

AVINOR AS



Resultatrapport

PFC i biota

RAPPORT

Rapport nr.:		Oppdrag nr.: 168182		Dato: 27. november 2012	
Kunde: Avinor AS					
Resultatrapport PFC i biota					
Rev.	Dato	Revisjonen gjelder			Sign.
Utarbeidet av:		Sign.:			
Halvard Kaasa, Niklas Törneman, Øistein Preus Hveding, Erik Heibo, Jannike GB Jensen og Finn Gravem					
Kontrollert av:		Sign.:			
Niklas Törneman					
Oppdragsansvarlig / avd.:		Oppdragsleder / avd.:			
Lorenzo Lona / Energi		Bente Breyholtz / Anlegg			

Forord

I forbindelse med at Avinor arbeider med utredning av forurensingssituasjonen på og rundt sine flyplasser er det gjennomført spesiell kartlegging av fluoreerte forbindelser som er brukt i brannskum. Avinor ser det som viktig å følge disse forbindelsene i et livsløp og har satt i gang undersøkelse av biologiske organismer rundt flyplassene for å klarlegge om disse polyfluoreerte forbindelsene (PFC) kan spores i biologisk liv og i så fall om det er risiko forbundet med tilstedeværelse av disse stoffene både for mennesker og for de artene stoffene eventuelt finnes i.

Sweco Norge AS har fått oppgaven med å gjennomføre denne biota undersøkelsen der praktisk innhenting av data ble startet i slutten av april 2012. Avinor har som første trinn i sitt biota-arbeid valgt ut 4 flyplasser som blir undersøkt: Kristiansand lufthavn (Kjevik), Haugesund lufthavn (Karmøy), Bergen lufthavn (Flesland), og Tromsø lufthavn (Langnes).

Arbeidet med innsamling av materiale er i hovedsak gjennomført av personell fra Sweco Norge AS, men med god hjelp av konsulentselskapet COWI ved innsamling av sedimenter og vannprøver fra Kristiansand lufthavn, Kjevik. Til praktisk innsamling av bunnlevende organismer og sedimenter fra grunne områder er det leid inn dykkerselskap. For å bistå med utsetting og opptak av fiskeredskap er det ved alle fire flyplasser leid inn fisker med egnet båt.

Våre kontaktpersoner i Avinor har vært Vegard Kvisle og Jarl Øvstedal.

Vi takker for oppdraget og godt samarbeid!

Lysaker, 27. november 2012

Halvard Kaasa

Innhold

1	Innledning.....	1
1.1	Oppdragsbeskrivelse og formål	1
1.2	Perfluorinerte forbindelser – PFC.....	1
2	Metodebeskrivelse.....	3
2.1	Beskrivelse av markørarter	3
2.2	Fangstmetoder.....	9
2.3	Prøvetaking sedimenter og vann	11
2.4	Uttak av biotaprøver for analyse	11
2.5	Analysemetoder.....	12
2.6	Tallbehandling	12
2.7	Ordforklaringer.....	12
3	Metode for risikovurdering	13
3.1	Risikovurdering av PFC i biota.....	13
3.2	Opptak, fordeling og effekter.....	13
3.3	Risikoelementer	13
3.4	Styrende risikoelementer	14
3.5	Grenseverdier	16
3.6	Nivåer av PFC'er i Nordsjøen – Biota	19
4	Resultater	20
4.1	Kjevik lufthavn.....	20
4.1.1	<i>Feltarbeid.....</i>	<i>20</i>
4.1.2	<i>Resultater.....</i>	<i>22</i>
4.1.3	<i>Oppsummering og risikovurdering</i>	<i>27</i>
4.2	Karmøy lufthavn.....	31
4.2.1	<i>Feltarbeid.....</i>	<i>31</i>
4.2.2	<i>Resultater.....</i>	<i>32</i>
4.2.3	<i>Oppsummering og risikovurdering</i>	<i>34</i>
4.3	Flesland lufthavn.....	35
4.3.1	<i>Feltarbeid.....</i>	<i>35</i>
4.3.2	<i>Resultater.....</i>	<i>36</i>
4.3.3	<i>Oppsummering og risikovurdering</i>	<i>38</i>
4.4	Tromsø lufthavn.....	39
4.4.1	<i>Feltarbeid.....</i>	<i>39</i>
4.4.2	<i>Resultater.....</i>	<i>40</i>

4.4.3	<i>Oppsummering og risikovurdering</i>	<i>41</i>
5	Oppsummering og konklusjon	43
5.1	Vurdering av risiko	43
5.1.1	<i>Sammenligning av målte konsentrasjoner og grenseverdier i akvatisk biota</i>	<i>43</i>
5.1.2	<i>Sammenligning av målte konsentrasjoner og grenseverdier i skogmus</i>	<i>46</i>
5.2	Konklusjon/videre arbeid.....	47
6	Referanser	48

Vedleggsliste

Vedlegg 1: Ordliste

Vedlegg 2: Koordinater og benevnelse av prøvestasjoner

Vedlegg 3: Originale analyserapporter biota

Vedlegg 4: Originale analyserapporter sedimenter, vann og jord

1 Innledning

1.1 Oppdragsbeskrivelse og formål

Som en del av Avinors Miljøprosjekt DP2 har Sweco Norge AS og Cowi AS gjennomført miljøtekniske grunnundersøkelser ved Avinors lufthavner med spesiell vekt på brannøvingsfelt og PFOS-forurensning. Som en del av dette oppdraget har Sweco Norge AS også gjennomført en feltundersøkelse av mulig akkumulering av PFC-forbindelser i biota ved fire av Avinors flyplasser. Resultatene fra biotaundersøkelsen presenteres i denne rapport.

De undersøkte flyplassene er Kristiansand lufthavn (Kjevik), Haugesund lufthavn (Karmøy), Bergen lufthavn (Flesland), og Tromsø lufthavn (Langnes).

Formålet med oppdraget har vært å klarlegge om det finnes forurensning av perfluorerte forbindelser (PFC) i biota nær Avinor sine anlegg. Det ble i forkant pekt på forskjellige arter som kunne dekke ulike trinn i næringskjeden, samt arter med kort og lang livssyklus, og stasjonære og vandrende. Prøvetaking ble foretatt utenfor brannøvingsfeltene (BØF) på de ulike flyplassene, samt på referansestasjoner i nærheten. Eventuelle nivåer av PFC i utvalgte dyregrupper beskrives, og resultatene evalueres med hensyn til grenseverdier, toksisitet og mulig skade på organismer og økosystemer. En eventuell akkumulering i næringskjeden og mulige konsekvenser for mennesker vurderes.

1.2 Perfluorinerte forbindelser – PFC

PFC er en stor gruppe kjemiske stoffer, og totalt finnes det flere hundre forbindelser. PFC'ene deles inn i fire hovedgrupper; sulfonater, alkoholer, syrer og sulfonamider. Alkyl lengden er ofte i området C4 – C12, men også lenger. Det er godt kjent at to av stoffene, PFOS (perfluoroktylsulfonat) og PFOA (perfluoroktylsyre), har alvorlige helse- og miljøskadelige effekter, og at de gjenfinnes i miljøet og ikke brytes ned. Det er liten kunnskap om effektene av de andre stoffene, og både i Norge og utlandet forskes det for å øke forståelsen.

PFC fremstilles syntetisk, og har vært brukt i industri- og forbrukerprodukter siden 1950-tallet. Stoffene har gode overflateegenskaper, og de kan danne tynne hinner som hindrer spredning av brann og avdamping av flyktige forbindelser. De forbedrer også produktenes vann- og smussavstøtende egenskaper. Stoffene brukes derfor blant annet i brannskum, hydraulikkoljer, plantevernmidler, rengjøringsmidler, elektronisk utstyr, teflonbelegg, matemballasje, skismøring, samt i tekstiler og tepper. Stoffene introduseres til det akvatiske miljøet først og fremst via avløpsvann.

PFOA og PFNA benyttes ofte som hjelpekjemikalier i prosesser for å produsere andre fluorpolymere slik som PTFE.

I den senere tid etter at PFOS er faset ut av bruk, har bruken og dermed konsentrasjonen av andre PFC'er slik som PFBS, PFHxS og PFNA økt. PFOS, PFOA og andre perfluorinerte forbindelser regnes nå som globale miljøgifter. Foreliggende informasjon viser at PFOS-beslektede forbindelser har blitt og blir faset ut fra mange produkter, men at det kan ta ytterligere 5-10 år før tilfredsstillende alternativer er utviklet og tatt i bruk. Undersøkelser tyder på at bioakkumuleringsevnen og giftigheten av de perfluorerte forbindelsene øker med økende lengde på alkylkjeden. Med en kjedelengde på C5 eller mindre, virker ikke forbindelsene å være så farlige, men deres persistens betyr at de vil forbli i miljøet i årtier eller muligens for alltid.

Tidligere var PFOS-holdig brannskum den største kilden til utslipp av PFOS i Norge. Klif har utarbeidet en handlingsplan for å redusere forbruket og utslippene av PFC-forbindelser, og blant annet ble PFOS forbudt i Norge i 2007. Avinor faset ut sin bruk av PFOS-holdig brannskum allerede i 2001 og annet PFC-holdig brannskum i 2012.

Virkningsmekanismene til PFC'er er det foreløpig liten kunnskap om, men en kjenner en del av de skadelige effektene, slik som forgiftning, påvirkning på organfunksjoner og kreft.

PFOS er den mest utbredte, og virker å være det endelige nedbrytingsproduktet eller sluttproduktet ved nedbryting av andre perfluorinerte forbindelser (Beach, S. et al., 2006). PFOS er stabil og har en biologisk estimert halveringstid når den opptrer fritt i naturen på 41 år (van Asselt, ED et al., 2011).

Noen viktige egenskaper hos PFOS og PFOA:

- Anion i vann og sedimenter
- Lavt damptrykk (lite flyktige)
- Kjemisk og termisk stabile
- Høy persistens, dvs. brytes ikke ned i vann, sedimenter og jord
- Affinitet til organisk materiale, jord og sedimenter: PFOS > PFOA
- Akkumuleres i næringskjeden
- Bioakkumuleringspotensiale: PFOS > PFOA
- Eksponering i akvatisk miljø skjer både direkte via vann og via næringsopptak
- Løselighet i vann er høy, og størst i ferskvann
- Ikke fettløslig og synes å binde seg til proteiner og proteinrike vevstyper (lever og blod)
- Moderat akutt giftighet
- Sterk syre.

Vannkvaliteten i resipienten kan ha betydning, og eksempelvis synes økt salinitet i vann å medvirke til økt akkumulering av PFC i muslinger (østers) (Jeon, J. et al., 2010). Sterke syrer påvirker også vanligvis vannkvaliteten i ferskvann. En kan stille spørsmål ved om dette kan være medvirkende årsak til at det er funnet anrikning av PFOS på gjeller hos fisk. Svar på noen av disse spørsmålene kan bidra til å finne ut om eventuelle tiltak skal tilpasses lokalitetenes miljøforutsetninger for å redusere eventuell risiko.

PFC	Navn	Kjemisk formel
PFBA	Perfluorobutyric acid	$\text{CF}_3(\text{CF}_2)_2\text{COOH}$
PFPeA	Perfluoropentanoic acid	$\text{CF}_3(\text{CF}_2)_3\text{COOH}$
PFHxA	Perfluorohexanoic acid	$\text{CF}_3(\text{CF}_2)_4\text{COOH}$
PFHpA	Perfluoroheptanoic acid	$\text{CF}_3(\text{CF}_2)_5\text{COOH}$
PFOA	Perfluorooctanoic acid	$\text{CF}_3(\text{CF}_2)_6\text{COOH}$
PFNA	Perfluorononanoic acid	$\text{CF}_3(\text{CF}_2)_7\text{COOH}$
PFDA	Perfluorodecanoic acid	$\text{CF}_3(\text{CF}_2)_8\text{COOH}$
PFBS	Perfluorobutans sulfonic acid	$\text{CF}_3(\text{CF}_2)_3\text{SO}_3\text{H}$
PFHxS	Perfluorohexane sulfonic acid	$\text{CF}_3(\text{CF}_2)_5\text{SO}_3\text{H}$
PFOS	Perfluorooctanesulfonic acid	$\text{CF}_3(\text{CF}_2)_7\text{SO}_3\text{H}$
FTS-6:2	6:2 fluortelomer sulfonate	$\text{CF}_3(\text{CF}_2)_5\text{CH}_2\text{CH}_2\text{HSO}_3$
FTS-8:2	8:2 fluortelomer sulfonate	$\text{CF}_3(\text{CF}_2)_7\text{CH}_2\text{CH}_2\text{HSO}_3$

2 Metodebeskrivelse

2.1 Beskrivelse av markørarter

Ved valg av markørarter, har det vært viktig å finne arter som dekker ulike trinn i næringskjeden, arter som har både kort og lang livssyklus, samt både stasjonære og vandrende arter. I valg av arter, har det også vært fokus på om disse er spiselige organismer for mennesker.

Fangsinnsatsen var avgrenset i tid, og det ble dermed behov for å gjøre tilpasninger i artsutvalget under arbeidets gang. Artsutvalget varierer således noe fra stasjon til stasjon, og en måtte gjøre et valg av arter i henhold til målet om å speile situasjonen i næringskjeden så godt som mulig, samtidig gi et godt nok grunnlag for statistiske vurderinger.

Muslinger er valgt fordi de er filtrerende dyr som lever lenge, og enkelt vil kunne ta opp og akkumulere PFC-forbindelser der de opptre i livsmiljøet. Flyndrefisker er valgt fordi de lever i stor grad på sjøbunnen, og har sitt næringsopptak hovedsaklig fra bunnlevende makroorganismer.

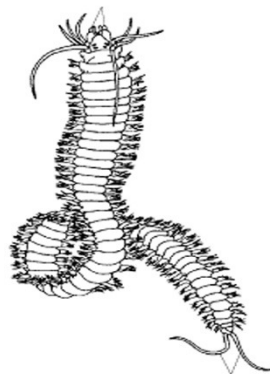
Skogmus (*Apodemus flavicollis*, *A. sylvaticus*). Stor skogmus finnes i lavereliggende områder av Sør-Norge nord til Trondheim. Den store skogmusen er mer knyttet til åpne kulturmarker, men du finner den også i skogkanter og utmark med krattskog. Kosten er vesentlig plantekost og særlig frø fra skogtrær. Den kan bli 5 år i fangenskap (Jonsson og Semb-Johansson, 1996b).

Zooplankton (*Zooplankton sp.*). Dyreplankton er et samlebegrep for ulike organismer som lever i de frie vannmasser. De finnes både i saltvann og ferskvann, og følger vannmassenes bevegelser. Noen grupper plankton har imidlertid evnen til å stige eller synke i vannet (Sieburth et al., 1978). I Nord-Atlanteren er *Meganyctiphanes norvegica* en viktig krillart. Raudåte er et annet viktig dyreplankton og denne hører til gruppen hoppekreps. Hoppekrepsene er kjøttetere eller altetere som kan beite på planteplankton, mindre dyreplankton eller dødt organisk materiale. Generasjonslengden varierer med vanntemperaturen; varmere vann gir raskere utvikling og kortere livslengde. Små former kan ha flere generasjoner i løpet av året, mens den vanligste arten i norske farvann, raudåte (*Calanus finmarchicus*), har én generasjon pr. år. I ferskvann har vi vannlopper, hvor slekten *Daphnia* er en viktig slekt for fisk. Arter av denne slekten er sterkt utsatt for fiskepredasjon hvor store dyr selekteres bort (Cole, 1988).



Figur 1. Småreker fanget i Topdalselva. Foto: Finn R. Gravem

Reke (*Caridea*). Det finnes om lag 35 arter i Norge. De er utbredt i alle hav, pelagisk og som bunnformer, de fleste på dypere vann. Enkelte rekearter finnes også i ferskvann, og i Norge er det kun én art, *Palaemonetes varians*, som går i brakt eller nesten ferskt vann. Reker forekommer ofte mange sammen i stim (se Figur 1). Om dagen står de ved bunnen og hviler eller beiter. Den er en opportunist som primært lever av organisk sediment, små krepser, mark osv.



Figur 2. Børstemark.

Børstemark (*Polychaeta*). Flerbørstemark (se Figur 2) finnes i alle marine habitater. Bløtbunn er det vanligste habitatet, og børstemark er den dominerende dyregruppa både i antall arter og i antall individer. På bløtbunn finnes det normalt 50-100 arter og flere tusen individer av flerbørstemark i sjøbunnen pr 1 m² bunnflate. De fleste artene lever av finfordelt organisk materiale (detritus) som de plukker ut fra bunnmaterialet. Noen arter filtrerer næringspartikler fra vann og noen arter er rovdyr. Mange arter er viktige næringsorganismer for fisk, krabber, hummer og andre arter på høyere nivå i næringskjedene (Oug, 2011).

Ørret (*Salmo trutta*). Ørret (se Figur 3) er vanlig i hele Norge både i ferskvann og i saltvann. I havet er den ofte kystnær, og man finner den i nær sagt alle vassdrag og innsjøer i innlandet. I ferskvann lever ørreten av insekter, bunndyr, dyreplankton og småfisk. Hvis den når en viss lengde kan den gå over på fiskediett. I havet vil dietten være mer variert, men ved en viss lengde vil den ernære seg for det meste av fisk. Gytealder spenner fra 2 til 10 år og den gyter for det meste på rennende vann om høsten. Store ørret kan vandre over store områder. Sjøørreten vandrer ut som smolt fra sin barndoms elv og spiser seg stor i havet for å vandre tilbake å gyte i elva den ble født i (Jonsson og Semb-Johansson, 1996a; Pethon, 1985).



Figur 3. Ørreten er vanlig i hele Norge både i ferskvann og i saltvann. Disse er fanget i Bergen. Foto: Finn R. Gravem



Figur 4. Steinbit fanget ved Kristiansand.
Foto: Finn R. Gravem.

Gråsteinbit (*Anarhichas lupus*).

Gråsteinbiten (se Figur 4) er vanlig langs hele kysten, hvor det finnes mest av den på tangbevokst steinbunn. Den forekommer også på sand- og mudderbunn. Flest gråsteinbit finner man på dyp fra 50 til 150 meter, men den fanges også ned til 500 meters dyp. Dietten består hovedsakelig av kråkeboller, snegler, muslinger, krabber og andre krepsdyr, men større steinbit tar også en del fisk. Gytetiden er fra desember til februar og gråsteinbiten har indre befruktning. Fiskelarvene har en tid i de frie vannmasser (Jonsson og Semb-Johansson, 1996a; Pethon, 1985). Kjønnsmodning inntreffer ved 6-7 års alder, og den kan trolig bli over 20 år gammel.

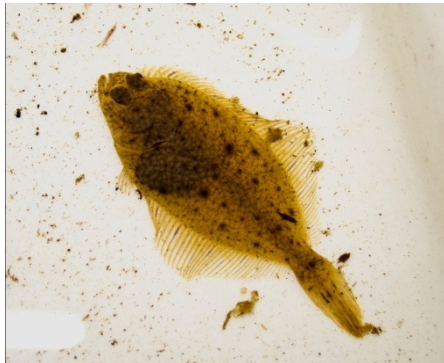
Berggyllt (*Labrus bergylta*). Berggyllt er vanlig langs kysten av Sørlandet og Vestlandet, nord til Trondheimsfjorden. Berggyllten liker seg ved bratte fjellsider og er en utpreget bunnfisk. Den lever på stein- og tangbunn fra fjæra og ned til 200 meters dyp. Kosten består for det meste av muslinger og krepsdyr. Kjønnsmodningen inntreffer fra en alder av to-tre år og den gyter om sommeren. Berggyllten har kjønnsskifte og den starter som hunn og utvikler seg senere til hann, og kan bli inntil 25 år gammel (Jonsson og Semb-Johansson, 1996a; Pethon, 1985).

Lomre (*Microstomus kitt*). Lomre er en flyndrefisk som er vanlig langs hele Norskekysten, men noe mindre vanlig i Nord-Norge. På vinteren spiser Lomra lite eller ingen føde, og sommeren og høsten er de viktigste beiteperiodene. Dietten består utelukkende av bunndyr, særlig børstemark, men også noe muslinger og krepsdyr. Lomra kan også ta en del slangestjerner og bløtdyr. Den trives best på fargerik stein- og berggrunn på dyp fra 10 m til 200 m, og kalles ofte bergflyndre. Den er stasjonær, men gjør små forflytninger på senvinteren i forbindelse med tiden før gyting. Etter 3 til 5 år er den kjønnsmoden og gytetiden er fra april til september. Eggene er pelagiske og gytes på 40 til 200 meter dyp. De pelagiske larvene bunnsår på dypt vann når de er rundt 3 cm store., og deretter vandrer yngelen inn mot kysten når de er 10 til 20 cm lange (Jonsson og Semb-Johansson, 1996a). Lomren kan bli over 20 år.

Skrubbe (*Platichius flesus*). Skrubbe (se Figur 5) er vanlig langs hele kysten og om sommeren er unge individer ofte på næringssøk langt opp i elver. Den kan således påtreffes i innsjøer hvor det er fri vandringsvei til havet. Dietten består av bunndyr som tanglopper, børstemark, slangestjerner og muslinger samt småfisk som kutlinger. Dietten i ferskvann og brakkvann består for det meste av små krepsdyr og larver av dansemygg (Pethon, 1985). Man finner skrubbe for det meste på sand- og slambunn ned til 75 meters dyp. Sommer og høst er den på grunne områder, mens den på vinter og vår foretrekker dypere områder. Skrubba regnes allikevel som en stasjonær fisk. Den kjønnsmodner fra to til fem år og gyter en gang i mars til juni på 25 til 75 meters dyp. Det pelagiske larvestadiet varer rundt to til tre måneder. Yngelen bunnsår på grunt vann ved ca. 1 cm lengde (Jonsson og Semb-Johansson, 1996a).

Slettvar (*Scophthalmus rhombus*). Slettvar (se Figur 6) finnes spredt langs kysten i Sør-Norge og nord til Trønderlag. De er mer vanlig langs sørlandskysten og sjelden nord for stad. Man finner den ofte på veldig grunt vann, men også ned til 75 meter. Den kan også forekomme i brakkvann. Næringen består for det meste av krepsdyr og fisk. Den tar krabber,

sil, brisling, sild, øyepål og hyse. Voksne slettvar finnes ofte på bløtbunn med sand, men de kan også påtreffes på steinbunn. Slettvaren har lokale vandringer mellom grunt og dypere vann. Gytetiden er fra mai til juli, og både egg og yngel er pelagiske. Fiskelarvene bunnsår når de er ca. 2 cm lange (Jonsson og Semb-Johansson, 1996a).



Figur 5. Skrubbe fanget ved Kjevik.
Foto: Finn R. Gravem



Figur 6. Slettvar fanget ved Haugesund. Foto: Finn R. Gravem

Torsk (*Gadus morhua*). Vi har to typer torsk, der den ene kalles kysttorsk og den andre skrei (som gytemoden) og loddetorsk (som umoden). Torsk (se Figur 7) er vanlig utbredt i Norge langs hele kysten iberegnet alle fjordene. Dens leveområde er fra tangbeltet langs land til havområdene i Nordsjøen og Barentshavet ned til 600 meter. Kysttorsken er mer bundet til kystnære områder, mens den vandrende torsken vandrer over store områder på gytevandring og/eller næringsvandring etter for eksempel lodde. Den vandrende torsken oppholder seg for det meste av året ute i de store havområdene, mens den vandrer kystnært for å gyte hovedsakelig i Lofoten, Finnmark, Troms og på Nordvestlandet. Den kan bli mer enn 20 år gammel. Torsken er allsidig i matveien og spiser all slags fisk til og med sine egne artsfrender. Sild, lodde, uer, og øyepål er fiskearter den setter pris på, men den tar også krepsdyr. Som for eksempel reker, krill, og rauåte. Av bunndyr liker den børstemark, slangestjerner, og muslinger (Fjeldseth og Tørmoen, 1997; Jonsson og Semb-Johansson, 1996a; Pethon, 1985).



Figur 7. Torsk fanget i Kristiansand. Foto: Finn R. Gravem

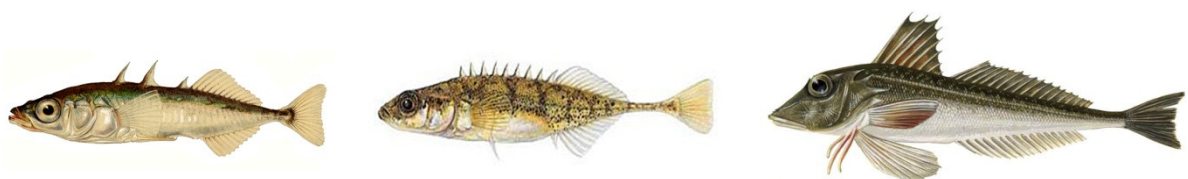
Lyr (*Pollachius pollachius*). Lyr er vanlig forekommende i Sør-Norge og mer spredt nord for Trondheimsfjorden opp til Varangerfjorden. Den finnes delvis i de frie vannmasser og delvis langs bunnen ned til 200 meters dyp. Den kan være stimfisk, men opptrer ofte som enkeltindivider som voksen. Dietten hos ung Lyr er gjerne børstemark og bløtdyr på bunnen.

Når Lyren blir større jager den sil, sild, brisling, andre torskefisker, men den tar også krepsdyr, reker og krabber. Gytetiden er fra januar til juni (Fjeldseth og Tørmoen, 1997; Jonsson og Semb-Johansson, 1996a; Pethon, 1985), og den kan bli mer enn 15 år gammel.

9-pigget stingsild (*Pungitius pungitius*). I Norge er den 9-piggete stingsilda (se Figur 8) en utpreget ferskvannsfisk, men den forekommer også i brakkvann. Den er en østlig innvandrer etter siste istid og er utbredt i Finnmark, under marin grense fra svenskegrensa i sør til stavanger i vest, samt et område rundt Trondheim. Den finnes i bekker, tjern og vegetasjonsrike dammer. Den 9-piggete stingsilda spiser noe mer dyreplankton og mindre bunndyr enn 3-pigget stingsild. I tillegg består dietten av rogn, fiskeyngel, mygglarver og andre smådyr den kan få tak i. Gytetiden er fra mai til juni (Jonsson og Semb-Johansson, 1996a; Pethon, 1985), og den blir som regel 3 år gammel.

3-pigget stingsild (*Gasterosteus aculeatus*). Finnes langs hele kysten i saltvann, men er også utbredt i ferskvann i lavlandet til litt over marin grense. Den 3-piggete stingsilda (se Figur 8) liker seg på grunt vann i vegetasjonen, men kan også forekomme som stimfisk i de frie vannmasser. Den spiser insektslarver, småkrepser, mark, bløtdyr, fiske- og amfibieegg og larver. Den 3-piggete stingsilda kjønnsmodnes som et år eller eldre, og de fleste gytefiskene dør etter gytesesongen. Gytetiden er fra mai til juni. Den kan ha vandringer mellom saltvann og ferskvann (Jonsson og Semb-Johansson, 1996a; Pethon, 1985). Både 9-pigget og 3-pigget stingsild er mat for andre fiskearter, for eksempel ørret. Den blir sjelden mer enn tre år gammel.

Knurr (*Eutrigla gurnardus*). Knurren (se Figur 8) er mest vanlig fra kysten av Sørlandet og Vestlandet til Trondheimsfjorden. Videre nordover til Vadsø finnes spredte forekomster. Den er hovedsakelig bunnlevende og finnes fra fjæresonen og ned til 40-50 meters dyp, men er også funnet så dypt som 150 meter. Du kan finne Knurren på hardbunn, men den foretrekker sand- eller mudderbunn. Om sommeren kan den også forekomme oppe i de frie vannmasser. Føden vil være bestemt av hvilket habitat den befinner seg i. På bunnen består maten av børstemark og bunnlevende krepsdyr, mens den i de frie vannmasser kan spise krepsdyr og småfisk. Knurren gyter i april til august når den er blitt fire år gammel. Egg og fiskelarver er pelagiske og yngelen bunnsår når den er 3 cm lang. De yngste stadiene lever nær land (Jonsson og Semb-Johansson, 1996a; Pethon, 1985). Knurr antas å bli omlag seks år gammel.



Figur 8. Sett fra venstre: 3-pigget stingsild, 9-pigget stingsild og knurr.

Taskekrabbe (*Cancer pagurus*). Taskekrabbe er vanlig på hardbunn i Nordsjøen. Den er nattaktiv og ligger nedgravd i sedimenter om dagen. Dietten består av bentiske krepsdyr og bløtdyr. Krabben spiser det meste, men foretrekker muslinger og børstemark. Mye taskekrabbe holder til i tareskogen, der den beiter aktivt på en lang rekke dyr. Seint på sommeren vandrer mange krabber opp i flomålet langs kysten, spesielt om natten, og beiter på tilvekst av rur og andre organismer som er kommet til i løpet av sommeren (Havforskningsinstituttet, 2011). Taskekrabben blir vanligvis 25 til 30 år, men det er rapportert om individer på oppimot 100 år (Campbell, 1977).



Figur 9: Kamskjell (øverst) og kuskjell (nederst) fanget i Bergen. Foto: Finn R. Gravem

Haneskjell/kamskjell (*Chlamys islandica*). Haneskjell (se Figur 9) er utbredt i de sørlige deler av det arktiske området og finnes nord for Lofoten og i farvannene rundt Jan Mayen, Bjørnøya (Wiborg, 1970) og Svalbard. I tillegg finnes noen relikte populasjoner på Vestlandet. De trives i strømrrike områder på hardbunn med stein, grus eller skjellsand på 10 til rundt 100 meters dyp (Direktoratet for Naturforvaltning, 2011). Haneskjellet filtrerer partikulært materiale fra vannmassene og er derfor meget avhengig av årssyklusen i primærproduksjonen. Gytetiden er tidlig på sommeren og den blir kjønnsmoden ved 4 til 6 år, mens maksimumsalder er rundt 30 år (Campbell, 1977).

Kuskjell (*Arctica islandica*). Vanlig langs Norskekysten. Kuskjellet (se Figur 9) graver i sand og mudder fra nederst i fjæra til dypere vann. Det lever vanligvis nedgravet i mudder og sand slik at bare de korte sifonene stikker opp (Wiborg og Bøhle 1968). Fødepartikler skilles fra vann strømmen, og faeces pumpes ut gjennom "ut"-siphonen (Mortensen, 1990). Muslingen forekommer fra tidevannssonen og nedover, vanligvis på 5 til 25 meters dyp (Campbell, 1977), og kan bli svært gammelt (over 400-500 år gammel).

Rundøsters (*Crassostrea gigas*). Rundøsters (se Figur 10) er registrert i Hordaland, Kragerø og Skagerrakkysten fra Vestfold til Agder (Heggøy et al, 2008). Opprinnelig kommer den fra det Vestlige Stillehavet. Muslingen forekommer på grunt vann, ofte bløtbunn der den kan danne store rev. Den filtrerer partikulært materiale fra vannmassene, hvor næringen består for det meste av grønne encellede planktonalger (Bøhle, 1984).



Figur 10: Rundøsters fanget i Haugesund. Foto: Håkon Gregersen

2.2 Fangstmetoder

Dyreplankton

Det ble benyttet en hov med diameter på 55 cm, lengde 2,5 m og en maskevidde på 0,18 mm (se Figur 11). Hoven ble senket til ca. 40 m og hevet sakte til overflaten. Dyreplanktonet ble samlet opp fra en beholder nederst i hoven, og det ble gjennomført to til tre trekk ved de respektive stasjonene.

Børstemark

Børstemark ble samlet inn ved bruk av spade; dyrene ble spadd opp fra bunnen, plukket ut ved hånd og lagt på glass. Glassene ble lagt i fryser inntil oversendelse for analyse.



Figur 11. Planktontrekk. Foto: Finn R. Gravem



Figur 12. Dykking etter muslinger i Haugesund. Foto: Håkon Gregersen

Muslinger

Dykking ble benyttet for å finne muslinger. Dykker med kommunikasjon til båt svømte ca. 1 meter over bunn. Det ble prioritert å finne kuskjell (*Arctica islandica*) og kamskjell (*Chlamys islandica*). Det ble innledningsvis valgt områder som etter dybdekart så ut til å kunne være aktuelle leveområder for disse artene. Områder med god vanngjennomstrømning og lav vanntemperatur, med bløtbunn, finsediment eller sand er foretrukket. Søk etter muslinger ble gjort på områder med bløtbunn. Dersom det ble gjort funn av tomme skall ble området finsøkt nærmere. Finsøket ble foretatt ved "brodding" med handflata hver 10 cm i sedimentet.



Figur 13. Garntrekk utenfor Bergen lufthavn, Flesland. Foto: Finn R. Gravem

Fisk og krabber i sjø

For innsamling av fisk og krabber ble det benyttet ruser og trollgarn. Trollgarn (63 mm), hver 27 m x 2 m, ble satt i lenker på tre. All redskap ble satt om kvelden og trukket morgenen etter. Lokale fiskere med egnet båt og utstyr ble leid inn ved hver av lufthavnene (se Figur 2).

Bunndyr

Bunndyr i ferskvann ble samlet inn med bruk av vanlig bunndyrhov. Standard metode (sparkeprøve) ga imidlertid ikke tilstrekkelig med materiale, og det ble utviklet en tilpasset metode. Denne besto av å føre hoven rett over bunnsubstratet i rask gangfart i ca. 50-100 m i hver sveip.

Fisk i ferskvann

Det ble benyttet vanlige monofilgarn (24-35 mm) ved fangst av ørret i Langevatn ved Flesland flyplass, Bergen. I alt 8 monofilgarn, hver på 25 m x 2 m, ble satt i lenker på tre og to vinkelrett fra land i søndre del av Langevatnet.

For fangst av skrubbe, samt 3- og 9-pigget stingsild i Topdalselva, ble det benyttet elektrisk fiskeapparat. Elektrofisket ble gjennomført på et areal på minst 100 m² som ble overfisket tre ganger etter en standardisert metode (Bohlin m.fl. 1989).

Amfibier

Bekk og området langs breddene ble befart, og det ble lett i vegetasjonen på land og benyttet hov i vannet.

Skogmus

Det ble kun fanget mus på lokaliteten ved Kjevik lufthavn. I alt 102 musefeller av typen rapp ble klargjort med hampetråd som ble innsatt med baconfett. Disse ble plassert langs to linjer på utsiden av gjerdet som omkranser flyplassområdet; mellom elva og gjerdet. Området var systematisk dekket. Hver gruppe med feller var markert med en farget markeringspinne. Fellene som ble satt ut på den ene rekka var delvis tildekket for å unngå utilsiktet fangst av fugl (se Figur 14). Fellene ble ettersett hver morgen, og stod ute i ca en uke.



Figur 14. Fangst av mus der fellene er delvis dekket. Foto: Finn R. Gravem

2.3 Prøvetaking sedimenter og vann

Marine sedimenter ble hentet av dykker med en kjerneprøvetaker. Etter opptak ble prøvene snittet, og det ble laget blandprøve for de ulike lagdelingene.

Sedimenter i ferskvann ble tatt fra strandkanten (i vanndekt areal).

Vannprøver ble tatt direkte i rengjorte flasker hvor åpningen ble holdt ned til de var under overflaten før de ble vendt rundt, ført mot strømmen inntil flasken var fylt helt opp. Prøvene ble oppbevart kaldt før de ble sendt for videre analyse.

2.4 Uttak av biotaprøver for analyse

Krabbesmør

Krabbene ble delt og vev oppe under skallet, også kalt krabbesmør, ble tatt ut til prøve. Prøvene ble samlet i merkede glass med patentkork. Uttak av prøver ble gjort med engangsskalpell og engangshansker. Prøvene ble frosset straks etter uttak og oversendt i frossen tilstand til laboratoriet.

Muskelvev fra fisk

Muskelvev fra fisk ble skåret ut fra fremre del av ryggmuskel rett bak hodet i den tykke delen av muskelen. Vevsprøven på 2 til 10 g ble lagt i merket glass med patentkork. Muskelvevet ble skåret ut med engangsskalpell og med engangshansker. Prøvene ble frosset straks etter uttak og oversendt i frossen tilstand til laboratoriet.

Lever fra fisk

Lever fra fisk ble skåret ut ved å åpne bukhulen og å skjære ut hele eller deler av leveren. For små fisk ble hele leveren tatt ut. Leverprøven ble lagt i merket glass med patentkork. Muskelvevet ble skåret ut med engangsskalpell og ved bruk av engangshansker. Prøven ble frosset straks etter uttak og oversendt i frossen tilstand til laboratoriet.

Muslinger

Skjellene ble åpnet med kniv og hele innholdet overført til merkede glass med patentkork. Løsning av vevet fra skallet ble gjort med skalpell og engangshansker. Prøvene ble frosset straks etter uttak og oversendt i frossen tilstand til laboratoriet.

Mus

Mus ble sendt laboratoriet i hel tilstand.

2.5 Analysemetoder

Alle analyser av PFC-forbindelser i biota er utført av det akkrediterte laboratoriet GBA i Tyskland, på vegne av ALS Laboratory Group Norway AS. Analysepakken har for noen prøver fra Kjevik kun bestått av PFOS og PFOA, mens resten av prøvene er analysert for en samlet pakke på i alt 12 ulike PFC-forbindelser.

Noen utvalgte prøver ble også sendt for kontrollanalyse og sammenligning hos NILU (Norsk Institutt for luftforskning).

Sediment-, og vannprøver ble sendt for analyse til Eurofins, som også er akkreditert for de aktuelle analysene.

En del av materialet som ble samlet inn på referansestasjonene, er ikke sendt inn for analyse, men lagret i påvente av eventuelle funn på hovedstasjonene.

Dateringsanalyser av skiver av sedimentkjerne ble utført av DHI Danmark, ved hjelp av en ^{210}Pb -datering; ^{210}Pb måles i sedimentskivene ved α -spektrometri på DTU Nutech (tidligere RISØ) (se original analyserapport for ytterligere detaljering).

2.6 Tallbehandling

For å ha et statistisk grunnlag, ble det avgjort at innsamlet materiale så langt som mulig burde inneholde minimum 10 individer. Individantallet ble begrenset til 10 av økonomiske årsaker. I rapporten er det valgt å presentere resultater på en enkel måte, og det er benyttet enkeltverdier og gjennomsnittsverdier. Statistiske beregninger kan gjøres dersom risikovurderingene viser behov for det.

Ved utregning av gjennomsnittsverdier inneholdende verdier under deteksjonsgrensen, er det valgt å benytte deteksjonsgrensen som verdi, og å benevne gjennomsnittet som "< beregnet gjennomsnitt". Utfordringen her er at gjennomsnittsverdien med stor sannsynlighet blir større enn reell verdi.

Å bruke gjennomsnittsverdier hefter ved en viss fare for at en kan redusere muligheter for å oppdage konsekvenser (kamouflasjeeffekt) fordi tall utjevnes. I den sammenheng er det viktig å huske på at biologisk liv ikke forholder seg til gjennomsnitt, men til eksakt verdi. Altså for eventuelle arter som har tatt opp disse stoffene så kan høye verdier opptre hos noen individer som spiser utvalgte næringsemner, mens individer som spiser andre næringsemner har lave verdier og er utenfor eventuelle effekter. Det samme gjelder individer som oppholder seg i et kontaminert område i forhold til de som oppholder seg i "rene" områder. I rapporten vises derfor både individresultater og gjennomsnittresultater på resultatkartene.

For vurdering av fisk og skalldyr som menneskemat, er gjennomsnittsverdier mer relevant fordi fangst av fisk og skalldyr til konsum trolig vil ha omtrent samme spredning av stoffer som i registreringene som er gjort her. I risikosammenheng er det da snakk om lang varighet av eksponering, dvs. inntak av fisk og skalldyr over lang tid.

2.7 Ordforklaringer

En liste med ordforklaringer er gitt i vedlegg 1.

3 Metode for risikovurdering

3.1 Risikovurdering av PFC i biota

I denne risikovurderingen vurderes risiko av PFC som finnes i biota på følgende måte:

1. Nivåer i biota sammenlignes med risikobaserte grenseverdier - utfordringen er at grenseverdier for bakgrunnsnivåer kun finnes for PFOS i fisk. Forslag til hvordan dette kan løses, gis i avsnitt 3.6.
2. Nivåer i biota sammenlignes med andre målinger fra referanse- og belastede områder i Nordsjøen. Eventuelle funn på samme nivå eller over konsentrasjoner i biota fra belastede områder indikerer en potensiell risiko som bør følges opp, mens eventuelle funn på samme nivå eller lavere enn bakgrunnsverdiene på referansestasjoner i Nordsjøen, antas å ha en lav risiko og lite behov for oppfølging.

En gjennomgående komplikasjon er at selv om PFOS dominerer, forekommer også en rekke andre PFC'er i enkelte av biotaprøvene. I visse biotaprøver er også konsentrasjonen av øvrige PFC'er høyere enn PFOS-konsentrasjonen. Altså må risikovurderingen forholde seg til øvrige PFC'er på en logisk måte, noe som diskuteres nærmere i kap 3.2 og 3.3.

3.2 Opptak, fordeling og effekter

PFC'er akkumuleres generelt ikke i fettvev pga sine amfifile egenskaper (dvs. både lipofile og hydrofile egenskaper); i stedet virker de å ha affinitet til proteiner, hvilket resulterer i at de ofte finnes i høyere konsentrasjoner i blod, lever og nyrer (Han et al. 2003).

Halveringstider i pattedyr varierer kraftig mellom arter og forbindelser. I mennesker er halveringstiden 2 – 20 år for PFOS og 2 – 13 år for PFOA (Burris et al. 2003). Halveringstiden i primater er 100 dager for PFHxS (Lieder 2006).

En rekke effekter er kjent fra eksperimentelle studier der rotter er eksponert for PFOS og PFOA, f.eks. modifisert fettsyremetabolisme, økt leverstørrelse, redusert fødselsvekt, endret vekst, induksjon av leverenzymmer, vektreduksjon og lavere serumkolesterollnivåer. De potensielt toksiske effektene av PFOS og PFOA er således delvis vel karakterisert, selv om nye funn fortsatt forekommer.

For visse andre PFC'er finnes det toksisitetstudier som påviser lignende effekter som for både PFOS og PFOA. Dette gjelder først og fremst PFHxA, PFNA, PFDA, PFBS og PFHxS i studier på pattedyr (Borg og Håkansson 2012).

3.3 Risikoelementer

PFC'er er en bred sammensatt gruppe av forbindelser, med store forskjeller i toksisitet og oppførsel i miljøet. En risikovurdering bør være fokusert mot de risikoelementene som er ansett som de viktigste, for til slutt å kunne identifisere kritiske og styrende risiki og elementer. En enkel og som regel hensiktsmessig modell, er å oppgi alle forbindelser som potensielle risikoelementer.

Tabell 1 viser antall biotaprøver, uansett type, hvor PFC ble funnet i konsentrasjoner over deteksjonsgrensen (LOQ), samt deres gjennomsnittskonsentrasjon i alle biotaprøvene med funn. I foreliggende risikovurdering velges det å anse alle PFC'er som potensielle risikoelementer.

Tabell 1. Antall forekomster av ulike PFC'er i biota > deteksjonsgrensen (LOQ), samt gjennomsnittskonsentrasjon i alle prøver og risikoprioritering

PFC	Antall biotaprøver > deteksjonsgrensen (LOQ)	Gj.snitt alle prøver (µg/kg)*
PFBA	0	
PFPeA	0	
PFHxA	0	
PFHpA	0	
PFOA	8	0,32
PFNA	20	1,71
PFDA	24	0,87
PFBS	0	
PFHxS	18	6,10
PFOS	105	87,44
FTS-6:2	5	2,52
FTS-8:2	10	3,09

*gjennomsnitt i alle prøver med funn (dvs. konsentrasjoner over deteksjonsgrensen).

3.4 Styrende risikoelementer

Som det er beskrevet over, finnes det betydelig mer data når det gjelder toksiske effekter av PFOS og PFOA sammenlignet med andre potensielle risiko-PFC'er. PFOS forekommer nesten alltid i høyeste konsentrasjoner i denne undersøkelsen, uansett organisme og art (gjennomsnitt 87 µg/kg alle biota prøver), etterfulgt av PFHxS (6 µg/kg) og FTS 6:2, samt FTS 8:2 (3 µg/kg). Samtidig er de toksiske effektene av PFOS og PFOA forholdsvis velkjente.

Det finnes et behov for å vurdere den relative risikoen for andre PFC'er for å sikre at PFOS er styrende for de risiki som PFC'er i biota kan utgjøre. Svenske Naturvårdsverket har nylig publisert en omfattende studie som bl.a. går gjennom en lang rad effektstudier av PFC'er. Når data mangler for en viss PFC, har man i stedet ekstrapolert fra PFOS/PFOA til andre PFC'er. Resultatet er vist i Tabell 2 og Tabell 3. Dessuten vises økotoksikologiske studier i Tabell 4 under, med et fokus på studier der laveste effektnivå for andre PFC'er identifiseres. Disse tabellene gir en kvantitativ indikasjon på om PFOS har en høyere toksisk effekt i forhold til andre PFC'er.

Når det gjelder effekter på mennesker, så viser Tabell 2 at PFOS og PFOA har de laveste *målte* effektkonsentrasjonene (POD), mens Tabell 3 indikerer at PFOA er mest toksisk for fisk, mens PFOS er betydelig mindre toksisk for fisk. Det bør understrekes at datagrunnlaget for vurdering av toksiske effekter på fisk er dårlig.

Tabell 2. Toksisitetsdata for PFC'er. POD=Point Of Departure, om denne konsentrasjonen overskrides, kan effekter forventes basert på laboratorieforsøk med rotter/mus. Data fra Borg og Håkansson (2012). Fetmarkerte verdier er data som ikke er ekstrapolert, men basert på målinger og disse anses således som mest troverdige (se vedlegg 1 for begrepsordliste).

PFC'er	POD levertoksisitet - ekstern dose (mg/kg kroppsvekt og dag)	POD levertoksisitet ekstern dose basert på	POD annen toksisitet - ekstern dose (mg/kg kroppsvekt og dag)	POD annen toksisitet - endpoint
PFPeA	0.06	read-across from PFOA		
PFHxA	0.06	read-across from PFOA		
PFHpA	0.06	read-across from PFOA		
PFOA	0.06	Measured data	0.01	Vekst / mammary gland development
PFNA	0.83	Measured data		
PFDA	0.83	read-across from PFNA		
PFBS	1	read-across from PFHxS		
PFHxS	1	Measured data	0.3	Hematologiske effekter
PFOS	0.025	Measured data	0.000166	Immunologiske effekter
6:2 FTS	0.025	read-across from PFOS		
8:2 FTS	n.d.			

Tabell 3. Toksisitetsdata for PFC'er med fokus på effekter på fisk. POD=Point Of Departure, om denne konsentrasjon overskrides, kan effekter forventes basert på laboratorieforsøk i fisk. Fetmarkerte verdier er data som ikke er ekstrapolert, men basert på målinger, og disse anses således som de mest troverdige. Data fra Borg og Håkansson (2012) (se vedlegg 1 for begrepsordliste).

PFC'er	POD (ng/g lever)	POD basert på
PFPeA	n.d.	
PFHxA	> 320 000	Read across from PFOA
PFHpA	> 320 000	Read across from PFOA
PFOA	> 320 000	Rainbow trout, NOEC, early life stage test, embryonal/juvenile mortality
PFNA (LOAEL)	3100	Zebrafish, LOEC, long-term two generation study, increased plasma T
PFDA	3100	Read across from PFNA
PFBS	250 000	Zebrafish, NOEC, early life stage test, endpoints not stated
PFHxS	54*10 ⁶	Read across from PFOS

PFC'er	POD (ng/g lever)	POD basert på
PFOS	54*10 ⁶	Zebrafish, LOEC, two generation study, decreased F1 body weight/size/survival
6:2 FTS	54*10 ⁶	Read across from PFOS

Tabell 4. Akvatiske økotoksikologiske data for PFC'er (se vedlegg 1 for begrepsordliste).

PFC		EC50/NOEC/LOEC* (µg/l) L = limnisk M = marin	PNEC* (µg/l)
PFOS	Fisk: Krepsdyr: Insekter:	<10 - 27 (L, NOEC) ¹ , 13 000 (M, EC50) ¹ 400 – 7000 (L, NOEC) ¹ , 250 (M, NOEC) ¹ <2.3 - 10 (L, NOEC) ¹	0.046 (MPC ECO _{marine}) ¹ 25 (limnisk) ⁵ 2,5 (marine) ⁵
PFNA	Fisk:	84 000 (L, LC50) ²	
PFDA	Fisk: Krepsdyr/daphnia: Alger:	32 000 (M, LC50) ⁶ > 100 000 (M/L, LC50) ⁶ 10 000 (L, EC50) ⁶	
PFHxS	Fisk:	1 µg/l (L, LOEC) ³	
FTS-6:2	Fisk: Krepsdyr/daphnia:	107 000 (L, EC50) ⁴ , 2600 (L, NOEC) ⁴ , 0.1 µg/l (L, 109 000 (L, LD50) ⁴	

¹ RIVM (2010)

² Zheng et al. (2012)

³ Duong et al. (2008) –test med embryonale zebrafiskar, resultat inte direkt relevanta för exponering i yttre miljön

⁴ Dupont (2010)

⁵ UK Environmental Agency (2004)

⁶ Hoke et al. (2012)

Tabell 4 viser sammenlignende økotoksikologiske data for PFOS sammenlignet med øvrige PFCer. Det finnes ikke tilstrekkelig med data som er egnet for en sammenligning og hypotesen at PFOS er den mest potente PFC kan således forbli i risikovurderingen. Den eneste studien der en tydelig sammenligning gjøres mellom PFOS og andre forbindelser, viste at 72 h EC50 var 6 ganger lavere for PFOS sammenlignet med PFNA (Zheng et al. 2012).

Konklusjonen fra gjennomgangen over er fortsatt at PFOS er det styrende risikostoffet, både for human toksisitet og økotoksikologiske effekter. Muligens gjelder ikke dette for direkte effekter på fisk, selv om datagrunnlaget her er dårlig.

3.5 Grenseverdier

Risikobaserte grenseverdier er en forholdsvis enkel parameter som kan brukes for å vurdere om analyserte konsentrasjoner kan være et problem. Ulempen med generelle grenseverdier, er at de ikke tar hensyn til lokale og/eller regionale avvik i de antakelsene som er gjort for å beregne grenseverdiene. Dette kan for eksempel gjelde hvilke arter som skal beskyttes, hvor mye fisk et gjennomsnittsmenneske spiser lokalt, samt bakgrunnsverdier av PFC'er. I denne risikovurderingen vil en generell retningslinje (EQS – *Environmental Quality Standard*) bli brukt som den viktigste målestokken for å vurdere risiko, men samtidig vil ulemper og troverdighet for grenseverdiene diskuteres når risikoen evalueres.

De norske forslagene til grenseverdier for PFOS (se Tabell 5) er utarbeidet av en ekspertgruppe bestående av fagpersoner fra blant annet Norsk institutt for vannforskning (NIVA) og Norges geologiske institutt (NGI). Forslagene er vurdert på bakgrunn av

internasjonale forskningsresultater og tekniske EU-dokumenter (TGI), samt en bred høring blant norske faginstitusjoner (pers. medd. Ingvill Martinsen, Seksjonsleder, KLIF 2012). Det er pr. i dag ingen godkjente tilstandsklasser for PFOS i ferskvann og sjøvann i Norge (klasseinndelingen for marint vann beskrevet i TA-2229/2007 er for høye i henhold til KLIF, og benyttes ikke). EU har foreslått nye grenseverdier for PFOS og PFOA som er sendt ut på høring (EC, 2012) (se Tabell 6). De foreslåtte grenseverdiene er mye strengere enn de norske per i dag (SFT, 2007). Det pågår imidlertid en prosess for å gjøre en ny evaluering i forhold til vanndirektivet, som også Norge har forpliktet seg til.

Klasseinndelingen for marint vann er foreslått av Aquateam etter bestilling fra AVINOR (Aquateam, 2012), og er en økotoksbasert beregning av tilstandsklasser med ekstra sikkerhetsfaktor.

EU har foreslått en grenseverdi for PFOS i marint vann av hensyn til konsum av fisk på 0,13 ng/L, og i ferskvann 0,65 ng/L (EC, 2012) (Tabell 6). Dette er ikke detekterbart med dagens analysemetoder ved de fleste kommersielle laboratorier (2-5 ng/L).

Grenseverdier for PFOS oppgitt i "Veileder for klassifisering av miljøgifter i vann og sediment TA-2229/2007 (SFT, 2007), er basert på internasjonal litteratur, og er en faglig vurdering av risiko for negative økologiske effekter som følge av eksponering for PFOS. Dette betyr at de forskjellige tilstandsklassene (se Tabell 5) gjenspeiler reelle forskjeller i risiko for skade på levende organismer på land og i vann.

EU har også foreslått en økologisk kvalitetsstandard (EQS Biota) på 9.1 µg/kg våtvekt, som en normverdi for akkumulert PFOS i fisk og skalldyr for konsum (EC, 2012).

Tabell 5. Forslag til klassifisering av tilstand ut fra innhold av PFOS i vann og sedimenter.

	I Bakgrunn	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
PFOS Ferskvann (FW), µg/L		<0,002 – 0,3	0,3 – 1	> 1,0	
PFOS Marint vann (FW), µg/L		< 0,002	0,002 – 0,025	> 0,025	
PFOS Marint sediment, µg/kg *	<0.17	0,17 – 220	220 – 630	630 – 3100	>3100
PFOS Jord/ferskvannssediment, µg/kg**	<100	100 – 250	250 – 6700		> 6700
PFOS Marint vann, µg/L ***	-	< 25	25 – 72	72 – 360	> 360

* Hentet fra TA-2229/2007 Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann.

** For jord/ferskvannssedimenter er klasseinndelingen etablert av DP2.

*** Hentet fra TA-2229/2007 Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann, og er for høye i henhold til KLIF.

Tabell 6. Forslag til grenseverdier for PFOS i vann utarbeidet i EU for Vanndirektivet* (EC, 2012).

Parameter	CAS nummer	AA-EQS* Ferskvann	AA-EQS Annet overflatevann	MAC-EQS* Ferskvann	MAC-EQS Annet overflatevann	EQS Biota (fisk) (µg/kg ww)
PFOS (µg/L)	1763-23-1	$6,5 \times 10^{-4}$	$1,3 \times 10^{-4}$	36	7,2	9,1

*Forklaring til forkortelser: EQS = Environmental quality standards; AA = annual average; MAC = Maximum allowable concentrations.

Tabell 7. Grenseverdier for PFOS utarbeidet av Nederlandske helse- og miljømyndigheter* (RIVM, 2010).

ERL	MPC		MAC _{eco}	NC		SRC _{eco}
	µg/L	ng/L	µg/L	µg/L	ng/L	µg/L
Freshwater	6,5 x 10 ⁻⁴	0,65	36	6,5 x 10 ⁻⁶	0,0065	930
Surfacewater	0,53	530	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

*Forklaring til forkortelser: ERL = Environmental risk limits; MPC = Maximum permissible concentration; MAC_{eco} = Maximum acceptable concentration for ecosystem; NC = Negligible concentration; SRC_{eco} = Serious risk concentration

Av spesiell interesse, er hvordan grenseverdien for PFOS i biota (EQS_{biota}) har fremkommet innenfor rammen av EUs vanndirektiv, dels fordi dette er det eneste internasjonale grenseverdien for PFOS i biota, og dels fordi at EUs vanndirektiv ofte er styrende for vannforvaltningen i Norge.

EQS_{biota} ble beregnet slik:

$$EQS_{biota} = \frac{f_{TDI} \times TDI_{PFOS} \times W}{I_{biota}} \quad (1)$$

Der:
 I_{biota} er det daglige inntaket av biota (115 g/dag),
 f_{TDI} er andel av TDI som kan tas opp av fiskekonsum (10 %)
 W er kroppsvekt (70 kg)
 TDI_{PFOS} er tolerabelt daglig inntak (1,5 e-4 mg/kg dag)

EQS_{biota} gjelder for fisk og I_{biota} , w samt f_{TDI} baseres på EUs definisjon av god vannkvalitet i vanndirektivet som sier at i vann av god tilstand, skal 115 g fisk per dag kunne spises uten at 10 % av TDI verdien opptas av et menneske som veier 70 kg. TDI verdien er oppdatert og ligger i intervallet for andre TDI verdier for fisk som er utviklet (se Tabell 8).

Med samme beregningsmetode, skulle EQS_{biota} for PFOA bli 91 µg/kg våtvekt. For øvrige PFC'er kan verdier fra Tabell 2 benyttes for å beregne tilsvarende EQS-verdier med denne metoden. Gitt at PFOS kan anses som å være den mest toksiske PFC'en, har ikke dette vært ansett som nødvendig. Derimot er antakelsene for beregningen av EQS verdien samt indikasjoner på toksisitet av øvrige PFC'er kontra PFOS og PFOA (se Tabell 2 - Tabell 4) av verdi når risiko for øvrige forbindelser og organismer diskuteres.

Tabell 8. Tolerabelt daglig inntak av PFOS og PFOA fra ulike studier.

Type	Land/institusjon	Grenseverdier	Referanse
pTDI ²	BfR (Tyskland)	150 µg/kg bw/day (voksen)	BfR (2006).
pTDI	COT (UK)	PFOS: 0,3 µg/kg bw/day PFOA: 1,5 µg/kg bw/day	COT (2006, 2009).
pTDI	EFSA (EU)	PFOS: 0,15 µg/kg bw/day PFOA: 1,5 µg/kg bw/day (voksen)	EFSA (2008).
pTDI	-	PFOS: 0,025 µg/kg bw/day PFOA: 0,333 µg/kg bw/day (barn)	So et al. (2006).

For visuell fremstilling av dataene i tallmaterialet, er det valgt å gå ut fra EUs foreslåtte normverdi for PFOS i biologisk vev; $EQS_{biota} = 0,0091$ mg/kg ww. Følgende inndeling i fargeklasser er foreslått og benyttet (obs; klassifiseringen er ikke relatert til fargene i tilstandsklassifiseringen i sedimenter, vann osv, og er heller ikke knyttet opp mot tiltaksgrenser):

Tabell 9. Fargeklassifisering av biota.

	PFOS: ≥ 0,018 mg/kg (2*normverdi eller mer)
	PFOS: 0,0091 – 0,018 mg/kg (1-2*normverdi)
	PFOS: ≥LOQ - 0,0091 mg/kg (funn under normverdi)
	PFOS: < 0,0010 (< LOQ – ingen funn over deteksjonsgrensen)

3.6 Nivåer av PFC'er i Nordsjøen – Biota

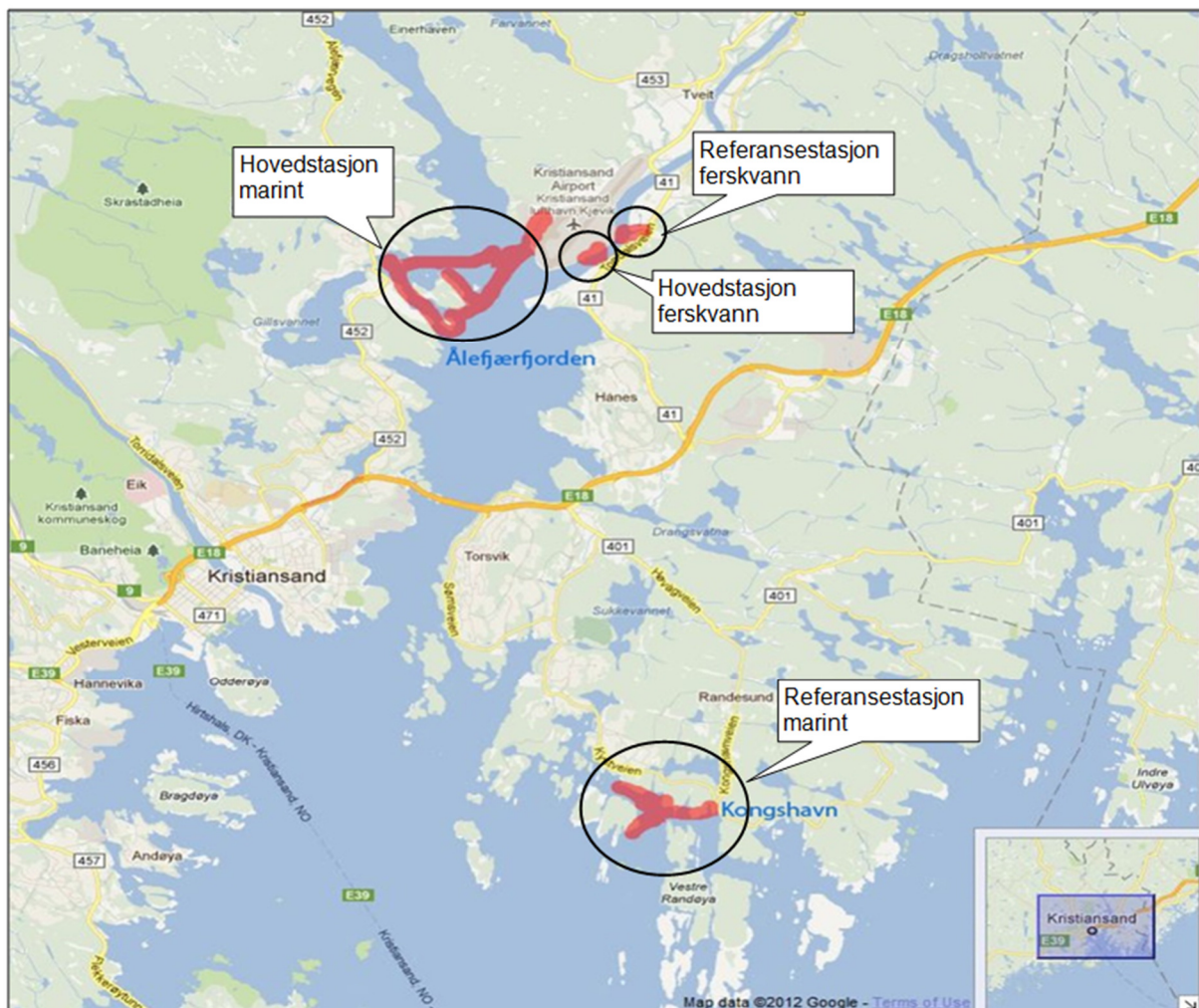
En metode for vurdering av potensialet for risiko, er å sammenligne biotakonsentrasjoner ved Avinors flyplasser med PFC konsentrasjoner ved andre bakgrunnsområder og belastede områder. Dersom PFC konsentrasjoner i denne undersøkelsen overstiger PFC konsentrasjoner fra kjente belastede akvatiske miljøer, indikerer klart forhøyede nivåer et behov for videre evaluering.

Det er velkjent at PFC nivåene varierer mellom ulike havområder og i dette prosjektet har derfor komparative data spesifikt for Nordsjøen blitt benyttet. PFC konsentrasjoner i biota fra Østersjøen er delvis benyttet for de spesifikke arter som har blitt analysert på ved Avinors flyplasser. For andre arter, ble dataene slått sammen i en funksjonell måte. For eksempel diskuteres konsentrasjoner i skrubbe i Nordsjøen for seg (siden denne arten er blitt analysert på Avinors flyplasser), mens PFC konsentrasjoner i annen flatfisk i Nordsjøen er slått sammen, slik at maks-, min- og gjennomsnittskonsentrasjoner for flatfisk er beregnet.

4 Resultater

4.1 Kjevik lufthavn

4.1.1 Feltarbeid



Figur 15: De røde strekene i sjøen viser der båten gikk da garn og ruser ble trukket. De røde punktene i Toppalselva viser der det ble tatt prøver i ferskvann. Kartkilde: Google Maps

Feltarbeidet ble gjennomført 17. - 20. april 2012. Innsamling av mus fra området mellom flyplass og Toppalselva ble gjort i ovenfor nevnte periode samt uka etter.

Det ble samlet inn organismer som lever i områdene ved brannøvingsfeltene på land og i vann (ferskvann og marint) og på referansestasjoner der en antar at påvirkning fra brannøvingsfeltene på flyplassen var liten. I tillegg ble det samlet inn vannprøver, jordprøver og sedimentprøver (elv og sjø).

Undersøkelsen ble lagt opp bredt for å høste erfaringer med hvilke organismer som bør undersøkes. De som deltok i feltarbeidet var:

Arve Misund, COWI, sedimenter og vannprøver
Håkon Gregersen, Sweco, Fisk, muslinger (dykking) og mus
Finn Gravem, Sweco, Bunndyr, krepsdyr, fisk
Halvard Kaasa, Sweco, Fisk, organisering
Kristoffer Pettersen, pensjonert fisker med fiskebåt.
Kongsberg Dykkerservice, Dykking, muslinger

Ferskvann – Topdalselva hovedstasjon

Lokaliteten ligger i elva rett ut for brannøvingsfeltet BØF 1 og 2, og strekker seg ca 150 m videre nedstrøms. Referanselokaliteten ligger ca 400 m oppstrøms brannøvingsfeltet og på andre siden av elva i utløpet til en bekk som renner ut i Topdalselva (Figur 15).

Innledende innsamlingsforsøk viste at tradisjonelle bunndyrgrupper som vårluer, steinfluer, døgnfluer og børstemark knapt fantes på lokaliteten. Derimot ble det fanget noen få individer av småreker og strandlopper (amfipoder), i tillegg til små skrubbeflyndrer. Dette tyder på at lokaliteten er påvirket av saltvann. Dette kan også delvis forklare det lave innslaget av vanlige bunndyrgrupper som finnes i ferskvann.

Foruten skrubbeflyndre ble det fanget nok materiale av 3- og 9-pigget stingsild ved hjelp av elektrisk fiskeapparat. Stingsild ble fanget i bekken som fører dreneringsvann fra flyplassen og BØF 1 og 2 ut i elva.

Topdalselva referansestasjon

Totalt ble det fanget to arter fisk; skrubbeflyndre og 3-pigget stingsild, og en rekeart på denne stasjonen. Det er tatt en blandprøve pr art, der hver prøve består av mange individer.

Hovedstasjon landområdet ved BØF 1 og 2

Mus ble fanget med musefeller av typen rapp. Det ble samlet fanget 10 stor skogmus på lokaliteten.

Hovedstasjon marint - Ålefjærfjorden

Innsamling av prøver i tilknytning til flyplassen ble foretatt i strandkanten rett sydvest for flyplassen og på motsatt side av fjorden i området rundt Justnesøya og Kristofferholmen. Dykking foregikk i samme område. Som referansestasjon ble området utenfor Kongshavn benyttet (se Figur 15).

Det ble samlet én prøve av dyreplankton. Det ble tatt prøver av 5 torsk, 13 skrubbeflyndre, 13 slettvar, 5 lomre, 1 steinbit, 1 lyr, 1 knurr og 10 taskekrabber.

Det ble tatt prøver av lever og muskler av fisken. Av taskekrabbene ble vevet som ligger opp mot skallet tatt prøve av (krabbesmør).

Det ble tatt prøver av 20 kuskjell som ble funnet på 6,5-14 meters dyp. Det ble funnet to rundøsters som begge ble tatt prøver av.

Referansestasjon marint – Kongshavn

Det ble samlet én planktonprøve på tre hovtrekk; hovedsakelig copepoder (hoppekreps).

På trollgarna som ble satt utenfor Kongshavn ble det fanget 12 torsk, 3 skrubbeflyndrer, 6 lomrer, en steinbit, en sei, en berggylt, en rødspette og mer enn 50 taskekrabber. Det ble tatt prøver av 10 torsk, 3 skrubbeflyndre, 1 steinbiten og 10 krabber. Det ble ikke funnet kuskjell på referansestasjonen.

4.1.2 Resultater

Sedimenter og vann



Figur 16. Prøvepunkter for vannprøvene V1, V2, V3, V4 og V5, samt sedimentprøvene S1, S2, S3 (bekk), S3 (bekk –org) og S4 er vist i figuren.

Figur 16 viser punkter for prøvetaking av vann og sedimenter. Resultatene fra sedimentprøvene i ferskvann (S1, S2, S3 og S4) er vist i Tabell 10, og viser at det ble påvist PFC-forbindelser over deteksjonsgrensen i fire av de fem innsendte prøvene. I referanseprøven S1 ble det ikke påvist noen PFC'er. I prøven S2 (tatt rett nedstrøms BØF-1), ble det påvist lave konsentrasjoner av PFOS (klasse *Bakgrunn*), men ingen andre PFC'er.

I prøven merket S3 (tatt i bekk fra BØF-2) er nivået av PFOS over normverdien for forurenset grunn/sedimenter (100 µg/kg TS), men tilsvarende klasse II *God*. Her ble det også påvist PFOA, PFNA og PFHxS.

I prøve tatt i det organiske sjiktet ved samme punkt (S3 –org), ble det også påvist PFOS, men ingen andre PFC'er. Innholdet av PFOS var dog ca 1/10 av det som ble funnet i sedimentet samme sted.

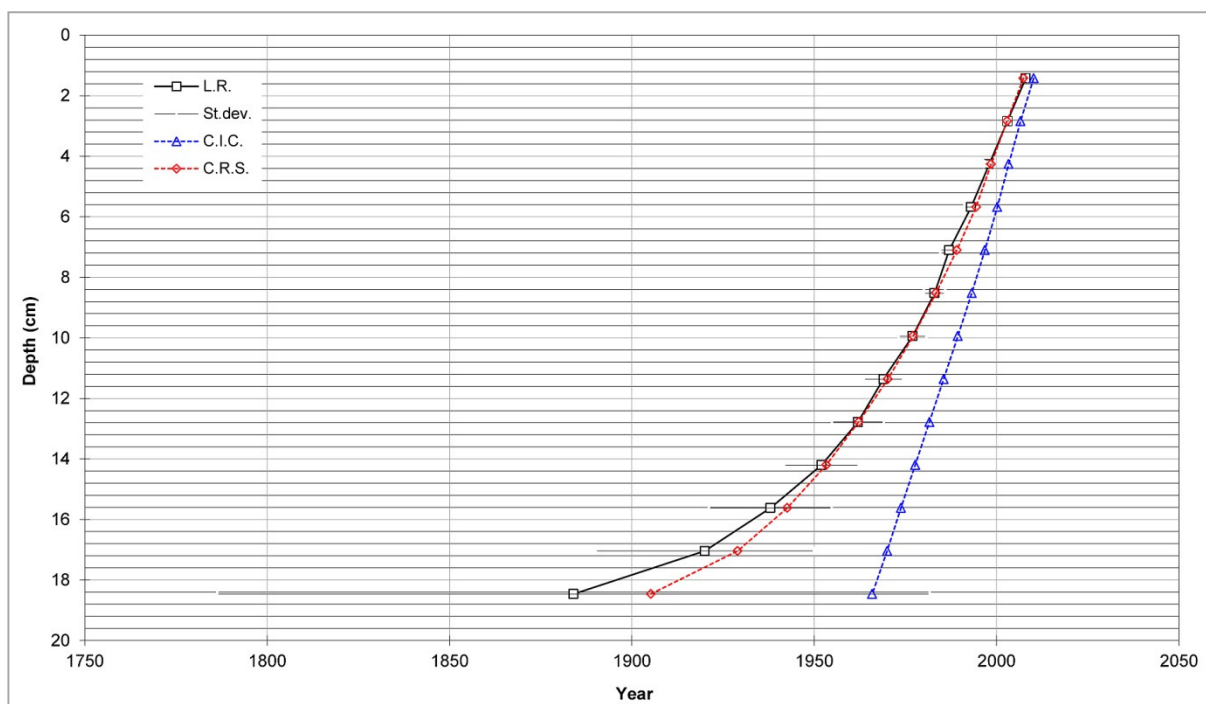
I en prøve tatt ca 200 m nedstrøms (S4), ble det også påvist kun PFOS, men under normverdi (klasse *Bakgrunn*).

I sedimentprøvene tatt i marint miljø både utenfor flyplassen KS1 på 10 m dyp og KS2 på 60 m dyp og på referansestasjon KS3 på 7 m dyp, ble det ikke påvist PFC'er over deteksjonsgrensene (se originale analyserapporter i vedlegg 4). Deteksjonsgrensen for PFOS (ca 2,5 µg/kg TS) er høyere enn bakgrunnsnivåer i marine sedimenter (0,17 µg/kg TS, se også Tabell 5), og dersom deteksjonsgrensen benyttes som verdi, klassifiseres tilstanden som klasse II *God*.

Tabell 10: Analyseresultater sedimentprøver i ferskvann ved Kristiansand lufthavn. Fargeklassifisering i hht Tabell 5.

	S1	S2	S3 (bekk)	S3 (bekk –org)	S4
Tørrstoff, %	78,8	63,0	68,0	3,2	67,1
PFBA, µg/kg TS	<2,3	<2,1	<2,1	<2,3	<2,3
PFPeA, µg/kg TS	<2,3	<2,1	<2,1	<2,3	<2,3
PFHxA, µg/kg TS	<2,3	<2,1	<2,1	<2,3	<2,3
PFHpA, µg/kg TS	<2,3	<2,1	<2,1	<2,3	<2,3
PFOA, µg/kg TS	<2,3	<2,1	2,1	<2,3	<2,3
PFNA, µg/kg TS	<2,3	<2,1	3,6	<2,3	<2,3
PFDA, µg/kg TS	<2,3	<2,1	<2,1	<2,3	<2,3
PFBS, µg/kg TS	<3,5	<3,2	<3,2	<3,5	<3,4
PFHxS, µg/kg TS	<3,5	<3,2	4,3	<3,5	<3,4
PFOS, µg/kg TS	<2,3	5,5	224	19,9	61,1
FTS-6:2, µg/kg TS	<3,5	<3,2	<3,2	<3,5	<3,4
FTS-8:2, µg/kg TS	ia	ia	ia	ia	ia
ΣPFC uten LOQ	ND	5,5	226	19,9	61,1
ΣPFC med LOQ	8,2	10,7	229	25,7	66,8
ΣPFOS/PFOA uten LOQ	ND	5,5	226	19,9	61,1
Total PFOS/PFOA med LOQ	4,7	7,6	226	22,2	63,4

En sedimentkjerne fra KS2 ble delt opp i 14 skiver av 1 cm og sendt inn for dateringsanalyse. Resultatet viser at sedimenter ned til ca 14 cm er fra 1950 eller nyere (se Figur 17), og således er det i disse man eventuelt kan forvente å finne spor av PFC'er. Hensikten med å gjennomføre en dateringsanalyse, var for eventuelt å kunne relatere tidsperiode til innhold av PFC i sedimentkjernen på havbunn. Dette kunne hjulpet til med å forklare hvor PFC'ene var blitt av, samt hvilke tiltak som eventuelt burde iverksettes. Det ble imidlertid ikke påvist PFC'er over deteksjonsgrensen i denne kjerneprøven (KS2).



Figur 17. Aldersfordeling av sedimentkjernen. CRS og Lineær regresjonsmetode (LR) anses som de mest nøyaktige i dette tilfellet.

I vannprøvene tatt i ferskvann rundt BØF-1 og BØF-2 (V1, V2, V3 og V4), er det påvist PFOS i alle prøvene i klasse II *God*. Det er her verdt å merke seg at det ble funnet de laveste konsentrasjonene i bekken fra BØF-2, der det ble funnet høyest konsentrasjon av PFOS i sedimentet. De høyeste konsentrasjonene i ferskvannprøvene, samt funn av PFHxS, ble funnet i prøven merket V4.

Prøven merket V5 er tatt i bekk fra nytt BØF 2008. Konsentrasjonen av PFOS er lav, men det ble i denne prøven påvist flere av de andre PFC'ene, inkludert relativt høye konsentrasjoner av FTS-6:2. Dette er naturlig, da brannskummet som er benyttet på dette brannøvingsfeltet inneholder denne telomeren.

Tabell 11. Analyseresultater vannprøver fra ferskvann ved Kristiansand lufthavn, 17.04.2012. Fargeklassifisering i hht Tabell 5.

	V1	V2	V3/Bekk	V4	V5
PFBA, ng/L	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
PFPeA, ng/L	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	15,5
PFHxA, ng/L	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	13,7
PFHpA, ng/L	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
PFOA, ng/L	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
PFNA, ng/L	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	6,2
PFDA, ng/L	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
PFBS, ng/L	<7,5	<7,5	<7,5	<7,5	<7,5
PFHxS, ng/L	18,2	<7,5	<7,5	17,6	7,9
PFOS, ng/L	8,3	31,9	6,9	93,5	5,1
FTS-6:2, ng/L	<7,5	<7,5	<7,5	<7,5	183
FTS-8:2, ng/L	ia	ia	ia	ia	ia
ΣPFC uten LOQ	26,6	31,9	6,9	111	232
ΣPFC med LOQ	76,6	89,4	64,4	161	259
ΣPFOS/PFOA uten LOQ	8,3	31,9	6,9	93,5	5,1
Total PFOS/PFOA med LOQ	13,3	36,9	11,9	98,5	10,1

Biota

Tabell 12: Analyseresultater for innsendte biotaprøver tatt i ferskvann, samt skogmus ved Kristiansand lufthavn, Kjevik.

	Hovedstasjon ferskvann - Topdalselva				Ref.stasjon ferskvann - Topdalselva			Flyplassen
Gj.snitt mg/kg	9 pigg stingsild, blandprøve 7 stk	3 pigg stingsild, blandprøve 4 stk	Skrubbe, blandprøve 22 stk	Reke, blandprøve	Skrubbe, blandprøve 12 stk	Reke, blandprøve	3 pigg stingsild, blandprøve 12 stk	Skogmus lever, n=10
PFPeA	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050
PFHxA	<0.0020	<0.0020	<0.0020	<0.0020	<0.0020	<0.0020	<0.0020	<0.0020
PFHpA	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050
PFOA	0,0071	0,0057	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010
PFNA	0,0090	0,0120	0,0086	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0074
PFDA	0,0013	0,0016	0,0023	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0051
PFBS	<0.0020	<0.0020	<0.0020	<0.0020	<0.0020	<0.0020	<0.0020	<0.0020
PFHxS	0,0720	0,150	0,0300	0,0017	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0054
PFOS	1,3	1,7	1,0	0,0082	0,0084	0,0021	0,0110	>0,1
FTS-6:2	0,0560	0,0610	<0.0020	<0.0020	<0.0020	<0.0020	<0.0020	<0.0025
FTS-8:2	<0.0020	<0.0020	<0.0020	<0.0020	<0.0020	<0.0020	<0.0020	<0.0218

Tabell 13: Analyseresultater for innsendte biotaprøver tatt ved den marine referansestasjonen ved Kongshavn. Gjennomsnittsverdier (kap 2.6 Tallbehandling) er vist i tabellen. Individuelle resultater i analyserapporter i vedlegg 3.

Gj.snitt mg/kg	Zooplankton, n=1	Taskekrabbe, n=9	Torsk lever, n=10	Torsk muskel, n=10	Steinbit, lever	Steinbit, muskel	Skrubbe, n=3 lever	Skrubbe, n=3 muskel
PFPeA	<0,0050	<0,0050		<0,0050	<0,0050	<0,0050		<0,0050
PFHxA	<0,0020	<0,0020		<0,0020	<0,0020	<0,0020		<0,0020
PFHpA	<0,0050	<0,0050		<0,0050	<0,0050	<0,0050		<0,0050
PFOA	<0,0010	<0,0011	<0,0026	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0043	<0,0010
PFNA	<0,0010	<0,0010		<0,0010	<0,0010	<0,0010		<0,0010
PFDA	<0,0010	<0,0010		<0,0010	<0,0010	<0,0010		<0,0010
PFBS	<0,0020	<0,0020		<0,0020	<0,0020	<0,0020		<0,0020
PFHxS	<0,0010	<0,0010		<0,0010	<0,0010	<0,0010		<0,0010
PFOS	<0,0010	<0,0041	<0,0048	<0,0012	0,0018	<0,0010	0,0130	<0,0014
FTS-6:2	<0,0020	<0,0020		<0,0020	<0,0020	<0,0020		<0,0020
FTS-8:2	<0,0020	<0,0020		<0,0020	<0,0020	<0,0020		<0,0020

Tabell 14: Analyseresultater for innsendte biotapprøver tatt ved marint hovedstasjon i Ålefjærfjorden. Gjennomsnittsverdier (kap 2.6 Tallbehandling) er vist i tabellen. Individuelle resultater i analyserapporter i vedlegg 3.

Gj.snitt mg/kg	Zooplankton, n=1	Taskekrabbe, n=9	Kuskjell, n=10	Skrubbe, n=10	Steinbit, lever	Steinbit, muskel	Torsk, n=5, muskel
PFPeA	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
PFHxA	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020
PFHpA	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
PFOA	<0,0010	0,00109	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
PFNA	<0,0010	0,00106	<0,0010	0,00120	<0,0010	<0,0010	<0,0010
PFDA	<0,0010	0,00107	<0,0010	0,00122	<0,0010	<0,0010	<0,0010
PFBS	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020
PFHxS	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
PFOS	<0,0010	0,0024	<0,0011	<0,0028	0,0023	<0,0010	<0,0010
FTS-6:2	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020
FTS-8:2	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020

Tabell 15: Analyseresultater for innsendte prøve tatt ved marin hovedstasjon i Ålefjærfjorden (prøvene er kun analysert for PFOA og PFOS). Gjennomsnittsverdier (kap 2.6 Tallbehandling) er vist i tabellen. Individuelle resultater i analyserapporter i vedlegg 3.

Gj.snitt mg/kg	Lomre, n=5	Skrubbe n=3, muskel	Skrubbe n=2, lever	Slettvar, n=10, lever	Slettvar n=3, muskel	Knurr, lever	Knurr, muskel	Torsk, n=5, lever
PFOA	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0055*	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0030
PFOS	<0,00238	0,0027	0,0697	0,0158	0,0025	0,0810	0,0058	0,0074

*inkluderer én prøve med høy LOQ

Analyseresultater for innsendt materiale fra Kristiansand lufthavn, Kjevik, er vist i Tabell 12 - Tabell 15. Se vedlegg 3 for originale analyserapporter med individuelle resultater. Se også kart i Figur 18 og Figur 19 for visuelle resultater.

På referansestasjon ferskvann i Topdalselva ble det påvist PFOS over deteksjonsgrensen i blandprøver av både reke, skrubbe og 3-pigget stingsild (se Tabell 12). I skrubbe og rekene var det et moderat innhold av PFOS (hhv. 8,4 µg/kg og 2,1 µg/kg), mens i 3-pigget stingsild var konsentrasjonen (11,0 µg/kg) over normverdi (9,1 µg/kg). Det var allerede i felt en usikkerhet i om referansestasjonen var langt nok opp i elva, da tidevann osv går forholdsvis langt opp. Resultatene underbygger dette.

På hovedstasjon ferskvann i Topdalselva, ble det også påvist PFC-forbindelser i alle innsendte blandprøver av både 3- og 9-pigget stingsild, skrubbe og reker. I alle fiskeprøvene var konsentrasjonen av PFOS langt over normverdi (ca 100-200 ganger høyere). I reker var nivået rett under normverdi for fisk (8,2 µg/kg). Det ble i tillegg funnet høye nivåer av PFOA, PFNA, PFDA, PFHxS og FTS-6:2 i stingsild- og skrubbeprøvene. Det er verdt å merke seg at dette er unge individer og at prøvene er tatt om våren før produksjonsperioden starter.

I mus fanget inne på flyplassområdet, ble det funnet varierende konsentrasjoner av PFNA, PFDA, PFHxS, PFOS og FTS-8:2. Konsentrasjonen av PFOS var utenfor kalibreringsområdet for analysemetoden for 7 individer, og siden leverprøvene var små, kunne de ikke reanalyseres. Disse resultatene er derfor oppgitt som > 0,10 mg/kg. Det ligger her altså en usikkerhet i hvor høye konsentrasjonene egentlig er, men de tre øvrige individene hadde PFOS i området 0,037-0,0099 mg/kg.

På marin hovedstasjon i Ålefjærfjorden, ble det analysert 10 kuskjell. Resultatene viser at ble funnet spor av akkumulerte PFC-forbindelser i tre av prøvene. Gjennomsnittlig nivå av PFOS var 1,1 µg/kg, med maks 1,5 µg/kg. Ingen andre PFC-forbindelser ble funnet i disse prøvene. Det ble ikke funnet kuskjell for analyse på referansestasjonen.

Det ble analysert prøver av krabbesmør (innmat i toppskall) for i alt 9 prøver av taskekrabbe fra hovedstasjon ved Kjevik lufthavn, og 9 prøver fra referansestasjonen ved Kongshavn. Resultatene viste at det var lite variasjon i nivå av PFOS i samtlige prøver, både fra hovedstasjonen og referansestasjonen. Nivået av PFOS varierte fra ca 1 µg/kg til ca 9 µg/kg (normverdi). Ved hovedstasjonen var alle resultatene under normverdien; gjennomsnitt 2,4 µg/kg, maks 3,9 µg/kg og min 1,1 µg/kg, og ved referansestasjonen var resultatene 4,1 µg/kg i snitt, med maks 10 µg/kg og min <1,0 µg/kg. I tillegg ble det funnet moderate nivåer av PFOA, PFDA og PFNA i mange av prøvene fra begge stasjoner. Oppsummert viser resultatene at nivået av PFOS i taskekrabbe i gjennomsnitt er nesten dobbelt så høyt ved referansestasjonen i Kongshavn som utenfor flyplassen.

Det ble utført PFC-analyser for åtte ulike beinfisk fanget på hovedstasjonen ved Kjevik lufthavn og på referansestasjonen i Kongshavn; lomre, skrubbe, slettvar, knurr, steinbit, torsk, samt 3- og 9-pigget stingsild. Av disse pekte resultatene av prøvene fra flatfiskene og stingsildene seg ut som særlig interessante.

Fem vevsprøver av muskel fra lomre fanget på hovedstasjonen, viste et gjennomsnittlig akkumulert nivå av PFOS på 2,4 µg/kg. Det ble ikke fanget lomre på referansestasjonen.

For skrubbe, fanget på begge stasjoner, var det tydelig forskjell på resultat i leverprøver sammenlignet med prøver av muskelvev. Ti vevsprøver fra hovedstasjonen, viste et gjennomsnittlig nivå av PFOS på 2,8 µg/kg, med maks 7,6 µg/kg, og min <1 µg/kg. De tre vevsprøver fra referansestasjonen gav et lavere gjennomsnittlig nivå på 1,4 µg/kg. For leverprøvene av skrubbe, var resultatene høyere, og *samtlig*e prøver var over normverdi for PFOS. Høyeste målte konsentrasjon var på hovedstasjonen med 130 µg/kg (gjennomsnitt 69,7 µg/kg), mens på referansestasjonen var gjennomsnittet 13 µg/kg (liten variasjon).

Tilsvarende forskjeller mellom lever og muskelvevsprøver ble funnet for slettvar fanget på hovedstasjonen. Analyseresultatene for 10 vevsprøver viste et gjennomsnitt på 2,5 µg/kg, med maks 4,2 og min 1,4. Leverprøvene hadde et gjennomsnitt på 15,8 µg/kg, med maks 51 µg/kg og min 2,3 µg/kg. Det ble ikke fanget slettvar på referansestasjonen.

Det ble tatt prøver av én knurr; og analysert én leverprøve og én muskelvevsprøve. Muskelprøven hadde et nivå på 5,8 µg/kg, og leverprøven hadde 81 µg/kg (langt over normverdi). Denne tydelige forskjellen mellom muskel og leverprøver er også tydelig i resultatene for mange av de andre bunnlevende artene. Det ble ikke fanget knurr på referansestasjonen i Kongshavn.

Det ble analysert prøver av 5 torsk ved hovedstasjonen (5 lever og 5 muskel) og av 10 torsk ved referansestasjonen (10 lever og 10 muskel). Leverprøvene av torsk på hovedstasjonen viste et gjennomsnitt på 7,4 µg/kg PFOS, med maks 11 µg/kg og min 3,5 µg/kg. Det ble ikke påvist PFC-forbindelser i muskelvevsprøvene.

I fem av 10 muskelvevsprøver av torsk på referansestasjonen ble det påvist PFOS; gjennomsnittlig <1,2 µg/kg, minimum <1,0 µg/kg og maks 1,7 µg/kg. I syv av 10 leverprøver ble det funnet PFOS; gjennomsnitt på <4,8 µg/kg, med maks 8,7 µg/kg og min <1 µg/kg. Resultatene for torsk viste m.a.o. høyere nivå av PFOS i lever vs. muskel for begge stasjoner, og omtrent dobbelt så høyt gjennomsnittlig nivå av PFOS i leverprøver fra hovedstasjonen ved Kjevik lufthavn, sammenlignet med referansestasjonen. Oppsummert,

var alle prøver foruten én leverprøve under normverdi for PFOS. Det var lite andre PFC-forbindelser akkumulert i prøvene av torsk.

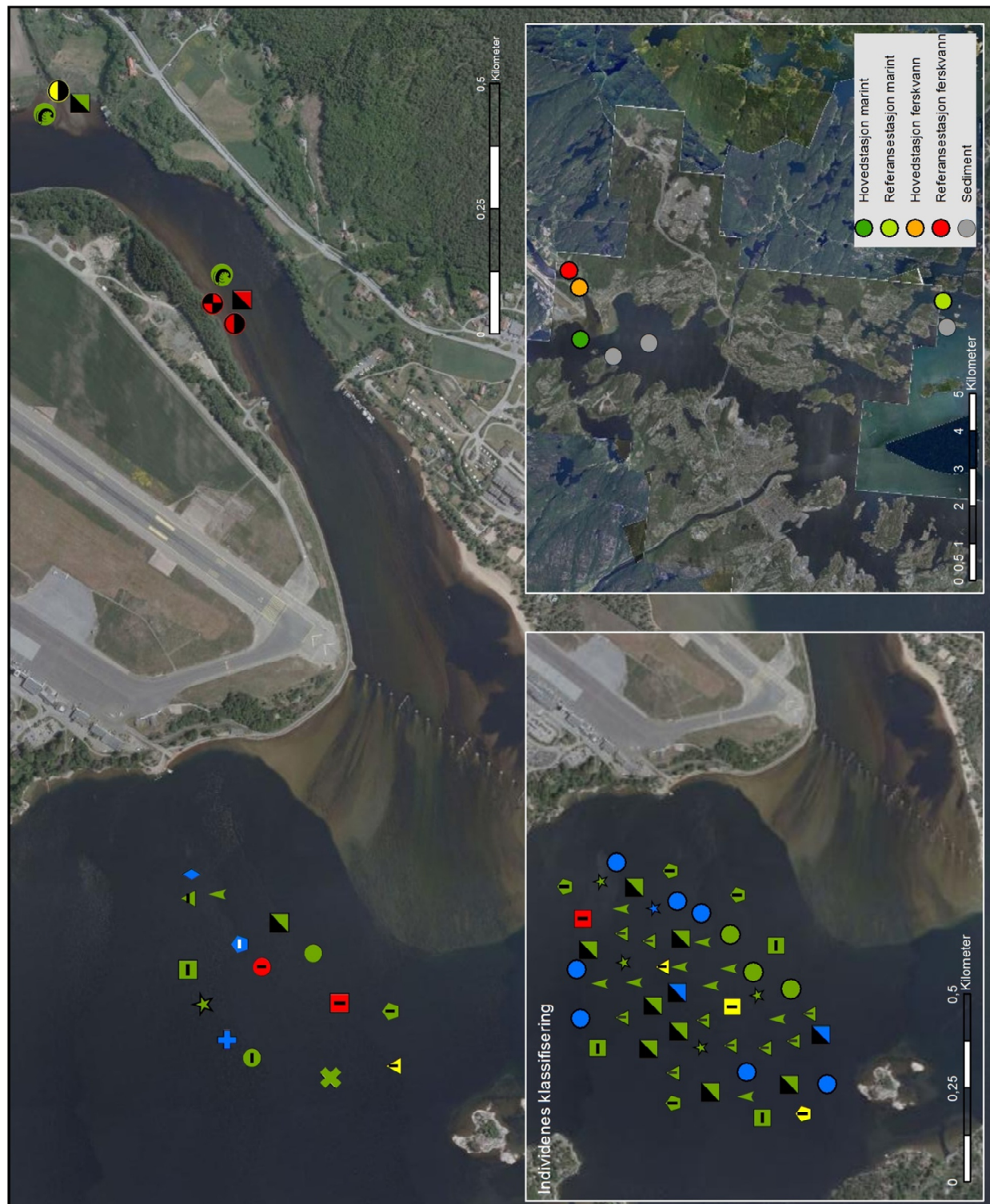
Det ble analysert prøver av en gråsteinbit fra hovedstasjonen ved Kjevik lufthavn; én leverprøve og én muskelvevsprøve. Kun leverprøven hadde et moderat nivå av PFOS på 2,3 µg/kg.

Det ble ikke funnet PFC-forbindelser i blandingsprøver med zooplankton ved noen av stasjonene.

4.1.3 Oppsummering og risikovurdering

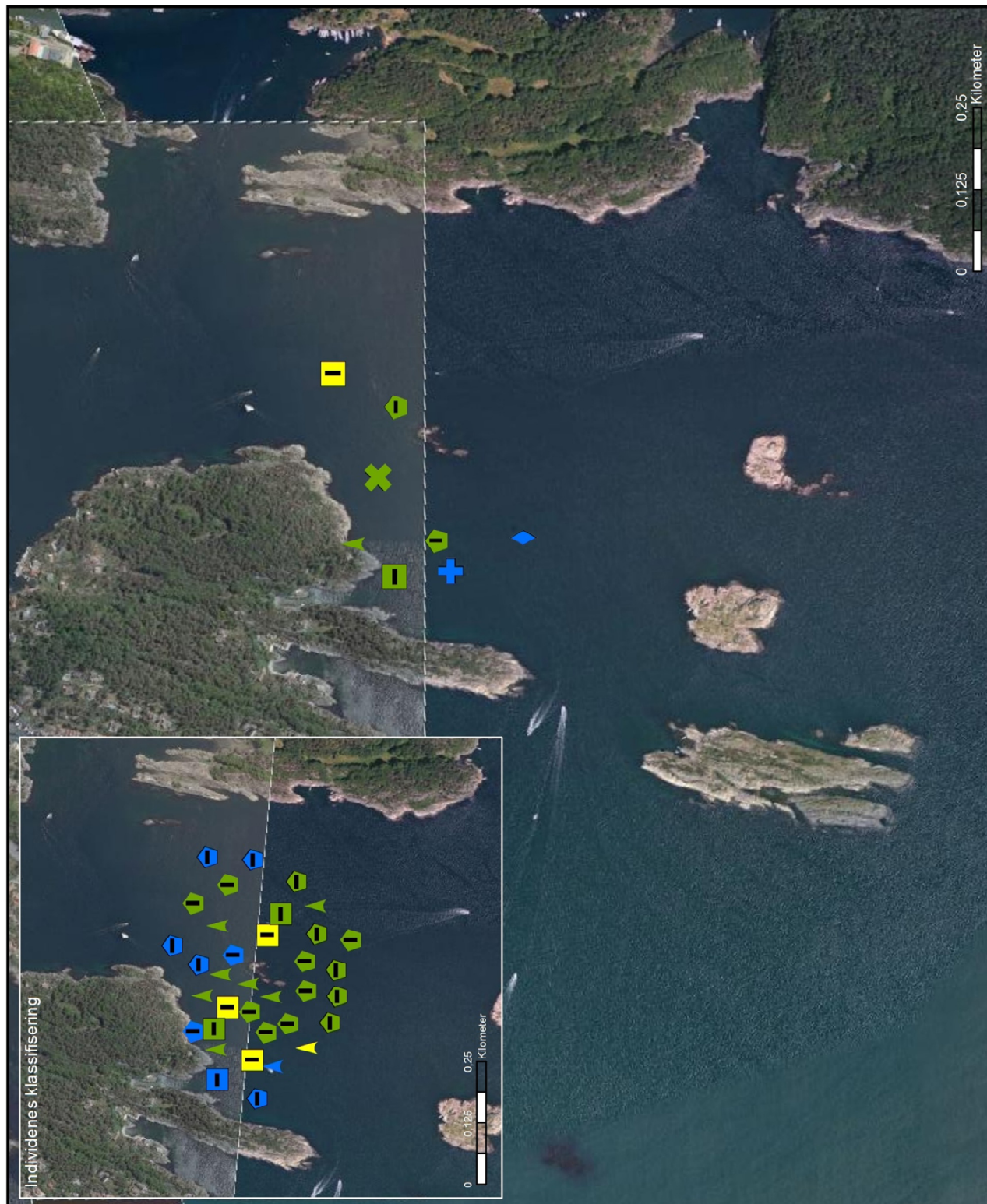
- Analyser av ferskvannssedimenter, viser lave konsentrasjoner av PFOS (klasse *Bakgrunn – God*), med de høyeste konsentrasjonene nedstrøms BØF-2. Det ble ikke påvist PFC'er i de marine sedimentprøvene.
- Analyser av vannprøver rundt BØF-1 og BØF-2 viser funn av PFOS tilsvarende klasse *God*.
- Analyser av vannprøve utenfor nytt brannøvingfelt (BØF 2008) viser høye konsentrasjoner av FTS-6:2, samt funn av andre PFC-forbindelser.
- Analyser av taskekrabbe viser moderate nivå av PFOS som varierer lite i prøver både fra hovedstasjon og referansestasjon. Det ble ikke funnet store forskjeller mellom stasjonene.
- For flatfisk er det funnet ca 10x høyere nivå av PFOS i lever sammenlignet med i muskelvev.
- Resultatene viser et tydelig høyt nivå av PFOS og andre PFC-forbindelser for arter som er fanget utenfor brannøvingfeltene BØF 1 og 2 i Topdalselva.
- Det ble funnet moderate nivå av PFOS i torsk, men tydelig høyere på hovedstasjon sammenlignet med referansestasjonen. Det var også høyere nivå i lever enn i muskelvevsprøver.
- Det ble funnet svært høye nivå av PFOS i 3- og 9-pigget stingsild, samt knurr.
- Lave konsentrasjoner i kuskjell.
- Det ble ikke funnet spor av PFC-forbindelser i zooplankton ved noen av stasjonene.
- 3- og 9-pigget stingsild og skrubbe som ble fanget i Topdalselva har alle lav alder; 1 til 2 år. Fangst av disse artene ble gjort i april før vektsesongen var i gang. Akkumulering har skjedd til tross for lave PFC-konsentrasjoner i vann og sedimenter.
- Liten korrelasjon mellom resultater i vann- og sedimentprøver og funn i biota.
- Lever i skogmus ved Kjevik lufthavn kan ha akkumulert et høyt nivå av akkumulert PFOS, og varierende nivå i enkeltprøvene av PFNA, PFDA, PFHxS og FTS-8:2. Stor skogmus har relativt lav levealder (sannsynligvis 1 til 4 år), men allikevel en betydelig akkumulering i de analyserte leverprøvene.

Kristiansand lufthavn
Kjevik kartblad 1
Biotaklassifisering
April 2012



Figur 18. Stasjonsoversikt biota og sedimenter (lite kart t.h.). Biotaklassifisering for gjennomsnittlige

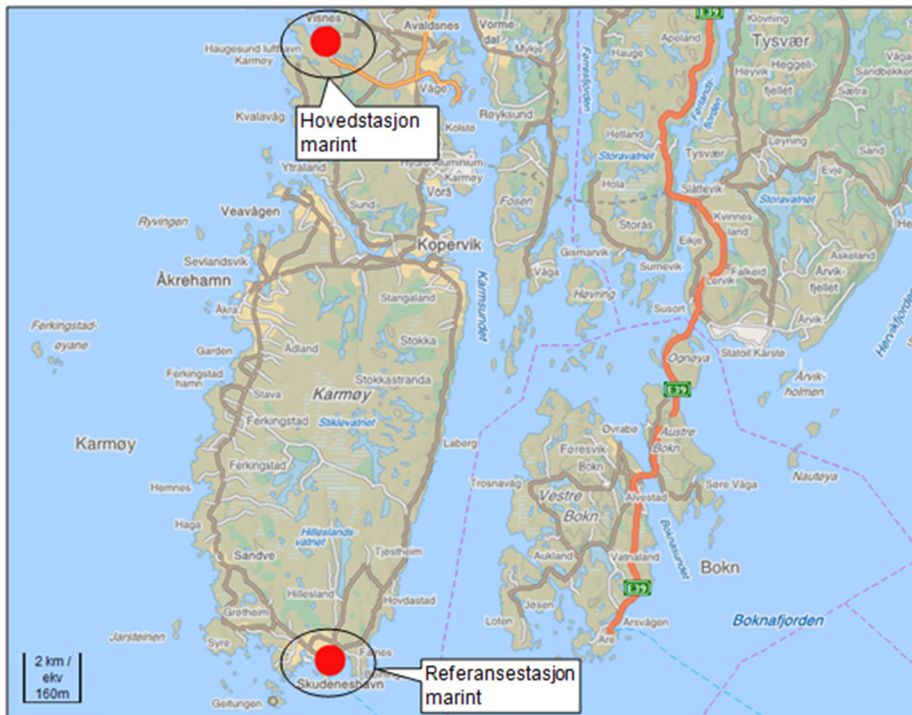
biotaresultater (stort bilde). Klassifisering av individuelle biotaresultater (lite bilde t.v.).



Figur 19. Biotaklassifisering for gjennomsnittlige biotaresultater ved referansestasjon marint (stort bilde).

4.2 Karmøy lufthavn

4.2.1 Feltarbeid



Figur 20. De røde prikkene på kartet viser innsamlingslokalitetene ved Haugesund lufthavn på Karmøy (hovedstasjon), og utenfor Skudeneshavn (referansestasjon), Karmøy. Kartkilde: kart.finn.no

Feltarbeidet på Karmøy ble gjennomført 23.- 25. mai og 19.- 21. juni 2012. Fra Sweco deltok dykkerbiolog Håkon Gregersen, i tillegg til tre dykkere fra Buskerud Dykkerservice.

I første runde ble det gjennomført dykkerinnsamling av biota. 24. mai ble det samlet inn 10 kuskjell og kamskjell på hovedstasjonen (Visnesbukta utenfor BØF) på Haugesund lufthavn. Det ble også tatt tre kjerneprøver av sedimenter på 7 meters dyp. 25. mai ble det samlet inn 10 kuskjell på referansestasjon utenfor Skudeneshavn. Det ble ikke funnet kamskjell. Det ble tatt kjerneprøver på 7 meters dyp av sediment innenfor moloen utenfor Skudeneshavn ettersom det ikke fantes egnet substrat på søkeområdene utenfor.

Det ble foretatt en screening av muligheter for amfibier i tilknytning influensområdet. I tillegg ble det gjennomført innsamling av smånagere, men ingen mus ble fanget.

I andre runde ble det foretatt innsamling av fisk ved garnfiske, samt innsamling av rundøsters ved fridykking. Fra Sweco deltok Øistein P. Hveding og Håkon Gregersen. Nils Bjarne Stava, båtfører med båt fra Åkrehamn Fartøyvernforening, ble leid inn.

19. juni ble 12 trollgarn satt på hovedstasjonen i Visnesbukta; garna sto på 7 – 46 m dyp, men det meste av fangsten ble tatt på mindre enn 15 m dyp.

20. juni ble det satt 12 trollgarn i Skudeneshavn. Her var det noe grunnere, og garna sto på et dyp fra 5 – 30 m, og det meste av fangsten ble tatt på dyp mindre enn 10 m.

Det ble trukket zooplanktonprøver ved garnsett både i Visnebukta utenfor BØF og ved referansestasjonen utenfor Skudeneshavn, hhv. 19. og 20. juni.

21. juni ble det foretatt prøvetakning av 10 rundøsters ved fridykking i Visnesbukta, ved redningskaia utenfor BØF.

4.2.2 Resultater

Sedimenter

Resultatene fra sedimentprøvene er vist i Tabell 16 og viser at det ikke ble påvist PFC-forbindelser over deteksjonsgrensen i de innsendte prøvene. Deteksjonsgrensen for PFOS er høyere enn bakgrunnsnivåer i marine sedimenter (se Tabell 5). Dersom deteksjonsgrensen benyttes som verdi, klassifiseres tilstanden som klasse II *God*.

Tabell 16: Analyseresultater sedimentprøver utenfor hovedstasjonen ved Haugesund lufthavn. Fargeklassifisering i hht Tabell 5.

	Hovedstasjon Karmøy, 0-5 cm dyp	Hovedstasjon Karmøy, 5-10 cm dyp
Tørrstoff, %	28,5	25,7
PFBA, µg/kg TS	<2,4	<2,3
PFPeA, µg/kg TS	<2,4	<2,3
PFHxA, µg/kg TS	<2,4	<2,3
PFHpA, µg/kg TS	<2,4	<2,3
PFOA, µg/kg TS	<2,4	<2,3
PFNA, µg/kg TS	<2,4	<2,3
PFDA, µg/kg TS	<2,4	<2,3
PFBS, µg/kg TS	<3,5	<3,5
PFHxS, µg/kg TS	<3,5	<3,5
PFOS, µg/kg TS	<2,4	<2,3
FTS-6:2, µg/kg TS	<3,5	<3,5
FTS-8:2, µg/kg TS	<4,7	<4,7
ΣPFC uten LOQ	ND	ND
ΣPFC med LOQ	34,1	29,3
ΣPFOS/PFOA uten LOQ	ND	ND
Total PFOS/PFOA med LOQ	4,7	4,7

Biota

Tabell 17: Analyseresultater for innsendte prøve tatt ved Haugesund lufthavn, Karmøy. Gjennomsnittsverdier (kap 2.6 Tallbehandling) er vist i tabellen. Individuelle resultater i analyserapporter i vedlegg 3.

	Hovedstasjon Visnesbukta								Ref.st. Skudeneshavn
Gj.snitt mg/kg	Kamskjell, n=10	Kuskjell, n=6	Torsk, blandprøve av 4	Berggylt, blandprøve av 2	Lomre, n=10	Skrubbe, blandprøve av 2	Zooplankton	Østers, n=4	Kuskjell, n=10
PFPeA	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
PFHxA	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020
PFHpA	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
PFOA	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
PFNA	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0014	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
PFDA	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0015	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
PFBS	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020
PFHxS	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
PFOS	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0023	0,0017	<0,0010	<0,0010	<0,0010
FTS-6:2	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020
FTS-8:2	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020

Analyseresultater for innsendt materiale fra Haugesund lufthavn, Karmøy, er vist i Tabell 17. Se vedlegg 3 for originale analyserapporter med individuelle resultater. Se også Figur 21 for kart med visuell resultatvisning.

På referansestasjonen ved Skudeneshavn ble det ikke påvist PFC-forbindelser over deteksjonsgrensen i kuskjell.



Figur 21. Biotaklassifisering for gjennomsnittlige biotaresultater ved hovedstasjonen (stort bilde).

På hovedstasjonen utenfor flyplassen ble det ikke påvist PFC-forbindelser i innsamlet materiale av zooplankton, kamskjell, kuskjell, østers, torsk eller berggyllt. I skrubbe ble det derimot påvist PFOS i en blandprøve av 2 eksemplarer (1,7 µg/kg), som er godt under normverdi for fisk. I lomrene som ble sendt til analyse, ble det påvist både PFOS, PFNA og PFDA. PFOS ble påvist i 6 av 10 individer, med et gjennomsnitt på <2,3 µg/kg, og maksimum 9,1 µg/kg, som er akkurat normverdi for fisk. For PFNA og PFDA var konsentrasjonene lavere (påvist i hhv 3 og 4 individer).

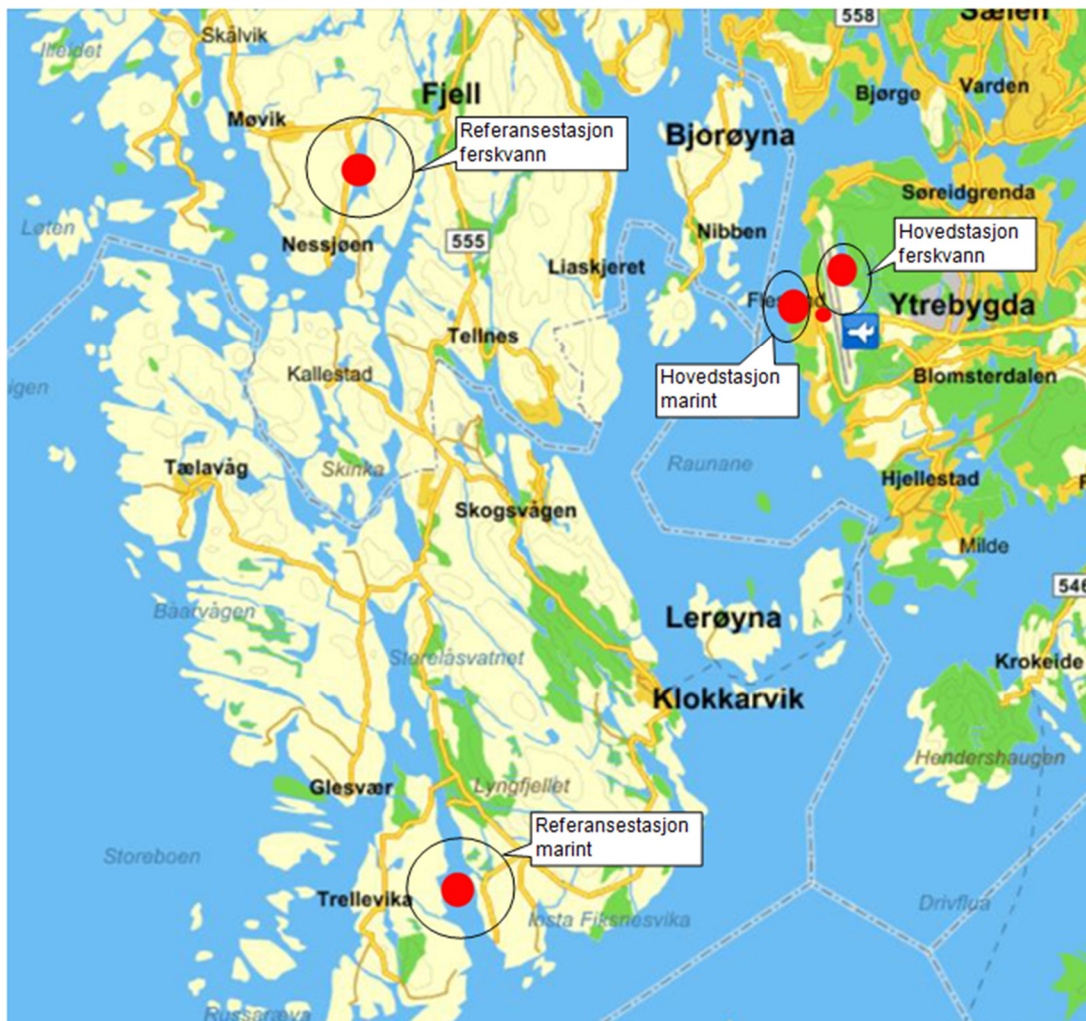
Lomre og skrubbe er flyndrefisker som lever på sjøbunnen, og har trolig akkumulert PFC-forbindelser via næringsopptak fra bunnlevende makroorganismer. Dette viser at opptaket i flyndrefisk trolig skjer via bioakkumulering av PFOS i bunnlevende makroorganismer i Visnesbukta.

4.2.3 Oppsummering og risikovurdering

- Ikke påvist PFC i sedimenter utenfor Haugesund lufthavn.
- PFC-forbindelser ble ikke funnet i muslinger eller zooplankton utenfor flyplassen..
- Det ble ikke funnet PFC-forbindelser i muslinger fra referansestasjonen i Skudeneshavn.
- Det ble funnet PFOS akkumulert i flyndrefiskene lomre og skrubbe i utenfor flyplassen.

4.3 Flesland lufthavn

4.3.1 Feltarbeid



Figur 22. Oversikt over prøvetakingspunkter rundt Bergen lufthavn, Flesland. Kartkilde: kart.gulesider.no

Feltarbeidet i Bergen ble gjennomført 25.-28. juni 2012. Fra Sweco deltok Hallgeir Aarbakk, Finn Gravem og Håkon Gregersen. Sistnevnte arbeidet hovedsakelig sammen med tre innleide dykkere fra Buskerud Dykkerservice. Anders D. Dønen (lokal fisker) ble engasjert og stilte med fiskebåt, Ingebjørg Strøm Berg (Sweco Bergen) var med som feltassistent, og bisto ved garntrekking i ferskvann og ved prøvetaking.

25. juni, ble 12 trollgarn satt på hovedstasjonen i sjøen, og det ble tatt flere hovtrekk for å skaffe zooplankton. I Langevatnet (hovedstasjon ferskvann) ble det satt 8 garn.

26. juni ble garnene både i Langevatnet og i sjøen trukket, og dykkerne søkte etter muslinger. I Langevatnet ble det fanget ca. 60 ørret. Alle fiskene ble lengdemålt, og det ble tatt muskel- og leverprøver av i alt 10 individer. I sjøen (hovedstasjonen) ble det fanget 4 store lyr, 3 torsk, ca. 20 lomrer, samt en mengde taskekrabber. Garna sto på et dyp fra 5 – 42 m, men det meste av fangsten ble tatt på dyp mindre enn 10 m. Denne erfaringen ble benyttet da garnene ble satt på referansestasjonen ute ved Sotra. Det ble tatt muskel og leverprøver av alle lyrene, torskene og 10 lomrer. Ute ved Sotra ble det tatt flere hovtrekk for å samle zooplankton.

Det ble satt 6 garn i Ulvesetvatnet på Sotra (referansestasjon ferskvann), samt samlet 10 kuskjell og kamskjell, som ble lengdemålt og tatt prøver for videre analyse.

27. juni ble garnene i Ulvesetvatnet trukket, og det ble fanget 36 ørret i lengdeintervallet 20 – 36 cm. Av disse ble det tatt muskel og leverprøver fra et utvalg på 10 individer. På referansestasjonen i sjøen ble det fanget 4 torsk, 3 lyr, 1 skrubbeflyndre, 3 blåstål, 1 rødnebb, 1 berggyllt, en del taskekrabbe og en stor piggske. Skata ble sluppet levende ut igjen. Det ble tatt muskel og leverprøver fra alle torskene, lyrene og skrubbeflyndra. Da det ikke var fanget 10 individer av samme art på hver av de to stasjonene, ble det igangsatt et tilleggssiske med harpe. Det medførte at vi fikk totalt 10 lyr på hver av stasjonene. Annen fisk ble ikke fanget på denne måten. Dykkerne samlet 10 kuskjell og kamskjell ved Sotra, som ble lengdemålt og tatt prøver av for videre analyser.

Videre ble det gjort grundig søk etter amfibier langs utløpselva fra Langevatnet (hovedstasjon ferskvann), men det ble ikke funnet noen individer.

Det var opprinnelig planlagt å sette ut musefeller inne på flyplassområdet, men dette ble avlyst da tidligere grøntområde var ryddet for vegetasjon, og pukkstein lagt ut. Sjansen til å finne mus ble derfor vurdert å være svært liten.

4.3.2 Resultater

Sedimenter

Av ulike årsaker ble det ikke tatt ut sedimentkjerner under feltarbeidet. Konklusjonen fra de miljøtekniske grunnundersøkelsene som er gjort i forbindelse med Miljøprosjekt DP2 viser at Langevatnet (hovedstasjon ferskvann) får tilførsel fra begge brannøvingfeltene.

Avrenning til sjøen er vurdert til teoretisk å kunne medføre konsentrasjoner over akseptkriteriet for sjøvann med hensyn på konsum. Det er usikkerhet knyttet til denne beregningen, og biotaundersøkelser må avgjøre realitetene.

Biota

Tabell 18: Analyseresultater for innsendte prøve tatt ved Bergen lufthavn, Flesland. Gjennomsnittsverdier (kap 2.6 Tallbehandling) er vist i tabellen. Individuelle resultater i analyserapporter i vedlegg 3.

Gj.snitt mg/kg	Hovedstasjon marint - Flesland				Hovedstasjon ferskvann - Langevatn
	Kuskjell, n=10	Torsk, blandprøve av 3	Lyr, n=10	Zooplankton, n=1	Ørret, n=9
PFPeA	<0,0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0,0050
PFHxA	<0,0020	<0.0020	<0.0020	<0.0020	<0,0020
PFHpA	<0,0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0,0050
PFOA	<0,0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0,0010
PFNA	<0,0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0,0010
PFDA	<0,0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0,0010
PFBS	<0,0020	<0.0020	<0.0020	<0.0020	<0,0020
PFHxS	<0,0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	0,0036
PFOS	<0,0010	<0.0010	<0,00108	<0.0010	0,059
FTS-6:2	<0,0020	<0.0020	<0.0020	<0.0020	<0,0020
FTS-8:2	<0,0020	<0.0020	<0.0020	<0.0020	<0,00204

Analyseresultater for innsendt materiale fra Bergen lufthavn, Flesland, er vist i Tabell 18. Se vedlegg 3 for originale analyserapporter med individuelle resultater.

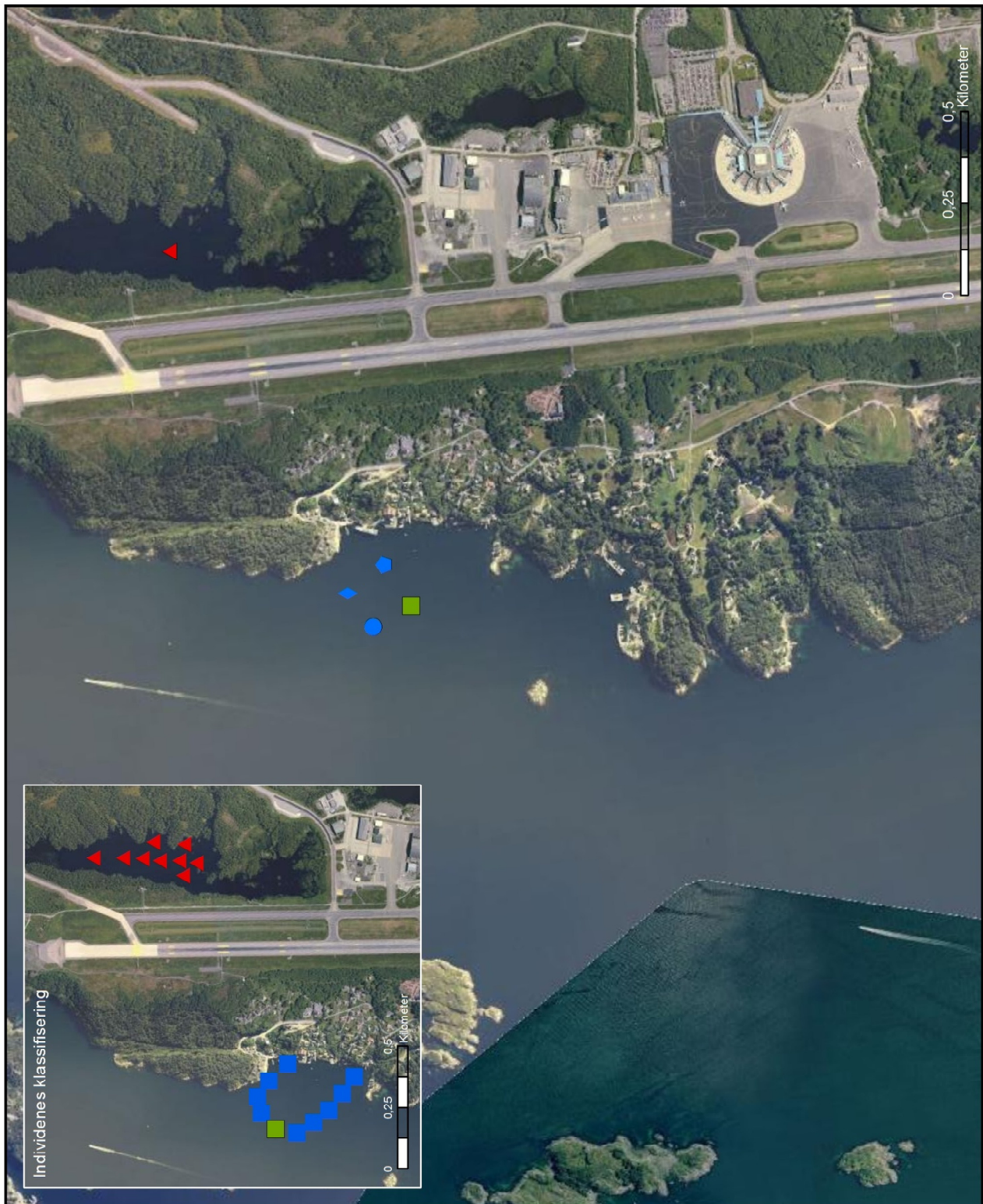
På hovedstasjonen utenfor flyplassen ble det ikke funnet PFC-forbindelser over deteksjonsgrensen i verken kuskjell, torsk eller zooplankton. I lyr som ble sendt til analyse, ble det påvist PFOS over deteksjonsgrensen i ett av ti individer. Konsentrasjonen var 1,8 µg/kg, som er godt under normverdien på 9,1 µg/kg.

Bergen lufthavn
Flesland

Biotaklassifisering
April 2012

Bergen - Biota	
Art, antall	
○	Kuskjell n=10
□	Lyr n=10
◇	Torsk, bland n=3
◇	Zooplankton
△	Ørret n=9

PFOS	
■	<LOQ
■	LOQ - Normverdi
■	1-2 * Normverdi
■	> 2 * Normverdi



Figur 23. Biotaklassifisering for gjennomsnittlige biotaresultater ved hovedstasjonen (stort bilde).

Klassifisering av individuelle biotaresultater (lite bilde).

I Langevatn, hovedstasjonen i ferskvann, ble det sendt inn 9 ørret for analyse. Her ble det påvist PFOS over normverdi i alle individene; gjennomsnittlig 59 µg/kg (ca 6 ganger høyere enn normverdi), med minimum 33 µg/kg og maksimum 100 µg/kg. I tillegg ble det påvist PFHxS i alle individene; gjennomsnittlig 3,6 µg/kg, minimum 1,6 µg/kg og maksimum 5,9 µg/kg. I ett individ ble det også påvist FTS-8:2; 2,4 µg/kg.

Det er foreløpig ikke analysert prøver fra referansestasjonene i Bergen.

4.3.3 Oppsummering og risikovurdering

- Meget høye nivå av PFOS og moderate nivå av PFHxS i ørret viser at organismer i Langevatnet ved Flesland lufthavn er sterkt kontaminert av PFC-forbindelser.
- Det ble ikke funnet akkumulerte PFC-forbindelser i torsk, kuskjell eller zooplankton.
- Av ti analyserte lyr, gav kun én prøve funn av et lavt-moderat nivå av PFOS.

4.4 Tromsø lufthavn

4.4.1 Feltarbeid



Figur 24. De røde prikkene på kartet viser innsamlingslokalitetene på hovedstasjonen ved Tromsø lufthavn og referansestasjonene. Kartkilde: Norgeskart

Feltarbeidet i Tromsø ble gjennomført 18.-21. juni og 3.-4. juli 2012. Fra Sweco deltok Hallgeir Aarbakk, Halvard Kaasa og Håkon Gregersen, hvorav sistnevnte arbeidet sammen med tre dykkere fra Stenvolds Undervannsservice som var innleid den 3. og 4. juli. I tillegg ble Robert Jensen, en lokal fisker med båt leid inn. Hos Avinor hadde vi kontakt med Uno Elvebakk som var behjelpelig med å skaffe adgang til området på flyplassen.

18. juni ble garn satt i sjøen nord og vest for flyplassen, og disse ble trukket 19. juni. Det ble benyttet 10 trollgarn, 3 stk monofilgarn á 33 m med maskevidde 110 mm og et 50 m monofil med maskevidde 180 mm. Garnene på nordsiden ble satt rett ut for brannøvingfeltet, på grunt vann og ned til ca 15 meters dyp. Det ble fanget, torsk, kveite, rødspette, skrubbe og lomre. Det var ikke nok til 10 stk serier av alle arter.

Garnene på referansestasjon ble satt i Strømsbukta. All fisken ble lengdemålt og det ble tatt muskel og leverprøver av 10 individer av hver utvalgte art dersom det var fisk nok.

21. juni ble det samlet inn 10 stk børstemark i fjæra på tre lokaliteter rundt flyplassen; i nord (TF1), i vest (TF2) og i sør (TF3).

3. juli ble det funnet 10 kuskjell for analyse. Det ble søkt etter haneskjell og O-skjell i området utenfor BØF. Det ble også søkt etter 10 kuskjell ved referansestasjon. Det ble funnet unge kumusling ved Strømsbukta (referansestasjon 1), og 10 haneskjell ved Kuberga (referansestasjon 2).

Det ble tatt kjerneprøver av bunnsediment av dykkere på 6 meters dyp utenfor BØF, samt en overflateprøve i tidevannsbeltet. Tilsvarende ble det tatt kjerneprøver av sediment på referansestasjonen i Strømsbukta på 7 meters dyp.

4. juli ble det funnet 10 O-skjell utenfor BØF og referansestasjon 2, Kuberga. Det ble ikke funnet haneskjell på hovedstasjon.

4.4.2 Resultater

Sedimenter

Resultatene fra sedimentprøvene er vist i Tabell 19 og viser at det ikke ble påvist PFC-forbindelser over deteksjonsgrensen i de innsendte prøvene. Dog er deteksjonsgrensen for PFOS høyere enn bakgrunnsnivåer i marine sedimenter (se Tabell 5). Dersom deteksjonsgrensen benyttes som verdi, klassifiseres tilstanden som klasse II *God*.

Tabell 19: Analyseresultater sedimentprøver utenfor hovedstasjonen ved Tromsø lufthavn. Fargeklassifisering i hht Tabell 5.

	TKS 1, 0-10	TKS 2, 0-5	TKS 2, 5-10
Tørrstoff, %	62,3	71,3	76,0
PFBA, µg/kg TS	<2,1	<2,3	<2,1
PFPeA, µg/kg TS	<2,1	<2,3	<2,1
PFHxA, µg/kg TS	<2,1	<2,3	<2,1
PFHpA, µg/kg TS	<2,1	<2,3	<2,1
PFOA, µg/kg TS	<2,1	<2,3	<2,1
PFNA, µg/kg TS	<2,1	<2,3	<2,1
PFDA, µg/kg TS	<2,1	<2,3	<2,1
PFBS, µg/kg TS	<3,2	<3,4	<3,2
PFHxS, µg/kg TS	<3,2	<3,4	<3,2
PFOS, µg/kg TS	<2,1	<2,3	<2,1
FTS-6:2, µg/kg TS	<3,2	<3,4	<3,2
FTS-8:2, µg/kg TS	<4,2	<4,5	<4,2
ΣPFC uten LOQ	ND	ND	ND
ΣPFC med LOQ	30,5	28,4	26,4
ΣPFOS/PFOA uten LOQ	ND	ND	ND
Total PFOS/PFOA med LOQ	4,2	4,5	4,2

Biota

Tabell 20: Analyseresultater for innsendte prøver tatt ved Tromsø lufthavn, Langnes.
Gjennomsnittsverdier (kap 2.6 Tallbehandling) er vist i tabellen. Individuelle resultater i analyserapporter i vedlegg 3.

Gj.snitt mg/kg	Tromsø lufthavn – Marin hovedstasjon				TF-1	TF-2	TF-3
	Torsk, n=10	Kuskjell, n=8	Skrubbe, blandprøve av 3	Lomre, blandprøve av 2	Børstemark, blandprøve av 10	Børstemark, blandprøve av 10	Børstemark, blandprøve av 10
PFPeA	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
PFHxA	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020
PFHpA	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
PFOA	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	0,0029
PFNA	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	0,0018
PFDA	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
PFBS	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020
PFHxS	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
PFOS	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	0,0015	<0,0010	0,0380
FTS-6:2	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020
FTS-8:2	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020

Analyseresultater for innsendt materiale fra Tromsø lufthavn, Langnes, er vist i Tabell 20. Se vedlegg 3 for originale analyserapporter med individuelle resultater.

Hovedstasjonen utenfor flyplassen ble det ikke påvist PFC-forbindelser over deteksjonsgrensen i verken torsk, kuskjell, skrubbe, lomre eller børstemarken tatt ved TF-2 (vest for rullebane – utløp bekk). I prøvene av børstemark tatt ved TF1 (nord for flystripa) og TF-3 (sør for flystripa) ble det påvist PFOS i begge prøvene; henholdsvis 1,5 µg/kg og 38 µg/kg. Denne siste verdien er ca 4 ganger høyere enn normverdi for fisk (finnes ikke normverdi for børstemark). I prøven fra TF-3 ble det også påvist PFOA (2,9 µg/kg) og PFNA (1,8 µg/kg).

Det meget høye resultatet i en samleprøve av børstemark skyldes sannsynligvis en lokal tilførsel i nærheten av prøvepunktet (den gamle brannstasjonen).

Det er foreløpig ikke analysert prøver fra referansestasjonen i Tromsø.

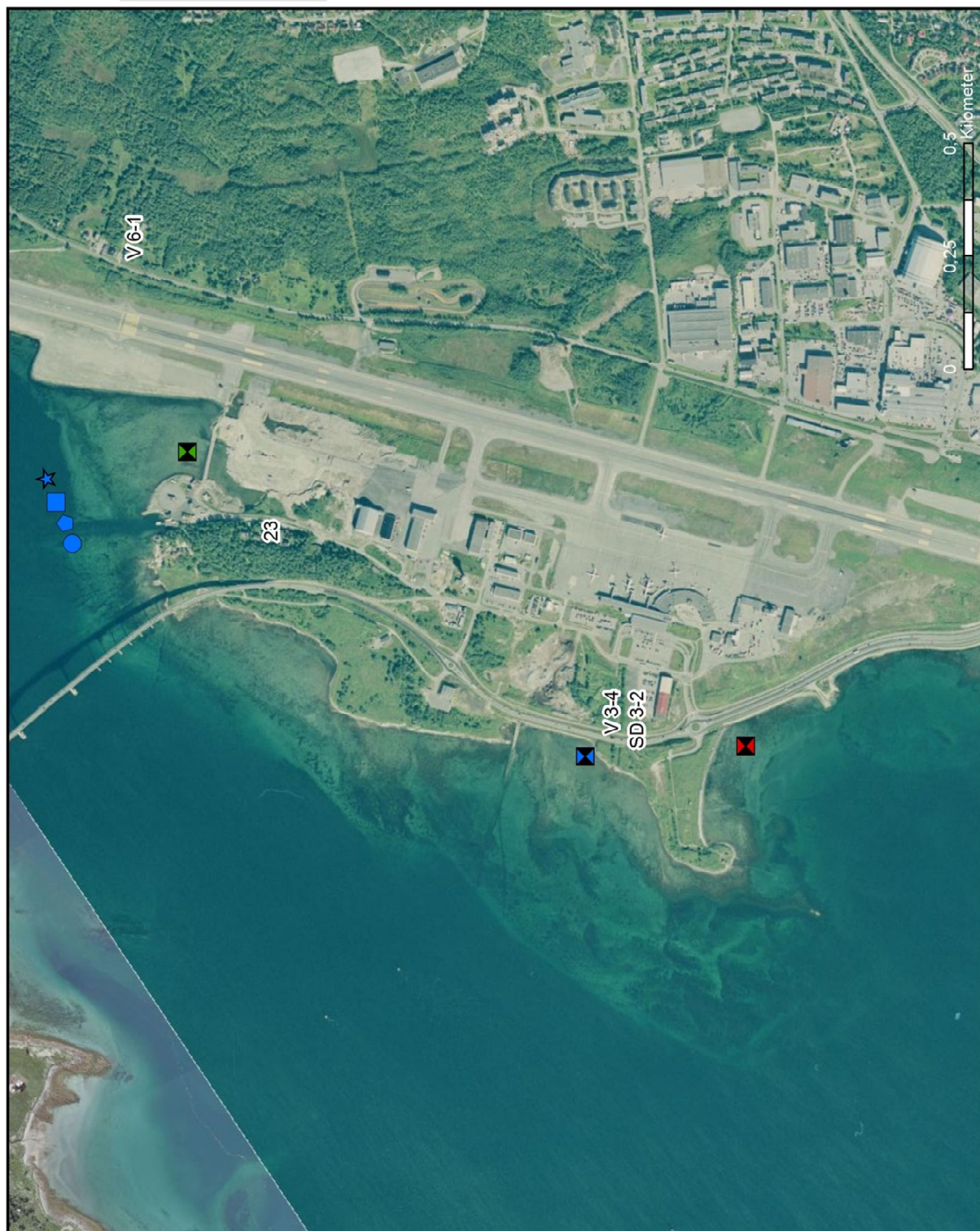
4.4.3 Oppsummering og risikovurdering

- PFC-forbindelser ble ikke funnet ved analyser av muslinger, torsk, skrubbe eller lomre.
- Det ble funnet høye verdier av PFOS, og moderate verdier av PFOA og PFNA, i to av tre prøver av børstemark utenfor Tromsø lufthavn. Dette kan skyldes lekkasje fra ukjent kilde.
- Børstemark bør undersøkes nærmere ved funnstedet på lufthavnsområdet.

Tromsø - Biota	
Art, antall	
✕ Børstemark bland n=10	
○ Kuskjell n=8	
☆ Lomre bland n=2	
□ Skrubbe bland n=3	
◇ Torsk n=10	

PFOS
 <LOQ
 LOQ - Normverdi
 1-2 * Normverdi
 > 2 * Normverdi

Lokalisering:
 Koordinatdata er tilgjengelig i
 primærmaterial.
 Funn er lagt i linjemet rett posisjon.
 Prøver tatt i gam er distribuert omkring
 hovedstasjon.



Figur 25. Biotaklassifisering for gjennomsnittlige biotaresultater ved hovedstasjonen.

5 Oppsummering og konklusjon

5.1 Vurdering av risiko

5.1.1 Sammenligning av målte konsentrasjoner og grenseverdier i akvatisk biota

I Tabell 21 sammenlignes konsentrasjonen av PFOS i akvatisk biota på Avinors flyplasser med grenseverdien EQS_{biota} for PFOS samt konsentrasjoner fra andre studier.

Det kan konstateres at konsentrasjon av PFOS fra andre studier ofte overstiger konsentrasjon av PFOS ved Avinors lufthavner.

En annen konklusjon er at nivåer av lever noen ganger overstiger EQS_{biota} , mens nivåene i muskel/hel fisk mer sjelden overstiger EQS_{biota} . Dette er naturlig ettersom leveren og andre indre organer er de organene hvor PFC-forbindelsene i all hovedsak akkumuleres. EQS_{biota} er knyttet til beskyttelse av mennesker. Dette innebærer at mennesker som kun spiser fiskekjøtt/muskel fra *marine* fiskearter som er fanget rundt de fire undersøkte flyplassene, til en viss grad er lite utsatt for noen helserisiko relatert til PFOS.

EQS_{biota} baseres på at det maksimale inntaket av fisk/biota er 115 g per dag. Dette er nødvendigvis ikke alltid tilfelle. Eksempelvis kan inntaket av krabbe eller fisk under visse deler av fiskesesongen være betydelig mer enn 115 g per dag i kystområdene. Spørsmålet er da om et sesongvis høyere inntak er akseptabelt fra et helserisikoperspektiv, slik at det er den årlige gjennomsnittskonsentrasjonen som er viktig. TDI verdien for EQS_{biota} baseres på en 183 dagers subkronisk studie der en dose på 0,15 mg/kg kroppsvekt og dag ga effekter på lipidformasjon og skjoldbruskkjertelhormoner hos *Cynomolgus* aper (Seacat et al. 2002). Ut fra denne og andre studier av toksikologiske effekter av PFOS går det ikke å entydig avgjøre om et tilfeldig forhøyet inntak av biota/PFOS er akseptabelt med hensyn til risiko og usikkerheten forblir dermed uavklart.

Videre finnes det en usikkerhet når det gjelder gjennomsnittspopulasjon kontra individers risiko. Det kan for eksempel være en liten andel av biotapopulasjonen som er påvirket. Eksempelvis ved referansestasjonen i Kristiansand er det 1 av 9 taskekrabber hvor PFOS-konsentrasjonen overstiger EQS_{biota} . En person skulle teoretisk kunne fange de 10-20 % av taskekrabbene som inneholder PFOS > EQS_{biota} og dermed utsettes for en uakseptabel PFOS eksponering. Sannsynligheten for dette avhenger av om de forhøyede PFOS-konsentrasjonene har en konkret forklaring, eksempelvis at det finnes en punktkilde som forårsaker forhøyede konsentrasjoner i taskekrabber innen et tydelig definert geografisk område. Om det er tilfelle, kan en person fiske opp taskekrabber akkurat i dette området. Sannsynligvis er det snarere slik at forskjeller i PFOS-konsentrasjoner mellom individer i en biotapopulasjon beror på en rekke samvirkende forskjeller i valg av mat, fysiologi, oppvekstområde etc. hvilket gir en tilfeldig fordeling av PFOS-konsentrasjoner i populasjonen.

Konklusjonen blir at det sannsynligvis er en liten PFOS-relatert risiko for å spise *marin* biota fra områder nær de undersøkte flyplassene, men at risikoen ikke kan utelukkes av de årsaker som angis over.

Tabell 21. Sammenligning mellom konsentrasjoner i akvatisk biota ved Avinors flyplasser og grenseverdier, samt konsentrasjoner fra andre studier.

PFOS																
Organisme/ art / organ	Avinor 2012 bakgrunn			Avinor 2012 påvirket			Grenseverdi	Nordsjøen punktkilder			Nordsjøen påvirket			Nordsjøen bakgrunn		
	Min	Max	Gj.snitt	Min	Max	Gj.snitt		Min	Max	Gj.snitt	Min	Max	Gj.snitt	Min	Max	Gj.snitt
Fisk/ Torsk (<i>Cadus Morhua</i>) / lever (µg/kg tørrvekt)	1,9	6,4	4,0	3,5	11	7,4	9,1				10	25		<1	3,6	
Fisk / Torsk (<i>Cadus Morhua</i>) / muskel (µg/kg tørrvekt)	<1	1,7	1,1	<1	1,5	1,1								<1	3,3	
Fisk / Sjøggtorsk (<i>Trisopterus luscus</i>) / lever (µg/kg våtvekt)											11	217				
Fisk / Torskefisker / muskel (µg/kg)	<1	1,7	1,1	<1	1,5	1,1								<1	3,3	
Fisk / Torskefisker / lever (µg/kg)	1,9	6,4	4,0	3,5	11	7,4					10	217		<1	3,6	
Fisk / trepigget stingsild (<i>Gasterosteus aculeatus aculeatus</i>) / hel fisk (µg/kg)	-	11	-	-	1700	-	9,1									
Fisk / Sild (<i>Clupea harengus</i>) / lever (µg/kg)														3,7	67	
Fisk / Sild (<i>Clupea harengus</i>) / (µg/kg)														8	51	20
Fisk / Slettvar (<i>Scophthalmus rhombus</i>) / muskel (µg/kg tørrvekt)				1,4	4,2	2,5										
Fisk / Slettvar (<i>Scophthalmus rhombus</i>) / lever (µg/kg tørrvekt)				13	51	16										
Fisk / Tunge (<i>Solea solea</i>) / (µg/kg våtvekt)														<2	45	14
Fisk / Lomre (<i>Microstomus kitt</i>) / muskel (µg/kg tørrvekt)				<1	3,7	2,4										

Fisk / Skrubbe (<i>Platichthys flesus</i>) / muskel (µg/kg våtvekt)	<1	1,9	1,4	<1	7,6	2,8			93	230	162				
Fisk / Skrubbe (<i>Platichthys flesus</i>) / lever (µg/kg våtvekt)	12	13	13	9,3	13	7			540	730	630				
Fisk / Rødspette (<i>Pleuronectes platessa</i>) / lever (µg/kg våtvekt)							107	7 760							
Fisk / Rødspette (<i>Pleuronectes platessa</i>) / (µg/kg våtvekt)												20	35	28	
Fisk / Flyndrefisker / lever (µg/kg våtvekt)	12	13	13	9,3	51	12		107	7 760	540	730	630			
Fisk / Flyndrefisker / muskel (µg/kg)	<1	1,9	1,4	<1	7,6	2,7				93	230	162	<2	45	21
Krepsedyr / Taskekrabbe (<i>Cancer pagurus</i>) / innmat (µg/kg)	1,6	10	4,5	1,1	3,9	2,4	9,1								
Krepsedyr / Strandkrabbe (<i>Carcinus maenas</i>) / (µg/kg våtvekt)											877	110			
Krepsedyr / Sandreke (<i>Crangon crangon</i>) / (µg/kg våtvekt)	-	2,1	-	-	8,2	-				19	520	120			
Krepsedyr / Reker / (µg/kg våtvekt)										19	520	120			
Musling / Blåskjell (<i>Mytilus edulis</i>) / (µg/kg våtvekt)										<2	4	3			
Musling / Kamskjell (<i>Pectinidae</i>) / (µg/kg tørrvekt)				<1	<5										

Når det gjelder ferskvannsområdene (innsjøer og vassdrag) nær Avinors flyplasser, finnes det sannsynligvis en helserisiko ved å spise biota/fisk fra disse miljøene. Dette vises ved at EQS_{biota} overstiges i en stor andel av ferskvannsfisk fra både Kristiansand og Bergen. I Bergen overstiges dessuten EQS_{biota} i ørret som er en populær matfisk. Årsaken til høyere konsentrasjoner i ferskvannsbiota kontra marin biota er med stor sannsynlighet at dette er mer lukkede miljøer med en betydelig lavere fortynning av PFOS i vann, sediment og biota. Gitt at PFOS ikke brytes ned i miljøet, kommer dessuten konsentrasjonene i disse miljøene sannsynligvis å reduseres langsomt selv om kilden til forurensningen fjernes. For øvrig ligner dette på situasjonen i sjøer nær flyplasser i Sverige der fiskeforbud er innført ved et antall slike pga. av PFOS-innholdet i fisk. Det bør dessuten poengteres at også lukkede marine miljøer (viker/bukter/fjorder) med svært liten vannutskiftning skulle kunne ha tilsvarende tilstander.

EU har beregnet en referanseverdi for beskyttelse av predatorer som spiser biota ($QS_{biota,secpois}$, PFOS EQS dossier 2011). Denne verdien, som bør være appliserbar på hele organismen (gitt at predatorer ikke diskriminerer mellom ulike deler av byttet), er satt til 0,033 mg/kg. Således kan til og med predatorer være utsatt for en risiko relatert til PFOS om de spiser biota som er fanget nær flyplasser som Kjevik og Flesland. Legg dog merke til at:

1. Predatorer sannsynligvis kan fange sitt bytte fra mange ulike steder og at fangsten fra miljøer nær flyplasser kan utgjøre en begrenset andel av det totale matinntaket. Små predatorer har mindre revir enn store.
2. $QS_{biota,secpois}$ ikke er juridisk bindende i vanndirektivet.

Verken mennesker eller predatorer bør være utsatt for noen helserisiko relatert til øvrige PFC'er gitt at:

- 1) PFOS er mer toksisk for pattedyr jamført med øvrige PFC'er (Tabell 2).
- 2) PFOS forekommer nesten alltid i høyere konsentrasjoner enn øvrige PFC'er.

Denne konklusjonen baseres dog på mangel på kunnskap om synergieffekter mellom ulike PFC'er. Slike synergieffekter kan ikke utelukkes gitt at PFC'er ofte har lignende "mode of action" og lignende "end points" (Borg og Håkansson 2012) samtidig som de forventede effektnivåene er forholdsvis lave også for andre PFC'er (Tabell 2). Studier av PFC-blandingers toksisitet viste også lave effektnivåer for PFC-blandinger (Mertens et al., 2010).

Ved en sammenligning av PFC-konsentrasjoner i fiskelever ved de undersøkte flyplassene med konsentrasjoner i fiskelever der ingen negative effekter forventes (POD i Tabell 3), framgår det at PFC-konsentrasjoner i fisk ved flyplassene generelt ikke utgjør noen risiko for disse fiskene.

5.1.2 Sammenligning av målte konsentrasjoner og grenseverdier i skogmus

Konsentrasjonen av PFOS i skogmusene ved Kristiansand lufthavn, Kjevik, var relativt høye, og iblant over 0,1 mg/kg. Leverkonsentrasjoner i mus og rotter som muligvis kan gi negative effekter om de overstiges er (Borg og Håkansson (2012)):

PFHxS: 17 – 44 mg/kg lever

PFOS: 9 – 19 mg/kg lever

PFOA: 20 – 60 mg/kg lever

Således virker ikke disse konsentrasjonene vi har funnet å utgjøre liten risiko for skogmus ved Kjevik.

Konsentrasjoner av PFOS i skogmus har også blitt studert i Holland. Skogmus i et naturreservat nær et "fluorkjemisk fabrikkannlegg" i Holland viste leverkonsentrasjoner på 0,5 - 200 mg/kg. Dette kan betraktes som svært høye konsentrasjoner som representerer en punktkilde. Leverkonsentrasjoner av PFOS i skogmus 4 km fra ovenstående fabrikkannlegg i et mindre urbant område var 0,1 - 1 mg/kg. Disse nivåene kan kanskje anses som urbane bakgrunnsverdier (Hoff et al. 2004). Således indikerer ikke nivåene av PFC'er i skogmus fra Kjevik at de lever nær en punktkilde, men muligens at de lever i et miljø med forhøyede PFC-konsentrasjoner.

Derimot kan predatorer som spiser skogmus nær flyplasser være utsatt for en PFOS-relatert risiko gitt at $QS_{biota,secpois}$ er 0,033 mg/kg biota (PFOS EQS dossier 2011). Graden av risiko er avhengig av hvor stor andel av matinntaket som kommer fra områder nær flyplassen, hvilket innebærer at stasjonære predatorer er utsatt for en høyere risiko.

5.2 Konklusjon/videre arbeid

1. Risiko som kan påvises fra denne studien, kan bekreftes eller utelukkes gjennom videre studier av for eksempel: Vurdering og evaluering av det årlige inntaket av marin fisk for folk som bor i de aktuelle områdene, og muligens PFC-måling i denne fisken.
2. Målinger av PFC i andre byttedyr enn skogmus og/eller i skogmus på større avstander fra flyplasser (fordi det ikke er avklart om nivåene i skogmus er bakgrunnsnivåer eller relatert til Avinors aktiviteter).
3. Målinger av PFC i stasjonære og ikke-stasjonære rovdyr.
4. Mer nøye evaluering av den toksikologiske litteraturen innen feltet for å vurdere om midlertidig eksponering av PFOS-konsentrasjoner $> EQS_{biota}$ er akseptabelt.
5. Gjøre vurdering og eller analyse av mekanismene rund PFC-nivå, opptak og utskillelse i unge individer. Ref. ferskvann Kjevik.
6. Skaffe oversikt over mekanismene som bringer PFC inn i næringskjeden.
7. Gjøre tilsvarende og målrettede studier av biota rundt flyplasser med beskyttede resipienter.

6 Referanser

Aquateam (2012). Forslag til tilstandsklasser for PFOS i sjøvann til bruk for risiko-vurderinger av Avinors lufthavner. Aquateam Notat, utarb. av Mona Weideborg (arkivnr. O-10103 DP2).

BfR (2006) High levels of perfluorinated organic surfactants in fish are likely to be harmful to human health. Tilgjengelig fra:

http://www.bfr.bund.de/en/press_information/2006/21/high_levels_of_perfluorinated_organic_surfactants_in_fish_are_likely_to_be_harmful_to_human_health-8172.html (lastet ned: 11. februar, 2012).

Borg, D. Håkansson, H. (2012) Environmental and health risk assessment of perfluoroalkylated and polyfluoroalkylated substances (pfass) in Sweden. Naturvårdsverket report 6513.

Burris JM, Lundberg JK, Olsen GW, Simpson CA, Mandel J (2002). Interim Report No. 2. Determination of Serum Half-Lives of Several Fluorochemicals. 3M Company, St. Paul, MN. U.S. EPA Public docket AR 226-1086.

COT (2006) COT statement on the tolerable daily intake for perfluorooctane sulfonate.

<http://cot.food.gov.uk/pdfs/cotstatementpfos200609.pdf>

COT (2009) Committees on toxicity, mutagenicity, carcinogenicity of chemicals in food, consumer products and the environment.

<http://cot.food.gov.uk/pdfs/cotcomcocoreport2009.pdf>

DWI (2007) Guidance on the water supply (water quality) regulations 2000/01 specific to PFOS (perfluorooctane sulphonate) and PFOA (perfluorooctanoic acid) concentrations in drinking water

DWC (2006) Provisional evaluation of PFT in drinking water with the guide substances perfluorooctanoic acid (PFOA) and perfluorooctane sulfonate (PFOS) as examples.

<http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-presse-e/hintergrund/pft-in-drinking-water.pdf>

EC (2012). Proposal for a directive of the European parliament and the council - amending Directives 2000/60/EC and 2008/105/EC as regards priority substances in the field of water policy. COM (2011) 876 final. 2011/0429 COD. Brussels. 31 p.

EFSA (2008). Perfluorooctane sulfonate (PFOS), perfluorooctanoic acid (PFOA) and their salts. Scientific opinion of the panel on contaminants in the food chain. EFSA Journal (2008). **653**: 1-131. Tilgjengelig fra:

http://www.efsa.europa.eu/EFSA/Scientific_Opinion/contam_ej_653_PFOS_PFOA_en.pdf?sbinary=true (lastet ned: 2. februar, 2012).

Goecke-Flora CM, Reo NV (1996). Influence of carbon chain length on the hepatic effects of perfluorinated fatty acids. A ¹⁹F- and ³¹P-NMR investigation. Chem. Res. Toxicol. 9, 689-695.

Han X, Snow TA, Kemper RA, Jepson GW (2003). Binding of perfluorooctanoic acid to rat and human plasma proteins. Chem. Res. Toxicol. 16, 775-781.

Hoff et al. (2004) Biochemical effect evaluation... Environmental Health Perspectives 112(6). 681-686.

Joensen UN, Bossi R, Leffers H, Jensen AA, Skakkebaek NE, Jørgensen N (2009). Do perfluoroalkyl compounds impair human semen quality? Environ. Health Perspec. doi: 10.1289/ehp.0800517.

- Liu et al. A (2009) comparative study.... The Journal of Toxicological Sciences, 34(3). 245-254.
- Luebker DJ, Hansen KJ, Bass NM, Butenhoff JL, Seacat AM (2002). Interactions of fluorochemicals with rat liver fatty acid-binding protein. Toxicol. 176, 175-185.
- Mertens J. J. et al. (2010). Subchronic toxicity of S-111-S-WB in sprague dawley rats. International Journal of Toxicology, 29(4). 358-371.
- MDH (2008) Perfluorochemical contamination in lake Elmo and Oakdale, Washington county, Minnesota.
<http://www.health.state.mn.us/divs/eh/hazardous/sites/washington/lakeelmo/phaelmooakdale.pdf>
- Moermond, C. T. A., Verbruggen, E. M. J., Smit, C. E. (2010). Environmental risk limits for PFOS – A proposal for water quality standards in accordance with the Water Framework Directive. RIVM – The National Institute for Public Health and the Environment (RIVM), Report 601714013/2010. 68 p.
- NJDEP (2007) Guidance for PFOA in drinking water at Pennsgrove Water Supply Company.
<http://www.nj.gov/dep/watersupply/pfoa.htm>
- PFOS EQS dossier (2011). Sub-Group on Review of the Priority Substances List (under Working. Group E of the Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive)
- Regjeringen (2012). Europaportalen: Begrensningsdirektivet – PFOS. Tilgjengelig online fra: <http://www.regjeringen.no/nb/sub/europaportalen.html?id=279683> (Lastet ned 11.02.2012).
- SFT (2007). Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann – Revidering av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. Rapport TA-2229/2007. Statens Forurensningstilsyn, Oslo. 11 s.
- SFT (2008). Screening of polyfluorinated organic compounds at four fire training facilities in Norway. Report TA-2444/2008. Statens Forurensningstilsyn, Oslo. 88 s.
- So, M. K., Taniyasu, S., Yamashita, N., Giesy, J. P., Zheng, J., Fang, Z., Im, S. H., Lam, P. K. S. (2004). Perfluorinated compounds in coastal waters of Hong Kong, South China, and Korea. Environmental Science & Technology, **38**:456-4062.
- So, M. K, Yamashita, N., Taniyasu, S., Jiang, Q., Giesy, J. P., Chen, K., Lam, P. K. S. (2006). Health risks in infants associated with exposure to perfluorinated compounds in human breast milk from Zhoushan. China Environ, Sci. Technol. **40**:2924–2929.
- Stevens, J. B., Coryell, A. (2007). Surface water quality criterion for perfluorooctane sulfonic acid. Prepared by STS Consultants for Minnesota Pollution Control Agency (2007). 65 p.
- Seacat et al (2002). Subchronic toxicity studies on perfluorooctanesulfonate potassium salt in Cynomolgus monkeys. Toxicological Sciences, 68. 249-264.
- Thibodeaux et al. (2003) Exposure to... Toxicological sciences, 74. 369-381.
- UK Environment Agency (2004) Environmental Risk Evaluation Report: perfluorooctanesulphonate (PFOS).
- USEPA (2009b) The toxicity of perfluorooctanoic acid (PFOA) and perfluorooctane sulfonate (PFOS). <http://www.epa.gov/opptintr/pfoa/pubs/activities.html>
- Yoo H, Guruge KS, Yamanaka N, Sato C, Mikami O, Miyazaki S, Yamashita N, Giesy JP (2009). Depuration kinetics and tissue disposition of PFOA and PFOS in white leghorn

chickens (*Gallus gallus*) administered by subcutaneous implantation. *Ecotoxicol. Environ. Safety* 72, 26-36.

Zushi, Y., Hogarh, J. N., Masunaga, S. (2012). Progress and perspective of perfluorinated compound risk assessment and management in various countries and institutes. *Clean Technology Environmental Policy*, 14:9-20.

PFOS EQS dossier 2011. Sub-Group on Review of the Priority Substances List (under Working. Group E of the Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive)

Vedlegg 1: Ordliste

EC_x-verdier – Effektiv konsentrasjon; baserer seg på samtlige undersøkte konsentrasjoner ved at de fastsettes ut fra en dose-responskurve laget ved hjelp av en regresjonsanalyse. EC betyr *Effect concentration* og *x* angir hvor stor %-effekt som er målt. For eksempel betyr EC₅₀ den konsentrasjonen av et stoff som gir en spesifikk effekt under testbetingelser etter en bestemt tid i 50 % av organismene som testes.

EQS – Environmental quality standard; den konsentrasjonen av en bestemt forbindelse eller gruppe av miljøgifter i vann, sedimenter eller biota som ikke bør overskrides for å beskytte menneskers helse og miljøet. LOEC – Lowest Observed Effect Concentration.

LOEC – Lowest Observed Effect Concentration; kan benyttes i de tilfellene der NOEC ikke kan fastsettes, det vil si der den alveste konsentrasjonen fører til en statistisk signifikant endring sammenlignet med kontrollen.

NOEC – NoObserved Effect Concentration; definert som den høyeste konsentrasjonen av et stoff som ikke fører til statistisk signifikante endringer sammenlignet med en kontroll.

PNEC – Predicted No Effect Concentration.

POD – Point Of Departure; om denne konsentrasjon overskrides, kan effekter forventes basert på laboratorieforsøk i fisk/mus/rotter