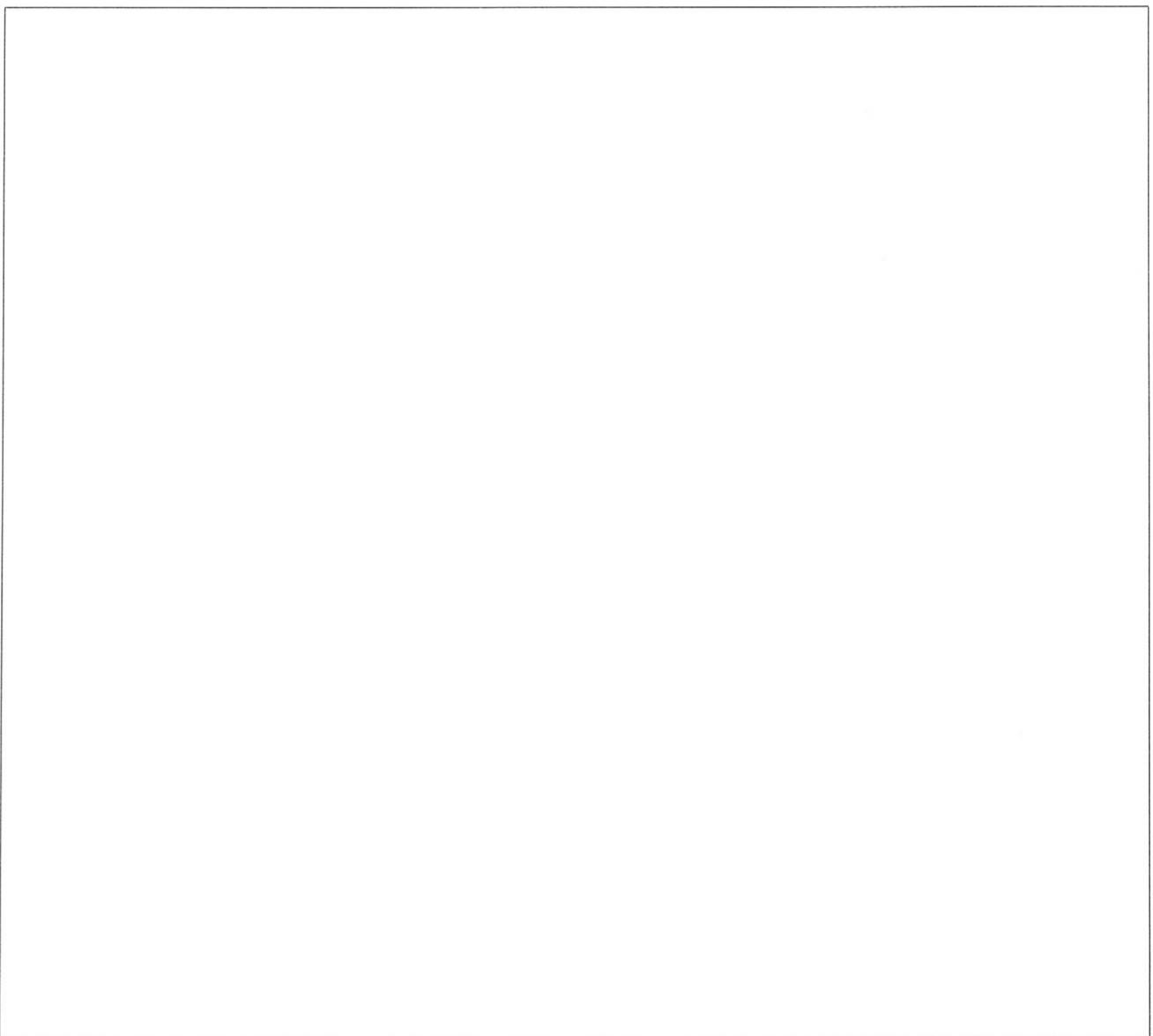




RAPPORT LNR 5360-2007

VK-undersøkelsen 2006

Troms Stamfiskstasjon



Norsk institutt for vannforskning

RAPPORT

Hovedkontor
Gaustadåle 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen
Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen
Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen
Postboks 2026
5817 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Midt-Norge
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 73 54 63 85
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel VK-undersøkelsen 2006: Troms Stamfiskstasjon	Løpenr. (for bestilling) 5360-2007	Dato 05.03.07
Forfatter(e) Åtland, Åse Rosten, Trond Dale, Trine Bæverfjord, Grete (Akvaforsk Sunndalsøra) Teien, Hans Christian (UMB) Hjelde, Kirsti (Akvaforsk Sunndalsøra) Rosseland, Bjørn Olav Salbu, Britt (UMB)	Prosjektnr. Underrnr. 26183 07	Sider Pris 16
Fagområde Akvakultur	Distribusjon A=tot. sperret	
Geografisk område Troms	Trykket NIVA	

Oppdragsgiver(e) Troms Stamfiskstasjon v/Tage Rochman	Oppdragsreferanse
--	-------------------

Sammendrag Rapporten oppsummerer data fra Troms Stamfiskstasjon sin deltagelse i VK 2006

Fire norske emneord 1. Akvakultur 2. Vannkvalitet 3. Laks (<i>Salmo salar</i>) 4. Overvåking	Fire engelske emneord 1. Aquaculture 2. Water quality 3. Atlantic salmon (<i>Salmo salar</i>) 4. Monitoring
--	---

Åse Åtland

Åse Åtland

Prosjektleder

Trond Rosten

Forskningsleder

ISBN 978-82-577-5095-4

Jarle Nygård

Fag- og markedsdirektør

VK-undersøkelsen 2006:
Troms Stamfiskstasjon

Forord

Vedlagt følger oppsummeringen av resultatene fra VK 2006 for Troms Stmfiskstasjon. Vi takker for oppdraget, og håper rapporten vil være til nytte i det videre arbeidet med å optimalisere driften ved anlegget.

Bergen/Trondheim, 05.03. 2007

Åse Åtland

Trond Rosten

Innhold

1. Bakgrunn og metoder	5
2. Status - vannkvalitet	5
2.1 Råvann og driftsvann	5
2.2 Driftsvann	6
2.3 Vannkjemi og driftsintensitet i yngel og smoltkarene	6
3. Status - Fisk	9
3.1 Gjellemetaller	9
3.2 Skjelettdeformiteter og ytre skader	9
3.3 Prestasjon i sjø	12
4. Klassifisering og anbefalinger	13
5. Vedlegg A – Rådata	14
6. Litteraturreferanser	15

1. Bakgrunn og metoder

Denne rapporten viser vannkvaliteten ved de planlagte tre prøverundene, nivåer av biotilgjengelige metaller målt med DGT teknologi, nivåer av metaller på gjeller av fisk fra to kar ved smoltutsett samt resultatene av prøvetakingen av yngel med tanke på skjelettdeformiteter og ytre skader.

I vannkvalitetsundersøkelsene i 1999-2003 definerte vi vannkvaliteten i både råvann, driftsvann og karvann i tre ulike kategorier; A, B og C, etter følgende kriterier:

- A: God vannkvalitet uten noen enkeltparametre som peker seg ut i negativ retning*
- B: Middels god vannkvalitet, der enkelte parametre ligger i områder som tyder på marginale forhold.*
- C: Dårlig vannkvalitet. Tyder klart på behov for vannbehandling.*

Det er fare eller usikkerhet forbundet med bruk av sjøvannstilsetning utover 3% innblanding eller 1‰ salinitet både for kategori B og C.

På enkelte av samlefigurene er det skjønnsmessig antydet hvilke grenser de respektive klassene tilsvarer i kjemiske analyseverdier. Vi gjør oppmerksom på at en ”grenseoverskridelse” på én parameter kan kompenseres for av andre parametre som virker i gunstig retning.

2. Status - vannkvalitet

2.1 Råvann og driftsvann

Råvannet har en høy pH, ledningsevne og middels høyt kalsiuminnhold (**Tabell 3**). Bufferevnheten (alkaliteten) var i overkant av gjennomsnittet for VK-anleggene for perioden 1999-2003. Vannets syrenøytraliserende kapasitet (ANC) var relativt høy, og i et område ansett som egnet for laks (>35 µekv/L, Kroglund m.fl. 2002).

Perioder med redusert pH og økte metallkonsentrasjoner kan i noen tilfeller ha sammenheng med såkalte sjøsaltepisoder hvor natrium fra sjøsalter kommer inn over land, og ”byttes ut” med H⁺ og aluminium i jordsmonnet (se bl.a. Barlaup og Åtland 1996). Sjøsaltepisoder vil en kunne spore ved å beregne ikke-marint natrium, og negative verdier indikerer at Na holdes tilbake i nedbørfeltet. Beregningene av sjøsaltkorrigert natrium for Troms Stamfiskstasjon viser ingen tegn på slike episoder i råvannsprøvene.

Konsentrasjonen av total-aluminium (Al) var omrent som gjennomsnittet for norske settefiskanlegg. Konsentrasjonen av uorganisk (labilt) Al varierte på henholdsvis 0 og 2 µg/L. Vi har tidligere satt ca. 15-20 µg/L Al/L som normal grenseverdi for skader på laksesmolt i ferskvann, og høyere verdier for yngel (se Rosseland 1999). Nyere forskning har imidlertid vist at selv verdier ned mot og under 10 µg labilt Al/L i pH området < 6,2 i ferskvannsfasen rett før sjøutvandring kan forstyrre laksens fysiologi og redusere marin overlevelse (Kroglund og Finstad 2003, Kroglund *et al.* 2007, Stefansson *et al.* 2006). Den uorganiske Al-fraksjonen var derfor innenfor det som er akseptabelt for laksesmolt.

Både den organiske Al (ILAl) og kolloidale Al (Tot Al-RAL) kan mobiliseres til gjelle reaktivt Al ved bruk av sjøvann utover 1‰ eller ved et kraftig pH fall i fiskekar pga høy CO₂ (høy fisketetthet). Dersom de totale aluminiumkonsentrasjonene som er målt ved anlegget er representative for råvannskvaliteten, er risikoen for slike problemer relativt lav.

Humusinnholdet (TOC) i råvannet var omrent som gjennomsnittet for VK-databasen. Innholdet av jern (Fe) var var forhøyet under flomepisoden. Vi stusser imidlertid noe på merkingen av prøvene ettersom ordinært råvann og råvann flom ser ut til å være tatt på samme dato. Det er en klar sammenheng mellom mengden jern i vannet og vannets innhold av humus, målt som total organisk karbon (TOC) (Rosseland m.fl. 2002). Jernet som gir problem for fiskegjellen er primært toverdig jern som stammer fra oksygenfattig (anoksisk) myrvann, og som i kontakt med oksygen fra elve/innsjøvann og lufting/oksygenering i settefiskanlegg, felles ut som treverdig jern eller øker. Konsentrasjonen av toverdig jern (Fe^{2+}), som ble målt ved hovedprøvetakingen den 9. mai, lå mellom 66-98 $\mu\text{g/L}$ hvorav 46-55 $\mu\text{g/L}$ forelå som toverdig jern. Dette er en noe høy verdi for toverdig jern.

Forholdet mellom total-jern og organisk karbon (TOC) kan gi et bedre bilde på jernets giftighet for fisk. Ved lave TOC-konsentrasjoner vil jernet i større grad foreligge på uorganisk form, og trolig være mer reaktivt i forhold til fiskegjellene. Tidligere trodde man at jern først ble et problem ved verdier over 500 $\mu\text{gFe/L}$ (Rosseland 1999). På bakgrunn av Vannkvalitetsundersøkelsene (VK) i norske settefiskanlegg i perioden 1999-2002 har en sett at problemer kan oppstå selv ved lavere konsentrasjoner av totaljern enn før antatt når forholdet mellom total jernkonsentrasjon og totalt organisk karbon (Fe/TOC) blir større enn 40 (Rosseland m.fl. 2002). Det er også vist i finske studier at økt gjelle-jern og gjelle-aluminium sammen fører til økt ionetap og stress hos harr (Peuranen *et al.* 2000). Anlegg som ligger med en total-jern på mellom 100-200 $\mu\text{gFe/L}$ bør derfor følge særlig med i flomsituasjoner. Verdien på flomprøven kommer opp mot dette.

Turbiditeten er et mål på vannets innhold av partikler. Råvannet til Troms Stamfiskstasjon hadde lav turbiditet i april, og dermed liten fare for partikelrelaterte problemer på fisken på grunn av råvannet.

2.2 Driftsvann

Driftsvannet hadde en vannkvalitet som var omrent identisk med råvannsprøven. I det innsendte skjemaet er det ikke gitt opplysninger om anleggets vannbehandling.

2.3 Vannkjemi og driftsintensitet i yngel og smoltkarene

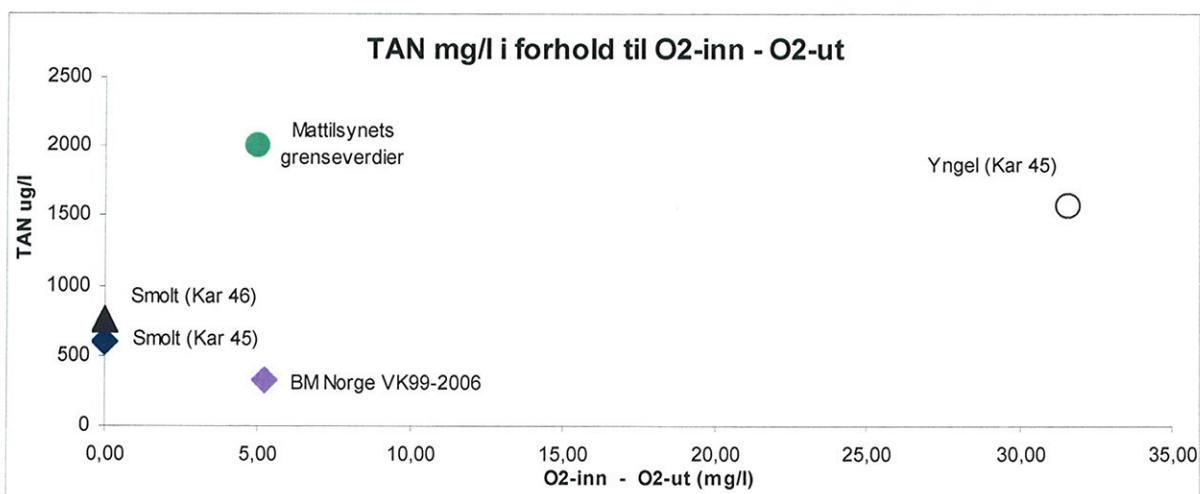
På hvert anlegg ble det i perioden før smoltutsett hengt ut en passiv prøvetaker i et kar for måling av biotilgjengelige metaller, en såkalt DGT ("Diffusive Gradient Thin-films"). Disse har vist seg å etterligne en fiskegjelle mht. metalloptak (Røyset m.fl. 2005). Resultatene i **Tabell 1** viser konsentrasjonen av biotilgjengelige metaller fra de deltakende anleggene i VK 2006. Troms Stamfiskstasjon, som hadde DGT-prøvetakeren liggende ute i perioden 9. til 25. mai 2006 viste gjennomgående lave verdier av frie metallioner.

Tabell 1. Nivåer av biotilgjengelige metaller målt med DGT teknologi ($\mu\text{g/L}$). Troms Stamfiskstasjon er anlegg nr 7.

	Aluminium	Jern	Mangan	Kobber	Sink	Bly
1	9,4	3	1,9	0,19	5,2	0,027
2	8,9	26	3,5	2,3	8,5	0,084
3	1,6	<1	0,5	0,79	1,3	0,014
5	6,4	2,1	3,3	0,32	3	0,022
6	9,9	2,7	0,8	0,33	2,6	0,041
7	7,4	3,7	1,0	0,18	1,2	0,011
8	19	2,1	0,6	0,26	1,1	0,014
9	3,4	2	0,8	0,94	3,3	0,018
10	12	3,1	0,9	0,10	6,0	0,050
11	5	3,9	0,4	0,13	0,7	0,005

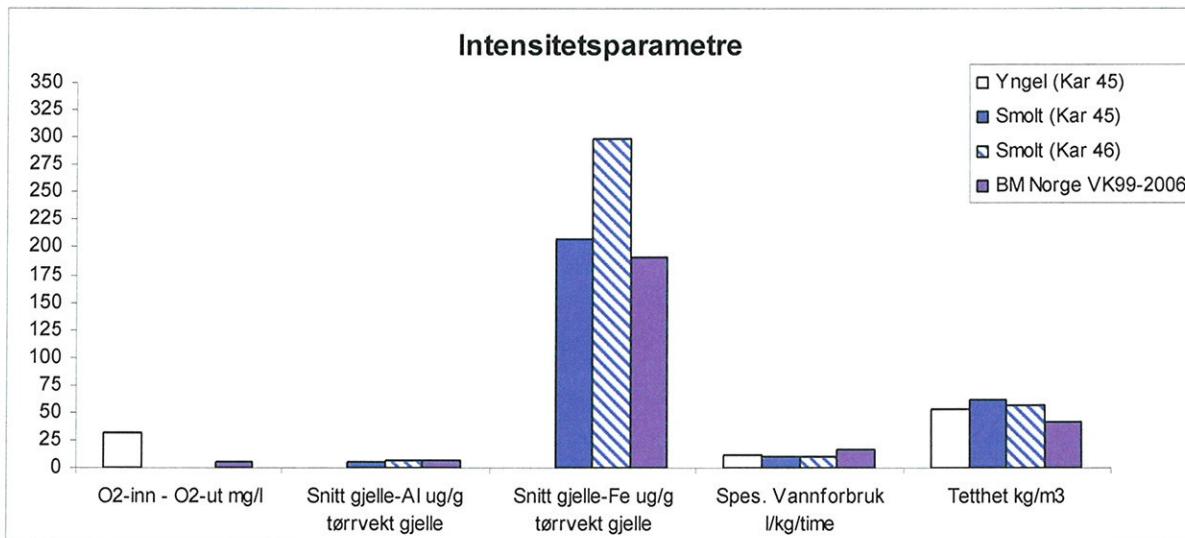
Karvannet i de to smoltkarene hadde ikke redusert pH sammenlignet med driftsvannet på grunn av fiskens produksjon av CO_2 . Det var imidlertid observert en viss økning i ledningsevnen. Vann- og gassanalyser viste omtrent lik driftsintensitet i de to smoltkarene 45 og 46 samt i yngelkaret 45 (Tabell 3). Total ammonium nitrogen (TAN) var på henholdsvis 600 og 760 $\mu\text{g NH}_4\text{-N/L}$ i smoltkarene 45. I yngelkaret ble det målt en TAN på $<2 \mu\text{g NH}_4\text{-N/L}$. Dette stemmer dårlig med en total nitrogen konsentrasjon på 3040 $\mu\text{g/L}$. Verdiene for samtlige kar gir en beregnet ammoniakk-konsentrasjon på under den anbefalte grensen på 2 $\mu\text{g NH}_3/\text{L}$ for begge karene (Rosseland 1999). CO_2 -verdiene er høye i de tre karene, og over den anbefalte øvre grensen på 10 mg CO_2/L (Rosseland 1999).

Figur 1 viser hvordan driftsintensiteten uttrykt i forholdet mellom oksygendropp og TAN nivå i kar plasserer seg i forhold til benchmark Norge (VK 99-06= BMN06), samt Mattilsynets veilegende grenseverdier for settefiskanlegg i merknader til driftsforskriften. Yngelkaret ligger betydelig over benchmark når det gjelder oksygendropp. Data for oksygendropp foreligger ikke for smoltkarene. Alle karene har høyere TAN enn benchmark BMN06, men alle tre ligger innenfor Mattilsynets grenseverdi for TAN.



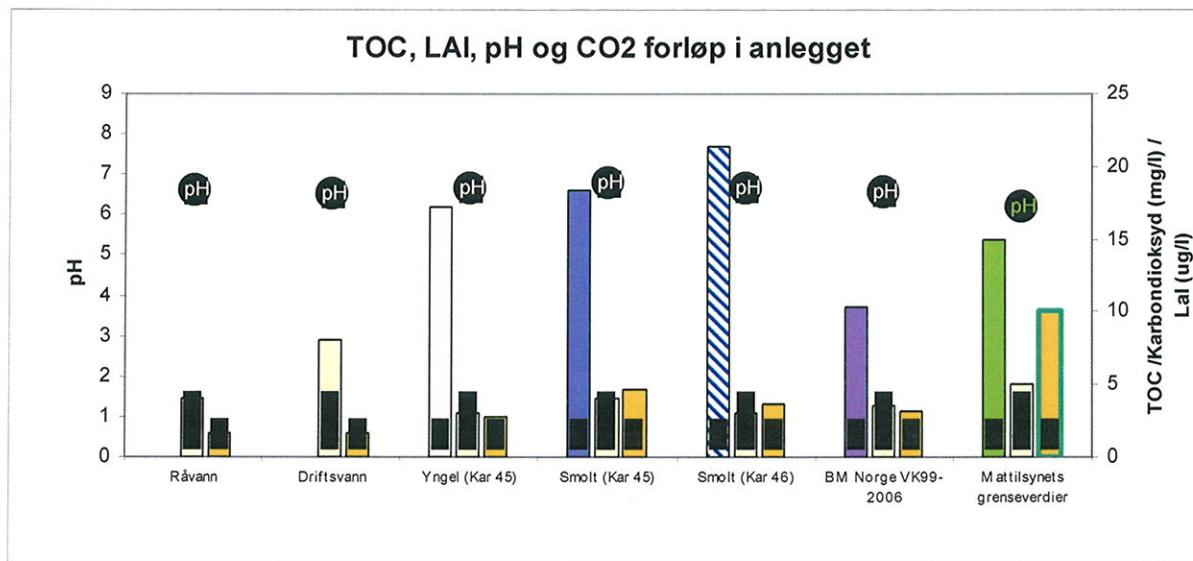
Figur 1. TAN (mg/l) i forhold til oksygendropp gjennom oppdrettskar

Figur 2 viser et utvalg av intensitetsparametre (oksygendropp, gjellemaller (Al og Fe), spesifikt vannforbruk, fisketethet) for de tre karene. Nivå av Al på gjellene til fisken i smoltkarene er omtrent som benchmark BMN06. Nivå av Fe på gjellene ligger noe høyere enn benchmark, spesielt for smoltkar 46. Det spesifikke vannforbruket ligger under benchmark for alle de tre karene, mens fisketetheten er noe høyere enn benchmark i de samme tre karene.



Figur 2. Intensitetsparametere på karnivå sammenlignet med BMN01

Figur 3 beskriver TOC, LAI, pH og CO₂ nivå i råvann og driftsvann i de tre oppdrettsskarene. Vi ser at karbondioksyd-nivået i karene ligger høyere enn både BMN06 og Mattilsynets grenseverdi. pH i karene ligger høyere enn benchmark BMN06 og høyere enn laveste krav fra Mattilsynet. Labilt aluminium er lavere enn BMN06 i ynglekartet og i smoltkar 46, mens det er noe høyere enn benchmark i smoltkar 45 og driftsvann. TOC er noe høyere enn BMN06 i begge smoltkarene, mens TOC er litt lavere enn benchmark i yngelkaret. Alle karene ligger imidlertid godt under Mattilsynets veiledende grenseverdi for TOC.



Figur 3. TOC, LAI, pH og CO₂ i råvann, driftsvann, yngelkar og smoltkar sammenliknet med BMN06.

3. Status - Fisk

3.1 Gjellemetaller

Resultatene av gjelleprøvene er presentert i **Tabell 2**. Konsentrasjonene av aluminium i gjeller er lave, og tilsvarende normale bakgrunnsverdier. Konsentrasjonen av jern i gjeller er gjennomsnittlig tilsvarende normale bakgrunnsverdier, men er i enkeltfisk svakt forhøyet i forhold til bakgrunnsnivåene.

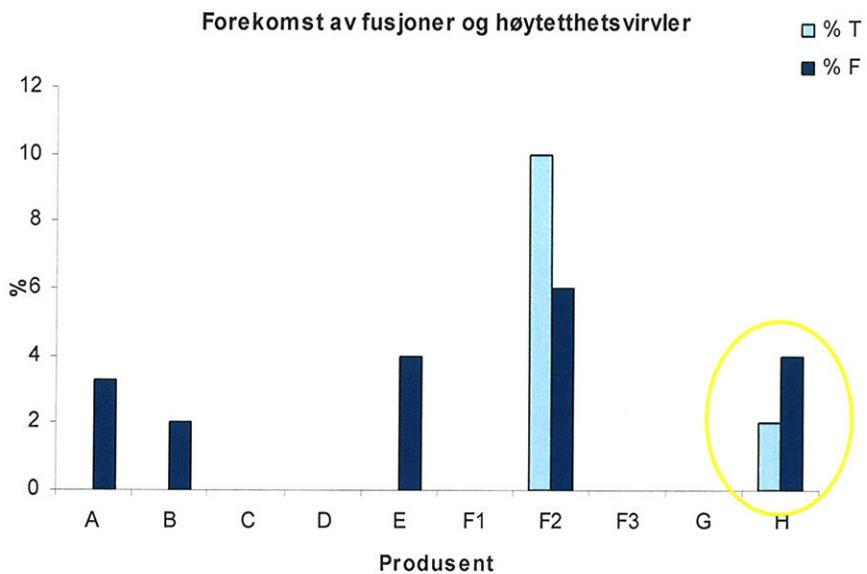
Prøvenr.	Dato	Kar	Vannkvalitet	Lengde	Vekt g	Gjelle-Vekt	Al	Fe	Snitt, Al	Snitt, Fe
AH631	09.05.2006	45	Ferskvann u/behandling (kun buffring+O ₂)	20,5	94,5	0,052	5	176		
AH632	09.05.2006	45	Ferskvann u/behandling (kun buffring+O ₂)	23,5	195,7	0,074	3	213		
AH633	09.05.2006	45	Ferskvann u/behandling (kun buffring+O ₂)	22,5	131	0,064	4	196		
AH634	09.05.2006	45	Ferskvann u/behandling (kun buffring+O ₂)	20,5	96,5	0,059	7	241		
AH635	09.05.2006	45	Ferskvann u/behandling (kun buffring+O ₂)	21	106,5	0,055	4	225	5 ± 2	207 ± 28
AH636	09.05.2006	46	Ferskvann u/behandling (kun buffring+O ₂)	21	94	0,052	6	275		
AH637	09.05.2006	46	Ferskvann u/behandling (kun buffring+O ₂)	19,5	83	0,042	5	224		
AH638	09.05.2006	46	Ferskvann u/behandling (kun buffring+O ₂)	20,5	103	0,054	5	246		
AH639	09.05.2006	46	Ferskvann u/behandling (kun buffring+O ₂)	20	79,7	0,04	7	448		
AH640	09.05.2006	46	Ferskvann u/behandling (kun buffring+O ₂)	18	59,7	0,033	7	246	6 ± 1	298 ± 102
1	20.10.2006	40	Etter flomperiode	16,7	48,4	0,027	< 5	177		
2	20.10.2006	40	Etter flomperiode	14,7	40,1	0,016	< 5	186		
3	20.10.2006	40	Etter flomperiode	15,8	45,8	0,025	< 5	242		
4	20.10.2006	40	Etter flomperiode	15,8	44,3	0,02	< 5	236		
5	20.10.2006	40	Etter flomperiode	15,3	47,2	0,023	< 5	117	-	210 ± 34

Tabell 2. Konsentrasjon av aluminium (Al) og jern (Fe) i gjeller. Enheten er i µg metall pr. g gjelle tørrvekt.

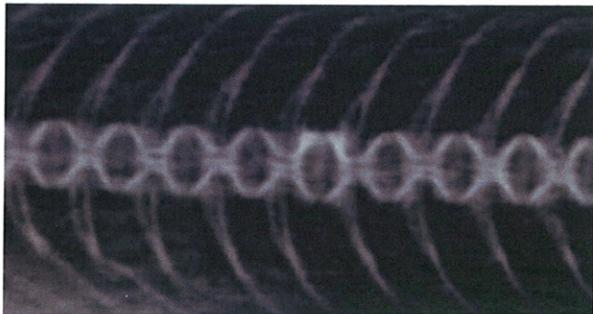
3.2 Skjelettdeformiteter og ytre skader

Troms Stafiskstasjon AS sendte inn 50 fisk til røntgenundersøkelse. De var i gjennomsnitt 14,2 gram og 10,4 cm.

I forhold til de andre innsendte gruppene ligger Troms Stamfiskstasjon AS så vidt over gjennomsnittet hva angår sammensmeltinger. Det var to fisker som hadde fusjonsforandringer og én som hadde høytetthetsvirvler. Begge de to som hadde fusjonsforandringer hadde bare to affiserte virvler, og det var virvler som var i ferd med å smelte sammen, ikke ferdige fusjoner.

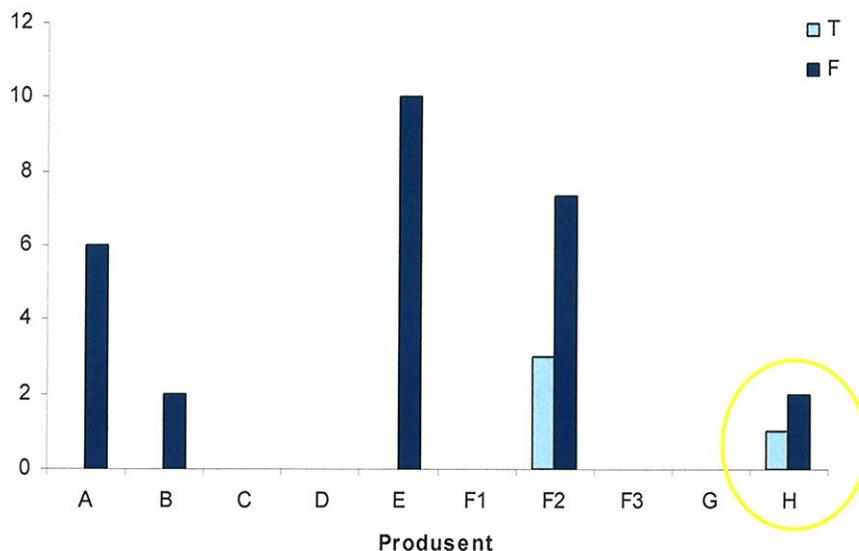


Figur 4.: Plassering av Troms Stamfiskstasjon AS i forhold til andre innsendte grupper.



Figur 5. To forandrede virvler i ryggen på en fisk fra Troms stamfiskstasjon.

Gjennomsnittlig antall affiserte vertebra per affisert fisk



Figur 6. Plassering av Troms Stamfiskstasjon AS i forhold til andre grupper i undersøkelsen, med hensyn på alvorlighetsgrad av forandringene. En gjennomsnitsverdi på 2 forandrede virvler per affisert fisk er en lav verdi.

Et nytt element fra og med VK 2004 var vurderingen av yngel for skjelettdeformiteter og ytre skader. For vurdering av disse skadene benyttes følgende skalaer:

Skala for bedømmelse av finne- og gjelleokkslitasje

Finneslitasje

INDEX	svært mye slitasje	noe slitasje (ikke alle f.)	usikker/slitt men leget	Ok
POENG	1	2	3	4

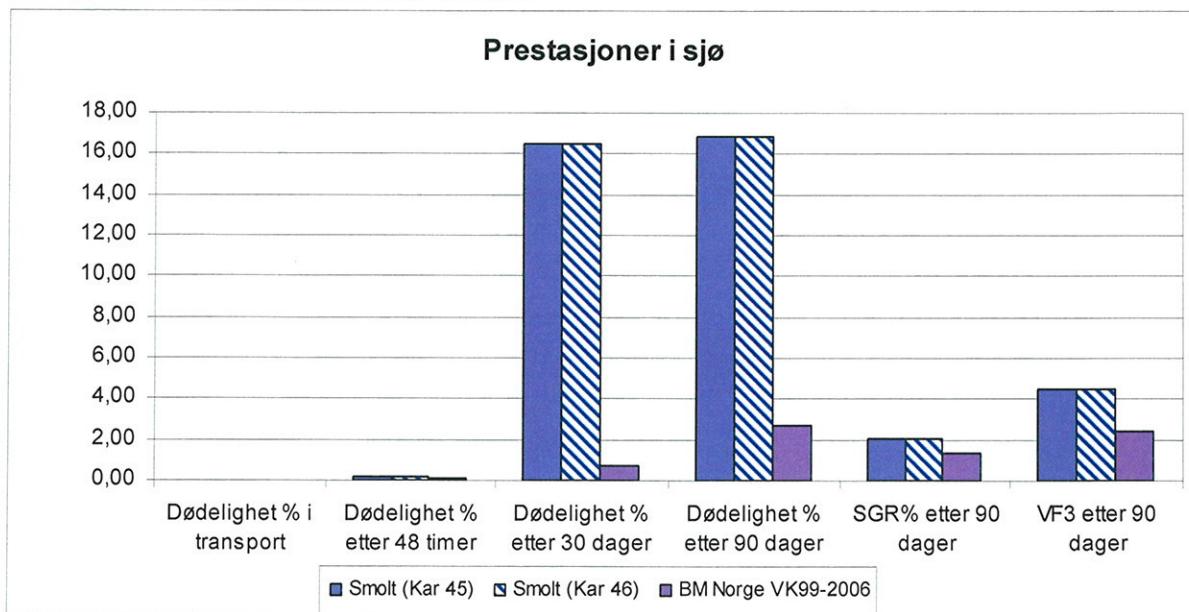
Gjelleokkslitasje

INDEX	meget slitt (begge lokk)	noe slitt (ett lokk)	Usikker	Ok
POENG	1	2	3	4

Fisken fra Troms Stamfiskstasjon har noe finneslitasje. Gjennomsnitsverdien i gruppen ligger på 3,3, mens den i alle registreringene er på 3,5. Også på gjelleokkslitasje ligger denne fisken svakt over gjennomsnittet med et snitt på 3,6 i fisken fra Troms, mot 3,7 i resten av den registrerte fisken.

3.3 Prestasjon i sjø

Anlegget er bedt om å rapportere prestasjoner i sjø på eget VK-skjema. **Figur 7** viser prestasjon i sjø i forhold til BMN06. Både etter 30 og etter 90 dager er dødeligheten høyere enn benchmark BMN06. Tilveksten er imidlertid høyere enn benchmark for begge smoltkarene. Vi ser tendensen til at dødeligheten er større allerrede etter 48 timer.



Figur 7. Prestasjon i sjø illustrert ved utvalg av data på dødelighet og tilvekst.

4. Klassifisering og anbefalinger

Anlegget har vannkvalitetsmessige og biologisk forhold som gir følgende klassifisering:

	Råvann	Drifts-vann	Smoltkar 45	Smoltkar 46	Karvann yngel	Metaller på gjeller
A (god)		X				X
B (middels)	X					(X)
C (dårlig)			X	X	X	

Troms Stamfiskstasjon hadde en vannkvalitet med middels høy pH og relativt god bufferkapsitet.

Klassifiseringen på karvann trekkes ned på grunn av høy CO₂ i alle tre kar og høy TAN i yngelkaret (beregnet). Enkelte fisk hadde forhøyede gjelleverdier av jern. En forholdsvis høy andel av toverdig jern i råvannet trekker også noe ned på klassifiseringen. Dette bør følges opp med flere analyser av vann og gjeller.

5. Vedlegg A – Rådata

Tabell 3. Vannkjemiske parametre ved 7) Troms Stamfiskstasjon. Beregnede parametre er markert med*.

Prøvenr Analysevariabel	Enhet	Råvann ubehandlet 9.05	Råvann flom 9.05 (?)	Drifts vann 9.05	Kar 45 9.05	Kar 46 9.05	Yngeltank 45 20.06
pH		6,62	6,50	6,52	6,78	6,67	6,96
Ledningsevne	µS/cm	28,1	28,0	28,0	61,1	49,9	51,3
Alkalitet	µmol/l	74	70	68	292	199	324
Korr. Alk*	µekv/l	43	39	37			
Turbiditet	FNU	0,44	0,71		2,36	1,45	0,6
Nitrogen, total	µg/l N	45	45		2815	2550	3040
Nitrat	µg/l N	3	2		1200	<10	3
Ammonium	µg/l			2	600	760	<2
Ammoniakk*	µg/l			0	0,39	0,38	
TOC	mg C/L	1,6	1,6	1,6	4,7	3,6	2,8
Klorid	mg/l	5,51	5,48	5,53	6,62	6,62	6,26
Sulfat	mg/l	1,49	1,48	1,49			
Tot. Al (Al-ICP)	µg/l	46	50	47	48	46	36
Reaktivt Al (RAI)	µg/l	24	23	23	13	18	15
Kolloidalt Al	µg/l	22	27	24	35	28	21
Ikke labilt Al (ILAL)	µg/l	25	21	21	9	15	12
Labilt Al (LAL)*	µg/l	0	2	2	4	3	3
Kalsium	mg/l	1,15	1,13	1,1	2,68	1,42	1,18
Jern	µg/l	68	98				
Jern/TOC		42,5	61,3				
Kalium	mg/l	0,22	0,22				
Magnesium	mg/l	0,42	0,42				
Natrium	mg/l	3,22	3,22	3,23	3,64	3,37	3,52
Sjøsaltkorr. Na*	µekv/l	7,03	7,75	6,98			
CO2	mg/l				18,4	21,3	17,6
ANC	µekv/l	51	51				

6. Litteraturreferanser

- Barlaup, B.T. og Å. Åtland. 1996. Episodic mortality of brown trout (*Salmo trutta* L.) caused by sea-salt-induced acidification in western Norway: effects on different life stages within three populations. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 53:1835-1843.
- Kroglund, F., Wright, R.F., and C. Burchart. 2002. Acidification and Atlantic salmon: critical limits for Norwegian rivers. NIVA rapport 4501-2002. 61 s.
- Kroglund, F. and Finstad, B. 2003. Low concentrations of inorganic monomeric aluminum impair physiological status and marine survival of Atlantic salmon. Aquaculture 222: 119-133.
- Kroglund, F., Finstad, B., Stefansson, S.O., Kristensen, T., Rosseland, B.O., Teien, H-C. and Salbu, B. 2006. Exposure to acid water and aluminium reduces Atlantic salmon postsmolt survival. Aquaculture (In press).
- Rosseland, B.O. 1999. Vannkvalitetens betydning for fiskehelsen. I: Poppe, T. (red.) Fiskehelse og fiskesykdommer, s. 240-252. Universitetsforlaget AS, ISBN 82-00-12718-4.
- Rosseland, B.O., Salbu, B., Kroglund, F., Hansen, T. (m.fl.) 1998. Changes in metal speciation in the interface between freshwater and seawater (estuaries), and the effects on Atlantic salmon and marine organisms. Final Report to The Norwegian Research Council, Contract no. 108102/122
- Rosseland, B.O., Rosten, T., Salbu, B., Kristensen, T. og Sørlie, L. 2002. Vannkvalitetsundersøkelsen 2001. Oppsummering. Rapport NIVA, KPMG, NLH (Sperret).
- Rosten, T., Urke, H., Kristensen, T., Åtland, Å., Rosseland, B.O. 2007. Vannkvalitetsundersøkelsen Oppsummering av sentrale driftsdata og karvannskvalitet fra VK – undersøkelsene i perioden 1999 til 2006. NIVA rapport 5352-2007 .
- Stefansson, S., Bæverfjord, G., Nigel Finn, R., Finstad, B., Fivelstad, S., Handeland, S., Kristensen, T., Kroglund, F., Rosseland, B.O., Rosten, T., Salbu, B., Toftsen, H. 2006. Vannkvalitet – laksefisk. I: Thomassen, M., Gudding, R., Norberg, B. Og Jørgensen, L. (red.): Havbruksforskning: Fra Merd til mat. NFR Havbruk - produksjon av akvatiske organismer (200-2005). Side 95 – 112. ISBN 82-12-02277-3.
- Teien, H.C., Standring, W.J.F., Salbu, B. og Hindar, A. 2003. Flomdynamikk i forsurede elver; vannkjemiske endringer og biologisk respons i to elver og en simulert estuarieblandsone under flom. NIVA rapport 4455-2001. 51 s.

Teien, H-C, Standring, W.J.F. and Salbu, B. 2006. Mobilization of river transported colloidal aluminium upon mixing with seawater and subsequent deposition in fish gills. *Sci. Tot. Environm.* 364: 149-164.

Staurnes, M., Nordtvedt, R. og Rosseland, B.O. 1998. Vannkvalitet. I : Hansen, T. (red.), Oppdrett av laksesmolt, kapittel 6, side 87-113, Landbruksforlaget, ISBN 82-529-1722-4.