	0,22	

**Tabel 3.105.** Østrogen i spildevand for RBU fælleskloak i perioden 2018-2022. Tabellen præsenterer antal prøver (N); procentvis fundhyppighed hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen (>DG%), medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale koncentration blandt prøverne (maks. konc). Enheden er ug/l.

RBU fælles kloak		2018-2022				
Enhed ug/l		N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
17Beta-østradiol	Udløb	31	48	0,002	0,005	0,006
Ethinyløstradiol	Udløb	31	6,5	0,009	0,014	0,016
Østron	Udløb	31	100	0,014	0,030	0,041

## 4 Gennemgang af data for udvalgte parametergrupper på tværs af medierne

I dette kapitel gennemgås metaller, PAHer og aromater samt organotin forbindelser på tværs af medier og matricer. Data fra marine stationer, ferskvand og punktkilder (renseanlæg) er blevet vurderet i matricerne vand og spildevand, sediment og biota. Alle tilgængelige data fra 1998 til 2023 er inddraget, men da der er forskel på tidsserierne indenfor de forskellige medier, er der primært lagt vægt på kortere tidsserier af hensyn til sammenligningsmulighederne. På baggrund af data er trend og niveauer vurderet indenfor de enkelte medier.

Der er i kapitlet både anvendt miljøkvalitetskrav og -kriterier. For en beskrivelse af forskellen mellem disse to samt hvilke der er anvendt i denne rapport henvises der til bilag 3.

For at kunne sammenligne parametre på tværs af matricer og områder, med det formål at kunne give en overordnet vurdering af belastningen indenfor de udvalgte stofgrupper, er der taget udgangspunkt i såkaldte forurenings- eller risikoindekser. Der findes flere tilgange og metoder til dette (Gustavson et. al. 2023). I forbindelse med denne rapport er det primære mål at skabe et generelt overblik fremfor at give en samlet vurdering. I denne rapport er der taget udgangspunkt i 'Chemical status assesment tool' (CHASE) værktøjet (Andersen et al.), som er velegnet til vurdering på tværs af matricer og medier.

Princippet i CHASE er, at der beregnes en samlet koncentration ( $C_m$ ) for hver parameter i hver matrice i hvert medie. Denne værdi divideres med en tærskelværdi ( $T_m$ ), til beregning af en 'Kontamineringsratio',  $CR=C_m/T_m$ . På baggrund af disse værdier kan der opstilles matrix baseret på medier og matricer. CHASE modellen beregner efterfølgende en samlet status værdi,  $CS$ , baseret på basis af de enkelte  $CR$ -værdier.

I denne rapport anvendes CHASE princippet til beregning af kontamineringsratioer  $CR$ , men der beregnes ikke en samlet statusværdi.  $C_m$  er beregnet som median for de enkelte medier og matricer og opdelt på regioner for at give et overblik over, om der er forskel på de forskellige områder i Danmark. Da region Syddanmark dækker både Nordsøen og Vadehavet på den ene side og indre Danske farvande som Lillebælt, er denne region opdelt i Sønderjylland og Fyn/øerne for at adskille den meget åbne Nordsø fra de lukkede indre danske bæltter. Som tærskelværdier er anvendt miljøkvalitetskrav og -kriterier. Vurdering er derfor kun foretaget på stoffer, hvor der er fastsat miljøkvalitetskrav og -kriterier. Beregnede værdier (median/MKK) betegnes i denne rapport som risikokvotienter.

Afhængig af medie er der taget udgangspunkt i forskellige tidsserier, Spildevand, udløb fra renseanlæg, mekanisk og avanceret, 1998-2023, ferskvand 2011/12-2023, dog 1998-2023 for metaller i vandløb, og marint biota 2012-2023. Der er lavet beregninger for metaller og PAHer. For organotin var der ikke tilstrækkelig med data over detektionsgrænsen for alle medier og matricer til at kunne fortage robuste beregninger.

For spildevand, renseanlæg, vandløbsvand samt ferskvands sediment for søer og vandløb er der anvendt et statistisk værktøj fra MetalStat (Sørensen et al,

2024) til beregning af medianværdier. Dette er gjort fordi, dette værktøj kan tage højde for koncentrationsmålinger, som ligger under detektionsgrænsen, herunder varierende detektionsgrænser. Værktøjet anvender en normallog fordeling af data og iteration til estimering af værdier under detektionsgrænsen på basis data i stedet for en fastlagt arbitrær værdi (som for eksempel 0,5xDL). Princippet er beskrevet i Sørensen et. al. 2021. Desuden kan værktøjet tage højde for variation i målingerne mellem årene. For biota-data er der beregnet almindelige medianværdier uden inddragelse af data under detektionsgrænsen på grund af et mere begrænset datasæt.

## 4.1 Metaller

*Martin Mørk Larsen*

Metaller er målt i både vand fra vandløb (9 metaller), 15 metaller i renseanlæg (WWTP) og 9 metaller i sediment fra søer samt marine muslinger (9 metaller inkl. kviksølv) og kviksølv i fisk på tværs af marine vande, vandløb og søer.

### Kviksølv

For søfisk er der 84 prøver i perioden 2011 til 2017, der kan sammenlignes med perioden 2018 til 2023, hvoraf 58 var lavere i 2018 til 2023, og kun 28 var højere. I gennemsnit var koncentrationerne 94% af koncentrationen i 2011-2017, men som median værdi 82% lavere, men det dækker et span på 11% til 321%, dvs. ca. 9x lavere til 3 gange højere. Noget af forskellen kan tilskrives forskellige arter de to år, hvis der kun ses på søer med samme arter, er der 79 prøver, hvilket ikke ændrer signifikant på resultaterne (max 292% stigning og middel 94%, medianen er den samme). Der er 4 stationer med 3 års prøver, hvor en lineær regression viser 3 faldende med i gennemsnit 4 µg/kg pr. år i perioden 2011-2023, og en station med stigende tendens (3 µg/kg pr. år). R<sup>2</sup> er 0,62-0,88 for de 4 regressioner.

For vandløbsfisk er der 33 prøver med data fra både perioden 2011-2017 og 2018-2023, med 21-174% genfinding (91% gennemsnit, 89% median) for stationerne, hvor de 14 var stigende og 19 faldende. Sorteres prøver hvor det ikke er samme art fra er der kun 22 prøver, hvor 9 stiger og 13 falder, og af disse er der 7 stationer med målinger mindst 3 år i hver periode, de 2 viser stigende tendens, 3 viser faldende tendens og for 2 er r<sup>2</sup> lavere end 0,15. Stationen ved store vejle Å, Vejlebrovej viser et kraftigt fald som skyldes et meget højt udgangspunkt, ellers er ændringerne -3 til 3 µg/kg pr. år.

I de marine prøver var der ingen signifikant udvikling for fiskestationerne, men 3 stationer med signifikante tidstrend på muslingestationer, 2 op og 1 ned.(figur 4.2, tabel 4.2)

Der er ikke defineret et gyldigt MKK for kviksølv i fersk- og marint vand, men der er et forslag på 70 ng/l for fersk- og saltvand i EQS dossieret for kviksølv (2005). Det anbefales kun at bruge fiske kravet i dossieret. Figur 4.1 viser kviksølvmålinger i forhold til MKK for biota og ferskvand taget fra dossieret. Ud fra MKK'erne kan der beregnes en risikokvotient eller ratio mellem målte koncentrationer og MKK'erne for den gældende matrice. Figur 4.1 viser et boxplot af ratioen for marine muslinger (ukorrigeret og trofisk korrigeret), de tre fiske overvågningsprogrammer, vandløbs vand og renseanlæg. Muslingernes trofisk justerede krav er sat til 1,25 µg/kg VV mod fisk 20 µg/kg VV jævnfør (Larsen&Strand, 2018). Boxplot viser spændet af 25 til 75%

percentilen som en boks, med en linje der indikerer medianværdien inde i boksen. Et par linjer stikker op og ned som indikation for laveste og højeste prøver der hører til datasættet og alle prøver, der falder udenfor disse defineres som outliers og markeres som individuelle prikker.

**Tabel 4.1.** Samlet vurdering af kviksølv fra 1998/2012 til 2023 som ratioer til MKK for fisk (20 µg/kg VV, dog 1,25 µg/kg VV for trofisk korrigerede muslinger) og ferskvand/spildevand (70 ng/l).

<b>Matrix</b>	<b>Marin musling</b>	<b>Musling trofisk korrigeret.</b>	<b>Marin fisk</b>	<b>Vandløbsfisk</b>	<b>Søfisk</b>	<b>Vandløbsvand</b>	<b>Renseanlæg udløb</b>
n	272	272	90	267	280	4	130
min	0,20	3,20	0,38	0,04	0,01	0,07	< DL
median	0,70	11,20	2,43	2,85	3,11	0,13	< DL
90% Percentil	1,69	27,04	8,95	6,23	22,88	0,25	2,87
maks	6,81	108,96	33,05	30,15	144,65	0,29	27,14

Medianværdierne af ratioerne baseret på muskel koncentrationerne er ca. ens for de tre fiskeovervågningsprogrammer (tabel 4.1). Der er ikke taget hensyn til omregningen mellem hele fisk og muskel (se afsnit 3.1) i tabel 4.1 og figur 4.1. I overvågningen benyttes 4 marine arter: Rødspætter, skrubber, ålekvabber og sortmundet kutling. Der er et større span i arter i ferskvand, selvom de fleste vandløbsfisk er ørred, er der også fanget lige fra hundestejler til gedder, hvilket giver et større spænd i de trofiske niveauer. For søerne bruges fortrinsvis aborre, som skal være over en vis størrelse for at blive predator og opnå det trofiske niveau den normalt regnes for. Men også her er der fanget både hundestejler og gedder for nogle søer. For vandprøver er det desuden væsentligt at huske, at opholdstiden af vandet er større i søer, og bundmaterialet mere organisk, hvilket potentielt kan give dannelse af methyalkviksølv som opkoncentreres mere i fisk end uorganisk kviksølv.

Hvis der ikke korrigeres for trofisk niveau for marine muslinger, er der en stigende udvikling i ratioen (figur 4.1) fra medianværdien for muslinger, marine-, vandløbs og sø-fisk, med en lille spredning for muslingerne ("boksens" størrelse), en noget større spredning for marine fisk, som er på samme niveau som vandløbsfisk, samt stor spredning (25-75%) for søfisk.

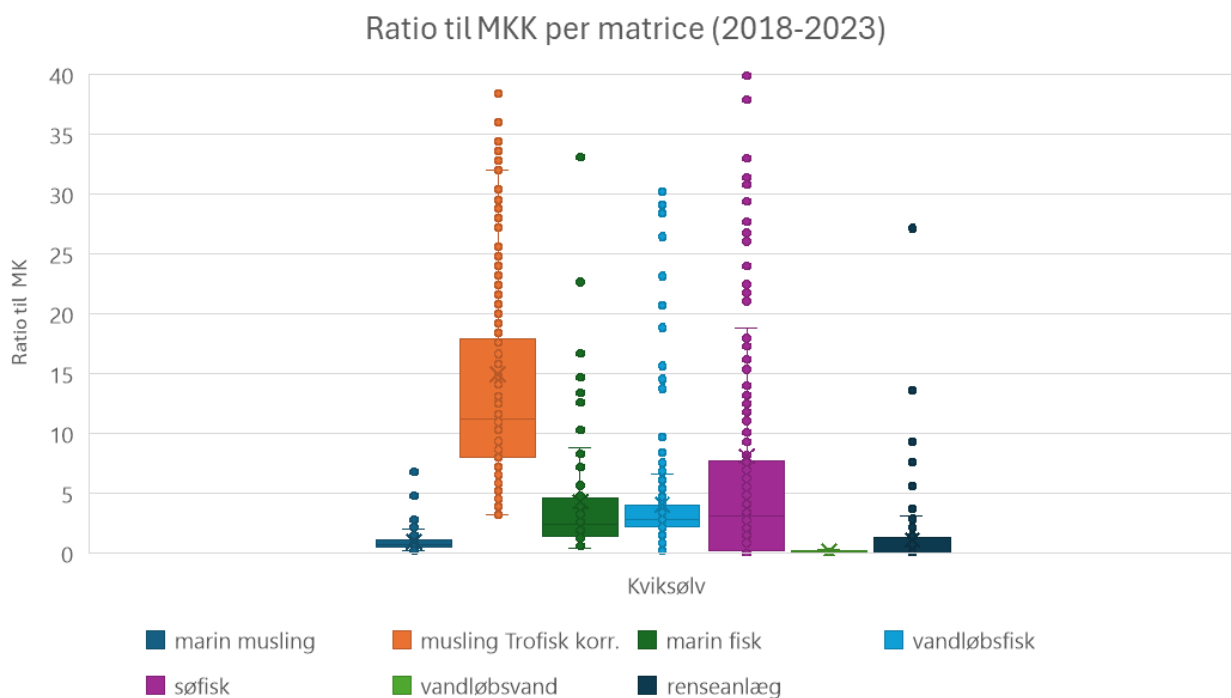
Med trofisk korrektion af muslinger (orange bar), lader ratioen til at "overkompensere" muslingernes påvirkning og vise væsentligt højere ratioer end fiskemuskler. Det indikerer, at den trofisk-korrigerede MKK værdien er alt for lav i forhold til fisk, og derfor overkompenser betydningen af det trofiske niveau.

Det skal bemærkes at lipidindholdet i fiskemuskler og bløddele af muslinger er nogenlunde ens (1-2%), så for organiske stoffer der måles i fiskemuskel og muslinger vil lipid-normalisering ikke have stor betydning.

Endelig er der kun få målinger af kviksølv fra 2021 i vandløbsvand, så tallene repræsenterer stort set alle de 4 målinger.

Detektionsgrænserne for kviksølvanalyserne i renseanlægsudløb er i 2/3 af målingerne ikke tilstrækkelig til at vise et resultat. Detektionsgrænserne varierer mellem 2 ng/l, median 50 ng/l og helt op til 3000 ng/l (3 µg/l). 90%

percentilen er ca. 200 ng/l, så detektionsgrænser på 50 ng/l for spildevandsprøver er et absolut minimumskrav, hvis data skal kunne bruges, og 2 ng/l vil være ønskværdigt.



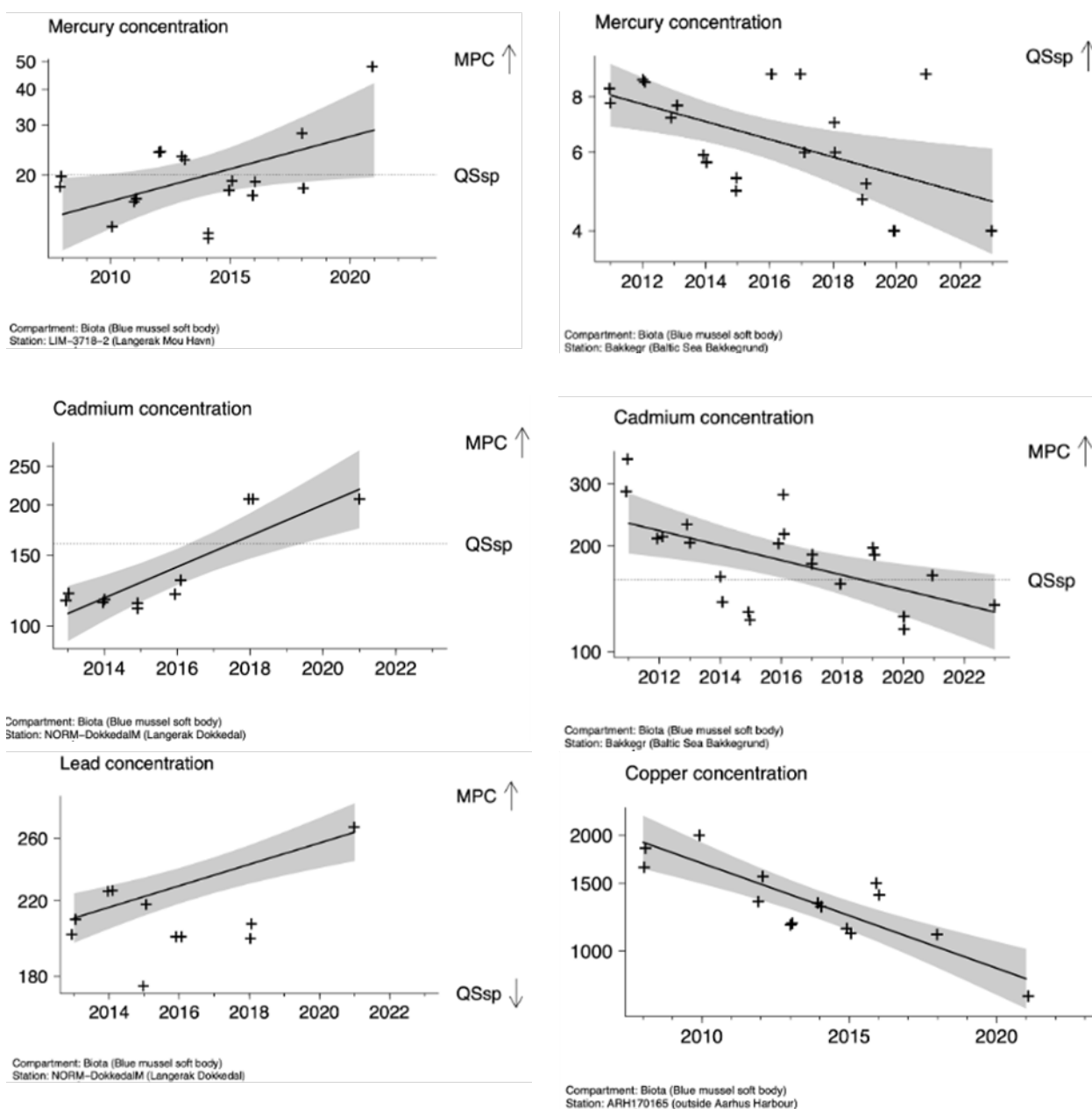
**Figur 4.1.** Kviksølvmålinger i forhold til MKK.

### Andre metaller

For marine prøver er der mange stationer med nok gentagne prøvetagninger til at kunne gennemføre tidstrend analyser. Under et fælles projekt mellem OSPAR, HELCOM og AMAP er et analyseværktøj HARSAT (HARSAT, 2024) udviklet til R, som, baseret på dataudtræk fra ICES DOME databasen, genererer individuelle tidstrends for stationer med mere end 3 års data indenfor de sidste 6 år. Hvis der er mere end 6 års data, vil der blive fittet en ikke-lineær model. Modellen vurderer de sidste 6 års tidsligeudvikling statistisk i log-lineær transformation for at lave MFS data tilnærmelsesvis normalfordelte, hvilke de oftest ikke er. Resultaterne for danske data rapporteret fra VanDa og tidligere ODA til ICES er blevet analyseret, og tabel 4.2 viser antallet af signifikante tidstrends og deres tendens retning. Figur 4.2 viser nogle eksempler på disse tidstrends. Bemærk at der for både kviksølv og cadmium er både opadgående og faldende tidstrends, men for bly kun opadgående tidstrends, hvorimod der for kobber og organotin kun er faldende tendenser over de sidste 6 år, med et gennemsnitlig fald på hhv. 10 % og 11,6% pr år for de 4 og 8 stationer med signifikante faldende tidstrends.

**Tabel 4.2.** Tidstrend analyser udført på alle data tilgængelige i ICES for metaller og organotin (tributyltin = TBT, dibutyltin = DBT, monobutyltin = MBT). For metallerne er Hg både fisk og muslinger, Cd, Pb og Cu er kun muslingestationer.

Parameter	Hg	Cd	Pb	Cu	TBT	DBT	MBT
% op	0,8%	1,1%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
% ned	0,4%	2,3%	0,0%	2,4%	26,7%	0,0%	3,3%
#stationer	263	176	169	169	30	4	30



**Figur 4.2.** Eksempler på tidstrend analyser lavet vha. HARSAT værktøjet på marine stationer. QSsp er de danske MKK og MPC er fødevarerkravene. Pilen angiver at MPC eller QSsp befinder sig over/under den del af akser, som er vist på figuren.

For biota i ferskvand er der ikke nok gentagelser af stationerne til at man kan lave tidstrendanalyser på denne måde, da det kræver mindst 4 resultater at kunne lave lineær regression, og helst flere resultater indenfor de sidste 6 år.

For renseanlæg ses det at sammenlignes koncentrationerne for hele perioden med 2018-2023 findes der 7 metaller der i median er faldet i forhold til 1998-2023, og 4 med øget koncentration, kun aluminium, barium og kobber er øget på mediankoncentrationen.

### Regionale forskelle

For at se på de regionale forskelle mellem landsdelene er der beregnet en "risikokvotient" svarende til CHASE for de enkelte regioners data. Medianværdien for disse ratioer for hver region er vist i figur 4.3 (dog Sønderjylland delt op i prøver vest for Jylland (Sønderjylland) og øst for Jylland (Fyn og øer)).

Kviksølvresultaterne fordelt på de 5 landsdele viser ligesom boxplottet i figur 4.1, at der ikke er stor forskel på tværs af landet. Dette gælder dog ikke for marine fisk, hvor der er en tydelig tendens til højere koncentrationer i prøver fra hovedstadsområdet. Dette kan tilskrives flere prøver fra kendte forurenede områder (Kalvebodløbet og Københavns havn). Ligeledes ses højere koncentrationer af kviksølv i prøver af spildevand fra Nordjylland sammenlignet med de øvrige områder. Generelt er koncentrationen af kviksølv i biotaprøver højere end MKK (ratio >1) hvorimod vandprøverne har koncentrationer under (ratio <1).

Kun kviksølv måles på tværs af alle fisk og muslinger fra vandløb, søer og marineområder. Kviksølvkoncentrationerne er generelt lavest i marine muslinger, fulgt af marine fisk, lidt højere i vandløbsfisk og højest i søfisk. For de øvrige metaller måles der i vand fra vandløb og spildevand, sediment fra søer og vandløb.

For bly, cadmium, krom, kviksølv og nikkel er koncentrationsniveauerne generelt højere i spildevand end i vandløbsvand. For arsen derimod varierer koncentrationen mellem at være højest i spildevand og i vandløbsvand afhængig af regionerne, men generelt er koncentrationen nogenlunde ens.

For bly og cadmium i ferskvandssediment er indholdet i søsediment generelt højere end i vandløbssediment. Dette skyldes sandsynligvis dels den længere opholdstid af vand i søerne, og dels det ofte mere finkornede sediment og større organisk kulstof indhold, som giver flere muligheder for at opkoncentrere metallerne i sedimentet.

Koncentrationerne af arsen, krom og nikkel i vandprøverne er generelt lavere end MKK (undtagen nikkel fra spildevand i Nordjylland og Sønderjylland på begge sider, der er op til ratio 1.1). For muslinger er ratioen generelt over 1 for kviksølv, cadmium, bly og arsen. Især for arsen mangler et baggrunds niveau for vurderingen overfor MKK. Der er et naturligt højt arsen-indhold i havvand (1-4 µg/l typisk) som MKK for marin biota ikke synes at tage højde for. Ligeledes er det typisk ikke uorganisk (giftigt) arsen der findes her, men forskellige arsenosukre, arsenobetain eller andre organiske arsenforbindelser, som ikke er særligt giftige (Tibon et al, 2023).

Endelig er cadmium og bly målt i både marine muslinger samt vand og sediment fra vandløb og søer. For spildevand ser der ud til at være højere koncentrationer i Østdanmark, men det afspejles ikke i vand- og sedimentkoncentrationer fra vandløb og søer. Søsediment i Midtjylland viser forhøjet ratio i forhold til resten af landet, men ellers er cadmium og bly i vandløbssediment og vand jævnt fordelt over hele landet, og med en ratio <1.





**Figur 4.3.** Ratio af metal koncentrationer vs. MKK-værdier for biota, sediment og vandprøver hvor de er målt i prøver fra marine områder, vandløb, søer og spildevand, udløb. Bemærk forskellige skalaer for biota, vand og sediment, akse angiver hvilke prøvetyper der er indikeret på højre og venstre Y-akse.

## Opsummering

Koncentrationerne af kviksølv i muslinger samt marine, vandløbs- og søfisk stiger med ovennævnte rækkefølge. Dette skyldes formodentlig trofisk niveau stigning fra musling til fisk, og derefter afstanden til punktkilder og diffus forurening fra land. Endelig har den højere opholdstiden af vandet i søer sandsynligvis også betydning. Regionalt er der en stor forskel på Hovedstaden og de øvrige landsdele for kviksølv i de marine fisk, sammenholdt med indholdet i sø- og vandløbsfisk, dette kan forklares med det højere befolkningstal, industriproduktion og historisk kendte forureninger i København og omegn.

Spildevandskoncentrationerne er generelt højere end koncentrationerne i vandløbsvand med en faktor 2-10, dog undtagen for arsen som er næsten ens

i spildevand og vandløbsvand. For bly, cadmium og arsen er der en tendens til højere koncentrationer på Sjælland og ved Hovedstaden sandsynligvis som følge af større befolkning og industripåvirkning. Bortset fra disse ser fordelingen imellem landsdelene ud til at være rimelig jævnt. For søsediment er der nogle høje risikokvotienter for cadmium og bly fra Midtjylland, men ellers en jævn fordeling i koncentrationsniveau i sediment mellem landsdelene i både vandløbs og søsediment.

For metallerne i marine prøver er den tidlige udvikling afhængig af områder og metaller. For kobber ses der i marine prøver et fald i de prøver, hvor der er en tidlig udvikling, og for bly stigninger. Cadmium og kviksølv viser både stigninger og fald. For de tre sidste metaller er der lavet mange indgreb og begrænsninger i anvendelsen, så forventningen var generelt faldende tendenser.

Risikokvotienterne for metaller i muslinger (og fisk for kviksølv) er generelt over 1 for kviksølv, cadmium, bly og arsen, med faktorer på 2-12 for kviksølv og 50-180 for arsen. Resultatet understøtter den seneste MST basisanalyse for vandområdeplaner 2021-2027 (<https://mst.dk/erhverv/rent-miljoe-og-sikker-forsyning/vandmiljoe/vandomraadeplaner/overblik-vandomraadeplanerne-2021-2027/basisanalysen-2021-2027>) og tilstandsvurderinger 2021 (<https://mst.dk/erhverv/rent-miljoe-og-sikker-forsyning/vandmiljoe/vandomraadeplaner/overblik-vandomraadeplanerne-2021-2027/tilstandsvurderinger-2021>), at kviksølv, cadmium og bly er årsag til manglende målsætningsopfyldelse i mange vandrammedirektivsområder. Arsen niveauet er sandsynligvis naturligt, da det meste arsen i muslinger er organiske forbindelser som er mindre giftige end uorganisk arsen, men dette tager MKK fastlæggelsen og analysen for total arsen ikke hensyn til.

## 4.2 PAHer og aromatiske kulbrinter

*Pia Lassen*

PAHer er en stofgruppe, som stammer naturligt fra olie (petrogene kilder), men PAHer dannes også ved afbrænding (pyrogene kilder) af træ, kul og olie. For nærmere beskrivelse af PAHer se af snit 2.2.

I NOVANA programmet findes der data for PAHer i marine muslinger, i ferskvandssediment fra søer og vandløb, i punktkilder i RBU separatkloak spildevand, tilløb og udløb, samt regnvandsbassin, sediment. For renseanlæg er der data i spildevand, tilløb og udløb, frem til og med 2015.

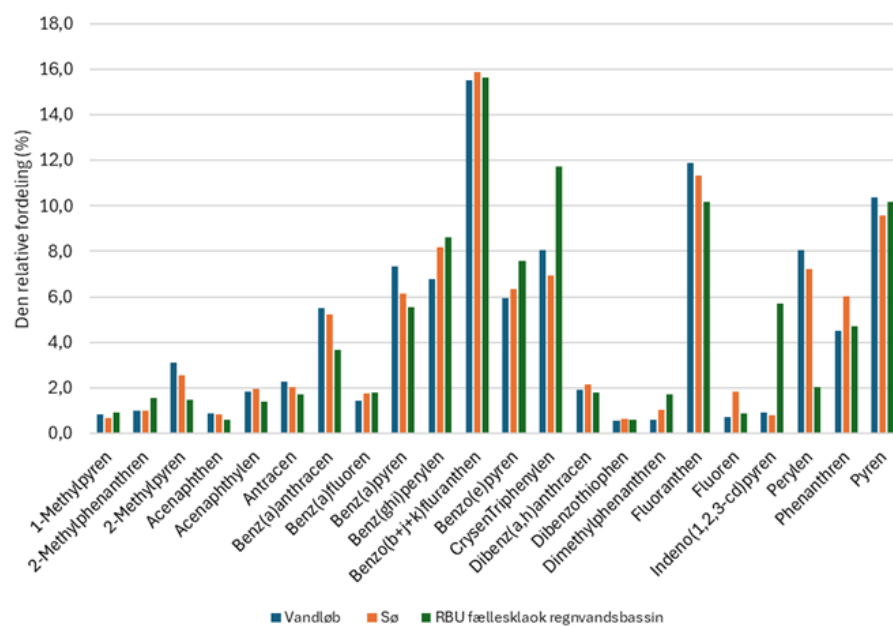
For de aromatiske kulbrinter er der data i marine muslinger, i sediment for ferskvand fra søer og vandløb og for punktkilder er der data i renseanlæg i spildevand, tilløb og udløb samt RBU både spildevand og regnvandsbassin, sediment. Naphthalen og de methylerede naphthalener er de eneste af de aromatiske kulbrinter, der bliver målt i alle medier.

I nedenstående afsnit gennemgås forekomst, trend og niveauer for PAHer og aromatiske kulbrinter. Data vil blive præsenteret for udvalgte PAHer og aromatiske kulbrinter for overskuelighedens skyld. Der er data tilbage til 1998, men ikke for alle medier. Der er primært taget udgangspunkt i data fra 2011/12 og frem til 2023, da der fra 2011/12 begynder at være et tilstrækkeligt datagrundlag.

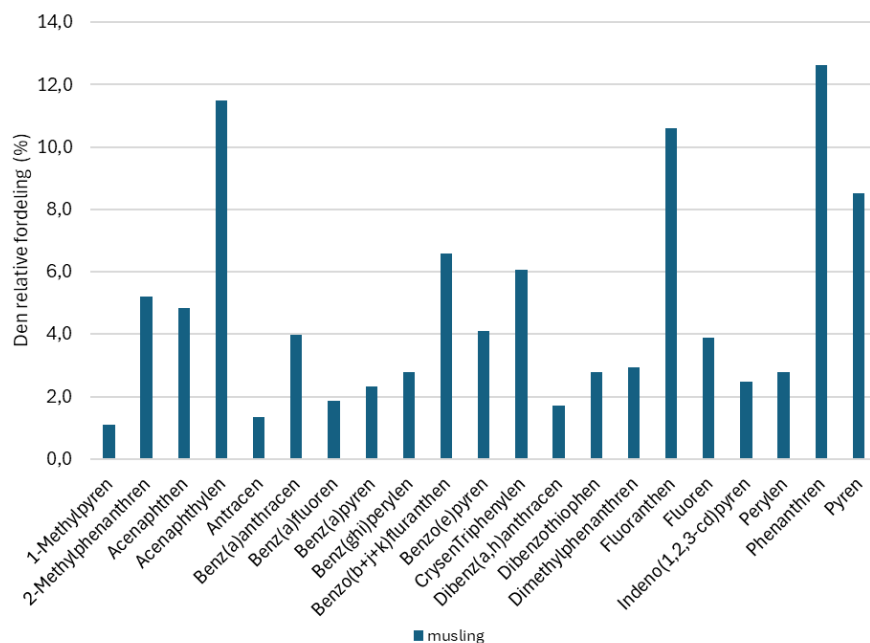
Der er nogle få PAHer, der gennemgående skiller sig ud for alle medier med højere koncentrationer end resten: benzo(b+j+k)fluranthen, pyren og fluoranthen. Af hensyn til robustheden i data er der primært taget udgangspunkt i disse PAHer i forbindelse med præsentation af data

De PAHer, der forekommer i de næsthøjeste koncentrationer, er benzo(ghi)perylen, indeno(1,2,3-cd)pyren, phenanthren og i enkelte tilfælde benzo(a)pyren.

PAHer vil primært bindes til sediment fremfor at være i vandfasen. Sammenligner man den relative fordeling af PAHer i de forskellige typer sediment, der måles i NOVANA, dvs. søer, vandløb og sediment fra regnvandsbassin, er mønstret rimelig ens (figur 4.4). Den relative fordeling af PAHer er en smule anderledes for muslinger, som er den eneste biotatype, hvor der bliver monitoreret for PAHer under NOVANA (figur 4.4). For muslinger er de methylerede PAHer og phenanthren generelt lidt højere, hvilket kan skyldes, at muslinger er udsat for et højere bidrage fra olieholdige kilder, dvs. forureningssammensætningen kan have andre dominerende kilder i det marine, sammenlignet med ferskvand og punktkilder. I figur 4.4 ses den relative sammensætning af PAHer for dels vandløbssediment, søsediment og sediment fra RBU regnvandsbassin og dels i figur 4.5 for muslinger.



**Figur 4.4.** Den relative fordeling af PAHer for sediment i vandløb, søer og RBU regnvandsbassin baseret på mediankoncentrationer 2012-2023



**Figur 4.5.** Den relative fordeling af PAHer for musling baseret på mediankoncentrationer 2012-2023

For naphthalenerne ses de højeste koncentrationer for dimethylnaphthalener i alle matricer. I di- og trimethylnaphthalenerne indgår der flere stoffer i summen. Flest for dimethylnaphthalenerne. For biota ligger koncentrationerne af trimethylnaphthalenerne næsten lige så højt som for dimethylnaphthalenerne. De andre mere vandopløselige aromatiske kulbrinter, dvs. benzen, biphenyl, ethylbenzen, toluen og xylene, bliver målt i punktkilder og enkelte i vandløbsvand, og her er det specielt xylene og toluen, som har de højeste koncentrationstværdier.

I tabel 4.3 og 4.4 ses koncentrationstværuerne for medier og matricer baseret på medianer for PAHer og aromatiske kulbrinter. For renseanlæg er der kun angivet udløbstværdier. Da der er tale om forskellige matricer, kan data ikke direkte sammenlignes, men tabellen kan give en fornemmelse af koncentrationstværuerne. For renseanlæg er der dog en vis bias i forhold til resten af tabellen. Dels er der ikke data frem til 2023 (1998-2015) og dels lave vandopløselighed for specielt de tungere PAHer have betydning for detektionens sammenlignet med sediment.

**Tabel 4.3.** Median koncentrationer for PAHer fordelt på medier og matricer. Tallene kan ikke direkte sammenlignes, da der er tale om måling i forskellige matricer, dels som kan have forskellige detektionsgrænser og dels forskellig affinitet for stofferne. Der forekommer variation i størrelsen af datagrundlaget mellem de forskellige medier. <DG: ingen data over detektionsgrænsen

Matrice	Marint	Vandløb	Sø	RBU fælleskloak		RBU fælleskloak	renseanlæg	Renseanlæg
	Musling	Sediment	Sediment	Sediment	regnvandsbassin	spildevand, udløb	avanceret spildevand, udløb	mekanisk spildevand, udløb
Enhed	µg/kg VV	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	µg/l	µg/l	µg/l
1-Methylpyren	0,2	0,006	0,006	0,012		0,020	0,010	0,019
2-Methylphenanthren	1,2	0,007	0,009	0,020		0,026	0,016	<DG
2-Methylpyren	ND	0,022	0,023	0,019		0,021	0,041	<DG
Acenaphthen	1,1	0,006	0,007	0,008		0,019	0,014	0,012
Acenaphthylen	2,6	0,013	0,017	0,018		0,037	0,013	0,017
Antracen	0,3	0,016	0,018	0,022		0,019	0,016	0,014
Benz(a)anthracen	0,9	0,039	0,046	0,047		0,036	0,019	0,014
Benz(a)fluoren	0,4	0,010	0,016	0,023		0,021	0,014	<DG
Benz(a)pyren	0,5	0,052	0,054	0,071		0,040	0,017	0,015
Benz(ghi)perylene	0,6	0,048	0,072	0,110		0,043	0,015	0,051
Benzo(b+j+k)fluran- then	1,5	0,110	0,140	0,200		0,059	0,028	0,017
Benzo(e)pyren	0,9	0,042	0,056	0,097		0,030	0,013	0,022
CrysenTriphenylen	1,3	0,057	0,061	0,150		0,050	0,019	0,012
Dibenz(a,h)anthracen	0,4	0,014	0,019	0,023		0,020	0,013	<DG
Dibenzothiophen	0,6	0,004	0,006	0,007		0,030	0,051	<DG
Dimethylphenanthren	0,7	0,004	0,009	0,022		0,016	0,016	<DG
Fluoranthren	2,4	0,084	0,100	0,130		0,040	0,019	0,014
Fluoren	0,9	0,005	0,016	0,011		0,015	0,015	0,012
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,6	0,007	0,007	0,073		0,045	0,016	<DG
Perylen	0,6	0,057	0,064	0,026		0,017	0,017	0,019
Phenanthren	2,8	0,032	0,053	0,060		0,028	0,020	0,025
Pyren	1,9	0,074	0,085	0,130		0,039	0,020	0,015

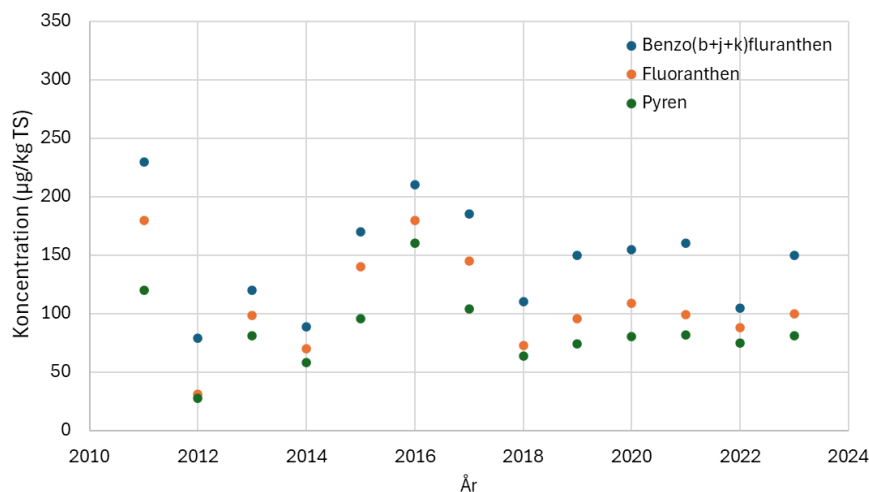
**Tabel 4.4.** Median koncentrationer aromatiske kulbrinter fordelt på medier og matricer. Tallene kan kun delvist sammenlignes, da der er tale om måling i forskellige matricer, som dels kan have forskellige detektionsgrænser og dels forskellig affinitet for stofferne. Der forekommer variation i størrelsen af datagrundlaget mellem de forskellige medier.

Matrice	Marint	Vandløb	Sø	RBU fælleskloak		RBU fælleskloak	Renseanlæg	Renseanlæg
	Musling	Sediment	Sediment	Sediment	regnvandsbassin	spildevand, udløb	avanceret spildevand, udløb	mekanisk spildevand, udløb
Enhed	µg/kg VV	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	µg/l	µg/l	µg/l
Naphthalen	2,514	0,010	0,0250	0,026		0,028	0,032	0,026
1-Methyl-naphthalen	1,022	0,003	0,0051					
2-Methylnaphthalen	1,326	0,004	0,0080	0,011		0,018	0,04	0,055
Dimethylnaphthalener	3,790	0,043	0,4400	0,37		0,053	0,051	0,084
Trimethylnaphthalener	4,025	0,019	0,0320	0,02		0,022	0,045	0,036
Benzen						0,091	0,0765	0,125
Biphenyl						0,021	0,02	0,0265
Ethylbenzen						0,050	0,063	0,13
Toluen		0,435				0,207	0,1	2,5
Xylen		0,172				0,156	0,16	0,12

For søer er der stor forskel mellem maksimumkoncentrationer og 90% percentil (en faktor 5-10), når data for PAHer vurderes over hele tidsperioden. Det betyder, at vi har enkelte søer i Danmark med meget høje koncentrationer af

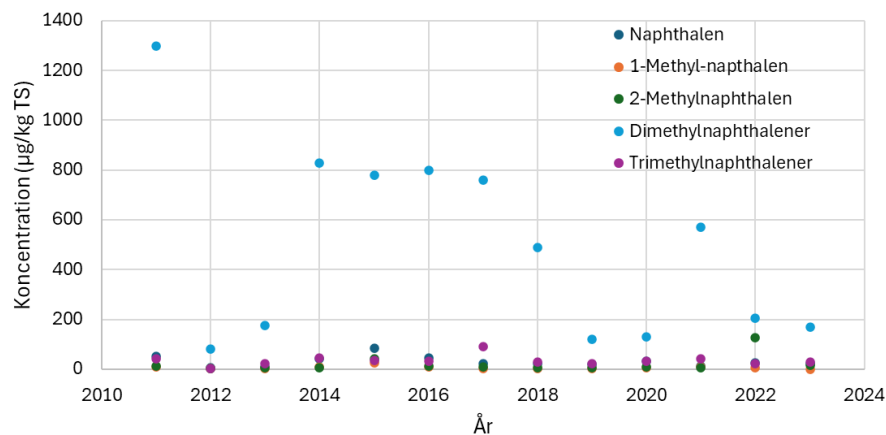
PAHer. Den højeste maksimumkoncentration (benzo(b+j+k)fluoranthen) ligger på 19 mg/kg TS, hvor median ligger på 0,14 mg/kg TS og 90%percentile på 0,772 i mg/kg TS.

Tendensmæssigt er PAH koncentrationerne i søsediment nogenlunde konstante gennem årene, baseret på medianer. I figur 4.6 er mediankoncentrationen for tre PAHer afbilledet som funktion af tid, som eksempel. Frem til 2018 er data mellem årene meget spredte og med forhøjede værdier for 2015-2017. Efter 2018 ser niveauerne ud til at blive mere stabile og med mindre spredning. Om denne ændring skyldes valget af stationer eller en forbedret analysekvalitet vides ikke.



Figur 4.6. Medianer af udvalgte PAH i søsediment.

For de aromatiske kulbrinter, naphthalener, er billedet lidt anderledes. Dimethylnaphthalener findes i langt højere koncentrationer end resten. Data er generelt meget spredt mellem årene for dimethylnaphthalener, men der ses en tendens til faldende koncentrationer. Det samme billede ses ikke for de andre naphthalener, her er koncentrationerne rimelig konstante gennem årene. Igen dog forhøjede værdier for 2015-2017 sammenlignet med den efterfølgende periode. Se figur 4.6. Tilsvarende som PAHerne ses det samme billede med enkelte meget forurenede søer. Maksimumkoncentration for dimethylnaphthalener er 15 mg/kg TS og medianen er 0,44 mg/kg TS, samt en 90% percentil på 1,91 mg/kg TS.



Figur 4.6. Medianer af naphthalerne for søsediment.

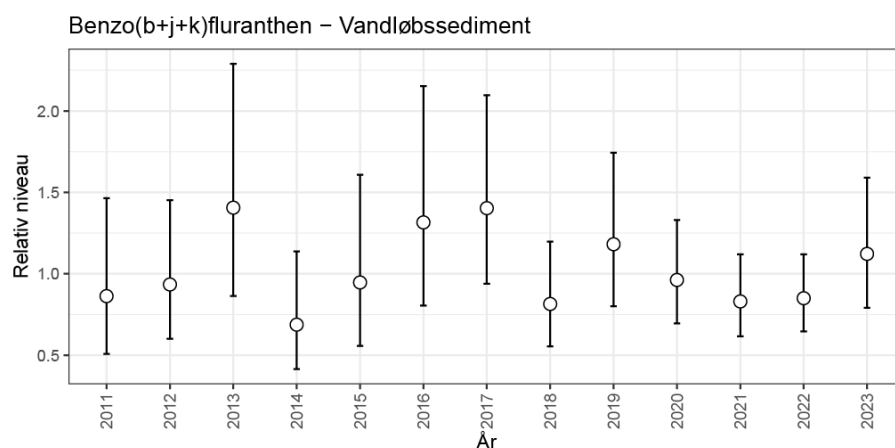
En række søer er målt to til tre gange i perioden 2002-2023. Der findes også enkelte søer, som er blevet undersøgt fire gange på den samme station. En gennemgang af disse data viser, at det er svært at vurdere trend. Det er få data (enkeltmålinger), og årsvariation samt usikkerhed ved prøvetagning og analyse påvirker resultaterne. Til illustration af dette er data fra fire søer på udvalgte PAHer og aromatiske kulbrinter samlet i tabel 4.5.

**Tabel 4.5.** Målte værdier (enkeltprøver) for udvalgte PAHer og aromatiske kulbrinter i søsediment for fire søer hvor der er målt flere gange på samme station. Enheden er µg/kg TS. <DL: Stoffet er ikke påvist i prøven.

Vandområde	År	Benzo(a)-pyren	Benzo(ghi)-perylen	Benzo(b+j+k)-fluranthen	Benzo(e)-pyren	Fluoranthen	Phenanthren	Pyren	Naphthalen	Dimethylnaphthalener
Lovns Sø	2011	26	51	90	44	67	39	52	32	950
Lovns Sø	2014	29	59	98	43	73	58	56	42	1900
Lovns Sø	2017	19	46	62	27	43	23	34	11	580
Lovns Sø	2023	13	42	70	28	35	18	29	<DL	51
Sørup Sø	2002	1200	490	2300	910	1700	330	1400	24	69
Sørup Sø	2011	280	230	540	230	540	150	440	<DL	<DL
Sørup Sø	2014	18	21	33	13	20	7,3	18	<DL	<DL
Sørup Sø	2023	880	800	2100	610	1500	570	1400	21	190
Tystrup Sø	2008	99	160	260	100	150	47	140	22	33
Tystrup Sø	2013	29	32	61	27	44	19	41	1,6	130
Tystrup Sø	2016	56	94	130	57	92	49	79	24	630
Tystrup Sø	2022	41	56	99	41	64	18	61	<DL	95
Vesterborg Sø	2008	68	83	160	56	120	57	100	13	500
Vesterborg Sø	2012	36	32	64	28	29	11	28	<DL	<DL
Vesterborg Sø	2015	60	73	360		130	84	120	14	1100
Vesterborg Sø	2017	84	97	180	64	180	49	150	12	760
Vesterborg Sø	2023	63	72	160	83	74	<DL	<DL	<DL	350

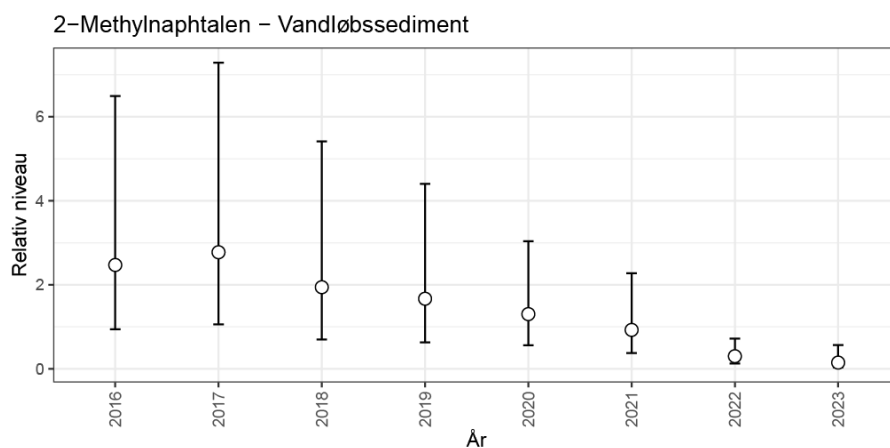
Der er et temmelig stort datagrundlag for koncentrationerne af PAH i vandløbssediment. Imidlertid er data for de enkelte år mere spredt sammenlignet med søer, og det er sværere umiddelbart at vurdere, om der foreligger en trend. For at håndtere dette blev anvendt samme statistik, som ligger bag MetalStat til at behandle data (Sørensen et al, 2024). Ud fra dette kan det konstateres, at der heller ikke for vandløbssediment ses et fald i koncentrationerne af PAHer. Som eksempel vises det relative niveau af benzo(b+j+k)fluoranthen i figur 4.7. Igen ses en stigning omkring 2015-17, som ikke rigtig kan forklares.

Niveauet er generelt lidt lavere i vandløbssediment i forhold til i søsediment, hvilket også er forventet, bl.a. på grund af højere sedimentering samt højere indhold af organisk materiale i søer.



**Figur 4.7.** Data for benzo(b+j+k)fluoranthen i vandløbssediment baseret på statistikken fra metalstat. På y-aksen er data plottet i forhold til en estimeret relativ mediankoncentration for alle data, som sat til 1 og medianen for de enkelte år er angivet relativt i forhold til den.

For naphthalen og methylnaphthalener ses et mindre fald i niveauerne i vandløbssediment, men ikke for dimethyl- og trimethylnaphthalener. Dog viser disse tal også stor spredning (se figur 4.8).



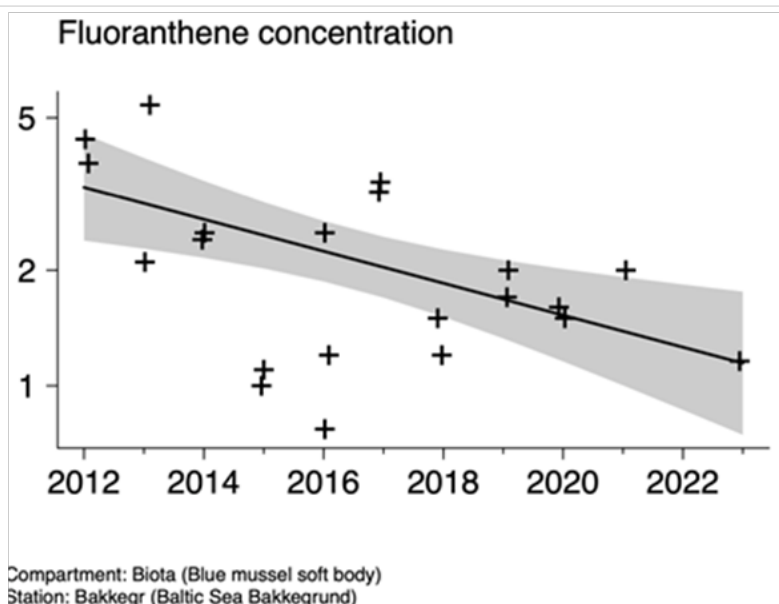
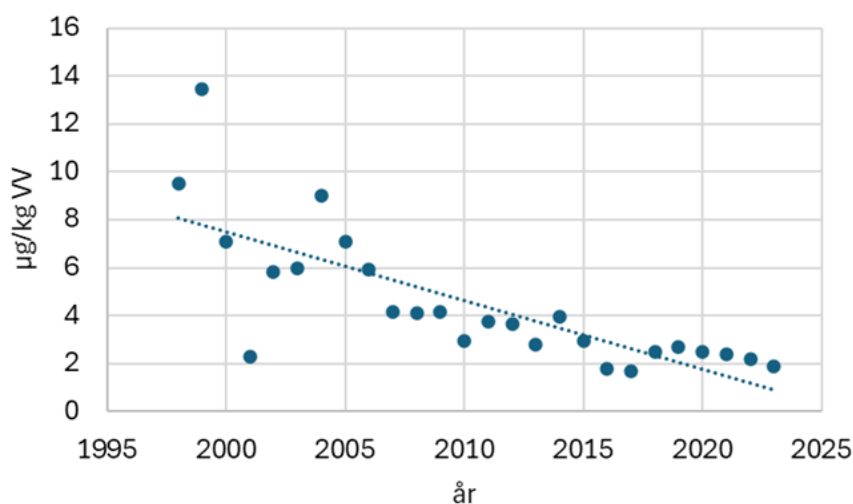
**Figur 4.8.** Data for 2-methylnaphthalen i vandløbssediment baseret på statistikken fra metalstat. På y-aksen er data plottet i forhold til en estimeret relativ mediankoncentration for alle data, som sat til 1 og medianen for de enkelte år er angivet relativt i forhold til den.

Der ses ikke en række vandløb, som er signifikant højere end flertallet, på samme måde som det er tilfældet for søerne. For vandløb ligger maksimumværdien typisk en faktor 1,1-2 over 90% percentilen, når der sammenlignes inden for samme år. Dog er der i det samlede datasæt 4 stationer, som adskiller sig med markant højere koncentrationer end for resten af vandløbene. Stationerne er målt i 2021 og 2022. For disse stationer ligger fluoranthen og benzo(b+j+k)fluoranthen som de højeste PAHer med værdier omkring 1-6 mg/kg TS.

For muslinger i det marine miljø ses et fald i koncentrationen af både naphthalener og PAHer i perioden 1998-2023. To PAHer, acenaphthen og acenaphthylen, udviser ikke samme trend. For disse to PAHer er koncentrationerne på rimelig konstante gennem hele perioden. Sammenligner man medianværdier for perioden 1998-2002 med 2018-2023 er koncentrationerne cirka halveret for både PAHer og naphthalener. I figur 4.9 ses trenden for den tidlige udvikling af fluoranthen koncentrationen som eksempel. Figur 4.9a viser medianer over alle data fordelt på år. På figur 4.9b ses målinger på en enkelt station (Bakkegrund). Da der i det marine program er tre stationer som



gentages hver år, er det her muligt at lave en reel tidstrend på enkelt stationsniveau. Her er anvendt analyseværktøjet HARSAT, som er udviklet under OSPAR, HELCOM og AMAP-regi (HARSAT, 2024). For nærmere beskrivelse se afsnit 4.1.



**Figur 4.9.** Tidstrend for fluoranthen i muslinger. Øverste graf viser tendens for medianen for samtlige data over årene. Nederste graf viser tendensen for en station ved Bornholm, Bakkegrund, baseret på analyseværktøjet HARSAT

For punktkilder er tidsserierne mere diverse. For renselanlæg er der kun data frem til 2015, og for spildevand i RBU fælles og separat kloak er der taget ganske få prøver hvert år, desuden er der mange ikke-påviste målinger i datasættet, hvilket nok blandt andet skyldes de lave vandopløseligheder af PAHerne. Det er derfor svært at vurdere om der ses et fald i koncentrationerne eller ej. For målinger af PAHer i sediment i regnvandsbassin er der taget to prøver pr år. Der ses ingen ændringer i koncentrationsniveauet.

#### Vurdering af PAHer på tværs af matricer og områder

For at kunne sammenligne parametre på tværs matricer og områder med det formål at kunne give en overordnet vurdering af belastningen indenfor de udvalgte stofgrupper, er der beregnet risikokvotienter. Der er beregnet

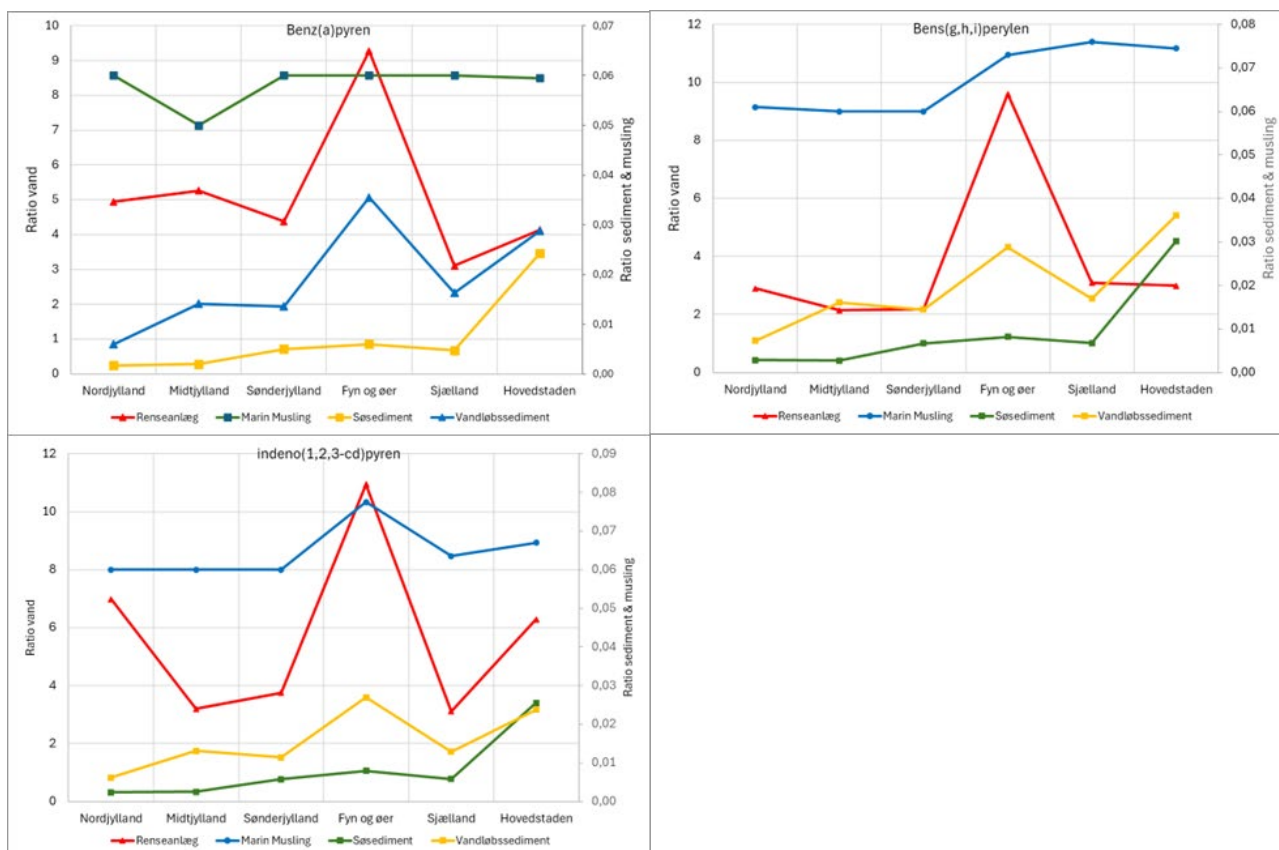
medianer for alle koncentrationsmålinger og sammenlignet med miljøkvalitetskrav og -kriterier for stofferne (se bilag 3). Princippet er beskrevet i det indledende afsnit til dette kapitel.

Da der er taget udgangspunkt i miljøkvalitetskrav og -kriterier kan følgende PAHer evalueres: acenaphthen, anthracen, benzo(ghi)perylen, benzo(a)anthracen, benzo(a)pyren, benzo(b+j+k)fluoranthren, indeno(1,2,3-cd)pyren, phenanthren og pyren. For aromatiske kulbrinter kan naphthalen og sum af methylnaphthalener evalueres.

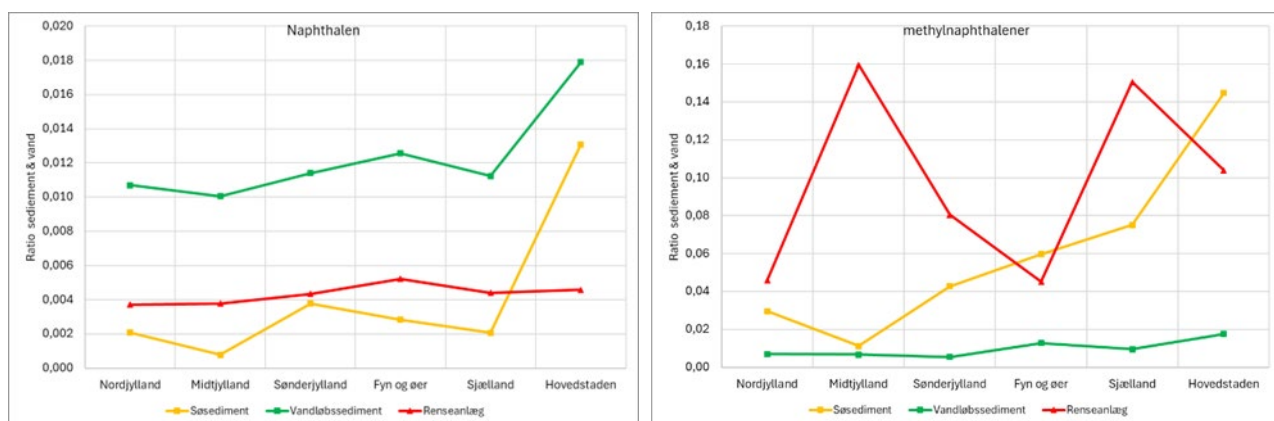
For alle matricer er der beregnet medianer, som er sammenholdt med miljøkvalitetskrav og -kriterier til beregning af risikokvotienter. I figur 4.10, 4.11 og 4.12 ses en grafisk fremstilling af de beregnede risikokvotienter. Tabellerne, som danner baggrund for graferne, ses i bilag 4.



**Figur 4.10.** Ratio (risikokvotienter) af PAH-mediankoncentrationer vs. MKK-værdier for biota, sediment og vandprøver målt i prøver fra marine områder, vandløb, søer og spildevand, udløb. Bemærk der er to skalaer for Y-aksen i de tilfælde, hvor der er for stor forskel på ratioerne for de forskellige matricer til at de kan afbildes på en skala. Ratio vand referer til spildevand, udløb.



**Figur 4.11.** Ratio (risikokvotienter) af PAH-mediankoncentrationer vs. MKK-værdier for biota, sediment og vandprøver målt i prøver fra marine områder, vandløb, søer og spildevand, udløb. Bemærk der er to skalaer for Y-aksen i de tilfælde, hvor der er for stor forskel på ratioerne for de forskellige matricer til at de kan afbildes på en skala. Ratio vand referer til spildevand, udløb



**Figur 4.12.** Ratio (risikokvotienter) af median koncentrationer for naphthalener vs. MKK værdier for biota, sediment og vandprøver målt i prøver fra marine vandløb, søer og spildevand, udløb. Musling ikke medtaget, på grund af meget lave risikokvotienter. Ratio vand referer til spildevand, udløb.

Risikokvotienter for PAHer og naphthalener er generelt meget lave. Der ses højere værdier for enkelte PAHer i spildevand udløb. Til trods for at det vurderes, at PAHer sandsynligvis primært stammer fra diffuse kilder, er der alligevel forskelle mellem regionerne. For muslinger ses det højeste niveau i Region Hovedstaden. Dette gælder primært for de lettere PAHer, mens niveauerne af de tungere PAHer i muslinger er mere ensartet for alle områder. For spildevand topper koncentrationen for de fleste PAHer på Fyn og øerne. Man skal dog være lidt forsigtig med at lægge for meget vurdering i renseanlæggene, da der indgår relativt få anlæg, og datamaterialet derfor ikke er så

robust. Koncentrationen for PAHer i søsediment er generelt højest i region Hovedstaden, mens koncentrationerne målt i vandløb er forholdsvis jævnt fordelt over hele landet, dog med en tendens til at være lidt højere i region Hovedstaden. Koncentrationen af naphthalen er igen højere for region Hovedstaden både for søsediment og vandløbssediment. For methylnaphthalener ses der ligeledes en koncentrationsstigning, når man bevæger sig østpå.

Generelt ses højere belastning i region Hovedstaden, hvilket nok ikke er så overraskende, grundet det højere befolkningsgrundlag med større trafikbelastning og brændeovne.

### **Opsummering**

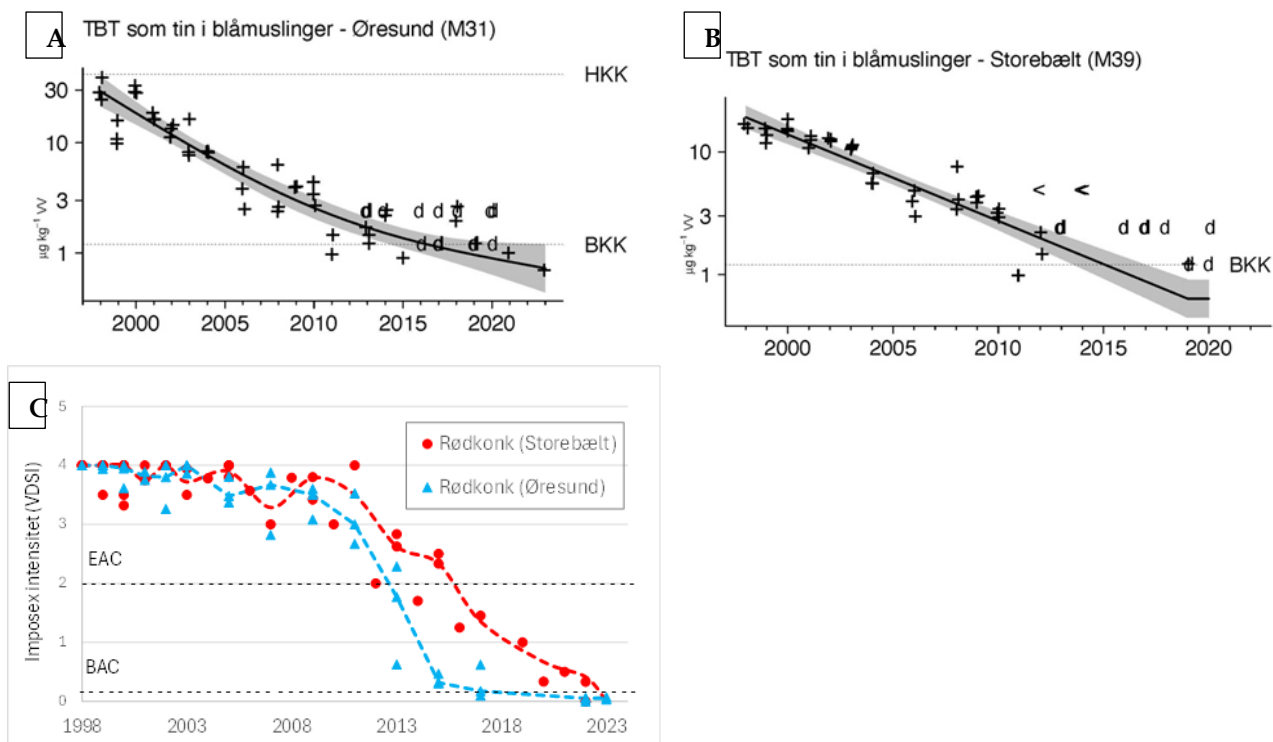
Skal der samlet konkluderes på data for PAH under NOVANA programmet, så holder koncentrationerne sig rimeligt stabile gennem årene uden faldende eller stigelede tendenser for de fleste medier. Konklusionen på dette er, at PAH nok mest stammer fra diffuse, primært pyrogene kilder. Koncentrationerne er dog generelt lave.

For marine muslinger ses klart der dog et fald i koncentrationsniveauer gennem årene, og samtidig viser indholdet af målte de PAHer, at muslinger muligvis er belastet af en anden forurenings sammensætning med større bidrag fra olieholdige kilder (petrogene).

## **4.3 Organotin forbindelser**

*Jakob Strand*

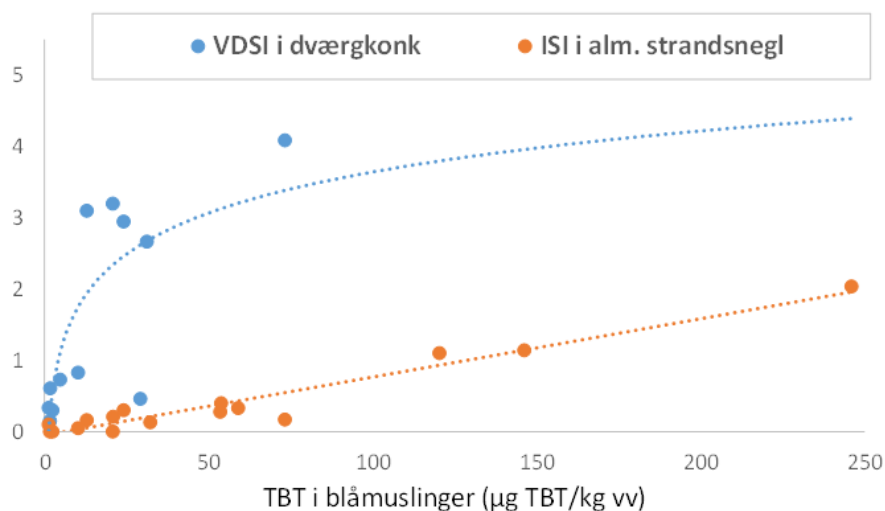
Den tidlige udvikling af organotin forbindelser viser at indholdet i muslinger er faldet markant efter forbuddet mod TBT i bundmalinger trådte i kraft i 2003 og at nedadgående tendenser er fortsat i perioden efter 2008. Tilsvarende er der sket et markant fald i forekomsten af imposex i havsnegle i både kystnære og åbne farvande. I rødskonk har faldet først været markant efter 2008, hvilket også kan hænge sammen med at disse snegle ofte kan være mere end 5 år gamle når de undersøges. I Figur 4.13 er tidstrends for TBT i blåmuslinger og havsnegle vist for målinger fra Øresund og Storebælt.



**Figur 4.13.** Tidstrends for indholdet af TBT i blåmuslinger fra to stationer i a) Øresund og b) Storebælt og c) forekomst af TBT inducerede effekter i form af imposex i havsnegle rødskonk indsamlet i Storebælt og Øresund. Bemærk TBT koncentrationerne angivet på enhed baseret på tin (Sn), dvs. kvalitetskravene er divideret med 2,44 og at der er logaritmisk skala på y-akse. De stiplede linjer angiver hhv. biota-kvalitetskriterium (BKK) for TBT i muslinger (Miljøstyrelsen, 2021) og "Background Assessment Criteria" (BAC) og "Environmental Assessment Criteria" (EAC) for imposex i rødskonk (OSPAR, 2023, HELCOM 2023).

Undersøgelser af TBT og effekter i kystnære havsnegle i danske havneområder: I 2020 og 2022 blev der indsamlet dværgkonk (*Nassius reticulata/nitida*) og almindelig strandsnegl (*Littorina littorea*) fra en række danske havne og marinaer på Sjælland, Fyn og i Jylland for at undersøge forekomsten af imposex og intersex, som tegn på hormonforstyrrelser forårsaget af tributyltin (TBT). Samtidigt blev der indsamlet blåmuslinger til analyse for indholdet af TBT fra disse havneområder.

Undersøgelserne viste, at imposex i dværgkonk og intersex i almindelig strandsnegl stadigvæk forekommer i en række danske havne, og at der er en tydelig sammenhæng til de målte niveauer af TBT (figur 4.14). De højeste niveauer af TBT og TBT-effekter blev fundet i Nordhavn fiskerihavn på Sjælland.



**Figur 4.14.** Sammenhæng mellem forekomsten af imposex (målt som VDSI) og intersex (målt som ISI) i to arter af havsnegle (hvh. dværgkonk og almindelig strandsnegl) indsamlet i havneområder sammenholdt med indholdet af tributyltin (TBT) i blåmuslinger i 2020 og 2022.

For søer og vandløb er der først tilstrækkelige data omkring 2011/2012. På det tidspunkt er der allerede set en kraftig reduktion i TBT i miljøet baseret på målingerne i det marine miljø, hvorfor faldet i ferskvand er mindre tydeligt. Koncentrationerne af TBT i ferskvand er generelt lave og under MKK. I ferskvandsmiljøer er der væsentlige flere fund af den mindre giftige organotinforbindelse monobutyltin (MBT), som formentlig kan tillægges tilførsler fra spildevand, da MBT anvendes som additiv i flere typer af plast-produkter. Der findes ikke MKK for MBT.

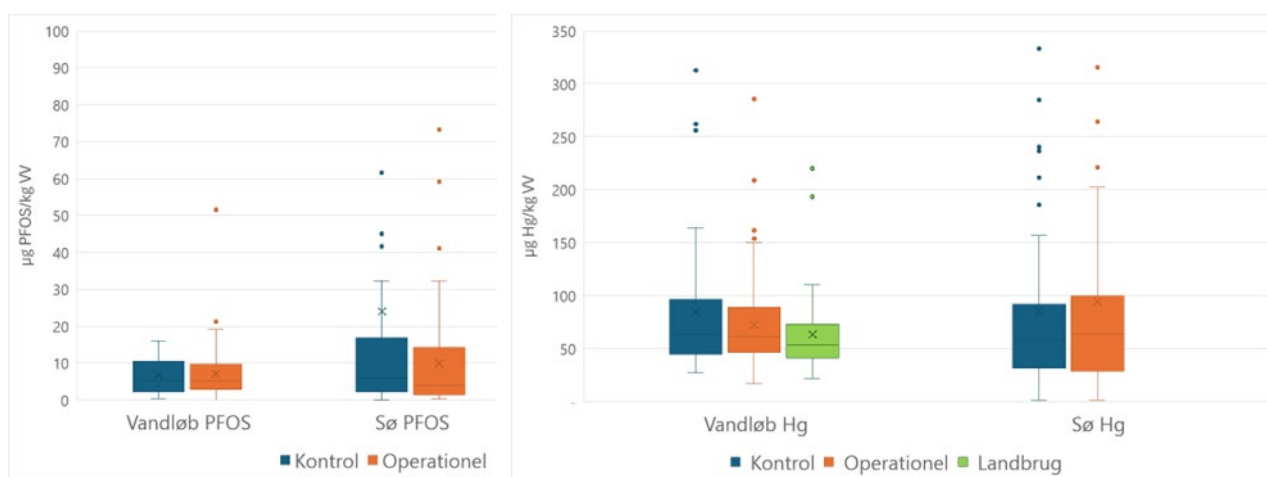
## 5 Temaafsnit. Operationelle vandløbsstationer

Martin Mørk Larsen

NOVANA overvågningen opererer med forskellige typer af overvågningsstationer, kontrolstationer og operationelle stationer. Kontrolstationerne skal give et billede af et vandområdes generelle tilstand ved at sikre, at lange tidsserier fortsættes til dokumentation af effekter på miljøet, herunder klimaforandringerne. De operationelle stationer skal beskrive den økologiske og kemiske tilstand i ferskvand, fjorde og kystvande, hvor der ifølge vandrammedirektivet er risiko for manglende målopfyldelse, eller hvor der mangler datagrundlag til vurdering af miljømål /-tilstand (Miljøstyrelsen, 2023a)

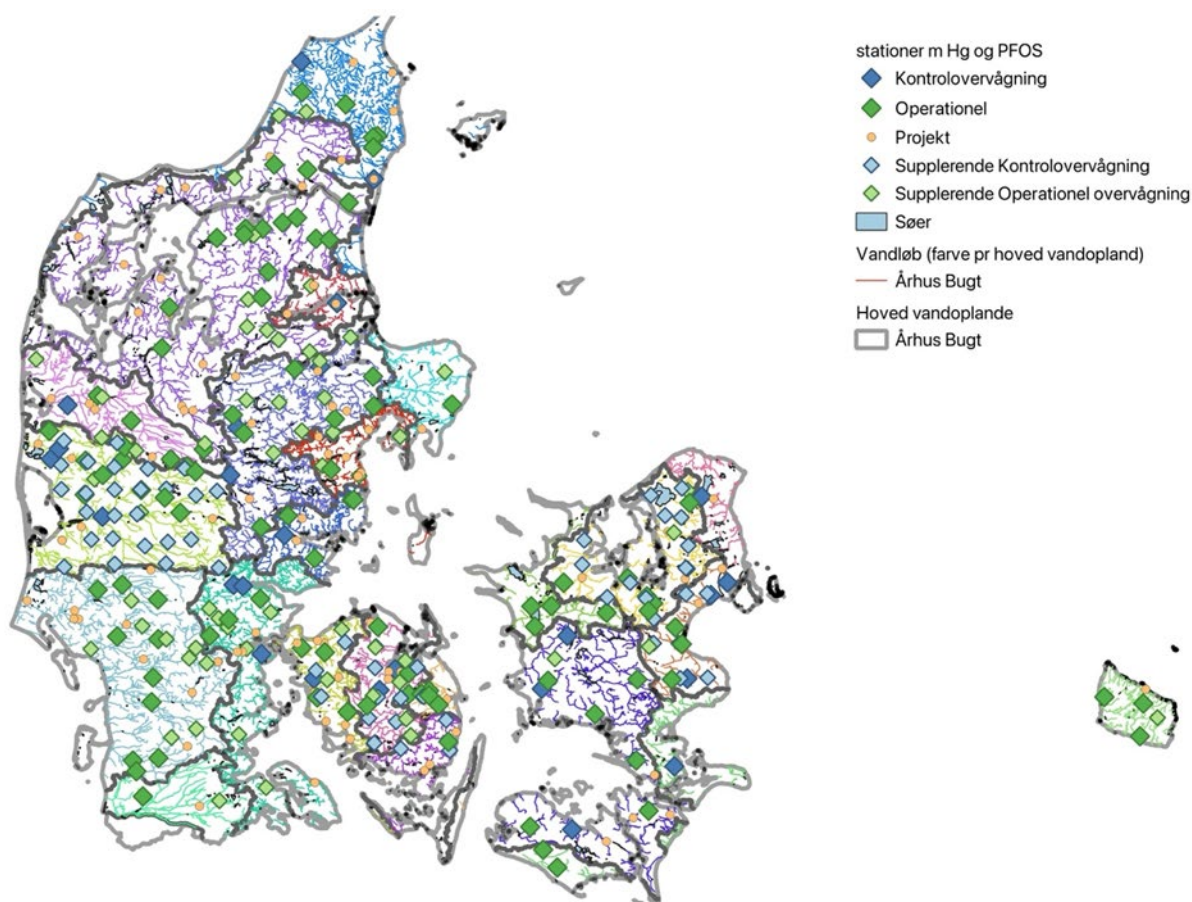
I dette kapitel er der taget udgangspunkt i biotaprøver i vandløbsprogrammet. For vandløb er der to typer operationel overvågning i grundprogrammet, et specifikt for landbrugsoplande, hvor der kun måles for kviksølv i fiskemuskel, og et for punktkildeoplande, hvor der måles kviksølv i muskel og perfluorerede stoffer (PFAS) i lever. Et supplerende operationelt program har kørt med større geografisk spredning og inkluderede både PFAS og kviksølv. Fisk i kontrolovervågningsprogrammet analyseres udover kviksølv og PFAS også for dioxiner og dioxin-lignende PCBer i muskel. Et antal projekter desuden kørt fokus på PFAS, screening af rottemidler samt data til at understøtte en videre udvikling af modelværktøjet, MetalStat for vandløbsindhold af miljøfarlige forurenende stoffer.

De to parametre, der stort set altid findes over detektionsgrænsen, er kviksølv og PFOS. Samles disse indenfor det ordinære NOVANA program for 2018-2023 fås box-plots som vist i figur 5.1. Landbrugsoplande måles kun for kviksølv, så denne type er kun med her. Bemærk at begge figurer er afskåret, så enkelte målinger over 100 og 400 µg/kg ikke er vist for søer (en prøve for to stationer, en fra kontrol (908 µg/kg) og en fra operationel (1166 µg/kg) for PFOS, samt en for kontrolstation for kviksølv (450 µg/kg)).



**Figur 5.1.** Oversigt for PFOS og kviksølv (Hg) i forhold til alle data vs. overvågningskategori. Der er ingen indikation om, at operationelle prøver generelt har et højere niveau end kontrol stationer, som forventet hvis de er baseret på potentielle punktkilder. For kviksølv er der dog en tydelig indikation af at landbrugsoplande generelt er mindre forurenede end områderne udtaget til kontrol og operationel overvågning, hvilket er som forventet.

Data fra alle prøver i VanDa/Miljøportalens 377 stationer fra 2003 til 2023 blev gennemgået for kviksølv og PFOS, som modelstoffer for anvendelsen af operationel/kontrol tilgangen. Hvert resultat blev tilknyttet en kategori: Kontrol og Operationel for stationer der indgik i det ordinære program. Herudover har der været kørt flere runder af supplerende analyser for kontrol og operationelle stationer, et metal og pesticid program (M&P) for understøttelse af MetalStat modellering, samt andre projekter.



**Figur 5.2.** Oversigt over de forskellige typer af målte prøver: Kontrol, operationelle og tilhørende supplerende kontrol og operationelle prøver samt projektp prøver fra forskellige projektyper. Bemærk de supplerende kontrolprøver i Ringkøbing Fjord oplandet og Roskilde/Isefjord oplandet, som tester et nyt koncept for stationsplanlægningen. Vandløbene i de enkelte oplande har forskellige farver for nemmere at følge hvilke prøver der hører til de enkelte oplande.

De nedstrøms er starten på et nyt koncept, hvor der udtages prøver i et net udlagt over hele landet, med det formål at få et billede på den generelle tilstand, i 2022 og 2023 fokuseret på Østjylland og Sjælland (figur 5.2). De operationelle stationer er typisk lagt ud fra placering af renseanlæg, regnbetingede udløb, punktkilder (fx industri og dambrug) og landbrugsoplande, og projektp prøverne inkluderer både generelle projekter, herunder metal og pesticidprojektet (M&P) i 2022-2023 som indeholdt 250 stationer til at skabe datagrundlag til MetalStat projektet. MetalStat har til formål at skabe en model over vandløbskoncentrationer af miljøfarlige forurenende stoffer i hele Danmark (Sørensen et al, 2024)).

Koncentrationsniveauerne for kontrol og operationelle stationer for 2003 til 2023 er vist i tabel 5.1 For PFOS er der kun en prøve fra de supplerende operationelle stationer, så den er ikke medtaget. For de øvrige prøver er der meget lille forskel mellem medianen og maksimumkoncentrationer, hvilket indikerer at der generelt ikke er stor forskel på PFOS-koncentrationer i

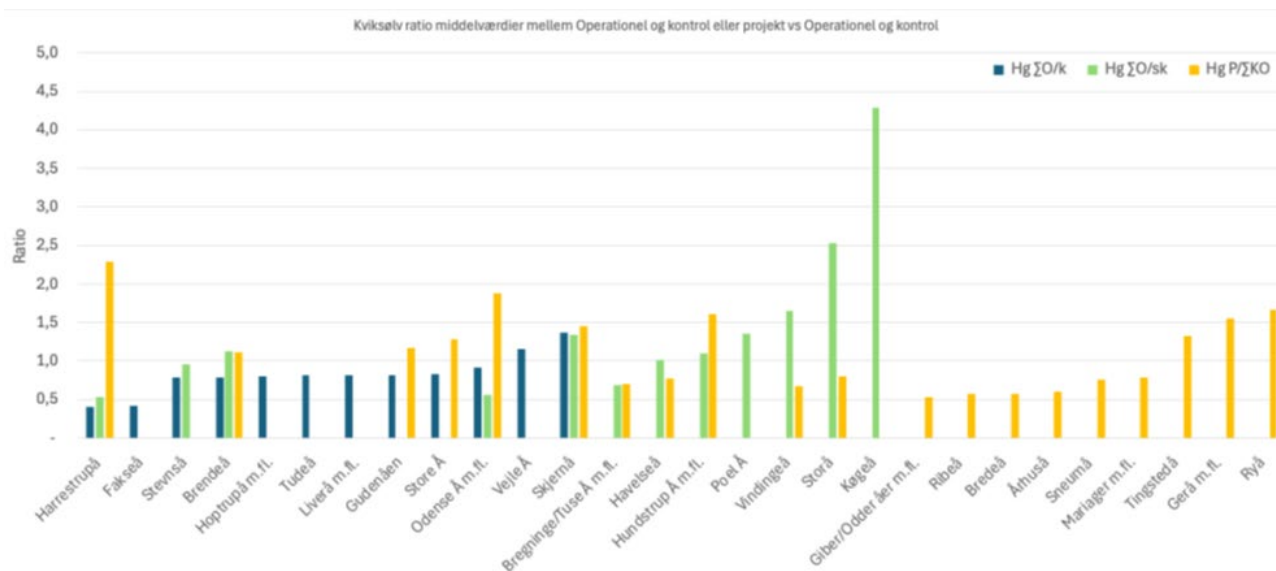


vandløbsfisk. For kviksølv er variationen noget højere for kontrolprøverne (K), en faktor 9 mellem højeste og laveste værdier, og de operationelle (O) prøver ser ud til at være på ca. samme niveauer som kontrolprøverne, hvorimod de supplerende kontrolstationer (sK) og supplerende operationelle har lavere median og maksimum koncentrationer.

**Table 5.1.** Oversigt over resultater fra kontrol og operationel overvågning af PFOS og kviksølv

$\mu\text{g}/\text{kg VV}$	PFOS Kontrol	PFOS Operationel	PFOS supp. Operationel	Hg Kontrol	Hg Supp. Kontrol	Hg Operationel	Hg supp. Operationel
n	12	25	31	52	61	96	29
Median	22	23	22	63	51	57	48
90% fraktil	24	24	24	94	121	99	80
max	24	26	26	475	275	400	129

Ved en yderligere inddeling i vandløbssystemer er det opgjort hvordan forholdet mellem operationelle og kontrolstationerne hænger sammen (figur 5.3 for kviksølv, 5.4 for PFOS).  $\Sigma O$  angiver den højeste værdi af middelværdien af operationelle eller supplerende operationelle stationer for hvert vandløb. Det skal bemærkes, at de operationelle stationer i princippet er tilknyttet en potentiel forureningskilde, men det er ikke sikkert den kilde bidrager med kviksølv og PFOS specifikt. Ofte er kontrolstationerne nedstrøms operationelle stationer, da de skal give et overblik over hele vandsystemet, og dermed kan flere operationelle stationer bidrage til koncentrationen ved kontrolstationerne, afhængig af vandløbets forløb og vandføring efter fortynding fra andre grene i oplandet.



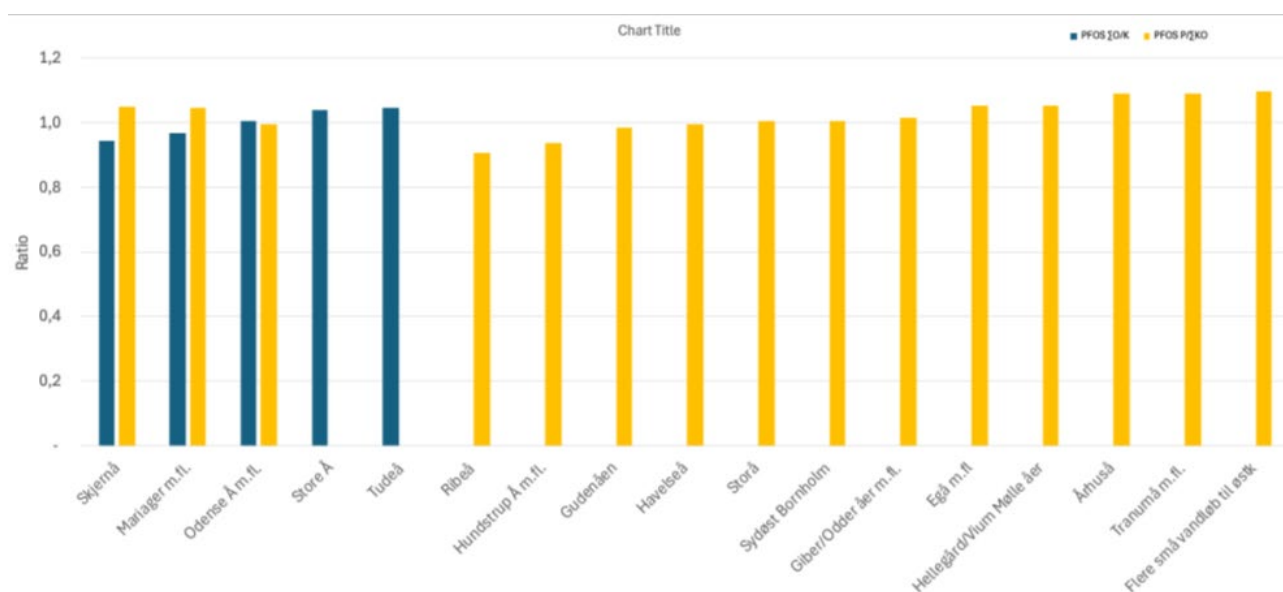
**Figure 5.3.** Middelt kviksølv ratioer for operationelle og supplerende operationelle prøver versus kontrolprøver ( $\Sigma O/K$ ) og ditto versus supplerende kontrolprøver ( $\Sigma O/sK$ ) samt projektprøver versus den højeste middelværdi af alle kontrol og operationelle prøver. Værdier  $>1$  indikerer at de operationelle prøver har højere koncentrationer end kontrolprøverne, og projekt prøver (gule)  $>1$  viser at der er fundet højere middelkoncentrationer i projektet end de eksisterende operationelle og kontrol stationer af alle slags for vandløbssystemet.

Der er ikke målt PFOS som supplerende kontrolprøver (bortset fra en gang), så der er væsentligt færre vandløb med mulighed for sammenligning. Samtidig er variationen mellem kontrol- og operationel overvågning meget lille, indenfor  $\pm 15\%$ . De gennemsnitlige PFOS-koncentrationer varierer ikke meget

igennem vandløbene som beskrevet for kviksølv ovenfor, men alligevel er der en overvægt af operationelle stationer, som er højere end kontrolstationerne, dog igen for relativt få vandløb (tabel 5.2). Projektprøverne er ligeledes generelt højere end kontrol- og operationelle prøver, men indenfor endnu snævrere grænser. For kviksølv ses der en mindre andel af operationelle prøver som har højere koncentrationer end kontrolstationerne, indenfor en faktor 0,4 til 1,4. De supplerende kontrolprøver viser dog større forskelle i forhold til de operationelle prøver med op til en faktor 4 højere for de operationelle prøver. For projektprøverne (P) er der lige mange over som under kontrol og operationelle prøver ( $\sum KO$ , læses som maksimum af Kontrol og Operationelle prøver), og forskellen varierer mellem 0,5 og 2,3 gange. Så selvom der er større span for kviksølv er der ikke nogen indikation af, at de operationelle stationer har højere koncentrationer generelt end kontrolstationerne.

**Tabel 5.2.** Ratio for vandløbs operationelle (O) koncentrationer til Kontrol (K) stationer eller supplerende kontrol stationer (sK)

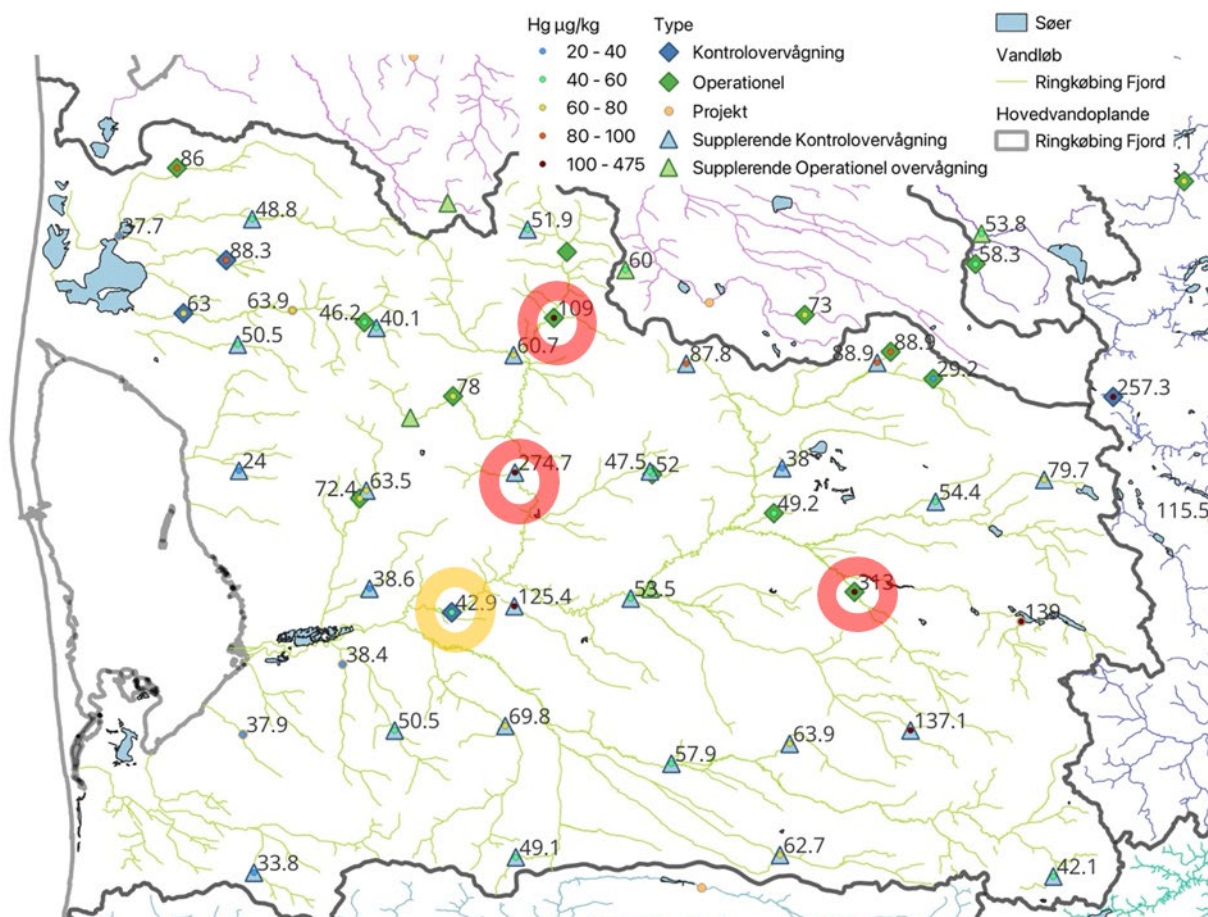
Ratio pr. vandløb	PFOS $\sum O/k$	PFOS P/ $\sum KO$	Hg $\sum O/K$	Hg $\sum O/sK$	Hg P/ $\sum KO$
n	5	15	12	12	20
>1	3	10	2	8	10
<1	2	5	10	4	10
Min ratio	0,97	0,91	0,40	0,53	0,53
Max ratio	1,15	1,10	1,37	4,30	2,29



**Figur 5.4.** Middel PFOS ratioer for operationelle og supplerende operationelle prøver versus kontrolprøver ( $\sum O/K$ ) og projektprøver versus den højeste middelværdi af alle kontrol og operationelle prøver. Værdier >1 indikerer at de operationelle prøver har højere koncentrationer end kontrolprøverne (blå). For projektprøver (gule) viser >1, at der er fundet højere koncentrationer sammenlignet med de eksisterende operationelle og kontrolstationer af begge slags.

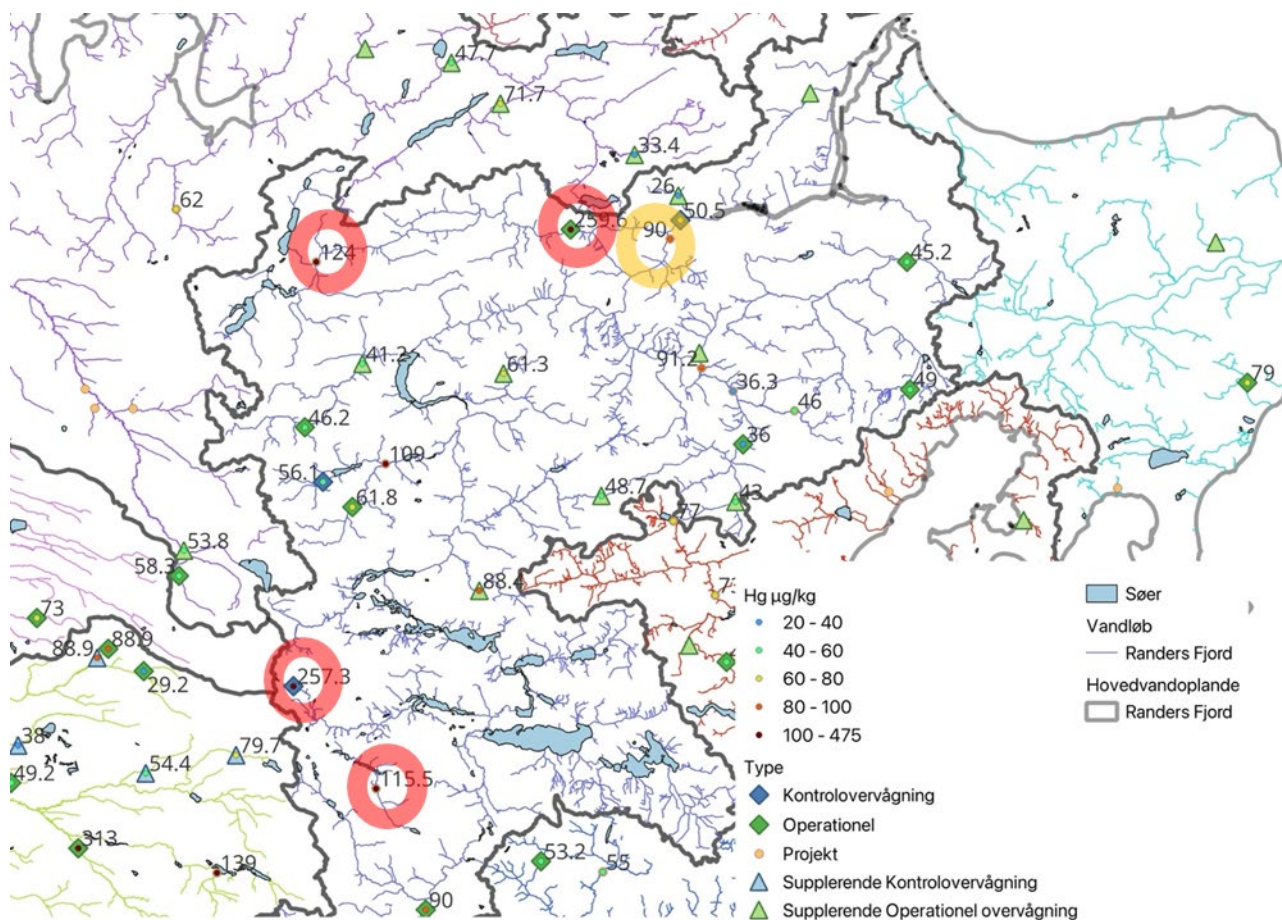
En anden indgangsvinkel til vurderingen er at se på udvalgte vandløbssystemer, især for hovedområdet til Ringkøbing Fjord, hvor der er 52 prøver fra hele perioden (figur 5.5), især supplerende kontrolprøver, samt Gudenåen, hvor der er 26 prøver (figur 5.6).

For Ringkøbing og specifikt Skjern Å systemet ses koncentrationer for kviksølv inde i landet på 275 og 313  $\mu\text{g}/\text{kg}$  VV, med 125  $\mu\text{g}/\text{kg}$  VV tæt på kontrolstationen (markeret med orange cirkel) lige før Skænkens Sø. Noget af dette kan dog skyldes at målingerne er foretaget i forskellige arter og ikke kun fortynding igennem vandløbet. Nogle af de supplerende kontrolstationer virker i dette tilfælde som valgt ud fra en mere operationel tilgang, og mange af de operationelle stationer med lave koncentrationer er landbrugsoplandsstationer, som ikke forventes at have stærkt øgede kviksølv koncentrationer.



**Figur 5.5.** Kviksølv koncentrationer i Ringkøbing Fjord oplandet. Bemærk flere høje supplerende kontrol og operationelle inde i landet og midt i området (røde cirkler) men stadig lave koncentrationer ved kontrolstationen i Skjern Å (angivet med orange cirkel) ret tæt på en supplerende kontrolovervågningsstation lige opstrøms (125,4  $\mu\text{g}/\text{kg}$  VV). Bemærk at der er målt på forskellige fiskearter: 313  $\mu\text{g}/\text{kg}$  i gedder, 125 og 275 var ørred og den orange Strømskalle. Gedder forventes at være over ørred og skaller i trofisk niveau.

For Gudenå systemet ses koncentrationer inde i landet på 260  $\mu\text{g}/\text{kg}$  i Nørreå lige før sammenløbet med Gudenå, og 90  $\mu\text{g}/\text{kg}$  umiddelbart før kontrolstationen på 50  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , med 125  $\mu\text{g}/\text{kg}$  tæt på kontrolstationen lige før Skænkens sø. Noget af dette kan dog skyldes at målingerne er foretaget i forskellige arter og ikke kun fortynding igennem vandløbet. Som for Skjern Å er nogle af de supplerende kontrolstationer også i dette tilfælde valgt ud fra mere operationel tilgang, og mange af de lave operationelle stationer er landbrugsoplandsstationer, som ikke forventes at have stærkt øgede kviksølv koncentrationer. Længere inde i landet ses også flere operationelle stationer med forhøjede koncentrationer, men generelt er niveauet omkring 40-60  $\mu\text{g}/\text{kg}$  på de fleste stationer.



**Figur 5.6.** Kviksølv koncentrationer i Randers Fjord oplandet. Bemærk høje koncentration oppe i Nørreå (260 µg/kg markeret med rød cirkel) lige før sammenløbet med Gudenå og kontrol stationer (markeret med orange). De højeste værdier er fundet i Gedde (259), de øvrige værdier er for ørred (257, 115 og 90) og rudskalle (124).

På baggrund af data, kan det konstateres at udvælgelsen af kontrol- og operationelle stationer ikke giver noget entydigt billede af højere koncentrationer på operationelle stationer. Fra 2018 er udvælgelsen af operationelle stationer kvalificeret med potentielle kilder til forurening (renseanlæg, RBU, punktkilde mv), hvilket kan bruges i tolkningen af resultaterne, men med et fast måleprogram for fisk, hvor der kun måles for kviksølv og PFAS de fleste steder, er det ikke sikkert, at disse måleparametre kan forventes at være forhøjede i forhold til udvælgelseskriteriet.

Et mere differentieret måleprogram efter hvilke kilder, der forventes, kan øge mulighederne for at se om de operationelle stationer faktisk er påvirkede, men det kræver samtidig at kontrolprøverne i samme vandløbssystemer også måles for disse differentierede parametre. Der skal dog tages det forbehold at ovenstående gennemgang kun er foretaget på biota prøver, og det er muligt at billedet ville være anderledes, hvis vand og sedimentprøver var blevet inddraget.

## 6 Referencer

Alber, C.N. (2024): Diffus grundvandsforurening med trifluoreddikesyre (TFA). Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, Rapport 2024/4

Bak, J. & Larsen, M.M. (2014) Baggrunds niveau for barium, zink, kobber, nikkel og vanadium i fersk- og havvand. Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 11 s.

Boutrup, S., Holm, A.G., Bjerring, R., Johansson, L.S., Strand, J., Thorling, L., Brüsch, W., Ernstsen, V., Ellermann, T. & Bossi, R. (2015) Miljøfremmede stoffer og tungmetaller i vandmiljøet. Tilstand og udvikling 2004-2012. Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 142, 241 s.

Boutrup, S., Kjær, C., Johansson, L.S., Larsen, M.M., Poulsen, M.B., Bossi, R., Christensen, M.R. & Frank-Gopolos, T. 2021 Miljøfarlige forurenende stoffer i vandmiljøet. NOVANA. Tilstand og udvikling 2008-2019. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 288 s. - Videnskabelig rapport nr. 466 <https://dce2.au.dk/pub/SR466.pdf>

Bundschuh, M., Goedkoop, W. & Kreuger, J. (2014) Evaluation of pesticide monitoring strategies in agricultural streams based on the Toxic Unit concept - Experiences from long-term measurements. Science of the Total Environment 484: 84-91.

Eckhardt, E., Breivik, K., Manø, S. and Stohll, A. 2007. Record high peaks in PCB concentrations in the Arctic due to long-range transport after biomass burning. Atmospheric Chemistry and Physics 7(17):4527-4536

EU 2006: KOMMISSIONENS FORORDNING (EF) Nr. 1881/2006 af 19. december 2006 om fastsættelse af grænseværdier for bestemte forurenende stoffer i fødevarer, L 364 Den Europæiske Unions Tidende, 20.12.2006.

EU 2008a: EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS DIREKTIV 2008/105/EF af 16. december 2008 om miljøkvalitetskrav inden for vandpolitikken, om ændring og senere ophævelse af Rådets direktiv 82/176/EØF, 83/513/EØF, 84/156/EØF, 84/491/EØF og 86/280/EØF og om ændring af Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2000/60/EF

EU 2008b: Europa-Parlamentets og rådets forordning (EF) 2008/56/EF af 17. juni 2008 om fastlæggelse af en ramme for Fællesskabets havmiljøpolitiske foranstaltninger (havstrategirammedirektivet).

EU 2012. EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS FORORDNING (EU) Nr. 528/2012 af 22. maj 2012 om tilgængeliggørelse på markedet og anvendelse af biocidholdige produkter

EU 2013: EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS DIREKTIV 2013/39/EU af 12. august 2013 om ændring af direktiv 2000/60/EF og 2008/105/EF for så vidt angår prioriterede stoffer inden for vandpolitikken. Den Europæiske Unions Tidende L 226/1, 23.8.2013.

EU (2014) Technical Report - 2014 - 083. COMMON IMPLEMENTATION STRATEGY FOR THE WATER FRAMEWORK DIRECTIVE (2000/60/EC) Guidance Document No. 32. ON BIOTA MONITORING (THE IMPLEMENTATION OF EQSBIOTA) UNDER THE WATER FRAMEWORK DIRECTIVE

EU 2019. EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS FORORDNING (EU) 2019/1021 af 20. juni 2019 om persistente organiske miljøgifte. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32019R1021>

EU 2022a. EU KOMMISSIONEN 2022/1307 af 22. juli 2022. Afgørelse om oprettelse af en observationsliste over stoffer med henblik på EU-dækkende overvågning inden for vandpolitikken i henhold til Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2008/105/EF.

EU 2022b. KOMMISSIONENS FORORDNING (EU) 2022/2388 af 7. december 2022. om ændring af forordning (EF) nr. 1881/2006 for så vidt angår grænseværdier for perfluoralkylstoffer i visse fødevarer. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DA/TXT/PDF/?uri=CELEX:32022R2388>

EU 2023. KOMMISSIONENS FORORDNING (EU) 2023/915 af 25. april 2023 om maksimalgrænseværdier for bestemte forurenende stoffer i fødevarer og om ophævelse af forordning (EF) nr. 1881/2006

Davies, I. M., & Vethaak, D. (2012). Integrated marine environmental monitoring of chemicals and their effects. ICES cooperative research report Nr. 315.

HARSAT 2024: Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Helsinki Commission (HELCOM), OSPAR Commission (OSPAR), International Council for the Exploration of the Sea (ICES), AmbieSense Ltd (2024). harsat: Harmonized Regional Seas Assessment Tool. R package version 1.0.2, <https://osparcomm.github.io/HARSAT>, <https://github.com/osparcomm/HARSAT>.

HELCOM 2023: TBT and imposex. <https://indicators.helcom.fi/indicator/tbt-and-imposex/> <https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/quality-status-reports/qsr-2023/indicator-assessments/tbt-shellfish/>

HELCOM 2023b: [HELCOM-Thematic-assessment-of-hazardous-substances-marine-litter-underwater-noise-and-non-indigenous-species-2016-2021.pdf](#)  
Baltic Sea Environment Proceedings n°190.

HELCOM 2018: Inputs of hazardous substances to the Baltic Sea. Baltic Sea Environment Proceedings No. 162. <https://helcom.fi/wp-content/uploads/2019/08/BSEP162.pdf>

Larsen, M.M., 2019 Omregning af indhold af miljøfarlige stoffer i forskellige organer i fisk. Med særlig fokus på kviksølv. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 44 s. - Teknisk rapport fra DCE. <http://dce2.au.dk/pub/TR144.pdf>

Larsen, M.M. & Strand, J. 2018. Værktøj til håndtering og behandling af data for miljøfarlige forurenende stoffer. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 42 s. - Teknisk rapport nr. 127. <http://dce2.au.dk/pub/TR127.pdf>

Larsen, M.M. & Bossi, R. 2021. Omregning af indhold af PFAS mellem lever og muskel i fisk. Under udarbejdelse (Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 44 s. - Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 199)

Larsen, M.M., Strand, J., Tairova, Z. & Göke, C. 2023. Vurdering af tilstanden i danske havområder for Havstrategi D8. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 85 s. - Teknisk rapport nr. 286 [https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Tekniske\\_rapporter\\_250-299/TR286.pdf](https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Tekniske_rapporter_250-299/TR286.pdf)

Larsen M.M. & Vorkamp, K. 2023. Omregning af indhold af HBCDD mellem fiskemuskel og hele fisk. Aarhus Universitet DCE- Nationelt center for miljø og energi. 53 sider. Teknisk rapport nr 280. [https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Tekniske\\_rapporter\\_250-299/TR280.pdf](https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Tekniske_rapporter_250-299/TR280.pdf)

Larsen, M.M., Bossi, R., & Vorkamp, K. (2024). PFAS overvågning i det danske marine miljø. Vand & Jord, 31(2).

Hansen, A.B. and Lassen, P. 2008. Screening of phenolic substances in the Nordic environments, TemaNord 2008:530, Nordic Council, www.norden.org

Martínez-Gómez, C., Bignell, J., & Lowe, D. (2015). Lysosomal membrane stability in mussels. In ICES Techniques in Marine Environmental Sciences. No. 56. 41 pp. (Vol. 56, Issue 56).

Miljøstyrelsen 2021a: Fastsættelse af kvalitetskriterier for vandmiljøet TBT (Tributyltin-kation) CAS nr. 36643-28-4 [https://mst.dk/media/45hbrxsp/-tbt\\_36643-28-4.pdf](https://mst.dk/media/45hbrxsp/-tbt_36643-28-4.pdf)

Miljøstyrelsen 2021b. Nøgletal for miljøfarlige forurenende stoffer i spildevand fra renseanlæg – Opdatering på baggrund af data fra det nationale overvågningsprogram for punktkilder 1998-2019. Miljøstyrelsen. SBN: 978-87-7038-287-8. <https://mst.dk/media/g11ds2lo/noegletal-for-miljoefarlige-forurenende-stoffer-i-spildevand-fra-renselanlaeg.pdf>

Miljøstyrelsen 2022. Typetal for miljøfarlige forurenende stoffer i regnbetingede udledninger. På baggrund af data fra det nationale overvågningsprogram 2000-2020. Miljøstyrelsen. ISBN: 978-87-7038-386-8. <https://mst.dk/media/grzhqw5f/typetal-for-miljoefarlige-forurenende-stoffer-i-regnbetingede-udledninger.pdf>

Miljøstyrelsen 2024. Punktkilder 2022. NOVANA – punktkilder. Miljøstyrelsen. ISBN: 978-87-7038-600-5. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2024/02/978-87-7038-600-5.pdf>

Miljøministeriet 2023a: Bekendtgørelse om fastlæggelse af miljømål for vandløb, søer, overgangsvande, kystvande og grundvand. Bekendtgørelse nr. 796 af 17. juni 2023.

Miljøministeriet 2023b: Bekendtgørelse om overvågning af overfladevandets, grundvandets og beskyttede områders tilstand og om naturovervågning af internationale naturbeskyttelsesområder. Bekendtgørelse nr 792 af 13. juni 2023.

Miljøministeriet 2023c. Bekendtgørelse om skaldyrvande. BEK nr. 794 af 13/06/2023.

Miljø- og Fødevarerministeriet 2021: Lov om vandplanlægning. Lov nr. 126 af 26. januar 2017.

Miljø- og Fødevarerministeriet 2018: Bekendtgørelse om anvendelse af affald til jordbrugsformål. Bekendtgørelse nr. 1001 af 27. juni 2018.

Miljø- og ligestillingsministeriet 2024. Bekendtgørelse om spildevands-tilladelser m.v. efter miljøbeskyttelseslovens kapitel 3 og 41. BEK nr. 532 af 27/05/2024.

OSPAR 2005: 2005 Assessment of data collected under the Co-ordinated Environmental Monitoring Programme (CEMP). OSPAR Commission. – Assessment and Monitoring Series, Publication Number 2005/235, 115 pp. <http://www.ospar.org/documents?v=7017>.

OSPAR. (2007). JAMP Guidelines for General Biological Effects Monitoring (OSPAR Agreement 1997-7). Technical annexes revised – 2007. Technical annex 6 revised in 2013.

OSPAR 2009: CEMP assessment report: 2008/2009. Assessment of trends and concentrations of selected hazardous substances in sediments and biota. Monitoring and Assessment Series, Publication Number 390/2009, 78 pp. [http://qsr2010.ospar.org/media/assessments/p00390\\_2009\\_CEMP\\_assessment\\_report.pdf](http://qsr2010.ospar.org/media/assessments/p00390_2009_CEMP_assessment_report.pdf).

OSPAR 2013. Background document and technical annexes for biological effects monitoring, Update 2013. Monitoring and Assessment Series. Publication number: 589/2013.

OSPAR 2019: The OSPAR List of Chemicals for Priority Action. Suggestions for future actions <https://www.ospar.org/documents?v=40953>

OSPAR 2021a: Updated audit trail of OSPAR Environmental Assessment Criteria (EAC) and other assessment criteria used to distinguish above and below thresholds, Hazardous Substances and eutrophication series 798. <https://www.ospar.org/documents?v=46271>

OSPAR 2021b: Background document on Background Assessment Concentrations (BAC) for Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDE) in fish and shellfish, Hazardous Substances and eutrophication series 796. <https://www.ospar.org/documents?v=46274>

OSPAR 2023: Status and Trends in the Levels of Imposex in Marine Gastropods (TBT in Shellfish)

Rasmussen, J.J., Wiberg-Larsen, P., Baattrup-Pedersen, A., Cedergreen, N., McKnight, U.S., Kreuger, J., Jacobsen, D. & Friberg, N. (2015) The legacy of pesticide pollution: An overlooked factor of current risk assessments of freshwater systems. *Water Research* 84: 25-32.



Sørensen, P.B, Damgaard, C.F., Bjerg, P.L., Andersen, H.E., Holm, P.E., Tornberg, H., Bak, J.L., Heckrath, G.J., Kjeldgaard, A. og Fauser, P. 2022. Udvikling af model til understøttelse af vandplanlægningen i fastlæggelsen af koncentrationsniveauer af metaller i danske vandløb. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 70 s. - Videnskabelig rapport nr. 484. <https://dce2.au.dk/pub/SR484.pdf>

Sørensen, P.B., Damgaard, C.F., Bak, J.L., Andersen, H.E., Voutchkova, D., Thorling, L, Bjerg, P.L., Holm, P.E. 2024. Videreudvikling og klargøring af MetalStat for landsdækkende beregninger. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 68 s. - Videnskabelig rapport nr. 606

Tairova, Z., & Strand, J. (2021). Status for biological effect indicators monitored in Danish marine ecosystems. November, 34. [https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notater\\_2021/N2021\\_59.pdf](https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notater_2021/N2021_59.pdf)

Thodsen, H., Tornbjerg, H., Rolighed, J., Kjær, C., Larsen, S.E., Ovesen, N.B. & Blicher-Mathiesen, G. 2023. Vandløb 2021. -Kemisk vandkvalitet, stoftransport og miljøfarlige forurenende stoffer. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 90 s. - Videnskabelig rapport nr. 527 <http://dce2.au.dk/pub/SR527.pdf>

Tibon, J., Gomez-Delgado, A.I., Agüera, A., Strohmeier, T., Silva, M.S., Lundebye, A.-K., Larsen, M.M., Sloth, J.J., Amlund, H., & Sele, V. 2023. Arsenic speciation in low-trophic marine food chain - An arsenic exposure study on microalgae (*Diacronema lutheri*) and blue mussels (*Mytilus edulis L.*). Environmental Pollution, 334, 122176.

Van den berg et al. 2006: The 2005 World Health Organization Re-evaluation of Human and Mammalian Toxic Equivalency Factors for Dioxins and Dioxin-like Compounds. TocSci Advance Access, 7 July 2006. tef\_values r.xls (who.int)

Vollertsen, J., Bester, K., Rudelle, E.A., Bollmann, U., Minelgaite, G., Stephansen, D.A., Nielsen, A.H. & Pedersen, M.L., 2017: Biocider i urbane småsøer. Miljøstyrelsen 2017.

Wiberg-Larsen, P. & Rasmussen, J.J. 2017: Miljøfremmede stoffer og tungmetaller i vandløb: sediment og biota. Teknisk anvisning V20, version 2

# Bilag 1 Oversigt over miljøfarlige forurenende stoffer i det nuværende NOVANA program i overfladevand

Bilaget indeholder oversigt over de stoffer, som måles i det nuværende NOVANA program, fordelt på stofgrupper, medier og matricer.

## Metaller

parameter	CAS-nr.	Marint		Søer		Vandløb	
		Muslinger	Fisk	Sediment	Fisk	Vand	Fisk
Aluminium (Al)	7429-90-5			x			
Antimon (Sb)	7440-36-0						
Arsen (As)	7440-38-2	x		x		x	
Barium (Ba)	7440-39-3					x	
Bly (Pb)	7439-92-1	x		x		x	
Bor (B)	7440-42-8						
Cadmium (Cd)	7440-43-9	x		x		x	
Krom (Cr)	7440-47-3	x		x		x	
Kobber (Cu)	7440-50-8	x		x		x	
Kviksølv (Hg)	7439-97-6		x		x		x
Lithium (Li)	7439-93-2			x			
Molybdæn (Mo)	7439-98-7						
Nikkel (Ni)	7440-02-0	x		x		x	
Selen (Se)	7782-49-2						
Sølv (Ag)	7440-22-4	x					
Tin (Sn)	7440-31-5						
Vanadium (V)	7440-62-2			x		x	
Zink (Zn)	7440-66-6	x		x		x	

parameter	CAS-nr.	Punktkilde			
		Renseanlæg	RBU fælles kloak	RBU separat kloak	RBU sediment
Aluminium (Al)	7429-90-5	x	x	x	x
Antimon (Sb)	7440-36-0	x	x	x	
Arsen (As)	7440-38-2	x	x	x	x
Barium (Ba)	7440-39-3	x	x		
Bly (Pb)	7439-92-1	x	x	x	x
Bor (B)	7440-42-8	x	x	x	
Cadmium (Cd)	7440-43-9	x	x	x	x
Krom (Cr)	7440-47-3	x	x	x	x
Kobber (Cu)	7440-50-8	x	x	x	x
Kviksølv (Hg)	7439-97-6	x	x	x	x
Lithium (Li)	7439-93-2				x
Molybdæn (Mo)	7439-98-7	x	x		
Nikkel (Ni)	7440-02-0	x	x	x	x
Selen (Se)	7782-49-2	x	x	x	
Sølv (Ag)	7440-22-4				
Tin (Sn)	7440-31-5	x	x	x	
Vanadium (V)	7440-62-2	x	x		
Zink (Zn)	7440-66-6	x	x	x	x

### PAHer

parameter	CAS-nr.	Marint	Søer	Vandløb	Punktkilde	
		Muslinger	Sediment	Sediment	RBU separat kloak	RBU sediment
Acenaphthen	83-32-9	x	x	x		x
Acenaphthylene	208-96-8	x	x	x		x
Anthracen	120-12-7	x	x	x		x
Benzo(a)anthracen	56-55-3	x	x	x	x	x
Benzo(a)fluoren	238-84-6	x	x	x		x
Benzo(a)pyren	50-32-8	x	x	x	x	x
Benzo(e)pyren	192-97-2	x	x	x	x	x
Benzo(ghi)perylene	191-24-2	x	x	x	x	x
Benzo(b+j+k)fluoranthener	205-99-2/205-82-3 /207-08-9	x	x	x	x	x
Chrysen/triphenylen	218-01-9/ 217-59-4	x	x	x	x	x
Dibenzo(a,h)anthracen	53-70-3	x	x	x		x
Dibenzothiophen	132-65-0	x	x	x		x
3,6-dimethylphenanthren	1576-67-6	x	x	x		x
Fluoranthren	206-44-0	x	x	x	x	x
Fluoren	86-73-7	x	x	x		x
Indeno(1,2,3-cd)pyren	193-39-5	x	x	x	x	x
2-methylphenanthren	2531-84-2	x	x	x		x
1-methylpyren	2381-21-7	x	x	x		x
2-methylpyren	3442-78-2		x	x		x
Perylen	198-55-0	x	x	x		x
Phenanthren	85-01-8	x	x	x	x	x
Pyren	129-00-0	x	x	x	x	x

### Aromatiske kulbrinter

parameter	CAS-nr.	Marint	Søer	Vandløb	Punktkilde			
		Muslinger	Sediment	Sediment	Renseanlæg	RBU fælles kloak	RBU separat kloak	RBU sediment
Naphthalen	91-20-3	x	x	x	x	x	x	x
1-Methylnaphthalen	90-12-0	x	x	x				x
2-Methylnaphthalen	91-57-6	x	x	x	x	x		x
Dimethylnaphthalener	28804-88-8	x	x	x	x	x		x
Trimethylnaphthalener	28652-77-9	x	x	x	x	x		x
Benzen	71-43-2				x	x		
Biphenyl	92-52-4				x	x		
Ethylbenzen	100-41-4				x	x		
Toluen	108-88-3				x	x		
Xylen	1330-20-7				x	x		

### Organotin

parameter	CAS-nr.	Marint	Søer	Vandløb	Punktkilde	
		Muslinger	Sediment	Sediment	Renseanlæg	RBU fælles kloak
Tributyltin (TBT)	688-73-3	x	x	x	x	x
Triphenyltin (TPhT)	668-34-8	x	x	x	x	x
Dibutyltin (DBT)	100-53-5	x	x	x		
Monobutyltin (MBT)	78763-54-9	x	x	x	x	x

## PCBer

parameter	CAS-nr.	Marint	Søer	Vandløb
		Fisk	Fisk	Fisk
PCB #28	7012-37-5	x		
PCB #31	16606-02-3	x		
PCB #52	35693-99-3	x		
PCB#77	32598-13-3	x	x	x
PCB#81	70362-50-4	x	x	x
PCB #101	37680-73-2	x		
PCB #105*	32598-14-4	x	x	x
PCB#114*	74472-37-0	x	x	x
PCB #118*	31508-00-6	x	x	x
PCB#123*	65510-44-3	x	x	x
PCB#126	57465-28-8	x	x	x
PCB #138	35065-28-2	x		
PCB #153	35065-27-1	x		
PCB #156*	38380-08-4	x	x	x
PCB#157*	69782-90-7	x	x	x
PCB#167*	52663-72-6	x	x	x
PCB#169	33574-16-6	x	x	x
PCB #180	35065-29-3	x		
PCB#189*	39635-31-9	x	x	x
WHO-TEQ 2005, Sum c-PCB		x	x	x

\*Indgår i WHO-TEQ, sum PCB beregningen

## Dioxiner og furaner

parameter	CAS-nr.	Marint	Søer	Vandløb
		Fisk	Fisk	Fisk
2378-TCDD	1746-01-6	x	x	x
12378-PeCDD	40321-76-4	x	x	x
123478-HxCDD	39227-28-6	x	x	x
123678-HxCDD	57653-85-7	x	x	x
123789-HxCDD	19408-74-3	x	x	x
1234678-HpCDD	35822-46-9	x	x	x
OCDD	3268-87-9	x	x	x
2378-TCDF	51207-31-9	x	x	x
12378-PeCDF	57117-41-6	x	x	x
23478-PeCDF	57117-31-4	x	x	x
123478-HxCDF	70648-26-9	x	x	x
123678-HxCDF	57117-44-9	x	x	x
123789-HxCDF	72918-21-9	x	x	x
234678-HxCDF	60851-34-5	x	x	x
1234678-HpCDF	67562-39-4	x	x	x
1234789-HpCDF	55673-89-7	x	x	x
OCDF	39001-02-0	x	x	x
WHO-TEQ 2005, Sum PCDD/F		x	x	x
WHO-TEQ 2005, Total sum*		x	x	x

\* WHO-TEQ total sum er summen af WHO-TEQ sum PCB og WHO-TEQ sum PCDD/F

### Bromerede flammehæmmere

parameter	CAS-nr.	Marint
		Fisk
BDE#28	41318-75-6	x
BDE#47	5436-43-1	x
BDE#66	189084-61-5	x
BDE#99	60348-60-9	x
BDE#100	189084-64-8	x
BDE#153	68631-49-2	x
BDE#154	207122-15-4	x
α-HBCDD	134237-50-6	x
β-HBCDD	134237-51-7	x
γ-HBCDD	134237-52-8	x
BDE#175	446255-22-7	x
BDE#183	207122-16-5	x
BDE#197	117964-21-3	x
BDE#203	337513-72-1	x
BDE#209	1163-19-5	x

### Perfluorede stoffer

parameter	CAS-nr.	Marint	Søer	Vandløb	Punktkilde	
		Fisk	Fisk	Fisk	Renseanlæg	RBU fælles kloak
Perfluorohexansyre (PFHxA)	307-24-4				x	x
Perfluoroheptansyre (PFHpA)	376-85-9				x	x
Perfluorbutansulfonsyre (PFBS)	375-73-5				x	x
Perfluorbutansyre (PFBA)	375-22-4				x	x
Perfluorpentansyre (PFPA)	2706-90-3				x	x
Fluorotelomersulfonsyre (FTS)	27619-97-2				x	x
Perfluoroktansulfonsyre (PFOS)	1763-23-1	x	x	x	x	x
Perfluoroktansulfonamid (PFOSA)	754-91-6	x	x	x	x	x
Perfluorhexansulfonsyre (PFHxS)	355-46-4	x	x	x	x	x
Perfluorodecansyre (PFDA)	335-76-2	x	x	x	x	x
Perfluorononansyre (PFNA)	375-95-1	x	x	x	x	x
Perfluorooctansyre (PFOA)	335-67-1	x	x	x	x	x
Perfluoroundecansyre (PFUnA)	2058-94-8	x	x	x		

## Pesticider

parameter	CAS-nr.	Marint	Vandløb	Punktkilde	
		Fisk	Vand	RBU separat kloak	RBU sediment
2,6-Dichlorbenzamid	2008-58-4		x	x	x
AMPA	1066-51-9		x	x	x
Azoxystrobin	131860-33-8		x		
Bentazon	25057-89-0		x		
Carbendazim	10605-21-7		x		
Chlorpyrifos	2921-88-2			x	x
Cypermethrin	52315-07-8			x	x
Dicamba	1918-00-9			x	x
Diflufenican	83164-33-4			x	x
Diuron	330-54-1			x	x
DNOC	534-52-1		x		
Glyphosat	1071-83-6		x	x	x
Isoproturon	34123-59-6			x	x
MCPA	94-74-6		x	x	x
Mechlorprop	7085-19-0		x	x	x
Prosulfocarb	52888-80-9		x	x	x
Tau-fluvalinat	102851-06-9			x	x
DDT, p,p'-*	50-29-3	x			
DDE, p,p'-*	72-55-9	x			
Chlordan (trans-nonachlor)*	12789-03-6	x			
Gamma Lindan (HCH)*	58-89-9	x			
Hexachlorcyclohexan + isomerer*	608-73-1		x		

\*tilhører gruppen af forbudte persistente chlorerede pesticider

## Blødgørere

parameter	CAS-nr.	Marint	Søer	Vandløb	Punktkilde			
		Sediment	Sediment	Vand	Rense-anlæg	RBU fælles kloak	RBU separat kloak	RBU sediment
Benzylbutylphthalat (BBP)	85-68-7	x	x	x	x	x		
Di(2-ethylhexyl)adipat (DEHA)	103-23-1	x	x	x	x	x		x
Di(2-ethylhexyl)-phthalate (DEHP)	117-81-7	x	x	x	x	x	x	x
Diisononylphthalate (DINP)	28553-12-0	x	x	x	x	x	x	x
Di-n-octylphthalat (DNOP)	117-84-0	x		x	x	x		
Dibutylphthalat (DBP)	84-74-2	x	x	x	x	x		
Diisodecylphthalat (DIDP)	26761-40-0	x						
Diethylphthalat (DEP)	84-66-2				x	x	x	

## Phenoler

parameter	CAS-nr.	Marint	Søer	Vandløb	Punktkilde			
		Sediment	Sediment	Vand	Rense-anlæg	RBU fælles kloak	RBU separat kloak	RBU sediment
Bisphenol A	80-05-7			x	x	x	x	
Nonylphenoler	25154-52-3	x	x	x	x	x	x	x
4-Nonylphenol	104-40-5	x	x	x				x
4-nonylphenol, forgrenet	84852-15-3		x					x
Nonylphenol-monoethoxylater (NP1EO)		x	x	x	x	x		x
Nonylphenol-diethoxylater (NP2EO)		x	x	x	x	x		x
4-n-octylphenol	1806-26-4	x	x	x				x
4-tert-octylphenol	140-66-9	x	x	x				x
Phenol	108-95-2				x	x	x	

### Halogenerede alifatiske kulbrinter

		Vandløb
parameter	CAS-nr.	Vand
Trifluoreddikesyre (TFA)	76-05-1	x
Trichloreddikesyre (TCA)	76-03-9	x

### Anioniske detergenter

parameter	CAS-nr.	Vandløb	Punktkilde		
		Vand	Renseanlæg	RBU fælles kloak	RBU separat kloak
Alkylbenzensulfonat (LAS)	42615-29-2	x	x	x	x

### Phosphor triestre

parameter	CAS-nr.	Punktkilde		
		Renseanlæg	RBU fælles kloak	RBU separat kloak
Trichlorpropylphosphat (TCPP)	26248-87-3	x	x	x
Tricresylphosphat	1330-78-5	x	x	x
Tri-n-butylphosphat	126-73-8	x	x	x
Triphenylphosphat	115-86-6	x	x	x

### Halogenerede syrer

		Vandløb
parameter	CAS-nr.	Vand
Trifluoreddikesyre (TFA)	76-05-1	x
Trichloreddikesyre (TCA)	76-03-9	x

### Ethere

parameter	CAS-nr.	Punktkilde	
		Renseanlæg	RBU fælles kloak
Methyl ter-butyl ether (MTBE)	1634-04-4	x	x
Triclosan	3380-34-5	x	x

## Farmaceutiske stoffer

parameter	CAS-nr.	Vandløb	Punktkilde	
		Vand	Renseanlæg	RBU fælles kloak
2-hydroxyibuprofen	51146-55-5		x	x
Azithromycin	83905-01-5		x	x
Carbamazepin	298-46-4		x	x
Citalopram	59729-33-8		x	x
Clarithromycin	81103-11-9		x	x
Claritromycin	81103-11-9		x	x
Diclofenac	15307-86-5		x	x
Erytrocin	114-07-8		x	x
Furosemid	54-31-9		x	x
Ibuprofen	15687-27-1		x	x
Naproxen	22204-53-1		x	x
Paracetamol	103-90-2		x	x
Propranolol	525-66-6		x	x
Salicylsyre	69-72-7		x	x
Sulfadiazin	68-35-5	x		
Sulfamethiazol	144-82-1	x	x	x
Sulfamethoxazol	723-46-6	x	x	x
Tramadol	27203-92-5		x	x
Trimethoprim	738-70-5	x	x	x

## Østrogener

parameter	CAS-nr.	Punktkilde	
		Renseanlæg	RBU fælles kloak
Østron	53-16-7	x	x
17Beta-østradiol	50-28-2	x	x
Ethinyløstradiol	57-63-6	x	x



## Bilag 2 Andre marine vurderingskriterier

I nedenstående bilag er angivet vurderingskriterierne for række stoffer, der anvendes OSPAR konventionerne. Der er til sammenligning angivet nationale miljøkvalitetskrav (MKK) (Miljøministeriet 2023a) for miljøfarlige forurenende stoffer. Vurderingskriterierne fra EU (2006, 2008, 2011, 2013) er implementeret i MKK (angivet som kursivtal under DK MKK), hvorimod OSPAR (2005, 2009) har mere status af vurderingskriterier, der ikke er implementeret i dansk lovgivning, men bliver anvendt i OSPAR's Quality Status Report for Nordsøen

Internationale vurderingskriterier for miljøfarlige forurenende stoffer i biota fra EU (2006, 2008, 2011, 2013) og OSPAR (2005, 2009) samt nationale miljøkvalitetskrav (MKK), som er anvendt til at vurdere indholdet af metaller og organiske miljøfarlige forurenende stoffer i NOVANA-prøver. For muslinger er der en række OSPAR værdier for stoffer, der ikke måles i NOVANA muslin-geovervågningen fra 2018-2023 (kursiv).

	DK MKK <sup>1</sup>	Muslinger				Fisk (muskel)			
		BAC <sup>9</sup>	EAC <sup>9</sup>	EQS <sup>7</sup>	Fødevarer	BAC <sup>9</sup>	EAC <sup>9</sup>	EQS <sup>7</sup>	Fødevarer
Reference Basis <sup>2</sup>	BEK. 796 VV	OSPAR TV [VV for Hg]	OSPAR TV	EU VV	EU VV	OSPAR VV	OSPAR VV	EU VV	EU VV
Stof/Enhed	µg kg <sup>-1</sup>	µg kg <sup>-1</sup>	µg kg <sup>-1</sup>	µg kg <sup>-1</sup>	µg kg <sup>-1</sup>	µg kg <sup>-1</sup>	µg kg <sup>-1</sup>	µg kg <sup>-1</sup>	µg kg <sup>-1</sup>
Kviksølv (Hg)	20	90 [14]	-	20	500	35	-	20	500
Bly (Pb)	110	1.300	-	-	1.500	26	-	-	300
Cadmium (Cd)	160	960	-	-	1.000	26	-	-	50
Tributyltin (TBT) <sup>4</sup>	(3)	5	12	-	(30)	-	-	-	-
Naphthalen	2.400		340	-	-	-	-	-	-
Antracen	2.400		290	-	-	-	-	-	-
Phenanthren		11	1.700	-	-	-	-	-	-
Pyren		9	100	-	-	-	-	-	-
Benz[a]anthracen		2,5	80	-	-	-	-	-	-
Chrysene		8,1	-	-	-	-	-	-	-
Fluoranthren	30	12,2	110	30	-	-	-	-	-
Benzo(a)pyren	5	1,4	600	5	5	-	-	-	-
Benzo(b,k) fluoranthren		-	-	5	-	-	-	-	-
Benzo(g,h,i) perylen		2,5	110	5	-	-	-	-	-
Indeno(1,2,3- cd) pyren		2,4	-	5	-	-	-	-	-
Methylnaphthalener (Σ)	2.400	-	-	-	-	-	-	-	-
PAH (Σ4) <sup>5</sup>		-	-	-	35	-	-	-	-
DDT (p,p-DDE)		0,63	10	-	-	0,1	50 <sup>8</sup>	-	-
Hexachlorbenzen (HCB)	10	-	-	-	-	-	-	10	-
Hexachlorcyclohexan (γ-HCH)		0,97	1,45	-	-	-	1,1 <sup>8</sup>	-	-
Perfluoroctansulfonsyre (PFOS)	9,1	-	-	-	-	-	-	9,1 <sup>8</sup>	7,0 <sup>(EU2022)</sup>
Dioxin+furaner				0,0012 <sup>QS</sup>	0,0035			0,0065	0,0035
Dioxiner+ furaner + DL-PCB <sup>3</sup>	0,0065	-	-	0,0065	0,0065	-	-	-	0,0065
Non-DL PCB/ Sum <sup>5</sup> ICES 6					75	0,08	67-317 LV <sup>6</sup>	-	75
CB118		0,6	1,2	-	-	0,1	24 LV <sup>6</sup>	-	-
CB153		0,6	80	-	-	0,1	1.600 LV <sup>6</sup>	-	75
PBDE (Σ6) <sup>5</sup>	0,0085	-	-	-	-	0.06520	20-240LV <sup>6</sup>	0,0085	-
Hexabromcyclododecan (HBCDD)	167	-	-	-	-	-	-	167	-

<sup>1</sup> Miljøkvalitetskrav (MKK) (Miljøministeriet 2023a).

<sup>2</sup> Basis for enhederne: TV = tørvægt (muslinger i DK i gennemsnit 16 % TS, omregnet til VV angivet i [ ] for kviksølv), VV vådvægt og LV lipidindhold.

<sup>3</sup> Angivet som TEQ-værdier (WHO 2005). Gælder ikke for ål og visse ferskvandsfisk, som bl.a. gedde.

<sup>4</sup> Supplerende miljøkvalitetskriterier for TBT i muslinger fra Miljøstyrelsen (2021)

<sup>5</sup> PAH (Σ4) = sum af benzo(a)pyren, benz(a)anthracen, benzo(b)fluoranthren og chrysen, non-DL PCB (Σ6) = sum af PCB28, 52, 101, 138, 153 og 180), PBDE (Σ6) = sum af BDE28, 47, 99, 100, 153 og 154.

<sup>6</sup> Angivet med enhed normaliseret i forhold til lipidindhold (LV) i stedet for til vådvægt (VV). Interval indikerer individuelle målværdier for summerede stoffer.

<sup>7</sup> EQS for de lipofile og biomagnificerende stoffer PBDE, dioxinlignende forbindelser, HBCDD og HCB med log Kow > 3 sammenholdes med normaliserede koncentrationer henholdsvis 1 % fedt for muslinger og 5 % fedt for fisk, svarende til proxy for fisk på trofisk niveau 4,5 i henhold til EC guidance document (EU 2014). PAH i muslinger vurderes at være lipofile og normaliseres derfor også til 1 % fedt.

<sup>8</sup> OSPAR EAC for γ-HCH og p,p-DDE i fisk samt EQS for PFOS i fisk bør multipliceres med faktor 10 (PFOS dog 4,5) i de tilfælde, hvor stofferne er målt i fiskelever fremfor i muskel i henhold til (OSPAR 2005) og (Larsen & Bossi 2021).

<sup>9</sup> OSPAR BAC/EAC indgår ikke i dansk lovgivning, men har været anvendt i NOVANA siden 1998 og er medtaget for sammenligneligheden med tidligere år.

Potentielle indikatorer og deres anvendelse i regionale konventioner (Larsen et al 2023; HELCOM 2023b)

Stof	TV <sub>biota</sub> [µg/kg]	Type	NOVANA	HELCOM	OSPAR
Bly	110	National	Ja	Ja	(BAC)
Cadmium	160	National	Ja	Ja	(BAC)
Kviksølv	20	EU	Ja	Ja	Ja
PFOS	9,1	EU	Ja	Ja	Ja
HBCDD	167	EU	Ja	Ja	Ja
ΣPBDE	0,0085	EU	Ja	Ja	(FEQG)
Ikke-dioxinlignende PCB	75	EU	Ja	Ja	Ja
dioxinlignende PCB	0,0065	EU	Ja	Ja	Ja
Benz(a)pyren	5	EU	Ja	Ja	Ja
Fluoranthen	30	EU	Ja	Ja	Ja
<sup>137</sup> Cs	20 Bq kg <sup>-1</sup> Vådvægt	HELCOM	DTU	Ja	Nej

Nationale indikatorer og deres anvendelse i regionale konventioner (DK=dansk, S=Svensk). Enheder µg/kg tørret materiale (TS). (HELCOM 2023b)

Stof	TV <sub>sediment</sub> [µg/kg TS]	Type	NOVANA	HELCOM	OSPAR
Bly	120 000	DK QS <sub>Sediment</sub>	Ja	Ja	(ERL)
Cadmium	2 300	DK QS <sub>Sediment</sub>	Ja	Ja	(ERL)
Kobber	30 000	DK/S QS <sub>Sediment</sub>	Ja	Ja	(ERL)
Anthracen	24	DK QS <sub>Sediment</sub>	Ja	Ja	(ERL)
Fluoranthen	3 500 (5%TOC)	DK QS <sub>Sediment</sub>	Ja	Ja	(ERL)
TBT	1,3 (5%TOC)	DK/S QS <sub>Sediment</sub>	Ja	Ja	Ja (2,5% TOC)

Potentielle indikatorer og deres anvendelse i regionale konventioner, samt i hvilke dyr indikatormålingerne er foretaget. NOVANA delprogrammet for havstrategi er angivet som (Ja), da der kun er data fra 1-2 stationer hvert år. HELCOM indikator er angivet (Ja) fordi den indikator var fravalgt i perioden op til HOLAS II udgivet i 2018.

Indikator/Dyr	Vurderings kriterie (OSPAR)	Type	NOVANA	HEL-COM	OSPAR
TBT- specifikke effekt indikatorer: imposex og intersex/snegle	Klasse A-F	National	Ja	Ja	Ja
VDSI / havsnegle <i>Rødkonk og Purpursnegl</i>	BAC: index 0,3 EAC: index 2	National	Ja	Ja	Ja
<i>Almindelig konk og dværgkonk</i>	BAC: index 0,1 EAC: index 0,3				
ISI / havsnegle					
<i>Almindelig strandsnegl</i>	EAC: Index 0,1				
Misdannelser af yngel (typer B-G) / fisk	BAC: 1% EAC: 2%	National	(Ja)	(Ja)	Nej
Sent døde unger (type A) / fisk	BAC: 2% EAC: 4%	National	(Ja)	(Ja)	Nej
Tidligt død yngel (type 0) / fisk	BAC: 2,5% EAC: 5%	National	(Ja)	(Ja)	Nej
Abnorm udvikling af yngel (alle typer) / fisk	BAC: 5% EAC: 10%	National	(Ja)	(Ja)	Nej
CYP1A (EROD) aktivitet / fisk	BAC: 10 pmol min <sup>-1</sup> mg protein <sup>-1</sup>	National	(Ja)	(Ja)	Ja (arts specifik BAC)
PAH metabolitter / fisk	BAC: 92 ng ml <sup>-1</sup> (EAC: 483 ng ml <sup>-1</sup> )	National	(Ja)	Ja	Ja (arts specific BAC/EAC)
Lysosomal membran stabilitet (LMS) / blåmusling	BAC: 120 EAC: 50	National	Ja	Ja	Ja (andet mål end LMS)

Andre relevante miljøkvalitetskriterier for organotin forbindelser i biota (muslinger) og sediment i vandmiljøet (OSPAR 2023, HELCOM 2023, Miljøstyrelsen (2021a)). \* µg TBT/ kg VV , \*\* µg TBT/kg TS

	OSPAR		Miljøstyrelsen	
	BAC	EAC	BKK (sek.forgift.)	HKK
Tributyltin (TBT), muslinger	5 **	12 **	3 *	30 *
Tributyltin (TBT), sediment	-	-	1.3 **	-

Miljøkvalitetskriterier for graden af TBT-effekter i havsnegle hormonforstyrrelser, der medfører synlige tegn på kønsforandringer i form af imposex og intersex opgøres som VDSI (Vas Deferens Sekvens Indeks) og ISI (Intersex Indeks) (OSPAR 2023, HELCOM 2023).

Imposex (VDSI) / Intersex (ISI)	Parameter	BAC	EAC:
Purpursnegl	VDSI	0.3	2
Rødkonk	VDSI	0.3	2
Almindelig konk	VDSI	0.1	0.3
Dværgkonk	VDSI	0.1	0.3
Almindelig strandsnegl	ISI	-	0.1

## Bilag 3 Oversigt over stoffer med miljøkvalitetskriterier

Der er kapitel 4 udover miljøkvalitetskrav også anvendt miljøkvalitetskriterier. Nedenfor ses en beskrivelse af de to typer.

### Miljøkvalitetskriterier og Miljøkvalitetskrav:

Et kvalitetskriterium i vandmiljøet er det højeste koncentrationsniveau, ved hvilket der skønnes, ikke at forekomme uacceptable negative effekter på vandøkosystemer. Miljøstyrelsen (MST) udarbejder kvalitetskriterier for kemikalier i vandsøjlen, i sediment, i dyr og planter (biota) og for human konsum. Miljøstyrelsen bruger kvalitetskriterierne som det faglige grundlag til at kunne fastsætte miljøkvalitetskrav, hvorved der forstås den endelige koncentration af et bestemt forurenende stof i vand, sediment eller biota, som ikke må overskrides af hensyn til beskyttelsen af miljøet og menneskers sundhed.

Metodikken, der anvendes til udarbejdelse af miljøkvalitetskriterier, som efterfølgende fastsættes som miljøkvalitetskrav, er harmoniseret i EU og baserer sig på vandrammedirektivet (EU, 2000), EU's vejledning til fastsættelse af kvalitetskriterier i vandmiljøet (EU, 2018) og Miljøstyrelsens vejledning til fastsættelse af vandkvalitetskriterier (Miljøstyrelsen, 2004). Metodikken er endvidere i overensstemmelse med EU's vejledning til risikovurdering under REACH forordningen (EU, 2008).

Miljøstyrelsen har udviklet en lang række miljøkvalitetskriterier, der er baseret på EQS guidelinen fra EU. Disse kan findes på nedenstående link:

<https://mst.dk/erhverv/sikker-kemi/kemikalier/graensevaerdier-og-kvalitetskriterier/kvalitetskriterier-for-miljoefarlige-forurenende-stoffer-i-vandmiljoet>

Nedenfor er en opstilling af de kvalitetskriterier, der hentet fra ovenstående liste og anvendt i denne rapport.

Kvalitetskriterier for metaller i overfladevand

	Vand (µg/l)				Sediment		Biota	
	Kvalitetskriterium		Korttids-kvalitetskriterium		mg/kg TS		µg/kg VV	
	Fersk	Marin	Fersk	Marin	Fersk	Marin	Fersk/Marint	human konsum
Antimon	113	11,3	177	177				
Arsen	4,3	0,6	43	1,1	2,2	0,4	33	0,074
Barium	19	5,8	145	145				
Bly					163	163		
Bor	0,62	0,62	1,7	0,85				19.600
Cadmium <sup>1</sup>	<0,08-0,5**	0,2	≤0,45-1,5**	≤0,45-1,5**	2,3	3,8	18	50
Kobber	1	1	4,9	4,9				
Krom VI	1,3	2	5,4	85	9,2	9,2		365
Krom III	0,3	0,3	21	93	9,2	9,2		182,5
Kviksølv								
Molybdæn	67	6,7	587	587				
Nikkel					15	6,8	2300	0,45
Selen	0,1	0,08	3,1	31			15	243
Sølv	0,17	0,36	0,2	1,2	1500			
Tin	0,44	0,04			18,2*	1,82*		
Vanadium	4,8	0,48	100	100	4,2	0,42		
Zink	7,8	7,8	8,4	8,4				

\* Kvalitetskriteriet er fastlagt ud fra 5% OC

\*\* Kvalitetskriteriet for vand er graduerede afhængig af vandets hårdhed

Kvalitetskriterier for PAHer i overfladevand

	Vand (µg/l)				Sediment		Biota	
	Kvalitetskriterium		Korttids-kvalitetskriterium		mg/kg TS		µg/kg VV	
	Fersk	Marin	Fersk	Marin	Fersk	Marin	Fersk/Marint	human konsum
Acenaphthen	0,15	0,15	3,8	0,76	0,481	0,0481	3.200	610
Acenaphtylen	1,3	0,13	3,6	3,6				
Anthracen	0,1	0,1	0,1	0,1	0,024	0,024	2.100	490
Benzo(a)anthracen	0,0005	0,0005	0,1	0,01	0,30*	0,03*		6,14
Benzo(a)pyren	0,00017	0,00017	0,27	0,027	2,7*	7*		10**
Benzo(b+j+k)fluoranth- then	0,00017	0,00017	0,017	0,017	677	67,7		10**
indeno(1,2,3-cd)- pyren	0,0082***	0,0082***			2,7	7		10**
benz(g,h,i)perylene	0,0082***	0,0082***			2,7	7		10**
Chrysen	0,0028	0,0014	0,007	0,0014	0,231*	0,0231*		61,4
Dibenz(a,h)anthracen	0,0014	0,00014	0,018	0,018				
Fluoranthen	0,0063	0,0063	0,12	0,12	3,5*	3,5*	11.522	30
Fluoren	2,3	0,23	21,2	21,2				
Phenanthren	0,94	0,94	6,26	6,26	0,39*	0,9*	2.400	4.900
Pyren	0,0023	0,0023	0,04	0,04	0,84*	0,42*	1.520	

\* Kvalitetskriteriet er fastlagt ud fra 5% OC

\*\* human konsum baseret på muslinger

Benzo(a)pyren betragtes som markør for benz(b)fluoranthen, benz(k)fluoranthen, benz(g,h,i)perylene og indeno(1,2,3-cd)- pyren

\*\*\*Iht dokumentation er der angivet andre værdier end der står i BaP (2020/2021)- gældende BaP værdier brugt i vurdering

Kvalitetskriterier for aromater i overfladevand

	Vand (µg/l)				Sediment		Biota	
	Kvalitetskriterium		Korttidskvalitetskriterium		mg/kg TS		µg/kg VV	
	Fersk	Marin	Fersk	Marin	Fersk	Marin	Fersk/Marint	human konsum
Benzen	10	8	50	50	0,7	0,7		1,1
ethylbenzen	20	2	180	180				
Methylnaphthalener, sum*	0,12	0,12	2	2	0,478 x foc	0,478 x foc	2.400	
Naphthalen	2	2	130	130	0,138	0,0138	12.300	2.400
Toluen	74	7,4	380	380				
Xylener (o-, p- og m)	∑=10	∑=1	∑=100	∑=100				

\*Sum af methylnaphthalener, herunder 1-methylnaphthalen, 2-methylnaphthalen, dimethylnaphthalen og trimethylnaphthalen.

Kvalitetskriterier for organotin i overfladevand

	Vand (µg/l)				Sediment		Biota	
	Kvalitetskriterium		Korttidskvalitetskriterium		mg/kg TS		µg/kg VV	
	Fersk	Marin	Fersk	Marin	Fersk	Marin	Fersk/Marint	human konsum
Tributyltin (TBT)	0,0002	0,0002	0,0015	0,0015	0,0013*	0,0013*	3	30

\* Kvalitetskriteriet er fastlagt ud fra 5% OC

## Bilag 4 Risikokvotienter opdelt på regioner

I kapitel 4 er anvendt risikokvotienter baseret på CHASE princippet og opdelt på landområder at givet et overblik over, om der er forskel på de forskellige områder i Danmark, primært regioner, men da region Syddanmark dækker både Nordsøen og Vadehavet på den ene side og indre Danske farvande som Lillebælt, er denne region opdelt i Sønderjylland og Fyn/øerne.

Til risikokvotienter er anvendt medianværdier og som tærskelværdier er anvendt miljøkvalitetskrav og -kriterier. Vurdering er derfor kun foretaget på stoffer, hvor der er fastsat miljøkvalitetskrav og -kriterier.

Hvis miljøkvalitetskrav og -kriterier har forskellige værdier, er miljøkvalitetskrav anvendt. Der er primært anvendt kriterier/krav for biota, sekundær forgiftning. Dog i de tilfælde hvor et sådan ikke eksisterer men hvor der er et biotakrav til human konsum er dette blevet anvendt.

For beskrive af CHASE værktøjet se introduktion i kapitel 4.

Afhængig af medie er der taget udgangspunkt i forskellige tidsserier, Spildevand, renseanlæg 1998-2023, ferskvand 2011/12-2023, dog 1998-2023 for metaller i vandløb, og marint biota 2012-2023.

For spildevand, renseanlæg, vandløbsvand samt ferskvandssediment for søer og vandløb er der anvendt et statistisk værktøj fra MetalStat (Sørensen et al, 2024) til beregning af medianværdier. For biota-data er der beregnet almindelige medianværdier uden inddragelse af data under detektionsgrænsen på grund af et mere begrænset datasæt.

Nedenstående tabeller viser de beregnede risikokvotienter, som er præsenteret i kapitel 4. Tabellerne er opdelt på regioner/landområder.



Risikokvotienter	Region Nordjylland							
	Vandløb Vand µg/l	Vandløb Sediment mg/kg TS	Vandløb Fisk µg/kg VV	Sø Sediment mg/kg TS	Sø Fisk µg/kg VV	Marint Muslinger µg/kg VV	Marint Fisk µg/kg VV	Wwpt Udløb µg/l
<b>Metaller</b>								
Antimon								0,00
Arsen	0,27					186		0,26
Barium	0,97							0,57
Bly	0,04	0,037		0,11		2,2		0,12
Bor								0,81
Cadmium	0,14	0,069		0,12		1,5		0,29
Kobber	0,94							1,71
Krom	0,07	0,461		1,08		1,1		0,24
Kviksølv	0,01		2,75		4,8	2,1	1,35750006	0,13
Molybdæn								0,01
Nikkel	0,27					0,032		1,15
Selen								0,50
Sølv								
Tin		0,000						0,23
Vanadium	0,14	1,780		0,58				0,18
Zink	0,41					37.656		4,88
<b>PAH</b>								
Acenaphthen		0,002		0,0002		0,00		0,00
Acenaphtylen								0,00
Anthracen		0,274		0,0685		0,01		0,00
benz(g,h,i)perylene		0,007		0,0029		0,06		2,90
Benzo(a)anthracen		0,048		0,0133		0,13		0,04
Benzo(a)pyren		0,006		0,0017		0,06		4,94
Benzo(bjk)fluoranthen		0,000		0,0000		0,14		4,69
Dibenz(a,h)anthracen								
Fluoranthen		0,010		0,0035		1,64		
Fluoren								
indeno(1,2,3-cd)- pyren		0,006		0,0024		0,06		6,98
Phenanthren		0,043		0,0209		0,00		0,00
Pyren		0,038		0,0116		0,00		0,42
<b>aromater</b>								
Benzen								0,0001
ethylbenzen								0,0000
Sum af methyl-naphthalener		0,0071		0,0296		0,0046		0,0458
Naphthalen		0,0107		0,0021		0,0006		0,0037
Toluen								0,0001

Risikokvotienter	Region Midtjylland							
	Vandløb Vand µg/l	Vandløb Sediment mg/kg TS	Vandløb Fisk µg/kg VV	Sø Sediment mg/kg TS	Sø Fisk µg/kg VV	Marint Muslinger µg/kg VV	Marint Fisk µg/kg VV	Wwpt Udløb µg/l
<b>Metaller</b>								
Antimon								0,01
Arsen	0,13					124		0,13
Barium	2,27							0,63
Bly	0,04	0,042		0,17		1,4		0,24
Bor								2,13
Cadmium	0,22	0,045		0,17		1,3		0,15
Kobber	0,86							1,21
Krom	0,06	0,652		1,13		1,6		0,14
Kviksølv	0,01		3,15		3,73	1,0	1,475	0,08
Molybdæn								0,03
Nikkel	0,47					0,031		1,05
Selen								0,63
Sølv								
Tin		0,190						0,06
Vanadium	0,08	0,680		0,44				0,17
Zink	0,87					22.000		4,03
<b>PAH</b>								
Acenaphthen		0,005		0,0003		0,00		0,00
Acenaphthylen								0,00
Anthracen		0,578		0,0613		0,01		0,02
benz(g,h,i)perylene		0,016		0,0027		0,06		2,14
Benzo(a)anthracen		0,105		0,0155		0,15		0,03
Benzo(a)pyren		0,014		0,0020		0,05		5,27
Benzo(bjk)fluoranthen		0,000		0,0000		0,16		6,91
Dibenz(a,h)anthracen								
Fluoranthen		0,020		0,0034		1,71		
Fluoren								
indeno(1,2,3-cd)-pyren		0,013		0,0025		0,06		3,20
Phenanthren		0,088		0,0141		0,00		0,00
Pyren		0,085		0,0115		0,00		1,33
<b>aromater</b>								
Benzen								0,0003
ethylbenzen								0,0000
Sum af methyl-naphthalener		0,0068		0,0113		0,0036		0,1596
Naphthalen		0,0101		0,0008		0,0008		0,0038
Toluen		0,0000						0,0002

Risikokvotienter	Sønderjylland							
	Vandløb Vand µg/l	Vandløb Sediment mg/kg TS	Vandløb Fisk µg/kg VV	Sø Sediment mg/kg TS	Sø Fisk µg/kg VV	Marint Muslinger µg/kg VV	Marint Fisk µg/kg VV	Wwpt Udløb µg/l
<b>Metaller</b>								
Antimon								0,00
Arsen	0,14					77		0,17
Barium	3,54							1,36
Bly	0,04	0,056		0,22		1,4		0,44
Bor								1,92
Cadmium	0,29	0,084		0,24		1,5		0,31
Kobber	1,24							2,93
Krom	0,07	0,596		1,78		1,0		0,25
Kviksølv	0,01		3,025		4,55	1,1	1,25	0,13
Molybdæn								0,02
Nikkel	0,56					0,022		0,79
Selen								1,90
Sølv								
Tin		0,160						0,13
Vanadium	0,12	0,779		1,15				0,27
Zink	0,92					23.829		6,77
<b>PAH</b>								
Acenaphthen		0,003		0,0006		0,00		0,00
Acenaphtylen								0,00
Anthracen		0,505		0,1576		0,02		0,03
benz(g,h,i)perylene		0,014		0,0067		0,06		2,20
Benzo(a)anthracen		0,102		0,0386		0,15		0,04
Benzo(a)pyren		0,014		0,0050		0,06		4,38
Benzo(bjk)fluoranthen		0,000		0,0001		0,17		3,15
Dibenz(a,h)anthracen								
Fluoranthen		0,018		0,0085		1,97		
Fluoren								
indeno(1,2,3-cd)-pyren		0,011		0,0058		0,06		3,75
Phenanthren		0,073		0,0405		0,00		0,00
Pyren		0,080		0,0280		0,00		0,81
<b>aromater</b>								
Benzen								0,0004
ethylbenzen								0,0000
Sum af methyl-naphthalener		0,0055		0,0428		0,0038		0,0805
Naphthalen		0,0114		0,0038		0,0008		0,0043
Toluen		0,0070						0,0003

Risikokvotienter	Fyn og øerne							
	Vandløb Vand µg/l	Vandløb Sediment mg/kg TS	Vandløb Fisk µg/kg VV	Sø Sediment mg/kg TS	Sø Fisk µg/kg VV	Marint Muslinger µg/kg VV	Marint Fisk µg/kg VV	Wwpt Udløb µg/l
<b>Metaller</b>								
Antimon								0,00
Arsen	0,25					86		0,14
Barium	3,28							1,67
Bly	0,03	0,047		0,15		1,4		0,10
Bor								2,46
Cadmium	0,13	0,060		0,16		1,0		0,12
Kobber	1,52							1,62
Krom	0,04	0,580		1,16		0,5		0,15
Kviksølv	0,01		3,30500007		3,61975009	0,8	1,80000009	0,29
Molybdæn								0,04
Nikkel	0,35					0,015		1,08
Selen								1,73
Sølv								
Tin		0,164						0,14
Vanadium	0,09	0,655		0,60				0,13
Zink	0,80					22.883		2,12
<b>PAH</b>								
Acenaphthen		0,004		0,0006		0,00		0,00
Acenaphtylen								0,00
Anthracen		0,936		0,1925		0,02		0,04
benz(g,h,i)perylene		0,029		0,0082		0,07		9,60
Benzo(a)anthracen		0,205		0,0475		0,16		0,09
Benzo(a)pyren		0,035		0,0060		0,06		9,27
Benzo(bjk)fluoranthen		0,000		0,0001		0,16		13,16
Dibenz(a,h)anthracen								
Fluoranthen		0,044		0,0095		1,87		
Fluoren								
indeno(1,2,3-cd)- pyren		0,027		0,0079		0,08		10,94
Phenanthren		0,125		0,0343		0,00		0,00
Pyren		0,141		0,0324		0,00		1,98
<b>aromater</b>								
Benzen								0,0002
ethylbenzen								0,0001
Sum af methyl-naphthalener		0,0128		0,0597		0,0038		0,0451
Naphthalen		0,0126		0,0028		0,0007		0,0052
Toluen		0,0058						0,0003

Risikokvotienter	Region Sjælland							
	Vandløb Vand µg/l	Vandløb Sediment mg/kg TS	Vandløb Fisk µg/kg VV	Sø Sediment mg/kg TS	Sø Fisk µg/kg VV	Marint Muslinger µg/kg VV	Marint Fisk µg/kg VV	Wwpt Udløb µg/l
<b>Metaller</b>								
Antimon								0,001
Arsen	0,23					515		0,29
Barium	2,32							2,07
Bly	0,04	0,126		0,12		1,9		0,51
Bor								1,94
Cadmium	0,11	0,059		0,15		1,1		0,45
Kobber	1,48							7,19
Krom	0,05	0,894		1,24		0,5		0,16
Kviksølv	0,01		4,05375		3,985	1,2	3,46000016	0,17
Molybdæn								0,02
Nikkel	0,33					0,015		0,67
Selen								1,05
Sølv								
Tin		0,310						0,15
Vanadium	0,10	1,171		0,75				0,25
Zink	0,63					20.776		4,73
<b>PAH</b>								
Acenaphthen		0,003		0,0004		0,00		0,00
Acenaphtylen								0,00
Anthracen		0,484		0,1721		0,02		0,02
benz(g,h,i)perylene		0,017		0,0068		0,08		3,10
Benzo(a)anthracen		0,101		0,0340		0,15		0,03
Benzo(a)pyren		0,016		0,0047		0,06		3,10
Benzo(bjk)fluoranthren		0,000		0,0001		0,22		5,46
Dibenz(a,h)anthracen								
Fluoranthren		0,022		0,0072		1,57		
Fluoren								
indeno(1,2,3-cd)-pyren		0,013		0,0059		0,06		3,11
Phenanthren		0,079		0,0284		0,00		0,00
Pyren		0,086		0,0246		0,00		0,70
<b>aromater</b>								
Benzen								0,0002
ethylbenzen								0,0001
Sum af methyl-naphthalener		0,0096		0,0751		0,0039		0,1505
Naphthalen		0,0112		0,0021		0,0007		0,0044
Toluen		0,0116						0,0005

Risikokvotienter	Region Hovedstaden							
	Vandløb Vand µg/l	Vandløb Sediment mg/kg TS	Vandløb Fisk µg/kg VV	Sø Sediment mg/kg TS	Sø Fisk µg/kg VV	Marint Muslinger µg/kg VV	Marint Fisk µg/kg VV	Wwpt Udløb µg/l
<b>Metaller</b>								
Antimon								0,00
Arsen	0,22					86		0,16
Barium	2,05							0,80
Bly	0,05	0,102		0,71		3,8		0,34
Bor								1,68
Cadmium	0,09	0,061		0,40		1,5		0,14
Kobber	1,23							2,49
Krom	0,05	0,555		2,98		1,1		0,17
Kviksølv	0,01		2,18		4,285	2,3	11,45	0,17
Molybdæn								0,02
Nikkel	0,32					0,023		0,64
Selen								0,80
Sølv								
Tin		0,287						0,17
Vanadium	0,11	0,593		0,86				0,18
Zink	0,84					23,422		3,56
<b>PAH</b>								
Acenaphthen		0,006		0,0053		0,00		0,00
Acenaphthylen								0,00
Anthracen		0,959		0,7761		0,02		0,02
benz(g,h,i)perylene		0,036		0,0302		0,07		2,99
Benzo(a)anthracen		0,200		0,1733		0,18		0,04
Benzo(a)pyren		0,029		0,0242		0,06		4,14
Benzo(bjk)fluoranthen		0,000		0,0002		0,20		4,25
Dibenz(a,h)anthracen								
Fluoranthen		0,038		0,0333		1,49		
Fluoren								
indeno(1,2,3-cd)-pyren		0,024		0,0255		0,07		6,29
Phenanthren		0,146		0,1213		0,00		0,00
Pyren		0,169		0,1191		0,00		0,98
<b>aromater</b>								
Benzen								0,0000
ethylbenzen								0,0000
Sum af methyl-naphthalener		0,0176		0,1448		0,0045		0,1039
Naphthalen		0,0179		0,0131		0,0007		0,0046
Toluen		0,0365						0,0002

## Bilag 5 Data oversigt for marine parametre

I kapitel 3.1 er kun angivet resultater for parametre hvor der er vurderingskriterier for. Nedenfor findes en oversigt over andre parametre med angivelse af antal prøver, antal over DL (fund%), median 90%-percentilen og maksimalværdien for sediment (incl. individuelle phenoler og blødgørere), muslinger og fisk.

**Tabel B5.1.** Sediment resultater fra 2023 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  TS for phenoler og phtalater, støtteparametre som % eller %TS angivet i [])

Bemærk < for under detektionsgrænsen, som i nogle tilfælde varierer.

Parameter 2023	n	n>dl	median	90%percentil	max
4-n-octylphenol	28	1	<0,5	<0,5	2,95
4-Nonylphenol	28	14	1,195	12,237	42,21
4-tert-octylphenol	28	12	1,33	35,111	79,5
Benzylbutylphthalat	28	15	1,09	7,82	13,07
organisk C TOC [%TS]	28	23	0,55	3,983	8,31
DEHP	28	28	57,64	201,561	365,18
Di-n-octylphthalat	28	8	<1	3,557	9,99
Di(2-ethylhexyl)adipat	28	28	26,1	62,1	193,45
Dibutylphthalat	28	28	12,26	79,658	208,38
Diisodecyl phthalat	28	27	68,375	457,197	931,6
Diisononylphthalat	28	23	34,325	280,393	496,8
Glødetab, total [%TS]	28	28	2,9835	16,7722	25,588
Grus & sten [%]	28	25	0,18	11,514	35,51
Ler+silt fraktion [%TS]	28	27	40,6	90,3705	95,455
Nonylphenol-diethoxylater (NP2EO)	28	20	5,7	39,655	201,35
Nonylphenol-monoethoxylater (NP1EO)	28	23	27,03	195,011	737,54
Nonylphenoler	28	20	4,72	43,343	56,37
Tørstof, total [%]	28	28	60,82	77,237	78,3

**Tabel B5.2.** Sediment inklusiv havstrategi resultater fra åbne vande (metaller mg/kg TS; organiske µg/kg TS dog dioxiner

ng/kg TS, støtteparametre som % eller %TS angivet i [])

Parameter (2018-2023)	n	n>dl	median	90%percentil	max
4-n-octylphenol	66	1	<0,5	<0,5	2,95
4-Nonylphenol	220	150	3,3	24,68	258,9
4-tert-octylphenol	219	120	2,6	28,02	213,6
Benzylbutylphthalat	222	104	<1	10	2159,5
organisk C TOC [%TS]	220	196	1,825	7,225	12,6
DEHP	221	212	71	315,1	1282
Di-n-octylphthalat	222	109	<1	9,981	75,5
Di(2-ethylhexyl)adipat	211	177	26,8	193,45	3926,5
Dibutylphthalat	222	181	16,7	103,8	878,5
Diisodecyl phthalat	218	202	156	588,3	2622
Diisononylphthalat	221	199	97	404,5	1544,5
Glødetab, total [%TS]	220	219	6,295	18,667	34,2
Grus & sten [%TS]	132	116	0,42	97,08	100
Ler+silt fraktion [%TS]	140	135	57,57	95,85325	98,9
Nonylphenol-diethoxylater (NP2EO)	220	178	9	50,43	201,35
Nonylphenol-monoethoxylater (NP1EO)	218	188	26,38	174,771	1588,4
Nonylphenoler	220	174	9,685	124,33	322,3
Tørstof, total [%]	220	220	43,2	76,231	86,9
1-Methyl-naphtalen	19	15	1,9	14,32	23,5
1-Methylpyren	19	7	<1,1	6,54	17,3
1234678-HpCDF	13	13	1,46	7,688	45,99
1234678HpCDD	13	13	2,62	13,938	50,83
123478-HxCDD	13	2	<0,02	0,756	2,07
123478-HxCDF	13	12	1,65	5,354	18,26
1234789-HpCDF	13	4	<0,04	2,158	4,48
123678-HxCDD	13	7	0,14	1,562	5
123678-HxCDF	13	8	0,26	1,068	7,51
12378-PeCDD	13	3	<0,04	1,41	1,63
12378-PeCDF	13	6	<0,03	2,01	5,87
123789-HxCDD	13	6	<0,02	2,68	6,44
123789-HxCDF	13	8	0,37	1,72	8,44
2-Methylnaphtalen	19	13	3	10,66	23,7
2-Methylphenanthren	19	17	2	12,24	26,9
2-Methylpyren	19	9	<1,1	8,48	18,6
234678-HxCDF	13	1	<0,02	<0,02	2,09
23478-PeCDF	13	9	0,63	2,428	8,1
2378-TCDD	13	0	<0,03	<0,03	<0,03
2378-TCDF	13	4	0,03	20,904	183,12
Acenaphthen	19	17	1	2,44	9,9
Acenaphthylen	19	10	0,5	6,98	16,5
Aluminium	19	19	24410	39640	49342
Antimon	19	1	<0,9	<0,9	2
Antracen	19	16	5	17,16	36,4
Arsen	19	18	7	15,4	20
Barium	19	19	271	354,72	406,7
Benz(a)anthracen	19	19	4,1	53,08	105,7
Benz(a)fluoren	19	17	2	21,28	40,6
Benz(ghi)perylene	19	19	10,3	119,98	186
Benz[a]pyren	19	14	7	72	124,2
Benzfluranthen b+j+k	19	19	22,7	237,02	415,3
Benzo(e)pyren	19	13	7,7	82,5	126,6
Bly	19	19	12,6	47,18	67,3
Cadmium	19	14	0,062	0,428	0,72
Chrom	19	19	20,9	54,84	67,1
Crysen/triphenylen	19	18	5,5	67,96	91,3
Dibenz(ah)anthracen	19	13	1,8	22,4	36,8
Dibenzothiophen	19	7	<1,3	5,68	9,1
Dibutyltin	11	0	<1	<2	<2
Dimethylnaphthalener	19	13	11	99,88	102,1
Dimethylphenanthren	19	17	0,5	3,62	7,6
Fluoranthen	19	17	9,3	113,68	208,3
Fluoren	19	10	<1	6,62	8,3
Indeno(1,2,3-cd)pyren	19	19	10,6	136,04	265,8
Kobber	19	11	1,6	32,02	38,7
Kobolt (Co)	19	19	2,4	9,652	14,7



<b>Tabel B5.2. Fortsat</b>					
<b>Parameter (2018-2023)</b>	<b>n</b>	<b>n&gt;dl</b>	<b>median</b>	<b>90%percentil</b>	<b>max</b>
Kviksølv	19	18	0,021	0,1478	0,321
Lithium	19	19	5,58	20,62	23,48
Mangan	19	19	178	511	972
Methylnaphthalen	19	10	5	23,46	41
Molybden (Mo)	18	6	<0,665	3,384	5,3
Monobutyltin	11	0	<1	<3	<3
Naphtalen	19	12	3	19,32	52,6
Nikkel	19	19	9,5	32,14	41,7
OCDD	13	13	8,17	66,932	214,79
OCDF	13	12	2,54	13,754	92,82
Octylphenol	154	13	0,5	0,64	14
PCB #105	13	13	4,85	37,242	64,33
PCB #118	13	13	14,7	108,118	215,94
PCB #126	13	6	0,03	6,578	51,18
PCB #156	13	7	0,03	27,59	39,09
PCB #169	13	1	0,01	0,01	4,53
PCB #77	13	6	0,01	2,984	37,32
PCB #81	13	12	1,03	16,43	23
PCB#114	13	10	0,19	4,212	45,95
PCB#123	13	4	0,04	2,848	21,96
PCB#157	13	4	0,01	5,384	28,5
PCB#167	13	5	0,01	46,726	84,9
PCB#189	13	2	0,02	1,196	10,54
Perylen	19	10	5	44,64	46
Phenanthren	19	18	6	51,66	86,4
Pyren	19	12	7	92,1	182
Sedimentfraktion <2 mm	81	0	99,4	100,0	100,0
Sedimentfraktion <63 µm	81	0	72,6	98,1	100,0
Selen	19	3	1	1,32	1,5
Sølv	5	0	0,2	0,2	0,2
Strontium	19	19	103,9	139,48	153,5
Thallium	19	19	0,258	0,4928	0,6
Tributyltin (TBT)	11	0	<1	<1	<1
Trimethylnaphthalener	19	12	5,6	35,66	53,5
Triphenyltin(TPhT)	11	0	<2	<5	<5
Uran	19	19	1,03	2,744	4,68
Vanadium	19	19	26,6	76,54	106,2
WHO-TEQ 2005 c-PCB	13	12	0,058	0,8272	5,188
WHO-TEQ 2005 PCDD/F	13	13	0,761	4,7726	29,993
WHO-TEQ 2005 total, ekskl. LOQ	13	13	1,011	8,9512	30,884
Zink	19	19	17,9	123,4	146,7

**Tabel B5.3.** Muslinger inklusiv havstrategi resultater ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  vådvægt, støtteparametre som % eller %TS angivet i [])

Parameter	2018-2023	n	n <=DL	median	90 percentil	max
1-Methyl-naphthalen	$\mu\text{g}/\text{kg}$ VV	105	0	0,53	1	2
1-Methylpyren	$\mu\text{g}/\text{kg}$ VV	246	59	0,2	0,41	1,3
2-Methylnaphthalen	$\mu\text{g}/\text{kg}$ VV	246	0	1	2,1	4
2-Methylphenanthren	$\mu\text{g}/\text{kg}$ VV	246	0	1,1	1,72	5,1
Acenaphthen	$\mu\text{g}/\text{kg}$ VV	246	0	0,4	1,5	5,75
Acenaphthylen	$\mu\text{g}/\text{kg}$ VV	246	0	0,3	0,3	4,8
Antracen	$\mu\text{g}/\text{kg}$ VV	246	88	0,2	0,5	3,2
Arsen	$\mu\text{g}/\text{kg}$ VV	247	0	1778	3439	11132
Benz(a)anthracen	$\mu\text{g}/\text{kg}$ VV	246	0	0,8	2	36
Benz(a)fluoren	$\mu\text{g}/\text{kg}$ VV	246	0	0,25	0,7	11,3
Benz(ghi)perylene	$\mu\text{g}/\text{kg}$ VV	246	0	0,5	1,085	3
Benz(k)fluoranthren	$\mu\text{g}/\text{kg}$ VV	246	0	0,4	0,9	3,53
Benzfluranthen b+j+k	$\mu\text{g}/\text{kg}$ VV	246	0	1,495	3,4	10,8
Benzo(e)pyren	$\mu\text{g}/\text{kg}$ VV	246	0	0,9	1,95	7,19
Bly	$\mu\text{g}/\text{kg}$ VV	247	0	137	253	820
Cadmium	$\mu\text{g}/\text{kg}$ VV	247	0	162	248	648
Chrom	$\mu\text{g}/\text{kg}$ VV	247	0	81	443	2041
Crysen/triphenylen	$\mu\text{g}/\text{kg}$ VV	246	0	1,375	2,8	21,5
Dibenz(ah)anthracen	$\mu\text{g}/\text{kg}$ VV	246	0	0,2	0,2	1,09
Dibenzothiophen	$\mu\text{g}/\text{kg}$ VV	246	0	0,6	1	1,6
Dimethylnaphthalener	$\mu\text{g}/\text{kg}$ VV	246	1	3,685	6	9
Dimethylphenanthren	$\mu\text{g}/\text{kg}$ VV	246	0	0,5	0,8	5,3
Dimethylphenanthrener	$\mu\text{g}/\text{kg}$ VV	45	0	6,1	10,76	12,4
Fluoranthren	$\mu\text{g}/\text{kg}$ VV	246	0	2,345	4,7	33
Fluoren	$\mu\text{g}/\text{kg}$ VV	201	0	0,67	1,32	4,4
Indeno(1,2,3-cd)pyren	$\mu\text{g}/\text{kg}$ VV	246	0	0,39	1	4
Kobber	$\mu\text{g}/\text{kg}$ VV	247	0	1086	1444	2636
Kviksølv	$\mu\text{g}/\text{kg}$ VV	247	0	16	61	290
Nikkel	$\mu\text{g}/\text{kg}$ VV	247	1	279	520	2374
Perylen	$\mu\text{g}/\text{kg}$ VV	246	0	0,425	1,6	3,82
Phenanthren	$\mu\text{g}/\text{kg}$ VV	245	1	2,4	5,1	21
Pyren	$\mu\text{g}/\text{kg}$ VV	246	0	1,8	3,55	10,5
Sølv	$\mu\text{g}/\text{kg}$ VV	247	47	4	10	140
Tørstof,total	pct VV	105	0	17,18	21,712	24,8
Trimethylnaphthalener	$\mu\text{g}/\text{kg}$ VV	245	0	4	7,018	13,6
Trimethylphenanthrener	$\mu\text{g}/\text{kg}$ VV	45	0	1	1,06	1,6
Zink	$\mu\text{g}/\text{kg}$ VV	247	0	18000	24800	87964,4042

**Tabel B5.3.** Fortsat.

Parameter	2023	n (2023)	n <DL	median	90 percentil	max
1-Methyl-naphtalen	µg/kg VV	25	0	0,44	0,496	0,64
1-Methylpyren	µg/kg VV	25	1	0,18	0,33	0,72
2-Methylnaphtalen	µg/kg VV	25	0	0,79	1,668	2,33
2-Methylphenanthren	µg/kg VV	25	0	1,06	1,612	1,72
Acenaphthen	µg/kg VV	25	0	0,4	0,616	5,75
Acenaphthylen	µg/kg VV	25	0	0,3	0,3	0,32
Antracen	µg/kg VV	25	0	0,2	0,35	1,51
Arsen	µg/kg VV	25	0	1169	2582,2	4150
Benz(a)anthracen	µg/kg VV	25	0	0,53	1,808	5,45
Benz(a)fluoren	µg/kg VV	25	0	0,2	0,476	1,73
Benz(ghi)perylene	µg/kg VV	25	0	0,44	0,888	2,77
Benz(k)fluoranthren	µg/kg VV	25	0	0,51	1,102	3,53
Benzfluranthen b+j+k	µg/kg VV	25	0	1,54	2,4	9,59
Benzo(e)pyren	µg/kg VV	25	0	0,97	2,232	7,19
Bly	µg/kg VV	25	0	100	182	266
Cadmium	µg/kg VV	25	0	128	176,8	248
Chrom	µg/kg VV	25	0	45	66	122
Crysen/triphenylen	µg/kg VV	25	0	1,37	3,034	7,95
Dibenz(ah)anthracen	µg/kg VV	25	0	0,2	0,2	0,32
Dibenzothiophen	µg/kg VV	25	0	0,6	0,686	0,85
Dimethylnaphthalener	µg/kg VV	25	0	3,7	4,168	4,67
Dimethylphenanthren	µg/kg VV	25	0	0,31	0,58	0,68
Fluoranthren	µg/kg VV	25	0	1,76	3,988	11,38
Fluoren	µg/kg VV	25	0	0,64	0,756	1,21
Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/kg VV	25	0	0,3	0,652	1,55
Kobber	µg/kg VV	25	0	1086	1240,6	2207
Kviksølv	µg/kg VV	25	0	12	20,8	30
Nikkel	µg/kg VV	25	0	266	340,4	374
Perylen	µg/kg VV	25	0	0,44	0,94	1,45
Phenanthren	µg/kg VV	25	0	3,51	5,432	7,05
Pyren	µg/kg VV	25	0	1,44	2,868	8,37
Sølv	µg/kg VV	25	0	4	6	78
Tørstof,total	pct VV	25	0	18,32	22,236	24,06
Trimethylnaphthalener	µg/kg VV	25	0	4,1	5,998	7,55
Zink	µg/kg VV	25	0	14962	19798,2	21753

**Tabel B5.4.** Fisk inklusiv havstrategi resultater ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  vådvægt dog dioxiner  $\text{ng}/\text{kg}$  vådvægt, støtteparametre som % eller %TS angivet i []). Både for 2018-2023 og 2023 alene. Bemærk færre parametre i 2023 alene.

Parameter	2018-2023	n	n<DL	Median	90 percentil	max
<i>Dioxins and furans</i>						
1234678-HpCDF	$\text{ng}/\text{kg}$ VV	61	60	0,09	0,4	0,83
1234678HpCDD	$\text{ng}/\text{kg}$ VV	61	61	0,028	0,15	0,2
123478-HxCDD	$\text{ng}/\text{kg}$ VV	61	52	0,01	0,01	0,01
123478-HxCDF	$\text{ng}/\text{kg}$ VV	61	53	0,01	0,012	0,07
1234789-HpCDF	$\text{ng}/\text{kg}$ VV	61	55	0,09	0,09	0,25
123678-HxCDD	$\text{ng}/\text{kg}$ VV	61	55	0,01	0,01	0,0282
123678-HxCDF	$\text{ng}/\text{kg}$ VV	61	60	0,01	0,015	0,028
12378-PeCDD	$\text{ng}/\text{kg}$ VV	61	60	0,02	0,02	0,061
12378-PeCDF	$\text{ng}/\text{kg}$ VV	61	56	0,02	0,03	0,065
123789-HxCDD	$\text{ng}/\text{kg}$ VV	61	55	0,01	0,01	0,016
123789-HxCDF	$\text{ng}/\text{kg}$ VV	61	60	0,01	0,01	0,01
234678-HxCDF	$\text{ng}/\text{kg}$ VV	61	61	0,02	0,02	0,0276
23478-PeCDF	$\text{ng}/\text{kg}$ VV	61	60	0,02	0,09	0,1247
2378-TCDD	$\text{ng}/\text{kg}$ VV	61	59	0,02	0,02	0,0426
2378-TCDF	$\text{ng}/\text{kg}$ VV	61	61	0,04	0,165	0,498
OCDD	$\text{ng}/\text{kg}$ VV	61	61	0,12	0,306	0,419
OCDF	$\text{ng}/\text{kg}$ VV	61	61	0,03	0,050	3,304
WHO-TEQ 1998 c-PCB	$\text{ng}/\text{kg}$ VV	27	21	0,005	0,046	0,15
WHO-TEQ 1998 PCDD/F	$\text{ng}/\text{kg}$ VV	18	11	0,008	0,064	0,08
WHO-TEQ 1998 total, ekskl. LOQ	$\text{ng}/\text{kg}$ VV	27	22	0,013	0,071	0,21
WHO-TEQ 2005 c-PCB	$\text{ng}/\text{kg}$ VV	34	34	0,08768	0,551	1,859
WHO-TEQ 2005 PCDD/F	$\text{ng}/\text{kg}$ VV	34	27	0,0325	0,129	0,7881
WHO-TEQ 2005 PCDD/F ekskl. LOQ	$\text{ng}/\text{kg}$ VV	1	0	0,001	NA	0,001
WHO-TEQ 2005 total, ekskl. LOQ	$\text{ng}/\text{kg}$ VV	36	35	0,1324	1,033	2,782
<i>Brominated substances</i>						
BDE #28	$\mu\text{g}/\text{kg}$ VV	89	80	0,004	0,006	0,013
BDE #66	$\mu\text{g}/\text{kg}$ VV	89	34	0,004	0,011	0,063
BDE#100	$\mu\text{g}/\text{kg}$ VV	89	89	0,005	0,009	0,038
BDE#153	$\mu\text{g}/\text{kg}$ VV	89	84	0,004	0,004	0,528
BDE#154	$\mu\text{g}/\text{kg}$ VV	89	89	0,004	0,008	0,065
BDE#183	$\mu\text{g}/\text{kg}$ VV	89	40	0,008	0,03	50,832
BDE#209	$\mu\text{g}/\text{kg}$ VV	88	87	0,04	0,153	22,5
BDE#47	$\mu\text{g}/\text{kg}$ VV	89	73	0,009	0,026	0,059
BDE#99	$\mu\text{g}/\text{kg}$ VV	89	33	0,004	0,009	0,01
BromDiphenylEther BDE#175	$\mu\text{g}/\text{kg}$ VV	89	58	0,02	0,021	0,031
BromDiphenylEther BDE#197	$\mu\text{g}/\text{kg}$ VV	89	64	0,017	0,05	0,05
BromDiphenylEther BDE#203	$\mu\text{g}/\text{kg}$ VV	89	59	0,017	0,05	0,11
alfa-HBCDD	$\mu\text{g}/\text{kg}$ VV	75	53	0,004	0,019	0,045
beta-HBCDD	$\mu\text{g}/\text{kg}$ VV	71	38	0,003	0,006	0,019

**Tabel B5.4.** Fortsat.

<b>Parameter</b>	<b>2018-2023</b>	<b>n</b>	<b>n&lt;DL</b>	<b>Median</b>	<b>90 percentil</b>	<b>max</b>
gamma-HBCDD	µg/kg VV	70	25	0,002	0,004	0,01
HBCDD sum	µg/kg VV	22	21	0,024	0,024	0,024
<i>Chlorinated substances</i>						
PCB #101	µg/kg VV	90	87	0,09	0,421	7,548
PCB #105	µg/kg VV	90	84	0,038	0,411	1,645
PCB #110	µg/kg VV	3	3	0,102	NA	0,102
PCB #118	µg/kg VV	89	83	0,128	1,164	4,886
PCB #126	ng/kg VV	61	61	0,09	1,103	8,289
PCB #128	µg/kg VV	3	3	0,087	NA	0,655
PCB #138	µg/kg VV	90	86	0,27	1,822	7,229
PCB #149	µg/kg VV	3	3	0,104	NA	0,147
PCB #151	µg/kg VV	3	2	0,085	NA	0,103
PCB #153	µg/kg VV	90	90	0,47	3,342	12,274
PCB #156	µg/kg VV	90	60	0,02	0,151	0,789
PCB #169	ng/kg VV	61	61	0,02	0,443	127,2
PCB #170	µg/kg VV	3	3	0,301	NA	0,528
PCB #180	µg/kg VV	90	89	0,07	0,401	2,792
PCB #187	µg/kg VV	3	3	0,108	NA	0,123
PCB #28	µg/kg VV	85	64	0,02	0,08	0,2
PCB #31	µg/kg VV	90	46	0,011	0,03	0,136
PCB #44	µg/kg VV	3	3	0,031	NA	0,062
PCB #49	µg/kg VV	3	3	0,075	NA	0,121
PCB #52	µg/kg VV	90	68	0,03	0,121	0,22
PCB #77	ng/kg VV	61	61	0,43	4,053	24,96
PCB #81	ng/kg VV	61	61	0,077	0,62	2,89
PCB #99	µg/kg VV	3	3	0,318	NA	1,525
PCB#114	ng/kg VV	61	58	0,22	6,486	40,343
PCB#123	ng/kg VV	61	60	0,65	21,02	145,86
PCB#157	ng/kg VV	61	59	0,82	11,308	152
PCB#167	ng/kg VV	61	61	4,72	65,32	295,462
PCB#189	ng/kg VV	61	61	0,21	3,19	37,409
DDD, p,p'-	µg/kg VV	3	3	0,099	NA	0,236
DDE, o,p'-	µg/kg VV	3	3	0,025	NA	0,033
DDE, p,p'-	µg/kg VV	36	36	0,54	1,22	2,309
DDT, o,p'-	µg/kg VV	3	3	0,02	NA	3,154
DDT, p,p'-	µg/kg VV	36	20	0,03	0,131	0,777
HCH-alfa	µg/kg VV	27	13	0,01	0,05	1,082
HCH-beta	µg/kg VV	33	22	0,023	0,068	0,338
Heptachlor	µg/kg VV	14	3	0,05	NA	0,5
Heptachlorepoxyd	µg/kg VV	14	3	0,05	NA	0,5
Hexachlorbenzen	µg/kg VV	36	36	0,042	0,07	0,08

**Tabel B5.4.** Fortsat

<b>Parameter</b>	<b>2018-2023</b>	<b>n</b>	<b>n&lt;DL</b>	<b>Median</b>	<b>90 percentil</b>	<b>max</b>
Hexachlorcyclohexan	µg/kg VV	11	11	0,05	0,07	0,088
Trans-nonachlor	µg/kg VV	33	26	0,03	0,059	0,1
Gamma Lindan (HCH)	µg/kg VV	36	24	0,029	0,05	1,854
<i>Fluoride substances</i>						
Perfluorbutansulfonsyre	µg/kg VV	8	7	0,31	NA	0,31
Perfluorbutansyre	µg/kg VV	8	7	0,1	NA	0,1
Perfluordecansulfonsyre	µg/kg VV	8	7	0,08	NA	0,08
Perfluordodecansyre	µg/kg VV	8	1	0,12	NA	0,57
Perfluorheptansulfonat	µg/kg VV	8	1	0,01	NA	0,1
Perfluorheptansyre	µg/kg VV	8	1	0,07	NA	0,08
Perfluorhexadecansyre	µg/kg VV	8	0	0,1	NA	0,1
Perfluorhexansulfonsyre	µg/kg VV	90	90	0,16	0,62	1,46
Perfluorhexansyre	µg/kg VV	8	1	0,09	NA	0,12
Perfluoroctadecansyre	µg/kg VV	8	0	0,1	NA	0,1
Perfluorodecansyre	µg/kg VV	90	90	0,345	0,919	2,56
Perfluoroktansulfonamid	µg/kg VV	90	90	0,17	0,451	1,02
Perfluoroktansulfonsyre	µg/kg VV	90	90	2,27	6,176	10,9
Perfluoroktansyre	µg/kg VV	90	81	0,53	0,53	7,77
Perfluorononansyre	µg/kg VV	90	90	0,37	1,529	4,45
Perfluoropentansulfonsyre	µg/kg VV	8	0	0,1	NA	0,1
Perfluoroundecansyre	µg/kg VV	90	80	0,32	0,825	28,4
Perfluorpentansyre	µg/kg VV	8	0	0,1	NA	0,1
Perfluortetradecansyre	µg/kg VV	8	7	0,08	NA	0,08
Perfluortridecansyre	µg/kg VV	8	7	0,57	NA	0,57
2H-Perfluor-2-decensyre	µg/kg VV	8	0	0,1	NA	0,1
2H-Perfluor-2-octensyre	µg/kg VV	8	0	0,1	NA	0,1
Dodecafluor-3H-4,8-dioxanonanoat	µg/kg VV	8	8	0,1	NA	0,1
HFPO-DA (GenX)	µg/kg VV	8	0	0,1	NA	0,1

**Tabel B5.4.** Fortsat

Parameter	2023	n	n >DL	median	90 percentil	max
<i>Dioxins and furans</i>						
1234678-HpCDF	ng/kg VV	8	7	0,009	NA	0,03
1234678HpCDD	ng/kg VV	8	8	0,031	NA	0,1
123478-HxCDD	ng/kg VV	8	0	0,004	NA	0,004
123478-HxCDF	ng/kg VV	8	1	0,006	NA	0,012
1234789-HpCDF	ng/kg VV	8	3	0,003	NA	0,009
123678-HxCDD	ng/kg VV	8	3	0,004	NA	0,023
123678-HxCDF	ng/kg VV	8	7	0,006	NA	0,007
12378-PeCDD	ng/kg VV	8	7	0,0125	NA	0,061
12378-PeCDF	ng/kg VV	8	8	0,018	NA	0,065
123789-HxCDD	ng/kg VV	8	3	0,004	NA	0,016
123789-HxCDF	ng/kg VV	8	8	0,005	NA	0,007
234678-HxCDF	ng/kg VV	8	8	0,005	NA	0,008
23478-PeCDF	ng/kg VV	8	7	0,0315	NA	0,105
2378-TCDD	ng/kg VV	8	7	0,0095	NA	0,021
2378-TCDF	ng/kg VV	8	8	0,1305	NA	0,204
OCDD	ng/kg VV	8	8	0,2005	NA	0,419
OCDF	ng/kg VV	8	8	0,016	NA	3,304
WHO-TEQ 2005 c-PCB	ng/kg VV	8	8	0,0551	NA	0,1429
WHO-TEQ 2005 PCDD/F	ng/kg VV	8	8	0,09	NA	0,7881
WHO-TEQ 2005 total, ekskl. LOQ	ng/kg VV	8	8	0,1324	NA	0,931
<i>Brominated substances</i>						
BDE #28	µg/kg VV	8	8	0,006	NA	0,006
BDE #66	µg/kg VV	8	8	0,006	NA	0,009
BDE#100	µg/kg VV	8	8	0,008	NA	0,008
BDE#153	µg/kg VV	8	8	0,004	NA	0,004
BDE#154	µg/kg VV	8	8	0,004	NA	0,004
BDE#183	µg/kg VV	8	8	0,03	NA	0,05
BDE#209	µg/kg VV	7	7	0,11	NA	22,5
BDE#47	µg/kg VV	8	7	0,013	NA	0,042
BDE#99	µg/kg VV	8	8	0,009	NA	0,009
BromDiphenylEther BDE#175	µg/kg VV	8	8	0,021	NA	0,03
BromDiphenylEther BDE#197	µg/kg VV	8	8	0,05	NA	0,05
BromDiphenylEther BDE#203	µg/kg VV	8	8	0,05	NA	0,11
alfa-HBCDD	µg/kg VV	8	6	0,005	NA	0,008
beta-HBCDD	µg/kg VV	8	0	0,002	NA	0,002
gamma-HBCDD	µg/kg VV	8	1	0,002	NA	0,01
HBCDD sum	µg/kg VV	8	7	0,006	NA	0,021

**Tabel B5.4.** Fortsat

<i>Chlorinated substances</i>						
PCB #101	µg/kg VV	8	8	0,0815	NA	0,329
PCB #105	µg/kg VV	8	8	0,134	NA	1,306
PCB #118	µg/kg VV	8	8	0,237	NA	3,326
PCB #126	ng/kg VV	8	8	0,8965	NA	6,516
PCB #138	µg/kg VV	8	8	0,4615	NA	5,117
PCB #153	µg/kg VV	8	8	0,599	NA	8,55
PCB #156	µg/kg VV	8	7	0,0475	NA	0,546
PCB #169	ng/kg VV	8	8	0,0755	NA	1,142
PCB #180	µg/kg VV	8	7	0,1135	NA	2,163
PCB #28	µg/kg VV	8	8	0,023	NA	0,068
PCB #31	µg/kg VV	8	4	0,0105	NA	0,057
PCB #52	µg/kg VV	8	8	0,0455	NA	0,159
PCB #77	ng/kg VV	8	8	2,873	NA	8,163
PCB #81	ng/kg VV	8	8	0,092	NA	1,792
PCB#114	ng/kg VV	8	5	0,596	NA	22,953
PCB#123	ng/kg VV	8	7	0,5815	NA	31,287
PCB#157	ng/kg VV	8	7	4,5895	NA	77,12
PCB#167	ng/kg VV	8	8	9,396	NA	184,385
PCB#189	ng/kg VV	8	8	0,4	NA	22,925
DDE, p,p'-	µg/kg VV	8	8	0,495	NA	1,3
DDT, p,p'-	µg/kg VV	8	8	0,04	NA	0,04
HCH-alfa	µg/kg VV	8	8	0,05	NA	0,05
HCH-beta	µg/kg VV	8	7	0,05	NA	0,05
Hexachlorbenzen	µg/kg VV	8	8	0,028	NA	0,07
Hexachlorcyclohexan	µg/kg VV	8	8	0,05	NA	0,07
Trans-nonachlor	µg/kg VV	8	7	0,03	NA	0,1
Gamma Lindan (HCH)	µg/kg VV	8	8	0,05	NA	0,05
<i>Fluoride substances</i>						
Perfluorbutansulfonsyre	µg/kg VV	8	7	0,31	NA	0,31
Perfluorbutansyre	µg/kg VV	8	7	0,1	NA	0,1
Perfluordecansulfonsyre	µg/kg VV	8	7	0,08	NA	0,08
Perfluordodekansyre	µg/kg VV	8	1	0,12	NA	0,57
Perfluorheptansulfonat	µg/kg VV	8	1	0,01	NA	0,1
Perfluorheptansyre	µg/kg VV	8	1	0,07	NA	0,08
Perfluorhexadekansyre	µg/kg VV	8	0	0,1	NA	0,1
Perfluorhexansulfonsyre	µg/kg VV	8	8	0,16	NA	0,3
Perfluorhexansyre	µg/kg VV	8	1	0,09	NA	0,12
Perfluoroctadecansyre	µg/kg VV	8	0	0,1	NA	0,1
Perfluorodekansyre	µg/kg VV	8	8	0,285	NA	2,56
Perfluoroktansulfonamid	µg/kg VV	8	8	0,09	NA	0,16



**Tabel B5.4.** Fortsat

Perfluoroktansulfonsyre	µg/kg VV	8	8	4,165	NA	5,67
Perfluoroktansyre	µg/kg VV	8	8	0,09	NA	0,1
Perfluorononansyre	µg/kg VV	8	8	0,18	NA	0,18
Perfluoropentansulfonsyre	µg/kg VV	8	0	0,1	NA	0,1
Perfluoroundecansyre	µg/kg VV	8	8	0,1	NA	28,4
Perfluoropentansyre	µg/kg VV	8	0	0,1	NA	0,1
Perfluortetradecansyre	µg/kg VV	8	7	0,08	NA	0,08
Perfluortridecansyre	µg/kg VV	8	7	0,57	NA	0,57
2H-Perfluor-2-decensyre	µg/kg VV	8	0	0,1	NA	0,1
2H-Perfluor-2-octensyre	µg/kg VV	8	0	0,1	NA	0,1
Dodecafluor-3H-4,8-dioxanonanoat	µg/kg VV	8	8	0,1	NA	0,1
HFPO-DA (GenX)	µg/kg VV	8	0	0,1	NA	0,1

# MILJØFARLIGE FORURENENDE STOFFER 2023

## NOVANA

Denne rapport er den første rapport fra fagdatacentret for miljøfarlige forurenende stoffer (MFS). Rapporten indeholder en gennemgang af de stofgrupper, der indgår i NOVANA for overfladevand med korte beskrivelser af fysisk/kemiske egenskaber, skæbne, effekter og kilder. Ved hver stofgruppe er angivet status inden for direktiver, lovgivning og konventioner samt eventuelle miljøkvalitetskrav. Der præsenteres en gennemgang af analyseresultaterne af MFS i kontrolovervågningen og i den operationelle overvågning for 2023 samt i perioden 2018-2023 for søer, vandløb, marine områder og punktkilder. Resultaterne vurderes i forhold til eventuelle miljøkvalitetskrav. Rapporten indeholder videre en gennemgang af data for fire stofgrupper på tværs af medier og matricer samt tidstrends. Disse stofgrupper er metaller, polycykliske aromatiske hydrocarboner (PAH'er), aromatiske kulbrinter samt organotin. Endelig er der et afsnit med sammenligning mellem kontrolstationer og operationelle stationer i vandløb, baseret på biota data ud fra koncentrationer og oplandstype.