



John Ivar Sætre
Pan Fish Norway AS
John.Ivar.Saetre@panfish.com

Bergen, 2. februar 2007

Vanntilgang til SFF 0008 Haukå settefiskanlegg

Rådgivende Biologer AS er bedt om å foreta enkle hydrologiske betraktninger rundt tilgang på vann til Pan Fish Norway AS sitt settefiskanlegg Haukå i Flora kommune (konsesjonsnummer SFF 008, lokalitetsnummer 13486). Anlegget har hatt konsesjon siden 17.juni 1986, og har i dag en tillatt kapasitet på 1 mill sjødyktig settefisk. Vannberegningene skal benyttes i forbindelse med foreliggende søknad om utvidelse til 2,5 mill. Det utarbeidede notat inneholder ingen vurdering av konsekvenser eller beskrivelse av vannbehovet ved fiskeanlegget.

Nedbørfeltenes karakteristika som størrelse, spesifikk avrenning og gjennomsnittlig vannføring er hentet fra www.nve.no. Variasjon i vannføring gjennom året og risiko for tørre perioder er beregnet ved å overføre resultatene fra nærliggende NVE-måleserier til det aktuelle feltet. NVE har en vannføringsmåleserie i selve vassdraget, 85.9 Børrevatnet, men data derfra var verken tilgjengelig fra NVE, eller sannsynligvis heller ikke brukbar siden dette er en innsjø som er regulert som magasin til kraftverket Svelgen III (Elkem Bremanger Smelteverk). Det gjelder også mange av de øvrige nærliggende målepunkt.

De foretatte beregningene baserer seg på måleserie 86.10 Ommedalsvatnet (Åvatnet) i Hyen, med tilgjengelige måledata fra august 1974 til desember 2001. Dette feltet har riktignok en fem ganger så stor gjennomsnittlig vannføring, og ligger også over 2 mil lenger øst. Men som utgangspunkt for vurdering av fordeling av nedbør gjennom året, burde denne uregulerte målestasjonen med mye tilsvarende fjellområder uten breer og med en god del innsjøer, gjøre nytten. Det må imidlertid understrekes at de presenterte figurer og tall derfor er en tilnærming og ikke absolutte fakta for Haukåavassdraget. Tallene må derfor benyttes skjønnsmessig.

Vedlagt følger beregninger, grunnlag og figurer.

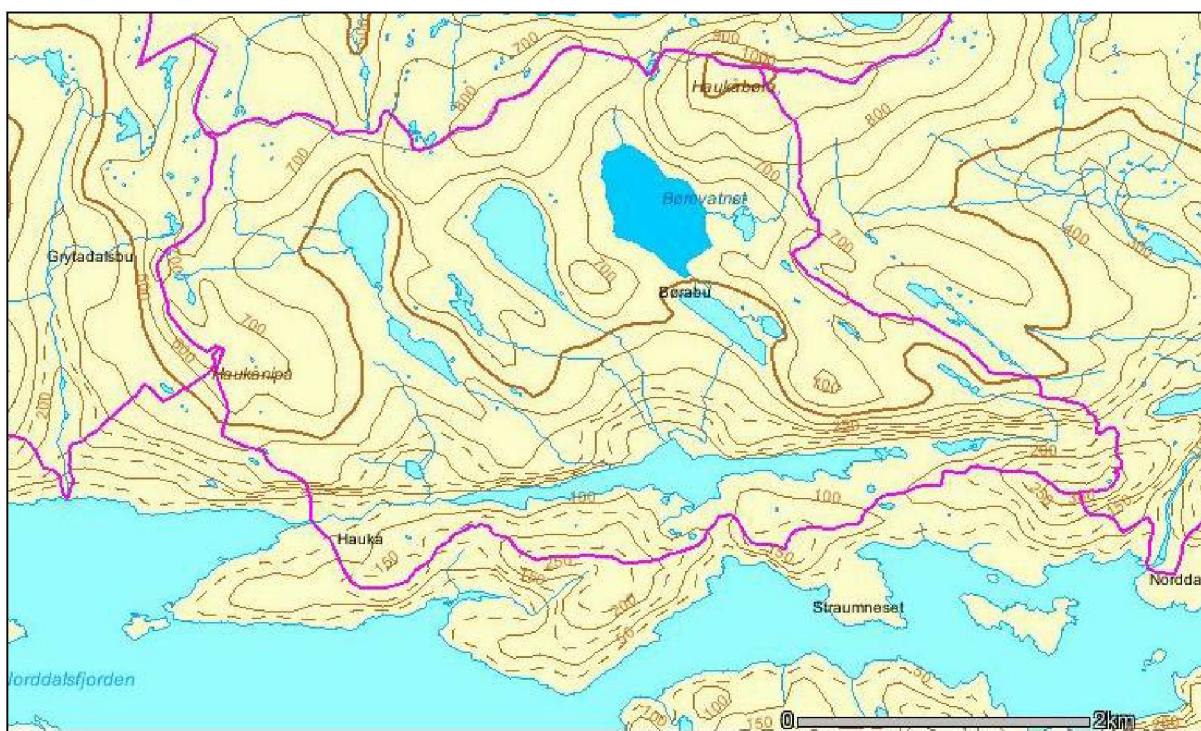
Vennlig hilsen

Geir Helge Johnsen
daglig leder



HAUKÅAVASSDRAGET (NVE nr 085.52Z)

Haukåavassdraget ligger på nordsiden av Norddalsfjorden og drenerer sørover til det øst-vestliggende Haukåvatnet, som har utløp rett mot vest. Nedbørfeltet er 21,67 km² stort, høyeste punkt i feltet er Haukåbøra i nordøst med 1065 moh og vassdragets største lengde er 7,4 km. Vassdraget består av tre hovedfelt som renner parallelt mot sør og Haukåvatnet, der hvert av delfeltene har en eller flere innsjøer (**figur 1**).



Figur 1. Haukåavassdraget (NVE nr 85.52Z), med 200-meters høydekoter og feltavgrensing (fra www.nve.no).

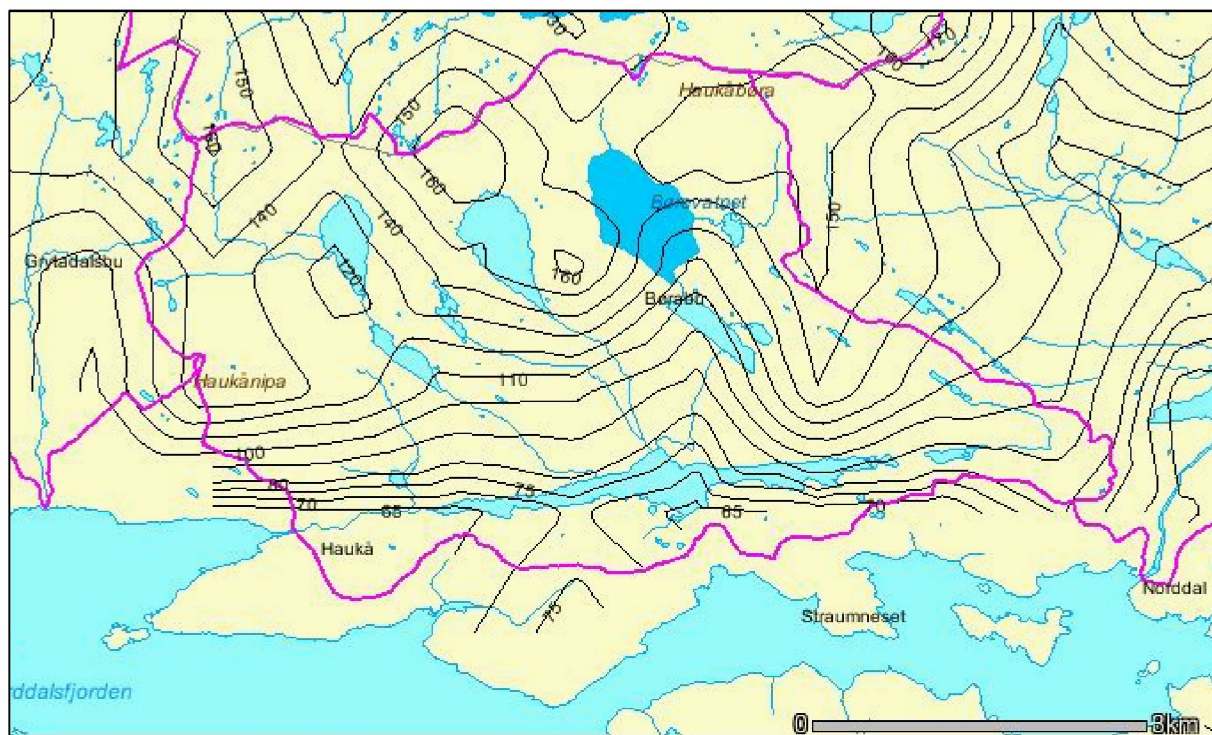
Pan Fish Norway AS sitt settefiskanlegg Haukå, med konsesjonsnummer SFF 008 og lokalitetsnummer 13486, ligger ved sjøen ved utløpet av elven Haukåa og henter sitt vann fra Haukåvatnet og et bekkeinntak 150 meter nede i Haukåa, slik at en også henter inn vann fra sideelven som kommer inn fra nord like nedstrøms utløpet av innsjøen. Haukåvatnet ligger 58 moh og har et overflateareal på 0,67 km² (www.nve.no).

Innsjøen er i dag regulert med inntaksdam til settefiskanlegget, og det søkes om konsesjon til å regulere innsjøen mellom nåværende kote 58 (HRV) og kote 57 (LRV). I dette vassdraget, som er preget av store vannføringsendringer, antas dette å ligge nokså nær de naturlige vannstandsvariasjonene i vassdraget.



Avrenning

Haukåavassdraget har en spesifikk avrenning i nedbørfeltet som varierer mellom over 160 l/km²/s i de nordre og sentrale delene av vassdraget og under 65 l/km²/s i de nedre og sørvestligste delene mot utløp til sjøen, med et gjennomsnitt på 118 l/km²/s. Det gir en gjennomsnittlig vannføring ved utløp sjø på 2,56 m³/s, tilsvarende 153 m³/min, eller en årlig tilrenning på 80,75 millioner m³.



Figur 2. Spesifikk avrenning i det aktuelle området, fra www.nve.no.

Børevatnet er regulert (mørk blå på figur 2) og det meste av tilrenningen dit er overført til Indrehus kraftverk i Bremanger kommune. Siden en del av tilrenningen til magasinet likevel fremdeles går i overløp når magasinet er fullt, er det vanskelig å anslå detaljert tilrenning til Haukåvatnet nederst i vassdraget. Det er her tatt utgangspunkt i at hele vannføringen fra feltet på 3,9 km² til Børevatnet er fraført. Her er spesifikk avrenning på hele 146 l/km²/s, hvilket gir en tilrenning til Børevatnet på 0,57 m³/s, tilsvarende 34,2 m³/min, som altså går til fratrekk på totaltilrenning til Haukåvatnet.

Tilrenningen nedstrøms utløpet fra Haukåvatnet kommer fra et felt på 2,8 km². Spesifikk avrenning i dette lavereliggende og vestlige delfeltet er på omtrent 90 l/km²/s, noe som gir en samlet vannføring 0,25 m³/s eller 15,1 m³/min. Omtrent halvparten inngår i elven fra nord, der anlegget også har et inntak.

Det gir følgende oppstilling for vanntilgang til anlegget, som da utgjøres av restfeltene til Haukåvatnet samt lokalt felt til elv fra nord til utløpselven fra Haukåvatnet, Haukåa (**tabell 1**).

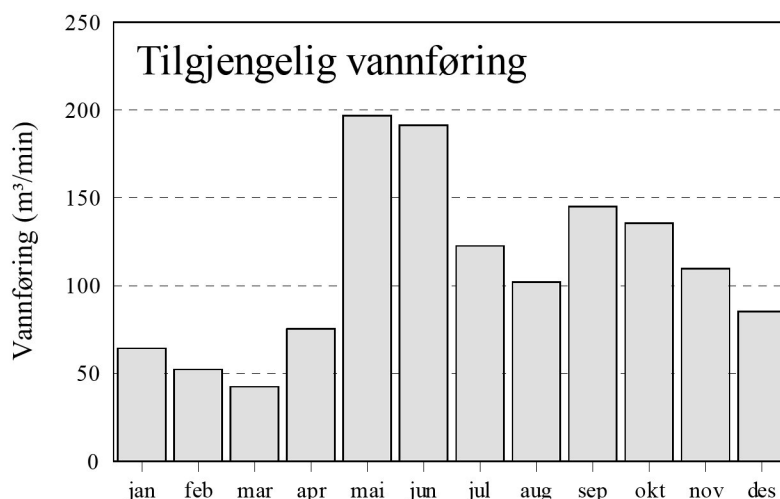


Tabell 1. Feltkarakteristika for de ulike delene av Haukåavassdraget, med oppstilling av hvilke deler som er tilgjengelig vannføring for settefiskanlegget Haukå.

Delfelt	Felt km ²	Avrenning l/km ² /s	Gjennomsnittlig vannføring	
			m ³ /s	m ³ /min
Hele Haukåavassdraget	21,7	118	2,56	153
Felt til Børevatnet	3,9	146	0,57	34
Felt til utløpselv fra Haukåvatn	2,8	90	0,25	15
Restfelt til Haukåvatnet	15,0	116	1,74	104,4
Sideelv fra nord til Haukåa	1,4	90	0,13	7,6

Tilgjengelig vannmengde er ikke jevnt fordelt over året, og høyest vannføring er det vanligvis om på våren i mai og juni i forbindelse med snøsmelting med opp mot 200 m³/min, samt på høsten i september og oktober med opp mot 150 m³/min i forbindelse med store nedbørsmengder. Minst tilrenning er det på vinteren med ned mot 40 m³/min i mars når nedbøren i stor grad legger seg som snø i de høyere delene av feltet (**figur 3**). Beregningene er gjort ved å tilpasse tallene fra det nærliggende feltet til NVEs målestasjon 86.10 Ommedalsvatnet for perioden august 1974 til desember 2001.

Figur 3. Tilgjengelig vannmengde som månedsgjennomsnitt. Fordelingen er omregnet fra vannføringsstatistikk fra NVEs målestasjon 86.10 Ommedalsvatnet for perioden august 1974 til desember 2001.



Risiko for tørre perioder

Nedbør og avrenning følger slett ikke alltid gjennomsnittet, og det vil forekomme perioder med både betydelig mer og også mindre nedbør og avrenning i vassdraget. I dette nedbørfeltet vil kalde vintre kunne gi langvarige perioder med lite avrenning. Samtidig vil det være mindre effekt av liten tilrenning om sommeren i perioder med fint og varmt vær, siden snøsmelting forekommer utover i juni. I **figur 4** på neste side er varighetskurver for fordeling av avrenning for vintermånedene og sommeren vist som akkumulert frekvens for perioden august 1974 til desember 2001 basert på registreringer ved utløpet av Ommedalsvatnet.

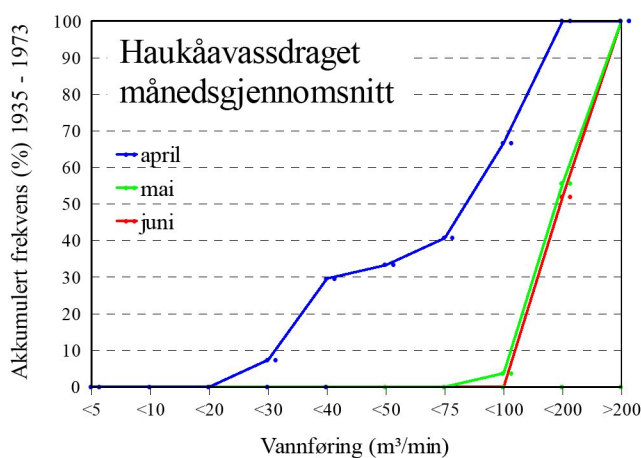
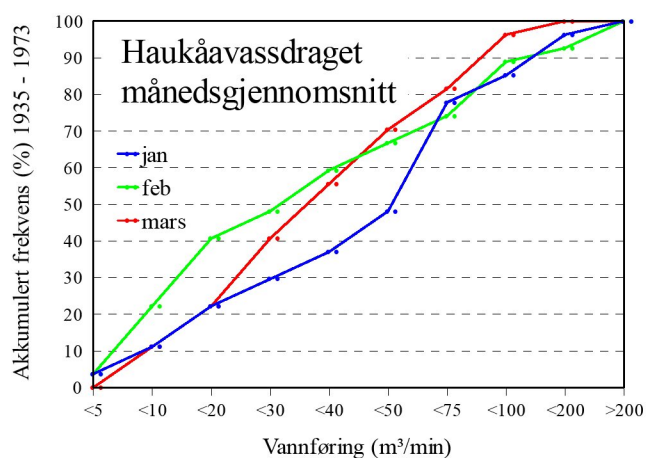


Tabell 2. Sannsynlighet for at tilgjengelig vannføringen er mindre enn angitte grenser i de ulike månedene for Haukå settefiskanlegg. Tallene er fra vedleggstabellen bakerst i rapporten og inngår også i **figur 4**. Manglende verdi angir tilnærmet 0 % sannsynlighet.

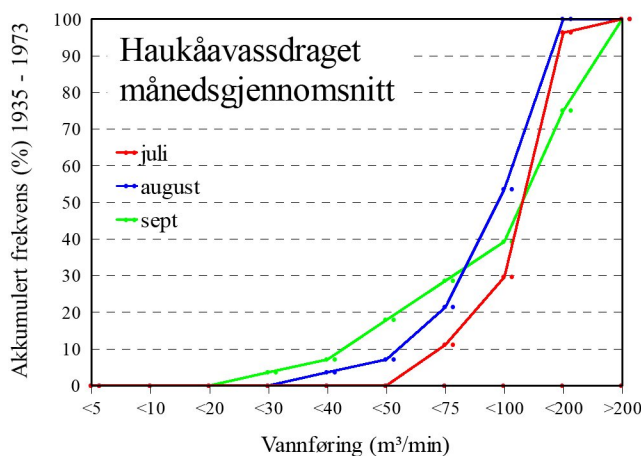
Måned	< 5 m ³ /min	<10 m ³ /min	<20 m ³ /min	<30 m ³ /min	<40 m ³ /min	<50 m ³ /min
Jan	4 %	11 %	22 %	30 %	37 %	48 %
Feb	4 %	22 %	41 %	48 %	59 %	67 %
Mars		11 %	22 %	41 %	56 %	70 %
August					4 %	7 %
Sept				4 %	7 %	18 %

På vinteren er vannføringen i vassdraget lavest, med størst risiko for år med lavere vannføringer enn gjennomsnittet. Det er 10 % sannsynlighet (i ett av ti år) for at vannføringene i januar og mars vil være under 10 m³/min, mens det i februar vil være under 10 m³/min i ett av fem år og under 30 m³/min i halvparten av årene. For januar vil det være under 50 m³/min i halvparten av årene (**tabell 2** og **figur 4**).

I snøsmeltingsmånedene mai og juni er det ikke observert vannføringer under 75 m³/min, og så godt som alle år er det over 100 m³/min i vannføring i disse månedene. På sommeren og tidlig på høsten er det også sjelden lave vannføringer. Med omtrent 10 % sannsynlighet for under 40 m³/min i september, og tilsvarende grense ligger på vel 50 m³/min for august og 75 m³/min i juli (**tabell 2** og **figur 4**).



Figur 4. Varighetskurver for tilgjengelige vannføringer, vist som akkumulerte frekvenser av månedsgjennomsnitt for januar - mars (over), april-juni (oppe til høyre) og juli -september (til høyre). Fordelingen er omregnet fra vannføringsstatistikk fra NVEs målestasjon 86.10 Ommedalsvatnet for perioden august 1974 til desember 2001, i alt 28 år.





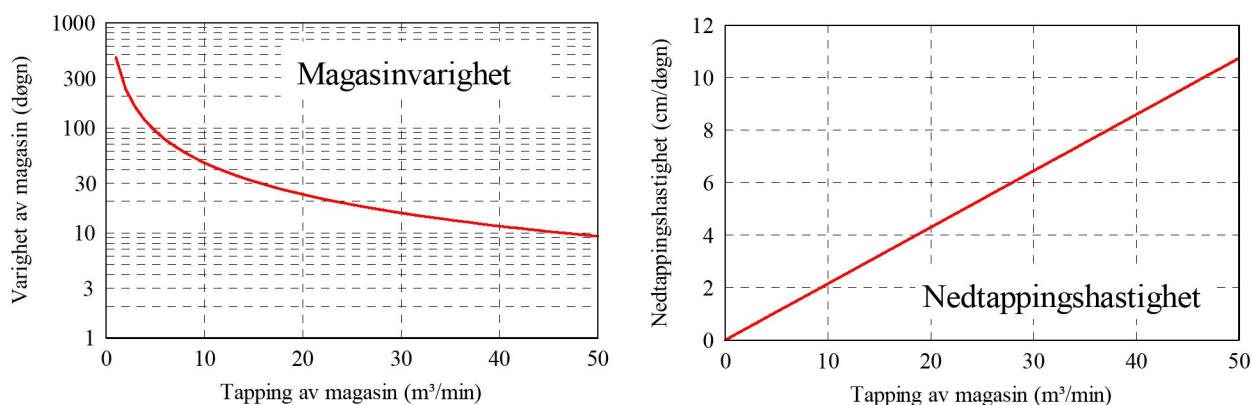
Det er vanlig å regne at man ved “normal drift” satser på en tilgjengelig vannmengde som tilsvarer 10% sannsynlighet (10-persentil), hvilket tilser at det holder i ni av ti år, og at en må baserer seg på bruk av magasin og eventuelt ytterligere vannsparende tiltak ved anlegget dersom det ikke er nok. Gjennom vinteren vil dette ligge på 10 m³/min i januar og mars, og noe lavere i februar, 30 m³/min i april og vel 100 m³/min i mai og juni. I juli ligger grensen på 75 m³/min og i august og september på hhv 50 og 50 m³/min (**tabell 2** og **figur 4**).

Magasinkapasitet

Med et samlet innsjøareal i Haukåvatnet på 0,67 km², og en planlagt regulering på 1 meter mellom høyeste og laveste vannstand, tilsvarende naturlig vannstandsvariasjon, vil en ha et tilgjengelig magasin på 67.000 m³. Avhengig av tilrenning og vannforbruk ved fiskeanlegget, vil dette magasinet kunne tappes som vist i **tabell 3** og **figur 5**.

Tabell 3. Oversikt over magasinets varighet og nedtappingshastighet ved ulike tappingsrater i forhold til tilrenning. Tappingsrate blir et resultat av antatt forbruk minus aktuell tilrenning, som kan variere i forhold til oppgitte sannsynligheter i **tabell 2** foran og figurene.

Tapping utover tilrenning	5 m ³ /min	10 m ³ /min	20 m ³ /min	30 m ³ /min	40 m ³ /min	50 m ³ /min
Senking av magasinet /døgn	1,1 cm	2,1 cm	4,3 cm	6,4 cm	8,6 cm	10,7 cm
Varighet av magasinet	93 døgn	47 døgn	23døgn	16 døgn	12 døgn	9 døgn



Figur 5. Magasinet i Haukåvatnet er på 0,67 mill m³. Magasinets varighet (til venstre) og nedtappingshastighet (til høyre) er presentert som funksjon av nedtapping (forskjell mellom forbruk av vann og tilrenning) med opp til 50 m³/min.



VEDLEGGSTABELLER VANNFØRING

Vedleggstabell 1. Varighetstabell for tilgjengelig vannføring for Haukå settefiskanlegg for de ulike månedenes vannføring, vist som akkumulert frekvens for de ulike vannføringene. Tallene er omregnet fra vannføringsmålinger for det nærliggende feltet til NVEs målestasjon i utløpet av Ommedalsvatnet for perioden august 1974 til desember 2001, i alt 28 år.

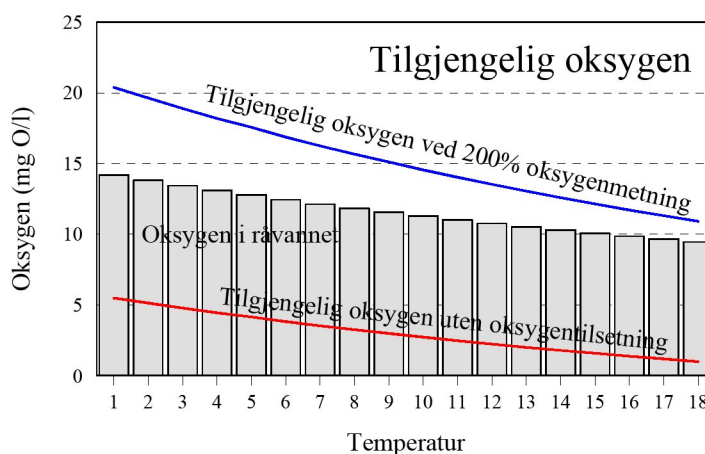
m ³ /min	jan	feb	mars	april	mai	juni	juli	august	sept	okt	nov	des
<5	3,7	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<10	11,1	22,2	11,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<20	22,2	40,7	22,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	0,0
<30	29,6	48,1	40,7	7,4	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	3,6	7,1	10,7
<40	37,0	59,3	55,6	29,6	0,0	0,0	0,0	3,6	7,1	3,6	10,7	21,4
<50	48,1	66,7	70,4	33,3	0,0	0,0	0,0	7,1	17,9	7,1	14,3	32,1
<75	77,8	74,1	81,5	40,7	0,0	0,0	11,1	21,4	28,6	21,4	35,7	46,4
<100	85,2	88,9	96,3	66,7	3,7	0,0	29,6	53,6	39,3	39,3	53,6	60,7
<200	96,3	92,6	100,0	100,0	55,6	51,9	96,3	100,0	75,0	85,7	89,3	96,4
>200	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0



VEDLEGG OM VANNBRUK I SETTEFISKOPPDRETT

Det har skjedd en rivende utviklingen i utnyttelsen av vann i settefiskproduksjon. Utgangspunktet er at fisken skal ha tilgang på rent vann med tilstrekkelig med oksygen. Dersom man kun benytter oksygenet som er tilgjengelig i råvannet, og har krav om at avløpsvannet skal ha minst 7 eller 8 mg O/l, vil bare en liten del av oksygenet være tilgjengelig (rød linje i **figur A**). Dette var utgangspunktet i næringens tidlige fase, da *gjennomstrømningsopplegg* var dominerende (til venstre i **figur B**). Det var da vanlig å regne at en trengte minst 1 liter vann pr kg fisk pr minutt, og gjerne opp mot både 2 og 3 l / kg / min.

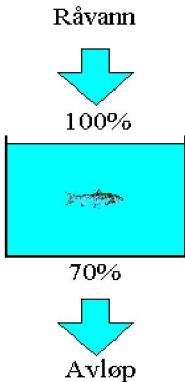
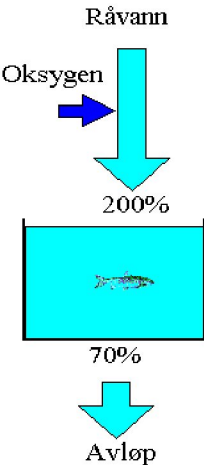
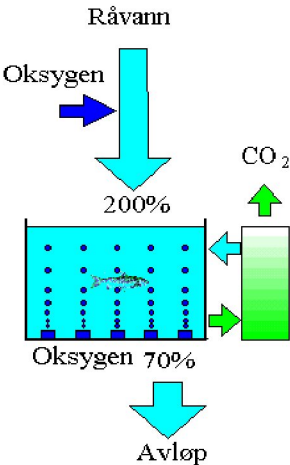
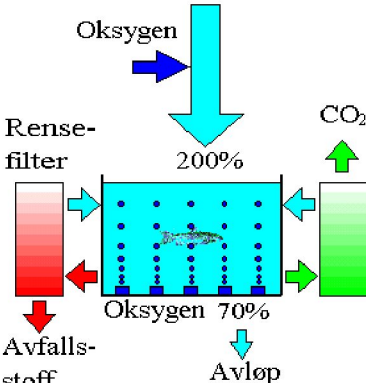
Figur A. Tilgjengelig oksygen i ulike vann-kvaliteter avhengig av temperatur: Oksygen i råvannet (grå søyler), tilgjengelig andel for fisken (rød linje) og tilgjengelig for fisk ved 200 % oksygen-metning (blå linje).



Det er nå vanlig å *tilsette oksygen til driftsvannet* slik at tilgjengelig oksygenmengde i innløpet til karene er større. Med samme krav til konsentrasjon i avløpet, kan en da produsere mange ganger så mye fisk på en liter vann ved 12°C som en ellers kunne gjort (blå linje i **figur A**). Ved driftsoksygenering baserer en seg på høyt trykk i gassinnløserne for å få mer gass inn i vannet som skal superoksygeneres. Oksygen blir tilsatt råvannet gjennom delstrømsprisippet da man tar ut en delstrøm og overmetter denne med gass før delstrømmen tilsettes hovedledningen og deretter til hvert kar. Feks. Benytter Hydro Gas sitt HT system et gasstrykk på opptil 6 bar der det kan oppnås en overmetning på minst 1000 %. Dersom delstrømmen utgjør 15 % av vannmengden i hovedledningen, vil inntaksvannet inn til karet være overmettet til 250 %. Ønskes en høyere innblandingsprosent, kan man ta ut en ny delstrøm på samme vannledning og superoksygenerer denne. I alle våre beregninger er minimumsvannbehovet for anlegget regnet ut fra at en benytter oksygenert vann med 200% metning inn i karene. Dette er situasjon to fra venstre i **figur B**, og det er da vanlig å regne at en trenger mellom 0,1 og 0,5 liter vann pr kg fisk pr minutt.



Etter hvert har man også montert opplegg for oksygenering av vannet i selve karet. Ved karoksygenering benyttes lavtrykksinnløpere, der disse kan dimensjoneres ut fra min - maks belastning med fisk, vannmengder tilgjengelig samt ønsket oksygenmetning i karet. Ved karoksygenering føres en ekstra ledning med overmettet råvann inn til hvert kar. Hydro Gas sine lavtrykksinnløpere evner å komme opp i en metning på langt over 400 % (et trykk på 0,6 - 1,5 bar). Det er således mulig å dimensjonere og tilpasse oksygentilsettingen til den ønskede overmetningen en ønsker på å ha på anlegget. Dette ble først benyttet som en sikkerhetsløsning for nødtilfeller hvis vanntilførselen skulle stanse, men er nå i større grad blitt vanlig for å kunne utnytte vannet lenger i karene. Men da hopper avfallsstoffer fra fisken seg opp i vannet, og en må *lufte ut* CO₂ for at vannet skal ha den ønskete kvaliteten for fisken. Med slike ordninger (nr to fra høyre i **figur B**) kan vannbruken reduseres til godt under 0,1 liter pr kg fisk pr minutt. CO₂ lufting er nå vanlig på hvert enkelt kar i de aller fleste settefiskanlegg.

Gjennomstrømming	+ Oksygenering	+ CO ₂ -lufting + karoksygenering	Resirkulering
			
0,5-3 liter/kg/min	0,1-0,6 liter/kg/min	0,05- 0,1 liter/kg/min	under 0,05 liter/kg/min

Figur B. Utvikling i vannbruk i settefiskproduksjon, fra de rene gjennomstrømningsanlegg (til venstre), via oksygenering av råvann (to fra venstre), med CO₂ lufting (tre fra venstre) til resirkuleringsanlegg der hele eller deler av vannmengden resirkuleres (til høyre). Rammer for vannbruk er angitt nederst.

Dersom en ønsker å holde vannet enda lenger i karene, så vil i tillegg avfallsstoff både fra fiskens faeces og spillfôr samle seg opp og gjøre vannkvaliteten dårlig. En må derfor koble på et renseanlegg bestående av både filter for å håndtere de partikulære stoffene, samt et biofilter for å håndtere de oppløste stoffene. Da kan man i prinsippet resirkulere så godt som det meste av vannet, og vannbehovet er redusert til et minimum. Det finnes flere *resirkuleringsanlegg* som har vært i drift i flere år, der en resirkulerer større eller mindre deler av vannet i anlegget til enhver tid. Samlet sett kan en da komme ned i vannbruk på under 0,05 liter vann pr kg fisk pr minutt (til høyre i **figur B**). Dette er ned mot 1% av vannbruken en har sammenlignet med et rent gjennomstrømningsanlegg.