

Udredning
vedrørende vandforbrug
ved produktion af regnbueørreder
i danske dambrug

Af

Seniorrådgiver Alfred Jokumsen

Rapporten er udarbejdet for Skov- og Naturstyrelsen

Danmarks Fiskeriundersøgelser
Afd. for Havøkologi og Akvakultur
Nordsøcentret
Postboks 101
9850 Hirtshals

ISBN: 87-90968-25-5

DFU-rapport 106-02

Udredning vedrørende vandforbrug ved produktion af regnbueørreder i danske dambrug



2002

**Seniorrådgiver Alfred Jokumsen
Danmarks Fiskeriundersøgelser
Afd. for Havøkologi og Akvakultur**

0 Indholdsfortegnelse

0	Indholdsfortegnelse	2
1	Indledning.....	3
2	Udviklingen i dansk ørredopdræt.....	4
3	Indretning af dambrug.....	5
4	Faktorer, der har indflydelse på vandforbruget.....	9
4.1	Foder og fodring.....	9
4.2	Iltforbrug og vandbehov.....	13
4.3	Beredskab og konsekvenser	16
4.4	Vandkvalitet (grundvand/vældvand/spisekvalitet).....	16
5	Faktorer, der kan medvirke til at reducere vandforbruget.....	17
5.1	Beluftning og iltning	17
5.2	Genbrug/vandrensning/recirkulation.....	17
5.3	Driftsledelse	18
6	Vandforbrug i danske dambrug.....	20
6.1	Modeldambrug	26
6.1.1	Vandforbrug	29
6.1.2	Driftsøkonomi	29
6.2	Utoft Dambrug	33
6.2.1	Vandforbrug	34
6.2.2	Driftsøkonomi	35
6.3	Rebstrup Fiskeri	36
6.3.1	Vandforbrug	38
6.3.2	Driftsøkonomi	38
6.4	Mosbjerg Dambrug	39
6.4.1	Vandforbrug	41
6.4.2	Driftsøkonomi	41
6.5	Binderup Mølle Dambrug	42
6.5.2	Vandforbrug	45
6.5.2	Driftsøkonomi	46
6.6	Tykskov Dambrug.....	47
6.6.1	Vandforbrug	49
6.6.2	Driftsøkonomi	50
7	Driftsøkonomi	51
8	Muligheder/begrænsninger for minimering af vandforbrug	55
9	Konklusion	58
10	Referencer	60
11	Definitioner	62

1 Indledning

Skov- og Naturstyrelsen har anmodet DFU om en udredning vedrørende vandforbrug/vandbehov ved produktion af regnbueørreder i danske dambrug.

Baggrunden er, at den tilladelse, som danske dambrug har til at indvinde ferskvand til opdræt af ørreder, udløber i år 2005. Med henblik på forberedelse af det faglige grundlag for behandling af ansøgninger om vandindvindingstilladelser til dambrug har Skov- og Naturstyrelsen således ønsket en udredning af forholdene omkring produktion af fisk i dambrug – herunder hvor meget vand der skal til for at producere 1 kg fisk samt en vurdering af de teknologiske muligheder for at minimere vandforbruget ved bæredygtig fiskeproduktion i ferskvand.

Endvidere skal dambrug i forbindelse med miljøgodkendelser redegøre for deres resourceforbrug, herunder anvendelse af renere teknologi. Vand anses i den forbindelse for at være en del af den anvendte ressource.

I forbindelse med udarbejdelse af rapporten blev der nedsat en følgegruppe med følgende personer:

Jan Steinbring Jensen, Skov- og Naturstyrelsen
Kaare Michelsen, Dansk Dambrugerforening
Jan Koch Nielsen, Amtsrådsforeningen
Per Bovbjerg Pedersen, Danmarks Fiskeriundersøgelser
Alfred Jokumsen, Danmarks Fiskeriundersøgelser

2 **Udviklingen i dansk ørredopdræt**

Regnbueørred (*Oncorhynchus mykiss*) har været den dominerende opdrætsfisk i Danmark i mere end 100 år. Den blev indført til danske dambrug fra USA i 1886 og Danmark var det første land i Europa, hvor regnbueørred blev opdrættet i ferskvand. Det danske ørredopdræt udviklede sig til et af verdens førende, men produktionen i ferskvand har i adskillige år været stagnerende omkring 32.000 tons om året i de tilbageværende knap 400 dambrug. Stagnationen skyldes især forskellige miljørestriktioner, der har lagt betydelige begrænsninger for ørredproduktionen i Danmark. Produktionen omfatter ca. 450 mio. øjenæg, 450 mio. æg til kaviar, samt ca. 32.000 tons konsumfisk svarende til knap 10% af fangsterne i det danske konsumfiskeri. Ca. 90% af den danske ørredproduktion eksporteres. Føstehåndsværdien af den danske akvakulturproduktion udgør ca. 1 mia. kr. svarende til ca. 20% af indtjeningen i det samlede danske fiskeri.

Ørredproduktionen i Danmark var indtil omkring 1970 udelukkende underlagt de naturgivne forhold og foregik i lavteknologiske anlæg. Fra 1989 er dambrugsproduktionen blevet miljømæssigt reguleret efter dambrugsbekendtgørelsen. Ca. ¼ af dambrugene er siden da blevet nedlagt af økonomiske og miljømæssige årsager, mens produktionen er blevet optimeret på en stor del af de resterende anlæg gennem ombygning og etablering af ilt- og beluftningsudstyr samt renseforanstaltninger. De fleste dambrug er dog stadigvæk af jorddamstypen. Således var 338 af landets 388 dambrug indrettet med jorddamme (87%) i år 2000 (Dambrugsudvalget, 2002). De resterende 50 dambrug (13%) havde betonkummer, runde damme, raceways eller andet.

Dambrугenes ret til indvinding af vand reguleres efter Vandforsyningsloven, mens dambrугenes påvirkning af miljøet, herunder de fysiske forhold og flora og fauna i og omkring vandløbene reguleres efter henholdsvis Miljøbeskyttelsesloven, Vandløbsloven og Naturbeskyttelsesloven.

Efter vandforsyningsloven udløber dambrугenes vandindvindingsret i 2005, og der må herefter forventes at gælde skærpede krav for frivandsafgivelse i forbindelse med fornyede tilladelser.

Fiskevandsmålsætningen for et vandløb indebærer, foruden mindstekrav til forureningstilstanden, at der skal være frie passagemuligheder for vandrende fiskearter samt for vandløbets øvrige fauna. I bl.a. tørre somre kan der være behov for, at en større del af åens aktuelle vandføring ledes gennem dambrугet med det resultat, at strækningen mellem vandindtaget og udløbet på dambrугet tørlægges ("død" å-strækning). Det er imidlertid vigtigt, at der ledes tilstrækkelig mængde frivand forbi opstemningen, således at der kan opretholdes tilstrækkelig vandmængde til laksefiskenes vandringer.

3 Indretning af dambrug

De danske dambrug er indrettet meget forskelligt og dette spiller en væsentlig rolle for vurderingen af vandbehovet ved de enkelte opdrætssvirksomheder.

Hovedprincippet i den største del af dambrugene er, at vandet i en å eller bæk stemmes op ved et stemmeværk og ledes gennem indløbskanaler til et antal jorddamme. Nogle dambrug har dog erstattet jorddammene med betondamme. Opstemningen giver det nødvendige fald fra indløbskanalen til dammene og videre til bagkanalen, d.v.s. uden anvendelse af pumpeenergi. Men opstemningen kan være udformet således, at den forhindrer op- og nedstrøms passage af fisk og anden fauna i åen, således at f. eks. laksefisk forhindres i at komme op til opstrømsliggende gydeområder. I den forbindelse kan der opstå ”døde å-strækninger”, d.v.s. helt eller delvis tørlægning af åen på en strækning mellem dambrugets vandindtag og udløbet. Inden dambrugsvandet ledes tilbage til recipienten skal det som et minimum passere et bundfældningsanlæg.

Driften på dambrugene er hidtil blevet reguleret efter bestemmelserne i Dambrugsbekendtgørelsen fra 1989 (senest ændret ved bekendtgørelse om ferskvandsdambrug af 31. marts 1998). Men siden 1. januar 1999 har alle dambrug skullet have en miljøgodkendelse i henhold til miljøbeskyttelseslovens kapitel 5 herunder tillige godkendelse af ønsker om ændringer eller udvidelser af eksisterende produktion. Det er dog p.t. kun få dambrug, der har opnået denne lovpligtige miljøgodkendelse.

De enkelte dambrug er tildelt en årlig maksimal foderkvote, der er fastsat af amtet i forhold til dels dambrugsbekendtgørelsens krav og dels i forhold til det enkelte vandløb og dambrugets indretning med henblik på især renseforanstaltninger.

På de traditionelle anlæg sker der en relativ lav arealudnyttelse, d.v.s. et forholdsvist stort damareal og en lav bestandstæthed (ca. 10 - 20 kg/m³). Selvom arealudnyttelsen generelt er lav på jord-dambrugene er der dog store forskelle i hvor intensivt det indtagne vand udnyttes til fiskeproduktion. Således har nogle dambrug reduceret vandforbruget pr. kg produceret fisk ved bl.a. beluftning af vandet, returpumpning, tilsætning af ren ilt samt vandrensning (DFU m.fl., 1998).

Danmarks Miljøundersøgelser konkluderede i en redegørelse om effekten af reduceret vandføring på vandløbenes smådyrsfauna, at der skulle være en vandføring på mindst 50% af medianminimum i et vandløb for at sikre målopfyldelse med hensyn til såvel smådyrs- som fiskefaunaen i de undersøgte vandløb (Skriver et. al., 2001). Ved medianminimumsvandføringen forstås medianen af den mindste registrerede vandføring pr. år i et givet vandløb over en årrække (typisk 20 år).

Undersøgelsen omfattede 6 vandløb i Midt-jylland, hvor der dels blev målt på en ”referencelokalitet” opstrøms vandindtaget, dels på omløbsstrækningen mellem vandindtag og udløb (”døde å”) i perioden 1. juni til 1. september 1999. Middelvandføringen (”Reference”) i de 6 vandløb lå fra 378 l/sek (Sunds Nørreå) til 77 l/sek (Tågelund Bæk). I Sunds Nørreå var den laveste referencemåling 273 l/sek. På omløbsstrækningen (”døde å”) blev der målt en middelvandføring på 83 l/sek og 50 l/sek som mindste vandføring. Dette svarer til en reduktion i middelvandføring på den ”døde å-strækning” på 78%, mens reduktionen var på 82% i forhold til den mindst målte vand-

føring. For de øvrige undersøgte å-strækninger målt en reduktion i vandføringen på omløbsstrækningerne på fra 70 – 83% (i forhold til referencemiddel-vandføring) og fra 69 – 93% (i forhold til den mindste referencemåling).

Vandføringen i de undersøgte omløbsstrækninger var således alle under 50% af medianminimum. Variationen i vandføringen i vandløbene hænger nøje sammen med nedbørsmængderne og den deraf følgende afstrømning. I redegørelsen nævntes f. eks. de tørre somre i 1975 og 1996, hvor minimumafstrømningen i 50% af vandløbene lå på mellem 50 og 70% af medianminimum.

I ”Redegørelse om status for effekten af vandløbslovens paragraf 37a om sikring af vand i døde å-strækninger og faunapassage forbi opstemninger” (Skov- og Naturstyrelsen, 2001) konkluderedes ligeledes, at der kræves en vandføring på minimum 50% af medianminimum for dels at sikre en alsidig vandløbsfauna og dels at sikre laksefiskenes gydevandringer og smoltens nedstrøms passage.

Med henblik på at sikre vand i døde å-strækninger og faunapassage forbi opstemninger er der således indført en bestemmelse i vandforsyningsloven om, at vandføringen i hele vandløbet skal være på mindst 50% af medianminimums-vandføringen.

Baseret på graden af teknologisk udvikling blev de danske dambrug i en undersøgelse fra 1998 inddelt i 5 hovedgrupper (DFU m. fl., 1998):

- * Lav-teknologiske anlæg med ekstensiv produktion uden supplerende tekniske foranstaltninger (10%).
- * Anlæg med et vist teknisk supplement i form af pumper og udstyr til beluftning (69%).
- * Anlæg med teknisk supplement og udvidet rensning, f.eks. mikrosigter og bio-filtre (16%).
- * Anlæg med teknisk supplement, udvidet rensning og recirkulering (2%).
- * Andre anlæg med raceways og kummeanlæg (3%).

Siden udarbejdelsen af ovennævnte udredning er der udviklet, gennemført forsøg med og implementeret yderligere ny og renere teknologi på en række dambrug bl.a. i forbindelse med ansøgninger om kapitel 5 godkendelser efter miljøbeskyttelsesloven. Renere teknologi omfatter optimering af fodersammensætning, procesteknologi, fodringsstyring, iltning- og beluftning, vaccination, minimering af brugen af medicin og hjælpestoffer, udvikling og effektivisering af driftsudstyr, herunder vandrensning og reduktion af vandforbrug.

En række dambrug er således gennem de seneste år blevet ombygget i varierende grad, rækkende fra en form for genbrug til semi-recirkulering af vandet. Denne udvikling skyldes dels hensynet til sikring af frivandspassagen forbi dambrugene (undgå døde å-strækninger) og dels opfyldelse af kvalitets målsætningen for de respektive vandløb. Disse omlægninger har i øvrigt ført til rationalisering og bedre styring af driften på dambrugene.

Således var der i 2000 installeret mikrosigter og biofiltre eller anden supplerende rensning på 75 dambrug svarende til ca. 20% af dambrugene (Dambrugsudvalget, 2002).

Mens der kun anvendes ringe energimængder til fiskeproduktionen på de traditionelle dambrug har implementering af renere teknologi bl.a. medført øget energiforbrug på adskillige dambrug til drift af supplerende pumpe-, beluftnings- og iltningsudstyr. Herved bliver det muligt at udjævne udsving i de naturgivne forhold som f. eks. høje temperaturer, svingende iltnivauer i vandløbet og reduceret vandføring. Der kan således blive behov for returpumpning (genbrug) af vandet, ligesom evt. ilttyk om natten, f. eks. på grund af grøde (respiration) kan kræve beluftning eller tilsætning af ren ilt. Det er helt naturligt, at der forekommer iltsvingninger i vandløbene, idet der ved planternes fotosyntese produceres ilt i dagtimerne, mens de samme planter har et netto iltforbrug om natten (respiration). Fodring af fiskene på dambrugene kan også medføre svingninger i vandets iltindhold, hvilket dog i nogen grad kan udlignes gennem beluftning/iltilsætning. Ved øget organisk belastning af vandløbet kan det øgede iltforbrug om natten dog føre til kritiske ilttyk i vandløbet.

Med henblik på at undersøge en evt. effekt af udledningen af organisk stof fra dambrugene på iltmætningen og smådyrsfaunaens trivsel i vandløbet blev der foretaget en undersøgelse i Råsted Lilleå i 1999. Undersøgelsen omfattede 7 dambrug på en 24 km strækning (Ringkøbing Amt, 2001). Råsted Lilleå løber til Storåen, der har sit udløb i Nissum Fjord.

Undersøgelsen viste, at vandets iltmætning generelt var lavere nedstrøms dambrugene end opstrøms. Endvidere var den gennemsnitlige opstrøms iltmætning ved dambrugene faldende ned gennem åen. Således var den gennemsnitlige iltmætning opstrøms det øverste dambrug (Brohus) ca. 87%, mens det opstrøms det nederste dambrug (Hvoldal/Hvolby) var på ca. 65%. Dette hænger sammen med omsætningen af organisk stof i vandløbet og at vandløbet derfor ikke når at reproducere den forbrugte ilt før næste dambrug. Dette forhold influerede også på faunabedømmelsen, idet antallet af rentvandsdyr var faldende ned gennem vandløbet.

Rapporten konkluderede, at hovedårsagen til det faldende iltindhold og nedgangen i antallet af rentvandsdyr ned gennem Råsted Lilleå kunne tilskrives dambrugenes udledning af organisk stof (BI₅). Det er dog stadig uvist om et øget iltindhold i afløbsvandet fra dambrugene kunne medvirke til at opretholde en høj faunaklasse i hele vandløbet.

Øges genbruget af vandet kan der blive behov for udvidede rensningsforanstaltninger (mekanisk og evt. biologisk rensning), der også vil øge energiforbruget til el og ilt.

Endelig kan vandforbruget reduceres maksimalt i fuldt udbyggede semi-recirkuleringsanlæg med kun ca. 10% udskiftning af vandvolumen pr. døgn. Dette indebærer dog en risiko for en temperaturstigning i vandet, ligesom der skal anvendes energi til pumpning og iltilsætning.

For så vidt angår effekten af rensningsforanstaltninger i de forskellige anlæg henvises til Jensen, 1997 og DFU m.fl., 1998.

Indførelse af renere teknologi på dambrugene indebærer således en optimering af anvendelsen af ressourcerne i form af energi, foder, vand mv., d.v.s. styring af produktionen med henblik på effektiv udnyttelse af kapaciteten på dambruget. Der er udviklet forskellige EDB-baserede registrerings- og styringssystemer til dambrug. Programmerne rummer mulighed for registrering af data, der kræves i henhold til dambrugsbekendtgørelsen eller en ”kapitel 5 godkendelse” efter miljøbeskyttelsesloven. Det drejer sig f. eks. om løbende registreringer af fiskebestand, daglig udfodring, ilt, temperatur, foderkvotient, sygdom og dødelighed, forbrug af medicin og hjælpestoffer, lagerbeholdninger, bestandsprognoser m.v. Der findes også udstyr og programmer til overvågning/driftstyring (ilt, vandstand, alarmer mv.).

4 Faktorer, der har indflydelse på vandforbruget

4.1 Foder og fodring

Foderet skal forsyne fiskene med energi og de nødvendige næringsstoffer for at de kan trives og vokse godt. Endvidere skal foderet og fodringsstrategien sigte mod effektiv udnyttelse af foderet med henblik på bedst mulig produktionsøkonomi og minimering af udledningen af næringsstoffer til recipienten.

Foderet består primært af protein, fedt, kulhydrater samt vitaminer og mineraler. Råvarekvaliteten, sammensætningen og mængdeforholdene mellem de enkelte komponenter er bestemmende for fiskenes vækst og foderudnyttelse.

Således skal de nødvendige mængder af de specifikke essentielle aminosyrer og -fedtsyrer tilføres med henholdsvis proteinet og olien. Hvis blot en enkelt af de essentielle aminosyrer er i underskud i forhold til fiskenes behov, vil denne ene aminosyre blive bestemmende for fiskenes vækst. De ”overskydende” aminosyrer, som fiskene derved ikke kan udnytte til vækst, vil i stedet blive brændt af med udskillelse af NH_3 til følge. Dette vil dels resultere i en dårlig foderøkonomi og dels vil miljøet blive belastet unødigt med kvælstof.

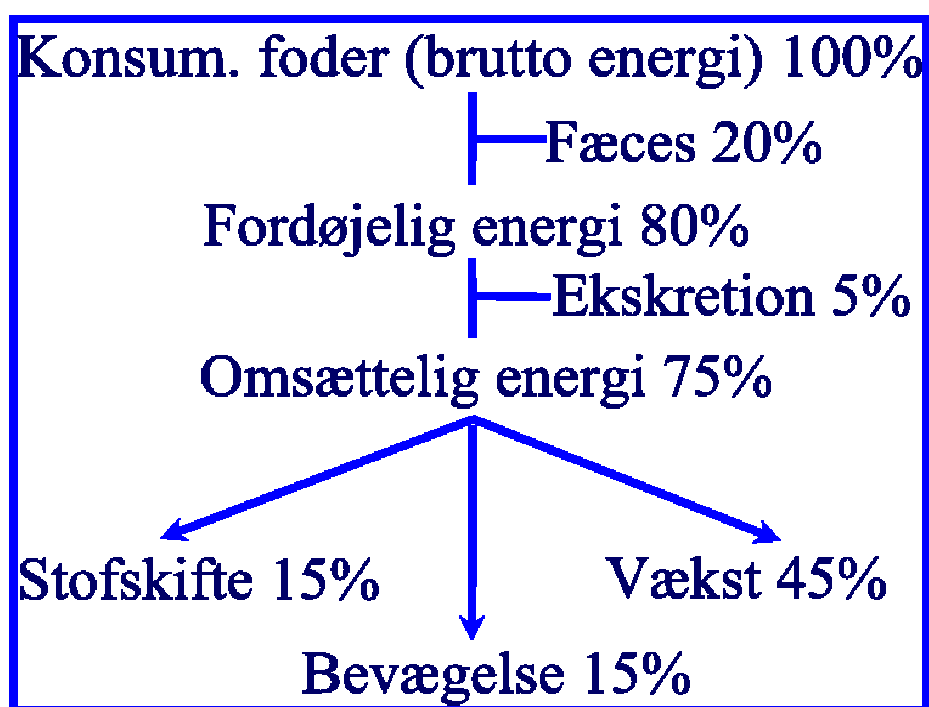


Fig. 1. En skematisk fremstilling af energiudnyttelsen hos fisk. De angivne procenttal er kun indikative, idet de afhænger af fiskeart, størrelse, fodertype mm.

Forbrænding af protein, fedt og kulhydrater resulterer i frigivelse af energi samt ammoniak (NH_3), kuldioxid (CO_2) og vand (H_2O). Til forbrændingen bruges ilt, som fiskene optager fra vandet. I fig 1. er givet en skematisk fremstilling af energiudnyttelsen hos fisk.

Bruttoenergien i det konsumerede foder er den totale varme-energi, der ville fremkomme ved fuldstændig forbrænding (ved f. eks. bombekalorimetri). Ved beregning af et foders bruttoenergi anvendes nogle fastlagte faktorer for varmeudvikling ved fuldstændig forbrænding af henholdsvis protein (23,66 KJ/g protein), fedt (39,57 KJ/g fedt) eller kulhydrat (17,17 KJ/g kulhydrat). Det bemærkes, at 1 gram fedt indeholder ca. dobbelt så meget energi som 1 gram protein eller 1 gram kulhydrat.

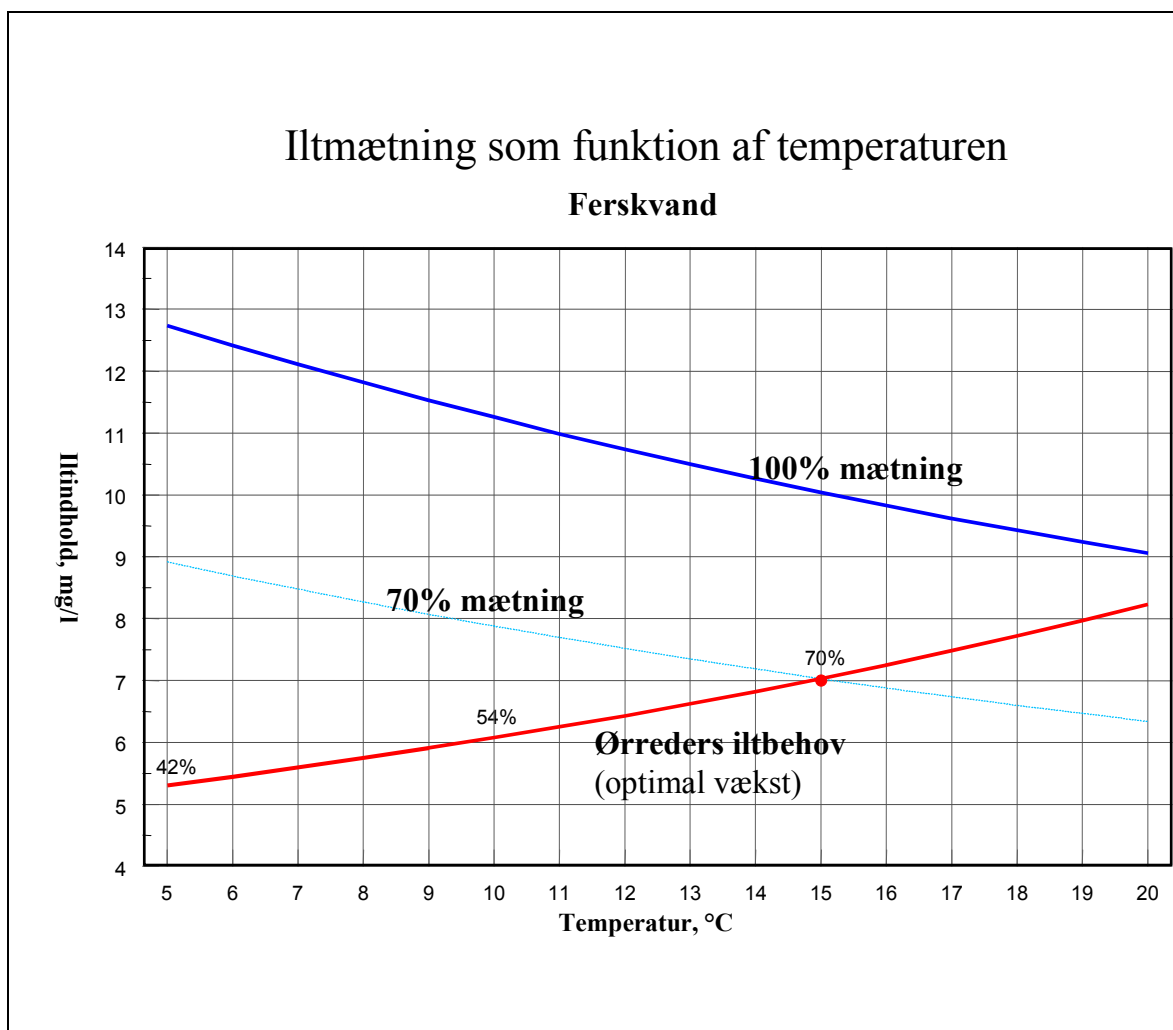
Den fordøjelige energi er et udtryk for den del af energien, som kan omsættes i fisken. Den ikke fordøjelige del af føden findes i fækaliene. Det er vigtigt, at der ved sammensætningen og produktionen af foderet tages hensyn til, at den del der udskilles som fækalier har en sådan konsistens og stabilitet, at mest muligt af det kan opsamles (bundfældning/mekanisk rensning). En mindre del af den fordøjelige energi går imidlertid tabt under nedbrydning af proteiner, hvorved der afgives ammoniak (NH_3), som ikke kan udnyttes af fisken. Fordøjeligheden af en given foderkomponent bestemmes ved forsøg. Bestemmes fordøjeligheden af et protein til f. eks. 0.94 betyder det, at 94% af proteinet kan fordøjes af fisken.

Den omsættelige energi er den del af energien, som fiskene kan udnytte til stofomsætning, vækst og bevægelse.

Fordøjelse og omsætning af foderet kræver ilt, som fiskene må skaffe fra vandet. Vandets naturlige iltindhold er begrænset af forskellige ydre forhold som f. eks. temperaturstigninger. I fig. 2 er vist en kurve for 100% iltmætning i temperaturintervallet 5 – 20 °C. Ved f. eks. 5 °C vil 100% iltmætning således svare til at ferskvand kan indeholde 12,7 mg ilt/l (760 mm Hg), mens en temperaturstigning til 15 °C vil resultere i at vandets iltindhold falder til 10,1 mg/l ved fuldmætning. Ilten diffunderer over gællerne på grund af forskelle i partialtryk af ilt mellem vandet og fiskens blod. Dette forhold har afgørende betydning for fiskenes foderudnyttelse og vækst, idet forsøg har vist, at ørreder har optimal vækst og foderkvotient ved ca. 7 mg ilt/l svarende til 70% mætning og ved 15 °C (Pedersen, 1987). Dette er vist fig. 2, hvor ideal iltkurven for optimal vækst hos regnbueørred netop går gennem punktet 7 mg O_2 /l ved 15 °C (70% mætning). Ved lavere temperaturer stiger opløseligheden af ilt og derfor er lavere mætningsgrader i vandet (f. eks. 54% ved 10 °C) tilstrækkelige til at opretholde et partialtryk af ilt til at sikre den nødvendige mætning af fiskens blod. Optimale iltforhold hos fiskene er således en betingelse for at opnå optimal ædelyst, vækst og udnyttelse af foderet.

Da fisk er vekselvarme vil deres iltbehov øges ved stigende temperatur. Således sker der ca. en fordobling af fiskenes iltbehov ved en temperaturstigning fra 5 °C til 15 °C (Fig. 3).

Foder udgør den væsentligste del af produktionsomkostningerne ved produktion af regnbueørred. Der er især af miljømæssige hensyn, men også af økonomiske årsager, sket en markant udvikling indenfor fodersammensætning, herunder anvendelse af råvarer med højere fordøjelighed og afbalancering af aminosyreprofilen, avanceret proces teknologi samt forbedret fodringsstrategi, der har bevirket en væsentlig forbedring af produktionen på dambrugene d.v.s. mindre mængde foder/kg fiskeproduktion (lavere foderkvotient, FQ). Ifølge dambrugsbekendtgørelsen må foderkvotienten ved fiskeproduktionen (ekskl. moderfisk) ikke overstige 1.0 på årsbasis.

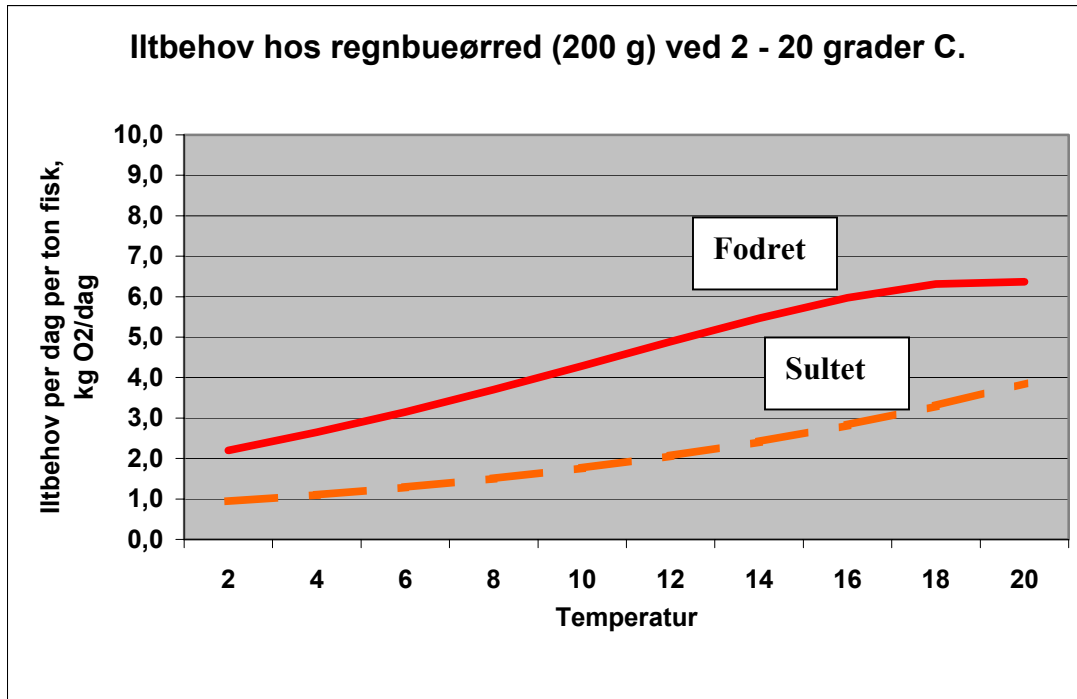


Kilde: BioMar A/S

Fig. 2. Sammenhængen mellem vandets iltindhold og iltmætningen (70 og 100%) i ferskvand som funktion af temperaturen (5 – 20 °C) samt ideal iltkurven for ørreders vækst (BioMar A/S).

Idag anvendes kun ekstruderet foder til opdræt af ørreder i danske dambrug. Brugen af ekstruderet foder i opdrættet har resulteret i forbedret foderkonvertering (længere opholdstid i mave/tarmkanalen, bedre fordøjelighed) og vækst og mindre påvirkning af miljøet.

I ekstruderen udsættes foderblandingen for et højt tryk og høj temperatur (kort tid). Den nærmest sirups-agtige masse presses gennem ekstruderens dyser og i samme øjeblik frigøres vanddamp, der bevirker at pillerne popper op og bliver porøse. På grund af denne porøse struktur er ekstruderede piller i stand til at opsuge meget fedtstof (> 30% olie). Ekstruderede piller er stabile med et lavt støv-indhold, højt energiindhold og en lav synkehastighed i vand. Tilsætning af højere mængder fiskeolie til foderet har betydet, at proteinindholdet har kunnet reduceres, således at protein primært tilføres som aminosyrekilde, mens energien hentes fra fedtkilden.



Kilde: BioMar A/S

Fig. 3. Iltbehov hos 200 g regnbueørred som funktion af temperaturen og under henholdsvis sultning og fodret (BioMar A/S).

Den daglige udfodningsmængde skal tilpasses de aktuelle fiskestørrelser og driftsforhold i øvrigt. I nogle vandløb kan der f. eks. især i sommermånederne forekomme større døgnsvingninger i iltindholdet, som der må tages hensyn til ved udfodringen. Sådanne ilt-dyk kan imidlertid udlignes/afbødes ved iltning af produktionsvandet.

Der kan anlægges to fodringsstrategier ved opdræt af fisk, hvor målet enten er høj daglig tilvækst (SGR) eller lav foderkvotient (FQ):

- 1) Restriktiv udfodring
- 2) Ad libitum udfodring

Ved **restriktiv** udfodring forstås, at fiskene tildeles en beregnet procentuel daglig fodermængde i forhold til biomasse, fodertype, temperatur – og iltforhold mm. således, at der opnås den maksimale foderudnyttelse (d.v.s. minimal foderkvotient), mens fiskenes vækstpotentiale ikke udnyttes maksimalt. Den daglige fodermængde er således mindre end det, som fiskene kunne spise. Der kan derfor opstå øget konkurrence om foderet, men foderspild vil være minimeret. Konkurrencen mellem fiskene vil tillige kunne øge størrelsesvariationen.

Ved restriktiv fodring fokuseres således primært på lav foderkvotient (FQ) og mindre på fuld udnyttelse af fiskenes vækstpotentiale (SGR).

Ad libitum udfodring vil i praksis betyde, at fiskene har adgang til foder i et givet tidsrum - teoretisk over hele døgnnet. Herved udnyttes fiskenes vækstpotentiale fuldt ud. Ved ad libitum udfodring vil fiskene ikke være begrænset på foderet, dvs. SGR vil afspejle fiskenes reelle vækstpotentiale.

I praksis anvendes overvejende restriktiv fodring, hvor den daglige fodermængde beregnes til hver dam på grundlag af fiskestørrelse, biomasse, fodertype, temperatur – og iltforhold mm., d.v.s. efter tabel. Ved de energirige fodertyper er der især risiko for overfodring, hvorfor det er meget vigtigt at tilpasse fodringen, så der opnås den bedste foderøkonomi og miljøet ikke belastes p.g.a. foderspild/dårligt udnyttet foder. Det bemærkes at beregning af fodertildeling sker på basis af energiindholdet i foderet.

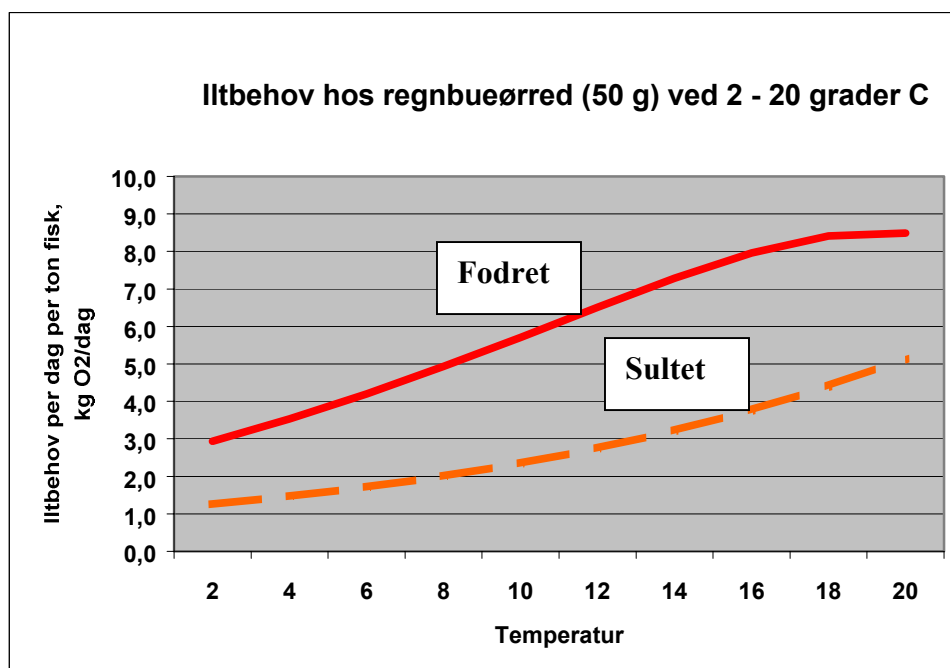
Ifølge BioMar A/S (Anders Andreassen, 2002) er der erfaret et positivt samspil mellem regnbueørredens sociale adfærd og restriktiv fodring (efter tabel). Ved at fodre fiskene lidt i underkanten af hvad de egentlig kunne æde skærpes konkurrencen mellem dem om at få fat i foderet og derved opnås optimal foderkvotient og god vækst.

Driftsjournalen er et vigtigt redskab for at optimere driften på dambruget. Heri bør dagligt registreres alle væsentlige parametre i den daglige drift, f. eks. fiskebestand, temperatur- og iltforhold, udfodring, fodertyper, sygdomme, dødeligheder, forbrug af medicin og hjælpestoffer m.v. Efterhånden opbygges et betydeligt data- og erfaringsmateriale, som kan være et værdifuldt udgangspunkt for optimering af driften og dermed mere effektiv udnyttelse af ressourcerne på dambruget.

4.2 Iltforbrug og vandbehov

De danske vandløb udviser forskelle i såvel fysiske som kemiske forhold, hvilket spiller en stor rolle for såvel livet i åen som for fiskene på dambrugene, der får vand fra den pågældende å. Især har vandets temperatur og iltforhold stor betydning for fiskenes udnyttelse af foderet og vækstraten (jvf. fig. 2). Men ved de forskellige dambrug kan der være store årstids- og vejrbestemte udsving i bl.a. temperatur og iltforhold samt vandføring i åen, der kan gribe meget forstyrrende ind i dambrugsdriften. Da iltten tilføres fiskene med vandet kan tilførsel af tilstrækkelige vandmængder være livsnødvendige for fiskene i kritiske situationer (f.eks. meget varme somre i de tidlige morgentimer etc.). Falder iltmætningen til under 60% mætning ved 15 °C vil det medføre lavere vækst og foderudnyttelse, evt. stresses fiskene med sygdom til følge og i værste fald høj dødelighed.

Iltbehovet hos fisk varierer med temperatur, fiskestørrelse og fodringsniveau. I fig. 4-6 er vist iltbehovet hos regnbueørreder med henholdsvis gennemsnitsvægt 50 g (25 – 75 g), 150 g (75 – 225 g) og 250 g (225 – 275 g) i temperaturintervallet 2 – 20 °C og under henholdsvis restriktiv fodring (fodring efter tabel) og sultning. Under forudsætning af at der ikke sker tilsætning af ilt til vandet er beregnet nødvendige vandmængder (vandflow) pr. tons fisk i forskellige størrelser.



Kilde: BioMar A/S

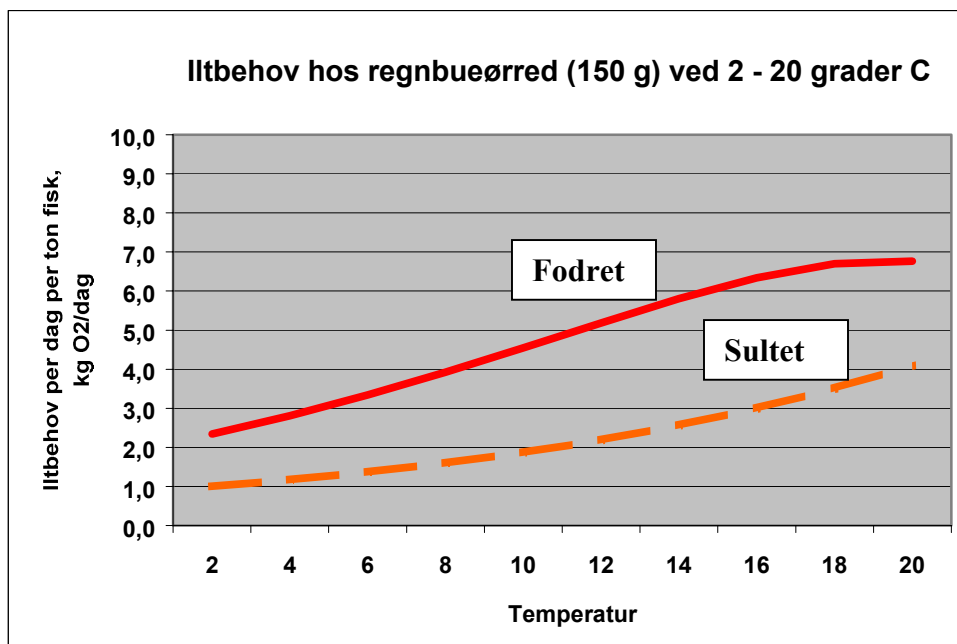
Fig 4. Iltbehov hos regnbueørred med gennemsnitsvægt 50 g (25 – 75 g) ved 2 – 20 °C og under henholdsvis restriktiv fodring og under sultning (BioMar A/S)

Af figur 4 fremgår, at ved f. eks. 11°C er iltbehovet ca. 6 kg ilt pr. ton fisk pr. dag for fisk i størrelsen ca. 50 g/stk., der er restriktivt fodrede d.v.s. fodret efter tabel. Hertil kommer sultestofskiftet, der kræver ca. 2,5 kg ilt pr. ton fisk pr. dag, d.v.s. i alt 8,5 kg ilt pr. ton fisk pr. dag. Ifølge BioMar's vejledende fodertabel anbefales en udfodring til denne størrelse fisk på ca. 16 kg foder (Ecolife 19) pr. tons fisk

Fuldmættet vand indeholder 11,0 mg ilt/l (100 %) ved 11 °C. Antages det at vandet tages ind i dambruget med 95% mætning og udledes med 60% mætning har fiskene således udvundet 3,9 mg ilt af hver liter vand. For at forsyne 1 ton fisk med den nødvendige ilt kræves således et vandflow på: $8.500.000 \text{ mg ilt} / 3,9 \text{ mg ilt/l} = 25 \text{ l/sek}$. Et ton fisk på ca. 50 g/stk kræver således et flow på ca. 25 l fuldmættet vand/sek ved 11 °C.

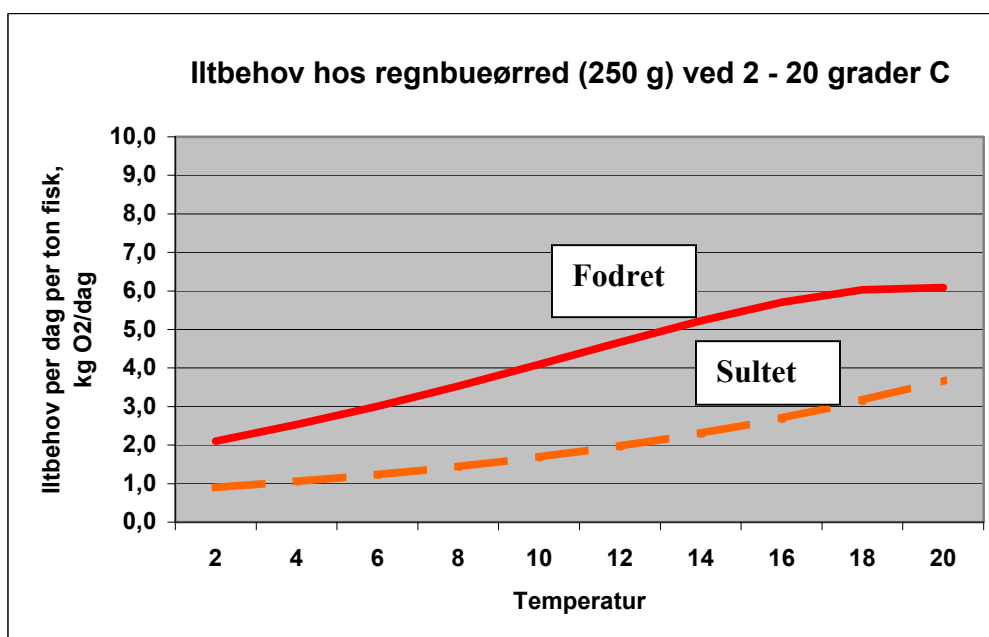
Af figur 5 fremgår, at ved f. eks. 11°C er iltbehovet ca. 5 kg ilt pr. ton fisk pr. dag for fisk i størrelsen ca. 150 g/stk., der er restriktivt fodrede d.v.s. fodret efter tabel. Hertil kommer sultestofskiftet, der kræver ca. 2 kg ilt pr. ton fisk pr. dag, d.v.s. i alt 7 kg ilt pr. ton fisk pr. dag. Ifølge BioMar's vejledende fodertabel anbefales en udfodring til denne størrelse fisk på ca. 11 kg foder (Ecolife 19) pr. tons fisk

Under antagelse af at fiskene trækker 3,9 mg ilt ud af hver liter vand kræver forsyning af 1 ton fisk med den nødvendige mængde ilt et vandflow på: $7.000.000 \text{ mg ilt} / 3,9 \text{ mg ilt/l} = 21 \text{ l/sek}$. Et ton fisk på ca. 150 g/stk kræver således et flow på ca. 21 l fuldmættet vand/sek ved 11 °C.



Kilde: BioMar A/S

Fig 5. Iltbehov hos regnbueørred med gennemsnitsvægt 150 g (75 - 225 g) ved 2 – 20 °C og under henholdsvis restriktiv fodring og under sultning (BioMar A/S).



Kilde: BioMar A/S

Fig 6. Iltbehov hos regnbueørred med gennemsnitsvægt 250 g (225 – 275 g) ved 2 – 20 °C og under henholdsvis restriktiv fodring og under sultning (BioMar A/S)

For restriktivt fodrede fisk i portionsstørrelsen (250 g/stk) er iltbehovet ved 11°C angivet til ca. 4,5 kg ilt pr. ton fisk pr. dag (fig. 6). Hertil kommer sultestofskiftet, der kræver ca. 1,8 kg ilt pr. ton fisk pr. dag, d.v.s. i alt 6,3 kg ilt pr. ton fisk pr. dag. Ifølge BioMar's vejledende fodertabel anbefales en udfodring til denne størrelse fisk på ca. 10 kg foder (Ecolife 19) pr. tons fisk

Idet det antages, at fiskene trækker 3,9 mg ilt ud hver liter vand, kræver forsyning af 1 ton fisk med den nødvendige ilt et vandflow på: $6.300.000 \text{ mg ilt} / 3,9 \text{ mg ilt/l} = 19 \text{ l/sek}$. *Et ton fisk på ca. 250 g/stk kræver således et flow på ca. 19 l fuldmættet vand/sek ved 11 °C.*

De angivne iltbehov omfatter ikke iltforbruget som følge af bl.a. egenomsætning, NH_3 mv., ligesom der ikke er anvendt tilsætning af ilt.

Af figur 4-6 fremgår, at iltforbruget ligger i størrelsesordenen 7,5 kg ilt/tons fisk/døgn ved 11 °C for fisk i størrelsen 50 – 250 g/stk. Haves en stående bestand på 40 tons fisk, svarende til en årsproduktion på 100 tons (vækstfaktor 2,5), kan beregnes et årligt iltforbrug på: $7,5 \text{ kg ilt/tons fisk/døgn} * 40 \text{ tons fisk} * 365 \text{ døgn/år} = 110 \text{ tons ilt/år}$ ved produktion af 100 tons fisk. Dette svarer til et iltforbrug på ca. 1 kg ilt/kg fisk, hvilket formodentlig er overestimeret. I praksis regnes således med et iltforbrug på ca. 0,5 kg ilt til omsætning af et kg foder (jvf. afsnit 6.1.2).

4.3 Beredskab og konsekvenser

Udviklingen fra traditionelle dambrug med forholdsvis ekstensiv produktion til intensiv produktion i højteknologiske anlæg med semi-recirkulation og mekanisk og biologisk rensning og minimeret vandforbrug stiller krav til høj grad af management, uddannet personale, sikkerhed og kontrol, herunder alarmer og nødberedskab (nødilt og nødstrøm).

For især dambrug med høj vandindvinding fra åen kan en reduktion i det tilladelige vandindtag stille krav til tekniske løsninger for at opretholde produktionen.

Således svinger iltindhold og vandføring meget i mange vandløb i sommerperioden. Ved reduktion i vandindtaget vil der følgelig være øget behov for iltstyring og retur-pumpning (genbrug af vand) samt vandbehandling.

Ved minimalt vandindtag til et semi-recirkulationsanlæg stilles høje krav til driftsledelse, kontinuert overvågning, styring, kontrol, alarm. Denne type anlæg stiller endvidere krav om en høj investerings- og driftskapital.

4.4 Vandkvalitet (grundvand/vældvand/spisekvalitet)

Det er væsentligt at sikre tilstrækkelig frisk vand til at holde en passende temperatur i varme perioder samt til udvanding af fisk til slagtning (smag/kvalitet).

Opdræt af fisk i recirkuleret vand indebærer øget risiko for at fiskene får afsmag (geosmin). Inden fiskene kan anvendes til konsum skal de derfor holdes i rindende vand i mindst én uge før slagtning.

Afhængig af jordbundsforholdene kan grundvandet have varierende kvalitet, hvilket kan nødvendiggøre behandling før det ledes ind til fiskene. Fjernelse af f. eks. okker i vandet indebærer tilsætning af kalk, beluftning og fældning af okkeren.

5 Faktorer, der kan medvirke til at reducere vandforbruget

5.1 Beluftning og iltning

På nogle dambrug anvendes forskellige beluftningssystemer, ligesom der under forskellige driftsformer tilsættes ren ilt. Beluftning/iltning sker dels for at opfylde fiskenes iltkrav og dels for at opfylde iltkravet til dambrugets afløbsvand. I recirkulationsanlæg beluftes vandet i biofiltre for afgangning for N_2 og CO_2 , mens iltningen er nødvendig for en intensiv produktion med lille vandforbrug. Men tilsætning af ren ilt er en væsentlig produktionsomkostning.

Beluftning med iltpiskere sker mekanisk, idet vandet bringes i kontakt med atmosfærisk luft, hvorved ilt indløses i vandet og samtidig udluftes vandet for gasser. Iltpiskere kan tilføre vandet ca. 1 kg ilt/kWh ved iltmætninger under 70%, og kan derfor kun udgøre et supplement til at udjævne udsving i iltindholdet i produktionsvandet.

En mere effektiv iltning af vandet kan opnås i såkaldte beluftningsbrønde, hvor en nedadgående vandstrøm i den ene brøndhalvdel beluftes i modstrøm med atmosfærisk luft, medens vandet i den anden brøndhalvdel luftes i medstrøm (mammutpumper). Afhængig af iltmætningen i tilløbsvandet til brøndene kan der opnås næsten 100% mætning i afløbsvandet.

Højere ilt niveauer kan opnås ved brug af iltkegler, hvor ilt tilføres under tryk, hvor der således kan opnås overmætninger. Man bør dog kun tilstræbe overmætning i en delmængde af det samlede vandindtag, således at blandingen af det iltede vand og det evt. beluftede vand har en iltmætning på ca. 100% i indløbet til dammene. Ved højere overmætninger risikeres afgangning af ilt til atmosfæren. Der kan indløses ca. 5 kg ren ilt/kWh, som afhængig af driftssituationen kan være mere energiøkonomisk end almindelig beluftning.

Iltningen kan også ske ved hjælp af en såkaldt deep-shaft, der er et U-formet rør, der går adskillige meter (50 m) ned i jorden. I f. eks. 50 m dybde vil der være et tryk på 5 atm, hvor vandet således kan overmættes med den indblæste ilt.

Der findes styringssystemer for ilt- og beluftningsanlæg med henblik på optimal ressource udnyttelse. F. eks. anvender Oxyguard iltningssystemet en feed-back med dels en konstant ilttilsætning (base-load) og dels en peak-load, hvor der tilsættes en ekstra dosis ilt så længe iltkoncentrationen i anlægget er under en vis tærskelværdi. Derved tilstræbes konstant optimalt iltniveau i hele anlægget. Endelig er systemet udstyret med alarmfunktion ved ”lav ilt” og ”høj ilt”.

5.2 Genbrug/vandrensning/recirkulation

Indtag af å-vand til fiskeopdræt anses for at være forbrug af en ressource i relation til anvendelse af renere teknologi på dambrug. Vandet skal dels bringe ilt frem til fiskene og dels føre affaldsstoffer bort. Skal en given produktion opretholdes med et mindre vandforbrug vil det betyde anvendelse af pumpeenergi, iltning/beluftning og vandrensning i et vist omfang.

Genbrug af vand omfatter hvad der ligger mellem et gennemstrøms dambrug, hvor alt vand passerer gennem dambruget én gang, til semi-recirkulering, hvor vandet renses mekanisk og biologisk og der således sker minimal tilførsel af frisk vand og dermed minimal afledning til recipienten. Ved genbrug genanvendes en del af vandet efter bundfældning og beluftning.

Der er imidlertid kun på meget få dambrug tale om ”fuld recirkulering” med kun 10 – 15% udskiftning af anlægsvolumen/døgn.

Produktion af regnbueørreder til konsum i egentlige recirkuleringsanlæg har således ikke hidtil været økonomisk bæredygtigt. Derimod kan yngelopdræt i (evt. opvarmet) recirkuleret vand være interessant og praktiseres på en del dambrug.

En mere realistisk mulighed på produktionsdambrugene er varierende grad af genbrug af vand ved evt. udbygning af rensningsforanstaltningerne (semi-recirkulering). De begrænsende faktorer ved genbrug af vand er vandets iltindhold samt mængden af suspenderet stof. Men ved anvendelse af mekanisk rensning efterfulgt af beluftning og opiltning af vandet vil det kunne genbruges flere gange før $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ bliver den begrænsende parameter (Kaare Michelsen, 2002a).

Omkostningerne ved ombygning af tre traditionelle dambrug til anlæg med varierende grad af genbrug af vand er angivet til i størrelsesordenen 150.000 – 300.000 kr. pr. 100 l/sek. behandlet vand (DFU m.fl., 1998).

Men omkostningerne ved opdræt i semi-recirkulationsanlæg (ilt, el m.v.) er betydelige i forhold til almindelig dambrugsdrift. Således skønnes udgiften til el at ligge på ca. 2 kWh/kg produceret ørred (1 kWh \approx 0,45 kr).

Endvidere forudsætter drift af recirkulationsanlæg know how om drift og vedligeholdelse af sådanne høj teknologiske anlæg. F.eks. er et velfungerede biofilter afgørende for fiskenes trivsel og belastningen af recipienten.

Anvendelse af renere teknologi på dambrug drejer sig om at minimere forbruget af eksterne ressourcer. Herunder hører bl.a. vandressourcen og energiressourcen. En reduktion i vandforbruget (genbrug/recirkulation) vil medføre øget energiforbrug til pumpning og iltning af vand. I forbindelse med pumpning af vand at det vigtigt at søge mindst mulig pumpehøjde.

5.3 Driftsledelse

I takt med at de traditionelle dambrug ombygges til mere teknologiprægede anlæg og der udvikles nye højteknologiske anlæg øges behovet for uddannet personale til driften af anlæggene. Der vil således være behov for at uddanne/efteruddanne personale indenfor såvel teori som praktisk indføring i hvordan de respektive anlæg drives mest optimalt, herunder driftsledelse og brug af computerbaserede drifts- og produktionsstyringssystemer, som er tilpasset det enkelte dambrugs behov. Den afgørende forudsætning for optimal drift af et dambrug er dygtig driftsledelse samt indgående forståelse for de processer, der sker i de tilhørende rensforanstaltninger.

Der stilles således højere krav til vidensniveauet hos den enkelte dambruger, ligesom produktionen vil foregå med højere risici end på traditionelt drevne dambrug. Dette

indebærer, at fejl og/eller manglende overvågning og kontrol kan resultere i store økonomiske tab.

For optimal drift kræves således styring og kontrol på nøgleparametre. Der bør ske løbende registrering af driftsforhold, d.v.s. der skal føres en driftsjournal. Således er det f. eks. vigtigt med præcis styring af sammensætning og størrelse af besætningen i de enkelte produktionsenheder. Endvidere bør drift- og vedligeholdelse af de enkelte tekniske installationer, herunder renseforanstaltninger (mekaniske og biologiske filtre mm) være beskrevet i en driftsmanual.

Anlæggene skal være udstyret med alarmsystemer, der reagerer på kritiske niveauer af vandstand, ilt, ved strømsvigt og ved udfald af renseforanstaltning m.v. Det bør følge- lig også være etableret nødstrømssystem på dambrugene.

På et intensivt og optimalt drevet dambrug bør bl.a. følgende parametre indgå i styringen af driften:

- ✘ Fiskebestand (løbende udvikling i biomasse og fordeling på fiskestørrelse)
- ✘ Daglig udfodring (fodertype og pillestørrelser)
- ✘ Fodringsstrategi (fodringsmetode)
- ✘ Vandkemi (Temperatur, ilt, pH, ammoniak, nitrit, nitrat)
- ✘ Vandforbrug
- ✘ Vækst og foderkvotient
- ✘ Dødelighed
- ✘ Forbrug af medicin og hjælpestoffer

6 Vandforbrug i danske dambrug

På grund af det anførte heterogene præg over danske dambrug er der store udsving i vandforbruget. I Dambrugsudvalgets rapport (2002) angives en gennemsnitlig årsproduktion på 335 kg fisk/liter/sek i forhold til medianminimums vandføringen for alle danske dambrug (tabel 6.1).

Tabel 6.1. Årsproduktion (2000) i forhold til vandløbets medianminimumsvandføring, fordelt geografisk på amt og dambrugsstørrelse (**kg / liter / sek.**)

Amt	Sønderjylland	Ribe	Vejle	Ringkøbing	Aarhus	Viborg	Nordjylland	Middelværdi
Tilladt foderforbrug (tons/år)								
< 20 tons	-	325	474	406	208	191	504	330
20 - 50 tons	-	555	451	401	438	528	347	422
50 - 100 tons	-	457	224	328	558	439	301	350
100 - 200 tons	-	302	226	318	233	311	323	300
> 200 tons	276	262	-	193	-	242	332	253
Middelværdi	276	362	319	321	263	398	349	335

Kilde: Dambrugsudvalget (2002)

I tabel 6.2 er givet en oversigt over den vandmængde, der gennemsnitligt er til rådighed for forskellige størrelser af dambrug.

Tabel 6.2. Medianminimumsvandføring sammenholdt med dambrugsstørrelse.

Dambrugsstørrelse, tilladt foderforbrug (tons/år)	Medianminimumsvandføring ved dambrugets udløb (liter/sek.)			
	Middelværdi	Median	25% fraktil	75% fraktil
< 20 tons	368	28	15	70
30 - 50 tons	139	101	61	160
50 - 85 tons	573	210	139	376
85 - 115 tons	833	355	283	694
115 - 150 tons	817	620	300	840
150 - 200 tons	1111	870	610	1100
> 200 tons	1721	1170	810	1800

Kilde: Dambrugsudvalget (2002)

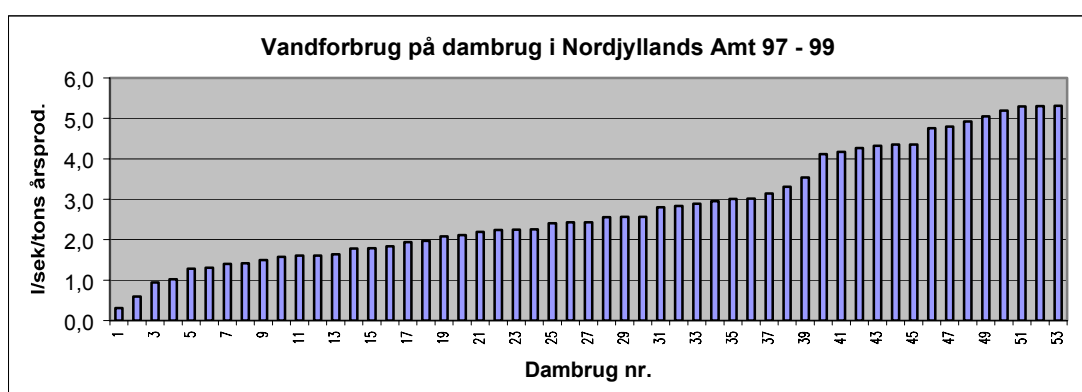
Den forholdsvis høje middelvandføring for de små dambrug (f. eks. 368 l/sek for anlæg med mindre end 20 tons foder) i forhold til medianen skyldes, at enkelte dambrug ligger ved meget store vandløb i forhold til dambrugets størrelse. Disse dambrug indtager dog ikke nødvendigvis vand fra selve vandløbet, men forsynes med vand fra kilder/ sidevandløb og har afledning til en recipient med høj vandføring. Tabellen viser også, at der kan forekomme meget store variationer i den tilgængelige mængde vand på dambrugene.

I en opgørelse fra 1993 har Århus Amt beregnet vandforbruget i 410 danske dambrug til at ligge fra 0,67 l/s/tons til 12,73 l/s/tons årsproduktion (Peter Kaarup, 1993). 50% fraktilen lå på 2,95 l/s/tons årsproduktion, d.v.s. 50% af dambrugene anvendte mere

end 2,95 l/s/tons årsproduktion. Beregningerne er baseret på gennemsnitlige vandføringer ind i de respektive dambrug. Men talmaterialet viste endvidere, at henholdsvis min. og maks. vandføring ved de enkelte dambrug varierede med op til flere hundrede procent. Opgørelsen skelnede ikke mellem driftsformer (gennemstrømsanlæg, genbrug/recirkulation), men i 1993 var genbrug af vand og recirkulering kun lidt udbredt i Danmark.

Vandforbruget søges imidlertid reduceret ved genbrug af vand ved forskellige teknologiske løsninger på en række dambrug. Endvidere er semi-recirkulering af vandet med mekanisk og biologisk rensning implementeret på enkelte mere høj teknologiske anlæg, hvorved vandforbruget kan bringes yderligere ned.

En opgørelse fra Nordjyllands Amt for årene 1997-1999 viste således, at vandforbruget på 53 dambrug i amtet lå på fra 0,3 l/sek/tons årsproduktion til 5,3 l/sek/tons årsproduktion, jvf. fig. 7 og tabel 6.3 (Jan Koch Nielsen, 2002a). Når vandforbruget vægtes i forhold til den angivne produktion på de enkelte dambrug i de 3 år er beregnet et vægtet gennemsnitligt vandforbrug på 2,5 l/sek/tons årsproduktion. De angivne dambrug i amtet producerede i gennemsnit 73 tons fisk pr. år.



Kilde: Nordjyllands Amt

Fig 7. Vandforbrug på dambrug i Nordjyllands Amt 1997 – 1999. ”Dambrug nr.” refererer til dambrugets nummer i tabel 6.3. Vandgennemstrømningen er opgjort på grundlag af dambrugets egenkontrol og amtets belastningsundersøgelser i perioden april til oktober.

Tabel 6.3. Vandforbrug på dambrug i Nordjyllands Amt (1997 – 1999). Det gennemsnitlige vandforbrug (2,5 l/sek/tons årsprod.) er vægtet i forhold til den angivne gennemsnitlige produktion på de enkelte dambrug i de 3 år.

NR.	Dambrug	liter/sek/tons årsprod.	Gnst. produktion 97 - 99
1	Buderupholm	0,3	275
2	Rebstrup Fiskeri	0,6	148
3	Trend Å	0,9	251
4	Kildebækkens	1,0	43
5	Trindbakhushus	1,3	24
6	Fruerlund	1,3	10
7	Boldrup	1,4	14
8	Kistvad	1,4	53
9	Rebstrup Damkultur	1,5	36

10	Bonderup	1,6	75
11	Erkildstrup	1,6	19
12	Blæsborg	1,6	11
13	Hjortdal	1,6	29
14	Skærdal	1,8	27
15	Vidkær	1,8	53
16	St. Restrup	1,8	73
17	Thingbæk Mølle	1,9	15
18	Rebstrup Mølle	2,0	25
19	Skørbæk	2,1	31
20	Højslev Mølle	2,1	132
21	Studsbjerg	2,2	72
22	Mosbjerg	2,2	209
23	Sønderup Mølle	2,2	58
24	Skellingbro	2,3	11
25	Dybvadbro	2,4	42
26	Lunddal	2,4	16
27	Blåkilde	2,4	133
28	Binderup Mølle *)	2,6	154
29	Kongsvad Mølle	2,6	121
30	Lerkenfeld	2,6	174
31	Krastrup	2,8	23
32	Volstrup	2,8	151
33	Troelstrup	2,9	23
34	Stenildbro	3,0	145
35	Pandum	3,0	95
36	Munkholm	3,0	34
37	Gelstrup	3,1	124
38	Villestrup (Nord)	3,3	66
39	Hannerup Fiskeri	3,5	150
40	Villestrup (Syd)	4,1	53
41	Korup Å	4,2	24
42	Oue Mølle	4,3	166
43	Lundby	4,3	6
44	Vrå Mølles Fiskeri	4,4	117
45	Louisendal	4,4	17
46	Mølgård	4,8	37
47	St. Binderup	4,8	22
48	Skærum	4,9	31
49	Egelund	5,1	17
50	Korup Mølle	5,2	32
51	Højris Mølle ApS	5,3	66
52	Blegø	5,3	58
53	Snorup	5,3	52
Gennemsnit		2,5^{**}	73

*) Før ombygning

***) Vægtet gennemsnit

En tilsvarende undersøgelse fra 103 dambrug i Ringkøbing Amt for samme periode (1997-1999) viste, at vandforbruget lå på fra 0,25 l/sek/tons årsproduktion til 9,4 l/sek/tons årsproduktion, jvf. fig. 8 og tabel 6.4 (Jan Koch Nielsen, 2002b).

Ved vægtning af vandforbruget i forhold til den angivne produktion på de enkelte dambrug i de 3 år er beregnet et vægtet gennemsnitligt vandforbrug på 4,4 l/sek/tons årsproduktion. De angivne dambrug producerede i gennemsnit 103 tons fisk pr. år.

Det vægtede gennemsnitlige vandforbrug var således højere i Ringkøbing Amt (4,4 l/sek/t) end i Nordjyllands Amt (2,5 l/sek/t). Dette skyldes, at en del dambrug i Ringkøbing Amt havde en høj produktion samtidig med at vandforbruget lå over amts gennemsnittet. Årsproduktionen i forhold til medianminimumsvandføringen var ligeledes højere i Nordjyllands Amt end i Ringkøbing Amt (tabel 6.1). Dette kan dels hænge sammen med en højere vandføring i de vestjyske åer og dels det forhold at de nordjyske dambrug, i lighed med de østjyske dambrug, har højere vandføring om vinteren end om sommeren og dermed en større produktionen i vinterhalvåret.

De to amter tegner sig for ca. halvdelen af den danske produktion af regnbueørreder og må derfor anses for repræsentative for den samlede danske dambrugsproduktion.

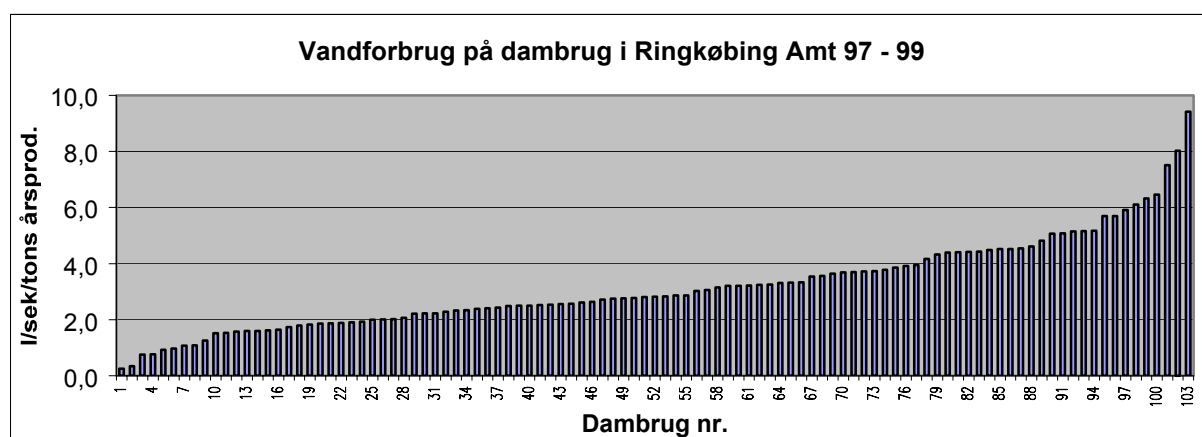


Fig 8. Vandforbrug på dambrug i Ringkøbing Amt 1997 – 1999. ”Dambrug nr.” referer til dambrugets nummer i tabel 6.4.

Tabel 6.4. Vandforbrug på dambrug i Ringkøbing Amt (1997 – 1999). Det gennemsnitlige vandforbrug (4,4 l/sek/tons årsprod.) er vægtet i forhold til den angivne gennemsnitlige produktion på de enkelte dambrug i de 3 år.

NR.	Dambrug	liter/sek/tons årsprod.	Gnst. produktion 97 - 99
1	Høghøj	0,3	112
2	Hestlund	0,3	197
3	Egebæk	0,8	34
4	Bisgård	0,8	155
5	Nærrild	0,9	73
6	Herborg	1,0	71
7	Fousing	1,1	69
8	Idom	1,1	122
9	Kjærgårdsmølle	1,3	71
10	Kidmose Bæk	1,5	56
11	Munkbro	1,5	140
12	Sdr. Karstoft	1,6	91
13	Kongsholm	1,6	76

14	Ejsdal	1,6	17
15	Ø. Højgård	1,6	194
16	Nr. Esp	1,6	187
17	Hemmet	1,7	135
18	Klostermølle	1,8	43
19	Tim Mølle	1,8	233
20	Møborg	1,9	142
21	Sørvad	1,9	40
22	Muldbjerg	1,9	34
23	Tarp	1,9	15
24	Hårkær	1,9	62
25	Ronnum	2,0	62
26	Ny Mølle	2,0	45
27	Toudal	2,0	195
28	Brogård	2,1	33
29	Ganer	2,2	72
30	Nr. Vium	2,2	327
31	Oksfeldt	2,2	77
32	Kildehus	2,3	19
33	Tylvad	2,3	92
34	Vester Isen	2,3	114
35	Hallundbæk	2,4	71
36	Ginderskov	2,4	48
37	Foss	2,4	139
38	Døvling Østergård	2,5	66
39	Sandfær	2,5	230
40	Blåhøj	2,5	64
41	Kidderis	2,5	195
42	Klaptoft	2,5	55
43	Damhus	2,6	161
44	Abildtrup	2,6	189
45	Vester Hvoidal	2,6	197
46	Krogdsdal	2,6	109
47	Ellebæk	2,7	27
48	Feldborg	2,8	58
49	Skærlund	2,8	114
50	Nr. Ågård	2,8	87
51	Heselvig	2,8	298
52	Nr. Karstoft	2,8	43
53	Agerskov	2,8	207
54	Mølbak	2,9	117
55	Ørts	2,9	61
56	Grydeå	3,0	141
57	Ovstrup	3,1	102
58	Barslund	3,1	78
59	Silstrup	3,2	58
60	Stavlund	3,2	195
61	Brohus	3,2	103
62	Vilhelmsborg	3,2	68
63	Vadhoved	3,3	83
64	Fåre	3,3	37
65	Rosendahl	3,3	103

66	Voldbjerg	3,3	110
67	Naur	3,5	18
68	Sdr. Green	3,6	101
69	Høgild	3,6	197
70	Kjeldsbæk	3,7	5
71	Nybro Mølle	3,7	109
72	Hvolby	3,7	123
73	Hyttens	3,7	189
74	Ny Mølle	3,8	194
75	Kølkær	3,9	102
76	Karstoft	3,9	85
77	Kærhede	3,9	181
78	Fonnesbæk	4,2	88
79	Bækkelund	4,3	12
80	Isenvad	4,4	16
81	Flynder	4,4	60
82	Ulbæk	4,4	6
83	Hoven	4,4	127
84	Bratbjerg	4,5	137
85	Risbjerg	4,5	47
86	Skarrild	4,5	20
87	Aabro	4,5	46
88	Christiansminde	4,6	176
89	Ahler Østergård	4,8	113
90	Haubjerg	5,1	63
91	Råsted Gl. Mølle	5,1	159
92	Kodbøl	5,1	152
93	Albæk Mølle	5,2	10
94	Langergård	5,2	4
95	Døvling	5,7	61
96	Vesterkroge	5,7	76
97	Lakkenborg	5,9	145
98	Harrildgård	6,1	123
99	Kongsholm	6,3	46
100	Arvadgård	6,5	111
101	Dyrvig	7,5	168
102	Sønderskov	8,0	330
103	Barslund	9,4	4
Gennemsnit		4,4^{**}	103

^{**}) Vægtet gennemsnit

6.1 Modeldambrug

I det følgende gennemgås modeldambrugene, som blev foreslået af Dambrugsudvalget til praktisk demonstration af forskellige indretnings- og driftsformer ved enten ombygninger af eksisterende dambrug eller etablering af nye anlæg. Endvidere er udvalgt og beskrevet 5 eksisterende dambrug med henblik på at dække spektret fra traditionelle jorddambrug til mere høj teknologisk prægede dambrug med et meget lille forbrug af friskvand. Det er dog vigtigt at understrege, at selvom de 5 dambrug er udvalgt som repræsentanter for danske dambrug, har alle dambrug et specielt særkende i kraft af beliggenhed, beskaffenhed, vandløbsforhold m.v. Det betyder, at selvom 2 dambrug umiddelbart ligner hinanden kan de have vidt forskellige produktionsmæssige forudsætninger og bør derfor vurderes i forhold hertil.

Endelig er inddraget data fra yderligere et antal dambrug i vurderingen af driftsøkonomien med henblik på størst mulig dokumentation for energiforbrug i forhold til vandforbrug på et repræsentativt udsnit af danske dambrug (jvf. kapitel 7).

I forbindelse med udarbejdelsen af Dambrugsudvalgets rapport (2002) blev der således beskrevet 3 ”modeldambrug”, med henblik på dels en forenklet sagsbehandling for miljøgodkendelser af dambrug og dels at skabe et grundlag for en forøgelse af dambrugsproduktionen under hensyn til miljøforholdene, herunder at reducere vandindtaget og optimere vandrensningen på dambrugene samt opfylde kvalitets målsætningerne i vandløbene. Endvidere skal modeldambrugene indgå som grundlag for indsamling af manglende dokumentation for drifts- og miljøparametre på dambrug under danske forhold.

Modeldambrugene blev designet med udgangspunkt i de eksisterende dambrug og omfatter 3 hovedtyper med en variant for hver af de tre modeller:

Modeldambrug 1 og 1A er ekstensive jorddambrug med mekanisk rensning og returpumpning. Der forventes optimal egenomsætning, hvorfor bestandstætheden er sat forholdsvis lav (10-15 kg/m²). Rensningen foregår dels ved egenomsætning og dels ved slamkegler, mikrosigter, lagune og slam anlæg. Dambrug 1A er udformet som modeldambrug 1 bortset fra at vandindtaget og dermed den nødvendige lagunestørrelse er halveret.

Modeldambrug 2 og 2A er intensive jord- (2) eller betonanlæg/raceways (2A) med mekanisk og biologisk rensning og med et pladsbesparende design. Rensningen sker ud over egenomsætning (2), ved slamkegler, mikrosigter, kontaktfiler og slam anlæg. Renseteknisk er den eneste forskel mellem de to varianter, at slamkeglerne er placeret i henholdsvis bagkanaler (2) og internt i raceways (2A).

Modeldambrug 3 og 3A er primært udformet med henblik på nyanlæg med minimalt vandforbrug og intensiv drift. Rensningen sker dels ved egenomsætning og dels ved slamkegler, mikrosigter, kontaktfiler, biofilter, lagune og slam anlæg. Dambrug 3A har dobbelt så stor lagune som dambrug 3 med henblik på evt. mere effektiv fjernelse af opløst kvælstof.

I tabel 6.5 er der givet nogle overordnede karakteristika for de tre modeldambrug og de tre varianter. Der er som udgangspunkt anvendt et 100 tons anlæg med en stående

bestand på 40 tons og en gennemsnitlig individvægt på 120 g/stk (Dambrugsudvalget, 2002).

Det bemærkes, at modeldambrugene er ansat til et væsentligt lavere vandforbrug i forhold til det aktuelle vandindtag på mange traditionelt drevne dambrug. Idet årsproduktionen er sat til 100 tons varierer vandforbruget fra 1,25 l/s/t årsprod. (dambrug 1) til 0,15 l/s/t årsprod. (dambrug 3 og 3A).

I dambrugstyperne 1 og 2 er der et vandforbrug på fra 60 til 125 l/sek, og vandindtaget sker via et stemmeværk.

I dambrugsmode 3 er vandforbruget lavere (15 l/sek), og vandindtaget kan ske via opstemning, eller via sivedræn fra vandløbet og/eller via en grundvandsboring.

Tabel 6.5: Karakteristika for de tre modeldambrug og de tre varianter. For alle dambrugstyperne gælder, at der er tale om 100 tons anlæg (100 t foder/år). Det interne vandflow i alle modeller er ansat til 500 l/s. Iltforbruget er ansat til ca. 300 mg ilt/kg fisk/time. Vanddybden i produktionsenhederne og i laguner er ansat til henholdsvis 1 m og 0,7 m. Alle dambrugstyperne har slamkegler og er udstyret med et slamdepot til mindst 1 års opbevaringskapacitet.

	Model 1	Model 1A	Model 2	Model 2A	Model 3	Model 3A
Type	Jord-dam-me	Jorrdam-Me	Jorrdam-me	Beton-dam-me	Beton-dam-me	Beton-dam-me
Recirkuleringsgrad (%) ^{*)}	75	88	88	88	97	97
Antal returpumpninger	4	8	8	8	33	33
Fisketæthed (kg/m ²)	10	15	15	15	40	40
Stående bestand (tons)	40	40	40	40	40	40
Vandindtag (l/s)	125	62,5	60	60	15	15
Opholdstid damme (timer)	8,9	11,9	12,3	12,3	18,5	18,5
Opholdstid laguner (timer)	9,3	9,3	ingen	ingen	18,7	37,3
Samlet opholdstid (timer) ^{**)}	18,2	21,2	13	13	40	59
Mikrosigter (µ)	74	74	74	74	74	74
Kontaktfilter	Nej	Nej	ja	Ja	ja	Ja
Biofilter overflade (m ²)	Nej	Nej	49.200	49.200	49.200	49.200
Lagune størrelse (m ²)	6.000	3.000	nej	Nej	1.440	2.880
Samlet pladsforbrug (m ²)	21.000	14.000	10.000	7.500	6.500	9.000

Kilde: Dambrugsudvalget (2002).

*) Recirkuleringsgrad: $(\text{Recirkuleret vand (m}^3/\text{t)} * 100) / (\text{Recirkuleret vand (m}^3/\text{t)} + \text{Frisk vand (m}^3/\text{t)})$

Recirkuleringsflow: Recirkuleret vand (m³/t)

***) Opholdstid = (Vandvol./vandindtag/døgn)

Ved vandindtag gennem sivedræn forstås drænrør placeret umiddelbart under vandløbsbunden eller langs vandløbets bredder. Sivedræn overflødiggor opstemninger og sikrer bedre faunapassage. Der kan dog opstå tilstopning af dræn som følge af materialeaflejringer fra vandløb.

Vandindtag fra grundvandsboring er en gennemprøvet teknik, som fordrer højeste grad af recirkulering, etablering af nødstrømsanlæg og som medfører øgede udgifter til elektricitet. Denne vandindvindingstype er også faunaneutral.

Det er grundlæggende for modeldambrugene at vandforbruget vil være væsentligt reduceret i forhold til de fleste af de traditionelt drevne dambrug. Dette indebærer, at mindst 50% af medianminimum vandføringen ledes forbi dambrugene. Et reduceret vandforbrug har mange miljømæssige fordele, men også for dambruget indebærer det formindskede vandindtag og recirkulationen en række driftsmæssige fordele men dog også visse ulemper. I dambrugsudvalgets rapport (2002) er angivet en række fordele og ulemper ved en reduktion i vandindtaget på dambrugene (tabel 6.6).

Tabel 6.6. Miljømæssige og driftsmæssige fordele og ulemper for dambrugene og de tilknyttede vandløb ved et reduceret, stabilt vandindtag kombineret med recirkulation på dambrugene.

Vandløbet	Dambruget
<p>Fordele:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ”Død å”-strækning undgås • Øget frivand • Påvirkning af opstemning opstrøms reduceres, fjernes evt. helt • Naturlige variationer i vandløbets vandføring opretholdes i omløbene • Indtrængen af naturlig fauna i dambrugene reduceres • Passageproblemer ved dambrugenes opstemninger og vandindtag, herunder afgitring, indretning af faunapassage (både op- og nedstrøms), opstemning m.v. løses langt nemmere • Udledning af medicin og hjælpestoffer reduceres • Maksimumskoncentrationer af medicin og hjælpestoffer i vandløbene formindskes • Fald i vandløbets iltindhold nedstrøms reduceres/undgås <p>Ulemper:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ingen 	<p>Fordele:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stabile produktionsforhold • Påvirkninger fra variationer i indløbsvandets kvalitet reduceres eller elimineres • Øget effekt af renseforanstaltninger • Ved brug af drænvand/grundvand kan opnås højere vandtemperaturer om vinteren og lavere om sommeren • Bedre muligheder for styring af management og produktionsmiljøet • Reduceret smittepres • Reduceret behov for anvendelse af medicin og hjælpestoffer, herunder kalkning • Bedre arbejdsmiljø <p>Ulemper:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Højere energiforbrug pr. kilo produceret fisk • Øget udledning af CO₂ • Risiko for opbygning af skadelige ammoniakkoncentrationer • Øget behov for overvågning og styring af driftsforholdene • Øget behov for backup-systemer: strøm, iltforsyning, pumper m.v. • Højere konc. af medicin og hjælpestoffer i afledt vand (tilføjet)

Kilde: Dambrugsudvalget (2002).

6.1.1 Vandforbrug

Vandforbruget for de beskrevne modeldambrug udgør jvf. tabel 6.5:

Model 1:	1,25 l/s/t årsproduktion
Model 1A:	0,63 l/s/t årsproduktion
Model 2:	0,60 l/s/t årsproduktion
Model 2A:	0,60 l/s/t årsproduktion
Model 3:	0,15 l/s/t årsproduktion
Model 3A:	0,15 l/s/t årsproduktion

6.1.2 Driftsøkonomi

Med udgangspunkt i en række driftsmæssige forudsætninger er der foretaget en beregning af energiforbruget på de beskrevne modeldambrug (Kaare Michelsen, 2002b). I beregningerne er forudsat en løbende og optimeret produktion af portionsørreder på anlæggene.

For at producere 100 tons fisk antages, at den stående bestand udgør ca. 100 tons : 2,5 = 40 tons, d.v.s. årsproduktionen skønnes til 2,5 gange den stående bestand.

Iltforbruget er ansat til 50 tons/år til 100 tons produktion. I afsnit 4.2 blev beregnet et iltforbrug på ca. 110 tons til 100 tons produktion. Forskellen beror på, at beregningerne i afsnit 4.2 er baseret på tabelværdier, mens forudsætningerne for beregning af energiforbruget på modeldambrugene er baseret på erfaringer fra praktisk dambrugsdrift (Kaare Michelsen, 2002a – jvf. afsnit 4.2).

For model 1, 1A og 2 vil energiforbruget i særlig grad variere med dambrugets aktuelle vandspejlsforskel (pumpens løftehøjde).

Model 1:

Forudsætninger:

Vandindtag 125 l/sek. pr. 100 tons produktion.
Vandføring i anlæg = 500 l/sek. pr. 100 tons produktion.
Fysisk løftehøjde ved vandtransport på anlæg = 1,25 m.
Løftehøjde til beluftning af returvand = 1 m.
Fiskenes iltforbrug ved 100 tons produktion = 50 tons
Pumpevirkningsgrad = 50%, idet der ved 100% el-udnyttelse haves en pumpekapacitet på 102 l/s/m/kW.

Udnyttelig iltmængde i vandflow = 2 mg/l, idet det er antaget, at vandet tages ind med 90% mætning og udledes til recipienten med 70% mætning .

Supplerende beluftning i opdrætsanlæg 1,5 kWh/kg O₂

Beregning af effektforsbrug:

Pumpning af 375 l/sek. ved 2,25 m løft: $375 \text{ l/sek} \times 2,25 \text{ m} \times 365 \text{ dage/år} \times 24 \text{ timer/døgn} / (102 \text{ l/s/m/kW} \times 0,5) = \underline{145.000 \text{ kWh}}$.

Udnyttelig iltmængde i vandforsyningen $500 \text{ l/s} \times 2 \times 10^{-9} \text{ ton/l} \times 3600 \text{ sek/time} \times 24 \text{ timer/døgn} \times 365 \text{ dage/år} = 31,5 \text{ tons ilt/år}$
Intern beluftning svarende til 18,5 tons ilt/år = 28.000 kWh.

Drift af mikrosigter ved et effektforsbrug på 6 kW = 53.000 kWh.
Øvrigt elforsbrug = 20.000 kWh.

Samlet årligt effektforsbrug = 246.000 kWh/100 tons produktion \cong

2,5 kWh/kg produceret fisk

Model 1A:

Forudsætninger:

Vandindtag 62,5 l/sek. pr. 100 tons produktion.
Vandføring i anlæg = 500 l/sek. pr. 100 tons produktion.
Fysisk løftehøjde ved vandtransport på anlæg = 1,25 m.
Løftehøjde til beluftning af returvand = 1 m.
Fiskenes iltforsbrug ved 100 tons produktion = 50 tons
Pumpevirkningsgrad = 50%, idet der ved 100% el-udnyttelse haves en pumpekapacitet på 102 l/s/m/kW.

Udnyttelig iltmængde i vandflow = 2 mg/l, idet det er antaget, at vandet tages ind med 90% mætning og udledes til recipienten med 70% mætning .
Supplerende beluftning i opdrætsanlæg: 1,5 kWh/kg O₂

Beregning af effektforsbrug:

Pumpning af 437,5 l/sek. ved 2,25 m løft: $437,5 \text{ l/s} \times 2,25 \text{ m} \times 365 \text{ dage/år} \times 24 \text{ timer/døgn} / 102 \text{ l/s/m/kW} \times 0,5 = \underline{169.000 \text{ kWh}}$.

Udnyttelig iltmængde i vandforsyningen $500 \times 2 \times 10^{-9} \text{ ton/l} \times 3600 \text{ sek/time} \times 24 \text{ timer/døgn} \times 365 \text{ dage/år} = \underline{31,5 \text{ tons ilt/år}}$
Intern beluftning svarende til 18,5 tons ilt = 28.000 kWh.

Drift af mikrosigter ved et effektforsbrug på 6 kW = 53.000 kWh.
Øvrigt elforsbrug = 20.000 kWh.

Samlet effektforsbrug = 270.000 kWh/100 tons produktion \cong

2,7 kWh/kg produceret fisk

Model 2:

Forudsætninger:

Traditionelt jorddambrug udbygget med biofilter
Vandindtag 60 l/sek. pr. 100 tons produktion.
Vandføring i anlæg = 500 l/sek. pr. 100 tons produktion.
Fysisk løftehøjde ved vandtransport på anlæg = 1,25 m.
Løftehøjde til beluftning af returvand = 1 m.
Fiskenes iltforbrug ved 100 tons produktion = 50 tons
Pumpevirkningsgrad = 50%, idet der ved 100% el-udnyttelse haves
en pumpekapacitet på 102 l/s/m/kW.
Udnyttelig iltmængde i vandflow = 2 mg/l, idet det er antaget, at
vandet tages ind med 90% mætning og udledes til recipienten med
70% mætning .
Supplerende beluftning i opdrætsanlæg: 1,5 kWh/kg O₂

Beregning af effektforbrug:

Pumpning af 440 l/sek. ved 2,25 m løft: $440 \text{ l/s} \times 2,25 \text{ m} \times 365 \text{ dage/år} \times 24 \text{ timer/døgn} / (102 \text{ l/s/m/kW} \times 0,5) = \underline{170.000 \text{ kWh}}$.

Udnyttelig iltmængde i vandforsyningen $500 \times 2 \times 10^{-9} \text{ ton/l} \times 3600 \text{ sek/time} \times 24 \text{ timer/døgn} \times 365 \text{ døgn/år} = 31,5 \text{ tons ilt}$
Intern beluftning svarende til 18,5 tons ilt = 28.000 kWh.

Drift af mikrosigter ved et effektforbrug på 6 kW = 53.000 kWh.

Drift biofilter ved et effektforbrug på 5 kW = 44.000 kWh.

Øvrigt elforbrug = 20.000 kWh.

Samlet effektforbrug = 315.000 kWh/100 tons produktion \cong

3,2 kWh/kg produceret fisk

Model 2A:

Forudsætninger:

Nybygget betonanlæg med minimeret tryktab over anlægget.
Vandindtag = 60 l/sek. pr. 100 tons produktion
Vandtransport, opiltning og udluftning ved hjælp af mammutpumper.
Fiskenes iltforbrug ved 100 tons produktion = 50 tons.
Vandtransport, opiltning og udluftning = 2kWh/kg O₂.

Beregning af effektforbrug:

Vandtransport, opiltning og beluftning = 100.000 kWh.

Drift af mikrosigter ved et effektforbrug på 6 kW = 53.000 kWh.

Drift biofilter ved et effektforbrug på 5 kW = 44.000 kWh.

Øvrigt elforbrug = 20.000 kWh.

Samlet effektforbrug = 217.000 kWh/100 tons produktion \cong

2,2 kWh/kg produceret fisk

Model 3 og 3A:

Vandindtag på 15 l/sek. pr 100 tons produktion. Idet de øvrige data svarer energimæssigt til model 2A skønnes energiforbruget for begge typer modeldambrug ligeledes til ca:

2,2 kWh/kg produceret fisk

I tabel 6.7 er givet en oversigt over vandforbrug og beregnet driftsøkonomi (el-forbrug) for modeldambrugene.

Tabel 6.7. Oversigt over vandforbrug og beregnet driftsøkonomi (el-forbrug) for modeldambrugene.

Dambrug	Vandforbrug, l/s/t årsprod.	Recirkuleringsgrad ¹⁾ , %	Opholdstid (timer)	Produktion, kg/l med.min./s	Elforbrug, kWh/kg prod. ³⁾	Iltforbrug, kg O ₂ /kg prod. ²⁾	(El + Ilt), kr/kg prod. ^{2,3)}
Model 1	1,25	75	8,9	-	2,5	—	1,15
Model 1A	0,63	88	11,9	-	2,7	—	1,25
Model 2	0,6	88	12,3	-	3,2	—	1,50
Model 2A	0,6	88	12,3	-	2,2	—	1,0
Model 3	0,15	97	18,5	-	2,2	—	1,0
Model 3A	0,15	97	18,5	-	2,2	—	1,0

Kilde: Dambrugsudvalget (2002).

1) Recirkuleringsgrad: $(\text{Recirkuleret vand (m}^3\text{/t)} * 100) / (\text{Recirkuleret vand (m}^3\text{/t)} + \text{Frisk vand (m}^3\text{/t)})$

2) Kun beluftning

3) Ansat pris på el: 0,45 kr/kWh

6.2 Utoft Dambrug



Fig. 9. Utoft dambrug.

Ejer: Peter Lassen/Vibeke Kristensen, Vejle Landevej 38, 7200 Grindsted. Tlf. 7535 3211 / 7532 0082

Dambruget blev besøgt d. 9. april 2002.

Utoft Dambrug er et traditionelt jorddambrug med et vist teknisk supplement (pumper og udstyr til beluftning/iltning af vandet). Dambruget forsynes via et stemmeværk med vand fra Grindsted-Varde Å (fig. 9 og 10). Dambruget ligger som nr. 4 ved Grindsted-Varde Å. Der er etableret en fisketrappe (kammertrappe). Vandindtaget fra åen må ikke overstige 2.300 l/s. I praksis indtages maks. 800 l/sek. Hertil kommer indvinding fra boring på maks. 16 l/s, som dog ikke udnyttes.

Medianminimumsvandføringen opstrøms og nedstrøms dambruget er på henholdsvis 893 l/sek og 918 l/sek.

Kvaliteten af det indtagne vand er meget svingende med store iltsvingninger i sommerperioden. Således kan det variere fra 30% iltmætning om natten til 130% iltmætning om dagen. Der er installeret deep shaft og iltstyring på dambruget, således at undermættet vand iltes op til et niveau, så der er 70% mætning i vandet i afløbet fra dammene. Der returpumpes i ca. 2 måneder om året.



Fig. 10. Utoft dambrug. Stemmeværk, fisketrappe og frivand.

Vandet ledes via fødekanaler til 46 produktionsdamme. Afløbsvandet fra dammene passerer et bundfældningsbassin, hvor slammet pumpes op med en ”støvsuger”, der med mellemrum ”støvsuger” bassinet. Slammes pumpes til slambed til udtørring.

Der var installeret to mikrosigter, men disse blev taget ud af drift i 1999 p.g.a. manglende effektivitet.

Dambrugets produktion er lagt an på en special produktion af store pigmenterede ørreder (500 – 1000 g/stk), der overvejende går til levende eksport. I kraft af stor vandforsyning kan dambruget holde en høj bestand om sommeren.

Dambruget har alarm på de vitale dele (vandstand, strømsvigt, pumper, ilt). Der findes et nødstrømsanlæg, der kan aktiveres ved strømsvigt.

6.2.1 Vandforbrug

Dambrugets samlede vanddækkede produktionsareal udgør ca. 9.400 m². Ansættes vanddybden i dammene til 0,8 m udgør produktionsvolumet ca. 7.520 m³. Ud fra det oplyste maksimale vandindtag på 800 l/sek kan minimum opholdstiden i dammene beregnes til (7.520.000 l / 800 l/sek. =) 2,6 timer.

Medianminimumsvandføringen i Grindsted-Varde Å er angivet til 893 l/sek. på grundlag af det oplyste maksimale vandindtag på 800 l/sek. Vandskiftet udgør således maksimalt 90% af medianminimumsvandføringen i åen.

Dambruget har en fodertilladelse på 171 tons foder/år (Heintzelmann, 1989). Den seneste foderkvotient (2001) var på 0,95. Det svarer således til en årsproduktion på 180 tons fisk.

Der er tilladelse til indvinding af grundvand på 500.000 m³/år svarende til 16 l/sek. Tilladelsen udløber i 2006, men boringen benytttes ikke.

Vandforbruget på Utoft Dambrug udgør således ca. 4,5 l vand/sek/tons årsproduktion.

Medianminimumsvandføringen udgør 5 l/sek/tons årsproduktion, og er således af samme størrelsesorden som det aktuelle vandforbrug i forhold til årsproduktionen.

Årsproduktionen (180 tons fisk) i forhold til vandløbets medianminimumsvandføring (893 l/sek) kan således beregnes til 201 kg/l/sek medianminimum, hvilket er 40% lavere end landsgennemsnittet på 335 kg/l/sek (jvf. tabel 6.1). Det lavere tal skyldes det forholdsvis høje vandindtag.

6.2.2 Driftsøkonomi

Anlægget er et traditionelt jorddambrug med et vist teknisk supplement. Der er i alt investeret ca. 400.000 kr i mikrosigter (anvendes ikke) og bundfældning.

El-forbruget udgør 80.000 kWh svarende til ca. 0,45 kWh/kg produceret fisk.

Der anvendes 43.000 m³ ilt om året svarende til ca. 61.500 kg ilt, d.v.s. ca. 0,35 kg O₂/kg produceret fisk.

Idet priserne på el og ilt er ansat til henholdsvis 0,45 kr/kWh og 2,50 kr/kg kan energiomkostningerne beregnes til at ligge i størrelsesordenen 1 kr/kg produceret fisk.

Dambruget indtager op til 90% af medianminimumsvandføringen i åen. I tilfælde af, at mindst 50% af medianminimumsvandføringen skal ledes forbi stemmeværket, vil det ifølge dambrugsejeren få konsekvenser for planlægningen af produktionen. Det vil således ikke længere være muligt at opretholde en høj bestand om sommeren. Dambrugsejerens erfaring var, at de udenlandske kunder foretrak fisk fra Utoft Dambrug p.g.a. af den traditionelle driftsform og gode vandforsyning, som de fandt gav gode og stærke fisk.

6.3 Rebstrup Fiskeri

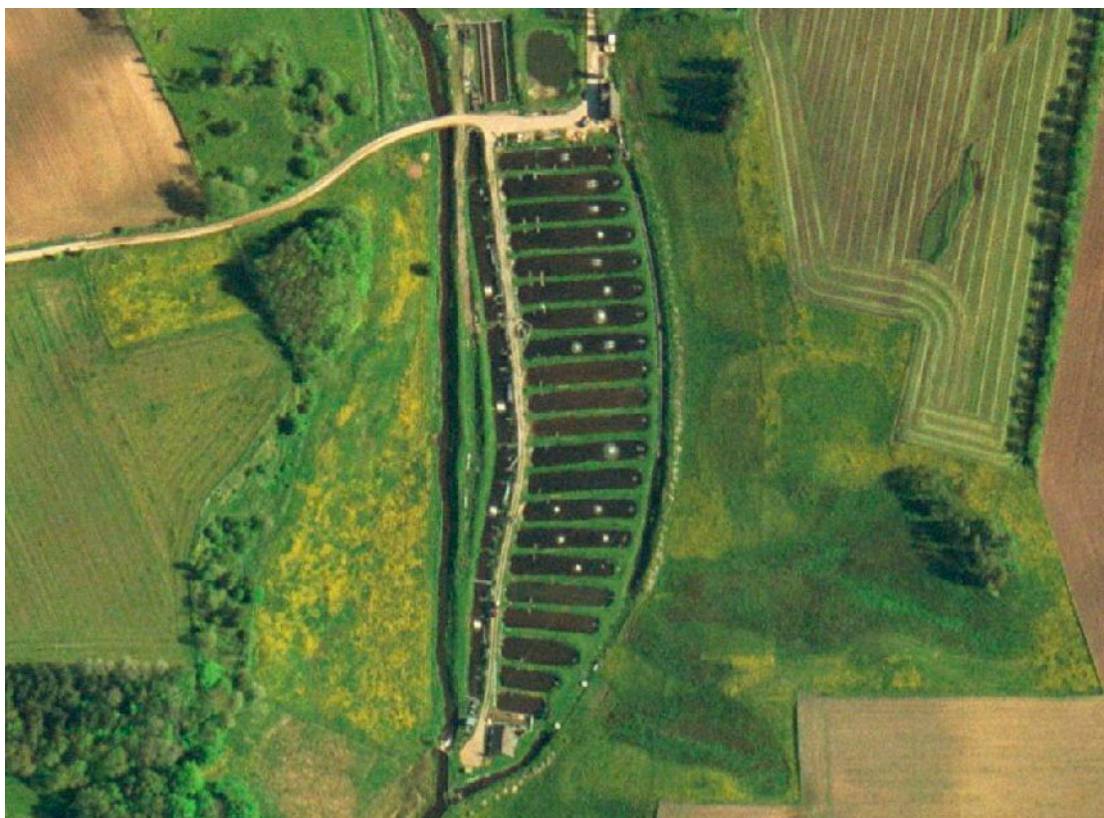


Fig. 11. Rebstrup Fiskeri.

Ejer: Hans Erik Bylling, Aller Aqua, Allervej 130, Aller, 6070 Christiansfeld. Tlf. 73261200 / 2011 1210.

Driftsleder: Per Nymann, Rebstrupvej 5, 9541 Suldrup. Tlf. 9865 3181 / 2046 1471.

Dambruget blev besigtiget d. 4. april 2002.

Rebstrup Fiskeri er et traditionelt jorddambrug med teknisk supplement og udvidet rensning. Dambruget forsynes med vand via et stemmeværk fra Sønderup Å samt vand fra boring og dræn. Dambruget ligger som nr. 5, idet der dels ligger 2 dambrug opstrøms på Sønderup Å og dels 2 mindre dambrug på et opstrøms tilløb til Sønderup Å. På dambruget produceres portionsørreder (fig. 11).

Produktionsvandet fra dambrugets 21 damme ledes til mikrosigter (tromlefiltere) og efterfølgende ledes vandet over leca-biofiltere. Slam fra mikrosigterne ledes til en slambrønd, hvorfra det pumpes til slambede. Biofilteranlægget består af 25 kamre á 8 m² med en samlet filterfyldning på 200 m³ (450 m²/m³). Efter passagen af biofilterne recirkuleres 360 l/sek.

Ved returpumpning løftes vandet 2,7 m, da det er nødvendigt at lade vandet løbe over en risleplade for afgangning (kvælstof). Herefter tilsættes ren ilt, hvorved vandet opiltes. Det iltede vand ledes via indløbskanalen til de enkelte damme ved overløb af tuderne.

Det maksimale vandindtag fra åen er på 170 l/s svarende til 50% af medianminimum. Hertil kommer indvinding fra boring og dræn på 10-15 l/s til klækkehuset. Medianminimum opstrøms og nedstrøms dambruget er på henholdsvis 350 l/sek og 360 l/sek.

I praksis er vandindtaget fra åen imidlertid kun ca. 50 l/sek. Anlægget er dimensioneret til et flow på 420 l/sek. Heraf recirkuleres 360 l/sek. Friskvandsforsyningen består af 7 l/sek fra henholdsvis boring og dræn samt ca. 50 l/sek fra Sønderup Å. Recirkuleringsgraden er således 85%.

I 2001 blev der etableret et omløbsstryg med grus og sten, der bl.a. har afhjulpet problemer med høj vandstand i åen (fig. 12). Stemmeværket til dambruget skal dog udbygges, så der indtages en konstant vandmængde (p.t. 50 l/sek), således at dambruget bliver uafhængigt af variationerne i åens vandføring.



Fig 12. Rebstrup Fiskeri. Opstemning og stryg

Indtags vandet fra Sønderup Å er af meget svingende kvalitet, idet der forekommer store iltsvingninger især om sommeren. Derfor er installeret 3 iltkegler til opiltning af å-vandet. I praksis har dambruget således gjort sig uafhængigt af det svingende iltindhold i å-vandet ved investering i et ilt-doseringsanlæg.

Dambruget har alarm på de vitale dele (vandstand, strømsvigt, pumper, ilt). Der findes et nødstrømsanlæg, der kan aktiveres ved strømsvigt.

Vandet fra Rebstrup Fiskeri afledes til Sønderup Å, Halkær Bredning og Limfjorden.

6.3.1 Vandforbrug

Dambrugets samlede vanddækkede produktionsareal udgør 9.946 m². Med en ansat damdybde på 0,8 m kan produktionsvolumenet beregnes til 7.956 m³. Der indtages 50 l vand/sek. + 14 l/sek. fra boring og dræn i alt 64 l/sek. Opholdstiden i dammene kan således beregnes til (7.956.000 l/ 64 l/sek =) ca. 34 timer.

Medianminimumsvandføringen i Sønderup Å er angivet til 360 l/sek. Idet dambruget indtager i alt 64 l/sek. udgør vandskiftet (64*100/360 =) 18% af medianminimumsvandføringen.

Dambruget har en fodertilladelse på 145 tons foder/år. Den seneste foderkvotient (2001) var på 0,94. Det svarer således til en årsproduktion på 154 tons fisk.

Vandforbruget på Rebstrup Fiskeri udgør således 0,4 l vand/sek/tons årsproduktion.

Medianminimumsvandføringen udgør 2,3 l/sek/tons årsproduktion, hvilket således er 4 gange det aktuelle vandforbrug.

Årsproduktionen (154 tons fisk) i forhold til vandløbets medianminimumsvandføring (360 l/sek) kan beregnes til 427 kg/l/sek medianminimum, hvilket er 27% højere end landsgennemsnittet på 335 kg/l/sek (jvf. tabel 6.1).

Den høje recirkuleringsgrad har medført afsmag/geosmin hos fiskene. Fiskene bliver ikke udvandet før levering. Ind imellem modtages klager over leverede fisk og især i maj/juni.

6.3.2 Driftsøkonomi

Det er oplyst, at der ikke er foretaget særlige investeringer i de seneste år.

Det årlige el-forbrug udgør ca. 415.000 kWh svarende til ca. 2,70 kWh/kg produceret fisk.

Der anvendes ca. 40.000 m³ ilt om året svarende til ca. 60.000 kg O₂, d.v.s. ca. 0,40 kg O₂/kg produceret fisk.

Omkostningerne til el og ilt udgør således godt 2 kr/kg produceret fisk.

6.4 Mosbjerg Dambrug



Fig. 13. Mosbjerg Dambrug.

Dambrugets ejer: AquaPri A/S, Durupvej 44, 7870 Glyngøre, tlf: 9773 2311

Dambrugets adresse: Jerupvej 462, 9870 Sindal.

Daglig driftansvarlig: Ib Sørensen, Jerupvej 462, 9870 Sindal, tlf/fax 9893 0628, mobil: 2071 6650

Dambruget blev besøgt d. 3. april 2002.

Mosbjerg Dambrug er indrettet som et gennemstrømsanlæg (fig. 13). Anlægget er ombygget med serieforbundne betonkanaler. Dambruget ligger som det eneste dambrug ved Uggerby Å og vandet ledes gennem en del af de tidligere benyttede sekskantede damme, der fungerer som sandfang med bundudtag for sedimenteret materiale. Efter sandfanget ledes vandet via en beluftningsbrønd til den første kanal med fisk. Efter kanalen passerer vandet et slamfang, hvorefter det udluftes og genopilles i en beluftningsbrønd inden det ledes til næste opdrætskanal. Denne kanal er også afsluttet med slamfang og belufterbrønd, som de øvrige efterfølgende kanaler. Efter sidste kanal afsluttes med et slamfang hvorfra vandet ledes via et kombineret biofilter/lamelseparator til to bundfældningsbassiner med en vandføringskapacitet på 480 l/sek. Efter bundfældningsbassinet iltes vandet over en beluftningskollonne inden det via et mindre bassin ledes til åen (Jan Koch Nielsen, 2002d). På dambruget produceres fortrinsvis sættefisk til havbrug.

Der foretages således ikke recirkulering af vandet på dambruget, men dette påtænkes i forbindelse med en planlagt produktionsforøgelse. Men i kraft af, at kanalerne er serieforbundne genbruges vandet i virkeligheden 5 gange inde på dambruget.

Dambruget har alarm på de vitale dele (pumper mv.). Der findes et nødstrømsanlæg, der kan aktiveres ved strømsvigt. Dambrugets rensningsanlæg vil fungere uanset eventuelle strømudfald, idet de kun er effektforbrugende under oprensning henholdsvis bortpumpning af slam.

Der findes på dambruget database værktøjer, som anvendes i den daglige drift, såsom foderstyring og den øvrige tilrettelæggelse af driften.

Driftslederen fandt at produktionen var blevet betydeligt mere rationel efter ombygningen. Der var opnået meget bedre styring og kontrol af den daglige drift og planlægningen af produktionen.

Der har f. eks. således ikke været anvendt medicin på dambruget indenfor de sidste 4 år.

Ifølge driftslederen forekommer kun svage iltsvingninger (min. 70% mætning) i Uggerby Å, som ingen praktisk betydning havde for driften af dambruget.

Beluftsbrønde

De installerede beluftsbrønde er Ø 3 m og 4 m dybe brønde, hvor en nedadgående vandstrøm i den ene brøndhalvdel beluftes i modstrøm med atmosfærisk luft, medens vandet i den anden brøndhalvdel luftes i medstrøm. Brøndene kan fungere som mammutpumper ved at begrænse modstrømsbeluftsningen og øge medstrømsbeluftsningen.

Ved lave iltmætninger i tilløbsvandet til brøndene opnås iltmætninger på 85 - 90% i afløbet ved en luftmængde, der svarer til 1 m³ luft/time pr. l/sek. Beluftskapaciteten er på 3.000 m³ luft/time. Ved tilløbsmætninger på eller over 80% opnås der noget nær 100% mætning i afløbsvandet.

Biofiltre/kontaktfiltre

Efter den sidste kanal (12 og 14) er der indrettet to dykkede biofiltre, hver med en udstrækning på 8 x 6,125 m og en fyldningshøjde på 0,6 m. Filterfyldningen består af Bionet 200. Det samlede filtervolumen udgør 58,8 m³. Med et overfladeareal på 200 m²/m³ for Bionet 200 modulerne bliver filterets samlede overfladeareal på 11.760 m². Efter filtrene går vandet til to bundfældningsbassiner.

Bundfældningsbassiner

Der er to bundfældningsbassiner efter biofiltrene med en samlet kapacitet på 480 l/sek.

Efterpuleringsbassiner

Fra bundfældningsbassinerne ledes vandet over rislefiltre (belufts-kollonner) til to ca. 25 m lange og 7 m brede efterpuleringsbassiner. Returpumpning kan ske fra bundfældningsbassinernes udløbsende af hensyn til løftehøjden (40 cm). Syd for kanal anlægget er der 2 slamdepoter.

6.4.1 Vandforbrug

Det vanddækkede produktionsareal udgør 1.764 m². Idet vanddybden sættes til 0,8 m kan produktionsvolumenet beregnes til 1.411 m³. Idet der indtages 480 l/sek. kan opholdstiden i dammene beregnes til (1.411.000 l/ 480 l/sek. =) 0,8 timer. Idet dammene er serieforbundne bruges vandet 5 gange inde på dambruget.

Medianminimumsvandføringen i Uggerby Å er angivet til 850 l/sek.. Idet dambruget indtager 480 l/s udgør vandindtaget (480*100/850=) 56% af medianminimumsvandføringen.

Dambruget har en fodertilladelse på 207 tons foder/år. Den seneste foderkvotient (2001) var på 0,98. I 2001 blev der således produceret 210 tons fisk. Der indtages maks. 480 l vand/sek.

Vandforbruget på Mosbjerg Dambrug udgør således 2,3 l vand/sek/tons årsproduktion.

Medianminimumsvandføringen udgør 4 l/s/tons årsproduktion, hvilket er ca. det dobbelte af det aktuelle vandforbrug på dambruget.

Årsproduktionen (210 tons fisk) i forhold til vandløbets medianminimumsvandføring (850 l/sek) kan således beregnes til 247 kg/l/sek medianminimum, hvilket er 26% lavere end landsgennemsnittet på 335 kg/l/sek (jvf. tabel 6.1).

6.4.2 Driftsøkonomi

Driften af dambruget er tilrettelagt ud fra et ønske om at minimere energiforbruget. Opiltning og udluftning af produktionsvandet sker i beluftningsbrønde med atmosfærisk luft. Vandet renses uden brug af mikrosigter.

Opbygningen af anlægget betyder, at det indtagne vand bruges 5 gange uden pumpning. Herved har det været muligt at reducere den indtagne vandmængde fra 850 – 1000 l/sek. til ca. 480 l/sek. uden returpumpning.

Der er valgt en rensningsteknologi, hvor fiskenes ekskrementer i videst mulig omfang fjernes inden for 20 min ved skånsom sedimentation og med efterpolering i et biofilter med en tilbageholdelsesmulighed for finpartikulært stof samt omsætningsmulighed for opløst stof. Det samlede daglige energiforbrug til returskylning af biofilter og tømning af slamfælder ligger i størrelsesordenen 1 kWh.

Der er investeret 3,6 mio. kr i det nuværende anlæg. Den planlagte udvidelse er budgetteret til ca. 1 mio. kr.

Siden ombygningen er dambrugets energiforbrug steget fra 360.000 kWh til 461.000 kWh i 2001 svarende til 2,2 kWh/kg produceret fisk.

Antages El-prisen at være 0,45 kr/kWh kan el-udgifterne i 2001 beregnes til 207.000 kr. svarende til en el-udgift på ca. 1 kr/kg produceret fisk.

6.5 Binderup Mølle Dambrug



Fig. 14. Binderup Mølle Dambrug

Dambrugets ejere: Jens og Ib Knudsen, Aalborgvej 99, 9240 Nibe, tlf.: 9835 1343.
Fax 9835 3860. Mobil 2264 3113

Dambruget blev besøgt d. 8. april 2002.

Binderup Dambrug er indtil for nylig blevet drevet som et traditionelt dambrug med et kummehus og jorddamme med afspærrede damender. Dambruget ligger som det 5. og sidste dambrug ved Binderup Å (fig. 14).

Dambrugets vestlige del er imidlertid blevet ombygget til et semi-recirkulations raceway-anlæg – tilsvarende Mosbjerg Dambrug – men med udvidet rensning i form af mikrosigter og biofilter, mens dambrugets østlige del er bevaret med 18 jorddamme med rensning i afspærrede damender.

Tre jorddamme efter kummehuset er dog bibeholdt som leveringsdamme. Dambruget producerer sættefisk og portionsørreder.

Dambrugets kummehus med halvtreds 6 m lange, 0,6 m brede og 0,6 m dybe kummer er ligeledes bevaret i uændret form. Kummehuset forsynes med bore-vand, i alt maksimalt 30 l/sek. Kummerne i klækkehuset er traditionelle betonkummer med slamudtag.

Vandet fra kummehuset løber videre gennem de tre leveringsdamme til det vestlige recirkulerede anlæg. Raceway-anlæggets samlede vandforsyning udgør maksimalt 78

l/sek (inkl. boringer, dræn og å-vand). Idet cirkulationsflowet i raceway-anlægget er 600 l/sek er recirkuleringsgraden mindst 90%.

Til jorddammene indtages ca. 275 l vand/sek. fra Binderup Å.

Binderup Mølle Dambrug består således af både en lavteknologisk, og en højteknologisk del. Betonkanalanlægget hører ind under den højteknologiske type med begrænset løftehøjde for den recirkulerede vandmængde.

Medianminimumsvandføringen i Binderup Å er ansat til 465 l/sek, d.v.s der er 41% frivand.

Recirkulationsanlægget

Recirkulations anlægget er indrettet med et beton kanalanlæg bestående af fire 100 m lange parallelt liggende og serieforbundne betonkanaler med en bredde på 6 m og en vanddybde på ca. 1,1 m (fig. 15).

Der findes en beluftningsbrønd i hver kanal. Inden den egentlige opdrætssektion er således indrettet et kanalafsnit på ca. 4 m med en beluftningsbrønd/mammutpumpe til pumpning og opiltning/udluftning af fra 300 l/sek og op til 600 l/sek. Dette afsnit afsluttes med en rist før første opdrætssektion i kanalen.



Fig. 15. Binderup Mølle Dambrug. Beluftningsafsnit efterfulgt af opdrætssektion.

Opdrætssektionen afsluttes ligeledes med en rist før et slamfang bestående af 12 stk. 1 x 1 m slamkegler. Efter slamfanget er der yderligere to 30 m opdrætsafsnit, der hver afsluttes med en rist og et slamfang med samme dimensioner som ovenfor nævnt. Fra det første kanalanlæg ledes vandet videre gennem 3 parallelt liggende kanaler.

De enkelte kanaler er således delt op i tre produktionsenheder, der hver er afsluttet med et anlæg til slamfjernelse ved hjælp af slamkegler. Afløbet fra den sidste kanal er forbundet til den første kanals indløb via et renseanlæg bestående af 2 mikrosigter og et beluftet biofilter. Ved at indrette anlægget i samme niveau kan vandcirkulationen foretages ved hjælp af beluftningsbrøndene. Anlæggets friskvandsforsyning udgør maksimalt ca. 78 l/sek. Denne vandmængde passerer først kummehuset og derpå tre leveringsdamme, idet vandspejlet i kanalanelægget holdes under vandspejlet i leveringsdammene. Der er etableret et samlet afgitret udløb fra dambruget. Slammet pumpes til et 400 m² slambassin vest for dambruget.

Mikrosigteanlæg

Mikrosigteanlægget har en kapacitet på minimum 600 l/sek. Sigterne modtager vand, som dels indeholder relativt finpartikulært materiale fra opdrættet, der ikke kan fanges i slamfangene og dels filterhud fra biofilteret. Anlægget består af to parallelt placerede mikrosigter af tromletypen med en tromlediameter på 1,4 m og en tromlelængde på 2,5 m. Filterdugens lysning er maks. 0,074 mm.

Biofilter/Moving bed

Biofilteret er fyldt med polyethylen biofilterlegemer (Ø 8 mm, L 8 mm) med et overfladeareal på over 800 m²/m³. Biofilterlegemerne holdes opslemmede og i rotation ved hjælp af luftindblæsning (fig. 16).



Fig. 16. Binderup Mølle Dambrug. Biofilter/moving bed. Mikrosigteanlæg findes i huset til højre.

Ved at belufte filteret på en måde, så der i visse områder opstår en mammutpumpe-virkning, der skaber en stadig omrøring af filterfyldningen, kommer filteret til at virke

som en fuldt opblandet bioreaktor. Den introducerede kraftige turbulens i filteret sikrer, at gammel filterhud løbende fjernes fra filterlegemerne. Samtidig vil der ikke være risiko for ”døde” områder i filterfyldningen. Filterets indretning betyder således, at der i modsætning til de kendte ”lecafiltre” ikke sker en tilbageholdelse af suspenderet stof i filteret. Denne ulempe kompenseres ved, at en effektiv drift af filteret ikke er afhængig af en jævnlig og arbejdskrævende returskylning. Fyldningen udgør mellem 52 og 63 m² bioelementer svarende til et aktivt areal på mellem 42.000 og 50.000 m².

Beluftsbrønde

Beluftsbrønde består af en Ø 3 m og 4 m dyb brønd i dambrugets fødekanal og fire Ø 3 m og 4 m dybe brønde i kanal anlægget, hvor en nedadgående vandstrøm i den ene brøndhalvdel beluftes i modstrøm med atmosfærisk luft, medens vandet i den anden brøndhalvdel luftes i medstrøm. Brøndene vil kunne fungere som mammutpumper ved at begrænse modstrømsbeluftsningen og øge medstrømsbeluftsningen.

Ved lave iltmætninger i tilløbsvandet til brøndene opnås iltmætninger på 85- 90% i afløbet ved en luftmængde, der svarer til 1 m³ luft/time pr. l/sek. Ved tilløbsmætninger på eller over 80% opnås der noget nær 100% mætning i afløbsvandet.

Vandcirkulationen foretages ved hjælp af beluftsbrønde. Anlægget er indrettet til at kunne indtage vand fra såvel afløb fra kummehus som den eksisterende fødekanal. Der er endvidere muligt at indtage vand fra den eksisterende fødekanal direkte til kanal anlægget, og afløb fra dette til bagkanalen som en sikkerhedsforanstaltning ved mekaniske svigt. Afledning af overskudsvand sker efter rensningsanlægget via et overløb til eksisterende bagkanal.

Der er installeret alarm for vitale dele (pumper, strømsvigt, ilt). Der findes en nødgenerator i tilfælde af strømsvigt. Der findes ikke nødiltanlæg eller tilsætning af ren ilt.

6.5.2 Vandforbrug

Dambrugets samlede vanddækkede produktionsareal udgør 7628 m². Ansættes vanddybden til 0,8 m kan produktionsvolumenet beregnes til 6.102 m³. Dambrugets vandforbrug udgør ca. 300 liter pr sekund. Heraf kommer maks. 28 liter pr sekund fra dambrugets borer, der alene forsyner klækkehus og kanal anlægget med frisk vand. Den gennemsnitlige opholdstid kan således beregnes til (6.102.000 l / 300 l/sek. =) ca. 5,7 timer.

Medianminimumsvandføringen i Binderup Å udgør 465 l/sek. Vandindtaget fra åen på 275 l/sek. udgør således (275 * 100/465 =) 59% af medianminimumsvandføringen i åen. Vandskiftet i kanal anlægget alene udgør imidlertid kun (28 * 100 / 465 =) 6% af medianminimumsvandføringen.

Med henblik på at reducere belastningen af åen i de kritiske sommerperioder reduceres besætningen og udfodringen på den traditionelle del af dambruget i månederne maj, juni, juli og august. Planlægningsmæssigt er perioden med lav bestandstæthed ført på begge sider af den mest kritiske periode, da vejrsmæssige forhold i de enkelte år vil kunne påvirke det faktisk opnåelige resultat.

Dambruget har en fodertilladelse på 147 tons foder/år. Med en realiseret foderkvotient på 0,93 svarer det til en fiskeproduktion på 158 tons (inkl. raceways og jorddamsanlægget).

I kummehuset produceres 3 – 4 mill. stk. yngel om året.

Produktionen sker på grundlag af et vandindtag på i alt ca. 300 l/sek.

Vandforbruget på Binderup Mølle Dambrug udgør således 2 l vand/sek/tons årsproduktion.

Medianminimumsvandføringen udgør 2,9 l/s/t årsproduktion, hvilket er ca. 1/3 mere end det aktuelle vandforbrug på dambruget.

Årsproduktionen (158 tons fisk) i forhold til vandløbets medianminimumsvandføring (465 l/sek) kan således beregnes til 340 kg/l/sek medianminimum, hvilket svarer til landsgennemsnittet på 335 kg/l/sek (jvf. tabel 6.1).

6.5.2 Driftsøkonomi

Indretningen af dambruget er tilrettelagt ud fra et ønske om at minimere udledningen, energiforbruget samt vandforbruget. Med den anvendte rensningsteknologi i kanal anlægget fjernes fiskenes ekskrementer i videst mulig omfang inden for kort tid ved skånsom sedimentation i opdrætsenhederne. Den efterfølgende rensning i biofilter og mikrosigte anlæg er energikrævende.

Energiomkostningerne i kanal anlægget er søgt nedbragt ved at minimere løftehøjden i anlægget. Hele anlægget er anlagt i samme niveau, hvorved pumpeenergien kun skal overvinde gnidningsmodstanden i riste, mikrosigte og kanaler. Ved at anvende store dimensioner gennem anlægget, er den samlede løftehøjde holdt på ca. 20 cm vandsøjle. Vandet drives gennem kanal anlægget ved en mammutpumpevirksomhed i de 4 beluftningsbrønde, som sikrer udluftning og opiltning af opdrætsvandet. Energiforbruget i kanal anlægget udgør ca. 36 kW/time svarende til 315.000 kWh/år. På den øvrige del af dambruget udgør det årlige el-forbrug ca. 100.000 kWh. Dambrugets totale årlige el-forbrug udgør således ca. 415.000 kWh.

D.v.s. el-forbruget udgør ca. 2,6 kWh eller ca. 1,2 kr pr. kg produceret ørred.

Opiltning af vandet ved indblæsning af luft vurderes at være mere økonomisk end anvendelse af ren ilt på Binderup Mølle Dambrug. Samtidig giver beluftningsbrøndene en udluftning af uønskede gasser i modsætning til indløsning af ren ilt.

Der er investeret 3,4 mio. kr. i raceway-anlægget.

6.6 Tykskov Dambrug



Fig. 17. Tykskov Dambrug.

Dambrugets ejer: Søren Simonsen, Tykskovvej 24, Tykskov, 7361 Ejstrupholm.
Tlf. 7577 2434/2087 2434

Dambruget blev besøgt d. 9. april 2002.

Tykskov dambrug var oprindeligt et jorddambrug. I 1979 blev dambruget ombygget med runde betonbassiner med bundfældning i hvirvelseseparator (investering 1.7 mio. kr.). Dambruget blev ombygget i 1997 til sin nuværende form (investering 1,5 mio. kr.). Dambruget ligger som nr. 3. ved Skjern Å. Dambruget producerer overvejende ørreder til konsum i størrelsen 250 - 500 g/stk, mens der tillige opdrættes mindre mængder af lidt større fisk (1-2 kg/stk).

Dambruget er nu et semi-recirkulations anlæg, der er indrettet med 3 betonstøbte overdækkede fødekanaler, 6 rækker Ø 6 m runde selvrensede damme á 32 m³ med i alt 67 damme og støbte bagkanaler (fig. 17). Vandet fra bagkanalerne ledes via 3 mikrosigter til en trinløs variabel sneglepumpe med en kapacitet på op til 1000 l/sek., som sender vandet retur til fødekanalerne via et dykket biofilter og beluftningskolonne/rislefilter. Der er endvidere anlæg til opiltning af produktionsvandet med ren ilt. Som reserve for sneglepumpen er installeret to propelpumper med en kapacitet på henholdsvis 150 og 500 l/sek. Overskudsvand ledes efter rensning i mikrosigter og biofilter sammen med afløbet fra leveringsdammene til efterrensning i et bundfæld-

ningsbassin inden det udledes til Skjern Å.

Dambruget anvender kun grundvand som friskvands forsyning (ca. 20 l/sek). Indtil for nylig blev dette vand taget fra en boring, men kvaliteten af borevandet blev imidlertid for dårlig. Derfor anvendes nu trykvand fra sugespidsen, som er installeret på anlægget, idet det er nødvendigt at aflede grundvandet under bassinerne, da det ellers vil presse bunden af bassinerne op i forbindelse med tømning. Herfra indvindes ca. 20 l/sek, som således p.t. udgør dambrugets forbrug af frisk vand til fiskeproduktionen. Med et cirkulationsflow på op til 800 l/sek og en udskiftning på 20 l/sek er recirkuleringsgraden 97%.

Inden vandet tages ind på dambruget ledes det over en belufterkolonne og der tilsættes kalk. Herefter bundfældes okker ved hjælp af et filter med plastelementer. Efter okkerfældning ledes vandet til leveringsdammene, hvor fiskene går i frisk vand fra 3 dage til 1 uge før levering. Større fisk (1-2 kg/stk) udvandes dog i 10-14 dage. Fra leveringsdammene ledes vandet til produktionsanlægget.

Anlægget med leveringsdammene er støbt i beton og består af to damme med en længde på 10 m og en bredde på 3,5 m samt to damme med en længde på 10 m og en bredde på 7 m. I samme anlæg er indrettet to bassiner til forfældning af slam fra dambrugets mikrosigter. Overskudsvand fra slamfældningsanlægget ledes til efterklaring i en kanal efterfulgt af et rodzoneanlæg inden afledning til recipienten. Der er indrettet et slamdepot nord for produktionsanlægget.

Dambruget er indrettet med et rørsystem til transport af fisk, således at fiskene pumpes rundt i rør i forbindelse med udfiskning og sortering. Der er således meget lidt håndtering af fiskene, hvilket reducerer arbejdsbelastningen betydeligt.

Mikrosigter

Mikrosigteanlægget består af tre mikrosigter, hver med en vandføringskapacitet på 350 l/sek. Sigterne er af tromletypen med en tromlélængde på 3,0 m og en tromlediameter på 1,4 m. Sigtedugen er af syrefast rustfrit stål og maskevidden i sigtedugen er på 0,074 mm.

Biofilter

Biofilteret består af 20 filterkamre af 7,7 m² (1,65 x 4,65 m) og en 1 m bred tilløbskanal. Indløb fra tilløbskanalen sker gennem udkæringer til hvert enkelt filterkammer. Udkæringerne er forsynet med U jern i siderne således, at indløbet til kamrene kan reguleres og afspærres med stemmeplanker. Vandstanden i tilløbskanalen er ca. 0,1 m over vandspejlet i et nyrenset filterkammer.

Herved sikres at de enkelte filterkamre kan fødes jævnt via et overfald frem til returskylningen. Filterfyldningen er placeret ca. 0,25 m under vandspejlet i kamrene med en mægtighed på ca. 0,6 m hårdtbrændte 12 – 16 mm lerskifferpartikler. Med et filteroverfladeareal på 154 m² bliver filterfyldningen på ca. 90 m³. Overfladearealet for filterfyldningen er ca. 450 m²/m³, hvilket giver et specifikt overfladeareal i filteret på ca. 40.500 m². Filterfyldningen hviler på en bærerist udført af 10 mm stålarmningsnet, der er forstærket med rundjern og understøttet med påsvejsede støtteben for hver 0,5 m. Maskevidden i armeringsnettet er på 100 mm. Over stålarmningsnettet er udlagt et plastarmeringsnet med Ø 8 mm huller. Under filterfyldningen er der ca. 0,20 m frirum til afledning af vandet fra filteret og til montering af luftslanger til returskyln-

ning. Luftslingerne er udført af 20 mm PEL rør i forbindelse med et centralt luftfordelingsrør for hvert filterkammer. Et dobbelt rørsystem til bortledning af skyllevand udføres i Ø 200 mm rør. Skyllevandet fra de enkelte filterkamre ledes til en fælles pumpebrønd, hvorfra det pumpes til slamdepot.

Selve filterkamrene er opbygget i beton med en dybde på 150 cm. Afløbet fra filterkamrene sker gennem rør til en 110 cm bred og 85 cm høj beluftningskollonne placeret på hver side af filterbassinet i hele bassinets længde. Efter beluftningskollonnen ledes vandet til anlæggets fødekanaler.

Bundfældningsbassin/klaringsbassin

Klaringsbassinet er ca. 30 m langt, ca. 24 m bredt og ca. 1 m dybt. Ved normal drift giver dette afløbsvandet en opholdstid på ca. 80 min.

Indretning af slam anlæg

Slamvand fra anlæggets mikrosigter ledes til et fældningsanlæg bestående af to serieforbundne bassiner på i alt 70 m², hvert bassin er 10 m langt og 3,5 m bredt. Slam fra dette anlæg pumpes til slamdepotet nord for produktionsanlægget. Dette depot er 25 m langt og 10 m bredt. Med en effektiv dybde på 1 m bliver volumen på 250 m³. Overskudsvand fra mikrosigternes fældningsanlæg ledes i rør til en 4 m bred og ca. 170 m lang kanal til efterklaring. Samme kanal modtager skyllevand fra biofiltrene. Slam fra kanalen bringes til slamdepotet. Overskudsvand (ca. 2 l/sek.) fra kanalen ledes gennem et ca. 85 m langt og 10 m bredt rodzoneanlæg inden afledning til recipienten. Når vandet forlader rodzoneanlægget er det klart og bunden i afløbet er uden begroninger, som kunne stamme fra organisk stof eller høje næringsaltværdier.

Dambruget har installeret alarm på ilt, el, pumper. Der findes nødstrømsanlæg, der aktiveres ved strømsvigt.

6.6.1 Vandforbrug

Det vanddækkede produktionsareal udgør 1.894 m³. Volumen af hver dam er angivet til 32 m³. De 67 damme udgør således et produktionsvolumen på 2.144 m³. Med et vandskifte på 20 l/sek. kan opholdstiden i dammene beregnes til $2.144.000 \text{ l} / 20 \text{ l/sek} = 29$ timer.

Medianminimumsvandføringen i Skjern Å efter dambruget 1.030 l/sek. Dambruget indtager ikke vand fra åen, men bruger kun grundvand (20 l/sek.). Vandskiftet udgør således $(20 * 100 / 1.030) = 2$ % af medianminimumsvandføringen i Skjern Å.

Tykskov Dambrug havde i år 2000 et foderforbrug på 208 tons foder og en produktion på 234 tons fisk, d.v.s. en foderkvotient på 0.89. Denne produktion sker på grundlag af 20 l/sek d.v.s. Tykskov Dambrug har et vandforbrug svarende til ca. 0,1 l/s/tons årsprod.

Medianminimumsvandføringen i Skjern Å udgør 4,4 l/s/t årsproduktion, men som anført er hele produktionen baseret på indvinding af grundvand.

Der er ansøgt om et årligt foderforbrug på 225 tons. Med en foderkvotient på 0,9 svarer det til en årlig produktion på ca. 250 ton. Anlægget er dimensioneret til et årligt

foderforbrug på 250 tons.

6.6.2 Driftsøkonomi

Dambruget drives med den højst mulige grad af recirkulering. Med et cirkulationsflow på op til 800 l/sek og en udskiftning på 20 l/sek er recirkuleringsgraden 97%. Vandet genbruges altså ca. 30-40 gange. Idet der indtages ca. 1.700 m³ vand i døgnnet og dammenes volumen udgør (67 damme á 32 m³) ca. 2.100 m³ svarer det til en udskiftning af damvolumenet i døgnnet. Det er dambrugets erfaring, at damvolumenet bør udskiftes mindst 1 gang i døgnnet af hensyn til fiskenes trivsel og kvalitet.

Recirkuleringen af vandet indebærer en løftehøjde på 180 cm. Det forsøges at minimere energiomkostningerne ved at benytte en sneglepumpe med en virkningsgrad på ca. 70% mod ca. 45% i ældre propelpumper. Energiforbruget ved pumpning af 800 l/sek. med en sneglepumpe udgør ca. 20 kW ved en løftehøjde på 180 cm mod ca. 31 kW ved brug af propelpumpe. Sådanne pumper er installeret som reserver i tilfælde af nedbrud på sneglepumpen.

Den samlede årlige el-udgift udgør ca. 275.000 – 300.000 kr svarende til ca. 650.000 kWh, d.v.s ca. 2,8 kWh/kg produceret fisk. Herudover anvendes ca. 100.000 m³ ren ilt svarende til ca. 143.000 kg O₂, d.v.s. ca. 0,65 kg O₂/kg produceret fisk. Den samlede udgift til el og ilt udgør således knap 3 kr/kg produceret fisk.

Der er investeret 1,7 mio. kr i 1979 og 1,5 mio. kr. i 1997, d.v.s. i alt 3.2 mio. kr. i ombygning af dambruget.

I 2001 blev dambruget i øvrigt ramt af BKD og blev som følge heraf tørlagt og desinficeret. Anlægget havde således ingen produktion i et par måneder.

Veterinærerne har analyseret de seneste års udbrud af BKD på dambrugene. Mens skaderne har haft et begrænset omfang på de fleste dambrug er der noget der tyder på, at årsagen til at Tykskov Dambrug blev særlig hårdt ramt kan hænge sammen med recirkuleringen af vandet (Niels-Henrik Henriksen, 2002).

7 Driftsøkonomi

Reduceret vandindtag indebærer indførelse af renere teknologi og dermed øget energiforbrug, d.v.s. forøgede investerings- og driftsomkostninger.

I figur 18 er således vist en sammenhæng mellem reduktion i vandforbrug og udgifter til el og ilt for de 5 udvalgte og beskrevne dambrug samt yderligere 10 udvalgte dambrug med henblik på at dække spektret af danske dambrug bedst mulig. Det fremgår heraf, at en reduktion i vandforbrug på dambrugene er forbundet med øgede produktionsomkostninger til bl.a. el og ilt, men der forekommer store variationer mellem de enkelte dambrug.

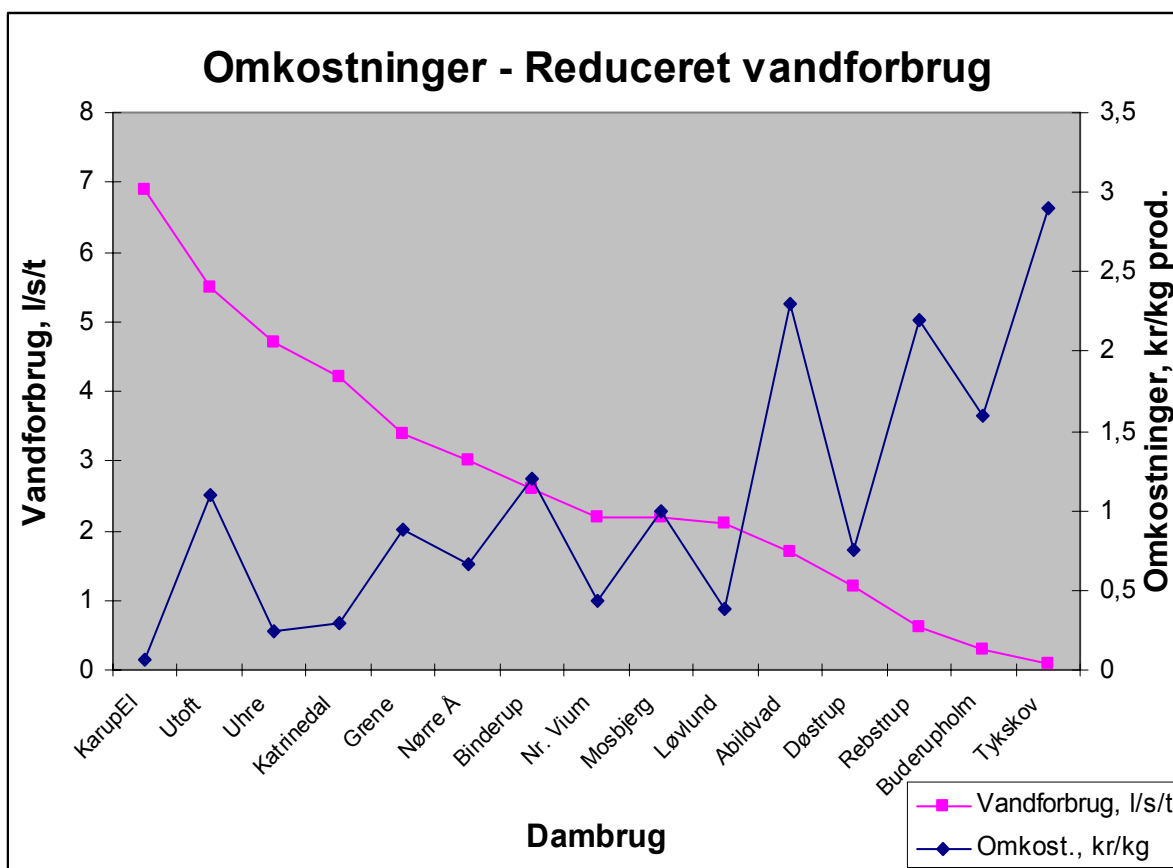


Fig 18. Sammenhæng mellem reduktion i vandforbrug (l/s/tons årsproduktion) og udgifter til el og ilt for de 5 udvalgte dambrug samt yderligere 10 danske dambrug. De anvendte data er de seneste oplysninger om produktion og energiforbrug, samt dambrugenes vandforbrug ifølge amternes egenkontrol (1997-1999) - jvf. tabel 7.1.

Karup Elværk, Utoft Dambrug, Uhre Dambrug og Katrinedal Dambrug (dambrugene nr. 1-4) har et forholdsvist højt vandforbrug (4-7 l/s/tons årsproduktion), men til gengæld udgør omkostningerne til el og ilt mindre end 30 øre pr. kg produceret fisk, dog undtaget Utoft Dambrug, hvor energiomkostningerne udgør ca. 1 kr/kg fisk (fig. 18 og tabel 7.1). De højere energiomkostninger på Utoft Dambrug skyldes sandsynligvis, at der her anvendes ren ilt, hvilket ikke er tilfældet på de 3 øvrige dambrug. I afsnit 6.2 er vandforbruget på Utoft Dambrug angivet til 4,5 l/s/tons årsproduktion, mens det er oplyst til 5,5 l/s/tons årsproduktion i forbindelse med egenkontrollen. Denne for-

skel skyldes, at dambrugets produktion er oplyst til ca. 180 tons i 2001, mens produktionen kun udgjorde ca. 150 tons i årene 1997-1999 (egenkontrolperioden).

Alle 4 dambrug er traditionelle gennemstrøms jorddambrug med beluftning af vandet og mekanisk rensning ved bundfældning. Dog har Utoft Dambrug et vist teknisk supplement med bl.a. tilsætning af ren ilt, hvilket er afspejlet i højere driftsomkostninger (fig. 18 og tabel 7.1).

Tabel 7.1. Sammenhæng mellem reduktion i vandforbrug og udgifter til el og ilt for de 5 udvalgte dambrug samt yderligere 10 danske dambrug. De anvendte data er de seneste oplysninger om produktion og energiforbrug, samt dambrugenenes vandforbrug ifølge amternes egenkontrol (1997-1999) – jvf. fig. 18.

Dambrug nr.	Dambrug	Vandløb	l/s/t årsproduktion ¹⁾	Kr/kg prod. fisk ²⁾
1	Karup Elværk	Karup Å	6,9	0,07
2	Utoft	Grindsted – Varde Å	5,5	1,1
3	Uhre	Karup Å	4,7	0,24
4	Katrinedal	Salten Å	4,2	0,29
5	Grene	Sønderbæk	3,4	0,88
6	Nørre Å	Grindsted Å	3,0	0,66
7	Binderup	Binderup Å	2,6 ³⁾	1,2
8	Nørre Vium	Vorgod Å	2,2	0,44
9	Mosbjerg	Uggerby Å	2,2	1,0
10	Løvlund	Grene Å	2,1	0,38
11	Abildvad	Simsted	1,7	2,3
12	Døstrup ⁴⁾	Døstrup Bæk	1,2	0,75
13	Rebstrup	Sønderup Å	0,6	2,2
14	Buderupholm	Lindborg Å	0,3	1,6
15	Tykskov	Skjern Å ⁵⁾	0,1	2,9

1) Data fra amternes egenkontrol 1997 – 1999 (Jan Koch Nielsen, 2002a-c).

2) Beregnet på grundlag af senest oplyste produktion og energiforbrug.

3) Før ombygning.

4) Data fra rapporten ”Forsøgsprojekt Døstrup Dambrug”. DMU arbejdsrapport nr. 150

5) Der anvendes kun grundvand og der indtages således ingen vand fra Skjern Å. De angivne data er oplyst for år 2001.

For dambrugerne nr. 5 – 12 falder vandforbruget fra 3,4 l/s/tons årsproduktion på Grene Fiskeri (5) til 1,2 l/s/tons årsproduktion på Døstrup Dambrug (12). Her imellem ligger Nørre Å Dambrug, Binderup Dambrug, Nørre Vium Dambrug, Mosbjerg Dambrug, Løvlund Dambrug og Abildvad Dambrug. Omkostningerne til el og ilt svinger fra 2,3 kr/kg produceret fisk på Abildvad Dambrug til 38 øre/kg produceret fisk på Løvlund Dambrug med et gennemsnit for de 7 dambrug på ca. 1,1 kr/kg produceret fisk (fig. 18 og tabel 7.1).

Nørre Å Dambrug, Løvlund Dambrug, Grene Fiskeri og Nørre Vium Dambrug er alle 4 i princippet jorddambrug.

De 2 førstnævnte (Nørre Å og Løvlund) har henholdsvis iltning ved hjælp af deep shaft og beluftning med mammutpumpe. Vandrensningen er mekanisk ved henholds-

vis mikrosigte og bundfældning. Energiomkostningerne er opgjort til henholdsvis 0,66 kr/kg og 0,38 kr/kg produceret fisk på de 2 dambrug (fig. 18 og tabel 7.1).

De 2 sidst nævnte dambrug (Grene og Nørre Vium) har genbrug/recirkulering og på Nørre Vium Dambrug sker der yderligere iltning (kegler), beluftning (kolonnebeluftter) samt mekanisk og biologisk rensning af vandet. På Grene Fiskeri anvendes luft (under tryk) til iltning af vandet, og den mekaniske rensning består i bundfældning. Energiomkostningerne er opgjort til henholdsvis 0,88 kr/kg fisk og 0,44 kr/kg produceret fisk på de 2 dambrug (fig. 18 og tabel 7.1).

De opgjorte energiomkostninger for henholdsvis Binderup Mølle Dambrug og Mosbjerg Dambrug ligger højere (1 – 1,2 kr/kg produceret fisk) end for de 4 førstnævnte dambrug, hvilket tilskrives de foretagne ombygninger/implementering af renere teknologi på dambrugene (jvf. afsnit 6.4 og 6.5). Det skal i den sammenhæng nævnes, at en større udnyttelse af produktionskapaciteten på f. eks. Binderup Mølle Dambrug kan forventes at forbedre driftsøkonomien (Peter Nielsen, 2002). Endvidere skal bemærkes, at det angivne vandforbrug er fra før ombygningen af Binderup Mølle Dambrug, idet det aktuelle vandforbrug er bragt ned til ca. 2 l/s/tons årsproduktion (jvf. afsnit 6.5).

Abildvad Dambrug er et semi-recirkulationsanlæg (kummer) med mekanisk rensning i mikrosigter samt anvendelse af ren ilt (iltkegler). Løftehøjden er ca. 60 cm ved recirkulering. Energiomkostningerne er relativt høje (2,3 kr/kg produceret fisk).

Døstrup Dambrug (forsøgsprojekt) er et kummeanlæg med beluftning (mammutpumper), mekanisk rensning ved slamkegler og bundfældning efterfulgt af et lagunecosystem. Energiomkostningerne udgør p.t. ca. 0,75 kr/kg produceret fisk (fig. 18 og tabel 7.1), men en udvidelse af produktionen vurderes at medføre en væsentlig forøgelse af el-udgifterne (Peter Nielsen, 2002). Der er investeret ca. 3,5 mio. kr. i bygning af forsøgsanlægget.

For de sidste 3 dambrug (nr. 13 – 15) falder vandforbruget fra 0,6 l/s/tons årsproduktion på Rebstrup Fiskeri over 0,3 l/s/tons årsproduktion på Buderupholm Dambrug til 0,1 l/s/tons årsproduktion på Tykskov Dambrug. Omkostningerne til el og ilt er til gengæld forholdsvis høje – 2-3 kr/kg produceret fisk (fig. 18 og tabel 7.1).

Buderupholm Dambrug er et jorrdambrug, der er ombygget med recirkulering, mekanisk (mikrosigter) og biologisk rensning og iltning af vandet (iltkegler). Der er investeret ca. 3,5 mio. kr i ombygning og implementering af recirkulationsteknologi på dambruget i 1994/95.

Ved en del dambrug er der så stor løftehøjde ved recirkulering af vandet, at produktionen ikke vil være bæredygtig på grund af høje pumpeudgifter. På f. eks. Rebstrup Fiskeri og Tykskov Dambrug var løftehøjden henholdsvis 2,7 m og 1,8 m., hvilket alene påvirker driftsudgifterne med ca. 1,25 kr/kg produceret fisk.

Det bemærkes, at energiomkostningerne for dambrugene nr. 2 + nr. 5 til 10 + nr. 12 er i samme størrelsesorden (ca. 1 kr/kg produceret fisk). Alle dambrugene er oprindeligt traditionelle jorrdambrug, hvor der i stigende grad er implementeret renere teknologi

(raceways, genbrug af vand/recirkulering, mekanisk og biologisk vandrensning) og faldende vandforbrug (fig. 18 og tabel 7.1).

Eksemplerne illustrerer 8 dambrug, hvor vandforbruget varierer fra 5,5 l/s/t til 1,2 l/s/t, men hvor energiomkostningerne ligger i samme størrelsesorden, og med vidt forskellig indretning og drift. De enkelte dambrug er underlagt specifikke naturgivne forhold/produktionsnicher og har i varierende grad gennemført investeringer, der har medført et mindre vandforbrug. Det bemærkes, at af de 8 dambrug er det kun Utoft Dambrug, Nørre Vium Dambrug og Abildvad Dambrug, der anvender ren ilt, mens opiltningen af vandet foregår ved forskellige former for beluftning på de øvrige dambrug.

Tykskov Dambrug repræsenterer det mest højteknologiske af de undersøgte dambrug med det laveste vandforbrug (0,1 l/s/tons årsproduktion), men til gengæld også den højeste investering og de højste driftsudgifter (2,9 kr/kg produceret fisk til el og ren ilt). Recirkuleringsgraden er 97 og vandforsyningen udgøres kun af grundvand (20 l/sek). Vandets opholdstid i dammene er på 29 timer. Der recirkuleres ca. 800 l/s og løftehøjden er 1,8 m, hvilket lægger til grund for det høje el-forbrug.

Analyserne af de nævnte dambrug viser variationer mellem de enkelte dambrug, men energiomkostningerne ligger generelt på op til ca. 1 kr/kg produceret fisk ved vandforbrug på mere end 1,5 - 2 l/s/tons årsproduktion. Yderligere reduktion i vandforbruget medfører væsentlig øgede omkostninger til el og ilt.

Det fremgår således af fig. 18 og tabel 7.1, at når vandforbruget reduceres til under ca. 1,5 l/s/tons årsproduktion følger en markant stigning i driftsudgifterne. Således stiger udgifterne til el og ilt fra ca. 1 kr/kg til 3 kr/kg produceret fisk (Abildvad Dambrug, Buderupholm Dambrug, Rebstrup Fiskeri og Tykskov Dambrug).

En væsentlig faktor i vurderingen af rentabiliteten af dambrugsdriften er kapitalomkostningerne i forbindelse med de foretagne investeringer. En del af de etablerede semi-recirkulationsanlæg har imidlertid haft særlige økonomiske forudsætninger (støtteordninger), hvorfor det generelt må anses for mest hensigtsmæssigt, at produktion med høj recirkuleringsgrad sker for nye anlæg.

8 Muligheder/begrænsninger for minimering af vandforbrug

Indvinding af vand til dambrug reguleres efter Vandforsyningsloven. Dambrugenes nuværende indvindingsret løber til 2005, hvorefter det enkelte dambrug skal søge om fornyet ret til at indvinde vand til fiskeopdræt. Som illustreret med de nævnte 15 dambrug (jvf. kap. 7) er de enkelte dambrug meget forskellige med baggrund i de naturgivne forhold på den enkelte lokalitet (vandkvalitet, årstidsbetingede forhold, indretning og driftsform m.v.). En begrænsning i vandindvindingsretten til dambrugene kan derfor betyde, at nogle dambrug må stoppe produktionen, mens der kan findes tekniske løsninger, der gør opdrættet bæredygtigt på andre dambrug. De tekniske løsninger indebærer genbrug/recirkulering af vandet, der medfører væsentlige investeringer og øgede driftsudgifter (pumper, beluftere, ilttilsætning, rensningsforanstaltninger m.v.). I lyset af renere teknologi begrebet og bæredygtighedsprincippet må der således ske en afvejning af forbrug af vand i forhold til energiressourcen.

Indenfor de seneste 5 år har amterne imidlertid opkøbt opstemningsretten ved de fleste af de ca. 125 ophørte dambrug med midler fra Vandløbslovens § 37a (Skov- og Naturstyrelsen, 2001).

På de 15 omtalte dambrug varierede vandforbruget fra 6,9 l/s/tons årsproduktion på et traditionelt dambrug uden genbrug af vand (Karup Elværk) til 0,1 l/s/tons årsproduktion på et semi-recirkulationsanlæg (Tykskov Dambrug) med 97% recirkulering af grundvand og uden vandindtag fra åen. Vandforbruget på de fleste af de øvrige dambrug lå i den nedre del af dette interval.

I tabel 8.1 er givet en oversigt over vandforbrug og driftsøkonomi på de 5 udvalgte og beskrevne danske dambrug (jvf. kap. 6).

I afsnit 4.2 blev angivet et beregnet vandbehov på ca. 20 l fuldmættet vand/ton fisk. Idet årsproduktionen antages at være $2,5 \cdot$ den stående bestand og der antages at tabelværdierne for fiskenes iltbehov ligger på det dobbelte af det faktiske iltforbrug på dambrugene (jvf. afsnit 6.1.2) kan beregnes et teoretisk vandforbrug på: $(20 \text{ l/s/t} : 2,5) : 2 = 4 \text{ l/s/tons årsproduktion}$, hvilket stemmer overens med niveauet for vandforbruget på danske dambrug i år 2002.

Utoft Dambrug er eksempelvis et traditionelt jorrdambrug med en gennemstrømmende vandmængde i en størrelsesorden svarende til medianminimumsvandføringen (800 l/s) i Grindsted-Varde Å og som har tilpasset sig en nicheproduktion af store pigmenterede regnbueørreder. Dambruget indtager således op til 90% af medianminimumsvandføringen i åen. I tilfælde af at mindst 50% af medianminimumsvandføringen skal ledes forbi stemmeværket, vil det ifølge dambrugsejeren få konsekvenser for planlægningen af produktionen. Det ville således dels ikke længere være muligt at opretholde en høj bestand om sommeren og dels måtte dambruget omlægge produktionen fra en nicheproduktion af store pigmenterede ørreder til brug for put and take fiskeri, til traditionelt opdræt af portionsfisk.

På dambrugene Nørre Å, Løvlund, Grene og Nørre Vium er vandforbruget reduceret til fra 3,4 – 2,1 l/s/t årsproduktion. Omkostningerne til el og ilt ligger fra 38 øre til 88 øre/kg produceret fisk. Genbrug/recirkulering af vandet finder dog kun sted på Grene Fiskeri og Nørre Vium Dambrug.

På Mosbjerg Dambrug og Binderup Mølle Dambrug er vandforbruget bragt yderligere ned til ca. 2 l/s/tons årsproduktion med energiomkostninger på ca. 1 kr/kg produceret fisk. Mosbjerg Dambrug har ingen recirkulering, men vandet genbruges 5 gange inde på dambruget (serieforbundne kanaler), mens recirkuleringsgraden er 90 i racewayanlægget på Binderup Mølle.

Ombygningerne med racewaykanaler på de 2 dambrug med lav løftehøjde ved pumpning af vand og indløsning af ilt fra atmosfærisk luft forekommer hensigtsmæssige og energiøkonomiske. Tilsvarende er modeldambrugene designet med lav løftehøjde og opiltning fra atmosfærisk luft, d.v.s. uden brug af ren ilt.

Rebstrup Fiskeri har et meget lavt vandforbrug (0,4 l/s/tons årsproduktion), men produktionsomkostningerne til el og ilt (2,2 kr/kg produceret fisk) er høje, hvilket primært hænger sammen med meget høj løftehøjde (2,70 m) og høj recirkuleringsgrad (85%).

Tykskov Dambrug har et ekstremt lavt vandforbrug (0,1 l/s/tons årsproduktion), høj recirkuleringsgrad (97%), højt cirkulationsflow (800 l/s) og op til 30-40 gange genbrug af vandet og en løftehøjde på 1,80 m. Ombygningen med runde betondamme stammer fra 1979, hvor anlægget var pioner inden for renere teknologi på dambrug i Danmark. Med vor nuværende viden på området har dambruget meget høje produktionsomkostninger til el og ilt (ca. 3 kr/kg produceret fisk).

I kraft af de eksisterende dambrugs specifikke placering, indretning og drift må det i hvert enkelt tilfælde vurderes hvilken teknisk løsning, der kan give den ønskede reduktion af vandforbruget og samtidig sikre en bæredygtig fiskeproduktion.

Umiddelbart tyder denne undersøgelse på, at raceway kummeanlæg, med en form for mekanisk/biologisk rensning, beluftning uden brug af ren ilt og genbrug af vand med lav løftehøjde ved pumpning af vand, hører til blandt de relevante løsningsmuligheder.

Forudsætningen for bæredygtig produktion i et højteknologisk opdrætsanlæg er, at den fornødne know how om indretning, drift og vedligeholdelse af sådanne anlæg er tilstede. Det er endvidere væsentligt at sikre tilstrækkelig frisk vand til at holde en passende temperatur i varme perioder samt til udvanding af fisk til slagtning (smag/kvalitet).

Iøvrigt forventes resultaterne fra de kommende praktiske undersøgelser i forbindelse med praktisk udmøntning af de foreslåede modeldambrug (Dambrugsudvalget, 2002) at åbne nye muligheder for bæredygtig dambrugsproduktion.

Tabel 8.1. Vandforbrug og driftsøkonomi på de 5 udvalgte og beskrevne dambrug (jvf. kap. 6).

Dambrug	Vandforbrug, l/s/t årsprod.	Median-min.vandføring/s/t årsprod.	Vandforbrug i forhold til minimum (%)	Recirkuleringsgrad ¹⁾ , %	Opholdstid (timer)	Produktion, kg/l med.min./s	El-forbrug, kWh/kg prod. ⁵⁾	Iltforbrug, kg O ₂ /kg prod. ⁶⁾	(El + Ilt), kr/kg prod. ^{5,6)}
Utoft Dambrug	4,5	5	90	0	2,6	201	0,45	0,35	1,1
Rebstrup Fiskeri	0,4	2,3	18	85	34	427	2,7	0,40	2,2
Mosbjerg Dambrug	2,3	4	56 ⁴⁾	0 ⁴⁾	0,8	247	2,2	0	1,0
Binderup Mølle Dambrug	2	2,9	59/6 ²⁾	90	5,7	340	2,6	0	1,2
Tykskov Dambrug	0,1	4,4 ³⁾	2 ³⁾	97	29	-	2,8	0,65	2,9

1) Recirkuleringsgrad: (Recirkuleret vand (m³/t) * 100)/(Recirkuleret vand (m³/t) + Frisk vand (m³/t))

2) Vandskiftet i selve kanallægget

3) Der anvendes kun grundvand og der indtages således ingen vand fra Skjern Å

4) Vandet genbruges 5 gange – mekanisk renset og beluftet (serieforbundne kanaler)

5) Ansats pris på el: 0,45 kr/kWh

6) Ansats pris på ilt: 2,50 kr/m³. 1 m³ ilt = 1,429 kg

9 Konklusion

Gennemgangen af de udvalgte 5 dambrug samt elementer fra yderligere 10 dambrug viste eksempler på produktioner, hvor der var foretaget forskellige tiltag til reduceret vandforbrug/semi-recirkulering og vandrensning. Med de 15 dambrug er det forsøgt at dække spektret fra traditionelle jorrdambrug til mere høj teknologisk prægede dambrug med et meget lille forbrug af frisk vand. Nogle elementer fra Dambrugsudvalgets modeldambrug kan i nogen grad genfindes i de foretagne ombygninger på nogle af de udvalgte dambrug (jvf. afsnit 6.1). Men det er dog vigtigt at understrege, at selvom dambrugene er udvalgt som repræsentanter for danske dambrug, har dambrugene hver især et specielt særkende i kraft af beliggenhed, beskaffenhed, vandløbsforhold m.v., der kan betyde vidt forskellige produktionsmæssige forudsætninger (jvf. kap. 7 og 8).

Selvom der således er demonstreret et vandforbrug på 0,1 l/s/tons årsproduktion på ét dambrug under visse forudsætninger (f. eks. Tykskov Dambrug) kan det imidlertid vise sig mere miljømæssigt og økonomisk bæredygtigt at anvende lidt mere vand under forudsætning af tilstrækkelig frivand og opfyldelse af fiske- og faunaklasse målsætningerne for vandløbet på andre dambrug (f. eks. Utoft Dambrug).

På grundlag af den foretagne analyse kan det konkluderes:

- ✘ Vandforbruget på de fleste traditionelle danske (lavteknologiske) jorrdambrug ligger i størrelsesordenen 2 - 5 l/s/tons årsproduktion. Energiforbruget er forholdsvis lavt.
- ✘ Ved genbrug af produktionsvandet med en form for mekanisk/biologisk rensning, beluftning uden brug af ren ilt og pumpning med minimal løftehøjde kan vandforbruget reduceres til 1 – 3 l/s/tons årsproduktion. Der må påregnes en væsentlig investering og forbruget af el øges.
- ✘ Ved semi-recirkulering (mek./biol. rensning/iltning med høj recirkuleringsgrad) af vandet kan vandforbruget reduceres til ca. 0,1 l/s/tons årsproduktion. Produktionsanlægget er investeringstungt og produktionen er intensiv med høje omkostninger til el og ilt. Den økonomiske bæredygtighed er ikke overbevisende.
- ✘ Indførelse af renere teknologi/reduceret vandforbrug har medført mere stabile produktionsforhold, herunder
 - ✘ Mindre afhængighed af kvaliteten af indløbsvandet
 - ✘ Bedre styring af drift og produktion
 - ✘ Mindre sygdomme
 - ✘ Bedre produktions- og arbejdsmiljø

- ✘ Reduktion af vandforbruget medfører anlægsinvesteringer og forøgede driftsomkostninger til især el og ilt, d.v.s. øgede energiomkostninger pr. kg produceret fisk. Bæredygtigheden af produktionen er således betinget af et vist produktionsvolumen.
- ✘ Ved implementering af højteknologiske anlæg med recirkulering af vandet er det vigtigt at sikre tilstedeværelse af den fornødne viden om indretning, drift og vedligeholdelse på de enkelte anlæg. Anlæggene stiller krav om overvågning og styring af driftsforholdene, ligesom der kræves backup-systemer for bl.a. el, ilt, pumper mv.
- ✘ Med henblik på at sikre kvaliteten af danske regnbueørreder er der behov for de fornødne mængder frisk vand til udvanding af leveringsfisk opdrættet i recirkuleret vand for at undgå afsmag.

Svaret på spørgsmålet om, hvor meget vand der kræves for at producere ørreder i danske dambrug, fordrer således også klart definerede forudsætninger for et givet dambrug. Hvorvidt en given produktion er bæredygtig afhænger således i høj grad af produktionsvilkårene (jvf. kap. 7).

På det foreliggende grundlag og under hensyntagen til givne produktionsvilkår vurderes et design med f. eks. racewaykanaler, mekanisk/biologisk rensning af vandet, lav løfthøjde ved pumpning af produktionsvandet og indløsning af ilt fra atmosfærisk luft og et vandforbrug på fra ca. 1,5 l/s/tons årsproduktion for en bæredygtig driftsform.

Men det skal understreges, at vandforbruget på et givet dambrug ikke kan vurderes isoleret, men skal ses i sammenhæng med dambrugets beskaffenhed, produktionsvilkårene og de praktiske muligheder for at sikre en bæredygtig fiskeproduktion.

10 Referencer

- Andreasen, A. (2002). BioMar A/S. Personlig oplysning.
- Dambrugsudvalget (2002): Rapport vedr. dambrugserhvervets udviklingsmuligheder. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri.
- Danmarks Fiskeriundersøgelser, Danmarks Miljøundersøgelser, Dansk Dambrugerforening, Miljøstyrelsen (1998): Redegørelse vedrørende det tekniske grundlag for miljøgodkendelse af dambrug. DFU rapport nr. 52-98.
- Danmarks Miljøundersøgelser, Dansk Dambrugerforening, Danmarks Fiskeriundersøgelser (2001): Forsøgsprojekt Døstrup Dambrug. Arbejdsrapport fra DMU nr. 150.
- Heintzelmann, F. (1989): Meddelelse om tilladeligt foderforbrug mv. ved Utoft Dambrug.
- Henriksen, N-H. (2002): BKD. Helse nyt nr. 1, april 2002 (Dansk Dambrugerforening).
- Jensen, J.S. (1994): Miljøgodkendelse af Rebstrup Fiskeri
- Jensen, J.S. (1997): Rensningsforanstaltninger på dambrug. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 71, 1997. Miljøstyrelsen 1997.
- Kaarup, P. (1993): Vandforbrug på dambrug 1993.
- Michelsen, K. (1999): Ansøgning om miljøgodkendelse af Tykskov Dambrug.
- Michelsen, K. (2001): Ansøgning om miljøgodkendelse af Binderup Mølle Dambrug.
- Michelsen, K. (2002a): Personlig oplysning.
- Michelsen, K. (2002b): Energiforbrug på modeldambrug. Internt notat.
- Miljøstyrelsen (1998): Bekendtgørelse om ferskvandsdambrug nr. 204 af 31. marts 1998.
- Nielsen, J.K. (2002a): Vandforbrug på dambrug i Nordjyllands Amt. Internt notat.
- Nielsen, J.K. (2002b): Vandforbrug på dambrug i Ringkøbing Amt. Internt notat.
- Nielsen, J.K. (2002c): Vandforbrug på dambrug i Ribe og Viborg Amt. Internt notat.
- Nielsen, J.K. (2002d): Miljøgodkendelse af Mosbjerg Dambrug.

Nielsen, P. (2002). Personlig oplysning.

Pedersen, C.L. (1987): Energy budgets for juvenile Rainbow trout at various oxygen concentrations. *Aquaculture* 62:289-298.

Ringkøbing Amt (2001): Råsted Lilleå – Dambrugspåvirkning.

Skriver, J., Iversen, H.L., Fjordback, C., Ovesen, N.B. og Quist P. (2001): Reduceret vandføring ved dambrug. Betydning for vandløbenes smådyrsfauna. Arbejdsrapport fra Danmarks Miljøundersøgelser, nr. 147.

Skov- og Naturstyrelsen (2001): ”Redegørelse om status for effekten af vandløbslovens paragraf 37a om sikring af vand i døde å-strækninger og faunapassage forbi opstemninger” .

11 Definitioner

”Død å-strækning” – Strækning mellem dambrugets vandindtag og udløbet fra dambruget.

Foderkvotient (FQ) - Mængde foder (kg)/produceret fiskemængde (kg).

Fotosyntese – Grønne planters dannelse af organisk stof ud fra vand og kuldioxid samt udnyttelse af solenergi, der opfanges af planternes grønne farvestof klorofyl. Ved fotosyntesen afgives ilt til omgivelserne (luft og vand)

Frivand – Vandmængde, der passere forbi opstemningen ved dambruget.

Genbrug af vand – Genanvendelse af en del af produktionsvandet efter mekanisk rensning/beluftning.

Gennemstrømsanlæg – Anlæg hvor vandet løber i en retning fra indløb til udløb – uden genbrug/recirkulering.

Kontaktfilter – Et biofilter, der tillige har evne til tilbageholdelse af organisk stof.

Medianminimumsvandføring – Medianen af den mindste registrerede vandføring pr. år i et givet vandløb over en årrække (typisk 20 år).

Moving bed – Biofilter bestående af polyethylen filterlegemer, der holdes opslemmede og i rotation ved hjælp af luftindblæsning.

Opholdstid – Vandvolumen (m³)/flow(m³/døgn). I rapporten er opholdstiden beregnet på grundlag af det vanddækkede produktionsareal.

Raceway – Længdestrømskanal. Typisk serieforbundne betonkanaler.

Recirkulations anlæg – Anlæg med recirkulering af vandet uden udledning til recipient.

Respiration/ånding – Optagelse af ilt fra omgivelserne til forbrænding/omsætning og afgivelse af kuldioxid og energi.

Semirecirkulations anlæg – Anlæg med recirkulering af vandet og med udledning til recipient.

Vanddækket produktionsareal – Areal på dambruget, hvor der opdrættes fisk (damme + evt. bagkanaler). I rapporten er vanddybden ansat til 0,8 m.

Vækst (SGR) - Væksten udtrykkes ved den specifikke vækstrate (SGR), d.v.s. procent tilvækst pr. dag. SGR defineres som:

$$SGR = 100[(\exp(\ln W_1 - \ln W_0)/(T_1 - T_0)) - 1], \text{ hvor}$$

W_0 = biomassen ved periodens begyndelse;

W_1 = biomassen ved periodens afslutning og
 $T_1 - T_0$ = Antal foderdage i perioden

Øjenæg: Befrugtede æg i et stadium, der er ca. halvvejs mod klækning og hvor fosterets øjne kan skelnes som to sorte pletter ("øjenæg"). Øjenægstadiet indtræder efter 150 – 180 grad-dage efter befrugtning. Graddage er produktet af antal dage og vandets temperatur ($^{\circ}\text{C}$), f. eks. 25 dage og $7^{\circ}\text{C} = 175$ grad-dage.

DFU-rapporter – index

- Nr. 1-96 Blåmuslingebestanden i det danske Vadehav august 1995. Per Sand Kristensen (*udsolgt*)
- Nr. 2-96 Blåmuslingebestanden i Limfjorden. Per Sand Kristensen, Per Dolmer og Erik Hoffmann
- Nr. 3-96 Forbedring og standardisering af CSW-tankføring. Marco Frederiksen og Karsten Bæk Olsen (*udsolgt*)
- Nr. 4-96 Fiskeundersøgelse i Vejle Fjord 1993-1994. Hanne Nicolajsen, Josianne Støttrup og Leif Christensen (*udsolgt*)
- Nr. 5-96 En undersøgelsen af maveindholdet af Østersølaks 1 1994-1995. Ole Christensen (*udsolgt*)
- Nr. 6-96 Udsætningsforsøg med Østersølaks. Gorm Rasmussen og Heine Glüsing (*udsolgt*)
- Nr. 7-96 Kampen om Limfjorden. Kirsten Monrad Hansen (*udsolgt*)
- Nr. 8-96 Tangetrappen 1994-95. Anders Koed og Gorm Rasmussen m.fl. (*udsolgt*)
- Nr. 9-96 Status over bundgarnsfiskeriet i Danmark 1994. Anders Koed og Michael Ingemann Pedersen (*udsolgt*)
- Nr. 10-96 Måling af kvalitet med funktionelle analyser og protein med nærinfrarød refleksion (NIR) på frosne torskeblokke. Niels Bøknæs (*udsolgt*)
- Nr. 11-96 Acoustic monitoring of herring related to the establishment of a fixed link across the Sound between Copenhagen and Malmö. J. Rasmus Nielsen
- Nr. 12-96 Blåmuslingers vækst og dødelighed i Limfjorden. Per Dolmer
- Nr. 13-96 Mærkningsforsøg med ørred og regnbueørred i Århus Bugt og Isefjorden. Heine Glüsing og Gorm Rasmussen (*udsolgt*)
- Nr. 14-96 Jomfruhummerfiskeriet og bestandene i de danske farvande. Mette Bertelsen (*udsolgt*)
- Nr. 15-96 Bærekapacitet for havørred (*Salmo trutta* L.) i Limfjorden. Kaare Manniche Ebert (*udsolgt*)
- Nr. 16-96 Sild og brisling i Limfjorden. Jens Pedersen
- Nr. 17-96 Produktionskæden fra frysetrawler via optøning til dobbeltfrossen torskefilet – Optøningsrapport (del 1). Niels Bøknæs (*udsolgt*)
- Nr. 18-96 Produktionskæden fra frysetrawler via optøning til dobbeltfrossen torskefilet - Optøningsrapport (del 2). Niels Bøknæs (*udsolgt*)
- Nr. 19-96 Automatisk inspektion og sortering af sildefileter. Stella Jónsdóttir, Magnús Thor Ásmundsson og Leif Kraus
- Nr. 20-96 Udsætning af helt, *Coregonus lavaretus* L., i Ring Sø ved Brædstrup. Thomas Plesner og Søren Berg (*udsolgt*)
- Nr. 21-96 Udsætningsforsøg med ørred (*Salmo trutta* L.) i jyske og sjællandske vandløb. Heine Glüsing og Gorm Rasmussen (*udsolgt*)
- Nr. 22-96 Kvalitetsstyring og målemetoder i den danske fiskeindustri. Resultater fra en spørge-
brevsundersøgelse. Stella Jónsdóttir

- Nr. 23-96 Quality of chilled, vacuum packed cold-smoked salmon. Lisbeth Truelstrup Hansen, Ph.D. thesis (*udsolgt*)
- Nr. 24-96 Investigations of fish diseases in common dab (*Limanda limanda*) in Danish Waters. Stig Møllergaard (Ph.D. thesis)
- Nr. 25-96 Fiskeribiologiske undersøgelser i Limfjorden 1993 – 1996. Erik Hoffmann
- Nr. 26-96 Selectivity of gillnets in the North Sea, English Channel and Bay of Biscay (AIR-project AIR2-93-1122 Final progress report). Holger Hovgård og Peter Lewy
- Nr. 27-96 Prognose og biologisk rådgivning for fiskeriet i 1997. Poul Degnbøl
- Nr. 28-96 Grundlaget for fiskeudsætninger i Danmark. Michael M. Hansen
- Nr. 29-97 Havørredbestandene i Odense Å og Stavids Å systemerne i relation til Fynsværket. Anders Koed, Gorm Rasmussen og Espen Barkholt Rasmussen
- Nr. 30-97 Havørredfiskeriet i Odense Fjord 1995, herunder fiskeriet i Odense Gl. Kanal og den nedre del af Odense Å. Espen Barkholt Rasmussen og Anders Koed (*udsolgt*)
- Nr. 31-97 Evaluering af udsætninger af pighvarrer i Limfjorden, Odense Fjord og ved Nordsjælland 1991-1992. Josianne Gatt Støttrup, Klaus Lehmann og Hanne Nicolajsen
- Nr. 32-97 Smolt dødeligheder i Tange Sø. Undersøgt i foråret 1996. Niels Jepsen, Kim Aarestrup og Gorm Rasmussen
- Nr. 33-97 Overlevelse af udsætningsfisk. Overlevelsen af dambrugsopdrættet ørred (*Salmo trutta*) efter udsætning i et naturligt vandløb. I. Indflydelse af social status. Henrik Schurmann
- Nr. 34-97 Bestandsundersøgelser i bornholmske vandløb til belysning af den naturlige ørredproduktion og effekten af udsætning af ørredyngel. Ole Christensen (*udsolgt*)
- Nr. 35-97 Hornfisk - Indbygget kvalitetssikring (IKS) med sporbar dokumentation. Karsten Bæk Olsen
- Nr. 36-97 Blåmuslingebestanden i det danske Vadehav august 1996. Per Sand Kristensen
- Nr. 37-97 Hjertermuslinger (*Derastoderma edule*) på fiskebankerne omkring Grådyb i Vadehavet april 1997. Per Sand Kristensen
- Nr. 38-97 Blåmuslinger i Limfjorden 1996 og 1997. Erik Hoffmann og Per Sand Kristensen
- Nr. 39-97 Forsøgsfiskeri i det sydlige Kattegat efter molboøsters (*Arctica islandica*) juni 1997. Per Sand Kristensen, Per Dolmer og Erik Hoffmann
- Nr. 40-97 Laksefiskene og fiskeriet i vadehavsområdet - Teknisk rapport. Samarbejdsprojekt mellem Danmarks Fiskeriundersøgelser, Ribe Amt og Sønderjyllands Amt (*udsolgt*)
- Nr.40a-97 Laksefiskene og fiskeriet i vadehavsområdet – Bilagsrapport. Samarbejdsprojekt mellem Danmarks Fiskeriundersøgelser, Ribe Amt og Sønderjyllands Amt (*udsolgt*)
- Nr.40b-97 Laksefiskene og fiskeriet i vadehavsområdet - Supplerende undersøgelser. Samarbejdsprojekt mellem Danmarks Fiskeriundersøgelser, Ribe Amt og Sønderjyllands Amt (*udsolgt*)
- Nr.41-97 Fiskebestande og fiskeri i 1998. Poul Degnbøl og Eskild Kirkegaard
- Nr. 42-97 Kunstige rev. Review om formål, anvendelse og potentiale i danske farvande. Red. Josianne G. Støttrup og Hanna Stokholm (*udsolgt*)
- Nr. 42a-97 Kunstige rev. Review om formål, anvendelse og potentiale i danske farvande. Bilagsrapport.

Red. Josianne G. Støttrup og Hanna Stokholm (*udsolgt*)

- Nr. 43-97 Bomtrawlsfiskeriets indflydelse på fisk og bunddyr (benthos). Else Nielsen, Stig Mellergaard og Tine Kjær Hassager
- Nr. 44-97 Effekten af akustiske alarmer på bifangst af marsvin i garn. Rapport om foreløbige resultater. Finn Larsen
- Nr. 45-97 Søpakning med sporbar deklaration. Marco Frederiksen og Karsten Bæk Olsen (*udsolgt*)
- Nr. 46-97 Lightly salted lumpfish roe. Composition, spoilage, safety and preservation. Merethe Basby
- Nr. 47-97 Large Scale Production of Baltic Sea Cod. Bornholm 1992-1994. Philip Prince
- Nr. 48-97 Udsætningsforsøg med ørred (*Salmo trutta* L.) i fynske vandløb og kystområder. Stig Pedersen og Gorm Rasmussen (*udsolgt*)
- Nr. 49-98 Blåmuslingebestanden i det danske Vadehav efteråret 1997. Niels Jørgen Pihl og Per Sand Kristensen.
- Nr. 50-98 Indsatsprojekt rapport 1. Internationale erfaringer med forskellige fiskeriforvaltningssystemer. Et litteraturreview. (*udsolgt*)
- Nr. 51-98 Indsatsprojekt rapport 2. Gear selectivity estimates for Danish Baltic and Kattegat Fleets. D. A. Wileman.
- Nr. 52-98 Redegørelse vedrørende det tekniske grundlag for miljøgodkendelse af dambrug. Danmarks Fiskeriundersøgelser, Danmarks Miljøundersøgelser, Dansk Dambrugerforening og Miljøstyrelsen (*udsolgt*)
- Nr. 53-98 Genudlægnings af små blåmuslinger (*Mytilus edulis* L.) på vækstbanker i Limfjorden, 1996 – 1997. Nina Holm og Per Sand Kristensen
- Nr. 54-98 Strukturen i en muslingebanke og dennes betydning for blåmuslingers vækst og dødelighed. Ph.D.-afhandling. Per Dolmer
- Nr. 55-98 Hjertemuslinger (*Cerastoderma edule*) på fiskebankerne omkring Grådyb i Vadehavet 1998. Per Sand Kristensen
- Nr. 56-98 Det danske laksefiskeri i Østersøen – sæsonen 1997/1998. Frank Ivan Hansen
- Nr. 57-98 Prey switching and the implications for the use of predatory fish as bioindicators. Speciale. Anna Rindorf
- Nr. 58-98 Fiskeriundersøgelser i Limfjorden, 1997. Samarbejdsprojekt mellem Danmarks Fiskeriundersøgelser, Nordjyllands Amt, Viborg Amt og Ringkjøbing Amt (*udsolgt*)
- Nr. 59-98 Fiskehejren (*Ardea cinerea*) som prædator – generelt og i relation til ørredsmolt (*Salmo trutta*). Vinni Madsen
- Nr. 60-98 Spatial distribution pattern generating processes in the International Bottom Trawl Survey in the North Sea. Kai Wieland
- Nr. 61-99 Blåmuslingebestanden i det danske Vadehav, efteråret 1998. Per Sand Kristensen og Niels Jørgen Pihl
- Nr. 62-99 Fiskebestande og fiskeri i 1999. Poul Degnbol og Eskild Kirkegaard (*udsolgt*)
- Nr. 63-99 Kortlægning af stenrev, stenfiskeri og fiskeri på hårdbund samt metoder til videnskabelige undersøgelser af rev og hårdbund. Josianne G. Støttrup (redaktør)

- Nr. 64-99 Juvenile fladfisks fordeling, migration og fouragering i kystnære områder - relation til bestandsstyrkelse. Speciale. Svend Bråten og Lene Moth
- Nr. 65-99 Genudlægninger af små blåmuslinger (*Mytilus edulis* L.) på vækstbanker i Limfjorden, 1998. Per Sand Kristensen og Nina Holm
- Nr. 66-99 Status for Laksehandlingsplanen. Anders Koed, Kim Aarestrup, Einar Eg Nielsen og Heine Glüsing (*udsolgt*)
- Nr. 67-99 Acoustic monitoring of herring in the Sound Final Report 1993-98. J. Rasmus Nielsen, Bo Lundgren, Torben F. Jensen og Karl-Johan Stæhr
- Nr. 68-99 Betydningen af skarvens prædation på torsk vurderet ved hjælp af flerartsmodellen (MSVPA). Else Nielsen, Stefan Neuenfeldt og Morten Vinther (*udsolgt*)
- Nr. 69-99 Rapport vedrørende udvikling af en mærkningsmodel for økologisk akvakulturproduktion. Strukturdirektoratet
- Nr. 70-99 Projekt "Smoltvindue hos Ørred, *Salmo trutta*". (projekt nr. 1329 jf. Handlingsplanen for Fiskeplejen 1998). Christian Nielsen og Steffen S. Madsen
- Nr. 71-99 Blåmuslinger i Limfjorden. Maj og september 1999. Erik Hoffmann og Per Sand Kristensen
- Nr. 72-00 Fiskeri efter blåmuslinger i Danmark 1989-1999. Per Sand Kristensen og Erik Hoffmann
- Nr. 73-99 Bomtrawlfiskeriets indflydelse på fisk og bunddyr II. (opdatering af DFU-Rapport nr. 43-97). Else Nielsen og Stig Møllergaard
- Nr. 74-00 Fisk, fiskeri og bundfauna ved Agerø, Limfjorden. Erik Hoffmann og Per Dolmer
- Nr. 75-00 Fisk og fiskebestande i Limfjorden 1984 – 1999. Erik Hoffmann
- Nr. 76-00 Genudlægninger af små blåmuslinger (*Mytilus edulis* L.) på vækstbanker i Limfjorden, 1999. Per Sand Kristensen, Nina Holm og Alex Hansen
- Nr. 77-00 A check list for multi-instrument projects. Harald Martens og Charlotte Jacobsen
- Nr. 78-00 Udvikling af standard garnserie til brug ved bestandsanalyse af flad- og rundfisk i marine lavvandede områder. Ole Ritzau Eigaard, Josianne Støttrup og Holger Hovgård
- Nr. 79-00 Undersøgelse af eventuelle miljøpåvirkninger ved anvendelse af hjælpestoffer og medicin i ferskvandsdambrug samt metoder til at reducere/eliminere sådanne påvirkninger. Samarbejdsprojekt mellem Danmarks Miljøundersøgelser (Redaktør), Danmarks Fiskeriundersøgelser, Kongelige Veterinære og Landbohøjskole og Dansk Dambrugerforening. (*udsolgt*)
- Nr. 80-00 Laks og havørreds gydevandring i Gudenåen i 1994 og 1995. Kim Aarestrup og Niels Jepsen
- Nr. 81-00 Hjertemuslinger (*Cerastoderma edule*) på fiskebankerne omkring Grådyb i Vadehavet, 2000. Per Sand Kristensen
- Nr. 82-00 Danmarks Fiskeriundersøgelser's Ramme- og aktivitetsplan 2000-2003. Danmarks Fiskeriundersøgelser
- Nr. 83-00 Dansk Laksefiskeri i Østersøen 1998/1999. Frank I. Hansen
- Nr. 84-00 Indsatsprojekt rapport 3. Fiskeriindsats og fiskeridødelighed, Østersøen. J. Rasmus Nielsen
- Nr. 85-00 Indsatsprojekt rapport 5. Fiskeriindsats og fiskeridødelighed, industrifiskeri. Paul Marchal, J.

Rasmus Nielsen og Holger Hovgård (*udsolgt*)

- Nr. 86-00 Indsatsprojekt rapport 4. Fiskeriindsats og fiskeridødelighed, Kattegat. Holger Hovgård, , J. Rasmus Nielsen og Paul Marchal
- Nr. 87-01 Blåmuslingebestanden i det danske Vadehav efteråret 2000. Per Sand Kristensen og Niels Jørgen Pihl
- Nr. 88-01 Genudlægninger af blåmuslinger (*Mytilus edulis* L.) på vækstbanker i Limfjorden, 2000. Per Sand Kristensen og Nina Holm
- Nr. 89-01 Indsatsprojekt rapport 7. Fiskernes holdning til og accept af fiskeriregulering. Jesper Raakjær Nielsen og Christoph Mathiesen (*udsolgt*)
- Nr. 90-01 Hesterejer (*Crangon crangon*) – køns- og størrelsesfordelinger I danske fangster og landinger fra Nordsøen, 2000. Per Sand Kristensen og Agnethe Hedegaard
- Nr. 91-01 Danmarks Fiskeriundersøgelser's Ramme- og aktivitetsplan 2001-2004. Danmarks Fiskeriundersøgelser
- Nr. 92-01 Blåmuslinger (*Mytilus edulis* L.) i det nordlige Bælthav i 1996 (fiskerizone 30, 31 og 34). Forekomster og fiskeri. Per Sand Kristensen
- Nr. 93-01 Udsætningsforsøg med 18-28 cm ørred (*Salmo trutta* L.) i vandløb 1995-1998. Stig Pedersen og Peter Geertz-Hansen
- Nr. 94-01 Simulation model for evaluation of effort and catch quota management regimes. Per J. Sparre
- Nr. 95-01 Fiskebestande og fiskeri 2002. Sten Munch-Petersen.
- Nr. 96-02 Genudlægninger af blåmuslinger (*Mytilus edulis* L.) på vækstbanker i Limfjorden 2001. Per Sand Kristensen og Nina Holm.
- Nr. 97-02 Indsamling af detaljerede oplysninger om tobisfiskeriet i Nordsøen. Februar 2002. Henrik Jensen, Henrik Mosegaard, Anna Rindorf, Jørgen Dalskov og Palle Brogaard
- Nr. 98-02 Danmarks Fiskeriundersøgelser. Ramme- og Aktivitetsplan 2002-2005. Danmarks Fiskeriundersøgelser
- Nr. 99-02 Skjern Å's lampretter. Statusrapport fra naturovervågningen før restaureringen. Nicolai Ørskov Olsen, Hans-Christian Ingerslev, Henrik Dam og Christian Dieperink.
- Nr. 100-02 Fangster af laksefisk fra Skjern Å og Storåen. Christian Dieperink.
- Nr. 101-02 Blåmuslinger (*Mytilus edulis* L.) i Lillebælt i 1995 (fiskerizone 40 - 44). Forekomster og fiskeri. Per Sand Kristensen
- Nr. 102-02 Hesterejer (*Crangon crangon*) – køns - og størrelsesfordelinger i danske fangster og landinger fra Nordsøen, 2001. Per Sand Kristensen og Agnethe Hedegaard
- Nr. 103-02 Dansk laksefiskeri i Østersøen 2001 og Status for forsøg med forsinket udsatte laks ved Bornholm og Møn. Frank Ivan Hansen og Stig Pedersen