

# Hormonforstyrrende stoffer i det akvatiske miljø – 2. Vurdering av kilder til slike stoffer og risiko for forurensning i Norge

Av Ole-Håkon Heier, Kjell-Arne Skagemo & Ketil Hylland

Ole-Håkon Heier er saksbehandler ved Næringsmiddeltilsynet for Sør-Østerdal (NTSØ), Kjell-Arne Skagemo er avdelingsingeniør i helsevernavdelingen i Fredrikstad kommune, Ketil Hylland er forsker ved Norsk institutt for vannforskning (NIVA) og professor ved NLH.

## Sammendrag

Det er gjort en litteratur-gjennomgang for å vurdere faren for at fisk i Norge, både i ferskvann og saltvann, er påvirket av hormonforstyrrende stoffer. Underlagsmaterialet er norske og utenlandske rapporter og artikler. I Norge finnes det flere potensielle kilder til forurensning som medfører hormonforstyrrelser, slik som utslipp av avløpsvann fra husholdninger, treforedlingsindustri, landbruket, oppdrettsanlegg, avfallsplasser, olje/gassindustrien og småbåthavner. Det konkluderes med at på grunn av generelt liten menneskelig aktivitet og stor fortykning som følge av høy avrenning store deler av året, er det sannsynligvis liten grunn til å frykte at fisk vil være påvirket av hormonforstyrrende stoffer i store områder i Norge. Unntaket er de mest forurensningsbelastede områdene i tilknytning til de største byene og industriområ-

dene, og eventuelt i de viktigste landbruksområdene.

## Innledning

Få undersøkelser er utført i Norge med tanke på eventuelle effekter av hormonforstyrrende stoffer i fersk- og saltvann. Hylland & Braaten (1996) og Hylland et al. (1998) vurderte effekter på fisk i saltvann, mens Hylland et al. (1999) undersøkte effekter i ferskvann. Det er også gjort mer mekanistiske studier av hormonforstyrrende stoffer på laks og ørret (Arukwe et al. 1997a; Arukwe et al. 1997b; Knudsen et al. 1997; Wiborg 1998). Noen mer generelle rapporter tar også til en viss grad for seg kilder til og effekter av hormonforstyrrende stoffer. Disse er SFT-rapporten "Kartlegging av stoffer med mulige hormonliknende effekter" (Mosland et al. 1996), "Chemicals with estrogen-like effects" (Nordic Council of

Ministers 1996), og SFT-rapportene til Dons & Beck (1993) og Huse & Aas-Aune (1995). Alle de sistnevnte rapportene bygger for øvrig på annen litteratur eller informasjon oppgitt av andre.

For å vurdere eventuell risiko i Norge for effekter av hormonforstyrrende stoffer, må en først ha klarhet i hvilke kilder som kan være aktuelle. Med grunnlag i den relativt beskjedne mengden undersøkelser som så langt er utført i Norge, må man trekke på erfaringer i andre land.

### **Utslipp fra renseanlegg for avløpsvann fra husholdning og industri**

Renseanlegg som mottar avløpsvann fra husholdninger og industri slipper ut en kompleks blanding av naturlige og syntetiske stoffer til det akvatiske miljøet (Sumpter 1998). Med basis i eksisterende kunnskap er det overveiende sannsynlig at et utvalg av disse vil påvirke hormonell regulering hos fisk (Harries et al. 1997).

### **Undersøkelser i andre land**

I 1994 rapporterte Purdom og hans kolleger at utslipp fra renseanlegg hadde en østrogenlignende effekt på fisk (Purdom et al. 1994). Foranledningen til undersøkelsen var at fiskere på slutten av 80-tallet begynte å rapportere om en stadig økende forekomst av tvekjønnet fisk i en del engelske elver. Etter noen innledende studier med klare indikasjoner på effekter av hormonforstyrrende stoffer, ble det igangsatt et stort landsomfattende studie. Forsøket omfattet 30 renseanlegg spredt utover hele

England. Det er ikke oppgitt hva kildene til det avløpsvannet de mottok var. Imidlertid vil man kunne anta at med et såpass stort utvalg av renseanlegg, vil avløpsvannet ha hatt forskjellige andeler av avløpsvann fra industri og husholdninger på de forskjellige lokalitetene. En markant økning i konsentrasjonen av proteinet vitellogenin (vtg) (et eggehvitprotein i fiskens blodplasma som benyttes til påvisning av østrogenlignende stoffer) ble påvist hos fisken på alle lokalitetene (hvor fisken overlevde). Den/de forårsakende(e) stoff(ene) var imidlertid ukjent(e). Purdom *et al.* (1994) framsette likevel en hypotese med to stoffer som årsak som forklaring på den østrogenlignende effekten til avløpsvann. Stoffene var 1) ethinyløstradiol (EE2), svært potent ved konsentrasjoner på bare nanogram per liter, men ikke ennå kjemisk mulig å detektere, og 2) alkylfenol polyetoksilater (AFEO), som kan være 1/10.000 ganger eller mindre potent enn EE2, men som lettere lar seg påvise i avløpsvann.

Det er nå kjent at utslipp med østrogenlignende effekt ikke er begrenset til Storbritannia. Tilsvarende studier har blant annet blitt utført både i Tyskland med brasme (*Abramis brama*) og i Frankrike med ål (*Anguilla anguilla*), med vtg-induksjon som resultat (Tyler & Routledge 1998). Også i tilknytning til renseanlegg i USA har det blitt funnet signifikant økte nivåer av plasma vtg hos eksponert fisk (Folmar et al. 1996). Det har også blitt utført flere undersøkelser i Storbritannia som bekrefter resultatene (Harries et al. 1996, 1997;

Routledge et al. 1998; Harries et al. 1999). Disse observasjonene av forhøyede nivåer av vtg i fisk på forskjellige steder i verden gir klare indikasjoner på at hormonforstyrrende stoffer i avløpsvann fra renseanlegg kan være et vidt utbredt problem.

Effekter av utslipp av hormonforstyrrende stoffer er ikke begrenset til ferskvann. Undersøkelsene til Lye et al. (1997, 1998) og Allen et al. (1999) påviste alle reproduktive forstyrrelser hos skrubbe (*Platichthys flesus*) eksponert for utslipp fra renseanlegg (og industri) i Storbritannia.

Et stort feltstudie ble utført i Storbritannia i 1998 (Jobling et al. 1998). Over 2000 mort (*Rutilus rutilus*) av blandet størrelse og kjønn fra åtte elver ble fanget og analysert. Fisken ble fanget både oppstrøms og nedstrøms utslipp fra renseanlegg, og på fem referansesteder hvor det ikke var forventet effekter av hormonforstyrrende stoffer. Histologiske undersøkelser av morten viste at en stor del av "hannene" var tvekjønnede, noe som også viste seg å være korrelert med konsentrasjonen av hormonforstyrrende stoffer i de tilhørende utslippene. Resultatene ga en sterk indikasjon på at konsentrasjonen av avløpsvann er en svært viktig årsak til at det finnes mye tvekjønnet fisk i en elv. Videre tyder sammenhengen mellom graden av tvekjønnethet og konsentrasjonen av plasma vtg at disse har en felles årsak, og dermed, at de østrogenlignende stoffene i utslipp av avløpsvann er årsaken til den store mengden observerte tvekjønnet fisk i ville fiskepopulasjoner.

## Undersøkelser i Norge

Resultatene i undersøkelsen til Hylland & Braaten (1996) tydet på at det var østrogenlignende stoffer til stede i avløp fra kloakkrenseanlegg og i norske kystfarvann. Dette ble videre undersøkt i Hylland et al. (1998). Resultatene fra denne undersøkelsen tydet også på at det var miljø-østrogener til stede i norske kystfarvann, men at nivåene var lave i gjennomblandet vann. Det var gjennomgående noe forhøyede nivåer av plasma vtg i torsk (*Gadus morhua*) innfanget i eller holdt i bur i Grenlandsfjordene.

Hylland et al. (1998) undersøkte innholdet av nonylfenoler (NF) og nonylfenol etoksilater (NFEO) (velkjente stoffer med hormonforstyrrende effekter) i sediment på flere stasjoner langs norskekysten. Konsentrasjonene av NF var under deteksjonsgrensen (0.0003-0.019 µg/g) i alle prøver, unntatt i sediment innsamlet i Langesundsfjorden. Det var større forskjeller i nivåer av etoksilater, der de høyeste konsentrasjonene ble funnet i sediment fra Hvaler. Disse konsentrasjonene lå på samme nivå som estuarier i andre europeiske land, slik som England og Tyskland. Dette var noe overraskende, siden man ikke hadde forventet tilsvarende forurensningsbelastning i Norge som i engelske og tyske estuarier. Det var imidlertid ingen sammenheng mellom forhøyede nivåer av disse stoffene i sediment og vtg-respons hos torsk fra samme område.

Den første undersøkelsen av effekter av hormonforstyrrende stoffer i ferskvann i Norge ble utført av Hylland et al. (1999). Blant annet ble

ørret utplassert i tilknytning til avløp fra kloakkrenseanlegg (RA2, Nitelva), i et område med avrenning fra industriaktiviteter (Mjøsa) og i en elv med tilførsler fra ulike aktiviteter (Hunnselva). Det var ikke forhøyde nivåer av plasma vtg på noen av disse lokalitetene, med mulig forbehold for noen få enkelte villfisk. Imidlertid var det stor vannføring og synkende temperatur under forsøket, noe som kan ha redusert eventuelle effekter av østrogenlignende stoffer.

Det har senere blitt gjort andre undersøkelser av avløp fra norske kommunale renseanlegg som viser at det er østrogen tilstede (Hylland, EU-prosjektet COMPREHEND). Disse resultatene samsvarer med det som er funnet ellers i Europa.

### Effekter i resipienter

De markerte effektene av østrogenlignende stoffer som har blitt påvist i Storbritannia har sammenheng med at en stor andel av elvevannet faktisk består av rensed avløpsvann fra husholdning og industri (Harries et al. 1996). Noen ganger kan avløpet utgjøre opp mot 50% av den totale vannføringen, faktisk opp til 90% i perioder med lite nedbør (Routledge et al. 1998). Det har blant annet blitt vist at den østrogenlignende effekten tapte seg raskt med avstanden fra renseanlegg. Hylland et al. (1999) viser til at de tidlige undersøkelsene i England tydet på at alle effekter var borte allerede ved 25% fortykning av avløpsvann (Harries et al. 1996). Det er få områder i Norge der en har så høy andel avløp fra kloakk i en elv eller innsjø (Hylland et al. 1999), noe

som først og fremst har sin bakgrunn i folketall, befolkningsmønster og nedbør i Norge.

To tilfeller kan tenkes å føre til store andeler avløpsvann i et vassdrag. Det kan være at vassdraget som blir tilført avløpsvannet er lite, slik at små mengder avløpsvann skal tilføres før konsentrasjonen av dette i det "naturlige" vannet blir stor. Alternativt kan store mengder avløpsvann tilføres et større vassdrag, slik at andelen rensed avløpsvann blir høy nok. Det siste tilfellet synes kun sannsynlig i tilknytning til større byer. Det første tilfellet kan imidlertid tenkes å forekomme også ved mindre utslipp. Dermed kan det være mulig at det finnes flere, lokalt begrensede områder i Norge, hvor fisken er påvirket av hormonforstyrrende stoffer.

Det skal imidlertid også nevnes at det ikke påvises østrogenlignende effekter i alle utslipp fra renseanlegg. Nichols et al. (1999) satte ut "fathead minnow" (*Pimephales promelas*) i bur i utslipp fra 7 renseanlegg i Michigan, USA. Alle renseanleggene brukte minst sekundærrensing, og noen anlegg benyttet tertiærbehandling slik som sand og kullfiltre. Hormonforstyrrende effekter ble ikke observert.

Alkylfenol polyetoksilater (AFEO) og deres nedbrytingsprodukter har blitt målt og påvist i mange utslipp av avløpsvann, både vann og sedimenter i elver og estuarier. Det samme gjelder flere naturlige og syntetiske østrogen-er (se artikkel en i denne serien på tre artikler). I tillegg har både de klororganiske stoffene dieldrin og lindan blitt påvist i River Aire i Storbritannia (Harries et al. 1997). Også naturlige

østrogener synes å være viktige komponenter i den totale østrogenlignende aktiviteten til slike utslipp (Sumpter 1998).

Østrogener (både naturlige og syntetiske) og alkylfenoler er utpekt som hovedårsaker til de hormonforstyrrende effektene som er påvist i avløpsvann i blant annet Storbritannia. Nordic Council of Ministers (1996) mener at selv om det finnes mye data fra Norden på nonylfenol i avløpsvann og slam, trengs det mer kunnskap om konsentrasjoner og effekter av nonylfenol- og oktylfenol etoksilater i miljøet. Analyser gjennomført i tilknytning til et EU-prosjekt viser at nivåene av østrogener i minst like høye i avløp fra norske rensesanlegg som i anlegg i andre europeiske land. Larsson et al. (1999) analyserte avløpsvann fra et svensk kommunalt rensesanlegg. Der ble det påvist høye nivåer av syntetiske og naturlige østrogener, og det ble påvist en østrogenlignende effekt på fisk satt ut i bur. Hylland et al. (1999) satte bur med fisk i resipienter som var påvirket av avløpsvann, men påviste ingen effekt. Med et så begrenset utvalg av undersøkte lokaliteter, kan det imidlertid tenkes at det finnes flere lokaliteter i ferskvann i Norge som er eksponert i større grad for avløpsvann enn disse.

## Utslipp fra treforedlingsindustri (BKME)

Utslipp fra treforedlingsindustri (Bleached Kraft Mill Effluent - BKME) er en kompleks blanding av organiske og uorganiske stoffer med både hydrofil og hydrofob natur.

Utslipp fra treforedlingsbedrifter og tekstilindustrien kan også inneholde alkylfenoliske stoffer (Munkittrick et al. 1998). Munkittrick et al. (1998) hevder imidlertid at det i løpet av 1990-tallet har skjedd markante forbedringer innen produksjonen og behandlingen av utslipp fra treforedlingsindustrien. Dette har ført til dramatiske reduksjoner i prosessderiverte gifter i utslippene, slik som kvaesyre og klororganiske stoffer.

Andersson et al. (1988) benyttet seg av biokjemiske og fysiologiske parametre for å påvise og diagnostisere forstyrrelser i fisk berørt av utslipp fra treforedlingsindustri. Flere negative effekter ble påvist hos abbor, deriblant redusert vekst av gonadene, forstørret lever og sterkt økt P450-aktivitet (et enzym) i leveren. Undersøkelsen ble utført i nærheten av en treforedlingsbedrift ved Østersjøen i Sverige. McMaster et al. (1991) og Munkittrick et al. (1991) fant klare indikasjoner på at utslipp fra treforedlingsindustri har en hormonforstyrrende effekt. Eksponering av fiskearten "white sucker" (*Catostomus commersoni*) i Ontario, Canada, for BKME førte til forsinket kjønnsmodning, mindre gonader, redusert kroppslengde, økt leverstørrelse, forhøyet MFO-aktivitet (mixed function oxygenase – et enzym), og reduserte nivåer av kjønnsormoner i blodplasmaen. McMaster et al. (1994) og Munkittrick et al. (1994) bekreftet disse resultatene ytterligere. Karels et al. (1998) undersøkte effekter på abbor og mort i en innsjø i Finland som mottok utslipp fra en treforedlingsbedrift. Undersøkelsen viste

at overgang til klorfri bleking og bedre rensing av avløpsvannet (aktivt slam) førte til en betraktelig reduksjon av eksponeringen av fisken for klororganiske stoffer. Nivåene av kjønns-hormoner (unntatt østradiol i hannfisk) og vitellogenin (vtg) var imidlertid også her signifikant lavere i fisken, noe som tydet på at det ennå fantes hormonforstyrrende stoffer i innsjøen. Også Munkittrick et al. (1998) rapporterer å ha funnet forbedringer i påvirkningen av fisken etter prosessendringer på flere steder i Nord-Amerika.

Imidlertid har verken fravær av bruken av klorbleking eller å ha sekundære rensetrinn vist seg å være nok til å eliminere alle disse patofysiologiske responsene (Munkittrick et al. 1994; Karels et al. 1998). Mellanen et al. (1996) undersøkte dermed om flere tre-deriverte stoffer kunne vise østrogenlignende aktivitet (fyto- eller mykoøstrogen). Flere stoffer viste østrogenlignende aktivitet *in vitro* med brystkreftceller, mens kun  $\beta$ -sitosterol og en "abietic acid"-blanding viste østrogenlignende aktivitet *in vivo* i regnbueørret. Konklusjonen var at tre-deriverte stoffer slik som  $\beta$ -sitosterol, som finnes i BKME, kan være årsaken til den svake østrogenlignende effekten som har blitt funnet i slike utslipp. De konkrete årsakene til at BKME-eksponert fisk viser reduserte reproduksjonstrekk og de eksakte mekanismene som ligger bak reduksjonen i hormoner er imidlertid ukjente.

Det synes å være lite kunnskap om hvor økologisk viktig utslipp av fyto- og mykoøstrogen er. I motsetning til xenoøstrogenene (slik som nonyl-

fenol) er fyto- og mykoøstrogenene naturlig forekommende stoffer i naturen. Konsentrasjonene av disse stoffene i vannet ved utslipp fra treforedlingsindustri vil imidlertid være langt høyere enn de som forekommer naturlig, for eksempel ved naturlig nedbryting av trær som faller i vannet etc. Med tanke på at naturlige østrogen er i avløpsvann har blitt vist å gi hormonforstyrrende effekter på fisk, er det ikke usannsynlig av fyto- og mykoøstrogen vil kunne gi tilsvarende effekter.

Treforedlingsindustri finnes flere steder i Norge, blant annet i Skogn, Hønefoss, Skien og i Halden. Hylland et al. (1999) hadde i sin undersøkelse et bur utplassert i tilknytning til utslippet i Hønefoss. Det ble ikke påvist noen effekter. Resultatene fra vurdering av en enkelt lokalitet er imidlertid altfor lite til å kunne generalisere over effektene fra alle slike utslipp i Norge.

## Landbruket

Fra landbruket er det først og fremst pesticider som kan gi hormonforstyrrende effekter på fisk. I tillegg kan det tenkes at utslipp av naturlige hormoner fra husdyr kan være signifikante punktkilder av hormonpåvirkende stoffer. Disse temaene synes å være lite undersøkt, spesielt i Norge, men også generelt i utenlandske undersøkelser. Folmar et al. (1996) fanget karpe (*Cyprinus carpio*) i en elv i USA som mottok store mengder avrenning fra landbruket. Det ble funnet at fisken hadde reduserte nivåer av plasma testosteron, men det ble ikke

funnet noe plasma vtg (som ville ha tydet på effekter av østrogenlignende stoffer).

Fra landbruksområder er de mest sannsynlige kildene til hormonforstyrrende stoffer pesticider og naturlige hormoner fra husdyr. Både gjødselkjellere som er lekk, gjødselspredning på landbruksarealer og dyr på beite nær vannforekomster kan tenkes å tilføre naturlige østrogener. Imidlertid virker det usannsynlig at små utslipp, spesielt i tilknytning til beite, skal kunne gi effekter på fisk. Det er også lagt begrensninger på spredning av husdyrgjødsel på landbruksarealer, og det blir stadig færre lekkе gjødselkjellere. Videre har det i løpet av 90-tallet blitt streng kontroll med sprøytemidlene som er lov å benytte i Norge, og midler som inneholder alkylfenoler er i ferd med å fases ut.

Den eneste undersøkelsen som har vurdert effekter av dette i Norge, er Hylland et al. (1999), som plasserte et av sine bur med ørret i Merkedamselva ved Sem i Vestfold. Elva er betydelig influert av overflateavrenning fra jordbruksarealer, og kunne tenkes å være berørt av pesticider fra landbruksområder. Det ble ikke påvist hormonforstyrrende effekter på fisken. Forsøket ble imidlertid utført sent på høsten under høy vannføring, noe som reduserer muligheten for influens av pesticider betraktelig. For det første vil eventuelle pesticider i vannet bli kraftig fortynnet på grunn av den store vannføringen, og for det andre skjer det lite sprøyting med potensielt hormonforstyrrende stoffer så sent på året. Slike effekter vil

sannsynligvis være lettest å påvise under lavvannsperioder på sommeren, i forbindelse med sprøyting eller nær punktkilder. Det finnes sannsynligvis også mange andre lokaliteter i Norge som kan være sterkt berørt av forskjellig forurensning fra landbruket. Blant annet Heiabekken i Råde er sterkt påvirket av pesticider. Med bakgrunn i dette bør det utføres videre undersøkelser i forbindelse med hormonforstyrrende effekter og forurensning fra landbruket.

## Oppdrettsanlegg

Det er to mulige kilder til hormonforstyrrende stoffer i/fra oppdrettsanlegg; stoffer som finnes naturlig i føret, og stoffer som gis til fisken med intensjonen å få fisk av kun ett kjønn. De miljømessige problemene vil ikke komme til syne før stoffene eventuelt kommer ut i naturen etter bruk i oppdrettsanleggene. Det synes ikke å ha blitt utført undersøkelser om eventuelle problemer knyttet til slike stoffer verken i Norge eller andre steder i verden.

Pelissero et al. (1991) fant at blodet til hanner og ikke kjønnsmodne hunner av oppdrettet sibirsk stør (*Acipenser baeri*) inneholdt forhøyede mengder med vitellogenin. Dette forklarte forfatterne med at fisken ble foret med et ørretfôr som inneholdt hormonforstyrrende stoffer. Det aktuelle ørretfôret inneholdt proteiner både fra planter og dyr, slik som fiskemel og ekstrakter fra soyabønner. Fiskemel inneholder steroider, spesielt østradiol (E2). Soyabønner inneholder isoflavoner og en rekke andre aktive stoffer. Disse stoffene er

tidligere vist å inneha hormonforstyrrende egenskaper. Forfatterne ga stør fôr med og uten disse stoffene, og viste at fôr med disse stoffene førte til forhøyede nivåer av vtg i fisken.

Kjønns hormoner kan også tilføres i forskning innen akvakultur for å kontrollere kjønnnet til fiskepopulasjoner av kommersiell interesse. Bakgrunnen for dette er at man ønsker å fremme vekst eller produsere steril fisk. Veksten hos laksefisk fremmes ved å redusere forekomsten av tidlig kjønnsmodning, noe som er et problem først og fremst hos hannfisk. Med bakgrunn i dette foretrekkes populasjoner med kun hunnfisk (Aasmundstad & Storset, pers. medd.).  $17\alpha$ -metyltestosteron blir i stor grad brukt til produksjon av bestander med kun hunnfisk hos laksefisk, flatfisk og ål. På verdensbasis foregår en vesentlig del av produksjonen av regnbueørret (*Oncorhynchus mykiss*) på denne måten. Østradiol blir blant annet brukt til feminisering av fisk som tilapia (*Oreochromis*) og catfish (blant annet *Ictalurus punctatus*) (Aasmundstad & Storset, pers. medd.); arter som ikke er aktuelle i Norge.

I Norge forekommer ikke denne produksjonen i kommersiell oppdrett, siden man er svært restriktive med hormonbruk, først og fremst på grunn av forbrukerens motvilje mot dette (Aasmundstad & Storset, pers. medd.). Utslippet av fôr fra merdene var tidligere relativt betydelig i Norge, men har blitt redusert etter at foringen ble mer automatisert. Til sammen tyder dette på at oppdrettsanlegg ikke er signifikante kilder til hormon-

forstyrrende stoffer i Norge. Imidlertid burde dette allikevel undersøkes ved eksponeringsforsøk for å være sikker.

## **Avfallsplasser**

Noaksson et al. (1997, 2000) undersøkte tre fiskearter; abbor, mort (*Rutilus rutilus*) og gjedde, fra en avsidesliggende svensk sjø. Sjøen var uten kjent tilførsel av antropogene stoffer, bortsett fra en avfallsplass lokalisert 3 km unna sjøen. I tillegg ble bekkerøye (*Salvelinus fontinalis*) undersøkt i en innløpselv som drenerer avfallsplassen. Både abbor og gjedde viste alvorlige forstyrrelser, som først og fremst ytret seg gjennom at hunnene ikke utviklet gonader i normal omfatning. 75% av hunn-abboren utviklet ikke gonader fullstendig, sammenlignet med 4% i en referanse-innsjø. Dette førte til reproduksjonssvikt. I tillegg viste de resterende 25% signifikant reduserte GSI (gonadosomatisk indeks)-verdier. Det samme gjaldt hannfisken av mort, abbor og gjedde. Nivåene av både testosteron, østradiol og aromatase-aktivitet var lavere hos kjønnsmoden fisk og høyere hos ikke-kjønnsmoden fisk enn i referanse-områder. I tillegg viste fisk av alle tre artene et stort antall ytre skader. Tilsvarende resultater gjaldt også for bekkerøye. Totalt sett tydet dette på klar endring av hormonell regulering hos fisk, sannsynligvis forårsaket av foreløpig ukjente miljøfremmede stoffer.

Det finnes mange fyllplasser i Norge, og en stor andel av sivevannet fra disse antas å renne urensset ut i vann, vassdrag eller kystsonen.



Muligheten for hormonforstyrrende effekter i tilknytning til dette er ikke undersøkt i Norge. Inntil det har tilkommet mer kunnskap om effektene på fisk eksponert for sigevann, kan vi ikke si noe om dette kan være en aktuell kilde til hormonforstyrrende effekter. Hvis det viser seg at sigevann kan være en signifikant kilde til hormonforstyrrende stoffer, bør dette undersøkes videre i Norge.

## Olje/gassindustrien

Et oljeraffineri slipper ut avløpsvann fra oljeraffineringsprosessen. Dette vannet inneholder oljerester og kjemikalier, deriblant alkylfenoler som brukes som emulsjonsstoffer i oljeraffineringsprosessen (Arukwe et al. 1997b; Knudsen et al. 1997). Arukwe et al. (1997b) eksponerte atlantisk laks (*Salmo salar*) for slikt rensed avløpsvann, i forskjellige fortyngninger med vann. Etter tre ukers eksponering ble det observert en signifikant økning i plasma vitellogenin (vtg) og *Zona radiata* proteiner (et eggeskallprotein som kan brukes som en tilsvarende indikator på østrogenlignende effekter som vtg). Knudsen et al. (1997) eksponerte regnbueørret (*Oncorhynchus mykiss*) for avløpsvann fra et oljeraffineri ved utløpet av Oslofjorden. Fisken ble eksponert i tanker som mottok drikkevann blandet med 0% (kontroller), 2,5%, 10% eller 20% avløpsvann med konstant gjennomstrømning. I alle de eksponerte gruppene økte konsentrasjonen av plasma vtg i løpet av forsøksperioden. Totalt sett indikerte resultatene tydelig at utslipp fra oljraf-

finerier kan inneholde biologisk aktive stoffer, selv med svært god rensing. Forsøket omtales også i Wiborg (1998).

Det ble altså påvist at utslippene av rensed avløpsvann fra et oljeraffineri i Oslofjorden medførte østrogenlignende effekter på fisk som ble eksponert for fortyngninger av dette vannet. En mulig årsak kan være at det finnes alkylfenoler i avløpsvannet fra oljeraffinerier. Dette vil i så fall være en svært aktuell kilde i Norge, ikke minst med tanke på oljeutvinningen langs Norskekysten. Det synes å være behov for å få større klarhet i disse effektene og deres betydning for fiskepopulasjoner.

## Småbåthavner

Hylland & Braaten (1996) eksponerte marin fisk for sjøvann tatt inn fra 2 meters dyp i en småbåthavn i Moss, eller det samme sjøvannet innblandet 20% avløpsvann. En signifikant økning i plasma vitellogenin ble observert i begge karene, med den største økningen i karet hvor det var tilsatt avløpsvann. Resultatene tydet dermed på at også småbåthavner, marinaer eller lignende kan inneholde stoffer med østrogenlignende effekt. Det var imidlertid ikke mulig å si hvilke stoffer som er aktive. Så langt har heller ingen oppfølgende undersøkelser på dette blitt utført. Det bør utføres videre undersøkelser for å få mer klarhet i om dette er noe som gjelder generelt for havneområder, og i så fall hvilke stoffer som er årsaken til dette.

## Konklusjoner

På grunn av generelt begrenset menneskelig aktivitet og stor fortyngning

som følge høy avrenning store deler av året, er det sannsynligvis liten grunn til å frykte at fisk vil være påvirket av hormonforstyrrende stoffer i større grad i Norge. Unntaket er de mest forurensningsbelastede områdene i tilknytning til de største byene og industriområdene, og eventuelt i de viktigste landbruksområdene. Ved kloakkrensning, industriområder (for eksempel oljeraffinerier) og havner har det blitt utført undersøkelser som tyder på at hormonhermende stoffer er til stede (Hylland & Braaten et al. 1996; Knudsen et al. 1997; Hylland et al. 1998). Med bakgrunn i dette synes det å være et behov for flere undersøkelser for å finne ut om de aktuelle stoffene finnes i konsentrasjoner store nok til å kunne påvirke fiskebestander. Det er også flere aktuelle kilder til hormonforstyrrende stoffer som er lite eller relativt ufullstendig undersøkt i Norge. Deriblant kan nevnes avrenning fra avfallsplasser, utslipp fra oljeindustrien, oppdrettsanlegg og utslipp fra treforedlingsindustri og landbruk (pesticider, husdyrhold).

Det er behov for noe mer omfattende undersøkelser i Norge hvor man legger vekt på å undersøke eventuelle effekter i områder som er sterkest berørt av forurensningskildene beskrevet over. Det kreves at man gjør et godt forarbeid og får klarhet i hvilke lokaliteter som med størst sannsynlighet har utslipp som kan gi hormonforstyrrende effekter. I tillegg bør eksponeringen skje på den delen av året hvor konsentrasjonen av disse stoffene er størst i vannet. Mest sannsynlig vil dette være under perioder med lav vannføring om sommeren.

## Litteratur

- Allen, Y., Scott, A. P., Matthiessen, P., Haworth, S., Thain, J. E. & Feist, S., 1999. Survey of Estrogenic Activity in United Kingdom Estuarine and Coastal Waters and its Effects on Gonadal Development of the Flounder *Platichthys flesus*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, Vol. 18, s. 1791-1800.
- Andersson, T., Förlin, L., Hardig, J. & Lasson, Å., 1988. Physiological Disturbance in Fish Living in Coastal Waters Polluted with Bleached Kraft Pulp Mill Effluents. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, Vol. 45, s. 1525-1536.
- Arukwe, A., Forlin, L. & Goksøyr, A., 1997a. Xenobiotic and Steroid Biotransformation Enzymes in Atlantic Salmon (*Salmo salar*) Liver treated with an Estrogenic Compound, 4-Nonylphenol. *Environmental Toxicology and Chemistry*, Vol. 16, No. 12, s. 2576-2583.
- Arukwe, A., Knudsen, F. R. & Goksøyr, A., 1997b. Fish Zona Radiata (Eggshell) Protein: A Sensitive Biomarker for Environmental Estrogens. *Environmental Health Perspectives* 105, s. 418-422.
- Dons, C. & Beck, P. Å., 1993. Miljøgifter i Norge. SFT-rapport nr. 93:22. 114 s.
- Folmar, L. C., Denslow, N. D., Rao, V., Chow, M., Crain, D. A., Enblom,

- J., Marcino, J. & Guillette, Jr., L. J., 1996. Vitellogenin Induction and Reduced Serum Testosterone Concentrations in Feral Male Carp (*Cyprinus carpio*) Captured Near a Major Metropolitan Sewage Treatment Plant. *Environmental Health Perspectives* 104: s. 1096-1101.
- Harries, J. E., Janbakhsh, A., Jobling, S., Matthiessen, P., Sumpter, J. P. & Tyler, C. R., 1999. Estrogenic Potency of Effluent from two Sewage Treatment Works in the United Kingdom. *Environmental Toxicology and Chemistry*, Vol. 18, No. 5, s. 932-937.
- Harries, J. E., Sheahan, D. A., Jobling, S., Matthiessen, P., Neall, P., Routledge, E. J., Rycroft, R., Sumpter, J. P. & Tylor, T., 1996. A Survey of Estrogenic Activity in United Kingdom Inland Waters. *Environmental Toxicology and Chemistry*, Vol. 15, No. 11, s. 1993-2002.
- Harries, J. E., Sheahan, D. A., Jobling, S., Matthiessen, P., Neall, P., Sumpter, J. P., Tylor, T. & Zaman, N., 1997. Estrogenic Activity in five United Kingdom Rivers detected by Measurement of Vitellogenesis in caged Male Trout. *Environmental Toxicology and Chemistry*, Vol. 16, No. 3, s. 534-542.
- Huse, A. & Aas-Aune, S., 1995. Kartlegging av fire prioriterte stoffgrupper. Nonylfenol og nonylfenoletoksilater, bromerte flammeretardenter, ftalater og klorparafiner. SFT-rapport 95: 28. 96 s.
- Hylland, K., Berge, J. A., Goksøyr, A., Pettersen, O., Sætre, T. & Efraimsen, H., 1998. Effekter av østrogenlignende stoffer i norske kystfarvann. NIVA-rapport LNR 3668-98. 71 s.
- Hylland, K. & Braaten, B., 1996. Kartlegging av mulige østrogenlignende effekter i miljøet i Norge. a) Biologiske effekter. NIVA-rapport LNR 3422-96. 44 s.
- Hylland, K., Fjeld, E., Øxnevad, S. & Pettersen, O., 1999. Kartlegging av effekter av miljøøstrogener på fisk i ferskvann i Norge. NIVA-rapport LNR 3969-98. 34 s.
- Jobling, S., Nolan, M., Tyler, C. R., Brighty, G. & Sumpter, J. P., 1998. Widespread Sexual Disruption in Wild Fish. *Environmental Science & Technology*, 32, s. 2498-2506.
- Karels, A. E., Soimasuo, M., Lappivaara, J., Leppanen, H., Aaltonen, T., Mellanen, P. & Oikari, A. O. J., 1998. Effects of ECF-bleached kraft mill effluent on reproductive steroids and liver MFO activity in populations of perch and roach. *Ecotoxicology* 7, s. 123-132.
- Knudsen, F. R., Schou, A. E., Wiborg, M. L., Mona, E., Tollefsen, K.-E., Stenersen, J. & Sumpter, J. P., 1997. Increase of Plasma Vitellogenin Concentration in Rainbow Trout

- (*Oncorhynchus mykiss*) Exposed to Effluents from Oil Refinery Treatment Works and Municipal Sewage. *Bulletin of Environmental Contamination & Toxicology* 59: s. 802-806.
- Larsson, D. G. J., Adolfsson-Erici, M., Parkkonen, J., Pettersson, M., Berg, A. H., Olsson, P.-E. & Forlin, L., 1999. Ethinyloestradiol – an undesired fish contraceptive? *Aquatic Toxicology* 45, s. 91-97.
- Lye, C. M., Frid, C. L. J. & Gill, M. E., 1998. Seasonal reproductive health of flounder *Platichthys flesus* exposed to sewage effluent. *Marine Ecology Progress Series*, Vol. 170, s. 249-260.
- Lye, C. M., Frid, C. L. J., Gill, M. E. & McCormick, D., 1997. Abnormalities in the Reproductive Health of Flounder *Platichthys flesus* Exposed to Effluent from a Sewage Treatment Works. *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 34, No. 1, s. 34-41.
- Mellanen, P., Petanen, T., Lehtimäki, J., Makela, S., Bylund, G., Holmbom, B., Mannila, E., Oikari, A. & Santti, R., 1996. Wood-Derived Estrogens: Studies in Vitro with Breast Cancer Cell Lines and *in Vivo* in Trout. *Toxicology and Applied Pharmacology* 136, s. 381-388
- Mosland, A. B., Kraft, J., Follestad, M. & Eskøy, R., 1996. Kartlegging av stoffer med mulige hormonliknende effekter. SFT-rapport 96: 21. 82 s. + vedlegg.
- Munkittrick, K. R., McMaster, M. E., McCarthy, L. H., Servos, M. R. & Van Der Kraak, G. J., 1998. An Overview of Recent Studies on the Potential of Pulp-Mill Effluents to alter Reproductive Parameters in Fish. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*, 1: s. 347-371.
- Munkittrick, K. R., Portt, C. B., Van Der Kraak, G. J., Smith, I. R. & Rokosh, D. A., 1991. Impact of Bleached Kraft Mill Effluent on Population Characteristics, Liver MFO Activity, and Serum Steroid Levels of a Lake Superior White Sucker (*Catostomus commersoni*) Population. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, Vol. 48, s. 1371-1380.
- Munkittrick, K. R., Van Der Kraak, G. J., McMaster, M. E. & Portt, C. B., 1994. Survey of Receiving-Water Environmental Impacts associated with Discharges from Pulp Mills. 2. Gonad Size, Liver Size, Hepatic EROD Activity and Plasma Sex Steroid Levels in White Sucker. *Environmental Toxicology and Chemistry*, Vol. 13, No. 7, s. 1089-1101.
- Noaksson, E., Linderöth, M., Bosveld, A. T. C., Norrgren, L., Sundelin, B., Zebuhr, Y., Broman, D. & Balk, L., 2000. Endocrine Disruption in Several Teleost Species in a Swedish Lake and an Adjacent Stream Contaminated by Leakage Water from a Public Refuse Dump. *International*

- Symposium on Endocrine Disrupting Substances Testing in Medaka, Nagoya, Japan, 17-20. 2 s.
- Noaksson, E., Tjarnlund, U. & Balk, L., 1997. Biokemiska, anatomiska och morfologiska studier av fisk från sjøen Molnbyggen i Dalarna – Indikationer på endokrina størninger orsakade av lakvattnet från en avfallsdeponi. Laboratoriet for akvatisk økotoxikologi. Institutet for tillampad miljøforskning. Stockholms universitet. 611 82 Nykøping. 54 s.
- Nordic Council of Ministers, 1996. Chemicals with Estrogen-like Effects. TemaNord 1996: 580. Copenhagen. 278 s.
- Pelissero, C., Le Menn, F. & Kaushick, S., 1991. Estrogenic Effect of Dietary Soya Bean Meal on Vitellogenesis in Cultured Siberian Sturgeon *Acipenser baeri*. General and Comparative Endocrinology 83, s. 447-457.
- Purdom, C. E., Hardiman, P. A., Bye, V. J., Eno, N. C., Tyler, C. R. & Sumpter, J. P., 1994. Estrogenic Effects of Effluents from Sewage Treatment Works. Chemistry and Ecology, Vol. 8, s. 275-285.
- Routledge, E. J., Sheahan, D., Desbrow, C., Brighty, G. C., Waldock, M. & Sumpter, J. P., 1998. Identification of Estrogenic Chemicals in STW Effluent. 2. In Vivo Responses in Trout and Roach. Environmental Science & Technology, 32, s. 1559-1565.
- Sumpter, J. P., 1998. Xenoendocrine disrupters – environmental impacts. Toxicology Letters 102-103, s. 337-342.
- Tyler, C. R. & Routledge, E. J., 1998. Natural and anthropogenic environmental oestrogens: the scientific basis for risk assessment\*. Oestrogenic effects in fish in English rivers with evidence of their causation. Pure & Applied Chemistry, Vol. 70, No. 9, s. 1795-1804.
- Wiborg, M. L., 1998. Økning av vitellogenin og *Zona radiata*-proteiner i plasma hos regnbueørret (*Oncorhynchus mykiss*) og atlantisk laks (*Salmo salar*) som bioindikatorer for tilstedeværelse av østrogenliknende forbindelser i avløpsvann fra et oljeraffineri. Hovedfagsoppgave i Toksikologi, Biologisk Institutt, Avdeling for molekylær cellebiologi, Universitetet i Oslo, 41 s. + appendiks.

#### Personlige meddelelser

Kolstad, A. G., Statens forurensningstilsyn (SFT) Postboks 8100 Dep, 0032 Oslo Tlf: 22 57 34 00. E-mail: anne-grethe.kolstad@sft.telemax.no

Storset, A., angående bruk av hormonforstyrrende stoffer i oppdrettsnæringen. Aquagen, Kyrksæterøra, Norge. E-mail: arne.storset@aquagen.no

Aasmundstad, T., angående bruk av hormonforstyrrende stoffer i oppdrettsnæringen. Aquagen, Kyrksæterøra, Norge. E-mail: torunn.aasmundstad@aquagen.no