KVIKKSØLV I SJØMAT VED U-864

Resultater fra overvåkning i 2019

Sylvia Frantzen, Amund Måge og Monica Sanden (HI)

RAPPORT FRA
HAVFORSKNINGEN
NR. 2020-33

Tittel (norsk og engelsk):

Kvikksølv i sjømat ved U-864

Mercury in seafood at U-864

Undertittel (norsk og engelsk):

Resultater fra overvåkning i 2019

Results from monitoring in 2019

Rapportserie:	År - Nr.:	Dato:
Rapport fra havforskningen	2020-33	07.10.2020

ISSN:1893-4536

Forfatter(e):

Sylvia Frantzen, Amund Måge og Monica Sanden (HI)

Godkjent av: Forskningsdirektør(er): Gro-Ingunn Hemre Programleder(e): Livar Frøyland

Distribusjon:

Åpen

Prosjektnr:

15224

Oppdragsgiver(e):

Kystverket

Oppdragsgivers referanse:

3260BHPM

Program:

Trygg og sunn sjømat

Forskningsgruppe(r):

Fremmed- og smittestoff (FRES)

Antall sider:

27

Sammendrag (norsk):

Vraket av ubåten U-864 som ligger på rundt 150 m dyp vest av Fedje, hadde store mengder kvikksølv om bord da den ble senket i 1945, og sjøbunnen rundt er sterkt forurenset av metallisk kvikksølv. Havforskningsinstituttet overvåker årlig, på vegne av Kystverket, innholdet av kvikksølv i sjømat fisket rundt vraket samt referanselokaliteter fire nautiske mil nord og sør for vraket. I 2019 analyserte vi filet av 65 brosmer (*Brosme brosme*) og klokjøtt og innmat av 58 taskekrabber (*Cancer pagurus*) for totalkvikksølv. Syv brosmer hadde kvikksølvnivå over grenseverdien satt for mattrygghet i EU og Norge, men nivået var ikke forhøyet ved vraket sammenlignet med kysten av Vestlandet eller referanselokalitetene. Klokjøtt av krabber hadde et kvikksølvnivå godt innenfor grenseverdiene for mattrygghet, og det var ingen forskjell mellom de tre lokalitetene. I innmat var det høyest nivå i krabber fanget ved vraket, og både ved vraket og fire mil nord var det høyere kvikksølvnivå enn fire mil sør for vraket. Gjennomsnittlig kvikksølvnivå i krabber fanget ved vraket av U-864 var forholdsvis høyt i 2019 sammenlignet med de fleste tidligere år. Nivået var likevel lavere enn i 2018, og det var stor variasjon mellom enkeltkrabber.

Sammendrag (engelsk):

The wreck of submarine U-864, located at around 150 m depth west of the island of Fedje, had large quantities of mercury on board when it was sunk in 1945, and the surrounding seafloor is heavily polluted with metallic mercury. The Institute of Marine Research annually monitors, on behalf of the Norwegian Coastal Administration, the content of mercury in seafood caught around the wreck as well as reference localities four nautical miles north and south of the wreck. In 2019 we analysed fillet of 65 tusk (*Brosme brosme*) and claw meat and brown meat/hepatopancreas of 58 edible crab (*Cancer pagurus*) for total mercury. Seven tusk had mercury levels above the maximum level set for food safety in EU and Norway, but the level was not elevated at the wreck site relative to the coast of western Norway or the reference localities. Claw meat of crabs had a mercury level well within the maximum levels set for food safety, and there was no difference between the three localities. Mercury in viscera showed the highest levels in crabs caught at the wreck site, and both at the wreck site and at the northern site the levels were higher than at the site four nautical miles south of the wreck. Average mercury levels in crabs caught near the wreck of U-864 were relatively high in 2019 compared with earlier years, but the level was lower than in 2018 and the variation between individual crabs was large.

Innhold

1 Innledning 5

2 Materiale og metoder 7

2.1 Prøveinnsamling 7

2.2 Opparbeiding og analyse 7

2.3 Databehandling og statistikk 8

3 Resultater og diskusjon 9

3.1 Brosme 9

3.2 Krabbe 11

3.2.1 *Klokjøtt* 13

3.2.2 *Hepatopankreas og brunmat* 14

4 Konklusjoner 16

5 Litteraturliste 17

6 Vedlegg 19

1 - Innledning

Den tyske ubåten U-864 ble 9. februar 1945 torpedert og senket vest av Fedje av den britiske ubåten HMS «Venturer». Ubåten var på vei til Japan med en last krigsutstyr, og det er estimert at 67 tonn metallisk kvikksølv var lagret i jernflasker i kjølen. Vraket av ubåten og den farlige lasten ble liggende på rundt 150 meters dyp om lag tre kilometer vest av Fedje, og ble funnet igjen først i 2003. Analyser utført i 2003, verifisert gjennom en større kartlegging i 2005 (Uriansrud m.fl. 2005), viste at sedimentet ved vraket inneholdt høye konsentrasjoner av kvikksølv. Dette bekreftet at det var kvikksølv i lasten og at en del av flaskene med kvikksølv ble ødelagt under torpederingen slik at kvikksølv ble spredd til sedimentet og miljøet. En ny kartlegging ved vraket i 2013 bekreftet de høye kvikksølvnivåene i sedimentene (Solhjell and Lunne 2013). De høyeste kvikksølvkonsentrasjonene i sedimentet er funnet nærmest vraket, innenfor en radius på ca. 100 m, og nivåene avtar gradvis med økende avstand fra vraket.

Uorganisk kvikksølv er mindre giftig enn organisk kvikksølv og blir i mindre grad tatt opp i biota. Den vanligste organiske formen er av kvikksølv er metylkvikksølv som kan oppstå ved metylering. Et forsøk har vist at det er liten grad av metylering i sediment fra vrakområdet på grunn av lite organisk materiale (Kystverket 2015).

For å kunne vurdere i hvilken grad kvikksølv fra ubåtvraket og sedimentet rundt påvirker sjømattryggheten har NIFES årlig siden 2004 overvåket kvikksølvinnholdet i fisk og krabbe fra området (Måge m.fl. 2006; Måge m.fl. 2007; Frantzen m.fl. 2008; Frantzen m.fl. 2010; Frantzen m.fl. 2011; Frantzen m.fl. 2012; Haldorsen m.fl. 2013; Frantzen and Måge 2016; Frantzen m.fl. 2018 Frantzen m.fl. 2014; Frantzen and Maage 2015; Frantzen m.fl. 2019a,b). Kvikksølvanalysene har hvert år siden 2009 blitt utført på prøver av brosme (*Brosme brosme*) og taskekrabbe (*Cancer pagurus*). Overvåkningen viser at det er noe forhøyede nivåer av kvikksølv i brunmat av taskekrabbe fanget i vrakområdet, men ikke i klokjøtt av krabbe og muskel av brosme. Dette skyldes sannsynligvis at kvikksølvet i sedimentet i liten grad er metylkvikksølv, som er den formen som tas lettest opp i muskelvev (Bloom 1992). Metallisk kvikksølv fra sedimentet kan likevel inntas og være i fordøyelseskjertelen til krabben før det eventuelt skilles ut. I 2014 ble de kokte krabbeprøvene analysert for metylkvikksølv, og disse analysene viste at 100 % av kvikksølvet i klokjøttet var i form av metylkvikksølv, men at det i brunmat var lavere andel metylkvikksølv ved vraket og nord for vraket (Frantzen og Måge, 2015). At kvikksølv i brunmat av krabbene stammer fra vraket og sedimentet rundt ble bekreftet ved analyse for stabile kvikksølvisotoper, gjennomført i et samarbeidsprosjekt med Universitetet i Gent (Rua-Ibarz m.fl. 2016). Her ble det funnet at brunmat av krabbene fisket nærmest vraket hadde en sammensetning av kvikksølvisotoper mer lik metallisk kvikksølv fra vraket og sedimentet enn de krabbene som var fisket fire nautiske mil nord og fire nautiske mil sør for vraket.

Muskel av brosme inneholder nesten bare metylkvikksølv, mens lever av brosme også inneholder uorganisk kvikksølv i ulik grad, og det er vanlig å finne høyere andel uorganisk kvikksølv i lever i områder forurenset av kvikksølv. Undersøkelser fra 2015 viste at lever av brosme fisket nær de forurensede sedimentene rundt ubåtvraket hadde nivåer av uorganisk kvikksølv som tilsvarer andre, mindre forurensede områder (Frantzen and Måge 2016). Lever og filet av brosme prøvetatt i 2015 ble også analysert for stabile kvikksølvisotoper, og dette arbeidet viste at brosme fra området ved U-864 ikke har annerledes isotopsammensetning enn brosme prøvetatt andre steder langs kysten av Vestlandet eller i Skagerrak (Rua-Ibarz m.fl. 2019). Disse resultatene støtter de tidligere antakelsene om at brosme i svært liten grad akkumulerer det metalliske kvikksølvet i sedimentet rundt ubåtvraket, hverken i filet eller lever.

I 2017 og 2018 ble krabbe opparbeidet både på den vanlige måten med koking og uten koking. Resultatene tydet på at hepatopankreas av krabber som ikke var kokt (og ikke frysetørket) hadde høyere nivå av

totalkvikksølv, men ikke av metylkvikksølv, enn brunmat av krabber som var kokt. Dette kunne igjen tyde på at koking medfører tap av uorganisk/metallisk kvikksølv fra hepatopankreas, og vi har derfor fortsatt med å ta prøver av rå krabber i tillegg til de kokte for å undersøke hvor mye kvikksølv som faktisk er i krabbene før de blir kokt.

I 2019 tok vi prøver av krabbe og brosme ved vraket samt fire nautiske mil sør og nord for vraket. Filet av brosme, samt klokjøtt og brunmat av kokte krabber og klokjøtt og hepatopankreas av rå krabber ble analysert for totalkvikksølv.

2 - Materiale og metoder

2.1 - Prøveinnsamling

Vraket av U-864 ligger på 150 meters dyp omlag tre kilometer vest for øya Fedje, ved 60°46' N, 4°37' Ø. Prøvetakingen av brosme og krabbe ble gjennomført i perioden 5.-8. juni 2019 av Havforskningsinstituttets Aina Bruvik og Jan Hinriksson sammen med kystfisker Helge Torsvik med hans 43 fots fiskebåt M/K Vikingfjord (H-1-A). Prøvene ble tatt ved vraket, fire nautiske mil sør for vraket (4 nm S) og fire nautiske mil nord for vraket (4 nm N).

Målet var å få tatt 25 brosmer og 30 krabber fra hver posisjon, og minst 15 brosmer og 20 krabber. Det var i år utfordrende å få nok både av brosmer og krabber, og det samlede prøveantallet ble lavere enn planlagt. Dette skyldtes delvis tekniske problemer med båten som gjorde at feltarbeidet ble avsluttet tidlig. Den samlede fangsten i hvert område er gitt i Tabell 1 .

Tabell 1 . Total number of individuals caught of tusk (Brosme brosme) and edible crab (Cancer pagurus), respectively, during sampling in June 2019. The samples were taken at the site of the U-864 wreck, four nautical miles south (4 nm S) and four nautical miles north (4 nm N) of the wreck.

Sampling area	Tusk	Edible crab
Wreck site U-864	25	16
4 nm S	15	22
4 nm N	25	20

Av brosme ble det fanget og analysert i alt 65 individer; 25 individer fra området ved vraket og fra 4 nm N og 15 individer fra 4 nm S. Av krabbe ble det tatt til sammen 58 individer; 16 fra vrakområdet, 22 fra 4 nm S og 20 fra 4 nm N.

Krabbene ble opparbeidet samme dag fra levende tilstand i felt på Fedje. Brosmene ble oppbevart ved -20°C frem til opparbeiding ved Havforskningsinstituttet i Bergen.

2.2 - Opparbeiding og analyse

Hver fisk ble lengdemålt og veid, og fisken ble filetert og skinnet fjernet. Taskekrabbene ble kjønnsbestemt og veid, og bredden på ryggskjoldet ble målt.

Rundt halvparten av taskekrabbene ble kokt hele og levende som ved vanlig tilbereding, og mage («pave») og gjeller ble fjernet før det ble tatt prøver av klokjøtt og brunmat fra hver krabbe. «Brunmat» vil si den spiselige innmaten i krabbeskjellet (ryggskjoldet) som i tillegg til rogn og noe bindevev for det meste består av hepatopankreas (også kalt fordøyelseskjertelen, eller levermassen). Resten av krabbene ble avlivet ved stikking med syl gjennom to nervesentre etter standard metode fra Codex Alimentarius (WHO/FAO 2012). Deretter ble klørne fjernet og frosset ned (-20°C). Ryggskjoldet ble åpnet, vann fikk renne av, og deretter ble så mye som mulig av hepatopankreas plukket ut ved hjelp av en pinsett. Klokjøttet ble dissekert ut etter tining av klørne. Klokjøtt av rå krabber sitter godt fast i skallet, og frysing og tining av klørne gjør det lettere å få løs det løst.

Hver prøve ble homogenisert, og prøvene av brosmefilet ble frysetørket før kvikksølvanalyse. Prøver av klokjøtt, brunmat og hepatopankreas ble ikke frysetørket, bare homogenisert. Tørrstoff ble bestemt i en alikvot av det homogeniserte prøvematerialet som ble tørket i varmeskap ved 104°C og veid før og etter.

Før bestemmelse av totalkvikksølv med induktivt koblet plasma-massespektrometer (ICPMS) ble prøven

dekomponert med syre i mikrobølgeovn slik at kvikksølvet forelå som ioner i løsning. Metoden ble beskrevet i detalj av Julshamn et al. (2007).

Analysemetoden for bestemmelse av totalkvikksølv er akkreditert i henhold til ISO 17025.

2.3 - Databehandling og statistikk

Alle resultater for kvikksølv er i utgangspunktet presentert som konsentrasjoner i våt prøve, det vil si mengde kvikksølv per kilo våtvekt av det vevet som er tatt ut til analyse. Det er det som er kvikksølvkonsentrasjonen. For prøver analysert i frysetørket prøve vil det si at konsentrasjonen i det analyserte materialet regnes tilbake til våt prøve ved hjelp av tørrstoffinnholdet:

Hg (vv) = Hg (tv) x tørrstoff%/100

Fordi vanninnholdet i krabbeprøvene kan variere mye og påvirke konsentrasjonene av kvikksølv, ble all statistisk analyse for krabbene gjennomført med kvikksølvkonsentrasjoner analysert i vått materiale og omregnet til tørr prøve.

Hg (tv) = 100 x Hg (vv)/tørrstoff%

For brosme har fiskenss størrelse mye å si for kvikksølvkonsentrasjon, og for å se om det har vært en reell utvikling over tid som ikke er knyttet til ulik størrelse på fisken, er det brukt lengdenormalisering ved hjelp av kovariansanalyse (ANCOVA). Ved ANCOVA sammenlignet vi logtransformerte kvikksølvkonsentrasjoner mellom år med fiskens lengde som kovariant.

Statistiske beregninger er gjort i programvaren Statistica 13.

3 - Resultater og diskusjon

3.1 - Brosme

Brosme fisket i 2019 ved vraket av U-864, fire nautiske mil nord for vraket (4 nm N) og fire nautiske mil sør for vraket (4 nm S) varierte i lengde fra 40 til 73 cm og i vekt fra 647 til 4332 g (Tabell 2). Gjennomsnittsvekt ved de tre lokalitetene var fra 1886 g ved den sørligste lokaliteten til 2477 g ved den nordligste lokaliteten, mens ved vraket var fisken i gjennomsnitt 2089 g. I 2019 var fisken fortsatt (som i 2016-2018) større enn tidligere, og godt over langtidsmiddelet for hele perioden (Figur 2). Det at størrelsen på fisken varierer fra år til år gjør direkte sammenligning mellom år utfordrende, siden kvikksølv i fisk generelt øker med størrelse.

Gjennomsnittlig kvikksølvkonsentrasjon i filet av brosme fanget i 2019 ved vraket, 4 nm N og 4 nm S var henholdsvis 0,30, 0,36 og 0,32 mg/kg våtvekt (Tabell 2). To fisk prøvetatt ved vraket, tre fisket ved 4 nm N og to fra 4 nm S hadde kvikksølvkonsentrasjoner over grenseverdien på 0,5 mg/kg våtvekt som gjelder ved omsetning av fisk som mat (EU, 2011; Forskrift 3. juli 2015 nr. 870 om visse forurensende stoffer i næringsmidler). Gjennomsnittskonsentrasjonene var noe høyere i 2019 og 2018 enn i 2017 og de fleste tidligere år bortsett fra 2008 og 2010 (Figur 2).

Siden fisken også var stor i 2018 og 2019 er det sannsynlig at de relativt høyere kvikksølvkonsentrasjonene disse to årene kan skyldes størrelse. Når fiskens lengde ble justert for ved hjelp av kovariansanalyse (ANCOVA), var kvikksølvnivået i 2018 og 2019 høyere enn i 2016 og 2017 og 2011-2013 samt 2007 (Figur 2). Nivået var imidlertid ikke høyere i 2018 og 2019 enn i 2014, 2015 og 2008-2010. Det ser altså ut til at kvikksølvnivåene i brosmemuskel, uavhengig av fiskens størrelse, svinger opp og ned i perioder på to til tre år, og at det ikke er noen økning i perioden overvåkning har pågått. Det tyder også på at det er andre faktorer enn størrelse som påvirker hvordan kvikksølvkonsentrasjonene varierer, for eksempel kan det være variasjon i diett. Hva fisken spiser er vist å kunne ha stor betydning for kvikksølvnivåene, og hva den spiser vil til enhver tid være påvirket av hvilke byttedyr som er tilgjengelig.

Gjennomsnittlig kvikksølvinnhold i brosmefilet i 2019 var noe lavere ved vraket av U-864 enn ved lokalitetene 4 nm N og 4 nm S, og høyere ved 4 nm N enn ved 4 nm S (Tabell 2). Forskjellene var små og ikke statistisk signifikante. Når kvikksølvkonsentrasjonen var gruppert etter størrelse var det heller ingen forskjell (Figur 3 venstre). Men når alle dataene fra alle årene ble inkludert, var det særlig i de mindre størrelsesgruppene av fisk noe lavere kvikksølvkonsentrasjon ved vraket enn ved begge de to andre lokalitetene (Figur 3 høyre). Hvorfor det er slik vet vi ikke, men en mulig forklaring kan være at kvikksølv ved vraket er særlig lite tilgjengelig på grunn av lav metyleringsrate, som tidligere har vært vist gjennom metyleringsforsøk (Kystverket 2015). Det er ikke gjort tilsvarende metyleringsforsøk med sediment prøvetatt fire nautiske mil nord og sør for vraket. En annen mulig forklaring kan være at tilgjengelige byttedyr ved vraket er forskjellig fra de som er tilgjengelig ved de to andre lokalitetene, noe som igjen kan skyldes de spesielle forholdene ved vraket og det forurensede sedimentet.

Tabell 2 . Fish weight (g), length (cm) and mercury concentration (Hg, mg/kg ww) in fillet of tusk (Brosme brosme) sampled in June 2019 at the wreck site (U-864), five nautical miles south (5 nm S) and five nautical miles north (5 nm N) of the wreck. The results are given as mean ± standard deviation, minimum and maximum values.

Sampling site	N	Fish weight (g) Mean ± SD (Min – max)	Fish length (cm) Mean ± SD (Min – max)	Hg (mg/kg ww) Mean ± SD (Min – max)
U-864	25	2089 ± 864 (679 - 3932)	58.0 ± 7.9 (40 – 71.5)	0.30 ± 0.13 (0.074 - 0.53) (2)

4 nm N	25	2477 ± 1098 (736 - 4332)	60.2 ± 8.6 (42 - 73)	0.36 ± 0.12 (0.15 – 0.64) (3)
4 nm S	15	1886 ± 872 (647 - 3633)	55.4 ± 8.7 (41 – 69)	0.32 ± 0.13 (0.13 – 0.53) (2)

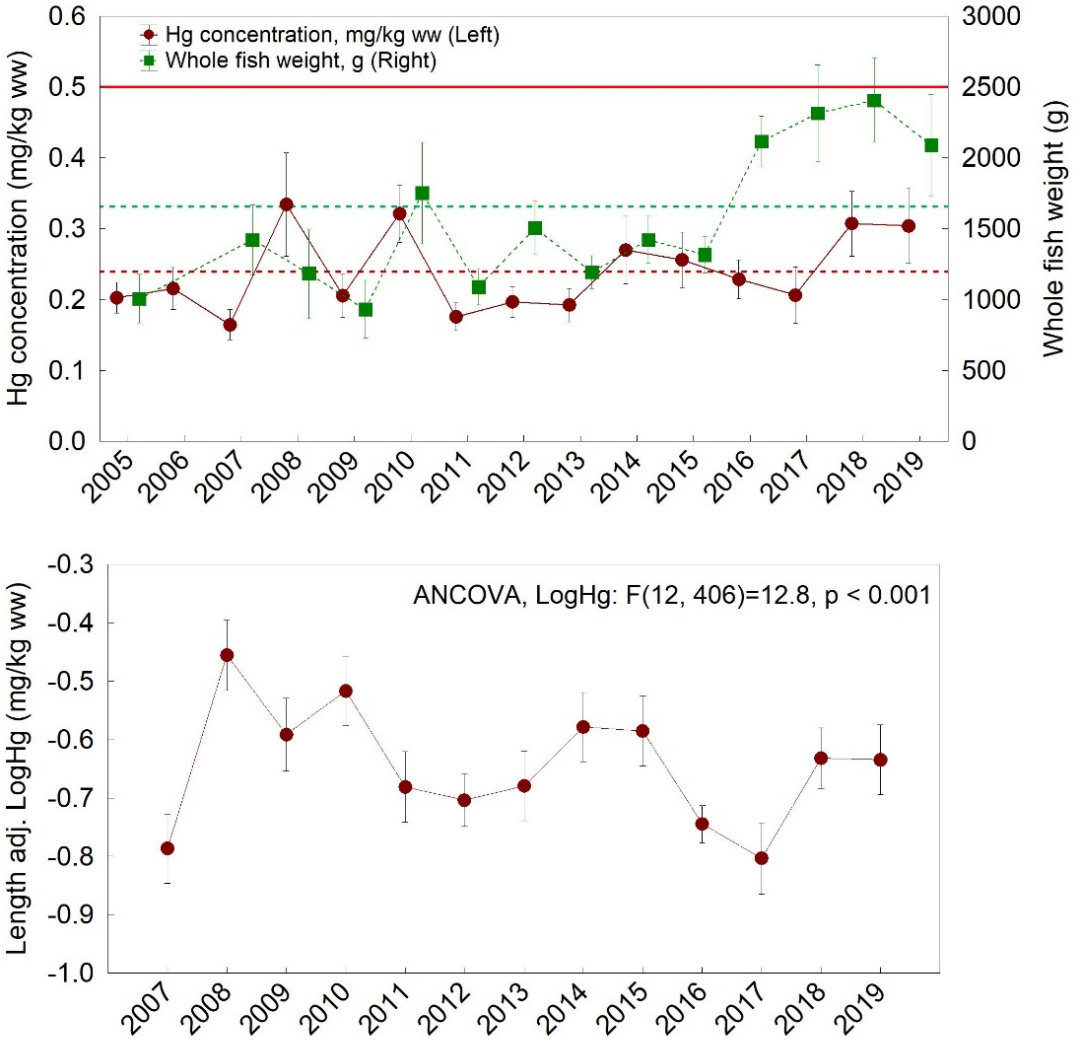

Figure 2. Year to year variation in mecury (Hg) concentrations (mg/kg wet weight, ww) in fillet of tusk (Brosme brosme) caught near the wreck of U-864 . Top: Concentration of Hg (mg/kg ww, left) and fish weight (g, right) every year from 2005-2019. For each year, mean ± 95% confidence intervals are given, and median values are shown as separate points. The long term mean values are shown as dotted horizontal lines for Hg (maroon) and for fish weight (green). EU and Norway's maximum level for Hg is marked with a continuous red line. Bottom: Length adjusted Log 10 Hg (Least square means) per year (2007-2019) obtained by ANCOVA with fish length as covariate. ANCOVA results are shown.

Tidligere har vi vist at kvikksølvnivåene i brosme fra Fedje ikke er høyere enn andre steder langs kysten mot Nordsjøen,og dette gjelder fremdeles. Se for øvrig rapportene for 2018 og 2016 for en mer utfyllende diskusjon (Frantzen et al. 2018; Frantzen et al. 2019b). Prøver av brosme (filet og lever) tatt i 2019 ved ubåtvraket samt i ulike andre områder skal analyseres for stabile kvikksølvisotoper for å undersøke om kvikksølvet i brosmene ved vraket har en profil som kan spores til vraket. Dette arbeidet har blitt noe forsinket blant annet pga. situasjonen med Covid-19 pandemien våren 2020 som gjorde at laboratoriet i Belgia i en periode måtte stenge helt ned.

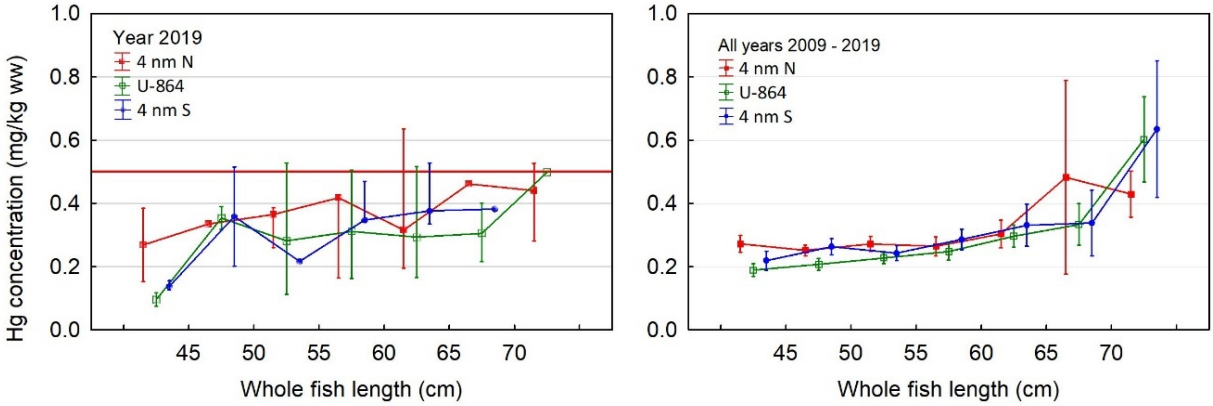

Figure 3. Concentration of mercury (mg/kg ww) in fillet of tusk (Brosme brosme) at different length intervals (<45, 45-50, 50-55, 55-60, 60-65, 65-70 and >70 cm), caught at three different sites; at the wreck of U-864, four nautical miles south (4 nm S) and four nautical miles north (4 nm N) of U-864. Left: Year 2019 only, median, minimum and maximum values shown. Right: All years 2009-2019, means ± 95% confidence intervals are given.

3.2 - Krabbe

Krabbene fisket i 2019 hadde skallbredde fra 102 til 175 mm og veide fra 200 til 1100 g (Table 3). De krabbene som ble behandlet rå hadde nokså jevn gjennomsnittlig størrelse mellom de tre lokalitetene, med skallbredde fra 133 mm 4 nm N til 139 mm ved vraket og vekt 377 g 4 nm N, 392 g ved vraket og 393 g 4 nm S. De som ble kokt varierte mer i størrelse, med gjennomsnittlig bredde fra 125 mm ved vraket til 153 mm 4 nm S, og vekt fra 325 g ved vraket til 572 g 4 nm S. Krabbene som ble prøvetatt 4 nm sør og kokt var betydelig større enn krabbene i de andre gruppene, med enkelte veldig store individer.

Table 3. Crab size and mercury concentrations (Hg, mg/kg wet weight) of cooked and raw edible crab (Cancer pagurus) caught in 2019 at the wreck site of U-864, four nautical miles south (4 nm S) and four nautical miles north (4 nm N) of the wreck. Hg concentrations are given for brown meat (BM) of cooked crab or hepatopancreas (hep) of raw crab and for claw meat of both cooked and raw crab. Results are given as means ± standard deviations, minimum and maximum values.

Area	Treatment	N	Weight (g) Mean ± SD (Min – max)	Carapace width (mm) Mean ± SD (Min – max)	Hg BM/hep (mg/kg ww) Mean ± SD (Min – max)	Hg claw (mg/kg ww) Mean ± SD (Min – max)
U-864	Cooked	6	325 ± 94 (200 – 450)	125 ± 16 (102 - 143)	0.291 ± 0.222 0.10 - 0.72)	0.159 ± 0.072 (0.10 - 0.29)
	Raw	10/11/9*	392 ± 120 (241 – 651)	139 ± 13 (112 - 160)	0.209 ± 0.128 (0.040 - 0.49)	0.105 ± 0.072 (0.032 - 0.21)
4 nm S	Cooked	15	572 ± 203 (350 – 1100)	153 ± 11 (133 - 175)	0.063 ± 0.029 (0.024 - 0.14)	0.126 ± 0.067 (0.041 - 0.26)
	Raw	7	393 ± 154 (250 – 710)	135 ± 11 (120 - 155)	0.080 ± 0.034 (0.031 - 0.11)	0.076 ± 0.065 (0.039 - 0.22)
4 nm N	Cooked	9/12**	329 ± 113 (200 – 500)	127 ± 14 (105 - 145)	0.140 ± 0.052 (0.075 - 0.24)	0.167 ± 0.073 (0.070 - 0.28)
	Raw	11	377 ± 95 (247 – 550)	133 ± 9 (124 - 150)	0.189 ± 0.047 (0.12 - 0.26)	0.099 ± 0.045 (0.041 - 0.19)

*Claw meat 9 samples, hepatopancreas 11 samples

**Claw meat 12 samples, brown meat 9 samples

3.2.1 - Klokjøtt

Kvikksølvkonsentrasjonen i klokjøtt av krabbe prøvetatt i 2019 varierte fra 0,041 til 0,29 mg/kg våtvekt (Tabell 3). Ingen prøver var altså over grenseverdien på 0,5 mg/kg våtvekt som bare gjelder omsetning av klokjøtt til humant konsum. Gjennomsnittskonsentrasjonen var høyest i klokjøtt av kokte krabber prøvetatt 4 nm N, med 0,167 mg/kg våtvekt, og lavest i rå krabber prøvetatt 4 nm S, med 0,076 mg/kg våtvekt.

Det var ingen statistisk signifikante forskjeller i kvikksølvkonsentrasjon mellom krabber prøvetatt ved vraket og de to lokalitetene 4 nm N og 4 nm S (Figur 4A). Kokte krabber hadde jevnt over noe høyere kvikksølvkonsentrasjon i klokjøtt enn rå krabber (Figur 4A). Dette gjaldt også for konsentrasjonene omregnet til tørr prøve, selv om forskjellene da var mindre. Dette står i motsetning til i 2018, da det ikke var noen forskjell i kvikksølvkonsentrasjon i klokjøtt mellom rå og kokte krabber. En mulig forklaring på høyere konsentrasjon i kokte klør enn i rå klør kan være at noe uorganisk kvikksølv overføres fra brunmaten til klokjøttet under koking. En mulig forklaring på at dette ikke ble observert i 2018, kan være at klokjøttprøvene den gang ble frysetørket, noe som kan ha medført at det uorganiske kvikksølvet har dampet av igjen. I 2019 ble ikke klokjøttprøvene frysetørket før analyse.

Utvikling i kvikksølvkonsentrasjon i klokjøtt av kokte krabber prøvetatt ved vraket, 4 nm N og 4 nm S fra 2006 (2008) til 2019 er vist i Figur 5A. Resultatene er vist som log-transformerte tørrvektskonsentrasjoner av kvikksølv. Nivået i 2019 var blant de høyeste av alle årene, men noe lavere enn i 2018 ved vraket og 4 nm N. Det var imidlertid særlig stor usikkerhet i dataene i 2019, noe som delvis skyldes at prøveantallet var lavt, med bare seks krabber fanget ved vraket (Table 3).

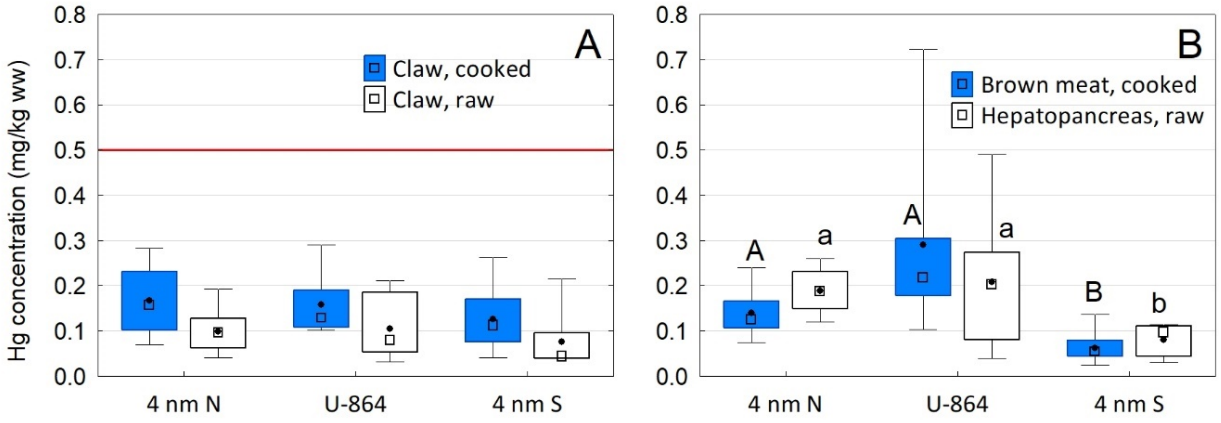

Figure 4. Total mercury concentration on wet weight (Hg, mg/kg ww) in crab (Cancer pagurus) caught at the wreck of U-864 (U-864), four nautical miles north of the wreck (4 nm N) and four nautical miles south of the wreck (4 nm S). Results are given for A) Claw meat of cooked and raw crab and B) hepatopancreas of raw crab and brown meat of cooked crab. Boxplots show medians, quartiles, minimum and maximum values, and small black dots are mean values. The red line in A marks the EU and Norway's maximum level set for food safety. Where statistical significances are found (Kruskal-Wallis non-parameteric test, $p<0.05$), differences between groups are marked with different letters above the bars.

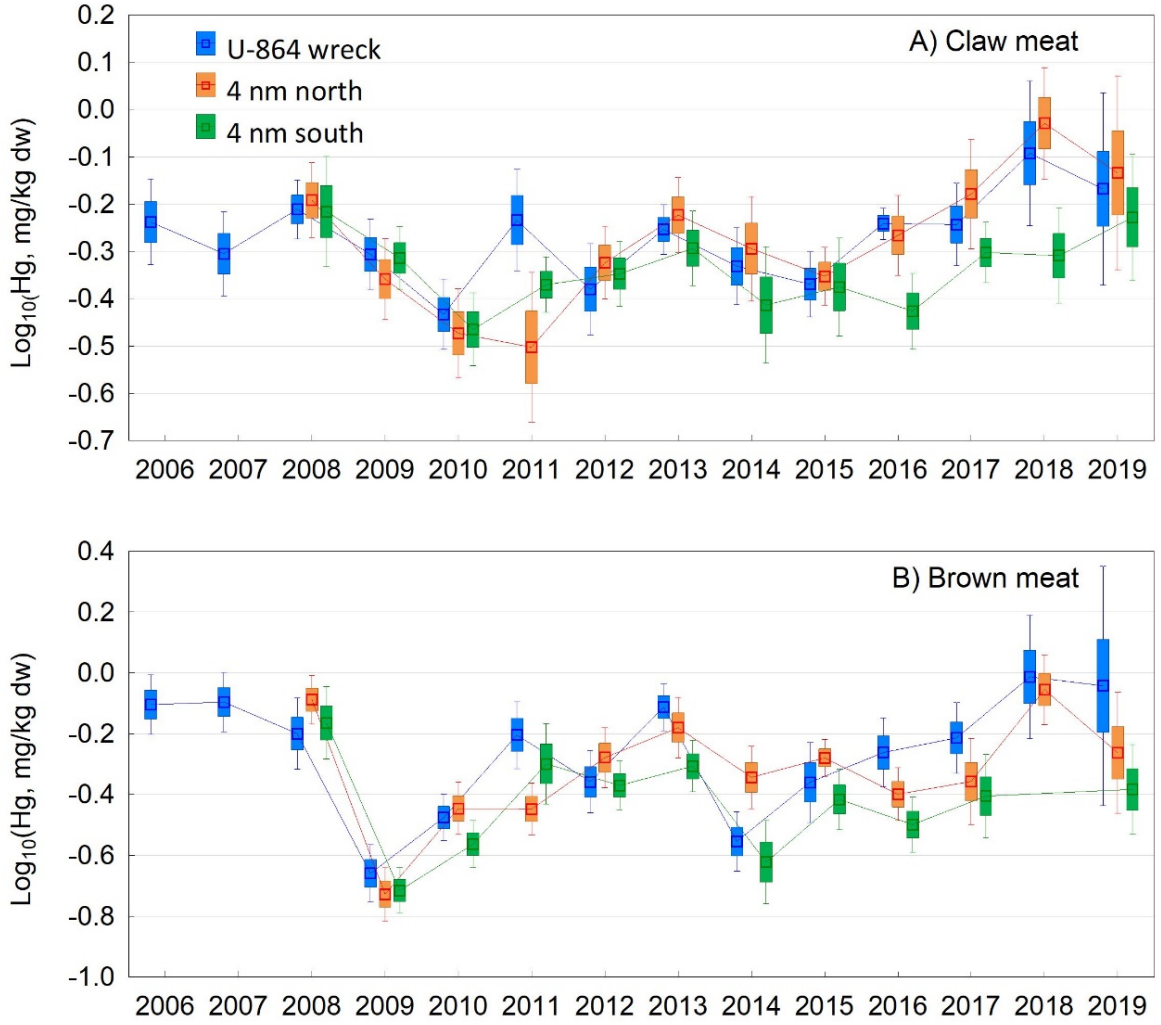

Figure 5. Concentrations (mg/kg dry weight, dw) of Hg from 2006-2019 analysed in A) claw meat and B) brown meat of boiled crabs (Cancer pagurus) captured at the site of U-864, 4 nautical miles (nm) south and 4 nm north of the wreck. Concentrations are given as log10 transformed values, and mean, standard errors and 95% confidence intervals are given. From 2018 on, samples were not freeze dried before analysis, and dry matter was determined by drying at 104°C.

3.2.2 - Hepatopankreas og brunmat

For å undersøke innholdet av kvikksølv i krabbeinnmat ble det for kokte krabber analysert brunmat, som tillegg til rogn og noe bindevev for det meste (og i varierende grad) består av hepatopankreas. Det er denne delen av krabben som vi normalt spiser, og som vi har analysert siden starten på dette overåkingsprogrammet. Av de rå krabbene analyserte vi prøver av ren hepatopankreas, fordi det er dette vevet som lagrer mye av de uønskede stoffene krabber får i seg. Kvikksølvkonsentrasjonen i brunmat av kokte krabber varierte fra 0,024 til 0,72 mg/kg våtvekt (Tabell 3), og gjennomsnittsnivået for de tre lokalitetene var fra 0,063 mg/kg våtvekt ved 4 nm S til 0,29 mg/kg våtvekt ved vraket. For hepatopankreas av rå krabber varierte kvikksølvkonsentrasjonen i enkeltkrabber fra 0,031 mg/kg våtvekt til 0,49 mg/kg våtvekt, og gjennomsnittsnivå var fra 0,080 mg/kg våtvekt ved 4 nm S til 0,21 mg/kg våtvekt ved vraket. I både brunmat av kokte og hepatopankreas av rå krabber var det altså dette året lavere kvikksølvkonsentrasjon sør for vraket enn ved vraket og 4 nm nord for vraket (Figure 4B). For brunmat var det også høyere gjennomsnittskonsentrasjoner ved vraket enn 4 nm nord, men forskjellen var ikke statistisk signifikant.

Selv om det i 2019 var noe høyere gjennomsnittlig kvikksølvkonsentrasjon i hepatopankreas av rå krabber (0,72 mg/kg tørrvekt) enn i brunmat av kokte krabber (0,67 mg/kg tørrvekt), var det ingen betydelig forskjell dette året (Figur A1). Ved vraket var det endatil litt høyere gjennomsnittsnivå i brunmat av kokte (1,2 mg/kg tørrvekt) enn i hepatopankreas av rå krabber (0,89 mg/kg tørrvekt), men med store variasjoner og lavt prøveantall og ikke signifikant forskjell. Dette sto i motsetning til resultatene for 2017, da hepatopankreas av rå krabber hadde betydelig høyere konsentrasjon av totalkvikksølv (snitt 1.07 mg/kg tørrvekt) enn brunmat av kokte krabber (0.526 mg/kg tørrvekt), både ved vraket og for alle lokalitetene samlet (Frantzen m.fl., 2019a; Figur A1). Dette ble forklart med at uorganisk kvikksølv lekker ut eller fordamper fra hepatopankreas under kokingen. Forklaringen ble støttet av resultater av metylkvikksølvanalyse som viste at det bare var den uorganiske kvikksølvfraksjonen som var forskjellig mellom rå og kokte krabber. Analyse for stabile kvikksølvisotoper viste dessuten at kokt brunmat og rå hepatopankreas hadde noe ulik isotopsammensetning, forklart ved at lettere isotoper har lavere kokepunkt og lettere damper av ved koking av enn tyngre isotoper (Dumont, 2019).

Men som i år, var det heller ikke i 2018 statistisk signifikante forskjeller i kvikksølvnivå mellom kokt brunmat og rå hepatopankreas (Figur A1). En årsak til at det ikke var signifikante forskjeller mellom de kokte og de rå krabbene i 2018 og 2019 kan være at det ble analysert et lavt antall krabber, samt at det generelt er store forskjeller mellom de enkelte krabbene i kvikksølvinnhold. Det er ikke de samme krabbene som blir kokt og behandlet rå, og det er stort rom for tilfeldig variasjon avhengig av hvilke krabber som har fått i seg mest forurenset sediment. Det kan sannsynligvis også variere fra koking til koking hvor mye kvikksølv som eventuelt lekker ut, og hvis noen krabber har veldig mye kvikksølv vil de trolig lekke mer enn om de har lite kvikksølv. Koking av krabber som opparbeidingsmetode gir lite rom for standardisering og større muligheter for tilfeldige variasjoner og usikkerhet enn opparbeiding uten koking. Men med hensyn til mattrygghet er det fortsatt nødvendig å analysere kokte krabber siden det er dette folk faktisk spiser.

Gjennomsnittlig kvikksølvnivå i brunmat av krabber prøvetatt ved vraket i 2019 og kokt, var høyere enn de fleste år og på nivå med 2018 (Figur 5B). Men det var, som allerede nevnt, stor usikkerhet som skyldes både stor individuell variasjon og få analyserte krabber i 2019 (kun seks stykker ved vraket). I krabber prøvetatt ved de to lokalitetene 4 nm N og 4 nm S og kokt, var gjennomsnittsnivået i 2019 lavere enn i 2018 og mer på nivå med tidligere år (Figur 5B).

4 - Konklusjoner

Av i alt 65 brosmer analysert i 2019 hadde syv fisk (11 %) kvikksølvnivå i filet over grenseverdien for mattrygghet på 0,5 mg/kg våtvekt; to var fisket ved vraket, tre fire nautiske mil nord for vraket og to fire nautiske mil sør for vraket. Gjennomsnittskonsentrasjonene for alle de analyserte brosmene var under grenseverdien ved alle de tre lokalitetene. I løpet av perioden overvåkningen har foregått til nå (2005-2019) har til sammen 58 av 1118 brosmer, 5,2 %, hatt kvikksølvnivå over grenseverdien som gjelder mattrygghet.

Det var ingen forskjell i kvikksølvnivå mellom brosme prøvetatt ved vraket og de to lokalitetene fire nautiske mil nord og fire nautiske mil sør for vraket, og kvikksølvnivået var heller ikke forhøyet sammenlignet med bakgrunnsnivå for kysten av Vestlandet.

Filet av brosme prøvetatt i 2019 nær vraket av U-864 hadde relativt høyt kvikksølvnivå sammenlignet med flere tidligere år, men når kvikksølvnivået var justert for fiskens størrelse var det ingen endring over tid.

Ingen taskekrabber fisket i 2019 eller tidligere ved vraket av U-864 eller fire nautiske mil nord eller sør for vraket hadde kvikksølvnivåer i klokjøtt over EU og Norges grenseverdi på 0,5 mg/kg våtvekt. Det er ingen grenseverdi for mattrygghet som gjelder for brunmat og hepatopankreas av krabbe.

Gjennomsnittsnivået av totalkvikksølv i både klokjøtt og brunmat av krabber prøvetatt i 2019 var forholdsvis høyt sammenlignet med en del tidligere år, men noe lavere enn i 2018. Resultatene inneholdt imidlertid stor usikkerhet på grunn av lavt prøveantall ved hver av lokalitetene og særlig ved vraket.

Det var ingen vesentlige forskjeller i kvikksølvnivå i klokjøtt mellom de tre lokalitetene ved vraket, fire nautiske mil sør og fire nautiske mil nord. Brunmat av kokte og hepatopankreas av rå krabber viste på sin side høyere kvikksølvnivå ved vraket og fire nautiske mil nord for vraket enn fire mil sør for vraket. Brunmat av kokte krabber prøvetatt ved vraket hadde også en tendens til høyere nivå enn krabbene prøvetatt fire mil lenger nord, men forskjellen var ikke statistisk signifikant.

Gjennomsnittsnivået av kvikksølv var gjennomgående høyere i klokjøtt av kokte enn i klokjøtt av rå krabber, og en mulig forklaring på dette kan være smitte av uorganisk kvikksølv fra brunmat til klokjøtt under koking. Samtidig var det ingen vesentlig forskjell i kvikksølvnivå mellom hepatopankreas av rå og brunmat av kokte krabber dette året. Store forskjeller mellom enkeltkrabber og lavt antall analyserte prøver gir rom for store tilfeldige variasjoner og stor usikkerhet. Ved fremtidig overvåkning vil det å få analysert et stort nok antall krabber være vesentlig for å kunne trekke klare konklusjoner.

5 - Litteraturliste

Bloom, N.S. (1992). On the chemical form of mercury in edible fish and marine invertebrate tissue. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 49: 1010-1017.

Dumont, L. (2019). High-precision mercury isotopic analysis in an environmental context. Department of Chemistry, Atomic and Mass Spectrometry. Ghent, Belgium, Gent University. Master of Science: 76 s.

Frantzen, S., Furevik, D., Ulvestad, B.H. og Maage, A. (2014). Kvikksølvinnhold i fisk og annen sjømat ved vraket av U-864 vest av Fedje. Nye analyser i 2013. 20 s.

Frantzen, S. og Maage, A. (2015). Kvikksølv i fisk og annen sjømat ved vraket av U-864 vest av Fedje. Nye analyser i 2014. 24 s.

Frantzen, S. og Måge, A. (2016). Kvikksølvinnhold i fisk og annen sjømat ved vraket av U-864 vest av Fedje. Nye analyser i 2015. 31 s.

Frantzen, S., Måge, A., Furevik, D. og Julshamn, K. (2008). Kvikksølvinnhold i fisk og sjømat ved vraket av U864 vest av Fedje. Nye analyser i 2008 og sammenligning med data fra perioden 2004 til 2007. 20 s.

Frantzen, S., Måge, A., Furevik, D. og Julshamn, K. (2010). Kvikksølvinnhold i fisk og sjømat ved vraket av U864 vest av Fedje - Nye analyser i 2009 og sammenligning av data fra perioden 2004-2008. 18 s.

Frantzen, S., Måge, A., Furevik, D. og Julshamn, K. (2011). Kvikksølv i fisk og annen sjømat ved vraket av U-864 vest av Fedje - Nye analyser i 2010 og sammenligning med perioden 2004 til 2009. 20 s.

Frantzen, S., Måge, A., Furevik, D., Ulvestad, B.H. og Julshamn, K. (2012). Kvikksølvinnhold i fisk og annen sjømat ved vraket av U-864 vest av Fedje - Nye analyser i 2011 og sammenligning med data fra perioden 2004 til 2010. 20 s.

Frantzen, S., Måge, A. og Sanden, M. (2019a). Kvikksølv i sjømat ved U-864 : Resultater fra overvåkning i 2018. 26 s.

Frantzen, S., Sanden, M. og Maage, A. (2019b). Kvikksølvinnhold i sjømat ved vraket av U-864 vest av Fedje - Resultater fra fast overvåkning i 2017. Rapport fra Havforskningen. 34 s.

Haldorsen, A.-K.L., Frantzen, S., Julshamn, K., Furevik, D. og Måge, A. (2013). Kvikksølvinnhold i fisk og annen sjømat ved vraket av U-864 vest av Fedje. - Nye analyser i 2012.17 s.

Julshamn, K., Måge, A., Norli Skaar, H., Grobecker, K., Jorheim, L. og Fecher, P. (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: 844-456.

Kystverket (2015). Oppsummering av metyleringsforsøk på kvikksølvforurensede sedimenter ved U-864. 58 s.

Måge, A., Julshamn, K., Storaker, A. og Furevik, D.M. (2006). Kvikksølvinnhald i fisk og sjømat ved søkkt ubåt (U-864) vest av Fedje - Nye analysar i 2006 - Samanlikning med data frå 2004 og 2005. . Rapport til Kystverket. 15 s.

Måge, A., Vågenes, L., Frantzen, S., Julshamn, K. og Furevik, D. (2007). Kvikksølvinnhald i fisk og sjømat ved søkkt ubåt (U864) vest av Fedje - Nye analysar 2007 - Samanlikning med data frå perioden 2004 til 2006. 17 s.

Rua-Ibarz, A., Bolea-Fernandez, E., Måge, A., Frantzen, S., Sanden, M. og Vanhaecke, F. (2019). Tracing Mercury Pollution along the Norwegian Coast via Elemental, Speciation, and Isotopic Analysis of Liver and Muscle Tissue of Deep-Water Marine Fish (*Brosme brosme*). Environmental Science and Technology 53(4): 1776-1785.

Rua-Ibarz, A., Bolea-Fernandez, E., Måge, A., Frantzen, S., Valdersnes, S. og Vanhaecke, F. (2016). Assessment of Hg Pollution Released from a WWII Submarine Wreck (U-864) by Hg Isotopic Analysis of Sediments and *Cancer pagurus* Tissues. Environmental Science and Technology 50(19): 10361-10369.

Solhjell, E. og Lunne, T. (2013). U-864 2013 Soil Survey. Geotechnical report.

Uriansrud, F., Skei, J. og Stenstrøm, P. (2005). Miljøovervåkning, strømundersøkelser, sedimentkartlegging og miljørisikovurdering knyttet til Fase 1, kartlegging og fjerning av kvikksølvforurensing ved U-864. NIVA-rapport. 61 s.

WHO/FAO (2012). Codex Alimentarius. Code of practice for fish and fisheries products. Second edition. 250 s.

6 - Vedlegg

*Tabell A1. Mercury concentrations (Hg) in filet av brosme (*Brosme brosme*) caught at the wreck and at different disances north and south of the wreck of the submarine U-864 near Fedje, from 2005 to 2019. Fish weight (g) and Hg (mg/kg wet weight) is shown per year and station with mean, minimum and maximum values.*

				Weight (g)			Hg (mg/kg wet weight). EU max level: 0,5			
Year	**Locality**	**Date**	**N**	**mean**	**min**	**max**	**mean**	**min**	**max**	**# > 0.5**
2019	Ved vraket	06.-07.06.2019	35	2089	679	3932	0.304	0.074	0.53	2
	4 n mil nord	06.-07.06.2019	25	2477	736	4332	0.355	0.15	0.64	3
	4 n mil sør	08.06.2019	15	1886	647	3633	0.325	0.13	0.53	2
2018	Ved vraket	23.05.2018	25	2317	651	4050	0.294	0.082	0.71	3
	4 n mil nord	25.05.2018	25	2705	1681	3888	0.391	0.20	1.1	3
	4 n mil sør	25.05.2018	20	2192	1206	3442	0.334	0.20	0.55	1
2017	Ved vraket	15.06.2017	25	2317	1230	4085	0.207	0.11	0.47	
	4 n mil nord	21.06.2017	25	2775	1571	4268	0.246	0.042	0.53	1
	4 n mil sør	16.06.2017	19	2539	802	4595	0.264	0.050	0.44	
2016	Ved vraket	12.05.2016	47	2292	848	4952	0.26	0.090	0.72	5
		15.08.2016	25	1739	901	2741	0.212	0.11	0.39	
		09.09.2016	20	2179	375	4576	0.18	0.055	0.78	1
	4 n mil nord	15.08.2016	25	2536	1109	5117	0.234	0.10	0.47	
	4 n mil sør	15.08.2016	25	3784	1452	7539	0.44	0.14	1.3	9
2015	Ved vraket	04.07.2015	25	1318	931	2204	0.26	0.11	0.44	
	4 n mil nord	04.07.2015	25	1573	960	2164	0.24	0.15	0.41	
	4 n mil sør	04.07.2015	25	1791	834	4004	0.24	0.099	0.57	1
2014	Ved vraket	01.06.2014	25	1424	850	2112	0.27	0.11	0.69	1
	4 n mil nord	01.06.2014	25	1310	757	2270	0.25	0.13	0.38	
	4 n mil sør	01.06.2014	25	1554	885	2260	0.23	0.070	0.49	
2013	Ved vraket	30.05.2013	25	1194	656	1708	0.19	0.084	0.32	
	4 n mil nord	29.05.2013	25	1033	434	2036	0.25	0.15	0.34	
	4 n mil sør	31.05.1013	25	1401	462	4035	0.27	0.11	0.56	1
2012	Ved vraket	21.06.2012	25	1384	528	3029	0.19	0.10	0.32	
	4 n mil nord	21.06.2012	25	1307	451	2395	0.24	0.15	0.42	
	4 n mil sør	21.06.2012	25	1548	680	2274	0.25	0.16	0.48	1
2011	Ved vraket	10.06.2011	25	1090	391	1660	0.18	0.10	0.28	
	4 n mil nord	10.06.2011	25	963	449	1707	0.22	0.11	0.37	
	4 n mil sør	10.06.2011	25	1472	551	2321	0.29	0.12	0.59	2
2010	Ved vraket	20.05.2010	25	1751	451	3540	0.32	0.14	0.46	
	4 n mil nord	20.05.2010	25	1751	605	5053	0.36	0.15	0.60	4
	4 n mil sør	20.05.2010	25	1893	644	3209	0.27	0.13	0.80	2
2009	Ved vraket	15.07.2009	25	931	380	2640	0.21	0.11	0.41	
	4 n mil nord	10.07.2009	25	1036	420	1900	0.35	0.21	0.54	1

	4 n mil sør	22.10.2009	25	837	480	1620	0.22	0.10	0.53	1
2008	Ved vraket	30.06.2008	25	1182	340	3360	0.33	0.16	0.73	5
	2 n mil nord	30.06.2008	25	1383	420	3600	0.39	0.14	0.62	5
	4 n mil sør	30.06.2008	25	1290	520	2780	0.42	0.28	0.58	2
2007	Ved vraket	19.06.2007	25	1422	540	2840	0.16	0.09	0.26	
	2 n mil nord	26.06.2007	22	783	320	2160	0.24	0.10	0.39	1
	4 n mil nord	22.06.2007	25	1148	480	2440	0.25	0.14	0.64	
2006	Ved vraket	12.06.2006	25	964	340	2080	0.22	0.13	0.49	
	1 n mil nord	13.06.2006	25	1222	360	3540	0.28	0.19	0.53	1
	2 n mil nord	17.06.2006	25	1142	280	3000	0.28	0.16	0.53	1
2005	Ved vraket	27.10.2005	25	1007	539	2195	0.20	0.08	0.35	

*Tabell A2. Mercury concentrations (mg/kg wet weight) in fillet of tusk (*Brosme brosme*) caught near U-864, results pooled for all localities. Annual and total means, number of samples (N), minimum, maximum, standard deviation (SD), median and quartiles (Q25 and Q75) are shown.*

Year	**Hg fillet (mg/kg ww)**							
	Mean	**N**	**Min**	**Max**	**SD**	**Q25**	**Median**	**Q75**
2005	0.203	25	0.082	0.35	0.052	0.18	0.20	0.24
2006	0.257	75	0.130	0.53	0.083	0.20	0.24	0.29
2007	0.217	72	0.088	0.64	0.083	0.16	0.21	0.25
2008	0.383	75	0.140	0.73	0.134	0.28	0.36	0.48
2009	0.259	75	0.100	0.54	0.103	0.17	0.24	0.34
2010	0.316	75	0.130	0.80	0.128	0.23	0.30	0.39
2011	0.227	75	0.100	0.59	0.092	0.15	0.22	0.27
2012	0.230	75	0.096	0.48	0.079	0.17	0.23	0.26
2013	0.236	75	0.084	0.56	0.086	0.17	0.22	0.29
2014	0.250	75	0.070	0.69	0.094	0.18	0.23	0.30
2015	0.247	75	0.099	0.57	0.095	0.18	0.23	0.28
2016	0.266	142	0.055	1.3	0.187	0.16	0.21	0.30
2017	0.237	69	0.042	0.53	0.109	0.16	0.21	0.31
2018	0.340	70	0.082	1.1	0.164	0.26	0.30	0.39
2019	0.329	65	0.074	0.64	0.124	0.25	0.33	0.39
Totalt	0.269	1118	0.042	1.3	0.129	0.19	0.24	0.32

*Tabell A3. Mercury concentrations (Hg, mg/kg wet weight) in claw meat of cooked crab (*Cancer pagurus*) caught near the wreck of U-864 near Fedje from 2005 til 2019. Carapace and total Hg are given as mean, minimum and maximum values per year and locality (wreck, 4 nautical miles (nm) north and 4 nm sourth of the wreck).*

				Carapace weidth (cm)			Hg (mg/kg wet weight). EU max level: 0,5		
Year	**Localtiy**	**Date**	**N**	**mean**	**min**	**max**	**mean**	**min**	**max**
2019	Ved vraket	05.06.2019	6	12.5	10.2	14.3	0.159	0.10	0.29
	4 n mil nord	05.06.2019	12 (9)	12.7	10.5	14.5	0.167	0.070	0.28
	4 n mil sør	08.06.2019	15	15.3	13.3	17.5	0.126	0.041	0.26
2018	Ved vraket	23.05.2018	9	14.6	12.1	17.7	0.185	0.089	0.26
	4 n mil nord	26.05.2018	14	13.9	10.6	16.6	0.246	0.12	0.39
	4 n mil sør	24.05.2018	15	14.1	12.0	16.5	0.116	0.053	0.23
2017	Ved vraket	15.06.2017	11	13.7	11.5	15.7	0.141	0.090	0.22
	4 n mil nord	22.06.2017	10	14.5	13.2	16.7	0.146	0.082	0.22
	4 n mil sør	16.06.2017	15	15.1	12.9	17.2	0.103	0.029	0.17
2016	Ved vraket	12.05.2016	48	13.6	11.1	17.2	0.096	0.046	0.26
		15.08.2016	25	13.8	11.8	16.6	0.114	0.031	0.27
		09.09.2016	27	13.1	11.6	15.3	0.151	0.073	0.40
	4 nm nord	04.08.2016	23	15.0	12.7	16.9	0.084	0.040	0.15
	4 nm sør	13.08.2016	23	13.6	10.4	17.1	0.070	0.026	0.15
2015	Ved vraket	04.07.2015	25	13.5	10.8	16.5	0.082	0.032	0.14
	4 n mil nord	04.07.2015	24	14.0	10.5	17.2	0.084	0.033	0.16
	4 n mil sør	04.07.2015	25	13.7	10.0	16.7	0.079	0.031	0.20
2014	Ved vraket	01.06.2014	25	14.2	11.3	17.9	0.074	0.024	0.14
	4 n mil nord	01.06.2014	25	14.4	12.0	16.9	0.094	0.019	0.29
	4 n mil sør	01.06.2014	24	14.4	12.0	18.0	0.075	0.019	0.18
2013	Ved vraket	05.06.2013	25	13.6	11.4	16.5	0.10	0.045	0.19
	4 n mil nord	29.05.2013	25	13.6	11.4	17.2	0.12	0.033	0.21
	4 n mil sør	05.06.2013	25	14.1	11.7	16.5	0.10	0.037	0.20
2012	Ved vraket	18-21.06.12	25	14.0	10.8	18.0	0.11	0.032	0.32
	4 n mil nord	18-21.06.12	25	14.2	11.1	17.0	0.11	0.039	0.27
	4 n mil sør	18-21.06.12	25	14.4	11.6	17.6	0.10	0.046	0.21
2011	Ved vraket	10.06.11	25	13.6	10.5	16.7	0.15	0.039	0.48
	4 n mil nord	10.06.11	25	12.8	10.7	15.4	0.085	0.002	0.18
	4 n mil sør	10.06.11	24	14.0	10.7	16.6	0.097	0.034	0.18
2010	Ved vraket	20.05.10	25	14.3	10.8	17.5	0.07	0.02	0.17
	4 n mil nord	20.05.10	25	13.3	10.3	18.9	0.07	0.02	0.23
	4 n mil sør	20.05.10	25	14.2	11.3	16.2	0.06	0.02	0.18
2009	Ved vraket		25	14.7	13.0	17.0	0.11	0.05	0.22
	4 n mil nord		21	14.5	11.7	17.1	0.11	0.05	0.25
	4 n mil sør		24	15.2	12.7	17.4	0.11	0.05	0.17

2008	Ved vraket	30.06.08	23	13.5	12.0	16.0	0.16	0.07	0.26
	2 n mil nord	30.06.08	18	14.0	12.0	17.0	0.14	0.06	0.30
	4 n mil sør	30.06.08	17	13.9	12.0	16.5	0.14	0.04	0.29
2007	Ved vraket	19.06.07	25	13.8	11.0	17.0	0.13	0.03	0.27
	2 n mil nord	20.06.07	23	14.1	12.0	17.0	0.14	0.07	0.31
	4 n mil nord	21.06.07	22	14.1	11.0	18.0	0.14	0.06	0.27
2006	Ved vraket	17.06.06	25				0.15	0.04	0.60
	1 n mil nord	13.06.06	24				0.15	0.05	0.45
	2 n mil nord	17.06.06	25				0.12	0.05	0.21
2005	Ved vraket	27.10.05	25				0.18	0.08	0.37

*Tabell A4, Mercury (Hg) in brown meat of crab (*Cancer pagurus*) caught at and near the wreck of submarine U-864 near Fedje and cooked, from 2004 to 2019. Crab weight (g) and Hg concentrations (mg/kg wet weight) are shown with mean, minimum and maximum values per year and locality (wreck, 4 nautical miles (nm) north and 4 nm sourth of the wreck).*

Brown meat				Weight (g)			Hg (mg/kg wet weight)		
År	**Locality**	**Date**	**N**	**mean**	**min**	**max**	**mean**	**min**	**max**
2019	Ved vraket	05.06.2019	6	325	200	450	0.291	0.10	0.72
	4 n mil nord	05.06.2019	9	329	200	500	0.140	0.075	0.24
	4 n mil sør	08.06.2019	15	572	350	1100	0.063	0.024	0.14
2018	Ved vraket	23.05.2018	9	550	273	1004	0.241	0.10	0.40
	4 n mil nord	26.05.2018	14	426	190	667	0.202	0.098	0.34
	4 n mil sør	24.05.2018	15	469	266	778	0.117	0.043	0.28
2017	Ved vraket	15.06.2017	11	403	245	719	0.164	0.11	0.25
	4 n mil nord	22.06.2017	10	500	345	780	0.059	0.031	0.10
	4 n mil sør	16.06.2017	15	544	332	851	0.061	0.024	0.11
2016	Ved vraket	12.05.2016	57	292	108	633	0.23	0.067	0.64
	Ved vraket	15.08.2016	25	385	164	652	0.136	0.016	0.27
	Ved vraket	09.09.2016	28	302	165	480	0.42	0.11	2.6
	4 nm nord	04.08.2016	24	462	261	808	0.077	0.033	0.17
	4 nm sør	13.08.2016	25	357	140	715	0.069	0.033	0.10
2015	Ved vraket	04.07.2015	25	334	148	554	0.21	0.042	2.4
	4 n mil nord	04.07.2015	24	374	170	671	0.15	0.075	0.24
	4 n mil sør	04.07.2015	25	358	145	635	0.090	0.039	0.20
2014	Ved vraket	01.06.2014	25	394	218	818	0.065	0.016	0.17
	4 n mil nord	01.06.2014	25	395	247	632	0.11	0.012	0.22
	4 n mil sør	01.06.2014	25	423	235	1026	0.077	0.019	0.44
2013	Ved vraket	05.06.2013	25	339	159	515	0.21	0.099	0.39
	4 n mil nord	29.05.2013	25	349	199	742	0.21	0.059	0.44
	4 n mil sør	05.06.2013	25	431	247	788	0.12	0.042	0.28
2012	Ved vraket	18-21.06.12	25	395	205	689	0.17	0.056	0.33
	4 n mil nord	18-21.06.12	25	387	182	636	0.18	0.050	0.54
	4 n mil sør	18-21.06.12	25	427	249	742	0.13	0.049	0.33
2011	Ved vraket	10.06.11	25	386	182	634	0.17	0.040	0.70
	4 n mil nord	10.06.11	25	308	183	457	0.13	0.050	0.24
	4 n mil sør	10.06.11	25	385	164	704	0.16	0.031	0.34
2010	Ved vraket	20.05.10	23	343	136	578	0.09	0.04	0.20
	4 n mil nord	20.05.10	24	272	155	417	0.12	0.04	0.21
	4 n mil sør	20.05.10	22	371	200	577	0.06	0.03	0.13
2009	Ved vraket	16.11.09	25	375	212	531	0.07	0.01	0.26
	4 n mil nord	16.11.09	21	457	260	718	0.05	0.03	0.12
	4 n mil sør	16.11.09	24	505	316	754	0.05	0.03	0.10

2008	Ved vraket	30.06.08	23	314	217	463	0.26	0.08	0.77
	2 n mil nord	30.06.08	18	373	144	675	0.21	0.09	0.49
	4 n mil sør	30.06.08	17	368	209	685	0.18	0.06	0.34
2007	Ved vraket	19.06.07	25	326	168	485	0.29	0.11	1.3
	2 n mil nord	20.06.07	22	377	162	621	0.24	0.05	1.7
	4 n mil nord	21.06.07	24	333	137	558	0.16	0.06	0.29
2006	Ved vraket	17.06.06	25				0.19	0.06	0.34
	1 n mil nord	13.06.06	24				0.22	0.04	0.41
	2 n mil nord	17.06.06	25				0.18	0.08	0.33
2005	Ved vraket	27.10.05	25	350	199	486	0.26	0.09	0.56
2004	Ved vraket	16.1.04	24				0.20	0.08	0.50

*Tabell A5. Mercury concentrations (mg/kg wet weight) in crab (*Cancer pagurus*) caught near U-864, results for all localities pooled together. Annual and total mean, number of samples (N), minimum (min), maximum (max), standard deviation (SD), median and quartiles (Q25 and Q75) are given for claw meat and brown meat of cooked crab, respectively.*

	Hg brown meat (mg/kg ww)								**Hg claw (mg/kg ww**							
	Mean	**N**	**Min**	**Max**	**SD**	**Q25**	**Median**	**Q75**	**Mean**	**N**	**Min**	**Max**	**SD**	**Q25**	**Median**	**Q75**
2005	0.26	25	0.090	0.56	0.12	0.17	0.24	0.34	0.177	25	0.083	0.37	0.065	0.14	0.17	0.20
2006	0.198	74	0.040	0.41	0.073	0.15	0.19	0.24	0.138	74	0.040	0.60	0.084	0.090	0.12	0.16
2007	0.229	71	0.053	1.70	0.24	0.14	0.19	0.24	0.139	70	0.033	0.31	0.063	0.089	0.12	0.18
2008	0.221	58	0.059	0.77	0.14	0.13	0.19	0.26	0.146	58	0.041	0.30	0.064	0.084	0.14	0.19
2009	0.057	70	0.010	0.26	0.034	0.040	0.050	0.06	0.110	70	0.050	0.25	0.045	0.080	0.10	0.13
2010	0.089	69	0.030	0.21	0.048	0.050	0.080	0.12	0.069	75	0.020	0.23	0.039	0.040	0.060	0.080
2011	0.153	75	0.031	0.70	0.095	0.089	0.14	0.21	0.110	74	0.002	0.48	0.077	0.066	0.092	0.13
2012	0.160	75	0.049	0.54	0.092	0.084	0.14	0.21	0.106	74	0.032	0.32	0.059	0.061	0.086	0.14
2013	0.181	75	0.042	0.44	0.085	0.12	0.17	0.22	0.110	75	0.033	0.21	0.043	0.077	0.10	0.13
2014	0.078	73	0.012	0.22	0.049	0.042	0.066	0.12	0.081	75	0.019	0.29	0.052	0.045	0.069	0.11
2015	0.152	74	0.039	2.4	0.27	0.079	0.11	0.17	0.082	74	0.031	0.20	0.038	0.051	0.074	0.10
2016	0.201	159	0.016	2.6	0.24	0.081	0.15	0.25	0.103	146	0.026	0.40	0.055	0.065	0.090	0.13
2017	0.092	36	0.024	0.25	0.057	0.044	0.13	0.13	0.092	36	0.024	0.25	0.057	0.044	0.074	0.13
2018	0.178	38	0.043	0.40	0.087	0.11	0.17	0.25	0.180	38	0.053	0.39	0.093	0.095	0.15	0.24
2019	0.132	30	0.024	0.72	0.132	0.055	0.10	0.17	0.147	33	0.041	0.29	0.071	0.10	0.19	0.13
Alle	**0.157**	**977**	**0.010**	**2.6**	**0.164**	**0.071**	**0.13**	**0.20**	**0.112**	**977**	**0.002**	**0.60**	**0.065**	**0.066**	**0.098**	**0.14**

*Tabell A6. Mercury concentrations (mg/kg wet weight) in crab (*Cancer pagurus*) caught near U-864, results for all localities pooled together. Annual and total mean, number of samples (N), minimum (min), maximum (max), standard deviation (SD), median and quartiles (Q25 and Q75) are given for claw meat and hepatoopancreas of raw crab, respectively.*

Year	**Hg hepatopankcreas (mg/kg ww)**								**Hg claw, raw (mg/kg ww)**							
	Mean	**N**	**Min**	**Max**	**SD**	**Q25**	**Median**	**Q75**	**Mean**	**N**	**Min**	**Max**	**SD**	**Q25**	**Median**	**Q75**
2016	11.8	5	0.32	26	11.1	0.56	15	17	.	.	.	.	.	.	.	.
2017	0.251	39	0.023	1.3	0.191	0.20	0.22	0.29	0.094	39	0.002	0.22	0.045	0.068	0.086	0.12
2018	0.327	41	0.077	0.96	0.199	0.18	0.31	0.40	0.114	41	0.036	0.50	0.079	0.070	0.093	0.14
2019	0.170	29	0.031	0.49	0.098	0.10	0.16	0.23	0.095	27	0.032	0.22	0.059	0.047	0.079	0.13
Alle	**0.967**	**85**	**0.023**	**26**	**3.65**	**0.19**	**0.26**	**0.35**	**0.102**	**107**	**0.002**	**0.50**	**0.063**	**0.061**	**0.087**	**0.13**

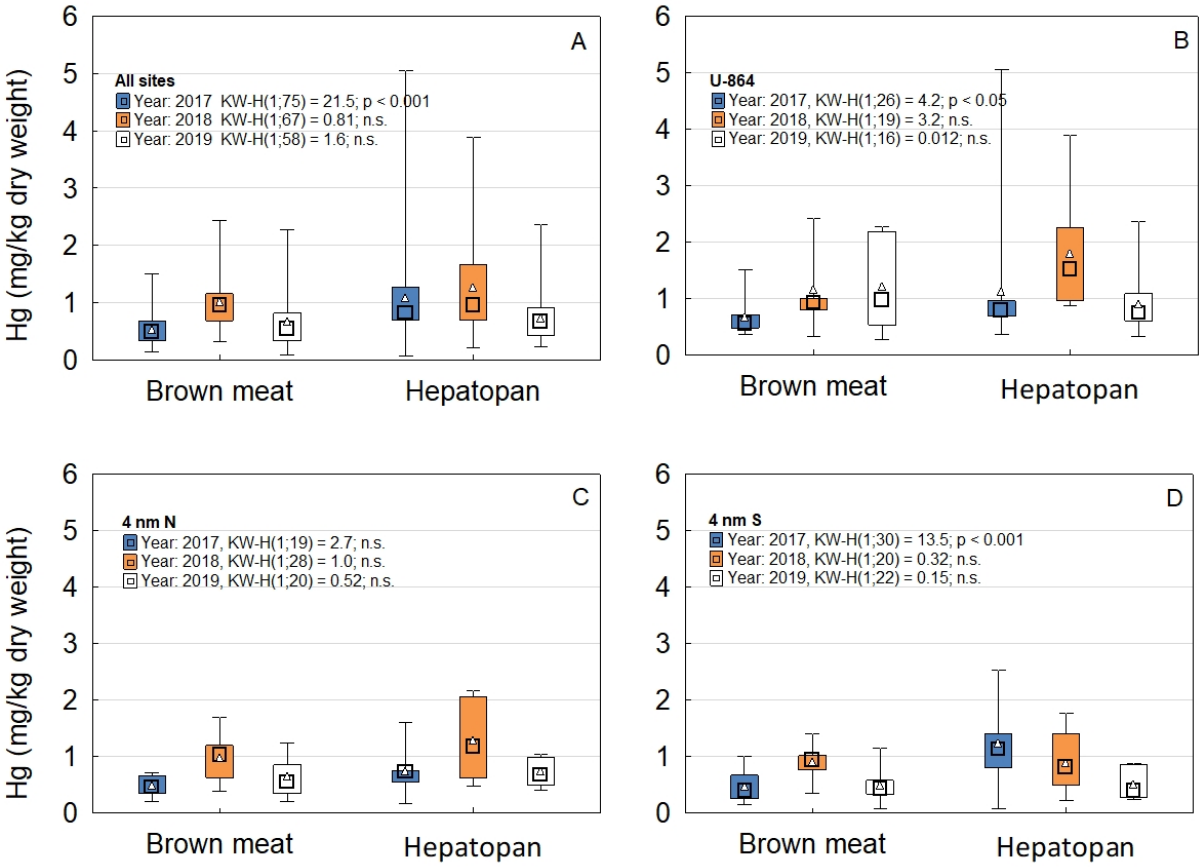

Figure A1. Comparison of Hg concentrations (mg/kg dry weight) between brown meat of cooked crabs and hepatopancreas of raw crabs, per year 2017 (blue), 2018 (orange) and 2019 (white). Results are shown for A) All sites combined, B) Site of U-864 wreck, C) 4 nautical miles (nm) north of the wreck and D) 4 nm south of the wreck. Box plots show median, quartiles, minimum and maximum values. Mean values are marked with small white triangle. Results of Kruskal-Wallis non-parametric test is shown.

HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

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