

Radioaktivt cesium i ferskvannsfisk fra Høysjøen som følge av Tsjornobyl-ulykken

Høysjøen i Verdal kommune i Trøndelag fikk relativt mye radioaktiv forurensning som følge av kjernekraftulykken i 1986 i nåværende Ukraina. Ørret og røye tok raskt opp radioaktivt cesium via næringskjeden. De høyeste nivåene ble målt sommer og høst 1986 med maksverdier på 25 500 Becquerel/kg i ørret og 12 900 Bq/kg i røye. Nivåene har gått kraftig ned med tiden, men er fortsatt 3-4 ganger høyere enn før ulykken i 1986.



Utsikt over Høysjøen ©Ola Ugedal

Langtidsstudier i Høysjøen

Høysjøen i Verdal, Trøndelag, fikk relativt mye radioaktivt nedfall i dagene etter Tsjornobyl-ulykken 26. april 1986. Nedfallet bestod av en rekke radioaktive stoffer, blant annet jod-131, cesium-134 og cesium-137. Jod-131 har en fysisk halveringstid på 8 dager og henfalt fort og forsvant. Høysjøen fikk ca. 50 000 Bq/m² av de radioaktive stoffene cesium-134 og cesium-137. Siden disse stoffene tas relativt lett opp i levende organismer vil mengden av disse radioaktive stoffene ha stor betydning for stråledosen til mennesker og miljø. Cesium-134 har

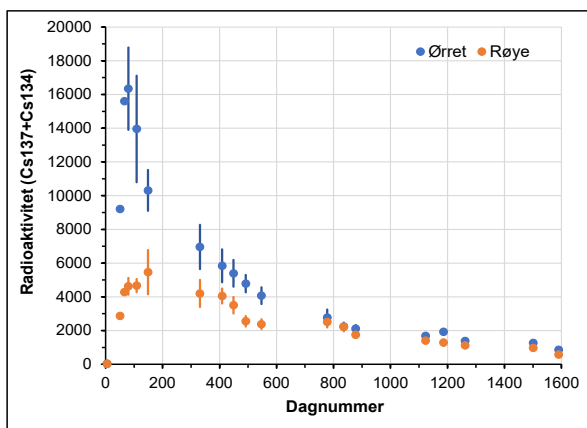
en fysisk halveringstid på 2,1 år og var til stede i betydelige mengder en del år etter ulykken. Cesium-137 har derimot en halveringstid på 30,2 år, noe som betyr at litt under halvparten av stoffet fortsatt er til stede i naturen snart 40 år etter ulykken.

Høsten 1985 var nivåene av cesium-137 i fisk fra Høysjøen ca. 30 Bq/kg våtvekt. Dette var rester etter det radioaktive nedfallet som kom etter prøvesprengninger av atomvåpen i atmosfæren på 1950- og 60-tallet.

Radioaktivitet i fisk fra Høysjøen etter 1986

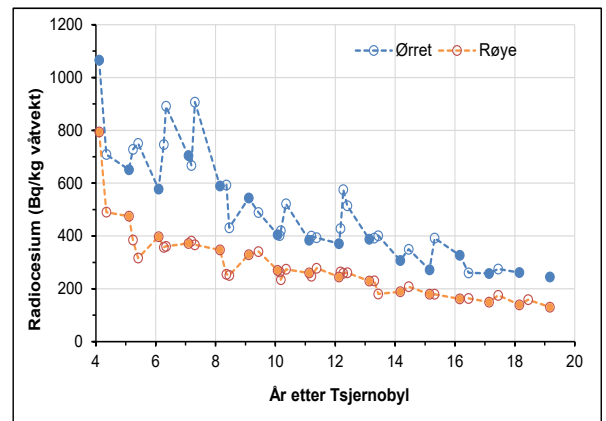
Høysjøen var dekket med is og snø da ulykken skjedde i april 1986. Da isen smeltet, ble radioaktivt cesium tilført vannet og tilgjengelig for opptak i dyreplankton, små virvelløse dyr som insektslarver, små krepsdyr og bløtdyr. Radioaktiv forurensning kunne også bli tilført ferskvannsøkosystemet via landlevende insekter som klekket eller falt ned på vannoverflaten.

Ferskvannsfisk tar opp radioaktiv forurensning gjennom maten. Radioaktivt cesium (cesium-134 og cesium-137) ble raskt tatt opp av fiskens byttedyr og overført til ørret og røye via næringskjeden. Toppverdier av radioaktivt cesium i ferskvannsfisk ble målt sommeren og høsten 1986, med gjennomsnitt på opptil 16 340 Bq/kg våtvekt i ørret og 5 500 Bq/kg våtvekt i røye (Figur 1). Høyeste verdi i ørret ble målt i juli 1986 med 25 500 Bq/kg våtvekt. Høyeste målte verdi for røye var 12 900 Bq/kg våtvekt som ble registrert i mars 1987.



Figur 1. Radioaktivt cesium (cesium-134 og cesium-137 Bq/kg våtvekt) i ørret og røye fra Høysjøen i perioden 28. april 1986 (dag 0) til 20. september 1990 (dag 1590). Vertikale streker angir 95 % konfidensintervall for gjennomsnittsverdiene.

Nivåene av radioaktivt cesium i fisk sank raskt de første årene fra 1986 og frem til 1990. Rundt 1990 var nivåene redusert til ca. 5-10 % av toppverdiene. Etter 1990 starter en periode med langsom nedgang av radioaktivitetsnivåene i ørret og røye. I 2019 var nivåene av cesium-137 blitt redusert til gjennomsnittlig 190 Bq/kg våtvekt i ørret og 89 Bq/kg våtvekt i røye (Figur 2). Individuell variasjon i radioaktivitet blant fisk var stor og vedvarende gjennom hele perioden.

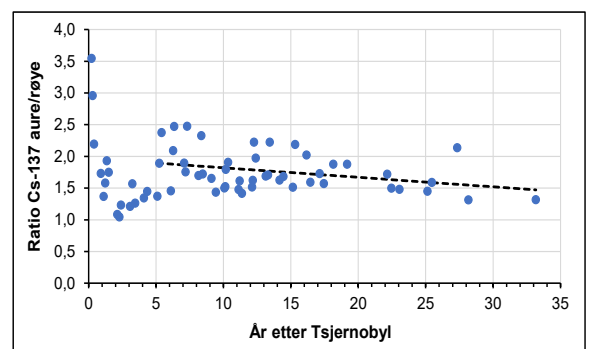


Figur 2. Cesium-137 (Bq/kg våtvekt) i ørret og røye fra Høysjøen fra 1990 (år 4) til juni 2005 (år 19). Punktene viser geometrisk middelværdi for vår (fylte sirkler) og høst (åpne sirkler).

Det har snart gått 40 år siden Tsjernobyl-ulykken i 1986. Nivåene av cesium-137 i ferskvannsfisk er nå 3-4 ganger høyere enn nivåene i 1985. Dette viser at det tar lang tid før radioaktivt cesium forsvinner ut av et økosystem. De første årene etter ulykken var det en rask nedgang av radioaktivitetsnivåene i fisk. Nivåene i ørret ble halvert på 0,6 år og 1,2 år for røye. Etter er rask nedgang gikk reduksjonen saktere og i tiden etter år 2000 er den økologiske halveringstiden for cesium-137 beregnet til ca. 7,5 år for ørret og 10–15 år for røye.

Hvorfor er det mer radioaktivitet i ørret enn røye?

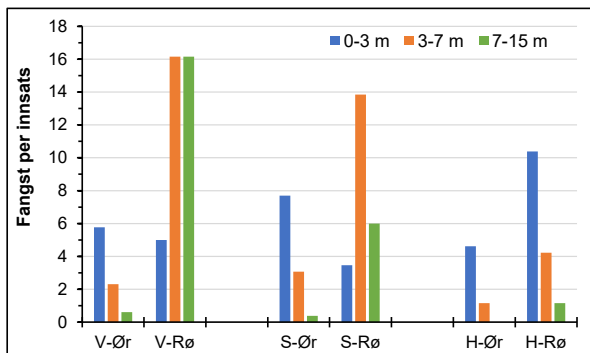
Særlig i de første årene etter ulykken hadde ørret 2-3 ganger høyere innhold av radioaktivt cesium enn røye. De siste beregningene viser at ørret inneholder ca. 1,5 ganger mer radioaktiv forurensning enn røye (Figur 3). Dette skyldes i all hovedsak ulikt leveområde, diett og matinntak.



Figur 3. Forhold mellom gjennomsnittlig radioaktivitet (Cesium-137 Bq/kg våtvekt, geometrisk middelværdier) i ørret og røye fra Høysjøen fra 1986 (år 0) til juni 2019 (år 33). Svart stiplet linje angir trenden fra 1991 til 2019.

Leveområde

Ørret oppholder seg på grunt vann (Figur 4). Røye oppholder seg på dypere vann. Leveområde i vannet påvirker både temperatur og type byttedyr tilgjengelig.

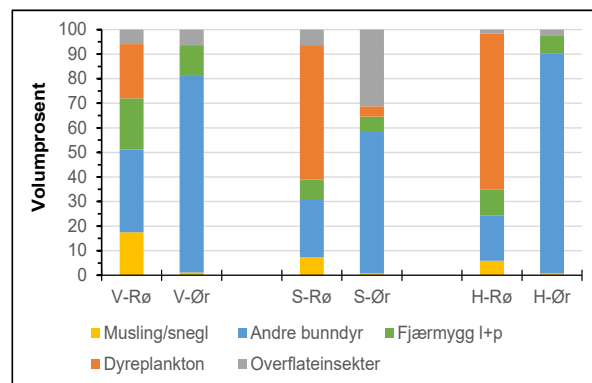


Figur 4. Dybdefordeling av ørret (Au) og røye (Rø) langs bunnen i Høysjøen gjennom sesongen. Figuren angir fangst per innsatsenhet (antall fisk fanget per 50 m² garnflate i 24 timer) i ulike dybdeintervall basert på undersøkelser i 1987-1989. Dybdefordelingen er vist for V: vår (mai-juni), S: sommer (juli-tidlig oktober) og H: høst (sen oktober).

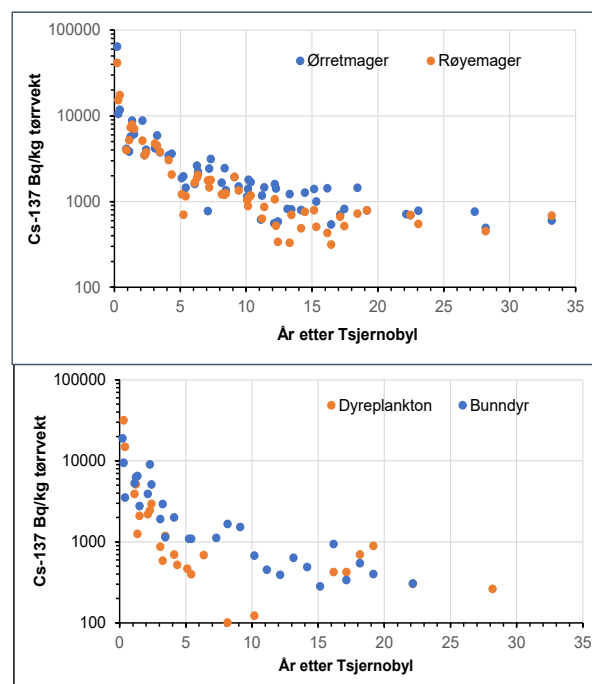
Diett og byttedyr

Ørret spiser hovedsakelig bunndyr, som tok opp mer cesium rett etter nedfallet. Røye spiser mer dyreplankton, som hadde lavere cesiuminnhold (Figur 5). Rett etter nedfallet tok bunndyr opp mer radioaktivt cesium enn dyreplankton. Byttedyr med høye nivåer av radioaktivt cesium gir høyere opptak i fisk.

Undersøkelser av mageinnholdet hos ørret og røye viser en klar sammenheng mellom nedgang av radioaktivitet i byttedyr og nivåene i ørret og røye (Figur 6). Fisken har imidlertid en variert diett gjennom året hvor den beiter på mange ulike byttedyr med ulik konsentrasjon av radioaktivitet. Radioaktivt cesium er vannløselig og konsentreres ikke vesentlig oppover i næringskjeden.



Figur 5. Fordeling av ulike byttedyrgrupper i mageinnhold fra ørret (Au) og røye (Rø) gjennom sommersesongen i Høysjøen i 1987-1989. Dietten er vist for V: vår (mai-juni), S: sommer (juli-tidlig oktober) og H: høst (sen oktober).



Figur 6. Cesium-137 (Bq/kg tørrvekt) i mageinnhold hos ørret og røye fra Høysjøen fra 1986 til juli 2019. Nederste graf viser cesium-137 (Bq/kg tørrvekt) i samleprøver av bunndyr fra strandsonen og dyreplankton fra de frie vannmasser fra 1986 til 2015. Logaritmisk skala på y-aksene.

Matinntak

I tillegg til høyere innhold i byttedyr, har ørret et betydelig høyere matinntak en røye tidlig på sesongen. Høyere nivå i byttedyr og høyere matinntak førte til større opptak av radioaktivt cesium i ørret enn røye (Figur 3).

Vanntemperatur

Ulikt leveområde (habitat) for ørret og røye påvirker hvilke byttedyr som er tilgjengelig, men også temperaturen i vannet. Ørret lever i varmere vann enn røye og har derfor en høyere metabolisme og matinntak. Dette gir raske opptak

og utskillelse av radioaktivt cesium. Røya lever dypere i kaldere vann og har lavere metabolisme.

Fiskens størrelse og vekst

Fiskens størrelse og vekst påvirker også innholdet av radioaktivt cesium. Større fisk, spesielt røye, har høyere innhold av radioaktivt cesium enn mindre fisk. Hos ørret er denne sammenhengen mellom fiskestørrelse og konsentrasjon av radioaktivitet svakere, men til stede.

Kaliuminnhold i vannet

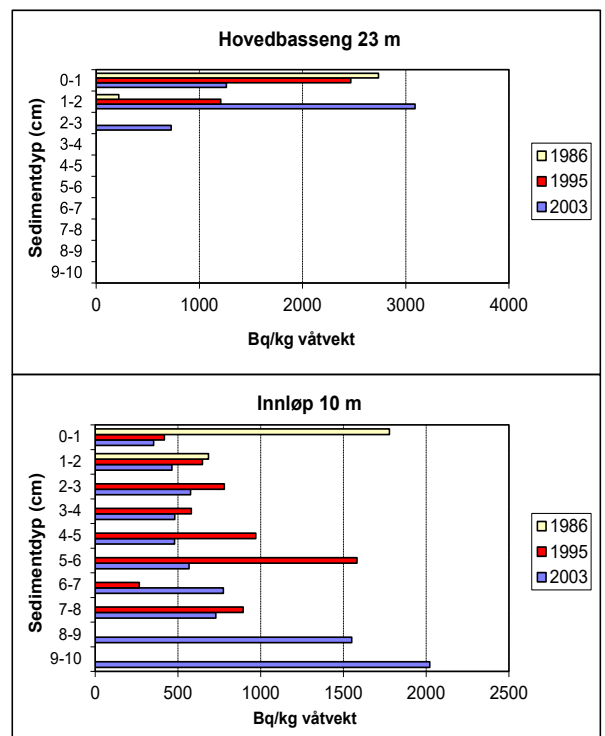
En annen faktor som påvirker opptaket, er kaliuminnholdet i vannet. Lavt kaliuminnhold i en innsjø gir økt opptak av radioaktivt cesium i dyr, fordi både stabilt og radioaktivt cesium ligner den kjemiske strukturen til kalium og tas opp i stedet for kalium. Høysjøen har svært lavt kaliuminnhold, noe som gjør økosystemet ekstra sårbart for opptak av radioaktivt cesium.

Tid etter nedfallet

De første årene etter ulykken bidro cesium-134 mye til økte radioaktivitetsnivåer i fisk. Etter hvert forsvant cesium-134 ut av økosystemet siden stoffet har relativt kort fysisk halveringstid. Cesium-134 er nå ikke lenger til stede. Cesium-137 har lang halveringstid og er fortsatt til stede for opptak i fisk og byttedyr.

Langtidskonsekvenser

Cesium-137 finnes også i sedimentene. Sedimentene i innsjøen fungerer som hovedlager for radioaktivt cesium (Figur 7). Resirkulering fra sediment og tilførsel fra nedbørfeltet bidrar til langvarig tilførsel til næringskjeden. Langtidsstudier viser at økologisk halveringstid endres over tid, og at konsekvensene av radioaktivt nedfall er mer langvarige enn først antatt.



Figur 7. Nivå av Cesium-134 og Cesium-137 (Bq/kg våtvekt) i sedimenter fra to lokaliteter i Høysjøen i 1986, 1995 og 2003. Prøver er tatt ved innsjøens dypeste punkt (hovedbasseng på 23 m dyp) og utenfor innløpet til den største tilløpsbekken (innløp på 10 m dyp).

Om arbeidet

Overvåkning av radioaktivitet i Høysjøen er utført av Norsk institutt for naturforskning (NINA). Fra 2001 har prosjektet fått økonomisk støtte fra Klima- og miljødepartementet gjennom program for overvåkning av radioaktivitet i norske landområder og ferskvannssystemer som koordineres av Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet (DSA).

Resultatene er hentet fra:

Ugedal, O., Forseth, T. & Ulvan, E.M. 2025.

[Radioaktivt cesium i ferskvannsfisk som følge av Tsjernobylulykken. Oppsummering av undersøkelser ved NINA.](#) NINA Rapport 2355.

Norsk institutt for naturforskning.