

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP



**Høye kvikksølvkonsentrasjoner i asp (*Aspius aspius*) fra Øyeren er bestemt av byttefiskvalg, alder og individuell vekstrate**

**High mercury concentrations in Asp (*Aspius aspius*) from Lake Øyeren are determined by prey choice, age and individual growth rate**



**Pål Sindre Svae**

**Veiledere:**

**Reidar Borgstrøm (INA)**

**Bjørn Olav Rosseland (IPM/INA)**

## Forord

Denne hovedoppgaven i naturforvaltning ble utført på Institutt for Naturforvaltning (INA) ved Universitetet for Miljø- og Biovitenskap (UMB), Ås. Oppgavens tema er formet ut fra egen brennende interesse for sportsfiske, og spesielt fiske etter karpefisk og rovfisk i ferskvann. Min interesse for de ”ukjente” fiskeartene har alltid vært stor, slik at valget av fiskearter for hovedoppgaven falt helt naturlig.

Hovedoppgaven om asp og dens byttefisker er en av tre oppgaver fra Øyeren i 2011. Kristian Moseby og Inga Greipsland skrev også oppgaver samtidig, med innslag av de samme analysene og fiskeundersøkelsene, men på artene abbor, gjedde, gjørs og mort.

Isotop- og kvikksølvanalysene ble finansiert av Fylkesmannen i Oslo og Akershus, Klima og Forurensingsdirektoratet og interne midler på UMB ved Bjørn Olav Rosseland. Dispensasjon fra garnfiskeforbudet (før 1.juli) er gitt av Fylkesmannen i Oslo og Akershus og Fylkemannen i Østfold. Takk for alle bidrag!

Jeg vil også rette en stor takk for all hjelp og tålmodighet fra mine veiledere, Reidar Borgstrøm og Bjørn Olav Rosseland. Samtidig må Åge Brabrand (Zoologisk museum, UIO) takkes for bistand med rådata fra tidligere undersøkelser, og Trond Haugen (INA, UMB) for hjelp med statistikk og rådgivning under skrivearbeidet. Det må også rettes en takk til Pär Larsson (INA, UMB) for hjelp med bestemmelse av vannplanter fra Øyeren, samt Hanna Marika Silvennoinen (IPM, UMB) for analysering av stabile isotoper og Solfrid Lohne (IPM, UMB) for analysering av kvikksølv.

Feltarbeidet ble utført sommeren 2010, i samarbeid med Inga Greipsland og Kristian Moseby. Jeg vil takke begge for godt samarbeid, og spesielt Kristian for alle timene vi har diskutert, drukket kaffe og rådført hverandre. Til slutt vil jeg takke min kjære, gravide samboer Linn-Kathrin, for eksepsjonell stor tålmodighet under utarbeidelse av oppgaven.

---

Pål Sindre Svae

UMB/ÅS. 13.05.2011.

## Sammendrag

Hovedmålsettingen med denne masteroppgaven var å studere kvikksølvkonsentrasjonene (THg) i asp (*Aspius aspius*) i Øyeren, og sette dette inn i en biologisk sammenheng, ved å klarlegge betydningen alder, vekstrater, diett og trofisk posisjon (indikert med stabile isotoper,  $\delta^{15}\text{N}$  og  $\delta^{13}\text{C}$ ) har for akkumulering og biomagnifisering av kvikksølv i asp. Analyser av de viktigste byttfiskene for asp ble også gjennomført i denne sammenhengen.

Både alder og lengde hos asp hadde en signifikant, positiv sammenheng med kvikksølvkonsentrasjon i muskulatur i asp. Den laveste konsentrasjonen hadde det minste og yngste individet (0,16 mgTHg/kg våtvekt), mens det eldste individet hadde høyest kvikksølvkonsentrasjon (1,80 mgTHg/kg v.v.). Kun et fåtall individer hadde konsentrasjoner under grensen for ukentlig inntak fra Verdens Helseorganisasjon (WHO) på 0,5 mgHg/kg.

Ut fra analyser av mage/tarminnhold hadde asp i Øyeren hovedsakelig konsumert krøkle (*Osmerus eperlanus*) sommeren/høsten 2010 (73 %), med hork (*Gymnocephalus cernuus*) som nest viktigste byttfisk (18 %). Krøkle hadde relativt høye kvikksølvkonsentrasjoner (0,16-0,41 mgTHg/kg v.v.) sammenlignet med hork (0,049-0,15 mgTHg/kg v.v.).  $\delta^{13}\text{C}$  – verdiene antydte at asp er den mest utpregete pelagiske predatoren i Øyeren. Asp hadde signifikant høyere  $\delta^{15}\text{N}$ - verdier enn både hork og krøkle, men begge disse byttfiskene hadde en relativt høy trofisk posisjon (høye  $\delta^{15}\text{N}$ ). Store individer av krøkle var kannibaler, og det kan forklare både den høye trofiske posisjonen og de høye kvikksølvkonsentrasjonene i denne arten.

De høye kvikksølvkonsentrasjonene i asp er et først og fremst et resultat av at asp ser ut til å være en ren fisketer, og dessuten at den eter mye krøkle og hork. Kvikksølvet biomagnifiseres, og dessuten er det en akkumulering av kvikksølv, slik at gamle individer får høyere kvikksølvkonsentrasjoner enn unge individer. All aspen lå på samme trofiske nivå, uavhengig av alder (4-19 vintre) og størrelse (30-73,5cm), og det var ingen sammenheng mellom trofisk posisjon og kvikksølvkonsentrasjon. Kvikksølv kan til en viss grad biofortynnes ved god vekst, og vice versa, noe som vises ved at kvikksølvkonsentrasjonene hos asp økte kraftig da veksten avtok.

Asp lengre enn 60 cm hadde jevnt over kvikksølvkonsentrasjoner over WHO's grense for ukentlig inntak, slik at grensen for forsvarlig konsumering må settes til 60 cm for asp i Øyeren. Selv om få mennesker i Norge nytter asp som matfisk nå for tiden, anbefales det at det innføres kostholdsråd for asp fra Øyeren, og at det høye kvikksølvinnholdet i asp gjøres kjent for allmennheten.

## Summary

The main objective of this master thesis was to study mercury concentrations (THg) in asp (*Aspius aspius*) in Lake Øyeren, south-eastern Norway, and to connect the mercury concentrations to biological parameters, i. e. age- and growth rate, diet and trophic position (indicated by the stable isotopes  $\delta^{15}\text{N}$  and  $\delta^{13}\text{C}$ ) in asp. In this connection analysis of the main prey fishes for asp were performed as well

Both age and length had a significant positive correlation with mercury concentration in asp. The smallest and youngest individual had the lowest concentration (0.16 mgTHg / kg wet weight), while the oldest individual had the highest mercury concentration (1.80 mgTHg / kg w.w.). Only a few individuals had concentrations below the dietary restriction limit at 0.5 mgHg / kg, given by World Health Organization (WHO).

Based on the stomach/intestine content, Asp had mainly consumed smelt (*Osmerus eperlanus*) (73 %) in Lake Øyeren during summer / autumn in 2010, with ruffe (*Gymnocephalus cernuus*) as the second most important prey (18%). Smelt had relatively high mercury concentrations (0.16 to 0.41 mgTHg / kg w.w.) compared with ruffe (0.049 to 0.15 mgTHg / kg w.w.). According to  $\delta^{13}\text{C}$  values, asp is the most pelagic piscivore in the lake Øyeren. The  $\delta^{15}\text{N}$  values in asp were significantly higher than in both smelt and ruffe, although both prey species had relatively high trophic positions. Larger smelts are cannibals, explaining the high trophic position and the high mercury concentrations in this species.

The high mercury concentrations in asp are primarily a result of asp being a piscivorous top predator, mainly feeding on smelt and ruffe. Mercury biomagnifies, and in addition accumulates in the fish, and thereby old individuals obtain higher mercury concentrations than young individuals. All individuals of asp had the same trophic position, regardless of age (4-19 winters) and size (30- 73.5cm), and no correlation between trophic position ( $\delta^{15}\text{N}$ ) and mercury concentration was seen. Fast growth rate may dilute the mercury concentrations to some extent (biodilution), and vice versa, as indicated by the sharp increase in mercury concentrations in asp when growth decreased.

Asp > 60 cm in length had commonly mercury concentrations above the WHO limit for dietary advice, implicating that the limit for safe consumption of asp should be set at a length of 60 cm in the lake Øyeren. Although few people in Norway use asp for food, it is recommended that dietary advices are introduced for asp from Øyeren, and that the public is informed about the high mercury concentrations.

# Innhold

<b>1. Innledning</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Materiale og metoder</b> .....	<b>3</b>
2.1. Områdebeskrivelse.....	3
2.2. Innsamling av fisk og prøvetaking.....	7
2.4. Aldersbestemmelse og vekstberegning .....	10
2.5. Diettanalyser.....	13
2.6. Analyser av stabile isotoper (N og C) .....	15
2.7. Kvikksølvanalyser .....	16
2.8. Statistiske analyser.....	17
<b>3. Resultater</b> .....	<b>17</b>
3.1. Lengdefordeling av undersøkte fisk .....	17
3.2. Alder og vekst.....	18
3.3. Diett og stabile isotoper.....	22
3.4. Kvikksølvinnhold .....	27
3.4.1. Asp.....	27
3.4.2. Krøkle .....	30
3.4.3 Hork .....	31
<b>4. Diskusjon</b> .....	<b>33</b>
4.1. Diskusjon .....	33
4.2. Konklusjon .....	38
<b>5. Referanser</b> .....	<b>39</b>
<b>6. Vedlegg</b> .....	<b>45</b>

## 1. Innledning

Kvikksølvutslipp kom tidligere hovedsakelig fra forbrenning i kullkraftverk, gruvevirksomhet og kjemisk industri (WHO 1990; Anon 2010a). Utslippene har blitt sterkt redusert de siste årene, men fortsatt er kvikksølv en trussel for miljøet og menneskers helse både i Norge og globalt (WHO 1990; Anon 2010a). Kvikksølv transporteres over lange avstander med hav- og luftstrømmer, slik at områder langt fra utslippskildene kan bli forurenset (Bjerregaard 2005). Det er hovedsakelig den omdannede formen av uorganisk kvikksølv, metylkvikksølv som er svært giftig (WHO 1990). Metylkvikksølv står oftest for over 90 % av det totale kvikksølvet i vannmiljø (Bloom 1992; Wiener & Spry 1996; Bjerregaard 2005). Tidligere kom metylkvikksølv fra fremstilling av blant annet sprøytemidler, men dagens omdanning skjer oftest bakterielt i akvatiske systemer og i terrestrisk jordsmonn (Clarkson 1993; Anon 2010a). Kvikksølv ligger lagret i jordsmonnet men nedbør og skogsdrift kan føre til at det transporteres ut i akvatiske systemer (Driscoll et al. 1998; Garcia & Carignan 2005). Omdanningen til metylkvikksølv i akvatiske systemer fører til at metylkvikksølv biomagnifiseres oppover i næringskjeden (Clarkson 1993). Det kan derfor være høye metylkvikksølvverdier i flere fiskearter i ferskvann, og det har vært nødvendig å innføre landsdekkende kostholdsråd for abbor, gjedde og ørret i Norge (Anon 2009). Inntak av kvikksølv kan gi varig skade på hjernen og sentralnervesystemet, og dessuten føre til hjerte- og karsykdommer (WHO 1990; Clarkson 1993; Anon 2010a).

Asp (*Aspius aspius*) er en av 17 karpfiskarter som er påvist i Norge (Pethon 2005; Anon 2010c). Her i landet blir asp den tredje største arten i denne familien (kun slått av de innførte artene karpe (*Cyprinus carpio*) og gresskarpe (*Ctenopharyngodon idella*)), med en maksimal størrelse på omtrent 90 cm og 6-7 kilo (Pethon 2005). Aspen er den eneste karpfisken i Norge som er ren rovfisk fra ung alder (Pethon 2005) selv om andre arter i karpefamilien som stam (*Leuciscus cephalus*), vederbuk (*Leuciscus idus*) og mort (*Rutilus rutilus*) også eter fisk til tider (Brabrand 1985; Pethon 2005). Asp lever både i elver og i innsjøer (Fredrich 2003; Krpo-Cetkovic et al. 2009). I mars-april vandrer aspen opp i elver for å gyte, og selve gytingen foregår fra april til juni over sand- eller grusbunn, ved vanntemperaturer på 7-10 °C (Fredrich 2003; Gustafsson 2006). Det er også observert gyting i noen svenske innsjøer, men dette hører til sjeldenhetene (Nyman 1991).

Asp tilhører Øyeren-Smålensfiskene som vandret inn fra øst for omtrent 6000 år siden (Huitfeldt-Kaas 1918). Arten har svært sparsom utbredelse i Norge, med kun Glommavassdraget opp til Bingsfoss, samt nedre deler av Leira og Nitelva som sikre lokaliteter (Pethon 2005; Nedreaas et al. 2006). Det er også fanget to individer i Haldenvassdraget, nærmere bestemt i Skulerudsjøen og Rødnessjøen, men det strides om disse kan være satt ut (Spikkeland & Basnes 2009). De fleste sportsfiskefanga aspene i Norge er fra Øyeren eller innløpselvene (Norsk Meiteunion), men det blir fanget asp med jevne mellomrom også nedstrøms Øyeren (L. O. Skjennum pers. medd.). I Norsk Rødliste fra 2006 (Nedreaas et al. 2006) var asp klassifisert som sårbar (VU), på grunn av forekomst i få lokaliteter. Ved oppdatering i 2010 ble aspen fjernet fra Rødlista (Gjøsæter et al. 2010). På den internasjonale Rødlista er asp betegnet som Least Concern (LC), som betyr at den ikke har noen direkte trusler på internasjonalt nivå (Freyhof & Kottelat 2008).

Tidligere ble asp nyttet i relativt stor grad som matfisk, og asp blir omtalt i Fetvisa fra 1700-tallet med det lokale navnet ”blåspul” (Huitfeldt-Kaas 1918). De siste 10-15 årene har asp fått stempel som en ettertraktet sportsfisk, og asp har voldsomme hugg og er svært sterk når den er krokett. Svært få mennesker nytter asp som matfisk i Norge i dag, og de fleste aspene som blir fanget blir sluppet ut igjen (Norsk Meiteunion).

I Norge er de få undersøkelsene av asp alle gjort i Øyeren (Grande 1972; Øxnevad 1995; Brabrand 2002). Kvikksølv og stabile isotoper av nitrogen og karbon (som gir den trofiske posisjonen til artene) er aldri studert på asp i Norge, men det er et foretatt noen kvikksølvundersøkelser i andre deler av Europa (Studnicka 1981; Csepai & Waijant 1989; Dusek et al. 2005; Marsalek et al. 2005; Kensova et al. 2010). Hovedmålsettingen med masteroppgaven er derfor å studere kvikksølvinnholdet i asp, en typisk fiskeetende art, og hvordan kvikksølvkonsentrasjonen endres med alder og størrelse, samt trofiske posisjon og kvikksølvkonsentrasjonene i de mest vanlige byttefiskene. Siden asp tidligere var en viktig matfisk, er det også i denne sammenheng viktig å fastslå hvordan tilstanden i Øyeren er for denne arten med tanke på kvikksølvkonsentrasjoner og helserisiko.



## 2. Materiale og metoder

### 2.1. Områdebeskrivelse

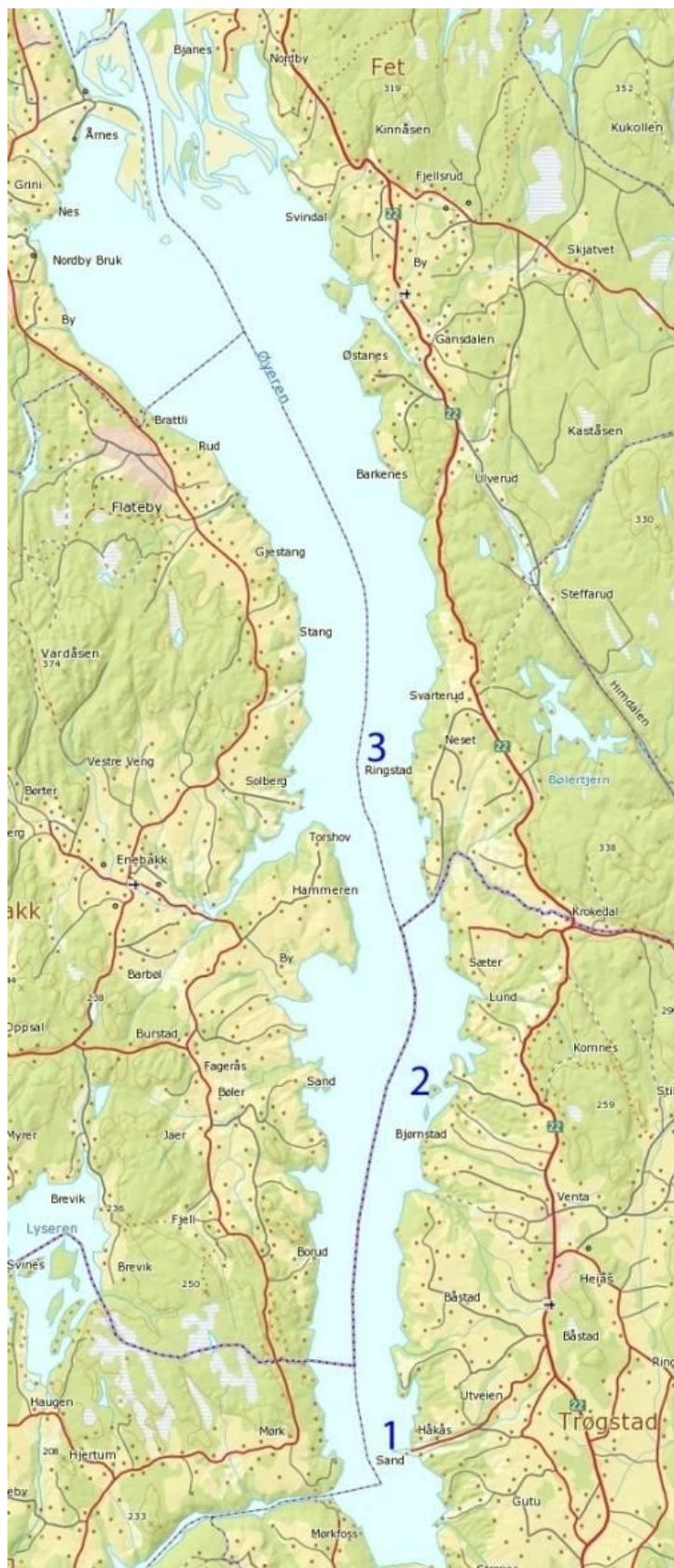
Øyeren, med Svetlet (101 m.o.h.) er Norges niende største innsjø, med et areal på 84,7 km<sup>2</sup> og et totalt nedbørsfelt på 39 964 km<sup>2</sup> (Holtan 1962; Anon 2004). Innsjøen ligger i Akershus og Østfold fylke (UTM 32 V; N624440 E6631332) og fem kommuner grenser til den 33 km lange innsjøen. Øyeren ligger under marin grense, og er en såkalt fjordsjø. Nord i innsjøen renner Nitelva, Leira og Glomma inn, og danner et stort deltaområde. Dette området er vernet som fuglereservat etter Ramsar-konvensjonen, og er Nord-Europas største våtmarksområde (Anon 2004). Øyerens innløpselver bidrar til et svært variert økosystem, ved at Glomma er kald og klar, Nitelva mer turbid og relativt varm, mens Leira er tidvis svært turbid og også relativt varm på sommeren (Brabrand 2002). Innsjøen er mesotrof (middels næringsrik) (Rørslett 2002) og har en surhetsgrad på omtrent pH 7 (Martinsen 2002) (tabell 1).

**Tabell 1. Ulike parametre for vannkvalitet i Øyeren (Martinsen 2002\*; Høgåsen 2010 upubliseret data’’).**

<b>Parameter</b>	<b>Verdi<sub>min-maks</sub></b>	<b>Tidsperiode for prøvetakning</b>
<b>pH</b>	6,2-7,6	Mars 1980- aug.1988*
<b>Ca</b>	5,28-5,33 mg/l	Juni – sept. 2009’’
<b>TOC</b>	2,7-5,4 mg/l	Mai - okt. 2008’’
<b>Fosfor (Tot P)</b>	10-29 µg/l	Mai 2005 – mai 2006’’
<b>Nitrogen (Tot N)</b>	520-540 µg/l	Aug. - sept. 2009’’
<b>Siktedyp</b>	1,3-2,7 m	Mai - aug. 1988/2006’’
<b>Farge (Pt)</b>	17,8-41,4 mg Pt/l	Juni - sept. 2009’’

Omtrent halvparten av Øyeren er svært grunn, med gjennomsnittsdyp under 3 meter. Fra fylkesskillet mellom Akershus og Østfold øker dybden betraktelig sørover, med en såkalt marbakke. Fra marbakken kommer dybden raskt ned til 30-50 meter. Øyerens gjennomsnittdyp er 16 meter og største dyp er 75,5 meter (Anon 2004). En årlig middelvannføring på 685 m<sup>3</sup>/s (utløpet ved Solbergfoss), samt årsvariasjoner i vannføring mellom 150 og 3500 m<sup>3</sup>/s (Anon 2010b) og en reguleringshøyde på 2,4 meter (98,94 – 101,34 moh.) (Anon 2004) tilsier en stor vannstandsvariasjon gjennom året.

Innsamling av fisk ble utført på tre lokaliteter i Øyeren (figur 1). Sandstangen (UTM 32 V; N626290 E6616645) i Trøgstad kommune er en langsmal odde som stikker omtrent 500 m ut helt sør i innsjøen og danner et grunt basseng nedstrøms på sørsiden. Nord og nordøst for Sandstangen er dypet vesentlig større, med dybder ned til 60 meter. ”Bjørnstad” (UTM 32 V; N626372 E6623334) er et samlenavn på området utenfor Bjørnstadgårdene i Båstad, i Trøgstad kommune. Dette området består av flere øyer som danner ujevn dybde og bratte dybdekanter. Midtfjords i området utenfor Bjørnstad er Øyeren 75 meter på det dypeste. ”Brekket” (UTM 32 V; N624781 E6630222) blir også kalt marbakken (Brabrand 2002). Dette er skillet mellom den nordlige grunne delen og den sørlige dype delen av Øyeren. Brekket er et viktig beite-, og oppvekstområde for flere fiskearter i Øyeren, og fiskesamfunnet i dette området er svært rikt (Brabrand 2002).



Figur 1. Kart over Øyeren, med avmerkete områder hvor garnsettingen ble utført sommeren/høsten 2010 (1 = Sandstangen, 2 = Bjørnstad og 3 = Brekka). Kart omarbeidet fra Topografisk Norgeskart, Statens Kartverk.

Fiskesamfunnet i Øyeren er Norges mest artsrike, med 25 påviste arter (Tabell 2) (Huitfeldt-Kaas 1918; Pethon 2005; Brabrand 2002). Selv om karuss (*Carassius carassius*), ørekyte (*Phoxinus phoxinus*), lagesild (*Coregonus albula*), 3-pigget stingsild (*Gasterosteus aculeatus*), 9-pigget stingsild (*Pungitius pungitius*) og ål (*Anguilla anguilla*) står på lista over arter i Øyeren, har disse artene en svært usikker forekomst i dag (2010).

**Tabell 2. Oversikt over påviste fiskearter i Øyeren (Huitfeldt-Kaas 1918, Pethon 2005, Brabrand 2002).**

Familie	Norsk navn	Latinsk navn
<b>Abborfamilien</b> ( <i>Percidae</i> )	Abbor	<i>Perca fluviatilis</i>
	Hork	<i>Gymnocephalus cernuus</i>
	Gjørs	<i>Stizostedion lucioperca</i>
<b>Gjeddefamilien</b> ( <i>Esocidae</i> )	Gjedde	<i>Esox lucius</i>
<b>Karpefamilien</b> ( <i>Cyprinidae</i> )	Asp	<i>Aspius aspius</i>
	Brasme	<i>Abramis brama</i>
	Flire	<i>Blicca bjoerkna</i>
	Gullbust	<i>Leuciscus leuciscus</i>
	Karuss	<i>Carassius carassius</i>
	Laue	<i>Alburnus alburnus</i>
	Mort	<i>Rutilus rutilus</i>
	Stam	<i>Leuciscus cephalus</i>
	Vederbuk	<i>Leuciscus idus</i>
	Ørekyte	<i>Phoxinus phoxinus</i>
<b>Laksefamilien</b> ( <i>Salmonidae</i> )	Harr	<i>Thymallus thymallus</i>
	Lagesild	<i>Coregonus albula</i>
	Sik	<i>Coregonus lavaretus</i>
	Ørret	<i>Salmo trutta</i>
<b>Loddefamilien</b> ( <i>Osmeridae</i> )	Krøkle	<i>Osmerus eperlanus</i>
<b>Niøyefamilien</b> ( <i>Petromyzonidae</i> )	Niøye	<i>Lampetra sp.</i>
<b>Stingsildfamilien</b> ( <i>Gasterosteidae</i> )	3-pigget stingsild	<i>Gasterosteus aculeatus</i>
	9-pigget stingsild	<i>Pungitius pungitius</i>
<b>Ulkefamilien</b> ( <i>Cottidae</i> )	Steinsmett	<i>Cottus poecilopus</i>
<b>Torskefamilien</b> ( <i>Gadidae</i> )	Lake	<i>Lota lota</i>
<b>Ålefamilien</b> ( <i>Anguillidae</i> )	Ål	<i>Anguilla anguilla</i>

Den nordre delen av Øyeren er viktig som oppvekstområde for flere fiskearter, mens de sørlige, dype områdene er essensielle for kaldstenoterme arter i sommerhalvåret og trolig viktig som overvintringsområder for mer varmekjære fiskearter (Brabrand 2002). Delta- og gruntvannsområdet er dominert av karpefisk, abbor, hork og gjedde. De dypere områdene i sør kan deles i to; den pelagiske sonen og de dype bunnområdene (profundalområdet). I de pelagiske områdene dominerer sik og krøkle, mens lake og hork dominerer den profundale sonen (Øxnevad 1995; Brabrand 2002).

## **2.2. Innsamling av fisk og prøvetaking**

Asp, krøkle og hork (figur 2) ble innsamlet med sette- og flytegarn. Garnsettingen ble utført i fire perioder i løpet av sommeren/høsten 2010, henholdsvis 15-17 juni, 13-15 juli, 10-12 august og 14-15. september. I hver periode ble det satt garn i tre døgn, bortsett i september da det kun ble fisket en natt. Garna stod ute omlag 15 timer før trekking. Total garninnsats i løpet av de fire periodene var 80 garnnetter.

Under garnsettingen ble det brukt tre garntyper: settegarn, flytegarn og såkalte laksegarn. Settegarna var 1,5 meter høye og 25 meter lange, med maskevidder på 10.5, 16.5, 22.5, 26, 29.5, 35 og 45mm. Garna ble satt i lenker på to eller tre garn, fra land og vinkelrett utover, bortsett fra i lokaliteter med sterk strøm, der garna plassert i nord-sør retning. Settegarna ble satt fra to til 15 meters dyp. Flytegarna var 4-6 meter høye og 25 meter lange, med maskevidder på 13.5, 22.5, 26, 29.5, 35 og 45 mm. Flytegarnene ble lenket sammen to eller tre, og satt over dybder fra fem til 35 meter, i strømrretningen. Garna ble senket en til sju meter ned i vannsøylen for å unngå at de ble påkjørt av båter med utenbordsmotor, samt å fiske i flere dybder. Laksegarnene hadde maskevidder på 39, 45, 52, 58 og 62 mm, og var tre og fire meter høye. Lengden på laksegarnene varierte fra 15 til 25 meter. Laksegarna ble både lenket sammen og satt hver for seg, på dybder fra tre til 23 meter. Samtlige garn ble strategisk plassert for å fange flest mulig individer av de aktuelle artene, samt ulike lengdeklasser. Når de ulike lengdeklassene var representert i fangstene luket vi ut garna som fanget et visst lengdeintervall, slik at vi ikke fanget flere individer enn nødvendig.

Det ble fanget 62 asp i feltperioden, hvorav 19, 40 og 3 individer på henholdsvis Brekket, Bjørnstad og Sandstangen. Asp ble fanget i maskevidder fra 29mm til 62mm, med fangst både i flytegarn, settegarn og laksegarn, men det var laksegarna som fanget de fleste individene (52 individer). En asp som inngår i materialet, ble tatt på stang.

Samtlige krøkler (n=10) ble fanget i flytegarn ved Brekket. Fem krøkler ble fanget i garn med maskevidde 13,5 mm, to i 35 mm og en i hver av maskeviddene 26, 29.5 og 45 mm.

Av 30 fangete hork, ble 28 tatt i settegarn med 10,5 mm maskevidder, og to individer i settegarn med 16,5 mm maskevidder, alle ved Sandstangen. Siden det i utgangspunktet ikke var planen og ta med verken hork eller krøkle i analysene, ble 10,5 og 16,5 mm settegarn og 13,5 mm flytegarn tatt vekk fra garnsettingen etter de første dagene.



**Figur 2. Fotografier av de tre omtalte artene: asp (A), krøkle (B) og hork (C). Foto: P. S. Svae (asp); R. Svensen (krøkle og hork).**

Alle asp, hork og krøkle som skulle brukes i videre arbeid ble behandlet på følgende måte:

- Vekt: Fisk over 50 g ble veid i felt med Soehnle digitalvekt ( $5\text{kg} \pm 1,0\text{ g}$ ) eller Salter Brecknel ElectroSamson ( $10\text{ kg} \pm 10\text{ g}$ ), mens fisk under 50 g ble veid med Sartorius 1219 MP digitalvekt ( $600\text{ g} \pm 0,01\text{g}$ ) på laboratoriet.
- Lengde: Lengden ble målt til nærmeste millimeter fra fiskens snute til halefinnens ytterste tupp i normal utstrekning (standardlengde).
- Kjønn: Kjønn ble bestemt og kjønnsstadium vurdert ut fra gonadeutviklingen (Sømme 1941), med inndeling fra en til sju, og observasjon om fisken hadde gytt før.
- Otolitter: Otolittene ble tatt ut i felt, og lagt i konvolutt.
- Andre bein: For asp ble hodet fryst ned for seinere å finne passende bein til alder- og vekstberegninger.
- Skjellprøver: Skjellprøver ble tatt for asp og krøkle, og lagt i samme konvolutt som otolittene.
- Mageinnhold: Spiserør og magesekk ble snittet opp og fyllingsgraden vurdert i prosent av full mage. Mageinnholdet ble lagt på glass og konservert med rektifisert sprit. For asp ble en større del av tarmen samlet inn, siden det var tydelige beinrester i store deler av tarmsystemet.
- Kjøttprøver: Tilstrekkelig mengde fiskekjøtt ble dissekert ut for videre analyse av kvikksølv og stabile isotoper. EMERGE-protokollen (Rosseland et al. 2003) ble fulgt ved dette arbeidet. Prøvene ble pakket inn i aluminiumsfolie for videre lagring ( $-18^{\circ}\text{C}$ ). Det ble også tatt leverprøver for analyse av miljøgifter, selv om dette ikke inngår i oppgaven.

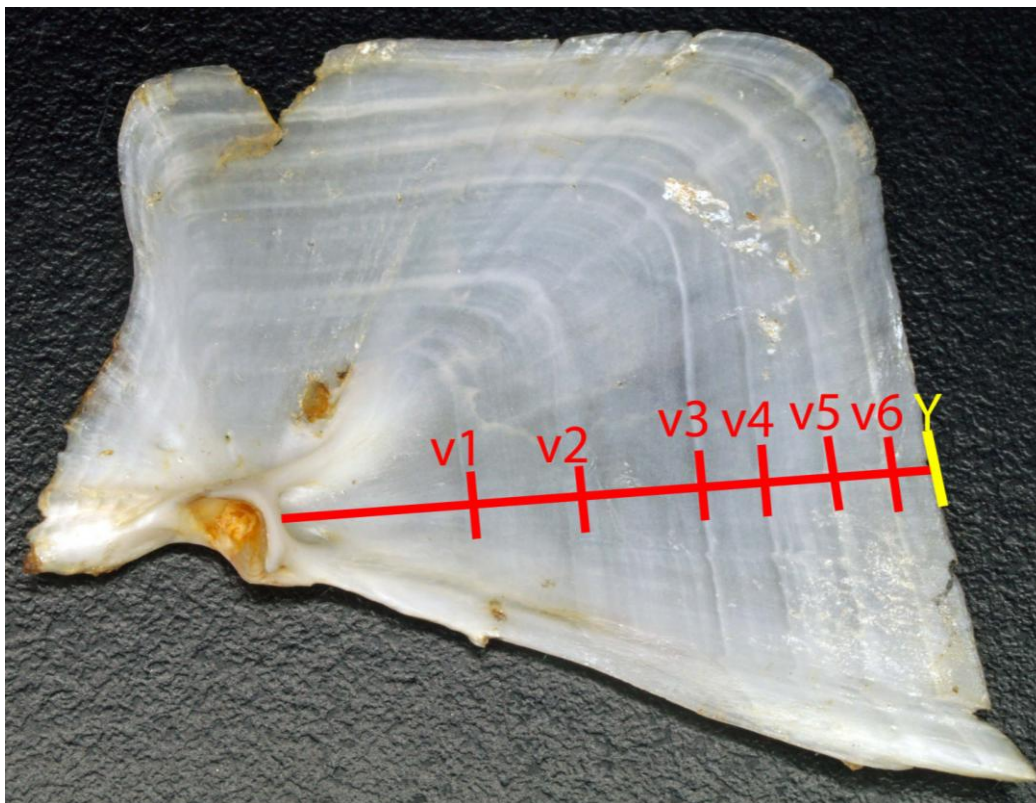
For innsamling av fyto- og zooplankton ble det benyttet planktonhåver med henholdsvis  $20\mu\text{m}$  og  $100\mu\text{m}$  maskevidder. Disse ble trukket etter båt i ulike deler av Øyeren. Videre ble planktonprøvene filtrert med filterduk i henholdsvis  $10\mu\text{m}$  og  $100\mu\text{m}$  maskevidder for å skille phyto- og zooplankton til videre isotopanalyse.

Bunndyr ble samlet inn ved hjelp av Ekman-grabb (fjærmygg) og silhåv (snegl). Alle evertebratene ble fryst ( $-18^{\circ}\text{C}$ ) for seinere analyser av stabile isotoper.

To arter høyere planter, kjempesøtgras (*Glyceria maxima*) og hornblad (*Ceratophyllum demersum*), og påvekstalger ble samlet inn for analyse av stabile isotoper. Blandprøven av ulike påvekstalger ble samlet inn ved å skrape dem av med kniv fra høyere planter. Både høyere planter og påvekstalger ble fryst ned ( $-18^{\circ}\text{C}$ ) for seinere analyser.

## 2.4. Aldersbestemmelse og vekstberegning

Hodet av aspen ble først lagt i kokende vann i noen minutter for å få skilt de enkelte beinstrukturene fra hverandre. Reingjorte beinstrukturer ble så undersøkt for å finne eventuelle strukturer som så lovende ut til aldersbestemmelse. Gjellelokket (*operculum*) ble vurdert som den mest anvendelige beinstrukturen, på grunn lesbarheten (figur 3). Gjellelokket ble tørket for å få fram vintersonene tydelig, før alderen ble avlest.



**Figur 3.** Gjellelokk av asp fra Øyeren 2010, med innlagt radius (rød linje), ytterkant (Y) og avmerkete vintersoner ( $V_x$ ). Foto: P. S. Svae.

Lengden fra sentrum av gjellelokket og ut til ytterkanten (radius) ble målt med skyvelære (nøyaktighet på 0,5mm), for å finne sammenhengen mellom gjellelokkets lengde og fiskelengden. Det viser seg at det er en tilnærmet direkte proporsjonalitet mellom fiskelengde og gjellelokk lengde, og det ble avgjort å bruke dette i den videre vekstberegningen.

Veksten ble beregnet ved at det ble tatt et bilde av gjellelokket med makroutstyr, bilde redigert i Adobe Photoshop Elements 8.0 og lagt inn i bildeprogrammet Image Pro Express 6.3 (Media Cybernetics). En årssone er avsluttet etter endt vintersone ( $V_x$ ), markert med en



rød tverrstrek i figur 3. Måling av totallengden av gjellelokket er gjort langs den røde linja i figur 3. Siden den totale lengden av hvert enkelt gjellelokk var kjent (fra sentrum til Y), ble antall pixler fra sentrum til Y dividert på gjellelokk lengden, for å få antall pixler per millimeter.

For å finne gjellelokkets radius etter hver vekstsesong ble antall pixler ved  $V_x$  multiplisert med pixler/mm. Videre ble radius til hver enkelt vintersone dividert på den totale gjellelokk lengden, slik at andelen av total gjellelokk lengde ved hver vintersone ble kjent. Denne andelen ble deretter multiplisert med den totale fiskelengden til individet.

$$y = \left( \frac{radius_x}{radius_{max}} \right) * fiskelengde$$

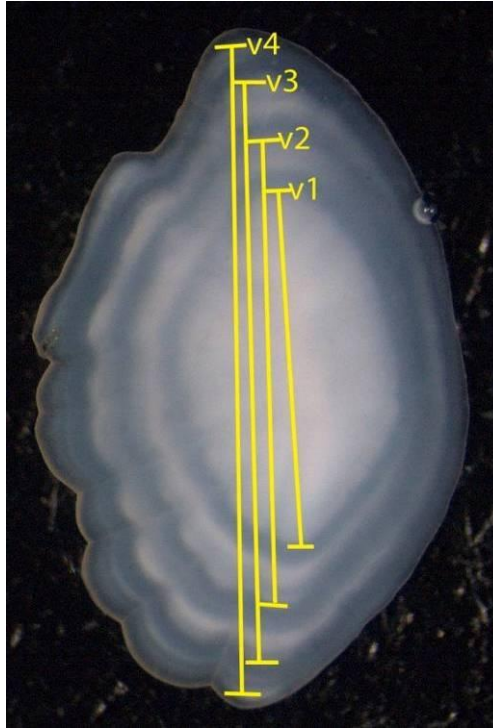
Den gjennomsnittlige, årlige vekstraten ( $\bar{G}$ ) til hvert individ ble beregnet etter Ricker (1975), ved først å beregne vekstraten i de enkelte årene (t), dvs.  $G_t = \ln W_{t+1} - \ln W_t$ . der  $W$  = fiskens vekt i gram. Vekten ble beregnet ut fra fiskelengden etter formelen for sammenhengen mellom lengde og vekt:

$$\ln w = (2,938 * \ln l) - 4,356$$

Siden noen av fiskene ikke lot seg tilbakeberegne til de to første vekstsonene, er de tre første årene ikke tatt med i  $\bar{G}$  ( $G_0, G_1, G_2$ ), slik at den modifiserte formelen for  $\bar{G}$  er som følger:

$$\bar{G} = \frac{G_3 + G_4 + G_5 \dots + G_n}{n - 3}$$

For avlesing av alder hos hork ble otolitten lagt i en svart skål med 1,2 propandiol, og antall vintersoner avlest under stereomikroskop. Veksten ble beregnet ved å måle otolitt diameter ved enden av hver vekstsoner i Image Pro Express 6.3 (figur 4). Otolitt lengden til alle horkene var på forhånd målt til nærmeste 0,1 mm i lupe med måleokular. En av horkene lot seg ikke vekstberegne da otolittene var uleselige (dvs hyaline).



**Figur 4. Fotografi av otolitt fra hork innsamlet i Øyeren sommeren 2010. Denne otolitten har fire vekstsoner. Foto: P. S. Svae.**

Ved å beregne lengden av otolitten ved slutten av hver vekstzone, kunne lengden ved en gitt alder beregnes ut fra modellen for sammenhengen mellom otolittlengde og fiskelengde i materialet fra Øyeren:

$$fiskelengde \text{ mm } (y) = 1,596x^2 + 8,454x + 12,48$$

$$x = \text{otolittlengde (mm)}$$

Otolitter fra tre hork funnet i mageinnhold hos abbor og gjørs i Øyeren er også målt og lengdeberegnet (Moseby 2011).

Krøkleotolittene ble målt til nærmeste 0,1 mm, delt gjennom sentrum, lett brent for å få frem vintersonene, og lest under lupe i 1,2 propandiol (Borgstrøm 2000a). Veksten er beregnet ved hjelp av den andre, hele otolitten, ved sammenhengen mellom otolittlengde og fiskelengde (på samme måte som for hork):

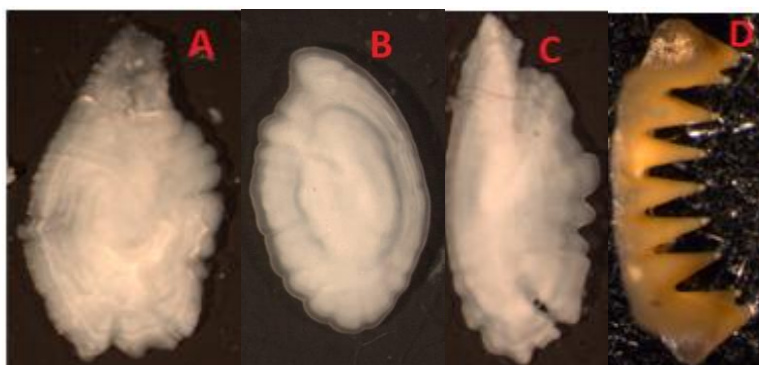
$$\text{fiskelengde mm } (y) = 2,7157x^2 + 24,91x - 9,1343$$

$$x = \text{otolittlengde (mm)}$$

Da krøklene som ble fanget i Øyeren kun bestod av relativt store individer, ble også otolitter fra seks krøkle fra Storsjøen i Odal og et individ fra mageinnhold hos gjørs i Øyeren brukt for å finne sammenhengen mellom otolittlengde og fiskelengde. Disse otolittene ble lånt ut av henholdsvis Thronnd Haugen og Kristian Moseby. Det ble også beregnet gjennomsnittlig, årlig vekstrate for hork og krøkle, ( $\bar{G}$ ) på samme måte som for asp. Kun 14 hork ble beregnet, da vekten på de resterende individene ikke var kjent. De to første årene (0+ og 1+ vekst) ble ikke tatt med i beregning av vekstrate ( $\bar{G}$ ) for krøkle, da lengden ved 1. vintersone ikke kunne tilbakeberegnes på alle individene.

## 2.5. Diettanalyser

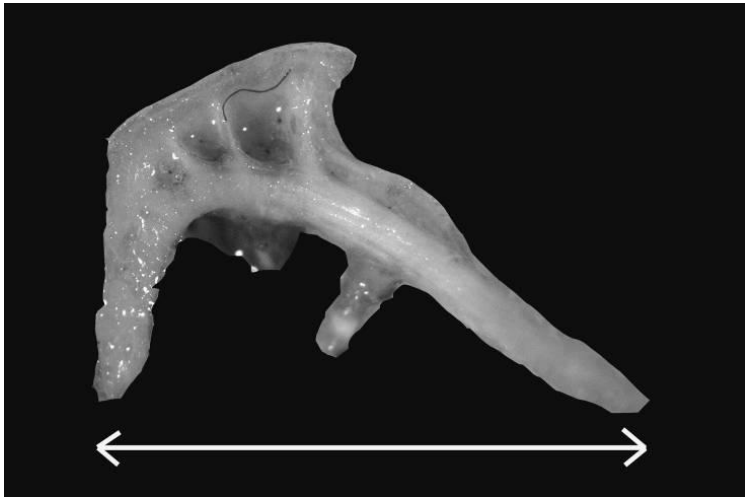
Mageinnholdet til asp, hork og krøkle ble undersøkt i stereomikroskop (Leica MS 5). Hos asp var fisk eneste identifiserbare byttedyrgruppe. Mesteparten av mageinnholdet var så fordøyd eller knust at det kun lot seg identifisere ut fra beinrester, otolitter, svelgbein og kjever, men ved å undersøke og fotografere beinstrukturer fra de aktuelle artene i fangstene, kunne mageinnholdet likevel relativt enkelt artsbestemmes (figur 5).



**Figur 5.** Otolitt fra krøkle (A), hork (B) og abbor (C), og kjeve fra niøye (D) ble brukt til artsbestemmelse av mageinnhold hos asp i Øyeren 2010 (i tillegg ble svelgbein brukt for artsbestemmelse av karpefisk). Alle fotografier: P. S. Svae

For å beregne størrelse av hork og krøkle funnet som byttefisk ble formlene for tilbakeberegning av vekst benyttet. For abbor, ble sammenhengen mellom otolittlengde og

fiskelengde hentet fra Moseby (2011). For å finne lengden på mort som var tatt av asp ble sammenhengen mellom fiskelengde og svelgbeinlengde beregnet. Svelgbeinets lengde ble målt fra ende til ende til nærmeste 0,1mm (figur 6). Begge beinstrukturene ble målt med Leica MS 5 stereomikroskop med måleokular.



**Figur 6. Svelgbein av laue fra Øyeren 2010. Horizontal linje angir hvordan lengden av svelgbeinet hos karpfisk er målt. Foto: P. S. Svae**

I noen tilfeller var otolittlengden mindre enn det funksjonen for sammenhengen mellom otolittlengde og fiskelengde kunne predikere, men modellen ble likevel brukt (tabell 3). For niøyer er ikke lengde beregnet. Sammenhengen mellom strukturlengde og fiskelengde ble testet med regresjon.

**Tabell 3. Sammenhengen mellom otolitt-/svelgbeinlengde og fiskelengde (mm) for hork, krøkle, abbor\* og mort i Øyeren 2010 (\* etter Moseby 2011).**

Art	Regresjon	R <sup>2</sup>	P-verdi	n=	Fiskelengder (mm)	F-verdi
Hork	$y = 1,596x^2 + 8,454x + 12,48$	0,91	0,00	33	15 - 134	153,49
Krøkle	$y = 2,7157x^2 + 24,91x - 9,1343$	0,93	0,00	17	71- 223	91,92
Abbor*	$y = 35,167x - 27,955$	0,93	0,00	45	114-420	1157,41
Mort	$y = 13,343x + 17,158$	0,94	0,00	9	87-235	112,39

Fra hork ble det tatt en samleprøve av mageinnhold fra seks individer 16. juni, mens mageprøver fra 15 individer den 17. juni ble oppbevart i separate glass. Krøkle ble fryst ned for seinere disseksjon og mageprøveuttak på laboratoriet. Mageinnholdet til hork ble bestemt ved hjelp av feltbøker (Sandhall 1992; Økland & Økland 1992; Raastad & Olsen 1999) og med hjelp av Reidar Borgstrøm; Vidar Selås; Thronnd Haugen, alle ved Institutt for naturforvaltning. For krøkle ble otolitter av byttedyr benyttet til artsbestemmelse og lengdeberegning. Andelen av andre byttedyrgrupper enn fisk ble beregnet ut fra en vurdering av det relative volumet av gruppene, og oppgitt i prosentandeler.

## 2.6. Analyser av stabile isotoper (N og C)

Stabile isotoper av nitrogen ( $^{15}\text{N}$ ) og karbon ( $^{13}\text{C}$ ) ble benyttet for henholdsvis å kunne plassere de ulike fiskeartene på riktig trofisk nivå og få større innsikt i hvilke habitat i innsjøen fiskene har beitet i (Vander Zanden 2001; Post 2002). Høy  $\delta^{15}\text{N}$ - verdi tilsier et høyt trofisk nivå, mens lite negativ  $\delta^{13}\text{C}$ -verdi tilsier at arten har fått i seg karbon nære land. For å kunne si noe om trofisk posisjon og habitatbruk i en innsjø må flere nivåer analyseres, siden det er forholdet mellom artene og ikke absoluttverdier som avgjør forskjeller i trofi og habitatbruk (Post 2002). For stabile isotoper hos fisk ble et utplukk på 23 asp, 10 hork og 10 krøkle valgt ut fra alder, lengde, vekst og kjønn for å dekke et vidt spekter av karakterer. Det ble også ved samme tidspunkt analysert stabile isotoper for abbor, gjørs og gjedde (Moseby 2011), samt for mort (Greipsland 2011) og laue (Svae 2011 vedlegg 1.). Samtidig ble det analysert prøver av høyere planter, påvekstalger, zoo-/fytoplankton og bunndyr. Prøvene av fisk, zoo-/fytoplankton og bunndyr ble homogenisert med en stavmikser, frysetørket og deretter veid inn til videre analyse (0,8-1,2mg). Plantematerialet ble tørket i tørkeskap, homogenisert ved hjelp av en agatmorter og veid inn som for de andre prøvene (0,8-1,2mg) (vekt: Mettler Toledo MX5 Automated- S Microbalance,  $\pm 0,001$  mg). Alle de veide prøvene ble pakket inn i tinnkapsler, og analysert på Isotoplaboratoriet, Institutt for Plante- og Miljøvitenskap på UMB. Nitrogen- og karbonisotoper ble analysert i Flash Elemental Analyzer (EA) og Finnigan Delta<sup>+</sup> XP Continous- Flow stable isotope ratio mass spectrometer (CF-IRMS).

Nitrogen- og karbonforhold ( $\text{N}^{15}/\text{N}^{14}$  og  $\text{C}^{13}/\text{C}^{12}$ ) ble oppgitt som følger:

$$\delta^{13}\text{C} \text{ og } \delta^{15}\text{N} = \left[ \left( \frac{R(\text{prøve})}{R(\text{standard})} \right) - 1 \right] 1000$$

Her er  $R(\text{prøve})$  forholdet mellom tunge og lette isotoper ( $\text{N}^{15}/\text{N}^{14}$  og  $\text{C}^{13}/\text{C}^{12}$ ) i prøven, og  $R(\text{standard})$  er forskjellene i hovedstandarder, dvs atmosfærisk luft for nitrogen og VPDB (Vienna Pee Dee Belemnite) for karbon. For å vurdere nøyaktigheten av analysen ble kjente standarder inkludert. Standardene inkluderer både husstandard (ørret) og International Atomic Energy Agency's (IAEA) standarder for ekstern bruk. Disse var for nitrogen IAEA- $\text{N}_1$  og IAEA- $\text{N}_2$  og for karbon IAEA- $\text{CH}_6$ . Alle standardene ble veid inn i starten av hver prøveserie og husstandarden for hver tiende prøve. I begynnelsen av hver prøveserie ble tre blankprøver (tomme tinnkapsler) lagt til i analysen, for å kontrollere nøyaktigheten av analysen. Hver prøveserie besto av 96 prøver, inklusive standarder og blankprøver.

Feilmarginer på analysene ble beregnet til standardavvik ( $\pm$ ) for  $\delta^{15}\text{N}$  på 0,36 ‰, og 0,77 ‰ for  $\delta^{13}\text{C}$ . For prøvene av zooplankton oppsto det en ukjent feil, ved at analyseverdien for  $\delta^{15}\text{N}$  og  $\delta^{13}\text{C}$  viste henholdsvis for høye og lave verdier, sammenlignet med både de andre analyserte prøvene og tidligere studier (Vander Zanden & Rasmussen 1999). Feilen kan være et resultat av kontaminering av prøven eller metodisk feil, da metoden for preparering av zooplankton til analyse var lite kjent. Zooplankton er derfor tatt vekk fra materialet.

## 2.7. Kvikksølvanalyser

De utskårne kjøttprøvene for de ulike artene ble pakket inn i aluminiumsfolie i felt, og fryst ned ( $-18^\circ\text{C}$ ) for videre analyse på UMB. De samme individene som ble plukket ut for isotopanalyse ble analysert også for kvikksølv. Samtidig ble sik og laue analysert, men inngår ikke i denne oppgaven (vedlegg 1). Analyse av THg (våtvekt) ble utført på Institutt for Plante- og Miljøvitenskap, UMB. Analysen består av kalddamp atomspektroskopi (CV-AAS) i et Perkim-Elmer modell FIMS 400 (Flow Injection Mercury System) utført etter mikrobølgeoppslutning. For å kontrollere nøyaktighet og presisjon ble det kontrollmålt THg-konsentrasjoner tre ganger for hvert av de sertifiserte referansematerialene DORM-2 (pigghå *Squalus acanthias*) (NRCC 1993) og DORM-3 (fiskeprotein) (NRCC 2008). Disse referansematerialene er sertifisert av National Research Council of Canada. Alle kontrollmålingene av DORM- standardene viste at analysen er tilstrekkelig innenfor et 95 % konfidensintervall, slik at kvikksølvanalysen sees som svært nøyaktig.

Analyse av andelen metylkvikksølv i det totale kvikksølvet fra fisk i Øyeren er utført og beskrevet i Greipsland (2011).

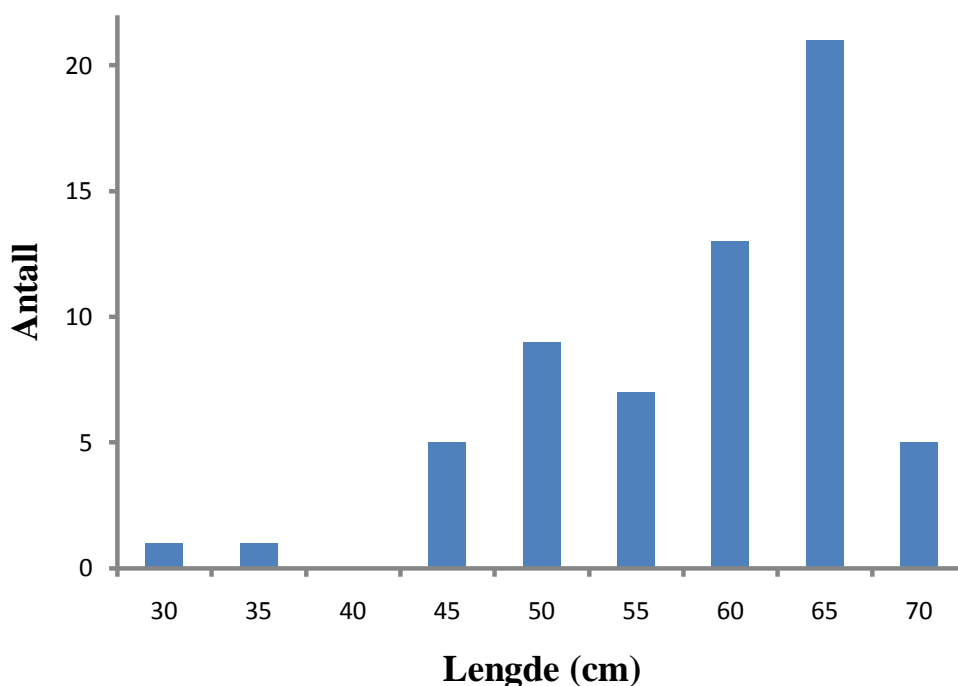
## 2.8. Statistiske analyser

Alle grafene er utarbeidet i Microsoft Office Excel 2007, mens MINITAB (v.15) ble brukt til statistiske analyser. For å teste sammenhenger mellom ulike faktorer, ble enten lineær og ikke-lineær regresjonsanalyse benyttet. General Linear Modell (GLM) ble benyttet for å teste om det var forskjell i vekst mellom kjønn hos asp og hork (om vekst er påvirket av kjønn). Uparet T-test (Two sample T-test) ble utført for å finne ut om det var forskjeller mellom  $\delta^{15}\text{N}$ - og  $\delta^{13}\text{C}$ - verdier mellom artene.

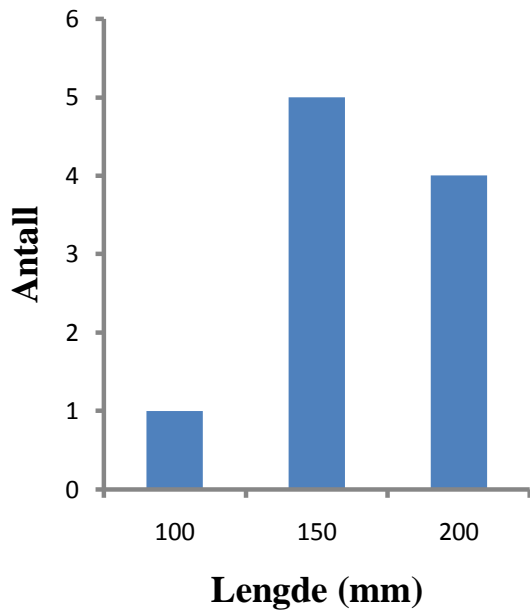
## 3. Resultater

### 3.1. Lengdefordeling av undersøkte fisk

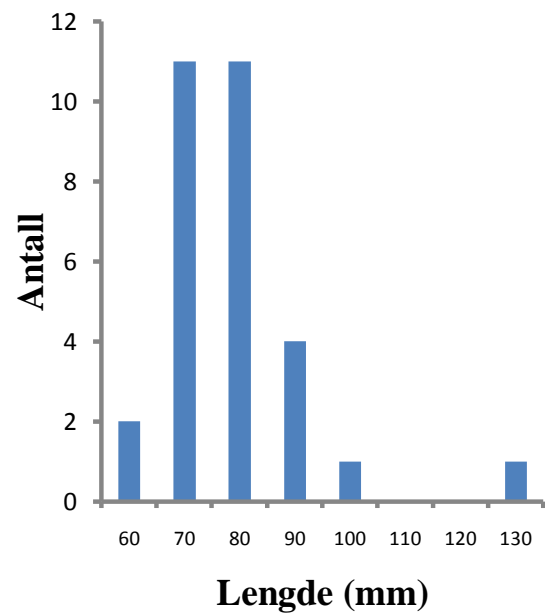
Det ble i alt fanget 62 asp med lengde fra 30,4cm til 73,5cm, men med en overvekt av fisk på over 60cm (over 60 %) (figur 7). Det var et skjevt kjønnsforhold, i det 42 asp var hannkjønn, dvs forholdet på 2,1:1 i favør av hannfisk. Krøklene som ble tatt på garn, hadde lengder fra 113mm til 223mm. Det ble bare tatt ti individer, og kun ett individ var under 150 mm (figur 8). De tretti horkene som ble tatt var i lengdeintervallet 68 - 134mm, med en klar overvekt av hork fra 70 til 90 mm, og bare to individer over 100 mm (figur 9).



Figur 7. Lengdefordeling av asp fanget ved garnfiske (n = 61) og stangfiske (ett eksemplar) i Øyeren sommer/høst 2010. (n=62).



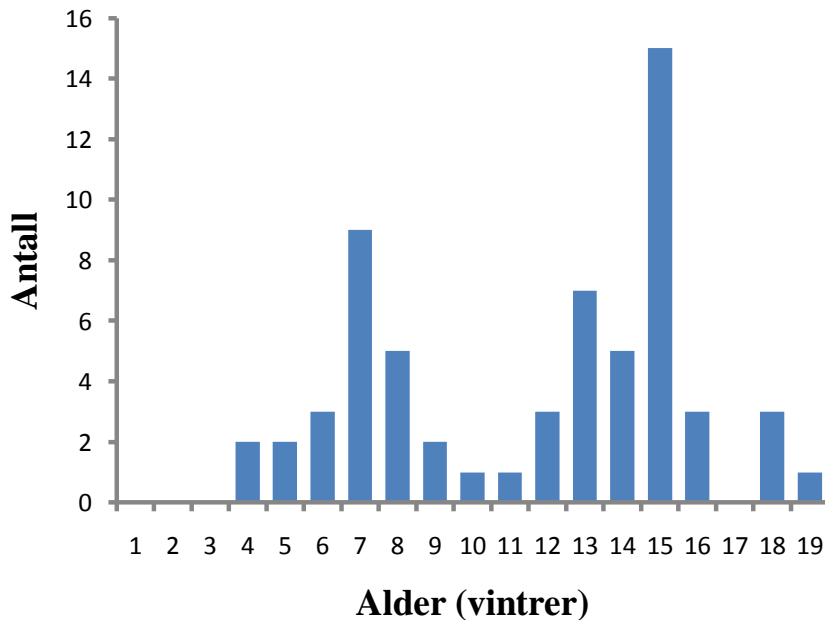
Figur 8. Lengdefordeling av fanget krøkle i Øyeren 2010 (n=10).



Figur 9. Lengdefordeling av fanget hork i Øyeren 2010 (n=30).

### 3.2. Alder og vekst

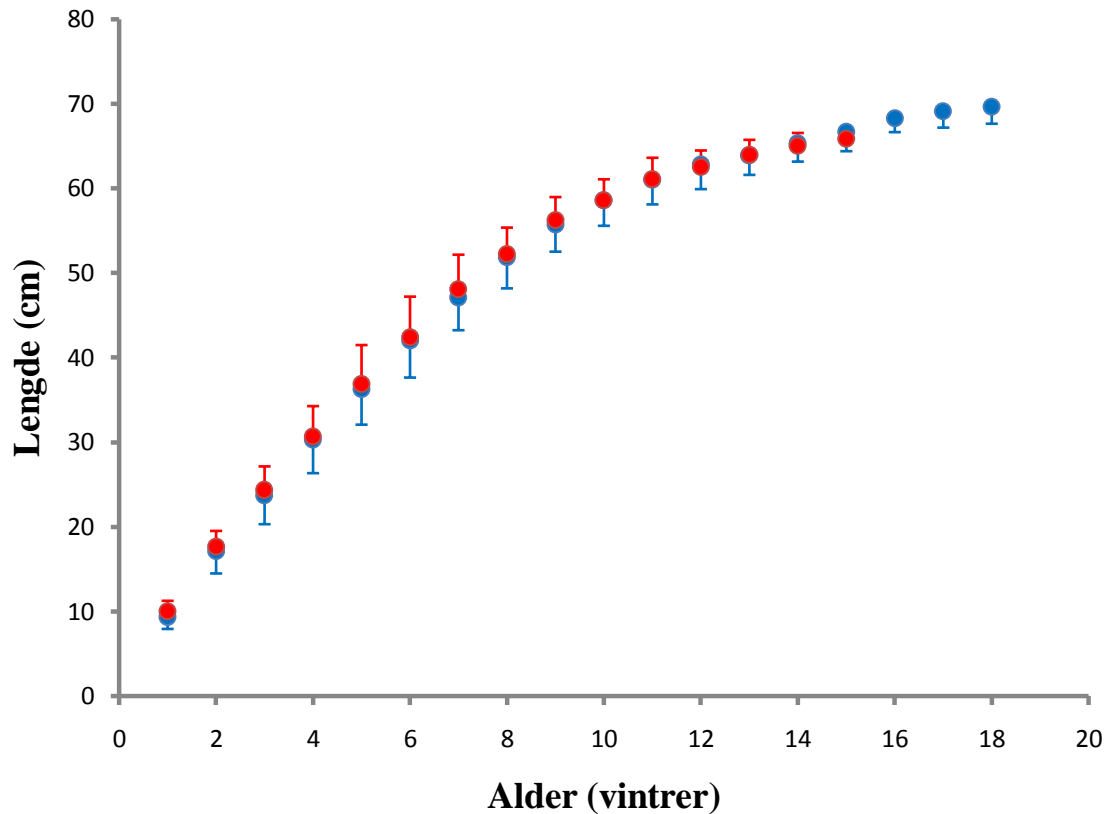
Den undersøkte aspen hadde alder fra fire til nitten vintre, med en klar totoppet fordeling av aldersklasser (figur 10). Årsklassen fra 1995 (15 vintre gammel fisk) representerte hele 24 % av fangsten. Alle individene over 16 vintre var hannfisker (n=7).



Figur 10. Aldersfordeling av asp i fangstene fra Øyeren sommer/høst 2010 (n= 62).

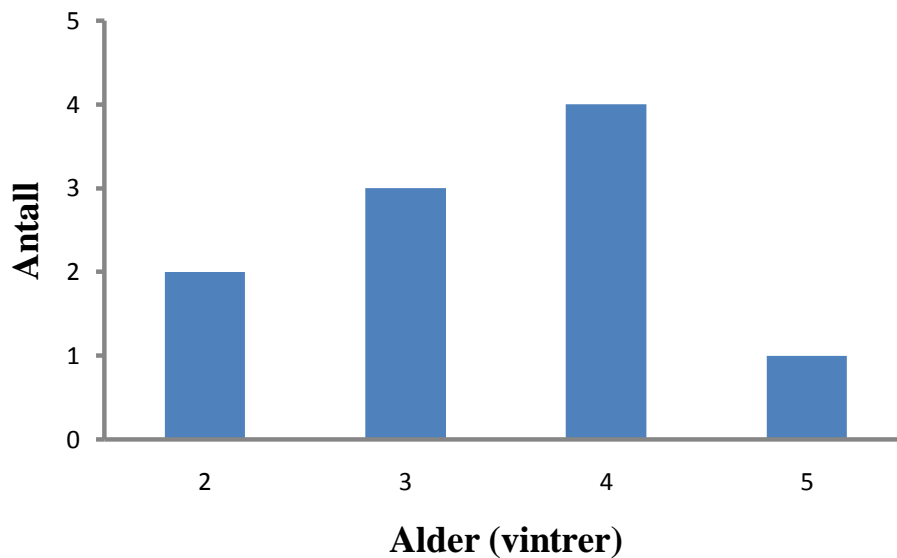


Hunnfiskene hadde en noe raskere vekst enn hannfiskene de første årene, men forskjellen er liten og ikke signifikant (GLM,  $p=1,000$ ,  $F=0,05$ ). Asp nådde en lengde på omlag 10 centimeter første året, og deretter var veksten relativt jevn med en lengdeøkning på over fire cm per år frem til fiskene er åtte til ni vintre (figur 11). Fra en alder på omkring 10 vintre og rundt 60 cm ble årlig tilvekst betydelig redusert, og fiskene omtrent stagnerte i vekst.



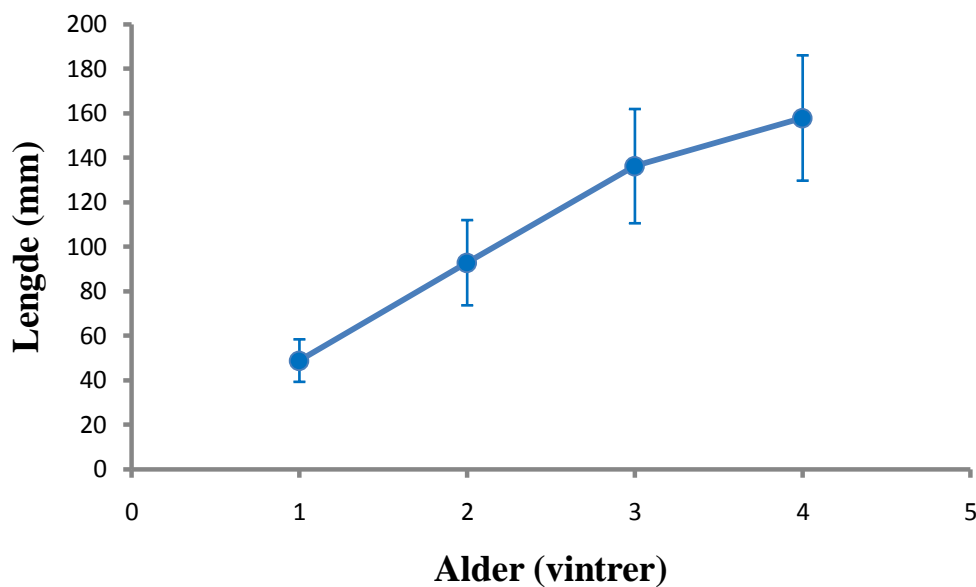
**Figur 11.** Tilbakeberegnet vekst for hann-(●) og hunnfisk (●) av asp, fanget i Øyeren sommer/høst 2010 (n=62). Vertikal linje angir standardavvik.

Krøkle materialet består av individer fra to til fem år (figur 12).



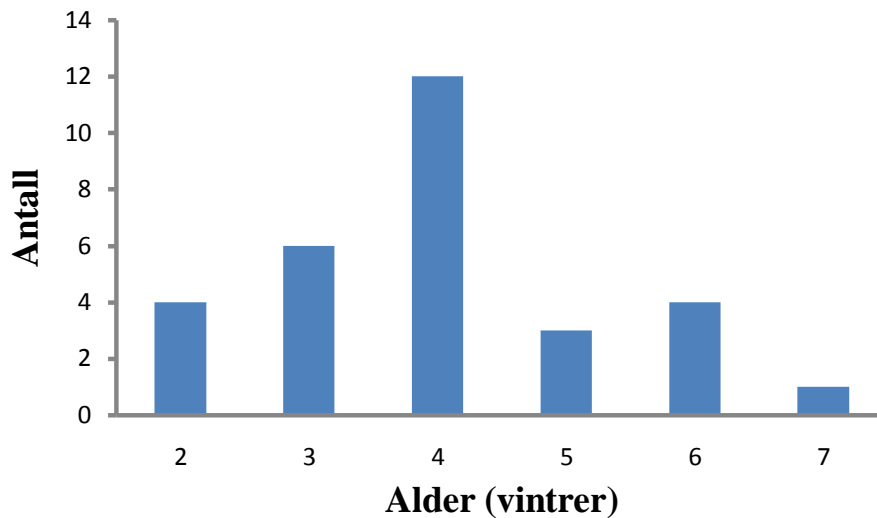
Figur 12. Aldersfordeling av krøkle fanget ved garnfisket i Øyeren 2010 (n=10).

Krøkla vokste til om lag 50 mm første året, og oppnådde en lengde på omtrent 160 mm etter fire vintre (figur 13). De store standardavvikene antyder en relativt stor variasjon i individuell vekst ved 3-4 års alder. Veksten for hunn- og hannfisk er ikke skilt, da kun to individer var hunnfisk.



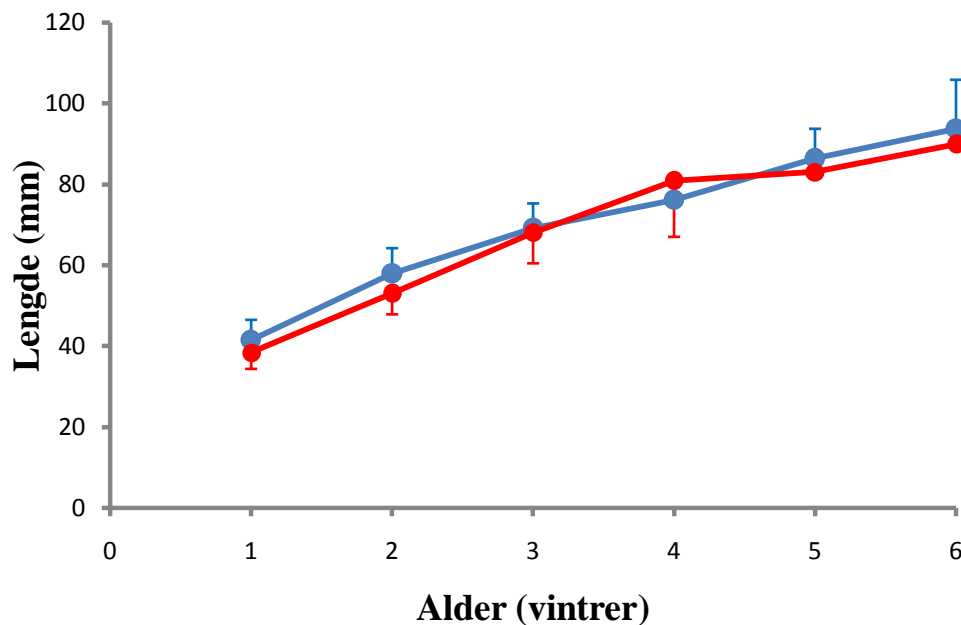
Figur 13. Tilbakeberegnet lengde ved alder for krøkle fanget i Øyeren 2010 (n=10). Vertikale linjer angir standardavvik.

Alderssammensetningen av hork viste en overvekt av ung fisk, med over 70 % av fiskene i aldersklasse fire vintre eller yngre (figur 14).



Figur 14. Aldersfordeling av hork fanget i Øyeren 2010 (n=30).

Horken i Øyeren var om lag 40 millimeter etter første vekstsesongen. Veksten var størst de første to årene, før den gradvis sank frem mot sjette vinteren (figur 15). Materialet bestod av 53 % hannfisk. Veksten for hann- og hunner var ikke signifikant forskjellig (GLM,  $p=0,133$ ,  $F=1,91$ ).



Figur 15. Gjennomsnittlig tilbakeberegnet lengde ved alder for hork, fordelt på hann-(●) og hunnfisk (●), fanget i Øyeren i juni 2010 (n=29). Vertikale linjer angir standardavvik.

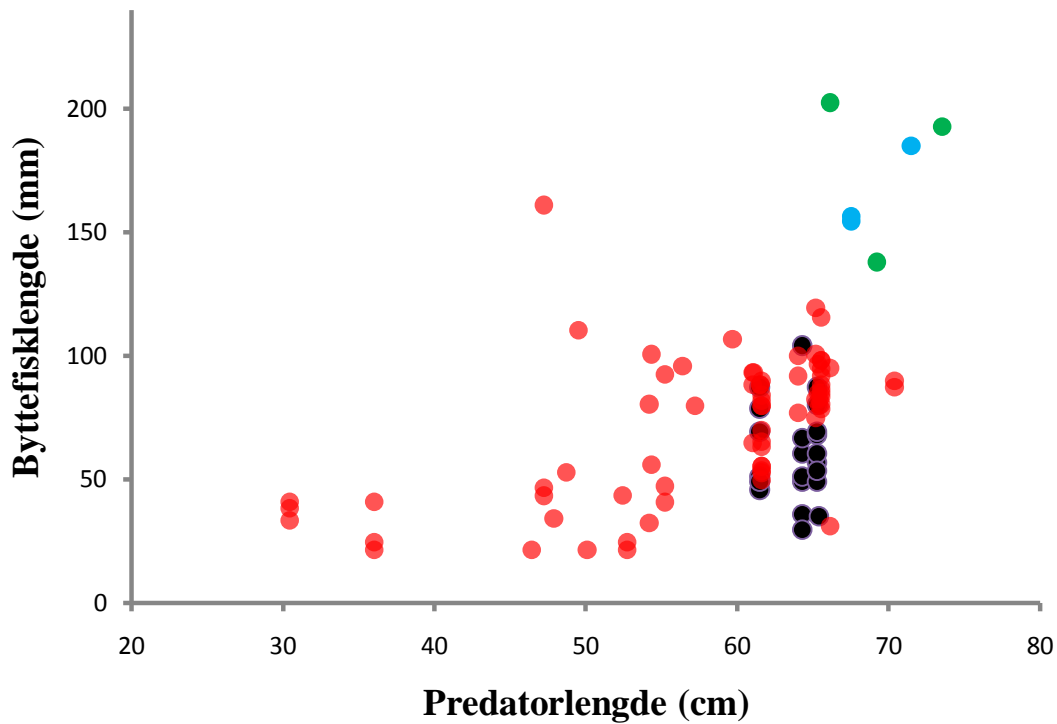
### 3.3. Diett og stabile isotoper

Av i alt 62 undersøkte mage/tarm av asp, ble 13 fisk klassifisert som tomme, mens de resterende 49 fiskene hadde varierende fyllingsgrad. Fem fiskearter lot seg identifisere i mageinnholdet: krøkle, hork, abbor, mort og niøye. Det var en klar overvekt av krøkle som utgjorde 73 % av individene i mageinnholdet, mens 18 % av byttefiskene var hork. Antall abbor, mort og niøye stod kun for ca tre prosent hver (tabell 4). Gjennomsnittlig antall byttefisk hos asp som hadde fisk i mage/tarm var 2,5. Krøkle ble funnet i 35 av 49 asp med mage/tarminnhold, mens de andre byttefiskene forekom kun i et lite antall asp.

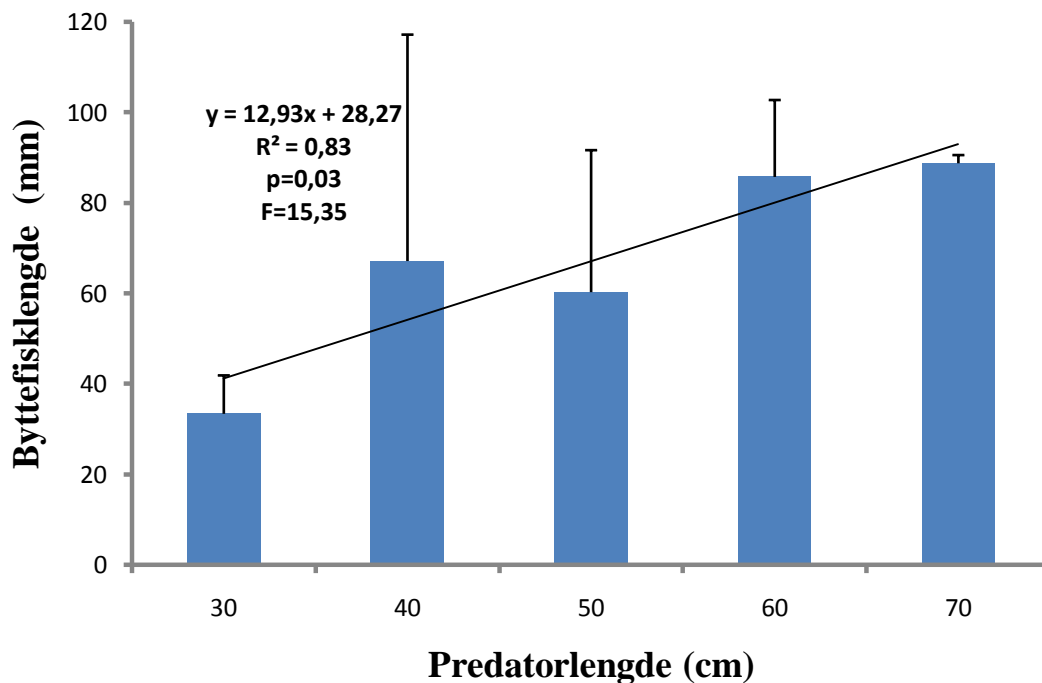
**Tabell 4. Antall og andel (%) av de ulike byttefiskartene i mage/tarminnholdet hos asp fanget i Øyeren 2010.**

Byttefiskart	Antall asp med byttefisk	Antall byttefisk	Fordeling av byttearter (%)
Krøkle	35	90	73,2
Hork	4	22	17,8
Abbor	3	4	3,3
Mort	3	3	2,4
Niøye	1	4	3,3
<b>Totalt</b>		123	100

Lengden av byttefiskene funnet i mageinnholdet varierte fra 21 mm til 202 mm, med hovedvekt av byttefisk under 100 mm (figur 16). Asp hadde tatt krøkle opp til 35 %, og mort opptil 30 % av egen lengde. Lengdene til niøyene lot seg ikke bestemme fordi de var sterkt fordøyd. Det var en signifikant tendens til at preferansen for større krøkler øker når predatorens lengde øker (figur 17), selv om forskjellene mellom de ulike lengdeklassene av asp var små.



Figur 16. Lengde av asp (predator) og lengde av byttefiskene abbor (●), hork (●), krøkle (●) og mort (●) funnet i mageprøvene fra asp i Øyeren sommer/høst 2010 (n=119).

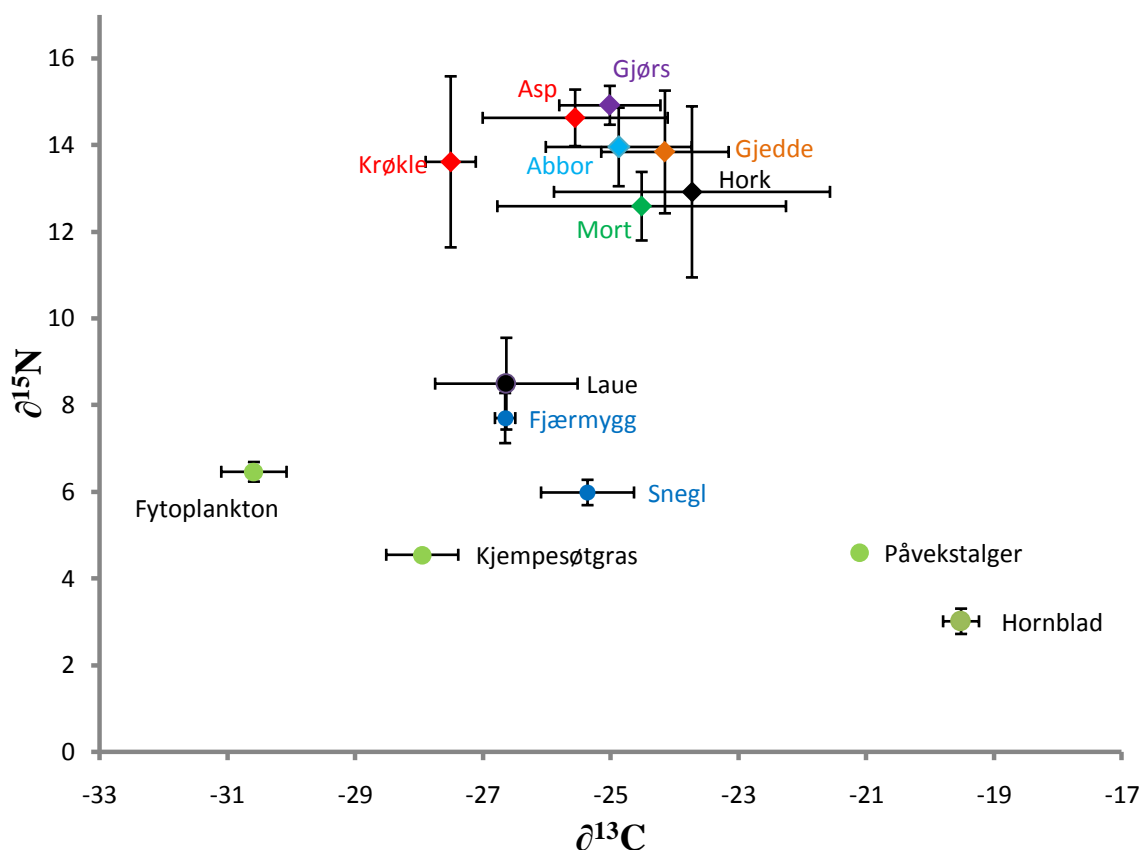


Figur 17. Gjennomsnittlig lengde av krøkle funnet som byttefisk, og predatorlengde (asp) i materialet fra Øyeren 2010 (n=90). Trendlinjen er tegnet inn. Vertikale linjer angir standardavvik.

Seks av ti undersøkte krøklere hadde tomme mager, mens de resterende fire krøklene hadde kun fisk som identifiserbart innhold. Alle byttefiskene i mageinnholdet var krøkle, med lengder beregnet til 41 til 93mm. En av krøklene hadde tatt to andre krøklere, mens de resterende tre hadde kun ett individ i magen. Krøklene som hadde tatt annen krøkle var fra 160 til 223mm, slik at krøkle hadde tatt byttefisk opp til 38 prosent av sin egen lengde.

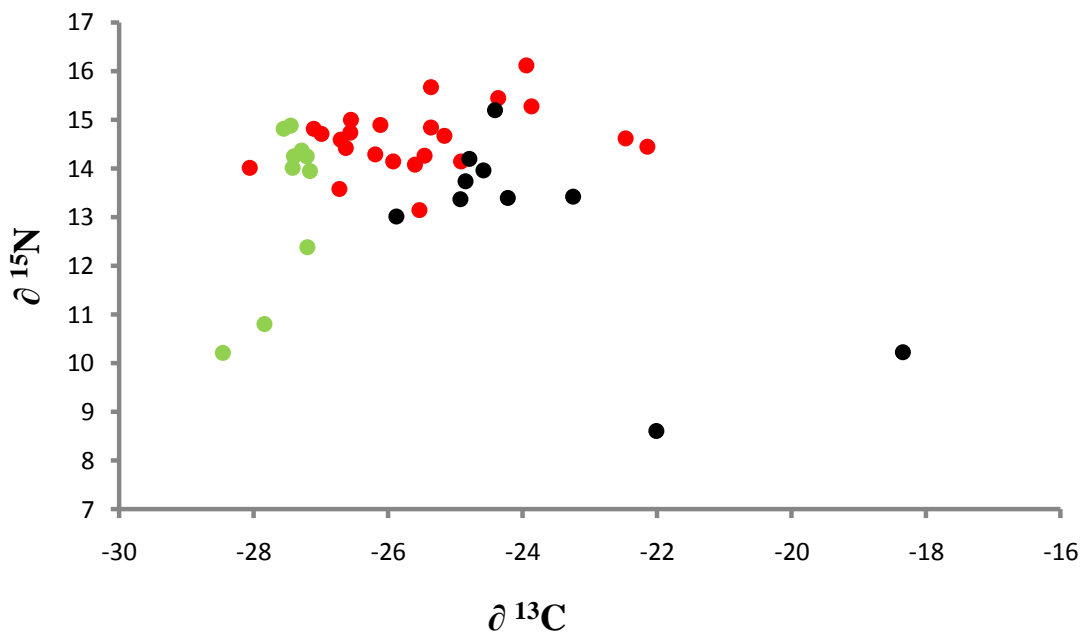
Blandprøvene av mageinnholdet til hork besto av fjærmygg (*Chironomidae sp.*), husbyggende vårfluer (*Trichoptera sp.*), ertemusling (*Pisidium sp.*) og zooplankton. Av totalt 15 undersøkte mager var 9 tomme. For de seks individene med mageinnhold utgjorde fjærmygg om lag 50 % av volumet. Husbyggende vårfluer og ertemusling stod for ca 20 volum% hver, mens 5 volum% av innholdet var zooplankton. Mageinnhold som ikke lot seg bestemme utgjorde 5 volum%.

Analysene av stabile nitrogenisotoper ( $\delta^{15}\text{N}$ ) viste en forskjell på 11,1 ‰ mellom laveste verdi for påvekstager og høyeste verdi for gjørs (Moseby 2011) (figur 18). Siden forskjellene mellom to trofiske nivå er funnet å være omtrent 3,4 ‰ (Vander Zanden & Rasmussen 2001; Post 2002), betyr det at det var minst tre trofiske nivå i Øyeren i 2010. Forskjellen mellom fiskeartene var opp til 8,2 ‰, noe som tilsa at det var to trofiske nivåer mellom fiskeartene som ble analysert i Øyeren i 2010.



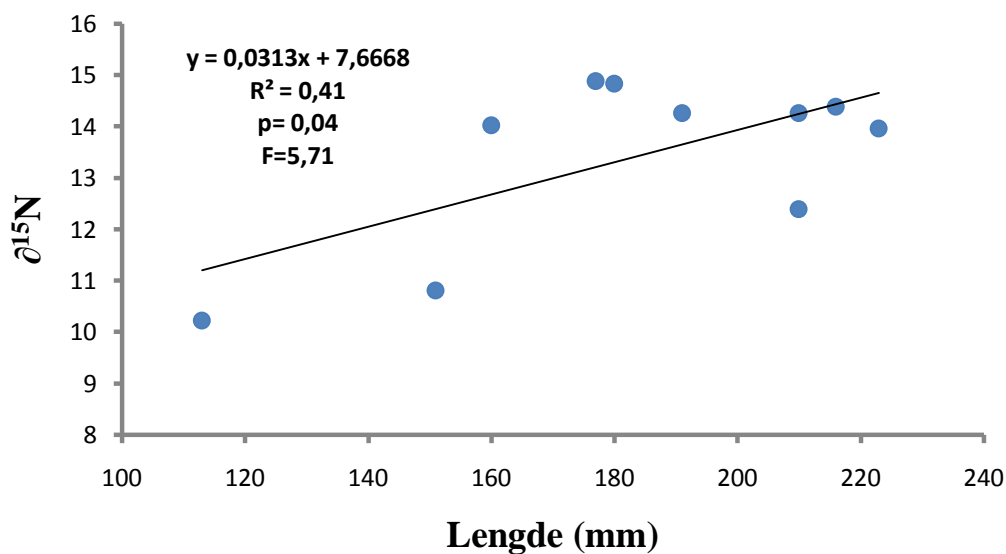
**Figur 18.**  $\delta^{15}\text{N}$  og  $\delta^{13}\text{C}$ - verdier i fisk, evertebrater, fytoplankton, påvekstalger og høyere planter samlet inn i Øyeren sommeren/høsten 2010. Vertikale- og horisontale linjer angir standardavvik. (Figuren er basert på data som også er benyttet av Moseby (2011) og Greipsland (2011)).

Asp hadde signifikant høyere  $\delta^{15}\text{N}$ -verdier enn både krøkle ( $T = 2,21$   $p=0,026$ ,  $DF= 10$ ) og hork ( $T=2,65$ ,  $p= 0,013$ ,  $DF=10$ ) men variasjonene var store mellom individer hos krøkle og hork (figur 19). Samtidig hadde asp høyere trofisk posisjon enn både abbor ( $p= 0,004$ ) og gjedde ( $p= 0,022$ ), men ikke gjørs ( $p=0,947$ ) (Moseby 2011).  $\delta^{13}\text{C}$ - verdiene for asp hadde store variasjoner, med nesten 6 ‰ mellom laveste og høyeste verdi, noe som indikerer en bred utnyttelse av ulike habitat i Øyeren. De store forskjellene i  $\delta^{15}\text{N}$  – verdier i krøkle (4,4 ‰) indikerer at det forekommer to trofiske nivå hos krøkle i Øyeren. Krøkle hadde lite varierende  $\delta^{13}\text{C}$ - verdier, ved at forskjellen mellom høyeste og laveste verdi var 1,3 ‰. Krøkle virket å være den mest utpregete pelagiske fiskearten av de undersøkte artene i Øyeren sommeren/høsten 2010. Verdiene for  $\delta^{15}\text{N}$  for hork var delt i to nivåer, med henholdsvis 8-10 og 13-15  $\delta^{15}\text{N}$ . De samme to ”gruppene” var også forskjellige med tanke på  $\delta^{13}\text{C}$ - verdier, som indikerer forskjell i både trofi og habitatutnyttelse også hos hork.



**Figur 19.**  $\delta^{15}\text{N}$  og  $\delta^{13}\text{C}$  hos asp (●), krøkle (●) og hork (●) samlet inn i Øyeren sommeren/høsten 2010.

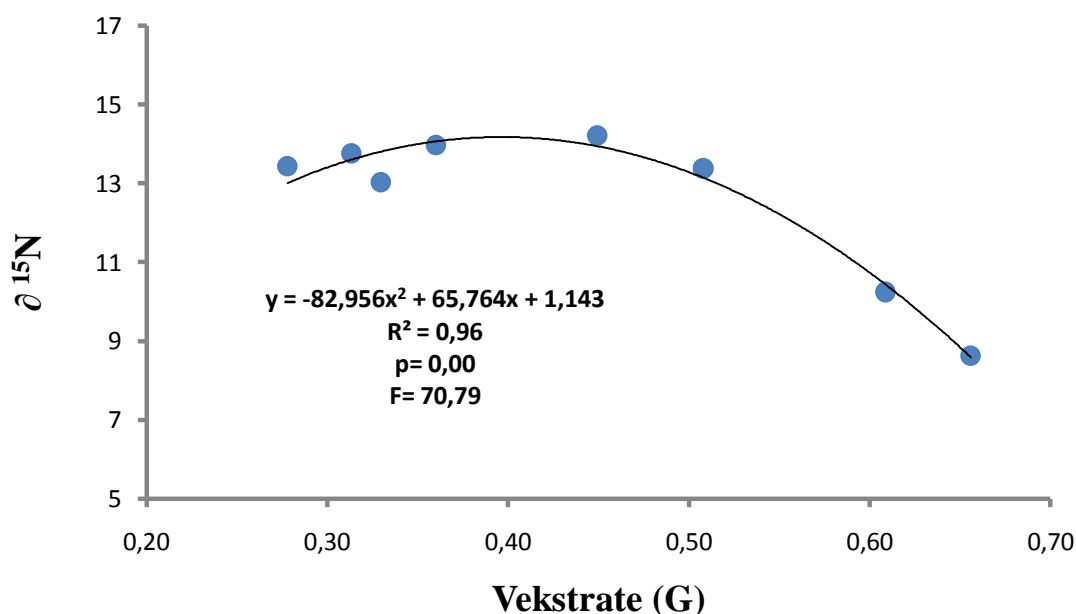
Det var ingen klar trend på verken sammenheng mellom  $\delta^{15}\text{N}$  og lengde, vekt, alder eller gjennomsnittlig, årlig vekstrate for asp. Samtidig var det ingen signifikante sammenhenger mellom  $\delta^{13}\text{C}$ - verdiene og alder, lengde eller vekstrate. For krøkle var det en signifikant positiv sammenheng mellom  $\delta^{15}\text{N}$ - verdi og lengde (figur 20).



**Figur 20.** Lengde og  $\delta^{15}\text{N}$ - verdi hos krøkle fanget i Øyeren 2010 (n=10).



For hork var det en signifikant negativ sammenheng (ikke-lineær regresjon) mellom trofisk posisjon og gjennomsnittlig årlig vekstrate ( $\bar{G}$ ) (figur 21).

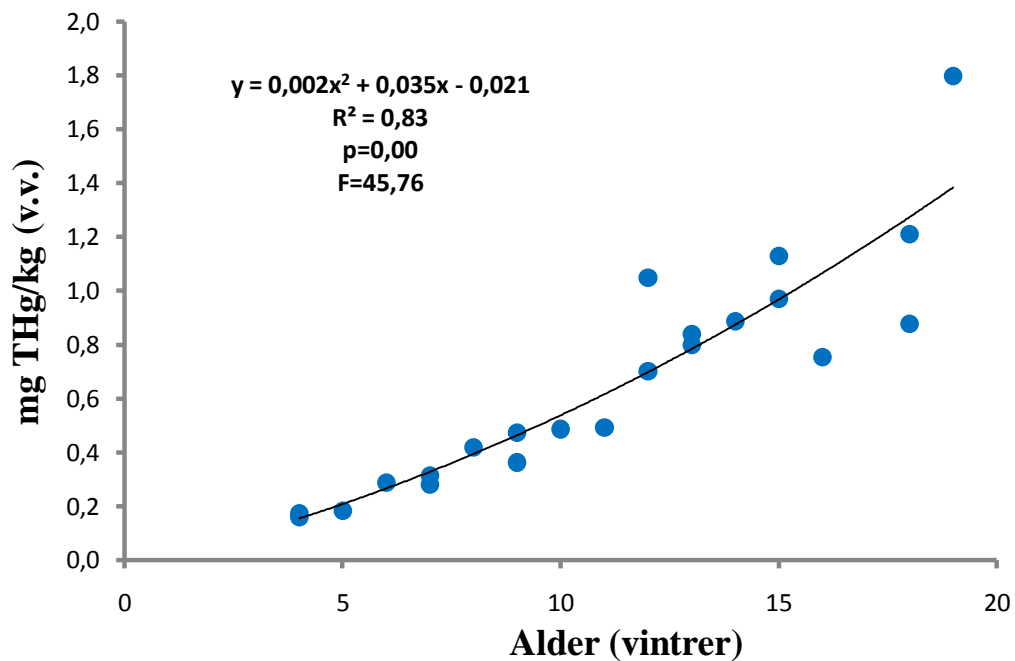


Figur 21. Gjennomsnittlig, årlig vekstrate ( $\bar{G}$ ) og  $\delta^{15}\text{N}$  for hork fra Øyeren 2010 (n=9).

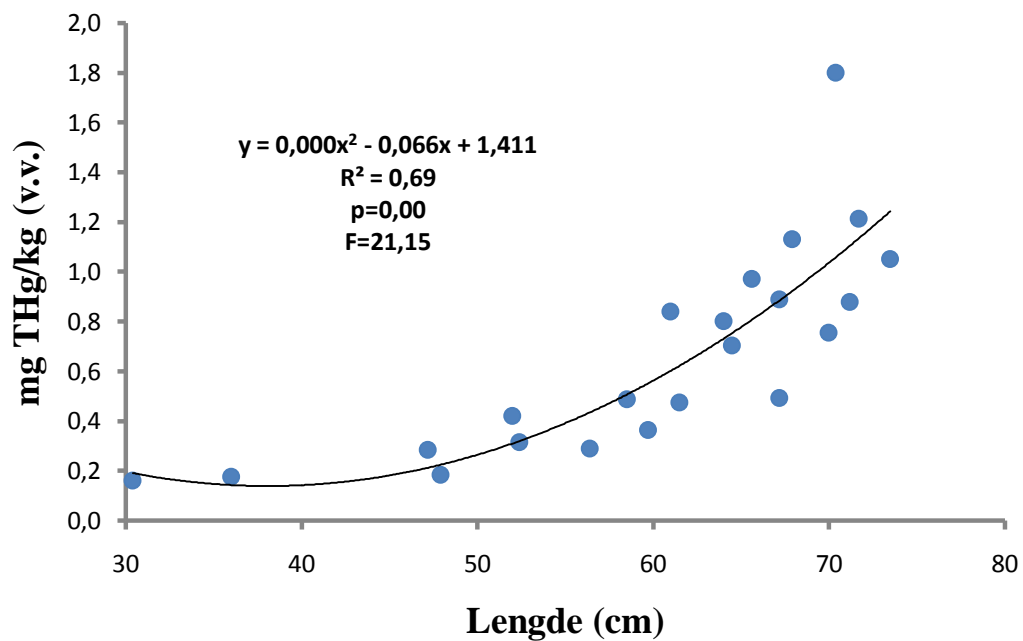
### 3.4. Kvikksølvinnhold

#### 3.4.1. Asp

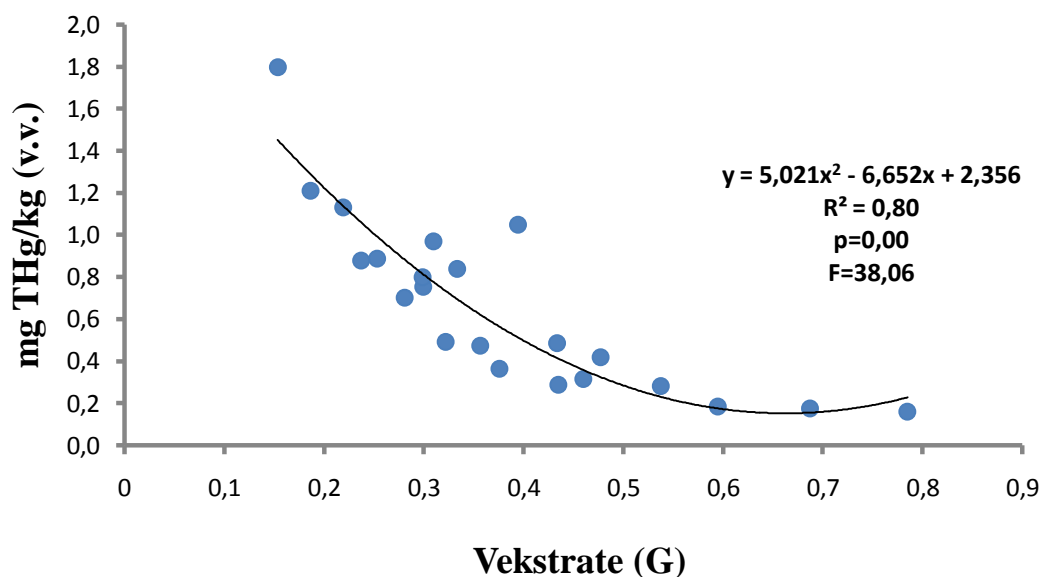
Asp hadde kvikksølvkonsentrasjoner i muskelvev mellom 0,16 og 1,8 mgTHg/kg, våt vekt (v.v.). Kvikksølvnivået i fisken korrelerte med alder, lengde og gjennomsnittlig, årlig vekstrate. Best korrelasjon ble funnet med alder (figur 22), men det var også en positiv sammenheng mellom lengde og kvikksølvkonsentrasjon (figur 23). Det var en negativ sammenheng mellom kvikksølvkonsentrasjonen og gjennomsnittlig, årlig vekstrate ( $\bar{G}$ ), som er en funksjon av alder og årlig lengde/vektøkning. Ved lav gjennomsnittlig, årlig vekstrate ( $\bar{G}$  -verdi) hadde fiskene et høyere kvikksølvinnhold enn ved høy vekstrate (figur 24).



Figur 22. Alder (vintre) og kvikksølvkonsentrasjon hos asp i Øyeren 2010 (n=22).

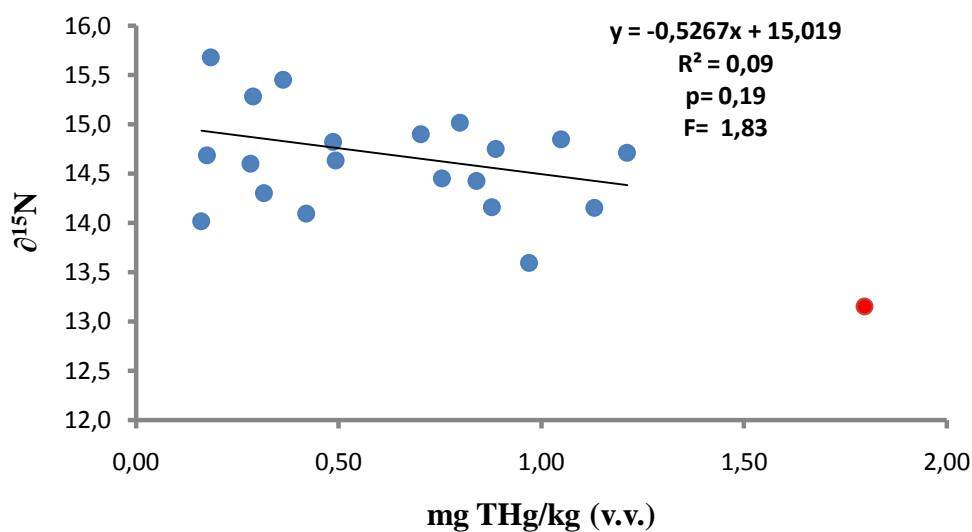


Figur 23. Lengde og kvikksølvkonsentrasjon hos asp tatt i Øyeren 2010 (n=22).



Figur 24. Gjennomsnittlig, årlig vekstrate ( $\bar{G}$ ) og kvikksølvkonsentrasjon hos asp tatt i Øyeren 2010 (n=22).

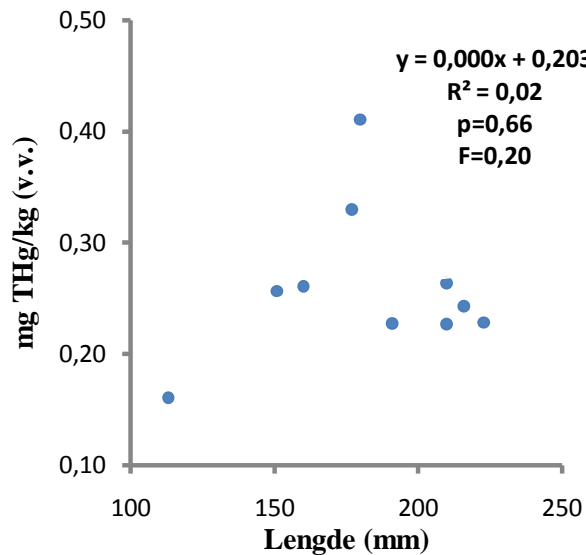
Det ble ikke observert noen signifikant trend på kvikksølvkonsentrasjoner i asp ut fra verdien for trofisk nivå ( $\delta^{15}\text{N}$ ), selv om det kan indikeres en svak negativ trend (figur 25). Det ene individet som opprinnelig presset trendlinjen ned er tatt bort fra regresjonen, siden dette individet var en kraftig avviker, både i denne og i andre regresjoner som omfatter kvikksølvkonsentrasjoner i Øyeren 2010. Det var ingen sammenheng mellom kvikksølvkonsentrasjon og  $\delta^{13}\text{C}$ -verdier i asp.



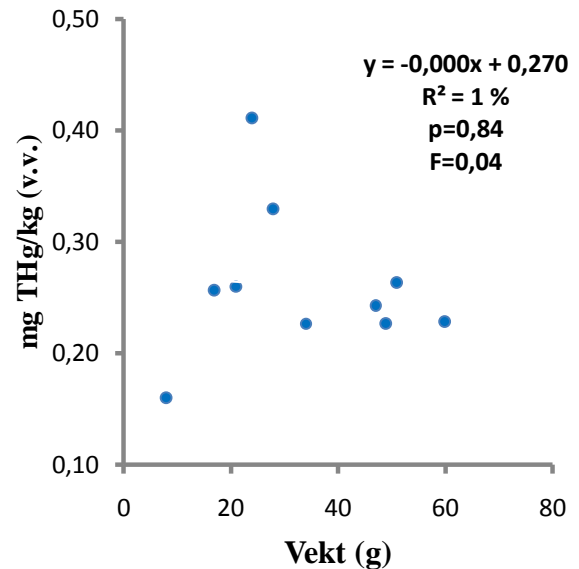
Figur 25. Stabile isotoper av nitrogen og kvikksølvkonsentrasjon hos asp i Øyeren sommeren/høsten 2010. Rødt punkt (●) angir en avvikende verdi som ikke er medregnet i regresjonen (n=21).

### 3.4.2. Krøkle

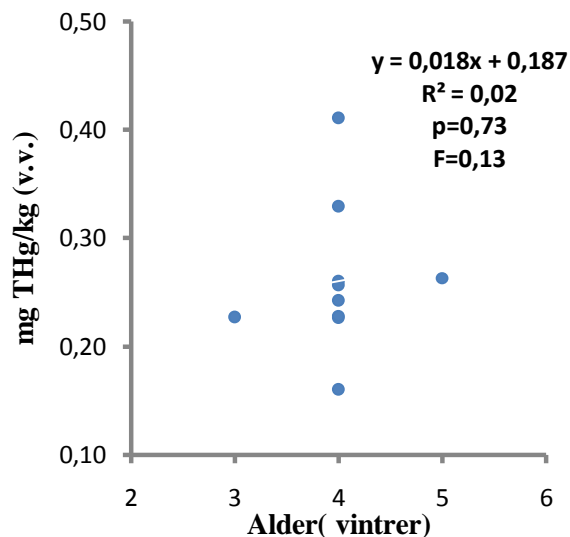
Krøkle hadde relativt høye kvikksølvkonsentrasjoner, med en variasjon fra 0,16 til 0,41 mgTHg/kg. Verken lengde, vekt, alder eller gjennomsnittlig, årlig vekstrate ( $\bar{G}$ ) korrelerte med kvikksølvkonsentrasjonen (figur 26, 27, 28 og 29), selv om det var en svak trend til negativ sammenheng mellom kvikksølvkonsentrasjon og gjennomsnittlig, årlig vekstrate.



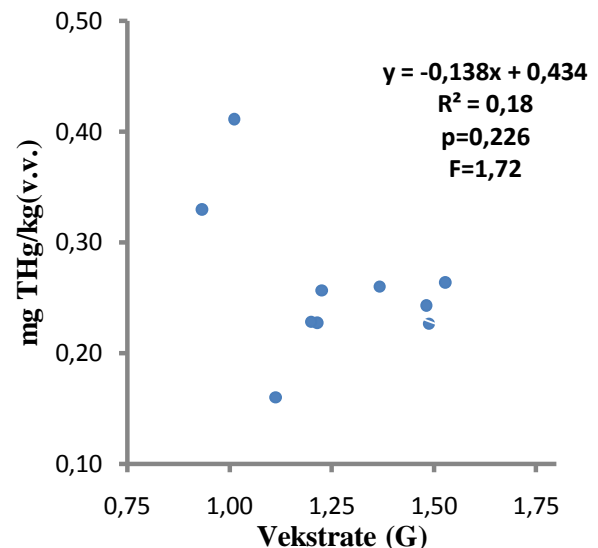
Figur 26. Fiskelengde (mm) og kvikksølvkonsentrasjoner hos krøkle fanget i Øyeren sommeren/høsten 2010 (n=10).



Figur 27. Vekt (g) og kvikksølvkonsentrasjoner hos krøkle fra Øyeren 2010 (n=10).

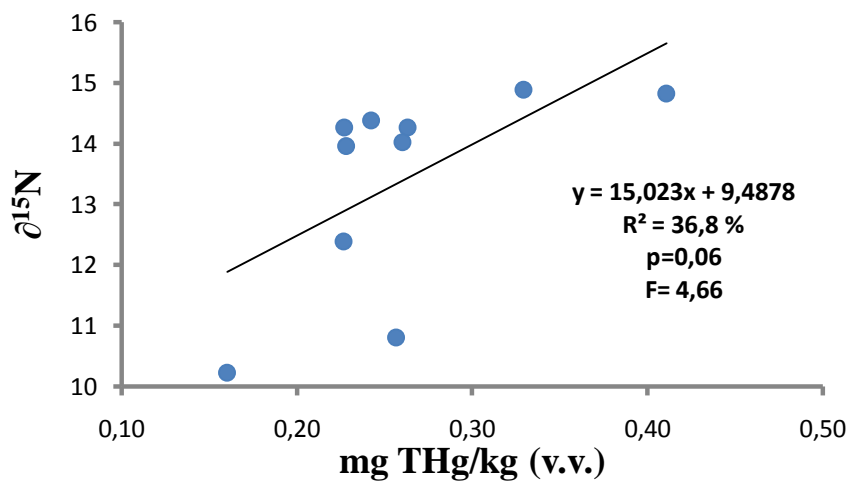


Figur 28. Alder (vintre) og kvikksølvkonsentrasjoner hos krøkle fanget i Øyeren 2010 (n=10).



Figur 29. Gjennomsnittlig, årlig vekstrate ( $\bar{G}$ ) og kvikksølvkonsentrasjoner hos krøkle fra Øyeren 2010 (n=10).

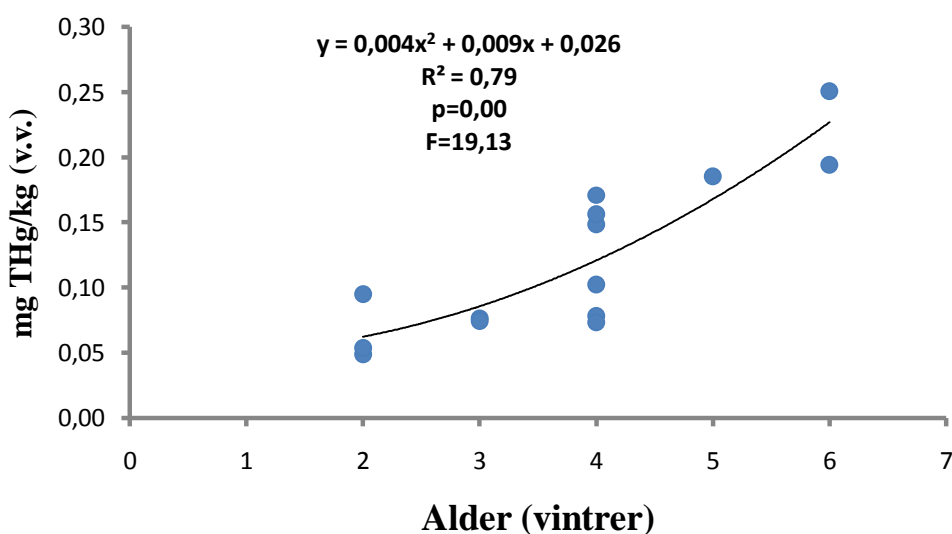
For krøkle var det trend til en økning i kvikksølvkonsentrasjon med økning i trofisk posisjon ( $\delta^{15}\text{N}$ ) og kvikksølvkonsentrasjon, men den var heller ikke signifikant (figur 30).



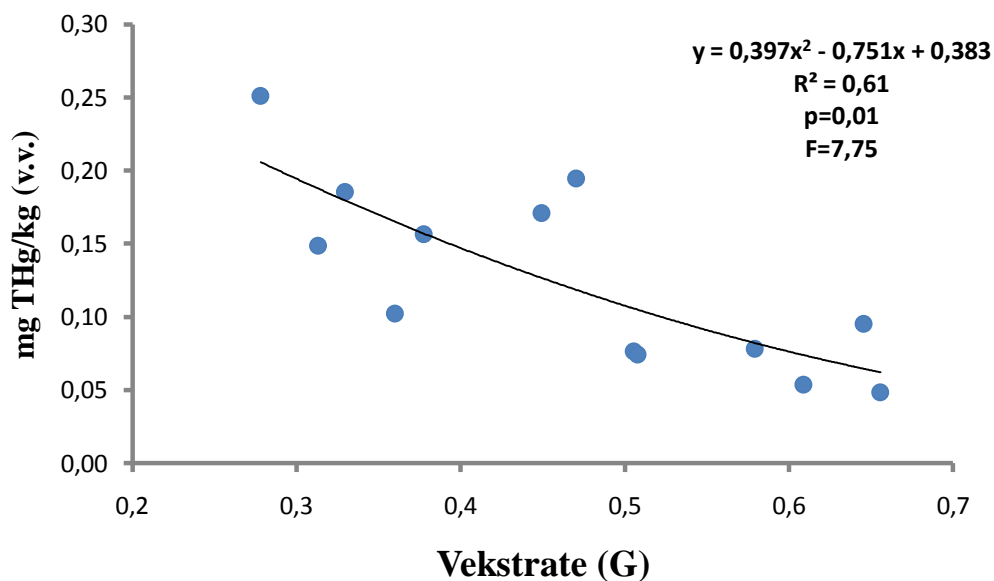
Figur 30.  $\delta^{15}\text{N}$ -verdi og kvikksølvkonsentrasjon hos krøkle fanget i Øyeren 2010 (n= 10).

### 3.4.3 Hork

Kvikksølvinnholdet i hork varierte fra 0,049 til 0,15 mgTHg/kg. Halvparten av fiskene hadde kvikksølvkonsentrasjoner over 0,1 mgTHg/kg. Det var en signifikant sammenheng mellom alder og kvikksølvkonsentrasjonen i hork (figur 31). Det var dessuten en signifikant negativ sammenheng mellom gjennomsnittlig, årlig vekstrate ( $\bar{G}$ ) hos hork og kvikksølvkonsentrasjonen (figur 32). For lengde og kvikksølvkonsentrasjon var det ingen signifikant sammenheng (regresjon,  $R^2=0,54$ ,  $p=0,425$ ,  $F=0,68$ ).

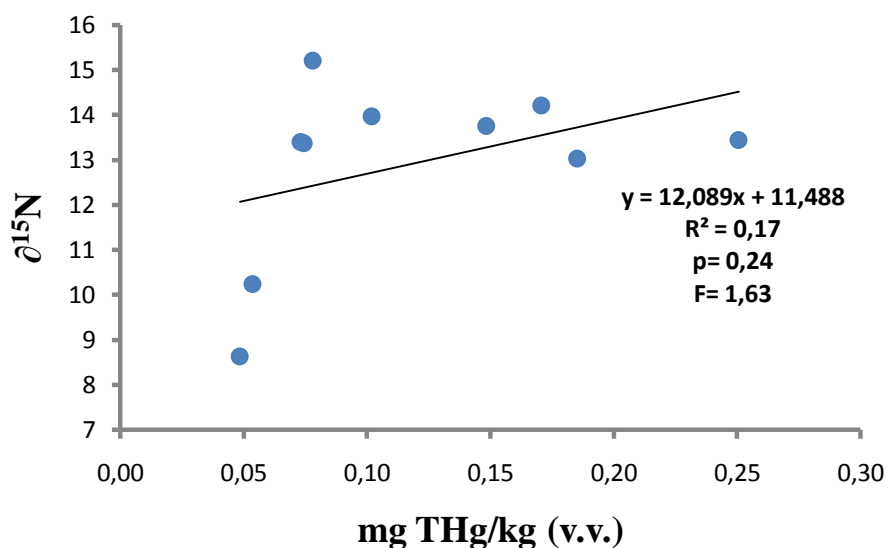


Figur 31. Kvikksølvkonsentrasjon (mgTHg/kg) og alder hos hork tatt i Øyeren 2010 (n=14).



Figur 32. Kvikksølvkonsentrasjon (mgTHg/kg) og gjennomsnittlig, årlig vekstrate ( $\bar{G}$ ) hos hork (n=13).

Sammenhengen mellom  $\delta^{15}\text{N}$ -verdien og kvikksølvkonsentrasjon hos hork virket å være positiv, men er ikke signifikant (figur 33). De to individene som skilte seg ut fra resten med tanke på både  $\delta^{15}\text{N}$  og  $\delta^{13}\text{C}$ , var også avvikere i denne sammenhengen.



Figur 33. Stabile isotoper av nitrogen ( $\delta^{15}\text{N}$ ) og kvikksølvkonsentrasjon hos hork fra Øyeren 2010 (n=10).

## 4. Diskusjon

### 4.1. Diskusjon

Kvikksølvkonsentrasjonene i asp i Øyeren sommeren/høsten 2010 var mellom 0,16 og 1,8 mgTHg/kg, noe som samsvarer med konsentrasjoner funnet i utenlandske studier (Studnicka 1981; Csepai & Waijant 1989; Dusek et al. 2005; Kensova et al. 2010). Den sterkt positive sammenhengen mellom alder/lengde og kvikksølvkonsentrasjon i asp er et resultat av at kvikksølv bioakkumuleres og oppkonsentreres over tid i fisken raskere enn det skilles ut (Morel et al. 1998; Bjerregaard 2005). Ved flere tidligere undersøkelser er det funnet en tilsvarende sterk positiv sammenheng mellom både alder og lengde og kvikksølvkonsentrasjoner (Rognerud et al. 2002; Lien & Brabrand 2004; Fjeld et al. 2007; Sharma et al. 2008). Moseby (2011) fant at kvikksølvkonsentrasjon i gjedde og abbor i Øyeren korrelerte godt med alder for begge arter. Kvikksølvkonsentrasjon økte betraktelig hos gjedde og abbor når årlig vekstrate hos individene gikk sterkt ned (Moseby 2011), tilsvarende som hos asp der kvikksølvkonsentrasjonen økte kraftig rundt 10 års alder. Dette indikerer at veksten påvirker kvikksølvkonsentrasjonen mye, og fisk som vokser godt (høy  $\bar{G}$ -verdi) og har liten vekststagnering får en biofortynningseffekt, som vist i andre studier (Campbell et al. 2003; Stafford et al. 2004; Simoneau et al. 2005; Desta et al. 2007; Sharma et al. 2008).

Alders- og lengdefordelingen av asp, med en stor andel gammel og stor fisk, med en klar totoppet aldersfordeling samsvarer ikke med tidligere funn i Øyeren (Øxnevad 1995; Brabrand 2002). En totoppet aldersfordeling, og en høy andel gammel og stor fisk, kan i denne sammenhengen trolig forklares med et resultat av selektivt fiske. Likevel er det interessant å se at 1995-årsklassen var så sterkt representert i fangstene i 2010 (24 %). I 1995 var det storflom i Glommavassdraget, og året var preget av en kald vår og store vannmengder på sommeren (opptil 3 meter over høyeste regulerte vannstand) (Anon 1996). Hvorfor denne årsklassen var så sterk er vanskelig å forklare, men det er også observert sterke årsklasser hos andre arter i Øyeren fra 1995 (Brabrand 2002; Moseby 2011).

Ved alle undersøkelser av vekst hos asp i Øyeren er det funnet at den når en lengde på omtrent 10 cm første året, og vokser til en lengde rundt 60 cm ved ni til ti års alder (Øxnevad

1995; Brabrand 2002; vedlegg 2). Asp er en art som går tidlig over på fiskediett (Brabrand 2002; Krpo-Cetkovic et al. 2009 ), og den relativt stabile veksten asp i Øyeren har hatt over en lang tidsperiode antyder at tilgjengelig byttefisk heller ikke har variert mye.

Det er tidligere ikke foretatt kvikksølvanalyser av asp i Øyeren, og dermed vet vi ikke om utviklingen med hensyn til kvikksølv, men andre undersøkelser av ferskvannsfisk i Norge viser dog at kvikksølvkonsentrasjonene har økt siden 1990-tallet (Fjeld et al. 2009; Fjeld & Rognerud 2009). Det er derfor en mulighet for at dette også kan være tilfelle for asp selv om vekst og dermed grad av biofortyning av kvikksølv ikke er endret for asp i Øyeren.

Hos flere fiskearter, også i Øyeren, vokser hunnene raskere og blir større enn hannene (Moseby 2011), men vekstforskjellene mellom hann- og hunnasp i 2010 var svært små, og ikke signifikant forskjellig. Tilsvarende er det funnet små forskjeller i vekst mellom hann- og hunnasp i Polen (Kompowski & Neja 2003). Det betyr at det heller ikke skulle forventes særlige forskjell i kvikksølvkonsentrasjon mellom hann- og hunnfisk hos denne arten.

Kvikksølvkonsentrasjoner i fisk påvirkes i stor grad av diett og trofisk nivå (Rask & Metsälä 1991; Rognerud et al. 2002; Sharma et al. 2008). Kvikksølvkonsentrasjonen øker kraftig idet en fisk går fra for eksempel zooplanktondiett til å bli fiskeeter, på grunn av biomagnifisering av kvikksølv (Cabana & Rasmussen 1996; Rognerud et al. 2002; Wiener & Suchanek 2008 ). Alle identifiserbare rester i mageinnholdet hos asp var rester av fisk. Asp er en meget utpreget rovfisk, med diettskifte fra zooplankton til bunndyr og videre til fisk det første leveår (Pennanen 2008). Magesystemet hos asp er kortere enn for andre arter i karpefamilien (Junger et al. 1989), noe som tilsier en rask fordøyelse av byttet.

Asp hadde ifølge isotopanalysen av  $\delta^{13}\text{C}$  det mest utpregete pelagiske levesettet sammenliknet med de andre undersøkte rovfiskene i Øyeren (Moseby 2011), men forskjellene mellom individer var stor. Samtidig viste  $\delta^{15}\text{N}$ - verdiene at asp var en utpreget fiskeeter på et høyt trofisk nivå, siden  $\delta^{15}\text{N}$ - verdiene var signifikant høyere enn abbor og gjedde (Moseby 2011), samt hork og krøkle. Det var ingen signifikant sammenheng mellom  $\delta^{15}\text{N}$ - verdi og kvikksølvkonsentrasjonen for asp i Øyeren i 2010. Dette kan trolig forklares med at alle asp i



undersøkelsen hadde kommet opp til et høyt trofisk nivå ved ung alder og holdt seg på samme trofiske nivå hele livet, dvs. at konsumert byttfisk heller ikke har endret sitt trofiske nivå, og mest sannsynlig er det de samme artene som har inngått som viktigste byttfisk for asp i Øyeren også for yngre fisk. På den annen side kan de relativt store forskjellene i kvikksølvkonsentrasjonen mellom individene kanskje antyde at fiskene kan spesialisere seg på byttfiskart og byttfiskhabitat. Diettspesialisering hos fisk er for eksempel vist for røye, og slik spesialisering slår blant annet ut i forskjeller i parasittinfeksjoner (Amundsen et al. 1995; Knudsen et al. 1996).

Aspen i Øyeren konsumerte betydelig mer krøkle enn andre tilgjengelige byttfiskarter. I andre studier (Krpó-Cetkovic et al. 2009) betegnes asp som en opportunistisk predator som hovedsakelig consumerer de fiskeartene som har den høyeste tettheten i tid og rom. Krøkle og hork er to av de artene det er høyest tetthet av i henholdsvis den pelagiske og profundale delen av Øyeren (Brabrand 1993, Brabrand 2002), og disse to artene har vært viktige byttfisk for asp ved tidligere undersøkelser i Øyeren (Øxnevad 1995; Brabrand 2002). I den kalde delen av året er næringsnisjen for asp smalest (Krpó-Cetkovic et al. 2009), og det er trolig sesongvariasjoner i byttfiskvalget også i Øyeren. Lokale sportsfiskere forteller om store mengder asp i Svellet under lauegytingen i månedsskifte mellom juni og juli (Hjalmar Eide pers. medd.), slik at det kunne forventes et stort innslag av laue i dietten i denne perioden, men asp ble ikke samlet inn i Svellet i min undersøkelse.

Preferansen for større byttfisk (spesielt krøkle) økte når aspens lengde økte, selv om økningen mellom de ulike lengdeklassene av asp var svært liten. Det er enklere å ta krøkle enn mort og abbor med samme lengde, da krøkla er betydelig slankere og lettere å håndtere (Brabrand 2000). Siden asp ikke har tenner i kjeven eller munnen, er det naturlig at asp tar de lettest håndterbare byttene.

Tidligere studier forteller om store mengder små fisk (under ti cm) i den pelagiske sonen i innsjøen (Brabrand 2002), og høyst sannsynlig utgjør krøkle en stor del av denne fiskemengden, noe som støttes av mageinnholdet til asp i min undersøkelse og isotopanalysene med  $\delta^{13}\text{C}$ -verdier som antyder et matopptak i den pelagiske sonen i Øyeren. Fangbarheten på de små krøklene er trolig svært lav med de maskeviddene som er brukt i

begge undersøkelsene, og fangst av krøkle per innsats ved garnfiske sier derfor lite om den reelle tettheten av krøkle i innsjøen (Brabrand 2002).

Ved to års alder var krøklene gjennomsnittelig omtrent 90mm, mens de oversteg 150mm ved fire års alder. Veksten var relativt variert, noe som trolig var et resultat at både såkalte ”normal-krøkler” og ”krøkle-kjør” var representert i fangstene. Kjennetegn på ”krøkle-kjør” er at de vokser seg store (over 15 cm), og er utpregete fiskeetere, mens krøkle som ikke slår over på fiskediett i samme grad vokser seint og forblir små (Sandlund et al. 1980). Den gode veksten til en del av krøklene i min undersøkelse, samt de relativt høye  $\delta^{15}\text{N}$ -verdiene tyder på at dette er individer som har gått over på fiskediett tidlig (Hansson et al. 1997; Sandlund & Næsja 2000). Siden fire av ti undersøkte krøkler hadde små krøkler i mageinnholdet, betyr dette at krøkle opptrer som kannibal i Øyeren. Den store forskjellen i  $\delta^{15}\text{N}$  mellom individer av krøkle kan imidlertid indikere at ikke all krøkle blir utpregete fiskeetere og kannibaler. Kannibalisme hos krøkle er observert i flere innsjøer (Sandlund et al 1980; Vinni et al. 2004; Northcote & Hammar 2006). Det er hovedsakelig krøkler over 12-14 cm som opptrer som kannibaler (Sandlund et al. 1980), men det er observert kannibaler ned i sju cm (Vinni et al. 2004). Selv om fisk er en viktig del av dietten hos krøkle, eter de ikke utelukkende fisk, men kan også ete krepsdyrplankton og større krepsdyr (Sandlund & Næsja 2000; Sandlund et al. 2005).

Aspen jakter trolig de minste krøklene aktivt, men kan også fortære dem som sekundærbytte fra større krøkle. Hvor grensen mellom primær- og sekundærbytte går, er vanskelig å fastslå, da noen av mageprøvene fra asp som inneholdt små krøkler også inneholdt store. Krøkle kan generelt konsumere småkrøkler opp til 50 % av sin egen størrelse (Vinni et al. 2004), slik at det kunne antas at krøkler i Øyeren også gjør det. Hvis det var tilfelle, kunne asp som hadde konsumert krøkle på 160 mm, fått i seg krøkler opp til 80 mm som sekundærbytte, og 40 mm som tertiærbytte. Den minste krøkla i 2010 hadde den laveste kvikksølvkonsentrasjonen og den laveste  $\delta^{15}\text{N}$ -verdien i 2010, som mest sannsynlig har sammenheng med lavt innslag av fisk i dietten. Dette vil kunne påvirke både den trofiske statusen til aspen, men også kvikksølvkonsentrasjonene, avhengig av blant annet andelen av stor krøkle i dietten til asp.

Ved siden av krøkle var hork den nest viktigste byttefisk i materialet fra 2010. Hork beiter som oftest bunndyr på et lavt trofisk nivå (Kangur et al. 2003; Bauer et al. 2006; Tarvainen et al. 2008), slik at innslag av relativt høye kvikksølvkonsentrasjoner i hork fra Øyeren (50 % av fiskene hadde konsentrasjoner over 0,1 mgTHg/kg) var noe uventet ut fra dietten. Horken har hovedsakelig et bentisk levesett, med fjærmygg, fåbørstemark og små muslinger som hoveddiett (Kangur et al. 2003; Bauer et al. 2006; Tarvainen et al. 2008). Hork kan også opptre pelagisk og beite zooplankton, men får da en dårligere vekst (Kangur et al. 2003; Tarvainen et al. 2008). I Øyeren sommeren 2010 var fjærmygg det viktigste byttedyret, med innslag av muslinger, vårfluer og zooplankton. Dette samsvarer med tidligere undersøkelser av bunndyrfaunaen i Øyeren (Sloreid & Halvorsen 2002), som forteller om store mengder fjærmygg.

Siden krøkle er en betydelig mer utpreget fiskeeter enn hork (Sandlund et al. 2005) og har gjennomgående høyere kvikksølvkonsentrasjoner, må det forventes at kvikksølvkonsentrasjonen i individer av asp også vil kunne variere avhengig av for eks. byttefiskpreferanser hos enkeltindividene av asp. Et eventuelt innslag av laue i dietten vil også påvirke kvikksølvkonsentrasjonene i asp, da laue hadde relativt lave kvikksølvkonsentrasjoner (vedlegg 1).

Voksne personer kan ifølge Verdens Helseorganisasjon (FAO/WHO 2006) ha et ukentlig inntak på maksimalt 1,6 µg metylkvikksølv per kg kroppsvekt uten at det gir negative konsekvenser for helsen. Dette betyr at en person på 75 kg kan innta 0,12 mg MeHg ukentlig, tilsvarende et fiskemåltid på 250 g fiskefilet med kvikksølvkonsentrasjon på 0,5 mgMeHg/kg, uten at det fører til helsemessige problemer etter dagens gjeldende anbefalinger. FAO/WHO (2006) indikerer likevel at denne anbefalingen trolig er lavere enn nivået som et normalt voksent menneske kan konsumere uten effekter, men at det gitte nivået er det sikreste å forholde seg til. Siden metylkvikksølv står for 93 % av totalkvikksølvet i asp fra Øyeren (Greipsland 2011), overføres grensen direkte til totalkonsentrasjonene (THg) i denne undersøkelsen. En kostholdsgrense på 0,5 mgHg/kg betyr at kun asp under 60 cm og 10 vintre fra Øyeren kan konsumeres. Det er likevel avgjørende at risikogrupper (barn, gravide og ammende) helt unngår å konsumere asp fordi kvikksølvkonsentrasjonene er ifølge FAO/WHO (2006) for høye for disse gruppene.

## 4.2. Konklusjon

De høye  $\delta^{15}\text{N}$ -verdiene i asp viser at asp er en typisk fiskeetende art, noe diettanalysene også viste, og det store innslaget av krøkle i aspens diett i Øyeren i 2010 antyder dessuten at asp er en pelagisk predator. Den store variasjonen i  $\delta^{13}\text{C}$ -verdiene mellom individer av asp kan likevel antyde at det kan være individuelle variasjoner mht. hvor asp beiter og hvilke byttefisk de tar. Det var en sterk sammenheng mellom både alder/kvikksølvkonsentrasjon og vekstrate/kvikksølvkonsentrasjon hos asp i Øyeren, noe som antyder at det er en bioakkumulering av kvikksølv i denne predatorfisken. Siden krøkle og hork er de viktigste byttefiskene for asp i Øyeren, vil de relativt høye kvikksølvkonsentrasjonene i disse to byttefiskene være hovedkilden for kvikksølv i asp og gi biomagnifisering av kvikksølv. Asp nyttes i dag lite som mat, og dermed representerer ikke kvikksølv i asp noen stor helsemessig risiko. Utenlandske sportsfiskere har likevel andre matkulturer enn nordmenn, og noen spiser flere av fiskeartene i Øyeren som ellers har blitt lite utnyttet. Det bør derfor opprettes kostholdsråd med hensyn til asp og gjøre dette allment kjent.

## 5. Referanser

- Amundsen, P.A., Damsgård, B., Arnesen, A.M., Jobling, M. & Jørgensen, E.H. 1995. Experimental evidence of cannibalism and prey specialization in Artic charr, *Salvelinus alpinus*. *Environmental Biology of Fishes* 43: 285-293.
- Anon 1996. Tiltak mot flom. Utredning fra et utvalg oppnevnt ved kongelig resolusjon 13. juli 1995 NOU 1996: 16. Olje og Energidepartementet, Oslo.
- Anon 2004. Driftsplan for Øyeren Grunneierlag, 2004-2008. Utmarksavdelingen for Akershus og Østfold, Ørje. 37ss.
- Anon 2010a. Handlingsplan for å redusere utslipp av kvikksølv – 2010. Rapport TA 2684/2010. Klima og Forurensningsdirektoratet, Oslo.
- Anon 2010b. Årsrapport fra Glommens og Laagens Brukseierforening, 2009. 40ss.
- Bauer, C.R., Bobeldyk, M. & Lamberti, G.A. 2007. Predicting habitat use and trophic interactions of Eurasian ruffe, round gobies, and zebra mussels in nearshore areas of the Great Lakes. *Biological Invasions* 9:667–678.
- Bjerregaard, P. 2005. Økotoksikologi. Gads Forlag, København. 152ss.
- Bloom, N.S. 1992. On the chemical form of mercury in edible fish and marine invertebrates tissue. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 49:1010-1017.
- Borgstrøm, R. 2000a. Bestandsanalyser – s.179-215. i: Borgstrøm, R. & Hansen, L.P. (Red.). Fisk i ferskvann. Et samspill mellom bestander, miljø og forvaltning. 2. utgave. Landbruksforlaget, Oslo.
- Brabrand, Å. 1985. Food of Roach (*Rutilus rutilus*) and Ide (*Leusiscus idus*): Significance of Diet Shift for Interspecific Competition in Omnivorous Fishes. *Oecologia* 66: 461-467
- Brabrand, Å. 1993. Tetthet, dybdefordeling og biomasse av fisk i Øyerenes dypområder. Laboratoriet for Ferskvannøkologi og Innlandsfiske, Zoologisk Museum, Universitet i Oslo 145: 32 ss.
- Brabrand, Å. 2000. Komplekse fiskesamfunn med dominans av karpefisk, abborfisk og gjedde – s. 130-144. i: Borgstrøm, R. & Hansen, L.P. (Red.). Fisk i ferskvann. Et samspill mellom bestander, miljø og forvaltning. 2.utgave. Landbruksforlaget, Oslo.
- Brabrand, Å. 2002. Miljøfaglige undersøkelser i Øyeren 1994-2000. Langtidsutvikling og forvaltning av fiskesamfunn. Laboratoriet for Ferskvannøkologi og Innlandsfiske, Zoologisk Museum, Universitet i Oslo 207: 88 ss.
- Cabana, G. & Rasmussen, J.B. 1996. Comparison of aquatic food chains using nitrogen isotopes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 93: 10844-10847.

- Campbell, L.M., Hecky, R.E., Nyaundi, J., Muggide, R. & Dixon, D.G. 2003. Distribution and food-web transfer of mercury in Napoleon and Winam Gulfs, Lake Victoria, East Africa. *Journal of Great Lakes Research* 29:267-282.
- Csepai, F. & Waijant, J. 1989. Heavy metal content in the branchiae of some Tisza-River fish. *Tiscia (Szeged)* 23: 97-105.
- Clarkson, T.W. 1993. Mercury- major issues in environmental-health. *Environ Health Perspect* 100: 31-8.
- Destá Z, Borgstrøm R, Rosseland BO, & Dadebo E. 2007. Lower than expected mercury concentration in piscivorous African sharptooth catfish *Clarius gariepinus* (Burchell). *Science of the Total Environment* 376: 134-42.
- Driscoll, C.T., Holsapple, J., Schofield, C.L. & Munson, R. 1998. The chemistry and transport of mercury in a small wetland in the Adirondack region of New York, USA. *Biochemistry* 40: 137-146
- Dusek, L., Svobodova, Z., Janouskova, D., Vykusova, B., Jarkovsky, J., Smid, R. & Pavlis, p. 2005. Bioaccumulation of mercury in muscle tissue of fish in the Elbe River (Czech Republic): multispecies monitoring study 1991-1996. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 61: 256-267.
- FAO/WHO. 2006. Food and Agriculture Organization of the United Nations/ World Health Organization Expert Committee on Food Additives (JECFA). Summary and conclusions of the sixty seventh meeting. Rome, 20-29<sup>th</sup> June 2006.
- Fjeld, E., Enge, E.K., Maage, A., Kjellberg, G., Øxnevad, S. & Ptacnikova, R. 2007. Miljøgifter i fisk og zooplankton i Mjøsa- 2007. Statlig program for forurensingsovervåkning, Rapport 1010/2007.
- Fjeld, E. & Rognerud, S. 2009. Miljøgifter i ferskvannsfisk, 2008. Kvikksølv i abbor og organiske miljøgifter i ørret. Statlig program for forurensingsovervåkning, Rapport 1056/2009.
- Fjeld, E., Rognerud, S. & Johansen, I. 2009. Kvikksølv i ørret sør-norge, 2008. Statlig program for forurensingsovervåkning, Rapport 1065/2009.
- Fredrich, F. 2003. Long-term investigations of migratory behaviour of asp (*Aspius aspius* L.) in the middle part of the Elbe River, Germany. *Journal of Applied Ichthyology* 19: 294-302.
- Garcia, E. & Carignan, R. 2005. Mercury concentrations in fish from forest harvesting and fire-impacted Canadian boreal lakes compared using stable isotopes of nitrogen. *Environmental Toxicology and Chemistry* 24: 685-693.
- Gjøsæter, J., Hesthagen, T., Borgstrøm, R., Brabrand, Å., Byrkjedal, I., Christiansen, J.S., Nedreaas, K., Pethon, P., Uiblein, F., Vøllestad, L.A. & Wienerroither, R. 2010. Fisker "Pisces" – s. 403-412 i: Kålås, J.A., Viken, Å., Henriksen, S. og Skjelseth, S. (red.). Norsk rødliste for arter 2010. Artsdatabanken, Norge.

- Grande, M. 1972. Resipientforholdene i Romeriksvassdragene Nitelva, Leira og Rømua. Rapportdel III - Fiskeribiologiske undersøkelser. Norsk institutt for vannforskning. 29 s + vedlegg.
- Greipsland, I. 2011. Kvikksølv i sediment og mort (*Rutilus rutilus*) fra Øyeren – Fokus på bioakkumulering og biomagnifisering. Masteroppgave i miljøvitenskap. Institutt for Plante og Miljøvitenskap, Universitetet for Miljø- og Biovitenskap, Ås.
- Gustafsson, P. 2006. Asp (*Aspius aspius*) i sjöar och vattendrag inom Finspångs, Linköpings och Norrköpings kommuner - förekomst och förslag till faunavårdande åtgärder. Natur i Norrköping 1:06. Norrköpings kommun.
- Hansson, S., Hobbie, J.E., Elmgren, R., Larsson, U., Fry, B. & Jahnsson, S. 1997. The stable nitrogen isotope ratio as a marker of food-web interactions and fish migration. *Ecology* 78: 2249-2257.
- Holtan, H. 1962. Undersøkelse av Øyeren som drikkevannskilde for Eidsberg Vannverk. NIVA, Blindern, Oslo.
- Huitfeldt-Kaas, H. 1918. Ferskvandsfiskenes Utbredelse og Indvandring i Norge med et Tillæg om Krebsen. Kristiania: Centraltrykkeriet. Lest i: Pethon, P. 2005. Aschehougs store fiskebok. 5. utgave. - H.Aschehoug & Co, Oslo.
- Høgåsen, T. 2010. Database over vannkjemiske målinger i Øyeren 1980-2009. Upublisert data. NIVA.
- Junger, H., Kotrschal, K. & Goldschmid, A. 1989. Comparative morphology and ecomorphology of the gut in European cyprinids (Teleostei). *Journal of Fish Biology* 34: 315–326.
- Kangur, P., Kangur, A., Kangur, K. & Möls, T. 2003. Condition and growth of ruffe *Gymnocephalus cernuus* (L.) in two large shallow lakes with different fish fauna and food recourse. *Hydrobiologia* 506–509: 435–441.
- Kensova, R., Celechovska, O., Doubravovoa, J. & Svobodova, Z. 2010. Concentrations of Metals in Tissue of Fish from the Vêstonice Reservoir. *Acta Veterinaria Brno* 79: 335-345.
- Knudsen, R., Klemetsen, A. & Staldvik, F. 1996. Parasites as indicators of individual feeding specialization in Artic charr during winter in northern Norway. *Journal of Fish Biology* 48: 1256-1265.
- Kompowski, A. & Neja, Z. 2003. The growth rate and condition of asp *Aspius aspius* (L., 1758) from Miêdzyodrze waters. *Bulletin of the Sea Fisheries Institute* 3:47-59.
- Krpo-Cetkovic, J., Hegedis, A. & Lenhardt, M. 2009. Diet and growth of asp, *Aspius aspius* (Linnaeus, 1758), in the Danube River near the confluence with the Sava River (Serbia). *Journal of Applied Ichthyology* 26: 513-521.
- Lien, I. & Brabrand, Å. 2004. Kvikksølv i gjedde, gjørs og abbor i Vansjø, Østfold. Laboratoriet for Ferskvannøkologi og Innlandsfiske, Zoologisk Museum, Universitet i Oslo. 226: 20 ss.

- Marsalek, P., Svobodova, Z., Randak, T. & Svehla, J. 2005. Mercury and Methylmercury Contamination of Fish from Skalka Reservoir: A Case Study. *Acta Veterinaria Brno* 74: 427-434.
- Martinsen, T. 2002. Miljøfaglige undersøkelser i Øyeren 1994-2000. *Vannkvalitet. Anø Miljøkompetanse* 26 (01): 62ss.
- Morel, F.M.M, Kraepiel A.M. & Amyot, M. 1998. The chemical cycle and bioaccumulation of mercury. *Annual Review of Ecology and Systematics* 29: 543-566
- Moseby, K. 2011. Individuell vekstrate og byttedefiskkonsum er bestemmende for kvikksølvkonsentrasjon i abbor (*Perca fluviatilis*), gjedde (*Esox lucius*) og gjørs (*Stizostedion lucioperca*) i Øyeren. Masteroppgave i Naturforvaltning. Institutt for Naturforvaltning, Universitetet for Miljø- og Biovitenskap, Ås.
- Nedreaas, K., Hesthagen, T., Borgstrøm, R., Brabrand, Å., Byrkjedal, I., Christiansen, J.S., Gjørseter, J., Langhelle, E., Pethon, P., Uiblein, F. & Vøllestad, A. 2006. Fisker "Pisces" – s. 341-350. i: Kålås, J.A., Viken, Å. og Bakken, T. (red.). *Norsk Rødliste 2006*. Artsdatabanken, Norge.
- Northcote, T.G. & Hammar, J. 2006. Feeding ecology of *Coregonus albula* and *Osmerus eperlanus* in the limnetic waters of Lake Mälaren, Sweden. *Boreal Environment Research* 11: 229-246.
- Pethon, P. 2005. *Aschehougs store fiskebok*. 5. utgave. - H.Aschehoug & Co, Oslo. 461ss.
- Pennanen, J. 2008. Aspen i Finland utbredning och åtgärder. Seminarium om asp – artfakta, hot, inventering & åtgärder. Uppsala 24.april 2008.
- Post, D.M. 2002. Using stable isotopes to estimate position: models, method, and assumptions. *Ecology* 83: 703-718.
- Rask, M. & Metsälä, T.-R.1991. Mercury concentrations in northern pike, *Esox lucius* L., in small lakes of Evo area, southern Finland. *Water, Air and Soil Pollution* 56: 369–378.
- Ricker, W.E. 1975. *Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Populations*. Fisheries Research Board of Canada Bulletin 191. 382 ss.
- Rognerud, S., Grimalt, J.O., Rosseland, B.O., Fernandez, P., Hofer, R., Lackner, R., Lauritsen, B., Lien, L., Massabuau, J.C. & Ribes, A. 2002. Mercury and organochlorine contamination in brown trout (*Salmo trutta*) and arctic char (*Salvelinus alpinus*) from high mountain lakes in Europe and the Svalbard archipelago. *Water, Air and Soil Pollution Focus* 2: 209-232.
- Rosseland, B.O., Massabuau, J.-C., Grimalt, J., Hofer, R., Lackner, R., Raddum, G., Rognerud S. & Vives, I. 2003. The EMERGE fish sample manual for live fish. The EMERGE Project (European Mountain lake Ecosystems: Regionalisation, diagnostic and socio-economic valuation). (Tilgjengelig på: <http://www.mountain-lakes.org/emerge/methods/29.pdf>).
- Raastad, J.E. & Olsen, L.-H. 1999. Insekter og småkryp i vann og vassdrag. *Aschehougs Naturbøker*. - Aschehougs Forlag, Oslo. 231 ss.



- Rørslett, B. 2002. Miljøfaglige undersøkelser i Øyeren 1994-2000. Fagrapport: Vannbotanikk. Norsk Institutt for Vannforskning. 4516: 88 ss
- Sandhall, Å. 1992. Småkryp. - Cappelen Forlag, Oslo.
- Sandlund, O.T., Klyve, L., Hagen, H. & Næsje, T.F. 1980. Krøkla i Mjøsa. Alderssammensetning, vekst og ernæring. – DVF-Mjøsundersøkelsen. Rapport nr. 2: 1-70. Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk, Trondheim.
- Sandlund, O.T. & Næsje, T.F. 2000. Komplekse, laksefiskdominerte fiskesamfunn på Østlandet — s. 109-129. I: Borgstrøm, R. & Hansen, L.P. (Red.). Fisk i ferskvann. Et samspill mellom bestander, miljø og forvaltning. 2.utgave. Landbruksforlaget, Oslo.
- Sandlund, O.T., Stang, Y.G., Kjellberg, G., Næsje, T. F. & Hambo, M.U. 2005. European smelt (*Osmerus eperlanus*) eats all; eaten by all: Is it a key species in lakes? Verhandlungen des Internationalen Verein Limnology 29: 432-336.
- Sharma, C.M., Borgstrøm, R., Huitfeldt, J.S. & Rosseland, B.O. 2008. Selective exploitation of large pike *Esox lucius* — Effects on mercury concentrations in fish populations. Science of the Total Environment 399: 33 – 40.
- Simononeau, M., Lucotte, M., Garceau, S. & Laliberte, D. 2005. Fish growth rates modulate mercury concentrations in walleye (*Sander vitreus*) from eastern Canadian lakes. Environmental Research 98: 73-82.
- Sloreid, S.-E. & Halvorsen, G. 2002. Miljøfaglige undersøkelser i Øyeren 1994-2000, plankton og bunndyr. NINA fagrapport; 53.
- Spikkeland, I. & Basnes, S.H. 2009. Asp påvist i Haldenvassdraget, Østfold/Akershus. Fauna 62: 84.
- Stafford, C.P., Hansen, B. & Stanford, J.A. 2004. Mercury in fishes and their diet items from Flathead Lake, Montana. Transactions of the American Fisheries Society 133: 349-357.
- Studnicka, M. 1981. Studies on mercury content in muscles of fishes from same natural polish water bodies. Acta Ichthyologica et Piscatoria 11, Fasc. 1
- Sømme, I.D. 1941. Ørretboka. – Jakob Dybwads forlag, Oslo. Lest i: Rosseland, B.O., Massabuau, J.-C., Grimalt, J., Hofer, R., Lackner, R., Raddum, G., Rognerud S. & Vives, I. 2003. The EMERGE fish sample manual for live fish. The EMERGE Project (European Mountain lake Ecosystems: Regionalisation, diagnostic and socio-economic valuation). (Tilgjengelig på: <http://www.mountain-lakes.org/emerge/methods/29.pdf>).
- Tarvainen, M., Vuorio, K. & Sarvala, J. 2008. The diet of ruffe *Gymnocephalus cernuus* (L.) in northern lakes: new insights from stable isotope analyses. Journal of Fish Biology 72: 1720–1735.
- Vander Zanden, M.J. & Rasmussen, J.B. 1999. Primary Consumers  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  and the Trophic Position of Aquatic Consumers. Ecology 80: 1395-1404.

- Vander Zanden, M.J. & Rasmussen, J.B. 2001. Variation in  $\delta^{15}\text{N}$  and  $\delta^{13}\text{C}$  trophic fractionation: Implications for aquatic food web studies. *Limnology and Oceanography* 46: 2061-2066.
- Vinni, M., Lappalainen, J., Malinen, T. & Peltonen, H. 2004. Seasonal bottlenecks in diet shifts and growth of smelt in a large eutrophic lake. *Journal of Fish Biology* 64: 567-579.
- WHO 1990. IPCS Environmental Health Criteria 101: Methylmercury. International Programme of Chemical Safety, World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- Wiener, J.G. og Sprey, D.J. 1996. Toxicological significance of mercury in freshwater fish - s. 297-339 i: W.N. Beyer and Heinz, G.H. (eds.), *Environmental contaminants in wildlife: Interpreting tissue concentrations*. Lewis Publishers, Boca Ration, Florida.
- Wiener, J.G. & Suchanek. 2008. The basis for ecotoxicological concern in aquatic ecosystem contaminated by historical mercury mining. *Ecological Applications* 18: A3-A11
- Økland, J. & Økland, K.A. 1992. *Dyreliv i vann og vassdrag*. Cappelen Forlag, Oslo. 145 ss.
- Øxnevad, S.A. 1995. Fiskebiologiske undersøkelser i den sørligste delen av Øyeren. Fylkesmannen i Østfold - Miljøvern avdelingen 2/1995: 33 s.

## Referanser hentet fra internett

- Anon 2009. Opprettholder kostholdsråd for ferskvannsfisk. Artikkel fra Matilsynet. [http://matportalen.no/artikler/2009/11/1257759236.53/artikkel\\_print.pt](http://matportalen.no/artikler/2009/11/1257759236.53/artikkel_print.pt) Lest 27.april 2011.
- Anon 2010c. Vurdering av karpefiskene til Rødlista 2010. Artsdatabanken. <http://www.artsportalen.artsdatabanken.no/#/Rodliste2010/Vurderinger/Cypriniformes/211/RE,CR,EN,VU,NT,DD,LC,NA,NE/-/-/-/-/-> Lest 15.mars 2011.
- Freyhof, J. & Kottelat, M. 2008. *Aspius aspius*. I: IUCN 2010. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.4. [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org). Lest 16.mars 2011.
- National Research Council Canada. 1993. DORM-2: Dogfish Muscle Certified Reference Material for Trace Metals. [http://www.nrc-cnrc.gc.ca/obj/inms-ienm/doc/crm-mrc/eng/DORM-2\\_e.pdf](http://www.nrc-cnrc.gc.ca/obj/inms-ienm/doc/crm-mrc/eng/DORM-2_e.pdf). Lest 2.mars 2011.
- National Research Council Canada. 2008. DORM-3: Fish Protein Certified Reference Material for Trace Metals. [http://www.nrc-cnrc.gc.ca/obj/inms-ienm/doc/crm-mrc/eng/DORM-3\\_e.pdf](http://www.nrc-cnrc.gc.ca/obj/inms-ienm/doc/crm-mrc/eng/DORM-3_e.pdf). Lest 2.mars 2011.
- Norsk Meiteunion (NMU). Database over stangfisket asp fra 1989 – 2011 blant klubbens medlemmer. [www.meite.org](http://www.meite.org). Lest 14.mars 2011.
- Nyman, L 1991. Rev. Olle W. Nilsson 1995, Jan Eric Nathanson 2002, 2005. SLU 2010. ArtDatabanken. [http://snotra.artdata.slu.se/artfakta/SpeciesInformationDocument/Aspius\\_Aspius\\_100013.pdf](http://snotra.artdata.slu.se/artfakta/SpeciesInformationDocument/Aspius_Aspius_100013.pdf). Lest 12.mars 2011.

## 6. Vedlegg

### Vedlegg 1: Kvikksølvkonsentrasjoner i enkeltindivider av sik og laue, og isotopverdier ( $\delta^{15}\text{N}$ og $\delta^{13}\text{C}$ ) i analyserte lauer, fra Øyeren 2010.

#### Sik

<u>Fisk ID</u>	<u>Lengde (mm)</u>	<u>Vekt (g)</u>	<u>Hg (mgTHg/kg v.v.)</u>
500	335	365	0,14
501	316	300	0,056
502	331	290	0,12
504	227	150	0,096
505	275	160	0,083
506	250	115	0,088
507	274	198	0,087
508	346	364	0,082
509	355	358	0,091
510	282	176	0,065
512	184	41	0,041
514	302	241	0,081
515	150	23	0,076
516	135	20	0,045
517	138	20	0,085
518	151	25	0,076
532	245	118	0,051
537	302	283	0,098
538	245	139	0,076
538	294	209	0,069

## Laue

<u>Fisk ID</u>	<u>Lengde (mm)</u>	<u>Vekt (g)</u>	<u>Hg (mgTHg/kg v.v.)</u>	<u><math>\delta^{15}\text{N}</math></u>	<u><math>\delta^{13}\text{C}</math></u>
701	168	30	0,15	7,686	-26,2048
702	145	21	0,12	8,0875	-26,0898
703	130	17	0,073	9,6245	-26,2718
704	140	22	0,068	6,9215	-29,49985
715	135	18	0,094		
718	129	17	0,092	9,5265	-26,94285
720	130	16	0,10		
729	165	32	0,17	10,025	-27,16585
738	126	15	0,094	7,6955	-26,27235
743	140	22		8,9745	-26,4078
745	153	30	0,11	7,4845	-25,4233
747	155	31	0,14	8,945	-26,0598

**Vedlegg 2: Tilbakeberegnet vekst for asp beregnet fra materiale innsamlet i Øyeren i henholdsvis 1993-94 (Øxnevad 1995), 1995 (Brabrand 2002) og 2010 (egne data).**

