



N I F E S
NASJONALT INSTITUTT
FOR ERNÆRINGS- OG
SJØMATFORSKNING

Rapport
2012

Basisundersøkelse av fremmedstoffer i
sei (*Pollachius virens*) fra Nordsjøen
Sluttrapport for prosjektet "Fremmedstoffer i
villfisk med vekt på kystnære farvann"

Bente M. Nilsen, Sylvia Frantzen, Kåre
Julshamn, Kjell Nedreaas¹ og Amund
Måge

**Nasjonalt institutt for ernærings- og
sjømatforskning (NIFES)**

¹Havforskningsinstituttet

04.10.2013



INNHOLDSFORTEGNELSE

Forord	3
Norsk sammendrag	4
English summary	6
Innledning	8
Materiale og metoder	11
Innsamling og opparbeiding av prøver	11
Analysemetoder	14
Bestemmelse av metaller med ICPMS (NIFES metode nr. 197)	14
Bestemmelse av totalt fettinnhold med etylacetat-metode (NIFES metode nr. 091)	14
Bestemmelse av organiske fremmedstoffer: dioksiner, dioksinlignende PCB, ikke- dioksinlignende PCB og PBDE ved HRGC-HRMS (NIFES metode nr. 292).....	15
Statistisk analyse	16
Resultater og diskusjon	17
Fysiske og biologiske parametre	17
Innhold av metaller.....	20
Arsen	21
Kvikksølv	23
Kadmium.....	27
Bly	30
Innhold av organiske fremmedstoffer	32
Dioksiner, furaner og dioksinlignende PCB.....	32
PCB ₆	37
PBDE ₇	42
Konklusjon	46
Referanser	47
Appendix	49
Tabeller A1 til A7.....	49

FORORD

Denne rapporten presenterer resultater fra andre del av en basisundersøkelse for sei fra norske fiskeriområder. En basisundersøkelse for sei fra Barentshavet og Norskehavet ble fullført og rapportert i 2012 og i den foreliggende undersøkelsen kompletteres basisundersøkelsen for sei med resultater for sei fra Nordsjøen. Totalt 664 prøver av sei fra Nordsjøen ble samlet inn i perioden januar 2011 - april 2013, fysiske og biologiske parametre ble registrert og fisken ble analysert for en rekke fremmedstoffer. Basisundersøkelsen for sei er den sjette basisundersøkelsen for fisk fra norske fiskeriområder. Tilsvarende basisundersøkelser er tidligere gjennomført for norsk vårgytende sild, blåkveite, makrell, nordsjøsild og atlantisk torsk.

Undersøkelsen er gjennomført med midler fra Mattilsynets overvåkningsprogram "Fremmedstoffer i villfisk med vekt på kystnære farvann" for 2012, og ble gjennomført etter en bestilling fra Mattilsynet, seksjon for fisk og sjømat. Kontaktperson ved Mattilsynet har vært Mette Lorentzen ved Hovedkontoret, Tilsynsavdelingen, seksjon for fisk og sjømat. Prosjektleder ved Nasjonalt institutt for ernærings- og sjømatforskning (NIFES) har vært Bente M. Nilsen.

Havforskningsinstituttet (HI) ved Asbjørn Borge og Kjell Nedreaas har koordinert prøvetakingen av sei som ble utført av personell og mannskap på HIs forskningsfartøyer og innleide fiskefartøyer (Referanseflåten). Stian Kleven og Lisbet Solbakken ved HI har vært ansvarlig for aldersbestemmelse av fisken.

Opparbeiding av prøvene og de kjemiske analysene er gjennomført ved NIFES' laboratorier som er akkreditert i henhold til NS-ISO-EN 17025. Filetering, homogenisering og frysetørring av prøvene er utført ved NIFES' prøvemottak av Vidar Fauskanger, Manfred Torsvik og Kjersti Pisani under ledelse av Anne Margrethe Aase. Fettbestemmelser ble gjennomført ved Laboratorium for næringsstoffer under ledelse av Annbjørg Bøkevoll og utførelse av Kari Pettersen, Georg Smith Olsen og Patrick-André Korneliussen. Analyser for metaller er gjennomført ved laboratorium for grunnstoffer under ledelse av Marita Eide Kristoffersen. Metallanalysene ble utført av Berit Solli, Siri Bargård, Jorun Haugsnes, Tonja Lill Eidsvik, Laila Sedal og Edel Erdal. Analyser for organiske fremmedstoffer er gjennomført ved laboratorium for fremmedstoffer under ledelse av Annette Bjordal. Bestemmelse av organiske fremmedstoffer ble utført av Kjersti Kolås, Dagmar Nordgård, Karstein Heggstad, Jannicke Berntsen, Tadesse Negash, Vivian Mui, Pablo Cortez, Kari Breistein Sele, Kjersti Pisani, Joseph Martin Malaiamaan, Thi Tao Nguyen, Elilta Hagos, Sissel Nygård og Per Ola Rasmussen.

Vi takker alle som har deltatt for innsatsen for å få gjennomført dette prosjektet.

NIFES, Bergen, 04. oktober 2013

NORSK SAMMENDRAG

I denne basisundersøkelsen er det foretatt en omfattende kartlegging av innholdet av viktige fremmedstoffer i bestanden av nordsjøsei (*Pollachius virens*) fra norske havområder sør for 62°N. Det er samlet inn totalt 664 sei fra 27 posisjoner fordelt over bestandens utbredelsesområde i Nordsjøen, både kystnært og ute i åpent hav. Fisken ble samlet inn i perioden januar 2011 til april 2013, og prøvetakingen ble fordelt over hele året.

All fisken ble målt, veid, alders- og kjønnsbestemt og fettinnhold ble målt i lever. Gjennomsnittlig vekt, lengde og alder på innsamlet fisk var henholdsvis 1,5 kg, 49 cm og 5,2 år, men det var stor variasjon i alder og størrelse samt i levervekt og fettinnhold i lever mellom enkeltfisk. Seien fanget langs kysten var i gjennomsnitt yngre, men større og hadde høyere levervekt og fettinnhold i lever enn seien fanget i åpent hav. Størrelse og alder på fisken varierte også med hvilken tid på året fisken var fanget.

Muskelprøver fra enkeltfisk ble analysert for metaller inkludert arsen, kadmium, kvikksølv og bly, mens leverprøver fra enkeltfisk ble analysert for metaller og de organiske fremmedstoffene dioksiner og dioksinlignende polyklorerte bifenyler (PCB), ikke-dioksinlignende PCB (PCB₆) og polybromerte difenyletere (PBDE).

Innholdet av fremmedstoffer i *muskel* fra nordsjøsei var generelt lavt. Innholdet av arsen, kadmium og bly lå på samme nivå som tidligere har vært målt i nordøstarktisk sei, samt det som har vært rapportert for NVG-sild, makrell og nordsjø-sild i andre basisundersøkelser. Innholdet av kvikksølv var derimot noe høyere enn det som tidligere har vært funnet for nordøstarktisk sei, sild og makrell. For bly og kadmium stemte nivåene også godt overens med rapporterte nivåer i muskel fra torsk og blåkveite, mens gjennomsnittsnivåene av arsen og kvikksølv var lavere i muskel fra sei enn i muskel fra torsk og blåkveite. Innholdet av fremmedstoffer i muskel fra nordsjøsei var klart lavere enn EUs og Norges grenseverdier for fremmedstoffer i fiskemuskel der slike finnes (kadmium, kvikksølv og bly), og ingen enkeltfisk hadde konsentrasjoner av fremmedstoffer i muskel over disse grenseverdiene.

Det var ingen signifikant forskjell i gjennomsnittskonsentrasjonen av arsen eller kvikksølv i seimuskel fra kysten av Nordsjøen sammenlignet med åpent hav i Nordsjøen. Konsentrasjonene av arsen og kvikksølv i muskel fra åpent hav i Nordsjøen var også svært lik konsentrasjonene som tidligere er rapportert for nordøstarktisk sei fra Norskehavet, men betydelig høyere enn konsentrasjonene i nordøstarktisk sei fra Barentshavet. For kvikksølv kunne variasjonen mellom havområdene til dels forklares med forskjeller i alder og størrelse på fisken da kvikksølvkonsentrasjonen økte med alder og størrelse på fisken. Dette var likevel ikke hele forklaringen, da sammenligning av fisk av samme alder og størrelse fra de ulike områdene viste at kvikksølvkonsentrasjonen i seimuskel var høyest i

Nordsjøen, lavere i Norskehavet og lavest i Barentshavet selv om vi tok hensyn til disse faktorene. For arsen var det svært liten sammenheng mellom konsentrasjon i seimuskel og fiskens alder eller størrelse, og forskjellen i arsenkonsentrasjon mellom ulike områder kunne derfor ikke forklares ved slike faktorer. Nivået av kadmium og bly i seimuskel var svært lavt i alle havområder.

Innholdet av fremmedstoffer i lever fra nordsjøsei var generelt høyere enn i muskel. Av metallene var særlig konsentrasjonen av kadmium i lever betydelig høyere enn i muskel, men det er ikke fastsatt noen øvre grenseverdi for kadmium (eller andre metaller) i fiskelever til humant konsum. Når det gjelder mattrygghet, er nivåene av de organiske fremmedstoffene dioksiner og PCB i lever av større interesse, da det for disse er fastsatt grenseverdier i fiskelever. Konsentrasjonene av dioksiner og PCB i seilever var relativt høye i forhold til øvre grenseverdier, selv om nivåene ikke var like høye som det som er rapportert for torskelerver i tidligere basisundersøkelse. Henholdsvis 26 % og 18 % av enkeltfisk i denne undersøkelsen hadde konsentrasjoner i lever av sum dioksiner og dioksinlignende PCB og sum PCB₆ over grenseverdiene for disse stoffene. Fem av de 27 posisjonene hadde gjennomsnittskonsentrasjoner (25 fisk) av sum dioksiner og dioksinlignende PCB som var over grenseverdien, og tre av disse posisjonene hadde også gjennomsnittskonsentrasjoner som oversteg grenseverdien for sum PCB₆. De fem posisjonene med de høyeste konsentrasjonene av organiske miljøgifter i lever var fordelt med fire posisjoner langs kysten (posisjon 1, 2, 4 og 6) og én posisjon i åpent hav ved Vikingbanken (posisjon 21).

Det var ingen forskjell i gjennomsnittskonsentrasjon av kadmium i lever mellom sei fra kysten og sei fra åpent hav i Nordsjøen, men for de organiske fremmedstoffene var gjennomsnittskonsentrasjonen klart høyere i sei fanget ved kysten. I forhold til nivåene som tidligere er rapportert for nordøstarktisk sei fra Norskehavet og Barentshavet, var både kadmiumnivået og nivået av de organiske fremmedstoffene i seilever fra Nordsjøen betydelig høyere enn i Barentshavet og noe høyere eller på samme nivå som i Norskehavet. Selv om forskjeller i alder, størrelse og fettinnhold i lever kunne bidra til å forklare variasjonen i nivåene av fremmedstoffer mellom de ulike havområdene, var det likevel klart at det var flere faktorer enn disse parametrene som førte til høyere nivåer i seilever fra kysten i forhold til åpent hav i Nordsjøen og til høyere nivåer i åpent hav i Nordsjøen i forhold til Barentshavet og til dels Norskehavet.

Både konsentrasjonen av kvikksølv og arsen i seimuskel og kadmium og organiske fremmedstoffer i seilever varierte med tiden på året fisken var fanget. For kvikksølv i muskel og for kadmium og organiske fremmedstoffer i lever kan denne årstidsvariasjonen trolig til dels forklares ved forskjeller i alder, størrelse og/eller fettinnhold for fisken fanget i de ulike periodene, men årstidsvariasjonen for arsen kan ikke forklares ved slike faktorer.

Et av formålene med basisundersøkelser er å danne grunnlag for videre kunnskapsbasert overvåking av fremmedstoffer i våre viktigste fiskebestander. Med utgangspunkt i en ”worst case”-tilnærming foreslås det at fremtidig overvåking av fremmedstoffer i nordsjøsei gjennomføres årlig i 1. kvartal, med to posisjoner á 25 fisk, én i åpent hav ved Vikingbanken og én ved kysten ved Telemark.

ENGLISH SUMMARY

This report describes a comprehensive baseline study conducted to determine the levels of undesirable substances in North Sea saithe (*Pollachius virens*) from Norwegian waters. A total of 664 saithe were sampled from 27 different sites throughout the distribution area of this fish population in the North Sea, both in coastal regions and in the open sea. The fish were sampled in the period between January 2011 and April 2013, and sampling was spread out through the different seasons of the year.

All fish were measured and weighed, age and sex was determined, and the liver fat content was determined. The average weight, length and age of the fish were 1.5 kg, 49 cm and 5.2 years, respectively, but it was a large variation in age, size, liver weight and liver fat content between individual fish. North Sea saithe sampled along the coast were on average younger, but larger and had higher liver weight and liver fat content than saithe sampled in the open sea. Size and age of the fish also varied with the time of year when the fish was sampled.

Muscle samples from individual fish were analyzed for metals, including arsenic, cadmium, mercury and lead, and liver samples from individual fish were analyzed for metals and the organic contaminants dioxins and dioxin-like polychlorinated biphenyls (PCBs), non-dioxin-like PCBs (PCB₆) and polybrominated diphenyl ethers (PBDEs).

The levels of undesirable substances in *muscle* from North Sea saithe were in general low. The levels of arsenic, cadmium and lead were at the same level as what has previously been measured in Northeast Arctic saithe, as well as what has been reported for Norwegian spring spawning herring, mackerel and North Sea herring in other baseline studies. The level of mercury was, however, somewhat higher than what has previously been reported. The levels of lead and cadmium were also in accordance with levels reported in muscle from cod and Greenland halibut, while the levels of arsenic and mercury were lower in saithe muscle than in muscle from these two latter species. The concentrations of undesirable substances in muscle from North Sea saithe were well below the maximum levels set by EU for contaminants in fish muscle where such maximum levels exist (cadmium, mercury and lead), and no individual fish had concentrations of undesirable substances in muscle above the maximum levels.

There were no significant difference in the average concentrations of arsenic and mercury in muscle of saithe from the coast compared to the open sea in the North Sea. The average levels of both arsenic and mercury in saithe muscle were also quite similar to the levels earlier reported for Northeast Arctic saithe from the Norwegian Sea, but significantly higher than the levels reported for saithe from the Barents Sea. For mercury the variation between the different areas could partly be explained by differences in age and size between the areas since the mercury concentration increased with increasing age and size of the fish. Correcting for these factors by comparing fish of the same size and age from the different areas showed that other, not yet identified factors also contributed to the

variation and that the levels were highest in the North Sea, lower in the Norwegian Sea and lowest in the Barents Sea when fish of similar size and age were compared. Only very weak correlation was found between arsenic concentration in saithe muscle and age or size of the fish, and the difference in arsenic concentration between different areas could thus not be explained by such factors. The levels of cadmium and lead were very low in all areas.

The levels of undesirable substances in *liver* from North Sea saithe were in general higher than in muscle. Among the metals, the concentration of cadmium in particular was significantly higher in liver than in muscle, but no maximum levels have been set by EU for cadmium or other metals in fish liver for human consumption. With regard to food safety, the levels of the organic contaminants dioxins and PCBs are of greater interest, since maximum levels for these contaminants in fish liver have been set by EU. The concentrations of dioxins and PCBs in saithe liver were relatively high compared to the maximum levels, even if the levels were still lower than what has earlier been reported for cod liver. A total of 26% and 18% of individual saithe had concentrations in liver above the maximum levels for sum dioxins and dioxinlike PCBs and sum PCB₆, respectively. At five out of 27 sites investigated in this study the average concentration (25 fish) of sum dioxins and dioxin-like PCBs were above the maximum level, and at three of these sites the average concentrations also exceeded the maximum level for sum PCB₆. The five sites with the highest average concentrations of organic contaminants in liver were four sites along the coast (position 1, 2, 4 and 6) and one position in the open sea close to the Viking bank in the North Sea (position 21).

There were no significant difference in the average concentrations of cadmium in liver between saithe from the coast and saithe from the open Sea in the North Sea, but the average concentrations of the organic contaminants in liver were significantly higher in saithe sampled along the coast. Compared to the levels earlier reported for Northeast Arctic saithe, both the cadmium level and the levels of organic contaminants were significantly higher in saithe from the North Sea than in saithe from the Barents Sea and slightly higher or at the same level as in saithe from the Norwegian Sea. Even if differences in age, size and fat content in liver contributed to the variation in levels of undesirable substances between different areas, it was clear that also other factors led to the observed higher levels in saithe liver from the coast compared to the open sea in the North Sea, as well as to the observed higher levels in saithe liver from the North Sea compared to the Barents Sea and in some cases the Norwegian Sea.

Both the concentration of mercury and arsenic in muscle and cadmium and organic contaminants in liver of saithe varied with the time of year of sampling. For mercury in muscle and cadmium and organic contaminants in liver this apparent seasonal variation may partly be explained by differences in age, size or fat content in liver of the fish sampled at different times of the year, but the seasonal variation in arsenic concentration cannot be explained by such factors.

Based on the results from this baseline study it is proposed that future risk-based monitoring of contaminants in North Sea saithe is performed annually in the first quarter of the year with 25 fish from each of two sites, one in the open sea close to the Viking bank and one at the coast close to Telemark.

INNLEDNING

Kunnskap om innholdet av fremmedstoffer i norsk sjømat er viktig og nødvendig for å kunne vurdere om sjømaten er sunn og trygg for forbrukerne, og det stilles stadig strengere krav til dokumentasjon på at fisk som eksporteres til andre land ikke har konsentrasjoner av fremmedstoffer som overstiger de grenseverdiene de enkelte land har satt.

Stikkprøver av fisk fra norske havområder har blitt analysert for fremmedstoffer i en årrekke, mer eller mindre uregelmessig og med ulike arter fra år til år. Resultatene fra denne stikkprøveovervåkingen finnes offentlig tilgjengelig på www.nifes.no/sjømatdata. I forhold til størrelsen og utbredelsen av fiskebestandene og områdene det fiskes på, representerer disse stikkprøvene et viktig, men alt for lite, materiale, til å trekke konklusjoner om den faktiske tilstanden til bestandene. Det er derfor behov for en mer grunnleggende kartlegging av innhold av uønskede forbindelser i ulike viktige kommersielle fiskebestander for å dokumentere nivået av fremmedstoffer og samtidig danne grunnlag for en målrettet overvåkning videre. Nivået av fremmedstoffer bør kartlegges i alle geografiske områder der det fiskes og gjennom hele året, med sikte på å kunne fastslå når og hvor nivåene er høyest. På dette grunnlag kan så fremtidig overvåkning planlegges i områder og tider på året hvor risikoen er størst for at fisken har for høyt innhold av fremmedstoffer. Informasjonen vil også være viktig for å unngå fiske i områder eller på tidspunkter der det er fare for overskridelser av grenseverdier. Slike undersøkelser, kalt basisundersøkelser, har tidligere vært gjennomført for NVG-sild (Frantzen m.fl., 2009), blåkveite (Nilsen m.fl., 2010), makrell (Frantzen m.fl., 2010), nordsjøsil (Duinker m.fl., 2013), atlantisk torsk (Julshamn m.fl., 2013a) og sei fra Barentshavet og Norskehavet (Nilsen m.fl., 2013). Denne rapporten presenterer resultater fra en oppfølgende basisundersøkelse for sei fra Nordsjøen.

Sei (*Pollachius virens*) er en art som bare finnes i Nord-Atlanteren, og sei fra den østlige delen av Nord-Atlanteren er inndelt i seks bestander. To av disse bestandene har hovedområde i norske farvann, nordøstarktisk sei med utbredelse langs norskekysten nord for Stad og nordsjøsei med hovedområde i Nordsjøen (www.imr.no). Nordøstarktisk sei er den største av disse bestandene og den viktigste for norske fiskerier med en fangst i 2012 på rundt 150 000 tonn og en fangstverdi på ca 1000 mill. kr (Sandberg, 2013). Fangsten av nordsjøsei i 2012 var ca 35 000 tonn med en fangstverdi på ca 300 mill kr.

Sei er en torskefisk som finnes både pelagisk og som bunnfisk på 0-300 meters dyp. Den opptrer i tette konsentrasjoner og står ofte pelagisk der strømmen konsentrerer byttedyrene. Den yngste seien lever hovedsakelig av raudåte, krill og andre pelagiske krepsdyr, mens eldre fisk også beiter på småfisk som

sild, brisling, kolmule, øyepål og hyse- og torskeyngel. Nordsjøsei har leveområde i Nordsjøen og Skagerrak. Ungsei lever den første tiden i fjæra, men trekker etter hvert ut på dypere vann, og tidlig om våren vandrer 3-4 år gammel sulten ungsei ut fra kysten over Norskerenna til Nordsjøen (Havforskningsinstituttet, 2013). Om sommeren finnes sei over hele Nordsjøplatået nord for 57°N. Om vinteren er den kjønnsmodne seien, 4-6 år gammel, konsentrert på gyttefeltene vest for Shetland og mellom Shetland, Tampen og Vikingbanken der den gyter i februar-mars. Den umodne seien er konsentrert langs vestkanten av Norskerenna, særlig rundt Staffjordfeltet, ved Egersundbanken og sørøstover. Nordsjøsei kan leve opptil 20 år og oppnå en størrelse på opptil 20 kg og 115 cm (Havforskningsinstituttet, 2013).

Fremmedstoffer kjennetegnes ved at de er giftige, lite nedbrytbare og ofte oppkonsentreres i næringskjeden. Mange fremmedstoffer opphopes i dyr over tid og vil derfor finnes i økt konsentrasjon med økende alder og størrelse. Fremmedstoffer kan deles inn i uorganiske fremmedstoffer, som metaller, og organiske fremmedstoffer som dioksiner, PCBer og bromerte flammehemmere. Metallene forekommer i et naturlig bakgrunnsnivå i naturen, men forurensing som skyldes menneskelig aktivitet er en viktig årsak til at det finnes forhøyede verdier i mange fiskearter. For å begrense inntaket av tungmetallene kadmium, kvikksølv og bly i befolkningen, har EU og Norge fastsatt øvre grenseverdier for hvor mye av disse metallene som er tillatt i fiskemuskel til human konsum (EU, 2006; Forskrift om forurensende stoffer i næringsmidler). For fiskelever er det ikke fastsatt noen øvre grenseverdier for metaller. For arsen er det foreløpig ikke fastsatt noen øvre grenseverdi verken for fiskemuskel eller -lever. Arsen i uorganisk form er giftig, men i fisk foreligger det meste av arsenet i den harmløse organiske formen arsenobetain (EFSA, 2009), og kun en svært liten andel i fiskemuskel finnes som uorganisk arsen (Julshamn m.fl., 2012). De organiske fremmedstoffene er fettløselige forbindelser som akkumuleres i fettholdig vev, og i mager fisk som sei vil slike forbindelser oppkonsentreres i den fettrike leveren, ikke i muskel. For de organiske fremmedstoffene er det i fiskelever fastsatt øvre grenseverdier for summen av dioksiner, furaner og dioksinlignende PCB (sum PCDD/F+dI-PCB) og for summen av seks ikke-dioksinlignende PCBer (sum PCB₆) (EU, 2006; Forskrift om forurensende stoffer i næringsmidler).

Kunnskap om innholdet av fremmedstoffer i sei var inntil basisundersøkelsen for nordøstarktisk sei ble gjennomført basert på få stikkprøver. Særlig var innholdet av fremmedstoffer i *lever* fra sei lite kjent. Stikkprøver av seimuskel viste lave nivåer av tungmetaller og svært lave nivåer av organiske fremmedstoffer (Julshamn m.fl., 2004, www.nifes.no/sjomatdata, Karl og Ruoff, 2008), og også stikkprøvene av seilever viste generelt lave nivåer av fremmedstoffer (www.nifes.no/sjomatdata). Med basisundersøkelsen for nordøstarktisk sei der 956 fisk ble analysert, ble nivåene av fremmedstoffer i sei fra Barentshavet og Norskehavet svært mye bedre dokumentert (Nilsen m.fl., 2013). Resultatene bekreftet at sei fra disse havområdene hadde generelt lave nivåer av fremmedstoffer i *muskel*, og konsentrasjonene av kadmium, kvikksølv og bly som EU og Norge har

satt øvre grenseverdier for, var klart lavere enn grenseverdiene. I lever fra nordøstarktisk sei var innholdet av fremmedstoffer generelt høyere enn i muskel, og når det gjelder mattrygghet var særlig nivåene av dioksiner og PCBer av interesse, da konsentrasjonene av disse var relativt høye i forhold til grenseverdiene. Konsentrasjonene i lever av sum PCDD/F+dl-PCB og sum PCB₆ var over grenseverdiene i henholdsvis 10 og 5,3 % av enkeltfisken i basisundersøkelsen for nordøstarktisk sei.

Basisundersøkelsen for nordøstarktisk sei viste videre at nivået av fremmedstoffer i sei varierte mellom havområdene. Både konsentrasjonene av arsen og kvikksølv i seimuskel og kadmium og organiske fremmedstoffer i lever var klart høyere i sei fanget i Norskehavet enn i sei fanget i Barentshavet, og disse forskjellene kunne bare delvis forklares ved forskjeller i alder og størrelse på fisken mellom de to havområdene.

I den foreliggende undersøkelsen kompletteres basisundersøkelsen for sei fra norske havområder med en grundig kartlegging av innholdet av viktige fremmedstoffer i bestanden av sei i Nordsjøen. Totalt 664 sei fra til sammen 27 posisjoner i Nordsjøen og langs norskekysten mot Nordsjøen er samlet inn. Både muskel- og leverprøver fra hver enkelt fisk er analysert for metaller, og leverprøvene er i tillegg analysert for de organiske miljøgiftene dioksiner og dioksinlignende PCB, ikke-dioksinlignende PCB (PCB₆) og polybromerte difenyletere (PBDE₇).

MATERIALE OG METODER

Innsamling og opparbeiding av prøver

Prøveinnsamling av totalt 664 prøver av sei fra 27 ulike posisjoner langs kysten og i åpent hav i Nordsjøen, sør for 62°N (figur 1) ble gjennomført i regi av Havforskningsinstituttet med egne forskningsfartøy og fartøy fra Referanseflåten i henhold til en prøvetakingsplan som vist i tabell 1. Antallet prøver ble fordelt over område, kvartal og fiskeredskap i forhold til volumet av fisk som fanges i ulike områder, til ulike tider på året og med de ulike fangstredskap i det kommersielle fisket etter sei. Det ble samlet inn mellom 22 og 25 prøver fra hver posisjon. De fleste prøvene ble samlet inn fra januar 2012 til april 2013, men 25 fisk fra én posisjon i åpent hav ved 60°30'N ble samlet inn tidligere, i januar 2011. Fisken fra denne ene posisjonen ble samlet inn i forbindelse med prøvetakingen til basisundersøkelsen av sei fra Norskehavet og Barentshavet (Nilsen m.fl., 2013). Siden fisken fra denne ene posisjonen kom fra Nordsjøen, ble resultatene for disse fiskene ikke tatt med i basisundersøkelsen for sei fra Norskehavet og Barentshavet, men inkluderes i stedet i den foreliggende rapporten.

Table 1. Sampling plan for the baseline study of saithe (*Pollachius virens*) from the North Sea, both in open sea and along the coast during 2012-2013.

Area	Period of the year	Number of positions	Number of fish	Fishing gear
Open sea	1 st quarter	10	250	Trawl (8 pos.), Net (2 pos.)
	2 nd quarter	6	150	Trawl
	3 rd quarter	2	50	Trawl
Coast	1 st quarter	6	150	Net
	4 th quarter	2	50	Net
Total		26	650	

Geografisk posisjon, fangstdato og antall fisk for de 27 ulike posisjonene er vist i tabell 2. De fleste prøvene i denne basisundersøkelsen ble samlet inn i første og andre kvartal av året som er den viktigste perioden for fiske av sei i dette havområdet. I første og andre kvartal ble det samlet inn fisk fra henholdsvis 16 posisjoner og 7 posisjoner. I tredje kvartal (august) ble det kun samlet inn fisk fra to posisjoner i sentral del av Nordsjøen og i fjerde kvartal ble det samlet inn fisk fra to posisjoner, ytterst i Oslofjorden og utenfor Telemark (figur 1). Det ble samlet inn fisk fra totalt åtte posisjoner

langs kysten, mens resten av prøvene ble samlet inn i åpent hav. Tre av posisjonene langs kysten var inne i ulike fjorder på Vestlandet.

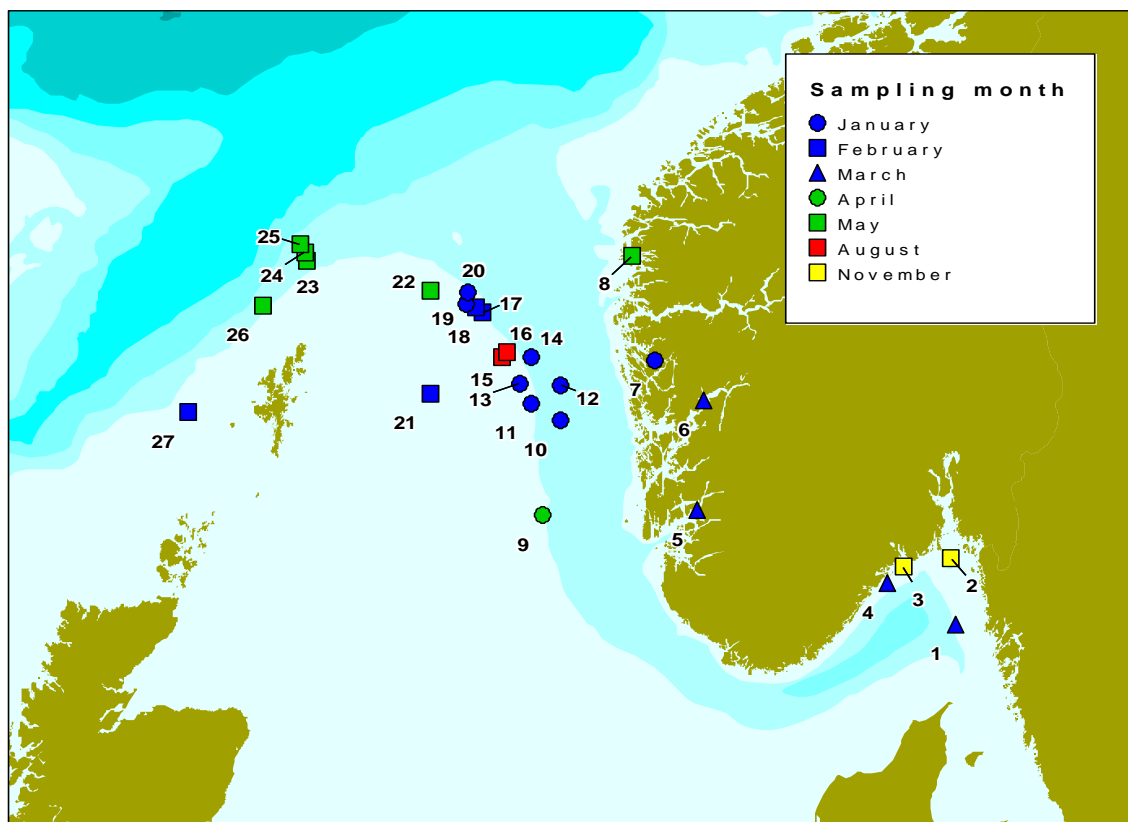


Figure 1. Map of the North Sea showing all positions where saithe were sampled for the baseline study during the period January 2012 to April 2013 with position numbers. Colour and shape of the symbols show which month the sampling was made. Positions in blue were sampled in the 1st quarter, green in the 2nd quarter, red in the 3rd quarter and yellow in the 4th quarter of the year.

Seiprøvene ble oppbevart frosset som rund fisk frem til de ble levert til NIFES. Ved NIFES' prøvemottak ble fisken tint, lengde, vekt og kjønn ble bestemt og øresteiner (otolitter) ble tatt ut for aldersbestemmelse av fisken. Alderen på fisken ble senere bestemt på Havforskningsinstituttet ved otolittlesning, det vil si telling av årringer i øresteinene. Leveren ble tatt ut og veid, homogenisert ved hjelp av food processor og frosset ned i tett emballasje inntil analyse. Fisken ble deretter filetert, de skinnfrie filetene fra hver enkelt fisk ble homogenisert, frysetørket og homogenisert igjen til tørt pulver. Tørrestoffinnholdet ble bestemt, og prøvene ble deretter oppbevart i tett emballasje inntil analyse. De frysetørkede filetp prøvene ble analysert for metaller og leverprøvene ble analysert for metaller, fettinnhold, dioksiner og dioksinlignende PCBer, PCB₆ og PBDE₇.

Analysemetoder

Bestemmelse av metaller med ICPMS (NIFES metode nr. 197)

Det ble veid inn 0,20-0,25 g frysetørket materiale fra hver muskelprøve eller opp til 0,5 g vått prøvemateriale fra hver leverprøve til bestemmelse av metaller. Før sluttbestemmelsen ble prøvene dekomponert i ekstra ren salpetersyre og hydrogenperoksid og oppvarmet i mikrobølgeovn (Milestone-MLS-1200). Målingene ble utført med bruk av Agilent 7500c induktiv koplet plasma-massespektrometer (ICPMS) med HP-datamaskin. Det ble anvendt kvantitativ ICPMS med ekstern kalibrering (standardkurve) til bestemmelse av arsen, kadmium, kvikksølv og bly. Det ble tilsatt gull til standardløsningene for å stabilisere kvikksølvionene, og rodium ble anvendt som intern standard for å korrigere for eventuell drift i instrumentet (Julshamn et al., 2007). Denne analysemetoden er godkjent både som en nordisk og en europeisk standard (NMKL, 2007; CEN, 2009). Riktighet og presisjon for metallbestemmelsene har blitt bestemt ved analyser av det sertifiserte referansematerialet Tort-2 (hepatopankreas av hummer; National Research Council, Canada) og ved deltagelse i ringtester. Metoden er akkreditert for arsen, kadmium, kobber, sink, kvikksølv, bly og selen. Kvantifiseringsgrensen beregnet på tørr prøve for hvert av disse grunnstoffene er vist i tabell 3.

Table 3. Limit of quantification (LOQ; mg/kg dry weight) for cadmium (Cd), mercury (Hg), Lead (Pb) and arsenic (As) determined using NIFES method no 197.

Element	Cd	Hg	Pb	As
LOQ (mg/kg dry weight)	0,005	0,005	0,03	0,01

Bestemmelse av totalt fettinnhold med etylacetat-metode (NIFES metode nr. 091)

Prinsippet for metoden er gravimetri. Prøvene ble ekstrahert med etylacetat, etylacetat ble dampet av og fettene ble veid. Laboratoriet har deltatt i ringtester med metoden siden 1998 med godt resultat.

Bestemmelse av organiske fremmedstoffer: dioksiner, dioksinlignende PCB, ikke-dioksinlignende PCB og PBDE ved HRGC-HRMS (NIFES metode nr. 292)

Opparbeiding av leverprøver for bestemmelse av de organiske fremmedstoffene dioksiner, dioksinlignende PCB (non-orto og mono-orto PCB), ikke-dioksinlignende PCB (PCB₆) og polybromerte difenyletere (PBDE, bromerte flammehemmere) ble utført med en felles opprensings- og ekstraksjonsmetode. Våt, homogenisert prøve ble blandet med hydromatriks og tilsatt ¹³C-merkede internstandarder (27 standarder for dioksiner, furaner og dioksinlignende PCB, én standard for ikke-dioksinlignende PCB og én standard for PBDE). Blandingen ble overført til en Accelerated Solvent Extractor-300 (ASE) med et lag av svovelsur kiselgel i bunnen (for nedbrytning av fett) og ekstrahert med heksan under hevet trykk og temperatur. Ekstraktet ble videre rensset kromatografisk ved hjelp av PowerPrep over tre kolonner pakket med henholdsvis multilayer silica, basisk alumina og karbon. Det ble samlet opp to fraksjoner der fraksjon 1 inneholdt PBDE, ikke-dioksinlignende PCB og mono-orto PCB og fraksjon 2 inneholdt dioksiner, furaner og non-orto PCB.

PBDE-kongenerne ble bestemt på GC-MS NCI og kvantifisert ved hjelp av intern standard og en syvpunkts kalibreringskurve. Metoden kvantifiserer ti ulike kongener av PBDE, inkludert syv kongener som summeres til en "standard sum PBDE" (PBDE-28, 47, 99, 100, 153, 154 og 183). I tillegg kvantifiseres PBDE-66, 119 og 138. Kvantifiseringsgrensene i lever varierte mellom 0,05 og 0,1 µg/kg for de ulike PBDE-kongenerne.

Ikke-dioksinlignende PCB ble analysert på GC-MSMS EI og kvantifisert ved hjelp av isotopfortynning/intern standard. Metoden kvantifiserer PCB₆ (PCB 28, 52, 101, 138, 153 og 180). Kvantifiseringsgrensen for hver enkelt av kongenerne i lever var 0,3 µg/kg vv.

Dioksiner, furaner og non-orto PCB ble bestemt på høyopløsende GC-MS (HRGC-HRMS) og kvantifisert ved hjelp av isotopfortynning/intern standard, og mono orto-PCB ble bestemt på GC-MSMS EI og kvantifisert ved hjelp av isotopfortynning/intern standard. Metoden kvantifiserer til sammen syv kongener av dioksiner (PCDD), 10 kongener av furaner (PCDF), fire kongener av non-orto PCB (PCB-77, 81, 126 og 169) og åtte kongener av mono-orto PCB (PCB-105, 114, 118, 123, 156, 157, 167 og 189). Toksiske ekvivalentverdier (TE) ble beregnet ved å multiplisere konsentrasjonene med kongenernes toksiske ekvivalensfaktorer (WHO-TEF 2005; Van den Berg m.fl., 2006). Ved beregning av summen av dioksiner og dioksinlignende PCB ble konsentrasjoner mindre enn kvantifiseringsgrensen (LOQ) satt lik LOQ (upperbound LOQ). LOQ for de ulike kongenerne av dioksiner, furaner og non-orto PCB varierte mellom 0,008 og 0,4 ng/kg vv, mens LOQ for mono-orto PCB i lever var 75 ng/kg vv for hver enkelt kongener. Metoden er akkreditert. Metoden har blitt prøvd ved ringtestdeltakelse med Folkehelseinstituttet som ringtestarrangør. Av de 29 kongenerne viste alle en tilfredsstillende Z-score ($-2 < Z < 2$), unntatt PCB-189, som hadde en Z-score på 2,2. Tilsvarende gode ringtestresultater ble også oppnådd for PCB₆ og PBDE (resultater ikke vist).

Statistisk analyse

Alle statistiske analyser ble utført ved hjelp av programvaren Statistica 9.0 (StatSoft 2009).

Lengde, vekt, alder, levervekt, fettinnhold i lever og konsentrasjoner av metaller og organiske miljøgifter i ulike grupper ble sammenlignet med enveis variansanalyse (ANOVA) eller Kruskal-Wallis ikke-parametrisk ANOVA. Dataene ble undersøkt med hensyn på forutsetningen om at variansene i de ulike gruppene må være forholdsvis homogene for å kunne utføre ANOVA, og der hvor forutsetningen ikke var oppfylt ble Kruskal-Wallis benyttet.

Det ble laget spredningsplott for å undersøke om det var korrelasjon mellom konsentrasjoner av ulike fremmedstoffer i muskel og lever og fiskens lengde, vekt, alder og fettinnhold i lever. Det ble også laget spredningsplott for å undersøke om det var korrelasjon mellom konsentrasjoner av arsen i muskel og lever, og mellom konsentrasjonen av sum PCDD/F+dl-PCB og sum PCB₆ i seilever.

RESULTATER OG DISKUSJON

Fysiske og biologiske parametre

Biologiske faktorer som fiskens alder, størrelse og kjønn og leverens vekt og fettinnhold kan ha stor betydning for hvordan konsentrasjonen av fremmedstoffer i fiskemuskel og fiskelever varierer, og det er derfor viktig å se hvordan disse fysiske og biologiske parametrene varierte i forhold til når og hvor fisken ble fanget.

Det var stor variasjon i størrelse og alder på seien som ble samlet inn til denne basisundersøkelsen (tabell 4). Det ble samlet inn totalt 664 fisk, og lengden av disse varierte mellom 35 og 82 cm med et gjennomsnitt på 49 cm. Vekten varierte mellom 0,3 og 5,1 kg med et gjennomsnitt på 1,5 kg, og alderen varierte fra 2 til 12 år med et gjennomsnitt på 5,2 år. Til sammenligning var gjennomsnittsvekt og –alder for den fiskbare totalbestanden (3 år og eldre) av nordøstarktisk sei 1,4 kg og 4,8 år per 1.1.2012 (ICES, 2012). Det var også stor variasjon i levervekt og fettinnhold i lever for sei i denne undersøkelsen (tabell 4). Levervekten varierte fra 4,7 g til 505 g med et gjennomsnitt på 79 g, mens fettinnholdet i lever varierte fra 4,8 til 87 g/100 g med et snitt på 50 g/100 g.

Det ble fanget like mange hanner (50,5 %) som hunner (49,5 %) i denne undersøkelsen, og det ble ikke funnet noen statistisk signifikant forskjell i gjennomsnittlig alder, størrelse, levervekt eller fettinnhold i lever mellom kjønnene. Det var ingen vesentlig forskjell i kjønnsfordelingen mellom fisk fanget i åpent hav (48,8 % hunner) og langs kysten (50,5 % hunner) i Nordsjøen.

Table 4. Summary of results for length, weight, age, liver weight and fat content in liver of saithe from the North Sea collected between January 2011 and April 2013.

	North Sea-Coast		North Sea-Open sea		Total	
	N	Mean ± SD (Min-max)	N	Mean ± SD (Min-max)	N	Mean ± SD (Min-max)
Length (cm)	196	51 ± 10 (35-82)	468	48 ± 8 (35-77)	664	49 ± 9 (35-82)
Weight (kg)	196	1.6 ± 1.0 (0.32-5.1)	468	1.4 ± 1.0 (0.47-4.9)	664	1.5 ± 1.0 (0.32-5.1)
Age (years)	196	4.7 ± 1.7 (2-12)	467	5.4 ± 1.5 (3-10)	663	5.2 ± 1.6 (2-12)
Liver weight (g)	196	114 ± 121 (4.7 -505)	443	64 ± 77 (5.6-393)	639	79 ± 96 (4.7 -505)
Fat content in liver (g/100g)	147	57 ± 22 (4.9-87)	433	48 ± 15 (4.8-87)	580	50 ± 18 (4.8-87)

Det var stor variasjon i gjennomsnittlig størrelse, alder, levervekt og fettinnhold i lever mellom sei fra de ulike posisjonene (figur 2, tabell A1 i appendix). Den minste og yngste fisken ble samlet inn på stasjon 3 langs kysten av Telemark med et gjennomsnitt på 39 cm, 0,6 kg og 3,0 år, mens den største og eldste fisken ble samlet inn på stasjon 27 vest av Shetland med et gjennomsnitt på 67 cm, 3,8 kg og 7,2 år. Sei fra stasjon 3 hadde også den laveste gjennomsnittlige levervekten og fettinnhold i lever ble på grunn av lite materiale ikke bestemt i fisk fra denne stasjonen. Gjennomsnittlig levervekt for de ulike posisjonene varierte mellom 11 og 248 g, mens gjennomsnittlig fettinnhold i lever varierte mellom 25 og 71 g/100 g.

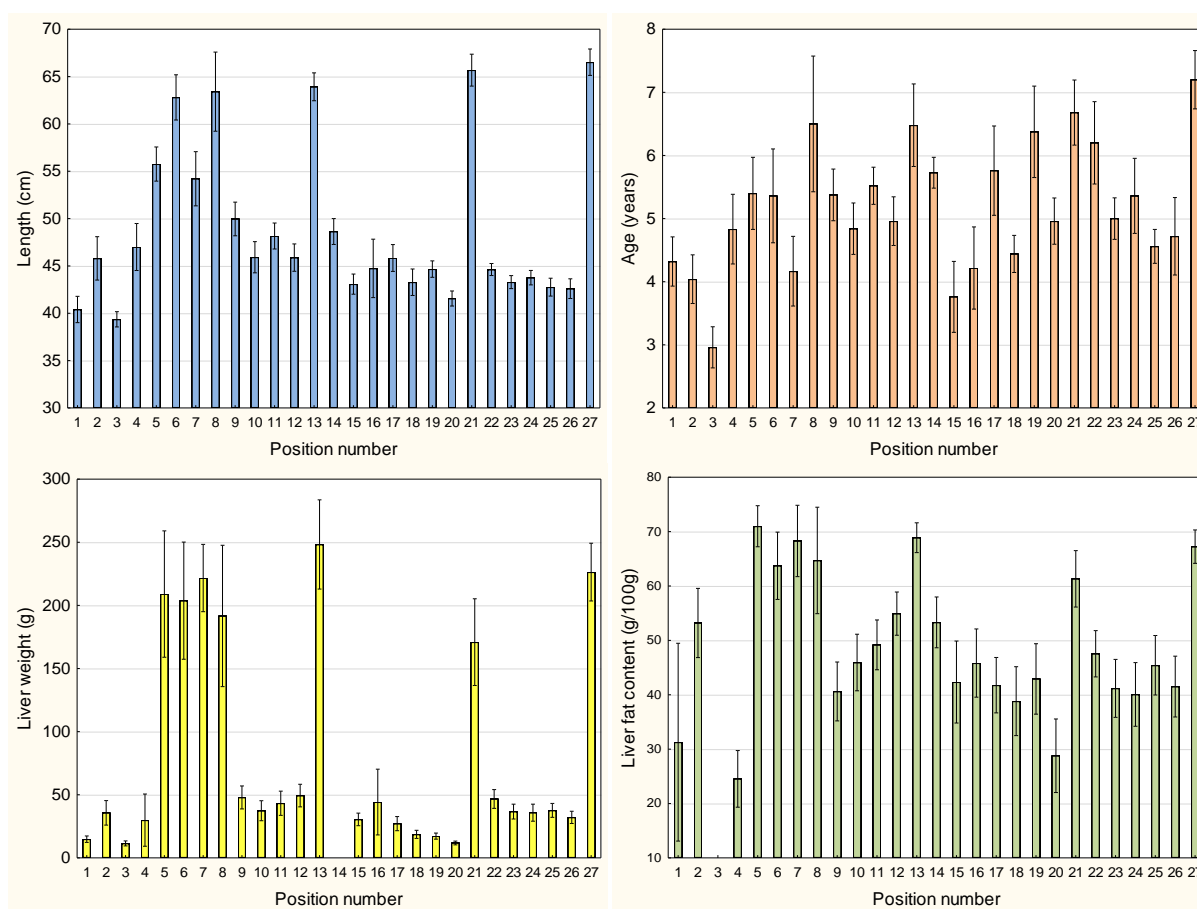


Figure 2. Length, age, liver weight and fat content in liver of saithe from individual sampling positions in the North Sea. Mean values \pm 95% confidence intervals for each positions are shown.

Sammenligning av sei fra kysten av Nordsjøen (og Skagerrak) med sei fra åpent hav i Nordsjøen viste at fisken fra kysten i gjennomsnitt var yngre, men større og hadde høyere levervekt og fettinnhold i lever enn sei fra åpent hav i Nordsjøen (figur 3 og tabell 2). Dette tyder på at fisken fra kysten i gjennomsnitt vokste raskere og hadde bedre kondisjon enn fisken fra åpent hav i Nordsjøen.

Sammenligning av de fysiske parametrene for sei fra åpent hav i Nordsjøen i denne undersøkelsen med de tilsvarende parametrene for sei samlet inn i Norskehavet og Barentshavet i basisundersøkelsen

for nordøstarktisk sei (Nilsen m.fl., 2013), viste at sei fra åpent hav i Nordsjøen i gjennomsnitt var mindre og yngre enn fisken fra Norskehavet og like stor, men eldre enn fisken fra Barentshavet (figur 3). Levervekt og fettinnhold i lever var lavere i fisk fra åpent hav i Nordsjøen enn i fisk fra begge de to andre havområdene, noe som kan tyde på at seien prøvetatt i Nordsjøen i denne undersøkelsen hadde dårligere kondisjon enn seien fra Norskehavet og Barentshavet.

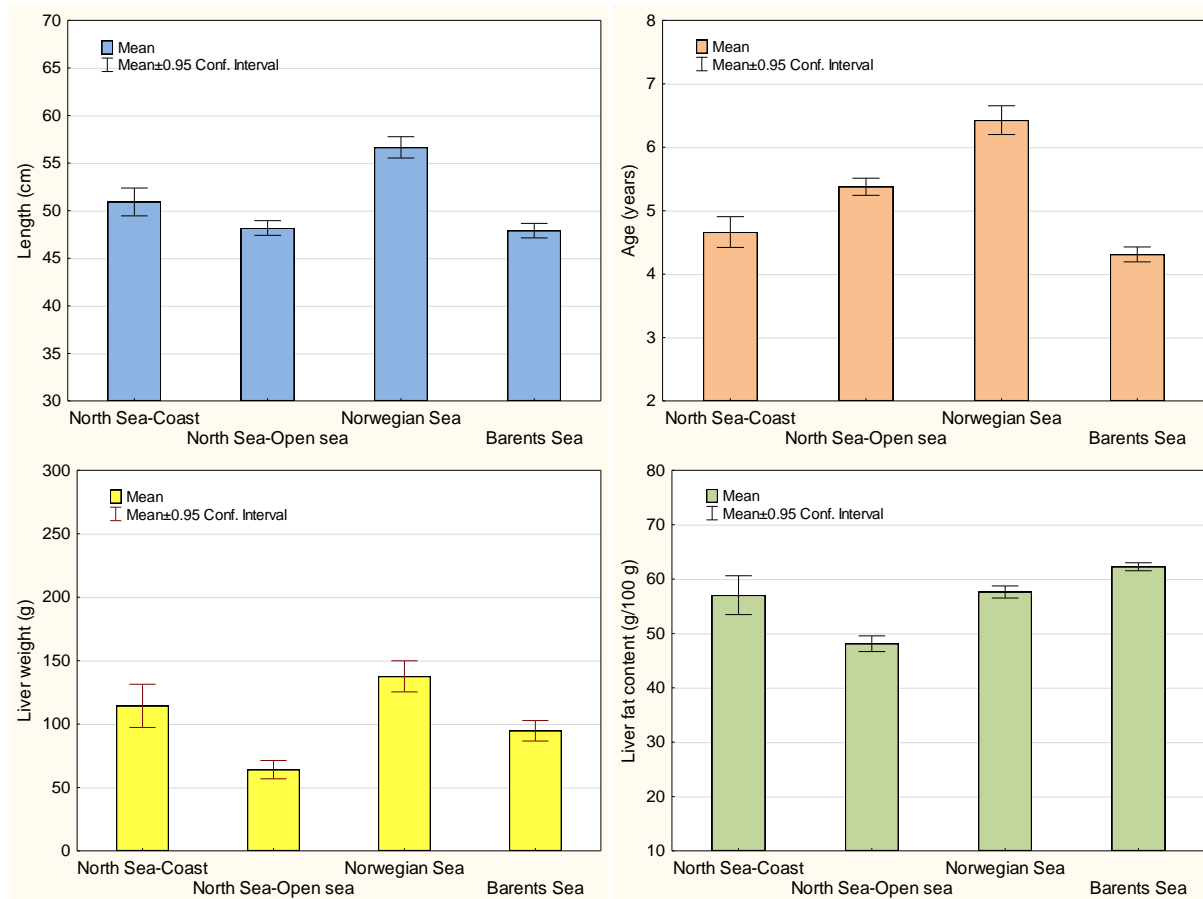


Figure 3. Mean length, age, liver weight and fat content in liver of saithe caught within the coastal areas of the North Sea (North Sea-Coast) and in the open sea of the North Sea (North Sea-Open sea). Mean values for the same parameters for saithe sampled in the Norwegian Sea and the Barents Sea in an earlier study (Nilsen *et al.*, 2013) are shown for comparison. Mean values \pm 95% confidence intervals are shown for each area.

Størrelse og alder på fisken varierte med fangstsesong. Den gjennomsnittlig største og eldste fisken ble fanget i 1. kvartal, deretter var det en gradvis nedgang i størrelse og alder på fisken fanget i 2. og 3. kvartal og en tendens til ytterligere nedgang til 4. kvartal (resultater ikke vist). Siden det i denne undersøkelsen ble fanget fisk fra kun to posisjoner i 3. kvartal og kun to posisjoner i 4. kvartal er resultatene for disse kvartalene mer usikre.

Levervekt varierte med fangstsesong på tilsvarende måte som fiskens størrelse, med størst gjennomsnittlig levervekt i 1. kvartal og en gradvis nedgang i levervekten gjennom 2., 3. og 4. kvartal, mens gjennomsnittlig fettinnhold i lever varierte på en litt annen måte med høyest fettinnhold i 1. og 4.

kvartal og lavest fettinnhold i 2. og 3. kvartal (resultater ikke vist). Mens levervekt er knyttet til både fiskens størrelse og kondisjon er fettinnhold i lever knyttet til fiskens kondisjon og reflekterer faktorer som mattilgang og gytestatus som varierer gjennom året.

Innhold av metaller

Konsentrasjonen av en rekke ulike metaller ble bestemt i både muskel og leverprøver av henholdsvis 664 og 636 sei, og resultatene for arsen, kvikksølv, kadmium og bly er oppsummert i tabell 5. Det finnes ingen øvre grenseverdi for metaller i fiskelever, men EU har satt øvre grenseverdier for kadmium, kvikksølv og bly i fiskemuskel. Disse grenseverdiene er tatt inn i norsk regelverk og gjelder også i Norge.

Table 5. Concentrations (mg/kg wet weight) of arsenic, mercury, cadmium and lead in muscle and liver of saithe from the North Sea. Mean, standard deviation (SD), median, min and max values and number of fish with concentrations below the limit of quantification (LOQ) are given.

Element (mg/kg ww)	N	Mean*	SD*	Median	Min	Max	# < LOQ	EU max level
Arsenic in muscle	664	2.9	2.1	2.5	0.37	15	0	
Arsenic in liver	636	6.5	4.6	5.6	0.86	41	0	
Mercury in muscle	664	0.066	0.037	0.057	0.015	0.35	0	0.5
Mercury in liver	636	0.020	0.019	0.015	<0.003	0.19	22	
Cadmium in muscle	664	0.0016	0.0011	0.0010	< 0.001	0.010	271	0.05
Cadmium in liver	636	0.32	0.24	0.28	<0.004	1.8	1	
Lead in muscle	664			< 0.006	< 0.006	0.075	637	0.3
Lead in liver	636			<0.02	<0.02	0.40	590	

*Mean and standard deviation (SD) were not determined in cases where more than half the number of fish had concentrations below the limit of quantification (LOQ).

Arsen

Konsentrasjonen av arsen i individuelle muskelprøver fra 664 sei analysert i denne undersøkelsen varierte fra 0,37 til 15 mg/kg vv med et gjennomsnitt på 2,9 mg /kg vv (tabell 5). Dette stemte godt overens med tidligere verdier for seimuskel rapportert i Sjømatdata for perioden 1996-2006 (www.nifes.no/sjomatdata), der gjennomsnittet har variert fra 1,4 til 3,0 mg/kg vv for ulike år.

Gjennomsnittlig arsenkonsentrasjon i seimuskel fra Nordsjøen stemte også godt overens med de nivåer som er rapportert for nordøstarktisk sei der gjennomsnittlig konsentrasjon var 2,3 mg/kg vv (956 fisk, Nilsen m.fl., 2013). Nivået var også sammenlignbart med det som er rapportert for NVG-sild, nordsjø-sild og makrell, med gjennomsnittverdier på henholdsvis 2,2 mg/kg vv (800 fisk, Frantzen m.fl., 2009), 2,7 mg/kg vv (1000 fisk, Duinker m.fl., 2013) og 2,4 mg/kg vv (845 fisk, Frantzen m.fl., 2010). På den annen side var arsenkonsentrasjonen i sei mye lavere enn i blåkveite (1300 fisk) og torsk (2200 fisk) der gjennomsnittlig arseninnhold var på henholdsvis 8,7 og 7,1 mg /kg vv (Nilsen m.fl., 2010, Julshamn m.fl., 2013a). Også for undergruppen nordsjøtorsk var arsen-nivået klart høyere enn i nordsjøsei med et gjennomsnitt på 5,0 mg/kg vv (Julshamn m.fl., 2013a, Julshamn m. fl., 2013c). Disse resultatene viser at det er artsforskjeller med hensyn til arsenkonsentrasjon i fiskemuskel, og det ser ut til at sei skiller seg fra torsk og enkelte andre arter av mager fisk (Julshamn m.fl., 2004) ved at sei har lavere innhold av arsen i muskel.

Gjennomsnittlig arsenkonsentrasjon i seimuskel for de enkelte posisjonene varierte fra 0,76 til 8,5 mg/kg vv (tabell A3 i Appendix). For de fleste posisjoner var gjennomsnittskonsentrasjonen lavere enn 4,0 mg/kg vv, og kun tre posisjoner (én i Oslofjord øst og to i åpent hav i Nordsjøen) hadde gjennomsnittskonsentrasjoner over dette.

Table 7. Concentrations of arsenic (mg/kg ww) in muscle and liver of saithe from positions along the coast (North Sea- Coast) and in the open sea (North Sea-Open sea) of the North Sea. Mean \pm standard deviation (SD) and median values are given. Minimum and maximum values are shown in parentheses.

	North Sea-Coast			North Sea-Open Sea		
	N	Mean \pm SD (Min-max)	Median	N	Mean \pm SD (Min-max)	Median
Arsenic in muscle	196	2.8 \pm 2.3 (0.37 -15)	2.2	468	3.0 \pm 2.0 (0.49-15)	2.6
Arsenic in liver	195	7.4 \pm 6.4 (0.86-41)	5.8	441	6.1 \pm 3.4 (1.1-28)	5.5

Det var ingen statistisk signifikant forskjell på arsenkonsentrasjonen i seimuskel fra kysten av Nordsjøen og Skagerrak og arsenkonsentrasjonen i seimuskel fra åpent hav i Nordsjøen (tabell 7 og figur 4). Sammenligning med tidligere resultater fra basisundersøkelsen for sei fra Norskehavet og

Barentshavet (Nilsen m.fl., 2013) viste at gjennomsnittlig arseninnhold i muskel fra sei fra Nordsjøen var svært likt arseninnholdet i seimuskel fra Norskehavet (3,0 mg/kg vv), men nær dobbelt så høyt som arseninnholdet i muskel fra sei fanget i Barentshavet (1,6 mg/kg vv) (figur 4). Ettersom det bare var en svært svak korrelasjon mellom arsenkonsentrasjon i seimuskel og fysiske parametre som alder ($r = 0,05$, $p = 0,036$), lengde ($r = -0,12$, $p < 0,001$), vekt ($r = -0,15$, $p < 0,001$) for sei fra alle disse havområdene, kan ikke forskjeller i størrelse eller alder forklare forskjellen i arsenkonsentrasjon i muskel mellom sei fra de ulike havområdene.

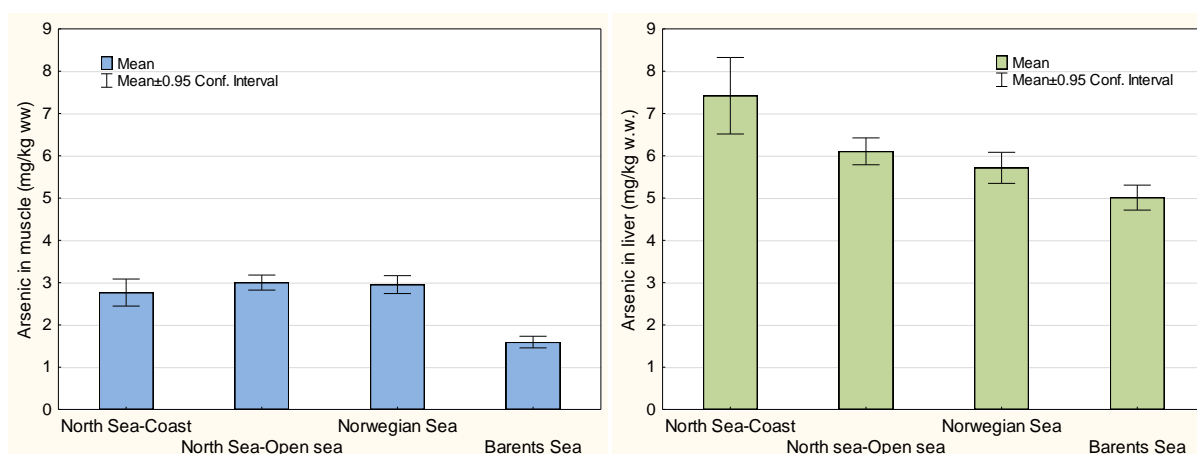


Figure 4. Concentrations of arsenic (mg/kg ww) in muscle (left) and liver (right) from saithe sampled in the coastal areas of the North Sea (North Sea-Coast) and in the open sea of the North Sea (North Sea-Open sea). Concentrations of arsenic in muscle and liver from saithe captured in the Norwegian Sea and in the Barents Sea in an earlier study (Nilsen *et al.*, 2013) are shown for comparison. Mean concentrations \pm 95% confidence intervals are shown for each area.

Arseninnholdet i muskel varierte med tiden på året fisken var fanget. Konsentrasjonen var lavest i 3. kvartal (1,3 mg/kg vv) og økte deretter gjennom 4. kvartal (2,8 mg/kg vv) og 1. kvartal (2,5 mg/kg vv) til 2. kvartal som hadde den klart høyeste arsenkonsentrasjonen (4,3 mg/kg vv). Det samme mønsteret for sesongvariasjon er tidligere observert for arsen i muskel fra sei fra Norskehavet og Barentshavet (Nilsen m.fl., 2013).

Det var en statistisk signifikant positiv sammenheng mellom arseninnholdet i muskel og lever for sei i denne undersøkelsen ($r = 0,47$, $p < 0,001$). Konsentrasjonen av arsen i lever var høyere enn i muskel og varierte fra 0,86 til 41 mg/kg vv med et gjennomsnitt på 6,5 mg/kg vv for hele datamaterialet. Gjennomsnittet for ulike posisjoner varierte fra 2,5 mg/kg vv til 15 mg/kg vv (tabell A4 i Appendix).

Arseninnholdet i lever var signifikant høyere i sei fra kysten enn i sei fra åpent hav i Nordsjøen (tabell 7 og figur 4). Arseninnholdet i seilever fra åpent hav i Nordsjøen var svært likt innholdet i seilever fra Norskehavet, men signifikant høyere enn arseninnholdet i seilever fra Barentshavet (figur 4).

Forskjellen mellom havområdene var imidlertid mindre for lever enn for muskel (figur 4).

Arsenkonsentrasjonen i lever varierte også med årstiden på lignende måte som for muskel, med lavest konsentrasjon i 3. kvartal (3,1 mg/kg vv) og en gradvis økning gjennom 1. kvartal (6,0 mg/kg vv) og 2. kvartal (7,1 mg/kg vv). Men i motsetning til resultatene for muskel ble det høyeste arseninnholdet i lever funnet i 4. kvartal (11 mg/kg vv), ikke i 2. kvartal. Prøvene fra 4. kvartal kommer fra kun to posisjoner langs kysten i ytre Oslofjord og Telemark, og det begrensede antallet prøver fra dette kvartalet kan gjøre resultatene mer usikre.

I denne undersøkelsen er det totalarsen som er bestemt. Det er ikke satt noen øvre grenseverdi for totalarsen i fisk eller annen sjømat til humant konsum, men det er likevel viktig å dokumentere nivåene fordi den uorganiske formen av arsen er svært giftig. Det er imidlertid vanligvis den harmløse organiske formen arsenobetain vi finner i fisk, og nivået av uorganisk arsen i fisk er normalt svært lavt. Konsentrasjonen av uorganisk arsen i seimuskel er tidligere vist å være lavere enn analysemetodens kvantifiseringsgrense på 0,003 mg/kg vv (Julshamn m. fl., 2012).

Kvikksølv

Konsentrasjonen av kvikksølv i muskelprøver fra 664 sei varierte fra 0,015-0,35 mg/kg vv med et gjennomsnitt på 0,066 mg/kg vv (tabell 5). Ingen fisk hadde en konsentrasjon av kvikksølv i filet over 0,5 mg/kg vv som er EUs og Norges grenseverdi for kvikksølv i filet for de fleste fiskearter (EU, 2006 og Forskrift om forurensende stoffer i næringsmidler). Gjennomsnittskonsentrasjonen var noe høyere enn de resultater som tidligere er rapportert i Sjømatdata for perioden 1996-2006 (www.nifes.no/sjomatdata) der gjennomsnittet har variert mellom 0,02 og 0,05 mg/kg vv for ulike år.

Gjennomsnittlig kvikksølvkonsentrasjon i muskel fra nordsjøsei var også noe høyere enn de nivåer som tidligere er rapportert for nordøstarktisk sei (0,041 mg/kg vv, Nilsen m. fl., 2013) og flere andre fiskearter i tidligere basisundersøkelser, slik som NVG-sild (0,039 mg/kg vv), makrell (0,040 mg/kg vv) og nordsjøisild (0,051 mg/kg vv) (Frantzen m.fl., 2009, Frantzen m.fl., 2010, Duinker m.fl., 2013). Kvikksølvkonsentrasjonen i muskel fra nordsjøsei var imidlertid lavere enn i muskel fra nordsjøtorsk (0,097 mg/kg vv, Julshamn m.fl., 2013a, Julshamn m. fl., 2013c), og mye lavere enn i muskel fra blåkveite (0,22 mg/kg vv, Nilsen m.fl., 2010).

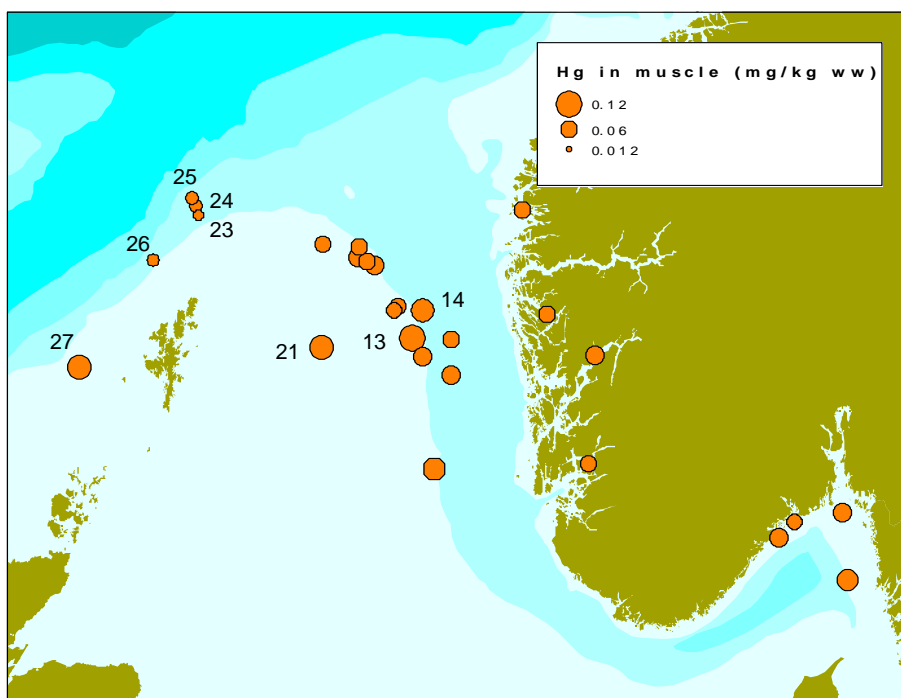


Figure 5. Mean concentrations of mercury (mg/kg ww) in muscle of saithe sampled at 27 different positions in the North Sea. The sizes of the circles indicate mean concentration for each position in relation to the scale shown in the legend. Position numbers for the positions with the highest and lowest average mercury concentrations in muscle are shown.

Gjennomsnittlig kvikksølvinnhold i seimuskel varierte mellom posisjonene som vist i figur 5. De høyeste gjennomsnittskonsentrasjonene (0,099-0,12 mg/kg vv) ble funnet på fire posisjoner i åpent hav, en posisjon vest av Shetland (posisjon 27) og tre posisjoner rundt Vikingbanken (posisjon 13, 14 og 21). Fisken fra tre av disse posisjonene (posisjon 13, 21 og 27) var eldre og større enn fisk fra de fleste andre posisjonene (se figur 2), noe som trolig kan være noe av forklaringen på de relativt høye konsentrasjonene her (se videre diskusjon under). De laveste konsentrasjonene ble funnet på fire posisjoner nord for Shetland (posisjon 23-26) der fisken var mindre, men ikke yngre enn fisken på de fleste andre posisjonene.

Det var ingen forskjell i gjennomsnittlig kvikksølvkonsentrasjonen i muskel fra sei fanget ved kysten og i åpent hav i Nordsjøen (tabell 8 og figur 6). Sammenligning med resultatene fra den tidligere basisundersøkelsen for nordøstarktisk sei (Nilsen m.fl., 2013), viste at det heller ikke var noen statistisk signifikant forskjell i gjennomsnittlig kvikksølvkonsentrasjon i seimuskel fra Nordsjøen og fra Norskehavet (figur 6). Konsentrasjonen både i Nordsjøen og i Norskehavet var imidlertid i gjennomsnitt klart høyere enn i Barentshavet (figur 6).

Table 8. Concentrations of mercury (mg/kg ww) in muscle and liver of saithe from positions along the coast (North Sea- Coast) and in the open sea (North Sea-Open sea) of the North Sea. Mean \pm standard deviation (SD) and median values are given. Minimum and maximum values are shown in parentheses, and the number of fish with concentrations below the limit of quantification (LOQ) is shown in separate columns.

	North Sea-Coast				North Sea-Open sea			
	N	Mean \pm SD (Min-max)	Median	#<LOQ	N	Mean \pm SD (Min-max)	Median	#<LOQ
Mercury in muscle	196	0.065 \pm 0.038 (0.020- 0.35)	0.060	0	468	0.066 \pm 0.036 (0.015- 0.22)	0.056	0
Mercury in liver	195	0.028 \pm 0.031 (<0.003-0.19)	0.019	14	441	0.016 \pm 0.009 (<0.003-0.075)	0.015	6

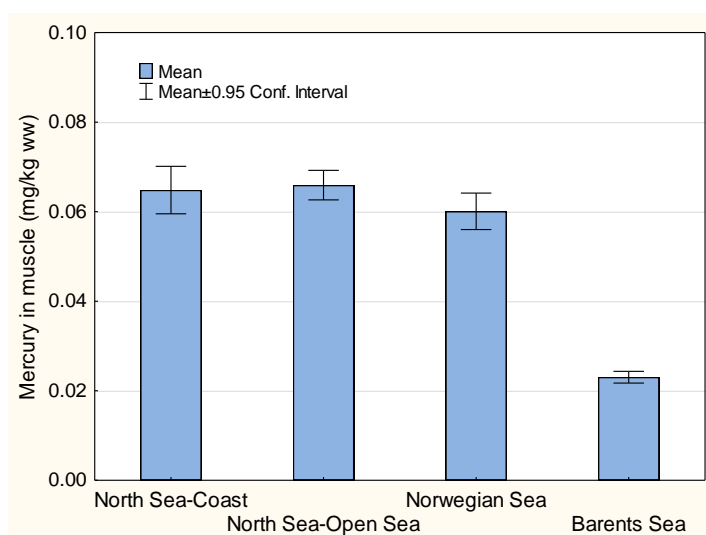
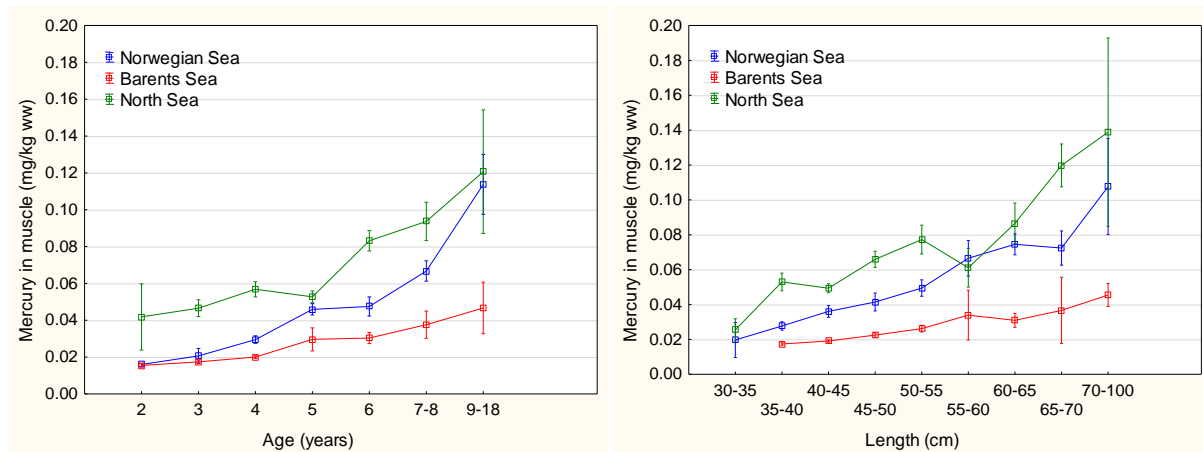


Figure 6. Concentrations of mercury (mg/kg ww) in muscle from saithe sampled in the coastal areas of the North Sea (North Sea-Coast) and in the open sea of the North Sea (North Sea-Open sea). Concentrations of mercury in muscle from saithe captured in the Norwegian Sea and in the Barents Sea in an earlier study (Nilsen *et al.*, 2013) are shown for comparison. Mean concentrations \pm 95% confidence intervals are shown for each area.

Variasjonen i kvikksølvkonsentrasjon mellom havområdene kan trolig til dels forklares ved forskjeller i fiskens alder og størrelse. Det var en signifikant positiv sammenheng mellom kvikksølvkonsentrasjon i muskel og alder ($r = 0,44$, $p < 0,001$), lengde ($r = 0,54$, $p < 0,001$) og vekt ($r = 0,50$, $p < 0,001$) for nordsjøsei i denne undersøkelsen. Dette var forventet på grunn av kvikksølvs kjente bioakkumulerende egenskaper, og en tilsvarende sammenheng ble også tidligere funnet for nordøstarktisk sei fra Norskehavet og Barentshavet (Nilsen m.fl., 2013). Siden fisken fra åpent hav i Nordsjøen var eldre (men ikke større) og fisken fra kysten av Nordsjøen var både eldre og større enn fisken fra Barentshavet (figur 3), kan dette til dels forklare det høyere kvikksølvinnholdet i fisken fra Nordsjøen. Forskjeller i alder og størrelse er likevel ikke hele forklaringen på variasjonen mellom

havområdene. Når vi sammenligner innholdet av kvikksølv i ulike alders- og lengdegrupper mellom de tre havområdene ser vi at for de fleste alders- og lengdegrupper er kvikksølvinnholdet høyest i Nordsjøen, lavere i Norskehavet og aller lavest i Barentshavet (figur 7). Dette viser at det er flere faktorer enn fiskens alder og størrelse som bestemmer nivået av kvikksølv i seimuskel.



Figur 7. Concentration of mercury (mg/kg ww) in muscle of saithe from the North Sea, the Norwegian Sea and the Barents sea grouped according to age (left) and length (right). Mean concentrations \pm 95% confidence intervals are shown for each age and length group.

Kvikksølvkonsentrasjonen i muskel varierte med årstiden fisken var fanget. For sei fra kysten av Nordsjøen var det ingen klar sesongvariasjonen, men for sei fra åpent hav var kvikksølvkonsentrasjonen høyest i sei fanget i 1. kvartal (0,080 mg/kg vv) og lavest i sei fanget i 2. kvartal (0,045 mg/kg vv). Konsentrasjonen i 3. kvartal (0,050 mg/kg vv) var noe høyere enn i 2. kvartal, men forskjellen var ikke statistisk signifikant. Ingen fisk ble fanget i åpent hav i 4. kvartal. Denne årstidsvariasjonen kan trolig til dels forklares ved forskjeller i fiskens alder og størrelse, siden sei fanget i åpent hav i 1. kvartal var både større og eldre enn sei fanget i 2. og 3. kvartal. Også i basisundersøkelsen for nordøstarktisk sei fra Norskehavet og Barentshavet ble det funnet at kvikksølvkonsentrasjonen i muskel var høyest i 1. kvartal, men her var konsentrasjonen lavest i 3. og 4. kvartal (Nilsen m. fl. 2013).

Det var en statistisk signifikant positiv sammenheng mellom kvikksølvinnholdet i muskel og kvikksølvinnholdet i lever for sei i denne undersøkelsen ($r = 0,44$, $p < 0,001$). Konsentrasjonen av kvikksølv i lever var imidlertid lavere enn i muskel og varierte fra $< 0,003$ til $0,19$ mg/kg vv med et gjennomsnitt på $0,020$ mg/kg vv og en medianverdi på $0,015$ mg/kg vv for hele datamaterialet (tabell 5). Av de 636 fiskene som ble analysert hadde 22 sei konsentrasjoner i lever lavere enn bestemmelsesgrensen. Gjennomsnittet for ulike posisjoner varierte fra $0,006$ mg/kg vv til $0,073$ mg/kg vv (tabell A4 i Appendix). Kvikksølvkonsentrasjonen i lever var høyere i sei fanget ved kysten enn i sei fanget i åpent hav i Nordsjøen (tabell 8), og konsentrasjonen i begge disse områdene var høyere

enn verdiene som ble funnet i lever fra sei fanget i Norskehavet og Barentshavet i basisundersøkelsen fra nordøstarktisk sei (Nilsen m.fl., 2013).

Kadmium

Konsentrasjonene av kadmium i muskelprøver av nordsjøsei var svært lave og varierte fra $< 0,001$ til $0,010$ mg/kg vv med en middelvei på $0,0016$ mg/kg vv og en medianverdi på $0,0010$ mg/kg vv som er kvantifiseringsgrensen for metoden (tabell 5). Av de 664 fiskene som ble analysert hadde 271 fisk konsentrasjoner som var lavere enn kvantifiseringsgrensen, og ingen fisk hadde konsentrasjoner av kadmium i filet over $0,050$ mg/kg vv som er EUs og Norges øvre grenseverdi for kadmium i filet fra de fleste fiskearter (EU, 2006).

Lave nivåer av kadmium i fiskemuskel er nå godt dokumentert for mange fiskearter fra norske farvann. Basisundersøkelsene for nordøstarktisk sei, blåkveite og torsk viste at nivået av kadmium i muskelprøver fra disse artene lå lavere enn kvantifiseringsgrensen i de fleste eller alle enkeltfisk (Nilsen m.fl., 2013, Nilsen m.fl., 2010, Julshamn m.fl., 2013a). Nivået i NVG-sild, makrell og nordsjøsild var høyere, men fremdeles lavt, med gjennomsnittsverdier på henholdsvis $0,010$, $0,016$ og $0,008$ mg/kg vv (Frantzen m.fl. 2009 og 2010, Duinker m.fl., 2013).

Konsentrasjonen av kadmium i lever av nordsjøsei var mye høyere enn i muskel og varierte mellom $< 0,004$ og $1,8$ mg/kg vv med et gjennomsnitt på $0,32$ mg/kg vv (tabell 5). Dette var noe høyere enn gjennomsnittlig kadmiuminnhold i lever fra nordøstarktisk sei ($0,25$ mg/kg vv; Nilsen m. fl., 2013), og klart høyere enn i lever fra både nordsjøtorsk ($0,11$ mg/kg vv) og nordøstarktisk torsk ($0,19$ mg/kg vv) (Julshamn m.fl., 2013a, Julshamn m. fl., 2013b og 2013c). Det er ikke fastsatt noen øvre grenseverdi for kadmium i fiskelever. Det er imidlertid en kjent sak at kadmium generelt akkumuleres i indre organer som lever og nyrer heller enn i muskel.

Gjennomsnittlig kadmiumkonsentrasjon i lever varierte mellom posisjonene som vist i figur 8. De høyeste gjennomsnittskonsentrasjonene, $0,48$ - $0,72$ mg/kg vv, ble funnet på tre posisjoner langs kysten ved Oslofjorden og Telemark (posisjon 1, 3 og 4) og to posisjoner i åpent hav mellom Vikingbanken og Tampen (posisjon 19 og 20). De laveste gjennomsnittskonsentrasjonene ($0,021$ - $0,056$ mg/kg vv) ble funnet på tre posisjoner langs kysten, posisjon 5, 6 og 7 i Ryfylke, Hardangerfjorden og Fensfjorden/Austfjorden.

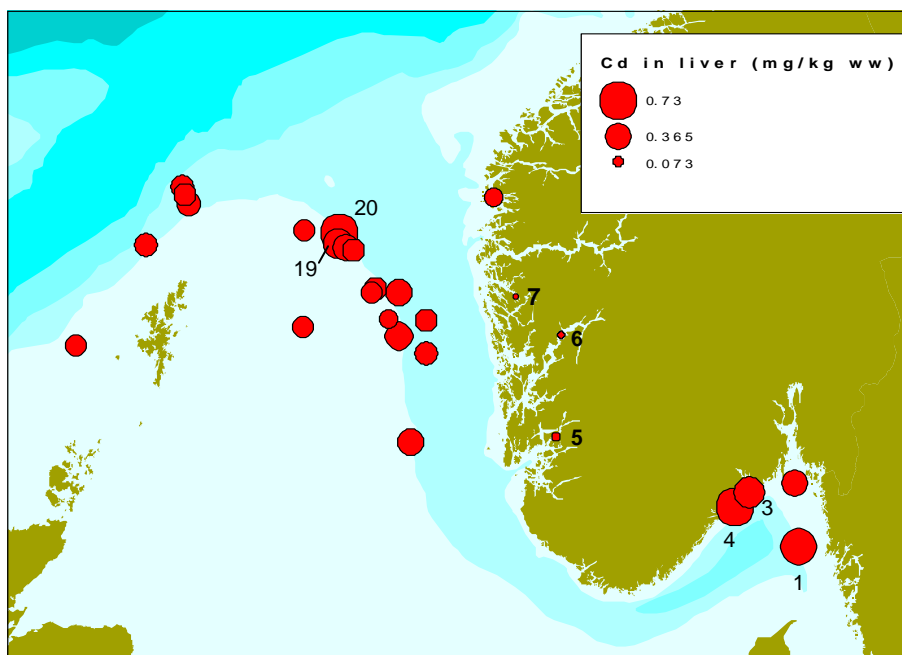


Figure 8. Mean concentrations of cadmium (mg/kg ww) in liver of saithe sampled at 27 different positions in the North Sea. The sizes of the circles indicate mean concentration for each position in relation to the scale shown in the legend. Position numbers for the positions with the highest and lowest average cadmium concentrations in liver are shown.

Det var ingen forskjell i gjennomsnittlig kadmiumkonsentrasjon i lever fra sei fanget ved kysten og i åpent hav i Nordsjøen (tabell 9 og figur 9). Men sammenligning med tidligere resultater for nordøstarktisk sei (Nilsen m.fl., 2013), viste at gjennomsnittlig kadmiumkonsentrasjon i seilever fra Nordsjøen var signifikant høyere enn konsentrasjonene i seilever fra både Norskehavet og Barentshavet (figur 9).

Table 9. Concentrations of cadmium (mg/kg ww) in muscle and liver of saithe from the coast (North Sea-Coast) and from the open sea (North Sea-Open sea) of the North Sea. Mean \pm standard deviation (SD), minimum and maximum values (in parentheses), median values and the number of fish with concentrations below the limit of quantification (LOQ) are shown.

	North Sea-Coast				North Sea-Open sea			
	N	Mean \pm SD (Min-max)	Median	#<LOQ	N	Mean \pm SD (Min-max)	Median	#<LOQ
Cadmium in muscle	196	-* (<0.001- 0.010)	0.010	107	468	0.0015 \pm 0.0010 (<0.001- 0.008)	0.010	164
Cadmium in liver	195	0.32 \pm 0.33 (<0.004-0.19)	0.23	1	441	0.32 \pm 0.19 (0.010-1.8)	0.29	0

*Mean value and SD were not calculated since more than half of the samples had concentrations of cadmium below the limit of quantification (LOQ).

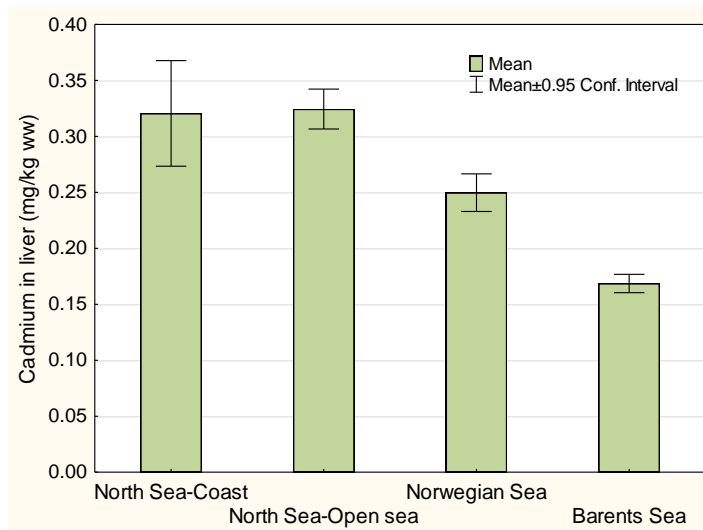
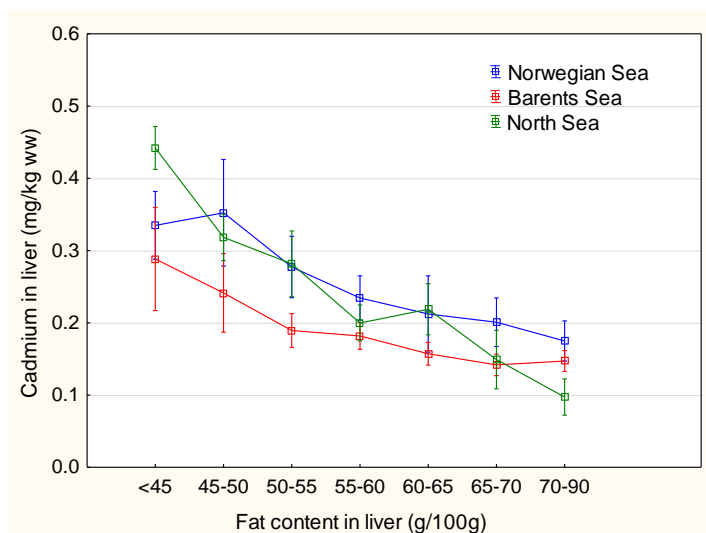


Figure 9. Concentrations of cadmium (mg/kg ww) in liver of saithe sampled in the coastal areas of the North Sea (North Sea-Coast) and in the open sea of the North Sea (North Sea-Open sea). Concentrations of cadmium in liver of saithe sampled in the Norwegian Sea and in the Barents Sea in an earlier study (Nilsen *et al.*, 2013) are shown for comparison. Mean concentrations \pm 95% confidence intervals are shown for each area.

Denne forskjellen, som var statistisk signifikant, kan trolig for en stor del forklares ved forskjeller i fettinnhold i lever for fisken fra de tre havområdene. Som tidligere vist for nordøstarktisk sei fra Norskehavet og Barentshavet (Nilsen m. fl., 2013) var det også for nordsjøsei en signifikant negativ sammenheng mellom kadmiumkonsentrasjonen i lever og fettinnholdet i lever ($r = -0,66$, $p < 0,001$). Det er mulig at dette skyldes en uttynning av kadmium-konsentrasjonen i leveren ved høyere fettinnhold. Siden fettinnholdet i lever var lavest i sei fanget i Nordsjøen, høyere i sei fanget i Norskehavet og høyest i sei fanget i Barentshavet (figur 3) vil dette bidra til at kadmiuminnholdet i lever blir høyest i Nordsjøen og lavest i Barentshavet. Når vi korrigerer for forskjellene i fettinnhold ved å sammenligne fisk med samme fettinnhold i lever fra de tre havområdene, viste resultatene at det var liten eller ingen forskjell mellom kadmiumkonsentrasjonene i seilever fra Nordsjøen og Norskehavet (figur 10). For Barentshavet var imidlertid kadmiumkonsentrasjonen i lever noe lavere enn i Nordsjøen og Norskehavet for de fleste fettinnhold-gruppene og det er derfor trolig flere faktorer enn fettinnhold som fører til at nivået av kadmium i lever er lavere i Barentshavet enn i de to andre havområdene.

For fire av de fem enkeltposisjonene med høyest gjennomsnittlig kadmiumkonsentrasjon i lever og alle de tre enkeltposisjonene med lavest gjennomsnittlig kadmiumkonsentrasjon i lever kan trolig fettinnholdet i lever for en stor del forklare kadmiumnivået, siden disse posisjonene hadde henholdsvis lavere og høyere fettinnhold i lever enn fisk fra de fleste andre posisjonene.



Figur 10. Concentration of cadmium (mg/kg ww) in liver of saithe from the North Sea, the Norwegian Sea and the Barents sea grouped according to fat content in liver. Mean concentrations \pm 95% confidence intervals are shown for each fat content group.

Mens det for nordøstarktisk sei fra Norskehavet og Barentshavet ble funnet en signifikant *positiv* sammenheng mellom kadmiumkonsentrasjon i lever og både størrelse og alder på fisken (Nilsen m.fl., 2013), ble det for nordsjøsei funnet en signifikant *negativ* sammenheng mellom kadmiumkonsentrasjon og lengde ($r = -0,31$, $p < 0,001$) og vekt ($r = -0,34$, $p < 0,001$) og ingen sammenheng med alder på fisken. Disse faktorene kan derfor trolig i liten grad forklare forskjellene i kadmiumkonsentrasjon mellom Nordsjøen og de to andre havområdene.

Kadmiumkonsentrasjonen i lever varierte med årstiden fisken var fanget og var høyest i sei fanget i 4. kvartal (0,43 mg/kg vv), deretter var det en gradvis nedgang gjennom 1. kvartal (0,33 mg/kg vv), 2. kvartal (0,30 mg/kg vv) og 3. kvartal (0,27 mg/kg vv). Forskjellen mellom 1., 2. og 3. kvartal var ikke statistisk signifikant. Denne årstidsvariasjonen kan ikke forklares ved forskjeller i fettinnhold i lever. Som nevnt over er det en *negativ* sammenheng mellom kadmiumkonsentrasjon og fettinnhold i lever, slik at kadmiumkonsentrasjonen øker når fettinnholdet avtar. Fettinnholdet i lever var imidlertid lavere i 2. og 3. kvartal enn i 1. og 4. kvartal, og dette kan derfor ikke forklare hvorfor kadmiuminnholdet er lavest i 2. og 3. kvartal.

Bly

Konsentrasjonen av bly var svært lav i både muskel- og leverprøver av sei i denne undersøkelsen. Totalt 637 av 664 muskelprøver hadde konsentrasjoner av bly lavere enn kvantifiseringsgrensen (LOQ) for metoden på 0,006 mg/kg vv (tabell 10), og ingen fisk hadde konsentrasjoner av bly i

muskel over 0,3 mg/kg vv som er EUs og Norges øvre grenseverdi for bly i fiskemuskel (EU, 2006). Blyinnholdet i lever var også svært lavt, men det var et noe høyere antall leverprøver enn muskelprøver som hadde konsentrasjoner over LOQ, og maksimumsverdien i lever var høyere enn i muskel (tabell 5).

Det var ingen forskjell mellom medianverdiene for bly i sei fra kysten og fra åpent hav i Nordsjøen (tabell 10), men antallet prøver med blykonsentrasjoner over LOQ var noe høyere ved kysten enn i åpent hav og maksimumsverdiene særlig i muskel var høyest i sei fra kysten (tabell 10).

Table 10. Concentrations of lead (mg/kg ww) in muscle and liver of saithe from the coast (North Sea-Coast) and from the open sea (North Sea-Open sea) of the North Sea. Median, minimum and maximum values (in parentheses) and the number of fish with concentrations below the limit of quantification (LOQ) are shown.

	North Sea Coast			North Sea-Open sea		
	N	Median* (Min-max)	#<LOQ	N	Median* (Min-max)	#<LOQ
Lead i muscle	196	<0,006 (<0,005- 0,075)	173	468	<0,006 (<0,004- 0,016)	464
Lead in liver	195	<0,02 (<0,02- 0,070)	174	441	<0,02 (<0,01- 0,052)	416

*Mean values have not been calculated since most samples had concentrations of lead below the limit of quantification (LOQ).

Lave nivåer av bly i både muskel og lever er tidligere også vist for nordøstarktisk sei fra Norskehavet og Barentshavet (Nilsen m. fl., 2013), også denne seibestanden med blynivåer i de fleste enkeltfiskene under kvantifiseringsgrensen. Også i NVG-sild, makrell, nordsjø-sild, blåkveite og torsk var innholdet av bly i muskelprøver lavere enn kvantifiseringsgrensen i de aller fleste enkeltfisk (Frantzen m.fl., 2009, Frantzen m.fl., 2010, Duinker m.fl., 2013, Nilsen m.fl., 2010, Julshamn m.fl., 2013a), og i torsk var også konsentrasjonen i lever lavere enn kvantifiseringsgrensen for de aller fleste enkeltfisk (Julshamn m.fl., 2013a, Julshamn m.fl., 2013b og 2013c).

Innhold av organiske fremmedstoffer

Av de organiske fremmedstoffene ble det i denne basisundersøkelsen analysert for dioksiner og furaner (polyklorerte dibenzo-p-dioksiner/dibenzofuraner, PCDD/PCDF), dioksinlignende PCBer, (non-orto og mono-orto PCB, dl-PCB), ikke-dioksinlignende PCBer (polyklorerte bifenyler, PCB₆) og polybromerte difenyletere (PBDE₇). Disse er alle fettløselige forbindelser og i mager fisk som sei, har vi sett at disse fremmedstoffene akkumuleres i den fettrike leveren, og kun i ytterst liten grad i muskel. Det var derfor kun leverprøver av sei som ble analysert for organiske fremmedstoffer. Antall prøver, gjennomsnitt, standardavvik (SD) og minste og største verdi for summene av de ulike stoffgruppene er vist i tabellene 11-13.

EU har fastsatt grenseverdier i forhold til mattrygghet for summen av dioksiner og dioksinlignende PCBer (sum PCDD/F+dl-PCB) og summen av ikke-dioksinlignende PCBer (PCB₆) i fiskelever. Grenseverdiene i fiskelever er satt til 20 ng TE/kg vv (beregnet med WHO-TEF-2005) for sum PCDD/PCDF+dl-PCB og til 200 µg/kg vv for sum PCB₆. For summen av dioksiner og furaner (sum PCDD/F) er det fastsatt en grenseverdi for fiskemuskel, men ikke for fiskelever. For sum PBDE₇ har EU foreløpig ikke satt grenseverdier verken i muskel eller lever av fisk. Alle disse grenseverdiene er tatt inn i norsk rett (Forskrift om forurensende stoffer i næringsmidler).

Dioksiner, furaner og dioksinlignende PCB

Konsentrasjonen av sum PCDD/F+dl-PCB i seilever fra nordsjøsei varierte fra 3,2 til 83 ng TE/kg vv, med et gjennomsnitt på 16,8 ng TE/kg vv (tabell 11). Totalt 172 av de 657 analyserte leverprøvene fra nordsjøsei (26 %) hadde konsentrasjoner over 20 ng TE/kg vv som er EUs og Norges grenseverdi for sum PCDD/F+dl-PCB i fiskelever. Dette er høyere enn det som tidligere er rapportert for nordøstarktisk sei (955 fisk) der gjennomsnittlig konsentrasjon var 11,9 ng TE/kg vv og 10 % av fisken hadde verdier over grenseverdien (Nilsen m.fl., 2013). Det var konsentrasjonen av sum non-orto PCB som bidro mest til sum PCDD/F+dl-PCB med et gjennomsnitt på 12,0 ng TE/kg vv (tabell 11), og i denne summen var det enkeltkongeneren PCB-126 som dominerte med et gjennomsnitt på 11,1 ng TE/kg vv (tabell A5 i Appendix). Sum mono-orto PCB bidro minst til sum PCDD/F+dl-PCB med en gjennomsnittlig konsentrasjon på 0,83 ng TE/kg vv, og konsentrasjonen av sum PCDD/F varierte mellom 0,59 og 23 ng TE/kg vv med et gjennomsnitt på 3,9 ng TE/kg vv (tabell 11).

Gjennomsnittlig konsentrasjon av sum PCDD/F+dl-PCB i lever fra nordsjøsei i denne undersøkelsen var lavere enn det som er rapportert for torsk (Julsham m.fl., 2013a). Gjennomsnittsverdier for nordsjøtorsk fra åpent hav og for torsk fra kyst og fjordområder var henholdsvis 20,7 og 32 ng TE/kg

vv mens tilsvarende verdier for nordsjøsei var 15,1 og 20,7 ng TE/kg (tabell 11). Prosentandel av fisken som hadde konsentrasjoner over grenseverdien for sum PCDD/F+dl-PCB var også betydelig høyere for torsk enn for nordsjøsei, med 47 % for nordsjøtorsk fra åpent hav og 62 % for kyst/fjordtorsk. Konsentrasjonene av sum PCDD/F+dl-PCB i både torskelever og seilever var klart høyere enn gjennomsnittskonsentrasjoner rapportert i muskelprøver fra fet fisk, slik som NVG-sild (0,77 ng TE/kg vv), makrell (1,0 ng TE/kg vv) og blåkveite (5,4 ng TE /kg vv) (Frantzen m.fl., 2009, Frantzen m.fl., 2010, Frantzen m.fl., 2011, Nilsen m.fl., 2010).

Table 11. Concentrations of sum dioxins and furans (PCDD/F), sum mono-ortho PCB, sum non-ortho PCB, and sum PCDD/F+dioxin-like PCBs (PCDD/F+dl-PCB) in liver of saithe from the coast (North Sea-Coast) and open sea (North Sea-Open sea) of the North Sea. All results are given as ng TEQ_{WHO-TEF-2005}/kg ww. Mean ± standard deviation (SD), minimum and maximum values (in parentheses) and the number and percentage of fish with concentrations above the EU maximum level is shown.

Area	N	Sum	Sum mono-	Sum non-	Sum	No of fish > EU-max level (%)
		PCDD/F Mean±SD (min-max)	ortho PCB Mean±SD (min-max)	ortho PCB Mean±SD (min-max)	PCDD/F+dl-PCB Mean±SD (min-max)	
North Sea-Coast	192	4.8±3.6 (1.1-23)	1.00±0.92 (0.11-8.0)	14.8±10.9 (1.8-63)	20.7±14.8 (3.6-83)	88 (46 %)
North Sea-Open sea	465	3.5±1.7 (0.59-16)	0.76±0.37 (0.14-3.6)	10.9±5.9 (1.5-56)	15.1±7.6 (3.2-76)	84 (18 %)
Total	657	3.9±2.5 (0.59-23)	0.83±0.60 (0.11-8.0)	12.0±8.0 (1.5-63)	16.8±10.6 (3.2-83)	172 (26 %)

Konsentrasjonen av sum PCDD/F+dl-PCB i nordsjøsei varierte mellom posisjonene som vist i figur 11 og tabell A6 i Appendix. Fem enkeltposisjoner hadde gjennomsnittskonsentrasjoner over 20 ng TE/kg vv, som er EUs og Norges øvre grenseverdi, med gjennomsnitt mellom 22,1 og 29,8 ng TE/kg vv. Dette var fire posisjoner langs kysten, én i Skagerrak ved svenskekysten (posisjon 1), én i ytre Oslofjord (posisjon 2), én ved kysten av Telemark (posisjon 4) og én i Hardangerfjorden (posisjon 6), samt én posisjon i åpent hav ved Vikingbanken (posisjon 21) (figur 11). På tre av disse posisjonene (posisjon 1, 4 og 21) hadde mellom 68 og 84 % av enkeltfisken konsentrasjoner over 20 ng TE/kg vv.

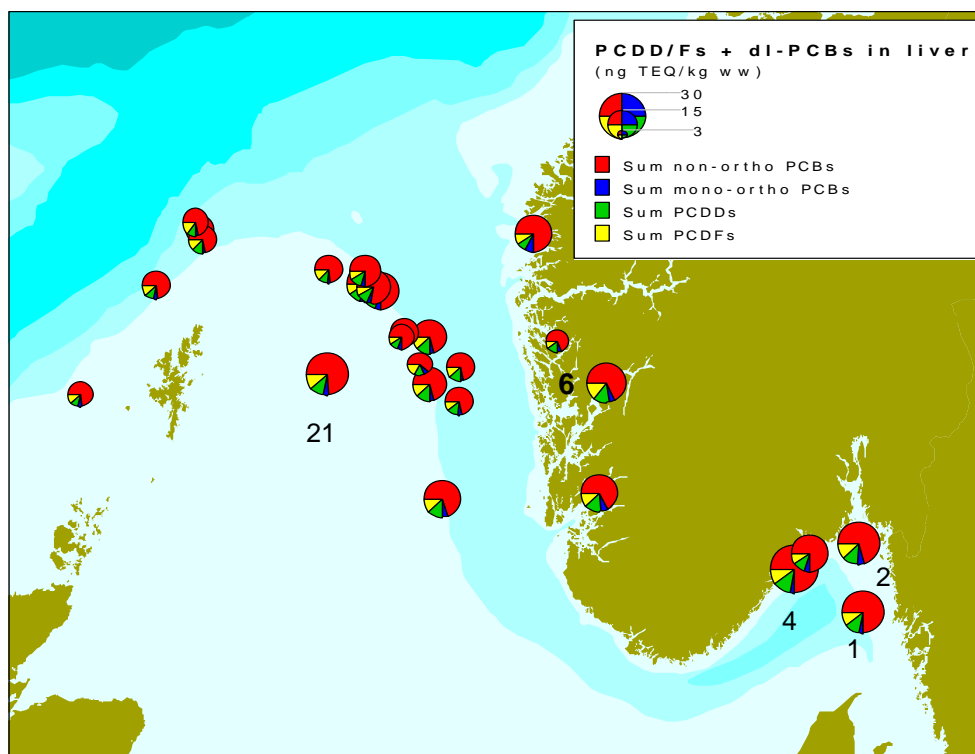


Figure 11. Map showing mean concentrations of sum PCDD/Fs+dl-PCBs (ng TEQ/kg ww) in liver of saithe captured at 27 different positions in the North Sea. The size of the circles indicates mean concentration for each position in relation to the scale given in the legend. The pie slices of different colours indicate the portion of the total sum that is contributed by non-ortho PCBs, mono-ortho PCBs, PCDDs and PCDFs, respectively. Position numbers for the positions with the highest average concentrations of sum PCDD/Fs+dl-PCBs in liver are shown.

Gjennomsnittskonsentrasjonen av sum PCDD/F+dl-PCB var signifikant høyere i sei fra kyst- og fjordområder enn i sei fra åpent hav i Nordsjøen (tabell 11, figur 12). Gjennomsnittet i seilever fra posisjonene langs kysten var på 20,7 ng TE/kg vv, dvs. like over grenseverdien på 20 ng TE/kg vv som er fastsatt av EU og Norge for sum PCDD/F+dl-PCB i fiskelever. 46 % av enkeltfiskene fra posisjonene langs kysten hadde konsentrasjoner over grenseverdien, mot 18 % av fiskene fra åpent hav. At nivået av sum PCDD/F+dl-PCB kan være svært høyt i fiskelever fra kystnære områder er tidligere vist for torsk fra 15 fjorder og havner langs norskekysten (Nilsen m.fl., 2011) og i basisundersøkelsen for torsk der gjennomsnittsnivået i lever fra kyst/fjordtorsk ble funnet å være 32 ng TE/kg vv (Julshamn m.fl., 2013a). På grunn av de høye nivåene av sum PCDD/F+dl-PCB i torskelever har Mattilsynet gitt advarsel/kostholdsrad som fraråder befolkningen å spise fiskelever fra selvfanger fisk fisket i kystnære områder (innenfor grunnlinjen) (www.matportalen.no). Resultatene i denne undersøkelsen viser at nivået av sum PCDD/F+dl-PCB i seilever fra kystnære områder er lavere enn i torskelever, men også for sei er verdiene høyere enn grenseverdien for en høy andel av fisken. Også gjennomsnittskonsentrasjonene av sum PCDD/F, sum mono-orto PCB og sum non-orto PCB var høyere i sei fra kysten enn i sei fra åpent hav (tabell 11).

Sammenligning med tidligere resultater for nordøstarktisk sei (Nilsen m.fl., 2013), viste at gjennomsnittskonsentrasjon av sum PCDD/F+dl-PCB i seilever fra åpent hav i Nordsjøen var svært lik konsentrasjonen i seilever fra Norskehavet, men betydelig høyere enn konsentrasjonen i seilever fra Barentshavet (figur 12). Dette gjenspeilte seg også i prosentandelen av enkeltfisker som hadde konsentrasjoner av sum PCDD/F+dl-PCB over grenseverdien på 20 ng TE/kg vv. Henholdsvis 18 og 17 % av fisker fra åpent hav i Nordsjøen og i Norskehavet hadde konsentrasjoner over 20 ng TE/kg vv mot bare 3,5 % av seien fra Barentshavet. Også for sum PCDD/F, sum mono-orto PCB og sum non-orto PCB var gjennomsnittskonsentrasjonene i seilever fra Nordsjøen svært lik gjennomsnittsverdiene for Norskehavet, men klart høyere enn gjennomsnittsverdiene for Barentshavet (sammenligning av tabell 11 og Nilsen m.fl., 2013).

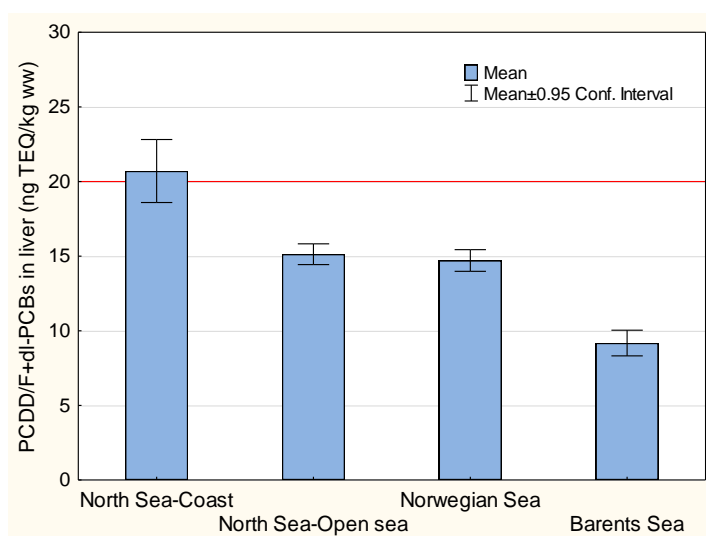


Figure 12. Concentrations of sum PCDD/Fs+dl-PCBs in liver from saithe captured in the coastal areas (North Sea-Coast) and in the open sea (North Sea-Open sea) of the North Sea. Concentrations of sum PCDD/Fs+ dl-PCBs in liver from saithe sampled in the Norwegian Sea and in the Barents Sea in an earlier study (Nilsen *et al.*, 2013) are also shown for comparison. Mean concentrations \pm 95% confidence intervals are shown for each area. The red horizontal line indicates the EU maximum level for the sum PCDD/F+dl-PCBs in fish liver of 20 ng TEQ/kg wet weight.

For nordøstarktisk sei er det tidligere vist at forskjeller i nivåene av dioksiner og dioksinlignende PCB i seilever mellom Norskehavet og Barentshavet til dels kunne forklares ved forskjeller i alder og størrelse, og i noe mindre grad av forskjeller i fettinnhold i lever i fisker som var fanget i de to havområdene (Nilsen m.fl., 2013). Også for nordsjøsei kan forskjeller i alder, størrelse og fettinnhold i lever ha betydning for innholdet av sum PCDD/F+dl-PCB i lever. Det ble i denne undersøkelsen funnet en svak, men signifikant positiv sammenheng mellom sum PCDD/F+dl-PCB og fiskens alder ($r=0,14$, $p<0,001$) og lengde ($r=0,17$, $p<0,001$), men ikke med fiskens vekt. Som for nordøstarktisk sei ble det også funnet en svak negativ sammenheng mellom sum PCDD/F+dl-PCB og fettinnhold i lever ($r=-0,25$, $p<0,001$). Siden fisker fra åpent hav i Nordsjøen og Norskehavet var eldre og hadde lavere fettinnhold i lever enn fisker fra Barentshavet, kan dette være med på å forklare hvorfor nivået av sum

PCDD/F+dl-PCB var høyere i åpent hav i Nordsjøen og i Norskehavet enn i Barentshavet. Fisken fra åpent hav i Nordsjøen var yngre enn fisken fra Norskehavet, og selv om dette isolert sett skulle tilsi at nivået av sum PCDD/F+dl-PCB kunne forventes å være lavere i åpent hav i Nordsjøen enn i Norskehavet, hadde fisken i Nordsjøen samtidig et lavere fettinnhold i lever som bidrar til et høyere nivå av sum PCDD/F+dl-PCB. Samlet vil dette kunne være med på å forklare hvorfor nivået av sum PCDD/F+dl-PCB er det samme i åpent hav i Nordsjøen som i Norskehavet. Forskjeller i alder, og fettinnhold i lever kan imidlertid ikke forklare hvorfor gjennomsnittsnivået av sum PCDD/F+dl-PCB var høyere i sei fra kysten av Nordsjøen enn i åpent hav. Siden fisken fra kysten i gjennomsnitt var både yngre og hadde høyere fettinnhold i lever burde begge disse faktorene ha ført til et lavere, ikke et høyere, nivå av sum PCDD/F+dl-PCB langs kysten i forhold til i åpent hav. Når vi sammenlignet innholdet av sum PCDD/F+dl-PCB i ulike alders- og fettinnhold-grupper mellom de ulike områdene (figur 13) var det klart at for hver enkelt alders- og fettinnhold-gruppe var innholdet av sum PCDD/F+dl-PCB i lever høyest i sei fra kysten av Nordsjøen og lavest i sei fra Barentshavet. Nivået i åpent hav i Nordsjøen lå litt høyere eller på omtrent samme nivå som i Norskehavet for de fleste alders- og fettinnhold-grupper. Dette viser at det er flere faktorer enn fiskens alder og fettinnhold i lever som bestemmer nivået av sum PCDD/F+dl-PCB i seilever.

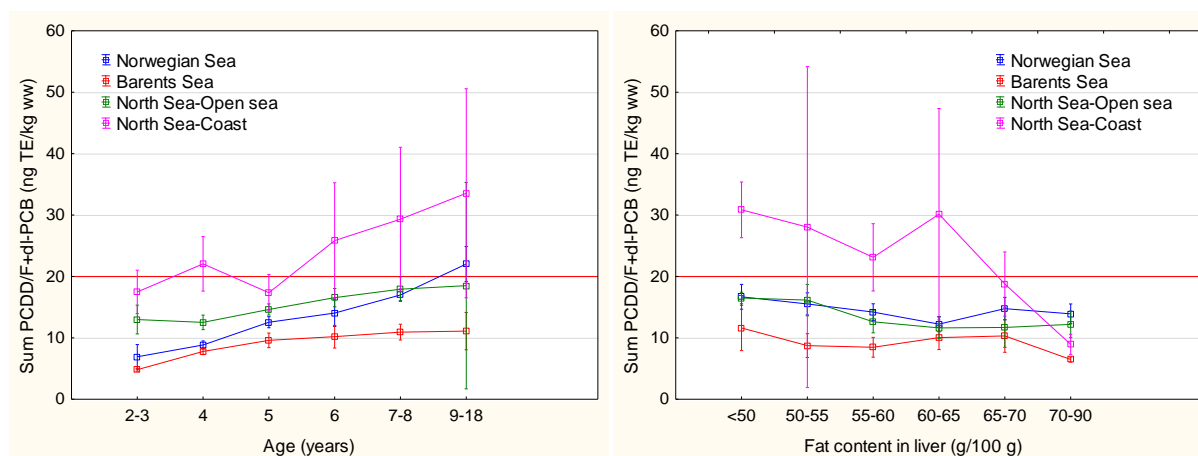


Figure 13. Concentration of sum PCDD/F+dl-PCBs (ng TE/kg ww) in liver of saithe from the North Sea-Coast, the North Sea-Open sea, the Norwegian Sea and the Barents Sea grouped according to age (left) and fat content in liver (right). Mean concentrations \pm 95% confidence intervals are shown for each age and fat content group. The red horizontal line indicates the EU maximum level for the sum PCDD/F+dl-PCBs in fish liver of 20 ng TEQ/kg wet weight.

Figur 13 viser også at for sei fra kysten av Nordsjøen var gjennomsnittlig konsentrasjon i lever av sum PCDD/F+dl-PCB i de fleste aldersgrupper høyere enn grenseverdien på 20 ng TE/kg vv, og selv for den minste fisken på 2-3 år var gjennomsnittlig innhold av sum PCDD/F+dl-PCB på 17,6 ng TE/kg vv. Også de fleste fettinnhold-gruppene for sei fra kysten av Nordsjøen hadde et gjennomsnittlig innhold av sum PCDD/F+dl-PCB over grenseverdien, og det var bare sei med et fettinnhold høyere

enn 65 g/100g som hadde et gjennomsnitt under 20 ng TE/kg vv. For sei fra åpent hav i Nordsjøen, fra Norskehavet og Barentshavet var gjennomsnittnivået av sum PCDD/F+dl-PCB i fisk fra (nesten) alle alders- og fettinnhold-grupper lavere enn 20 ng TE/kg vv.

Konsentrasjonen av sum dioksiner og dioksinlignende PCB i lever varierte med årstiden fisken var fanget og var høyest i sei fanget i 4. kvartal, deretter var det en gradvis nedgang gjennom 1., 2. og 3. kvartal (resultater ikke vist). En lignende årstidsvariasjon er tidligere rapportert for nordøstarktisk sei, som hadde høyest nivå i 1. kvartal, en gradvis nedgang gjennom 2. og 3. kvartal fulgt av en økning til 4. kvartal (Nilsen m.fl., 2013). Konsentrasjonen av sum PCDD/F+dl-PCB i nordsjøsei varierte gjennom året på samme måte som kadmium i lever i denne undersøkelsen, og på samme måte som for kadmium kan årstidsvariasjonen for sum PCDD/F+dl-PCB *ikke* forklares ved forskjeller i fettinnhold i lever mellom fisken fanget til de ulike tidene på året. Som for nordøstarktisk sei (Nilsen m.fl., 2013) er imidlertid mulig at årstidsvariasjonen gjennom 1., 2. og 3. kvartal til dels kan forklares ved forskjeller i alder og størrelse på fisken fanget i disse periodene da den største og eldste fisken ble fanget i 1. kvartal og deretter var det en gradvis nedgang i alder og størrelse på fisken fanget i 2., 3. og 4. kvartal. Fisken som ble fanget i 4. kvartal kom fra kun to posisjoner langs kysten i ytre Oslofjord og ved Telemark (posisjon 2 og 3). Denne fisken var ikke spesielt stor eller gammel, og det høye nivået av sum PCDD/F+dl-PCB i seilever fra disse to posisjonene må derfor skyldes andre faktorer enn alder og størrelse.

PCB₆

Konsentrasjonen av sum PCB₆ og sum PCB₇ i 657 analyserte prøver av lever fra nordsjøsei er oppsummert i tabell 12. Sum PCB₆ er summen av de seks ikke-dioksinlignende PCBene PCB-28, 52, 101, 138, 153 og 180. Fra 1. januar 2012 er det i EU fastsatt en øvre grenseverdi for sum PCB₆ i fiskelever på 200 µg/kg vv som også er tatt inn i norsk rett. Det er ikke fastsatt noen slik øvre grenseverdi for sum PCB₇ (som i summen inkluderer den dioksinlignende PCB-118 i tillegg til sum PCB₆), men konsentrasjonen av sum PCB₇ er likevel av interesse for sammenligning med tidligere data da det er sum PCB₇ som tidligere har vært analysert og rapportert blant annet i Sjømatdata.

Konsentrasjonen av sum PCB₇ varierte fra 22 til 1400 µg/kg vv, med et gjennomsnitt på 159 µg/kg vv (tabell 12). Konsentrasjonen var høyest langs kysten av Nordsjøen der gjennomsnittlig konsentrasjon var 195 µg/kg vv mot 144 µg/kg vv i seilever fra åpent hav (tabell 12). Gjennomsnittsnivået både langs kysten og i åpent hav i Nordsjøen var betydelig høyere enn tidligere resultater for seilever fra 2006 rapportert i Sjømatdata (www.nifes.no/sjomatdata) der det ble funnet et gjennomsnitt på 66 µg/kg vv. Nivået av PCB₇ i seilever fra åpent hav i Nordsjøen var også betydelig høyere enn det som

tidligere har vært rapportert for nordøstarktisk sei fra Barentshavet (72 µg/kg vv), men ikke vesentlig høyere enn tidligere rapportert for nordøstarktisk sei fra Norskehavet (130 µg/kg vv) (Nilsen m.fl., 2013).

Konsentrasjonen av sum PCB₆ i seilever varierte fra 20 til 1300 µg/kg vv, med et gjennomsnitt på 141 µg/kg vv. Det var konsentrasjonen av PCB-138 og PCB-153 som bidro mest til summen med et gjennomsnitt på henholdsvis 42 og 51 µg/kg vv, etterfulgt av PCB-101 med et gjennomsnitt på 21 µg/kg vv. Totalt 116 av de 657 analyserte seileverprøvene (18 %) hadde konsentrasjoner av sum PCB₆ over 200 µg/kg vv som er EUs øvre grenseverdi for fiskelever.

Gjennomsnittlig konsentrasjon av sum PCB₆ i lever fra nordsjøsei i denne undersøkelsen, særlig nordsjøsei fra kysten, var noe lavere enn det som er rapportert for torsk (Julshamn m.fl., 2013a). Gjennomsnittsverdier for nordsjøtorsk fra åpent hav og for torsk fra kyst og fjordområder var henholdsvis 133 og 293 ng TE/kg vv mens tilsvarende verdier for nordsjøsei var 128 og 173 ng TE/kg (tabell 11). Også prosentandelen fisk som oversteg grenseverdien for sum PCB₆ i lever var lavere i nordsjøsei enn i nordsjøtorsk der prosentandelen var 17 % for nordsjøtorsk fra åpent hav og 40 % for kyst/fjordtorsk (Julshamn m.fl., 2013a).

Table 12. Concentrations of sum PCB₆ and sum PCB₇ (µg/kg ww) in liver of saithe from the coast (North Sea-Coast) and open sea (North Sea-Open sea) of the North Sea. Mean ± standard deviation (SD), minimum and maximum values (in parentheses) and the number and percentage of fish with concentrations above the EU maximum level are shown.

Area	N	Sum PCB ₇ Mean±SD (min-max)	Sum PCB ₆ Mean±SD (min-max)	# > EU-max level (%) for sum PCB ₆
North Sea-Coast	192	195 ± 173 (22-1400)	173 ± 154 (20-1300)	61 (32 %)
North Sea-Open sea	465	144 ± 74 (30-690)	128 ± 67 (27-610)	55 (12 %)
Total	657	159 ± 115 (22-1400)	141 ± 102 (20-1300)	116 (18 %)

Gjennomsnittskonsentrasjonen av sum PCB₆ i seilever varierte mellom posisjonene som vist i figur 14. Tre enkeltposisjoner hadde gjennomsnittskonsentrasjoner av sum PCB₆ over 200 µg/kg vv, som er EUs og Norges øvre grenseverdi for sum PCB₆. Dette var én posisjon i ytre Oslofjord (posisjon 2; 229 µg/kg vv), én ved kysten av Telemark (posisjon 4; 216 µg/kg vv) og én posisjon i åpent hav ved Vikingbanken (posisjon 21; 209 µg/kg vv). Disse tre posisjonene hadde også gjennomsnittsnivåer av sum PCDD/F+dl-PCB i lever over 20 ng TE/kg vv, som er øvre grenseverdi for denne summen (figur 11). To andre posisjoner som hadde gjennomsnittsnivåer av sum PCDD/F+dl-PCB over 20 ng TE/kg

vv (posisjon 1 og 6, se figur 11) hadde også høye verdier for sum PCB₆, men verdiene på disse posisjonene (176 og 186 µg/kg vv) var ikke over grenseverdien for sum PCB₆.

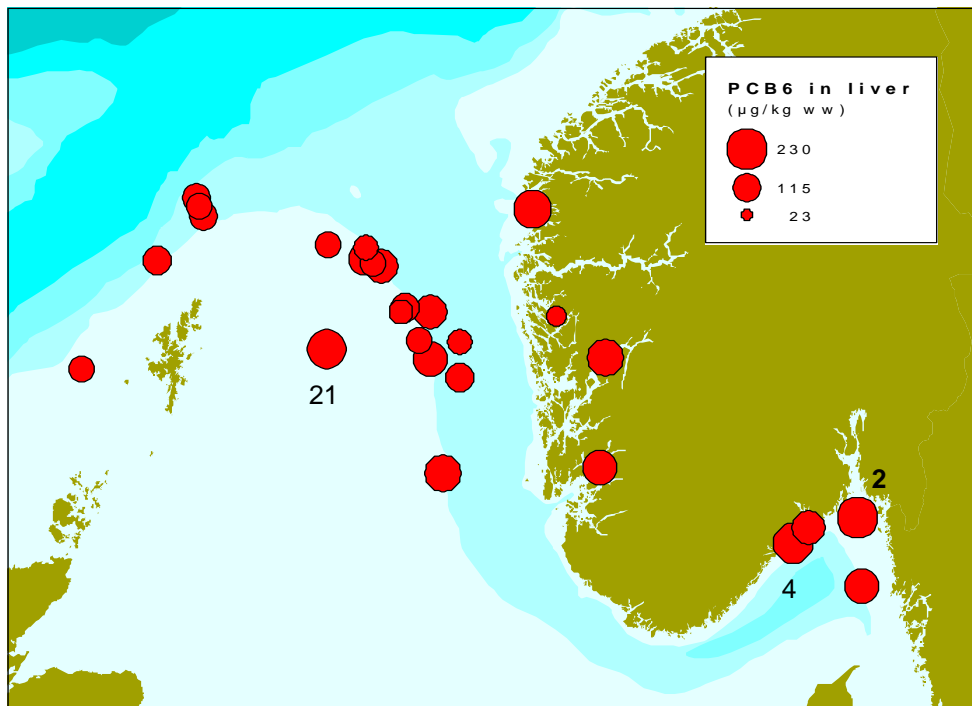


Figure 14. Mean concentrations of sum PCB₆ (µg/kg ww) in liver of saithe captured at 27 different positions in the North Sea. The size of each circle indicates mean concentration for each position in relation to the scale given in the legend. Position numbers for the positions with the highest average concentrations of sum PCB₆ in liver are shown.

Gjennomsnittskonsentrasjonen av sum PCB₆ var signifikant høyere i sei fra kyst- og fjordområder enn i sei fra åpent hav i Nordsjøen (tabell 12, figur 15), men i motsetning til resultatene for sum PCDD/F+dl-PCB var gjennomsnittet for nordsjøsei fra kysten ikke over grenseverdien for sum PCB₆. Gjennomsnittet i seilever fra posisjonene langs kysten var på 173 µg /kg vv, som er under grenseverdien på 200 µg /kg vv. Totalt 32 % av enkeltfiskene fra posisjonene langs kysten hadde konsentrasjoner av PCB₆ i lever som oversteg grenseverdien, mot 12 % av enkeltfiskene fra åpent hav.

Sammenligning med tidligere resultater for nordøstarktisk sei (Nilsen m.fl., 2013), viste at gjennomsnittskonsentrasjon av sum PCB₆ i seilever fra åpent hav i Nordsjøen var svært lik konsentrasjonen i seilever fra Norskehavet, men betydelig høyere enn konsentrasjonen i seilever fra Barentshavet (figur 15). Dette gjenspeilte seg også i prosentandelen av enkeltfiskene som hadde konsentrasjoner av sum PCB₆ over grenseverdien på 200 µg /kg vv. Henholdsvis 12 og 7,6 % av fisken fra åpent hav i Nordsjøen og i Norskehavet hadde konsentrasjoner over 200 µg /kg vv mot bare 3,1 % av seien fra Barentshavet (sammenligning av tabell 11 og Nilsen m.fl., 2013).

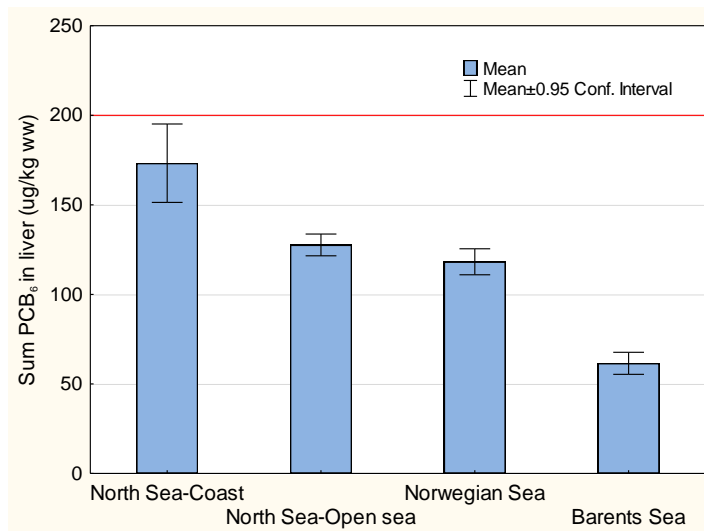


Figure 15. Concentrations of sum PCB₆ in liver from saithe captured in the coastal areas (North Sea-Coast) and in the open sea (North Sea-Open sea) of the North Sea. Concentrations of sum PCB₆ in liver from saithe sampled in the Norwegian Sea and in the Barents Sea in an earlier study (Nilsen *et al.*, 2013) are shown for comparison. Mean concentrations \pm 95% confidence intervals are shown for each area. The red horizontal line indicates the EU maximum level for sum PCB₆ in fish liver of 200 μ g/kg wet weight.

Tilsvarende som for sum PCDD/F+dl-PCB kan forskjellen i PCB₆-konsentrasjonen mellom havområdene til dels forklares ved forskjeller i fiskens alder, størrelse og fettinnhold i lever, men dette er ikke hele forklaringen på forskjellen mellom havområdene. Det ble i denne undersøkelsen funnet en veldig svak, men signifikant positiv sammenheng mellom sum PCB₆ og fiskens alder ($r = 0,15$, $p < 0,001$), lengde ($r = 0,22$, $p < 0,001$) og vekt ($r = 0,12$, $p < 0,001$) og en svak negativ sammenheng med fettinnhold i lever ($r = -0,18$, $p < 0,001$). Selv om disse parametrene kan være med på å forklare variasjonen i konsentrasjonen av sum PCB₆ mellom havområdene var det likevel klart at det var flere faktorer enn disse som bestemte nivået av sum PCB₆ i lever av sei fra ulike områder. Når vi sammenlignet innholdet av sum PCB₆ i ulike alders- og fettinnhold-grupper mellom de ulike områdene (figur 16) ble det på samme måte som for sum PCDD/F+dl-PCB klart at for hver enkelt alders- og fettinnhold-gruppe var innholdet av sum PCB₆ i lever høyest i sei fra kysten av Nordsjøen og lavest i sei fra Barentshavet. Nivået i åpent hav i Nordsjøen lå litt høyere eller på omtrent samme nivå som i Norskehavet for de fleste alders- og fettinnhold-grupper (figur 16).

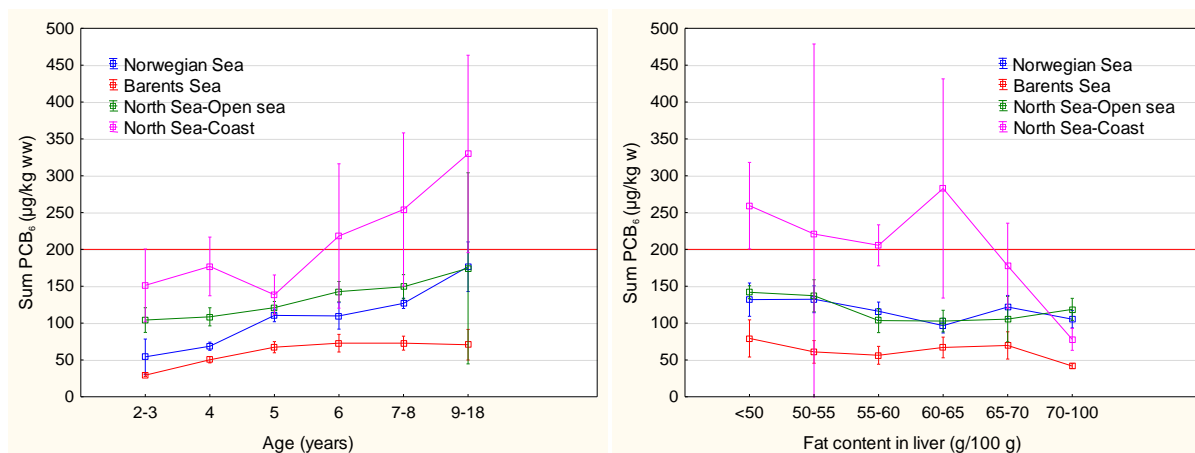


Figure 16. Concentration of sum PCB₆ (µg/kg ww) in liver of saithe from the North Sea-Coast, the North Sea-Open sea, the Norwegian Sea and the Barents Sea grouped according to age (left) and fat content in liver (right). Mean concentrations ± 95% confidence intervals are shown for each age and fat content group. The red horizontal line indicates the EU maximum level for the sum PCB₆ in fish liver of 200 µg/kg wet weight.

Det var en svært god korrelasjon mellom konsentrasjonen av sum PCB₆ og konsentrasjonen av sum PCDD/F+dl-PCB i seilever i denne undersøkelsen (figur 17), og 104 av de 116 leverprøvene fra enkeltfisk som oversteg grenseverdien for sum PCB₆ oversteg samtidig grenseverdien for sum PCDD/F+dl-PCB. Det var imidlertid langt flere prøver fra enkeltfisk som oversteg grenseverdien for sum PCDD/F+dl-PCB, og av de 172 prøvene som hadde konsentrasjoner av sum PCDD/F+dl-PCB over grenseverdien på 20 ng TE/kg vv, var det 68 prøver som ikke samtidig oversteg grenseverdien for PCB₆ på 200 µg/kg vv (figur 17).

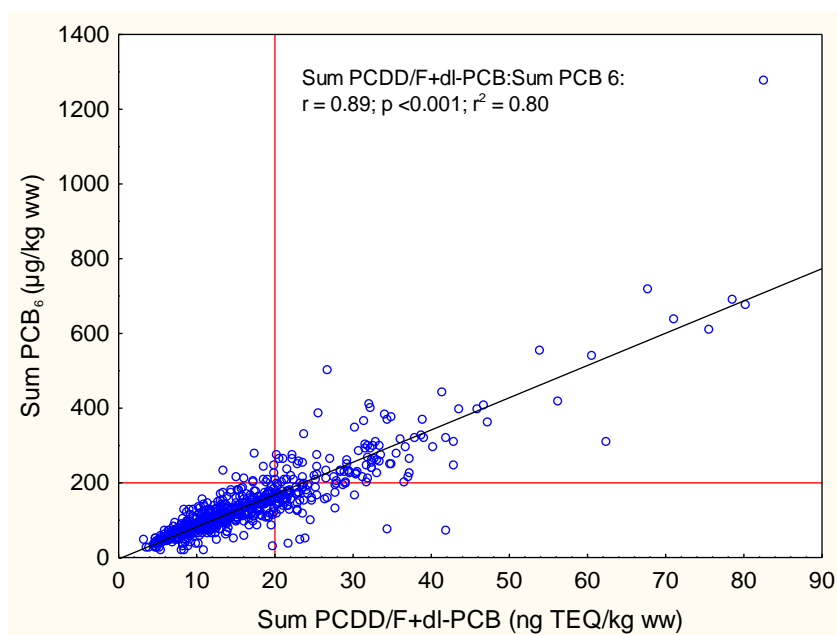


Figure 17. Correlation between the concentration of sum PCB₆ and the concentration of sum PCDD/F+dl-PCB) in North Sea saithe. The red lines indicate the EU maximum level for sum PCB₆ in fish liver of 200 µg/kg wet weight and the EU maximum level for sum PCDD/F+dl-PCB of 20 ng TEQ/kg ww.

Konsentrasjonen av sum PCB₆ varierte med årstiden fisken var fanget på tilsvarende måte som for sum PCDD/F+dl-PCB, med høyest konsentrasjon i 4. kvartal og en gradvis nedgang gjennom 1., 2. og 3. kvartal. På samme måte som for sum PCDD/F+dl-PCB kan variasjonen i konsentrasjonen av sum PCB₆ gjennom 1. 2, og 3. kvartal trolig til dels forklares ved variasjon i alder og størrelse på fisken fanget i disse periodene, mens nivået i fisken fra de to posisjonene som er prøvetatt i 4. kvartal ikke kan forklares ved slike faktorer.

PBDE₇

Konsentrasjonen av sum PBDE₇ i leverprøver fra 655 nordsjøsei varierte fra 1,0 til 130 µg/kg vv, med et gjennomsnitt på 15,9 µg/kg vv (tabell 13). Dette er betydelig høyere enn det som tidligere er rapportert for nordøstarktisk sei (955 fisk) der gjennomsnittlig konsentrasjon var 6,9 µg/kg vv (Nilsen m.fl., 2013). Det er imidlertid lavere enn tidligere resultater rapportert i Sjømatdata (www.nifes.no/sjomatdata) der det ble funnet et gjennomsnitt på 30 µg/kg vv. Resultatene i Sjømatdata er imidlertid basert på få data, kun 20 fisk ble analysert i 2006.

Sammenligning av verdiene for PBDE₇ i lever fra nordsjøsei med tilsvarende verdier rapportert for torskelever (Julshamn m.fl., 2013a) viste at gjennomsnittet for PBDE₇ i lever fra nordsjøsei fra åpent hav (14,6 µg/kg vv, tabell 13) var svært likt gjennomsnittet for nordsjøtorsk (15,7 µg/kg vv). Gjennomsnittet for sei fra kysten av Nordsjøen (19,4 µg/kg vv) var imidlertid klart høyere enn gjennomsnittet for kyst/fjord torsk (12,9 µg/kg vv).

Table 13. Concentrations of sum PBDE₇ (µg/kg ww) in liver of saithe from the coast (North Sea-Coast) and open sea (North Sea-Open sea) of the North Sea. Mean ± standard deviation (SD), minimum and maximum values (in parentheses) are shown.

Area	N	Sum PBDE ₇ Mean±SD (min-max)
North Sea-Coast	191	18.7 ± 18.5 (1.0-130)
North Sea-Open sea	464	14.7 ± 9.7 (3.0-110)
Total	655	15.9 ± 13.0 (1.0-130)

Gjennomsnittskonsentrasjonen av sum PBDE₇ i seilever varierte mellom posisjonene som vist i figur 18 og i tabell A7 i Appendix. Variasjonen mellom posisjonene fulgte i hovedsak samme mønster som for sum PCDD/F+dl-PCB og sum PCB₆. De høyeste gjennomsnittskonsentrasjonene (23,2 - 35, 4 µg/kg vv) ble funnet på én posisjon i åpent hav ved Vikingbanken (posisjon 21) og fire posisjoner

langs kysten, én utenfor kysten av Telemark (posisjon 4) og tre posisjoner langs kysten og i fjorder på Vestlandet (posisjon 5, 6 og 8, se figur 18). Alle disse posisjonene hadde også høye konsentrasjoner både av sum PCDD/F+ dl-PCB og sum PCB₆ (figur 11 og 14). Særlig posisjon 21, men også posisjon 4, skilte seg ut med svært høye verdier for *både* sum PCDD/F+dl-PCB, sum PCB₆ og sum PBDE₇. Det er ikke klart hvorfor nivåene av de organiske fremmedstoffene i lever er så mye høyere på posisjon 21 enn på de andre posisjonene i åpent hav, men en medvirkende årsak kan være at fisken fra denne posisjonen var større og noe eldre enn fisken fra de fleste andre posisjonene (figur 2). Fettinnholdet i lever var imidlertid høyere i fisken fra denne posisjonen, og dette vil *ikke* bidra til et høyere nivå av de organiske fremmedstoffene. Fisken fra posisjon 4 var ikke spesielt stor eller gammel, men den hadde et svært lavt fettinnhold som kan ha bidratt til et høyere innhold av organiske fremmedstoffer i lever for denne posisjonen. Det er ellers ikke usannsynlig at enkelte posisjoner langs kysten kan ha høyere nivåer av fremmedstoffer som følge av lokal forurensing.

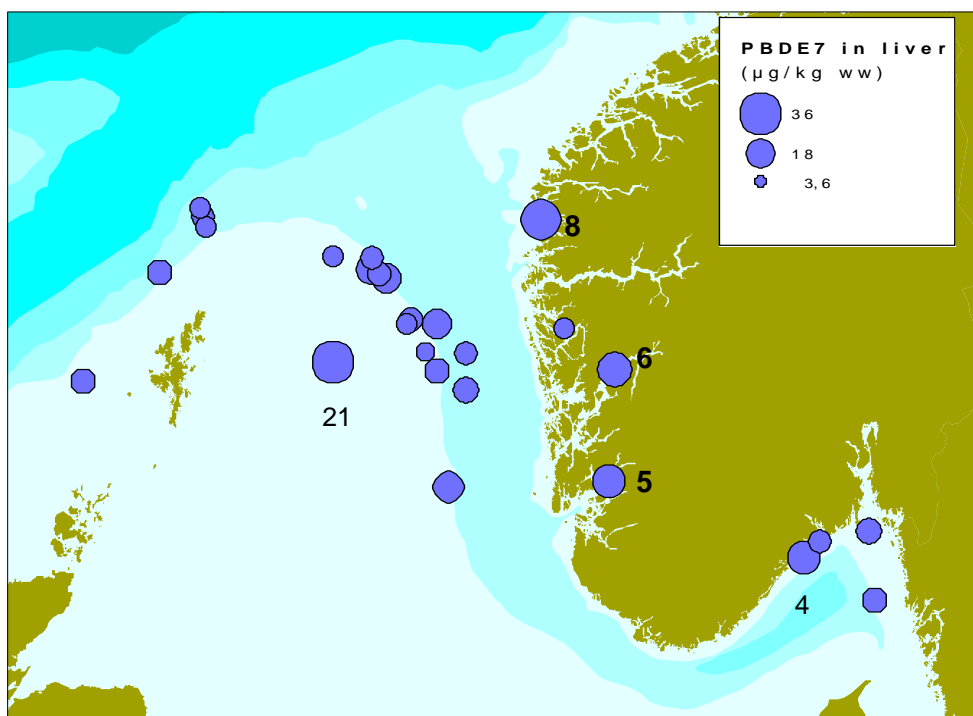


Figure 18. Mean concentrations of sum PBDE₇ (µg/kg ww) in liver of saithe captured at 27 different positions in the North Sea. The size of each circle indicates mean concentration for each position in relation to the scale given in the legend. Position numbers are indicated for the positions with the highest average concentrations of sum PBDE₇ in liver.

Tilsvarende som for sum PCDD/F+dl-PCB og for sum PCB₆, var gjennomsnittskonsentrasjonen av sum PBDE₇ signifikant høyere i sei fra kysten enn i sei fra åpent hav i Nordsjøen (tabell 13, figur 19), og nivået i sei fra åpent hav i Nordsjøen var også signifikant høyere enn det som er rapportert for sei fra Barentshavet (figur 19). Men mens det for sum PCDD/F+dl-PCB og sum PCB₆ ikke ble funnet noen signifikant forskjell mellom nivåene i åpent hav i Nordsjøen og i Norskehavet (figur 12 og 15), var gjennomsnittet av sum PBDE₇ i sei fra åpent hav i Nordsjøen signifikant høyere enn det som er rapportert for sei fra Norskehavet (figur 19). På samme måte som for sum PCDD/F+dl-PCB og sum

PCB₆ kan forskjellen i PBDE₇-konsentrasjonen mellom havområdene til dels forklares ved forskjeller i fiskens alder, størrelse og fettinnhold i lever, men dette er ikke hele forklaringen. Også for sum PBDE₇ ble det funnet en signifikant positiv sammenheng med fiskens alder ($r = 0,31$, $p < 0,001$), lengde ($r = 0,41$, $p < 0,001$) og vekt ($r = 0,30$, $p < 0,001$) og en meget svak negativ sammenheng med fettinnhold i lever ($r = -0,10$, $p < 0,001$). Selv om disse faktorene nok bidrar noe til variasjonen i nivået av sum PBDE₇ mellom ulike områder er det likevel klart at det også for PBDE₇ var flere faktorer enn disse som bestemte nivået i ulike områder. Sammenligning av fisk av samme alder, størrelse eller med samme fettinnhold i lever fra de ulike områdene viste på tilsvarende måte som for sum PCDD/F+d1-PCB og sum PCB₆, at nivået av PBDE₇ i seilever i de aller fleste alders-, størrelses- eller fettinnhold-grupper varierte på samme måte mellom de ulike områdene, dvs med høyest nivå i sei fra kysten, noe lavere i sei fra åpent hav i Nordsjøen, ennå lavere i Norskehavet og lavest i Barentshavet. (figur 20). Dette tyder på at forskjellen i nivåene av organiske fremmedstoffer mellom havområdene er reell, og ikke bare forårsaket av tilfeldige forskjeller i alder, størrelse og fettinnhold i fisken som ble fanget i de ulike områdene.

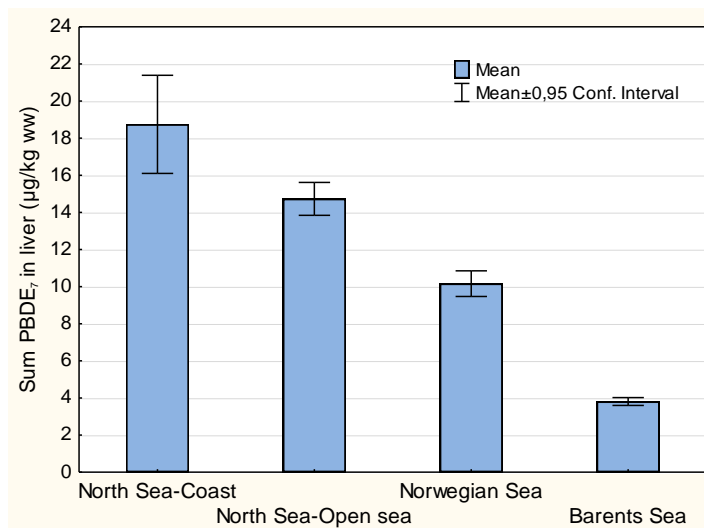


Figure 19. Concentrations of sum PBDE₇ in liver from saithe captured in the coastal areas (North Sea-Coast) and in the open sea (North Sea-Open sea) of the North Sea. Concentrations of sum PBDE₇ in liver from saithe sampled in the Norwegian Sea and in the Barents Sea in an earlier study (Nilsen *et al.*, 2013) are shown for comparison. Mean concentrations \pm 95% confidence intervals are shown for each area.

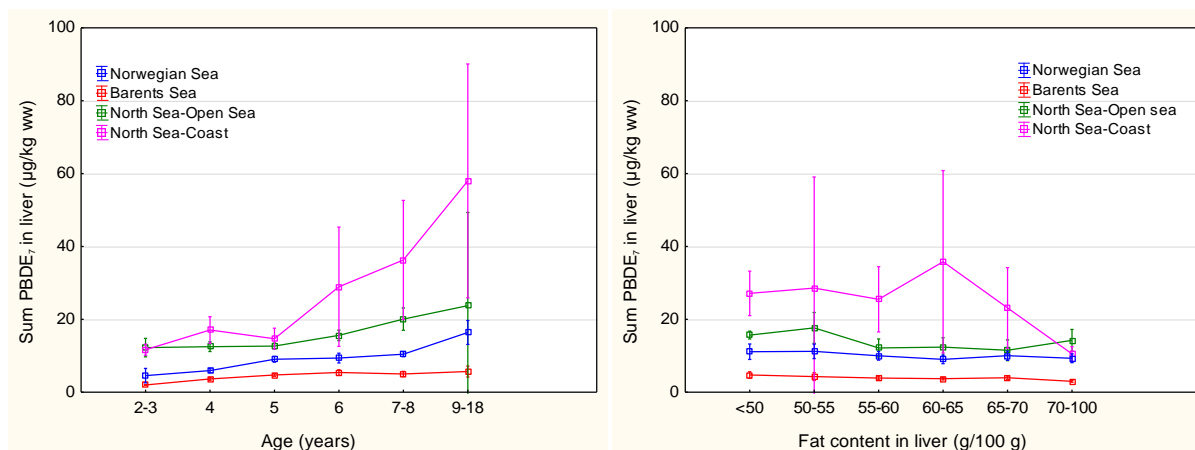


Figure 20. Concentration of sum PBDE₇ (µg/kg ww) in liver of saithe from the North Sea-Coast, the North Sea-Open sea, the Norwegian Sea and the Barents Sea grouped according to age (left) and fat content in liver (right). Mean concentrations ± 95% confidence intervals are shown for each age and fat content group.

Konsentrasjonen av sum PBDE₇ varierte med årstiden fisken var fanget på lignende måte som for sum PCDD/F+dl-PCB og sum PCB₆, med den ene forskjell at konsentrasjonen var høyest i 1. kvartal, ikke i 4. kvartal. Dette skyldes at fisken fra de to posisjonene som ble prøvetatt i 4. kvartal (posisjon 2 og 3 i ytre Oslofjord og ved Telemark) og som hadde et høyt innhold av både sum PCDD/F+dl-PCB og sum PCB₆, hadde et innhold av sum PBDE₇ som ikke var spesielt høyt i forhold til de andre posisjonene. For sum PBDE₇ var konsentrasjonen høyest i 1. kvartal (17,0 µg/kg v), og deretter var det en gradvis nedgang gjennom 2. kvartal (15,4 µg/kg vv) og 3. kvartal (11,3 µg/kg vv) fulgt av en liten økning igjen til 4. kvartal (13,1 µg/kg vv). Denne årstidsvariasjonen for PBDE₇ kan trolig til dels forklares ved forskjeller i fiskens alder og størrelse, siden disse faktorene varierte gjennom året på lignende måte som sum PBDE₇.

KONKLUSJON

Nivået av fremmedstoffer i muskel fra nordsjøsei var generelt lavt. Innholdet av arsen, kadmium og bly lå på samme nivå mens innholdet av kvikksølv var noe høyere enn som det som tidligere har vært målt i nordøstarktisk sei, samt det som har vært rapportert for NVG-sild, makrell og nordsjøsil i andre basisundersøkelser. I forhold til nivåene i muskel fra torsk og blåkveite, var nivået av arsen og kvikksølv lavere i muskel fra sei, mens nivåene av bly og kadmium lå på samme nivå i de tre artene. Innholdet av fremmedstoffer i muskel fra sei var klart lavere enn EUs og Norges grenseverdier for fremmedstoffer i fiskemuskel der slike finnes (kadmium, kvikksølv og bly), og ingen enkeltfisk hadde konsentrasjoner av fremmedstoffer i muskel over grenseverdiene.

Nivået av fremmedstoffer i lever fra nordsjøsei var høyere enn i muskel, og særlig var nivået av de organiske miljøgiftene dioksiner og PCB var relativt høyt i forhold til grenseverdiene som er fastsatt for disse forbindelsene, selv om nivået ikke var like høyt som det som tidligere er rapportert for torskelever. Henholdsvis 26 % og 18 % av seileverprøvene hadde konsentrasjoner av sum dioksiner og dioksinlignende PCB og sum PCB₆ over grenseverdiene for disse stoffene. Fem av totalt 27 posisjoner hadde gjennomsnittskonsentrasjoner over grenseverdien for sum dioksiner og dioksinlignende PCB, og tre av disse posisjonene hadde også gjennomsnittskonsentrasjoner som oversteg grenseverdien for sum PCB₆. De fem posisjonene med de høyeste konsentrasjonene av organiske miljøgifter i lever var fordelt med fire posisjoner langs kysten og én posisjon i åpent hav ved Vikingbanken.

Et av formålene med basisundersøkelser er å danne et grunnlag for fremtidig kunnskapsbasert overvåking av fremmedstoffer i våre viktigste fiskebestander. I utgangspunktet benyttet det en ”worst case”-tilnærming der det tas prøver fra de områder og de tider på året der nivåene av fremmedstoffer er antatt å være høyest. For nordsjøsei kan det se ut til at nivået av fremmedstoffer er høyest i 1. kvartal, selv om det er mulig at nivået er mer påvirket av fiskens størrelse og alder enn av hvilken tid på året fisken er fanget. Det er også av betydning hvilket område fisken er fanget i, og for arsen og organiske fremmedstoffer i lever er nivået høyere langs kysten enn i åpent hav i Nordsjøen. Det foreslås at fremtidig overvåking av nordsjøsei gjennomføres årlig i 1. kvartal med to posisjoner á 25 fisk, én i åpent hav ved Vikingbanken og én ved kysten av Telemark. Dette er to posisjoner som i denne undersøkelsen ble funnet å ha svært høye nivåer av organiske fremmedstoffer. Posisjonen ved Vikingbanken hadde i tillegg et relativt høyt innhold av kvikksølv i muskel, og posisjonen ved kysten av Telemark hadde et høyt innhold av kadmium i lever. Prøvetakingen bør standardiseres for å sikre en tilnærmet lik størrelsesfordeling for fisken fra alle posisjonene.

REFERANSER

CEN, 2009. Foodstuffs- determination of trace elements - determination of arsenic, cadmium, mercury and lead in foodstuffs by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) after pressure digestion, European Committee for Standardization (CEN), EN 15763:2009.

Duinker, A., Frantzen, S., Måge, A., Julshamn, K. (2013) Basisundersøkelse fremmedstoffer i Nordsjøsilde (*Clupea harengus*). NIFES-rapport. Bergen, NIFES: 26 s.

EU (2006). Commission regulation (EC) No. 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs (Text with EEA relevance). Official Journal of the European Union. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2006R1881:20120901:EN:PDF>

Frantzen, S., Måge, A., Julshamn, K. (2009). Basisundersøkelse av fremmedstoffer i Norsk Vårgytende Sild. NIFES-rapport. Bergen, NIFES: 24 s.

Frantzen, S., Måge, A., Julshamn, K. (2010). Basisundersøkelse av fremmedstoffer i makrell (*Scomber scombrus*). NIFES-rapport. Bergen, NIFES: 34 s.

Frantzen, S., Måge, A., Iversen, S.A., Julshamn, K. (2011). Seasonal variation in the levels of organohalogen compounds in herring (*Clupea harengus*) from the Norwegian Sea. Chemosphere 85, 179-187.

Forskrift 27. september 2002 nr. 1028: Forskrift om visse forurensende stoffer i næringsmidler, § 3 Gjennomføring av forordning (EF) nr. 1881/2006. <http://www.lovddata.no/cgi-wift/ldles?doc=/sf/sf/sf-20020927-1028.html>

Havforskningsinstituttet 2013, Havforskningsrapporten 2013. Fisken og havet, særnummer 1-2013, 198 sider.

http://www.imr.no/filarkiv/2013/03/havforskningsrapporten_2013_endelig_versjon_web.pdf/nb-no

ICES (2012). Report of the Arctic Fisheries Working Group 2012 (AFWG), 20 - 26 April 2012, ICES Headquarters, Copenhagen. ICES CM 2012/ACOM:05. 633 s.

Julshamn, K., Lundebye, E.-K., Heggstad, K., Berntssen, M.H.G., Boe, B. (2004). Norwegian monitoring programme on the inorganic and organic contaminants in fish caught in the Barents Sea, Norwegian Sea and North Sea, 1994-2001. Food Additives and Contaminants, 21, 365-376.

Julshamn, K., Måge, A., Skaar Norli, H., Grobecker, K., Jorhem, L. and Fecher, P. (2007) Determination of arsenic, cadmium, mercury and lead by ICP-MS in foods after pressure digestion: NMKL Collaborative study. J AOAC International, 90, 844-856.

Julshamn, K., Nilsen, B., Frantzen, S., Valdersnes, S., Maage, A., Nedreaas, K., Sloth, J.J. (2012). Total and inorganic arsenic in fish samples from Norwegian waters. *Food Additives and Contaminants: Part B*, 5, 229-235.

Julshamn, K., Nilsen B., Duinker, A., Frantzen, S., Valdersnes, S., Måge, A. og Nedreaas, K. (2013a). Basisundersøkelse fremmedstoffer i torsk (*Gadus morhua*). NIFES-rapport. Bergen, NIFES: 27s.

Julshamn, K., Duinker, A., Nilsen, B.M., Frantzen, S., Maage, A., Valdersnes, S. and Nedreaas, K. (2013b). A baseline study of levels of mercury, arsenic, cadmium and lead in Northeast Arctic cod (*Gadus morhua*) from different parts of the Barents Sea. *Mar. Pollut. Bull* 67, 187-195.

Julshamn, K., Duinker, A., Nilsen, B.M. Nedreaas, K. and Maage, A. (2013c). A baseline study of metals in cod (*Gadus morhua*) from the North Sea and coastal Norwegian waters, with focus on mercury, arsenic, cadmium and lead. *Mar. Pollut. Bull* 72, 264-273.

Karl, H., Ruoff, U. (2008). Dioxins and dioxin-like PCBs in fish and fishery products on the German market. *J. Verbr. Lebensm.* 3, 19-27.

Nilsen, B.M., Frantzen, S., Nedreaas, K. og Julshamn, K. (2010). Basisundersøkelse av fremmedstoffer i blåkkeite (*Rheinhardtius hippoglossoides*). NIFES-rapport. Bergen, NIFES: 42 s.

Nilsen, B.M., Frantzen, S. og Julshamn, K. (2011). Fremmedstoffer i villfisk med vekt på kystnære farvann. En undersøkelse av innholdet av dioksiner og dioksinlignende PCB i torskelever fra 15 fjorder og havner langs norskekysten 2009. NIFES-rapport. Bergen, NIFES: 77 s

Nilsen, B.M., Julshamn, K., Duinker, A., Nedreaas, K. og Måge, A. (2013). Basisundersøkelse av fremmedstoffer i sei (*Pollacchius virens*) fra Norskehavet og Barentshavet. NIFES-rapport. Bergen, NIFES: 44 s.

NMKL, 2007. Trace elements-As, Cd, Hg and Pb. Determination by ICP-MS after pressure digestion. Nordic Committee on Food Analysis (www.nmkl.org) Protocol No. 186.

Sandberg, P. (2013). Økonomiske og biologiske nøkkeltall frå dei norske fiskeria 2012. Fiskeridirektoratet: 42 s. <http://www.fiskeridir.no/fiskeridir/statistikk/fiskeri/noekkeltall>

Van den Berg, M., Birnbaum, L., Denison, M., De Vito, M., Farland, W., Feeley, M., Fiedler, H., Hakansson, H., Hanberg, A., Haws, L., Rose, M., Safe, S., Schrenk, D., Tohyama, C., Tritscher, A., Tuomisto, J., Tysklind, M., Walker, N., Peterson, R., 2006. The 2005 World Health Organization reevaluation of human and mammalian toxic equivalency factors for dioxins and dioxin-like compounds. *Toxicological sciences* 93, 223-241.

APPENDIX

Tabeller A1 til A7

Table A1. Physical parameters; length (cm), weight (g), age (years) and sex (% females) of saithe from 27 different positions in the North Sea. Number of samples (N), mean, standard deviation (SD), minimum and maximum values are given for each position.

Position number	Sampling time (quarter of the year)	Length (cm)					Weight (g)					Age (years)					Sex	
		N	Mean	SD	min	max	N	Mean	SD	min	max	N	Mean	SD	min	max	N	% females
1	1st	25	40.4	3.4	36	48	25	657	196	319	1142	25	4.3	0.9	3	6	25	44
2	4th	25	45.8	5.6	37	54	25	1054	377	453	1704	25	4.0	0.9	3	5	25	56
3	4th	25	39.4	2.0	35	43	25	614	86	472	826	25	3.0	0.8	2	5	0	
4	1st	24	47.0	5.9	40	71	24	1099	551	670	3486	24	4.8	1.3	3	9	24	46
5	1st	25	55.8	4.4	49	64	25	2205	521	1332	3183	25	5.4	1.4	3	8	25	56
6	1st	25	62.8	5.8	51	72	25	2829	664	1481	3778	25	5.4	1.8	3	9	25	68
7	1st	25	54.2	6.6	48	82	25	2095	412	1515	3328	25	4.1	1.3	3	8	25	48
8	2nd	22	63.4	9.4	50	82	22	2771	1095	1148	5132	22	6.5	2.4	3	12	22	41
9	2nd	25	50.0	4.3	43	58	25	1482	373	912	2248	24	5.4	1.0	4	7	25	64
10	1st	25	45.9	4.0	39	51	25	1033	301	547	1627	25	4.8	1.0	3	6	25	48
11	1st	25	48.2	3.3	39	54	25	1192	282	600	1739	25	5.5	0.7	4	6	25	44
12	1st	25	45.9	3.5	40	54	25	1102	275	696	1664	25	5.0	0.9	4	6	25	68
13	1st	25	63.9	3.6	57	73	25	3524	601	2428	4877	25	6.5	1.6	3	10	25	56
14	1st	22	48.6	3.1	42	55	22	1362	297	849	2150	22	5.7	0.6	4	6	22	27
15	3rd	25	43.1	2.6	39	48	25	837	141	603	1080	25	3.8	1.4	3	9	25	44
16	3rd	23	44.7	7.1	37	66	23	1046	735	553	3853	23	4.2	1.5	3	9	23	52
17	1st	25	45.8	3.4	39	52	25	1018	229	607	1526	25	5.8	1.7	3	8	25	36
18	1st	25	43.3	3.4	36	49	25	846	170	508	1172	25	4.4	0.7	3	5	25	48
19	1st	24	44.7	2.1	39	48	24	895	97	635	1034	24	6.4	1.7	4	8	24	46
20	1st	25	41.6	1.9	38	46	25	719	105	505	994	25	5.0	0.9	3	6	25	56
21	1st	25	65.7	4.1	58	77	25	3385	586	1970	4510	25	6.7	1.2	4	9	25	40
22	2nd	25	44.6	1.5	42	48	25	994	98	792	1186	25	6.2	1.6	4	8	24	33
23	2nd	24	43.3	1.6	40	46	24	891	120	670	1073	24	5.0	0.8	4	8	24	38
24	2nd	25	43.8	1.9	40	47	25	932	148	733	1334	25	5.4	1.4	3	8	25	76
25	2nd	25	42.8	2.3	35	46	25	899	128	470	1076	25	4.6	0.7	3	5	25	44
26	2nd	25	42.6	2.5	36	46	25	816	137	516	1030	25	4.7	1.5	3	8	25	60
27	1st	25	66.5	3.4	61	74	25	3779	502	2890	4926	25	7.2	1.1	5	10	25	44
All Grps		664	49.0	9.2	35	82	664	1483	1020	319	5132	663	5.2	1.6	2	12	638	50

Table A2. Dry matter (g/100 g) of muscle tissue, liver weight (g) and fat contents of the liver (g/100 g) of saithe from 27 different positions in the North Sea.

Position number	Sampling time (quarter of the year)	Dry matter muscle (g/100 g)					Liver weight (g)					Fat content in liver (g/100 g)				
		N	Mean	SD	min	max	N	Mean	SD	min	max	N	Mean	SD	min	max
1	1st	25	18.84	0.86	16.6	20.3	25	14.85	6.16	5.42	28.9	4	31.3	11.4	18	46
2	4th	25	19.68	0.71	18.5	22.2	25	35.67	23.53	4.71	88.6	23	53.2	14.7	11	71
3	4th	25	18.85	0.73	16.5	19.9	25	11.46	4.78	4.76	21.7	0				
4	1st	24	20.76	1.21	19.3	24.4	24	29.89	48.97	10.8	255	24	24.5	12.3	8.2	49
5	1st	25	22.26	1.27	19.9	24.8	25	209.0	121.3	61.3	505	25	71.0	9.2	48	81
6	1st	25	22.26	1.42	20.1	24.6	25	203.8	112.4	65.3	465	25	63.7	15.0	28	81
7	1st	25	23.99	1.91	16.5	26.2	25	224.2	63.1	37.0	331	25	68.8	15.5	4.9	82
8	2nd	22	21.00	1.66	18.3	24.7	22	191.7	126.2	12.3	426	21	64.7	21.5	7.7	87
9	2nd	25	20.65	0.55	19.8	21.6	25	47.89	22.01	19.8	106	25	40.6	13.1	19	67
10	1st	25	20.34	0.78	19.1	22.1	25	37.37	19.25	12.4	75.9	25	45.9	12.6	15	62
11	1st	25	19.82	0.85	18.0	21.4	25	43.30	23.25	9.00	88.1	24	49.2	10.8	14	65
12	1st	25	20.02	0.50	19.0	20.8	25	49.36	21.69	14.8	88.5	25	54.9	9.6	38	80
13	1st	25	21.20	0.69	19.8	22.7	23	248.3	81.8	127	393	25	68.9	6.6	55	80
14	1st	22	19.65	0.58	18.6	20.8	0					22	53.3	10.5	25	71
15	3rd	25	20.68	0.54	19.5	21.6	24	30.48	11.81	9.02	49.2	25	42.3	18.3	8.1	63
16	3rd	23	21.12	0.59	19.5	21.9	23	44.23	60.22	15.0	298	23	45.8	14.5	22	76
17	1st	25	21.26	0.36	20.6	22.1	25	27.12	13.54	11.2	72.8	22	41.8	11.5	19	62
18	1st	25	20.89	0.47	20.1	21.6	25	18.64	7.80	6.59	32.0	18	38.8	12.7	5.9	58
19	1st	24	21.67	0.69	20.1	23.0	24	17.25	5.68	8.73	28.3	16	42.9	12.2	20	63
20	1st	25	20.94	0.71	19.5	22.3	25	11.81	3.67	5.58	21.3	10	28.8	9.5	13	45
21	1st	25	20.27	1.27	18.5	23.5	25	170.9	83.2	56.7	364	25	61.3	12.6	43	87
22	2nd	25	20.67	1.65	13.7	22.4	25	46.66	18.02	6.46	82.2	24	47.5	10.1	28	65
23	2nd	24	20.16	0.62	19.0	21.6	24	36.68	13.86	17.7	67.0	24	41.2	12.6	17	58
24	2nd	25	19.99	0.81	18.3	21.8	25	35.83	16.33	10.7	81.6	25	40.1	14.2	4.8	59
25	2nd	25	20.71	0.71	20.0	22.6	25	37.64	13.40	11.6	65.4	25	45.4	13.3	15	69
26	2nd	25	21.00	0.61	19.9	22.5	25	32.10	11.79	14.8	55.1	25	41.5	13.6	15	62
27	1st	25	20.63	0.78	19.6	22.4	25	226.4	55.4	134	332	25	67.2	7.4	48	77
All Grps		664	20.72	1.40	13.7	26.2	639	79.48	95.67	4.71	505	580	50.4	17.6	4.8	87

Table A3. Concentrations of metals (As, Cd, Hg and Pb; mg/kg ww) in muscle tissue of saithe from 27 different positions in the North Sea. Number of samples (N), mean, standard deviation (SD), minimum and maximum values are shown.

Position number	Sampling time (quarter of the year)	N	As in muscle (mg/kg ww)				Cd in muscle (mg/kg ww)					Hg in muscle (mg/kg ww)				Pb in muscle (mg/kg ww)		
			Mean	SD	min	max	Mean	SD	min	max	# < LOQ	Mean	SD	min	max	min	max	# < LOQ
1	1st	25	4.85	1.79	2.4	8.6	0.0037	0.0016	0.001	0.006	0	0.088	0.027	0.061	0.17	<0.005	0.027	14
2	4th	25	3.00	1.31	0.98	6.4	0.0012	0.0005	<0.001	0.003	11	0.072	0.024	0.031	0.11	<0.005	0.006	25
3	4th	25	2.63	1.16	1.1	4.8	-*	-*	<0.002	0.005	13	0.046	0.015	0.026	0.086	<0.005	0.017	23
4	1st	24	3.16	2.01	1.8	12	0.0021	0.0010	0.001	0.004	0	0.075	0.044	0.038	0.27	<0.005	0.068	18
5	1st	25	2.24	2.68	0.41	11	-*	-*	<0.001	0.001	24	0.054	0.035	0.022	0.16	<0.006	0.023	23
6	1st	25	2.72	2.35	0.37	8.7	-*	-*	<0.001	0.010	23	0.063	0.031	0.023	0.15	<0.006	0.060	25
7	1st	25	0.76	0.21	0.56	1.6	-*	-*	<0.001	0.003	19	0.060	0.062	0.031	0.35	<0.005	0.075	23
8	2nd	22	2.78	3.34	0.50	15	-*	-*	<0.001	0.002	17	0.059	0.032	0.020	0.12	<0.005	0.007	22
9	2nd	25	5.42	1.56	2.2	8.1	0.0017	0.0011	<0.001	0.005	9	0.091	0.028	0.047	0.15	<0.006	0.009	24
10	1st	25	2.80	0.69	1.7	4.7	0.0013	0.0007	<0.001	0.004	11	0.069	0.030	0.034	0.17	<0.006	0.006	25
11	1st	25	2.12	0.68	1.2	4.3	0.0022	0.0012	<0.001	0.005	2	0.069	0.023	0.036	0.12	<0.005	0.006	25
12	1st	25	3.02	0.95	1.40	4.9	-*	-*	<0.001	0.003	19	0.060	0.021	0.034	0.12	<0.005	0.007	24
13	1st	25	2.08	1.07	0.63	4.5	-*	-*	<0.001	0.004	13	0.118	0.036	0.041	0.18	<0.006	0.007	25
14	1st	22	2.20	0.82	0.90	3.7	0.0014	0.0005	<0.001	0.002	4	0.099	0.032	0.029	0.15	<0.005	0.007	21
15	3rd	25	1.29	0.47	0.49	2.5	0.0012	0.0004	<0.001	0.002	6	0.046	0.014	0.026	0.073	<0.006	0.006	25
16	3rd	23	1.38	0.55	0.72	3.0	0.0016	0.0011	<0.001	0.006	3	0.054	0.031	0.022	0.17	<0.006	0.006	23
17	1st	25	2.73	0.62	1.9	4.3	0.0019	0.0008	<0.001	0.004	3	0.063	0.017	0.037	0.10	<0.006	0.006	25
18	1st	25	2.54	0.74	1.3	4.2	0.0012	0.0005	<0.001	0.003	11	0.060	0.020	0.037	0.11	<0.006	0.006	25
19	1st	24	2.54	0.75	1.6	4.3	0.0030	0.0018	0.001	0.008	0	0.067	0.019	0.036	0.11	<0.006	0.016	23
20	1st	25	3.58	0.92	2.1	5.0	0.0024	0.0012	<0.001	0.005	2	0.057	0.016	0.031	0.099	<0.006	0.006	25
21	1st	25	1.66	0.85	0.60	4.8	0.0011	0.0003	<0.001	0.002	11	0.110	0.053	0.017	0.22	<0.005	0.007	25
22	2nd	25	8.48	2.99	2.1	15	0.0018	0.0014	0.001	0.007	0	0.050	0.013	0.031	0.087	<0.004	0.006	25
23	2nd	24	3.02	1.07	0.75	5.4	-*	-*	<0.001	0.008	21	0.027	0.008	0.015	0.046	<0.005	0.006	24
24	2nd	25	3.48	1.07	1.7	5.8	0.0016	0.0007	<0.001	0.003	5	0.034	0.010	0.022	0.053	<0.005	0.006	25
25	2nd	25	3.79	1.09	2.0	6.3	-*	-*	<0.001	0.002	15	0.036	0.010	0.022	0.063	<0.006	0.007	25
26	2nd	25	3.18	1.05	1.1	5.6	0.0014	0.0006	<0.001	0.003	12	0.032	0.009	0.019	0.061	<0.006	0.006	25
27	1st	25	1.47	0.53	0.60	2.5	-*	-*	<0.001	0.001	17	0.113	0.026	0.076	0.17	<0.006	0.007	25
All Grps		664	2.93	2.06	0.37	15	0.0016	0.0011	<0.001	0.010	271	0.066	0.037	0.015	0.35	<0.004	0.075	637

*Mean value and SD were not calculated since more than half of the samples had concentrations of cadmium below the limit of quantification (LOQ).

Table A4. Concentrations of metals (As, Cd, Hg and Pb; mg/kg ww) in liver of saithe from 27 different positions in the North Sea. Number of samples (N), mean, standard deviation (SD), minimum and maximum values are shown.

Position number	Sampling time (quarter of the year)	N	As in liver (mg/kg ww)				Cd in liver (mg/kg ww)					Hg in liver (mg/kg ww)					Pb in liver (mg/kg ww)		
			Mean	SD	min	max	Mean	SD	min	max	# < LOQ	Mean	SD	min	max	# < LOQ	min	max	# < LOQ
1	1st	25	9.51	3.73	4.5	18	0.655	0.296	0.33	1.7	0	0.073	0.051	0.024	0.19	0	<0.02	0.038	21
2	4th	25	7.40	3.91	3.3	22	0.355	0.147	0.20	0.74	0	0.024	0.014	0.009	0.052	0	<0.02	0.030	24
3	4th	25	14.9	7.56	5.2	38	0.501	0.340	0.19	1.7	0	0.026	0.018	0.007	0.082	0	<0.02	0.036	20
4	1st	24	10.2	7.05	3.8	41	0.723	0.267	0.23	1.1	0	0.040	0.022	0.015	0.12	0	<0.02	0.070	16
5	1st	25	5.25	7.78	1.9	41	0.056	0.046	0.012	0.18	0	0.013	0.012	<0.004	0.041	3	<0.02	0.030	25
6	1st	25	4.75	2.99	1.2	12	0.044	0.038	0.012	0.20	0	0.018	0.018	<0.003	0.072	2	<0.02	0.030	25
7	1st	24	2.45	0.50	0.86	3.3	0.021	0.018	<0.004	0.09	1	0.006	0.003	<0.003	0.016	7	<0.02	0.030	24
8	2nd	22	4.46	3.89	1.5	19	0.198	0.203	0.008	0.66	0	0.022	0.021	<0.004	0.068	2	<0.02	0.034	19
9	2nd	25	7.63	2.85	3.9	14	0.394	0.242	0.082	0.99	0	0.021	0.012	0.006	0.070	0	<0.03	0.030	25
10	1st	25	7.24	2.30	4.1	12	0.318	0.162	0.11	0.79	0	0.012	0.004	0.005	0.025	0	<0.03	0.030	25
11	1st	25	6.50	2.88	2.6	14	0.415	0.211	0.21	1.1	0	0.017	0.007	0.008	0.034	0	<0.03	0.400	17
12	1st	25	6.75	2.09	3.3	12	0.282	0.135	0.11	0.66	0	0.010	0.004	<0.005	0.019	1	<0.03	0.030	25
13	1st	25	6.55	3.63	2.2	15	0.195	0.110	0.021	0.43	0	0.020	0.010	0.004	0.037	0	<0.02	0.020	25
14	1st	22	5.35	2.49	2.4	11	0.395	0.157	0.17	0.79	0	0.015	0.006	<0.005	0.029	1	<0.03	0.030	22
15	3rd	25	3.21	1.28	1.8	7.1	0.271	0.161	0.11	0.68	0	0.012	0.008	0.006	0.042	0	<0.02	0.032	22
16	3rd	23	3.07	0.78	1.6	4.7	0.277	0.121	0.049	0.53	0	0.010	0.006	<0.004	0.033	1	<0.02	0.130	19
17	1st	23	2.72	0.74	1.5	4.3	0.293	0.101	0.16	0.61	0	0.011	0.003	0.006	0.017	0	<0.02	0.020	23
18	1st	20	3.13	1.57	2.0	9.3	0.363	0.176	0.19	0.97	0	0.009	0.003	0.005	0.014	0	<0.02	0.020	20
19	1st	18	5.22	2.03	2.2	9.2	0.481	0.158	0.32	0.92	0	0.015	0.006	<0.005	0.025	1	<0.02	0.031	17
20	1st	13	8.41	2.26	5.1	12	0.713	0.334	0.48	1.8	0	0.020	0.006	0.008	0.029	0	<0.02	0.020	13
21	1st	25	6.64	6.29	1.1	28	0.259	0.217	0.010	0.99	0	0.026	0.018	<0.003	0.075	4	<0.02	0.030	25
22	2nd	24	9.48	2.77	3.2	14	0.253	0.095	0.11	0.46	0	0.017	0.003	0.010	0.023	0	<0.02	0.047	22
23	2nd	24	7.17	2.43	2.5	15	0.336	0.172	0.13	0.73	0	0.015	0.004	0.009	0.024	0	<0.02	0.100	21
24	2nd	25	6.72	2.61	3.0	16	0.285	0.124	0.17	0.59	0	0.017	0.005	0.009	0.027	0	<0.02	0.040	24
25	2nd	24	6.78	3.04	2.7	18	0.305	0.177	0.062	0.94	0	0.019	0.007	0.007	0.035	0	<0.02	0.030	23
26	2nd	25	7.46	2.93	3.1	15	0.312	0.139	0.12	0.64	0	0.015	0.007	0.006	0.034	0	<0.02	0.035	23
27	1st	25	5.85	4.29	2.2	20	0.255	0.158	0.064	0.65	0	0.026	0.011	0.012	0.066	0	<0.02	0.020	25
All Grps		636	6.51	4.57	0.86	41	0.323	0.243	<0.004	1.8	1	0.020	0.019	<0.003	0.19	22	<0.02	0.400	590

Table A5. Concentrations of the sums of non-ortho PCBs, mono-ortho PCBs, PCDDs and PCDFs as well as PCB-126 (ng WHO-2005-TEQ/kg ww) in liver tissue of saithe from 27 different positions in the North Sea. Number of samples (N), mean, standard deviation (SD), minimum and maximum values are shown. All sums are based on upperbound LOQ.

Position number	Sampling time (quarter of the year)	N	Sum non-ortho PCB (ng TEQ/kg ww)				Sum mono-ortho PCB (ng TEQ/kg ww)				Sum PCDD (ng TEQ/kg ww)				Sum PCDF (ng TEQ/kg ww)				PCB-126 (ng TEQ/kg ww)			
			mean	SD	min	max	mean	SD	min	Max	mean	SD	min	max	mean	SD	min	max	mean	SD	min	max
1	1st	25	18.9	6.0	6.0	35	0.898	0.445	0.13	1.7	2.92	1.17	1.1	6.0	2.76	1.19	0.86	5.2	17.4	5.6	5.3	32
2	4th	25	17.2	13.9	4.0	63	1.37	1.52	0.14	8.0	2.87	1.71	0.71	8.1	3.09	2.47	0.50	13	16.0	13.0	3.7	59
3	4th	25	14.0	5.1	6.4	27	0.902	0.499	0.11	2.5	1.93	0.80	0.82	4.1	1.82	0.92	0.45	4.0	12.9	4.7	5.8	25
4	1st	24	22.1	7.2	8.9	37	1.18	0.40	0.51	2.1	3.46	1.77	1.2	11	3.11	2.24	1.3	12	20.6	6.7	8.2	35
5	1st	25	12.8	13.6	3.3	56	1.09	1.20	0.24	4.7	2.70	2.95	0.63	11	2.45	2.14	0.74	8.3	11.9	12.6	3.1	52
6	1st	23	14.8	11.2	3.5	43	1.18	0.88	0.26	3.3	2.87	2.09	0.78	7.1	3.26	2.13	0.87	7.1	13.7	10.3	3.3	40
7	1st	25	4.95	6.56	1.8	36	0.382	0.440	0.17	2.5	1.21	0.42	0.71	2.1	0.816	0.280	0.46	1.8	4.53	5.62	1.7	31
8	2nd	20	14.1	12.5	3.0	54	1.26	1.03	0.25	3.8	1.64	1.22	0.53	5.1	1.74	1.13	0.44	4.9	12.9	11.4	2.8	49
9	2nd	25	13.3	5.2	5.7	23	0.959	0.361	0.46	1.7	2.72	1.49	1.2	7.8	2.42	0.81	1.1	4.2	12.2	4.9	5.2	22
10	1st	25	9.69	2.52	5.7	15	0.697	0.239	0.34	1.5	1.69	0.54	1.1	3.7	1.55	0.49	0.80	3.2	8.97	2.44	5.2	14
11	1st	25	12.2	6.6	1.5	29	0.907	0.454	0.25	2.1	2.18	0.94	0.88	4.6	2.09	1.02	0.44	4.2	11.6	6.3	1.0	27
12	1st	25	8.49	4.01	3.6	16	0.600	0.281	0.27	1.2	1.58	0.47	1.1	3.2	1.45	0.37	0.97	2.5	7.81	3.70	3.3	15
13	1st	25	6.54	3.74	2.5	22	0.626	0.298	0.30	1.9	1.47	1.16	0.74	5.6	1.88	1.00	0.93	5.7	6.07	3.47	2.3	21
14	1st	21	12.1	4.3	5.0	21	0.919	0.275	0.50	1.6	2.21	0.73	1.2	3.7	2.20	0.74	1.0	3.6	11.2	4.08	4.5	20
15	3rd	25	7.75	2.25	4.1	13	0.521	0.175	0.16	0.8	1.18	0.43	0.44	2.0	0.981	0.713	0.14	3.2	7.18	2.12	3.7	12
16	3rd	23	9.6	4.4	3.9	25	0.686	0.303	0.31	1.7	1.42	0.53	0.69	2.7	1.26	0.64	0.40	2.3	8.87	4.09	3.6	23
17	1st	25	14.5	7.6	3.4	30	0.873	0.394	0.27	1.7	2.08	0.88	0.74	4.3	1.83	0.66	0.76	3.7	13.4	7.1	3.0	28
18	1st	24	12.8	8.0	3.6	39	0.665	0.294	0.14	1.3	1.63	0.67	0.37	3.8	1.44	0.66	0.41	3.0	11.7	7.2	3.2	34
19	1st	24	14.9	4.7	4.8	27	0.887	0.250	0.40	1.5	1.98	0.72	1.0	3.9	1.94	0.66	1.1	4.3	13.7	4.3	4.3	25
20	1st	24	11.0	4.2	3.2	19	0.584	0.251	0.15	1.0	1.73	0.77	0.92	4.8	1.34	0.47	0.61	2.5	10.1	3.9	2.8	17
21	1st	25	19.5	12.6	4.6	56	1.32	0.78	0.40	3.6	2.77	1.72	0.54	8.6	3.14	1.62	0.77	7.6	18.0	11.6	4.3	52
22	2nd	25	9.18	1.64	6.1	13	0.662	0.144	0.25	1.0	1.17	0.40	0.70	2.8	1.78	0.45	0.82	2.6	8.47	1.49	5.7	12
23	2nd	24	9.00	2.54	5.1	15	0.652	0.133	0.44	0.9	1.33	0.34	0.86	2.2	1.87	0.37	1.2	2.6	8.32	2.33	4.7	14
24	2nd	25	9.47	3.11	6.3	16	0.668	0.203	0.22	1.1	1.39	0.50	0.86	3.4	1.75	0.42	0.61	2.6	8.72	2.84	5.8	15
25	2nd	25	8.36	1.78	5.7	12	0.651	0.156	0.43	1.2	1.28	0.27	0.74	1.7	1.73	0.44	0.87	2.6	7.73	1.65	5.2	11
26	2nd	25	10.1	3.9	6.2	25	0.779	0.314	0.51	1.8	1.39	0.42	0.71	2.6	1.76	0.59	0.68	3.5	9.35	3.63	5.6	23
27	1st	25	8.52	3.64	3.3	17	0.719	0.314	0.28	1.5	1.10	0.40	0.60	2.3	1.54	0.61	0.53	3.4	7.87	3.36	2.9	16
All Grps		657	12.0	8.0	1.5	63	0.834	0.599	0.11	8.0	1.92	1.30	0.37	11	1.96	1.27	0.14	13	11.1	7.4	1.0	59

Table A6. Concentrations of the sum of PCDDs and PCDFs (PCDD/F), the sum of non-ortho and mono-ortho PCBs (dl-PCB) and the total sum of PCDDs, PCDFs, non-ortho PCBs and mono-ortho PCBs (PCDD/F+dl-PCB) (ng WHO-2005-TEQ/kg ww) in liver tissue of saithe from 27 different positions in the North Sea. Number of samples (N), mean, standard deviation (SD), minimum and maximum values are shown. For sum PBDD/F+dl-PCB, the number of samples exceeding the EU maximum level of 20 ng TEQ/kg ww is shown. All sums are based on upper bound LOQ.

Position number	Sampling time (quarter of the year)	N	Sum PCDD/F (ng TEQ/kg ww)				Sum dl-PCB (ng TEQ/kg ww)				Sum PCDD/F+dl-PCB (ng TEQ/kg ww)				
			Mean	SD	min	max	Mean	SD	min	max	Mean	SD	min	max	# > 20 ng TEQ/kg ww
1	1st	25	5.68	2.26	2.0	11	19.8	6.3	6.1	36	25.4	8.4	8.3	47	21
2	4th	25	5.95	3.95	1.2	19	18.6	15.3	4.1	71	24.5	18.4	5.4	83	10
3	4th	25	3.76	1.65	1.5	8.1	14.9	5.5	6.5	29	18.7	6.7	8.1	34	11
4	1st	24	6.57	3.90	3.1	23	23.3	7.5	9.7	39	29.8	10.4	14	62	20
5	1st	25	5.16	5.07	1.5	20	13.9	14.8	3.6	61	19.1	19.8	5.1	80	8
6	1st	23	6.13	4.15	1.7	14	16.0	12.0	3.8	46	22.1	16.0	5.6	61	10
7	1st	25	2.03	0.57	1.4	3.5	5.33	7.00	2.0	38	7.36	7.24	3.6	41	1
8	2nd	20	3.37	2.31	1.1	10	15.3	13.4	3.3	58	18.7	15.5	4.6	68	7
9	2nd	25	5.14	2.07	2.3	11	14.3	5.6	6.2	25	19.4	6.8	9.1	34	11
10	1st	25	3.23	1.00	2.0	6.9	10.4	2.7	6.0	16	13.6	3.6	8.1	23	1
11	1st	25	4.28	1.92	1.3	8.9	13.1	7.1	1.8	31	17.4	8.7	3.2	39	6
12	1st	25	3.03	0.78	2.1	5.7	9.09	4.27	4.0	17	12.1	4.9	6.2	23	1
13	1st	25	3.35	1.95	1.8	9.2	7.16	4.01	2.8	24	10.5	5.6	4.6	33	1
14	1st	21	4.41	1.41	2.4	7.0	13.0	4.5	5.6	22	17.4	5.7	8.0	30	6
15	3rd	25	2.16	1.09	0.59	5.1	8.27	2.41	4.2	14	10.4	3.3	4.9	19	0
16	3rd	23	2.69	1.13	1.1	5.0	10.3	4.7	4.2	26	13.0	5.6	5.9	30	1
17	1st	25	3.90	1.50	1.5	8.0	15.3	7.9	3.6	32	19.3	9.3	6.1	39	12
18	1st	24	3.07	1.28	0.9	6.8	13.5	8.1	3.8	39	16.6	8.9	4.7	42	6
19	1st	24	3.92	1.31	2.4	8.2	15.8	4.9	5.2	28	19.7	5.7	8.2	32	11
20	1st	24	3.07	1.03	1.7	6.3	11.6	4.4	3.4	20	14.7	5.1	5.2	23	4
21	1st	25	5.91	3.29	1.3	16	20.8	13.3	5.0	59	26.7	16.3	6.3	76	17
22	2nd	25	2.95	0.71	1.6	4.8	9.85	1.73	6.6	14	12.8	2.0	9.2	17	0
23	2nd	24	3.20	0.55	2.1	4.2	9.65	2.67	5.6	16	12.9	3.0	7.6	20	0
24	2nd	25	3.14	0.75	1.5	5.4	10.1	3.3	6.8	17	13.3	3.7	8.9	21	3
25	2nd	25	3.01	0.63	1.6	4.3	9.01	1.89	6.2	13	12.0	2.0	8.8	16	0
26	2nd	25	3.14	0.93	1.7	6.1	10.9	4.2	6.7	26	14.1	4.8	8.7	32	2
27	1st	25	2.65	0.95	1.2	5.6	9.24	3.90	3.5	18	11.9	4.7	4.7	24	2
All Grps		657	3.88	2.47	0.59	23	12.9	8.5	1.8	71	16.8	10.6	3.2	83	172

Table A7. Concentrations of the sum of six non-dioxin like PCBs (sum PCB₆), the sum of seven non-dioxin like PCBs (sum PCB₇) and the sum of seven PBDEs (sum PBDE₇) as well as PBDE-47 (µg/kg ww) in liver tissue of saithe from 27 different positions in the North Sea. Number of samples (N), mean, standard deviation (SD), minimum and maximum values are shown. For sum PCB₆, the number of samples exceeding the EU maximum level of 200 µg/kg ww is shown. The sums are based on lower bound LOQ.

Position number	Sampling time (quarter of the year)	Sum PCB ₆ (µg/kg ww)						Sum PCB ₇ (µg/kg ww)				Sum PBDE ₇ (µg/kg ww)					PBDE-47 (µg/kg ww)			
		N	Mean	SD	min	max	# > 200 µg/kg ww	Mean	SD	min	max	N	Mean	SD	min	max	Mean	SD	min	max
1	1st	25	176	90	21	360	11	194	99	23	400	25	14.1	7.0	2.0	27	9.12	4.48	1.0	16
2	4th	25	229	255	22	1300	9	258	287	25	1400	24	14.5	7.6	2.0	43	9.04	4.65	1.0	27
3	4th	25	156	92	20	390	5	175	101	22	420	25	11.6	5.3	1.0	23	7.99	3.72	0.80	16
4	1st	24	216	70	110	320	12	241	78	120	360	24	23.4	11.3	4.4	60	15.1	7.2	2.9	37
5	1st	25	167	178	40	680	7	190	203	45	780	25	23.2	27.0	4.9	110	16.1	19.2	3.3	77
6	1st	23	186	149	42	560	8	211	167	48	620	23	24.4	18.4	5.2	67	16.6	12.8	3.4	48
7	1st	25	65.2	80.1	29	450	1	73.1	88.4	32	490	25	9.88	11.2	4.2	63	7.01	8.04	3.0	45
8	2nd	20	199	178	42	720	8	226	199	47	800	20	32.0	33.8	5.5	130	22.9	24.7	3.8	91
9	2nd	25	191	83	79	400	10	211	90	89	440	25	21.1	7.8	10	46	13.8	5.9	6.0	33
10	1st	25	119	45	40	250	2	134	50	47	280	25	15.2	6.2	6.0	36	9.96	3.90	4.0	22
11	1st	25	168	90	49	410	9	187	98	55	460	25	13.9	6.1	5.0	26	8.64	4.06	3.0	18
12	1st	25	94.4	44.7	42	180	0	107	51	48	200	25	11.6	4.4	6.0	20	7.28	3.05	4.0	13
13	1st	25	107	48	51	300	1	121	55	58	340	25	8.90	4.67	3.1	27	5.35	2.73	2.0	16
14	1st	21	160	45	77	260	4	179	50	88	300	22	18.6	6.1	9.0	34	12.1	4.0	6.0	22
15	3rd	25	85.9	31.2	27	140	0	97.1	34.8	30	160	25	9.64	4.27	3.0	19	6.64	3.12	2.0	14
16	3rd	23	121	68	50	350	2	135	74	57	380	23	13.1	9.8	4.0	52	9.02	7.39	3.0	39
17	1st	25	155	74	49	330	6	173	82	55	360	25	18.4	7.5	5.5	32	11.5	4.81	3.4	19
18	1st	24	106	42	28	200	1	120	48	31	230	24	12.9	5.7	3.0	31	8.38	3.92	2.0	22
19	1st	24	146	43	67	260	3	165	48	75	290	24	17.1	5.8	8.3	32	10.7	3.85	5.2	21
20	1st	24	97.5	40.7	27	170	0	110	46	30	190	24	11.8	4.4	3.4	19	7.81	2.92	2.3	13
21	1st	25	209	130	62	610	10	237	147	71	690	25	35.4	23.9	8.9	110	22.7	14.9	6.4	72
22	2nd	25	104	25	47	160	0	119	28	52	180	24	11.1	3.1	6.5	18	7.20	2.28	4.1	12
23	2nd	24	114	33	77	230	1	128	36	87	250	24	10.5	2.5	7.3	16	6.82	1.75	4.5	11
24	2nd	25	109	38	32	210	1	123	42	36	230	24	11.4	4.0	3.6	24	7.42	2.75	2.4	16
25	2nd	25	109	34	77	240	1	123	37	86	260	25	11.0	3.1	6.3	22	7.01	1.99	3.8	14
26	2nd	25	124	48	81	280	2	140	55	94	310	25	13.9	7.2	7.7	42	9.10	5.07	4.6	29
27	1st	25	108	46	42	210	2	124	53	48	240	25	14.1	6.2	4.2	32	9.29	4.33	2.6	22
All Grps		657	141	102	20	1300	116	159	115	22	1400	655	15.9	13.0	1.0	130	10.4	9.0	0.80	91

