

Beskrivelse av
hendelsesforløp og årsaksforhold
ved
akutt høy dødelighet
på fisken
hos Kvernsmolt as.
i september 1992



Geir Helge Johnsen

Rådgivende Biologer AS
INSTITUTT FOR MILJØFORSKNING

Rapport nr. 74, november 1992.



Rådgivende Biologer AS

INSTITUTT FOR MILJØFORSKNING

RAPPORTENS TITTEL:

Beskrivelse av hendelsesforløp og årsaksforhold ved akutt høy dødelighet på fisken hos Kvernsmolt as. i september 1992

FORFATTER:

dr.philos. Geir Helge Johnsen

OPPDRAGSGIVER:

Kvernsmolt as, Storebø, 5392 STOREBØ

OPPDRAGET GITT:

17.september 1992

ARBEIDET UTFØRT:

september-oktober 1992

RAPPORT DATO:

2.november 1992

RAPPORT NR:

74

ANTALL SIDER:

22

ISBN NR:

IKKE NUMMERERT

RAPPORT SAMMENDRAG:

EMNEORD:

SUBJECT ITEMS:

RÅDGIVENDE BIOLOGER AS.
Bredsgården, Bryggen, N-5003 Bergen
Telefon: 05 31 02 78
Telefax: 05 31 62 75



FORORD

Rådgivende Biologer har på oppdrag fra Kvernsmolt as. vurdert hendelsesforløp og årsaksforhold knyttet til episoden med ekstremt høy dødelighet på fisken i begge anleggene i perioden 14. - 21. september 1992.

Øverst i nedslagsfeltet til den største tilførselsbekken til Kvernavatn pågikk det sommeren og høsten 1992 utbedringsarbeide på riksveien mellom Storebø og Hufthamar. Det er derfor spesielt vurdert hvorvidt arbeidene med drenering og utfylling av myrområder har medført tilførsler av myrvatn med ekstrem vannkvalitet til Kvernavatn, og om dette kan ha forårsaket den høye dødeligheten i anlegget.

Undersøkelsen baserer seg på to feltbefaringer i løpet av den aktuelle perioden med innsamling av vannprøver fra Kvernavatn og to av tilførselsbekkene, samt rutinemessige veterinærreporter fra høsten 1992.

De vannkjemiske analysene fra prøvene samlet inn 18.september er analysert av Chemlab Services as, mens prøvene samlet inn 23.september er analysert av Hordaland Fylkeslaboratorium. Algeprøven er analysert av cand.real. Nils Bernt Andersen.

Rådgivende Biologer as. takker for oppdraget.

Bergen, 2.november 1992.



INNHALDSFORTEGNELSE

FORORD	3
INNHALDSFORTEGNELSE	4
Liste over figurer	4
Liste over tabeller	5
SAMMENDRAG OG KONKLUSJON	6
KVERNSMOLT AS.	7
OMRÅDEBESKRIVELSE	8
DØDELIGHETSBEKRIVELSE	9
VEIARBEIDE I KVERNAVATNS NEDSLAGSFELT	13
TILFØRSLER TIL KVERNAVATN	13
Jern og aluminium	14
Humus-stoffer	15
Næringsrikhet	17
HENVISNINGER	22

LISTE OVER FIGURER

1: Oversiktskart over Kvernavatn med Kvernsmolts to settefiskanlegg,	8
2: Daglig registrert dødelighet i settefisk-anlegget til Kvernsmolt as. i september 1992.	9
3: Sammenheng mellom gjennomsnittstørrer og dødelighet på fiskene i de enkelte karene	9
4: Daglig nedbørshøyde i august og september 1992	13
5: Konsentrasjon av jern i vannprøver fra de seks prøvetakingsstedene.	14
6: Konsentrasjon av aluminium i vannprøver fra de seks prøvetakingsstedene.	14
7: Surhet målt som pH på de seks prøvetakingsstedene.	15
8: Fargetall i vannprøver fra de seks prøvetakingsstedene.	16
9: Turbiditet i vannprøver fra de seks prøvetakingsstedene.	16
10: Kjemisk oksygenforbruk i vannprøver fra de seks prøvetakingsstedene.	17
11: Konsentrasjon av total-fosfor i vannprøver fra de seks prøvetakingsstedene.	18

LISTE OVER TABELLER

1: Registrerte døde fisk i hvert av karene i perioden 10.-25.september 1992.	12
2: Registrerte døde fisk i hver av merdene i perioden 10.-25.september 1992.	12
3: Gjennomsnittstørrer og prosentvis dødelighet i karene i perioden	12
4: Gjennomsnittstørrer og prosentvis dødelighet i merdene i perioden	12
5: Analyseresultat fra vannprøver tatt 18.september i to av innløpsbekkene	18
6: Analyseresultat fra vannprøver tatt 23.september overst i den største tilførselsbekken	19
7: Analyseresultat fra vannprøver tatt 18.september på tre forskjellige dyp i Kvernavatn	19
8: Vertikale temperatur- og oksygenprofiler i Kvernavatn 18.september	20
9: Algeprøve fra Kvernavatn 18.september.	21



SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

I perioden 13. - 26. september 1992 døde over 220.000 fisk i Kvernsnolt as sitt settefiskanlegg på Storebø i Austevoll. Dette er fordelt med ca. 122.000 fisk i karanlegget og ca. 100.000 fisk i merdanlegget. Dødeligheten toppet seg i karanlegget den 19.september med hele 40.490 døde fisk, mens den var på topp i merdanlegget i Kvernavatn den 17.september med 46.300 døde fisk. Dødeligheten forekom også tidligst i merdene nærmest strømsetteren nord for anlegget. I karanlegget var det den minste fisken som hadde høyest dødelighet.

Det ble i denne aktuelle perioden ikke påvist tegn til sykdom hos verken den døde, døende eller hos levende fisk i anlegget. Veterinærrapportene viser imidlertid at det ble påvist okerutfelling på gjellene, sammen med generell gjelleirritasjon og påfølgende sterk slimdannelse på gjellene. Høyt innhold av partikler og humus i vannet ble antydnet som årsak til denne irritasjonen allerede ved månedskiftet august-september.

Flere vannkvalitetsforhold ser ut til å ha bygget seg suksessivt opp og samvirket som årsak til den ekstreme dødeligheten i denne perioden. Høyt innhold av partikler og humus tilført fra Kvernavatns største tilførselsbekk har over lengre tid irritert fiskens gjeller. Videre ble det målt svært høye konsentrasjoner av jern og labilt aluminium i denne tilførselsbekken, og begge disse forbindelsene kan felles på gjellene og medføre akutt giftighet for fisken. Jernutfelling på gjellene er påvist i forbindelse med denne episoden, mens aluminiumsutfelling ikke er undersøkt. Store tilførsler av plantenæringssalter fra den samme tilførselsbekken har også medført en voldsom og raskt oppblomstring av kiselalger i Kvernavatn, hvilket også i seg selv kan ha medført generell gjelleirritasjon og problemer for fisken.

Hendelsesforløpet, tidsrekkefølgen og karakteren av dødeligheten taler alle for at en ekstrem situasjon i vannkvalitet fra tilførsler til Kvernavatn har forplantet seg i Kvernsnolts to anlegg. Vannprøver tatt i perioden med høyest dødelighet viser at konsentrasjonene av alle de omtalte skadelige stoffer var ekstremt høye særlig øverst i den største tilførselsbekken til Kvernavatn. Nederst i denne bekken var konsentrasjonene lavere, og i Kvernavatn var konsentrasjonene av flere av de omtalte stoffene ikke ekstreme ved befaringen 18.september. Det er imidlertid vannkvaliteten i Kvernavatn et par uker tidligere som har skapt den aktuelle situasjonen, og fra denne perioden finnes det ingen vannkvalitetsmålinger.

I perioden ved og etter månedskiftet august/september var det adskillig mer nedbør enn ved prøvetakingen, slik at vannkvaliteten både i tilførselen til og i selve Kvernavatn da antagelig har vært mer lik det som ble observert øverst i denne tilførselsbekken ved befaringen. Dette bekreftes ved at tilstanden i Kvernavatn ved befaringen 18.september var sterkt preget av forutgående tilførsler. Det kraftig reduserte siktedypet, det observerte oksygenvinnnet i overflatelaget, samt det høyere kjemiske oksygenforbruket i vannprøvene fra overflatelaget enn dypere i innsjøen, tyder på dette. Innholdet av jern i Kvernavatn ved befaringen var ikke høyere enn hva som har vært vanlig tidligere år, men har også antagelig vært vesentlig høyere i den forutgående perioden. Denne antagelsen styrkes ved at målingene av jern i mellomsiktet i Kvernavatn var lavere enn i overflatelaget ved befaringen, fordi dette vil ha gitt større tilførsler separat til overflatevannet.

fortsetter



Dødeligheten i settefiskanlegget skyldes etter alt å dømme den unormale vannkvaliteten som oppsto i tilknytning til de store tilførslene av stoffer i forbindelse med regnfallet i perioden forut for den ekstreme dødeligheten. Allerede i august begynte fisken å bli stresset grunnet høyere partikkelinnhold i vannet, og ettersom forholdene videre bygget seg opp med tilførsler av både jern, sannsynligvis også aluminium og til slutt store mengder kiselalger i vannet, ble situasjonen etterhvert kritisk. De tiltak som er iverksatt fra Kvernsmolts side for å kontrollere tilstanden og redusere svingninger i vannkvalitet er ikke tilstrekkelig til å demme opp for en slik ekstrem situasjon.

Det må understrekes at de tilførsler som her har kommet til Kvernvatn fra den dominerende tilførselsbekken, og har ført til en kjede av stressfaktorer for fisken, på ingen måte kan karakteriseres som normale for dette nedslagsfeltet. Slike tilførsler er heller ikke innenfor rammene av det en kan ventet ut fra en normal aktivitet i dette nedslagsfeltet. Vanlig grøfting og bearbeiding av landbruksarealer kan også gi høye tilførsler av partikler og humus til bekken, men hovedårsaken til dødeligheten antas å være de høye konsentrasjonene av jern, med påfølgende utfelling på gjellene. Jernkonsentrasjonene vil ved generell drenering av myrer ikke kunne være tilnærmet så høye som observert i dette tilfellet, fordi løseligheten av toverdige jern er størst i oksygenfattig vann,- noe en bare finner i dypet i myrene. Overflateavrenning vil i stor grad være "luftet" og derfor mye mindre rikt på jern.



KVERNSMOLT AS.

Tidlig i 1979 ble et flytende settefiskanlegg konstruert og plassert i Kvernavatn av Havforsknings-instituttets Avdeling for akvakultur. Det besto opprinnelig av fire merdenheter, men ble sommeren samme år utvidet med fire nye merder på 4x4 meter. Den første smolten fra anlegget ble i 1981 som toåringer tilvendt sjøvann i Austre Storebøvågen (figur 1), mens den første ettårs-smolten ble produsert i 1982. I 1984 og 1985 ble driften ved anlegget vesentlig effektivisert, og det ble bygget et karanlegg ved Kvernavatnets utløp. Samtidig ble vannbehandlingsrutiner etablert basert på et energianlegg bestående av både varmeveksler og varmepumpe. Kvernsmolt as. ble da i stand til selv å klekke og startføre all yngel som trengs. I de første årene var produksjonen basert på innkjøp av yngel og parr.

Den første tiden ble anlegget drevet av Havforskningsinstituttets Avdeling for akvakultur som et forskningsanlegg i samarbeide med grunneierlaget rundt Kvernavatn. Grunneierne ble i 1981 bedt om å overta driften av anlegget for å videreføre det på kommersiell basis, i samarbeide med Universitetet og Avdeling for akvakultur. Dette førte til at Kvernsmolt as. ble etablert, og selskapet samarbeidet med de nevnte forskningsinstitusjonene gjennom de neste fem årene. Innen utgangen av 1985 var det i Kvernavatn således lagt grunnlag for ni hovedfagsoppgaver og tre doktorgrader ved Universitetet i Bergen. Litteraturlisten fra det vitenskapelige arbeidet som er utført i tilknytning til Kvernavatn omfattet ved utgangen av 1985 hele 62 artikler/rapporter, og flere er siden kommet til.

De første årene var driften preget av stor dødelighet eller tap i produksjonen grunnet både ukontrollert rømming av yngel fra anlegget, innfrysing av fisken den første vinteren og voldsomme parasittangrep av *Ichthyobodo necator* (Costia). Dødeligheten fra inntak av fisk til anlegget fram til salg var de første årene rundt 60%, men sank til rundt 40% allerede for fisken som ble lagt inn i 1983, og dødeligheten har siden blitt redusert til rundt 10 % fra startføring og fram til salg som smolt. Disse gode resultatene bygger på at det i de første årene ble utviklet et meget godt registreringsopplegg for alle de sentrale driftsparametre i anleggene, slik at driften ble effektivisert og at lærdom ble tatt av feilsteg underveis. Dette opplegget er siden fulgt opp og utviklet videre av Kvernsmolt as, og daglig førte journaler er tilgjengelig tilbake til 1981.

Det ble i samarbeide med forskningsprosjektene utviklet et sett med tiltak for å sikre driften mot svingninger og uønsket utvikling i vannkvalitet i Kvernavatn. Også disse forhold er fulgt opp og innbakt i den rutinemessige driften av Kvernsmolts anlegg i årene etter 1985. Dette omfatter **opsamlingspresenning** under samtlige merder, som hindrer tilførsel av organisk materiale til innsjøen, årlig **utpumping av oksygenfattig** og næringsrikt bunnvann fra innsjøen hindrer indre gjødsling, mens **biomanipulasjon** ved utsetting av stor regnbueørret er med på å hindre omfattende alegoppblomstring i innsjøen. Videre er det rutinemessig foretatt **kalking av innsjøen og kalking i tilførselsbekkene** for å sikre en jevn mulig vannkvalitet til Kvernavatn.

Videre benyttes det oksygentilsetning til vanntilførselen til karanlegget, der en også har mulighet for innblanding av desinfisert sjøvann for å bufre og stabilisere vannkvaliteten ytterligere. Ved alle sentrale punkt i vanntilførsel og vannbehandling er det installert automatisk overvåking og alarmsystem, samtidig som det er etablert nød-prosedyrer for rask håndtering av uhell slik at fisken skal sikres mot det meste av uforutsette begivenheter. Kvernsmolts anlegg er også utstyrt med nødaggregat for selvstendig strømforsyning dersom strømtilførselen skulle svikte.

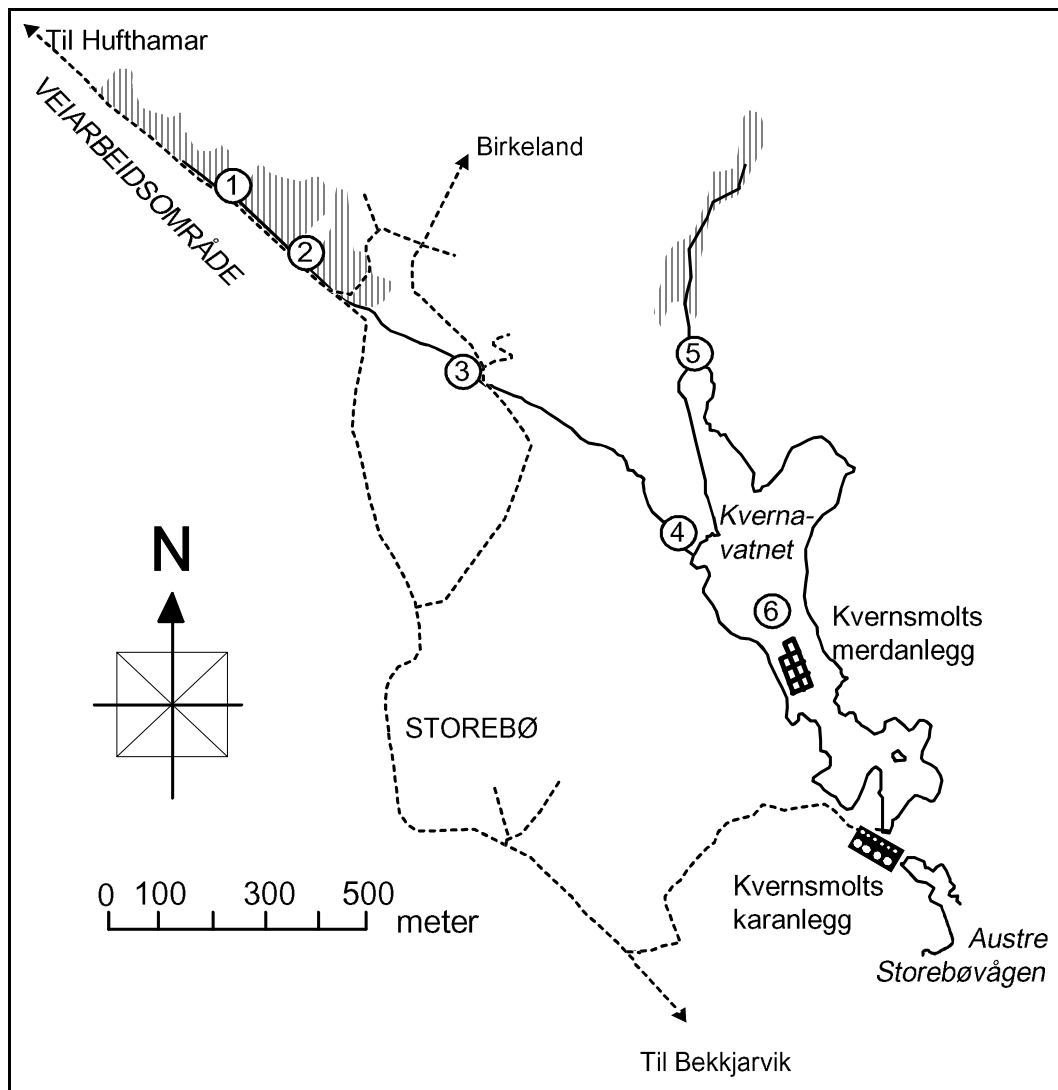
Alle disse rutiner, sikkerhetsrutiner og nødprosedyrer har bidratt til å sikre en god produksjon av settefisk gjennom de siste ti årene.



OMRÅDEBESKRIVELSE

Kvernsmolts settefiskanlegg ligger øst for Storebø i Austevoll kommune. Anlegget er todelt, med et merdanlegg i Kvernavatn og et karanlegg nedenfor ved Austre Storebøvågen. Her er også plassert klekkeri og driftsbygninger (figur 1). Kvernavatn tjener som vannkilde for karanlegget.

Kvernavatns nedslagsfelt er lite, med det meste liggende nord for innsjøen. Den dominerende tilførselsbekken kommer fra myrene der det sommeren 1992 har pågått utbedringsarbeider på riksveien (figur 1).



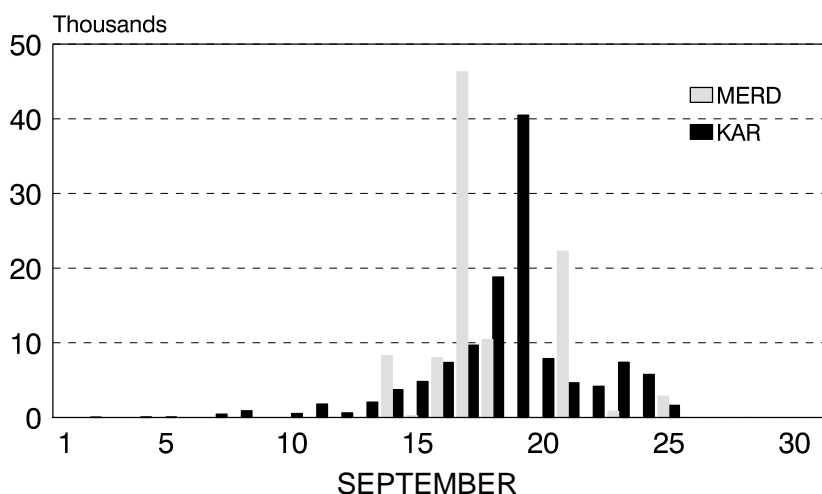
FIGUR 1: Oversiktskart over Kvernavatn med Kvernsmolts to settefiskanlegg, Kvernavatnets to største tilførselselver (heltrukne streker) med tilliggende myrområder (skravert) og de viktigste veiene i området (stiplete) med angitt det aktuelle veiarbeidsområdet. Prøvetakingsstedene er angitt med tall fra 1-6, som refererer til tabellene 5-7.



DØDELIGHETSBEKRIVELSE

I Kvernsmolts settefiskanlegg avsluttet man en fullstendig sortering av fisken i karanlegget den 10.september. Som ventet var det de to påfølgende dager en noe høyere dødelighet enn vanlig på fisken. Dette skyldes at fisken blir stresset når den blir hovet, sortert og veiet. Den 11.september ble det derfor registrert 1.804 døde fisk (figur 2 og tabell 1), mens dødeligheten sank til 630 fisk dagen etter. Vanligvis vil dødeligheten komme ned på "normalt" nivå igjen den tredje dagen etter at sorteringen var over. Det skjedde ikke. Det ble imidlertid registrert hele 2.070 fisk den 13.september, og et jevnt økende antall i dagene som fulgte.

FIGUR 2: Daglig registrert dødelighet i settefiskanlegget til Kvernsmolt as. i september 1992. Dødeligheten er vist separat for merdanlegget (grå søyler) og karanlegget (svarte søyler). Tallene er angitt i tusen døde pr. dag.



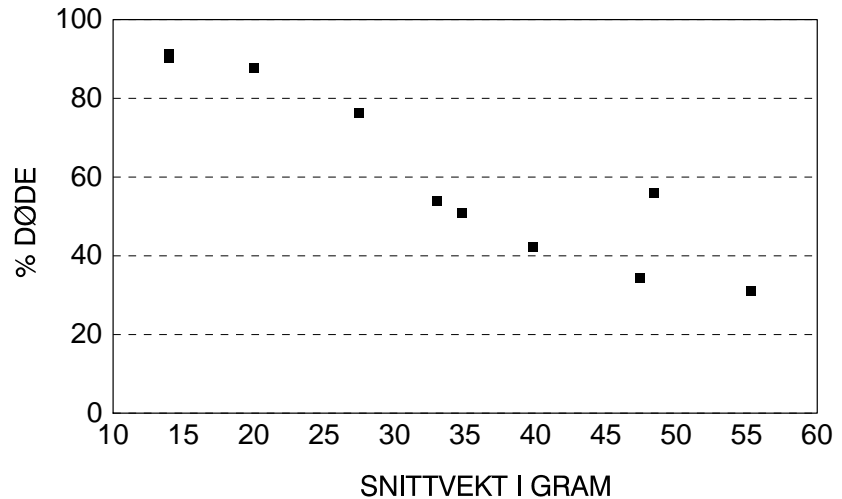
Dødeligheten i karanlegget økte til et maksimum på hele 40.490 fisk den 19.september, noe som utgjorde vel 33% av den igjenværende fisken i karanlegget på den tiden. Den 26.september var dødeligheten redusert til rundt 300 fisk, og det var da i alt gått med nærmere 122.000 fisk bare i karanlegget de vel 14 dagene det hele hadde stått på.

I karene var det en helt klar sammenheng mellom omfanget av dødelighet og fiskens gjennomsnittsstørrelse. Det var de minste fiskene som var mest utsatt. I kar 18 og 19, der fisken bare var 14,0 gram i gjennomsnitt, var det over over 90% dødelighet. De største fiskene var hele 50,5 gram i gjennomsnitt, og i dette karet (nr 3) var det vel 40% dødelighet i den aktuelle perioden (figur 3 og tabell 3). Dette tyder på at fiskene har vært utsatt for et generelt og stort langvarig stress.

I merdanlegget i Kvernvatn blir det vanligvis ikke plukket dødfisk oftere enn en gang ukentlig. Da den akutte dødeligheten i karanlegget inntraff ble imidlertid også merdanlegget saumfart, og den 14. og 15. september ble det tilsammen fjernet mer enn 8.500 døde fisk fra anlegget (figur 2 og tabell 2). Her toppet dødeligheten seg allerede den 17.september,- to dager tidligere enn i karanlegget, med hele 46.300 døde fisk (figur 2). Dødeligheten gikk tilbake og nådde et mer "normalt" nivå ved utgangen av september. Da hadde vel 100.000 fisk avgått.



Figur 3: Sammenheng mellom gjennomsnittsvekt av fiskene i de enkelte karene ved dødelighetens start 10. september og andelen av bestanden i de respektive kar som døde i perioden fram til 25.september.



I merdanlegget ble den høyeste dødeligheten observert først i merd 4, som ligger helt nord på anlegget, nærmest strømsetteren som skaper en vannstrøm gjennom anlegget fra nord mot syd. Her ble hele 10% av bestanden registrert død allerede den 14.september. I merd 7 og merd 4, som er de to nordligste merdene i anlegget, strøk i gjennomsnitt ca 45 % av fisken med i de 14 dagene det sto på. Dette er desidert høyere dødelighet enn i de andre fem merdene i anlegget, selv om fisken i merd 4 var de største i anlegget (tabell 4).

ÅRSAK TIL DØDELIGHETEN

Utover i august ble vannet i Kvernavatn mer og mer misfarget, og mengden partikler i vannet ble så høy at det var nødvendig å montere filterposer på vanninntakene i karene for å skåne fisken. Disse filterposene ble fort fulle av "jord-partikler". Ved befaringen 18.september var dette ennå påfallende, selv om det da var på retur. Mer påfallende var det ekstremt lave siktedypet på 0,9 meter i Kvernavatn, hvilket er bare 1/3 - 1/4 av det som er vanlig på denne tiden av året (personlig observasjon fra årene 1980-1985).

Innholdet av humus og partikler i vannet førte til redusert appetitt hos fisken mot slutten av august, og veterinær-rapporten fra 1.september påpeker at disse forhold allerede da har medført svulne (irriterte) gjeller. Rapporten fra 18.august forteller om stor dødelighet i merdanlegget, men dette skyldtes oksygensvikt i vannmassene i en stille, varm periode uten god vanngjennomstrømning i merdene. Strømsetteren som vanligvis besørger vannutskifting i merdene var i denne perioden ute av drift, og straks den ble satt i drift bedret forholdene seg.

NOTAT FRA AQUA-LAB A/S FRA RUTINEBESØK 18.AUGUST 1992

Mæranlegg: Stor dødelighet i mæranlegget den 9.august 1992. 10,5 % laks 43% ørret. Tatt gjeller og lever fra 2 fisk. Ingen sykdomstegn påvist ved obduksjon. Påvist mye Trichophyra på gjellene. Ikke parasitter for øvrig. Histologi: 2 gjeller: Infeksjon Trichophyra - forøvrig OK. 2 lever: Normale.

Ellingsen.



NOTAT FRA AQUA-LAB A/S FRA RUTINEBESØK 1.SEPTEMBER 1992

Generell ubetydelig infeksjon av Trichodina i gjelle- og hudavskrap. Noen få Trichophyra i gjelleavskrap. Noe svulne gjeller. Har nok sammenheng med høyt innhold av humus og partikulært materiale i vannet. Ellers intet å bemerke. Ingen unormal dødelighet i noen av karene.

Hans Aase.

Neste veterinær-rapport er tatt 15.september, etter at dødeligheten hadde blitt unormalt høy. Den konkluderer med sterk gjelleirritasjon med bakterievekst, samt jernutfelling (oker) på gjellene til både levende og døde fisk. Jernutfelling skyldes meget høye konsentrasjoner av toverdige jern, som felles på gjellene i basisk miljø (som det naturlig er på gjellene).

NOTAT FRA AQUA-LAB A/S FRA RUTINEBESØK 15.SEPTEMBER 1992

Høy dødelighet i kar og i mærene i vannet. Dødfisk og svimere med svulne, misfargete gjeller. Ellers ingen unormale innvendige eller utvendige funn. Paratsittstryk negative. 2 bakteriestryk fra nyrene var negative. 1 bakteriestryk fra gjellene gav vekst av blandingskultur. Okertest direkte på gjellene var positiv. Uttak av 2 gjeller og 1 lever for histologisk undersøkelse: 1 lever: Stedvis noe påkjent i form av ødemer og degenererte celler. 2 gjeller: Begge med ganske omfattende forandringer, den ene noe sterkere enn den andre: Stedvis omfattende hyperplasi. Generell slimcelleproliferasjon. Forekomst av betennesceller. Ingen sikker påvisning av parasitter.

Hans Aase.

Den 29.september var gjellene til de gjenværende fiskene fremdeles avvikende i farge, men det hele var da på retur. Fremdeles var det jernutfellinger på gjellene til de døde fiskene.

NOTAT FRA AQUA-LAB A/S FRA RUTINEBESØK 29.SEPTEMBER 1992

Dødelighet på markert retur de siste 4 dagene. Ingen svimere i noen av karene. Påvist oker på gjellene i dødfisk. Soppinfeksjon på gjellene dødfisk. Levende fisk med noe anemiske gjeller, forøvrig mindre mukøse og jevnere i farge enn ved forrige inspeksjon. Ingen oker på gjellene til levende fisk. Ingen parasitter i gjelle- eller hudavskrap. Ingen innvendige eller utvendige tegn til sjukelige forhold.

Jan Gjerde.



TABELL 1: Registrerte døde fisk i hvert av karene hos Kvernsmolt as. sitt anlegg i perioden 10.-25.september 1992. Tallene er vanligvis basert på direkte telling, men disse høye tallene er basert på veiing av dødfisk i kombinasjon med telleprøver. Denne metoden gir en feilmargin på godt under 5%.

KAR:	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	SUM
1	0	528	64	490	1284	1793	2530	1852	3000	4300	1300	1060	1000	2150	950	55	22356
2	0	131	5	83	187	251	485	710	1000	3550	780	375	380	470	417	120	8944
3	0	39	5	140	75	150	364	760	2300	5150	1210	675	520	872	800	243	13303
4	0	303	108	497	776	844	1696	2300	2500	5450	1490	1240	1060	1163	922	222	20571
5	0	3	8	15	19	19	52	100	800	6300	450	62	33	44	65	25	7995
6	13	24	2	7	7	27	81	430	2500	2800	240	465	185	391	685	225	7782
7	204	0	3	37	64	133	279	635	2800	4500	750	420	525	1073	1000	435	12858
8	49	198	7	32	115	210	277	1050	720	3050	1020	465	380	679	570	291	9113
18	136	267	165	362	601	678	852	863	1450	2610	330	100	50	274	179	15	8932
19	147	311	263	407	607	731	760	986	1750	2780	320	90	61	285	175	15	9689
SUM:	549	1804	630	2070	3735	4836	7376	9686	18820	40490	7890	4652	4194	7401	5764	1646	121543
%:	0,26	0,87	0,30	1,01	1,85	2,46	3,90	5,40	11,71	33,68	7,02	4,32	4,05	7,70	6,38	1,86	57,80

TABELL 2: Registrerte døde fisk i hver av merdene hos Kvernsmolt as. sitt anlegg i Kvernavatn i perioden 10.-25.september 1992. Blanke felt viser dager uten dødfiskplukking. Tallene er vanligvis basert på direkte telling, men disse høye tallene er basert på veiing av dødfisk i kombinasjon med telleprøver. Denne metoden gir en feilmargin på godt under 5%.

MERD	10.	11.	12	13	14.	15.	16.	17.	18.	19	20	21.	22.	23.	24.	25.	SUM
1						22		8700				3200		126		25	12073
2						33	8000		3000			650		86			11769
3					1000	5			4900			400		16		43	6364
4					7300	68		16300	2550			2400		120		0	28747
5						32		10600				8600		201		40	19473
6																	
7						75		10700				7000		260		2742	20777
SUM:					8300	235	8000	46300	10450			222500		809		2850	99203

TABELL 3: Gjennomsnittstørrelse etter sortering 8.-10.september 1992 og prosentvis dødelighet i perioden 10.-25.september for fisken i karene hos Kvernsmolt as. sitt anlegg .

KAR NR	1	2	3	4	5	6	7	8	18	19
% DØDE	87,7	50,9	42,2	76,2	34,3	31,2	55,9	54,0	90,2	91,4
SNITT VEKT	20,0	34,8	39,8	27,5	47,4	55,3	48,4	33,1	14,0	14,0

TABELL 4: Gjennomsnittstørrelse 2.september 1992 og prosentvis dødelighet i perioden 10.-25.september for fisken i merdene hos Kvernsmolt as. sitt anlegg i Kvernavatn.

MERD NR	1	2	3	4	5	7
% DØDE	17,6	23,8	8,4	36,6	37,7	50,2
SNITT VEKT	37,7	41,3	50,5	43,2	22,8	19,7



VEIARBEIDE I KVERNAVATNS NEDSLAGSFELT

Sommeren og høsten 1992 ble det utført utbedring av veien mellom Hufthamar og Storebø, øverst i nedslagsfeltet til Kvernavatn (figur 1). Dette veiarbeidet ble startet opp allerede i slutten av mars, da steinmassene fra skytingen i forbindelse med utbedringen av fergakaien på Hufthamar ble plassert langs den eksisterende veien ved Haugland. Denne masseflytningen pågikk helt fram til slutten av juli, og det siste som ble utført var utfylling i myren øverst i Kvernavatns nedslagsfelt helt nord i veiarbeidsområdet (nord for prøvetakingsstasjon 1 i figur 1).

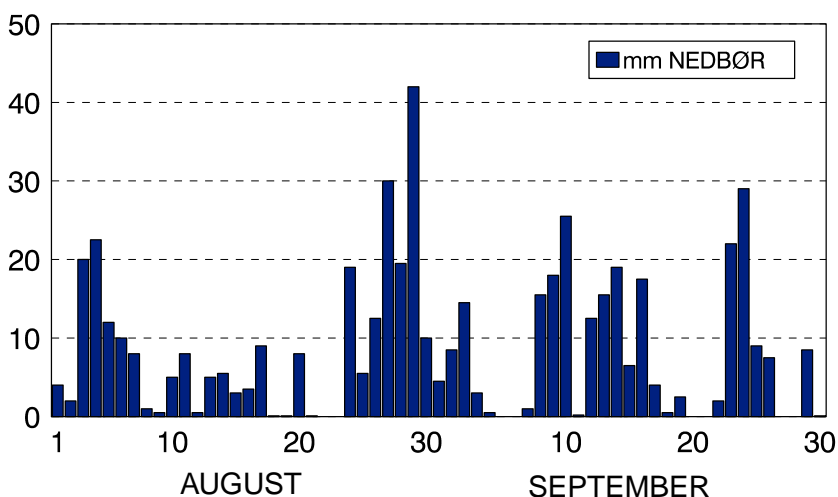
Ved veitvidelsen i denne myren ble det ikke foretatt masseutskifting slik som det vanligvis gjøres, fordi myren var altfor dyp til at det var praktisk mulig. Steinmassene ble derfor dumpet uti langs veien, slik at myren ble fortrengt. Myren drenerte gjennom en trang veit mellom en bergnabb og den eksisterende veien (prøvetakingspunkt 1 i figur 1), og denne fungerte på sett og vis som en demning for vannet fra myren. Ved masseutfyllingen i myren ble vannet i myren fortrengt og vannspeilet i myren ble hevet.

Langs veien syd for denne myren ble det foretatt masseutskifting allerede i mai-juni, men de nye fyllmassene ble liggende der som den øverste delen av bekken som drenerer til Kvernavatn opprinnelig lå. Ved liten vannføring ble således vannet etter denne utfyllingen "presset" gjennom fyllingen og de tiliggende jordmasser, men ved høy vannføring passerer større deler av vannføringen raskere forbi denne myren (mellom prøvetakingspunkt 1 og 2 i figur 1).

TILFØRSLER TIL KVERNAVATN

I august og september 1992 regnet det periodevis nokså mye (figur 4). Fram til dødeligheten satte inn midt i september, var det særlig to nedbørrike perioder. Den største var rundt månedsskiftet august/september og den andre har sammenfaller nokså godt i tid med den høye dødeligheten i Kvernsmolts anlegg. Disse vannmengdene har ført med seg betydelige mengder av forskjellige stoffer til Kvernavatn fra veiarbeidsområdet, og har medført en ekstrem situasjon i vannkvaliteten i innsjøen.

FIGUR 4: Daglig nedbørsmengde i mm i august og september 1992, målt ved Fana forsøksgård på Stend.



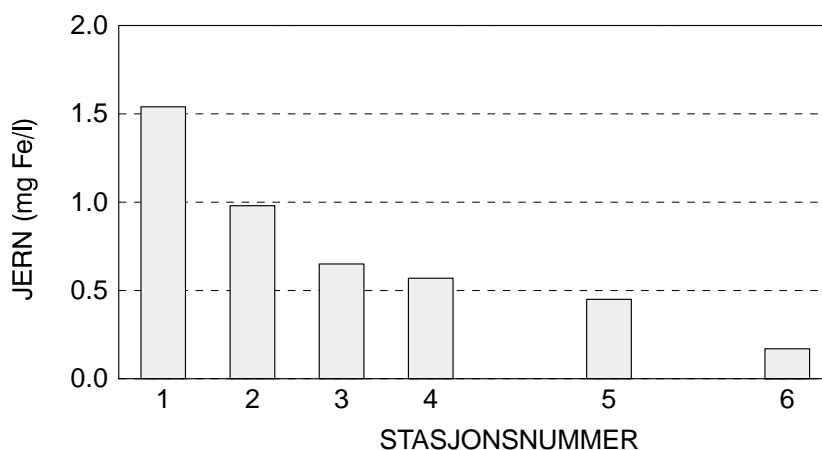
Det ble ved befaringene 18. og 23. september samlet inn vannprøver på seks forskjellige lokaliteter (figur 1) for å undersøke omfanget av tilførslerne til Kvernavatn, hvor de kom fra og virkningen på systemet i innsjøen. Ved befaringene regnet det mindre enn det hadde gjort tidligere i den aktuelle perioden (figur 4).



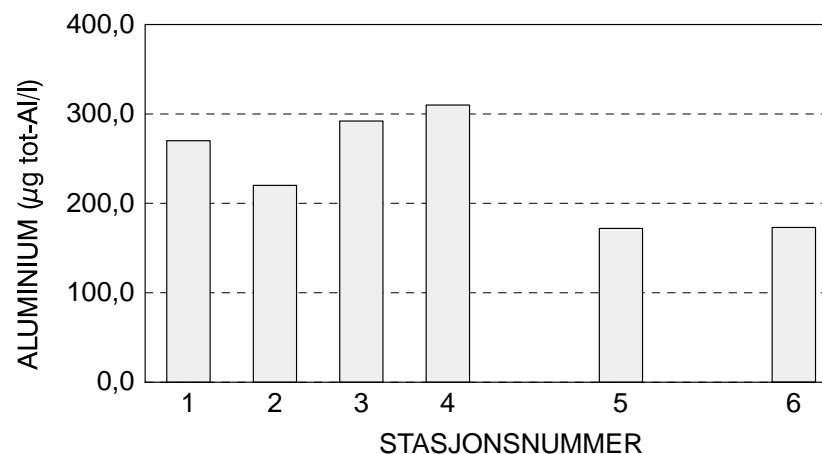
JERN OG ALUMINIUM

Konsentrasjonene av både aluminium og jern var svært høye i tilførselsbekken fra veiarbeidsområdet (figur 5 og 6). Prøvestedene 1 og 2 er i selve veiarbeidsområdet, og prøvene herfra er tatt 23.september, mens de andre er fra 18.september. Jernkonsentrasjonene i den påvirkede bekken er langt over grensen på rundt 0,5 mg/l der en kan vente skadevirkninger på fisken (Rosseland mfl. 1992). Konsentrasjonen av jern i selve Kvernavatn var lavere, men må antas å ha vært høyere i perioden med mye nedbør og vesentlig større tilførsel til innsjøen.

FIGUR 5: Konsentrasjon av jern på de seks prøvetakingsstedene. Stedene nummerert fra 1 - 4 er i den påvirkede bekken, nummer 5 er i en annen myrpåvirket bekk, mens nummer 6 er på to meters dyp i Kvernavatn (se forøvrig figur 1). Prøvene 1 og 2 ble tatt 23.september, mens 3-6 ble tatt 18.september.



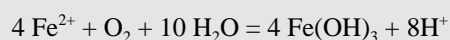
FIGUR 6: Konsentrasjon av aluminium på de seks prøvetakingsstedene. Stedene nummerert fra 1 - 4 er i den påvirkede bekken, nummer 5 er i en annen myrpåvirket bekk, mens nummer 6 er på to meters dyp i Kvernavatn (se forøvrig figur 1). Prøvene 1 og 2 ble tatt 23.september, mens 3-6 ble tatt 18.september.



Kvernavatn har alltid hatt et noe høyt innhold av jern grunnet innsjøens høye myrpåvirkning. Målinger fra 1980/81 viser konsentrasjoner i overflatevatn på rundt 0,12 mg/l, med noe høyere verdier på vinteren. Det samme mønsteret ble funnet i 1985, da konsentrasjonene var på 0,26 mg/l og 0,27 mg/l i henholdsvis april og august, mens det var 0,14 mg/l i mai.

Jern (II)-salter har høy løselighet. Ved tilgang på oksygen oksyderes de til 3-verdig jern som felles ut som jernhydroksyd (ligning 1). Dypvannet i en myr vil være meget rikt på oppløst jern fordi det her ikke er tilgang på oksygen. Dette jernet vil så felles sakte når vannet kommer i kontakt med luft. Dette forklarer noe av reduksjonen i jern-konsentrasjon fra øverst til nederst i den påvirkede bekken (figur 5)

LIGNING 1:



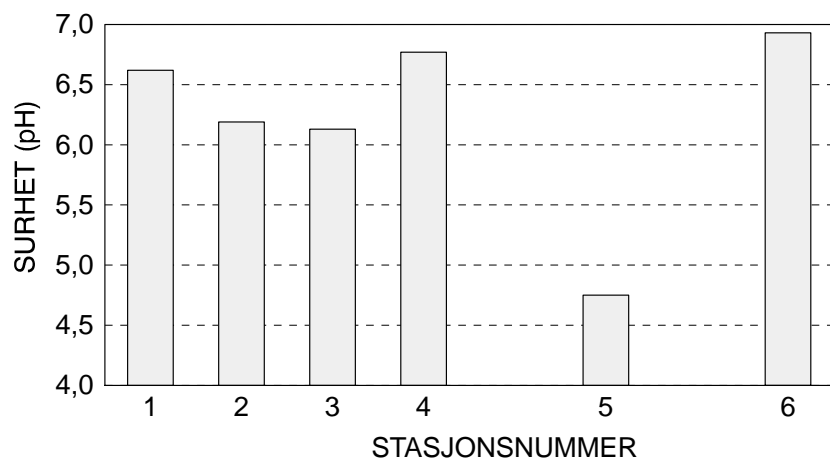


Under denne fellingsprosessen blir vannet surt og oksygenfattig, og jernhydroksydet felles ut som et brunlig slam. Reaksjonen skjer ved pH større enn 3,5-4,1, og hurtigere ved relativt høy pH. Dette brune slammene kan felles ut på fiskegjeller og hemme oksygenopptaket, og det kan også skade rogn ("okerkvelning"). Skadevirkninger av jern kan en vente når konsentrasjonene overstiger 0,5 mg Fe/l (Rosseland mfl. 1992).

Aluminium vil også kunne felles ut på fiskegjeller, og medføre tilsvarende problemer for fisken. Det er denne utfellingen av aluminium som antas å være en av de viktigste negative virkningene av sur nedbør, fordi det ved lave pH-verdier er høyest konsentrasjon av labilt aluminium,- som er den aluminiumsfraksjonen som er giftig for fisk.

Aluminiumsfelling på gjellene kan også ha medført problem for fisken i begynnelsen av denne episoden. Ved befaringene var det lagt ut kalk og skjellsand i den påvirkede tilførselsbekken, slik at pH-verdiene var såpass høye at dette ikke lenger var noe problem. I den øverste delen av denne bekken var det,- til tross for høye pH-verdier (figur 7), likevel konsentrasjoner av labilt aluminium på henholdsvis 55 og 35 µg/l (tabell 6). Dette er konsentrasjoner som kan medføre problemer, og det kan derfor ikke utelukkes at det på et tidlig stadium i dødelighetsutviklingen, da det var høyere vannføring, kan ha vært skadelige konsentrasjoner av labilt aluminium i Kvernavatn.

F
IGUR 7: Surhet målt som pH på de seks prøvetakingsstedene. Stedene nummerert fra 1 - 4 er i den påvirkede bekken, nummer 5 er i en annen myrpåvirket bekk, mens nummer 6 er på to meters dyp i Kvernavatn (se forøvrig figur 1). Prøvene 1 og 2 ble tatt 23.september, mens 3-6 ble tatt 18.september.



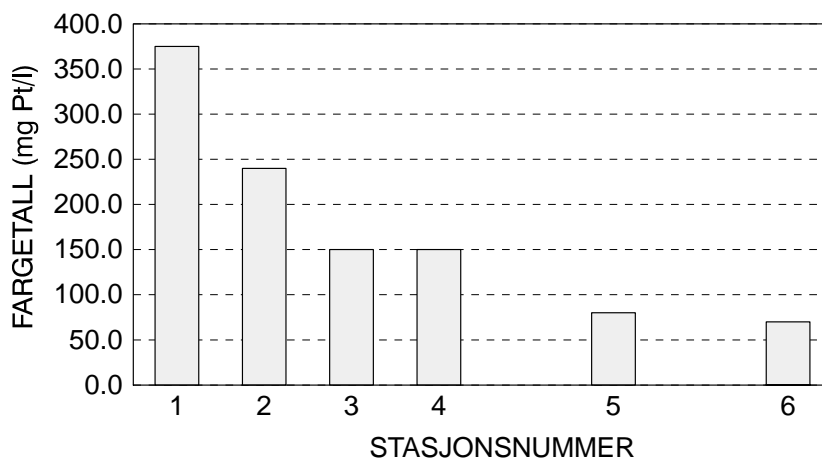
HUMUS-STOFFER

Humusstoffer stammer i stor grad fra myrer. De består av ørsmå organiske partikler som både farger vannet og gir potensiale for et høyt oksygenforbruk i vannmassene. På den annen side virker humus ofte stabiliserende på vannkvalitet som ellers ville kunne vært skadelig for fisk og andre organismer.

Fargetallet var ekstremt høyt i alle vannprøvene, noe som skyldes både humusstoffer og sannsynligvis også utfelt jern. Vann med så høye fargetall er synlig brunt, og den påvirkede bekken hadde ekstremt høye verdier (figur 8). Kvernavatn har alltid hatt vann med høyt fargetall, noe også fargetallet i den myrpåvirkede tilførselsbekken (5) tyder på. Overflatevatn i Kvernavatn hadde fargetall på 60 mg Pt/l i april 1985 (Andersen 1986).

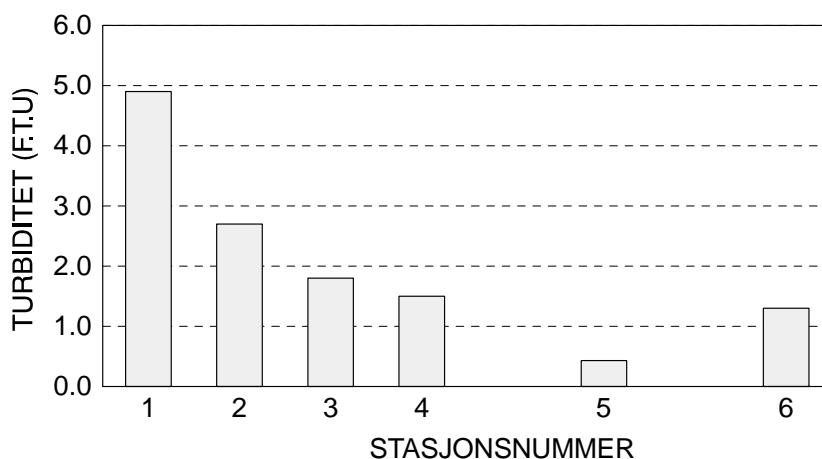


FIGUR 8: Fargetall i vannprøver fra de seks prøvetakingsstedene. Stedene nummerert fra 1 - 4 er i den påvirkede bekken, nummer 5 er i en annen myrpåvirket bekk, mens nummer 6 er på to meters dyp i Kvernavatn (se forøvrig figur 1). Prøvene 1 og 2 ble tatt 23.september, mens 3-6 ble tatt 18.september.



Vannets turbiditet var også ekstremt høyt i den påvirkede bekken (figur 9), med høyeste verdi øverst med hele 4,9 F.T.U. Turbiditet angir mengden små partikler i vannet som kan reflektere hvitt lys. Vanligvis er dette lavt i norske vassdrag, med turbiditet på 0,5 - 1,0, men humuspåvirkning gir høyere verdier. Den andre upåvirkede bekken hadde lav turbiditet, mens den påvirkede bekken hadde så høye verdier at den alene kan forklare de høye verdiene i Kvernavatn.

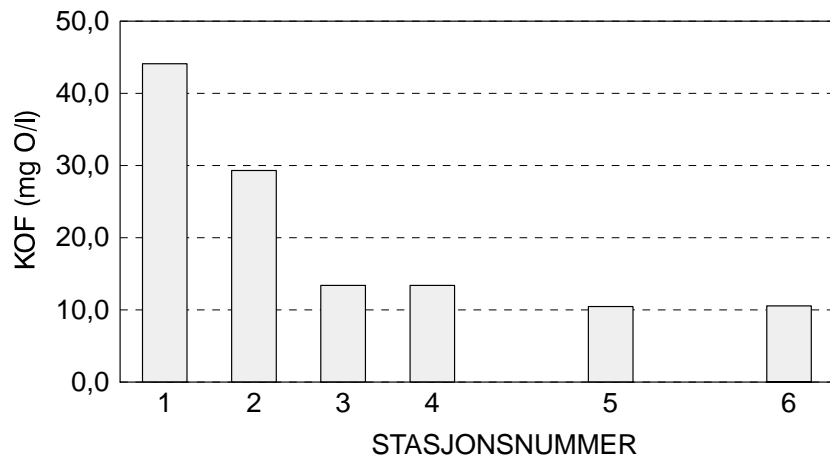
FIGUR 9: Turbiditet i vannprøver fra de seks prøvetakingsstedene. Stedene nummerert fra 1 - 4 er i den påvirkede bekken, nummer 5 er i en annen myrpåvirket bekk, mens nummer 6 er på to meters dyp i Kvernavatn (se forøvrig figur 1). Prøvene 1 og 2 ble tatt 23.september, mens 3-6 ble tatt 18.september.



Vannprøvene fra den øverste delen av den påvirkede bekken hadde meget høye verdier av kjemisk oksygenforbruk (figur 10). Dette viser at vannet inneholder store mengder stoff som kan forbruke oksygen,- i dette tilfellet både organisk materiale i form av humus og to-verdig jern som kan oksyderes til tre-verdig jern (se ligning 1). De øvrige vannprøvene hadde også høye verdier, men disse avviker ikke så mye fra det som er vanlig i myrpåvirkede og humøse systemer.



FIGUR 10: Kjemisk oksygenforbruk i vannprøver fra de seks prøvetakingsstedene. Stedene nummerert fra 1 - 4 er i den påvirkede bekken, nummer 5 er i en annen myrpåvirket bekk, mens nummer 6 er på to meters dyp i Kvernavatn (se forøvrig figur 1). Prøvene 1 og 2 ble tatt 23.september, mens 3-6 ble tatt 18.september.



Denne store tilførselen av materiale og oksygenforbrukende to-verdig jern har medført et markert oksygenvinn i de øvre vannmasser i Kvernavatn (tabell 8). Temperatursprangskiktet lå på rundt ti meters dyp, og over dette var det en oksygenmetning på ned mot 70%. Dette er ikke vanlig å finne på denne tiden av høsten, fordi de øvre vannmassene da vanligvis er utsatt for vær og vind og dermed blir "luftet" regelmessig.

Det observerte oksygenvinnet under temperatursprangskiktet i Kvernavatn (tabell 8) er derimot normalt i en næringsrik innsjø med god tilgang på organisk materiale. Dette er også vanlig i Kvernavatn, der en i september observerer et gradvis og jevnt oksygenvinn fra temperatursprangskiktet og nedover til oksygenkonsentrasjonen blir null omkring 20 meters dyp. Kvernsnolt as har målt oksygenprofiler hver høst siden forskningsprosjektene sluttet i 1985, fordi dette er styringsverktøyet for den omtalte bunnvannsuttappingen.

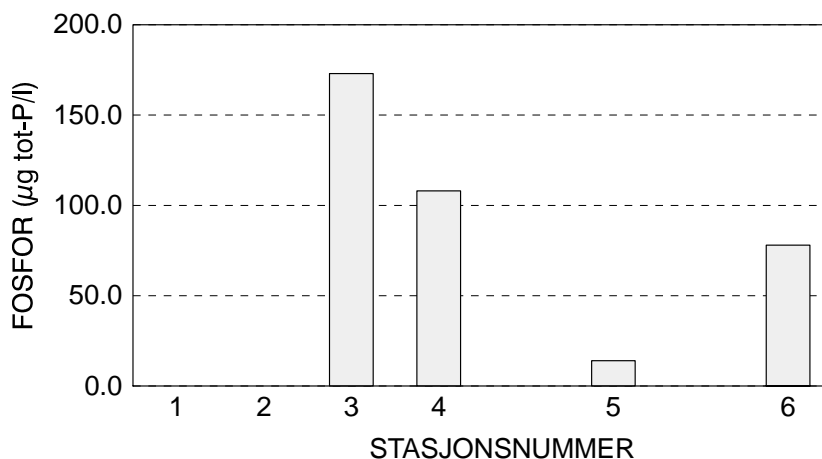
NÆRINGSRIKHET

Den påvirkede bekken har også tilført Kvernavatn store mengder næringsstoffer (figur 11), med målte konsentrasjoner av total-fosfor på hele 173 $\mu\text{g/l}$ oppe i bekken og vel 100 $\mu\text{g/l}$ ved innløpet til Kvernavatn. Dette er meget høye konsentrasjoner, selv om en må anta at mye av fosforet er bundet både i ikke-organisk form og som jern-fosfat,- og derfor ikke umiddelbart tilgjengelig for biologisk produksjon. Den andre tilførselsbekken hadde en mer normal konsentrasjon på 14 $\mu\text{g/l}$, mens det i Kvernavatn er vanlig med noe høyere konsentrasjoner grunnet tilførsler fra oppdrettsanlegget.

Det må også antas at veiarbeidet har medført tilførsel av store mengder av næringsstoffet silisium til Kvernavatn, fordi det ved befaringen 18.september ble observert meget store mengder av kiselalgen *Stephanodiscus astraea* (14 238 000 celler/liter) i Kvernavatn (tabell 9). Dette er små, hurtigvoksende alger som trenger silisium til å bygge seg skall, og det er høyst uvanlig at de opptrer i store mengder på høsten. Vanligvis dominerer disse algene våroppblomstringen i innsjøene når tilgangen på silisium er god, men avtar utover på forsommeren ettersom silisiumkonsentrasjonen reduseres pga. høy algebiomasse. Dette har også vært tilfellet i Kvernavatn (Andersen 1986). Store konsentrasjoner av kiselalger har også vist seg å kunne gi skader på fisk ved at de irriterer gjellene og lager sår (Tangen 1992).



FIGUR 11: Konsentrasjon av total-fosfor på de seks prøvetakingsstedene. Stedene nummerert fra 1 - 4 er i den påvirkede bekken, nummer 5 er i en annen myrpåvirket bekk, mens nummer 6 er på to meters dyp i Kvernavatn (se forøvrig figur 1). Prøvene 1 og 2 ble tatt 23. september, mens 3-6 ble tatt 18. september.



TABELL 5: Vannkjemiske analyseresultat fra prøver tatt 18. september i to av innløpsbakkene til Kvernavatn. Stasjonsnummereringen henviser til figur 1. Kvernsmolt hadde to dager tidligere lagt ut et lass med skjellsand oppe i hovedtilførselsbekken, slik at prøvestasjon 3 er oppstrøms dette. Prøvene er analysert av Chemlab Services, as.

PARAMETER	ENHET	STASJON 3 før skjellsand	STASJON 4 ved innløp	STASJON 5 ved innløp
Farge	mg Pt/l	150	150	80
Klorid	mg/l	14,00	12,96	11,37
Nitrat-N	µg/l	640	470	<25
Total fosfor	µg/l	173	108	14
Sulfat	mg/l	7,30	6,71	4,26
Natrium	mg/l	9,77	9,47	7,55
Kalium	mg/l	2,21	1,86	0,49
Kalsium	mg/l	4,03	5,36	0,80
Magnesium	mg/l	1,15	1,15	0,77
Jern	mg/l	0,65	0,57	0,45
Kobber	mg/l	0,01	0,02	<0,01
Sink	mg/l	0,02	0,01	<0,01
Total aluminium	µg/l	292	310	172
Turbiditet	FTU	1,8	1,5	0,43
Kjemisk oksygenforbruk	mg O/l	52,8	53,1	41,4
Surhet	pH	6,13	6,77	4,75



TABELL 6: Vannkjemiske analyseresultat fra prøver tatt 23.september øverst i den største tilførselsbekken til Kvernavatn,- i selve veiarbeidsområdet. Stasjonsnummereringene henviser til figur 1. Prøvene er analysert av Hordaland Fylkeslaboratorium.

PARAMETER	ENHET	STASJON 1	STASJON 2
Illabil aluminium	µg/l	125	95
Reaktiv aluminium	µg/l	180	130
Labil aluminium	µg/l	55	35
Total aluminium	µg/l	270	220
Jern	mg/l	1,54	0,98
Farge	mg Pt/l	375	240
Turbiditet	FTU	4,9	2,7
Ledningsevne	mS/m	13,5	9,74
Kjemisk oksygenforbruk	mg O/l	44,1	29,3
Surhet	pH	6,62	6,19

TABELL 7: Vannkjemiske analyseresultat fra prøver tatt 18.september på tre forskjellige dyp i Kvernavatn. Stasjonsnummereringen henviser til figur 1. Prøvene er analysert av Chemlab Services. as.

PARAMETER	ENHET	STASJON 6 (figur 1)		
		1 meter	12 meter	22 meter
Farge	mg Pt/l	70	65	65
Klorid	mg/l	15,64	16,27	17,93
Nitrat-N	µg/l	530	750	100
Total fosfor	µg/l	78	95	200
Sulfat	mg/l	7,27	4,98	4,68
Natrium	mg/l	10,39	9,07	10,48
Kalium	mg/l	2,31	1,69	1,76
Kalsium	mg/l	3,84	2,76	3,27
Magnesium	mg/l	1,66	1,40	1,64
Jern	mg/l	0,17	0,14	0,70
Kobber	mg/l	0,03	0,02	0,01
Sink	mg/l	0,02	0,02	0,01
Total aluminium	µg/l	173	176	171
Turbiditet	FTU	1,3	0,83	1,6
Kjemisk oksygenforbruk	mg O/l	41,7	33,2	34,8
Surhet	pH	6,93	6,06	6,15



TABELL 8: Temperatur og oksygenmålinger foretatt ved det dypeste punktet i Kvernavatn 18.september 1992. (stasjon 6 i figur 1)

DYP meter	TEMPERATUR °C	OKSYGEN mg O ₂ /l	OKSYGENMETNING %
0	12,6	10,2	97
1	12,5	10,0	95
2	12,5	9,5	91
3	12,5	9,4	89
4	12,4	9,2	88
5	12,4	8,7	83
6	12,3	8,2	77
7	12,3	8,1	76
8	12,1	7,7	72
9	11,8	7,0	65
10	10,4	4,1	37
11	9,0	4,3	39
12	8,0	4,3	38
13	7,6	4,4	37
14	7,1	4,4	38
15	6,9	4,2	35
16	6,5	3,9	32
17	6,4	3,3	27
18	6,2	1,7	14
19	6,2	0,5	4
20	6,0	0	0



TABELL 9: Algeprøve fra Kvernvatn 18.september. Prøven representerer en blandeprøve fra de fire øverste metrene i innsjøen ved det dypeste punktet. Algetall er oppgitt i celler pr. liter og cellevolum i mg/l. Antallet for den ene blågrønnalgen er angitt som antall kolonier. Prøven er analysert av Nils Bernt Andersen.

ALGETYPE	18.september 1991	
	antall	volum/l
KISELALGER (Bacillariophyceae)		
<u>Melosira</u> sp.	21.000	0,025
<u>Stephanodiscus</u> <u>astrea</u>	14.238.000	21,137
GRØNNALGER (Chlorophyceae)		
<u>Ankistrodesmus</u> <u>falcatus</u>	119.000	0,001
<u>Closterium</u> <u>acutum</u>	42.000	0,042
<u>Coelastrum</u> sp.	11.200	0,0004
<u>Eudorina</u> sp.	12.800	0,001
<u>Pandorina</u> sp.	11.200	0,011
<u>Scenedesmus</u> <u>acuminatus</u>	56.000	0,003
<u>S. acutus</u>	14.000	0,0002
<u>S.</u> sp.	21.000	0,001
<u>Selenastrum</u> sp.	28.000	0,002
KRYPTOALGER (Chryptophyceae)		
<u>Rhodomonas</u> sp.	1.260.000	0,042
<u>Chryptomonas</u> sp.	35.000	0,004
GULLALGER (Chrysophyceae)		
<u>Mallomonas</u> sp.	28.000	0,001
<u>Salpingoeca</u> <u>frequentissima</u>	14.000	0,001
BLÅGRØNNALGER (Cyanophyceae)		
<u>Anabaena</u> sp.	266.000	0,023
<u>Lyngbya</u> <u>limnetica</u>	14.000 kol	0,022
<u>Merismopedia</u> sp.	126.000	0,001
FLAGELLATER OG MONADER		
Flagellater >5 µm	696.000	0,035
Flagellater < 5 µm	990.000	0,030
Monader < 5µm	2.225.000	0,033
SAMLET		
TOTALT	20.228.000	21,42



HENVISNINGER

ANDERSEN, S. 1986.

Uorganiske næringsstoffer og fytoplankton i Kvernavatn.

Side 39-56 i: Andersen, S., J.C.Holm, P.J.Jakobsen & G.H.Johnsen (red.): Årsrapport 1985 for prosjektet "Økologiske forutsetninger for oppdrett av laksesmolt i innsjøer, Prosjektrapport 3/86, Zoologisk Museum, Universitetet i Bergen.

ROSSELAND, B.O., P.JACOBSEN & M.GRANDE 1992

Miljørelaterte tilstander.

Side 279-287 i: T.T.Poppe (red.): Fiskehelse, Sykdommer, Behandling, forebygging.

John Grieg Forlag, 422 sider

TANGEN, K. 1992

Skadelige planktonalger og maneter.

Side 288-293 i: T.T.Poppe (red.): Fiskehelse, Sykdommer, Behandling, forebygging.

John Grieg Forlag, 422 sider