

En enkel undersøkelse av  
miljøtilstanden  
i innsjøer og bekker  
med mulig forurensning  
fra Bergen Lufthavn



R  
A  
P  
P  
O  
R  
T

**Rådgivende Biologer AS**

**964**





---

# Rådgivende Biologer AS

---

**RAPPORTENS TITTEL:**

Enkel undersøkelse av miljøtilstanden i innsjøer og bekker med mulig forurensning fra Bergen Lufthavn

**FORFATTERE:**

Annie Bjørklund, Steinar Kålås & Erling Brekke

**OPPDRAKSGIVER:**

Avinor - Bergen Lufthavn, Flesland, Postboks 34, Flesland, 5869 Bergen

**OPPDRAGET GITT:**

5. september 2006

**ARBEIDET UTFØRT:**

Oktober 2006 – januar 2007

**RAPPORT DATO:**

24. januar 2007

**RAPPORT NR:**

964

**ANTALL SIDER:**

44

**ISBN NR:**

ISBN 978-82-7658-516-2

RÅDGIVENDE BIOLOGER AS  
Bredsgården, Bryggen, N-5003 Bergen  
Foretaksnummer 843667082-MVA  
Internett : [www.radgivende-biologer.no](http://www.radgivende-biologer.no) E-post: [post@radgivende-biologer.no](mailto:post@radgivende-biologer.no)  
Telefon: 55 31 02 78 Telefax: 55 31 62 75

## FORORD

Rådgivende Biologer AS har på oppdrag fra Avinor, gjennomført en punktundersøkelse som omfatter vannkjemi, fisk, dyreplankton og bunndyr i vassdrag som ligger i "nedslagsfeltet" til Bergen lufthavn, Flesland. De undersøkte vassdragene er Fleslandsvassdraget, Lønningsvassdraget og Gåstjørnsbekken. Bergen lufthavn står foran store utbygginger i de neste årene. Skjenavatnet skal fylles ut og i forbindelse med utvidelser av rullebanen blir nedbørfeltet til Lønningsvassdraget og Gåstjørnsbekken berørt.

Undersøkelsen skal utgjøre en dokumentasjon av bakgrunnstilstanden i vassdragene før sesongen med avising av fly og rullebane, samt før utfyllingen av Skjenavatnet. Den skal også danne grunnlag for utarbeidelse av et overvåkingsprogram for Fleslandsvassdraget, både mens utfyllingene i Skjenavatnet pågår og ved overvåking ved avising av fly.

Norconsult, Oslo, står for arbeidene som berører Lønningsvassdraget. Rådgivende Biologer AS ble bedt om å gjennomføre sedimentprøvetakingen i Lønnestjørna. Resultatene derfra er, etter ønske fra Avinor, inkludert i omtalen av Lønningsvassdraget.

De vannkjemiske prøvene er analysert av Chemlab Services AS og Analytica i Oslo. Bunndyrprøvene er bearbeidet av LFI Oslo. Trond Magne Målsnes, Avinor, deltok i feltarbeidet ved garnfisket.

Rådgivende Biologer AS takker Avinor ved Trond Magne Målsnes for oppdraget.

Bergen, 24. januar 2007

## INNHold

Forord.....	4
Innhold .....	4
Sammendrag.....	5
Innledning.....	7
Vassdragene rundt Flesland .....	9
Prøvetakingen.....	13
Resultater.....	15
Vannkvalitet .....	15
Dyreplankton i innsjøer .....	19
Bunndyr i bekker .....	20
Prøvefiske.....	21
Sedimentprøver i Lønnestjørna .....	27
Diskusjon.....	28
Vedleggstabeller.....	34
Referanser.....	43

## SAMMENDRAG

*Bjørklund, A.E., S. Kålås & E. Brekke.*

*Enkel undersøkelse av miljøtilstanden i innsjøer og bekker med mulig forurensning fra Bergen Lufthavn. Rådgivende Biologer AS, rapport 964, 44 sider, ISBN 978-82-7658-516-2.*

En enkel undersøkelse av miljøtilstanden i innsjøer og bekker i tre vassdrag rundt Bergen Lufthavn ble gjennomført med en prøvetaking høsten 2006. Vannkjemi, dyreplankton, bunndyr og fisk inngikk i prøvetakingen. De undersøkte vassdragene er Fleslandsvassdraget i nord, Lønningsvassdraget i sørøst og Gåstjørnsbekken i sørvest. Alle vassdragene er små og ligger under marin grense i et landskap med blandingsskog og innslag av våtmark. Forventet naturtilstand med hensyn på næringsstoff ligger rundt 10 µg fosfor/l og 300 – 400 µg nitrogen/l (Bjørklund mfl. 1994).

Generelt sett var vassdragene middels næringsrike, og samtlige bar preg av noe myrtilsig. Skjenavatnet og Lønnestjørna hadde oksygenfritt bunnvann og indre gjødsling. Innsjøene i Fleslands- og Lønningsvassdraget har tynne ørretbestander med god kondisjon og svært høy tilvekst. I dyreplanktonprøvene ble tre nye hjuldyr-arter for Norge registrert i hhv. Skjenavatnet og Lønnestjørna. Undersøkelsen av metaller og miljøgifter i vann og sedimenter viste at:

- Konsentrasjonen av kobber var meget høy i hele området og tilsvarte SFT klasse V ("meget sterkt forurenset")
- Innholdet av nitrogenforbindelser, sulfat og ledningsevne var høyere i Lønningsvassdraget og i Gåstjørnsbekken enn i Fleslandsvassdraget
- Innholdet av bly (klasse IV), nikkel (klasse III) og sink (klasse II) var høyere i Skjenavatnet enn i de andre vassdragene

Det ble ikke påvist rester av flyavisningsvæske (propylenglykol og etylenglykol) eller baneavisningsvæske (formiat og polyalkoholetoksilat) i noen av innsjøene eller elvene. Det var heller ikke ventet fordi de undersøkte stoffene er lett nedbrytbare og prøvetakingen skjedde over et halvt år etter at siste avisning var foretatt. Oljerelaterte forbindelser ble heller ikke påvist. Undersøkelsen vil i så måte være et bakgrunnsgrunnlag for vurdering av eventuelle tilførsler vinterstid når avisningskemikaliene tas i bruk.

### **Fleslandsvassdraget**

Undersøkelsen tyder på at Skjenavatnet mottar næringstilførsler og tilførsler av metaller som bly, nikkel, kobber og sink. Oksygenforbruket i bunnvannet er så høyt at det var oksygenfritt under sprangsjiktet på høsten, og dette skyldes sannsynligvis en kombinasjon av naturlige forhold (liten innsjø, mye vannvegetasjon som brytes ned, humustilførsler) og ytre tilførsler. Innsjøen har en tynn/middels ørretbestand med god kondisjon og årlig rekruttering, og en tett bestand av stingsild. Lav tetthet av ørret skyldes at gyteområdene er begrenset. Dyreplanktonsamfunnet tilsvarer det en finner i næringsrike innsjøer og indikerer gode forhold med hensyn på surhet. En noe lav artsdiversitet av pelagiske arter, men høy diversitet av littorale arter, kan skyldes en kombinasjon av at innsjøen er liten og at prøvene er tatt noe sent på året. To hjuldyrarter fra Skjenavatnet er ikke registrert i Norge tidligere (*Notommata glyphura* og *Trichocerca insignis*), og vannloppen *Lathonura rectirostris* har bare ett funnsted på Vestlandet tidligere.

Langavatnet synes ikke å være belastet med store næringstilførsler. Det var et høyt oksygenforbruk i bunnvannet også her, men det var ikke oksygenfritt i bunnvannet. Langavatnet er større og har et større dypvannsvolum, og har derfor større tålegrense for tilførsler. Konsentrasjonen av alle metaller var lavere enn i Skjenavatnet, men likevel var konsentrasjonen av kobber høy, mens bly- og nikkelkonsentrasjonen

var middels høy. Ørretbestanden er fåtallig, men med god kondisjon og årlig rekruttering, og det er også en tett bestand av stingsild. En fåtallig bestand av ørret skyldes mangel på gyteområder lokalt, og bestanden holdes trolig oppe på grunn av rekruttering fra Skjenavatnet. Dyreplanktonsamfunnet tilsvarer det en finner i næringsrike innsjøer og indikerer gode forhold med hensyn på surhet. Det ble påvist flere pelagiske arter der enn i Skjenavatnet, trolig på grunn av innsjøens størrelse og dyp.

Fleslandselven hadde et spesielt høyt innhold av næringsstoffet fosfor. Trolig er det tilførsler lokalt til elva. Ellers var forholdene i elva meget bra, bortsett fra kobberkonsentrasjonen som er meget høy i hele området. Fåbørstemark, fjørmygglarver, danseflue, gråsugge, ertemusling og noen elvebillearter ble påvist i store antall, men det ble også påvist ni arter av døgnflue, steinflue og vårfluelarver (EPT-gruppen). Totalt sett indikerer bunndyrfaunaen at elven har et høyt innhold av organisk materiale og at den er næringsrik. Det store antallet arter og forekomstene av EPT-arter tyder likevel på at tilstanden i elven er god.

### **Lønningsvassdraget**

Lønnestjørna er ikke preget av næringstilførsler med hensyn på fosfor, men nitrogenkonsentrasjonen i innløpsbekken var høy. Ledningsevnen og konsentrasjonen av sulfat var også høyere enn i de andre vassdragene. Innsjøen har oksygenfritt bunnvann og indre gjødsling. Trolig er naturlige forhold (liten innsjø, mye vannvegetasjon som brytes ned) en viktig årsak til dette, men eksterne tilførsler kan ikke utelukkes som medvirkende. Kobberkonsentrasjonen var høy her som i resten av området, og blykonsentrasjonen var middels høy. Sedimentprøver viste en "markert forurensning" av benzo(a)pyren i det dypeste bassenget, men konsentrasjonen av PAH og PCB var relativt lav.

Innsjøen har en tynn ørretbestand med god kondisjon og årlig rekruttering. Lav tetthet av ørret skyldes at gyteområdene er begrenset. Ingen stingsild er påvist i dette vassdraget. Dyreplanktonsamfunnet tilsvarer det en finner i næringsrike innsjøer og indikerer gode forhold med hensyn på surhet. Flere av artene er tolerante for høy ledningsevne. Artssammensetningen var preget av lavt beitepress fra fisk, og dette sammen med en forskjellig vannkvalitet ga en noe annen artssammensetning enn i Fleslandsvassdraget. Hjuldyrarten *Keratella paludosa* er ikke tidligere registrert i Norge.

Inn- og utløpselvene til Lønnestjørna hadde stort sett mudderbunn. Bunnforholdene påvirker i sterk grad hvilke arter og organismer som lever i elven, og generelt finner en flere ulike grupper bunndyr der forholdene er mer varierte og der det er sand, stein og grus som er bunnssubstratet. Fåbørstemark og fjørmygglarver var dominerende dyregrupper. Dette er vanlig for næringsrike elver der bunnssubstratet består av organisk materiale. Dette er trolig hovedårsaken til et lavere antall dyregrupper i disse elvene enn i Fleslandselven ved prøvetakingen i oktober.

### **Gåstjønsbekken**

Denne lille og sterkt myrpåvirkede bekken hadde, som Lønningsvassdraget, et høyt innhold av nitrogen. Konsentrasjonen av kobber var også høy og nikkelskonsentrasjonene middels høye. Bunnssubstratet var dominert av mudderbunn, men noe sandinnblandig. Vi antar at dette er hovedårsaken til at antallet arter og grupper av bunndyr her var høyere enn i Lønningsvassdraget, men lavere enn i Fleslandselven. Knottlarver, fåbørstemark og fjørmygg var dominerende dyregrupper, noe som tyder på at elven var næringsrik med høyt innhold av organisk materiale, men det ble også påvist seks EPT-arter og en elvebille.

## INNLEDNING

Drift av flyplasser vil kunne forurense nærliggende vassdrag på flere måter, både ved direkte avrenning fra flyplassområdet, via snøfresing og via luften i forbindelse med avisning av flyene. Type forurensninger kan være mange, alt avhengig av aktiviteter og oppsamlingsrutiner ved den enkelte flyplass.

Størst fokus har vært rettet mot bruk av avisningskjemikalier fordi det er et stort forbruk av disse vinterstid og det er vist at de påvirker vassdrag og jordsmonn nær rullebanen (f. eks. Weideborg og Roset 2005). Andre mulige forurensninger kan være kloakktilførsler, næringstilførsler på grunn av gjødsling av grøntområder, avrenning som inneholder olje, diesel og andre kjemikalier som kan være aktuelle i forbindelse med drift av flyplasser.

De ulike stoffenes virkningsmekanismer i vassdrag kan grovt sett deles inn i tre; næringstilførsler kan føre til økt algevekst, tilførsler av organisk stoff kan gi høyt oksygenforbruk og dermed vanskelige vilkår for vannlevende organismer og tilførsler av miljøgifter kan gi akutt eller kronisk skade på vannlevende organismer.

**Næringsrikheten** i vassdrag måles som konsentrasjon av næringsstoffene fosfor og nitrogen, der førstnevnte oftest er begrensende i ferskvann, - og derfor avgjørende for den biologiske produksjonens nivå. Næringsstoffer kommer delvis som naturlige tilførsler fra jordsmonnet, og siden områdene rundt Flesland er lavtliggende med rike løsmasseavsetninger og ligger under marin grense, antas en naturlig konsentrasjon av fosfor og nitrogen å ligge rundt 10 µg fosfor /liter og rundt 300-400 µg nitrogen/liter (Bjørklund mfl. 1994). Et høyt innhold av næringssalter gir økt algevekst og økt begroing. Økt begroing kan gi problemer både i elver og grunne innsjøer, mens innsjøene kan få store oppblomstringer av alger, og i enkelte tilfeller av giftige alger.

Mulige kilder for næringstilførsler til vassdragene rundt flyplassen kan være kloakktilførsler eller gjødsling av grøntområder. Disse antas i utgangspunktet å være små da kloakk og avløpsvann skal gå til offentlig avløp, og det ikke er vesentlig gjødsling av grøntområdene der (Målsnes, pers.medd.).

**Tilførsler av organisk stoff** vil ha størst betydning for forholdene i dypvannet i sjiktede innsjøer. Dødt organisk materiale synker mot bunnen der det brytes ned under forbruk av oksygen, og oksygeninnholdet i dypvannet vil gradvis avta. Innsjøer med et lite dypvannsvolum vil ha begrensede mengder oksygen tilgjengelig, og dersom forbruket er stort vil det resultere i oksygenfritt dypvann. Disse delene av innsjøen vil da bli ulevelige for de fleste vannlevende organismer.

Naturlige tilførselskilder med hensyn på organisk materiale er egen alge- og planteproduksjon og tilsig fra myrområder. Dødt organisk materiale som kommer med tilrenningsvannet på høsten når vegetasjonen på land dør, kan også være viktig i perioder på høsten. Det er store lokale variasjoner i disse tilførslene og en naturlig konsentrasjon av organisk stoff er derfor vanskelig å sette. I nedbørfeltet rundt flyplassen er det en del myrområder og det var mye vegetasjon i strandsonene i alle innsjøene. Et naturlig høyt innhold av organisk stoff er derfor forventet på tidspunktet for denne punktundersøkelsen.

Mulige forurensningskilder som kan påvirke oksygeninnholdet i vassdragene rundt flyplassen kan være kloakk og avisningsvæsker. Kloakken skal føres til offentlig ledningsnett, men det er nylig påvist lekkasjer til Skjenavatnet (Målsnes, pers. medd.). Avisningsvæsker er kun i bruk vinterstid. Ved Bergen lufthavn er Aviform L50 brukt til baneavisning og Kilfrost ABC 2000 til flyavisning de siste årene. Produktene er hhv. kaliumformiat- og glykolbaserte. De formiatbaserte avisningskjemikaliene har et svært lavt oksygenforbruk og brytes raskt ned, og anses derfor som langt gunstigere for miljøet

enn øvrige avisingskjemikalier på markedet. Den glykolbaserte flyavisningsvæsken er også lett nedbrytbar, men har et høyere oksygenforbruk ved aerob nedbrytning. Ved anaerob nedbrytning dannes giftig H<sub>2</sub>S-gass og merkaptangasser.

Lønningsvassdraget ved Bergen lufthavn har tidligere vært sterkt forurenset på grunn av avisingskjemikalier (Stene-Johansen & Holtan 1991, Dagestad & Holtan, 1994, Holtan 1996, Noteby 1996), men i dag samles det meste opp i et eget dressystem. En del av flyavisningsvæsken spres likevel til nedbørfeltet når fly tar av eller det er vind under avisningen, og vanligvis regner en med at minst 10-20 % av avisningsvæsken havner i nedbørfeltet.

Et annet problem knyttet til oksygenfritt dypvann i innsjøer er "indre gjødsling". Ved oksygenfritt vann over sedimentene en tid, vil stoffer som tidligere har vært bundet til sedimentene kunne løses ut igjen (Wetzel 1983). Da kan konsentrasjonen av fosfor i dypvannet være både 10 og 100 ganger høyere enn i overflatevannet. I slike innsjøer vil "indre gjødsling" kunne utgjøre en vesentlig del av de samlede tilførslene, og en kan komme inn i en selvforsterkende sirkel med stadig økende næringsinnhold og algemengder.

**Miljøgifter** i vassdrag skyldes hovedsakelig kun eksterne kilder. Effekter av disse på vannlevende organismer kan være både akutte og kroniske. Både ved akutte og kroniske effekter vil en kunne få redusert tetthet eller redusert diversitet av vannlevende dyr. Miljøgifter kan også akkumulere i næringskjeden, og med økende konsentrasjon være skadelig også for mennesker eller dyr som spiser fisk med høyt innhold av miljøgifter.

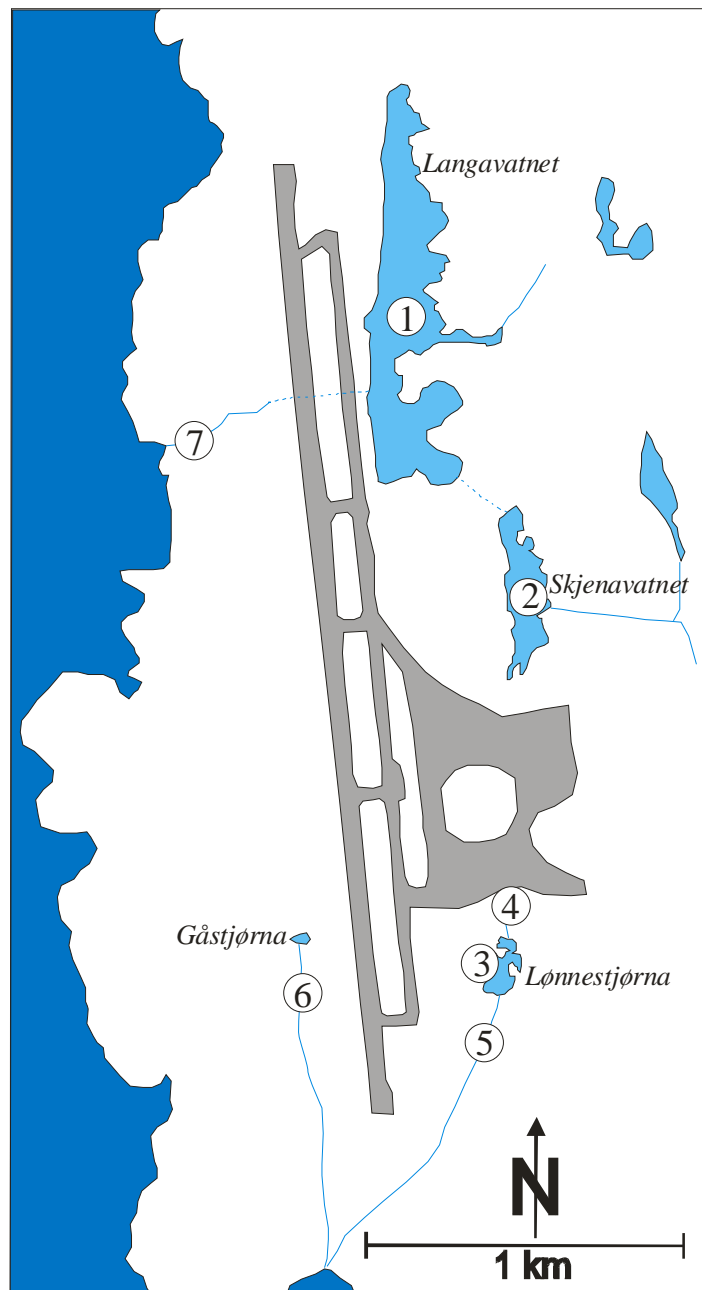
Kilder for miljøgifter fra flyplassen kan være avisningsprodukter som inneholder tilsetningsstoffer for å hindre korrosjon. Den nøyaktige sammensetningen av disse er ikke kjent, noe som begrunnes med at tilsetningsstoffene opptrer i så lave konsentrasjoner at de ikke er merkepliktige i hht. produktloven. Avrenning fra rullebanen kan også inneholde miljøgifter som oljeprodukter, gummiprodukter og andre kjemikalier fra aktiviteter ved driften.

Målsetningen med punktundersøkelsen høsten 2006 er å gi et oversiktsbilde over tilstanden i de tre vassdragene rundt flyplassen, som alle er små og dermed ekstra følsomme for forurenningstilførsler. Den skal også være en dokumentasjon på tilstanden i Skjenavatnet før det fylles ut. I tillegg er målet å gi et bilde av bakgrunnstilstanden med hensyn på vannkvaliteten før sesongen med avising av fly og rullebane starter, da en antar at avisingskjemikaliene stort sett er lett løselige i vann og i liten grad vil finnes i vassdragene over et halvt år etter at slike har vært i bruk. Det er derfor ikke gått nærmere inn på de enkelte avisningsproduktene, mengder som brukes, spredning i nedbørfeltet osv. i denne omgang.



## VASSDRAGENE RUNDT FLESLAND

Bergen lufthavn ligger omkranset av tre små vassdrag (figur 1). I nordøst ligger Fleslandsvassdraget med Skjenavatnet og Langavatnet, i sørøst ligger Lønningsvassdraget med Lønnestjørna og i sørvest ligger Gåstjørna med utløpsbekk til Slettepollen. Hele området ligger under marin grense (ca. 50 moh i dette området) og er i stor grad preget av myrområder.



**Figur1.** Kart over vassdragene i flyplassområdet med prøvetakingsstasjoner og lufthavnen inntegnet. Bekken fra Gåstjørna ligger delvis i rør under veier og fyllinger og finnes ikke avmerket på noe kart. Vi har måttet antyde tilnærmet bekkeløp.

## Fleslandsvassdraget

Fleslandsvassdraget (065.31) består av Skjenavatnet (39 moh.) som renner inn i Langavatnet (39 moh) og deres inn og utløpselver. Skjenavatnet ligger ca. 400 m nordøst for terminalbygget på lufthavnen. Fra nordenden av Skjenavatnet renner vannet i rør videre til Langavatnet. Langavatnet ligger like øst for rullebanene på flyplassen. Fra Langavatnet ledes vannet vestover under rullebanene og videre i åpen bekk til utslipp i Kvernavika i Raunefjorden. Begge innsjøene ligger innenfor inngjerdet område på lufthavnen og er ikke tilgjengelig for allmennheten. Bare utløpselva fra Langavatnet ligger utenfor, og den renner gjennom et boligområde før den når sjøen.

Skjenavatnet (KM 904 915, 1115 I) har et areal på 0,054 km<sup>2</sup> og et maksimumsdyp på 11 m (figur 2). Til Skjenavatnet kommer det en innløpselv fra øst, mens utløpet ligger i nord. Utløpet, som går gjennom et rør med diameter på en meter, renner inn i sørenden av Langavatnet.

Langavatnet (KM 912 911, 1115 I) er 0,186 km<sup>2</sup> stort, og har et største dyp på ca 24 meter. Innsjøen er ca 1300 meter lang (figur 3) og de sørligste 450 meterne er meget grunne med et relativt jevn bunn på rundt 3 meters dyp. Der er det stedvis mye vannvegetasjon. Innsjøen har to innløpsbekker, den største kommer fra Skjenavatnet og renner inn i sør, den andre renner inn i øst der den drenerer et mindre myrområde. Utløpet fra Langavatnet ligger i den sørvestlige delen av innsjøen og går til Kvernavika i Raunefjorden; først i rør under rullebanen og videre som åpen bekk ned til sjøen.

Innløpet fra Skjenavatnet og utløpet av Langavatnet ligger altså begge i den sørlige delen av det langstrakte Langavatnet. Med bebyggelse og lufthavnen i nedbørfeltet vil tilrenningen til innsjøene være endret i forhold til det opprinnelige, men anslagsvis er den lokale tilrenningen til Langavatnet nesten like stor som tilrenningen som kommer via Skjenavatnet.

Både Skjenavatnet og Langavatnet har bestander av ørret (*Salmo trutta*) og stingsild (*Gasterosteus aculeatus*) og begge innsjøene nyttes som oppvekstområde av ål (*Anguilla anguilla*). Innsjøene er også registrerte som rasteplass for andefugler. Det er ikke registrert vernede eller prioriterte naturtyper i området.

Tidligere undersøkelser av eutrofieringsvannkvalitet er gjort i september 2006 (Multiconsult 2006) og i september 2003 (data fra Målsnes, Avinor). I 2006 ble det også tatt sedimentprøver fra de to innsjøene. Målinger av glykol er foretatt i innløpsbekken til Skjenavatnet flere ganger i vinterhalvåret i perioden 2003-2006 og i utløpsbekken fra Langavatnet i 2004 (data fra Målsnes, Avinor)

## Lønningsvassdraget

Lønningsvassdraget (065.31) består av Lønnestjørna (ca 32 moh) med innløpsbekk i nord og en ca. 1 km lang utløpselv til sjøen. Vassdragets nedbørfelt er på ca. 0,75 km<sup>2</sup>, og nedbørfeltet til Lønnestjørna er på ca 0,36 km<sup>2</sup>. Det aller meste av vassdraget ligger utenfor gjerdet til flyplassen og er allment tilgjengelig. Flyavisningsplattformen, flyoppstillingsarealer vest og sør for flyplassens ekspedisjonsbygg samt frakttterminalene i øst ligger i nedbørfeltet til dette vassdraget.

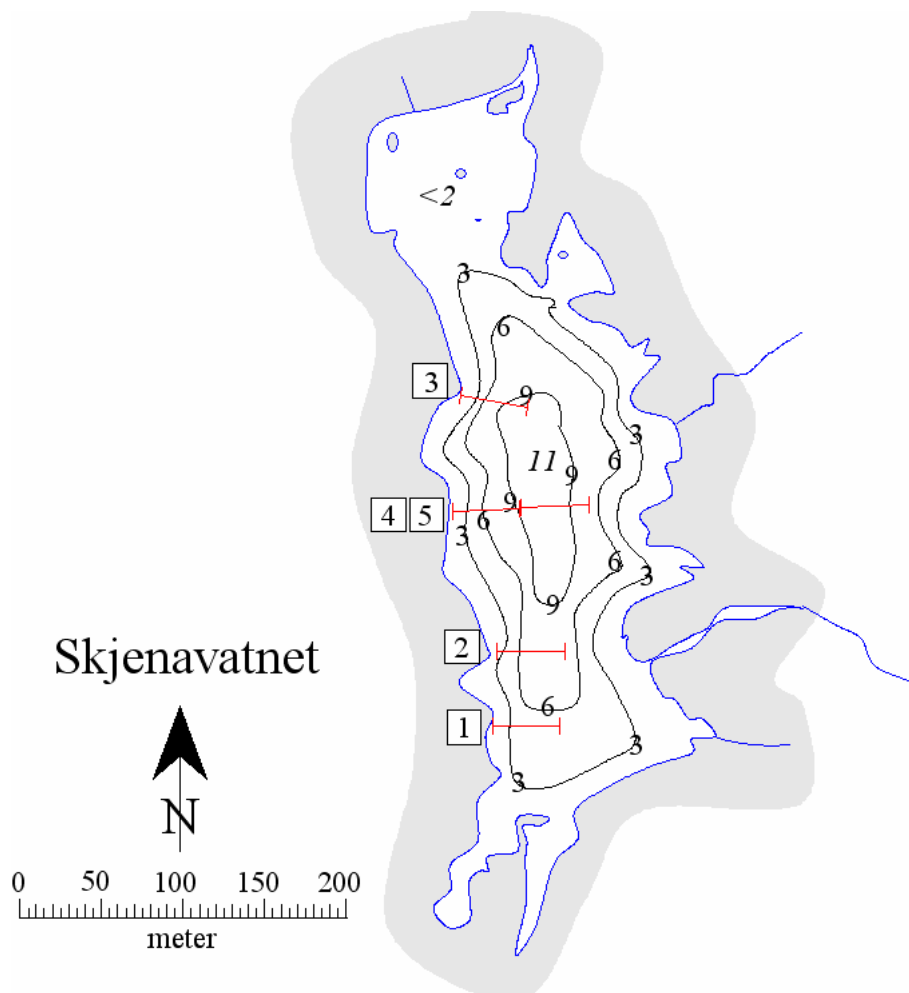
Lønnestjørna (KM 890 915, 1115 I) har et areal på 0,01 km<sup>2</sup> og et største dyp på 11 m (figur 4). Innsjøen består av to basseng, det nordligste og minste er 7 meter på det dypeste, det sørligste og største har maksimumsdyp på 11 meter. En innløpsbekk renner inn fra nord. Denne er omtrent 150 m lang og kommer ut fra steinfyllingen under flyplassen. Bekken er 0,5 til 1 m brei, grunn og med lite fall. Det er bestander av aure (*Salmo trutta*), og det er sannsynligvis også ål (*Anguilla anguilla*) i innsjøen.

I Lønningsvassdraget er det gjort flere vannkjemiske undersøkelser fordi vassdraget på nittitallet var periodevis sterkt forurenset med kloakktilførsler/flyavisningsvæsker (Stene-Johansen og Holtan, 1991, Dagestad og Holtan 1994, Holtan 1996, NOTEBY 1996). De seinere årene er det tatt prøver fra Lønnestjørna med hensyn på eutrofieringsvannkvalitet en gang årlig på høsten i 2001, 2003 og 2004 (data fra Målsnes, Avinor). Målinger av glykol er foretatt i innløpsbekken til Lønnestjørna flere ganger i vinterhalvåret i perioden 2003-2006 (data fra Målsnes, Avinor).

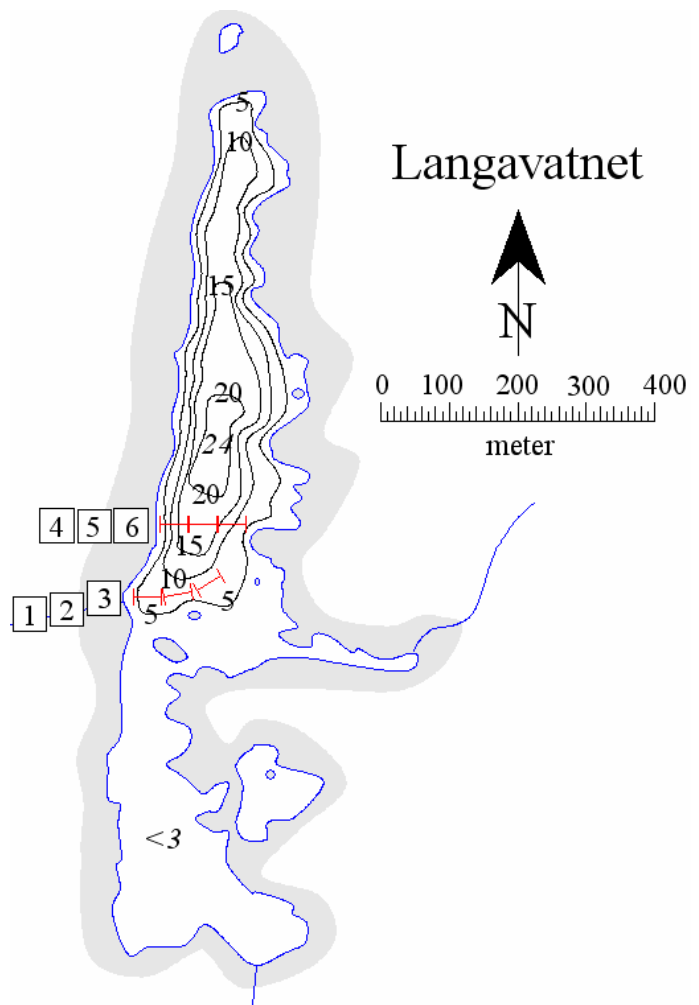
### Gåstjørnsbekken

Vest for den sørlige delen av flyplassen ligger et lite vassdrag som består av et lite tjern (Gåstjørna, ca 32 moh) og en utløpsbekk mot havet i vest (figur 1). Bekken ligger delvis i rør under veier og fyllinger og finnes ikke avmerket på noe kart. Vi har derfor måttet antyde tilnærmet bekkeløp på oversiktskartet (figur 1). Vassdraget ligger like vest for flyplassen og i tillegg til denne drenerer det også et myrområde. Snødeponiet på flyplassen ligger i nedbørfeltet til dette vassdraget.

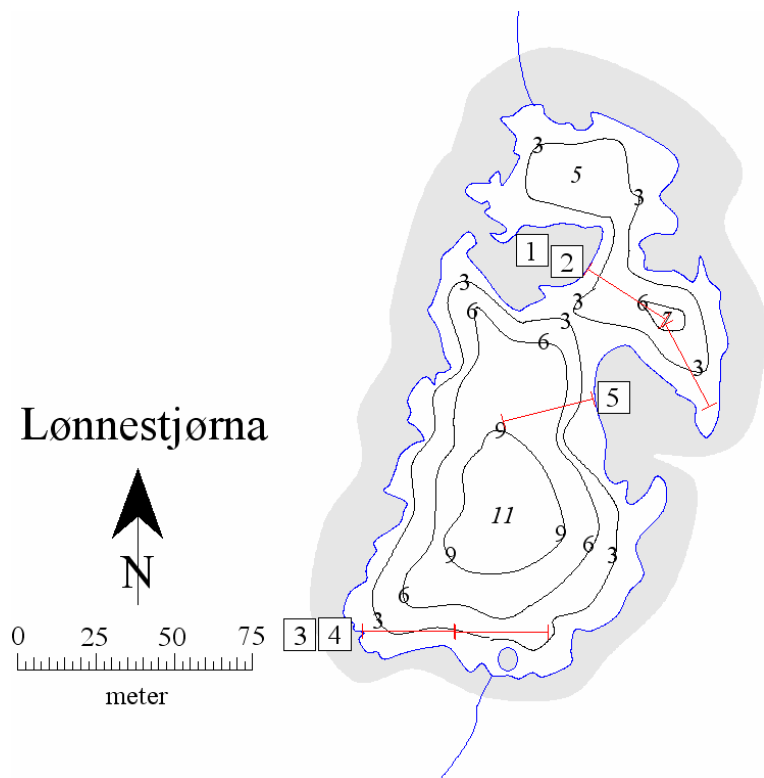
Det er ikke gjort vannkjemiske undersøkelser i dette vassdraget tidligere.



**Figur 2.** Dybdekart for Skjenavatnet tegnet med 3 meters koter. Stedene der det ble satt garn er avmerket med nummererte firkanter.



**Figur 3.** Dybdekart for Langavatnet tegnet med 5 meters koter. Stedene der det ble satt garn er avmerket med nummererte firkanter.



**Figur 4.** Dybdekart for Lønnestjørna tegnet med 3 meters koter. Stedene der det ble satt garn er avmerket med nummererte firkanter.

## PRØVETAKINGEN

Prøvetakingen ble gjennomført 12. oktober 2005. Det ble tatt overflate- og dypvannsprøver fra Langavatnet, Skjenavatnet og Lønnestjørna. I tillegg ble det tatt prøver fra fire bekker; innløp- og utløpsbekken fra Lønnestjørna, Fleslandselven ved vei like før den renner ut i sjøen og i Gåstjørnsbekken vest for flyplassen (tabell 1, figur 1).

De vannkjemiske prøvene ble analysert i henhold til parameterlisten i tabell 2, og i innsjøene ble temperatur-, ledningsevne- og oksygenprofiler ble målt i hele vannsøylen. I bekkene ble de sistnevnte målt i overflatevannet. I Skjenavatnet og Lønnestjørna ble dypvannsprøvene analysert med hensyn på sulfid fordi de luktet hydrogensulfid.

Det ble tatt prøver av dyreplanktonsamfunnet i de åpne vannmassene ved innsjøenes dypeste punkt. Disse ble tatt som vertikale håvtrekk gjennom hele vannsøylen. Det ble også tatt horisontale håvtrekk i strandsonen til Skjenavatnet for å vurdere planktonsamfunnet i vegetasjonssonen.

Forekomst av bunndyr ble undersøkt i de fire bekkene. Det ble tatt roteprøver med håv med maskevidde på 250µm. Prøvene ble sendt til LFI ved Zoologisk Museum i Oslo for sortering og artsbestemmelse.

Et enkelt prøvefiske ble også gjennomført 12. - 13. oktober 2006. Innsjøene ble garnfisket med bunn garn av den standardiserte nordiske fleromfarstypen. Antall garn ble tilpasset innsjøstørrelse og forventet fangst. Garna ble satt på en slik måte at alle dyp ble dekket (figurene 3-6). Fiskene som ble fanget ble målt, veid, analysert med hensyn på alder, kjønn og kjønnsmodning. Inn- og utløpsbekker der det var muligheter for rekruttering av aure ble undersøkt med elektrisk fiskeapparat.

**Tabell 1.** De undersøkte stedene og prøvetakingsdyp 12. oktober 2006. For nærmere stedfesting se figur 1.

Kart nr.	Prøvetakingssted	Prøvetakingsdyp
1	Langavatnet	0,5
1a.	Langavatnet, dypvann	20
2	Skjenavatnet	0,5
2a	Skjenavatn, dypvann	9
3	Lønnestjørna	0,5
3a	Lønnestjørna, dypvann	8
4	Innløpsbekk til Lønnestjørna	0
5	Utløpsbekk fra Lønnestjørna	0
6	Gåstjørnsbekken vest for flyplassen	0
7	Fleslandselven	0

**Tabell 2.** Analyseparametre for de vannkjemiske prøvene.

Generelle	Metaller	Miljøgifter
pH	Kobber	Propylenglykol
Ledningsevne	Sink	Etylenglykol
KOF	Krom	Formiat
Totalnitrogen	Nikkel	Polyalkoholetoksilat
Nitrat	Bly	Hydrokarboner
Totalfosfor	Kadmium	
Fosfat	Kvikksølv	
Sulfat	Jern	
Sulfid dersom oksygenfritt bunnvann	Mangan	

I forbindelse med utvidelse av rullebanen på Flesland har Norconsult en undersøkelse av Lønningsvassdraget. I den forbindelse tok vi sedimentprøver i Lønnestjørna den 7. desember 2006. Det ble tatt prøver fra to steder; ved det dypeste punktet i det nederste og største bassenget (stasjon 1, UTM: ED 50, LM 916 882, -11 meters dyp) og ved det dypeste punktet i det øverste bassenget (stasjon 2, UTM: ED 50, LM 916 883 - 6 meters dyp). Prøvene ble tatt med en VanVeen grabb med areal på 0,028 m<sup>2</sup>. Det ble tatt flere sedimentprøver ved hvert av punktene, de øverste to cm av sedimentet i hvert hugg ble skrapet av, og en blandeprobe av samtlige hugg på den enkelte stasjonen ble sendt til analyse ved Chemlab Services i Bergen og Analytica i Oslo. Prøvene ble analysert i henhold til oppgitt parameterliste (tabell 3).

**Tabell 3.** Analyseparametre for sedimentprøvene fra Lønnestjørna.

PAH-stoffer	PCB-stoffer	Metaller	Olje og miljøgifter
Naftalen	PCB # 28	Kobber	HC oljeindeks
Acenaftylene	PCB # 52	Sink	4-n-nonylfenol
Acenaften	PCB # 101	Bly	Bensotriazol
Fluoren	PCB # 118	Krom	Tolytriazol
Fenatren	PCB # 153	Nikkel	Alkyletoksilater
Antracen	PCB # 138	Kadmium	Petroleumsulfonater
Fluoranten	PCB # 180	Arsen	
Pyren	PCB7 sum	Kvikksølv	
Benzo(a)antracen			
Chrysen			
Benzo(b)fluoranten			
Benzo(k)fluoranten			
Benzo(a)pyren			
Indeno(123cd)pyren			
Dibenzo(a,h)antracen			
Benzo(g,h,i)perylene			
PAH sum			

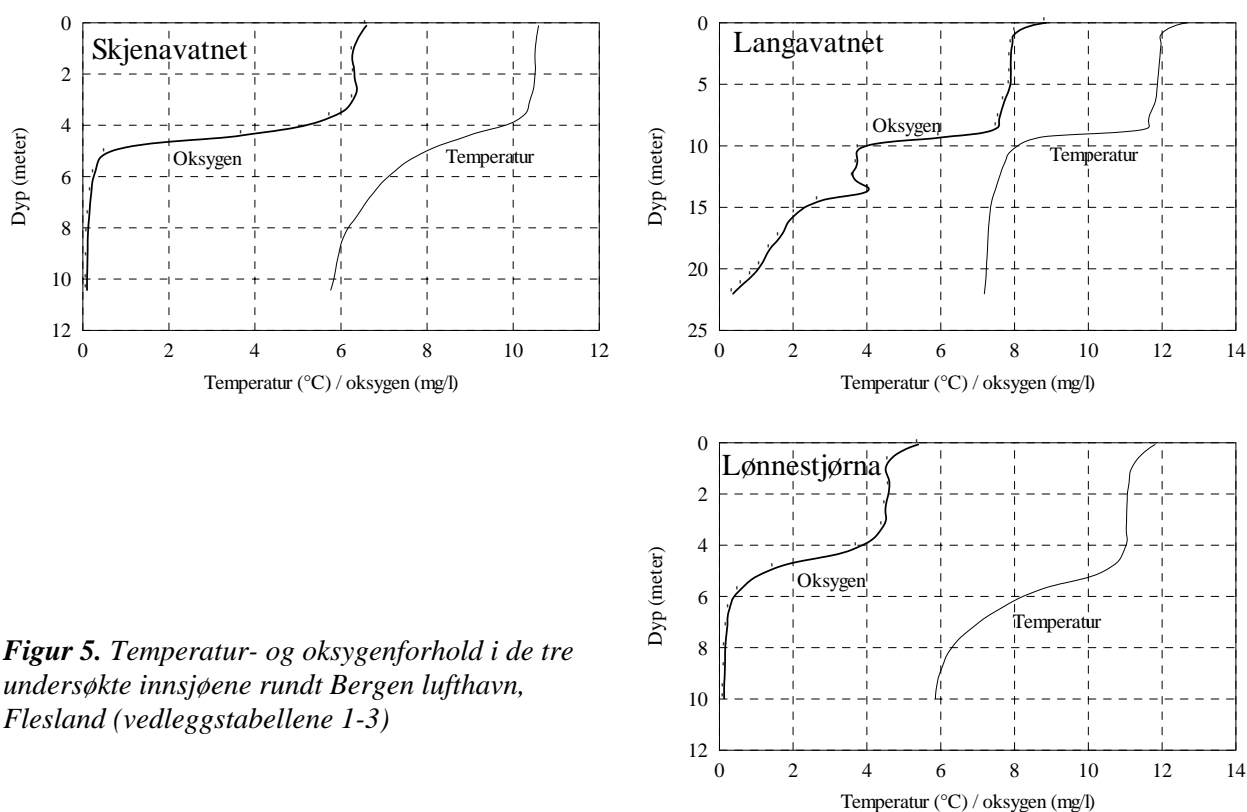
# RESULTATER

## VANNKVALITET

### Temperatur- og oksygenforhold

12. oktober var det en utpreget temperatursjiktning i alle tre innsjøene (figur 5). Dette var noe uventet i Lønnestjørna og Skjenavatnet siden undersøkelsen ble foretatt så seint på året. I begge disse lå sjiktningen rundt fem meters dyp, i Langavatnet lå den rundt ni meters dyp.

Alle de tre undersøkte innsjøene hadde et lavt oksygeninnhold i bunnvannet (figur 5). I Skjenavatnet og Lønnestjørna var omtrent alt oksygenet oppbrukt i hele vannsøylen under temperatursjiktet, noe som også viste seg i form av økte konsentrasjoner av jern spesielt, men også mangan, i bunnvannet. I Langavatnet var også oksygenkonsentrasjonene lave, men der avtok oksygenmengdene jevnt nedover vannsøylen undre sprangsjiktet. I overflatevannet, spesielt i Lønnestjørna men også i Skjenavatnet, var det også mindre oksygen enn en kunne forvente med hhv. bare 60 % og 50 % oksygenmetning. I Langavatnet derimot var det over 80 % metning.



**Figur 5.** Temperatur- og oksygenforhold i de tre undersøkte innsjøene rundt Bergen lufthavn, Flesland (vedleggstabellene 1-3)

Oksygeninnholdet ble også målt i elvene, og i Fleslandselven var oksygeninnholdet godt med 10,5 mg O/l tilsvarende 98 % oksygenmetning (vedleggstabell 4). I innløpselva og utløpselva fra Lønnestjørna var oksygeninnholdet lavere med bare 9,3-9,5 mg O/l eller rundt 80 % metning. I Gåstjørnsbekken derimot var oksygeninnholdet meget lavt med bare 44 % oksygenmetning tilsvarende 5 mg O/l. En viktig årsak til sistnevnte forhold er trolig det høye innholdet av humus, samt at det var den mest stillestående av de fire undersøkte bekkene.

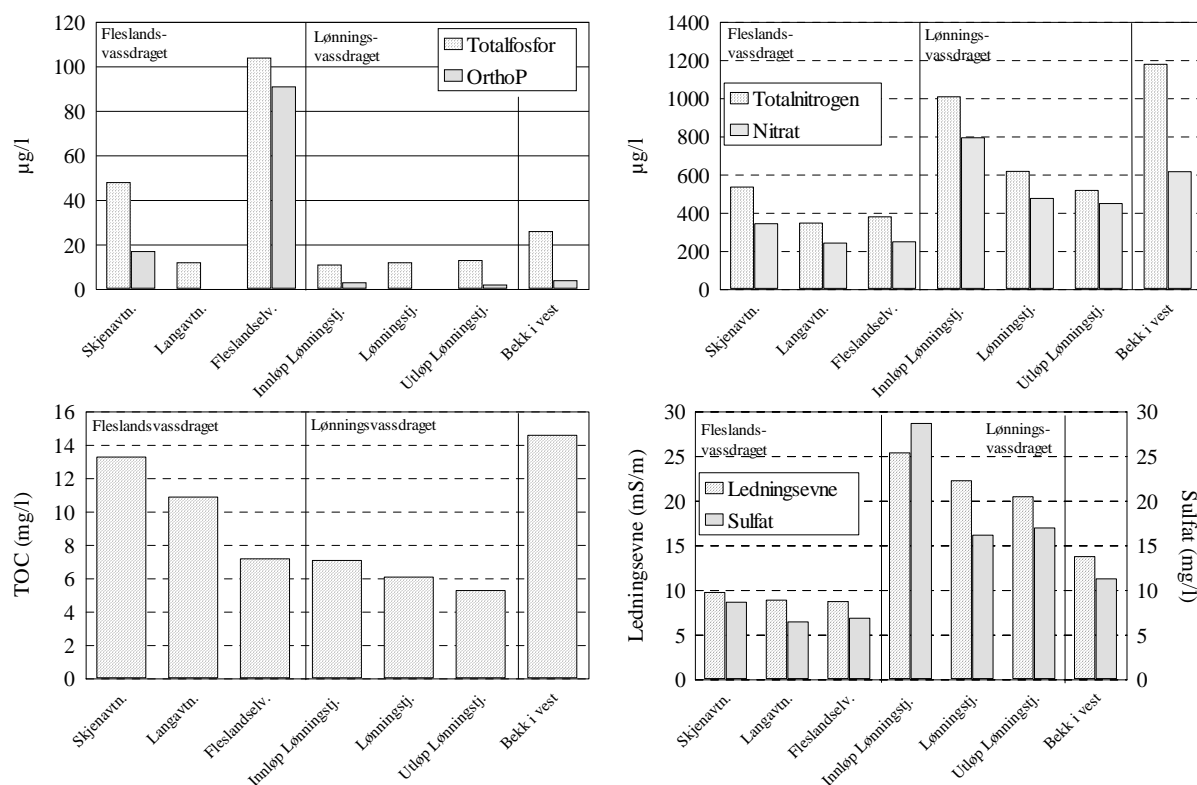
Innholdet av mangan og jern i innsjøene var mye høyere i bunnvannet enn i overflatevannet i Skjenavatnet og Lønnestjørna, mens forskjellene var små i Langavatnet (vedleggstabell 6). Ved

oksygenmangel vil jernoksyd ( $\text{FeO}_3$ ) og manganoksyd ( $\text{MnO}$ ), som vanligvis ligger bundet i sedimentene, løses og føre til høyere konsentrasjoner i vannfasen. Normal er det lite av disse ( $< 0,01$  mg/l mangan og  $< 0,3$  mg/l av jern), men de kan forekomme i større mengder i humøst vann, -da bundet til humus. Disse resultatene forsterker inntrykket av dårlige oksygenforhold i Skjenavatnet og Lønnestjørna. I Langavatnet var det ikke tilsvarende dårlige forhold sjøl om det var et stort oksygenforbruk i dypvannet der også.

## Næringsinnhold

Innholdet av totalfosfor i vassdragene rundt Flemland var stort sett relativt lavt (figur 6). Med en antatt naturtilstand rundt  $10 \mu\text{g/l}$ , var det bare Skjenavatnet, Flemlandselven og Gåstjørnsbekken som hadde vesentlig høyere konsentrasjoner i overflatevannet. Høyest konsentrasjon ble målt i Flemlandselven med hele  $127 \mu\text{g}$  fosfor/l mens det i Skjenavatnet var nesten  $50 \mu\text{g}$  fosfor/l. Også Gåstjørnsbekken hadde noe høyere fosforkonsentrasjoner enn naturtilstanden skulle tilsi, men bekken er liten og bare en prøve etter en periode med nedbør gir ikke grunnlag for noen reell vurdering av tilstanden der.

I dypvannet i innsjøene var fosforkonsentrasjonene høye i Skjenavatnet ( $229 \mu\text{g/l}$ ) og Lønnestjørna ( $127 \mu\text{g/l}$ ) og de hadde også høyere konsentrasjon av orthofosfat enn resten av vassdraget. Flemlandselven hadde konsentrasjonen av orthofosfat som var spesielt høy.



**Figur 6.** Vannkjemiske parametre i overflatevann fra de undersøkte stedene i Flemlandsvassdraget, Lønningsvassdraget og Gåstjørnsbekken den 12. oktober 2006 (vedleggstabell 5).

Nitrogeninnholdet var atskillig høyere i Lønningsvassdraget og i Gåstjørnsbekken, enn i Flemlandsvassdraget (figur 6). I Lønningsvassdraget var konsentrasjonene høyest i innløpselva til tjernet med rundt  $1000 \mu\text{g N/l}$  og lavest lengst nede i vassdraget. I Gåstjørnsbekken var også nitrogenkonsentrasjonene meget høye med en konsentrasjon på hele  $1180 \mu\text{g N/l}$ . I Flemlandsvassdraget var nitrogenkonsentrasjonene lave, bare i Skjenavatnet var de noe høyere i overflatevannet. I dypvannet var de meget lave med konsentrasjoner  $< 50 \mu\text{g/l}$ . Nitratkonsentrasjonene var tilsvarende høye de fleste stedene.



## **Innhold av organisk stoff**

Innholdet av organisk stoff var meget høyt i Gåstjørnsbekken med TOC-verdi på nesten 15 mg O/l (figur 6). Vannet var meget brunt ved prøvetakingen og bekken er trolig dominert av tilsig fra myrområder. Fleslandsvassdraget hadde også et høyt innhold av organisk stoff, men uten at fargen var tilsvarende brun. Det tyder på at det er mindre dominans av myrtilsig til Fleslandsvassdraget. TOC-verdien var høyest øverst i vassdraget (13 µg/l) og avtok nedover i vassdraget. Lønningsvassdraget hadde middels høye konsentrasjoner av organisk stoff.

Det hadde regnet en del dagene før prøvetaking, så tilsig fra myrområder vil være en årsak til det høye TOC-innholdet og i tillegg vil nedbrytning av de store mengdene vannvegetasjon i innsjøene kunne være en vesentlig kilde.

## **Ledningsevnen**

Ledningsevnen var høyere i overflatevannet i Lønningsvassdraget og Gåstjørnsbekken enn i Fleslandsvassdraget (figur 6). Høyeste var ledningsevnen i innløpselva til Lønnestjørna med 25 mS/m og ledningsevnen avtok nedover i vassdraget. I dypvannet i var ledningsevnen høy i Skjenavatnet (31 mS/m) og i Lønnigstjernet (40 mS/m) (vedleggstabell 5).

## **Innhold av metaller**

I vassdragene rundt Flesland var det metallene kobber, bly og nikkel som ga største forurensningsutslaget. Kadmium og krom ble kun påvist i små mengder (vedleggstabell 6) og ingen av stedene ble påvist konsentrasjoner utover SFT (SFT 1997) sin tilstandsklasse I ("ubetydelig forurenset") eller den nedre del av klasse II ("moderat forurenset"). Grunnlaget for SFT-klassifisering bør være minst fire prøver gjennom året, men henvisningene til klassene er likevel brukt fordi de gir et grunnlag for forståelsen av hvilket nivå mengdene av de enkelte metallene ligger på.

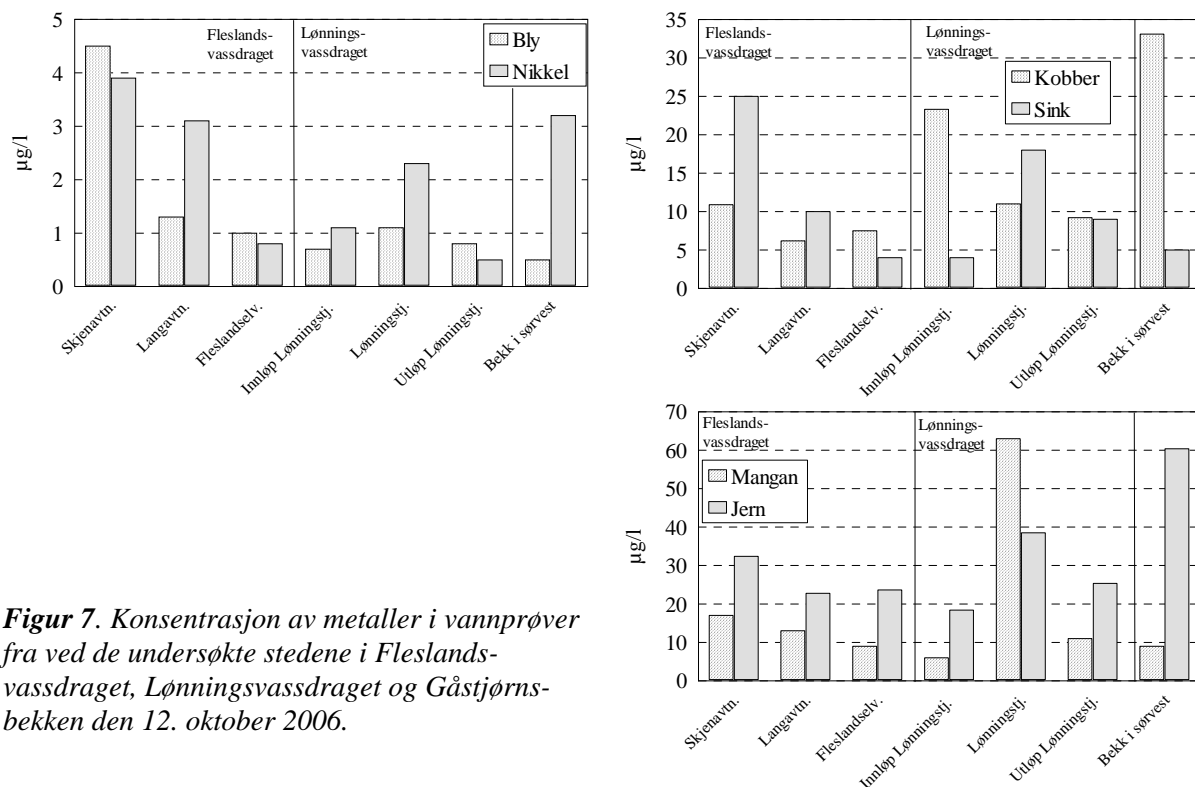
Kvikksølvkonsentrasjonene kan vi ikke si noe mer om enn at de er lavere enn klasse IV ("sterkt forurenset") fordi deteksjonsgrensen for analysene ligger på grensen mellom klasse III og IV.

Blyinnholdet var spesielt høyt i Skjenavatnet som var "sterkt forurenset" (klasse IV) i henhold til SFT sitt klassifikasjonssystem. Langavatnet var "markert forurenset" (klasse III) og de andre undersøkte stedene var "moderat forurenset" (klasse II).

Nikkelkonsentrasjonene var høyest i Fleslandsvassdraget med høyest konsentrasjon i Skjenavatnet og avtagende videre nedover vassdraget (figur 7). Skjenavatnet og Langavatnet var "markert forurenset" (klasse III), og Skjenavatnet hadde i tillegg høy konsentrasjon i bunnvannet ("sterkt forurenset" klasse IV). Gåstjørnsbekken var også "markert forurenset" (klasse III) mens de andre stedene var konsentrasjonene relativt lave.

Innholdet av kobber var spesielt høyt i hele vassdraget, og i henhold til SFT sitt klassifikasjonssystem var samtlige undersøkte lokaliteter "meget sterkt forurenset" (klasse V). Gåstjørnsbekken og innløpsbekken til Lønnestjørna hadde de høyeste konsentrasjonene (figur 7). Konsentrasjonene i dypvannet i innsjøene var ikke spesielt forskjellige fra det som ble målt i overflatevannet (vedleggstabell 6).

Med hensyn på sink var vassdragene "ubetydelig" til "moderat forurenset" samtlige steder bortsett fra Skjenavatnet som var "markert forurenset" (klasse III). Konsentrasjonen av sink var heller ikke vesentlig forskjellig i dypvannet og i overflatevannet i innsjøene.



**Figur 7.** Konsentrasjon av metaller i vannprøver fra ved de undersøkte stedene i Fleslands-vassdraget, Lønningvassdraget og Gåstjørns-bekken den 12. oktober 2006.

### Avisningskjemikalier og oljestoffer

Flyavisingsvæsken består av glykol, vann og noen tilsetningsstoffer som bl.a. skal redusere korrosjon. Glykol er ikke giftig, men kan ha miljøpåvirkning ved at den forbruker mye oksygen ved nedbrytning. Flyavisingkjemikaliene propylenglykol og etylenglykol ble ikke påvist noen av de undersøkte stedene. Samtlige hadde konsentrasjoner under 5 mg/l (vedleggstabell 5).

Baneavising har de siste årene blitt utført med et formiatbasert produkt, Aviform L50 (kaliumformiat, væske). Tilsetningsstoffene i dette produktet er ikke vurdert som miljøproblematiske. Det ble ikke påvist formiat i vassdragene, samtlige ble oppgitt som < 0,25 mg/l (vedleggstabell 5).

Avisingsvæsken for fly inneholder flere typer tilsetningsstoffer. De tilsetningsstoffer som etter SFTs vurdering kan ha uheldig miljøpåvirkning er bensotriazol, alkylsulfonat og alkoholetoksilat. Disse stoffene klassifiseres etter miljørisikoen R51/53 (Giftig for vannlevende organismer/kan forårsake uønskede langtidsvirkninger i vannmiljøet). Alkoholetoksilat er lett nedbrytbart og er ikke bioakkumulært. Stoffet er akutt toksisk. Polyalkoholetoksilat ble ikke påvist (< 1 µg/l) noen av de undersøkte stedene.

Av oljestoffer ble det heller ikke påvist forurensning og samtlige hadde konsentrasjoner under 0,2 mg/l.

# DYREPLANKTON I INNSJØER

## Skjenavatnet

Den planktoniske prøven fra Skjenavatnet var dominert av den forsuringsfølsomme vannloppen *Daphnia longispina*, ellers var tettheten relativt lav (vedleggstabell 11). Det var bare fire pelagiske krepsdyrarter og seks pelagiske hjuldyrarter i prøven, men det var i tillegg fem littorale krepsdyrarter og hele 22 littorale hjuldyrarter, noe som skyldes at innsjøen er forholdsvis liten og grunn. En ekstra planktonprøve fra strandsonen (vedleggstabell 12) viste at Skjenavatnet har en høy diversitet, spesielt for hjuldyr. Til sammen i den planktoniske og littorale prøven ble det påvist 10 arter vannlopper, 8 arter hoppekreps og hele 50 arter hjuldyr. Blant disse er hjuldyrartene *Notommata glyphura* og *Trichocerca insignis* ikke tidligere registrert i Norge, mens den forsuringsfølsomme vannloppen *Lathonura rectirostris* bare har ett funnsted på Vestlandet tidligere (Håvardstunvatnet i Bergen).

Den totale artssammensetningen av krepsdyr og hjuldyr i innsjøen tyder på at den er forholdsvis næringsrik og har en pH rundt eller rett under 7. Flere av artene er tolerante for høy ledningsevne (brakkvann).

## Langavatnet

Planktonprøven fra Langavatnet var dominert av den forsuringsfølsomme vannloppen *Daphnia longispina*, sammen med vannloppen *Bosmina longispina* og hoppekrepsen *Eudiaptomus gracilis* (vedleggstabell 10). Det var også en god del yngre stadier av hoppekrepsen *Cyclops scutifer*, men ingen voksne individer av denne ble påvist. Blant hjuldyrene dominerte de vanlige artene *Polyarthra major*, *Keratella cochlearis* og *Kellicottia longispina*. Det var seks pelagiske krepsdyrarter og 10 pelagiske hjuldyrarter i prøven, samt to littorale krepsdyrarter og hele 18 littorale hjuldyrarter. Langavatnet har noen flere pelagiske arter enn Skjenavatnet, trolig fordi innsjøen er større og dypere, uten fullstendig oksygenvinn i dypvannet på samme måte som i Skjenavatnet.

Den totale artssammensetningen av krepsdyr og hjuldyr i innsjøen tyder på at den er forholdsvis næringsrik. Funn av blant annet survannsindikatoren *Keratella serrulata* kan tyde på at innsjøen er noe surere enn Skjenavatnet, trolig med en pH mellom 6 og 7.

## Lønnestjørn

Planktonprøven fra Lønnestjørn var dominert av de forsuringsfølsomme vannloppene *Daphnia longispina* og *Daphnia pulex*, samt hoppekrepsen *Eudiaptomus gracilis* (vedleggstabell 13). Blant hjuldyrene dominerte *Polyarthra cf. dolichoptera* og *Keratella cochlearis*. Den høye forekomsten av den store (her opptil 2,9 mm) arten *Daphnia pulex*, som er attraktiv som føde for fisk, tyder på at det er lav tetthet av planktonspisende fisk i innsjøen. Det ble bare registrert fire pelagiske krepsdyrarter i innsjøen, men noen flere pelagiske hjuldyrarter med åtte. Det ble i tillegg registrert en littoral vannloppeart og seks littorale hjuldyrarter i prøven, blant disse er *Keratella paludosa* ikke tidligere registrert i Norge.

Den totale artssammensetningen av krepsdyr og hjuldyr i innsjøen tyder på at den er forholdsvis næringsrik og har en pH rundt eller rett under 7. Flere av artene er tolerante for høy ledningsevne (brakkvann).

Lønnestjørn har en noe forskjellig artssammensetning i forhold til de to andre innsjøene, hvor et lavere beitepress fra fisk kan forklare noe av ulikheten. Det ser imidlertid også ut til å være forskjell i vannkvalitet mellom vassdragene, da mer enn en tredjedel (5 av 14) av hjuldyrartene i Lønnestjørn ikke ble funnet i noen av de to andre innsjøene, til tross for relativt kort avstand mellom de ulike innsjøene.

## BUNNDYR I BEKKER

Bunnssubstratet i bekken fra Gåstjørn, og innløpet og utløpet til Lønnestjørna besto stort sett mudder, mens Fleslandsbekken hadde et substrat av grus og sand. I bekken fra Gåstjørn og innløpet til Lønnestjørna ble prøven tatt like ved kryssingspunktet for vei og det hadde kommet noe sand ut i elva på punktet for prøvetakningen. Bunnforholdene påvirker i sterk grad hvilke arter og organismer som lever i elva siden de fleste arter av bunndyr har spesialisert seg på ulike typer substrat.

### Inn og utløpsbekk til Lønnestjørna

I bekkene til og fra Lønnestjørna ble det knapt funnet individ av gruppene vårflue, steinflue og døgnflue (vedleggstabell 14). De dominerende artene i inn og utløpet til Lønnestjørna er fåbørstemark og fjærmygglarver. Av bløtdyr ble det påvist et mindre antall ertemusling og en art ferskvannssnegl. Den andre påviste sneglarten (*Zonitoides* sp.) er en landsnegl. Noen arter av mindre krepsdyr ble også fanget opp i prøvene.

### Utløpsbekken fra Gåstjørn

I utløpet fra Gåstjørn ble det påvist et langt høyere antall arter og grupper av bunndyr enn i bekkene til og fra Lønnestjørna (vedleggstabell 14). Her ble to arter steinfluelarver og tre arter vårfluelarver påvist.

De mest tallrike arter og grupper i bekken var også her fåbørstemark og fjærmygglarver, og i tillegg til disse knottlarver. Av tovinger ble det også påvist larver av sviknott, u-mygg, strandfluer og småstankelbein. Av bløtdyr ble ertemusling og to arter ferskvannssnegl påvist. To mindre krepsdyrarter, en art vannbille og et mindre antall rundormer ble også funnet i prøven. Årsaken til at denne prøven var langt mer artsrik enn prøvene fra Lønnestjørna trenger ikke være vannmiljøet da bunnssubstratet i elvene var ulikt.

### Fleslandselven

Den klart mest artsrike bunndyrprøven ble tatt i Fleslandselven (vedleggstabell 14), som er utløpselva fra Langavatnet. Her ble det fanget store mengder av den forsuringsfølsomme døgnfluen *Baetis rhodani*. Det ble også påvist to arter steinfluer og fem arter vårfluer.

Også i denne elva var antallet fåbørstemark og fjærmygg høyt. I tillegg var det et stort antall av dansefluen *Weidemannia* sp. i prøven. Andre tallrike arter var vannbillene *Elmis aenea* og *Limnius volcmari*, ertemuslingen *Pisidium* spp. og krepsdyret *Asellus aquaticus*. Vanlig skivesnegl *Gyraulus acronicus* og liten bruskgigle (*Helobdella stagnalis*) ble også funnet. Alle artene er vanlig forekommende over det meste av landet.

# PRØVEFISKE

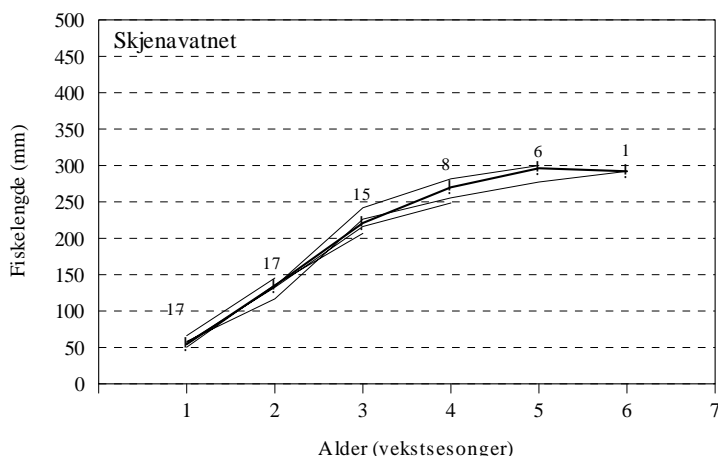
## Skjenavatnet

I Skjenavatnet ble det satt fem bunngarn, tre enkle og to i lenke i dybdeintervallet 0-10 meter (figur 2). I tillegg ble et område av innløpsbekken elektrofisket. Det var skyet, oppholdsvær og lite vind under prøvefisket. Siktedypet var 1,5 meter og overflatetemperaturen i innsjøen var 10,4 °C 12. oktober om morgenen.

Under **garnfisket** ble det fanget 18 aure. Fisken varierte i lengde fra 128 til 350 mm, med en gjennomsnittslengde på 237 ( $\pm 57$ ) mm. Vekten varierte fra 24 til 532 gram, snittvekten var 180 ( $\pm 143$ ) gram, og gjennomsnittlig kondisjonsfaktor var 1,13 ( $\pm 0,13$ ). Tre garn var tomme, det ytterste i lenken og garn 2 som stod fra 0 til 7 m dyp. I de andre bunngarnene varierte fangsten mellom 3 og 12 aure og den gjennomsnittlige fangst per bunngarnnatt var 3.

Aurene var fra 1 til 6 vekstsesonger gamle (figur 8 og figur 9). Veksthastigheten, som er tilbakeregnet på grunnlag av skjellanalyser, viser at fisken etter første vekstsesong var gjennomsnittlig 55 mm, etter andre vekstsesongen 135 mm, etter tredje vekstsesongen 221 mm og etter fjerde vekstsesongen 270 mm. Tilveksten er altså over ti centimeter de beste årene. Veksten til enkeltfisk viser en tilvekst på mellom 7 og 11 cm andre og tredje vekstsesong. Veksten stagnerer ved rundt 30 cm lengde (figur 9). Maksimalstørrelsen på fisken i innsjøen, den relativt høye kondisjonsfaktoren og den gode veksten tyder på at bestanden er middels tett til fåtallig og har god næringstilgang.

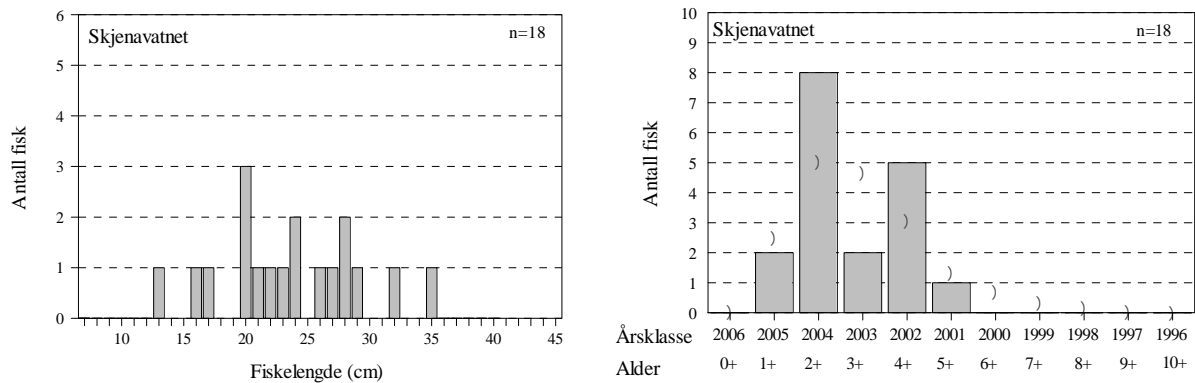
**Figur 8.** Tilbakeregnet gjennomsnittslengde for hver aldersgruppe (tynne streker) og gjennomsnittlig for alle fiskene (tykk strek) ved avsluttet vekstsesong i Langavatnet. Antall fisk som utgjør beregningsgrunnlaget er markert over linjen. På grunn av dårlige skjell kunne tilveksten til en av fiskene ikke beregnes.



Aldersfordelingen for auren i Skjenavatnet viser at det har vært vellykket reproduksjon hvert år i perioden 2001 til 2005 (figur 9, tabell 4). Vi regner med at det også har vært rekruttering siste år, men årets yngel av aure blir sjelden fanget opp ved garnfiske. Årgangen fra 2003 er fanget i noe lavere antall enn forventet, men siden fangsttallet er lavt kan dette skyldes tilfeldigheter.

Det ble fanget fem hanner og 13 hunner av aure. Henholdsvis 61 % og 39 % av aurene hadde lys rød og hvit kjøttfarge. En firesomrig hannaure var kjønnsmoden, mens den yngste kjønnsmodne hunnen var tre somrer. I eldre årsklasser enn dette var overvekten av hunnene kjønnsmodne. Dette indikerer at flertallet av hann- og hoare kjønnsmodner fjerde sommeren, men antallet fisk som er med i vurderingen er lite og anslaget dermed usikkert.

Det ble funnet stingsild i magen til tre (17 %) av aurene. Vi observerte ingen større parasitter i innvollene til fisken.



**Figur 9.** Lengde- og aldersfordeling for aurene som ble fanget under garnfisket i Skjenavatnet, 12.- 13. oktober 2006. I figuren over aldersfordelingen er forventet aldersfordeling i bunngarnene i innsjøer mellom 0 og 300 moh markert med prikker.

**Tabell 4.** Gjennomsnittlig lengde i mm, standard avvik, største og minste lengde av aure av ulike aldersgrupper fanget under garnfiske i Skjenavatnet 12.-13. oktober 2006.

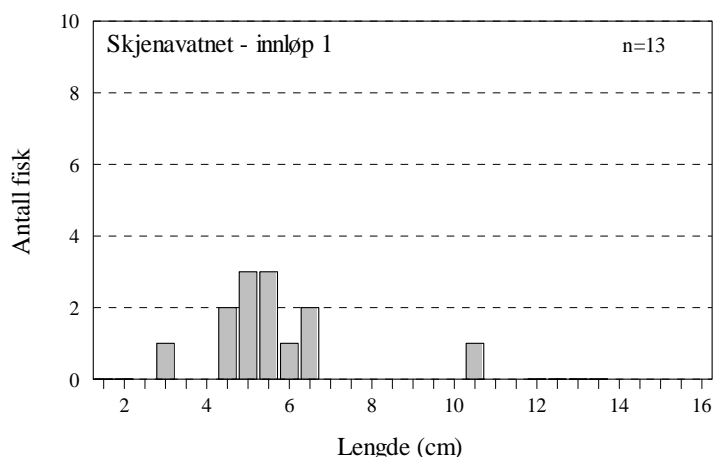
	ALDER (VEKSTSESONGER)					Totalt
	1+(2)	2+(3)	3+(4)	4+(5)	5+(6)	
Antall	2	8	2	5	1	18
Lengde	146 ± 25	211 ± 22	249 ± 19	300 ± 36	292	237 ± 57
Minste	128	173	235	267	292	128
Største	163	241	262	350	292	350
K-faktor	1,14 ± 0,01	1,09 ± 0,11	1,15 ± 0,02	1,21 ± 0,19	1,02	1,13 ± 0,19

**Elektrofiske** ble gjennomført i innløpsbekken (LP 902 917) (figur 2). Denne er 1 - 1,5 m bred og det er mulig for aure å vandre minst 150 m oppover bekken. Bekken renner nederst gjennom myr, men lenger oppe, like nedenfor broen, renner den gjennom et parti med substrat av sand og grus som ser ut til å være egnet gyteområde. Dette området er ikke mye større enn 10 m<sup>2</sup>. Elva er her opptil 30 cm dyp og substratet er omtrent 50 % mosedekket. Det ble observert høy tetthet av yngel under elektrofisket. I tillegg ble to større aure, som trolig hadde vandret opp i bekken for å gyte, observert.

Totalt ble det fanget 13 ungfisk av aure ved elektrofiske over 10 m<sup>2</sup>. Ut fra aldersfordelingen ser dette i hovedsak ut til å være årsyngel, men det ble fanget en fisk på ca 11 cm som trolig er ett år. Dette tyder på at elva har vandekning nok til at fisk kan stå i elva hele året.

Selv om tettheten av fisk var over 1 per 100 m<sup>2</sup> på det undersøkte området, er den totale ungfiskproduksjonen lav siden området som er egnet til gyting er lite. At ungfiskproduksjonen er lav bekreftes ved prøvofisket i innsjøen. Den relativt lave fangsten, den raske veksten og den høye kondisjonsfaktoren til fisken tilsier at bestanden er tynn og at fisken har god næringstilgang. Dette skyldes lav rekruttering til bestanden.

**Figur 10.** Lengdefordeling for aurene som ble fanget ved elektrofiske i innløpsbekken til Skjenavatnet 13. oktober 2006.



### Langavatnet

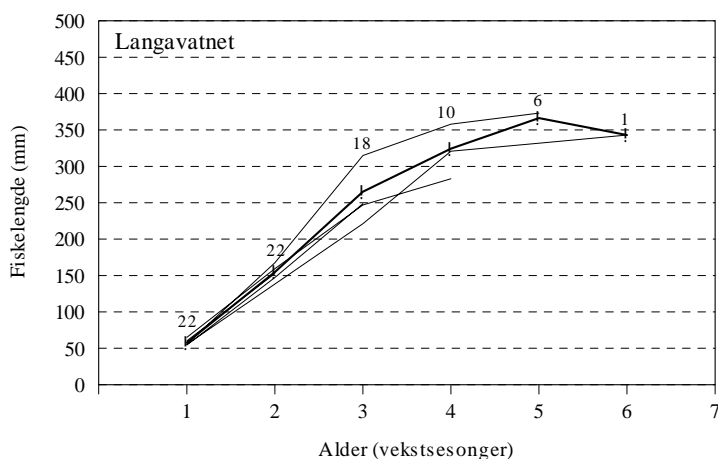
Innsjøen ble garnfisket med seks bunngarn i lenker på tre og tre garn i dybdeintervallet 0-18 meter (figur 3). Det var skyet, oppholdsvær og lite vind under prøvefisket. Siktdypet var 1,9 meter og overflatetemperaturen i innsjøen var 12,1 °C 12. oktober midt på dagen.

Det er kun ett innløp som er synlig. Dette ble synfart. Bekken var grunn og slak og endte opp i en steinfylling. Substratet var fin sand og gjørme. Bekken er uegnet som gyteområde for fisk og ble derfor ikke prøvefisket.

Under garnfisket ble det fanget 22 aure. Fisken varierte i lengde fra 129 til 425 mm, med en gjennomsnittslengde på 270 ( $\pm 78$ ) mm. Vekten varierte fra 23 til 700 gram, snittvekten var 259 ( $\pm 187$ ) gram, og gjennomsnittlig kondisjonsfaktor var 1,08 ( $\pm 0,08$ ). Tre garn var tomme, det ytterste i den ene lenken og de to ytterste i den andre lenken. I de andre bunngarnene varierte fangsten mellom 4 og 11 aure og den gjennomsnittlige fangst per bunngarnnatt var 3,7.

Aurene var fra 1 til 6 vekstsesonger gamle (figur 11 og figur 12). Veksthastigheten, som er tilbakeregnet på grunnlag av skjellanalyser, viser at fisken etter første vekstsesong var gjennomsnittlig 58 mm, etter andre vekstsesongen 155 mm, etter tredje vekstsesongen 265 mm og etter fjerde vekstsesongen 324 mm. Tilveksten er altså over ti centimeter de beste årene. Veksten stagnerer ved rundt 35 cm lengde (figur 11). Maksimalstørrelsen på fisken i innsjøen, den relativt høye kondisjonsfaktoren og den gode veksten tyder på at bestanden er fåtallig og har rikelig næringstilgang.

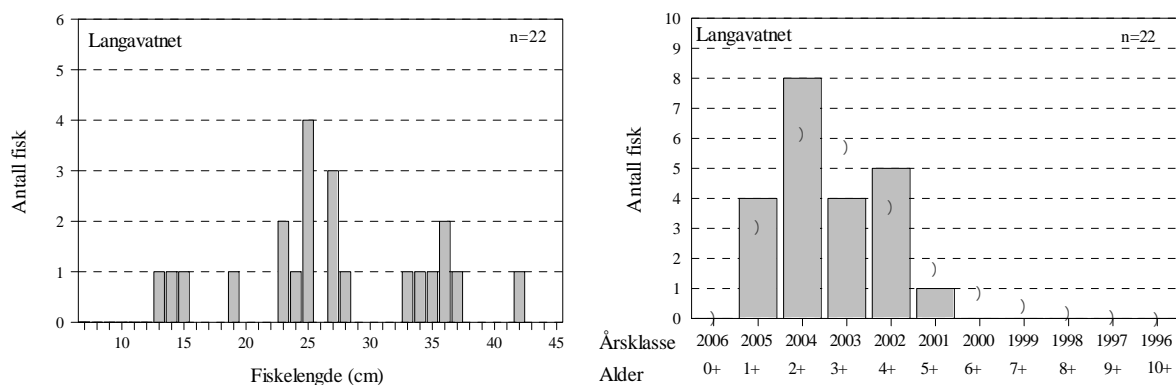
**Figur 11.** Tilbakeregnet gjennomsnittslengde for hver aldersgruppe (tynne streker) og gjennomsnittlig for alle fiskene (tykk strek) ved avsluttet vekstsesong i Langavatnet. Antall fisk som utgjør beregningsgrunnlaget er markert over linjen.



Aldersfordelingen for auren i Langavatnet viser at det har vært vellykket rekruttering hvert år i perioden fra 2001 til 2005 (figur 12, tabell 5). Vi regner med at det også har vært rekruttering siste år, men årets yngel av aure blir sjelden fanget opp ved garnfiske. Aldersfordelingen er som forventet, og vi kan ikke påvise år med bedre eller dårlige rekruttering.

Henholdsvis 55 % og 45 % av aurene hadde lys rød og hvit kjøttfarge. Ingen av hannaurene, men to av hoarene med fem vekstsesonger bak seg var kjønnsmodne. Det er vanlig at aure ikke kjønnsmodner så lenge veksten er god.

Det ble funnet stingsild i magen til fem (23 %) av aurene. I innvollene til en av aurene ble det observert spolemark i cyste.



**Figur 12.** Lengde- og aldersfordeling for aurene som ble fanget under garnfisket i Langavatnet, 12.- 13. oktober 2006. I figuren over aldersfordelingen er forventet aldersfordeling i bunngarnene i innsjøer mellom 0 og 300 moh markert med prikker.

**Tabell 5.** Gjennomsnittlig lengde i mm, standard avvik, største og minste lengde av aure av ulike aldersgrupper fanget under garnfiske i Langavatnet 12.-13. oktober 2006.

	ALDER (VEKSTSESONGER)					Totalt
	1+(2)	2+(3)	3+(4)	4+(5)	5+(6)	
Antall	4	8	4	5	1	22
Lengde	153 ± 27	249 ± 15	283 ± 34	373 ± 30	343	270 ± 78
Minste	129	227	255	348	343	129
Største	191	270	332	425	343	425
K-faktor	1,06 ± 0,06	1,10 ± 0,07	1,15 ± 0,02	1,02 ± 0,11	-	1,08 ± 0,08

Det ble ikke funnet gytemuligheter til innsjøen, og det er mulig at rekrutteringen skjer ved innvandring fra Skjenavatnet.



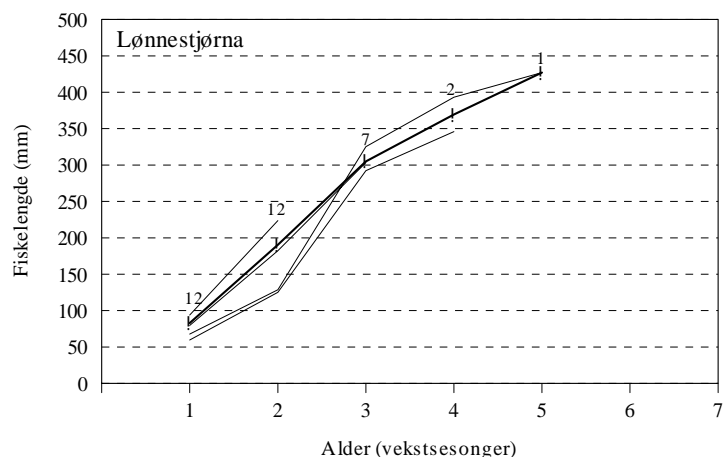
## Lønnestjørna

Innsjøen ble garnfisket med ett enkelt og to i lenker på to garn i dybdeintervallet 0 – 5 meter (figur 4). Det var skyet, oppholdsvær og lite vind under prøvefisket. Siktdypet var 2,8 meter og overflatetemperaturen i innsjøen var 11,7 °C 12. oktober på ettermiddagen.

Under **garnfisket** ble det fanget 12 aure. Fisken varierte i lengde fra 199 til 427 mm, med en gjennomsnittslengde på 284 ( $\pm 67$ ) mm. Vekten varierte fra 100 til 1000 gram, snittvekten var 351 ( $\pm 254$ ) gram, og gjennomsnittlig kondisjonsfaktor var 1,33 ( $\pm 0,09$ ). De to ytterste garn i lenken var tomme, disse stod begge på ca 5 m. I de andre bunngarnene varierte fangsten mellom 1 og 8 aure og den gjennomsnittlige fangst per bunngarnnatt var 2,4.

Aurene var fra 1 til 5 vekstsesonger gamle (figur 13 og figur 14). Veksthastigheten, som er tilbakeregnet på grunnlag av skjellanalyser, viser at fisken etter første vekstsesong var gjennomsnittlig 83 mm, etter andre vekstsesongen 190 mm og etter tredje vekstsesongen 305 mm. Tilveksten er altså over ti centimeter de beste årene. Veksten stagnerer først ved rundt 40 cm lengde (figur 13). Maksimalstørrelsen på fisken i innsjøen, den høye kondisjonsfaktoren og den gode veksten tyder på at bestanden er tynn og har rikelig næringstilgang. Observasjoner av store mengder virvlere i overflaten av innsjøen er også en indikasjon på at tettheten av fisk er lav. Denne arten blir raskt desimert ved beiting dersom tettheten av fisk er høy.

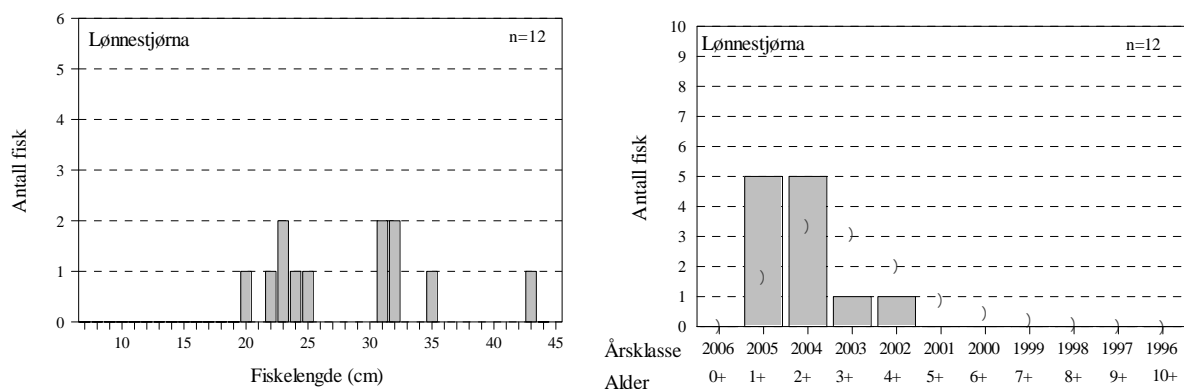
**Figur 13.** Tilbakeregnet gjennomsnittslengde for hver aldersgruppe (tynne streker) og gjennomsnittlig for alle fiskene (tykk strek) ved avsluttet vekstsesong i Lønnestjørna. Antall fisk som utgjør beregningsgrunnlaget er markert over linjen.



Aldersfordelingen for auren i Lønnestjørna viser at det har vært vellykket reproduksjon hvert år i perioden fra 2002 til 2005 (figur 14, tabell 6). Det har trolig også vært rekruttering siste år, men årets yngel av aure blir sjelden fanget opp ved garnfiske. Det er vanskelig å si noe sikkert om årsklassestyrker når materialet er så fåtallig som ved denne undersøkelsen. Innsjøen er liten og bestanden fåtallig, og et større uttak av fisk ville dermed utgjort et betydelig innhogg i bestanden av aure.

Halvparten av aurene hadde lys rød kjøttfarge, resten var hvite. To av fem hanner og tre av sju hoer var kjønnsmodne. Yngste kjønnsmodne hann var to somrer gammel, yngste kjønnsmodne hann var tre somrer.

Det ble ikke observert større parasitter i innvollene til auren. I motsetning til Langavatnet og Skjenavatnet ble det ikke funnet stingsild i magene til auren.



**Figur 14.** Lengde- og aldersfordeling for aurene som ble fanget under garnfisket i Lønneestjørna 12.- 13. oktober 2006. I figuren over aldersfordelingen er forventet aldersfordeling i bunngarnene i innsjøer mellom 0 og 300 moh markert med prikker.

**Tabell 6.** Gjennomsnittlig lengde i mm, standard avvik, største og minste lengde av aure av ulike aldersgrupper fanget under garnfiske i Lønneestjørna 12.-13. oktober 2006.

	ALDER (VEKSTSESONGER)					Totalt
	1+(2)	2+(3)	3+(4)	4+(5)	5+(6)	
Antall	5	5	1	1	0	12
Lengde	224 ± 15	304 ± 31	346	427	-	284 ± 67
Minste	199	249	346	427	-	199
Største	240	322	346	427	-	427
K-faktor	1,30 ± 0,09	1,39 ± 0,07	1,22	1,28	-	1,33 ± 0,09

**Gyteforholdene** ble undersøkt i den 150 m lange innløpsbekken (KM 902917). Denne er omtrent en meter bred, grunn og renner hovedsaklig gjennom myr. Noen få kvadratmeter av elvebunnen, nedenfor der veien krysser, har grus og sand som substrat, og her er det mulig at fisk kan gyte. Utløpsbekken går også gjennom myr, og her ble det ikke funnet forhold for gyting. De er sannsynlig at rekrutteringen til bestanden skjer ved gyting på innløpet, og årsaken til at bestanden er så tynn er at gyteområdet er svært begrenset.

## SEDIMENTPRØVER I LØNNESTJØRNA

Metallinnholdet i sedimentene i Lønneestjøerna var lavt med hensyn på samtlige av de undersøkte metallene (vedleggstabell 9), og alle ble klassifisert til tilstandsklasse I "ubetydelig forurenset" eller klasse II ("moderat forurenset") i SFT (1997) sitt klassifikasjonssystem. For krom finnes det ikke noe klassifiseringssystem i ferskvann, men nivået i tilsvarer klasse I dersom en bruker klassifiseringen av marine sedimenter (SFT 1997 a).

Innholdet av de organiske miljøgiftene PCB (polyklorerte bifenyl) og PAH (polysykliske aromatiske hydrokarboner) ble også undersøkt. Innholdet av PCB ble undersøkt ved å bruke  $\Sigma$ PCB 7 som er en sum av standard sju enkeltforbindelser (SFT 1997).  $\Sigma$ PCB 7 i sedimentene i Lønneestjøerna var på 25,4  $\mu\text{g}/\text{kg}$  og 21,2  $\mu\text{g}/\text{kg}$  på de to undersøkte stedene (vedleggstabell 7).  $\Sigma$ PAH i sedimentene ved det dypeste og de nest dypeste punktet var på hhv 2076  $\mu\text{g}/\text{kg}$  og 1393  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (vedleggstabell 8).

Det ikke utarbeidet noe nasjonalt klassifiseringssystem for organiske miljøgifter i sedimenter i ferskvann. Den videre klassifiseringen bygger derfor på klassifiseringssystemet for marine sedimenter (SFT 1997 a). På grunnlag av dette tilsvarer både  $\Sigma$ PCB7 og  $\Sigma$ PAH i Lønneestjøerna grenseverdien mellom tilstandsklasse II "moderat forurenset" og klasse III ("markert forurenset"). De undersøkte enkeltkomponentene for  $\Sigma$ PAH tilsvarer imidlertid ikke helt det som er angitt i SFT (1997 a), for eksempel er naftalen inkludert her i motsetning til i SFT sitt system. Konsentrasjonen av benzo(a)pyren tilsvarer tilstandsklasse III ("markert forurenset") ved det dypeste punktet og klasse II ("moderat forurenset") ved det nest dypeste punktet.

Det ble ikke påvist nonylfenoler. Disse finnes for eksempel i rengjøringsmidler, bilpleiemidler og maling. De er meget giftige for vannlevende organismer, og i tillegg er stoffene tungt nedbrytbare, kan bioakkumuleres i organismer og stoffene har vist østrogenliknende effekter på fisk.

Triazolforbindelser ble heller ikke påvist. Disse kan stamme fra flere produkter men finnes i flyavisningsvæske, treimpregneringsvæske osv. Benzotriazol var tidligere vanlig brukt som flamme- og korrosjonsinhibitor i mange ulike produkter også i flyavisningsvæske. Til flyavisning er dette i hovedsak faset ut. Petroleumssulfonat og alkyletoksilat ble heller ikke påvist.

## DISKUSJON

Punktundersøkelsen av miljøkvaliteten i tre vassdrag rundt Bergen lufthavn høsten 2006 skal gi en oversikt over tilstanden i vassdragene og danne et bakgrunnsgrunnlag for vurdering av eventuelle tilførsler vinterstid når avisningskjemikalier tas i bruk.

### FLESLANDSVASSDRAGET

#### Næringsrikhet

Fosforinnholdet i Fleslandsvassdraget er høyere enn naturlig i Skjenavatnet og i Fleslandselven mens Langavatnet hadde lavere konsentrasjoner. Med en naturtilstand rundt 10 µg fosfor/l (Bjørklund mfl. 1994) var tilstanden i Skjenavatnet dårlig og i Fleslandselven meget dårlig ved prøvetakingen i oktober 2006. I Skjenavatnet er indre gjødsling trolig en viktig kilde da bunnvannet der hadde meget høy konsentrasjon av fosfor og dette vil etter hvert gjenspeile seg også i overflatevannet. Kilder i nedbørfeltet kan imidlertid heller ikke utelukkes. I Fleslandselven var det også store fosfortilførsler, og siden det meste av fosforet foreligger som orthofosfat samt at både nitrogeninnholdet og alle andre undersøkte parametre er lave, er kloakktilførsler en meget aktuell kilde. Og siden fosforkonsentrasjonene var høyere enn i Langavatnet, må en gå ut fra at tilførslene og kilden er lokalisert langs strekningen mellom Langavatnet og prøvetakingspunktet ved veien. Hvis en ønsker å finne ut mer om kilden må det tas bakteriologiske prøver. Nitrogenkonsentrasjonene var lave i hele vassdraget og lå på nivå med forventet naturtilstand. Artssammensetningen av krepsdyr og hjuldyr i Skjenavatnet bekrefter på at innsjøen er forholdsvis næringsrik.

#### Innhold av organisk stoff

Ved prøvetakingen i oktober var innholdet av organisk stoff høyt i hele vassdraget. Naturtilstanden med hensyn på innhold av organisk stoff er vanskelig å anslå da topografi og størrelsen på myrområder i nedbørfeltet vil gi store lokale forskjeller. Ved prøvetakingen hadde det regnet i flere dager og da hele Fleslandsområdet er lavtliggende med store myrområder, vil et høyt innhold av organisk stoff være et naturlig funn. I innsjøer vil dessuten nedbrytning av vannvegetasjonen bidra til et høyt innhold av organisk stoff. Den høye konsentrasjonen i Skjenavatnet kan dermed skyldes både tilsig fra myrområder, nedbrytning av vannvegetasjon og tilførsler fra eksterne menneskeskapte kilder. Sammenlignet med Lønnestjørna, som også har mye vannvegetasjon, var imidlertid innholdet høyt, og sett i sammenheng med en noe høy fosforkonsentrasjon kan det tyde på at Skjenavatnet også får tilførsler fra menneskeskapte eksterne kilder.

Tålegrensen for tilførsler av organisk stoff er overskredet i Skjenavatnet, og i oktober var det lite oksygen i hele vannvolumet under 5 meters dyp. Det var også indre gjødsling med resirkulering av fosfor fra innsjøsedimentene og en økt konsentrasjon av jern og mangan.

I Langavatnet var det også et høyt oksygeninnhold i overflatevannet og et høyt oksygenforbruk i bunnvannet. Det var imidlertid ikke oksygenfritt bunnvann der, og på grunn av størrelsen har Langavatnet en større tålegrense for slike tilførsler enn Skjenavatnet har.

#### Innhold av metaller og miljøgifter

Kobber og bly ble påvist i høye konsentrasjoner ("meget sterkt forurenset") i Skjenavatnet (tabell 7), mens nikkel og sink ble påvist i middels høye konsentrasjoner ("markert forurenset"). Innholdet av

tungmetaller var alltid høyest i Skjenavatnet og avtok nedover vassdraget med lave konsentrasjoner i Fleslandselven for samtlige unntatt kobber. Fordelingsmønsteret tyder på at det er tilførsler til Skjenavatnet som er hovedkilden for metallforurensningene til vassdraget.

Rester av flyavisingsvæske, baneavisningsvæske eller oljebaserte produkter ble ikke påvist på noen av prøvetakingsstedene ved denne ene prøven i 2006. I innløpsbekken til Skjenavatnet er det påvist rester av glykol enkelte ganger tidligere. Av 56 prøver i vinterhalvåret i perioden 2003-2006 (data fra Målsnes, Avinor) ble det påvist rester av glykol i ti av prøvene. I utløpselva fra Langavatnet er det ikke påvist rester av glykol i 2004 (data fra Målsnes, Avinor).

**Tabell 7.** Konsentrasjoner av metaller i Fleslandsvassdraget klassifisert i henhold til SFT sitt klassifikasjonssystem for vannkvalitet (SFT 1997), der klasse I = "ubetydelig forurenset" og klasse V = "meget sterkt forurenset". NB. Grunnlaget for klassifiseringene er ikke oppfylt, men de brukes likevel for å illustrere nivået på konsentrasjonene for de enkelte metallene.

Vassdrag	Prøvepunkt	Cd	Cr	HG	Pb	Ni	Cu	Zn
Fleslandsvassdraget	Skjenavatnet, overfl.	I	< II	< IV	IV	III	V	III
	Skjenavatnet, dypvann	II	< II	< IV	IV	IV	V	II
	Langavatnet, overfl.	I	< II	< IV	III	III	V	II
	Langavatnet, dypv.	II	< II	< IV	III	II	V	II
	Fleslandselv	I	< II	< IV	II	II	V	I

## Biologiske forhold

Ørretbestanden i Skjenavatnet var middels tett til tynn. Fiskens kondisjon er god og tilveksten svært høy. Årsaken til dette er som i de nærliggende innsjøene at rekrutteringen til innsjøen er begrenset. Innløpsbekken har et lite gyteområde som ser ut til å gi innsjøen en jevn, men lav rekruttering av aure. Langavatnet har en tynn bestand av aure. Fiskens kondisjon er god og tilveksten svært høy. Årsaken til dette er at rekrutteringen til innsjøen er begrenset. Vi klarte ikke å påvise noe gyteområde for fisken i innsjøen, selv om alle forventede årsklasser av fisk var representert. Aldersfordelingen tyder også på at rekrutteringen er jevn. Den eneste tilgjengelige bekken er uegnet og det er heller ikke områder i strandsonen som er egnet som gyteområde for aure. Det er derfor sannsynlig at bestanden i innsjøen holdes oppe ved innvandring fra Skjenavatnet, som har en bekk der aure kan reproducere.

Observasjoner av stingsildstimer både i Skjenavatnet og Langavatnet tyder på at bestandene av denne arten er svært tett, og mageprøvene til aurene tyder på at stingsilden er viktig næring for auren.

Planktonsamfunnet i Skjenavatnet hadde lav tetthet og relativt få pelagiske arter (lever i åpne vannmasser), med 4 arter krepsdyr og 6 arter hjuldyr. Innsjøens størrelse og at den har oksygenfritt bunnvann kan være årsaker til dette. Diversiteten for littorale (strandlevende) krepsdyr var derimot ganske god, og for hjuldyr var diversiteten meget stor, med hele 50 arter påvist. I Langavatnet var artsmangfoldet av pelagiske arter noe høyere, trolig på grunn av innsjøens størrelse samt at det ikke var oksygenfritt bunnvann der. Av funnene i Skjenavatnet er to hjuldyrarter ikke registrert i Norge tidligere (*Notommata glyphura* og *Trichocerca insignis*), og vannloppen *Lathonura rectirostris* har bare ett funnsted på Vestlandet tidligere. Førstnevnte to arter er krevende å identifisere, og manglende undersøkelser kan være en årsak til at disse ikke er påvist tidligere, mens sistnevnte art er knyttet til næringsrike innsjøer og må regnes for å være relativt sjelden i regionen.

Det finnes ulike indekser for å vurdere en lokalitet ut fra bunndyrfaunaen (Bongard & Asgard 2006). Hensikten med disse indeksene er å gi et mål på tilstanden til vassdraget. Dette kan for eksempel være forurensningstilstanden, eller forsureningstilstanden. For at et vassdrag skal få en så riktig indeks som mulig trengs flere roteprøver, og i mange tilfeller også plukkeprøver. Det trengs også en oversikt over den forventede faunaen i et område, slik at en vet hvilke arter som normalt skal finnes i et vassdrag.

For forsurening finnes en indeks som kan brukes for Vestnorge (Fjellheim & Raddum 1990, Raddum 1999), men for bunndyr finnes det ennå ingen artsliste for karakterisering av økologisk status i rennende vann.

I bunndyrsprøven fra Fleslandselven ble det funnet et høyt antall fåbørstemark og fjærmygglarver. Dette indikerer at elven er næringsrik og at bunnsubstratet har høyt organisk innhold. Det ble også påvist ni arter av gruppene døgnflue, steinflue og vårflue. Elvebillene som ble påvist krever høyt oksygeninnhold i vannet, og indikerer derfor at oksygeninnholdet pleier være høyt i vannet. Dette var den mest artsrike av de undersøkte bekkene og de påviste artene er vanlig forekommende over det meste av landet.

## LØNNINGSVASSDRAGET

Ledningsevnen i Lønningsvassdraget var meget høy og lå godt over nivået i trafikkpåvirkede innsjøer rundt om kring på Vestlandet (Bækken og Haugen 2006). Med størst ledningsevne øverst i vassdraget og avtagende verdier nedover tyder det på tilførsler i den øvre delen av nedbørfeltet. Ledningsevnen samsvarer med nitrogen-, nitrat-, kobber- og delvis sulfatkonsentrasjonene både i Lønningsvassdraget og i området generelt. I bunnvannet i Lønnestjørna var ledningsevnen spesielt høy med hele 40 mS/cm, og dette er atskillig høyere enn i bunnvannet Langavatnet, men også høyere enn i bunnvannet i Skjenavatnet.

### Næringsrikhet

Næringsinnholdet i Lønningsvassdraget var tilnærmet lik naturtilstanden (rundt 10 µg P/l) med hensyn på fosforinnholdet. Bare i dypvannet i Lønnestjørna var konsentrasjonen meget høy på grunn av indre gjødsling. Nitrogeninnholdet derimot var atskillig over forventet naturtilstand som ligger i området 300 – 400 µg N/l (Bjørklund mfl. 1994). Konsentrasjonen av totalnitrogen var meget høy i innløpselva til Lønnestjørna (1010 µg/l) og høy i Lønnestjørna (620 µg/l) og i utløpselva (520 µg/l). Også nitratkonsentrasjonene var over normalt og hadde høyest konsentrasjon i innløpselva til Lønnestjørna med 796 µg/l. Det finnes bare sporadiske tidligere målinger på næringssalter i vassdraget med fosforkonsentrasjoner rundt 20 – 40 µg/l og totalnitrogen-konsentrasjoner rundt 800 – 1300 µg/l. Dette er ikke nok til å si noe om en eventuell utvikling i tilstanden. Dyreplanktonsamfunnet bekrefter et det er relativt næringsrike forhold og flere av artene er tolerante for høy ledningsevne (brakkevann).

### Innhold av organisk stoff

Med TOC-verdier i området 5-7 mg O/l var innholdet av organisk stoff middels høyt i Lønningsvassdraget. Noe naturlig myrtilsig og nedbrytning av relativt store mengder vannvegetasjon på dette tidspunktet kan være en naturlig årsak til dette. Det ser derfor ikke ut til å være noen store eksterne kilder for slike tilførsler til dette vassdraget.

I Lønnestjørna var imidlertid bunnvannet nærmest oksygenfritt under fem meters dyp og det var indre gjødsling der og høye konsentrasjoner av jern og mangan som følge av dette. Lønnestjørna er et lite tjern med et lite dypvannsvolum og har derfor en naturlig meget lav tålegrense for tilførsler av organisk stoff eller andre stoffer som forbruker oksygen. Hvorvidt innsjøen ville fått oksygenfritt bunnvann uten eksterne tilførsler er ikke mulig å si, men uansett betyr dette at innsjøen ikke tåler ytre jevnlig tilførsler av oksygenforbrukende stoffer. Det finnes bare sporadiske tidligere målinger på innhold av organisk stoff i vassdraget med TOC-verdier mellom 5 g 12 mg O/l. Prøven i 2006 ligger innenfor variasjonen i de gamle prøvene.

## Innhold av metaller og miljøgifter

Hele Lønningsvassdraget var ”meget sterkt forurenset” av kobber (tabell 8), mens bly, nikkel og sink kun hadde middels høye konsentrasjoner (”markert forurenset”) i Lønnestjørna. Innholdet av tungmetaller var alltid høyest i Lønnigstjernet, så forurensningene ser ut til å komme direkte til innsjøen, ikke via innløpselva. Vi kjenner ikke til at det er gjort undersøkelser på metaller og miljøgifter tidligere.

**Tabell 8.** Konsentrasjoner av metaller i Lønningsvassdraget klassifisert i henhold til SFT sitt klassifikasjonssystem for vannkvalitet (SFT 1997), der klasse I = ”ubetydelig forurenset” og klasse V = ”meget sterkt forurenset”. NB. Grunnlaget for klassifiseringene er ikke oppfylt, men de brukes likevel for å illustrere nivået på konsentrasjonene for de enkelte metallene

Vassdrag	Prøvepunkt	Cd	Cr	HG	Pb	Ni	Cu	Zn
Lønningsvassdraget	Innløp Lønnestjørna	I	< II	< IV	II	II	V	I
	Lønnestjørna overfl.	II	< II	< IV	III	II	V	II
	Lønnestjørna, dypvann	II	< II	< IV	III	III	V	III
	Ultøp Lønnestjørna	I	< II	< IV	II	I	V	II

Sedimentprøvene viste ingen spesielt høye konsentrasjoner av miljøgifter. Sedimentprøvene fra de to dypeste bassengene i Lønnestjørna hadde meget lave konsentrasjoner av metaller, hovedsakelig tilsvarende beste klasse i SFT sitt klassifiseringssystem (SFT 1997). Konsentrasjonen av PCB (polyklorerte bifenyler) og PAH (polysykliske aromatiske hydrokarboner) var også relativt lav og i henhold til klassifiseringssystemet for marine sedimenter (SFT 1997 a) var sedimentene på grensen mellom klasse II og III ”moderat -” og ”markert forurenset” med hensyn på begge disse. Konsentrasjonen av benzo(a)pyren tilsvarte tilstandsklasse III (”markert forurenset”) ved det dypeste punktet og klasse II (”moderat forurenset”) ved det nest dypeste punktet.

Rester av flyavisingsvæske, baneavisningsvæske eller oljebaserte produkter ble ikke påvist i vannprøvene ved denne ene prøvetakingen i 2006. På 90-tallet ble det påvist store mengder glykol i dette vassdraget. De siste årene det imidlertid sjelden påvist glykol i innløpsbekken til Lønnestjørna, og av 63 prøver i vinterhalvåret i perioden 2003-2006 (data fra Målsnes, Avinor), er det påvist rester av glykol i kun sju av prøvene.

## Biologiske forhold

Lønnestjørna har en tynn bestand av aure. Fiskens kondisjon og tilveksten er svært høy. Årsaken til dette er at rekrutteringen til innsjøen er liten og at innsjøen er næringsrik. Vi påviste alle forventede årsklasser av aure ved garnfisket. Aldersfordelingen tyder også på at rekrutteringen har vært jevn de siste årene, noe som tyder på at gyteforholdene er stabile selv om mulig gyteareal er begrenset.

Dyreplanktonsamfunnet bekreftet at tettheten av planktonspisende fisk var lav ettersom arter som er attraktivt bytte for planktonspisende fisk hadde høye forekomster. Artssammensetningen i Lønnestjørna var forskjellig fra det vi fant i de to andre innsjøene og 35 % av hjuldyrartene i Lønnestjørna ble ikke funnet i noen de to andre innsjøene på tross av kort avstand mellom dem. Ulikt beitepress og forskjellig vannkjemi kan være aktuelle forklaringer. Hjuldyrarten *Keratella paludosa* er ikke registrert i Norge tidligere.

Bunndyrsamfunnet i innløps- og utløpsbekken fra Lønnestjørn var preget av at bunnssubstratet i hovedsak besto av organisk materiale. Dette reduserer antallet arter sammenlignet med hva en finner der det er mer grus og sand. Fåbørstemark og fjærmygglarver var de dominerende dyregruppene. Dette er typisk for elver med bunnssubstrat bestående av organisk materiale og der næringsinnholdet i tillegg er høyt. Vårflue, steinflue og døgnflue var knapt representert, men ertemuslinger ble påvist.

## GÅSTJØRNSBEKKEN

### Næringsrikhet

Fosforkonsentrasjonen i Gåstjørnsbekken var meget høy, men innholdet av lett nedbrytbar orhofosfat var lavt. Trolig er det utvaskingen av jordpartikler som resulterte i de høye fosforkonsentrasjonene, ikke tilførsler av kloakk eller plantegjødsel. Bekken hadde imidlertid den høyeste nitrogenkonsentrasjonen av samtlige undersøkte steder, og dette er atskillig høyere enn forventet naturtilstand i området. Kilden for dette er ikke kjent.

### Innhold av organisk stoff

Totalt innhold av organisk stoff var også meget høyt (klasse IV) og vannet var nesten brunt som kaffe. Dette skyldes trolig at bekken drenerer myrområder og at det hadde regnet en del i dagene før prøvetakingen skjedde.

### Innhold av metaller og miljøgifter

Konsentrasjonen av metaller var høyere i denne bekken enn i resten av vassdragene med hensyn på kobber og jern, men konsentrasjonen av nikkel var også blant de høyeste i denne undersøkelsen. Jern finnes vanligvis i høye konsentrasjoner i vassdrag som er påvirket av myrtilsig og dette er trolig forklaringen på de høye verdiene i denne bekken. Nikkelkonsentrasjonene ser også ut til å samvariere med innholdet av organisk stoff i vassdragene rundt flyplassen. Kobberkonsentrasjonene var størst i de to prøvetakingsstedene nærmest den sørlige delen av flyplassen. Rester av flyavisingsvæske, baneavisningsvæske eller oljebaserte produkter ble ikke påvist.

*Tabell 9. Konsentrasjoner av metaller i Gåstjørnsbekken klassifisert i henhold til SFT sitt klassifikasjonssystem for vannkvalitet (SFT 1997), der klasse I = "ubetydelig forurenset" og klasse V = "meget sterkt forurenset". NB. Grunnlaget for klassifiseringene er ikke oppfylt, men de brukes likevel for å illustrere nivået på konsentrasjonene for de enkelte metallene*

Vassdrag	Prøvepunkt	Cd	Cr	HG	Pb	Ni	Cu	Zn
Gåstjørnsbekken	Utløpsbekk fra Gåstjorn	II	< II	< IV	I	III	V	I

### Biologiske forhold

Bunndyrsamfunnet i bekken fra Gåstjernet bar preg av mye mudderbunn, men her var det også noe innslag av sandsubstrat. Artsrikheten var derfor større enn i bekkene i Lønningsvassdraget der det kun var mudderbunn. Dominerende grupper var fjærmygglarver, fåbørstemark og knottlarver. I tillegg ble flere arter steinfluelarver og vårfluelarver påvist. Bunndyrene som ble funnet i prøven er typiske for en næringsrik elv med bunnsubstrat som hovedsakelig består av organisk materiale, men funnet av elvebillene tyder på at oksygeninnholdet i vannet er høyt.



## KORT OPPSUMMERING

Undersøkelsen viste at vassdragene generelt sett var middels næringsrike, og bar preg av å drenere områder med tilsig av myr. Skjenavatnet og Lønnestjørna hadde oksygenfritt bunnvann og indre gjødsling. Ørretbestanden i de to undersøkte vassdragene var tynn med god kondisjon og svært høy tilvekst. Det ble ikke påvist rester av flyavisningsvæske (propylenglykol og etylenglykol) eller baneavisningsvæske (formiat og polyalkoholetoksilat) i noen av innsjøene eller elvene, noe som ikke var uventet fordi de undersøkte stoffene er lett nedbrytbare og prøvetakingen skjedde over et halvt år etter at siste avisning var foretatt. Oljerester ble heller ikke påvist. Undersøkelsen av metaller og miljøgifter i vann og sedimenter viste imidlertid et par generelle trekk, som en ikke vet årsaken til.

- Konsentrasjonen av kobber var meget høy i hele området og tilsvarte SFT klasse V ("meget sterkt forurenset").
- Innholdet av nitrogenforbindelser, sulfat og ledningsevne var høyere i Lønningsvassdraget og i Gåstjørnsbekken enn i Fleslandsvassdraget.
- Innholdet av bly (klasse IV), nikkel (klasse III) og sink (klasse II) var høyere i Skjenavatnet enn i de andre vassdragene.

## VEDLEGGSTABELLER

**Vedleggstabell 1.** Temperatur-, oksygen- og ledningsevne-profiler i Langavatnet 12. oktober 2006. Målingene er utført ved innsjøens dypeste punkt med et YSI Model 600XLM-M instrument med nedsenkbar sonde.

Dyp (meter)	Temperatur (°C)	Oksygenmengde (mg/l)	Oksygenmetning (%)	Ledningsevne (µS/cm)
0.02	12.7	8.85	83.3	65.1
0.82	12.0	8.04	74.6	64
1.77	12.0	7.94	73.7	63.9
2.83	11.9	7.9	73.2	63.9
4.13	11.9	7.9	73.2	63.9
5.13	11.9	7.88	72.9	63.9
6.36	11.8	7.73	71.5	63.8
7.77	11.6	7.59	69.9	63.7
8.55	11.6	7.53	69.2	65.4
9.34	8.7	5.98	51.3	69.4
10.26	8.0	3.79	32	67.9
11.49	7.7	3.73	31.2	67.2
12.55	7.6	3.63	30.4	66.9
13.57	7.5	4.05	33.8	66.8
14.53	7.4	2.68	22.3	66.8
15.63	7.3	2.05	17	66.7
17.49	7.3	1.63	13.5	66.9
18.39	7.3	1.37	11.3	67
19.77	7.2	1.11	9.2	67.2
20.62	7.2	0.87	7.2	67.4
21.32	7.2	0.61	5	68.2
22.02	7.2	0.37	3.1	84.9

**Vedleggstabell 2.** Temperatur-, oksygen- og ledningsevne-profiler i Skjenavatnet 12. oktober 2006. Målingene er utført ved innsjøens dypeste punkt med et YSI Model 600XLM-M instrument med nedsenkbar sonde.

Dyp (meter)	Temperatur (°C)	Oksygenmengde (mg/l)	Oksygenmetning (%)	Ledningsevne (µS/cm)
0.12	10.6	6.59	59.2	70.4
1.12	10.5	6.28	56.3	69.2
1.97	10.5	6.31	56.6	68.8
2.98	10.4	6.29	56.3	69.6
3.69	10.2	5.76	51.3	73.7
4.39	9.0	3.71	32.1	152.6
5.11	7.9	0.53	4.4	154
5.92	7.2	0.27	2.3	156.4
6.62	6.8	0.2	1.6	160.6
7.54	6.4	0.15	1.2	172.6
8.21	6.1	0.12	1	190.7
9.16	5.9	0.11	0.9	206
10.01	5.8	0.1	0.8	213.1
10.43	5.8	0.1	0.8	218.2

**Vedleggstabell 3.** Temperatur-, oksygen- og ledningsevne-profiler i Lønnestjørna 12. oktober 2006. Målingene er utført ved innsjøens dypeste punkt med et YSI Model 600XLM-M instrument med nedsenkbar sonde.

Dyp (meter)	Temperatur (°C)	Oksygenmengde (mg/l)	Oksygenmetning (%)	Ledningsevne (µS/cm)
0.07	11.8	5.39	49.9	167.7
0.74	11.3	4.59	41.9	166.2
1.70	11.1	4.61	41.9	160.8
2.46	11.1	4.51	41	162.4
3.29	11.0	4.43	40.2	162.2
4.10	11.0	3.73	33.8	174.9
4.92	10.5	1.47	13.2	239.2
5.79	8.6	0.53	4.6	279.2
6.50	7.6	0.27	2.3	278.6
7.23	6.9	0.21	1.7	276.8
8.00	6.3	0.16	1.3	276.3
8.79	6.0	0.15	1.2	277.2
9.58	5.9	0.13	1.1	278.9
9.98	5.9	0.13	1.1	279.3

**Vedleggstabell 4.** Temperatur, oksygeninnhold og oksygenmetning i de fire undersøkte elvene på Flesland, 12 oktober 2006. Målingene er utført med et YSI Model 600XLM-M instrument med nedsenkbar sonde.

Parameter	Enhet	Innløpsbekk Lønnestjørna	Utløpsbekk Lønnestjørna	Gåstjørns-bekken	Fleslands-elven
Temperatur	°C	9,3	11,3	10,5	12,1
Oksygeninnhold	mg/l	9,3	9,5	5,0	10,5
Oksygenmetning	%	79	87	44	98

**Vedleggstabell 5.** Vannkjemiske analyseresultater samt siktedyp fra de undersøkte stedene på Flesland, 12 oktober 2006. Overflateprøvene i innsjøene er tatt på 0,5 meters dyp, mens dypvannsprøvene (merket a) er tatt på 20 meter i Langavatnet, 9 meter i Skjenavatnet og 8 meter i Lønnestjørna. Prøvene i bekkene er tatt i overflaten. De fleste analysene er utført av Chemlab Services AS, bortsett fra analysene av formiat og polyalkoholetoksilat som er utført av Bioforsk.

Parameter	Enhet	Langav. overfl.	Langav. dypv.	Skjenav. overfl.	Skjenav. dypv.	Lønnestj. overfl.	Lønnestj. dypv.	Innløp Lønnestj	Utløp Lønnestj	Gåstj. bekk	Flesl. elv.
Surhet	pH	6,70	6,33	6,61	6,70	6,77	6,60	7,21	7,17	6,79	7,11
Ledningsevne	mS/m	8,93	10,1	9,80	31,0	22,3	40,0	25,4	20,5	13,8	8,76
TOC	mg/l	10,9	4,7	13,3	8,4	6,1	66,6	7,1	5,3	14,6	7,2
Nitrat	µg/l	244	282	346	<20	478	<20	796	451	618	251
Totalnitrogen	µg/l	349	<50**	538	<50*	620	892	1010	520	1180	382
Klor	mg/l	11,5	18,2	10,7	>30	27,8	>>30	24,7	25,2	9,6	11,2
Orthofosfat	µg/l	<2	2	17	50	<2	16	3	2	4	91
Totalfosfor	µg/l	12	23	48	229	12	127	11	13	26	104
Sulfat	mg/l	6,5	5,0	8,7	2,7	16,2	3,7	28,7	17,0	11,3	6,9
Etylenglykol	mg/l	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Propylenglykol	mg/l	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Sulfid	mg/l	-	-	-	0,38	-	<0,1	-	-	-	-
Polyalkoholetoksilat	µg/l	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Formiat	mg/l	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25
HC, oljeindeks	mg/l	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Siktedyp	m	1,9	-	1,5	-	2,8	-	-	-	-	-

**Vedleggstabell 6.** Metallinnhold i vannprøver fra de undersøkte stedene på Flesland, 12 oktober 2006. Overflateprøvene i innsjøene er tatt på 0,5 meters dyp, mens dypvannsprøvene (merket a) er tatt på 20 meter i Langavatnet, 9 meter i Skjenavatnet og 8 meter i Lønnestjørna. Prøvene i bekkene er tatt i overflaten. Analysene er utført av Chemlab Services AS.

Parameter	Enhet	Langav. overfl.	Langav. dypv.	Skjenav. overfl.	Skjenav. dypv.	Lønnestj. overfl.	Lønnestj. dypv.	Innløp Lønnestj	Utløp Lønnestj	Gåstj. bekk	Flesl. elv.
Kobber	µg/l	6,2	10,5	10,9	10,2	11,0	6,3	23,3	9,2	33,1	7,5
Krom	µg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Nikkel	µg/l	3,1	2,4	3,9	6,5	2,3	3,4	1,1	0,5	3,2	0,8
Bly	µg/l	1,3	2,0	4,5	2,8	1,1	1,3	0,7	0,8	0,5	1,0
Kadmium	µg/l	0,04	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,02	0,04	0,05	0,02
Kvikksølv	µg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Jern	mg/l	0,26	0,96	0,37	4,55	0,44	7,31	0,21	0,29	0,69	0,27
Mangan	mg/l	0,013	0,172	0,017	0,169	0,063	0,443	0,006	0,011	0,009	0,009
Sink	mg/l	0,010	0,018	0,025	0,018	0,018	0,021	0,004	0,009	0,005	0,004

**Vedleggstabell 7.** Innhold av PCB (µg/kg) i to sedimentprøver (105 °C tørrstoff) i Lønnestjørna 8. 12 2006. Sedimentprøvene er tatt ved innsjøens to dypeste punkter. Analysene er utført av Chemlab Services AS.

Parameter	Enhet	Stasjon 1 (11m)	Stasjon 2 (6m)
PCB # 28	µg/kg	8,3	4,0
PCB # 52	µg/kg	1,5	1,3
PCB # 101	µg/kg	1,4	2,0
PCB # 118	µg/kg	1,6	2,9
PCB # 153	µg/kg	2,9	6,2
PCB # 138	µg/kg	1,6	2,9
PCB # 180	µg/kg	8,1	1,9
PCB <sub>7</sub> sum	µg/kg	25,4	21,2

**Vedleggstabell 8.** Innhold av PAH ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) i to sedimentprøver ( $105\text{ }^\circ\text{C}$  tørrstoff) i Lønneestjørna 8. 12 2006. Sedimentprøvene er tatt ved innsjøens to dypeste punkter. Analysene er utført av Chemlab Services AS.

Parameter	Enhet	Stasjon 1 (11m)	Stasjon 2 (6m)
Naftalen	$\mu\text{g}/\text{kg}$	< 0,01	< 0,01
Acenaftylen	$\mu\text{g}/\text{kg}$	< 0,01	< 0,01
Acenaften	$\mu\text{g}/\text{kg}$	< 0,01	< 0,01
Fluoren	$\mu\text{g}/\text{kg}$	31,2	< 0,01
Fenatren	$\mu\text{g}/\text{kg}$	130	73,4
Antracen	$\mu\text{g}/\text{kg}$	< 0,01	< 0,01
Fluoranten	$\mu\text{g}/\text{kg}$	408	538
Pyren	$\mu\text{g}/\text{kg}$	268	230
Benzo(a)antracen	$\mu\text{g}/\text{kg}$	128	64,3
Chrysen	$\mu\text{g}/\text{kg}$	198	91,4
Benzo(b)fluoranten	$\mu\text{g}/\text{kg}$	284	61,7
Benzo(k)fluoranten	$\mu\text{g}/\text{kg}$	114	34,3
Benzo(a)pyren	$\mu\text{g}/\text{kg}$	146	54,4
Indeno(123cd)pyren	$\mu\text{g}/\text{kg}$	191	127
Dibenzo(a,h)antracen	$\mu\text{g}/\text{kg}$	31,5	< 0,01
Benzo(g,h,i)perylene	$\mu\text{g}/\text{kg}$	146	118
PAH sum	$\mu\text{g}/\text{kg}$	2076	1393

**Vedleggstabell 9.** Metallinnhold ( $\text{mg}/\text{kg}$ ) i sedimentprøver ( $105^\circ\text{C}$  tørrstoff) fra de to dypeste punktene i Lønneestjørna 8.12.2006. Analysene er utført av Chemlab Services og Analytica, Oslo (\*).

Parameter	Enhet	Stasjon 1 (11m)	Stasjon 2 (6m)
Tørrstoff ( $105\text{ }^\circ\text{C}$ )	%	13,3	9,9
Kobber	$\text{mg}/\text{kg}$	143	107
Sink	$\text{mg}/\text{kg}$	396	196
Bly	$\text{mg}/\text{kg}$	31,4	27,4
Krom	$\text{mg}/\text{kg}$	34,0	43,4
Nikkel	$\text{mg}/\text{kg}$	36,0	42,4
Kadmium	$\text{mg}/\text{kg}$	1,19	0,70
Arsen	$\text{mg}/\text{kg}$	11,0	13,8
Kvikksølv	$\text{mg}/\text{kg}$	0,15	0,12
HC oljeindeks	$\text{mg}/\text{kg}$	578	480
Tørrstoff *	%	23,9	18,5
4-n-Nonylfenol *	$\text{mg}/\text{kg}$ TS	< 0,0040	< 0,0020
iso-Nonylfenol (tekn.) *	$\text{mg}/\text{kg}$ TS	0,46	11
Bensotriazol *	$\text{mg}/\text{kg}$	< 0,05	< 0,05
Tolytriazol *	$\text{mg}/\text{kg}$	< 0,05	< 0,05
Alkyletoksilater *	$\text{mg}/\text{kg}$	< 1	< 1
Petroleumsulfonater *	$\text{mg}/\text{kg}$	< 50	< 50

**Vedleggstabell 10.** Tetthet (antall / m<sup>3</sup>) av dyreplankton i prøver fra Langavatnet 12. oktober 2006. Prøvene er tatt som vertikale håvtrekk gjennom de øverste 20 meterne av vannsøylen ved innsjøens dypeste punkt. Prøvene er analysert av cand. scient. Erling Brekke.

Gruppe	Art	Tetthet (dyr/m <sup>3</sup> )
Vannlopper (Cladocera)	<i>Alona guttata</i>	4
	<i>Bosmina longispina</i>	280
	<i>Daphnia longispina</i>	382
	<i>Holopedium gibberum</i>	4
Hoppekreps (Copepoda)	<i>Cyclops abyssorum</i>	3
	<i>Eudiaptomus gracilis</i>	182
	<i>Megacyclops gigas</i>	2
	Calanoide copepoditter	123
	Calanoide nauplier	51
	Cyclopoide copepoditter	250
	Cyclopoide nauplier	7792
	Hjuldyr (Rotatoria)	<i>Ascomorpha ecaudis</i>
<i>Aspelta</i> sp.		4
Bdelloidea		21
<i>Conochilus</i> sp.		127
<i>Dicranophorus robustus</i>		4
<i>Eothinia lamellata</i>		4
<i>Euchlanis triquetra</i>		4
<i>Kellicottia longispina</i>		1171
<i>Keratella cochlearis</i>		1273
<i>Keratella hiemalis</i>		64
<i>Keratella serrulata</i>		8
<i>Keratella ticinensis</i>		42
<i>Lecane flexilis</i>		4
<i>Lecane mira</i>		4
<i>Lecane</i> sp.		4
<i>Lepadella acuminata</i>		4
<i>Lepadella patella</i>		4
<i>Lophocharis salpina</i>		13
<i>Mytilina ventralis brevispina</i>		21
<i>Ploesoma hudsoni</i>		4
<i>Polyarthra dolichoptera</i>		153
<i>Polyarthra major</i>		1935
<i>Polyarthra remata</i>		51
<i>Scaridium longicaudum</i>		4
<i>Synchaeta</i> spp.		76
<i>Testudinella patina</i>		4
<i>Testudinella</i> sp.	4	
<i>Trichocerca similis</i>	4	
Annet	Fjærmygg ( <i>Chironomidae</i> )	0.4
	Vannmidd	0.4
	Oligochaeta	0.4
<b>Totalt</b>		<b>14122</b>

**Vedleggstabell 11.** Tetthet (antall / m<sup>3</sup>) av dyreplankton i prøver fra Skjenavatnet 12. oktober 2006. Prøvene er tatt som vertikale håvtrekk gjennom de øverste 9 meterne av vannsøylen ved innsjøens dypeste punkt. Prøvene er analysert av cand. scient. Erling Brekke.

Gruppe	Art	Tetthet (dyr /m <sup>3</sup> )
Vannlopper (Cladocera)	<i>Acroperus harpae</i>	1
	<i>Alona guttata</i>	1
	<i>Alonopsis elongata</i>	1
	<i>Bosmina longispina</i>	4
	<i>Daphnia longispina</i>	403
	<i>Graptoleberis testudinaria</i>	1
Hoppekreps (Copepoda)	<i>Cyclops abyssorum</i>	4
	<i>Eucyclops</i> sp.	1
	<i>Eudiaptomus gracilis</i>	11
	Calanoide copepoditter	64
	Calanoide nauplier	11
	Cyclopoide copepoditter	53
	Cyclopoide nauplier	191
Hjuldyr (Rotatoria)	Bdelloidea	96
	<i>Cephalodella gibba</i>	11
	<i>Cephalodella</i> sp.	11
	<i>Collotheca</i> sp.	11
	<i>Euchlanis triquetra</i>	21
	<i>Euchlanis</i> sp.	11
	<i>Kellicottia longispina</i>	32
	<i>Keratella cochlearis</i>	170
	<i>Keratella hiemalis</i>	21
	<i>Keratella ticinensis</i>	85
	<i>Lecane closterocerca</i>	32
	<i>Lecane constricta</i>	11
	<i>Lecane lunaris</i>	32
	<i>Lepadella acuminata</i>	11
	<i>Lepadella ovalis</i>	21
	<i>Lepadella patella</i>	21
	<i>Lepadella triptera</i>	21
	<i>Lophocaris salpina</i>	11
	<i>Mytilina mucronata</i>	21
	<i>Pleurotrocha petromyzon</i>	11
	<i>Polyarthra dolichoptera</i>	11
	<i>Proalinopsis</i> sp.	11
	<i>Synchaeta</i> sp.	21
	<i>Testudinella patina</i>	53
	<i>Testudinella</i> sp.	21
	<i>Trichocerca elongata</i>	32
	<i>Trichocerca porcellus</i>	21
	<i>Trichocerca</i> sp.	11
<i>Trichotria</i> sp.	11	
Annet	Svevemygg ( <i>Chaoborus flavicans</i> )	2
	Oligochaeta	1
	Bjørnedyr (Tardigrada)	1
<b>Totalt</b>		<b>1593</b>

**Vedleggstabell 12.** Dyreplankton i littorale prøver fra Skjenavatnet 12. oktober 2006. Prøvene er tatt som håvtrekk i vegetasjonssoner i strandkanten. Prøvene er analysert av cand. scient. Erling Brekke.

Gruppe	Art	Mengde
Vannlopper (Cladocera)	<i>Acroperus harpae</i>	xxx
	<i>Alona guttata</i>	x
	<i>Alona affinis</i>	x
	<i>Alonella nana</i>	x
	<i>Daphnia longispina</i>	x
	<i>Eurycercus lamellatus</i>	x
	<i>Graptoleberis testudinaria</i>	xx
	<i>Lathonura rectirostris</i>	x
Hoppekreps (Copepoda)	<i>Eucyclops denticulatus</i>	x
	<i>Eucyclops serrulatus</i>	x
	<i>Eudiaptomus gracilis</i>	x
	<i>Macrocyclus albidus</i>	x
	<i>Harpacticoida</i>	xx
	<i>Megacyclops sp.</i>	x
	<i>Paracyclops sp.</i>	x
	Calanoide copepoditter	-
	Calanoide nauplier	x
	Cyclopoide copepoditter	xx
	Cyclopoide nauplier	xx
Hjuldyr (Rotatoria)	<i>Ascomorpha ecaudis</i>	x
	<i>Aspelia angusta</i>	x
	Bdelloidea	xx
	<i>Brachionus urceolaris</i>	x
	<i>Cephalodella catellina</i>	x
	<i>Cephalodella gibba</i>	xx
	<i>Cephalodella spp.</i>	x
	<i>Dicranophorus forcipatus</i>	x
	<i>Euchlanis incisa</i>	x
	<i>Euchlanis triquetra</i>	xx
	<i>Euchlanis spp.</i>	xx
	<i>Keratella cochlearis</i>	xxx
	<i>Keratella ticinensis</i>	x
	<i>Lecane closterocerca</i>	xx
	<i>Lecane constricta</i>	x
	<i>Lecane flexilis</i>	x
	<i>Lecane ligona</i>	x
	<i>Lecane lunaris</i>	xx
	<i>Lecane mira</i>	xx
	<i>Lepadella acuminata</i>	xx
	<i>Lepadella ovalis</i>	xx
	<i>Lepadella patella</i>	xx
	<i>Lepadella triptera</i>	x
	<i>Lophocaris salpina</i>	x
	<i>Microcodon clavus</i>	x
	<i>Mytilina mucronata</i>	x
	<i>Mytilina ventralis brevispina</i>	xx
	<i>Notommata tripus</i>	x
	<i>Notommata glyphura</i>	x
	<i>Pleurotrocha petromyzon</i>	x
	<i>Pleurotrocha robusta</i>	x
	<i>Proalinopsis caudatus</i>	x
	<i>Scaridium longicaudum</i>	xx
	<i>Squatinella rostrum</i>	x
	<i>Synchaeta sp.</i>	x
	<i>Taphrocampa selenura</i>	x
	<i>Testudinella patina</i>	xxx
	<i>Testudinella cf. naumanni</i>	x
	<i>Trichocerca elongata</i>	x
	<i>Trichocerca insignis</i>	x
	<i>Trichocerca longiseta</i>	x
<i>Trichocerca musculus</i>	x	
<i>Trichocerca porcellus</i>	xx	
<i>Trichocerca tigris</i>	x	
<i>Trichotria pocillum</i>	xx	
Annet	Fjærmygg ( <i>Chironomidae</i> )	xx
	Oligochaeta	xx
	Bjørnedyr ( <i>Tardigrada</i> )	x



**Vedleggstabell 13.** Tetthet (antall / m<sup>3</sup>) av dyreplankton i prøver fra Lønnesjøerna 12. oktober 2006. Prøvene er tatt som vertikale håvtrekk gjennom de øverste 8 meterne av vannsøylen ved innsjøens dypeste punkt. Prøvene er analysert av cand. scient. Erling Brekke.

Gruppe	Art	Tetthet (dyr/m <sup>3</sup> )
Vannlopper (Cladocera)	<i>Alonella nana</i>	11
	<i>Bosmina longispina</i>	11
	<i>Daphnia pulex</i>	340
	<i>Daphnia longispina</i>	732
Hoppekreps (Copepoda)	<i>Eudiaptomus gracilis</i>	477
	Calanoide copepoditter	2334
	Calanoide nauplier	361
	Cyclopoide copepoditter	11
Hjuldyr (Rotatoria)	Cyclopoide nauplier	127
	<i>Ascomorpha ecaudis</i>	11
	<i>Conochilus</i> sp.	212
	<i>Gastropus hyptopus</i>	11
	<i>Hexarthra mira</i>	255
	<i>Kellicottia longispina</i>	21
	<i>Keratella cochlearis</i>	10695
	<i>Keratella testudo</i>	21
	<i>Keratella paludosa</i>	11
	<i>Lecane lunaris</i>	11
	<i>Lepadella ovalis</i>	21
	<i>Polyarthra</i> cf. <i>dolichoptera</i>	13751
	<i>Synchaeta</i> cf. <i>oblonga</i>	42
	<i>Synchaeta</i> sp.	21
<i>Trichotria tetractis tetractis</i>	11	
Annet	Fjærmygg ( <i>Chironomidae</i> )	2
	Svevemygg ( <i>Chaoborus flavicans</i> )	32
<b>Totalt</b>		<b>29530</b>

**Vedleggstabell 14.** Oversikt over grupper/arter og antall individer i fire bunnprøver tatt i bekker i vassdragene rundt Flesland flyplass 7. desember 2006. Sortering og artsbestemmelse er utført av LFI Oslo.

Gruppe	Art	Gåstjørns- bekken	Innløpsbekk Lønnestjørna	Utløpsbekk Lønnestjørna	Fleslands- elven
<b>Døgnflugelarvar (Ephemeroptera)</b>					
	<i>Baëtis rhodani</i>	0	0	0	140
<b>Steinflugelvar (Plecoptera)</b>					
	<i>Isoperla sp (små)</i>	4	0	0	112
	<i>Nemoura sp. (små)</i>	136	0	0	0
	<i>Nemurella pictetii</i>	68	4	4	0
	<i>Ubestemte meget små</i>	0	0	0	4
<b>Vårflugelarvar (Trichoptera)</b>					
	<i>Hydropsyche siltalai</i>	0	0	0	116
	<i>Leptoceridae ubestemte</i>	0	0	0	20
	<i>Limnephilidae ubestemte</i>	24	0	4	8
	<i>Plectrocnemia conspersa</i>	84	4	0	12
	<i>Polycentropodidae ubest (små)</i>	24	0	0	4
	<i>Rhyacophila nubila</i>	0	0	0	4
<b>NEMATODAE (Rundormer)</b>		<b>40</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>20</b>
<b>ANELIDAE</b>					
<b>Oligochaeta (Fåbørstemark)</b>		<b>416</b>	<b>180</b>	<b>172</b>	<b>300</b>
<b>Hirudinea (Iglar)</b>					
	<i>Helobdella stagnalis</i>	0	0	0	4
<b>MOLLUSCA (Bløtdyr)</b>					
<b>Bivalvia (Muslingar)</b>					
	<i>Pisidium spp.</i>	32	16	44	352
<b>Gastropoda (snegl)</b>					
	<i>Gyraulus acronicus</i>	24	0	4	28
	<i>Lymnaea peregra</i>	4	0	0	0
	<i>Zonitoides sp.</i>	4	4	0	0
<b>CRUSTACEA (Krepsdyr)</b>					
<b>Cladocera (Vannlopper)</b>					
	<i>Eurycerus lammularis</i>	0	0	4	0
<b>Ostracoda (Muslingkreps)</b>		<b>4</b>	<b>0</b>	<b>48</b>	<b>0</b>
<b>Copepoda (Hoppekreps)</b>					
	<i>Harpacticoida</i>	20	20	4	0
<b>Malacostraca (Storkreps)</b>					
	<i>Asellus aquaticus</i>	0	0	0	164
<b>HYDRACARINA (Vannmidd)</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>16</b>
<b>COLLEMBOLA (Spretthaler)</b>		<b>12</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>COLEPOTERA (Biller)</b>					
	<i>Elmis aenea (voksne)</i>	4	0	0	12
	<i>Elmis aenea (larver)</i>	56	0	0	216
	<i>Limnius volcmari (voksne)</i>	0	0	0	4
	<i>Limnius volcmari (larver)</i>	0	0	0	172
<b>DIPTERA</b>					
<b>Chironomidae (Fjørmygglarvar)</b>		<b>280</b>	<b>88</b>	<b>40</b>	<b>500</b>
<b>Ceratopogonidae (Svknottlarver)</b>		<b>32</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>
<b>Dixidae (U-Mygg)</b>		<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Simuliidae (Knottlarver)</b>		<b>264</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>48</b>
<b>Empididae (Danseflue)</b>					
	<i>Wiedemannia sp.</i>	0	0	0	356
<b>Ephydriidae (Strandfluer)</b>		<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Limonidae (Småstankelbein)</b>					
	<i>Pilaria sp.</i>	4	0	0	0
<b>Ubestemte (pupper)</b>		<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
		<b>1</b>	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>	<b>1</b>
		<b>0,5</b>	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>	<b>1</b>

## REFERANSER

- Bjerknes, V. 1996.  
Unummerert NIVA notat datert 12.12.96 om måleprogram for oksygen i Lønningstjørn høsten 1996
- Bjørklund, A., G.H.Johnsen & A.Kambestad 1994.  
Miljøkvalitet i vassdragene i Bergen, status 1993. Rådgivende Biologer, rapport 110, 156 s.  
ISBN 82-7658-024-6
- Bongard, T., & K. Aagaard. 2006. BIOCLASS. Klassifisering av økologisk status i norske vannforekomster- elver. Forslag til definisjon av Vanndirsktivets fem nivåer for økologisk status. NINA rapport 113, 22 s.
- Bækken, T. & T. Haugen, 2006-12-20  
Kjemisk tilstand i vegnære innsjøer. Påvirkning fra avrenning av vegsalt, tungmetaller og PAH.  
NIVA rapport 2003-040870
- Dagestad, K. & S.H. Holtan, 1994.  
Tiltak mot vannforurensning, Bergen Lufthavn -Flesland, Ålesund Lufthavn-Vigra, Kristiansund Lufthavn-Kvernberget og Molde Lufthavn-Årø. NIVA rapport O-94090. L.nr. 3157.
- Fjellheim, A. & Raddum, G. G. 1990. Acid precipitation: Biological monitoring of streams and lakes. The Science of the Total Environment 96: 57-66.
- Holtan, H., 1996.  
Befaring og undersøkelse av Lønneestjørna med tilløp/avløp ved Bergen lufthavn Flesland  
NIVA rapport 3529-96
- Multiconsult 2006  
Utfylling av Skjenavatnet. Miljøtekniske undersøkelser av sedimenter og vann.  
Multiconsult, Rapportnr. 611004-1, 14 sider.
- NOTEBY 1996  
Luftfartsverket. Bergen lufthavn, Flesland. Miljøtekniske grunnundersøkelser.  
Kildelokaliserings. NOTEBY rapport 51766-1
- Raddum, G. G. 1999. Large scale monitoring of invertebrates: Aims, possibilities and acidification indexes. In Raddum, G. G., Rosseland, B. O. & Bowman, J. (eds.). Workshop on biological assessment and monitoring; evaluation of models. ICP-Waters Report 50/99, pp.7-16, NIVA
- SFT 1997  
Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann.  
Statens forurensningstilsyn - veiledning nr. 97:04
- SFT 1997 a  
Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann.  
Statens forurensningstilsyn - veiledning nr. 97:03

Stene-Johansen,S. & H.Holtan, 1991

Glycolavrenning ved lufthavnene; Vurdering av resipienter og behov for reparerende-forebyggende tiltak; Fase 2. NIVA-rapport nr. 2720.

Weideborg, M. R.Roset 2005

Miljøforhold relatert til bruk av avisingsmidler ved Sandefjord lufthavn - en worst case vurdering. Aquateam rapport nr. 04-031, 33 sider.

Wetsel, R. G. 1983

Limnology,

ISBN 0-03-057913-9. Saunders College Publishing, 383 Madison Avenue, New York, NY 10017, 767 sider + vedlegg.

### **Muntlige kilder**

Trond Magne Målsnes, AVINOR Bergen lufthavn, Flesland, Fagansvarlig, Ytre miljø, tlf. 93065710