FREMMEDSTOFFER I FLEKKSTEINBIT, GRÅSTEINBIT OG VASSILD/STRØMSILD

Sluttrapport for kartleggingsprogrammet «Miljøgifter i fisk og fiskevarer» 2019-2022

Martin Wiech, Sylvia Frantzen, Yves Reecht, Elvar H. Hallfredsson og Bente Nilsen (HI)

RAPPORT FRA HAVFORSKNINGEN NR. 2023-52

Tittel (norsk og engelsk):

Fremmedstoffer i flekksteinbit, gråsteinbit og vassild/strømsild

Contaminants in Spotted and Atlantic Wolffish and Argentines

Undertittel (norsk og engelsk):

Sluttrapport for kartleggingsprogrammet «Miljøgifter i fisk og fiskevarer» 2019-2022

Final report for the surveillance programme «Miljøgifter i fisk og fiskevarer» 2019-2022

Rapportserie:	År - Nr.:	Dato:
Rapport fra havforskningen	2023-52	07.12.2023

ISSN:1893-4536

Forfatter(e):

Martin Wiech, Sylvia Frantzen, Yves Reecht, Elvar H. Hallfredsson og Bente Nilsen (HI)

Forskningsgruppeleder(e): Monica Sanden (Fremmed- og smittestoff (FRES))
Godkjent av: Forskningsdirektør(er): Gro-Ingunn Hemre
Programleder(e): Livar Frøyland

Distribusjon:

Åpen

Prosjektnr:

15462

Oppdragsgiver(e):

Mattilsynet

Program:

Trygg og sunn sjømat

Forskningsgruppe(r):

Fremmed- og smittestoff (FRES)

Antall sider:

65

Sammendrag (norsk):

I dette arbeidet ble det gjennomført en kartlegging av viktige fremmedstoffer i flekksteinbit (*Anarhichas minor*), gråsteinbit (*Anarhichas lupus*), vassild (*Argentina silus*) og strømsild (*Argentina sphyraena*) fra norske farvann. Vi undersøkte 250 flekksteinbit, 176 gråsteinbit, 325 vassild og 18 strømsild i kommersiell størrelse og filetene av alle artene inneholdt i gjennomsnitt mellom 4,7 prosent fett i flekksteinbit og 1,4 % fett i strømsild. Konsentrasjonene av tungmetaller i filet var lave. Nivåene av kvikksølv var høyest i gråsteinbit fulgt av flekksteinbit, vassild og strømsild. Mens gjennomsnittskonsentrasjonene av kvikksølv lå langt lavere, var filetprøver fra fem individer av gråsteinbit fra forskjellige områder (5, 3, 11 og 12) over grenseverdien på 0,5 mg/kg våtvekt som gjelder humant konsum i Norge og EU.

Også konsentrasjonene av organiske miljøgifter var generelt lave med gjennomsnittskonsentrasjoner langt under grenseverdiene. Filetprøver av én flekksteinbit fra område 3 og tre vassild fisket i en fjord i område 28 som trolig er påvirket av forurensing, hadde konsentrasjoner av sum dioksiner og dioksinlignende PCB som var over grenseverdien på 6.5 ng TE/kg våtvekt. Vassild fra områder som er mer relevant for kommersielt fiske hadde mye lavere konsentrasjoner. Konsentrasjonene av organiske miljøgifter var høyest og på omtrent samme nivå i flekksteinbit og vassild, og en del lavere i gråsteinbit. Konsentrasjonen i lever var høyere enn i filet i alle de undersøkte artene. Nivåene av per- og polyfluorerte alkylstoffer (PFAS) var lave i alle artene, med nivåer under de nylig fastsatte grenseverdiene der metoden var sensitiv nok til å måle dette, og ellers konsentrasjoner under LOQ i de fleste filetprøver som ble analysert.

Sammendrag (engelsk):

In this study, a comprehensive survey of important contaminants in spotted wolffish (*Anarhichas minor*), Atlantic wollfish (*Anarhichas lupus*), greater argentine (*Argentina silus*) and lesser argentine strømsild (*Argentina sphyraena*) from Norwegian waters was conducted. We examined 250 spotted wolffish, 176 Atlantic wolffish, 325 greater argentine og 18 lesser argentine in commercially relevant sizes. The average fat content of fillets varied between species from 1.4% in lesser argentine to 4.7% in spotted wolffish. The concentrations of heavy metals in fillets were low, being highest in Atlantic wolffish, followed by spotted wolffish, greater argentine and lesser argentine. While the average concentrations were far below, five fillet samples of individual Atlantic wolffish from different areas (5, 3, 11 and 12) contained mercury concentrations above the maximum level of 0.5 mg/kg wet weight set for human consumption in Norway and the EU.

The concentrations of organic pollutants were also generally low, with average concentrations well below the maximum levels. One fillet sample of spotted wolffish, and three fillet samples of greater argentine fished in a fjord area likely affected by pollution had concentrations of total dioxins and dioxin-like PCBs above the maximum level of 6.5 ng TE/kg wet weight. Greater argentine from areas more relevant to commercial fishing contained much lower concentrations. The highest concentrations of organic pollutants were found in spotted wolffish and greater argentine, with similar concentrations, and lower concentrations in Atlantic wolffish. The concentrations of organic pollutants in liver were higher than in fillet in all the species examined. The levels of per- and polyfluorinated alkyl substances (PFAS) were low in all species, with levels below the recently established maximum levels, where the method was sensitive enough to measure this, and otherwise concentrations below the quantification limits in most of the fillet samples that were analysed.

Innhold

1 Innledning/Introduction 5
1.1 Flekksteinbit og gråsteinbit 5
1.2 Vassild og strømsild 5
2 Materiale og metoder/Materials and methods 7
2.1 Innsamling av prøver 7
2.2 Opparbeiding av prøver 11
2.3 Analysemetoder 12
2.3.1 *Bestemmelse av totalt fettinnhold med etylacetat-metode (Metode nr. 091)* 12
2.3.2 *Bestemmelse av metaller med ICPMS (Metode nr. 197)* 12
2.3.3 *Bestemmelse av dioksiner, furaner, non-orto og mono-orto PCB, PCB6 og PBDE med felles opparbeidelsesmetode (Metode nr. 292)* 12
2.3.4 *Bestemmelse av HBCD og TBBPA (Eurofins metode nr. GFB71 og GFB86/87)* 13
2.3.5 *Bestemmelse av klorerte pesticider (Metode nr. 444)* 13
2.3.6 *Bestemmelse av per- og polyfluorerte alkylstoffer (PFAS) (Metode nr. 349)* 13
2.3.7 *Samlet oversikt over brukte metoder* 15
3 Resultater og diskusjon/Results and discussion 17
3.1 Fysiske og biologiske parametere 17
3.1.1 *Variasjon i størrelse, kondisjon og fettinnhold mellom områder og kjønn* 18
3.2 Metaller i filet og lever 20
3.2.1 *Bly og kadmium* 23
3.2.2 *Kvikksølv* 25
3.2.3 *Arsen* 29
3.3 Organiske miljøgifter i filet og lever 31
3.3.1 *Dioksiner og PCB* 31
3.3.2 *Bromerte flammehemmere (PBDE, HBCD og TBBPA)* 39
3.3.3 *Klorerte pesticider* 43
3.3.4 *Per- og polyfluorerte alkylstoffer (PFAS)* 54
4 Konklusjon/Conclusion 59
5 Forkortelser/Abbreviations 60
6 Referanser/references 63

1 - Innledning/Introduction

Kartlegging av miljøgifter i ville fiskebestander og annen sjømat gjøres regelmessig på vegne av Mattilsynet for å undersøke om sjømaten som blir omsatt er innenfor gjeldende grenseverdier i EU og Norge (EU, 2023, FOR-2015-07-03-870).

I perioden 2019-2023 har vi i programmet «Miljøgifter i fisk og fiskevarer» gjennomført en kartleggingsundersøkelse av innholdet av miljøgifter i steinbit og vassild. Vi har tre steinbitarter i norske farvann: Gråsteinbit, flekksteinbit og blåsteinbit. Men siden blåsteinbit sjelden blir brukt som menneskemat, har vi kun undersøkt flekksteinbit og gråsteinbit. I tillegg undersøkte vi vassild, som blir brukt mye i produksjon av fiskeprodukter som fiskekaker. Siden det kan være innblanding av den nært beslektede arten strømsild i fangstene i de sørlige fangstområdene, undersøkte vi også strømsild fra én stasjon til sammenligning. For de undersøkte artene har vi lite data på nivåer av fremmedstoffer fra tidligere, til tross for et pågående fiskeri.

1.1 - Flekksteinbit og gråsteinbit

Flekksteinbit (*Anarhichas minor*) og gråsteinbit (*Anarhichas lupus*) tilhører steinbitfamilien og har en del fellestrekk. Begge arter har karakteristiske store tenner og kroppsformen er lik, men voksne individer er lett å skille på fargen. Mens flekksteinbit har svarte prikker på lys til brunlig bakgrunn, er gråsteinbiten grå med mer eller mindre utpregete mørke tverrgående striper.

I norske farvann er Barentshavet det viktigste utbredelsesområdet for flekksteinbit. Gråsteinbit finner man både i Barentshavet og videre langs hele norskekysten og i Nordsjøen. Begge artene trives på ulike dyp ned til flere hundre meter, og gråsteinbit kan man tidvis finne på veldig grunt vann.

Flekksteinbit kan bli noe større enn gråsteinbit med opptil 180 cm og 26 kg og kan oppnå en alder av 40 år. Gråsteinbit kan bli opptil 125 cm, 20 kg og 20-25 år gammel. Det har blitt vist at flekksteinbit vokser mye fortere enn gråsteinbit under samme forhold (Moksness, E., 1994), mens begge arter blir gytemodne ved en lengde på rundt 55 cm (fishbase.se). Begge arter har indre befruktning. Mens de viktigste gyteområdene for flekksteinbit trolig er i den sørvestlige delen av Barentshavet, fra 300 til 400 meters dyp, så antas det at gråsteinbit gyter nær kysten, i fjorder og våger på 50-150 meters dyp. Det er antatt at hannen av begge arter passer på eggene til de klekker. Fiskene gyter antakelig alle egg på én gang, men gyteperioden kan strekke seg over flere måneder, fra mai til oktober. Føden er ganske lik for begge artene og er dominert av pigghuder (kråkeboller), skjell, snegler og krabber. Fisk blir en viktigere del av dietten jo eldre fisken blir. Tennene skiftes ut hvert år, og i denne tiden tar ikke steinbiten opp mye føde og man tenker at dette skjer i samme periode som hannene passer på eggene.

Begge artene er populære matfisker og blir fisket målrettet. Fiskeriet følger utbredelsen og flekksteinbit blir fisket mest i Barentshavet og sør til statistikkområde 05 ved Lofoten. Også gråsteinbit blir fisket mest i Barentshavet, spesielt statistikkområde 20, men også til en viss grad langs hele kysten og i Nordsjøen. Den samlede fangsten per år for flekk- og gråsteinbit lå rundt 5000 tonn de siste fem årene. Mens flekksteinbit var den dominerende arten med en fangstandel av mer enn 70%, så har andelen av gråsteinbit i fangstene økt de siste årene til omtrent 50% i 2022.

1.2 - Vassild og strømsild

Vassild (*Argentina silus*) og strømsild (*Argentina sphyraena*) tilhører samme familie og har nesten likt utseende. Vassild blir imidlertid generelt større og har en mer nordlig utbredelse enn strømsild. Vassild forekommer i Nordøst-Atlanteren fra Øst-Grønland til Nordsjøen/Skagerrak, nordover langs norskekysten og inn i sørlige deler av Barentshavet. Vassild liker dypt vann og i norske farvann finner vi den ofte dypere enn 300 m på sokkelen og ned mot 800 m på Eggakanten, i tillegg til i dype sokkelområder og fjorder fra Skagerrak og Norskerenna til Barentshavet. Utenfor Midt-Norge finner vi vassild i relativ stor tetthet på sokkelen. Når vassild blir større står den som regel dypere, og de største individene finnes ofte dypere enn 400 meter. Strømsild finner man sjeldent lenger nord enn 62°N og den står ofte noe grunnere

enn vassild, selv om den også trives best på dypt vann.

Vassild kan blir mer enn 60 cm lang og kan nå en levealder på over 40 år. Den blir gytemoden i 7-årsalderen ved omtrent 27 cm lengde. Gytingen skjer for det meste om våren, men den kan foregå over en lang periode. Strømsild er mindre, stort sett ikke større enn 30 cm, og blir kjønnsmoden ved en lengde på 12-13 cm. Føden til vassild og strømsild består av plankton og småfisk. For strømsild er det også beskrevet at den beiter på bunnlevende organismer (Scott & Scott, 1988).

Vassild blir fisket målrettet i Norskehavet på dypere del av sokkelen fra Stad til Lofoten med bunn- og semipelagisk trål. Den har et minstemål på 27 cm og båtene som deltar i fisket trenger konsesjon og må forholde seg til fartøykvoter og totalkvoter. I direktefangsten er fiskene ofte 30–40 cm lange, men større individer forekommer. Lenger sør er vassild og strømsild bifangst i fiske etter andre arter i Norskerenna i Nordsjøen. Her forekommer det også blandingsfangster av begge artene. Fangstene varierte i 2018-2022 mellom 12 og i underkant av 24 tusen tonn til en samlet fangstverdi av 57 til 73 mill NOK (Fiskeridirektoratet, 2023). Det foregår lite fiskeri i fjordene.

Når disse artene blir brukt som mat for mennesker er det som regel i form av fiskepudding, fiskeboller og fiskekaker. Kjøttet har gode bindeegenskaper, og er derfor en populær ingrediens i disse produktene. I sjømatprodukter blir vassild som oftest betegnet som «hvitlaks».

2 - Materiale og metoder/Materials and methods

2.1 – Innsamling av prøver

Det ble til sammen samlet inn prøver av 250 flekksteinbit fra 10 posisjoner, 176 gråsteinbit fra ni posisjoner, 325 vassild fra 13 stasjoner og 18 strømsild fra én stasjon. (Figure 1, Figure 2 and Table 1). Mellom 18 og 26 fisk ble samlet inn på hver stasjon.

Prøveinnsamlingen ble gjennomført i perioden januar 2019 til januar 2022 ved hjelp av Havforskningsinstituttets egne forskningsfartøy, den havgående og kystgående referanseflåten, andre kommersielle fiskefartøy og fritidsfiskere. Innsamlingen ble utført i henhold til en prøvetakingsplan der antall prøver fra ulike områder ble fordelt basert på fangsttall i sluttseddelstatistikken fra 2017. I tillegg ble det prøvd å dekke en størst mulig del av utbredelsen til arten. For vassild ble det også tatt en prøve i Osterfjorden som en «worst case» siden det var kjent at fisken vokser seg stor der og at det er noe forurensing i fjordområdet. Siden fiskene fra den stasjonen skilte seg vesentlig ut, ble den tatt med i figurene som en egen stasjon fra område 28 og betegnet som 28F eller 28-40.

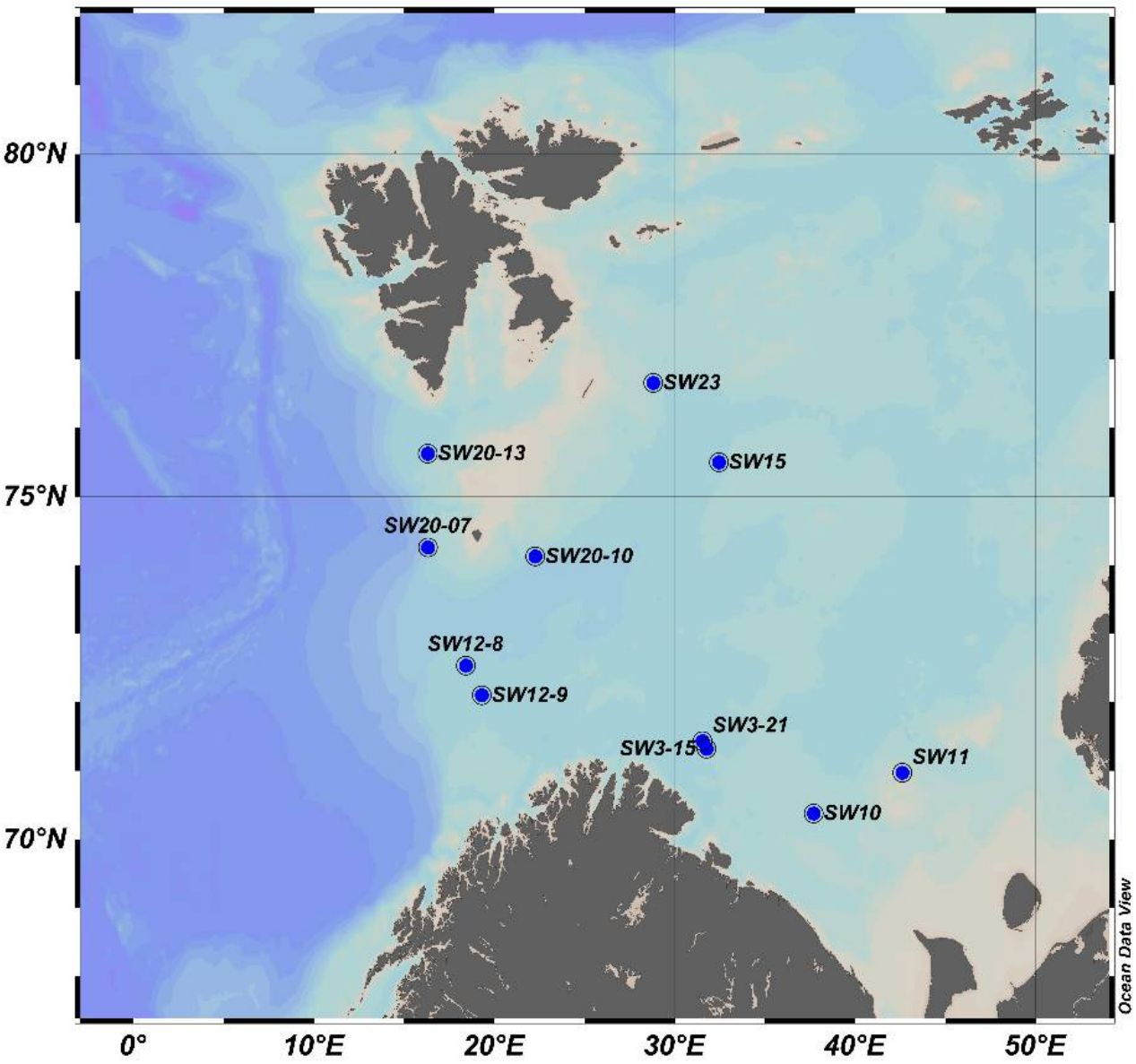

Figure 1. Positions where spotted wolffish (Anarhichas minor, SW) were sampled during 2019-2022. The letters and numbers in the annotation refer to species and the statistics areas and locations of the Directorate of Fisheries, respectively. See Table 1 for further details.

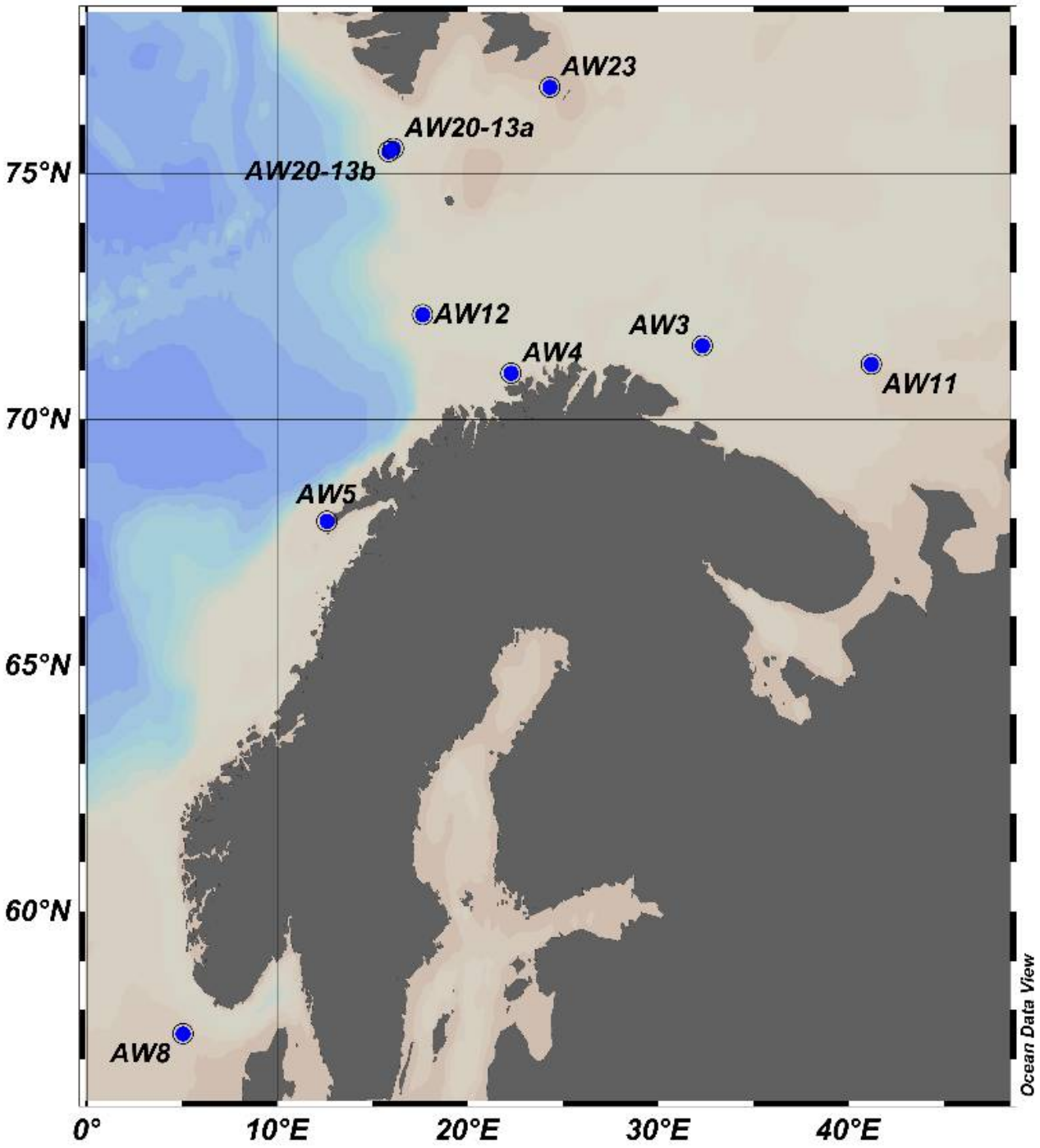

Figure 2. Positions where Atlantic wolffish (Anarhichas lupus, SW) were sampled during 2019-2022. The letters and numbers in the annotation refer to species and the statistics areas and locations of the Directorate of Fisheries, respectively. See Table 1 for further details.

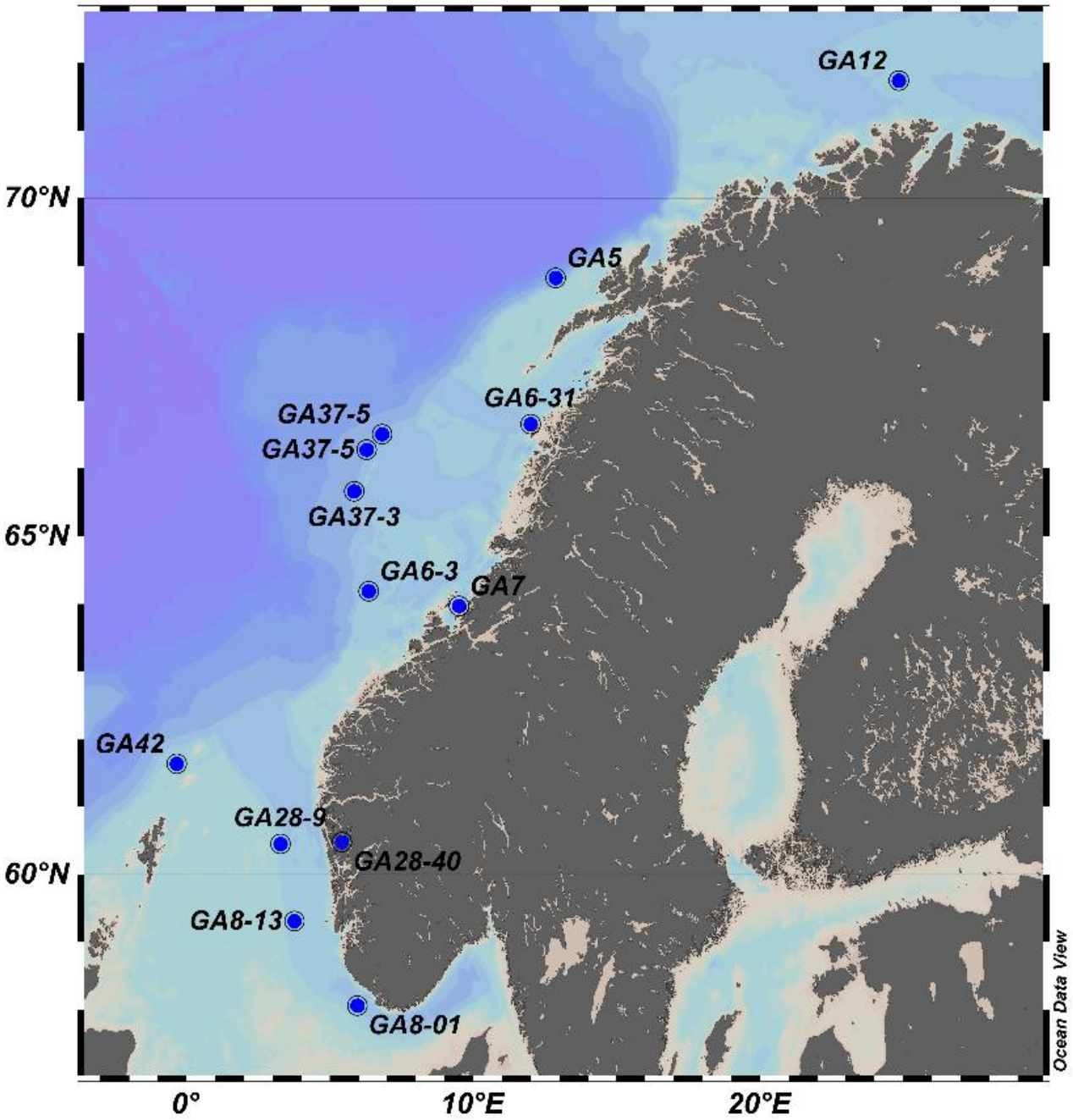

Figure 3. Positions where greater argentine (Argentina silus, GA) were sampled during 2019-2022. The letters and numbers in the annotation refer to species and the statistics areas and locations of the Directorate of Fisheries, respectively. See Table 1 for further details.

Table 1. Overview of spotted wolffish (Anarhichas minor), Atlantic wolffish (Anarchichas lupus), greater argentine (Argentina silus) and lesser argentine (Argentinus sphyraena) samples from the different areas. Sampling date, internal journal number, sampling coordinates, area number, ID) and number of fish (N) in each unit is given. The area numbers refer to the statistical areas used by the Norwegian Directorate of fisheries and ID to the location if several samples were taken in the same area.

Sampled species	Sampling date	Journal no.	Sampling coordinates	Area no.	ID	N
Spotted wolffish	31 Jan 19	2019-266	75.627°N, 16.308 °E	20	SW20-13	25
Spotted wolffish	30 Mai 19	2019-925	71.32°N 31.75°E	03	SW3-15	25
Spotted wolffish	1 Jun 19	2019-967	71.55°N 31.66°E	03	SW3-21	25
Spotted wolffish	25 Jun19	2019-1103	70.375°N 37.705°E	10	SW10	25
Spotted wolffish	29 Jun 19	2019-1215	72.533°N 18.417°E	12	SW12-8	25
Spotted wolffish	5 Jul 19	2019-1216	72.100°N 19.308°E	12	SW12-9	25
Spotted wolffish	1 Sep 19	2019-1379	76.661°N 28.802°E	23	SW23	25
Spotted wolffish	25 Aug 19	2019-2047	75.503°N 32.440°E	15	SW15	25
Spotted wolffish	1 Aug 21	2021-2447	70.973°N 42.612°E	11	SW11	25
Spotted wolffish	19-21 Oct 21	2021-2531	74.13°N 22.27°E (n=15) 74.26°N 16.32°E (n=12)	20	SW20-10 SW20-07	25
Atlantic wolffish	02-05 Feb 19	2019-332	75.51°N 16.08°E	20	AW20-13a	20
Atlantic wolffish	5 Feb 19	2019-304	75.450°N 15.837°E	20	AW20-13b	20
Atlantic wolffish	3 Jun 19	2019-1196	57.517°N 5.031°E	08	AW8	19
Atlantic wolffish	23 Jun 19	2019-1102	71.123°N 41.198°E	11	AW11	20
Atlantic wolffish	1.-4. Sep 19	2019-1378	76.7°N 24.3°E	23	AW23	25
Atlantic wolffish	1 Sep 19	2019-1518	70.943°N 22.257°E	04	AW4	20
Atlantic wolffish	10 Sep 19	2019-1645	72.133°N 17.617°E	12	AW12	18
Atlantic wolffish	24 May 20	2020-1021	67.933°N 12.583°E	05	AW5	22
Atlantic wolffish	25 May 20	2020-1072	71.500°N 32.317°E	03	AW3	20
Greater argentine	10 Jan 19	2019-415	59.307°N 3.776E	8	GA8-13	25
Greater argentine	13 Jan 19	2019-431	58.056°N 5.967°E	8	GA8-01	25
Greater argentine	3 Mar 20	2019-1894	68.817°N 12.885°E	5	GA5	25
Greater argentine	12 Mar 20	2020-927	64.184°N 6.363°E	6	GA6-3	25
Greater argentine	28 Mar 20	2020-930	65.662°N 5.860°E	37	GA37-3	25
Greater argentine	29 Mar 20	2020 -929	66.278°N 6.285°E	37	GA37-5a	25
Greater argentine	29 Mar 20	2020 -931	66.508°N 6.835°E	37	GA37-5b	25
Greater argentine	5 Dec 20	2020 -2561	60.450°N 3.283°E	28	GA28-9	25
Greater argentine	28 Apr 21	2021-1936	60.478 °N 5.425 °E	28	GA28-40/ 28F	25
Greater argentine	16 Jul 21	2021 -1638	61.633 °N -0.333 °E	42	GA42	25
Greater argentine	24 Aug 21	2022-1539	71.738 °N 24.856 °E	12	GA12	25
Greater argentine	31 Oct 21	2021-2552	66.658 °N 12.014 °E	6	GA6-31	25
Greater argentine	1 Nov 21	2021-2551	63.966 °N 9.509 °E	7	GA7	25
Lesser argentine	Sept21- Jan 22	2022-1700	60.580°N 5.388°E	28	LA28	18

2.2 - Opparbeiding av prøver

Prøvene ble frosset ned og fraktet som hel, rund fisk til Havforskningsinstituttet (HI). Ved ankomst til HI ble fisken tint, og lengde, vekt og kjønn ble bestemt. Leveren ble tatt ut og veid. Samleprøver av lever fra all fisk fra samme posisjon

ble laget ved å ta ut like mye levermateriale fra hver enkelt fisk og slå dette sammen til én samleprøve. Samleprøver av lever ble homogenisert ved hjelp av food processor og frosset ned i tett emballasje inntil analyse.

Fisken ble deretter filetert og de skinnfrie filetene fra hver enkelt fisk ble homogenisert, frysetørket og homogenisert igjen til tørt pulver. Det ble også laget samleprøver av filet av all fisk fra samme posisjon, ved å ta ut like mye muskelvev fra hver enkelt fisk og slå dette sammen til én samleprøve som ble homogenisert og frosset ned i tett emballasje inntil analyse. Tørrstoffinnholdet i individprøver av filet ble bestemt ved å veie prøven før og etter frysetørking. Tørrstoffbestemmelse er en akkreditert metode (HI-metode nr. 377). Etter frysetørking ble prøvene oppbevart i tett emballasje inntil analyse.

Våte filetprøver fra enkeltfisk av steinbitene og vassild ble analysert for fettinnhold, mens frysetørkede filetprøver fra enkeltfisk ble analysert for metaller, dioksiner og dioksinlignende PCB, PCB6 og PBDE7. Våte samleprøver ble analysert for HBCD og TBBP-A, klorerte pesticider og PFAS, mens våte samleprøver av lever ble analysert for metaller, fettinnhold, dioksiner og dioksinlignende PCB, PCB6, PBDE7, HBCD og TBBP-A, klorerte pesticider og PFAS.

For noen samleprøver var det for lite materiale til bestemmelse av HBCD og TBBP-A.

På grunn av liten størrelse på strømsilden var det for lite prøvemateriale til å analysere på individnivå. Det ble derfor laget samleprøver for filet av strømsild. For å kunne utnytte materialet best mulig, ble det laget tre samleprøver basert på filetvekt av fiskene med henholdsvis lik mengde filet av tre, fire og syv individer i hver samleprøve. Disse ble analysert for metaller, totalfett, dioksiner og dioksinlignende PCB, PCB6 og PBDE7. I tillegg ble det laget en samleprøve med filet av alle individene som ble analysert for PFAS og klorerte pesticider. For fire individer var det nok materiale igjen til å måle metaller i filet på individnivå. For samleprøven av lever av strømsild var det kun tilstrekkelig mengde prøve til å analysere for metaller, klorerte pesticider og PFAS.

2.3 - Analysemetoder

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

Prøver som skulle analyseres for fettløselige organiske miljøgifter, det vil si våte prøver av filet fra enkeltfisk og samleprøver av lever ble ekstrahert med 30 % isopropanol i etylacetat, isopropanol og etylacetat ble dampet av og fettet ble veid. Metoden er akkreditert i henhold til ISO 17025 (Table 3), og laboratoriet har deltatt i ringtester med metoden siden 1998 med godt resultat. LOQ og måleusikkerhet er gitt i Table 4.

2.3.2 - Bestemmelse av metaller med ICPMS (Metode nr. 197)

Frysetørket prøve av filet fra hver enkelt fisk eller våt samleprøve av lever ble veid inn til bestemmelse av metaller. Metaller ble bestemt ved hjelp av induktivt koblet plasmamassespektrometri (ICPMS) etter dekomponering i mikrobølgeovn som beskrevet av Julshamn m.fl. (2007). Følgende grunnstoff ble bestemt: arsen, kadmium, kvikksølv, bly, sølv, kobber, jern, kobolt, sink, selen, mangan, vanadium, molybden og nikkel. Metoden er akkreditert i henhold til ISO 17025 for arsen, kadmium, kvikksølv, bly, kobber, sink og selen (Table 4). Kvantifiseringsgrenser (LOQ) er beregnet på tørr prøve for hvert av grunnstoffene, og LOQ og måleusikkerhet for de akkrediterte stoffene er gitt i Table 5. Analysekvaliteten overvåkes jevnlig ved deltakelse i ringtester og ved analyse av sertifisert referansemateriale.

2.3.3 - Bestemmelse av dioksiner, furaner, non-orto og mono-orto PCB, PCB6 og PBDE med felles opparbeidelsesmetode (Metode nr. 292)

Frysetørkede prøver av filet fra enkeltfisk og våte samleprøver av lever ble ekstrahert, renset og analysert for dioksiner og dioksinlignende PCB (PCDD/F+dl-PCB), ikke-dioksinlignende PCB (PCB6) og polybromerte difenyletere (PBDE7) med metode som beskrevet tidligere (Berntssen m.fl,. 2021). PCDD, PCDF og non-orto PCB ble analysert på HRGC-HRMS og mono-orto PCB, PCB6 og PBDE7 ble analysert på GC-MSMS. Alle konsentrasjoner ble beregnet ved hjelp av isotopfortynning og intern standard.

For bestemmelse av dioksiner og dioksinlignende PCB (PCDD/F+dl-PCB) ble det kvantifisert syv kongenere av dioksiner (PCDD), ti kongenere av furaner (PCDF), fire kongenere av non-orto PCB (PCB-77, -81, -126 og -169) og

åtte kongenere av mono-orto PCB (PCB-105, -114, -118, -123, -156, -157, -167 og -189). Toksiske ekvivalentverdier (TE) ble bestemt ved å multiplisere konsentrasjonene med kongenernes toksiske ekvivalensfaktorer (WHO-TEF 2005). For bestemmelse av ikke-dioksinlignende PCB (PCB6) ble følgende seks kongenere kvantifisert: PCB-28, -52, -101, -138, -153 og -180. Ved beregning av sum PCDD/F og sum PCDD/F+dl-PCB, samt PCB6 for vurdering opp mot EUs og Norges grenseverdier ble konsentrasjoner mindre enn kvantifiseringsgrensen (LOQ) satt lik LOQ (upperbound LOQ) slik regelverket for grenseverdier krever (EU, 2023; FOR-2015-07-03-870). For PBDE ble det kvantifisert 11 ulike kongenere, inkludert syv kongenere som summeres til en «standard sum PBDE7» (PBDE-28, -47, -99, -100, -153, -154 og -183). Sum PBDE7 ble beregnet med upperbound LOQ.

Metoden er akkreditert i henhold til ISO 17025 (Table 3), og LOQ og måleusikkerhet er oppgitt i Table 4. Analysekvaliteten overvåkes jevnlig ved deltakelse i ringtester og ved analyse av sertifiserte kontrollprøver.

2.3.4 - Bestemmelse av HBCD og TBBPA (Eurofins metode nr. GFB71 og GFB86/87)

Heksabromcyclodekan (HBCD) og tetrabrombisfenol-A (TBBP-A) ble bestemt i våte samleprøver av filet og lever hos underleverandør Eurofins med LC-MSMS. For HBCD, ble tre ulike HBCD-kongenere bestemt, α-HCBD, β-HBCD og γ-HBCD, samt summen av disse (beregnet med upperbound LOQ). Metoden er akkreditert (Table 3) og kvantifiseringsgrenser og måleusikkerhet for de ulike analyttene er gitt i Table 4.

2.3.5 - Bestemmelse av klorerte pesticider (Metode nr. 444)

Klorerte pesticider ble bestemt i våte samleprøver av filet og lever. Pesticider ble ekstrahert og opprenset ved hjelp av en modifisert utgave av QuEChERS (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged and Safe) (Anastassiades m.fl. 2003). Prøven ble veid inn og tilsatt internstandard, vann, acetonitril og QuEChERS-stein. Deretter ble citratsalter tilsatt. Acetonitril-ekstraktet ble frosset ned ved -20°C og deretter renset med dispersive SPE (dSPE), dampet inn til tørrhet og løst opp i isooktan før det ble tilsatt PCB gjenvinningsstandard. Det rensede og oppkonsentrerte ekstraktet ble analysert på GC-MS/MS. Metoden kvantifiserer 33 ulike forbindelser (se Table 3) og er akkreditert. LOQ og måleusikkerhet er gitt i Table 4.

Sum DDT ble beregnet som upperbound sum av o,p'DDT, p,p'DDT, o,p'DDD, p,p'DDD, o,p'DDE og p,p'DDE, uttrykt som DDT ved omregning i forhold til molekylvekt (MW DDT=354,5 g/mol, MW DDD=320,0 g/mol og MW DDE=318,0 g/ml). Sum klordan ble beregnet som upperbound sum av cis-klordan, trans-klordan og oksyklordan, uttrykt som klordan ved omregning i forhold til molekylvekt (MW=409,8 g/mol for klordan og MW=423,7 g/mol for oksyklordan). Sum toksafen ble beregnet som upperbound sum av toksafen 26, toksafen 50 og toksafen 62.

2.3.6 - Bestemmelse av per- og polyfluorerte alkylstoffer (PFAS) (Metode nr. 349)

Våte samleprøver av filet eller lever ble veid inn og tilsatt massemerket intern standard og metanol og ekstrahert i ultralydbad. Etter sentrifugering ble supernatanten dekantert over i en sprøyte og filtrert gjennom 0,45 µm nylonfilter før vann ble tilsatt etterfulgt av opprensing på ASPEC. Ekstraktet fra ASPEC ble videre opprenset ved filtrering gjennom 3K ultrafilter. Prøvene ble til slutt analysert på LC-MSMS og kvantifisert ved hjelp av intern standard. Forbindelsene som kan kvantifiseres med metoden, LOQ og måleusikkerhet for de ulike analyttene i fiskemuskel og -lever samt hvilke analytter metoden er akkreditert for, er oppgitt i Table 3. Metoden er validert for fiskemuskel, fiskelever og fiskerogn, og er akkreditert i henhold til ISO 17025 for fet og mager fisk og lever av disse (Table 4).

Table 2. List of per- and polyfluorinated alkyl substances determined by the PFAS method with accreditation status, LOQ (ng/g sample) and measurement uncertainty (MU, %) for each compound in muscle meat and liver of fish.

		Muscle meat		Liver	
Analyte	**Accreditation[a]**	**LOQ (ng/g)**	**MU (%)**	**LOQ (ng/g)**	**MU (%)**
PFBS	No	1	80	5	80
PFHxS	No	1	40	3	35
PFOS	Yes	0.2	35	3	75
PFDS	No	0.2	60	0.5	30
PFOSA	Yes	0.5	80	0.5	80
PFBA	No	1	35	10	30
PFHxA	No	0.5	60	2	60
PFHpA	Yes	0.2	50	5	30
PFOA	Yes	0.6	35	1.7	30
PFNA	Yes	0.2	35	0.5	30
PFDA	Yes	0.2	40	0.5	30
PFUdA	Yes	0.2	40	0.5	30
PFDoDA	Yes	0.2	40	2	35
PFTrDA	Yes	0.2	80	0.5	60
PFTeDA	No	0.2	80	0.5	70
N-EtFOSA	No	1.5	35	-[b]	-[b]
N-EtFOSE	No	1	90	-[b]	-[b]
N-MeFOSA	No	1	38	-[b]	-[b]
N-MeFOSE	No	0.5	39	-[b]	-[b]

[a] The method is accredited for muscle meat and liver from fatty fish and lean fish.

[b] N-EtFOSA, N-EtFOSE, N-MeFOSA and N-MeFOSE are not determined in fish liver

2.3.7 - Samlet oversikt over brukte metoder

Table 3 . Table of analyses performed including which matrices and parameters they are accredited for.

HI method no.	Method name	Accredited parameters	Accreditation status
377	Dry matter determination by freeze drying	Dry matter	Accredited for foodstuffs, feed, tissues and tissue fluids
91	Total fat - ethyl acetate extraction and gravimetric analysis	Fat	Accredited for foodstuffs, feed, tissues and tissue fluids
197	Multi-element determination with ICPMS	As, Cd, Cu, Hg, Pb, Se, Zn	Accredited for foodstuffs, feed, tissues and tissue fluids
292	Joint extraction method and analysis on HRGC-HRMS (dioxins, furans, non-ortho PCB) and GC-MSMS (mono-ortho PCB and PBDE)	PBDE-28, 47, 99, 100, 153, 154, 183; PCB-28, 52, 101, 138, 153, 180; Mono-ortho PCB; Non-ortho PCB; PCDF; PCDD	Accredited for fish, fish products, oil, bivalves, and feed.
349	Determination of PFAS with LC-MSMS	PFOS, PFOSA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA, PFUdA, PFDoDA, PFTrDA	Accredited for fatty and lean fish and fish liver
444	Pesticide, GC-MS/MS	alpha-endosulfan, beta-endosulfan, endosulfan sulphate, pentachlorobenzene, hexachlorobenzene (HCB), alpha-HCH, beta-HCH, gamma-HCH (Lindane), o,p'-DDT, p,p'-DDT, o,p'-DDE, p,p'-DDE, o,p'-DDD, p,p'-DDD, aldrin, dieldrin, endrin, endrin-ketone, isodrin, toxaphene parlar 26, toxaphene parlar 32, toxaphene parlar 40+41, toxaphene parlar 50, toxaphene parlar 62, heptachlor, mirex, cis-chlordane, trans-chlordane, oxychlordane, cis-nonachlor, trans-nonachlor, cis-heptachlor epoxide, trans-heptachlor epoxide.	Accredited for food, feed and various seafood products
Eurofins GFB71	Hexabromocyclodecane (3 HBCD)	Alpha-HBCD Beta-HBCD Gamma-HBCD	Accredited for fish oil, fish meal, fish feed and fish fillet
Eurofins GBP86/87	Tetrabromobisphenol A (TBBPA)	Tetrabromobisphenol-A (TBBPA)	Accredited for fish oil, fish meal, fish feed and fish fillet

Table 4. Undesirable substances included, analytical methods used, accreditation status of the methods, limit of quantification (LOQ) and measurement uncertainty (MU) for the samples analysed.

Analyte	Method	Accreditation	LOQ	MU (%)
Arsenic	ICP-MS	Yes	0.01 mg/kg d.w.	20 [b)]
Cadmium	ICP-MS	Yes	0.005 mg/kg d.w.	20 [b)]
Mercury	ICP-MS	Yes	0.007 mg/kg d.w.	25 [b)]
Lead	ICP-MS	Yes	0.03 mg/kg d.w.	25 [b)]
Copper	ICP-MS	Yes	0.1 mg/kg d.w.	25 [b)]
Zinc	ICP-MS	Yes	0.5 mg/kg d.w.	20 [b)]
Selenium	ICP-MS	Yes	0.01 mg/kg d.w.	25 [b)]
PCDDs and PCDFs	HRGC/HRMS	Yes	Muscle: 0.008-0.13pg/g w.w[a] Liver: 0.2-2 pg/g w.w.[a]	20-35 [c)]
Non-ortho PCBs	HRGC/HRMS	Yes	Muscle: 0.03-0.05 pg/g w.w.[a] Liver: 0.8 pg/g w.w.[a]	25-40 [c)]
Mono-ortho PCBs	GC-MSMS	Yes	Muscle: 2.4-16 pg/g w.w.[a] Liver: 60-240 pg/g w.w.[a]	30-50 [a)]
Non-dl-PCB (PCB6)	GC-MS MS	Yes	Muscle: 0.001-0.013 pg/g w.w.[a] Liver: 0.025-0.2 pg/g w.w. [a]	30
PBDE7	GC-MSMS	Yes	Muscle: 2.4-16 pg/g w.w.[a] Liver: 60-240 pg/g w.w.[a]	30-50 [a)]
Fat content	Gravimetry-ethyl acetate	Yes	0.1 g/100 g w.w.	5-12 [d)]
HBCD, α-, β-, γ-	LC-MSMS	Yes	0.006 pg/g w.w.	40
TBBP-A	LC-MSMS	Yes	0.04 ng/g w.w.	40
Chlorinated pesticides, 33 different analytes	GC-MSMS	Yes	0.04-10 ng/g w.w.	50

[a] Depending on analyte (congener) and matrix.

[b] Measurement uncertainty (MU) at concentrations above 10xLOQ. At lower concentrations, MU was 40%.

[c] Depending on concentration level (for each congener).

[d] Depending on concentration level.

3 - Resultater og diskusjon/Results and discussion

3.1 - Fysiske og biologiske parametere

En oversikt over fysiske og biologiske parametere for fisk som ble samlet inn og analysert i denne undersøkelsen, er gitt i Table 5 og Table 6. Flekksteinbit var størst med en gjennomsnittslengde og -vekt på henholdsvis 91,9 cm og 8376 g fulgt av gråsteinbit på 64,2 cm og 2391 g og vassild på 33,4 cm og 329 g, mens strømsild var minst med 18,3 cm og 45 g.

Kondisjon, gitt som K-faktor (100 x vekt /lengde^3), og levervekt ble bestemt for hver enkelt fisk, og resultatene viste at det var stor variasjon i kondisjon og levervekt mellom individene både for flekksteinbit, gråsteinbit og vassild (Table 5 and 6).

Fettinnhold ble bestemt i filet fra enkeltfisk og i samleprøver av lever. For flekksteinbit, gråsteinbit og vassild var det stor variasjon i fettinnholdet i filet mellom enkeltindivider. I flekksteinbit varierte fettinnholdet fra 0,6 til 13,8 g/100g, i gråsteinbit fra 0,60 til 8,8 g/100g og i vassild fra 0,18-12,7 g/100 g (tabell 6). Flekksteinbit er arten med høyest gjennomsnittlig fettinnhold med 4,7 g/100g, mens gråsteinbit hadde 2,1 g/100g og vassild 2,8 g/100 g. Strømsild hadde lavest fettinnhold med 1,4 g/100g. Dermed er alle disse artene halvfete. På grunn av et begrenset antall stasjoner per fiskeart som ble tatt på forskjellige lokasjoner og årstider, er det ikke mulig å trekke konklusjoner om årstidsvariasjon. Også fettinnhold i lever var høyest i flekksteinbit, med et gjennomsnitt på 27,1 g/100 g, mens flekksteinbit og vassild hadde henholdsvis 18,2 og 12,7 g fett/100g. Det viser at selv om det er halvfete arter lagrer de en stor del av fettet i leveren.

Table 5. Length, weight, K-factor, liver weight, fat content, d^{13}C and d^{15}N in muscle and liver from spotted wolffish and Atlantic wolffish, sampled in Norwegian waters in 2019-2022.

	Spotted wolffish			Atlantic wolffish		
	N	**Mean ± SD (Median)**	**Min-max**	**N**	**Mean ± SD (Median)**	**Min-max**
Length (cm)	250	91.9 ± 19.2 (95.0)	52.5-142.0	176	64.2 ± 8.5 (63.5)	47.5-83.0
Weight (g)	250	8376 ± 4933 (7986)	972-25300	176	2391 ± 1016 (2236)	830-5269
K-factor	250	0.95 ± 0.11 (0.95)	0.63-1.27	175	0.85 ± 0.13 (0.85)	0.53-1.28
Liver weight (g) [a]	245	219 ± 167 (188)	0-746	175	45 ± 38 (33)	0-208
Fat content in muscle (g/100g)	249	4.7 ± 2.9 (3.9)	0.6-13.8	175	2.1 ± 1.6 (1.5)	0.6-8.8
Fat content in liver (g/100g) [b]	9	27.1 ± 6.3 (25.0)	16.0-35.0	9	18.2 ± 2.6 (18.2)	13.4-22.0
Sex (% female)	246	53	-	175	53	-
d^{13}C	160	-19.7 ± 1.1 (-19.7)	-22.9 - -17.4	129	-19.2 ± 1.0 (-19.2)	-22.6 - -17.4
d^{15}N	160	14.0 ± 1.1 (14.0)	11.7 – 16.1	129	13.1 ± 1.3 (13.3)	10.1 – 15.6

[a] For some individuals, no or only incomplete liver was present.

[b] Liver fat content was determined in pooled samples, each pooled sample comprising liver tissue from 23-25 fish collected at the same position.

Table 6. Length, weight, K-factor, liver weight, fat content, $d^{13}C$ and $d^{15}N$ in muscle and liver from greater argentine and lesser argentine sampled in Norwegian waters in 2019-2022.

	Greater argentine			Lesser Argentine		
	N	**Mean ± SD (Median)**	**Min-max**	**N**	**Mean ± SD (Median)**	**Min-max**
Length (cm)	325	33.4 ± 6.3 (33)	17.5-50.0	18	18.3 ± 2.2 (17.8)	14.0-22.5.0
Weight (g)	325	329 ± 216 (300)	32-1271	18	45 ± 17 (41)	23-83
K-factor	325	0.77 ± 0.11 (0.76)	0.45-1.16	18	0.71 ± 0.06 (0.71)	0.65-0.84
Liver weight (g) [a]	297	2.1 ± 1.9 (1.3)	0-11.4	18	0.3 ± 0.2 (0.2)	0-0.9
Fat content in muscle (g/100g)	328	2.8 ± 2.1 (2.1)	0.18-12.7	3	1.4 ± 0 (1.4)	1.4-1.4
Fat content in liver (g/100g)	12	12.7 ± 4.0 (11.7)	8.2-21.0	0	-	-
Sex (% female)	252	52		17	53	
$d^{13}C$	156	-21.4 ± 1.2 (-21.3)	-24.6 - -19.2	7	-19.4 ± 0.1 (-19.3)	-19.6 - -19.2
$d^{15}N$	156	11.5 ± 0.8 (11.5)	9.3 – 13.6	7	12.3 ± 0.13 (12.3)	12.1 – 12.5

[a] For some individuals, no or only incomplete liver was present.

[b] Liver fat content was determined in pooled samples, each pooled sample comprising liver tissue from 23-25 fish collected at the same position.

3.1.1 - Variasjon i størrelse, kondisjon og fettinnhold mellom områder og kjønn

Størrelse og kondisjon varierte mellom områdene der fisken var fanget som vist i Figure 4 for alle arter. For flekksteinbit var fiskene fra område 10, 11, 15, 20 og 23 omtrent like stor, med den minste fisken fra område 15 med en gjennomsnittlig lengde og vekt på 76 cm og 4831 g, mens fisk fra området 12 (110 cm og 13020 g) og 03 (101 cm og 10520 g) var større. For gråsteinbit varierte gjennomsnittslengden lite med lengder mellom 60 og 70 cm i alle områder. Men på vektbasis var fisk fra område 12 minst med en gjennomsnittsvekt på 1780 g og fisk fra område 11 (3060 g) og 20 (2900 g) var størst. For vassild var fiskene fra område 28 i Sørfjorden ved Osterøy (heretter referert til som 28F) desidert størst med en gjennomsnittlig lengde på 45 cm og vekt på 840 g. Fisk fra område 42 og 28 var minst med en gjennomsnittlig lengde på 25 cm og vekt på henholdsvis 100 og 125 g fulgt av fisk fra område 12 og 8 med en lengde og vekt på henholdsvis 29 cm og 185 g og 30 cm og 228 g. Fisken som ble fisket i områdene langs Eggakanten (7, 6, 5, 37) var omtrent like store.

Flekksteinbit viste lite variasjon mellom områdene i gjennomsnittlig kondisjon gitt som K-faktor med gjennomsnittsverdier mellom 0,91 og 0,99. For gråsteinbit var variasjonen større, med variasjon fra 0,73 i område 12 til 1,0 og 0,95 i område 11 og 23.. For vassild var det den minste fisken, fra område 42 og 28, som også hadde lavest K-faktor (henholdsvis 0,63 og 0,68) og den største fisken fra område 28F hadde best kondisjon (0,90), mens fisken fra de andre områdene hadde omtrent lik kondisjon (0,71- 0,82).

Gjennomsnittlig fettinnhold i filet og lever varierte mellom de ulike områdene som vist i Figure 5. Fettinnholdet i muskel av flekksteinbit varierte mest innenfor stasjonene. Fettinnholdet varierte ikke veldig mye mellom områdene, selv om område 12 med gjennomsnittlig 5,9 g/100 g og område 23 med 3,3 g/100 g skilte seg noe ut med henholdsvis høyest og lavest fettinnhold. Gråsteinbit hadde større variasjon i fettinnhold mellom områder, med gjennomsnitt fra 0,97 g/100 g i område 11 til 4,1 g/100 g i område 23 (Figure 5). Variasjonen ser ikke ut til å være drevet av årstidsvariasjon, siden fisken med lavest og høyest fettinnhold i muskel ble fisket i samme måned (Juni).

For vassild var variasjonen i fettinnhold mellom områdene størst, med fettinnhold på henholdsvis 1,5 og 1,9 g/100g i de laveste områdene 8, 42 og 28 (Nordsjøen) og opp til 4,9 og 6,6 g/100 g i de områdene med høyest fettinnhold, 5 og 28F. Fettinnholdet i lever, som er målt i samleprøver, fulgte ikke fettinnholdet i filet (Table 5).

Fettinnhold og fiskelengde viste en signifikant ($p<0,0002$), men ikke veldig sterk sammenheng for alle arter med en

korrelasjonskoeffisient R^2 på henholdsvis 0,2, 0,08 og 0,19 for flekksteinbit, gråsteinbit og vassild.

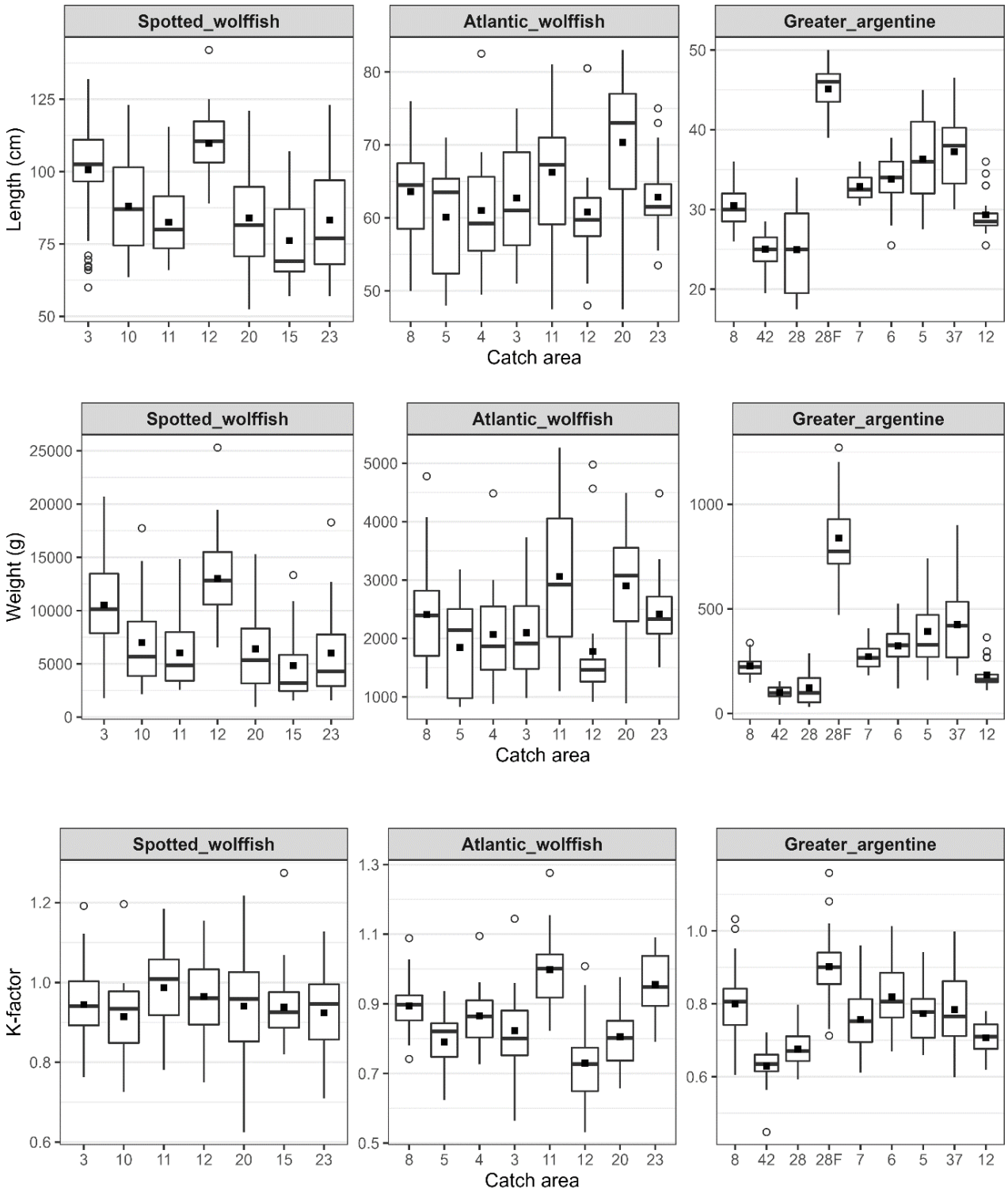

*Figure 4. Fish length (cm), weight (g) and K-factor (weight*100/length^3) of spotted wolffish, Atlantic wolffish and greater argentine sampled in different areas from south to north (see Figures 1, 2 and 3 for geographical location of the stations within areas, 28F refers to a fjord sample (MAP-ID GA28-40)) in Norwegian waters in 2019-2022. Mean (squares), median (line), interquartile range (box), minimum and maximum (whiskers as Q1/3 ± 1.5 IQR), and outliers (dots) are given.*

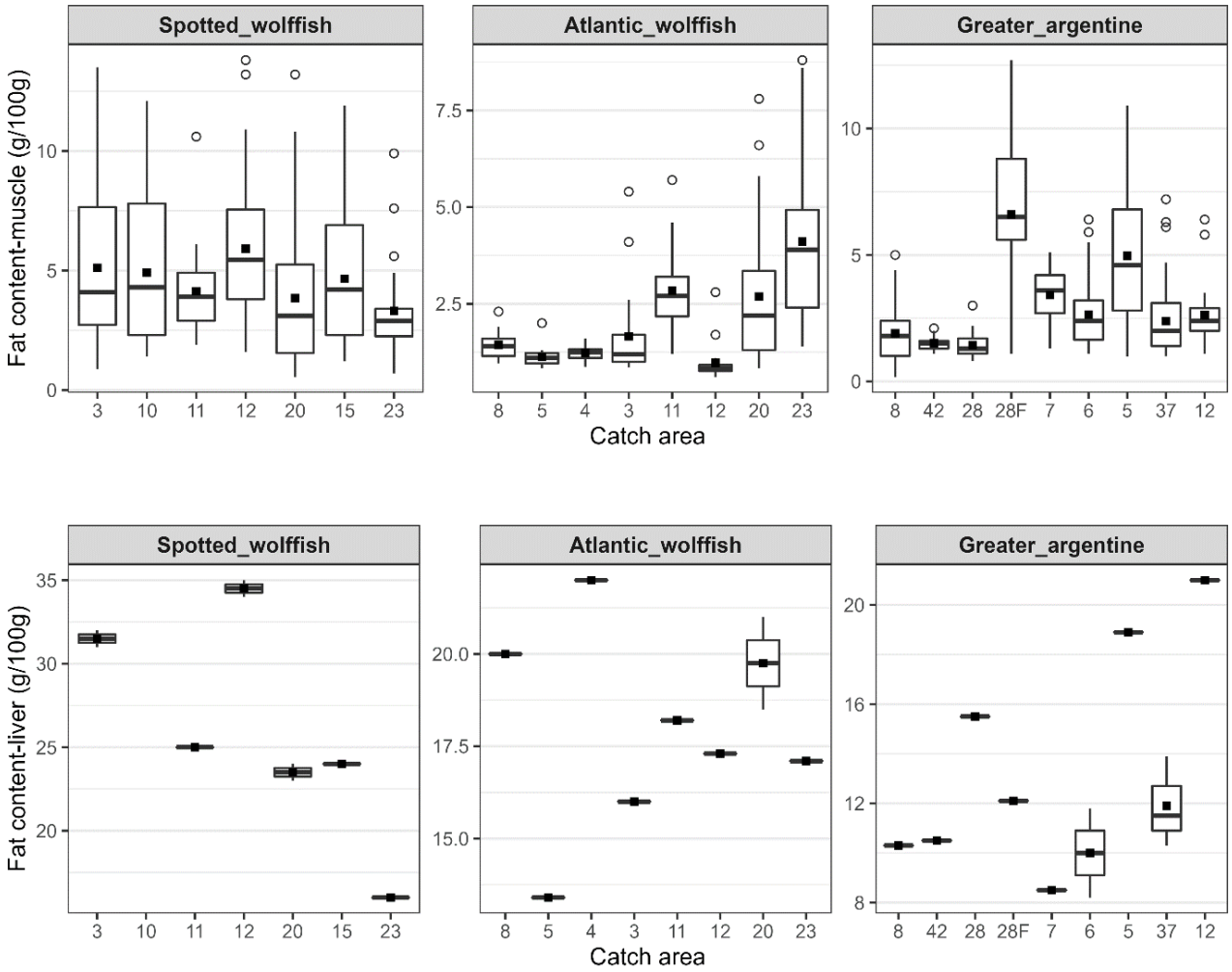

Figure 5. Fat content (g/100g) in muscle and liver of spotted wolffish, Atlantic wolffish and greater argentine sampled in different areas (see Figures 1, 2 and 3 for geographical location of the stations within areas, 28F refers to a fjord sample (MAP-ID GA28-40) in Norwegian waters in 2019-2022. Mean (squares), median (line), interquartile range (box), minimum and maximum (whiskers as Q1/3 ± 1.5 IQR), and outliers (dots) are given.

Fiskens lengde og vekt viste forskjell mellom kjønnene for flekksteinbit med mindre hunner (88 ± 17 cm, 7260 ± 4050 g, Gjennomsnitt ± SD) enn hanner (97 ± 20 cm, 9830 ± 5480 g, Gjennomsnitt ± SD). For gråsteinbit var hunner og hanner nesten like i størrelse med henholdsvis 64 ± 9 cm og 2430 ± 1020 g mot 64 ± 8 cm og 2360 ± 1010 g. For vassild var det heller ikke noen tydelig lengdeforskjell med 36 ± 6 cm for hunner og 34 ± 5 cm for hanner, mens hunner (420 ± 260 g) var noe tyngre enn hanner (320 ± 140 g). K-faktorene var nesten like mellom hunner og hanner for alle artene og også fettinnholdet i muskel varierte lite mellom kjønnene.

3.2 - Metaller i filet og lever

Konsentrasjonen av 14 ulike grunnstoffer som ble bestemt i filet og lever er gitt i Table 7, Table 8 og Table 9 . Resultatene for de uønskede elementene kadmium, bly, kvikksølv og arsen er presentert i mer detalj i kapittel 3.2.1-3.2.3, mens det her gis en kort oppsummering av resultatene for de øvrige 10 metallene.

De essensielle metallene kobber, jern, mangan, selen og sink var til stede i målbare konsentrasjoner i alle individprøver av filet og samleprøver av lever for alle arter. Konsentrasjonene av alle disse metallene var mye høyere i lever enn i filet. Konsentrasjoner av nikkel var under kvantifiseringsgrensen eller til stede i svært lave konsentrasjoner i alle filet- og leverprøver av alle arter, bortsett fra en prøve av vassild med en konsentrasjon på 2,0 mg/kg våtvekt som kan tolkes

som en uteligger. Også kobolt, molybden, sølv og vanadium var under kvantifiseringsgrensen eller til stede i svært lave konsentrasjoner i filetprøvene, mens nivåene i leverprøvene var noe høyere.

Table 7. Elements in spotted wolffish (Anarhichas minor). Concentrations (mg/kg w.w.) of 14 different elements in 250 individual fillet samples and 9 composite liver samples from fish sampled in Norwegian waters in 2019-2022. Mean ± standard deviation (SD), minimum and maximum values, median, and the percentage of samples with levels below the limit of quantification (LOQ) is shown.*

		Mean ± SD*	Median	Min – Max	<LOQ (%)
Ag	Fillet		<0.003	<0.003 – 0.005	89.2
	Liver	1.55 ± 0.81	1.3	0.97-3.1	0
As	Fillet	18.1 ± 11.9	16.5	0.75 – 61	0
	Liver	11.5 ± 2.29	12	8.6 – 15	0
Cd	Fillet	0.001 ± 0.001	<0.01	<0.001 – 0.008	51.2
	Liver	1.32 ± 0.50	1.40	0.57 – 1.90	0
Co	Fillet	-	<0.005	<0.003 – 0.004	98.4
	Liver	0.097 ± 0.039	0.110	0.044 – 0.150	0
Cu	Fillet	0.188 ± 0.038	0.190	0.086 – 0.37	0
	Liver	12.4 ± 5.9	9.9	7.7 – 26	0
Fe	Fillet	1.70 ± 1.21	1.5	0.83 – 18	0
	Liver	127 ± 41	140	26 – 160	0
Hg	Fillet	0.087 ± 0.068	0.066	0.016 – 0.44	0
	Liver	0.068 ± 0.018	0.073	0.037 – 0.090	0
Mn	Fillet	0.091 ± 0.025	0.087	0.045 – 0.16	0
	Liver	0.527 ± 0.155	0.45	0.40 – 0.89	0
Mo	Fillet	-	<0.02	<0.02 – <0.03	100
	Liver	0.078 ± 0.013	0.08	<0.01 – 0.08	44.4
Ni	Fillet	-	<0.05	<0.03 – 0.06	99.2
	Liver	-	<0.2	<0.1 – <0.3	100
Pb	Fillet	-	<0.005	<0.003 – 0.012	98.4
	Liver	0.017 ± 0.004	<0.01	<0.01 – 0.021	44.4
Se	Fillet	0.446 ± 0.187	0.41	0.13 – 1.2	0
	Liver	2.47 ± 0.45	2.4	1.8 – 3.3	0
V	Fillet	0.0019 ± 0.0014	0.002	<0.0007 – 0.015	15.2
	Liver	0.114 ± 0.057	0.87	0.053 – 0.21	0
Zn	Fillet	6.36 ± 0.84	6.3	4.4 – 9.8	0
	Liver	23.0 ± 1.5	22.0	21 – 25	0

* Mean and standard deviation (SD) were calculated on upper bound values and not determined in cases where more than 50% of the fish had concentrations below the limit of quantification (LOQ).

Table 8. Elements in Atlantic wolffish (Anarhichas lupus). Concentrations (mg/kg w.w.) of 14 different elements in 176 individual fillet samples and 9 composite liver samples from fish sampled in Norwegian waters in 2019-2022. Mean ± standard deviation (SD), minimum and maximum values, median, and the percentage of samples with levels below the limit of quantification (LOQ) is shown.*

		Mean ± SD*	Median	Min – Max	<LOQ (%)
Ag	Fillet	-	<0.002	<0.002 – 0.009	99.1
	Liver	0.87 ± 0.42	1.0	0.25 – 1.4	0
As	Fillet	13.2 ± 8.6	12.0	2.5 – 44	0
	Liver	16.8 ± 9.5	15.0	6.0 – 34	0
Cd	Fillet	0.003 ± 0.002	0.002	<0.0008 – 0.017	14.2
	Liver	2.60 ± 1.44	2.50	0.62 – 4.6	0
Co	Fillet	-	<0.004	<0.004 – 0.009	83.5
	Liver	0.238 ± 0.156	0.190	0.070 – 0.590	0
Cu	Fillet	0.207 ± 0.044	0.20	0.11 – 0.38	0
	Liver	26.2 ± 12.7	26.0	8.8 – 47	0
Fe	Fillet	1.40 ± 0.66	1.25	0.74 – 8.0	0
	Liver	180 ± 75	160	88 – 310	0
Hg	Fillet	0.144 ± 0.117	0.110	0.029 – 0.74	0
	Liver	0.128 ± 0.048	0.120	0.049 – 0.19	0
Mn	Fillet	0.097 ± 0.051	0.083	0.046 – 0.44	0
	Liver	0.873 ± 0.267	0.92	0.52 – 1.3	0
Mo	Fillet	-	<0.02	<0.009 – <0.03	100.0
	Liver	0.124 ± 0.036	0.10	0.060 – 0.18	0
Ni	Fillet	-	<0.05	<0.03 – 0.09	98.2
	Liver	-	<0.2	<0.1 – <0.3	100
Pb	Fillet	-	<0.004	<0.002 – 0.009	97.8
	Liver	0.025 ± 0.009	0.025	<0.01 – 0.04	44.4
Se	Fillet	0.460 ± 0.230	0.395	0.15 – 0.14	0
	Liver	2.64 ± 0.56	2.7	1.5 – 3.3	0
V	Fillet	0.0038 ± 0.0047	0.002	<0.0008 – 0.037	5.1
	Liver	0.299 ± 0.183	0.31	0.048 – 0.62	0
Zn	Fillet	7.44 ± 1.20	7.4	4.6 – 12	0
	Liver	36.1 ± 4.7	36	26 – 42	0

*Mean and standard deviation (SD) were calculated on upper bound values and not determined in cases where more than 50% of the fish had concentrations below the limit of quantification (LOQ).

Table 9. Elements in greater argentine (Argentina silus). Concentrations (mg/kg w.w.) of 14 different elements in 325 individual fillet samples and 13 composite liver samples from fish sampled in Norwegian waters in 2019-2022. Mean ± standard deviation (SD), minimum and maximum values, median, and the percentage of samples with levels below the limit of quantification (LOQ) is shown.*

		Mean ± SD*	Median	Min – Max	<LOQ (%)
Ag	Fillet	-	<0.002	<0.002 – 0.009	99.1
	Liver	1.55 ± 1.33	0.87	0.12 – 4.0	0
As	Fillet	2.30 ± 1.25	2.0	0.67 – 11	0
	Liver	16.8 ± 16.9	11.0	8.0 – 72	0
Cd	Fillet	0.005 ± 0.004	0.004	<0.001 – 0.036	10.8
	Liver	0.362 ± 0.243	0.280	0.093 – 0.83	0
Co	Fillet	-	<0.005	<0.004 – 0.012	91.4
	Liver	0.037 ± 0.012	0.030	0.024 – 0.055	0
Cu	Fillet	0.182 ± 0.100	0.170	0.075 – 1.4	0
	Liver	6.77 ± 6.27	4.60	2.3 – 26	0
Fe	Fillet	1.88 ± 1.42	1.60	0.76 – 17	0
	Liver	245 ± 138	210	71 – 530	0
Hg	Fillet	0.065 ± 0.056	0.049	0.014 – 0.37	0
	Liver	0.217 ± 0.181	0.140	0.037 – 0.70	0
Mn	Fillet	0.120 ± 0.061	0.110	0.052 – 0.70	0
	Liver	1.08 ± 0.22	0.98	0.77 – 1.60	0
Mo	Fillet	-	<0.02	<0.02 – 0.28	97.5
	Liver	0.118 ± 0.021	0.12	<0.08 – 0.17	15.4
Ni	Fillet	-	<0.05	<0.05 – 2.0	96.9
	Liver	-	<0.3	<0.2 – 0.3	100
Pb	Fillet	-	<0.06	<0.004 – 0.075	97.8
	Liver	-	<0.02	<0.02 – <0.093	61.5
Se	Fillet	0.242 ± 0.090	0.22	0.15 – 1.1	0
	Liver	3.46 ± 1.33	2.9	2.0 – 6.2	0
V	Fillet		<0.001	<0.001 – 0.021	58.8
	Liver	0.099 ± 0.13	0.041	0.008 – 0.44	0
Zn	Fillet	4.37 ± 1.86	4.2	2.1 – 27	0
	Liver	27.9 ± 5.5	27	22 – 38	0

* Mean and standard deviation (SD) were calculated on upper bound values and not determined in cases where more than 50% of the fish had concentrations below the limit of quantification (LOQ).

3.2.1 - Bly og kadmium

Konsentrasjonene av bly i filet av alle arter var svært lave, med 98 % av prøvene under kvantifiseringsgrensen (Table 7, Table 8 og Table 9). Blynivået var også lavt i lever med 44 % av steinbitprøvene og 62 % av vassildprøvene under kvantifiseringsgrensen. Den eneste målte sampleprøven av lever av strømsild hadde også en lav konsentrasjon av bly på 0,1 mg/kg våtvekt. Den høyeste enkeltverdien av bly i filet var 0,012 mg/kg våtvekt for flekksteinbit, 0,009 mg/kg våtvekt for gråsteinbit, 0,075 mg/kg for vassild og 0,007 mg/kg våtvekt i strømsild, altså langt under grenseverdien på 0,3 mg/kg våtvekt som gjelder for bly i fiskefilet til humant konsum (EU, 2023; FOR-2015-07-03-870). Det er ingen grenseverdier for bly eller andre tungmetaller som gjelder for fiskelever. Lave nivåer av bly i fiskefilet og -lever er godt

dokumentert for en rekke fiskearter fra norske farvann (Sjømatdata), med nivåer under kvantifiseringsgrensen i de fleste prøver av både i filet og lever.

Konsentrasjonene av kadmium i filet var lavest i flekksteinbit med et gjennomsnitt på 0,001 mg/kg våtvekt, ingen enkeltverdier over 0,01 mg/kg våtvekt og 51 % av målingene under kvantifiseringsgrensen. Konsentrasjonen i gråsteinbit var noe høyere med et gjennomsnitt på 0,003 mg/kg våtvekt, tre enkeltverdier over 0,01 mg/kg og bare 14 % av målingene under kvantifiseringsgrensen. Vassild hadde de høyeste kadmiumkonsentrasjonene i filet med et gjennomsnitt på 0,005 mg/kg våtvekt og en maksverdi på 0,037 mg/kg våtvekt som likevel er under grenseverdien for kadmium i fiskefilet til humant konsum på 0,050 mg/kg våtvekt. Vassild fra områdene lengst sør, 8, 42 og 28, viste de høyeste kadmiumverdiene i filet. Dette kan henge sammen med noe mer forurensing i disse områdene. Vassild fra disse områdene var også minst og det kan tyde på en negativ sammenheng mellom størrelse og kadmiumnivå, men samtidig var nivåene lavere i fisk fra område 12 som også var liten. For de syv målte filetprøvene av strømsild var resultatene for kadmium under kvantifiseringsgrensen på 0,001 mg/kg våtvekt. Tidligere resultater for filetprøver av flekksteinbit tatt i 2014 stemmer godt overens med våre funn med et gjennomsnitt på 0,0015 mg kg våtvekt (Sjømatdata). Gråsteinbit tatt i 2013 og 2014 hadde noe høyere konsentrasjoner med et gjennomsnitt på 0,0046 mg/kg våtvekt, og Frantzen og Måge (2016) fant en høyere maksimumsverdi på 0,33 mg/kg våtvekt for denne arten.

I lever var det forskjell i kadmiumnivå mellom de ulike fiskeartene med den høyeste gjennomsnittsverdien i gråsteinbit med 2,6 mg/kg våtvekt fulgt av flekksteinbit med 1,3 mg/kg våtvekt og vassild med 0,36 mg/kg våtvekt. Samleprøven av strømsildlever hadde en konsentrasjon på bare 0,09 mg/kg våtvekt. Kadmiumnivået i lever varierte mellom områdene som vist i Figure 6. Det var ingen klar sammenheng mellom konsentrasjonen i filet og lever for noen av artene. For strømsild som ble prøvetatt i område 28F, var konsentrasjonen 0,094 mg/kg våtvekt i den ene analyserte samleprøven av lever noe som var en del høyere enn i vassild fra samme område.

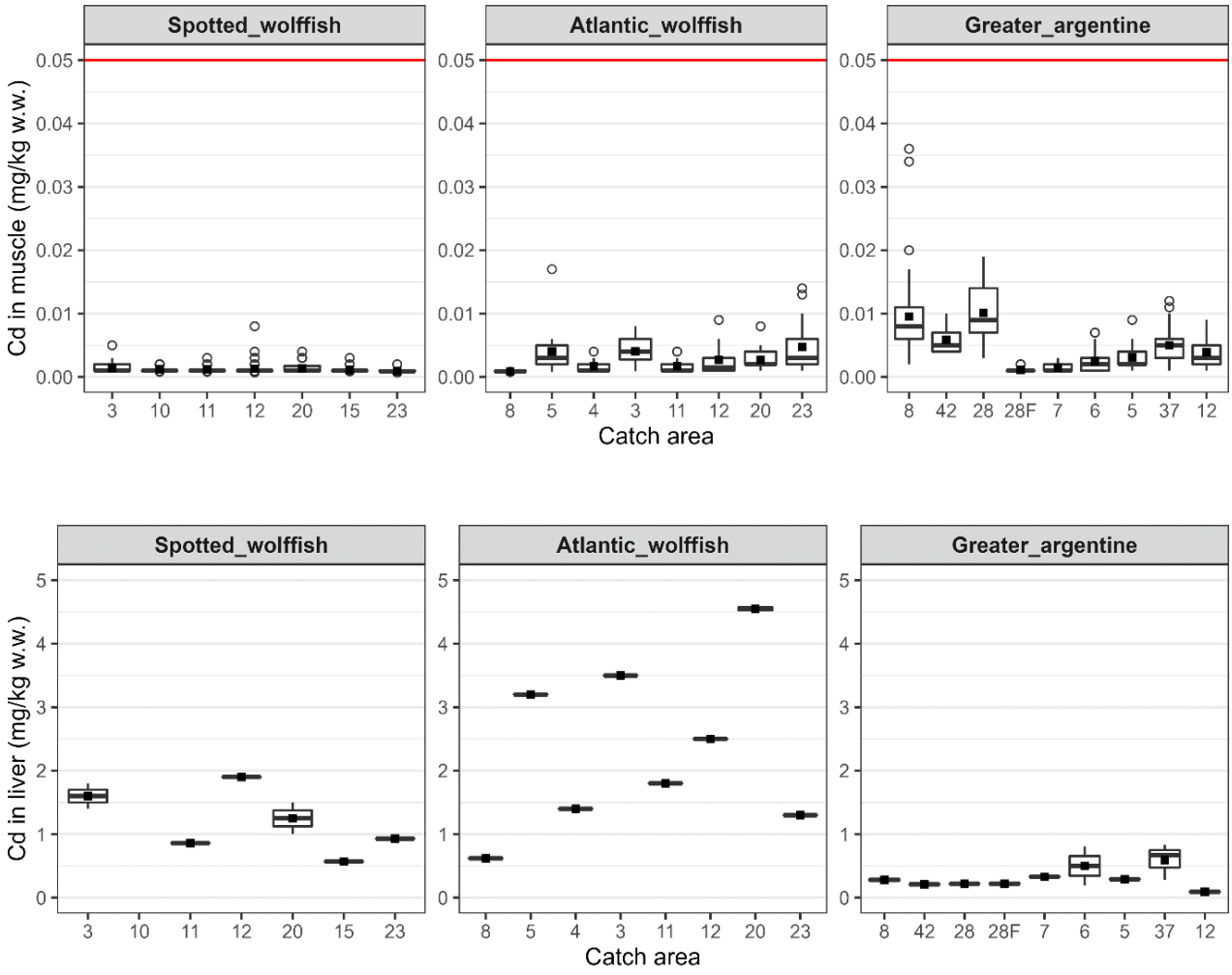

Figure 6. Concentration of cadmium (mg/kg wet weight) in fillet of individuals (upper panels) and composite samples of liver (lower panels) of spotted wolffish, Atlantic wolffish and greater argentine sampled in different areas from south to north (see Figures 1, 2 and 3 for geographical location of the stations within areas, 28F refers to a fjord sample (MAP-ID GA28-40)) in Norwegian waters in 2019-2022. Mean (squares), median (line), interquartile range (box), minimum and maximum (whiskers as Q1/3 ± 1.5 IQR), and outliers (dots) are given. The red horizontal line indicates the EU and Norway's maximum level for cadmium in fish fillet for human consumption.

3.2.2 - Kvikksølv

Konsentrasjonene av kvikksølv i filetprøver var lave i flekksteinbit (0,087 ± 0,068 mg kg våtvekt, gjennomsnitt ± standardavvik), og ingen filetprøver hadde kvikksølvnivåer over grenseverdien som gjelder ved omsetning av fisk til humant konsum på 0,5 mg/kg våtvekt (Table 7 og Table 9). Kvikksølvkonsentrasjonene i filet av gråsteinbit var høyere (0,144 ± 0,117 mg/kg våtvekt) og fem enkeltprøver var over grenseverdien (Table 8). Ingen prøver av filet av vassild og strømsild var over grenseverdien med gjennomsnitt på henholdsvis 0,065 mg/kg og 0,045 mg/kg våtvekt. For flekksteinbit var kvikksølvverdiene noe høyere enn tidligere resultater i samme art både fra område 12 og 20 med gjennomsnitt og standardavvik i vår undersøkelse på henholdsvis 0,101 ± 0,068 og 0,096 ± 0,064 mg/kg våtvekt mot henholdsvis 0,081 ± 0,035 og 0,044 ± 0,032 mg/kg våtvekt funnet tidligere (Frantzen og Måge, 2016). Konsentrasjonene funnet i gråsteinbit var på samme nivå som tidligere funn i samme art på 0,12 ± 0,11 i fisk fra område 4, 5 og 20. Gjennomsnittsnivået av kvikksølv i gråsteinbit lå lavere enn nivåene som tidligere er funnet i blåkveite (0,22 mg/kg våtvekt), kveite (0,21 mg/kg våtvekt) og brosme (0,34 mg/kg våtvekt) (Nilsen m.fl., 2010, Nilsen m.fl., 2016, Frantzen m.fl., 2016), men høyere enn gjennomsnittsnivåene i filet av torsk (nordøstarktisk torsk: 0,036 mg/kg, nordsjøtorsk: 0,11 mg/kg), sei (nordøstarktisk sei: 0,041 mg/kg, nordsjøsei: 0,066 mg/kg), sild (NVG-sild: 0,039

mg/kg, nordsjøsild: 0,051 mg/kg) og makrell (0,040 mg/kg) (Julshamn m.fl., 2013a, Julshamn m.fl., 2013b, Nilsen m.fl., 2013a, Nilsen m.fl., 2013b, Frantzen m.fl., 2009, Duinker m.fl., 2013, Frantzen m.fl., 2010). Gjennomsnittlig kvikksølvnivå i flekksteinbit var på sin side lavere enn i torsk fra Nordsjøen, men høyere enn i nordøstarktisk torsk, sei, sild og makrell. Og for vassild var kvikksølvnivået på nivå med sei fra Nordsjøen.

Gjennomsnittsnivået av kvikksølv i samleprøver av lever i både flekksteinbit (0,068 mg/kg våtvekt) og gråsteinbit (0,13 mg/kg våtvekt) var sammenlignbare med filetkonsentrasjonene (Table 7 og Table 8). For vassild og strømsild var nivåene i lever omtrent tre ganger så høye som i filet med henholdsvis 0,217 mot 0,065 mg/kg våtvekt (Table 9) og 0,130 mot 0,045 mg/kg våtvekt i strømsild.

Kvikksølv i filet – sammenheng med størrelse og fettinnhold

Konsentrasjonen av kvikksølv i filet var signifikant korrelert med fiskens størrelse for fisk fra alle områder sett under ett både for flekksteinbit og vassild, men ikke for gråsteinbit (Figure 7). For vassild var det positiv sammenheng mellom konsentrasjon av kvikksølv og størrelse i alle de forskjellige områdene (Figure 9). For flekksteinbit skilte fisk fra område 20 seg ut med en negativ sammenheng. Fisken ble tatt på litt forskjellige lokaliteter innenfor området og kun for fisk fra lokalitet 13 var sammenhengen statistisk signifikant (R^2=0,16, p=0,045). For gråsteinbit var det en negativ sammenheng i område 12, men den var ikke signifikant. En mulig forklaring på den negative sammenhengen mellom kvikksølv og størrelse, er at flekksteinbit og gråsteinbit i disse områdene, fisket i september og oktober, var en blanding av fisk fra flere populasjoner. Det er kjent at steinbit kan vandre en del i forbindelse med parring og gyting som skjer mellom mai og oktober, og i denne perioden kan fisk fra forskjellige områder blande seg. Men det kan også være andre faktorer som spiller inn her som vi ikke har fanget opp, og som man trenger en prøvetaking i samme område over tid for å undersøke nærmere.

For gråsteinbit var det en signifikant negativ korrelasjon mellom konsentrasjonen av kvikksølv og fettinnhold i filet, men for de andre undersøkte artene var det ingen sammenheng mellom kvikksølv og fettinnhold (Figure 7).

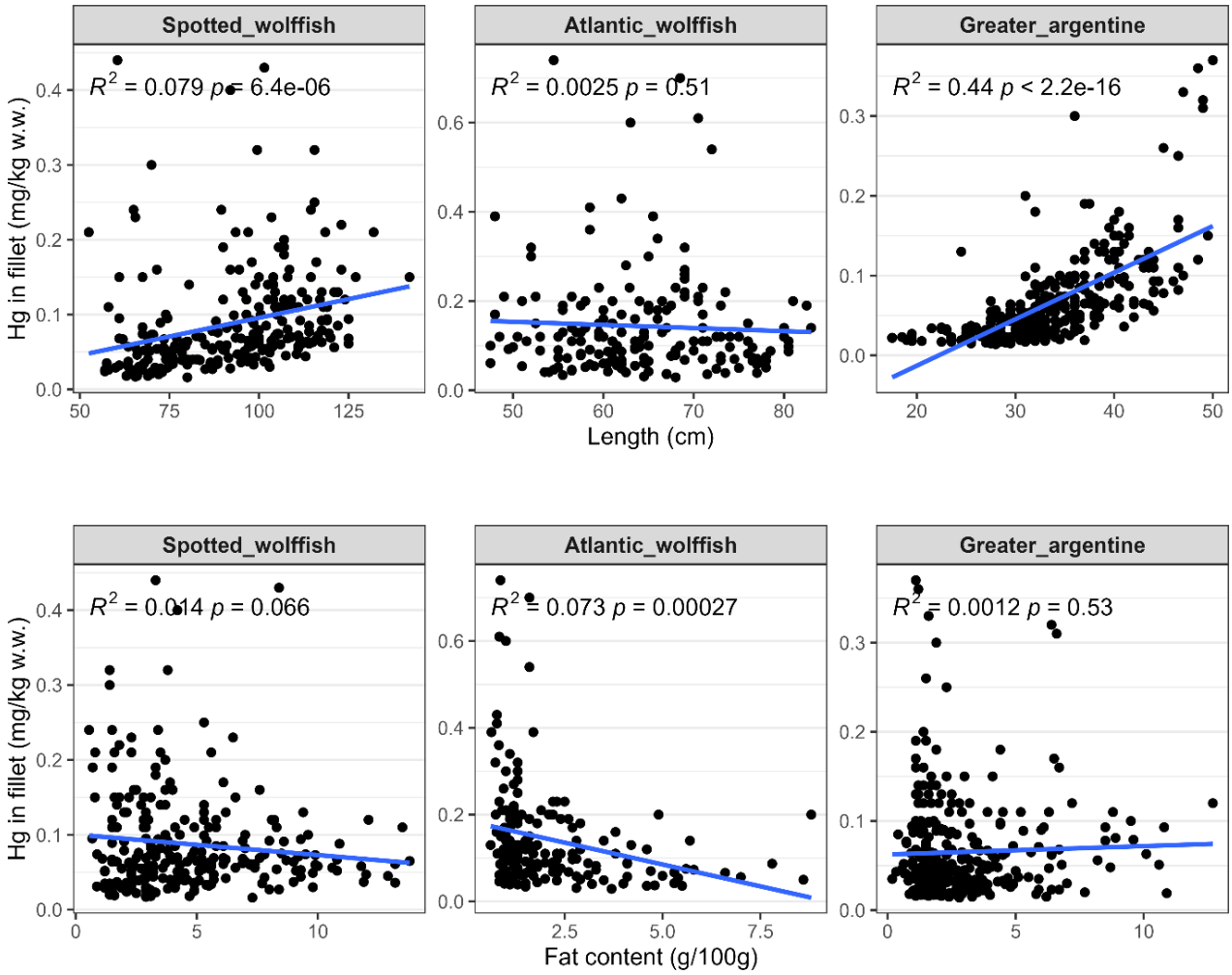

Figure 7. Correlation between fish length (cm), and fat content (g/100g) and concentration of mercury (mg/kg wet weight) in fillet of spotted wolffish, Atlantic wolffish and greater argentine from Norwegian water fished in 2019-2022. Results for Pearson's linear correlation are given.

Variasjon i nivået av kvikksølv mellom områder

Nivået av kvikksølv varierte mellom områdene som vist i Figure 8. I filet av flekksteinbit var konsentrasjonene lavere i områdene 10, 11 og 15 med gjennomsnitt mellom 0,048 og 0,073 mg/kg våtvekt, enn i områdene 3, 12, 20 og 23 med mellom 0,096 og 0,10 mg/kg våtvekt. For gråsteinbit var det spesielt område 12 som skilte seg ut med et høyt gjennomsnitt i filet på 0,27 mg/kg våtvekt, mens områdene 8, 5, 4, 3 og 11 hadde gjennomsnitt på 0,15 eller 0,16 mg/kg våtvekt. De to nordligste områdene 20 og 23, hadde de laveste nivåene med henholdsvis 0,080 og 0,096 mg/kg våtvekt. Men overskridelsene av grenseverdien var jevnt fordelt på områdene 5, 3, 11 og 12. For vassild var gjennomsnittsnivået i filet høyest i område 28F (0,15 mg/kg våtvekt) fulgt av område 37 med 0,088 mg/kg våtvekt. I områdene 8, 28, 7, 6, 5 var nivåene på mellom 0,042 og 0,062 mg/kg våtvekt. Områdene 42 (0,028 mg/kg våtvekt) og 12 (0,019 mg/kg våtvekt) hadde de laveste konsentrasjonene. I områdene 11, 12, 20 og 23 ble det tatt prøver av både flekksteinbit og gråsteinbit. Nivåene i filet var mer enn 2,5 ganger høyere for gråsteinbit enn for flekksteinbit i område 11 og 12, mens nivåene var omtrent like i de to artene i område 23. I område 20 var nivået noe lavere for gråsteinbit enn for flekksteinbit. I område 23, der flekksteinbit og gråsteinbit ble fisket på samme tid og omtrent samme sted, var gråsteinbit (63 ± 5 cm) mindre enn flekksteinbit (83 ± 18 cm), men kvikksølvnivået var likevel likt med 0,096 µg/kg våtvekt. Kvikksølv akkumuleres i fisk over tid, og konsentrasjonene innenfor en art øker som regel med alder og dermed også med størrelse. Ulik veksthastighet under ellers like forhold vil kunne føre til at fisk som er like store, kan ha ulik

alder og også forskjellig kvikksølvkonsentrasjon. Det er tidligere funnet i en laboratoriestudie at gråsteinbit vokser saktere enn flekksteinbit under samme forhold (Moksness, E., 1994). Dersom gråsteinbit generelt vokser saktere enn flekksteinbit, kan det muligens forklare hvorfor kvikksølvnivåene stort sett var høyere hos gråsteinbit enn hos flekksteinbit fra de samme områdene. Det kan også forklare hvorfor kvikksølvnivået ikke var mindre i gråsteinbit enn i flekksteinbit i område 23, på tross av at gråsteinbiten var av mindre størrelse.

Kvikksølvnivåene i lever varierte mellom områdene på en lignende måte som kvikksølv i filet, med få unntak (Figure 8).

Noe av forskjellene vi ser for kvikksølv i filet mellom områdene kan forklares av størrelsen på fisken fisket i de forskjellige områdene. Flekksteinbit fisket i område 15 var minst og hadde det laveste nivået av kvikksølv, og også fisk fra område 11, som hadde det nest laveste nivået av kvikksølv var relativt liten (Figure 4 og Figure 8). Men siden sammenhengen ikke er like sterk for de andre områdene, er det også andre faktorer som påvirker kvikksølvnivået. For gråsteinbit forklarer variasjonen i størrelse lite. For vassild var det de største fiskene som ble fisket i område 28F, som hadde høyest kvikksølvkonsentrasjon, og de laveste nivåene ble funnet i områdene der de minste fiskene ble undersøkt, områdene 8, 42, 28 og 12. Men også her er det andre faktorer som påvirker kvikksølvnivået, siden noen områder med mindre fisk har høyere konsentrasjoner, som for eksempel område 7 og 5. Fisk fra område 28F er fisket i Sørfjorden ved Osterøy, et område som trolig er noe påvirket av ulik industriell aktivitet i fjordområdet og avrenning fra land.

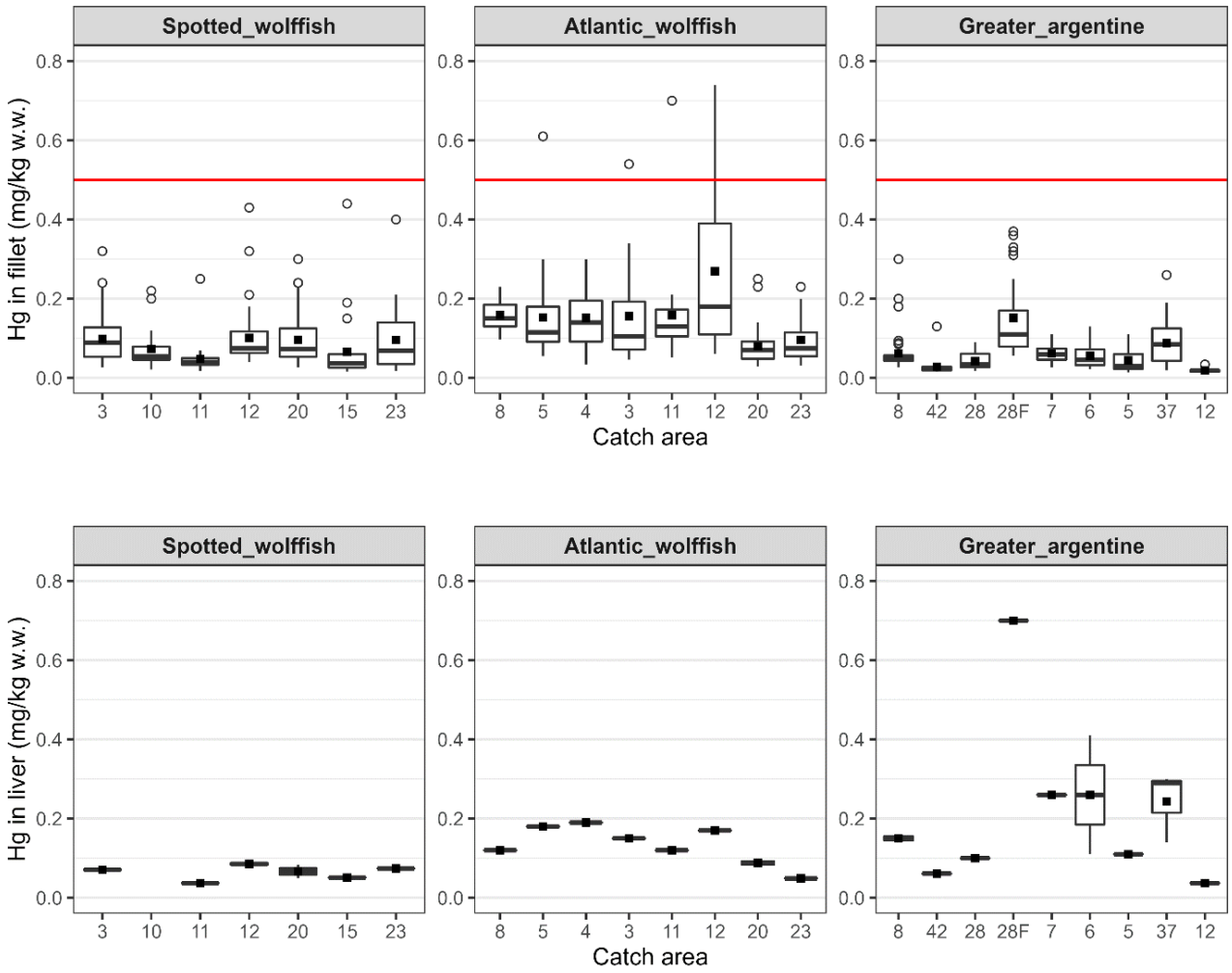

Figure 8. Concentration of mercury (mg/kg wet weight) in fillet of individuals (upper panels) and composite samples of liver (lower panels) of spotted wolffish, Atlantic wolffish and greater argentine sampled in different areas (see Figures 1, 2 and 3 for geographical location of the stations within areas, 28F refers to a fjord sample (MAP-ID GA28-40) in Norwegian waters in 2019-2022. Mean (squares), median (line), interquartile range (box), minimum and maximum (whiskers as Q1/3 ± 1.5 IQR), and outliers (dots) are given. The red horizontal line indicates the EU and Norway's maximum level for mercury in fish fillet for human consumption.

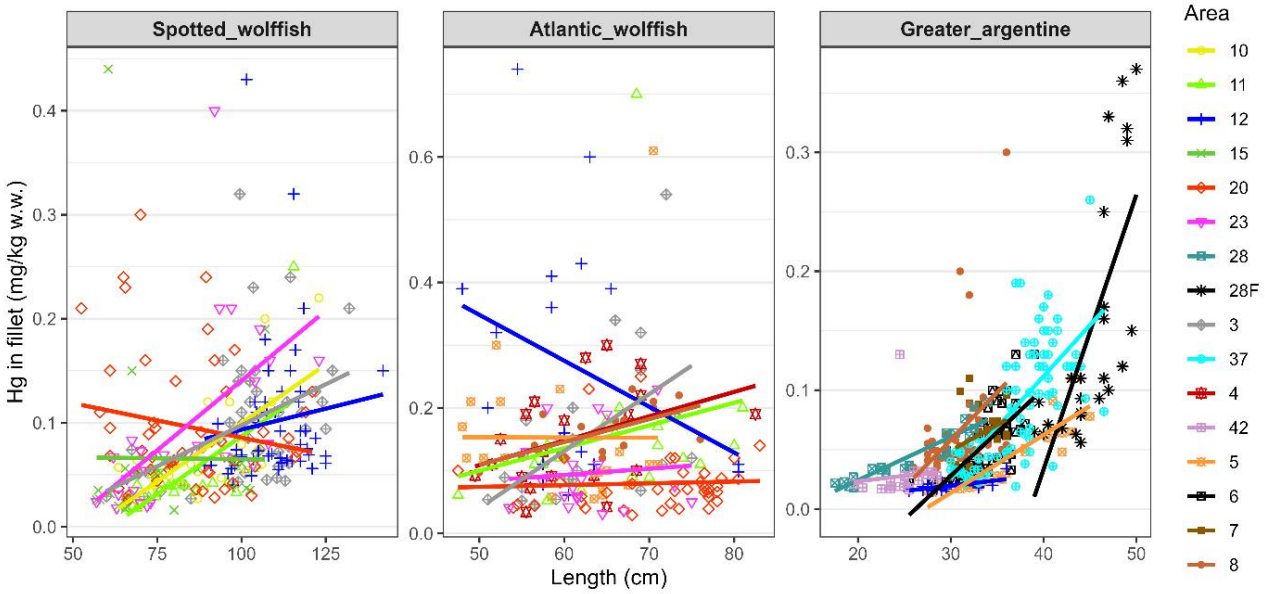

Figure 9. Mercury concentration in fillet of spotted wolffish, Atlantic wolffish and greater argentine versus fish length at the different sampling stations (statistics areas). The different areas are marked by different colours and symbols. The straight lines indicate the linear regression with length for each station/area.

3.2.3 - Arsen

Konsentrasjonene av totalarsen i enkeltprøver av filet og samleprøver av lever fra flekksteinbit og gråsteinbit var ganske høye med gjennomsnitt i filet og lever på henholdsvis 18,1 og 11,5 mg/kg våtvekt i flekksteinbit og 13,2 og 16,8 mg/kg våtvekt i gråsteinbit (Table 7 og Table 8). Nivåene er høyere enn det som ble funnet tidligere i filet av både flekk- og gråsteinbit med henholdsvis 13 og 11 mg/kg våtvekt. Vassild hadde en langt lavere gjennomsnittskonsentrasjon i filet på 2,3 mg/kg våtvekt mens den i lever også var høy med 16,8 mg/kg våtvekt (Table 9). Strømsild hadde en høyere gjennomsnittskonsentrasjon (8,94 ± 2,33 mg/kg våtvekt, gjennomsnitt ± standardavvik) i filet enn vassild fra samme område (område 28F) og samleprøven for lever inneholdt 33 mg/kg våtvekt. Det er kjent at nivåene av arsen i pelagisk fisk er lavere enn i fisk som lever nær bunnen (Neff, 1997), noe som er bekreftet av våre funn her (med unntak av lever av strømsild), men årsaken til dette er ikke helt forstått. De verdiene vi fant for steinbitene er høye og på nivå med andre bunnlevende fiskearter som rødspette og breiflabb og også hyse. Nivåene i filet av vassild er sammenlignbare med andre pelagiske fiskearter som makrell eller sei og andre arter som uer og snabeluer (sjømatdata.hi.no). De høye verdiene i lever er derimot uvanlig for fisk med lave nivåer i filet.

Det finnes ikke noen øvre grenseverdi for arsen i fisk eller annen sjømat i Norge eller EU. Dette fordi arsen i fisk i hovedsak er til stede i form av arsenobetain, en ikke-giftig forbindelse. Den giftigste formen av arsen er uorganisk arsen (EFSA, 2009). I en undersøkelse gjennomført i 2009 i en rekke norske fiskearter, ble det også funnet at både andelen og totalkonsentrasjon av uorganisk arsen var svært lav (Julshamn m.fl., 2012a), selv i prøver med svært høyt nivå av totalarsen. Det er grunn til å anta at dette også er tilfelle for fiskeartene som er undersøkt her. Samtidig kan det være behov for å dokumentere dette gjennom å analysere for uorganisk arsen/arsenspesier i disse og andre arter der det er påvist høye nivåer av totalarsen.

Variasjon i nivået av arsen mellom områder.

Gjennomsnittlig arsennivå varierte mellom områdene for alle de undersøkte artene (Figure 10). I filet av flekksteinbit var

variasjonen stor med det høyeste gjennomsnittsnivået på 26 mg/kg våtvekt i område 10 og det laveste på 12 mg/kg våtvekt i område 20. Nivåene i lever av flekksteinbit fulgte ikke mønsteret i filet og varierte mellom 9 og 15 mg/kg våtvekt. For gråsteinbit var det spesielt to områder (8 og 20) som skilte seg ut med lavere nivå enn andre steder både i filet og lever. Konsentrasjonene i lever viste stor variasjon fra 6 mg/kg våtvekt i område 8 opptil 34 mg/kg våtvekt i område 3. For vassild var nivåene høyest i de sørligste områdene med område 28F på topp, noe som kan skyldes kontaminering i fjorden prøvene ble fisket i. Spesielt konsentrasjonen i lever fra område 28F var veldig høy med 72 mg/kg våtvekt, mens det ble målt mellom 11 og 20 mg/kg i de resterende områdene.

Det var en generell signifikant korrelasjon mellom arsennivå i filet og fiskens lengde for gråsteinbit, (R^2=0,086, p<0,001) og vassild (R^2=0,014, p<0,05), men korrelasjonene var veldig svake. Fettinnholdet var ikke korrelert med arsenkonsentrasjonen i noen av de undersøkte artene.

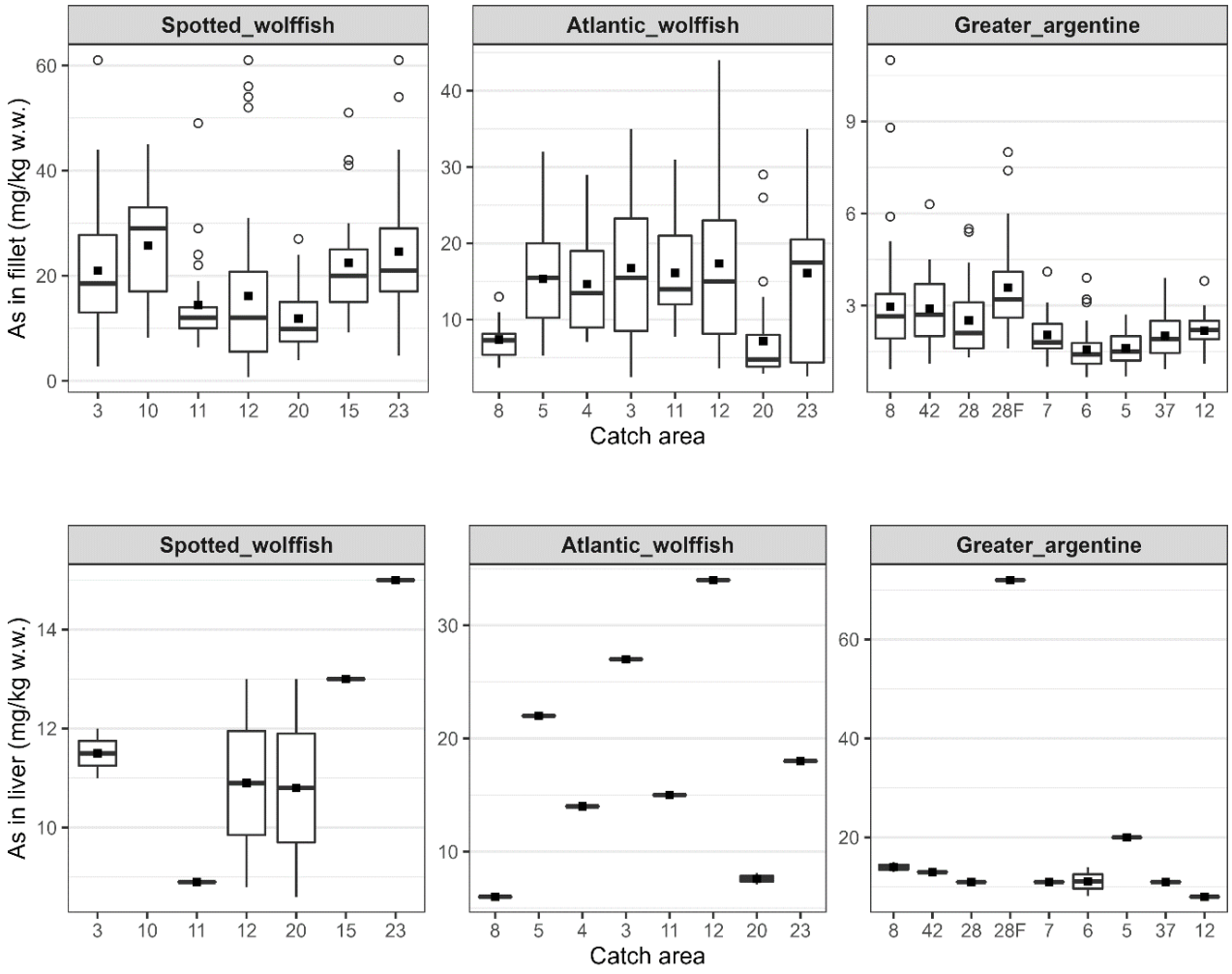

Figure 10. Concentration of total arsenic (mg/kg wet weight) in fillet of individuals (upper panels) and composite samples of liver (lower panels) of spotted wolffish, Atlantic wolffish and greater argentine sampled in different areas from south to north (see Figures 1, 2 and 3 for geographical location of the stations within areas, 28F refers to a fjord sample (MAP-ID GA28-40) in Norwegian waters in 2019-2022. Mean (squares), median (line), interquartile range (box), minimum and maximum (whiskers as Q1/3 ± 1.5 IQR), and outliers (dots) are given.

3.3 - Organiske miljøgifter i filet og lever

3.3.1 - Dioksiner og PCB

De persistente organiske miljøgiftene dioksiner (PCDD), furaner (PCDF), dioksinlignende PCB (mono-orto PCB og non-orto PCB; dl-PCB) og ikke-dioksinlignende PCB (PCB6) ble bestemt i filetprøver fra enkeltfisk og i samleprøver av lever, og resultatene for sum PCDD/F, sum dl-PCB, sum PCDD/F+dl-PCB og sum PCB6 er oppsummert for flekksteinbit i Table 10, for gråsteinbit i Table 11 og for vassild i Table 12.

Nivåene av sum PCDD/F, sum PCDD/F+dl-PCB og PCB6 i filet og lever var lave i alle de undersøkte artene (Table 10-12). Gjennomsnittlig konsentrasjon av sum PCDD/F i filet var henholdsvis 0,32, 0,09 og 0,35 ng TE/kg våtvekt i flekksteinbit, gråsteinbit og vassild, og ingen enkeltfisk hadde nivåer over grenseverdien som gjelder for sum PCDD/F i fiskefilet til humant konsum på 3,5 ng TE/kg våtvekt (EU, 2023; FOR-2015-07-03-870). Gjennomsnittlig konsentrasjon av sum PCDD/F+dl-PCB var 0,88, 0,18 og 0,92 ng TE/kg våtvekt i filet og 5,4, 3,5 og 3,5 ng/TE kg våtvekt i lever av henholdsvis flekksteinbit, gråsteinbit og vassild. Gjennomsnittsnivåene lå dermed for alle arter langt under grenseverdiene for PCDD/F+dl-PCB som er 6,5 ng TE/kg våtvekt for filet og 20 ng TE/kg våtvekt for lever. For flekksteinbit var det én filetprøve fra område 03 som hadde en konsentrasjon over grenseverdien med 7,1 TE/kg våtvekt og for vassild tre filetprøver fra område 28 med 18, 7,7 og 7,3 TE/kg våtvekt.

Også nivåene av sum PCB6 var lave i de analyserte artene, med gjennomsnittlig konsentrasjon på 2,4 og 0,81 og 5,8 µg/kg våtvekt i filet og 20, 20 og 19 µg/kg våtvekt i lever for henholdsvis flekksteinbit, gråsteinbit og vassild. Dermed lå alle gjennomsnittskonsentrasjoner langt under grenseverdiene på 75 µg/kg våtvekt for filet og 200 µg/kg våtvekt for lever, men to enkeltprøver av filet av vassild, fra område 28F, hadde imidlertid konsentrasjoner av sum PCB6 over grenseverdien med henholdsvis 208 og 87 µg/kg våtvekt.

Table 10. Persistent organic contaminants in spotted wolffish (Anarhichas minor). Concentrations of sum of dioxins and furans (PCDD/F), sum of PCDD/F+dl-PCB (ng TEQ/kg wet weight) and sum of non-dioxin like PCBs (PCB6, µg/kg wet weight) in individual fillet samples and composite liver samples from fish sampled in 2019-2022. For PCDD/F+dl-PCB and PCB6 results are also given on fat weight basis (ng TEQ/kg fw and µg/kg fw, respectively). Results are given as mean ± standard deviation (SD), minimum and maximum values, median. Number of samples (N) and number of samples exceeding EU and Norway's maximum levels (#>ML) for PCDD/F in fillet and PCDD/F+dl-PCB and PCB6 in fillet and liver are given.

		N	Mean ± SD	Median	Min – Max	#>ML[a]
PCDD/F (ng TEQ/kg ww)	Fillet	250	0.32 ± 030	0.245	0.26 – 2.6	0
	Liver	9	1.92 ± 0.86	2.04	0.74 – 3.4	0
PCDD/F+dl-PCB (ng TEQ/kg ww)	Fillet	250	0.88 ± 0.79	0.69	0.057 – 7.1	1
	Liver	9	5.4 ± 2.8	4.9	1.8 – 11	0
PCDD/F+dl-PCB (ng TEQ/kg fw)	Fillet	249	22 ± 21	16	2.7 – 165	-
	Liver	9	21 ± 12	20	7.1 – 46	-
PCB6 (µg/kg ww)	Fillet	250	2.4 ± 1.8	1.9	0.17 – 15	0
	Liver	9	20 ± 13	18	6.6 – 48	0
PCB6 (µg/kg fw)	Fillet	249	59 ± 49	44	9.7 – 344	-
	Liver	9	85 ± 84	59	28 – 302	-

[a] Maximum level (ML) for PCDD/F is 3.5 ng TE/kg ww in fish fillet, ML for PCDD/F+dl-PCB is 6.5 ng TE/kg ww in fish fillet and 20 ng TE/kg ww in fish liver, and ML for sum PCB6 is 75 µg/kg ww in fish fillet and 200 µg/kg ww in liver.

Table 11. Persistent organic contaminants in Atlantic wolffish (Anarhichas lupus). Concentrations of sum of dioxins and furans (PCDD/F), sum of PCDD/F+dl-PCB (ng TEQ/kg wet weight) and sum of non-dioxin like PCBs (PCB6, µg/kg wet weight) in individual fillet samples and composite liver samples from fish sampled in 2019-2022. For PCDD/F+dl-PCB and PCB6 results are also given on fat weight basis (ng TEQ/kg fw and µg/kg fw, respectively). Results are given as mean ± standard deviation (SD), minimum and maximum values, median. Number of samples (N) and number of samples exceeding EU and Norway's maximum levels (#>ML) for PCDD/F in fillet and PCDD/F+dl-PCB and PCB6 in fillet and liver are given.

		N	Mean ± SD	Median	Min – Max	#>ML[a]
PCDD/F (ng TEQ/kg ww)	Fillet	176	0.09 ± 0.06	0.07	0.019 – 0.36	0
	Liver	9	1.51 ± 0.66	1.58	0.68 – 2.7	-
PCDD/F+dl-PCB (ng TEQ/kg ww)	Fillet	176	0.18 ± 0.15	0.12	0.032 –0.72	0
	Liver	9	3.5 ± 2.6	2.8	1.1 – 9.8	0
PCDD/F+dl-PCB (ng TEQ/kg fw)	Fillet	176	9.5 ± 5.4	8.7	1.7 – 32	-
	Liver	9	19 ± 11	18	5.7 – 45	-
PCB6 (µg/kg ww)	Fillet	176	0.81 ± 0.71	0.58	0.13 – 4.4	0
	Liver	9	20 ± 21	14	4.6 – 74	0
PCB6 (µg/kg fw)	Fillet	176	47 ± 44	35	6.5 – 374	-
	Liver	9	107 ± 100	77	25 – 335	-

[a] Maximum level (ML) for PCDD/F is 3.5 ng TE/kg ww in fish fillet, ML for PCDD/F+dl-PCB is 6.5 ng TE/kg ww in fish fillet and 20 ng TE/kg ww in fish liver, and ML for sum PCB6 is 75 µg/kg ww in fish fillet and 200 µg/kg ww in liver.

I de tre målte samleprøvene av filet av strømsild fra område 28 var nivåene lave for sum PCDD/F (0,067 ± 0,019 ng TE/kg våtvekt), sum PCDD/F+dl-PCB (0,11 ± 0,03 ng TE/kg våtvekt) og PCB6 (0,76 ± 0,14 µg/kg våtvekt). Lever av strømsild ble ikke analysert for disse stoffene på grunn av for lite prøvemateriale

Table 12. Persistent organic contaminants in greater argentine (Argentina silus). Concentrations of sum of dioxins and furans (PCDD/F), sum of PCDD/F+dl-PCB (ng TEQ/kg wet weight) and sum of non-dioxin like PCBs (PCB6, µg/kg wet weight) in individual fillet samples and composite liver samples from fish sampled in 2019-2022. For PCDD/F+dl-PCB and PCB6 results are also given on fat weight basis (ng TEQ/kg fw and µg/kg fw, respectively). Results are given as mean ± standard deviation (SD), minimum and maximum values, median. Number of samples (N) and number of samples exceeding EU and Norway's maximum levels (#>ML) for PCDD/F in fillet and PCDD/F+dl-PCB and PCB6 in fillet and liver are given.

		N	Mean ± SD	Median	Min – Max	#>ML[a]
PCDD/F (ng TEQ/kg ww)	Fillet	315	0.35 ± 0.39	0.24	0.023 – 2.6	0
	Liver	13	1.55 ± 0.86	1.28	0.52 – 3.4	-
PCDD/F+dl-PCB (ng TEQ/kg ww)	Fillet	315	0.92 ± 1.47	0.54	0.036 – 18	3
	Liver	13	3.5 ± 3.0	2.5	0.95 – 12	0
PCDD/F+dl-PCB (ng TEQ/kg fw)	Fillet	315	36 ± 55	24	2.0 – 779	-
	Liver	12	29 ± 27	19	7.8 – 98	-
PCB6 (µg/kg ww)	Fillet	315	5.8 ± 16.4	1.8	0.19 – 208	2
	Liver	13	19 ± 36	7.7	3.3 – 138	0
PCB6 (µg/kg fw)	Fillet	315	186 ± 571	80	12 – 9060	-
	Liver	12	167 ± 311	54	27 – 1140	-

[a] Maximum level (ML) for PCDD/F is 3.5 ng TE/kg ww in fish fillet, ML for PCDD/F+dl-PCB is 6.5 ng TE/kg ww in fish fillet and 20 ng TE/kg ww in fish liver, and ML for sum PCB6 is 75 µg/kg ww in fish fillet and 200 µg/kg ww in liver.

Nivåene av sum PCDD/F+dl-PCB og PCB6 målt i både filet og lever av flekksteinbit var høyere i denne undersøkelsen enn tidligere resultater for et begrenset antall prøver (N=4) (Frantzen m.fl., 2016). Dette gjaldt spesielt for PCB6, der konsentrasjonen var omtrent fire ganger høyere i våre funn. Også for gråsteinbit var konsentrasjonen i filet målt

tidligere lavere både for PCDD/F+dl-PCB og PCB6 og igjen med en faktor på fire for PCB6. I lever av gråsteinbit fant vi også høyere konsentrasjoner for både PCDD/F+dl-PCB og PCB6, med tidligere rapporterte konsentrasjoner på 1,4 ng/TE kg og 2,8 µg/kg mot 3,5 ng/TE kg og 20 µg/kg funnet nå. Forskjellen i nivåene skyldes lite trolig forskjeller i størrelse og fettinnhold på fisken, da det var svært likt i de ulike undersøkelsene. Forskjellene skyldes mest sannsynlig at prøvene ble tatt i ulike områder i de to undersøkelsene, med nesten alle prøvene tatt nord for Lofoten i den tidligere undersøkelsen.

Gjennomsnittsnivået av sum PCDD/F+dl-PCB i filet av flekksteinbit og vassild ligger på omtrent samme nivå som gjennomsnittsnivåene som tidligere er funnet i filet av fete fiskearter som NVG-sild, nordsjøsild og makrell (PCDD/F+dl-PCB: 0,63-1,2 ng TE/kg våtvekt), og konsentrasjonene av PCB6 i vassild ligger også på samme nivå som i feite fiskearter (4,3-7,8 µg/kg våtvekt), mens flekksteinbit ligger noe lavere (Frantzen m.fl., 2009, Duinker m.fl., 2013, Frantzen m.fl., 2010, Frantzen m.fl., 2011). For filet av gråsteinbit er konsentrasjonen lavere og ligger noe over konsentrasjonene i helt magre fiskearter som torsk og sei (Sjømatdata).

Noe av forskjellene mellom artene i nivåer av organiske miljøgifter i filet kan forklares med forskjeller i fettinnhold, siden disse stoffene er lipofile og dermed følger fettet. Flekksteinbit har et høyere gjennomsnittlig fettinnhold på 4,7 g/100g enn gråsteinbit med et fettinnhold på 2,1 g/100g hvilket kan forklare noe av de høyere verdiene for organiske miljøgifter i flekksteinbit. Men vassild har i forhold til steinbitene høye verdier av organiske miljøgifter tatt i betraktning det relativt lave gjennomsnittlige fettinnholdet på 2,8 g/100g (Table 5). Også flekksteinbit har relativt sett høye verdier av PCDD/F+dl-PCB i forhold til fettinnholdet, siden konsentrasjonen av PCDD/F+dl-PCB i denne arten ligger på samme nivå som i fiskearter med mye høyere fettinnhold, som sild og makrell med fettinnhold på 10-30 g/100g (Sjømatdata). Foruten fettinnhold kan diett, levevis og leveområde trolig forklare forskjeller i nivå av POPs mellom arter.

Nivåene av dioksiner og PCB i lever av alle artene var i gjennomsnitt betydelig høyere enn i filet. Dette kan til dels forklares av ulikt fettinnhold i filet og lever, siden forskjellen mellom nivåene i filet og lever var mye mindre når nivåene ble beregnet på fettvektbasis (Table 10, Table 11 og Table 12). Men spesielt for gråsteinbit var det fortsatt noe forskjell, og en annen forklaring er at leveren er fiskens avgiftingsorgan, og dermed akkumulerer giftstoffer mer enn andre organer. Også tidligere har det blitt vist at dette kan variere mellom forskjellige fiskearter (Nilsen m.fl. 2020, Frantzen m.fl., 2020)

PCDD/F+dl-PCB i filet – sammenheng med størrelse og fettinnhold

Det var en signifikant positiv korrelasjon mellom fiskens størrelse og fettinnhold i filet og konsentrasjonen av sum PCDD/F+dl-PCB i filet av alle undersøkte artene (Figure 11).

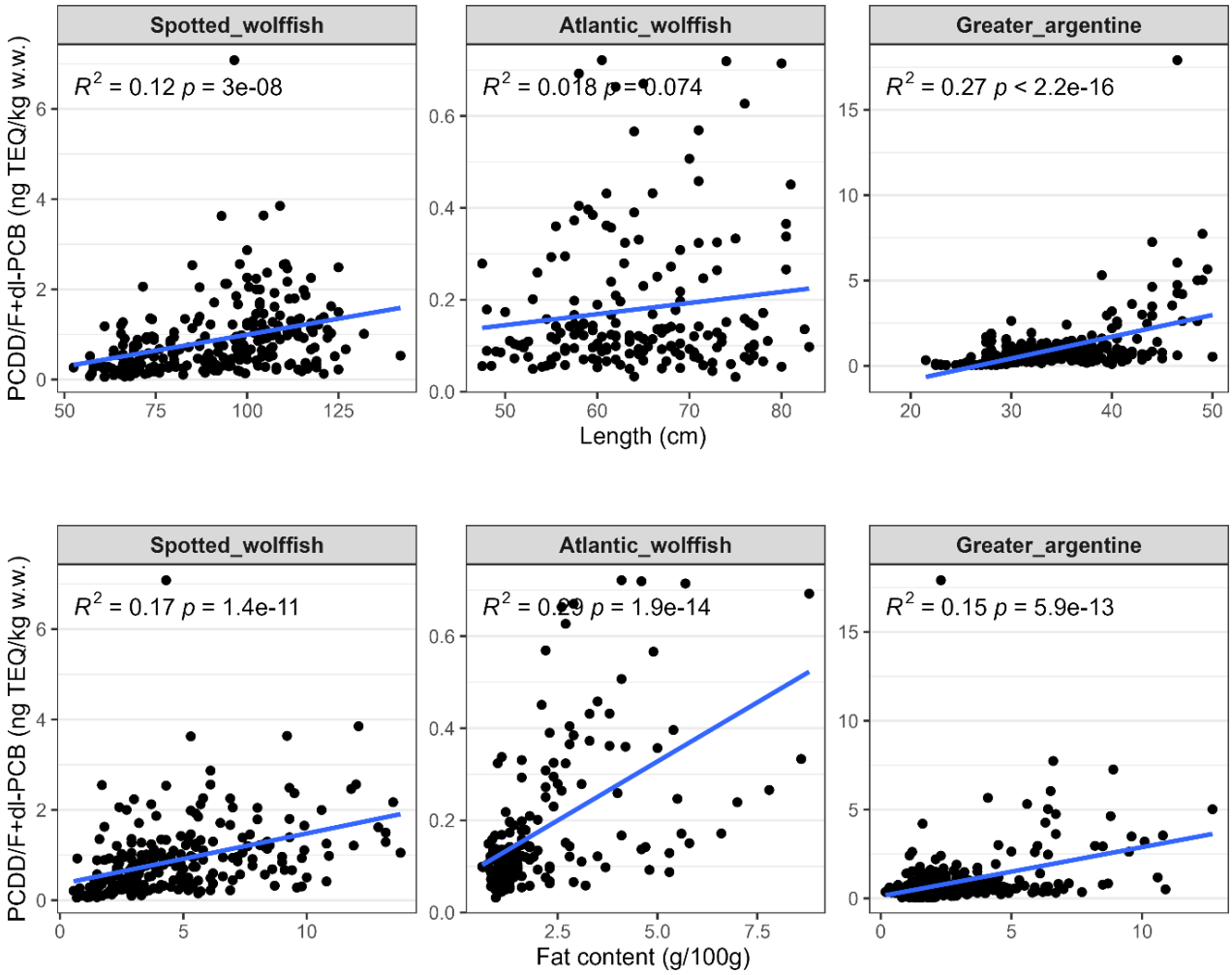

Figure 11. Correlation between fish length (cm) and fat content (g/100g) and concentration of sum PCDD/F+dl-PCB (ng TEQ/kg wet weight) in fillet of spotted wolffish, Atlantic wolffish and greater argentine from Norwegian water fished in 2019-2022. Results for Pearson's linear correlation are given.

Variasjon i nivået av dioksiner og dioksinlignende PCB, sum PCDD/F+dl-PCB, mellom områder.

Konsentrasjonen av dioksiner og dioksinlignende PCB i filet og lever varierte mellom områdene som vist for sum PCDD/F+dl-PCB beregnet på våtvektbasis i Figure 12 og fettvektbasis i Figure 13.

For flekksteinbit ble det høyeste gjennomsnittsnivået av PCDD/F+dl-PCB i filet funnet i område 3 med 1,3 ng TE/kg våtvekt, der også en enkeltprøve var over grenseverdien på 6,5 ng TE/kg våtvekt som gjelder for fiskefilet til humant konsum (EU, 2023; FOR-2015-07-03-870). De tre områdene som hadde høyest konsentrasjoner (3, 10 og 12) var også de med de største fiskene. Ellers ble de laveste verdiene funnet i område 11 og 20 (0,66 og 0,44 ng TE/kg våtvekt). Leverprøvene viser det samme mønsteret.

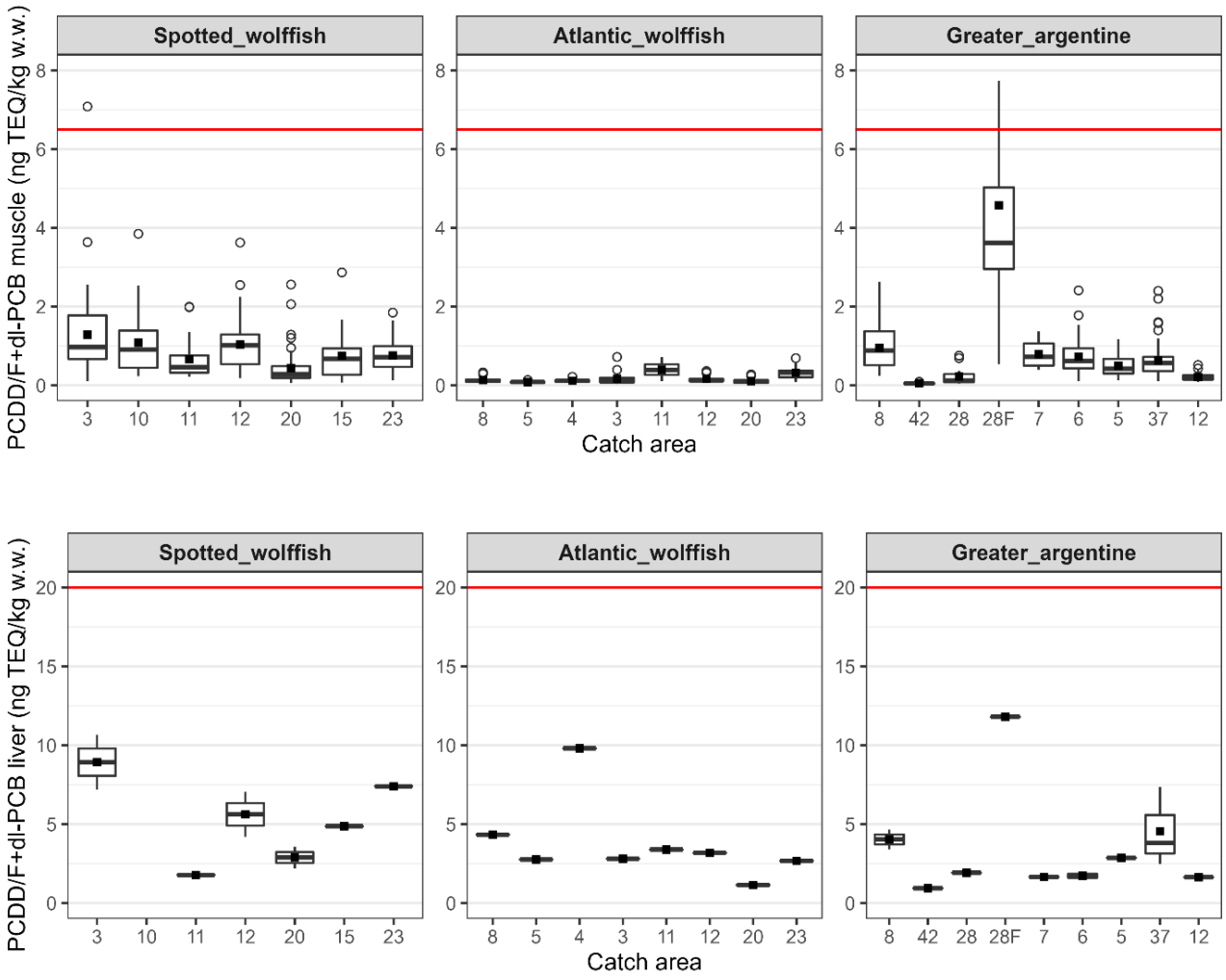

Figure 12. Concentration of sum PCDD/F+dl-PCB on wet weight basis (ng TEQ/kg wet weight) in fillet of individuals (upper panels) and composite samples of liver (lower panels) of spotted wolffish, Atlantic wolffish and greater argentine sampled in different areas from south to north (see Figures 1, 2 and 3 for geographical location of the stations within areas, 28F refers to a fjord sample (MAP-ID GA28-40) in Norwegian waters in 2019-2022. Mean (squares), median (line), interquartile range (box), minimum and maximum (whiskers as Q1/3 ± 1.5 IQR), and outliers (dots) are given. The red horizontal line indicates the EU and Norway's maximum level for sum PCDD/F+dl-PCB in fish fillet or fish liver for human consumption.

For gråsteinbit var konsentrasjonene av PCDD/F+dl-PCB i filet lave og generelt lavere enn i flekksteinbit. Konsentrasjonene var høyest i områdene 11 og 23 (0,40 og 0,32 ng TE/kg våtvekt). Som for flekksteinbit, hadde fisk fra område 20 blant de laveste konsentrasjonene (0,11 ng TE/kg våtvekt). Kun fisk fra område 5 hadde enda lavere verdier enn område 20 (0,08 ng TE/kg våtvekt), der fisken også var mindre. Konsentrasjonene i lever av gråsteinbit følger ikke helt samme mønsteret som i filet og spesielt område 4 viste det en høy konsentrasjon i lever (9,8 ng TE/kg våtvekt).

For vassild varierte konsentrasjonen av PCDD/F+dl-PCB i filet mye mellom områder og spesielt område 28F skilte seg ut med den høyeste gjennomsnittsverdien på 4,57 ng TE/kg våtvekt og tre enkelprøver som overskred grenseverdien. Område 42 skilte seg ut med den laveste gjennomsnittskonsentrasjonen på 0,05 ng TE/kg våtvekt og det gjenspeiles også i leververdiene. Ellers var konsentrasjonen i fisk fra områdene 12 og 28 også relativt lave med 0,21 og 0,23 ng TE/kg våtvekt i filet. De høye verdiene i område 28F kan forklares med at dette var området der både den største fisken og fisken med høyest fettinnhold ble tatt (Figure 4 og Figure 12). I tillegg ble fiskene fisket i Sørfjorden ved Osterfjorden hvor også tidligere undersøkelser har påvist forhøyede verdier av POPs i fisk sammenlignet med andre fjorder langs vestkysten. Måge og Frantzen (2016) fant høye nivåer av POPs i lever av brosme, lange, hyse og lyr fra denne fjorden og Wiech et al. (2021) fant høye nivåer i mesopelagisk fisk. Dette tyder på at forurensing av denne

fjorden også kan være en forklarende faktor for de høye nivåene. Nivåene i strømsild fisket i samme området var imidlertid mye lavere, noe som kan skyldes at fisken var mindre og magrere. Det hadde vært ønskelig å få undersøkt strømsild fra flere områder til sammenligning. Selv om vassild ikke er blant de mest attraktive artene for fritidsfiskere, kan de høye nivåene være en utfordring for folk som fisker målrettet etter arten og bruker den som mat.

Når konsentrasjonene ble beregnet på fettvektbasis, endres variasjonene mellom områdene til en viss grad (Figure 13), noe som tyder på at fettinnhold i fiskene spiller en rolle. Spesielt for vassild blir det tydelig at verdiene for 28F ligger nærmere de øvrige områdene og der spesielt område 8. Det tyder på at det høye fettinnholdet i vassild fra 28F driver de høye verdiene til en viss grad, mens det fortsatt er sannsynlig at også andre faktorer spiller inn, som den tidligere nevnte forurensingen i området. Ved sammenligning av enkeltfisk med samme fettinnhold fra ulike områder, er konsentrasjonene generelt mye høyere i enkeltfisk fra område 28F enn i enkeltfisk fra alle andre områder (Figure 14), noe som bekrefter at også andre faktorer enn fettinnhold har betydning for de høye nivåene i vassild fra område 28F. Dette bekreftes også med en høy konsentrasjon målt i leverprøven fra området 28F.

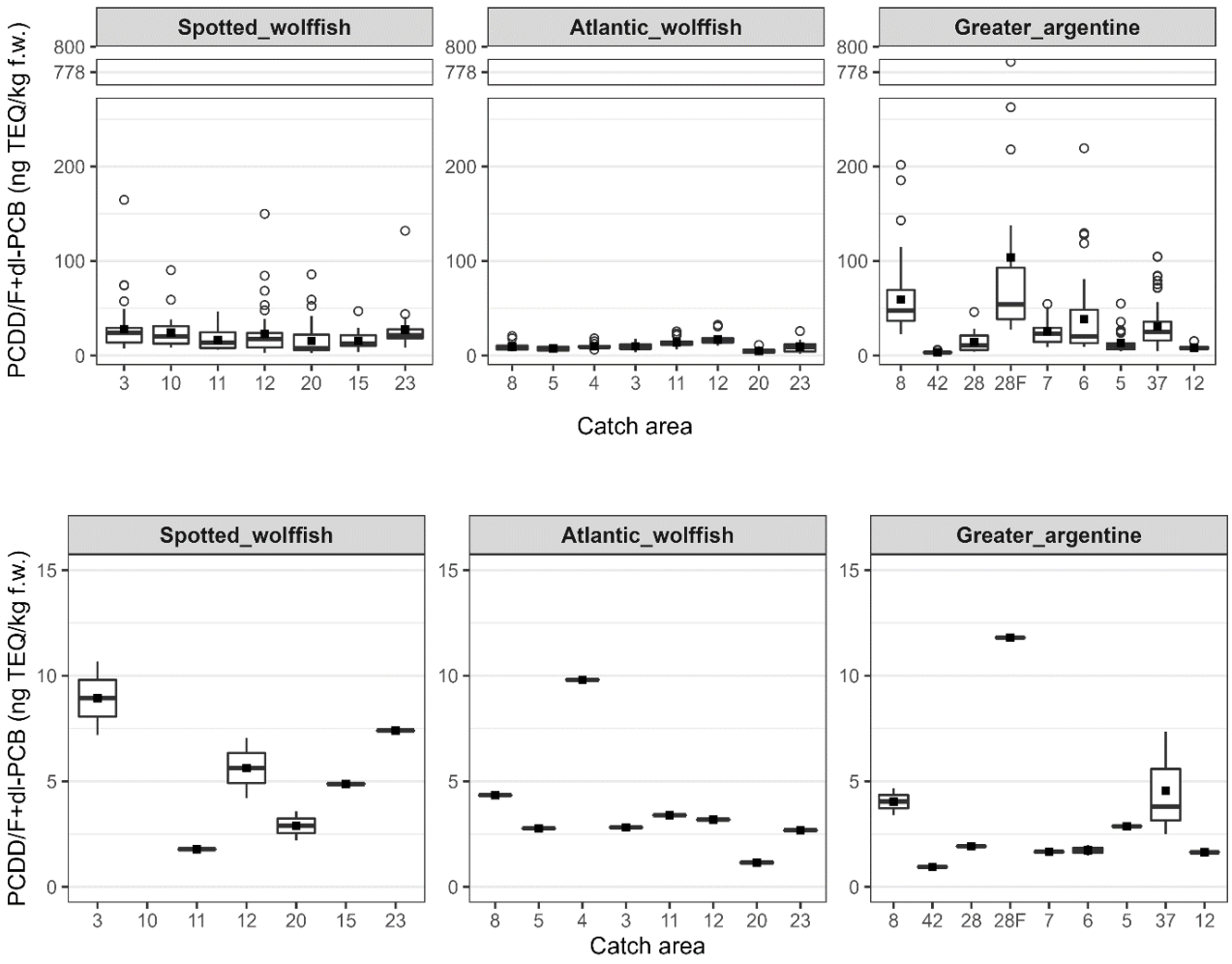

Figure 13. Concentration of sum PCDD/F+dl-PCB on fat weight basis (ng TEQ/kg fat weight) in fillet of individuals (upper panels) and composite samples of liver (lower panels) of spotted wolffish, Atlantic wolffish and greater argentine sampled in different areas from south to north (Figures 1, 2 and 3 for geographical location of the stations within areas, 28F refers to a fjord sample (MAP-ID GA28-40) in Norwegian waters in 2019-2022. Mean (squares), median (line), interquartile range (box), minimum and maximum (whiskers as Q1/3 ± 1.5 IQR), and outliers (dots) are given.

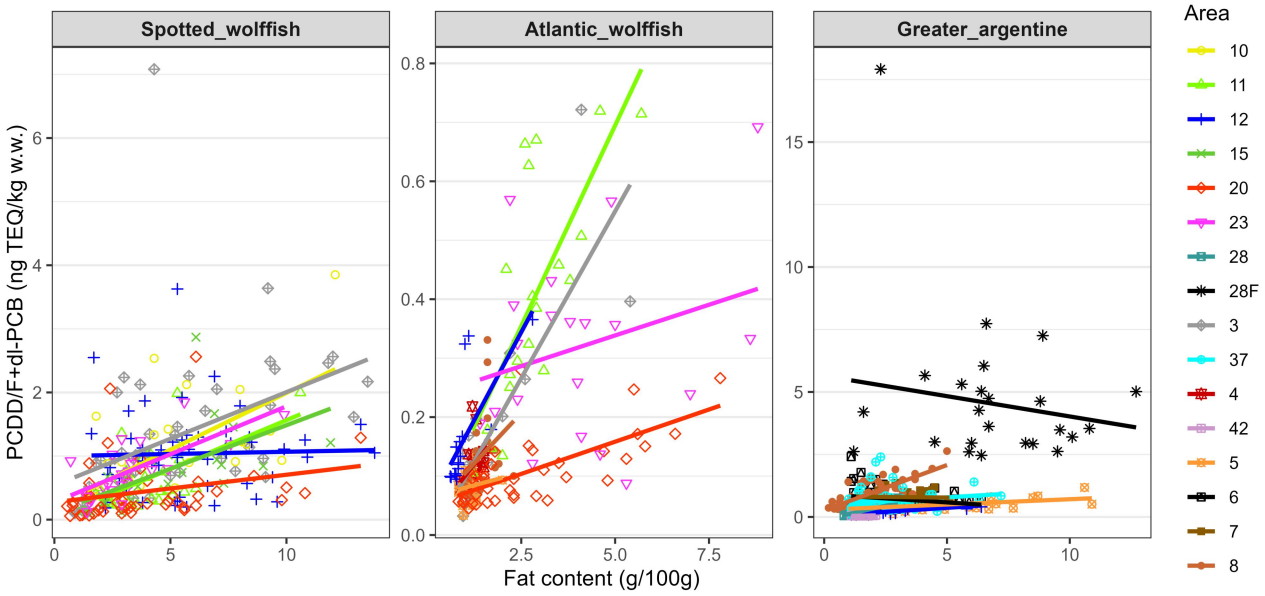

Figure 14. Concentration of sum PCDD/F+dl-PCB (ng TEQ/kg wet weight) in fillet of spotted wolffish, Atlantic wolffish and greater argentine versus fat content at the different sampling stations (statistics areas). The different areas are marked by different colours and symbols. The straight lines indicate the linear regression with fat content for each station/area.on

Variasjon i nivået av PCB6, mellom områder.

Nivåene av PCB6 i flekksteinbit og vassild varierte mellom områdene på nesten tilsvarende måte som nivåene av sum PCDD/F+dl-PCB (smnl. Figure 12 og Figure 15). For gråsteinbit var nivået av PCB6 på fettvektbasis i område 5 forholdsvis høyere enn det som var tilfellet for sum PCDD/F+dl-PCB. Det kan tyde på noen lokale forurensingskilder for PCBer i nærheten av den stasjonen som er fisket ved kysten (stasjon AW5, Figure 2). Nivåene av PCB6 varierte ellers stort sett på samme måte uavhengig av om nivåene ble beregnet på våtvekt- eller fettvektbasis, og variasjonene skyldes dermed ikke kun en variasjon i fettinnhold mellom områdene (Figure 15 og Figure 16). Men for filet av vassild var forskjellen mellom område 28F og de andre områdene mindre når konsentrasjonen var basert på fettvekt, noe som tyder på at det høyere fettinnholdet også bidrar noe til de høye verdiene av PCB6 i dette området. Det var også en statistisk signifikant ($p<0,0001$), men ikke sterk korrelasjon mellom nivået av PCB6 og fettinnhold i filet med en R^2 på henholdsvis 0,23, 0,15 og 0,14 for flekksteinbit, gråsteinbit og vassild.

Som for sum PCDD/F+dl-PCB, var nivåene av PCB6 i flekksteinbit høyere enn i gråsteinbit i de fleste områdene der begge arter var samlet inn (Figure 15).

I alle områder som ble undersøkt lå gjennomsnittsnivåene av sum PCB6 i filet i alle tre artene langt under grenseverdien på 75 µg/kg våtvekt som gjelder for fiskefilet til humant konsum, og kun to enkeltfisk av vassild fra område 28F hadde nivåer over denne grenseverdien. Gjennomsnittsnivåene i lever lå også i alle områder under grenseverdien på 200 µg/kg våtvekt som gjelder for lever til humant konsum (EU, 2023; FOR-2015-07-03-870). Dette gjaldt også for vassild i område 28F som hadde tydelig forhøyet nivå i forhold til de andre fangstområdene (Figure 15).

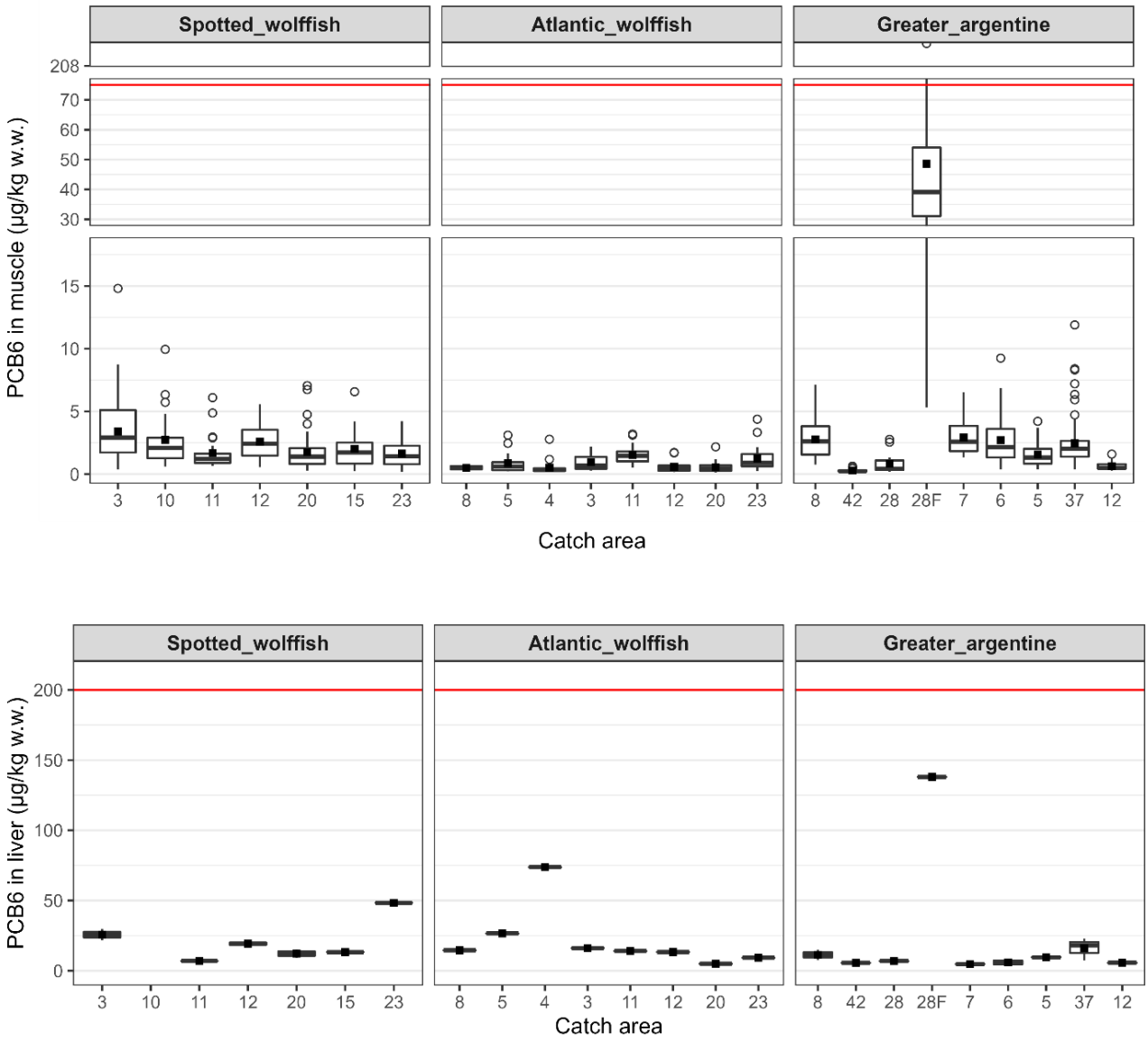

Figure 15. Concentration of sum PCB6 on wet weight basis (µg/kg w.w.) in fillet of individuals (upper panels) and composite samples of liver (lower panels) of spotted wolffish, Atlantic wolffish and greater argentine sampled in different areas from south to north (see Figures 1, 2 and 3 for geographical location of the stations within areas, 28F refers to a fjord sample (MAP-ID GA28-40) in Norwegian waters in 2019-2022. Mean (squares), median (line), interquartile range (box), minimum and maximum (whiskers as Q1/3 ± 1.5 IQR), and outliers (dots) are given. The red horizontal line indicates the EU and Norway's maximum level for PCB6 in fish fillet or fish liver for human consumption.

Som for sum PCDD/F+dl-PCB, varierte PCB6 i filet (og lever) til en viss grad tilsvarende som lengde og vekt av fisken mellom områdene (Figure 4 og Figure 15), med høyere nivå i noen områder der fisken var størst og lavest nivå i områder der fisken var minst. Generelt var det en moderat, men signifikant ($p<0,001$) korrelasjon mellom konsentrasjonen av sum PCB6 i filet og fiskens størrelse for flekksteinbit og vassild (R^2 på henholdsvis 0,19 og 0,23), mens sammenhengen ikke var signifikant for gråsteinbit.

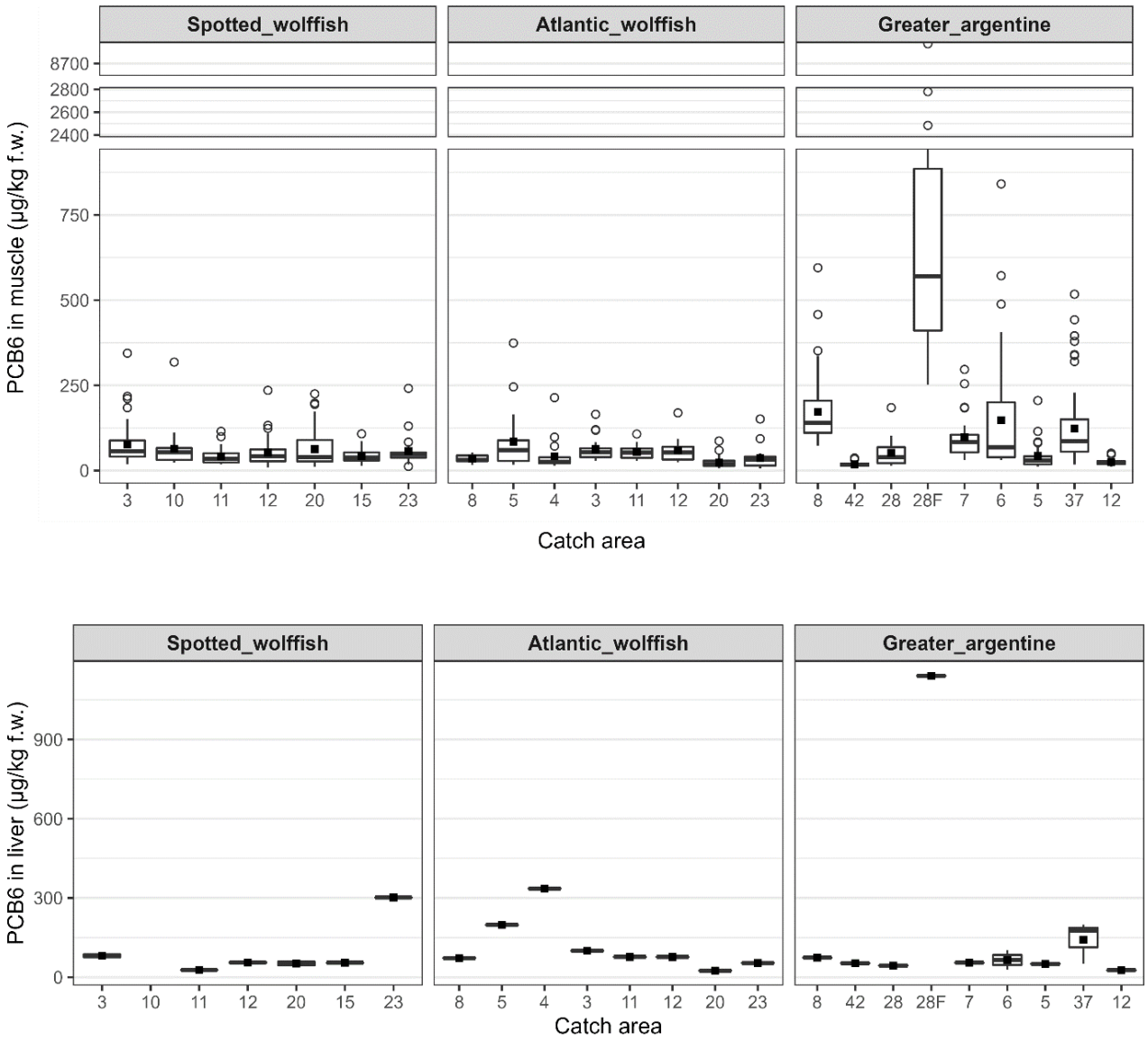

Figure 16. Concentration of sum PCB6 on fat weight basis (µg/kg f.w.) in fillet of individuals (upper panels) and composite samples of liver (lower panels) of spotted wolffish, Atlantic wolffish and greater argentine sampled in different areas from south to north (see Figures 1, 2 and 3 for geographical location of the stations within areas, 28F refers to a fjord sample (MAP-ID GA28-40) in Norwegian waters in 2019-2022. Mean (squares), median (line), interquartile range (box), minimum and maximum (whiskers as Q1/3 ± 1.5 IQR), and outliers (dots) are given.

3.3.2 - Bromerte flammehemmere (PBDE, HBCD og TBBPA)

Konsentrasjonene av bromerte flammehemmere i filet av de undersøkte artene var stort sett lave (Table 13, Table 14 og Table 15). Spesielt for TBBPA var konsentrasjonene stort sett under kvantifiseringsgrensen i både filet og lever av de undersøkte artene.

Blant de undersøkte artene hadde gråsteinbit de laveste nivåene i filet av både PBDE, HBCD og TBBPA.

Nivåene av PBDE7 (0,47 µg/kg våtvekt) og PBDE-47 (0,27 µg/kg våtvekt) i filet av vassild var sammenlignbare med gjennomsnittsnivåene funnet i filet av fet fisk som sild, makrell, blåkveite og atlantisk kveite (0,47-2,1 µg/kg våtvekt; Frantzen m.fl., 2009, Duinker m.fl., 2013, Frantzen m.fl., 2010, Nilsen m.fl. 2010, Nilsen m.fl., 2016). Nivåene i flekksteinbit, gråsteinbit og strømsild var mye lavere enn i vassild, og gjennomsnittskonsentrasjonene i gråsteinbit og strømsild (0,037 ± 0,009 µg/kg våtvekt) var på nivået funnet i mager fisk som torsk, sei, hyse og brosme (0,0051-0,077

µg/kg våtvekt; Sjomatdata).

For sum av HBCD, var α-HBCD den klart dominerende kongeneren i de undersøkte artene og flekksteinbit hadde de høyeste konsentrasjonene i filet fulgt av vassild og gråsteinbit med lavest gjennomsnittskonsentrasjon. For alle artene var konsentrasjonene av PBDE7 og HBCD mye høyere i lever enn i filet. Dette kan trolig forklares med at fettinnholdet er høyere i lever.

Table 13. Brominated flame retardants in spotted wolffish (Anarhichas minor). Overall concentrations (µg/kg wet weight) of sum 7 PBDEs (PBDE7) and PBDE-47, sum HBCD (sum of α -, β -, and γ -HBCD), α -HBCD and TBBP-A in fillet (individual fillet samples for PBDE7 or composite fillet samples for HBCD and TBBP-A) and composite liver samples from Norwegian waters in 2019-2022. Results are given as mean ± standard deviation (SD), minimum and maximum values, median, and the number of samples with levels below the limit of quantification (LOQ) is shown.

	Unit	Tissue	N	Mean ± SD	Median	Min – Max	#<LOQ
Sum PBDE7*	(µg/kg ww)	Fillet	250	0.11 ± 0.09	0.09	0.016 – 0.65	-
		Liver	9	1.5 ± 1.7	0.95	0.59 – 6.0	-
PBDE-47	(µg/kg ww)	Fillet	250	0.09 ± 0.08	0.07	0.057 – 0.59	1
		Liver	9	0.83 ± 0.91	0.33	0.1 – 4.5	0
Sum HBCD*	(µg/kg ww)	Fillet	10	0.11 ± 0.05	0.13	0.018 – 0.18	-
		Liver	10	0.30 ± 0.20	0.27	0.13 – 0.70	-
α-HBCD	(µg/kg ww)	Fillet	10	0.094 ± 0.044	0.11	<0.060 – 0.14	1
		Liver	10	0.25 ± 0.20	0.21	0.067 – 0.69	0
TBBP-A	(µg/kg ww)	Fillet	10		<0.25	<0.066 – 0.58	9
		Liver	10		<0.056	<0.04 – <0.56	10

*Calculated as upperbound (UB) sums, i.e. concentrations < LOQ are set to LOQ for calculations.

Table 14. Brominated flame retardants in Atlantic wolffish (Anarhichas lupus). Overall concentrations (µg/kg wet weight) of sum 7 PBDEs (PBDE7) and PBDE-47, sum HBCD (sum of α -, β -, and γ -HBCD), α -HBCD and TBBP-A in fillet (individual fillet samples for PBDE7 or composite fillet samples for HBCD and TBBP-A) and composite liver samples from Norwegian waters in 2019-2022. Results are given as mean ± standard deviation (SD), minimum and maximum values, median, and the number of samples with levels below the limit of quantification (LOQ) is shown.

	Unit	Tissue	N	Mean ± SD	Median	Min – Max	#<LOQ
Sum PBDE7*	(µg/kg ww)	Fillet	177	0.041 ± 0.036	0.032	0.011 – 0.35	-
		Liver	9	1.7 ± 2.6	0.69	0.41 – 8.5	-
PBDE-47	(µg/kg ww)	Fillet	176	0.024 ± 0.032	0.016	0.0027 – 0.32	0
		Liver	9	0.90 ± 1.41	0.33	0.099 – 4.5	0
Sum HBCD*	(µg/kg ww)	Fillet	9	0.032 ± 0.016	0.021	0.019 – 0.057	-
		Liver	9	0.25 ± 0.19	0.23	0.09 – 0.65	-
α-HBCD	(µg/kg ww)	Fillet	9	0.016 ± 0.012	0.009	<0.0067 – 0.043	5
		Liver	9	0.19 ± 0.20	0.17	<0.03 – 0.61	3
TBBP-A	(µg/kg ww)	Fillet	9		<0.044	<0.04 – 0.063	9
		Liver	9		<0.25	<0.046 – 1.2	7

*Calculated as upperbound (UB) sums, i.e. concentrations < LOQ are set to LOQ for calculations.

Table 15. Brominated flame retardants in greater argentine (Argentina silus). Overall concentrations (µg/kg wet weight) of sum 7 PBDEs (PBDE7) and PBDE-47, sum HBCD (sum of α -, β -, and γ -HBCD), α -HBCD and TBBP-A in fillet (individual fillet samples for PBDE7 or composite fillet samples for HBCD and TBBP-A) and composite liver samples from Norwegian waters in 2019-2022. Results are given as mean ± standard deviation (SD), minimum and maximum values, median, and the number of samples with levels below the limit of quantification (LOQ) is shown.

	Unit	Tissue	N	Mean ± SD	Median	Min – Max	#<LOQ
Sum PBDE7*	(µg/kg ww)	Fillet	315	0.47 ± 1.09	0.21	0.035 – 13	-
		Liver	13	1.8 ± 2.0	1.3	0.57 – 8.3	-
PBDE-47	(µg/kg ww)	Fillet	315	0.27 ± 0.67	0.10	<0.097 – 9	22
		Liver	13	0.99 ± 1.29	0.62	0.19 – 5	0
Sum HBCD*	(µg/kg ww)	Fillet	11	0.073 ± 0.038	0.059	0.023 – 0.14	-
		Liver	6	0.35 ± 0.30	0.27	0.13 – 0.93	-
α-HBCD	(µg/kg ww)	Fillet	11	0.057 ± 0.040	0.047	0.011 – 0.13	0
		Liver	6	0.28 ± 0.29	0.21	0.076 – 0.87	0
TBBP-A	(µg/kg ww)	Fillet	11		<0.056	<0.04 – <0.079	11
		Liver	6		<0.3	<0.04 – <0.37	6

*Calculated as upperbound (UB) sums, i.e. concentrations < LOQ are set to LOQ for calculations.

Variasjon i nivået av PBDE7 og HBCD mellom områder.

Nivåene av PBDE7 varierte mellom områdene på en lignende måte som nivåene av dioksiner og PCB i vassild, mens nivåene i steinbitene varierte litt annerledes (Figure 17). Som for dioksiner og PCB var det vassild fra område 28F som skilte seg ut med klart høyest nivå av PBDE7.

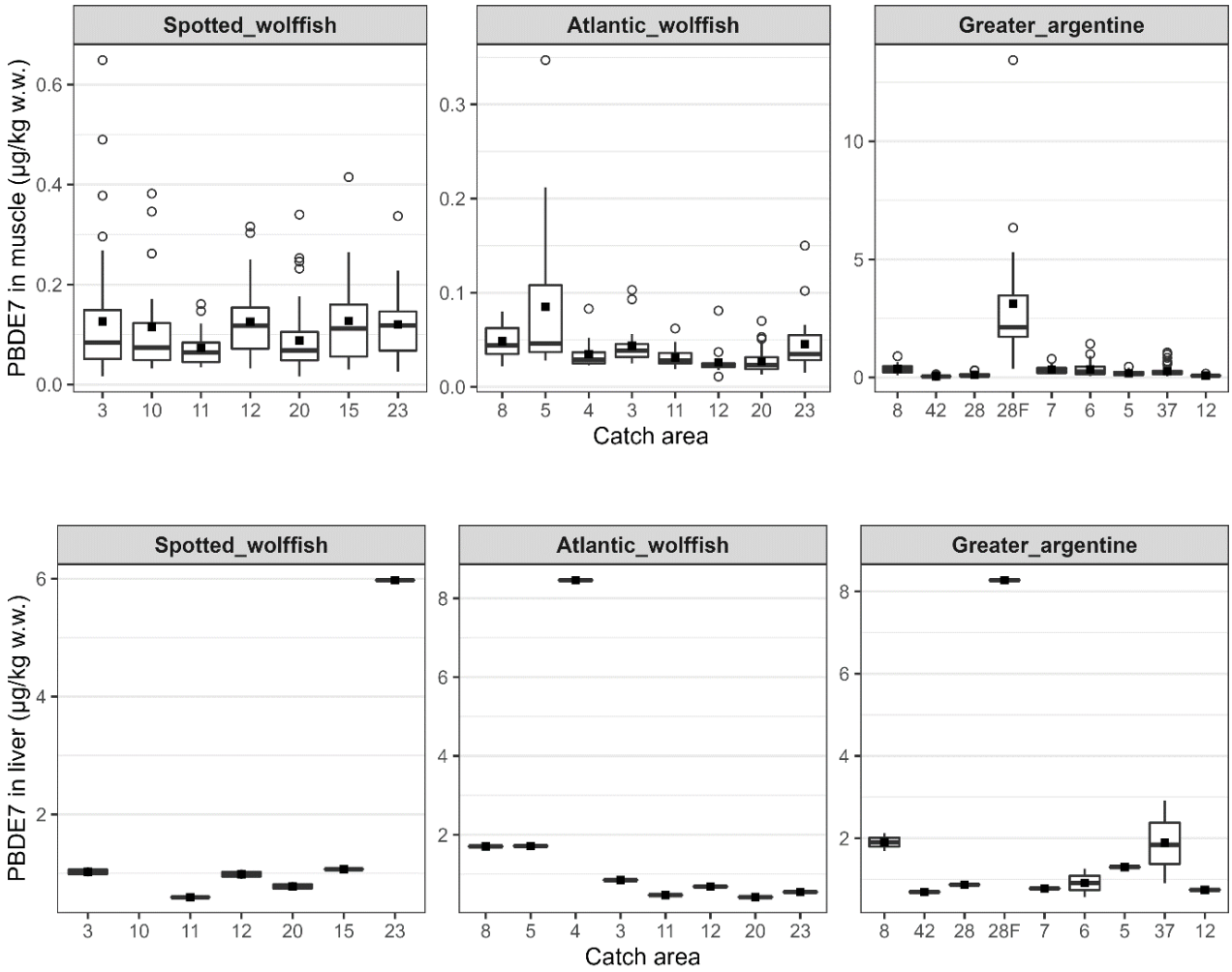

Figure 17. Concentration of sum PBDE7 (µg/kg wet weight) in fillet of individuals (upper panels) and composite samples of liver (lower panels) of spotted wolffish, Atlantic wolffish and greater argentine from Norwegian waters sampled in different areas in 2019-2022. Mean (squares), median (line), interquartile range (box), minimum and maximum (whiskers as Q1/3 ± 1.5 IQR), and outliers (dots) are given.

Nivåene av HBCD i filet og lever varierte som vist i Figure 18. Mot forventning var nivået av HBCD i filet av vassild fra område 28F ikke veldig mye høyere enn i de fleste andre områdene, men nivået av HBCD i lever av vassild fra dette området skilte seg fremdeles ut som betydelig høyere enn de andre områdene som ble undersøkt.

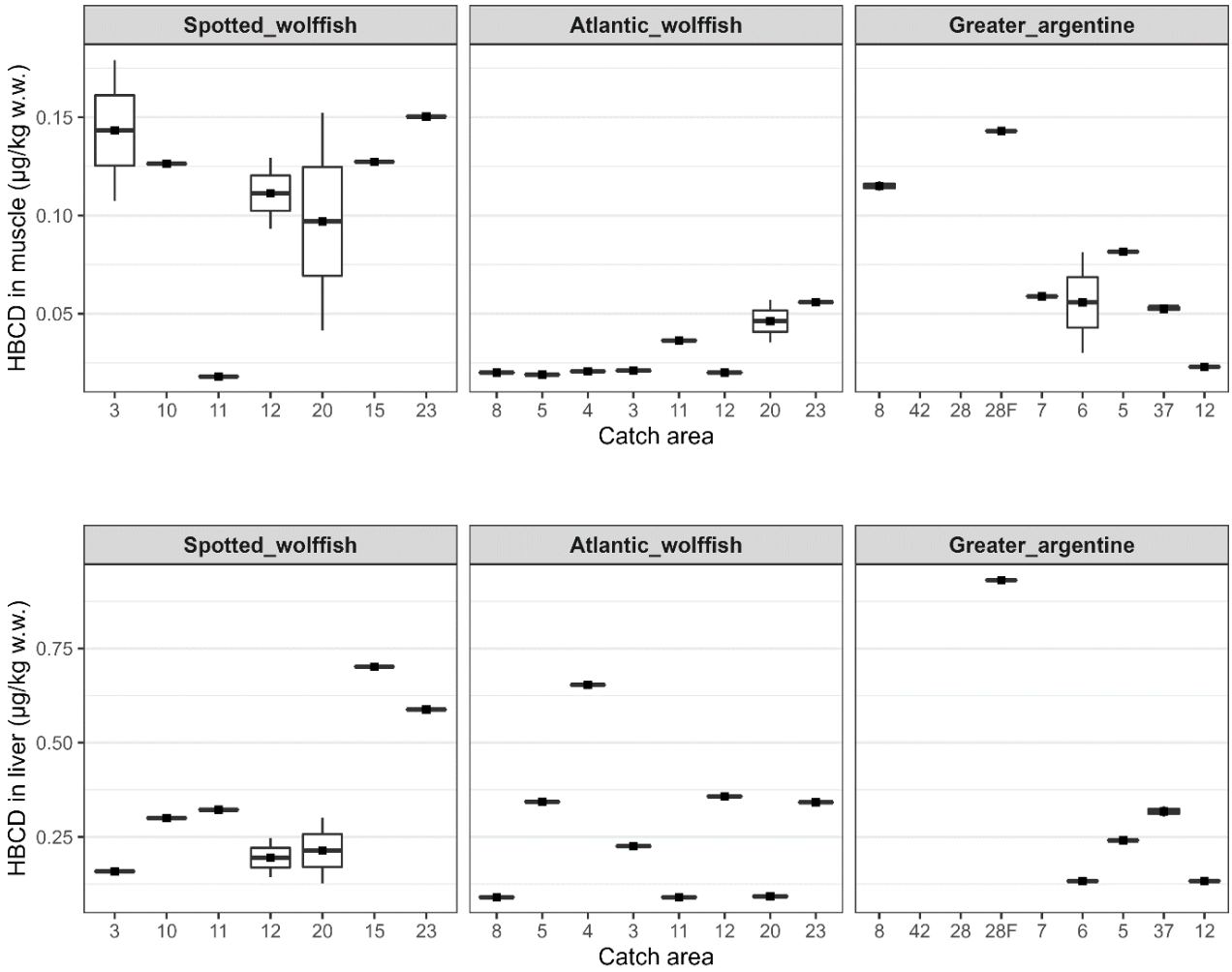

Figure 18. Concentration of sum HBCD (µg/kg wet weight) in composite samples of fillet (upper panels) and liver (lower panels) of spotted wolffish, Atlantic wolffish and greater argentine from Norwegian waters sampled in different areas in 2019-2022. Mean (squares), median (line), interquartile range (box), minimum and maximum (whiskers as Q1/3 ± 1.5 IQR), and outliers (dots) are given.

3.3.3 - Klorerte pesticider

Klorerte pesticider ble bestemt i samleprøver av filet og lever og resultatene er vist i Table 16, Table 17, Table 18 og Table 19. Av de 33 ulike forbindelsene som ble bestemt var det 12 forbindelser som ikke ble funnet i konsentrasjoner over kvantifiseringsgrensen i noen av prøvene som ble analysert. Dette var alfa-endosulfan, beta-endosulfan, endosulfansulfat, aldrin, heptaklor, pentaklorbenzen, trans-heptaklorepoksid, endrin, endrin-keton, toksafen 32, toksafen 40+41 og isodrin, og disse forbindelsene vil ikke bli kommentert videre her.

Konsentrasjonene av beta-HCH og gamma-HCH (Lindane) var svært lave i alle prøvene, med minst 70 % av alle målte konsentrasjoner under kvantifiseringsgrensen for alle artene. For alpha-HCH var konsentrasjonene også lave og kun til stede i målbare konsentrasjoner i prøver av lever og filet av flekksteinbit og lever av gråsteinbit.

Flekksteinbit inneholdt generelt de høyeste konsentrasjonene av de pesticidene som var til stede i kvantifiserbare konsentrasjoner. I lever og filet av flekksteinbit var både HCB, dieldrin, cis-nonaklor, trans-nonaklor og cis-heptaklorepoksid over kvantifiseringsgrensen i alle prøvene. For de andre undersøkte artene ble kun få pesticider (HCB, mirex, trans-nonaklor) påvist i konsentrasjoner over kvantifiseringsgrensen i alle leverprøvene av en art.

Gjennomsnittskonsentrasjonen av HCB i filet var høyest i flekksteinbit (1,1 µg/kg våtvekt) fulgt av vassild (0,39 µg/kg), gråsteinbit (0,27 µg/kg) og strømsild (<LOQ). Gjennomsnittsnivåene var mye høyere i lever enn i filet hos alle artene.

Nivåene ligger i samme området som funnet tidligere i andre fiskearter (sjomatdata.hi.no).

Gjennomsnittsnivået av dieldrin i filet og lever av flekksteinbit var høyere enn de fiskeartene med rapporterte konsentrasjoner for stoffet på sjømatdata (sjomatdata.hi.no).

Table 16. Pesticides in spotted wolffish (Anarhichas minor). Concentrations (µg/kg w.w.) of 9 different chlorinated pesticides in 10 composite fillet and liver samples from fish sampled in Norwegian waters in 2019-2022. Mean ± standard deviation (SD), median, minimum and maximum values, and the percentage of samples with levels below the limit of quantification (LOQ) is shown.

		N	Mean ± SD[a]	Median	Min – Max	<LOQ (%)
Hexachlorobenzene (HCB)	Fillet	10	1.1 ± 035	1.1	0.75 – 2	0
	Liver	10	7.7 ± 1.7	7.6	5.4 – 11	0
Alpha-HCH	Fillet	10	0.059 ± 0.018	0.055	<0.04 – 0.095	10
	Liver	10	0.32 ± 0.13	0.31	<0.19 – 0.55	20
Beta-HCH	Fillet	10	-	<0.04	<0.04 – 0.048	70
	Liver	10	-	<0.02	<0.019 – 0.029	90
gamma-HCH (Lindane)	Fillet	10	-	<0.4	<0.4 – <0.4	100
	Liver	10	-	<0.2	<0.19 – 0.19	100
Dieldrin	Fillet	10	6.6 ± 3.1	6.8	2.2 – 12	0
	Liver	10	32 ± 12	35	11 – 47	0
Mirex	Fillet	10	0.16 ± 0.05	0.16	0.1 – 0.27	0
	Liver	10	1.1 ± 0.3	1.2	0.55 – 1.5	0
Cis-nonachlor	Fillet	10	0.80 ± 0.29	0.79	<0.4 – 1.3	10
	Liver	10	5.4 ± 2.4	5.4	2.3 - 10	0
Trans-nonachlor	Fillet	10	2.4 ± 0.8	2.4	1.3 – 4.1	0
	Liver	10	15 ± 7	16	6.2 – 31	0
Cis-heptachlor epoxide	Fillet	10	1.1 ± 0.6	1.2	0.23 – 1.9	0
	Liver	10	5.6 ± 2.5	5.4	1.6 – 10	0

[a] Mean ± SD was not determined when more than 50% of the fish had concentrations below LOQ .

Table 17. Pesticides in Atlantic wolffish (Anarhichas lupus). Concentrations (µg/kg w.w.) of 9 different chlorinated pesticides in composite fillet and liver samples from fish sampled in Norwegian waters in 2019-2022. Mean ± standard deviation (SD), median, minimum and maximum values, and the percentage of samples with levels below the limit of quantification (LOQ) is shown.

		N	Mean ± SD[a]	Median	Min – Max	<LOQ (%)
Hexachlorobenzene (HCB)	Fillet	8	0.27 ± 0.09	0.23	<0.2 – 0.4	50
	Liver	8	4.1 ± 1.5	3.6	2.9 – 7.4	0
Alpha-HCH	Fillet	8	-	<0.04	<0.04 – <0.04	100
	Liver	8	0.23 ± 0.05	<0.2	<0.19 – 0.35	25
Beta-HCH	Fillet	8	-	<.0.04	<0.04 – <0.25	100
	Liver	8	-	<0.2	<0.19 – 0.57	100
gamma-HCH (Lindane)	Fillet	8	-	<0.4	<0.4 – <0.4	100
	Liver	8	-	<0.2	<0.19 – 0.44	88
Dieldrin	Fillet	8	0.59 ± 0.33	0.43	<0.4 – 1.3	50
	Liver	8	6.3 ± 6.1	4.25	< 1.9 – 21	13
Mirex	Fillet	8	0.053 ± 0.021	0.043	<0.04 – 0.1	50
	Liver	8	0.83 ± 0.51	0.60	0.27 – 1.5	0
Cis-nonachlor	Fillet	8	-	<0.4	<0.4 – <0.4	100
	Liver	8	-	<2.1	<1.9 - 4	63
Trans-nonachlor	Fillet	8	0.28 ± 0.13	0.31	<0.1 – 0.45	13
	Liver	8	5.0 ± 3.1	4.1	1.6 – 11	0
Cis-heptachlor epoxide	Fillet	8		<0.2	<0.2 – <0.2	100
	Liver	8		<1	<0.97 – 2.6	88

[a] Mean ± SD was not determined when more than 50% of the fish had concentrations below LOQ .

Table 18. Pesticides in greater argentine (Argentina silus). Concentrations (µg/kg w.w.) of 9 different chlorinated pesticides in composite fillet and liver samples from fish sampled in Norwegian waters in 2019-2022. Mean ± standard deviation (SD), median, minimum and maximum values, and the percentage of samples with levels below the limit of quantification (LOQ) is shown.

		N	Mean ± SD[a]	Median	Min – Max	<LOQ (%)
Hexachlorobenzene (HCB)	Fillet	13	0.39 ± 0.20	0.35	<0.2 – 0.9	8
	Liver	12	1.8 ± 0.7	1.6	1.1 – 2.7	0
Alpha-HCH	Fillet	13	-	<0.04	<0.04 – <0.04	100
	Liver	12	-	<0.2	<0.19 – <0.21	100
Beta-HCH	Fillet	13	-	<0.04	<0.04 – <0.04	100
	Liver	12	-	<0.2	<0.19 – <0.21	100
gamma-HCH (Lindane)	Fillet	13	-	<0.4	<0.4 – <0.4	100
	Liver	12	-	<0.2	<0.2 - <0.21	100
Dieldrin	Fillet	13	-	<0.4	<0.4 – 1.1	62
	Liver	12	-	<2	<1.9 – 2	92
Mirex	Fillet	13	-	<0.04	<0.04 – 0.11	69
	Liver	12	-	<0.2	<0.2 – 0.7	75
Cis-nonachlor	Fillet	13	-	<0.4	<0.4 – 0.52	92
	Liver	12	-	<2.0	<1.9 – 2	92
Trans-nonachlor	Fillet	13	0.37 ± 0.40	0.25	<0.1 – 1.6	15
	Liver	12	1.7 ± 1.4	1.1	0.54 – 5	0
Cis-heptachlor epoxide	Fillet	13	-	<0.2	<0.2 – <0.2	100
	Liver	12	-	<0.1	<0.96 – <0.1	100

[a] Mean ± SD was not determined when more than 50% of the fish had concentrations below LOQ

Table 19. Pesticides in lesser argentine (Argentina sphyraena). Concentrations (µg/kg w.w.) of 9 different chlorinated pesticides in one composite fillet sample and one composite liver sample from fish sampled in Norwegian waters (Sørfjorden ved Osterøy) in 2019-2022. The measured concentration and if the sample was below LOQ is given.

		N	Concentration
Hexachlorobenzene (HCB)	Fillet	1	<0.2
	Liver	1	1.5
Alpha-HCH	Fillet	1	<0.04
	Liver	1	<0.19
Beta-HCH	Fillet	1	<0.04
	Liver	1	<0.19
gamma-HCH (Lindane)	Fillet	1	<0.04
	Liver	1	<0.19
Dieldrin	Fillet	1	<0.4
	Liver	1	1.9
Mirex	Fillet	1	<0.04
	Liver	1	<0.19
Cis-nonachlor	Fillet	1	<0.4
	Liver	1	<1.9
Trans-nonachlor	Fillet	1	<0.1
	Liver	1	0.95
Cis-heptachlor epoxide	Fillet	1	<0.2
	Liver	1	<0.97

Konsentrasjonene av to isomere former av DDT, o,p'-DDT og p,p'-DDT, to isomere former av hvert av nedbrytningsproduktene DDE (o,p' og p,p') og DDD (o,p' og p,p') og summen av alle disse seks forbindelsene (sum DDT) ble bestemt i samleprøver av filet og lever (Table 20, Table 21, Table 22, Table 23). For sum DDT var konsentrasjonene i muskel og lever høyest i flekksteinbit, fulgt av vassild og gråsteinbit. For sum toksafen og sum klordan var konsentrasjonene klart høyest i flekksteinbit, både i muskel og lever, mens gråsteinbit og vassild hadde lavere og ganske like verdier. For både gråsteinbit og vassild var konsentrasjonene av toksafen 26, 50 og 62 (som inngår i sum toksafen) og cis-klordan, trans-klordan og oksyklordan (som inngår i sum klordan) for det meste under kvantifiseringsgrensene.

Table 20. Pesticides in spotted wolffish (Anarhichas minor). Concentrations (µg/kg w.w.) of different isomers of DDT, DDE, DDD and the sum of these (sum DDT), three different toxaphenes and the sum of these (sum Toxaphene), and three different chlordane compounds and the sum of these (sum Chlordane) in composite fillet samples and composite liver samples from fish sampled in Norwegian waters in 2019-2022. Results are given as mean ± standard deviation (SD), median, minimum and maximum values,), and the percentage of samples with concentrations below the limit of quantification (LOQ) is shown.

		N	Mean ± SD[a]	Median	Min – Max	<LOQ (%)
o,p'-DDD	Fillet	10	-	<0.04	<0.04 – <0.04	100
	Liver	10	-	<0.2	<0.19 – <0.2	100
o,p'-DDE	Fillet	10	0.046 ± 0.011	0.041	<0.04 – 0.073	50
	Liver	10	0.23 ± 0.05	0.23	<0.19 – 0.34	30
o,p'-DDT	Fillet	10	-	<0.2	<0.2 – <0.2	100
	Liver	10	-	<0.98	<0.96 – <1	100
p,p'-DDD	Fillet	10	0.10 ± 0.06	0.11	<0.04 – 0.21	30
	Liver	10	0.60 ± 0.30	0.59	<0.19 – 0.96	20
p,p'-DDE	Fillet	10	2.9 ± 1.1	2.9	1.6 – 5.3	0
	Liver	10	18 ± 7	18	8.7 – 33	0
p,p'-DDT	Fillet	10	0.88± 0.44	0.85	0.38 – 1.9	0
	Liver	10	5.3 ± 2.3	5.0	2.1 – 9.5	0
Sum DDT[b]	Fillet	10	**4.5 ± 1.7**	**4.3**	**2.5 – 8.4**	-
	Liver	10	**28 ± 11**	**28**	**14 – 49**	-
Toxaphene 26	Fillet	10	1.6 ± 0.6	1.6	0.65 – 2	0
	Liver	10	12 ± 5	11	4.9 – 22	0
Toxaphene 50	Fillet	10	3.1 ± 1.2	3.1	1.4 – 5.1	0
	Liver	10	19 ± 7	18	9.3 – 31	0
Toxaphene 62	Fillet	10	1.38 ± 0.42	1.3	<0.99 – 2.3	30
	Liver	10	8.0 ± 3.4	7.3	<4.8 – 15	30
Sum Toxaphene[c]	Fillet	10	**6.13 ± 2.22**	**5.6**	**3.0 – 10**	**-**
	Liver	10	**38 ± 15**	**36**	**19 – 68**	**-**
Cis-chlordane	Fillet	10	1.5 ± 0.6	1.5	0.71 – 2.7	0
	Liver	10	9.3 ± 4.0	9.2	3.4 – 17	0
Trans-chlordane	Fillet	10	0.15 ± 0.05	0.14	<0.099 – 0.26	30
	Liver	10	0.80 ± 0.24	0.81	<0.48 – 1.1	20
Oxychlordane	Fillet	10	0.86 ± 0.37	0.88	0.33 – 1.5	0
	Liver	10	5.0 ± 2.2	4.9	1.9 – 9.1	0
Sum Chlordane[d]	Fillet	10	**2.51 ± 0.99**	**2.5**	**1.1 – 4.4**	**-**
	Liver	21	**15 ± 6**	**15**	**5.8 – 27**	**-**

[a] Mean ± SD was not determined when more than 50% of the fish had concentrations below LOQ.

[b] Sum DDT is the upperbound sum of o,p'DDT, p,p'DDT, o,p'DDD, p,p'DDD, o,p'DDE, and p,p'DDE, expressed as DDT.

[c] Sum Toxaphene is the upperbound sum of toxaphene 26, toxaphene 50 and toxaphene 62.

[d] Sum Chlordane is the upperbound sum of cis-chlordane, trans-chlordane and oxychlordane, expressed as chlordane.

Table 21. Pesticides in Atlantic wolffish (Anarhichas lupus). Concentrations (µg/kg w.w.) of different isomers of DDT, DDE, DDD and the sum of these (sum DDT), three different toxaphenes and the sum of these (sum Toxaphene), and three different chlordane compounds and the sum of these (sum Chlordane) in composite fillet samples and composite liver samples from fish sampled in Norwegian waters in 2019-2022. Results are given as mean ± standard deviation (SD), median, minimum and maximum values,), and the percentage of samples with concentrations below the limit of quantification (LOQ) is shown.

		N	Mean ± SD[a]	Median	Min – Max	<LOQ (%)
o,p'-DDD	Fillet	8	-	<0.04	<0.04 – <0.04	100
	Liver	8	-	<0.2	<0.19 – <0.2	100
o,p'-DDE	Fillet	8	-	<0.04	<0.04 – <0.04	100
	Liver	8	-	<0.2	<0.19 – <0.25	100
o,p'-DDT	Fillet	8	-	<0.2	<0.2 – <0.2	100
	Liver	8	-	<0.1	<0.97 – <1	100
p,p'-DDD	Fillet	8	-	0.04	<0.04 – 0.042	13
	Liver	8	0.48 ± 0.53	0.2	0.19 – 1.5	0
p,p'-DDE	Fillet	8	0.41 ± 0.28	0.31	0.14 – 1	0
	Liver	8	8.9 ± 6.8	6.8	3.1 – 21	0
p,p'-DDT	Fillet	8	-	<0.2	<0.2 – 0.21	88
	Liver	8	1.6 ± 1.7	1.0	<0.97 – 5.8	13
Sum DDT[b]	Fillet	8	**1.0 ± 0.3**	**0.88**	**0.69 – 1.7**	-
	Liver	8	**13.5 ± 9.4**	**10**	**6.1 – 32**	-
Toxaphene 26	Fillet	8	-	<0.4	<0.4 – <0.4	100
	Liver	8	3.0 ± 1.4	2.5	1.9 – 5.7	25
Toxaphene 50	Fillet	8	-	<0.4	<0.4 – <0.4	100
	Liver	8	4.6 ± 2.6	3.9	<1.9 – 9.1	13
Toxaphene 62	Fillet	8	-	<1	<1 – <1	100
	Liver	8	-	<5	<4.8 – <5.2	100
Sum Toxaphene[c]	Fillet	8	**1.8 ± 0**	**1.8**	**1.8 – 1.8**	-
	Liver	8	**12.6 ± 4.2**	**11**	**8.6 – 19**	-
Cis-chlordane	Fillet	8	-	<0.2	<0.2 – <0.2	100
	Liver	8	1.5 ± 0.58	1.4	<0.97 – 2.8	25
Trans-chlordane	Fillet	8	-	<0.1	<0.1 – <0.1	100
	Liver	8	-	<0.5	<0.48 – <0.52	100
Oxychlordane	Fillet	8	-	<0.2	<0.2 – <0.2	100
	Liver	8	1.4 ± 0.62	1.05	<0.97 – 2.6	50
Sum Chlordane[d]	Fillet	8	**0.49 ± 0**	**0.49**	**0.49 – 10**	-
	Liver	8	**3.4 ± 1.1**	**3.0**	**2.4 – 5.4**	-

[a] Mean ± SD was not determined when more than 50% of the fish had concentrations below LOQ.

[b] Sum DDT is the upperbound sum of o,p'DDT, p,p'DDT, o,p'DDD, p,p'DDD, o,p'DDE, and p,p'DDE, expressed as DDT.

[c] Sum Toxaphene is the upperbound sum of toxaphene 26, toxaphene 50 and toxaphene 62.

[d] Sum Chlordane is the upperbound sum of cis-chlordane, trans-chlordane and oxychlordane, expressed as chlordane.

Table 22. Pesticides in greater argentine (Argentina silus). Concentrations (µg/kg ww) of different isomers of DDT, DDE, DDD and the sum of these (sum DDT), three different toxaphenes and the sum of these (sum Toxaphene), and three different chlordane compounds and the sum of these (sum Chlordane) in composite fillet samples and composite liver samples from fish sampled in Norwegian waters in 2019-2022. Results are given as mean ± standard deviation (SD), median, minimum and maximum values,), and the percentage of samples with concentrations below the limit of quantification (LOQ) is shown.

		N	Mean ± SD[a]	Median	Min – Max	<LOQ (%)
o,p'-DDD	Fillet	13	-	<0.2	<0.2 – 0.33	92
	Liver	12	-	<0.17	<0.19 – <0.21	100
o,p'-DDE	Fillet	13	-	<0.04	<0.04 – <0.04	100
	Liver	12	-	<0.2	<0.19 – <0.21	100
o,p'-DDT	Fillet	13	-	<0.2	<0.2 – <0.2	100
	Liver	12	-	<0.1	<0.96 – <1	100
p,p'-DDD	Fillet	13	0.26 ± 0.38	0.17	0.04 – 1.5	8
	Liver	12	1.6 ± 0.9	1.4	0.82 – 4.2	0
p,p'-DDE	Fillet	13	1.4 ± 1.8	0.8	0.2 – 7	0
	Liver	12	7.6 ± 6.5	4.4	1.9 – 20	0
p,p'-DDT	Fillet	13	-	<0.2	<0.2 – 2.5	69
	Liver	12	2.9 ± 3.2	1.3	<1.0 – 11	33
Sum DDT[b]	Fillet	13	**2.5 ± 3.0**	**1.6**	**0.75 – 12**	-
	Liver	12	**15 ± 11**	**9.4**	**5.5 – 39**	-
Toxaphene 26	Fillet	13	-	<0.4	<0.4 – <0.4	100
	Liver	12	-	<2	<1.9 – 3	83
Toxaphene 50	Fillet	13	-	<0.40	<0.40 – 0.92	77
	Liver	12	-	<2	<1.9 – 5.7	58
Toxaphene 62	Fillet	13	-	<1	<1 – <1	100
	Liver	12	-	<5.1	< 4.8 – <5.1	100
Sum Toxaphene[c]	Fillet	13	**1.87 ± 0.15**	**1.8**	**1.8 – 2.3**	-
	Liver	12	**9.9 ± 1.4**	**9.1**	**8.6 – 13**	-
Cis-chlordane	Fillet	13	-	<0.2	<0.2 – 0.33	92
	Liver	12	-	<1	<0.96 – <1	100
Trans-chlordane	Fillet	13	-	<1	<1 – <1	100
	Liver	12	-	<0.51	<0.48 – <0.51	100
Oxychlordane	Fillet	13	-	<0.2	<0.2 – <0.2	100
	Liver	12	-	<1	<0.96 – <1	100
Sum Chlordane[d]	Fillet	13	**0.5 ± 0.04**	**0.49**	**0.49 – 0.62**	-
	Liver	12	**2.48 ± 0.05**	**2.50**	**2.4 – 2.5**	-

[a] Mean ± SD was not determined when more than 50% of the fish had concentrations below LOQ.

[b] Sum DDT is the upperbound sum of o,p'DDT, p,p'DDT, o,p'DDD, p,p'DDD, o,p'DDE, and p,p'DDE, expressed as DDT.

[c] Sum Toxaphene is the upperbound sum of toxaphene 26, toxaphene 50 and toxaphene 62.

[d] Sum Chlordane is the upperbound sum of cis-chlordane, trans-chlordane and oxychlordane, expressed as chlordane.

Table 23. Pesticides in lesser argentine (Argentina sphyraena). Concentrations (µg/kg w.w.) of different isomers of DDT, DDE, DDD and the sum of these (sum DDT), three different toxaphenes and the sum of these (sum Toxaphene), and three different chlordane compounds and the sum of these (sum Chlordane) in one composite fillet sample and one composite liver sample from fish sampled in Norwegian waters in 2016-2018. The measured concentration and if the sample was below LOQ is given.

		N	Concentration
o,p'-DDD	Fillet	1	<0.04
	Liver	1	<0.19
o,p'-DDE	Fillet	1	<0.04
	Liver	1	<0.19
o,p'-DDT	Fillet	1	<0.2
	Liver	1	<0.97
p,p'-DDD	Fillet	1	<0.04
	Liver	1	0.51
p,p'-DDE	Fillet	1	0.22
	Liver	1	5.9
p,p'-DDT	Fillet	1	<0.2
	Liver	1	1.3
Sum DDT[a]	Fillet	1	**0.77**
	Liver	1	**9.8**
Toxaphene 26	Fillet	1	<0.4
	Liver	1	<1.9
Toxaphene 50	Fillet	1	<0.4
	Liver	1	<1.9
Toxaphene 62	Fillet	1	<1
	Liver	1	<4.8
Sum Toxaphene[b]	Fillet	1	**1.8**
	Liver	1	**8.6**
Cis-chlordane	Fillet	1	<0.2
	Liver	1	<0.97
Trans-chlordane	Fillet	1	<0.1
	Liver	1	<0.48
Oxychlordane	Fillet	1	<0.2
	Liver	1	<0.97
Sum Chlordane[c]	Fillet	1	**0.49**
	Liver	1	**2.4**

[a] Sum DDT is the upperbound sum of o,p'DDT, p,p'DDT, o,p'DDD, p,p'DDD, o,p'DDE, p,p'DDE, expressed as DDT.

[b] Sum Toxaphene is the upperbound sum of toxaphene 26, toxaphene 50 and toxaphene 62.

[c] Sum Chlordane is the upperbound sum of cis-chlordane, trans-chlordane and oxychlordane, expressed as chlordane.

Variasjon i nivået av sum DDT, sum toksafen og sum klordan mellom områder

Nivåene av sum DDT, sum toksafen og sum klordan i filet og lever av flekksteinbit, gråsteinbit og vassild i ulike områder er vist i Figure 19 -21.

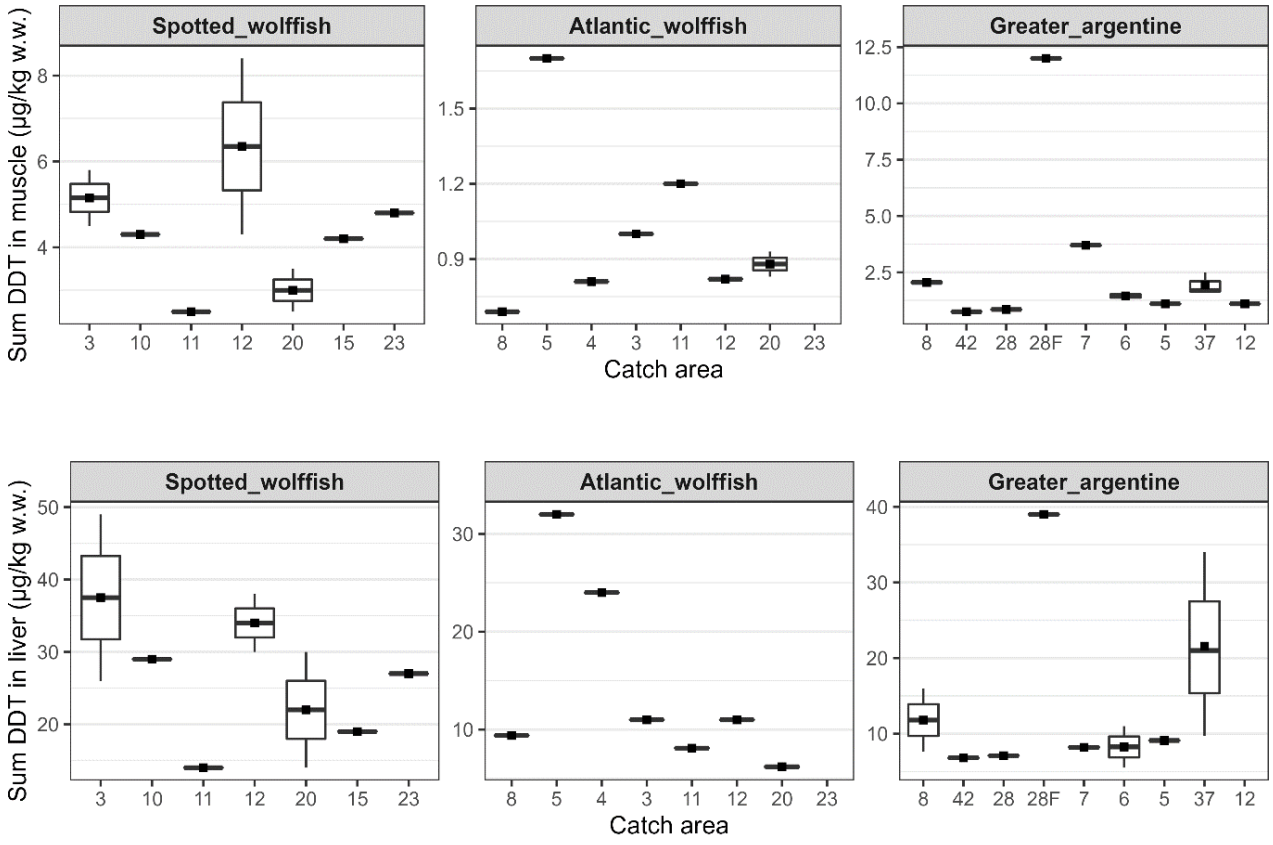

Figure 19. Concentration of sum DDT (µg/kg wet weight) in composite samples of fillet (upper panels) and liver (lower panels) of spotted wolffish, Atlantic wolffish and greater argentine from Norwegian waters sampled in different areas in 2019-2022. Mean (squares), median (line), interquartile range (box), minimum and maximum (whiskers as Q1/3 ± 1.5 IQR) are given.

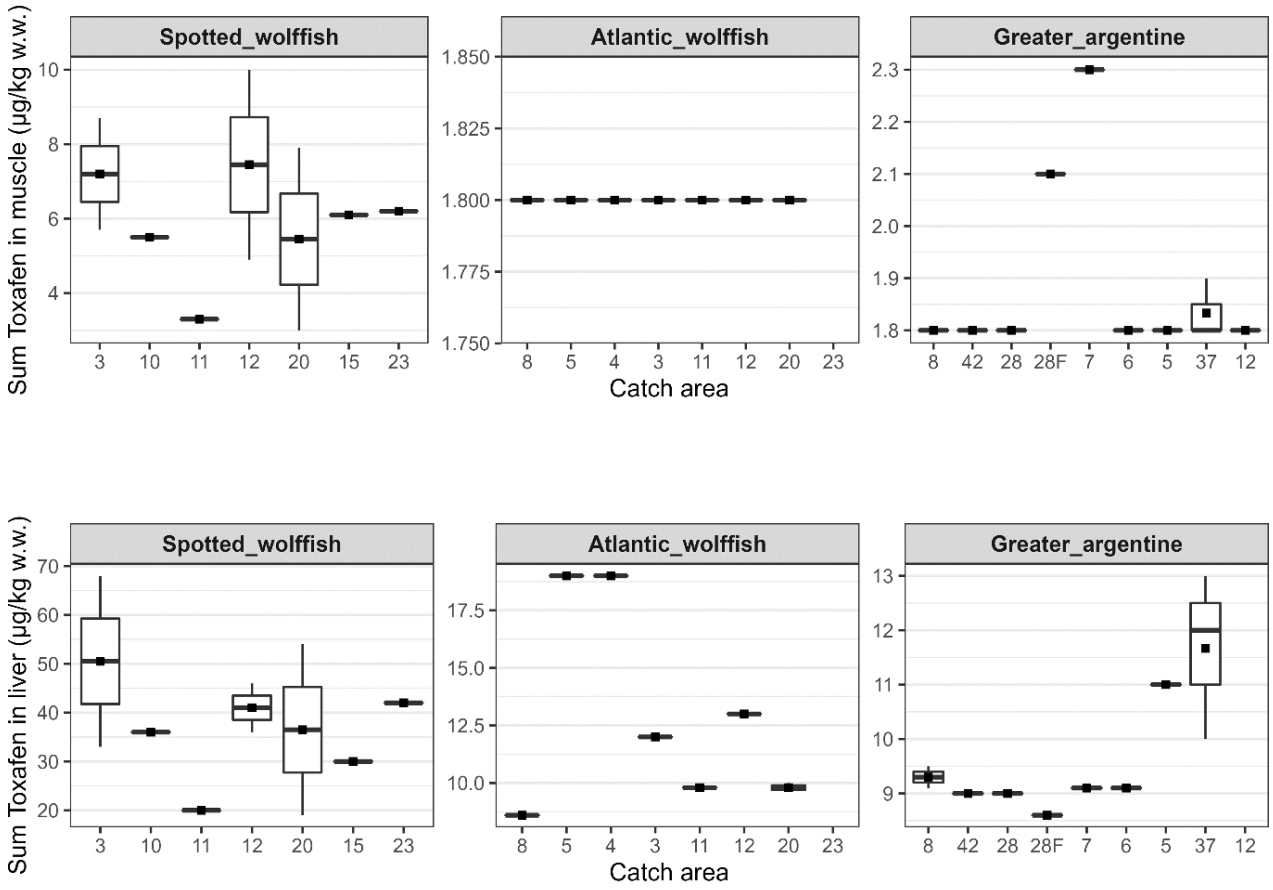

Figure 20. Concentration of sum toxaphene (µg/kg wet weight) in composite samples of fillet (upper panels) and liver (lower panels) of spotted wolffish, Atlantic wolffish and greater argentine from Norwegian waters sampled in different areas in 2019-2022. Mean (squares), median (line), interquartile range (box), minimum and maximum (whiskers as Q1/3 ± 1.5 IQR) are given.

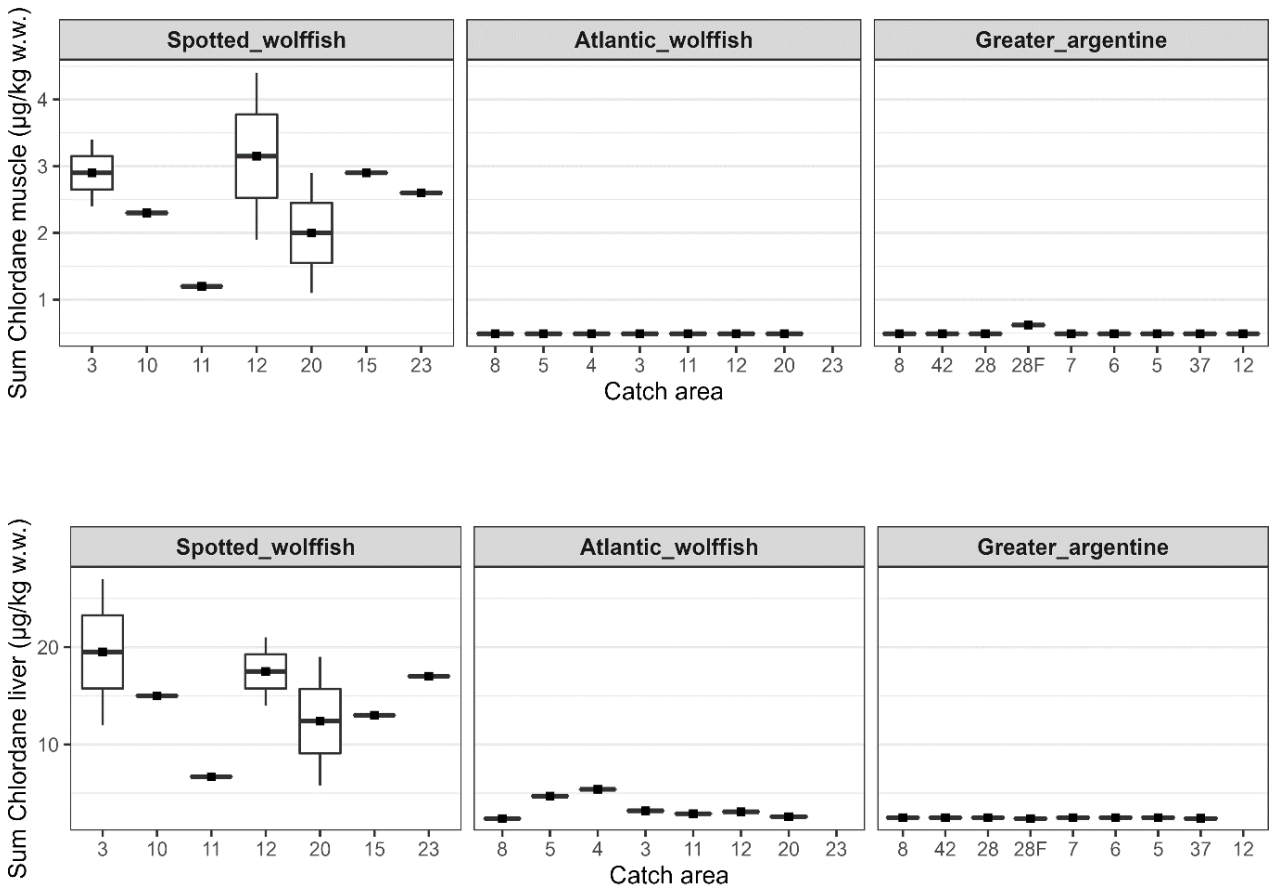

Figure 21. Concentration of sum chlordane (µg/kg wet weight) in composite samples of fillet (upper panels) and liver (lower panels) of spotted wolffish, Atlantic wolffish and greater argentine from Norwegian waters sampled in different areas in 2019-2022. Mean (squares), median (line), interquartile range (box), minimum and maximum (whiskers as Q1/3 ± 1.5 IQR) are given.

3.3.4 - Per- og polyfluorerte alkylstoffer (PFAS)

Det ble analysert for 19 ulike per- og polyfluorerte alkylstoffer (PFAS) i filet og 15 ulike PFAS i lever, og resultatene er oppsummert for de undersøkte artene i Table 24, Table 25, Table 26 og Table 27. De aller fleste PFAS-forbindelsene hadde konsentrasjoner under kvantifiseringsgrensen i alle samleprøver av både filet og lever, og kun 7 av de 19 forbindelsene det ble analysert for, ble funnet i konsentrasjoner over kvantifiseringsgrensen (LOQ) i minst én filet- eller leverprøve av de undersøkte artene. I filetprøvene av alle undersøkte arter ble det kun funnet kvantifiserbare konsentrasjoner av PFOS, PFUdA of PFDA. I leverprøvene ble det funnet flere forbindelser over kvantifiseringsgrensen og PFOSA og PFUdA ble funnet i minst én leverprøve fra hver art.

Grenseverdier for PFAS i fiskemuskel har nylig blitt fastsatt i EC1881/2006, nå EC2023/915 (EU, 2023) etter at prøvetakingen her ble gjennomført, men gjelder for artene som er undersøkt her. Grenseverdier er fastsatt for PFOS, PFOA, PFNA og PFHxS samt summen av disse fire, og er satt til henholdsvis 7,0, 1,0, 2,5, 0,20 og 8,0 µg/kg våtvekt for flekksteinbit og gråsteinbit, og 2,0, 0,20, 0,50, 0,20 og 2,0 µg/kg våtvekt for vassild og strømsild. Metoden som er brukt i denne undersøkelsen hadde kvantifiseringsgrenser for de fire nevnte forbindelsene på henholdsvis 0,2, 0,6, 0,2 og 1,0. Siden kvantifiseringsgrensene for PFOA og PFNA var høyere enn grenseverdiene var det kun mulig å sammenligne måleverdiene med grenseverdiene for PFOS of PFHxS. Ingen av de undersøkte filetprøvene var over disse grenseverdiene. Kun en samleprøve av lever av gråsteinbit fra område 05 var over grenseverdien for PFOS i filet med en konsentrasjon på 3,9 µg/kg våtvekt. De resterende målbare konsentrasjonene ble funnet i samleprøver av filet og var mellom 0,2 og 0,4 µg/kg våtvekt. For PFHxS ble det ikke funnet konsentrasjoner over kvantifiseringsrensen. En forbedret analysemetode for PFAS blir nå tatt i bruk med laverer kvatifiseringsgrenser..

Table 24. Perfluorinated alkyl substances (PFAS) in spotted wolffish (Anarhichas minor). Concentrations (µg/kg w.w.) of 19 different PFAS in 10 composite fillet samples and 10 composite liver samples from fish sampled in Norwegian waters in 2019-2022. Results for fillet are given as concentration range (min-max), and results for liver are given as mean ± standard deviation (SD) and concentration range (min-max). The number of samples with levels above the limit of quantification (LOQ) is shown.

Substance	**Fillet (N=10)**		**Liver (N=10)**		
	Min-Max	**#>LOQ**	**Mean ± SD[a]**	**Min – Max**	**#>LOQ**
PFBS	<1	0		<5	0
PFHxS	<1	0		<3	0
PFOS	<0.2 – 0.4	3		<3	0
PFDS	<0.2	0		<0.5	0
PFOSA	<0.5	0		<0.5 – 0.9	4
PFBA	<1	0		<10	0
PFHxA	<0.5	0		<2	0
PFHpA	<0.2	0		<5	0
PFOA	<0.6	0		<1.7	0
PFNA	<0.2	0		<0.5	0
PFDA	<0.2	0		<0.5	0
PFUdA	<0.2 – 0.6	2	0.65 ± 0.22	<0.5 – 1.2	5
PFDoDA	<0.2	0		<2	0
PFTrDA	<0.2	0		<0.5	0
PFTeDA	<0.2	0		<0.5	0
N-EtFOSA[d]	<1.5	0		-	-
N-EtFOSE[b,d]	<1	0		-	-
N-MeFOSA[d]	<1	0		-	-
N-MeFOSE[d]	<0.5	0		-	-

[a] Mean ± SD was only calculated when more than 50% of the samples contained quantifiable concentrations.

[b] Only 7 samples analysed in fillet

[d] Not determined in liver.

Table 25. Perfluorinated alkyl substances (PFAS) in Atlantic wolffish (Anarhichas lupus). Concentrations (µg/kg w.w.) of 19 different PFAS in 9 composite fillet samples and 9 composite liver samples from fish sampled in Norwegian waters in 2019-2022. Results for fillet are given as concentration range (min-max), and results for liver are given as mean ± standard deviation (SD) and concentration range (min-max). The number of samples with levels above the limit of quantification (LOQ) is shown.

Substance	Fillet (N=9)		Liver (N=9)		
	Min-Max	#>LOQ	Mean ± SD[a]	Min – Max	#>LOQ
PFBS	<1	0		<5	0
PFHxS	<1	0		<3	0
PFOS	<0.2 – 0.4	2		<3 – 3.9	1
PFDS	<0.2	0		<0.5	0
PFOSA	<0.5	0	0.96 ± 0.47	<0.5 – 1.4	4
PFBA	<1	0		<10	0
PFHxA	<0.5	0		<2	0
PFHpA	<0.2	0		<5	0
PFOA	<0.6	0		<1.7	0
PFNA	<0.2	0		<0.5 – 1.0	2
PFDA	<0.2 – 0.2	1		<0.5 – 0.9	2
PFUdA	<0.2 – 0.4	2		<0.5 – 1.8	4
PFDoDA	<0.2	0		<2	0
PFTrDA	<0.2	0		<0.5 – 0.5	1
PFTeDA	<0.2	0		<0.5	0
N-EtFOSA[d]	<1.5	0		-	-
N-EtFOSE[b,d]	<1	0		-	-
N-MeFOSA[d]	<1	0		-	-
N-MeFOSE[d]	<0.5	0		-	-

[a] Mean ± SD was only calculated when more than 50% of the samples contained quantifiable concentrations.

[b] Only 7 samples analysed in fillet

[d] Not determined in liver.

Table 26. Perfluorinated alkyl substances (PFAS) in greater argentine (Argentina silus). Concentrations (µg/kg ww) of 19 different PFAS in 13 composite fillet samples and 12 composite liver samples from fish sampled in Norwegian waters in 2019-2022. Results for fillet are given as concentration range (min-max), and results for liver are given as mean ± standard deviation (SD) and concentration range (min-max). The number of samples with levels above the limit of quantification (LOQ) is shown.

Substance	**Fillet (N=13)**		**Liver (N=12)**		
	Min-Max	**#>LOQ**	**Mean ± SD[a]**	**Min – Max**	**#>LOQ**
PFBS	<1	0		<5	0
PFHxS	<1	0		<3	0
PFOS	<0.2	0		<3	0
PFDS	<0.2	0		<0.5	0
PFOSA	<0.5	0	0.74 ± 0.31	<0.5 – 1.5	8
PFBA	<1	0		<10	0
PFHxA	<0.5	0		<2	0
PFHpA	<0.2	0		<5	0
PFOA	<0.6	0		<1.7	0
PFNA	<0.2	0		<0.5	0
PFDA	<0.2	0		<0.5	0
PFUdA	<0.2 – 0.2	1		<0.5 – 0.9	4
PFDoDA	<0.2	0		<2	0
PFTrDA	<0.2	0		<0.5 – 0.9	3
PFTeDA	<0.2	0		<0.5 – 0.5	1
N-EtFOSA[c]	<1.5	0		-	-
N-EtFOSE[b]	<1	0		-	-
N-MeFOSA[c]	<1	0		-	-
N-MeFOSE[c]	<0.5	0		-	-

[a] Mean ± SD was only calculated when more than 50% of the samples contained quantifiable concentrations.

[b] Only 8 samples analysed in fillet. Not determined in liver.

[c] Only 9 fillet samples analysed. Not determined in liver.

Table 27. Perfluorinated alkyl substances (PFAS) in lesser argentine (Argentina sphyraena). Concentrations (µg/kg w.w.) of 19 different PFAS in 1 composite fillet sample and 1 composite liver sample from fish sampled in Norwegian waters (Osterfjorden) in 2019-2022. Results for fillet are given as concentration range (min-max), and results for liver are given as mean ± standard deviation (SD) and concentration range (min-max). The number of samples with levels above the limit of quantification (LOQ) is shown.

Substance	Fillet (N=1)	#>LOQ	Liver (N=10)	#>LOQ
PFBS	<1	0	<5	0
PFHxS	<1	0	<3	0
PFOS	<0.2	0	<3	0
PFDS	<0.2	0	<0.5	0
PFOSA	<0.5	0	4	1
PFBA	<1	0	<10	0
PFHxA	<0.5	0	<2	0
PFHpA	<0.2	0	<5	0
PFOA	<0.6	0	<1.7	0
PFNA	<0.2	0	<0.5	0
PFDA	<0.2	0	<0.5	0
PFUdA	<0.2	0	0.6	1
PFDoDA	<0.2	0	<2	0
PFTrDA	<0.2	0	0.5	1
PFTeDA	<0.2	0	<0.5	0
N-EtFOSA[a]	<1.5	0	-	-
N-EtFOSE[a]	<1	0	-	-
N-MeFOSA[a]	<1	0	-	-
N-MeFOSE[a]	<0.5	0	-	-

[a] Not determined.

4 - Konklusjon/Conclusion

I dette arbeidet er det gjennomført en kartlegging av innholdet av viktige fremmedstoffer i gråsteinbit, flekksteinbit og vassild fra norske farvann med vekt på de områdene der disse artene fiskes mest. I tillegg ble strømsild fra en stasjon undersøkt til sammenligning med vassild. Vassild og strømsild ble samlet inn i en fjord på Vestlandet som trolig er noe forurenset og dermed kan tjene som en slags «worst-case».

Nivåene av fremmedstoffer i de undersøkte artene var generelt lave. I noen få enkelttilfeller var nivåene likevel over EUs og Norges grenseverdier for fremmedstoffer i fiskemuskel til humant konsum der slike finnes (kadmium, bly, kvikksølv, sum dioksiner (PCDD/F), sum dioksiner og dioksinlignende PCB (PCDD/F+dl-PCB) og PCB6). Det var tilfellet for fem filetprøver av gråsteinbit som oversteg grenseverdien for kvikksølv. Fiskene med overskridelsene kom fra forskjellige områder og størrelser, det var ikke mulig å identifisere en klar risikofaktor, og noen overskridelser vil alltid kunne forekomme. En filetprøve av flekksteinbit var over grenseverdien for PCDD/F+dl-PCB. Konsentrasjonen var over tre ganger så høy som gjennomsnittet for denne stasjonen og kan tolkes som en uteligger. I tillegg var det tre enkeltprøver av filet av vassild fra et mulig forurenset worst-case område 28F (Sørfjorden ved Osterøy) som oversteg grenseverdien for PCDD/F+dl-PCB og to prøver som oversteg grenseverdien for PCB6 fra samme område. Men konsentrasjonene i vassild fisket i mer relevante fiskeriområder var langt under grenseverdiene.

Innholdet av bly i filet var svært lavt, med bare få verdier over kvantifiseringsgrensen (LOQ), i likhet med resultater for en rekke andre fiskearter fra norske farvann. Innholdet av kadmium var lavt i flekk- og gråsteinbit med flere konsentrasjoner under kvantifiseringsgrensen. For vassild var det prøvene tatt i de sørligste områdene som hadde noe høyere konsentrasjoner, men også disse var likevel under grenseverdien. Innholdet av kvikksølv var lavest i vassild og strømsild som hadde nivåer i det øvre området for pelagiske fiskearter og for eksempel på samme nivå som konsentrasjoner funnet i sei fra Nordsjøen. Konsentrasjonene av kvikksølv funnet i flekksteinbit var noe høyere enn i vassild og litt høyere enn torsk og sei, men lavere enn nivåene i brosme og kveite. Det samme gjelder gråsteinbit som hadde de høyeste verdiene av kvikksølv i undersøkelsen, særlig i området 12, og som ikke var langt unna gjennomsnittskonsentrasjoner funnet i kveite. Nivåene av de persistente organiske miljøgiftene PCDD/F, PCDD/F+dl-PCB, PCB6 og PBDE7 i de undersøkte artene var lave, selv om en filetprøve av flekksteinbit oversteg grenseverdien for PCDD/F+dl-PCB. For vassild var det kun filetprøver av individer fisket i worst-case område 28F (Sørfjorden ved Osterøy) som oversteg grenseverdiene. Konsentrasjonene i vassild og flekksteinbit var ellers på samme nivå som tidligere er funnet i filet av fete fiskearter som sild og makrell og betydelig lavere enn nivåene i filet fra blåkveite. For gråsteinbit var konsentrasjonene av organiske miljøgifter lavere enn i flekksteinbit og noe over nivåene funnet i mager fisk. Nivåene i filet av de aller fleste klorerte pesticider som ble undersøkt i dette arbeidet var svært lave i alle artene undersøkt her, med nivåer under LOQ i de fleste prøver. DDT, toksafen, klordan, HCB, dieldrin og trans-nonaklor ble imidlertid funnet i målbare konsentrasjoner i en del filetprøver. Nivåene var høyest i flekksteinbit og lå stort sett innenfor samme konsentrasjonsområde som tidligere er funnet for en rekke andre fiskearter. Nivåene av per- og polyfluorerte alkylstoffer (PFAS) var lave i alle artene, med nivåer under de nylig fastsatte grenseverdiene der metoden var sensitiv nok til å måle dette, og ellers konsentrasjoner under LOQ i de fleste filetprøver som ble analysert. Nivåene av de fleste organiske miljøgiftene som ble undersøkt i dette arbeidet var høyere i lever enn i filet, i gjennomsnitt, og denne forskjellen kunne for en stor del forklares ved ulikt fettinnhold mellom de to vevstypene siden de organiske miljøgiftene følger fettet. Leveren er i tillegg fiskens avgiftingsorgan.

5 - Forkortelser/Abbreviations

Ag – Sølv

As – Arsen

Cd – Kadmium

cm – centimeter

Co – Kobolt

Cr – Krom

Cu – Kobber

DDD - Diklordifenyldikloretan

DDE – Diklordifenyldikloreten

DDT – Diklordifenyltrikloretan

dl-PCB – Dioksinlignende PCB

EFSA – European Food Safety Authority

EU – European Union

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations

Fe – Jern

f.w. – fat weight (fettvekt)

g – gram

GC-MSMS – Gasskromatografi-tandem massespektrometri

HBCD – Heksabromsyklododekan

HCB – Heksaklorbenzen

HCH – Heksaklorsykloheksan

Hg – Kvikksølv

HRGC-HRMS – Høyoppløsende gasskromatografi massespektrometri

ICES – International Council for the Exploration of the Sea - Det internasjonale havforskningsrådet

ICPMS – Induktivt koplet plasmamassespektrometri

ISO – Internasjonalt standardiseringsorgan

K-faktor – kondisjonsfaktor: 100 x vekt/lengde^3

kg – kilogram

LB – Lowerbound: Ved konsentrasjoner under LOQ settes verdien lik 0

LC-MSMS – Væskekromatografi-tandem massespektrometri

LOQ – kvantifiseringsgrense, bestemmelsesgrense

m.fl. – med fler

mg – milligram

µg – mikrogram

ML – maximum level – øvre grenseverdi

Mn – Mangan

Mo – Molybden

MU – måleusikkerhet

N-EtFOSA – N-etylperfluoroktansulfonamid

N-EtFOSE – N-etylperfluoroktansulfonamidoetanol

N-MeFOSA – N-metylperfluoroktansulfonamid

N-MeFOSE – N-metylperfluoroktansulfonamidoetanol

ng – nanogram

Ni – Nikkel

Pb – Bly

PBDE – Polybromerte difenyletere

PBDE7 – Sum av syv PBDE (PBDE-28, -47,-99, -100,- 153, -154 og -183)

PCB – Polyklorerte bifenyler

PCB6 – Sum av seks ikke-dioksinlignende PCB (PCB-28, -52, 101, -138, -153 og -180)

PCDD – Polyklorerte dibenzodioksiner

PCDF – Polyklorerte dibenzofuraner

PCDD/F – Sum av PCDD og PCDF

PCDD/F+dl-PCB – Sum av PCDD/F og dl-PCB

PFAS – Per- og polyfluorerte alkylstoffer

PFBA – Perfluorbutansyre

PFBS – Perfluorbutansulfonsyre

PFDA – Perfluordekansyre

PFDoDA – Perfluordodekansyre

PFDS – Perfluordekansulfonsyre

PFHpA – Perfluorheptansyre

PFHxA – Perfluorheksansyre

PFHxS – Perfluorheksansulfonsyre

PFOA – Perfluoroktansyre

PFOS – Perfluoroktansulfonsyre

PFOSA – Perfluoroktansulfonamid

PFNA – Perfluornonansyre

PFPeA – Perfluorpentansyre

PFTeDA – Perfluortetradekansyre

PFTrDA – Perfluortridekansyre

PFUdA – Perfluorundekansyre

POP – Persistent Organic Pollutant

SD – Standard deviation - standardavvik

Se – Selen

TBBP-A – Tetrabrombisfenol A

TE – Toksiske ekvivalenter; engelsk TEQ – Toxic equivalents

TEF – Toksiske ekvivalentfaktorer

TWI – Tolerabelt ukentlig inntak

UB – Upperbound: Ved konsentrasjoner under LOQ settes verdien lik LOQ

V - Vanadium

WHO – World Health Organization – Verdens helseorganisasjon

w.w. – wet weight

Zn – Sink

6 - Referanser/references

Anastassiades, M., Lehotay, S. J., Štajnbaher, D., & Schenck, F. J. (2003). Fast and easy multiresidue method employing acetonitrile extraction/partitioning and “dispersive solid-phase extraction” for the determination of pesticide residues in produce. Journal of AOAC international, 86(2), 412-431.

Berntssen, M. H., Thoresen, L., Albrektsen, S., Grimaldo, E., Grimsmo, L., Whitaker, R. D., Sele, V., & Wiech, M. (2021). Processing mixed mesopelagic biomass from the North-East Atlantic into aquafeed resources; implication for food safety. Foods, 10(6), 1265.

Duinker, A., Frantzen, S., Nilsen, B., Måge, A., Nedreaas, K. og Julshamn, K. (2013). Basisundersøkelse av fremmedstoffer i nordsjøsild (*Clupea harengus*). NIFES-rapport. Bergen, NIFES: 26 s.

EFSA (2009). EFSA panel on contaminants in the food chain (CONTAM); Scientific opinion on arsenic in food. EFSA Journal 2009 7(10): 199 pp.

EU (2023). Commission regulation (EC) No. 2023/915 of 25 April on maximum levels for certain contaminants in food and repealing Regulation (EC) No 1881/2006. Official Journal of the European Union, 119, 103-157. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02023R0915-20230810.

Fiskeridirektoratet (2023). Økonomiske og biologiske nøkkeltal frå dei norske fiskeria - 2022/Economic and biological figures from Norwegian fisheries. https://www.fiskeridir.no/Yrkesfiske/Tall-og-analyse/Statistiske-publikasjoner/Noekkeltall-for-de-norske-fiskeriene

FOR-2015-07-03-870, Forskrift om visse forurensende stoffer i næringsmidler. https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2015-07-03-870.

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

Frantzen, S., Måge, A. og 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(2), 179-187

Frantzen, S. og Måge, A. (2016). Fremmedstoffer i villfisk med vekt på kystnære farvann. Brosme, lange og bifangstarter. Gjelder tall for prøver samlet inn i 2013-2015. NIFES-rapport (ISBN: 978-82-91065-39-7), 116 sider.

Frantzen, S., B.M. Nilsen, M. Sanden (2020). Fremmedstoffer i rødspette, breiflabb og lyr. Sluttrapport for kartleggingsprogrammet «Fremmedstoffer i villfisk med vekt på kystnære farvann» 2016-2018. Rapport fra havforskningen Nr. 2020-20 (ISSN: 1893-4536), 75 s.

Julshamn, K., Maage, A., Norli, H. S., Grobecker, K. H., Jorhem, L., Fecher, P., de la Hinojosa, I. M., Viehweger, L., Mindak, W., & Lindholm, K. (2007). Determination of arsenic, cadmium, mercury, and lead by inductively coupled plasma/mass spectrometry in foods after pressure digestion: NMKL interlaboratory study. Journal of AOAC International, 90(3), 844-856.

Julshamn, K. og Frantzen, S. (2009). Miljøgifter i fisk og fiskevarer - En rapport om dioksiner og dioksinlignende PCB, polybromerte flammehemmere og tungmetaller i oljer, makrell, ål og Svolværpostei. Mattilsynet, årsrapport 2008, 26 sider.

Julshamn, K., Nilsen, B.M., Frantzen, S., Valdersnes, S., Maage, A., Nedreaas, K. og Sloth, J.J. (2012). Total and inorganic arsenic in fish samples from Norwegian waters. Food Additives & Contaminants Part B-Surveillance 5(4):

229-235.

Julshamn, K., Duinker, A., Nilsen, B.M., Frantzen, S., Maage, A., Valdersnes, S. og Nedreaas, K. (2013a). 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. og Maage, A. (2013b). A baseline study of matals 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.

Moksness, E. (1994). Growth rates of the common wolffish, *Anarhichas lupus* L., and spotted wolffish, *A. minor* Olafsen, in captivity. Aquaculture Research, 25(4), 363-371.

Neff, J.M. (1997). Ecotoxicology of arsenic in the marine environment. Env. Toxicol. Chem. 16(5), 917–927.

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

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

Nilsen, B.M., Julshamn, K., Duinker, A., Nedreaas, K. og Måge, A. (2013b). Basisundersøkelse av fremmedstoffer i sei (*Pollachius virens*) fra Nordsjøen. Sluttrapport for prosjektet «Fremmedstoffer i villfisk med vekt på kystnære farvann», NIFES-rapport. Bergen, NIFES: 57 s.

Nilsen, B.M., Kjell Nedreaas og Måge, A. (2016). Kartlegging av fremmedstoffer i Atlantisk kveite (*Hippoglossus hippoglossus*). Sluttrapport for programmet «Miljøgifter i fisk og fiskevarer» 2013-2015. NIFES-rapport (ISBN: 978-82-91065-43-4), 81 sider.

Nilsen, B.M., Frantzen, S., Sanden, M., (2020) Fremmedstoffer i snabeluer (*Sebastes mentella*) og vanlig uer (*Sebastes norvegicus*). Sluttrapport for kartleggingsprogrammet «Miljøgifter i fisk og fiskevarer» 2016-2018. Rapport fra havforskningen Nr. 2020-11 (ISSN: *1893-4536*), 63 s.

Scott, W. B., & Scott, M. G. (1988). Atlantic fishes of Canada. Canadian bulletin of fisheries and aquatic sciences. Fisheries and Oceans Canada.

Sjømatdata. Seafood data. Institute of Marine Research, Norway. https://sjomatdata.hi.no/#search/.

Wiech, M., Silva, M., Meier, S., Tibon, J., Berntssen, M. H., Duinker, A., & Sanden, M. (2020). Undesirables in mesopelagic species and implications for food and feed safety—Insights from Norwegian fjords. Foods, 9(9), 1162

HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

Postboks 1870 Nordnes
5817 Bergen
Tlf: 55 23 85 00
E-post: post@hi.no
www.hi.no