

Kongeåens Dambrug

- et modeldambrug under forsøgsordningen

Statusrapport for 2. måleår af monitoringsprojektet med væsentlige resultater fra første måleår

Lars M. Svendsen, Danmarks Miljøundersøgelser, Århus Universitet
Ole Sortkjær, Danmarks Miljøundersøgelser, Århus Universitet
Niels Bering Ovesen, Danmarks Miljøundersøgelser, Århus Universitet
Jens Skriver, Danmarks Miljøundersøgelser, Århus Universitet
Søren Erik Larsen, Danmarks Miljøundersøgelser, Århus Universitet
Per Bovbjerg Pedersen, DTU-AQUA
Richard Skøtt Rasmussen, DTU-AQUA
Anne Johanne Tang Dalsgaard, DTU-AQUA

Februar 2008

ISBN: 978-87-7481-065-0

DTU Aqua-rapport nr. 182-08

0 Sammenfatning

De samlede miljømæssige fordele ved modeldambrug er mangetallige, som blandt andet oplyst vedrørende især uhindret faunapassage i Dambrugsudvalgets rapport:

Vandløbet	Dambruget
<p>Fordele: "Død å"-strækning fjernes Øget vandføring i dambrugenens omløb 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 dambrugenens 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> <p>Ulemper: Ingen</p>	<p>Fordele: 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> <p>Ulemper: 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.</p>

Der er tidligere udgivet en statusrapport for det første måleår ved Kongeåens Dambrug (*Svendsen et al., 2006*). I denne statusrapport, som omhandler andet driftsår for Kongeåens Dambrug som modeldambrug, beskrives de opnåede resultater fra monitoringsprojektets måle- og dokumentationsprogram, der har til formål at fremskaffe dokumentation for dambrugenens rensning og udledning af næringsstoffer og organisk stof. Der er medtaget en række væsentlige resultater fra år 1 for at kunne sammenligne resultater mellem de to måleår. Der er også medtaget resultater fra første måleår for emner, som ikke blev medtaget i statusrapporten for det første måleår. Endvidere er medtaget resultater fra første måleår, hvor der er lavet korrektioner ift. indhold af kvælstof og fosfor i fisk og for produktionsbidraget af COD og BI₅ og forholdet mellem disse. Dette har medført justeringer i produktionsbidraget og hermed i beregnede rensgrader og udlederkontrollen ift. statusrapporten for første måleår, men ændrer ikke væsentligt ved de overordnede resultater for det første måleår. Der drages nogle konklusioner for resultaterne for de to måleår på dambruget. Hermed kan og bør denne status rapport for andet måleår også anvendes som en samlet rapportering for de væsentligste resultater for de to måleår under forsøgsordningen for Kongeåens Dambrug.

Sammenligninger af resultater og samlede konklusioner for de 8 modeldambrug under forsøgsordningen under et samt faglige anbefalinger på baggrund af forsøgsprojektet sker i særskilt rapport, som udarbejdes i 2008.

Produktionsforhold Første måleår var fra 27. april 2005 til 26. april 2006 begge dage inklusive, og 2. måleår fra 27. april 2006 til 26. april 2007.

Kongeåens Dambrug har i år 1 (27. april 2005 til 26. april 2006) og år 2 (27. april 2006 til 26. april 2007) anvendt hhv. 902,4 og 840,5 tons foder i dambrugets tre produktionsanlæg med en beregnet produktion på hhv. 1078,5 og 987,7 tons fisk. Dette giver en samlet foderkvotient (alene baseret på tal i produktionsanlæggene) på 0,837 hhv. 0,851

På trods af almindelige indkøringsvanskeligheder, tillæring til ny produktionsform, ny teknologi og nye problemstillinger, må driften af anlægget betegnes som velkørt og succesfuldt i begge driftsår.

Vandforbrug

Kongeåens dambrug indtager nu vand alene fra dræn under dambruget og borerer placeret ved bl.a. plantelagunerne, hvorfor opstemning og spærringer i vandløbet ikke længere er nødvendigt. Hertil kommer, at vandforbruget i forbindelse med betydelig recirkulering (recirkuleringsgrad over 95 %) er nedsat fra før 1781 l/s til omkring 115 l/s (6 % af før). Et vandtab gennem lagunen på 28 l/s (28% af flow) i første driftsår er i andet år reduceret til 13 l/s (11% af flow).

Rensegrader

Ved forarbejdet, i bekendtgørelse om modeldambrug m.v. blev der forudsat nogle rensegrader for organisk stof og næringsstoffer på modeldambrug. En sammenstilling af de i Bekendtgørelsen for modeldambrug forudsatte og de opnåede netto rensegrader i såvel 1. som 2. måleår på Kongeåens Dambrug ser således ud:

	Forventet	Opnået 1. år	Opnået 2. år
Organisk stof (BI₅)	75 %	95 %	93 %
Total kvælstof (inkl. laguner)	27 %	68 %	54 %
Total Fosfor	60 %	94 %	92 %

De ovennævnte rensegrader indeholder evt. nedsivning fra plantelagunen, der især i år 1 kan reducere den reelle rensegrad for især opløst kvælstof og opløst fosfor, såfremt nedsivning ikke medregnes. Det ændrer dog ikke ved, at de opnåede rensegrader til fulde honorerer de forudsatte, og at rensningen, især for organisk stof og fosfor, er meget perspektivrig. For kvælstof vurderes der fortsat at være reelle forbedringsmuligheder. Tages højde for ændret nedsivning fra plantelagunen med medfølgende opløste stoffer er der næppe signifikant forskel på rensegraderne de to måleår. Produktionsanlægget med dets slamkegler og biofiltre fjerner især ammonium, fosfor og organisk stof, mens plantelagunerne især fjerner total-kvælstof (nitrat) samt fosfor og organisk stof. Rensegraderne i plantelagunerne har været højere end dem, der blev fundet i tidligere forsøg bl.a. på Døstrup Dambrug, der var en del af grundlaget for de forudsatte rensegrader.

Selvom der kan følge f.eks. ammonium, nitrat og opløst fosfor med nedrivningsvandet vil en del af dette enten blive genindvundet som indtagsvand eller omsat/tilbageholdt i ådalens jorde, dvs. kun en andel af evt. nedrivende opløst stof antages at kunne nå grundvand eller vandløb. Det har ikke været en del af projektets formål at undersøge dette, men tabet er da også reduceret betydeligt i år 2.

Specifik udledning

Ifølge Miljøstyrelsens opgørelse for ferskvandsdambrug udledtes der i 2003 3.098 t BI₅, 1.119 t total-N og 90 t total-P ved en produktion på 29.434 t ørreder, svarende til gennemsnitlige specifikke udledninger som angivet i nedenstående tabel:

	Specifik udledning – netto (kg/t fisk produceret)			Kongeåens dambrug i % af gennemsnit DK	
	Gennemsnit Danmark	Kongeåens d. - 1. måleår	Kongeåens d. - 2. måleår	År 1	År 2
Organisk stof	105,3	4,0	5,3	4 %	5 %
Total-N	38,0	10,2	17,0	27 %	45 %
Total-P	3,1	0,3	0,3	10 %	10 %

Som det fremgår, er det markant reducerede specifikke udledninger, især for organisk stof og fosfor, sammenlignet med gennemsnittet af danske ferskvandsdambrug.

Overholdelse af udlederkrav jvnf. Ribe Amts miljøgodkendelse

I miljøgodkendelsen har Ribe amt opstillet en række kontrolparametre med tilhørende kravværdi.

Kontrolparameter	Kravværdi i Miljøgodkendelse (mg l ⁻¹)	Udledning efter Bekendt. om mo- deldambrug – År 1 (mg l ⁻¹)	Udledning efter Be- kendt. om modeldam- brug – År 2 (mg l ⁻¹)	Teoretiske kravværdier jf. Dambrugs- bekendtgørelsen (mg l ⁻¹)
Susp. stof	10	1,65	0,72	41
NH ₄	1,0	4,23	2,35	5,4
Total-N	8,0	7,02	6,46	8,0
Total-P	0,7	0,28	0,18	0,7
BI ₅	10	3,27	2,05	10

Kravværdierne kompenserer kun på nogle parametre (total-N, total-P og BI₅) for reduktionen i vandforbrug, mens der på suspenderet stof og især på ammonium-N er stillet væsentligt skrapere krav. I den fjerde kolonne er opgivet Kongeåens Dambrugs beregnede udledninger i 2. måleår beregnet efter Bekendtgørelsens regler. Kravene er overholdt for alle parametre på nær ammonium. Såfremt der kompenseres fuldt for reduktionen i vandforbrug (4. kolonne) overholdes også ammonium-kravet. Alle kontrolparametre/udlederværdier har været lavere i år 2, indikerende mere stabil drift, hvilket bl.a. også afspejles i mindre variation i produktionsenhedernes afløbskoncentrationer.

Fauna og faunaindex

Dansk Vandløbs Fauna Index (DVFI) er opgjort således:

	Kongeå Opstrøms	Kongeå Nedstrøms
Marts 2004	5	5
December 2004	6	5
Marts 2005	6	6
September 2005	7	7
September 2005	6	5
Februar 2006	6	7
Juni 2006	5	6
September 2006	7	7
Forår 2007	6	6
Maj 2007	7	7

Ud fra analyse af de fundne bunddyrsarter noteres en forbedring nedstrøms sammenlignet med efteråret 2004, dvs. før ombygning til modeldambrug, hvor der var en dambrugspåvirkning, der ikke siden er set. Der er ikke forskel på opstrøms- og nedstrøms stationerne, og vandløbets målsætning er opfyldt begge steder.

Diskussion og primære udeståender

De opnåede rensegrader og den resulterende, meget lave specifikke udledning ser generelt meget lovende ud og har været bedre end forudsat. For kvælstof (ammonium- og total-kvælstof) synes der dog at være behov og gode muligheder for en forstærket indsats, således at rensningen også på denne parameter kan forbedres yderligere. Det vil således formentligt være rensningen for kvælstof, der bliver afgørende for muligheden for, og størrelsen af, en evt. øget fodertilladelse.

En større del af den stofmængde, der føres over i slambassinerne fra produktionsanlæggets slamkegler og biofiltre transporteres igen med klaringsvandet til plantelagunerne. Det vil være hensigtsmæssigt at øge stoftilbageholdelsen i selve slambassinerne.

Vandtabet i plantelagunerne kan, især i år 1, påvirke beregningen af nogle af rensegraderne, afhængig af i hvilken grad opløste stoffer, som ammonium/nitrat og orthofosfat, passerer hele vejen sammen med vandet, og også af hvorvidt det, i givet fald, kan nå frem til vandløbet og i hvilke mængder.

1 Indledning

Som et af resultaterne fra det af fødevareministeriet nedsatte dambrugsudvalg (Udvalget vedr. dambrugserhvervets udviklingsmuligheder) blev der i dette udvalgs rapport, marts 2002 (*Dambrugsudvalget, 2002*), peget på muligheden af etablering af mere ensartede typedambrug eller såkaldte modeldambrug.

Det ensartede koncept i modeldambrugene skulle muliggøre, at dokumentation samt viden og erfaring indhentet herpå, kunne finde anvendelse på andre modeldambrug af samme type, således at såvel drift som sagsbehandling, tilladelser m.v. kunne smidiggøres.

I såvel sideløbende som efterfølgende arbejder (eks.: *Pedersen P.B. et al. 2003; Svendsen, L.M. & Pedersen, P.B.; 2004*) samt notater og Bekendtgørelser (*Bekendtgørelse om modeldambrug, 2002* og *Bekendtgørelse om ændring af bekendtgørelse om modeldambrug, 2004*) er de nærmere specifikationer og krav til modeldambrug blevet defineret og fastlagt.

Tre typer modeldambrug er beskrevet (type 1, 2 og 3), hvor der for type 2 og 3 er åbnet for en deltagelse under en 2-årig forsøgsordning, i hvilken periode monitoring af den resulterende miljømæssige effekt skulle måles.

Ingen dambrug har ønsket ombygning til type 2 under forsøgsordningen, mens 8 dambrug af type 3 blev udvalgt til deltagelse i denne. Kongeåens Dambrug er en af disse.

Det skal understreges, at listen over miljømæssige fordele ved modeldambrugsdrift er lang, som opgjort i Dambrugsudvalgets rapport jvnf. nedenstående tabel.

Disse miljømæssige fordele opnås under alle omstændigheder ved etablering af modeldambrug. Formålet med monitoringsprojektet er således alene at udvikle og gennemføre et specificeret måleprogram for modeldambrug, baseret på kravene om målinger i Miljøministeriets "*Bekendtgørelse om modeldambrug (2002)*" og "*Bekendtgørelse om ændring af bekendtgørelse om modeldambrug (2004)*" for derigennem at fremskaffe den fornødne dokumentation for dambrугenes rensning samlet og for de enkelte renseforanstaltninger og for udledning af næringsstoffer og organisk stof, herunder for overholdelse af udlederkravene. Ifølge bekendtgørelse skal DMU (tidligere under Miljøministeriet nu under Århus Universitet) og DFU som har ændret navn til DTU-AQUA opstille et måleprogram, der skal tilvejebringe den omtalte dokumentation.

De 8 modeldambrug monitoreres derfor løbende af DMU og DTU-AQUA (DFU) over en 2-årig driftsperiode. På nogle dambrug måles der over alle de forskellige dele af dambruget, de såkaldte intensivt monitorerede dambrug som Kongeåens Dambrug hører til. Dette arbejde er blevet udført på baggrund af bevilling fra Fødevareministeriets Direktorat for FødevareErhverv via FIUF- midler, og er således støttet med 50 % fra den Danske Stat og 50 % fra EU. Der takkes hermed for den tildelte bevilling.

Vandløbet	Dambruget
<p>Fordele:</p> <p>"Død å"-strækning fjernes</p> <p>Øget vandføring i dambrugenes omløb</p> <p>Påvirkning af opstemning opstrøms reduceres, fjernes evt. helt</p> <p>Naturlige variationer i vandløbets vandføring opretholdes i omløbene</p> <p>Indtrængen af naturlig fauna i dambrugene reduceres</p> <p>Passageproblemer ved dambrugenes opstemninger og vandindtag, herunder afgitring, indretning af faunapassage (både op- og nedstrøms), opstemning m.v. løses langt nemmere</p> <p>Udledning af medicin og hjælpestoffer reduceres</p> <p>Maksimumskoncentrationer af medicin og hjælpestoffer i vandløbene formindskes</p> <p>Fald i vandløbets iltindhold nedstrøms reduceres/undgås</p> <p>Ulemper:</p> <p>Ingen</p>	<p>Fordele:</p> <p>Stabile produktionsforhold</p> <p>Påvirkninger fra variationer i indløbsvandets kvalitet reduceres eller elimineres</p> <p>Øget effekt af renseforanstaltninger</p> <p>Ved brug af drænvand/grundvand kan opnås højere vandtemperaturer om vinteren og lavere om sommeren</p> <p>Bedre muligheder for styring af management og produktionsmiljøet</p> <p>Reduceret smittepres</p> <p>Reduceret behov for anvendelse af medicin og hjælpestoffer, herunder kalkning</p> <p>Bedre arbejdsmiljø</p> <p>Ulemper:</p> <p>Højere energiforbrug pr. kilo produceret fisk</p> <p>Øget udledning af CO₂</p> <p>Risiko for opbygning af skadelige ammoniakkoncentrationer</p> <p>Øget behov for overvågning og styring af driftsforholdene</p> <p>Øget behov for backup-systemer: strøm, iltforsyning, pumper m.v.</p>

Dokumentations- og monitoringsprojekt følges af en følgegruppe bestående af:

Niels Axel Nielsen, Fmd., direktør for Myndighedsbetjening og Sektorudvikling DTU (tidl.: direktør Danmarks Fiskeriundersøgelser)

Torben Moth Iversen, projektchef DMU, Århus Universitet (tidl. vicedirektør DMU)

Mette Selchau, Fødevareministeriet; erstattede august 2007 Knud Larsen, Fødevareministeriet

Thomas Bjerre Larsen, Miljøstyrelsen; erstattede august 2007 Gitte Larsen, Skov- og Naturstyrelsen

Henrik Haarh, Direktoratet for FødevareErhverv; erstattede januar 2007 Lars Christensen Clink, Direktoratet for FødevareErhverv

Jens Ole Frier, Ålborg Universitet

Jacob Larsen, Holstebro Kommune (tidl.: Ringkjøbing Amt)

Lenny Stolborg, Ikast-Brande Kommune; erstattede januar 2007 Henning Christiansen, Ribe Amt

Lisbeth Jess Plesner, Dansk Akvakultur

Helge A. Thomsen, forskningschef DTU-AQUA (tidl.: Danmarks Fiskeriundersøgelser)

samt Per Bovbjerg Pedersen, sektionschef DTU-AQUA (tidl.: Danmarks Fiskeriundersøgelser) og Lars M. Svendsen, projektchef Danmarks Miljøundersøgelser, Århus Universitet.

I juni 2008 udgives en samlet faglig rapport, der kommer med en samlet status og konklusioner over 1. års drift og målinger på de 8 modeldambrug. Heri foretages sammenligninger på tværs af dambrugene og gives nogle anbefalinger. Nærværende statusrapport indeholder derimod alene målinger for Kongeåens Dambrug.

Sluttelig skal der lyde en stor tak til alle andre involverede personer, institutioner m.v. som på hver sin vis har bidraget i det store arbejde. Specifikt takkes dambrugsejer Knud Kongsted og Christina Kongsted samt teknisk personale ved DMU, Århus Universitet: Uffe Mensberg, Henrik Stenholt, Ane Kjeldgaard, Zdenek Gavor, Marlene Jessen og Carsten Nielsen og ved DTU-AQUA (DFU): Tommy Nielsen, Peter Faber, Torben Filt Jensen, Ole Madvig Larsen, Jesper Knudsen, Milan Pavlovic og Erik Poulsen.

2 Beskrivelse af dambruget

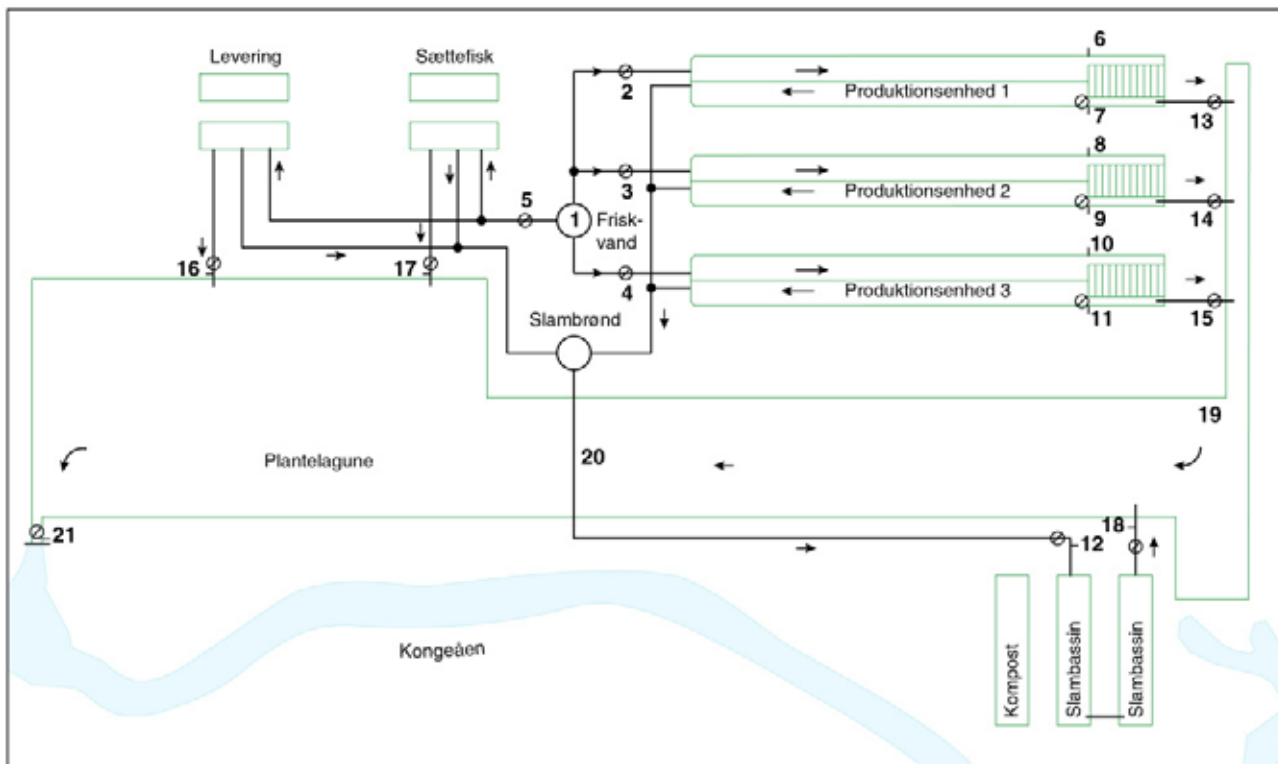
2.1 Indretning

Kongeåens Dambrug er beliggende ved Kongeåen i det sydlige Jylland (Kongeåvej 24, Foldingbro, 6650 Brørup). Kongeåen har et samlet opland på ca. 450 km², og ved dambruget er medianminimumsvandføringen af amtet angivet til 1781 l/s (*Ribe Amt, 2004*).

Dambruget er indrettet som et modeldambrug type III (*Pedersen et. al., 2003*).

Dambruget består af 3 ens opbyggede produktionsenheder, der hver er underopdelt i 12 sektioner. I hver enhed ledes det recirkulerede vand igennem et biofilter, der er opdelt i 11 sektioner. Derudover er der sættefiskanlæg og leveredamme. Dette udgør tilsammen selve produktionsanlægget. Figur 1 er en principskitse af dambrugets opbygning med angivelse af vandflow. Vandet cirkulerer i produktionsenhederne ved at den beluftning som tilfører ilt til vandet også løfter dette nogle centimeter. Beluftningen sker opstrøms i de 12 sektioner i ca. 6 m dybe brønde. Slam opsamles i pyramideformede slamkegler i bunden af produktionsenhederne og pumpes sammen med skyllevand fra filtrene op i 2 slambassiner. Der står slamkegler i hele bredden nedstrøms hver sektion. Afløbsvand fra anlæggene og klaret vand fra slambassinerne ledes til en plantelagune hvorfra det løber i åen. Plantelagunen består dels af nogle af de oprindeligt 59 jorrdamme og fældningsbassiner samt dele af den tidligere føde- og bagkanal.

Hver produktionsenhed er 150 meter lang og 12 meter bred, med en vanddybde på ca. 1,5 meter. Plantelagunen har et areal på 14.800 m² med en middeldybde på 0,9 m. Totalt har dambruget et vandvolumen på 22.800 m³, og med et vandindtag på gennemsnitligt 107 l/sek. i det første måleår og 114 l/sek. i det andet, (jf. kap. 5) giver det en opholdstid på 59 hhv. 56 timer. Opholdstiden for produktionsanlægget inkl. sættefiskanlæg og leveredamme er på ca. 24,6 hhv. 23,1 timer mod en forudsat minimumsopholdstid på 18,5 timer i produktionsanlægget for modeldambrug type III (*Bekendtgørelse om modeldambrug, 2002*).



Figur 1 Kongeåens Dambrug, opbygning og vandflow. Nr. angiver målesteder som listet i tabel 1.

2.2 Måleprogram og måleperiode

Efter en kort indkøringsfase startede måleprogrammet på Kongeåens Dambrug som en del af forsøgsordningen officielt den 27. april 2005. Første måleår er derfor fra 27. april 2005 til 26. april 2006 begge dage inklusive, og 2. måleår er fra 27. april 2006 til 26. april 2007.

I hele måleperioden har der kontinuert (hvert 10. minut) været målt vandmængde, vandhastighed, vandstand, nedbør, ilt, temperatur og pH ved en eller flere målepunkter på dambruget (tabel 1). De instrumenter, som måler kontinuert er typisk tilsluttet en datalogger, hvorfra data overføres til en PC som er placeret på dambruget. Data overføres via Internettet fra Pc'en til DTU-AQUA (DFU) og lægges ind i en fælles database som DTU-AQUA (DFU) og DMU, Århus Universitet anvender i projektet. Vandmængder måles i de fleste målepunkter med en elektronisk måler, et såkaldt vandur. I udløbet er der i begyndelsen af 1. måleår anvendt vandur, siden er etableret i overfaldsbygværk med rektangulært udløb, der løbende er kalibreret med vingemålinger. Vandstand måles dels med tryktransducer, i slambassinerne med en infrarød måler. Vandhastigheden i produktionsenhederne måles med dobbler-sensor I *Svendesen & Bovbjerg (2004)* findes flere informationer og baggrund og krav til måleprogram og en række tekniske detaljer. Endvidere vil der i den rapporten, der konkluderer på resultaterne for alle 8 modeldambrug under forsøgsordningen i et bilag kort blive gjort rede for måleprincipper og hvilke instrumenter, der har været anvendt.

Nr.	Sted på dambruget	Målevariabel
1	Vandindtag, samlebrønd	K, S
2	Indløb produktionsanlæg 1	F
3	Indløb produktionsanlæg 2	F
4	Indløb produktionsanlæg 3	F
5	Indløb sættefisk og leveredamme	F
6	Opstrøms biofilter produktionsanlæg 1	K, S
7	Nedstrøms biofilter produktionsanlæg 1	K, H, V, S
8	Opstrøms biofilter produktionsanlæg 2	K, S
9	Nedstrøms biofilter produktionsanlæg 2	K, H, V, S
10	Opstrøms biofilter produktionsanlæg 3	K, S
11	Nedstrøms biofilter produktionsanlæg 3	K, H, V, S
12	Indløb slambassin	K, F
13	Udløb produktionsanlæg 1	F
14	Udløb produktionsanlæg 2	F
15	Udløb produktionsanlæg 3	F
16	Udløb leveredamme	K, F, S
17	Udløb Sættefisk	K, F, S
18	Udløb klaret slamvand	K, F, V
19	Plantelagune, øvre del	S
20	Plantelagune, midt	S
21	Udløb plantelagune/dambrug	K, H, V, S N

Tabel 1. Oversigt over målepunkter på Kongeåens Dambrug. Tallene til højere refererer til det konkrete målepunkt på figur 1. Der anvendt følgende forkortelser: K: Prøvetagning for kemiske analyser. F= vandmængde; H = vandhastighed; V = vandstand; S = ltt, pH og temperatur; N = nedbør.

Vandkemiske prøver er for indtagvand målt som en punktprøve (øjebliksprøve) hver 4 uge (hver 14. dag i begyndelsen af første måleår) og i alt 13 gange i andet måleår. Vandkemiske prøver fra afløb, ind og ud af de tre produktionsenheder, afløb leveredam og afløb sættefiskanlæg og fra slambassiner udtages hver 14. dag med en ISCO-glacier vandprøvetager. En prøve består af en puljet delprøve over et døgn, hvor der i en stor flaske tages 100 ml vandprøve hvert kvarter, svarende til 9,6 l prøve på 24 timer pr. målested. Prøverne står koldt (4° C) og mørkt i prøvetageren. Ved hvert målested er der målt i alt 27 gange i andet måleår.

Herudover er der hver 14. dag taget vandkemiske prøver i forbindelse med tømning af slamkegler og returskylning af biofiltre i både sættefiskanlæg/leveredamme og i de tre produktionsenheder. Her tages også puljede prøver men delprøverne kommer i 1 liter flasker, der puljes. Afhængigt af hvor lang tid det tager at tømme slamkegler og returskylle biofiltre tages en række hyppige delprøver for at dække hele tidsperioden. Disse prøver tages med en ISCO 6712-1 vandprøvetager, hvori prøverne også står koldt (4° C) og mørkt.

De vandkemiske prøver er analyseret for en række kemiske variable fastlagt i *Bekendtgørelsen om modeldambrug (2002)*. Det fremgår af tabel 2, hvilke variable der analyseres for, som afhænger af om der er tale om vandprøve taget i indtagsvandet (grundvand), slamvand (ved tømning af slamkegler, returskylning af biofiltre), afløb slambassin, i produktionsanlæg eller afløb fra dambruget. Analyserne er gennemført af akkrediteret laboratorium efter de standardanalysemetoder, der er foreskrevet ift. dambrug, herunder for modificeret BI₅.

	Program A	Program B	Program C
Parametre	Fuld pakke: Udløb fra dambrug, op- og nedstrøms biofilter, afløb sættefiskanlæg og leveredamme	Grundvand (indtagsvand)	Returskylning biofiltre, tømning slamkegler, afløb slambassiner
Suspenderet stof (SS)	x	(x)	x
Modificeret BI ₅	x	(x)	x
COD	x	(x)	x
Total fosfor (P)	x	[x]	x
Orthofosfat-P	x	x	x
Total kvælstof (N)	x	[x]	x
Nitrat-nitrit_N	x	x	x
Ammonium_N	x	(x)	x

Tabel 2 De vandkemiske parametre, der analyseres for på vandkemiske prøver udtaget under måleprogrammet på Kongeåens Dambrug. x i parentes angiver at disse parametre efter at være målt nogle gange, kun måles 2-3 gange om året, hvis det viser sig at værdien konsekvent er under detektionsgrænsen. x i kantet parentes angiver at total kvælstof henholdsvis total fosfor ikke måles hver gang, hvis der ikke er signifikant forskel på totalen ift. de opløste fraktioner. BI₅ er et målt for let omsætteligt organisk stof (biologisk iltforbrug over 5 dage). COD er et mere omfattende mål for organisk stof end BI₅, da det er et mål for det kemiske iltbehov for at omsætte det organiske stof. Ammonium er primært NH₄-N.

Ved de målepunkter, hvor der udtages vandkemiske prøver måles hver 14. dag ilt, temperatur og pH med håndholdt præcisionsinstrumenter, som også anvendes ved kalibrering af de kontinuerte måleinstrumenter for ilt, temperatur og pH.

2.3 Væsentlige vilkår

I henhold til dambrugets miljøgodkendelse af 20. april 2004 må der i forsøgsperioden anvendes 876,4 tons foder pr. år. Foderkvotienten må ikke overstige 0,9 kg foder pr. kg produceret fisk, og der må maksimalt udfodres 3.500 kg foder pr. døgn.

Der må i forsøgsperioden maksimalt udledes følgende stofmængder fra dambruget (de såkaldte udlederkrav) målt som en koncentrationsforøgelse fra over dambruget fra indløb til udløb:

- Suspenderet stof: 10,0 mg/l
- Ammonium-N (NH₄-N): 1,0 mg/l
- Total kvælstof: 8,0 mg/l
- Total fosfor: 0,7 mg/l
- BI₅: 10,0 mg/l

Miljøgodkendelsen angiver det maksimalt tilladelige vandforbrug til 131 l/s. Vandet skal primært indvindes fra dræn og borer, og må kun i nødstilfælde indvindes fra Kongeåen.

Arealet af dambrugets plantelagune er ikke angivet i dambrugets miljøgodkendelse, men er opmålt og udregnet til 14.800 m² jf. kap. 11 i denne rapport.

Ved fornyet miljøgodkendelse af 9. maj blev kravet til maksimal koncentrationsforøgelse på ammonium kvælstof (NH₄-N) hævet til 2,0 mg/l. Krav til udledning af alle stoffer er omfattet af tilstandskontrol (DS 2399), se kapitel 7.

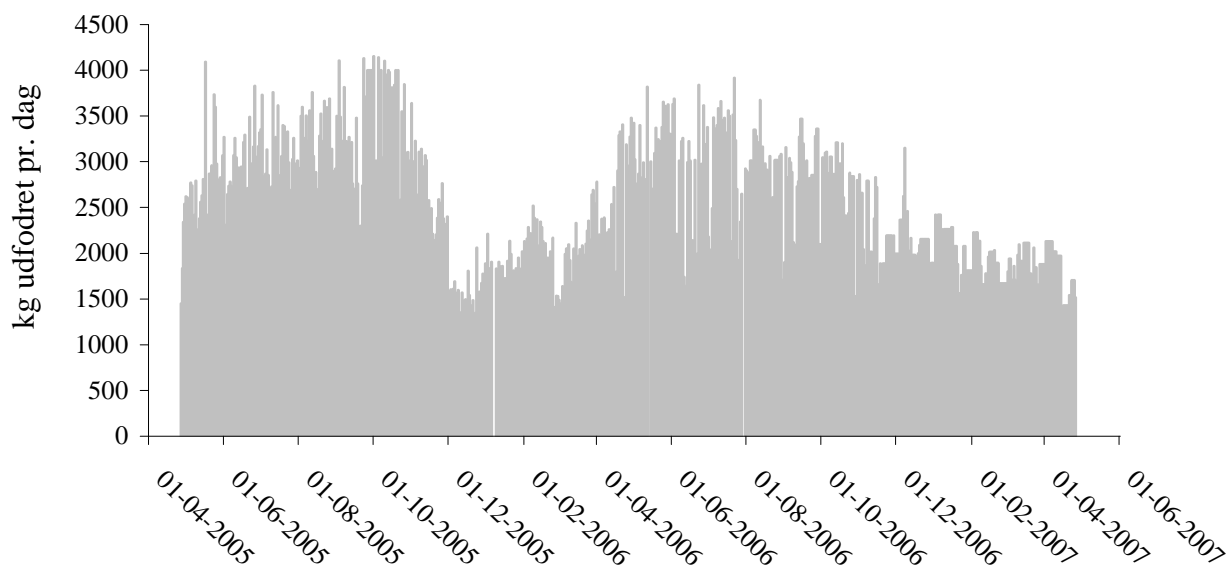
3 Drift og produktion

3.1 Foderforbrug, produktion og foderkvotient

På Kongeåens Dambrug blev der i første måleår (27. april 2005 til 26. april 2006) anvendt 902,4 tons foder i dambrugets tre produktionsenheder, mens der i andet måleår (27. april 2006 til 26. april 2007) blev anvendt 840,5 tons foder (877,6 t i alt på dambruget inkl. sættefisk).

På baggrund af oplyste start- og slutbestande, samt ind- og udfiskninger i perioden er der beregnet en produktion på 1078,5 hhv. 987,7 tons fisk inkl. døde fisk i første og andet måleår. Dette giver en samlet foderkvotient (foderforbrug (ton) / fiskeproduktion inkl. døde fisk (ton)) på 0,837 i første måleår og 0,851 i andet måleår. Disse værdier er baseret alene på tal opnået i dambrugets produktionsanlæg inkl. sættefiskanlægget, og vil ofte være noget lavere end foderkvotienter der udregnes på baggrund af den endelige leverance af fisk fra dambruget. Heri indgår nemlig f.eks. typisk en kort periode hvor fiskene opholder sig i leveredam uden fodring, ligesom der typisk leveres en mindre procentdel ekstra fisk som kompensation for eventuelt senere tab i transport- og aftagerleddet.

Til trods for en marginalt dårligere foderkvotient og et mindre foderforbrug i andet måleår i forhold til første år, har driftsforholdene ikke været ringere i andet år - snarere tværtimod. I løbet af andet måleår har dambruget nemlig tilegnet sig yderligere erfaring i drift af anlægget, herunder drift af biofilteret, slamhåndtering samt optimering af brugen af hjælpestoffer.



Figur 2 Det samlede foderforbrug i Kongeåens Dambrugs tre produktionsenheder for hele måleperioden.

I tabel 3 er angivet hvilke fodertyper og mængder, der er anvendt i dambrugets produktionsanlæg i de to måleår.

Fodertype	Foderforbrug (kg)	
	1. måleår	2. måleår
Aller Aqua 576 (3 og 4 mm)	825.160	808.181
Aller Aqua Elips (3 mm)	47.510	310
Aller Aqua 576-LT (2 mm)	22.827	10.028
Dan-Ex 2844 (3 mm)	6.870	22.016

Tabel 3 Anvendte fodertyper og – mængder i produktionsanlægget på Kongeåens Dambrug fordelt på første og andet måleår.

3.2 Produktionsbidrag

Udregningen af bidrag af de forskellige stoffer fra fiskeproduktionen (produktionsbidrag) i de tre produktionsenheder samt sættefiskanlæg er foretaget som beskrevet i *Pedersen et al. (2003)*. Der er udregnet produktionsbidrag for COD (total organisk stof), BI₅ (letomsætteligt organisk stof), total kvælstof og total fosfor. Endvidere er bidraget af opløst kvælstof (hovedsageligt NH₄⁺-N) blevet udregnet (se nedenfor).

Produktionsbidragene er blevet reviderede ifh. til de tal som er afrapporteret i 1. års statusrapport. Det gennemsnitlige indhold af kvælstof (total-N) og fosfor (total-P) i hel regnbueørred er nemlig blevet revurderet på baggrund af resultater som indbefatter den seneste litteratur indenfor området (se bilag i faglige samlerapport). Således ansættes tallet for kvælstof i hel fisk nu til 2,75 % af fiskens totale vådvægt, og fosforindholdet til 0,43 %. De tidligere anvendte værdier var henholdsvis 3 % og 0,5 %. Litteraturgennemgang har vist, at indholdet af kvælstof og fosfor i regnbueørred påvirkes af fiskens størrelse, men at størrelseseffekten er lille. Dette gælder især indenfor de fiskestørrelser (ca. 300-1000 g) der normalt produceres i modeldambruget. Derfor er der ikke taget højde for konkrete fiskestørrelser i udregningen af produktionsbidrag for kvælstof og fosfor. Samlet betyder justeringerne en mindre stigning i produktionsbidragene af kvælstof og fosfor i forhold til de anvendte værdier i førsteårsrapporten (*Svendsen et al., 2006*).

Produktionsbidragene af organisk stof (COD og BI₅) er også blevet reguleret og opjusteret i forhold til førsteårsrapporten. Årsagen er nye data for det stofbidrag og –tab, der sker direkte til vandfasen enten som opløst eller finpartikulært stof. Der er udført nye undersøgelser på disse tab for den mest anvendte fodertype fra hver af foderproducenterne Aller Aqua, Biomar og Dana Feed (se detaljer i bilag til faglige samlerapport).

Det bemærkes, at denne størrelse ikke kan forventes at være permanent for de anvendte fodertyper, da fiskefoder løbende udvikles og ændres med hensyn til råvarer og sammensætning, og disse forhold vil have betydning for produktionsbidraget og dets fordeling på hhv. partikulær opløst form.

Udover total-kvælstof bidraget fra fiskeproduktionen udregnes også bidraget af opløst kvælstof, som primært udskilles over fiskenes gæller (hovedsageligt som $\text{NH}_4^+\text{-N}$). Bidraget svarer til den totale mængde kvælstof som fiskene spiser, fradraget det kvælstof der indbygges i fisken (indholdet ansættes til 2,75 %, jf. ovenstående) og det kvælstof der udskilles i fækalier:

kg N udskilt som opløst ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) =

kg N indtaget – kg N indbygget i fisk – kg N udskilt via fækalier

Udregningen af produktionsbidrag er sket på dagsbasis i hver af dambrugets 12 sektioner i produktionsanlægget, og bidragene er herefter summerede (tabel 4). Udover de konkrete foder mængder er foderets kemiske sammensætning inddraget i udregningerne. Kemisk analyse er foretaget på næsten alle foderleveringer (batches), men hvor disse værdier ikke foreligger, er der anvendt gennemsnitstal for de allerede analyserede fodertyper. I ganske få tilfælde, hvor der ikke er foretaget kemisk analyse på fodertypen på grund af små leverancer, er der anvendt deklarerede værdier fra foderproducenterne.

I sættefiskanlægget, som indgår som et mindre centralt element i måleprogrammet, er produktionsbidraget beregnet ud fra det samlede foderforbrug over hele måleåret og et estimeret gennemsnit af foderkemien. I leveredam er der beregnet et produktionsbidrag af kvælstof på baggrund af generelle tal for stofomsætning hos fodertomme regnbueørreder. Der vurderes kun at være et marginalt bidrag af organisk stof (COD og BI_5) fra leveredam, idet dette forventes udskilt som kuldioksid (CO_2). Ligeledes forventes kun et marginalt bidrag af fosfor fra leveredam, hvorfor bidraget af COD, BI_5 og total-P fra leveredam er sat til 0.

Måleår	COD	mod. BI_5	tot-N	$\text{NH}_4^+\text{-N}$	tot-P	bidraget kommer fra
1	264.304	79.291	34.386	29.660	4.296	De tre produktionsenheder
2	254.707	76.412	35.685	30.801	3.926	De tre produktionsenheder
1	0	0	489	462	0	i forbindelse med levering
2	0	0	448	423	0	i forbindelse med levering
1	8.652	2.596	1.334	1.086	213	Sættefiskanlægget
2	10.035	3.010	1.627	1.404	217	Sættefiskanlægget

Tabel 4 Stofbidrag (kg pr. år) fra de enkelte kilder for hvert af de to måleår på Kongeåens Dambrug.

Fordøjelighedsforsøg

Som led i udregningen af produktionsbidrag er der udført fordøjelighedsforsøg på en række af de mest anvendte fodertyper og foderleverancer (batches) til dambrugene i projektet. Princippet i disse kontrollerede forsøg er at undersøge, hvor stor en del af det indtagne foder og specifikke fedt-, protein- og kulhydrat-indhold i foderet, der udskilles igen via fækalier. Disse værdier er indsat i beregningerne af produktionsbidrag for den relevante batch. Hvis batchen ikke er undersøgt mht. fordøjelighed, er der anvendt gennemsnitstal for den relevante fodertype. I enkelte tilfælde, f.eks. i forbindelse med leveringer af små foder mængder, er der anvendt estimerede værdier for fordøjelighed af foderet. Fordøjeligheden af træstof er i alle tilfælde sat til 0.

I andet måleår er der udført fordøjelighedsforsøg på to af de anvendte foderleverancer (batches) til Kongeåens Dambrug, og i begge måleår er der dermed udført forsøg på ti forskellige foderleverancer til dambruget.

Foderkvotienten er så vidt muligt beregnet for den enkelte sektion. Dette er kun muligt når en sektion tømmes fuldstændigt ved udfiskning. Værdien er indsat i udregningen af den konkrete sektionens produktionsbidrag. De beregnede foderkvotienter er blevet vægtede i forhold til det antal dage foderkvotienten er målt over, og de vægtede værdier er sammensat til et gennemsnit som er anvendt i de sektioner og perioder, hvor det ikke har været muligt at beregne foderkvotienten.

Foderspild

Der blev i sommeren 2007 foretaget to forskellige undersøgelser af foderspild på Kongeåens Dambrug. I det ene forsøg blev et net nedsat i enden af en produktionsenhed, umiddelbart inden slamfælderne. Nettet var nedsænket mens fiskene åd, og det blev periodisk hævet for at kontrollere om foderpiller akkumulerede i nettet, og således ville være blevet transporteret ud af systemet til slamfælderne, hvis nettet ikke havde været der. Der blev ikke fundet nogen foderpiller ved den lejlighed. I det andet foderspildsforsøg blev der suget med pumpe fra bunden af forskellige produktionsenheder. Mens fiskene åd, blev der suget i områderne umiddelbart inden slamfælderne, hvor eventuelle bundfældede foderpiller må forventes at kunne findes, inden de evt. ender i slamfælderne. Heller ikke i dette tilfælde konstateredes der foderspild. Begge metoder til undersøgelse af foderspild er dog behæftede med en vis usikkerhed, idet foderpiller i et vist omfang kan blive tabt ved første metode når nettet hæves, og ved den anden metode kan der ske opløsning af pillerne når de suges, også selvom der tilstræbes skånsom opsugning. Men det vurderes, på baggrund af undersøgelserne, at der under normale driftsforhold på Kongeåens Dambrug ikke er foderspild af nævneværdig betydning for produktionsbidraget. Omvendt ved man, at foderspild kan forekomme på dambrug, f.eks. hvis fiskene har nedsat appetit som følge af sygdom eller varierende vandkvalitetsparametre m.v.

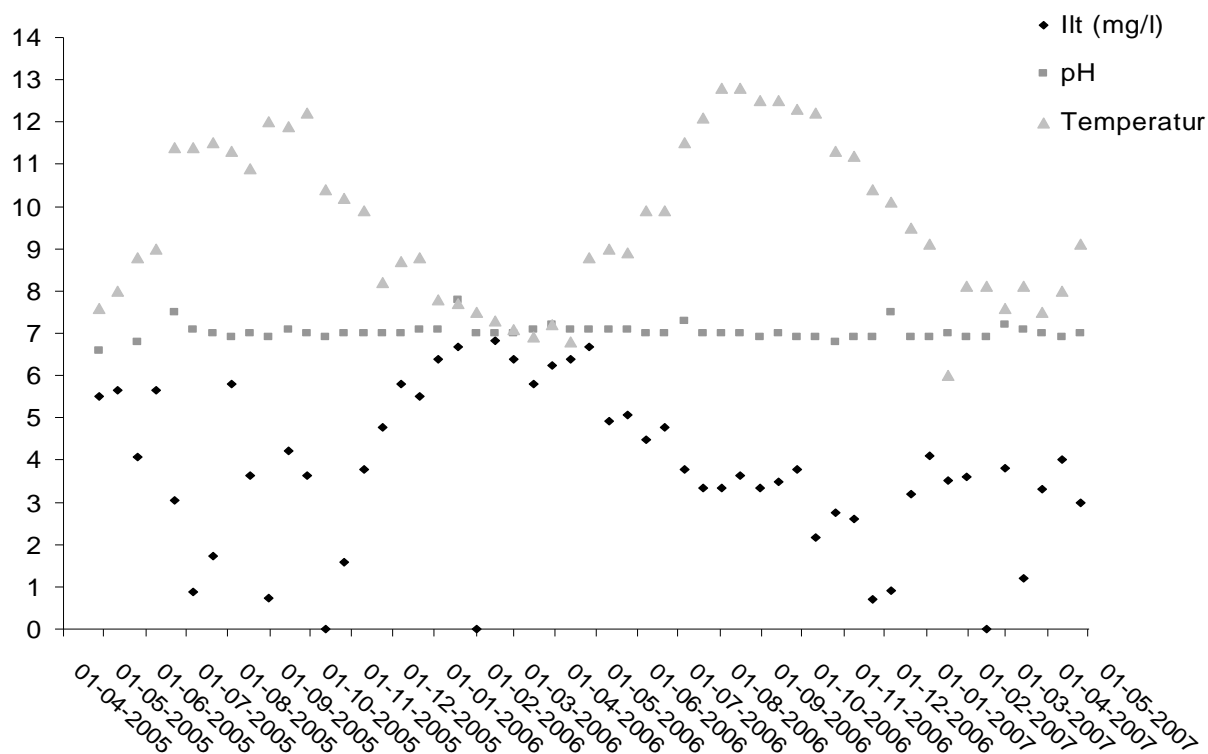
Det tidligere estimat på gennemsnitligt 1 % foderspild på Kongeåens Dambrug fastholdes derfor. Dette begrundes i, at der forekommer et uundgåeligt foderspild fra fiskefoderet på grund af støv & smuld samt at der som nævnt, undertiden må forventes et mindre foderspild i forbindelse med dambrugsdrift. Dette spild estimeres alt i alt til 1 %. Resultaterne fra Kongeåens Dambrug understøttes i øvrigt af foderspildsundersøgelser på andre modeldambrug under projektet, som også indikerer, at der ikke forekommer nævneværdigt foderspild under normal drift af modeldambrugene.

4 Temperatur, pH og ilt

Der er hvert tiende minut foretaget elektroniske registreringer af temperatur, pH og ilt i produktionsanlægget, i plantelagunen samt i laguneudløbet i udløbet af dambruget. Hertil kommer at der i forbindelse med udtagning af vandprøver hver 14. dag manuelt er målt temperatur, pH og ilt på dambruget med håndholdt instrument i forbindelse med hjemtagning af vandprøver til kemisk analyse. Dataene er indsamlet blandt andet med baggrund i lovmæssige krav og for bedre at kunne forklare de processer der foregår på dambruget, som f.eks. omsætning af organisk stof.

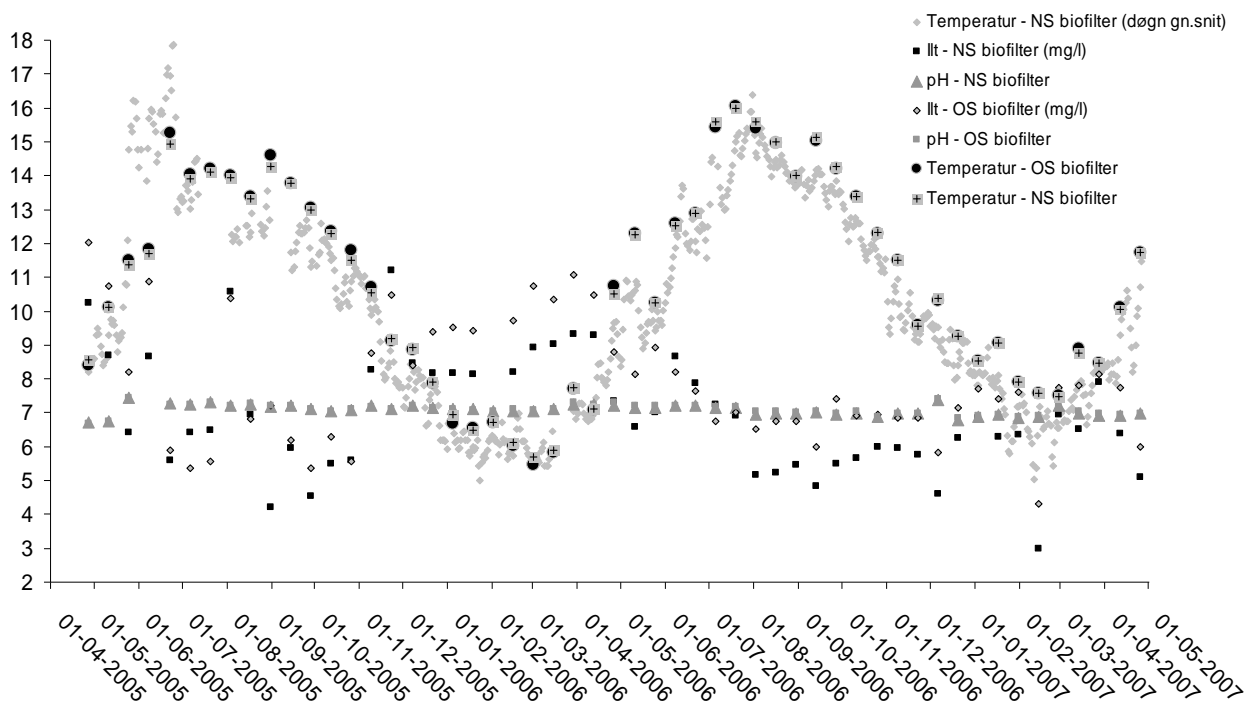
De kontinuerte registreringer har desværre ikke fungeret tilfredsstillende. Især logning af ilt, og til dels pH, har været problematisk, idet sonderne ikke er blevet rengjort tilstrækkelig ofte, og idet de tilsyneladende er relativ følsomme overfor elektronisk støj fra andre kilder. På den baggrund er der kun medtaget kontinuerte målinger for temperatur (døgngennemsnit) i dette kapitel. pH- og iltmålinger som er foretaget hver 14. dag er medtaget i stedet for de kontinuerte registreringer.

Figur 3 viser temperatur (°C), pH og ilt for det vand der indvindes på Kongeåens Dambrug. Der er stort set en konstant pH-værdi og moderate temperaturudsving (6-13 °C) i forhold til årstiden. Iltindholdet svinger mellem 0-7 mg/l og er højest i vinterhalvåret.



Figur 3 (mg/l), pH og temperatur (°C) målt hver 14. dag i indløbsvandet til produktionen på Kongeåens Dambrug over de to målear.

I figur 4 er vist data fra dambrugets produktionsanlæg både nedstrøms og opstrøms biofiltrene (udregnet som gennemsnit for de tre produktionsenheder). De kontinuerte temperaturmålinger er alene foretaget nedstrøms biofiltrene.

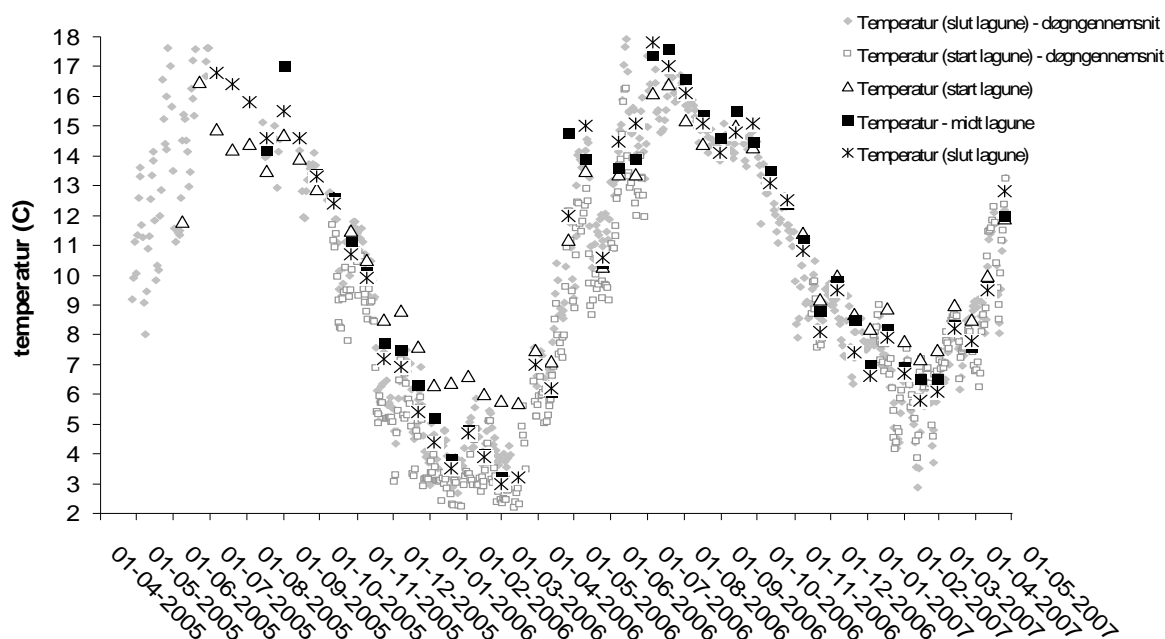


Figur 4 Ilt (mg/l), pH og temperatur (° C) angivet som gennemsnitsværdier for de tre produktionsenheder på Kongeåens Dambrug over begge måleår.

Det fremgår, at pH-værdien generelt er faldende i hele måleperioden. I første måleår var pH gennemsnitligt hhv. 7,14 og 7,13 opstrøms og nedstrøms biofiltrene, mens pH gennemsnitligt blev målt til 7,04 og 7,00 på samme stationer i 2. måleår. Forskellen i pH opstrøms og nedstrøms biofiltrene er således minimal. Temperaturmålingerne viser som forventet ensartethed opstrøms og nedstrøms biofiltrene, og temperaturmålingerne som gennemsnit over et døgn er generelt en anelse lavere end målingerne foretaget hver 14. dag. Dette skyldes at 14-dages målingerne typisk foretages sidst på formiddagen, hvor vandtemperaturen er lidt højere end døgn gennemsnittet. Vandets iltindhold er på grund af bakteriernes iltforbrug generelt lavere nedstrøms biofiltrene end opstrøms disse. I første måleår var det gennemsnitlige iltindhold for de tre produktionsenheder 7,99 mg/l opstrøms og 7,31 mg/l nedstrøms biofiltrene. Heri er ikke medregnet det faktum, at biofiltrene har været beluftet i store dele af måleperioden.

Forskellen imellem de to stationer var mere markant i andet måleår, hvor værdierne var henholdsvis 7,12 mg/l opstrøms og 6,16 mg/l nedstrøms biofiltrene. Dette har formentlig at gøre med at beluftningen i sommeren 2006 blev flyttet fra biofiltrenes afløbskanaler ind i selve biofiltrene for at øge omdannelsen af organisk stof og især af ammonium til nitrat - et tiltag som i øvrigt havde god effekt.

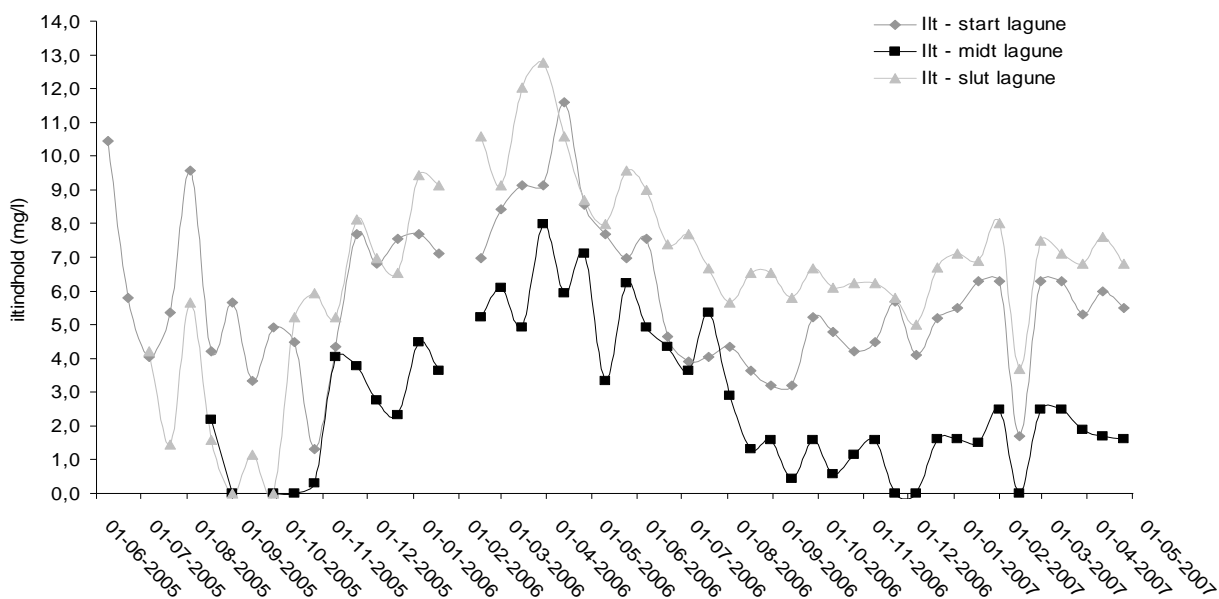
Vandtemperaturen i plantelagunen er vist i figur 5 for begge måleår. Der er angivet loggede temperaturer (udregnet som døgngennemsnit) i lagunens indløb ("start lagune") og i det sidste afsnit i lagunen inden beluftning af vandet ("slut lagune"). Endvidere er der angivet målinger foretaget hver 14. dag på de samme stationer, og her er der endvidere målt cirka halvvejs nede i lagunen ("midt lagune"). 14-dages målingerne, foretaget sidst på formiddagen, viser en afkøling af vandet ned gennem lagunen i vinterhalvåret, især i vinteren 2005/2006. Som det fremgår af figuren, var temperaturen lavere i den periode end i vinteren 2006/2007. Den højere temperatur i vinteren 2006/2007 kan have resulteret i bedre stofomsætning i lagunen, da bakteriernes aktivitet øges med stigende temperatur.



Figur 5 Vandtemperaturen i plantelagunen på Kongeåens Dambrug i begge måleår. Der er målt kontinuerligt (døgngennemsnit) og manuelt hver 14. dag på forskellige stationer som angivet i figuren.

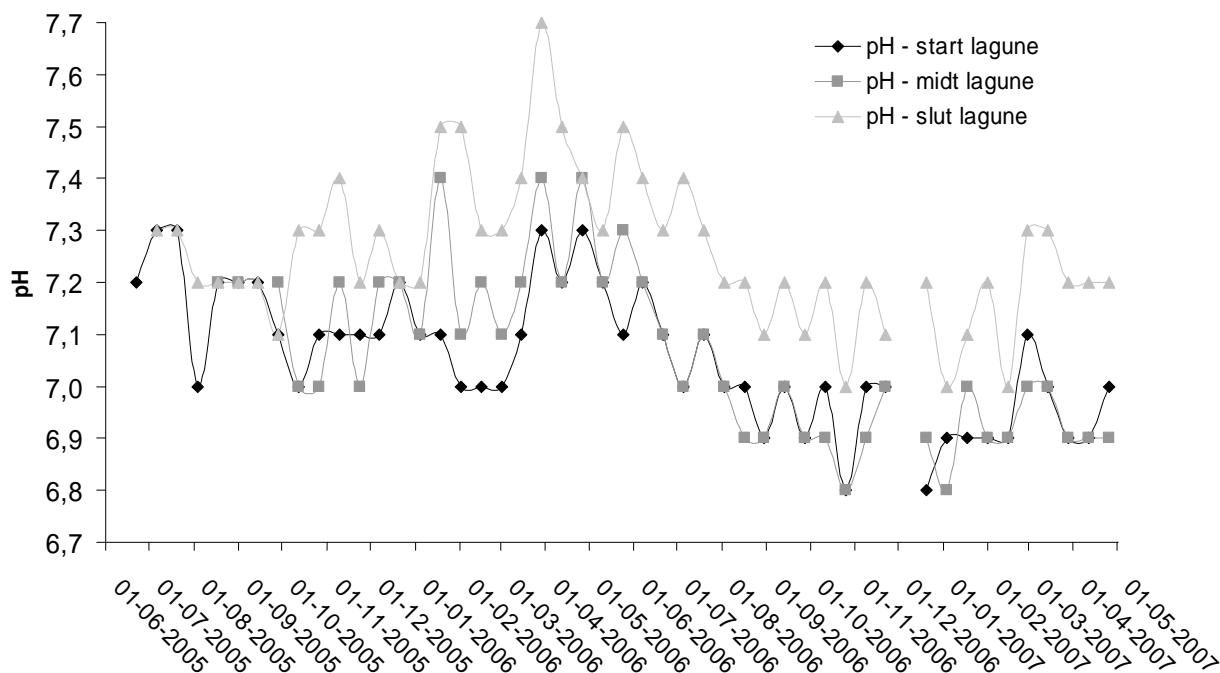
En forøget stofomsætning i plantelagunen i vinterhalvåret 2006/2007 indikeres også i figur 6, hvor iltindholdet på tre forskellige stationer er vist i de to måleår.

Hvis man ser på perioden 1. december 2005 til 1. april 2006, og sammenligner tallene med samme periode et år senere, ser man et større ilttab i første halvdel af lagunen i den anden periode, idet differencen i iltindhold mellem "start lagune" og "midt lagune" er større her end i første måleår (gennemsnitligt 3,7 mg/l og 3,2 mg/l). Dette kan skyldes et øget iltforbrug til stofomsætning i andet måleår. Figuren viser også, at iltindholdet er lavere midt i lagunen end i begyndelsen af lagunen og sidst i lagunen, hvor grunden til det relativt høje iltindhold sidst i lagunen er, at iltmålingen her foretages efter en beluftning af vandet.



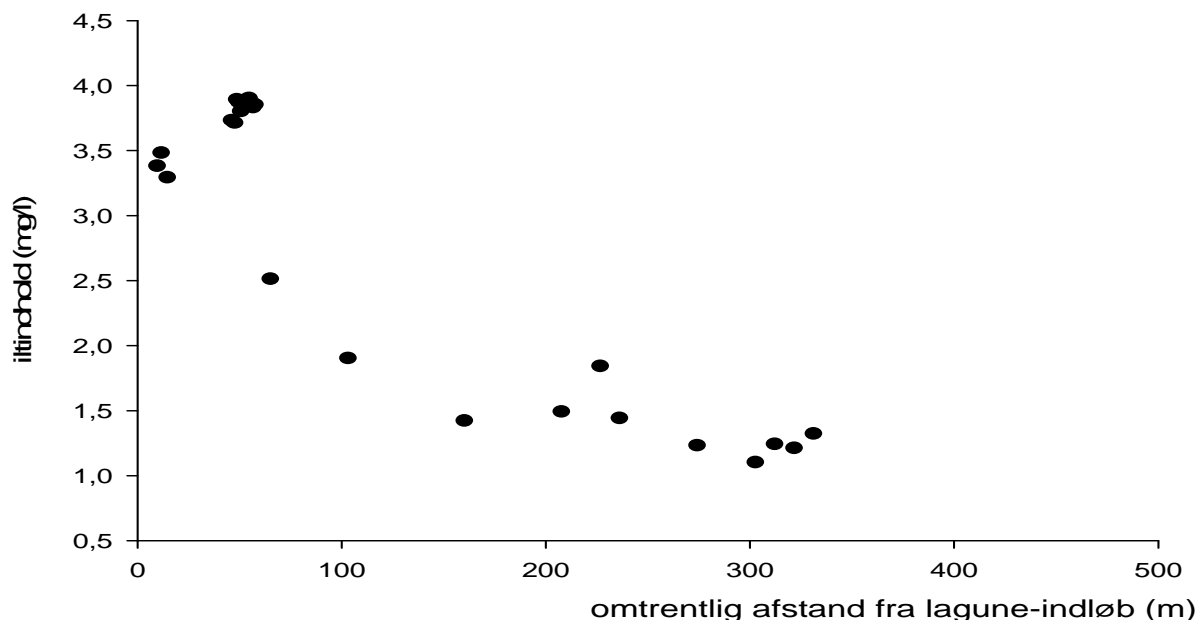
Figur 6 Iltindhold målt hver 14. dag tre forskellige steder i plantelagunen på Kongeåens Dambrug for hele måleperioden. Bemærk at vandet beluftes inden iltmålingen i "slut lagune".

pH-værdierne (figur 7) er højest i sidste del af lagunen, hvilket kan skyldes afgasning af CO_2 fra den organiske omsætning og/eller denitrifikation, hvorved der forbruges brintioner (H^+) og pH stiger. pH synes generelt også at være faldende henover måleperioden. Dette harmonerer med, at pH i tilløbsvandet fra produktionen falder henover de to måleår (figur 4).



Figur 7 pH-værdi målt hver 14. dag i måleperioden tre forskellige steder i plantelagunen på Kongeåens Dambrug.

Udover de periodiske iltmålinger er der også foretaget iltmålinger i plantelagunen på en enkelt dag, nemlig den 8. august 2007, hvor vandtemperaturen var omkring 16 °C. Der er foretaget iltmålinger i et længdeprofil til belysning af hvor hurtigt ilt eventuelt forbruges i lagunen. Figur 8 viser iltindholdet ned gennem plantelagunen. Lagunen består af gamle damme og bundfældningsbassin.



Figur 8 Iltindhold (mg/l) i 20 centimeters dybde i forskellige afstande fra indløbet til plantelagunen på Kongeåens Dambrug d. 8. august 2007. Vandtemperaturen var 16 °C.

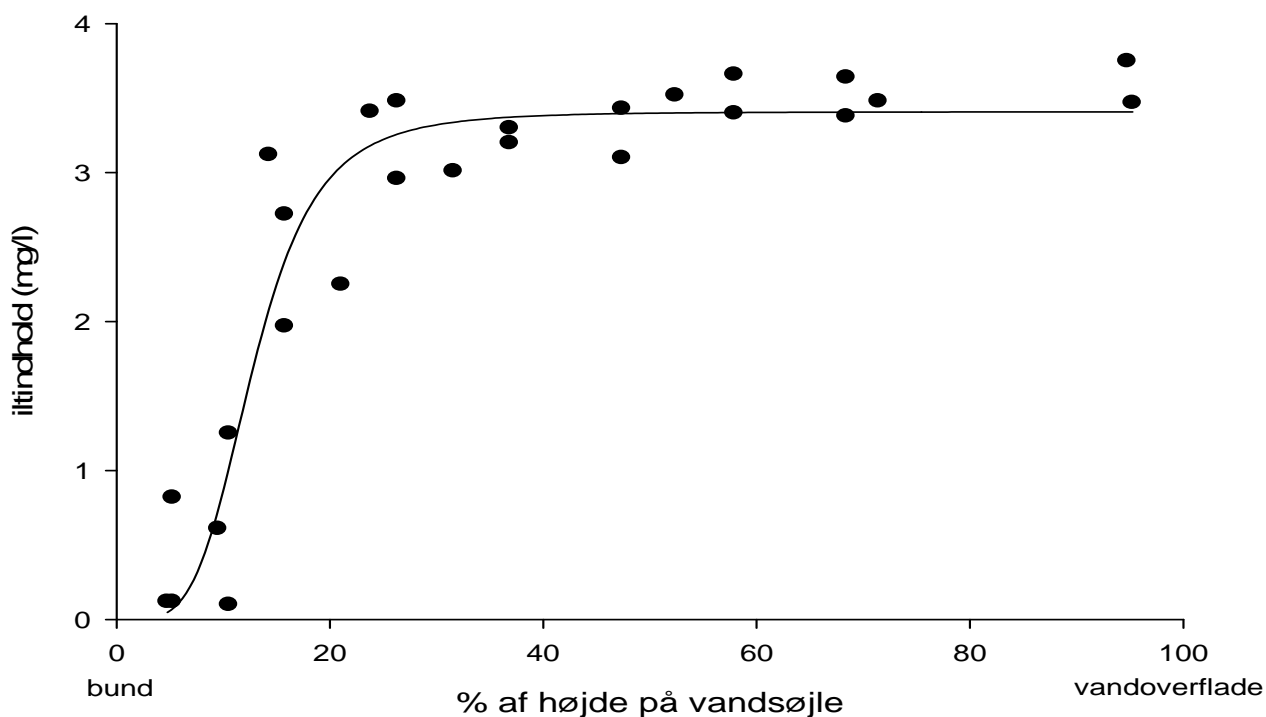
Den totale afstand fra lagunens indløb til udløbet er knap 500 m. Iltindholdet i lagunen ser ud til at nå et minimumsniveau cirka halvvejs nede fra indløbet. Dette stemmer overens med tallene i figur 6. Iltindholdet ses også at være halveret (ca. 1,9 mg/l) i forhold til værdien umiddelbart efter indløbet (3,8 mg/l) i omkring 100 meters afstand fra indløbet. Det bemærkes, at målingerne er foretaget på én dag, en sommerdag hvor stofomsætningen formentlig er relativ høj, og iltforbruget derfor tilsvarende stort.

Der blev samme dag målt ilt i dybdeprofiler tre forskellige steder i lagunen. Uanset hvor der blev målt, var mønsteret overordnet set det samme, hvorfor resultaterne fra de tre målinger er samlet i figur 9 på en sammenlignelig måde ved at sammenholde iltindholdet (mg/l) med den procentvise afstand til bunden. Kurven i figur 9 angiver bedste regression ($R^2 = 0,88$), og er beskrevet ved en logistisk relation:

$$y = 3,41 / (1 + (x/12,86)^{-4,29})$$

I følge denne model er iltindholdet i vandoverfladen ($x = 100 \%$) på måletidspunktet 3,41 mg/l. Denne maximale værdi er halveret (dvs. iltindholdet er 1,71 mg/l) 13 cm over bunden ($x = 12,86 \%$) når vandsøjlen er 100 cm. Som det også fremgår af figuren, er det således i området tæt på bunden at iltindholdet reduceres kraftigt. Dette indikerer en stor bakteri-

el aktivitet og stofomsætning, herunder at iltniveauet ved bunden potentielt giver gode muligheder for denitrifikation i sedimentet.



Figur 9 Dybdeprofil af iltindhold (mg/l) i plantelagunen på Kongeåens Dambrug den 8. august 2007. Resultaterne stammer fra tre forskellige steder i lagunen. Vandtemperaturen var 16 °C. $[\text{Iltindhold}] = 3,41 / (1 + (\% \text{ af højde på vandsøjle} / 12,86)^{-4,29})$, $R^2 = 0,88$.

Det faktum, at der både findes aerobe og anaerobe forhold i plantelagunen er umiddelbart en fordel eftersom det betyder, at der både findes ilt til omsætning af f. eks. organisk stof (BI_5), og at der samtidigt eksisterer nær iltfrie forhold, hvor der er mulighed for denitrifikation af nitrat (NO_3^-) til frit kvælstof (N_2) som blot afgasser til atmosfæren, såfremt der også er letomsætteligt stof tilstede. Eftersom stort set hele lagunens bund må antages at være tilsvarende "iltfri", er der således et stort areal tilgængeligt hvor der potentielt kan ske denitrifikation.

5 Vandflow i dambruget

5.1 Måling af vandflow

Vandflowet bliver registreret kontinuert (hvert 10. minut) 15 steder i dambruget jf. tabel 1. Registreringen sker på de 12 af målestederne ved hjælp af flowmålere (vandure), der måler med en usikkerhed på mindre end 1 %. En del af flowmålerne har haft kortere perioder, hvor data er gået tabt, enten på grund af kabelbrud, fejl i datakommunikationen eller i selve måleren, samt grundet at enkelte af disse har stået under vand. I de pågældende perioder er dataserierne rekonstrueret ved hjælp af interpolation og korrelation til de øvrige målere. Problemerne har medført en mindre forøgelse af usikkerheden, og det vurderes at usikkerheden på flowdata er mellem 0 og 5 %. I udløbet fra plantelagunen (målested 21 i tabel 5)) har der i de første måneder af første måleår været problemer med dataudfald på flowmålerne og efterfølgende blev udløbet ombygget, så der i stedet for afløb via rør er etableret en rektangulær kanal med indbygget overfaldsbygværk (Thompson overfald). Her er efterfølgende registreret vandstand med tryksonde og vandføringen er målt med vingeinstrument ca. en gang pr. måned til kalibrering. En vurdering af usikkerheden på registrering af flow i udløbet er ca. 5 %.

Det recirkulerede flow i de 3 produktionsenheder bliver målt med doppler-sensorer, der måler middel-strømhastigheden i et tværprofil kombineret med registrering af vandstanden. Til kalibrering af målingerne bliver flowet (vandføringen) målt med vingeinstrument ca. en gang pr. måned. Sensorerne er monteret i afløbskanalen fra biofiltret. Disse målinger har også en usikkerhed på ca. 5 %.

I tabel 5 findes det gennemsnitlige flow opdelt på hhv. første og andet måleår. Det samlede vandindtag har i gennemsnit det første måleår været 107 l/s. I andet måleår har der været uregelmæssigheder i vandindtaget, og der er taget vand ind uden om de etablerede vandure, jf. oplysninger fra dambruget. Det ekstra indtag er sket til leveredamme/sættefisk og til produktionsenhed 2 jf. data i tabel 5, hvoraf det fremgår, at udløbsmængderne er væsentligt større end indtaget. Det samlede gennemsnitlige vandindtag for andet måleår er derfor korrigeret op fra de målte 95 l/sek. til 114 l/sek., hvilket svarer til det samlede udløb fra produktionsanlægget til plantelagunen. Tilsvarende er indløbsmængder til leveredamme, sættefisk og produktionsenhed 2 korrigeret op, og de korrigerede værdier er anvendt i de efterfølgende stofbalancer. Vandindtaget har dog i begge år været mindre end de tilladte 131 l/s. Indtaget sker fra drænen under dambruget og boreriger placeret ved plantelagunerne.

Generelt er der en mindre forskel mellem indløbs- og udløbsflow i produktionsenhederne. Det skyldes, at der bliver ført vand væk i forbindelse med skylning af filtre og tømning af slamkegler, og at der bliver flyttet vand ved udfiskning og sortering. For produktionsenhed 1 er der væsentligt mindre udløbsvand end indløbsvand, svarende til tab på hhv. ca. 30 % i første måleår og 15 % i andet. Det skyldes formodentlig, at be-

lufterbrøndene i produktionsenhed 1 i modsætning til de to andre produktionsenheder ikke er fuldstøbt, men er i kontakt med det sand og grus, ådalen består af Det formodes derfor, at der her siver vand ud af produktionsenheden som i en vis grad bliver taget ind i drænvandsindtaget.

Det gennemsnitlige interne flow i de tre produktionsenheder på Kongeåens Dambrug er målt til 805 l/sek. i første måleår og 781 l/sek. i andet år.

Udløbet fra slambassinerne med påmonteret flowmåler til det klarede vand er lidt underdimensioneret i forhold til de faktiske mængder slamvand, der i perioder tilføres slambassinerne, således at der er risiko for overløb fra disse. Der er derfor etableret et overløbsrør, der lejlighedsvis, især i begyndelsen af første måleår, har været i funktion. Flowmålingerne er korrigeret for dette, men er behæftet med en forøget usikkerhed som er på mindst 5 %.

Målested	Navn på målested	Gennemsnitsflow l/sek.	
		1. måleår	2. måleår
1	Vandindtag samlebrønd*	107	95
5	Indløb sættefisk og leveredamme*	14	14
17	Udløb sættefisk	9,5	11,8
16	Udløb leveredamme	9,3	13,0
2	Indløb produktionsenhed 1	33	32
7	NS biofilter, produktionsenhed 1	844	744
13	Udløb produktionsenhed 1	23	27
3	Indløb produktionsenhed 2	30	28
9	NS biofilter, produktionsenhed 2	770	745
14	Udløb produktionsenhed 2	28	35
4	Indløb produktionsenhed 3	30	21
11	NS biofilter, produktionsenhed 3	800	853
15	Udløb produktionsenhed 3	27	22
12	Slambrønd	4,3	5,3
18	Udløb klaret slam vand	4,8	5,0
-	Samlet tilløb til plantelagune (sum af 17,16,13,14,15,18)	101	114
21	Udløb plantelaguner	73	102

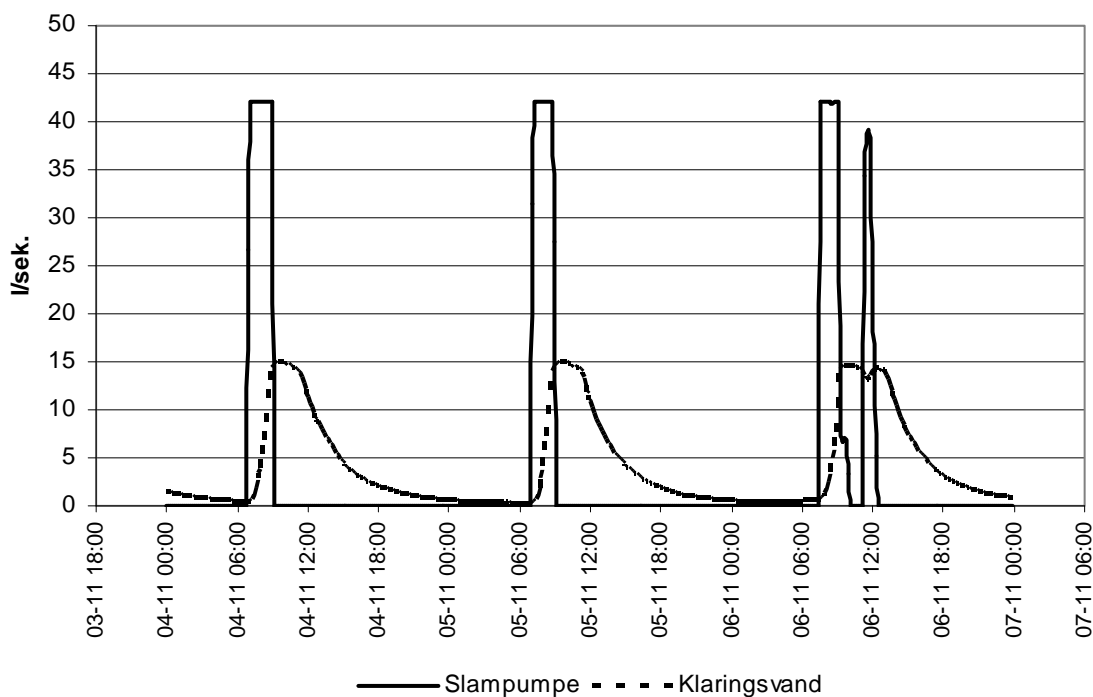
Tabel 5 Vandflow som gennemsnit ved de enkelte målesteder for 1. og 2. måleår i l/sek.
*måleresultater, der efterfølgende er korrigeret ved stofopgørelser.

5.2 Returskyllning af biofiltre og tømning af slamkegler

For at fjerne partikler bliver slamfælderne (kegler) i bunden af produktionsanlæggene tømt regelmæssigt, og tilsvarende bliver biofiltret returskyllet. Alt slam bliver pumpet til slambassinerne. Slamkeglerne bliver tømt hver 2. dag ved åbning i 10 – 15 minutter. Proceduren for returskyllning af filtre er, at 2 af de 11 sektioner i hver produktionsenhed bliver skyllet på hverdage i ca. 30 minutter, og den sidste sektion bliver skyllet om lørdagen. Afgivelser fra de faste procedurer kan ske i forbindelse med f.eks. flytning af fisk, sygdomsbehandling mv.

Under tømning og skylning pumpes ca. 42 l/s til slambassinerne. Den samlede vandmængde, der er anvendt til tømning og skylning er som middel opgjort til 4,3 l/s i første måleår og 5,3 l/s i andet måleår. Det svarer til godt 4 % af den mængde, der bliver taget ind til dambruget.

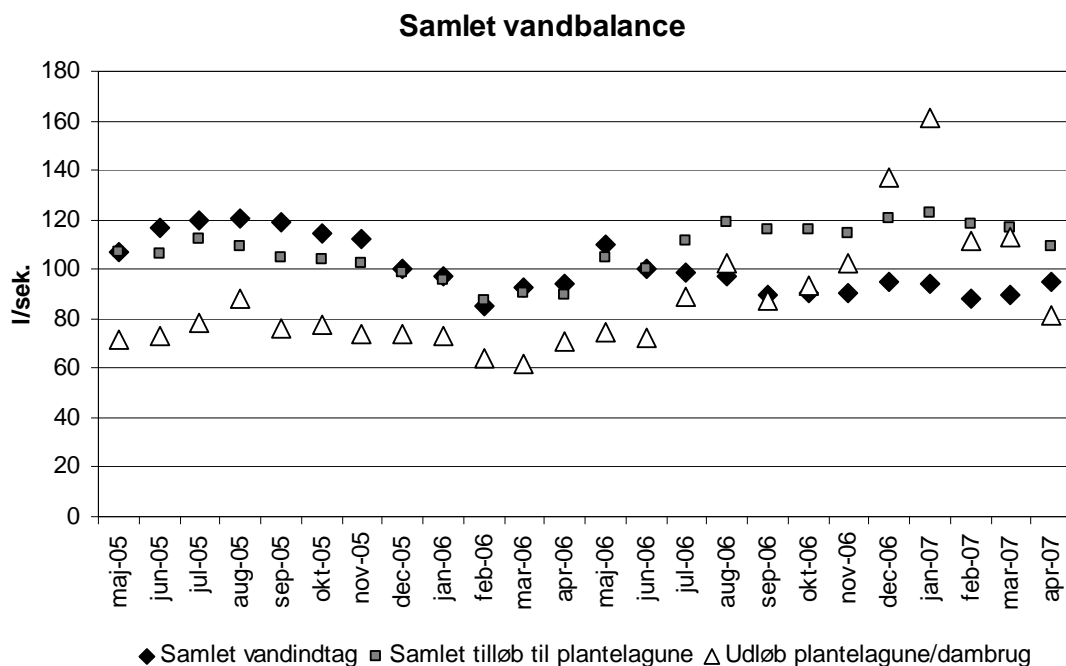
Klaringsvandet, der afledes fra slambassinerne til plantelagunen begynder at løbe kort tid efter slampumpningen påbegyndes jf. fig. 10 da slambassinerne ikke er indrettet til at kunne rumme slam- og skyllevand uden samtidigt afløb derfra.



Figur 10 Eksempel på skylning/tømning og afløb af klaringsvand fra slambassiner over 3 døgn i november 2006 ved Kongeåens Dambrug.

5.3 Vandbalance

I første måleår er der et samlet vandindtag på 107 l/s og et samlet tilløb til plantelagunen på 101 l/s. Der er altså et mindre tab over det samlede produktionsanlæg på ca. 6 %. Den primære årsag er som beskrevet formodentlig at bunden af belufterbrønden i produktionsenhed 1 ikke er fuldstøbt. Dette bekræftes af, at tabet er størst i sommerperioden, jf. figur 11, hvor grundvandstanden også er lavest og der derfor vil kunne ske en større udsivning/nedsivning. I andet måleår, kan forholdet mellem ind og udløb fra produktionsanlægget ikke vurderes, da der er taget ekstra vand ind, der ikke er registreret. Nedbør og fordamning over selve produktionsanlægget har kun en meget ringe betydning for vandbalancen, da det på årsbasis kun vil tilføre, hvad der som middel svarer til ca. 0,1 l/s.



Figur 11 Samlet vandbalance over Kongeåens Dambrug i de to måleår, månedsmiddel, l/s.

Udløbet fra plantelagunen, og dermed dambrugets samlede afledning til vandløbet, var som middel for første måleår på 73 l/s og for andet år 102 l/s. Det samlede tilløb til plantelagunen var som middel på hhv. 101 og 114 l/s, jf. tabel 5. Der kan således konstateres et gennemsnitstab i lagunen på ca. 28 l/s i første og 13 l/s i andet år, svarende til tab på hhv. 28 og 11 %. Tabet er generelt lidt større i sommer- end i vinterperioden, jf. figur 11.

Der er umiddelbart 3 mulige forklaringer på tabet af vand fra plantelagunerne:

1. Der sker en nedsivning fra bunden af plantelagunerne til grundvandet
2. Der sker en nedsivning til dræn og boringer til dambrugets indvinding
3. Der er utætheder i afgrænsningen mellem plantelagunerne og vandløbet

Ad 1. Hvis grundvandstanden er lavere end vandstanden i plantelagunerne kan der være en nedsivning fra disse. Afhængig af grundvandets strømningsretning, vil en andel af det tabte vand kunne strømme til vandløbet eller evt. i løbet af mange år via grundvandet til havet.

Ad 2. Nedsivning hvis grundvandstanden er lavere som under pkt. 1, men da indvindingen af vand til dambruget sker fra dræn og overfladenære boringer i umiddelbar nærhed af plantelagunerne, kan noget af det nedsivende vand strømme hertil og dermed blive genanvendt i produktionen.

Ad 3. Utætheder og udsivning vil kunne opstå, hvis der er en snæver afgrænsning med smalle dæmninger mellem plantelagune og vandløb eller utætte tidligere munke og bygværk. På Kongeåens Dambrug ligger plantelagunerne ikke på nogen steder direkte op til vandløbet og der har ikke været observeret utætheder, så det vurderes ikke at dette forhold har betydning for tabet af vand.

Da utætheder/udsivning gennem afgrænsning til vandløbet (ad 3) ikke umiddelbart vurderes at have betydning, må forklaringen være en kombination af nedsivning til grundvandet, hvorefter en del strømmer til vandløbet og en del strømmer til vandindtaget i dræn og borer. Hvor stor en andel af tabet, der indgår i de to processer ligger ud over måle- og dokumentationsprojektet for modeldambrug. I kapitel 9 og 12 omtales betydningen af dette vandtab if. beregnede rensegrader over plantelagunerne.

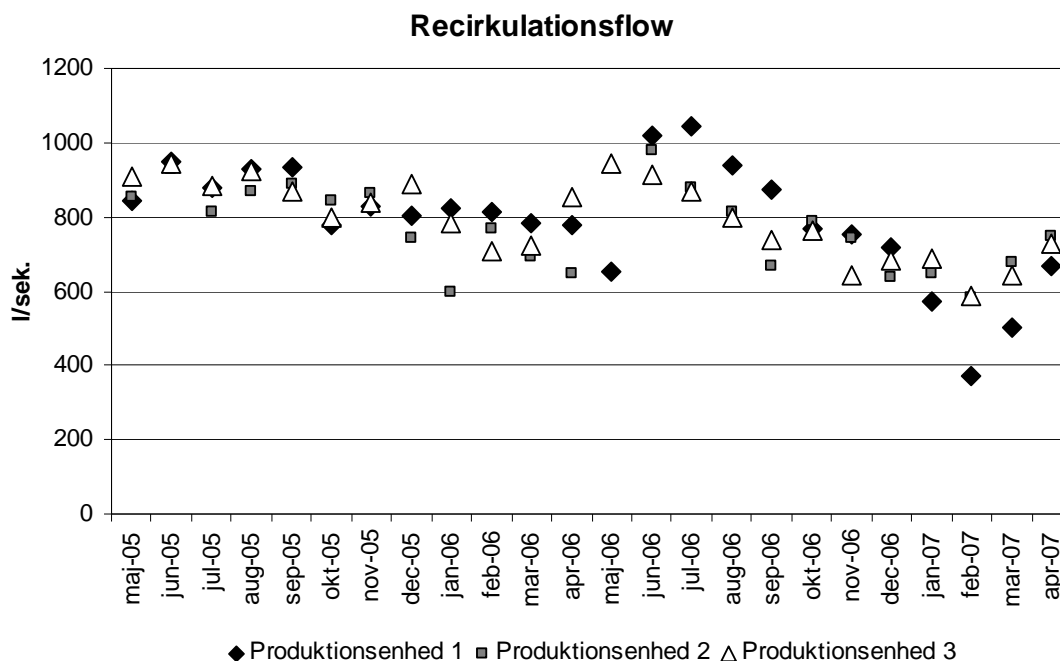
I perioden december 2006 – januar 2007 var der ekstremt meget nedbør, og en del af området omkring produktionsanlægget stod under vand. Samlet blev der registreret 422 mm nedbør i de 2 måneder, hvilket er omkring 3 gange mere end normalt for regionen. I en del af denne periode er der strømmet vand fra et større område til plantelagunen og dermed i dambrugets udløb. Udløbsmængden er derfor forøget betydeligt i disse måneder jf. figur 11, og det er en af årsagerne til at det gennemsnitlige tab fra plantelagunen i andet måleår er væsentlig lavere end i første. Generelt har der i andet måleår faldet ca. 40 % mere nedbør end i det første, hvilket også har påvirket grundvandsstanden i ådalen. Samtidig er grundvandstanden blevet forøget, og dermed vil udsivning fra plantelagunen reduceres og evt. i en periode være blevet vendt til en indsivning. Endelig kan det ikke udelukkes, at der med tiden sker en vis mindskelse af infiltrationskapaciteten i bunden af plantelagunen grundet op-hobning af fine partikler i den øverste del af sedimentet i plantelaguner-nes bund.

Som for produktionsanlægget har nedbør og fordampning over selve plantelagunen kun ubetydelig indflydelse på middel-vandbalancen, som på et år maksimalt kan udgøre ca. 0,3 l/s.

5.4 Recirkulationsflow

Recirkulationen bliver drevet af luftpumperne i anlægget, så variationer i flowmængden vil også være en funktion af behovet for iltning. Derfor vil der være tendens til større flow i produktionsenhederne i sommerperioden, hvilket også kan ses på figur 12, der viser månedsmiddel for den recirkulerede flowmængde i de 3 produktionsenheder for begge måleår. Flowet svarer til, at den gennemsnitlige strømhastighed i produktionsenhedernes sektioner med fisk er ca. 0,1 m/s. i første måleår og 0,9 m/s. i andet år.

Med et gennemsnitligt vandindtag på 107 l/s i første og 114 l/s i andet måleår (Q_i) og en samlet recirkulering over de 3 produktionsenheder på 2477 hhv. 2342 l/s (Q_r) (tabel 5) betyder det, at recirkulationsgraden kan opgøres til hhv. 95,7 % og 95,1 %, beregnet som $(Q_r - Q_i) / Q_r$. For modeldambrug type III forudsættes en minimum recirkulationsgrad på 95 %.



Figur 12 Recirkulationsflow i Kongeåens 3 produktionsenheder over de to måleår, månedsmiddel, l/s.

5.5 Vandforbrug/fodermængde

Ved at sammenholde det samlede vandindtag med det samlede foderforbrug kan det opgøres, at der på Kongeåens Dambrug er brugt 3.740 liter vand pr. kg foder i første måleår og 4.280 liter i andet år, svarende til 3.130 hhv. 3.640 liter vand pr. kg produceret fisk. Dette er en faktor 10-15 lavere end i et traditionelt gennemstrømningsdambrug.

5.6 Hydraulisk belastning af laguner

Baseret på det beregnede areal af plantelagunerne (se kapitel 11) har den gennemsnitlige hydrauliske belastning af plantelagunen været hhv. 0,007 og 0,008 l pr. m² pr sekund plantelagune i første og andet måleår. Det er ca. en tredjedel af den forudsatte maksimale belastning på 1 l/s pr. 48 m² plantelagune i modeldambrugsbekendtgørelsen (*Bekendtgørelse om modeldambrug, 2002*).

6 Stofkoncentrationer forskellige steder på dambruget

Dette kapitel gennemgår i lighed med det tilsvarende kapitel i statusrapporten for det første måleår stofkoncentrationen beregnet i forskellige målepunkter på Kongeåens Dambrug. De forskellige figurer er dog udvidet så det omfatter både første og andet års måleresultater, hvilket giver en præsentation af den samlede måleperiode og muliggør en sammenligning mellem de to måleår i samme graf. Desuden er der i plantelagunen på en enkelt dag udtaget 11 vandprøver for at vurdere om koncentrationsniveauet ændres ned gennem plantelagunen.

I tabel 6 er beregnet gennemsnitskoncentration for de analyserede, udtagne vandprøver i det andet måleår ved forskellige målestationer på Kongeåens Dambrug. Endvidere er angivet spredningen på koncentrationerne over andet måleår. Det giver et billede af, hvordan der tilføres stof ved fiskeproduktionen i produktionsanlægget og hvordan der fjernes stof via bl.a. slamkegler, biofiltre, slambassin og plantelagune. Det bemærkes at koncentrationerne fra især tømning af slamkegler er meget høje for alle kemiske variable, men også skyllevand fra biofiltrene er noget højere for total kvælstof og fosfor, organisk stof og suspenderet stof end for afløbet af produktionsanlægget. Desuden er værdierne for ammonium, total kvælstof og fosfor og for organisk stof samt for suspenderet stof meget høje i afløbsvand fra slambassin (klaringsvand), på et niveau mellem koncentrationer i skyllevand fra biofiltre og i slamvand ved tømning af slamkegler i produktionsenhederne. Der er ikke den store forskel i de kemiske koncentrationer nedstrøms biofiltrene (udløbsvand til plantelagunen) fra de 3 produktionsenheder. Det samme gælder for standardafvigelserne, hvorfor det må konkluderes at de 3 produktionsenheder overordnet set har været nogenlunde ens i det andet måleår i modsætning til det første, hvor produktionsenhed 3 skilte sig ud.

Spredningen på koncentrationerne over det andet måleår er størst for de høje koncentrationer som for skyllevand fra biofiltre, slam fra tømning af slamkegler og afløb fra slambassin (klaringsvand). Spredningen målt som procent af gennemsnitskoncentrationen viser at den største spredning findes for orthofosfat med 82 % og ammonium med 75 % og lavest for total kvælstof, BI_5 og COD med godt 30 %. Spredning på koncentrationerne for indtagsvandet er lave.

Den procentvise standardafvigelse på koncentrationerne er væsentlig mindre i det andet måleår for de fleste kemiske parametre (tabel 7). På 18 målesteder var der en mindre spredning i den procentvise standardafvigelse i det andet måleår sammenlignet med første måleår. Dette indikerer, at anlæggene fungerer mere ensartet og driften optimeret igennem det andet måleår.

Målested	NH ₄ -N		NO ₂₃ -N		Total -N		Ortho-P		Total -P		BI-5		COD		Susp. stof	
	Gen	Std	Gen	Std	Gen	Std	Gen	Std	Gen	Std	Gen	Std	Gen	Std	Gen	Std
Vandindtag	1,0	0,4	0,9	0,4	2,1	0,4	0,0	0,0	0,2	0,1	1,1	0,3	14,6	4,7	2,4	1,3
Afløb sættefisk	0,7	0,3	4,7	1,6	6,2	2,1	0,2	0,1	0,2	0,2	3,7	1,4	25,7	7,6	3,6	2,8
Afløb leverdam	1,9	1,1	1,9	1,1	4,8	2,3	0,1	0,1	0,3	0,1	4,9	1,6	24,4	7,0	6,1	2,3
Afløb slamkegler sættefisk og leverdam	5,7	3,5	3,1	2,0	52,9	24,2	1,0	1,3	26,1	16,7	580	295	1.400	792	1027	529
OS biofilter prod. enhed 1	3,9	3,1	6,9	1,7	12,2	3,1	0,3	0,1	0,4	0,2	4,4	0,8	29,4	5,2	4,0	1,2
Afløb biofilter prod. enhed 1	3,2	2,9	6,1	3,1	39,7	16,3	0,3	0,6	14,4	5,0	171	61,5	618	220	591	199
Afløb slamkegler prod. enhed 1	17,7	6,7	2,9	2,0	223	116	12,7	8,1	180	121,1	2.906	1.137	7.360	3.167	3.987	1.637
NS biofilter prod. enhed 1	3,8	3,3	7,0	2,0	13,0	5,0	0,3	0,1	0,4	0,2	3,7	1,0	27,9	5,2	3,4	1,2
OS biofilter prod. enhed 2	3,1	2,5	6,8	1,9	11,7	3,0	0,2	0,1	0,4	0,1	4,1	0,7	29,9	5,8	3,6	1,4
Afløb biofilter prod. enhed 2	3,3	4,5	5,7	2,7	42,6	12,8	0,2	0,2	15,1	6,0	171	66,7	649	233	681	225
Afløb slamkegler prod. enhed 2	20,0	7,7	1,7	1,1	241	91,6	24,2	41,0	176	80,7	4.237	1.912	9.928	4.503	6.434	3.272
NS biofilter prod. enhed 2	2,9	2,7	7,1	2,0	11,4	2,4	0,3	0,1	0,4	0,4	3,7	1,0	28,1	4,6	3,6	1,3
OS biofilter prod. enhed 3	3,0	3,0	10,6	2,8	16,4	4,4	0,4	0,2	0,5	0,2	4,5	1,4	33,0	8,0	3,4	0,9
Afløb biofilter prod. enhed 3	2,4	2,8	7,8	3,0	41,3	9,4	0,2	0,2	13,0	4,7	154	50,6	586	163	590	165
Afløb slamkegler prod. enhed 3	19,8	11,9	4,8	4,3	276	127	9,6	12,9	226	136	4443	1946	11.330	5.200	6.942	3.379
NS biofilter prod. enhed 3	2,6	3,0	10,6	3,0	14,7	2,3	0,4	0,2	0,5	0,2	3,7	1,1	29,9	6,8	2,9	0,8
Klaringsvand fra slambassin	12,5	5,3	0,2	0,6	23,0	5,6	0,8	0,8	3,8	1,3	81,7	33,9	226	77,2	93,6	30,4
Udløb dambrug	2,6	1,9	4,4	1,1	7,9	1,5	0,2	0,1	0,3	0,1	2,8	0,7	25,1	6,4	2,5	0,8

Table 6 Gennemsnitskoncentrationen for kemiske variable forskellige målesteder på Kongeåens Dambrug. OS = opstrøms; NS = nedstrøms.

DMU nr.	Susp	NH ₄ -N	NO ₂₃ -N	Total N	Ortho P	Total P	BI ₅	COD
Std % 1. år	67	68	48	41	104	68	58	49
Std % 2. år	40	75	63	32	82	47	33	31

Table 7 Procentuelle standardafvigelser for de kemiske koncentrationer for hhv. første og andet måleår for Kongeåens Dambrug.

I de efterfølgende figurer findes en række koncentrationsforløb ved målepunkter, hvor der udledes betydende stødmængder til plantelagunen, som udløb fra de 3 produktionsenheder og klaringsvand fra slambassin over begge måleår. Koncentrationsniveauerne indikerer også hvordan driften er forløbet over tid.

Udviklingen i kvælstoffraktionernes koncentrationer viser for produktionsenhed 1 en kraftig stigning i total kvælstof og ammonium-kvælstof koncentrationen i begyndelsen af det andet måleår, hvorefter ammonium kvælstof koncentrationen i juli 2006 falder fra høje 8-9 mg/l til under 5 mg/l og senere i en lang periode til under 2 mg/l (Figur 13-15). Dette viser, at nitrifikationen er øget betydeligt i produktionsenheden. Dette hænger sandsynligvis sammen med at beluftningen i sommeren 2006 blev flyttet fra biofiltrenes afløbskanaler ind i selve biofiltrene for at øge omdannelsen af organisk stof og især af ammonium til nitrat. Det samme skift i koncentrationsniveau mellem ammonium-kvælstof og nitrit+nitrat kvælstof finder sted samtidig også i de 2 andre produktionsenheder, således at langt hovedparten af kvælstof i vandfasen findes som nitrat-kvælstof. Dette er en markant og positiv ændring ift. første måleår, hvor en stor del af kvælstoffet fandtes som ammonium-kvælstof. I produktionsenhederne 1 og 2 er der et fald i koncentrationerne over det andet måleår for total-kvælstof, mens det er stigende i produktionsenhed 3, hvor der i slutningen af 2. måleår blev installeret mikrosigter foran biofilteret.

Fosforkoncentrationen i andet måleår stiger kraftigt i maj-juni 2006 for derefter overordnet at have en faldende tendens gennem resten af måleåret i alle 3 produktionsenheder, dog med en ret markant koncentrationsstigning omkring januar 2007, hvor der i produktionsenheden 3 kommer de størst målte fosforkoncentrationer i 2. måleår (figur 16-18). Fosforkoncentrationerne er især i produktionsenhed 3 højere i det andet måleår. I begge måleår findes hovedparten af fosfor på opløst form som orthofosfat.

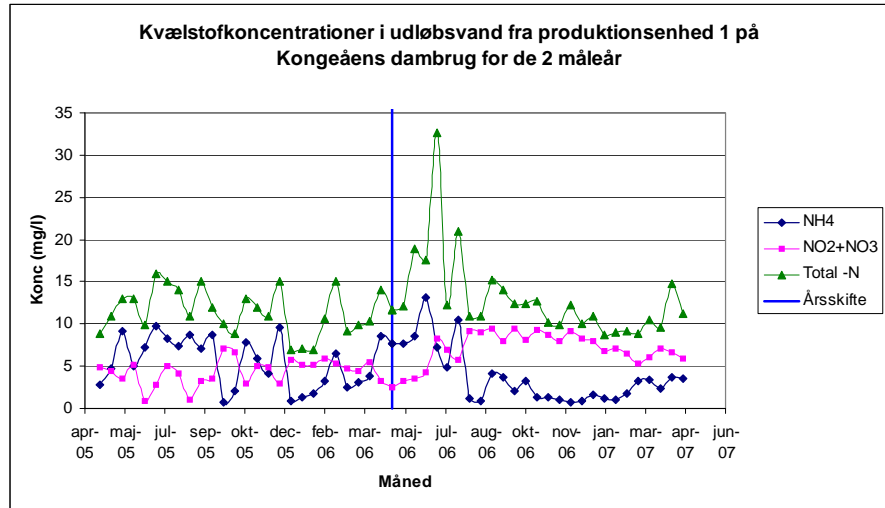
Den organiske stofkoncentration målt som BI₅ og COD nedstrøms biofiltrene i de tre produktionsenheder ligger omtrent på samme niveau i begge måleår (figur 19-21). Koncentrationen af det suspenderede materiale ligger ligeledes på det samme niveau for begge måleår.

De sæsonbetingede variationer i kvælstof og fosforkoncentrationer genfindes ikke ift. koncentrationsforholdene for det organiske stofindhold. Omsætning af kvælstof i biofiltrene sker bl.a. gennem tilhørende omsætning af organisk stof, men flere processer og faktorer er med til at påvirke koncentrationsforholdene for disse stoffer.

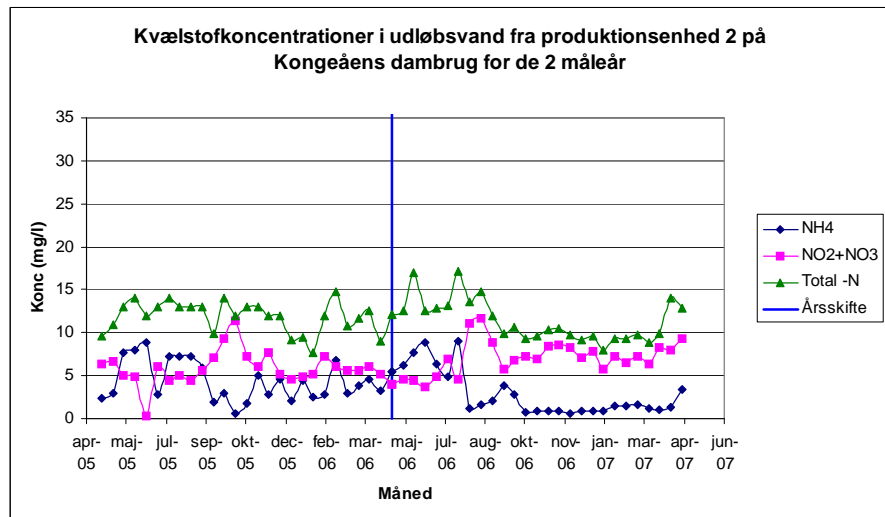
Et betydeligt bidrag til plantelagunen kommer med klaringsvandet fra slambassinerne (figur 22-24). I det andet måleår er koncentrationen af alle stoffer størst i perioden august-oktober 2006. Koncentrationsforløbet for organisk stof målt som COD følger overordnet koncentrationsforløbet for total kvælstof og total fosfor, dvs. forholdet mellem disse stoffer er relativt konstant over de to måleår.

Sammenlignes med første måleår er koncentrationsniveauerne for alle stoffer i klaringsvandet ca. som i det andet måleår, når man ser bort fra en indsvingningsperiode i starten af det første måleår, hvor meget store værdier blev målt. Der blev også efter nogle få måneders drift tilsat et fosforfældningsmiddel. I modsætning til vand fra produktionsenhederne, indeholder klaringsvandet næsten ikke nitrat-kvælstof, men meget ammonium-kvælstof og en del partikulært kvælstof (forskellen mellem total, ammonium og nitrat-nitrit kvælstof). I slambassiner denitrificeres nitraten og der dannes herved noget ammonium-kvælstof. For fosfor udgør den opløste del kun en mindre del af det totale fosfor, idet en del bindes til partikler. Med klaringsvandet tilføres plantelagunen finpartikulært materiale med tilhørende partikelbundet kvælstof, fosfor og organisk stof.

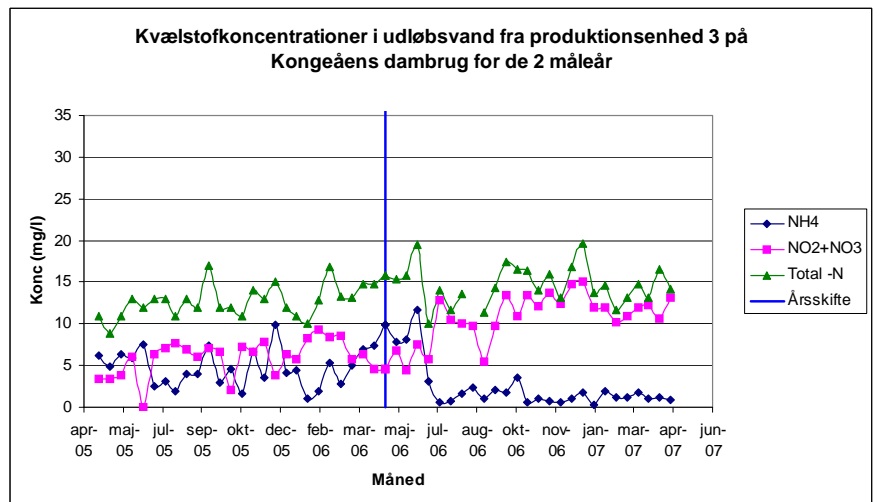
Figur13



Figur14

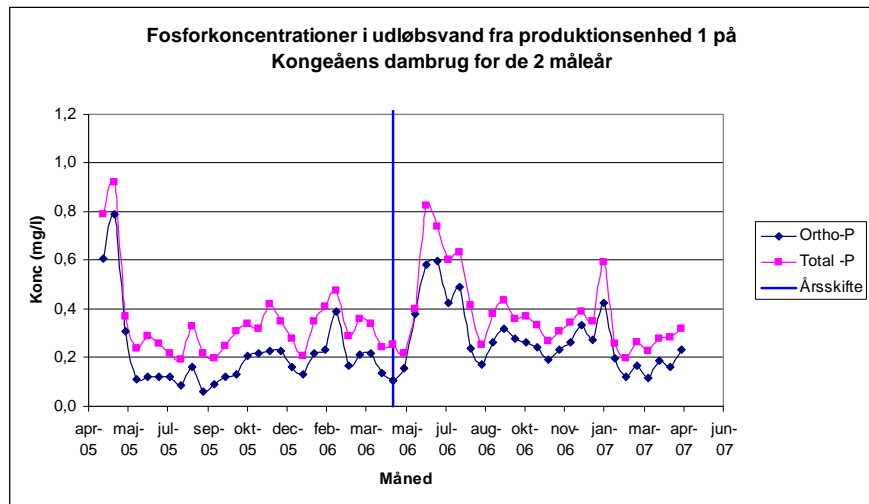


Figur 15

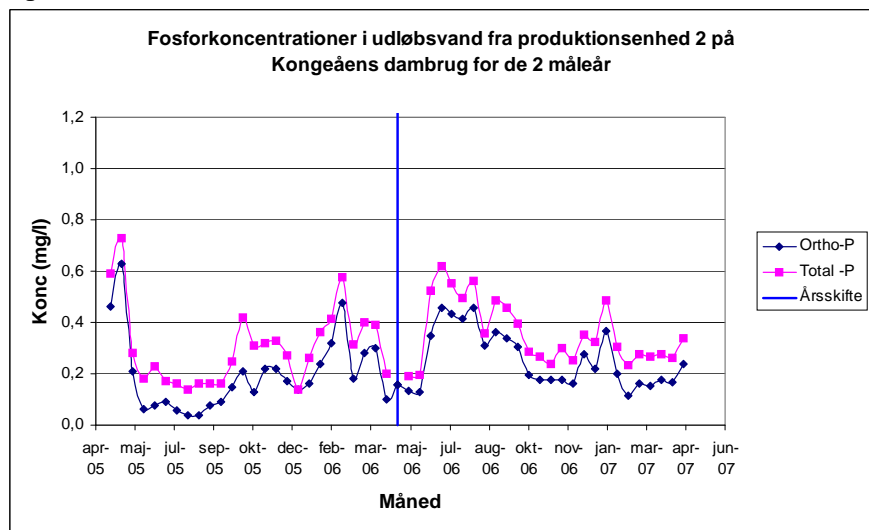


Figur 13-15 Koncentrationsudvikling i de tre produktionsenheder (nr. 1 figur 13, nr. 2 figur 14 og nr. 3 figur 15) på Kongeåens Dambrug over de to måleår for ammonium-N, nitrit+nitrat-N samt total-N nedstrøms biofiltre svarende til koncentrationerne i det vand, der løber ind i plantelagunen fra produktionsenhederne.

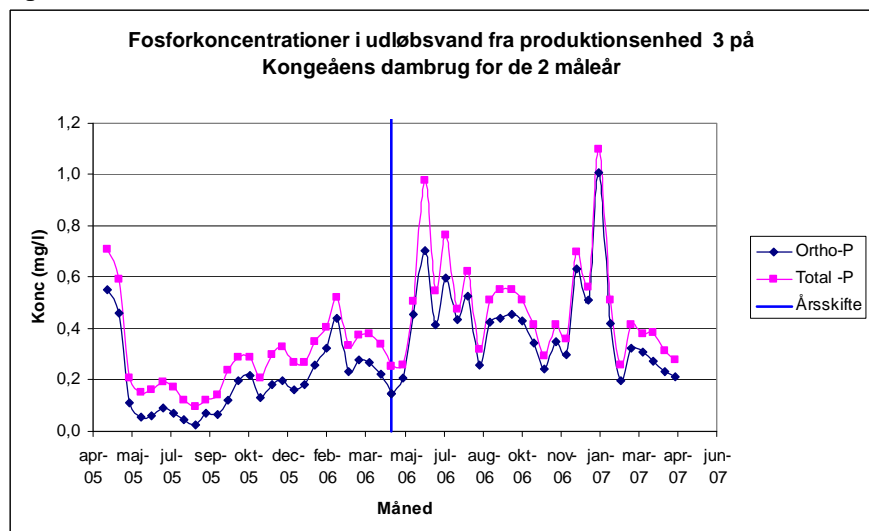
Figur 16



Figur 17

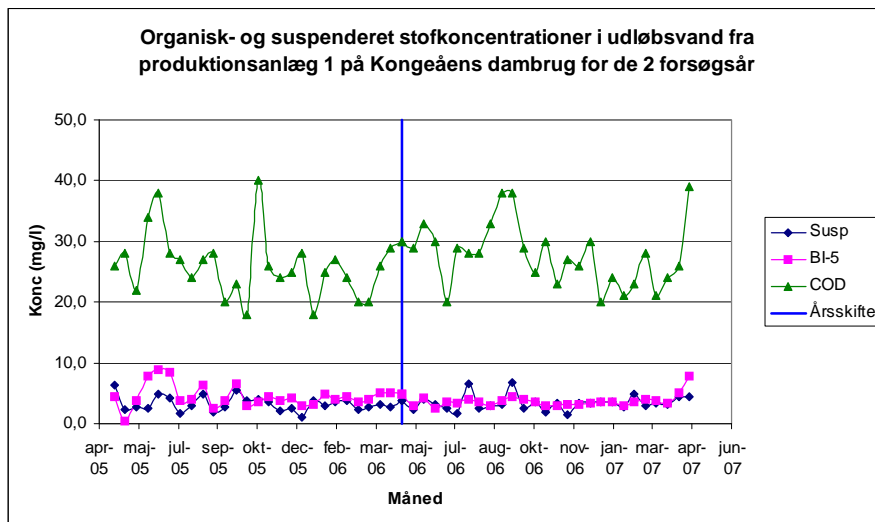


Figur 18

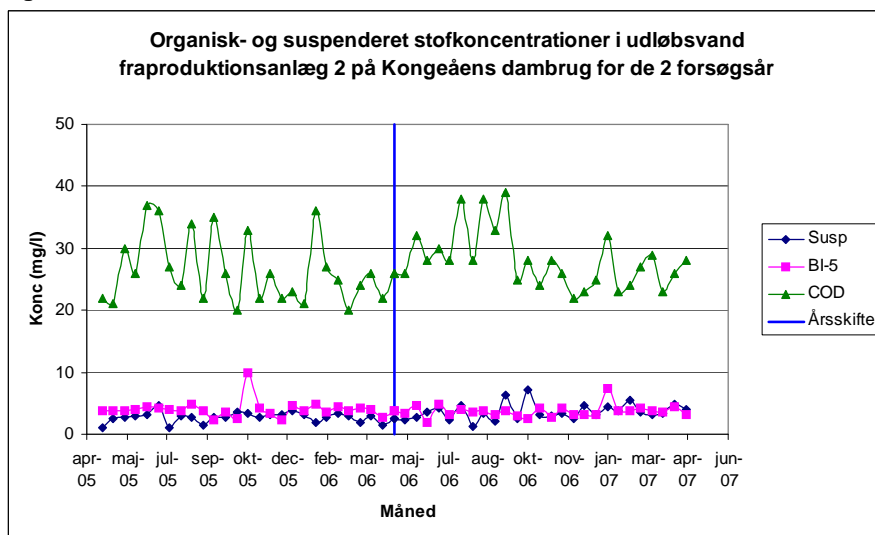


Figur 16-18 Koncentrationsudvikling i de tre produktionsenheder (nr. 1 figur 16, nr. 2 figur 17 og nr. 3 figur 18) på Kongeåens Dambrug over de to måleår for orthofosfat og total fosfor nedstrøms biofilter, svarende til koncentrationerne i det vand, der løber ind i plantelagunen fra produktionsenhederne.

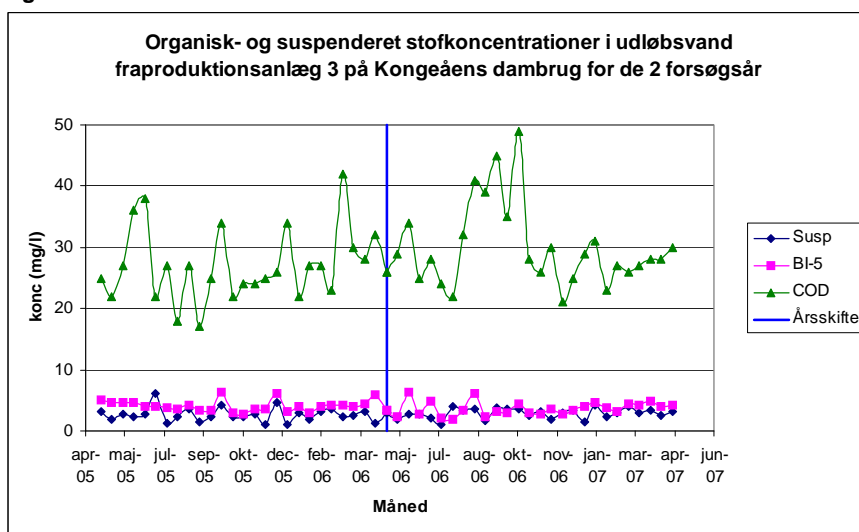
Figur 19



Figur 20

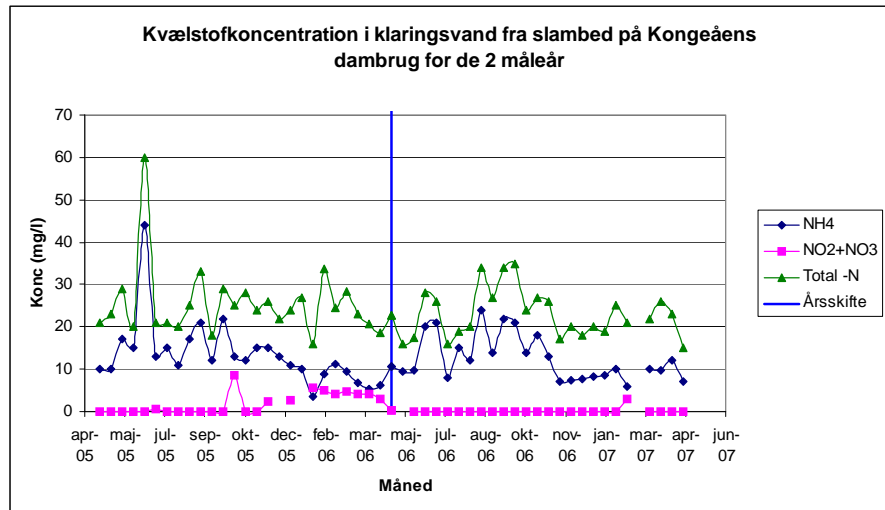


Figur 21

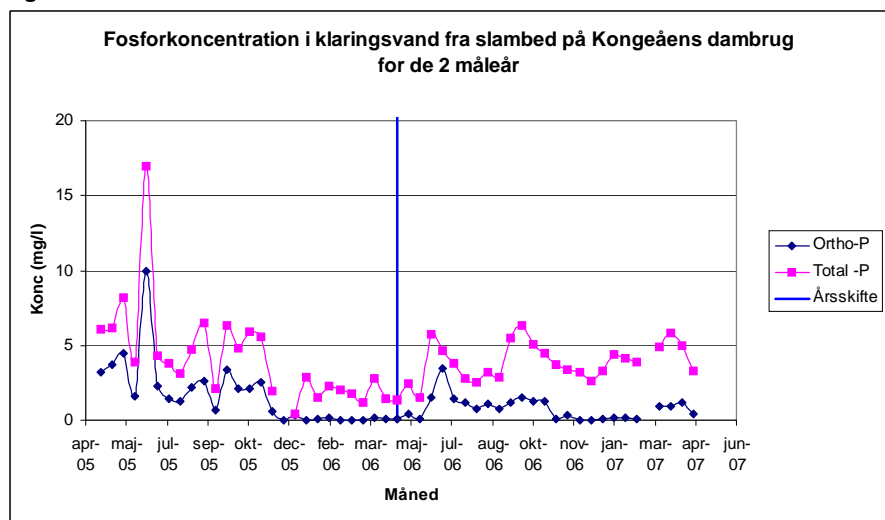


Figur 19-21 Koncentrationsudvikling i de tre produktionsenheder (nr. 1 figur 19, nr. 2 figur 20 og nr. 3 figur 21) på Kongeåens Dambrug over de to måleår for organisk stof målt som BI5 og COD og suspenderet stof nedstrøms biofilter, svarende til koncentrationerne i det vand, der løber ind i plantelagunen fra produktionsenhederne.

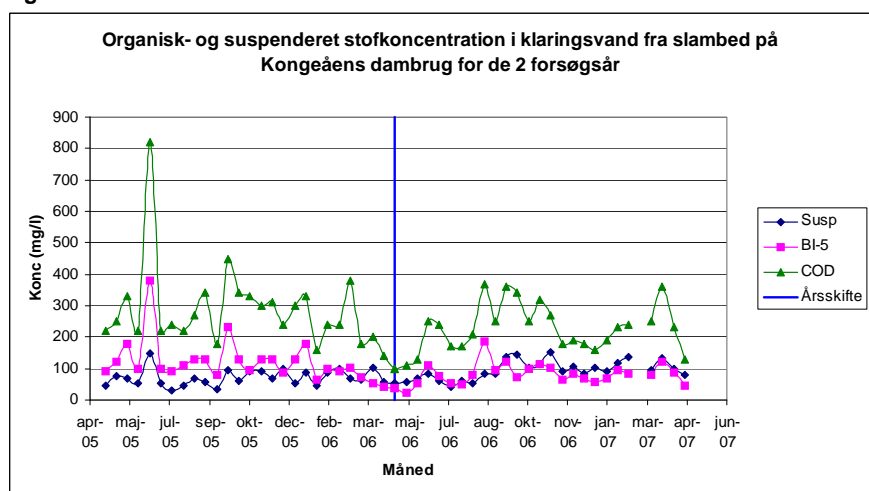
Figur 22



Figur 23

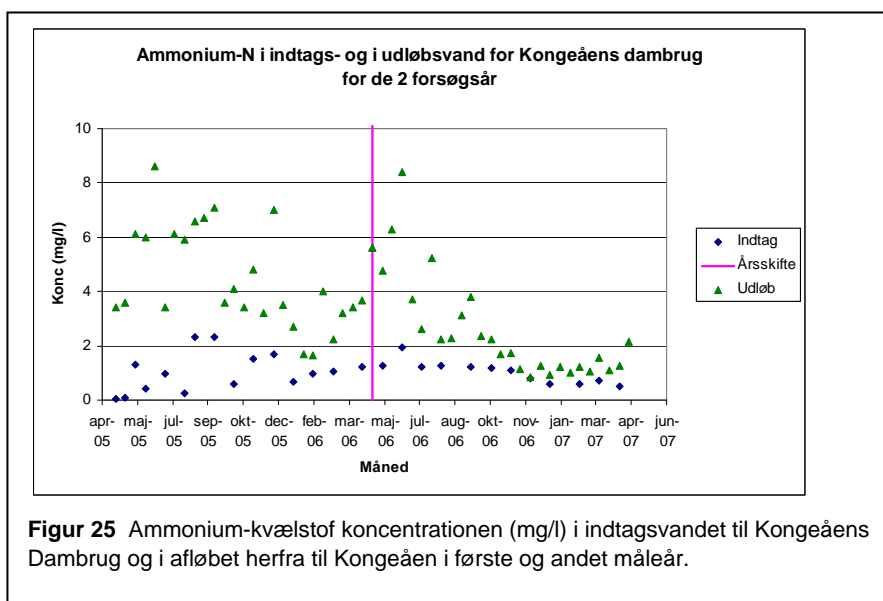


Figur 24

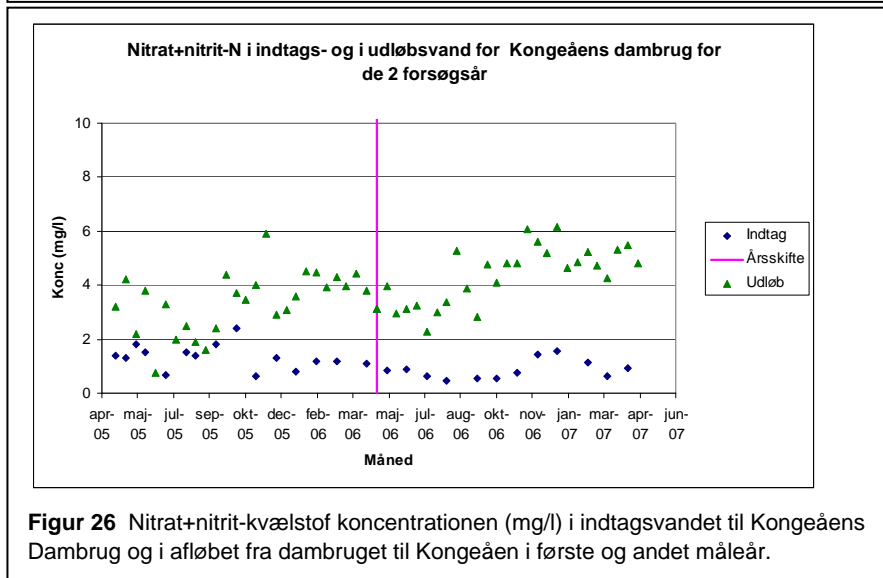


Figur 22-24 Koncentrationen af kvælstoffraktioner (ammonium-N, nitrit+nitrat-N, total-N), fosforfraktioner (ortho-P, total-P), organisk stof (BI5, COD) samt suspenderet stof i klaringsvand fra slambassiner. Klaringsvandet løber til plantelagunen.

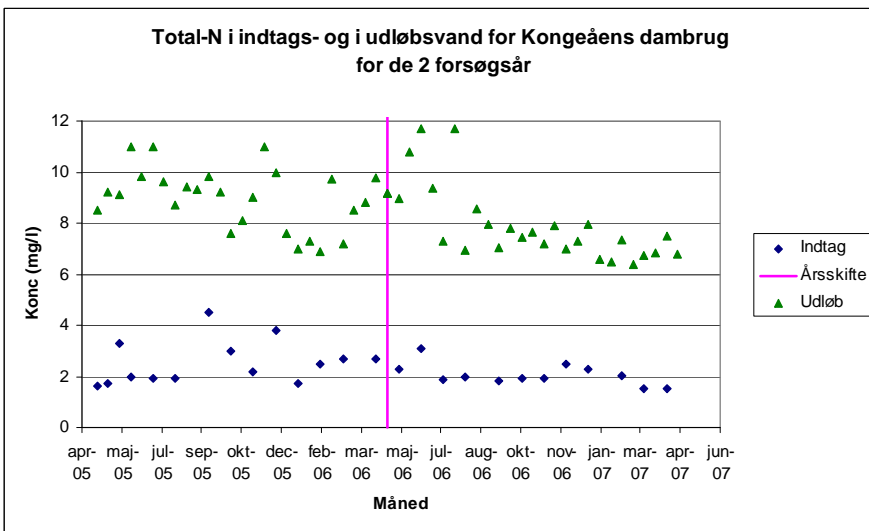
I figur 25 til og med 32 vises koncentrationsforløbet for de målte kemiske parametre i henholdsvis indtagsvandet til dambruget og i afløbet fra plantelagunen (dvs. afløb fra dambruget) for begge måleår. Værdier for det vand, der tilledes plantelagunen er vist i graferne for hhv. udløbsvandet fra produktionenhederne og klaringsvandet (figur 13-24). Forskellen i de vægtede koncentrationerne i det vand, der ledes til plantelagunen og udløbsvandet fra denne, afspejler plantelagunes kapacitet til at omsætte/tilbageholde stofferne dog med forbehold for evt. stoftab med det vand der tabes via plantelagunens bund. Da vandtabet over plantelagunerne er forskelligt for de to måleår er det vanskeligt at opstille en helt præcis massebalance for stofferne, da stofkoncentrationen i det vand, der siver ud af plantelagunens bund er ukendt.



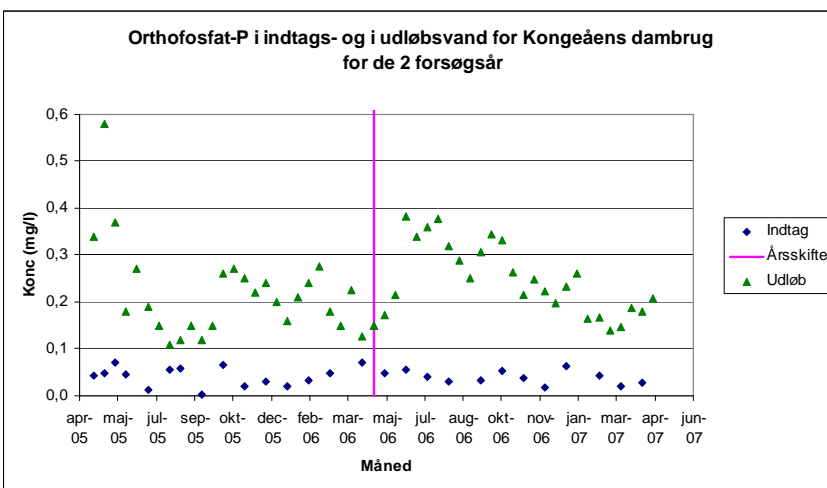
Figur 25 Ammonium-kvælstof koncentrationen (mg/l) i indtagsvandet til Kongeåens Dambrug og i afløbet herfra til Kongeåen i første og andet måleår.



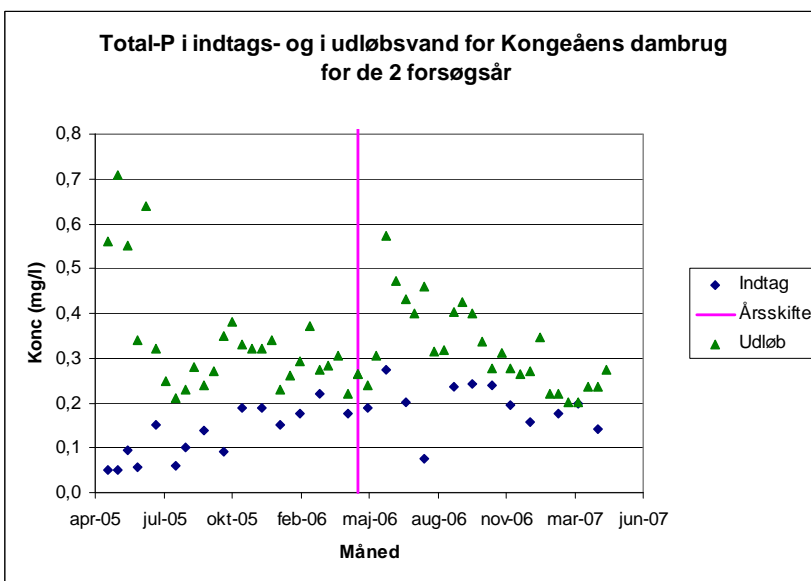
Figur 26 Nitrat+nitrit-kvælstof koncentrationen (mg/l) i indtagsvandet til Kongeåens Dambrug og i afløbet fra dambruget til Kongeåen i første og andet måleår.



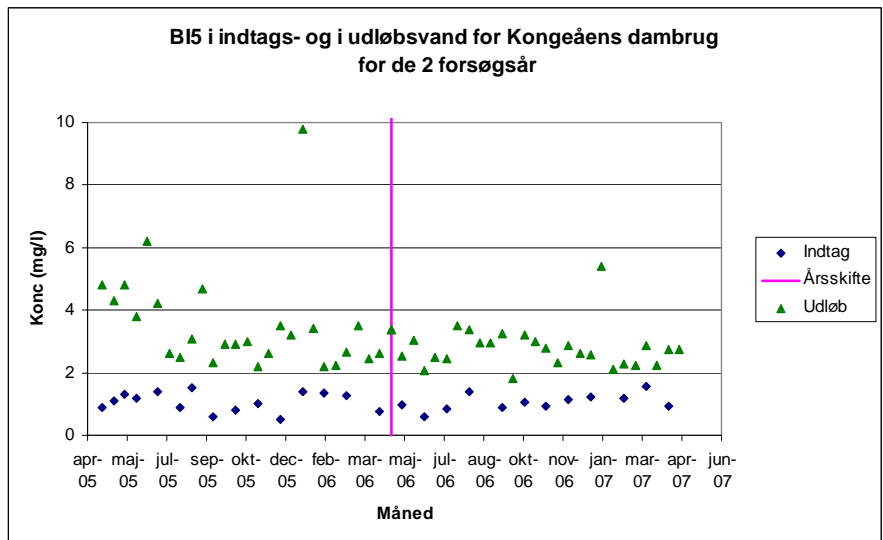
Figur 27 Total-kvælstof koncentrationen (mg/l) i indtagsvandet til Kongeåens Dambrug og i afløbet fra dambruget til Kongeåen i første og andet måleår.



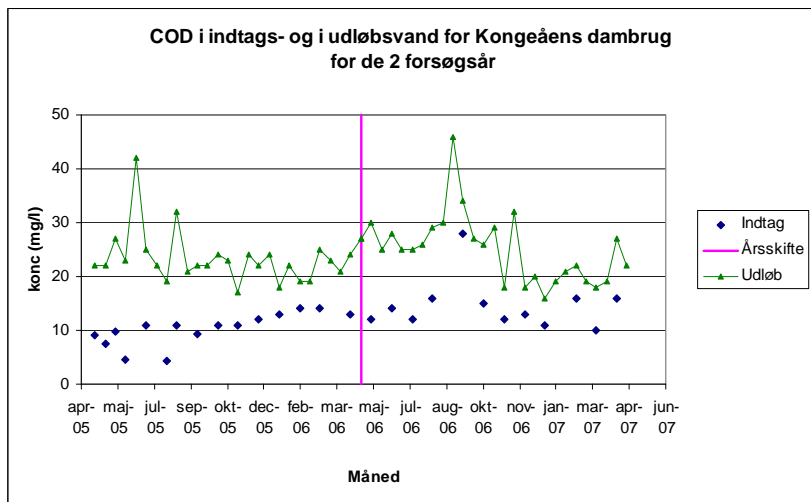
Figur 28 Orthofosfat-fosfor koncentrationen (mg/l) i indtagsvandet til Kongeåens Dambrug og i afløbet fra dambruget til Kongeåen i første og andet måleår.



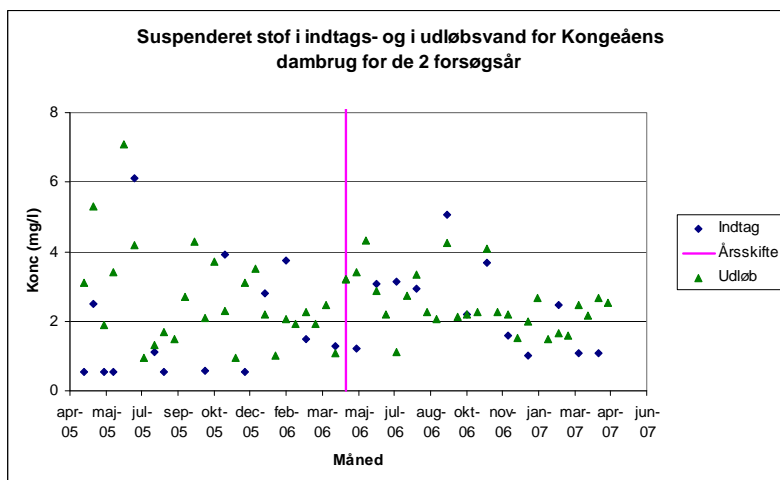
Figur 29 Total fosfor koncentrationen (mg/l) i indtagsvandet til Kongeåens Dambrug og i afløbet herfra til Kongeåen i første og andet måleår.



Figur 30 BI₅ koncentrationen (mg/l) i indtagsvandet til Kongeåens Dambrug og i afløbet fra dambruget til Kongeåen i første og andet måleår.



Figur 31 COD-koncentrationen (mg/l) i indtagsvandet til Kongeåens Dambrug og i afløbet fra dambruget til Kongeåen i første og andet måleår.



Figur 32 Suspenderet stof-koncentrationen (mg/l) i indtagsvandet til Kongeåens Dambrug og i afløbet til Kongeåen i første og andet måleår.

For stofkoncentrationerne i indtagsvandet, der stammer fra boring plus drænen under og omkring plantelagunen er der en svag tendens til lidt større variation i det første måleår end i det andet måleår (figur 25-32). Koncentrationsniveauet er for de fleste stoffer stort set det samme de to måleår, dog er der for total fosfor (figur 29), COD (figur 31) samt suspenderet stof (figur 32) en vis koncentrationsstigning fra første til andet måleår.

Total kvælstof i udløbet fra Kongeåens Dambrug har tendens til højere sommer- end vinter-værdier i begge måleår (figur 27). Endvidere er der en tendens til et fald i total-kvælstof koncentrationen over de to måleår. Total-kvælstof består primært af ammonium og nitrat+nitrit kvælstof, mens partikulært kvælstof (organisk kvælstof) kun udgør en mindre andel. Koncentrationsforløbet af nitrit-nitrat kvælstof (hvor langt hovedparten findes som nitrat) er nærmest i modfase med den tilsvarende ammonium-kvælstof koncentration i udløbet fra Kongeåens Dambrug (figur 25 og 26). Især koncentrationen af ammonium-kvælstof falder markant fra forår til efterår i det andet måleår med en tilsvarende tendens det første måleår, der dog sløres af en stor spredning i ammonium-kvælstofkoncentrationen i det første måleår.

Den lavere total-kvælstof koncentration i udløbet fra plantelagunen, som ikke er modsvaret af tilsvarende fald i tilførslerne til plantelagunen igennem andet måleår kan bl.a. afspejle en øget optagelse i plantelagunens planter, hvis biomasse øges i andet måleår (se kap. 11). Det relativt store fald i ammonium-kvælstof koncentrationen kan tilskrives en øget nitrifikation, hvor det omdannes til nitrat, der videre kan optages i planterne eller denitrificeres. Da vandtabet over plantelagunen netto har været noget mindre i det andet måleår må det antages at tabet af opløste stoffer ved nedsivning i det andet måleår er lavere sammenlignet med det første.

I lighed med nitrat-kvælstof kan orthofosfat optages af planterne i plantelagunen i vækstsæsonen. Endvidere kan det i et vist omfang bindes til partikler herunder slam, der ligger på bunden af plantelagunerne. Såfremt tilledningen af orthofosfat var konstant hen over året kunne det forventes at koncentrationen heraf var lavest i planternes vækstsæson, men tilledningen af orthofosfat fosfor fra produktionsenhederne er meget høj i starten af andet måleår (april-maj) og falder kraftigt gennem hele måleperioden og det samme er også tilfældet med udløbsvandet fra plantelagunen (figur 28 og 29). Generelt er koncentrationen i afløbet fra plantelagunen lavere end indløbskoncentrationen.

Koncentrationsforløbet i afløbet fra Kongeåens Dambrug for henholdsvis BI_5 (figur 30) og COD (figur 31) gennem de 2 måleår er ikke helt ens. BI_5 koncentrationen falder gradvis i den første halvdel af 1. måleår til det niveau, som også forekommer gennem andet måleår med svag tendens til lidt lavere koncentration i vinterperioden. COD-koncentrationen i afløbet fra dambruget er på det samme niveau gennem første måleår, men stiger i første halvdel af andet måleår, hvorefter det falder til et niveau, der er lidt lavere end niveauet i første måleår. I det vand der ledes til plantelagunen fra produktionsenhederne har koncentrationsniveauet i begge måleår været omtrent det samme for hhv. BI_5 og COD (figur 19-

21). COD koncentrationen er 6-7 gange højere end BI_5 , dvs. at hovedparten af det organiske stof er langsomt eller svært omsætteligt.

Koncentrationen af suspenderet stof (partikler) varierer en del i løbet af det første måleår og mindre det andet, og der er en tendens til lidt højere værdier om sommeren (figur 32). Koncentrationen af suspenderet stof har i tilførslen fra produktionsenhederne til plantelagunen været på samme niveau i begge måleår, hvorimod koncentrationerne i suspenderet stof i klaringsvandet er lidt højere i det andet måleår (hhv. figur 19-21 og figur 24).

7 Overholdelse af udlederkrav

I miljøgodkendelsen for Kongeåens Dambrug er der opstillet en række udlederkrav i forsøgsperioden (*Ribe Amt, 2004*). Udlederkravene er i miljøgodkendelsen formuleret som: ”.. Udlederkravene fastsættes i forsøgsperioden som en koncentrationsforøgelse i forhold til koncentrationen i dambrugets indløb...”, hvor de angivne kravværdier fremgår af tabel 8. Ribe Amt har stillet krav om, at overholdelse af udlederkravene foretages ved tilstandskontrol for alle 5 parametre på koncentration af stoffer i udløbsvandet efter Dansk Standard 2399 (*Dansk Standard, 1999*), dvs. som afløbskontrol og med statistisk kontrolberegning som for afløbsdata fra virksomhed.

DS 2339 er imidlertid beregnet til kontrol alene på udledninger, dvs. hvor der ikke forekommer en koncentration i indløb (indtagsvand). Men udledninger fra dambrug bør foretages med udgangspunkt i forskellen i koncentrationen hen over et dambrug dvs. på koncentrationsforøgelsen over dambruget, jf. *Bekendtgørelse for modeldambrug (2002)* og anbefalingerne i faglig rapport nr. 60 fra DMU om ”Afløbskontrol fra dambrug” (*Larsen og Svendsen, 1998*). Endvidere bør kontrollen for f.eks. totalkvælstof og total-fosfor gennemføres som transportkontrol.

Beregningen af amtets krav til overholdelse af kravværdier er statistisk ikke muligt. Der opereres med koncentrationsforøgelser i afløbet men DS 2339 kan kun anvendes på den faktiske koncentration i udledningerne og ikke på koncentrationsforskelle. Det skyldes, at der i DS 2339 skal omregnes til logaritmen af koncentrationen. Der kan ikke tages logaritmen af negative koncentrationer, som opstår i de tilfælde hvor indløbskoncentrationen er højere end den i udløbet fra dambruget. Endvidere er logaritmen til differencen mellem to koncentrationer (dvs. $\log(a-b)$) ikke det samme som forskellen mellem logaritmen på de samme to tal (dvs. $\log(a) - \log(b)$). Det ville derfor ikke være fagligt korrekt at anvende DS 2399 ved udlederkontrol på dambrug, som opererer med forskelskoncentrationer.

I tabel 8 er udlederkontrollen dels beregnet efter DS 2399 på de faktisk målte koncentrationer i udledningen (dvs. uden korrektion for koncentrationen i indtagsvandet) og dels som forudsat i *Bekendtgørelse om modeldambrug (2002)*, dvs. efter *Larsen og Svendsen (1998)* på koncentrationsforøgelsen, men med tilstandskontrol for alle kemiske parametre for at kunne sammenligne med den metode, miljøgodkendelsen foreskriver. Det antages, at sikkerheden for overholdelse af udlederkravene skal være 95 % (sikkerheden for miljøet) som forudsat i *Dambrugsbekendtgørelsen* og anbefalet i *Pedersen et al. (2003)*. Sædvanligvis regnes 95 % statistisk sikkerhed for at være temmelig høj. Når DS2399 alene kan beregnes på de faktiske udledninger beregnes en for skrap kontrol, hvorfor kontrollen beregnet efter *Bekendtgørelse om modeldambrug (2002)* vil være den korrekte at lægge til grund for vurderingen af overholdelsen af udlederkravene.

I tabel 8 vises både udlederkontrollen får første og andet målear.

Kontrolparameter	Kravværdi i Miljøgodk. (mg l ⁻¹)	Udledn. efter DS2399 (mg l ⁻¹) år 1/ år 2	Udledning efter Bekendt. modeldambrug (mg l ⁻¹) år 1/ år 2	Teoretiske kravværdier jf. Dambrugsbekendtgørelsen (mg l ⁻¹)
Susp. stof	10	2,98/ 2,81	1,65/ 0,72	41 (3)
NH ₄	1,0	5,07/ 2,94	4,23/ 2,35	5,4 (0,4)
Total-N	8,0	9,52/ 8,56	7,02/ 6,46	8,0 (0,6)
Total-P	0,7	0,380/ 0,359	0,282/ 0,178	0,7 (0,05)
BI ₅	10	3,96/ 3,05	3,27/ 2,05	10 (0,7)

Tabel 8 Kontrol på udledningerne fra Kongeåens Dambrug for hhv. første og andet måleår. De beregnede statistiske udlederværdier er dels beregnet ud fra DS2399 = Dansk Standard for udlederkontrol (dvs. ikke på forskelskoncentrationen over dambruget) og beregnet efter miljøgodkendelsen som anbefalet i Bekendtgørelsen om modeldambrug, jf. *Larsen og Svendsen (1998)* (dvs. på forskelskoncentrationen over dambruget), men som tilstandskontrol for alle parametre. Udlederkontrollen er angivet for hver af de to måleår. Der er beregnet efter en statistisk sikkerhed på overholdelse af udledninger på 95 %. Med kursiv er vist, hvor udlederkravene ikke er overholdt i hhv. første og andet måleår. I sidste kolonne er angivet de beregnede udlederkravværdier hvis dambrugsbekendtgørelsens vejledende udlederkravværdier (som er angivet i parentes) ganges med forholdet mellem tilladt vandindtag før ombygning til modeldambrug (1.781 l/s) og max. vandindtag efter ombygning (131 l/s).

Den statistisk beregnede udlederværdi, der sammenholdes med udlederkravet, findes som gennemsnitskoncentrationen i kontrolperioden plus spredningen på koncentrationerne i kontrolperioden ganget med en statistisk justeringsfaktor, som beregnes jf. *Larsen og Svendsen (1998)* og *Pedersen et al. (2003)*. Kursiv i tabel 8 angiver hvor udlederkravene ikke har været overholdt for en given kemisk variabel ved den angivne kontrolmetode i kontrolperioden.

Udlederkontrollen viser for begge måleår at Kongeåens Dambrug ikke har overholdt de af amtet opsatte udlederkrav for forsøgsperioden, hvad angår ammonium uanset hvilken kontrolmetode der anvendes, og tilsvarende at udlederkravene ikke overholdes for total-kvælstof såfremt kontrollen udføres efter DS2399, hvor overskridelse for total-kvælstof i det andet måleår dog kun er på 7 %. For de øvrige kemiske variable overholdes udlederkravene. Endvidere fremgår det, at alle udlederværdier har været lavere i det andet måleår sammenlignet med første måleår. Hvor udledningen efter Bekendtgørelsen for modeldambrug var på 423 % for ammonium i det første måleår er den reduceret til 235 % i det andet måleår.

I tabel 8 er også angivet, hvad kravværdien ville blive efter Dambrugsbekendtgørelsens vejledende udlederkravværdier, såfremt hele reduktionen i vandindtaget sammenlignet med før ombygningen til et modeldambrug blev godskrevet dambruget, svarende til faktor 13,6 (forholdet mellem tilladt vandindtag før ombygning på 1781 l/s og efter ombygning 131 l/s) på udlederkravværdier. Så ville Kongeåens Dambrug kunne overholde alle udlederkrav ved 95 % statistisk sikkerhed i begge måleår og ikke have problemer ift. ammonium og total-kvælstof.

Det fremgår i øvrigt, at for total-kvælstof, total-fosfor og organisk stof (BI₅) har amtet i miljøgodkendelsen fastlagt kravværdierne lig med de kravværdier efter dambrugsbekendtgørelsen, men kravet især er markant skærpet - med mere end en faktor 5 - for ammonium-kvælstof.

8 Massebalancer

8.1 Produktionsbidrag

I følge den førte driftsjournal har foderforbruget i det andet måleår i produktionsanlæg inklusiv sættefiskanlæg været på i alt 877,6 tons hvilket er 56 tons mindre end det første måleår. Der er beregnet en produktion på 1.032,3 tons fisk (inkl. døde) svarende til en foderkvotient for hele produktionsanlægget på 0,851 sammenlignet med første måleårs 0,837, hvor der alt i alt blev produceret 1.111,7 tons inklusiv yngel. I kapitel 3.2 er redegjort for beregning af produktionsbidraget, som er angivet i tabel 9 for måleår 1 og 2 med en antagelse om 1 % foderspild. For måleår 1 er produktionsbidraget ændret jf. diskussionen i kapitel 3.2.

Produktionsbidrag	NH ₄ - N		Total-N		Total-P		BI ₅		COD	
	År 1	År 2	År 1	År 2	År 1	År 2	År 1	År 2	År 1	År 2
I kg	31.208	32.629	36.210	37.760	4.510	4.142	81.887	79.422	272.956	264.742
I kg pr. tons foder	33,4	37,2	38,8	43,0	4,8	4,7	87,8	90,5	292	302
I kg pr tons fisk	27,9	33,0	32,4	36,6	4,0	4,0	73,3	77,0	244	257

Tabel 9 Beregnede produktionsbidrag inkl. sættefiskeanlæg for hhv. første og andet måleår på Kongeåens Dambrug opgjort i kg pr. tons samlet foderforbrug og kg pr. tons produceret fisk

Det bemærkes, at produktionsbidraget beregnet i forhold til foderforbrug og produktion af fisk i det samlede produktionsanlæg har været lidt lavere i første måleår for alle parametre undtagen fosfor.

8.2 Massebalancer

For at kunne beregne hvor meget stof der fjernes i forskellige dele af dambruget kræves opgørelser over, hvor store stofmængder der er tilført og afledt forskellige steder på dambruget, så der kan opstilles massebalancer hen over f.eks. de tre produktionsenheder, plantelagunerne, over hele dambruget m.v. Stofmængderne er (fraset produktionsbidraget) beregnet ved at gange en daglig vandmængde et givent målested med en tilhørende døgnmiddelkoncentration. Vandmængderne måles som beskrevet i kapitel 2 kontinuert i en række målepunkter, for hvilke der er beregnet en døgnmiddel vandmængde. De døgnlige stofkoncentrationer er fundet ved lineær interpolation mellem de målte døgnmiddelkoncentrationer fra prøvetagning af vandkemiske prøver hver 14. dag. Stofmængderne forskellige steder på dambruget fremgår af tabel 10.

De to kilder til stofinput er boringerne (indtagsvandet = I) og foder (produktionsbidraget P). Produktionsbidraget ses som et stofbidrag fra slamkegletømning i sættefiskanlæg, leveredam og de tre produktionsenheder, returskylning af biofiltre i produktionsanlægget samt via de forøgede stofmængder, der løber ud af produktionsanlægget til plantelagunerne ift. indtagsvandet. Produktionsbidraget er opgjort samlet for de tre produktionsanlæg og sættefiskeanlægget. Det har vist sig, at der i 2. måleår er tilført ca. 18 % mere vand end registreret med vandurene grundet

tilførsel af vand udenom disse. Denne vandmængde er indregnet i tabel 10.

Som omtalt i kapitel 5.3 tabes der vand over dambruget, netto 14 % det andet måleår. Dette viser sig dels ved et vandtab over produktionsanlægget på 4% og over plantelagunerne på ca. 10 % af tilførslen . Der er en vis usikkerhed på den vandmængde, der tilføres og afledes fra slambassiner, idet der kun tilføres vand i visse perioder, således at beregningerne er afhængige af korrekte tidsangivelser for, hvornår pumper fra slambrønde til slambassiner har kørt, dels at der er et overløbsrør fra slambassiner (uden et vandur), der kan være aktiv i kortere perioder, jf. kap. 5.1.

	Vand 1000m ³	Susp kg	NH ₄ -N kg	NO ₂₃ kg	Total N kg	OrthoP kg	Total P kg	BI ₅ kg	COD kg
Indtagsvand med vandur	2.993	7.182	3.120	2.634	6.221	119	572	3.156	44.210
Ekstra vand uden om vandur	530	1.257	550	463	1.094	21	103	559	7.726
Samlet vandindtag (I)	3.522	8.440	3.670	3.097	7.315	140	674	3.714	51.937
Produktionsbidrag (P)	-	-	32.629	-	37.760	-	4.142	79.422	264.742
Samlet stofinput (I+P)	3.522	8.440	36.299	3.097	45.075	140	4.816	83.137	316.678
Slamkegler 3 prod.enheder	9	50.355	171	28	2.189	137	1.723	33.812	83.616
Biofilterskyl 3 prod.enheder	73	44.849	216	476	2.986	16	1.027	11.985	44.763
Slamkegler sættefisk/leveredam	8	1.636	13	34	122	3	43	935	2.362
Supplerende vand til skylning	77	182	79	67	158	3	15	81	1.117
Tilført slambassin i alt	166	97.023	480	605	5.455	159	2.807	46.813	131.858
Udløb sættefisk til plantelagune	370	1.302	278	1.657	2.219	51	82	1.333	9.353
Afløb leveredam til plantelagune	410	2.601	718	734	1.821	38	99	1.966	9.683
Udløb prod.enhed 1 til plantelagune	846	2.839	3.041	6.086	10.886	234	323	3.049	23.330
Udløb prod.enhed 2 til plantelagune	1.113	4.100	3.060	7.855	12.524	281	428	4.159	31.314
Udløb prod.enhed 3 til plantelagune	691	1.985	1.781	7.277	10.086	286	347	2.519	20.736
Udløb 3 prod.enheder til plantelagune	2.651	8.924	7.881	21.218	33.496	800	1.098	9.728	75.380
Klaringsvand fra slambassin til plantelagune	159	15.315	1.909	36	3.628	117	621	13.058	36.262
Tilført plantelagune i alt	3.590	28.142	10.787	23.644	41.164	1.007	1.899	26.085	130.679
Udløb fra dambrug	3.214	7.803	7.303	14.483	24.820	782	1.012	9.220	78.239

Tabel 10 Beregnede samlede stofmængder i andet måleår ved forskellige målesteder på Kongeåens Dambrug. I = stofmængder i indtagsvandet. P = produktionsbidrag fra fiskeproduktionen (foder). Der kan ikke beregnes produktionsbidrag for suspenderet stof, nitrat og orthofosfat. Det gennemsnitlige vandindtag har været ca. 114 l/s.

I tabel 10 er beregnet stofmængderne over de enkelte dele af dambruget. I det første måleår var stofmængden i afløb fra slambassinerne (klaringsvand) for suspenderet stof, total fosfor og organisk stof (BI₅ og COD) af samme størrelsesorden eller større end stofmængden, der tilføres plantelagunerne ved afløb fra de tre produktionsenheder. I det andet måleår udgør stofmængderne i klaringsvandet for total fosfor kun godt halvdelen af bidraget fra produktionsenhederne, mens suspenderet stof og til dels organisk stof fortsat er større i klaringsvandet. Foderforbruget har været lavere i andet måleår og der tilføres også en noget mindre stofmængde til slambassinerne i andet måleår typisk 60-80 % af stofmængden ift. første måleår. Der skal tages højde for at beregningerne af tilførslerne til slambassin er forbedrede i andet måleår og at der i løbet af første

måleår blev begyndt tilsætning af fosforfædningsmiddel til slambassinerne.

Plantelagunerne tilføres fortsat ammonium kvælstof med klaringsvandet fra slambassinerne grundet denitrifikationen i disse. Samlet set er en væsentlig del af det stof, der er tilbageholdt og overført til slambassinerne i andet måleår blevet tilbageført til plantelagunerne.

9 Rensegrader og stoffjernelse

9.1 Beregning af rensgraden

I dette kapitel beregnes stoffjernelsen over hele dambruget og over del-elementerne i produktionsanlæg, plantelagune m.v. Rensgraden beregnes ud fra to beregningsmetoder. Rensgraden R_N for en given kemisk variabel er bestemt ud fra anvisningen i *Bekendtgørelsen for modeldambrug (2002)*, som

$$R_N (\%) = ((P - U_N) / P) * 100, \text{ hvor} \quad (1)$$

P = produktionsbidraget

U_N = dambrugets nettoudledning, dvs. målte udledning U_M minus I = input fra indtagsvand (boringer).

Denne metode kan kaldes nettorensgraden, som svarer til at stoftilbageholdelsen over hele dambruget S_N for en given kemisk variabel bestemmes i procent af produktionsbidraget P for det samme stof, dvs.

$$R_N (\%) = S_N / P * 100$$

Endvidere beregnes en bruttorensgrad R_B hvor stoftilbageholdelsen over dambruget S_N for en given kemisk variabel bestemmes i procent af den samlede stoftilførsel dvs. ift. produktionsbidraget P plus stofbidraget fra indtagsvand (I), dvs.

$$R_B (\%) = (S_N / (I + P)) * 100 \quad (2)$$

Brug af ovenstående formler forudsætter at vandindtaget til dambruget udgør mindre end eller lig med 10 % af vandløbets medianminimumsvandføring, hvilket er opfyldt for Kongeåens Dambrug i begge måleår.

9.2 Rensgrader over hele dambruget

Målinger og beregninger for andet måleår viser at nettorensgraden (R_N) over hele dambruget har været 54 % for total-kvælstof (N), 92 % for total fosfor (P) og 93 % for organisk stof udtrykt som BI_5 , hvilket er betydeligt højere end forudsætningerne i jf. *Bekendtgørelsen for modeldambrug (2002)* for type III modeldambrug. Bekendtgørelsen forudsætter rensgrader på henholdsvis 11 %, 60 % og 75 % for de tre kemiske variable for et type III modeldambrug uden mikrosigter. For total-kvælstof skal der til de 11 % dog tillægges, at plantelagunerne forudsættes at fjerne 1 g N pr m^2 pr dag, dvs. 365 g pr. m^2 pr. år eller med de ca. 14.800 m^2 plantelagune i Kongeåens Dambrug (jf. kapitel 11) 5.400 kg total kvælstof pr. år. Omregnet svarer dette til at nettorensgraden for kvælstof mindst skal være 25 %, hvilket til fulde er opfyldt.

Førsteårsresultaterne er genberegnet og indsat i tabel 11 og det viser at nettorensesgraderne indenfor få procentpoint er de samme for begge måleår for total fosfor og organisk stof, mens den er hhv. 10 procentpoint højere for ammonium-kvælstof og 14 procentpoint lavere for total-kvælstof i det andet måleår. Bruttorensesgraderne er i andet måleår 10 procentpoint højere for ammonium kvælstof men 10 % lavere for total kvælstof og 6-8 % lavere for total fosfor og COD sammenlignet med første måleår.

I de beregnede rensesgrader indgår det stof, der er tabt grundet nedsvivning fra plantelagunerne. De beregnede rensesgrader er derfor et maksimalt mål for permanent stoffjernelse som reelt kan være lidt lavere, hvilket diskuteres i kapitel 12.

Man skal være opmærksom på, at for modeldambrugene under forsøgsordningen er der dispenseret ift. kvælstofudledninger således at det er den forventede rensesgrad for fosfor, der har bestemt den tildelte foder-mængde. Det betyder, at dambruget skal op omkring en rensesgrad på 60-65 % for total kvælstof for efterfølgende at kunne opfylde rensesgraderne ift. det tildelte foderforbrug. Rensesgraden for total-kvælstof er relativ høj i andet måleår, men under 60 %. Nettorensesgraden har været høj, ca. 89 %, for ammonium-kvælstof.

Der er ikke udregnet rensesgrader for suspenderet stof, da det ikke giver mening at beregne et produktionsbidrag for suspenderet stof.

Forskellen mellem netto- og bruttorensesgraderne afspejler, hvor meget stofbidraget fra indtagsvandet udgør af produktionsbidraget. Det har mindst betydning for BI₅ hvor de to mål for rensesgrader er næsten ens og størst ved total P hvor bruttorensesgraden er 13 procentpoint lavere end nettorensesgraden og 9 procentpoint for kvælstofkomponenterne.

I tabel 11 er der endvidere angivet den specifikke udledning (stofudledning i g pr. kg produceret fisk) beregnet både ift. den faktiske udledning fra dambruget (brutto) og ift. nettoudledningen fra dambruget det andet måleår (netto) og de tilsvarende værdier er vist for første måleår. Det viser sig, at nettostofudledningen er større det andet år på nær for total fosfor. Regnes indtagsvandet med, dvs. som i bruttoberegningen, er stofudledningen i andet måleår pr. kg produceret fisk også større for alle stoffer på nær for ammonium-kvælstof. Dette forårsages dels af hvor meget indtagsvandets stofmængder betyder for samlede stoftilførsel, dels af hvor meget vand der mistes over plantelagunen og endelig også af, om der er sket bedre fjernelse af nogle stoffer i andet måleår, som er tilfældet for ammonium-kvælstof.

	Vand (1000 m ³)	NH ₄ -N Kg	Total -N kg	Total -P kg	BI ₅ kg	COD kg
Indtagstvånd (I)	3.522	3.670	7.315	674	3.714	51.937
Produktionsbidrag (P)		32.629	37.760	4.142	79.422	264.742
Samlet stof bidrag (I+P)	3.522	36.299	45.075	4.816	83.137	316.678
Målte udledninger fra dambrug (Um)	3.214	7.303	24.820	1.012	9.220	78.239
Netto udledning fra dambrug Un (Um-I)	-308	3.633	17.505	338	5.506	26.303
Nettorensesegraden R _n (%) jf. formel 1		89	54	92	93	90
Bruttorensesegraden R _B (%) jf. formel 2		80	45	79	89	75
Stofudledningen netto i g/ kg produceret fisk		3,7	17,7	0,3	5,6	26,6
Stofudledningen brutto i g/ kg produceret fisk		7,4	25,1	1,0	9,3	79,2
Reviderede resultater fra 1. måleår						
Nettorensesegraden R _n (%) jf. formel 1		79	68	94	95	94
Bruttorensesegraden R _B (%) jf. formel 2		70	55	85	90	83
Stofudledningen netto i g/ kg produceret fisk*		5,8	10,2	0,3	4,0	14,7
Stofudledningen brutto i g/ kg produceret fisk*		9,4	18,5	0,7	7,3	48,1

Tablet 11 Udledninger til vandløb og rensese grader over Kongeåens Dambrug for andet måleår, ud fra henholdsvis samlede stofinput til dambruget (brutto) og ud fra produktionsbidraget (netto). Endvidere er stofudledningerne beregnet brutto og netto ift. mængde produceret fisk. Til sammenligning er indsat genberegnete rensese grader for første måleår.

Sammenlignes med de tilsvarende netto stofudledninger pr. gram produceret fisk for Døstrup Dambrug (*Fjorback et al., 2003*), som var:

- NH₄-N: 4-6 g pr. kg produceret fisk
- Total N: 5-11 g pr. kg produceret fisk
- Total P: 2 g pr. kg produceret fisk
- BI₅: 20-28 g pr. kg produceret fisk

så har Kongeåens Dambrug ligget på niveau med eller højere nettoudledning ift. kvælstof, men betydelig lavere for fosfor og organisk stof.

9.3 Rensegrader over produktionsanlægget og over plantelagunerne

I dette afsnit vises resultaterne for stoftilbageholdelse og rensese grader over produktionsanlægget (tabel 12) og over plantelagunerne (tabel 13). I tabel 12 er medtaget stoffjernelsen i sættefiskeanlæg og leveredam. I forhold til afløb af klaringsvand fra slambassinerne, kan det ikke skelnes om det stammer fra de tre produktionsenheder eller fra sættefiskeanlæg og leveredam. I tabel 13 er der derfor angivet den samlede mængde klaringsvand med tilhørende stofmængder. Det bemærkes dog fra tabel 12 at betydningen af stoftilførsel fra sættefiskeanlæg og leveredam kun udgør nogle få procent i forhold til de tre produktionsenheder for de fleste kemiske variable. Produktionsbidraget er det samlede produktionsbidrag vedr. det anvendte foder i andet måleår.

Stoffjernelsen i produktionsanlægget er et mål for, hvad der fysisk opsamles i slamkeglerne og biofiltrene og som føres over i slambassinerne.

Det dækker endvidere også en omsætning af stof som giver anledning til et stoftab i produktionsenhederne herunder i sættefiskeanlæg og leveredam samt i biofiltrene og evt. i slamkeglerne. Stoffjernelsen i produktionsanlægget er fundet som forskellen mellem det stof, der tilføres produktionsanlægget via boringsvandet (inkl. det supplerende vand, der er tilført udenom vandurene) og med produktionsbidraget minus det stof, der er målt i udløb fra de tre produktionsenheder, sættefiskeanlægget og leveredam til plantelagunerne.

For plantelagunerne beregnes stoftilbageholdelsen som forskellen mellem det stof, der tilføres fra de tre produktionsanlæg, sættefiskeanlægget og leveredam samt med klaringsvandet fra slambassin minus det stof som udløber fra dambruget (afløb plantelaguner).

Rensegraderne er både i tabel 12 og 13 beregnet på to måder:

- stoffjernelse i procent af stoftilførslen til produktionsanlægget (tabel 12) og til plantelagunerne (tabel 13)
- stoffjernelse i procent af det samlede produktionsbidrag (tabel 12 og 13)

For plantelagunerne beregnes stoffjernelse endvidere i procent af den samlede stoftilførsel til dambruget (dvs. i procent af I + P fra tabel 11)

For produktionsanlægget er stoffjernelsen desuden blevet beregnet som angivet i de to dots ovenfor, men hvor der er kompenseret for at en større del af det stof, der overføres til slambassinerne via tømning af slamkegler og returskylning af biofiltre, efterfølgende ledes til plantelagunen med klaringsvandet fra slambassiner. Dette stof er dermed reelt ikke fjernet/tilbageholdt i slambassinet. Dette er et mål for netto stoffjernelse i slamfælder og biofiltre, mens stoffjernelsen udregnet uden der tages højde for afløb af stof med klaringsvandet, er et mål for brutto tilbageholdelsen/omsætningen i slamfælder og biofiltre (hvad de har tilbageholdt/fjernet og ført over i slambedene). Jo bedre man bliver til at reducere stofmængderne i klaringsvandet, des tættere vil netto og brutto tallene komme på hinanden og desto større reel rensning vil renseforanstaltningerne i produktionsanlægget kunne præstere. Samtidig vil plantelagunen skulle tilbageholde mindre stof og udledninger kan antages at blive reduceret.

For plantelagunerne er stoftilbageholdelsen/omsætningen også udtrykt i gram per m² plantelagune pr. dag for at kunne sammenligne med andre dambrug (tabel 13).

	Vand 1000m ³	Susp. kg	NH ₄ -N kg	Total – N kg	Total - P kg	Bl ₅ kg	COD kg
Indtag vand prod. enhed 1	996	2.384	1.041	2.078	191	1.046	14.653
Indtag vand prod. enhed 2	870	2.097	913	1.813	167	914	12.892
Ekstra indtag vand i prod 2	221	524	229	456	43	233	3.219
Indtag vand prod. enhed 3	676	1.645	717	1.405	129	709	10.029
Prod. bidrag produktionsenheder	-	-	30.801	35.685	3.926	76.412	264.742
Stofinput til produktionsenheder	2.762	6.650	33.702	41.437	4.455	79.314	305.536
Udløb fra de 3 prod. enheder	2.651	8.924	7.881	33.496	1.098	9.728	75.380
Stoffjernelse over 3 prod. enheder	111	-	25.820	7.942	3.357	69.587	230.155
			77	19	75	88	75
Stoffjernelse i % af stofinput til prod. enheder	-	-	(64)	(30)	(84)	(88)	(79)
			84	22	86	91	87
Stoffjernelse i % af produktionsbidraget i prod. anlæg	-	-	(71)	(37)	(92)	(91)	(88)
			79	21	81	88	87
Stoffjernelse i % samlet prod. bidrag (P) i prod. anlæg			(68)	(35)	(87)	(88)	(88)
Indtag vand sættefisk+leveredam	451	1.056	448	925	85	487	6.636
Ekstra indtag vand	309	733	321	638	60	326	4.507
Prod. bidrag sættefisk +leveredam			1.828	2.075	217	3.010	10.035
Samlet stofinput	760	1.790	2.597	2.713	276	3.823	21.177
Stoffjernelse sættefisk+leveredam	780	3.903	996	4.041	180	3.299	19.037
Stoffjernelsen sættefisk+leveredam i % af input til sættefisk			38	149	65	86	90
			(71)	(124)	(78)	(91)	(97)
Stoffjernelsen i sættefisk+ leveredam i % af produktionsbidrag til sættefisk			55	195	83	110	190
			(78)	(227)	(78)	(113)	(168)
							7
Stoffjernelse i % samlet prod. bidrag (P) i sættefiskanl.			3 (4)	11 (11)	4 (4)	4 (4)	(5)
Stoffjernelse i slamkegler fra prod. enheder	8.961		171	2.189	1.723	33.812	83.616
Stoffjernelsen i slamkegler i % af samlet input til prod. enheder	0		1	5	39	43	27
	(0)		(1)	(7)	(48)	(85)	(47)
Stoffjernelsen i slamkegler i % af produktionsbidrag til prod. enheder			1	6	44	44	32
			(1)	(8)	(52)	(88)	(52)
			1	6	42	43	32
Stoffjernelse i % samlet prod. bidrag (P) i slamkegler			(1)	(8)	(50)	(86)	(52)
Stoffjernelse i biofiltre fra prod. enheder	73		216	2.986	1.027	11.985	44.763
Stoffjernelsen i biofiltre i % af samlet input til prod enheder			1	7	23	15	15
			(1)	(8)	(31)	(23)	(20)
Stoffjernelsen i biofilter i % af produktionsbidrag til prod enheder			1	8	26	16	17
			(2)	(10)	(34)	(24)	(22)
			1	8	25	15	17
Stoffjernelse i % samlet prod. bidrag (P)			(2)	10)	(32)	(23)	(22)
Stoftilførsel til slambassiner	166	97.023	480	5.455	2.807	46.813	131.858
Stoffjernelse med klaringsvand	159	15.315	1.909	3.628	621	13.058	36.262
Tilbageholdelse i slambassiner	7	81.707	-1.429	1.827	2.186	33.755	95.595
Stoftilbageholdelsen i slambassin i % af tilførslen	4	84	-298	34	78	72	72

	(-108)	(44)	(80)	(80)	(79)
	-4	4	45	41	30
Stofftilbageholdelsen i % af samlet input (I+P)	(-3)	(7)	(62)	(86)	(54)
	-4	5	53	43	36
Stofftilbageholdelsen i % af prod. bidrag (P)	(-4)	(8)	(69)	(90)	(61)

Samlet stoffjernelse over hele prod. anlæg minus tab med klaringsvand (a)	24.907	8355	2.917	59.828	212.930
Stoffjernelse hele prod. anlæg (a) i % af samlet input (I+P)	69	19	61	72	67
	(57)	(28)	(67)	(66)	(68)
Stoffjernelse hele prod. anlæg (a) i % af samlet prod. bidrag (P)	76	22	70	75	80
	(65)	(35)	(74)	(69)	(77)

Tabel 12 Stoffjernelse over hele produktionsanlægget inkl. evt. stof i vand som tabes over produktionsenhed 1, og de tilhørende rensegrader for det andet måleår ved Kongeåens Dambrug for kemiske variable. I parentes er angivet tal fra første måleår. Stoffjernelse i slamkeglerne i sættefiskanlæg ikke vist i tabellen men med i beregningerne i resultaterne i de to sidste linier af tabellen. Rensning i sættefiskeanlæg og leveredam er medregnet. Se tekst for nærmere forklaring

Ved sammenligning af resultaterne i tabel 10 og 11 skal man være opmærksom på, at stof, der fjernes i produktionsanlægget og ikke senere tilføres plantelagunerne via klaringsvandet fra slambassinerne, ikke også kan fjernes i plantelagunerne. Det betyder, at plantelagunerne sandsynligvis kan fjerne mere af nogle stoffer end de faktisk gør, hvis de blev belastet hårdere.

Umiddelbart fjernes store dele (mellem 79 og 88 %) af stofinputtet i produktionsanlæggets 3 produktionsenheder af ammonium-kvælstof, total fosfor og organisk stof (BI₅ og COD) og lidt højere andele, hvis stoffjernelse beregnes ift. produktionsbidraget. Til gengæld er stoffjernelsen af total-kvælstof betydeligt lavere (19 % af det samlede input og 21 % af produktionsbidraget). Der skal imidlertid erindres, at en væsentlig del af det stof, der er ført over i slambassinerne ved returskylning af biofiltre og tømning af slamkegler, efterfølgende udledes til plantelagunerne med klaringsvandet. Ses på den reelle nettofjernelse af stof i de tre produktionsenheder, så er denne set ift. produktionsbidraget på 70 -80 % for ammonium-kvælstof, total fosfor og organisk stof, men kun 22 % for total kvælstof. For især total kvælstof men også for fosfor har nettofjernelsen over produktionsanlægget i procent været lavere i andet måleår men for organisk stof lidt og ammonium-kvælstof noget højere.

Fjernelsen af ammonium i de tre produktionsenheder er et udtryk for at dette omdannes til nitrat i biofiltrene. Dermed fjernes der ikke kvælstof, men der sker i stedet en tilførsel af nitrat til plantelagunerne. Nitraten kan optages i planter men især omsættes til frit kvælstof, da der er slam på bunden af plantelagunerne med let-omsætteligt organisk stof og iltfattige forhold. Noget nitrat kan også sive med vandet ud af bunden på plantelagunerne (se kapitel 12) og endeligt kan det udledes med udledningerne fra dambruget.

	Vand 1000 m ³	Susp. kg	NH ₄ -N kg	NO ₂₃ - N kg	Total -N kg	Ortho -P kg	Total -P kg	BI ₅ kg	COD kg
Tilført plantelagune i alt	3.590	28.142	10.787	23.644	41.164	1.007	1.899	26.085	130.679
Udløb dambrug	3.214	7.803	7.303	14.483	24.820	782	1.012	9.220	78.239
Tilbageholdelse i plantelagune	376	20.339	3.484	9161	16.344	225	887	16.865	52.440
Tilbageholdelse % i plantelagune i af input hertil	10 (27)	72 (72)	32 (31)	39 (51)	40 (45)	22 (40)	47 (54)	65 (74)	40 (56)
Tilbageholdelse i plantelagune i % af produktionsbidrag (P)			11		43		21	21	20
Tilbageholdelse i % brutto input dambrug (I+P)	11		9,6		36		18	20	17
Tilbageholdelse i g pr. m ² pr. dag (14.800 m ²)		3,8	0,64	1,70	3,0	0,04	0,16	3,1	9,7
Tilbageholdelse i g pr. m ² pr. dag i første måleår		2,8	0,9	1,5	3,2	0,06	0,17	4,4	13

Tablet 13 Beregnet stoftilbageholdelse/-fjernelse i andet måleår over plantelagunen (14.800 m²) (inklusive evt. opløst stof i det vand, der siver ud af bunden på disse) og de tilhørende rensegrader for kemiske variable for andet måleår. Den samlede tilførsel til plantelaguner består af afløbsvand fra produktionsanlægget og klaringsvand fra slambassinerne. I parentes er angivet resultater fra første måleår og i nederste række er tilbageholdelsesraterne angivet for første måleår.

Såfremt der ikke tages højde for at der med vandtabet ud af bunden af plantelagunen også kan tabes stof, så tilbageholdes/fjernes ca. 32 % af det tilførte ammonium kvælstof i plantelagunerne. Tilsvarende tilbageholdes mellem 39 og 47 % af det tilførte nitrat kvælstof, total kvælstof og fosfor. Der omsættes meget let-omsætteligt organisk stof (65 % af tilført BI₅), mens tilbageholdelsen af det tilførte COD er lidt lavere med 40 %. I andet måleår er den procentuelle tilbageholdelse af belastningen på plantelagunen for suspenderet stof, ammonium og total kvælstof lig med det fundne i første måleår, men 7-18 procentpoint lavere for de resterende stoffer.

Ammonium-kvælstof er på opløst form og kan derfor følge med det vand, der siver nedenunder af plantelagunerne. Det er ikke muligt præcist at vurdere strømningsmønstret for de 11 % af tilførte vand til plantelagunen som i gennemsnit er tabt ud af bunden på denne, men en del genindvindes uden tvivl som indtagsvand til dambruget. Noget af det opløste stof, der følger med nedsivningsvandet vil også blive omsat i jorden under mættede forhold, f.eks. nitrat og en del af det opløste fosfor kan bindes til jordpartikler. Endeligt kan en andel nå grundvandet eller vandløbet længere nedstrøms.

Sammenlignes rensegraden i plantelagunen beregnet i forhold til produktionsbidraget med de tilsvarende rensegrader i produktionsanlægget (når der er taget højde for stoftab med klaringsvandet) fjernes der i produktionsanlægget en langt større del af produktionsbidraget af ammonium (76 %) og total fosfor (70 %) end i plantelagunerne, hvor der kun fjernes henholdsvis 11 % og 21 %. Tilsvarende er netto rensegraden af produktionsbidraget større i produktionsanlæg for BI₅ og COD (henholdsvis 75 % og 80 %) sammenlignet med plantelagunerne (henholdsvis 21 % og 20 %). For total-kvælstof er netto rensegraden af produktionsbidraget væsentlig højere i plantelagunerne (43 %) end i produktionsanlægget (22 %).

Sammenlignes netto stoffjernelsen med den aktuelle belastning fjerner produktionsanlægget en væsentlig højere andel af alle stoffer på nær for total-kvælstof, hvor den procentuelle fjernelse er fjernelsen større i plantelagunen (40 %) end i produktionsanlægget (19 %).

Stoffjernelsen ift. overfladearealet af plantelagunerne er på 3 g N pr. m² pr. døgn for total kvælstof, hvilket er tre gange mere end forudsætningen for modeldambrugene på de 1,0 g pr. m² pr. døgn. Selv hvis der blev taget højde for med et vandtab på i gennemsnit 11 % over plantelagunen har kvælstoffjernelsen i andet måleår været betydeligt over forudsætningerne. Der blev i øvrigt fundet en tilsvarende fjernelsesrate (3,2 g N pr. m² pr. døgn) i det første måleår. Det er den relativt beskedne nettofjernelse af kvælstof andre steder i dambruget som medfører, at den samlede fjernelse af kvælstof tilsyneladende ikke er helt tilstrækkelig over hele dambruget til at kunne overholde udlederkravene kontrolleret efter DS2399. For ammonium-kvælstof og total fosfor har stoffjernelsen pr. m² plantelagune været ca. 3 gange højere og for BI₅ ca. 50 % højere end resultaterne fra Døstrup Dambrug, som var (*Fjorback et al., 2003*):

- 0,16 - 0,29 g NH₄-N pr. m² plantelagune pr. døgn
- 0,03 – 0,07 g fosfor pr. m² plantelagune pr. døgn
- 1,8- 2,5 g BI₅ pr. m² plantelagune pr. døgn.
-

På Døstrup Dambrug var der ikke et nettoudsivning af vand fra plantelagunerne..

Stoffjernelserne/stoftilbageholdelserne pr. m² plantelagune er for alle stoffer på nær nitrat-nitrit kvælstof og suspenderet stof lavere end de fundne første års (genberegnete) resultater. Den lavere omsætning/tilbageholde kan dels skyldes at vandtabet over plantelagunen andet måleår er mindre end i det første måleår, men også mindre stofbelastning af plantelagunen andet måleår, ændret sammensætning af det tilledte stof, processer i plantelagunen m.v. kan spille ind (se kapitel 12).

9.4 Sammenligning af stoftab over dambruget

I dette afsnit sættes summen af stoffjernelse forskellige steder på dambruget til 100 % for direkte at kunne sammenligne stoffjernelsen over:

- Produktionsanlægget, hvor der henholdsvis er taget højde for stoffjernelse med klaringsvandet (tabel 12) og ikke tages højde for det (figur 17). Der er i denne statusrapport ikke lavet en opdeling af, hvor meget stof der er fjernet i henholdsvis slamkegler og i biofiltre
- Plantelagunerne
- til vandløbet, dvs. hvad der tilføres af stof til Kongeåens ved udløb fra dambruget

I tabel 14 findes værdierne ved:

$$\text{Samlet nettostoffjernelse} = (\text{PA}_s - \text{KV}_s) + \text{PL}_s + \text{VL}_s, \text{ hvor} \quad (3)$$

PA_s = stoffjernelse over produktionsanlægget brutto, dvs. uden kompensation for stoftab fra slambassiner med klaringsvandet

KV_s = stoffjernelse med klaringsvandet fra slambassinerne

PL_s = stoffjernelse over plantelagunerne

VL_s = stoffjernelse fra dambruget til vandløbet via udløbet fra dambruget

Idet den samlede nettostoffjernelse sættes til 100 % beregnes de tre andre størrelser i ligning 3 som procent af den samlede nettostoffjernelse.

I figur 17 er ligning 3 ændret til:

$$\text{Samlet bruttostoftab} = \text{PA}_s + \text{PL}_s + \text{VL}_s \quad (4)$$

og det samlede bruttostoffjernelse er sat til 100 %. En del af det stof, der fjernes i produktionsanlægget ved overførsel til slambassinerne, tabes igen med klaringsvandet, og denne andel er vist som en negativ fjernelse i figur 33.

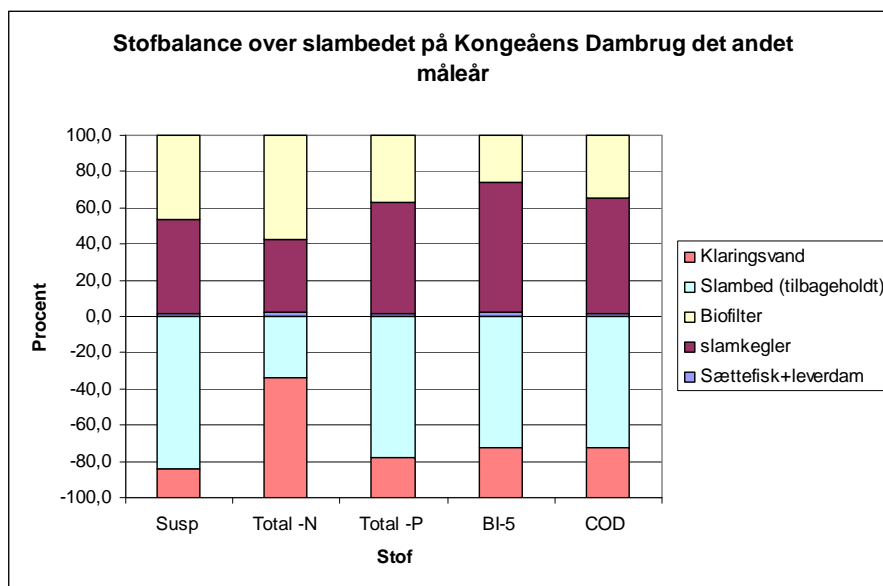
Nettofjernelsen over produktionsanlægget (når der er kompenseret for stoftab fra slambassinerne med klaringsvandet) viser (tabel 14), at andelen af den samlede stoffjernelse over dambruget i andet måleår er 61-70 % for ammonium kvælstof, total fosfor og organisk stof, hvorfor produktionsanlægget er den vigtigste renseforanstaltning ift. disse stoffer. For total-kvælstof er det til gengæld plantelagunen, der har størst betydning, da der her fjernes dobbelte så meget total-kvælstof (33%) som netto i produktionsanlægget (17 %). Trods renseforanstaltningerne, udledes der ligeså meget total kvælstof til Kongeåen, som der fjernes over dambruget. Andelen af ammonium kvælstof, som tabes til vandløbet udgør ca. 20 % af det samlede stoftab over dambruget. For total fosfor og organisk stof (COD) udgør stoffjernelsen til vandløbet ligeledes ca. 20 % af det samlede stoftab over dambruget. for BI_5 dog kun beskedne 10 %. Samlet er det procentuelle stoftab til Kongeåen blevet lidt større andet måleår på nær for ammonium-kvælstof, hvor det er væsentligt mindre. Det relativt større stoftab kan bl.a. tilskrives mindre nedsivning i plantelagunen i det andet måleår.

Samlet viser tabel 14, at der for kvælstof, fortsat er potentiale for øget stoffjernelse i dambruget/yderligere renseforanstaltninger, hvilket der også arbejdes på.

	$\text{NH}_4\text{-N}$		TN		TP		BI_5		COD	
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
	År 1	År 2	År 1	År 2	År 1	År 2	År 1	År 2	År 1	År 2
Produktionsanlæg – klaringsvand ($\text{PA}_s - \text{KV}_s$)	57,1	69,8	25,4	16,9	66,7	60,6	63,9	69,6	63,1	62,0
I plantelagune (PL_s)	13,4	9,8	33,5	33,0	18,1	18,4	26,9	19,6	20,8	15,3
Til vandløb (VL_s)	29,6	20,5	41,1	50,1	15,3	21,0	9,3	10,7	16,1	22,8

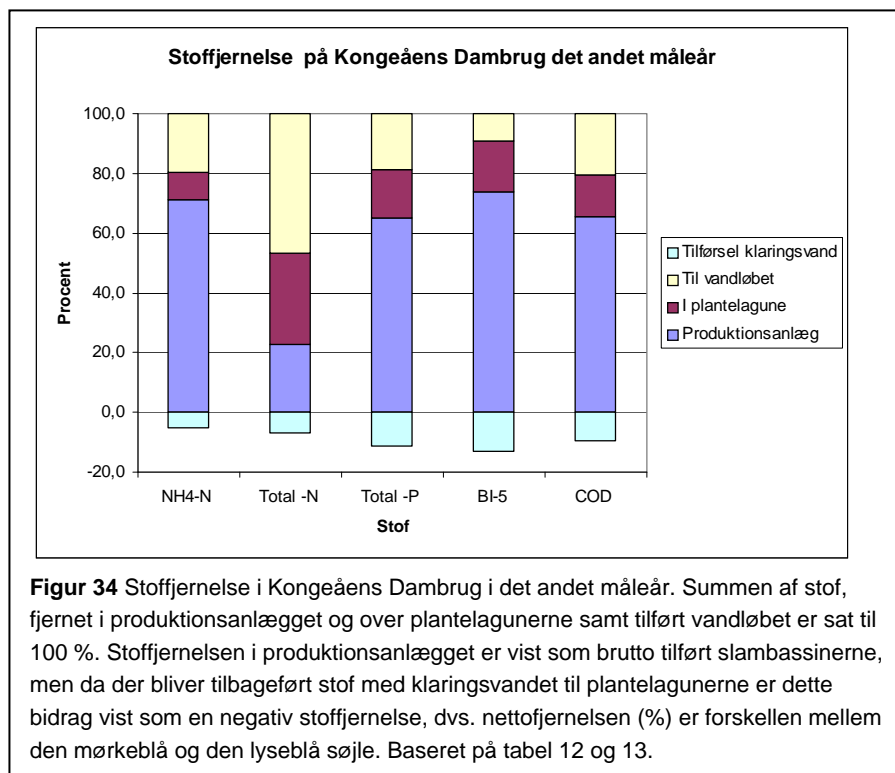
Tabel 14 Sammenligning af netto stoffjernelse over produktionsanlægget (dvs. hvor der er kompenseret for stoftab med klaringsvandet til plantelagunerne), plantelagunerne og stoftilførsel til vandløb angivet for begge måleår (kaldet år 1 og år 2). Tal fra tabel 12 og 13, tal for første måleår er genberegnede.

Analyseres stofbalancen over slambassinet, fremgår det at for total fosfor og organisk stof er tilførsel ved tømning af slamkeglerne den vigtigste kilde til stoftilførsel, mens skyllevandet fra biofiltrene leverer hovedparten af total-kvælstof og halvdelen af ammonium-kvælstof (figur 33). Tilbageholdelsen i slambassinet er på mellem 73 og 84 % for suspenderet stof, organisk stof og total fosfor, hvorimod 2/3 af det opsamlede total-kvælstof bliver udledt med klaringsvandet til plantelagunen.



Figur 33 Stoffjernelse over slambassinene på Kongeåens Dambrug det andet måleår. Stoffinput til slambassinene tilføres fra returskylning af biofiltre og tømning af slamkegler i det samlede produktionsanlæg inkl. sættefisk + leveredam. Stoffindholdet i klaringsvandet er udtryk for den stofmængde, der tabes fra slambassinene.

Tabet med klaringsvandet var det første måleår ret betydelig, ikke mindst hvad angår total fosfor og BI₅, hvor det for sidstnævnte udgør næsten 18 % af den samlede stoffjernelse over dambruget. I andet måleår er det procentuelle tab med klaringsvandet reduceret til næsten det halve for BI₅ (figur 34). For de øvrige stoffer er den relative betydning af tab med klaringsvand også reduceret ift. måleår 1. Tabet med klaringsvand er dog fortsat så stort, at det svarer til 70-80 % af total fosfor og BI₅ stoffjernelse i plantelagunen og tilsvarende godt 50 % for ammonium-kvælstof. Det er ikke optimalt, at så stor en andel af stof, som allerede er blevet fjernet i slamkegler og biofiltre og ført over i slambassiner, ledes tilbage til plantelagunerne. Figur 34 viser det relativt store potentiale, der er for yderligere stoffjernelse i produktionsanlægget for nogle stoffer, hvis tabet via klaringsvandet kunne reduceres. Man skal dog være opmærksom på, at en del af stoftabet med klaringsvandet fjernes efterfølgende i plantelagunerne, dvs. den absolutte stoffjernelse i disse kan blive reduceret ved en lavere belastning. Endvidere indgår det organiske stof i denitrifikationen i plantelagunen, hvorved kvælstoffjernelsen forbedres.



10 Vandløbsfauna

10.1 Fysiske forhold i Kongeåen

Der er gennemført indsamling af faunaprøver henholdsvis op- og nedstrøms Kongeåens Dambrug i Kongeåen.

Strækningen, hvor opstrøms prøven udtages, er lysåben og omgivet af en smal bræmme eng og braklagte arealer. Dele af ådalen er intensivt opdyrket. Vandløbet er 8-10 meter bredt, med en middeldybde på 0,7-0,8 meter. Strømmen er god. Der er enkelte områder med dybder over 1 meter. Vandløbsbunden er helt domineret af sand, men med enkelte områder med grus (< 10 %). Der er i sommerperioden en samlet dækning af grøde på op til 70 % domineret af vandranunkel. Det fysiske indeks har på lokaliteten varieret mellem 26-36 svarende til god fysisk kvalitet (Pedersen & Baatrup-Pedersen, 2005).

Nedstrømsprøven udtages på stryget ca. 300 meter nedstrøms Kongeåens Dambrug. Vandløbet er ca. 10-12 meter bredt med en middeldybde på 0,6-0,7 meter. Strømmen er god til frisk. Bundforholdene er domineret af sand, men der er indslag af både grus og sten. Grøden er domineret af vandranunkel, og har i sommerperioden en dækning på op til ca. 80 %. Det fysiske indeks har på lokaliteten varieret mellem 23-31 svarende til moderat til god fysisk kvalitet.

10.2 Smådyrfauna

I alt 71 forskellige taxa er registreret i Kongeå op- og nedstrøms for dambruget ved de fem prøvetagninger udført af DMU i perioden december 2004 til maj 2007. De artsrigeste grupper har været vårfluer, døgnfluer og biller med henholdsvis 17, 10 og 10 registrerede arter. Smådyrfaunaen har antalsmæssigt været domineret af ferskvandstangloppen *Gammarus*, døgnfluer af slægten *Baetis* og kvægmyg ved alle fem prøvetagninger både op- og nedstrøms for dambruget. I juni 2006 udgjorde disse taxa tilsammen således henholdsvis 88 % og 73 % af den samlede fauna på stationerne op- og nedstrøms for dambruget. Flere andre taxa har ved en enkelt prøvetagning været talrige bl.a. de tre døgnfluer *Heptagenia sulphurea*, *Caenis rivulorum* og *Seratella ignita* samt vårfluen *Brachycentrus subnubilus*. Der er registreret visse rentvandskrævende arter i Kongeå, bl.a. døgnfluerne *Heptagenia* spp. (2 arter), *Paraleptophlebia submarginata* og *Ephemera danica*, slørvingerne *Taeniopteryx nebulosa* og *Isoperla* sp. samt vårfluerne *Silo* sp. og *Rhyacophila nubila*. Bortset fra *Heptagenia sulphurea* forekommer de rentvandskrævende arter i forholdsvis lave indvidtal såvel op- og nedstrøms for Kongeåens Dambrug.

Faunamæssigt adskiller prøven nedstrøms for Kongeåens dambrug i december 2004 sig markant fra de øvrige prøver. Følgende faunagrupper forekom alle med 500-1000 individer i sparkeprøven:

- bønnemuslingen *Sphaerium*

- børsteorme *Oligochaeta*'
- iglen *Erpobdella octoculata*
- vandbænkebidderen *Asellus aquaticus*
- dansemyg Chironomidae.

Disse 5 faunagrupper kan alle optræde talrigt i forbindelse med udledning af store mængder letomsætteligt organisk stof. Ved denne prøvetagning i 2004 var der endvidere stor forskel mellem vandløbsbundens farve og lugt henholdsvis op- og nedstrøms for dambruget. På lokaliteten opstrøms for dambruget var sandbunden lys og uden lugt, hvilket indikerer gode iltforhold ned gennem sedimentet. I modsætning hertil var sandbunden på lokaliteten nedstrøms for dambruget sort bortset fra de øverste få millimeter, og der var lugt af svovlbrinte. Dette indikerer iltfri forhold ned gennem sedimentet. De to rentvandskrævende døgnfluer *Heptagenia* sp. og *Paraleptophlebia submarginata* forekom både op- og nedstrøms for dambruget, men var betydeligt mere talrige på lokaliteten opstrøms for dambruget. Sammenholdes de faunamæssige oplysninger med observationerne af vandløbsbunden tyder dette på væsentlig forurening fra dambruget i efteråret 2004.

Ved de efterfølgende prøvetagninger har der ikke været ovenstående markante forskel mellem lokaliteterne op- og nedstrøms for Kongeåens dambrug.

Tilstanden udtrykt som Dansk Vandløbsfaunaindeks (DVFI) har gennem hele perioden december 2004 til maj 2007 været DVFI 5, 6 eller 7 på stationerne opstrøms og nedstrøms for dambruget (tabel 15). Værdierne har svinget lidt, men uden nogen klar tendens til forskel mellem stationerne opstrøms og nedstrøms for dambruget. Vurderet ud fra DVFI er der således målopfyldelse på begge stationer igennem hele perioden. Som omtalt ovenfor viser en nærmere gennemgang af faunalisterne imidlertid, at der i efteråret 2004 har været en påvirkning fra dambruget, som har influeret på faunaens generelle sammensætning. En påvirkning, som ikke efterfølgende har kunnet findes.

Tilstanden i Kongeåen udtrykt som Dansk Vandløbsfaunaindeks, DVFI er angivet i tabel 15.

	DMU/amt	Kongeå, opstrøms	Kongeå, nedstrøms
Marts 2004	Ribe Amt	5	5
December 2004	DMU	6	5
Marts 2005	Ribe Amt	6	6
September 2005	Ribe Amt	7	7
September 2005	DMU	6	5
Februar 2006	Ribe Amt	6	7
Juni 2006	DMU	5	6
September 2006	DMU	7	7
Forår 2007	Vejen Kommune	6	6
Maj 2007	DMU	7	7

Tabel 15 Tilstanden i Kongeå op- og nedstrøms Kongeåens Dambrug udtrykt som Dansk Vandløbsfaunaindek. Målinger foretaget af henholdsvis Ribe Amt og DMU.

11 Planter i plantelagunerne

På baggrund af opmålinger af de grødefyldte bassiner som udgør plantelagunen (en del af de tidligere produktionsdamme og føde-/bagkanaler) kan denne karakteriseres som angivet i tabel 16.

Kongeåens Dambrug	
Antal grødefyldte bassiner/kanaler	53 bassiner + 905 m kanaler
Samlet areal	14.837 m ²
Middeldybde	0,9 m
Samlet volumen	13.426 m ³
Gennemstrømning	Måleår 1: 101 l/s Måleår 2: 114 l/s
Beregnet opholdstid (middel)	Måleår 1: 36,9 timer Måleår 2: 32,7 timer

Tabel 16 Antal bassiner/kanaler, samt areal, middeldybde og volumen af grødefyldte bassiner som plantelagunen består af på Kongeåens Dambrug. På baggrund af den målte gennemstrømning er den gennemsnitlige opholdstid beregnet.

Med henblik på registrering af plantedækning og forekomst af de enkelte arter blev der defineret i alt 74 bassiner og kanalafsnit. Heraf er der i 48 bassiner og kanalafsnit foretaget registrering af vegetationens samlede dækning, samt dækning af forekommende plantearter på en 6 trins skala (0-5, 5-10, 10-25, 25-50, 50-75, 75-100 % dækning). Ved maksimal udvikling af vegetationen i september 2006 og 2007 er der udtaget prøver fra de dominerende plantearter til bestemmelse af tørvægt pr. m². Efterfølgende er de udtagne planter blevet analyseret for indhold af kvælstof og fosfor, således at planternes samlede indhold af kvælstof og fosfor gennem året kan beregnes. En oversigt med indholdet af N og P pr. gram tørvægt af de enkelte plantearter er vist i tabel 17.

Art	Kvælstof (g N pr. kg tørvægt)	Fosfor (g P pr. kg tørvægt)
Sødgræs (n = 26)	33,1	4,2
Liden Andemad (n = 28)	49,6	8,7
Vandpest (n = 9)	48,3	14,8
Mærke (n = 6)	36,4	4,6
Trådalger (n = 5)	41,1	8,5

Tabel 17 Indhold af kvælstof og fosfor i de fem dominerende plantearter i de grødefyldte bassiner i Kongeåens Dambrug. Indholdet af N og P er målt i prøver ved maksimal plantedækning (september 2006 og 2007). Antallet af prøver for hver plantearter er angivet (n). Sødgræs i de grødefyldte bassiner består 90 % af Manna Sødgræs og 10 % af Høj Sødgræs (vægtede gennemsnit for både N og P værdier).

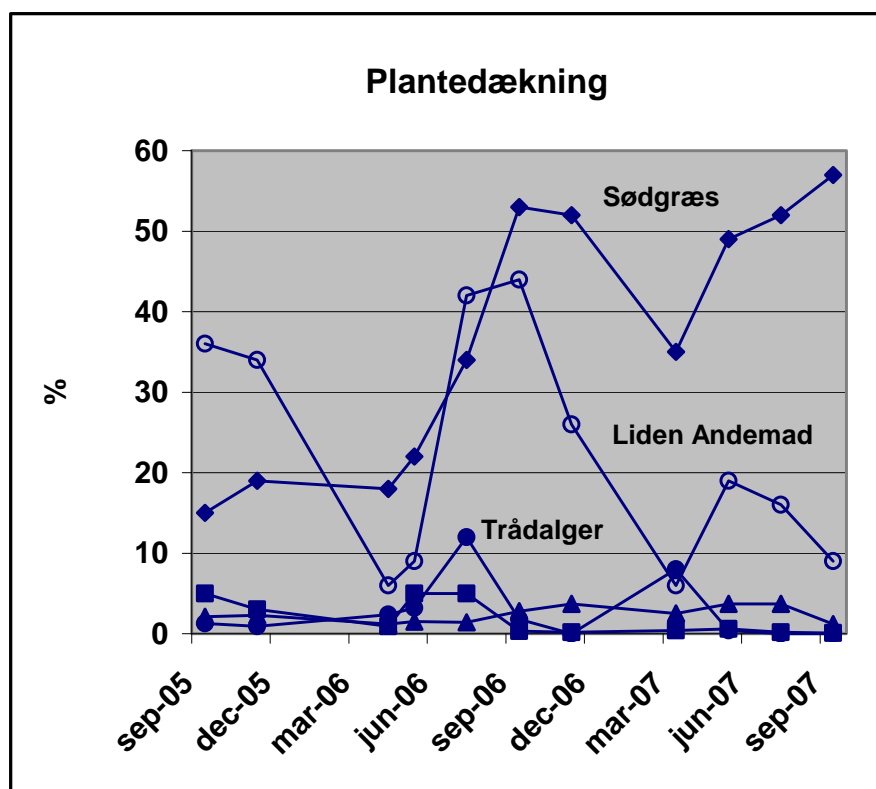
Der er i alt registreret 21 plantearter i de grødefyldte bassiner samt kanaler i perioden september 2005 til september 2007. Det er imidlertid kun Sødgræs og i mere begrænset omfang Liden Andemad, Vandpest, Mærke og trådalger, der kvantitativt har betydning i dammene som helhed (tabel 18). Sødgræs og Liden Andemad har begge den mindste forekomst i forårs månederne og opbygger herefter biomassen hen gennem sommeren og efteråret med maksimal dækning og biomasse (tørvægt) i september-november. I foråret 2007 efter den rekordvarme vinter 2006/07 var

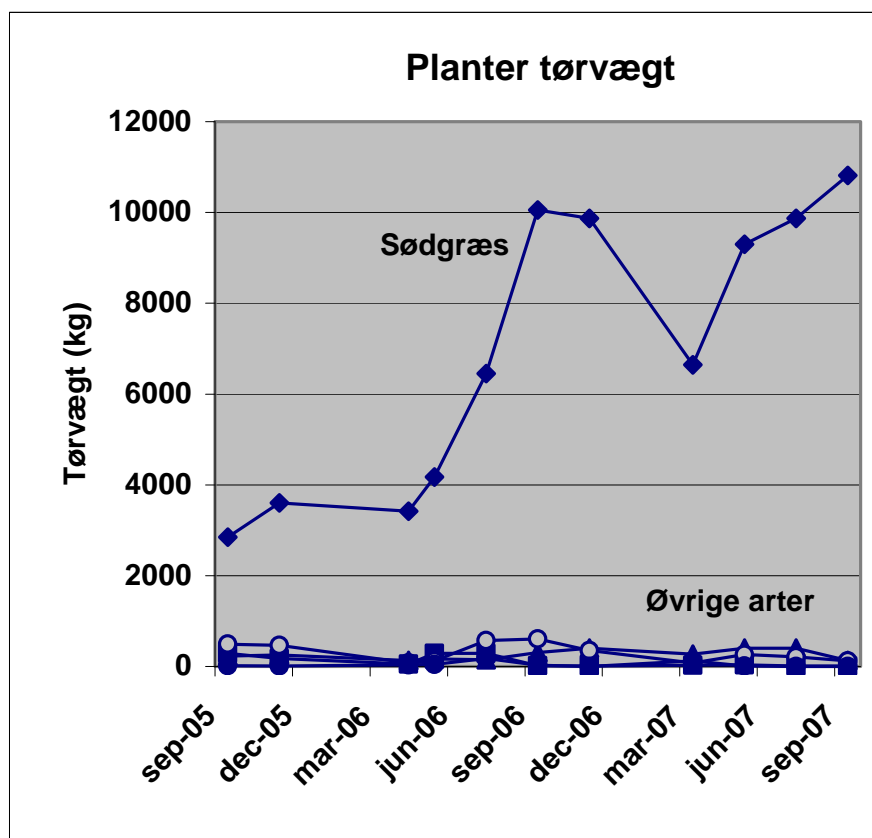
dækningen af Sødgræs i dammene imidlertid høj selv i foråret (35-49 %). Omvendt forholdt det sig med trådalger som typisk har et maksimum i forårs månederne, hvorefter hyppigheden aftog, da de skygges væk ved fremvæksten af andre planter. De øvrige arter forekom mere sporadisk og havde ikke entydig forskel i forekomsten hen gennem sæsonen.

Art	Dækning (%)		Tørvægt (g m ⁻²)	
	april-maj	sept.-nov.	april-maj	sept.-nov.
Sødgræs	18-49	52-57	230-627	665-729
Liden Andemad	6-19	9-44	5,5-17	8-41
Vandpest	0,4-5	1,2-3,7	1,5-19	0,4-1,1
Mærke	1,2-3,7	1,2-3,7	9-27	9-27
Trådalger	0,4-8	0-1,8	2,4-17	0-1,8

Tablet 18 Dækning og tørvægt af de 5 hyppigst forekommende arter i de grødefyldte bassiner i Kongeåens Dambrug i perioden april 2006 til september 2007.

Vegetationens dynamik gennem undersøgelsesperioden er vist i figur 35. På trods af at Liden Andemad i september 2006 havde en dækning på 44 % ses dette ikke, når sammenstillingen foretages på basis af tørvægten. Figuren illustrerer endvidere, at det kun er Sødgræs, der er kvantitativt betydende i de grødefyldte bassiner i Kongeåens Dambrug.





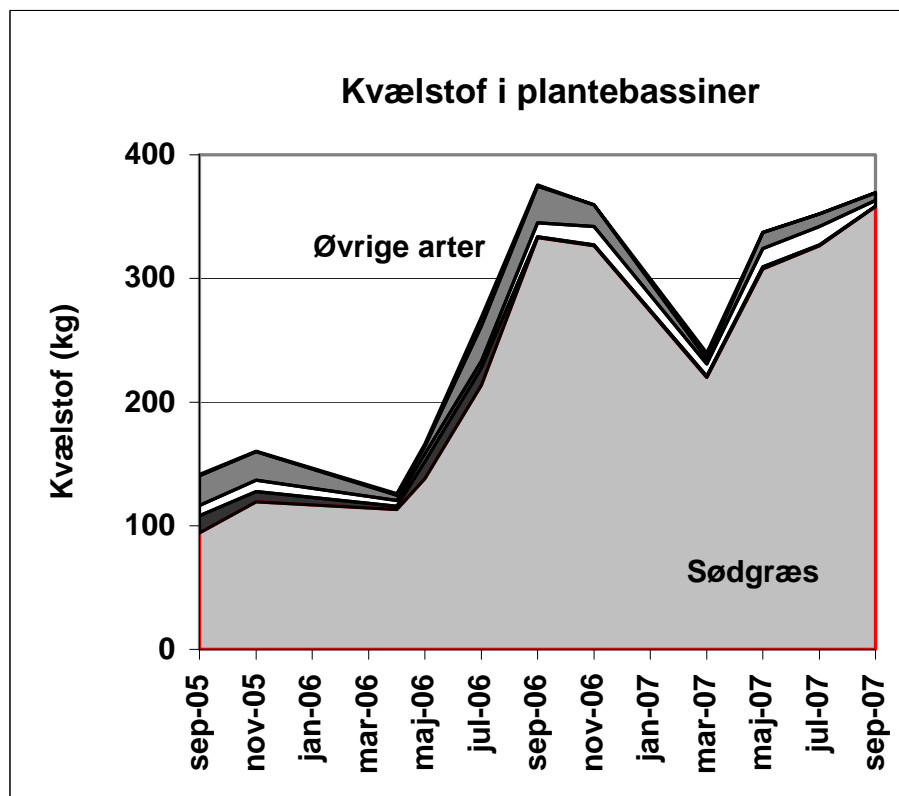
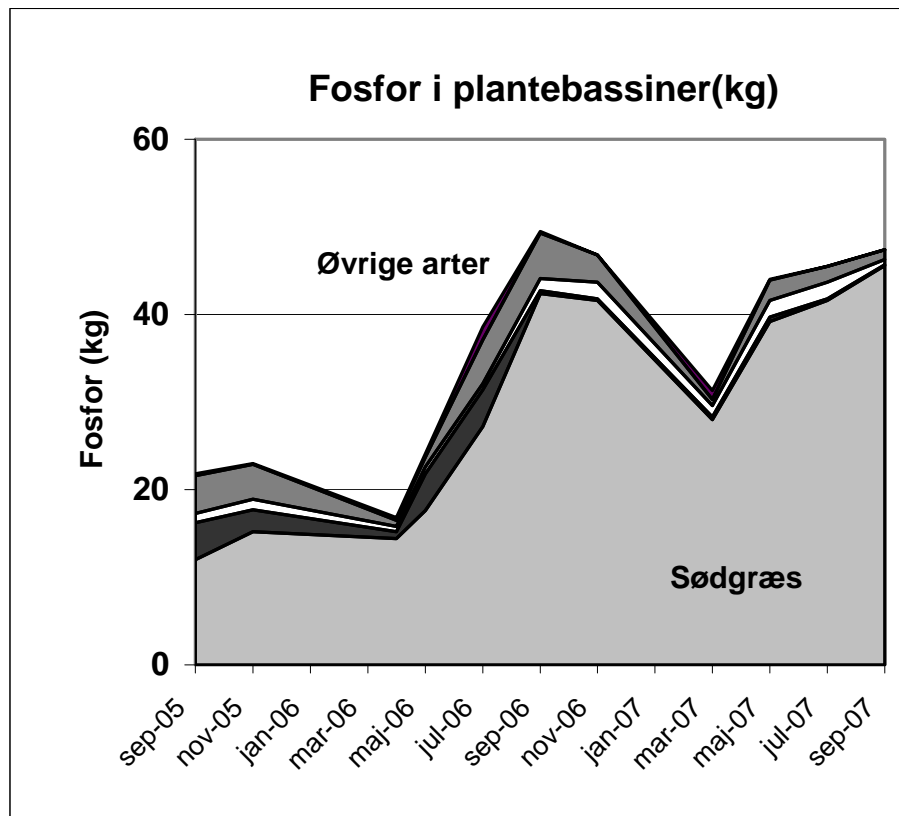
Figur 35 Planternes forekomst i de grødefyldte bassiner udtrykt som plantedækning i % (øverste figur) og som kg tørvægt i hele systemet (nederste figur). Kun Sødgræs har kvantitativ betydning når sammenstillingen foretages på basis af tørvægten.

Dynamikken af den samlede plantemængdes indhold af kvælstof og fosfor følger dynamikken i planternes tørvægt. De minimale samt maksimale værdier af henholdsvis tørvægt af planterne samt planternes indhold af kvælstof og fosfor ses i tabel 19 og figur 36.

	Tørvægt		Kvælstof		Fosfor	
	Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.
Hele anlægget (kg)	3.717	11.075	126	376	16,8	49,5
Gram pr. m ²	251	746	8,5	25,3	1,1	3,3

Tabel 19 De minimale og maksimale værdier af planternes tørvægt samt indhold af N og P for hele det grødefyldte afsnit i Kongeåens Dambrug i perioden september 2005 til september 2007. Den minimale og maksimale tørvægt af de fem dominerende plantearter samt planternes indhold af N og P er endvidere angivet pr. m² for bassinerne som helhed.

Indholdet af kvælstof og fosfor i de fem dominerende plantearter i de grødefyldte bassiner er illustreret i figur 36. For både kvælstof og fosfor gælder, at langt hovedparten af N og P er bundet i Sødgræs. For de grødefyldte bassiner som helhed udgjorde Manna Sødgræs ca. 80 %, og Høj Sødgræs de resterende 20 % af dækningen.



Figur 36 Kvælstof og fosfor bundet i plantebiomassen i de fem dominerende plantearter i de grødefyldte bassiner i Kongeåens Dambrug.

12 Diskussion

I dette kapitel er der en kort diskussion omkring nogle væsentlige problemstillinger omkring måleresultaterne for det andet måleår ved Kongeåens Dambrug som supplerer den diskussion, der er i de enkelte kapitler i statusrapporten. Endvidere foretages der nogle sammenligninger med hovedresultater fra første måleår, således at de overordnede resultater for hele den toårige forsøgsperiode ved dambruget vurderes og diskuteres. Hvor det er fagligt muligt drages konklusioner ift. resultaterne for Kongeåens Dambrug. Det er ikke hensigten i statusrapporten at gå i dybden omkring en række resultater, dette sker i den faglige samlerapport for de otte modeldambrug. Sammenligninger med resultaterne fra de andre modeldambrug under forsøgsordningen sker også kun i den faglige samlerapporter, der kommer med de overordnede generelle konklusioner og faglige anbefalinger for forsøgsprojektet.

Første måleår (år 1) omfatter 27. april 2005 til 26. april 2006 (år 2) og andet måleår 27. april 2006 til 26. april 2007. I forhold til første måleår er der sket en genberegning af produktionsbidraget, som igennem betyder at de beregnede rensegrader der er relateret til produktionsbidraget er blevet justeret ift. første års statusrapport (*Svensen et. al., 2006*).

Vandforbrug, -flow og opholdstid

Der er i gennemsnit i de to måleår er der indtaget hhv. 107 l/s (år 1) og 114 l/s eller hhv. 13 % mindre end indvindingstilladelsen. I andet måleår er der i perioder taget betydelige mængder ind til sættefisk og en af produktionsenhederne uden om vandurene, således at forskellen mellem det målte vandindtag på 95 l/s er reguleret op til den vandmængde som er målt afledt det samlede produktionsanlæg (114 l/s). Det interne flow har for de tre produktionsenheder i alt været ca. 2.500 l/s (år 1) hhv. ca. 2.300 l/s svarende til recirkuleringsgrader på hhv. 95,7 og 95,1 %. For et modeldambrug type III er forudsat en recirkuleringsgrad på mindst 95 %. Vandforbruget er med hhv. ca. 3.100 l og ca. 3.600 l vand pr. kg produceret fisk de to måleår mindst en faktor 10-15 lavere end i traditionelle gennemstrømningsanlæg. Sammenlignet med tidligere tilladt vandindtag er reduktionen ca. en faktor 16.

Der er et vandtab over produktionsenhed 1 på ca. 30 % af enhedens indtag første måleår faldende til ca. 16 % (ca. 5 l/s) i det andet måleår. Tabet formodes at ske i belufterbrønden, der i denne enhed ikke er fuldstøbt i modsætning til de øvrige produktionsenheder. Vandtabet formodes primært at blive genindvundet i de boringer/dræn der leverer indtagsvandet, men da tabet udgør få procent af det vand der indtages, og dette kan indvindes fra et større grundvandsmagasin, hvori der også vil være en stofomsætning/stoftilbageholdelse, vil det være vanskeligt at se en evt. udvikling i koncentrationen for de opløste stoffer i indtagsvandet.

I første måleår tilføres plantelagunen i gennemsnit 101 l/s og i udløbet til vandløbet måles kun 73 l/s, dvs. der tabes ca. 28 % af tilførsel. I andet

måleår tilføres 114 l/s, der måles i udløbet til vandløb 102 l/s., dvs. et tab på 11 %. Da vandmængderne er bestemt med højst 5 % usikkerhed og der ikke er konstateret utætheder/synlige vandtab/horisontalt flow fra plantelagunerne til vandløbet, må hovedparten af vandtabet ske gennem bunden af plantelagunerne. Ådalen består af sand og grus og med et grundvandsspejl, der især i sommerhalvåret ligger under bunden af plantelagunerne. Vandtabet er således også målt størst om sommeren. Det lavere vandtab i andet måleår tilskrives blandt andet at der i perioden december 2006 til januar 2007 faldt megen nedbør (422 mm mod normalt ca. 140 mm), således at der i en periode er strømmet ekstraordinært meget vand til plantelagunen. Generelt har nedbøren i andet måleår været ca. 40 % over første, hvilket også har påvirket grundvandsstanden i ådalen. Endvidere vil det være forventeligt, at der sker en vis reduktion i infiltrationskapaciteten når der ophobes fine partikler i den øvre del af sand- og grusaflejringerne under plantelagunen.

Med det nedsivende vand kan der følge opløste næringsstoffer (nitrat-nitrit- og ammonium-kvælstof, opløst fosfor, opløst organisk stof) og meget små partikler. Stofferne i det nedsivende vand kan omsættes eller bindes i jorden, noget kan nå grundvandet, noget kan genindvindes via dræn og boringer og noget kan nå frem til Kongeåen. Ved beregningerne af stofomsætning/stoftilbageholdelse i plantelagunen vil denne blive overestimeret, hvis der har været stoftab sammen med det omtalte vandtab. I den faglige samlerapport vil de på tværs af dambrugene blive givet en vurdering af betydningen af stoftab med nedsivningsvandet for de beregnede rensegrader og stoftabet.

Opholdstiden i det samlede produktionsanlæg har i gennemsnit været knap 25 timer (år 1) og godt 23 timer (år 2). *Bekendtgørelsen for modeldambrug (2002)* forudsætter en opholdstid på mindst 18,5 timer i produktionsanlægget. Med en opholdstid på over 2 døgn (hhv. 59 og 56 timer) i gennemsnit de to måleår over hele dambruget vil man umiddelbart forvente at hovedparten af let omsætteligt organisk stof (BI₅) når at blive omsat (*Fjorback et al., 2003*).

Plantelaguner

Den hydrauliske belastning af plantelagunerne på hhv. 0,007 (år 1) og 0,008 l/s pr. m² plantelagune er ca. 1/3 af den maksimalt tilladte belastning (*Bekendtgørelse om modeldambrug, 2002*). Det vurderes ikke at være et problem ift. til de omsætningsprocesser, der forekommer i plantelagunerne og det vil kunne bidrage til at øge sedimentation af partikler at den hydrauliske belastning er lavere end foreskrevet i bekendtgørelsen. Da de enkelte damme er gravet sammen, således at plantelagunerne er tre parallelt løbende vandløbssystemer, er der sikret et vist flow igennem disse. Såfremt plantevæksten er beskeden vil meget lav vandhastighed øge risikoen for en opblomstring af trådalger i foråret, men dette har ikke været et problem på Kongeåens Dambrug. Opholdstiden i plantelagunen er som gennemsnit beregnet til hhv. 37 timer (år 1) og 33 timer, men der kan være ret store variationer i opholdstiden, afhængig af hvor vand tilledes denne.

Allerede ved starten af første måleår var der etableret en plantevækst i en række af de gamle jorddamme. Dækningsgraden og biomassen af planter er dog større i andet måleår, dels grundet den milde vinter 2006/07 og dels fordi planterne etableres på et større areal. Dækningsgrad og biomasse er størst i perioden august-september, hvor biomassen i 2007 bliver op til 680-750 gram pr. m² (svarende til over 11 tons i plantelagunen), mens der i vinteren 2005/06 var et minimum på ca. 240 gram pr. m². Minimum optræder typisk først efter en længere kold periode, dvs. typisk sent på vinteren og i marts. Af de 21 fundne plantearter er 2 alt-dominerende: Sødgræs (Manna Sødgræs 90 % og Høj Sødgræs 10 %) og Liden Andemad, med Sødgræs udgørende over 90 % af biomassen.

Baseret på bestemmelse af indholdet af kvælstof og fosfor i de 4 dominerende plantearter på de 8 modeldambrug (Sødgræs, Liden Andemad, Vandpest og Mærke) er det beregnet, at på det tidspunkt, hvor biomassen er størst i plantelagunen i 2007 har planterne akkumuleret 376 kg kvælstof (godt 25 g N pr. m²) og 50 kg fosfor (3,3 g P pr. m²). Senere i dette kapitel sammenholdes disse tal med den samlede fjernelse/tilbageholdelse af kvælstof og fosfor i plantelagunerne for at vurdere planternes betydning. Herudover skaber planterne muligheder for de organismer, der omsætter bl.a. nitrat, ligesom planterne er med til at tilbageholde partikler og stabilisere aflejret materiale i bunden af plantelagunen

Foder og produktionsbidrag

I det første måleår har Kongeåens Dambrug med anvendelse af godt 934 tons foder haft en produktion 1.112 tons fisk (inkl. døde) i produktionsanlægget inkl. sættefiskanlægget og opnået en meget god foderkvotient på 0,837. I det andet måleår er anvendt 878 tons foder og produceret 1,032 tons fisk og hermed en foderkvotient på 0,851. Dambruget havde været i drift med en større bestand af fisk i nogle måneder inden måleprogrammet officielt startede og har fra måleperiodens start produceret under hvad der ligner sædvanlige driftsforhold.

Produktionsbidraget for første år er genberegnet, da det gennemsnitlige indhold af kvælstof og fosfor i regnbueørred er blevet revideret ud fra resultater og litteraturstudier. Der anvendes nu lidt lavere værdier end foreskrevet i Dambrugsbekendtgørelsen, idet der er regnet med 2,75 % kvælstof af fiskens totale vådvægt for hel fisk op til 300-1000 gram (mod hidtil anvendt 3 %) og tilsvarende for fosfor 0,43 % mod hidtil 0,5 %. Justeringerne giver en mindre stigning i produktionsbidraget ift. de oprindelige opgivne værdier i rapporten for første måleår (*Svendsen et. al., 2006*), hvilket også betyder at de beregnede rensegrader stiger lidt.

Endvidere er produktionsbidraget for organisk stof (BI₅ og COD) også opjusteret ift. rapportering af førstears-resultaterne. Nye undersøgelser på de mest anvendte fodertyper af det stofbidrag/-tab, der sker direkte til vandfasen (opløst eller finpartikulært) og derfor ikke indgår i den partikulære fækaliel, har vist, at der oveni tabet med bundfældeligt/partikulært stof (fækalier) skal tillægges 40 % som mål for bidraget med opløst/finpartikulært stof.

Produktionsbidraget, der er baseret på foderanalyser af næsten alle batches og fordøjelighedsforsøg på en del, er beregnet for ammoniumkvælstof, total-kvælstof, total fosfor, BI₅ og COD. Selv om konkrete målinger af foderspild under forsøgsprojektet bl.a. på Kongeåens Dambrug har vist, at dette er minimalt ved normal drift, er det sat til 1 % for tab med støv og smuld og et antaget, mindre spild f.eks. ved unormale driftsforhold.

Produktionsbidraget er som ventet hovedkilden for stoftilførsel til dambruget, idet stoftilførsel med indtagsvandet kun udgør fra under 5 % for BI₅, 10-15 % for ammonium-kvælstof, total fosfor og COD og op til 20 % for total-kvælstof af den samlede stoftilførsel til Kongeåens Dambrug i begge måleår.

Stofkoncentrationer

Standardafvigelsen på de målte stofkoncentrationer på de 18 steder, der er målt vandkemi på dambruget har for alle stoffer på nær ammoniumkvælstof og nitrat været væsentlig lavere i andet måleår. I de første to-tre måneder af 1. måleår er der ret varierende koncentrationer af de kemiske variable i afløbet fra de tre produktionsenheder. Dette må antages at afspejle dels indkøring af driftsrutinerne og dels opstart af renseforanstaltningerne, f.eks. vil biofiltrenes evne til at omsætte ammonium og BI₅ gradvist udvikles i takt med at der opbygges bakteriekulturer.

Koncentrationen i afløbet fra dambruget stabiliseres ligeledes i løbet af de første måneder, både fordi belastningen af plantelagunerne stabiliseres og fordi der gradvist etableres en større biomasse i disse.

Ammonium-kvælstof koncentrationen nedstrøms biofiltrene i de tre produktionsenheder har varieret meget gennem det første måleår og frem mod sommeren 2006 (i starten af andet måleår). Fra juli 2006 falder ammonium-kvælstof niveauet nedstrøms biofiltrene markant og samtidig stiger nitrat-nitrit kvælstof koncentrationen tilsvarende. Det indikerer, at der er sket en væsentlig forøgelse i omsætning af ammonium til nitrat i sommeren 2006, hvor der også er ændret på beluftningen, således at der sker konstant beluftning af biofiltrene. Fra at have ammonium kvælstofkoncentrationer i produktionsanlægget på op til godt 10 mg N/l er niveauet i 2. halvdel af andet måleår på typisk 1-3 mg N/l. Den reducerede og mere konstante ammonium-kvælstof koncentrationen nedstrøms biofiltrene i produktionsenhederne giver også lavere koncentration (og tilførsel) heraf til plantelagunerne, hvilket igen afspejles i at koncentrationen af ammonium-kvælstof i afløbet fra dambruget er meget lavere fra sensommeren 2006 og meget mere stabil. I afløbet fra dambruget måles en tydelig koncentrationsstigning i nitrat-nitrit kvælstof fra sensommeren 2006, dvs. i modfase med ammonium- kvælstof koncentrationen, idet plantelagunen ikke fuldt ud kan tilbageholde/omsætte den ekstra tilførsel af nitrat, der kommer fra produktionsanlægget. Biofilterbeluftningen, som har forbedret nitrifikationen betydeligt, kan have reduceret en vis, mindre denitrifikation i disse. Samlet set erkendes dog et mindre fald i total kvælstof koncentrationen i afløbet fra dambruget. Det skal ved vurdering af koncentrationsforløbet også medtages at foderforbruget i andet måleår er 6 % lavere..

Generelt er der mindre variation i koncentrationen af alle stoffer i udløbet fra dambruget i det andet måleår.

Der er for indtagsvandet stigende koncentration af COD, total fosfor og suspenderet stof igennem den 2-årige måleperiode som bl.a. kan tilskrives, at der akkumuleres partikler i den brønd friskvandet pumpes op i inden fordeling til de forskellige produktionsenheder i løbet af første år. Disse partikler suges tilsyneladende med op i andet måleår når vandet fordeles.

Stoftabet pr. kg produceret fisk

Det målte netto stoftab i g pr. kg fisk har for ammonium-kvælstof været hhv. 5,8 (år 1) og 3,5 og for total kvælstof hhv. 10,2 og 17 og dermed på niveau med eller lidt højere, end hvad der blev bestemt for Døstrup Dambrug (*Fjorback et al., 2003*). Mens der er en god reduktion fra første til andet måleår ift. hvor meget ammonium-kvælstof, der udledes, så er det gået modsat for total kvælstof. Hvis der tages højde for at vandtabet over plantelagunen er reduceret ift. måleår 1, er der dog ingen signifikant forskel på de to måleår. Stoffabet af total fosfor (ca. 0,3 g kg fisk) og BI₅ (4-5 g pr. kg fisk) er til gengæld væsentligt lavere end der blev fundet ved Døstrup Dambrug, hvis indtagsvand kom fra Døstrup Bæk

Ifølge Miljøstyrelsens opgørelse for ferskvandsdambrug udledtes der i 2003 3.098 t BI₅, 1.119 t total kvælstof og 90 t total fosfor ved en produktion på 29.434 t ørreder. Heraf kan beregnes nogle gennemsnitlige specifikke udledninger til sammenligning med hvad der er fundet på Kongeåens Dambrug (tabel 20).

	Gennemsnit Danmark	Specifik udledning – netto (kg/t fisk produceret)		Kongeåen i % af gennemsnit DK	
		Kongeåens Dambrug	Kongeåens Dambrug	1. måleår	2. måleår
		- 1. måleår	- 2. måleår		
Organisk stof	105,3	4,0	5,3	4 %	5 %
Total-N	38,0	10,2	17,0	27 %	45 %
Total-P	3,1	0,3	0,3	10 %	10 %

Tabel 20 Specifikke udledninger netto som gennemsnit for ferskvandsdambrug i Danmarks (i 2003) og for Kongeåens Dambrug det første måleår: I sidste kolonne er de specifikke tab ved Kongeåens Dambrug angivet i procent af gennemsnittet for ferskvandsdambrug i Danmark.

Kongeåens Dambrug har haft markant reducerede specifikke udledninger, især for organisk stof og fosfor sammenlignet med gennemsnittet af ferskvandsdambrug uanset et evt. tab med nedsivningsvand. For disse stoffer renses der særdeles effektivt på Kongeåens Dambrug. Den specifikke udledning af total-kvælstof er i år 2 lidt under det halve af gennemsnittet for ferskvandsdambrug i 2003, så det er klart i forhold til kvælstof, at der ligger et væsentligt potentiale for yderligere stoffjernelse. Mulighederne herfor undersøges derfor også nu.

Stoffjernelse, rensegrader og vandtab

De forskellige renseforanstaltninger har forskellig effektivitet ift. til de forskellige stoffer der tilføres. Endvidere er renseforanstaltningerne over hele dambruget ikke lige effektive overfor de forskellige stoffer, hvorfor den andel af stoftilførslen til dambruget som via afløbet fra dambruget tabes til Kongeåen er ret forskellig. 28 % af det tilførte ammoniumkvælstof i første måleår og 21 % i det andet når Kongeåen og de tilsvarende værdier for total kvælstof er hhv. 41 og 50 %. Til gengæld udledes kun 15-16 % af total fosfor- og COD-tilførsel og 9 % af BI₅-tilførslen til Kongeåen i det første måleår, hvor de tilsvarende værdier i det andet måleår er hhv. 22 og 11 %. Den fosfor som udledes, er primært på opløst og dermed biotilgængelig form. En mindre andel af tilførslen til Kongeåen er fra det indtagne vand, som ellers ville være nået frem til vandløbet længere nedstrøms.

Kongeåens Dambrugs udledninger af opløste stoffer som ammoniumkvælstof, nitrat og opløst fosfor begrænses i et eller andet omfang af, at der i gennemsnit er tabt 28 % af vandtilførslen i første måleår og 11 % i andet måleår over plantelagunen. Det betyder, at de faktiske tab til vandmiljøet sandsynligvis er lidt større og at dette især kan være tilfældet første måleår, hvor der er målt det største vandtab over plantelagunen.

De opnåede nettorensgrader (dvs. stoffjernelsen relateret til produktionsbidraget) over hele Kongeåens Dambrug har i begge måleår været på mindst 92 % for både total fosfor og BI₅ og dermed langt over forudsætningerne for modeldambrugene (*Bekendtgørelse for modeldambrug, 2002*) på henholdsvis 60 og 75 % for et modeldambrug type III uden mikrosigter. Det betyder, at renseforanstaltningerne på Kongeåens Dambrug har været særdeles effektive ift. total fosfor, hvor stort alt partikulært fosfor er fjernet og ift. organisk stof, både målt som BI₅ og COD. For totalkvælstof har nettorensgraden på hhv. 68 % (år 1) og 54 % også været væsentligt over forudsætningerne i bekendtgørelsen, da den med de 14.800 m² plantelagune ligger over de forudsatte godt 25 % fjernelse af produktionsbidraget. Den samlede rensegrad for ammonium øges væsentligt i løbet af måleperioden fra 79 til 89 % i det andet måleår, især efter at der i sommeren 2006 konstant er tilført luft til biofiltrene i de tre produktionsenheder, således at omsætningen af ammonium til nitrat (nitrificeringen) er blevet øget markant. Til gengæld øger det nitrattilførslen til plantelagunen, som samtidigt med at netto vandtabet i andet måleår er reduceret, væsentlig har givet en større nitrat udledning fra dambruget i andet måleår og dermed medvirket til en reduceret samlet rensegrad for total kvælstof.

I det andet måleår fjernes mellem 61 og 70 % af det ammoniumkvælstof, total fosfor og organiske stof, der tilføres dambruget via indtagsvandet og produktionsbidraget, mod kun 17 % af kvælstoffet. Sammenlignet med første måleår er den procentuelle fjernelse næsten 8 % lavere i andet måleår for kvælstof men 3-4 procentpoint højere for total fosfor og organisk stof, og hele 13 procentpoint for ammoniumkvælstof. Plantelagunen har størst betydning ift. fjernelse af total kvælstof (nitrat). Der fjernes hhv. 13 % (år 1) og 10 % af ammoniumkvælstof. Plantelagunen fjerner 18 % af den samlede fosfortilførsel i begge måleår og mellem 1/4 og 1/5 af det samlede tilførte organiske stof. Potentialet for yderligere stoffjernelse

i plantelagunerne er vanskelig at vurdere fuldt ud, da rensesforanstaltningerne i produktionsanlægget fjerner en del stof, som plantelagunerne potentielt kunne fjerne.

Vurderes rensesforanstaltningerne i produktionsanlægget uden at tage højde for det tab, der efterfølgende er med klaringsvandet fra slambassinerne, er slamkegler meget effektive ift. især suspenderet stof, total fosfor og organisk stof. Plantelagunerne omsætter/tilbageholder en stor andel af tilført BI_5 og er effektive ift. total-kvælstof. Kampagnemålinger af iltkoncentrationen i plantelagunen viser, at iltniveauet ca. 100 meter nedstrøms når under 2 g/l og tilsvarende at iltindholdet tæt ved bunden af plantelagunen er nær 0 mg/l. Der er således ved bunden af lagunerne gode muligheder for denitrifikation grundet de iltfrie forhold, og tilstedeværelse af nitrat og letomsætteligt organisk stof, mens der i den øvre del af vandmassen i vandet og biofilmen på planterne også foregår en vis omsætning ammonium-kvælstof. Herudover optager planterne nitrat og opløst fosfor, dette er dog af mindre betydning. Ved maksimal biomasse er det beregnet, at der er indbygget 376 kg kvælstof svarende til 2 % af det total kvælstof, der fjernes/tilbageholdes i plantelagunen i andet måleår. Tilsvarende er der indbygget 50 kg fosfor svarende til 6 % af tilbageholdt fosfor. Da der sker både er tab og opbygning af biomasse gennem vækstsæsonen er dette et absolut minimumsmål for optag af kvælstof og fosfor i planterne, men der vil kun være tale om en reel tilbageholdelse hvis plantematerialet høstes. Betydningen af næringsstofoptaget i planter er lavere end målt på Døstrup Dambrug (*Fjorback et al., 2003*) Omsætningen af organisk stof favoriseres i Kongeåens plantelaguner af en lang opholdstid.

Generelt fjerner rensesforanstaltningerne i produktionsanlægget meget fosfor og organisk stof, men det kan være af betydning at sikre at udledninger af klaringsvand fra slambassinerne med høje stofkoncentrationer reduceres. Således ledes ca. 20 % af det BI_5 og total fosfor, som ellers var ført over i slambassinerne fra slamkegletømning og returskylning af biofiltrene, videre over i plantelagunerne med klaringsvandet. For kvælstof er det over 50 % i år 1 og 66 % år 2, fordi en del af nitraten og det partikulære kvælstof, omdannes til ammoniumkvælstof. Mængdemæssigt udgør kvælstof herfra dog en mindre andel af massebalancen. Det er u hensigtsmæssigt at stof, der reelt er fjernet og opsamlet i slambassinerne i så store mængder ledes til plantelagunen, men det skal dog erindres, at det er nødvendigt med en tilførsel af organisk stof til plantelagunen for at drive denitrifikationen deri. Tilbageholdelsen af opløst fosfor blev øget, da der i løbet af år 1 blev tilsat fældningsmiddel til slambassiner. I stedet udledes der mere partikulærbundet fosfor, som dog i større grad kan tilbageholdes i plantelagunen. Samlet set er den procentuelle tilbageholdelse år 2 over slambassinerne lavere end i første måleår. Det kan dels skyldes, at der i andet måleår er endnu bedre afstemning af vandbalancer over slambassinets, men også at der grundet akkumulering af partikulært materiale har været mindre tilbageholdelseskapacitet i slambassinerne.

Der arbejdes nu på muligheden af især at få fjernet en del af det ammoniak, der udledes med klaringsvandet og fra produktionsanlæg før det ledes til plantelagunesystemet gennem en ekstra rensesforanstaltning i form af ekstra, særskilt biofilter. Det kunne også være hensigtsmæssigt såfremt slamvand fra slamkegler og returskylning af biofilter kunne sik-

res i slambassinerne nogle timer, inden der blev åbnet for tilledning af klaringsvand til plantelagunerne. Det skal i den forbindelse understreges, at dambruget virker meget veldrevet og med stabile driftsforhold.

Plantelagunerne har fuldt opfyldt forventninger og forudsætningerne til stoffjernelse, selv om der sammenlignet med Døstrup Dambrug er flere opstrøms renseforanstaltninger som biofiltrene. F.eks. har kvælstoffjernelsen med godt 3 kg N pr m² pr. dag ligget 3 gange over forudsætningerne i begge måleår. For fosfor har raten også været 3 gange højere end målt på Døstrup Dambrug mens den har været ca. 50 % højere for BI₅. Det har været en klar fordel, at der har været etableret en vis plantevækst i en del af plantelagunen fra produktionsstart og at der været en yderligere tilvækst efterfølgende. Det er også en fordel, at klaringsvandet fra slambassinerne og afløb fra produktionsenhederne udledes i den opstrøms del i plantelagunen. Fjernelsen af ammonium-kvælstof er væsentlig forbedret efter beluftning af biofiltrene, men der er behov for yderligere kvælstoffjernelse, hvis der skal sikres en udvidelse af produktionen uden at øge udledningerne af kvælstof. Den vil kunne ske gennem efterbehandling af afledt vand fra produktionsanlæg og klaringsvand ved hjælp af særskilte biofiltre med nitrifikation og denitrifikation, før tilledning til plantelagunen og ved at sikre en bedre klaring af slamvand i slambassiner før det afledes til plantelagunen.

Udlederkrav

Ribe Amt har i miljøgodkendelsen forlangt, der skal udføres en tilstandskontrol på alle parametre efter DS2399 og hvor udlederkravene angives som tilladte koncentrationsforøgelse ift. indtagsvandet. Kontrol efter DS2399 er en kontrol alene på udledningerne og udlederkontrollen kan ikke gennemføres for de tilfælde, hvor koncentrationen i indtagsvandet er større end i afløbet fra dambruget. Derfor er kontrol efter DS2399 alene lavet på koncentrationen i udledningerne. Der er derfor også lavet en sædvanlig udlederkontrol, som angivet i Bekendtgørelse om modeldambrug, men med tilstandskontrol for alle parametre.

Udlederkontrol lavet som angivet i Bekendtgørelse om modeldambrug viser, at i det første måleår overskrides udlederkravet for ammoniumkvælstof med 423 % og for total kvælstof med 7 %. Mens øvrige udlederkrav klart overholdes. I det andet måleår sker der kun en overskridelse for ammoniumkvælstof med 237 %, mens udlederkravet for total kvælstof og øvrige stoffer overholdes. For samtlige stoffer beregnes lave udlederværdier i andet måleår, dels fordi variationen i koncentrationen i udledningerne er lavere og dels fordi der for især ammoniumkvælstof sker et reelt koncentrationsfald. Alle udlederkrav ville være opfyldt begge måleår, såfremt der udføres sædvanlig udlederkontrol som angivet i Bekendtgørelse om modeldambrug og gives fuld kompensation på udlederkravene ift. reduktionen i vandforbruget sammenlignet med tidligere drift (reduktion med en faktor 13,6).

Den manglende overholdelse af tilladelsens udlederkrav for ammoniumkvælstof kan for andet måleår således ikke mindst begrundes i at udlederkravet er fastsat meget lavt i miljøgodkendelsen (en koncentrationsforøgelse på 1 mg N/l mod 5,4 mg N/l, hvis der var givet fuld kompensation for det reducerede vandforbrug). Kvælstof er den kritiske parameter ift. modeldambrugene under forsøgsordningen fordi der ved foder-

tildelingen er set bort fra kvælstof som begrænsende faktor under forsøgsordningen (*Bekendtgørelse om modeldambrug (2002) og Pedersen et al. (2003)*). Det er derfor positivt, at udledningen af ammonium- kvælstof er faldet så meget andet år at udlederkravet for total-kvælstof (der er mindre restriktiv end for ammonium) overholdes. Det er vigtigt at sikre en tilstrækkelig fjernelse af kvælstof, ikke mindst på ammonium-form i såvel produktionsanlægget som med klaringsvandet fra slambassinet til plantelagunen, for at bevare den tildelte foderkvote under forsøgsordningen eller for den sags skyld at kunne få den forøget.

Det omtalte vandtab over plantelagunerne har ikke umiddelbart nogen betydning for overholdelse af udlederkontrollen, da den skal foretages som en tilstandskontrol, dvs. på koncentrationer.

Vandløbsfauna

Målsætningen i Kongeåen har været opfyldt gennem både første og andet første måleår både op- og nedstrøms Kongeåens Dambrug med DVFI svingende mellem 5 og 7. Der er ingen tendens til forskel på DVFI op- og nedstrøms. Ved prøvetagning i efteråret 2004 - før modeldambruget var opstartet - viser en nærmere analyse af faunalisterne, at der nedstrøms har været en påvirkning af faunaens generelle sammensætning fra dambruget som tyder på væsentlig forurening fra dambruget. Denne påvirkning er ikke konstateret efter ibrugtagning af modeldambruget. Der er i måleperioden registreret i alt 71 forskellige taxa i Kongeåen op- og nedstrøms dambruget, herunder visse rentvandskrævende arter, men på nær døgnfluen *Heptagenia sulphurea* forekommer disse i forholdsvis lave individantal.

13 Litteraturliste

Bekendtgørelse om modeldambrug (2002). Bekendtgørelse om modeldambrug. 10 s. - BEK nr. 923 af 08/11/2002 pp.

Bekendtgørelse om ændring af bekendtgørelse om modeldambrug (2004). Bekendt om ændring af bekendtgørelse om modeldambrug. 2 s. - BEK nr. 328 af 15/03/2004.

Dambrugsudvalget (2002). Dambrugsudvalget. Udvalget vedr. dambrugs-erhvervets udviklingsmuligheder. 78 s. Rapport. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri.

Dansk Standard (1999). DS 2399 Afløbskontrol. Statistisk kontrolberegning af afløbsdata.

Fjorback, C., Larsen, S.E., Skriver, J., Svendsen, L.M., Nielsen, P. & Riis-Vestergaard, J. (2003) Forsøgsprojekt Døstrup Dambrug. Resultater og konklusioner. Danmarks Miljøundersøgelser. 272 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 260.

Larsen, S.E. & Svendsen, L.M. (1998). Afløbskontrol af dambrug. Statistiske aspekter og opstilling af kontrolprogrammer. Danmarks Miljøundersøgelser. 86 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 260.

Larsen, S.E. & Svendsen, L.M. (1998). Notat vedr. tilpasning af udlederkontrol ved overgang fra tilstandskontrol til transportkontrol. Notat fra Danmarks Miljøundersøgelser.

Miljøstyrelsen (1998). Biologisk vandløbsbedømmelse af vandløbskvalitet. Miljø- og Energiministeriet. 39 s. - Vejledning nr. 5/1998.

Pedersen, M. L., Baattrup-Pedersen, A. & Wiberg-Larsen, P. (red) (2007). Økologisk overvågning i vandløb og på vandløbsnære arealer under NOVANA 2004-09. 4. udgave. Danmarks Miljøundersøgelser. 150 s. - Teknisk anvisning fra DMU nr. 21.

Pedersen, P.B. Grønberg, O., & Svendsen, L.M. (red.) (2003). Modeldambrug. Specifikationer og godkendelseskrav. Rapport fra faglig arbejdsgruppe. 82 s. - Arbejdsrapport fra DMU, nr. 183

Ribe Amt (2004). Miljøgodkendelse af Kongeåens Dambrug, 30s.

Skriver, J., Riis, T., Carl, J., Friberg, N., Ernst, M.E., Frandsen, S.B., Sode, A. & Wiberg-Larsen, P. (1999). Biologisk overvågning i vandløb 1998-2003. Biologisk vandløbskvalitet (DVFI). Udvidet biologisk program. NOVANA2003. Danmarks Miljøundersøgelser. 41 s. - Teknisk anvisning fra DMU nr. 16.

Svendsen, L.M. & Pedersen, P.B. (reds.) (2004). En undersøgelse af muligheder for etablering af måleprogram på såkaldte modeldambrug. 118 s. - DFU-rapport nr. 132-04,118 p.

Svendsen, L.M., Sortkjær, O., Ovesen, N.B., Skriver, J., Larsen, S.E., Pedersen, P.B., Rasmussen, R.S. & Dalsgaard, A.J.T. (2006). Kongeåens Dambrug – et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 1. måleår af monitoreringsprojektet. 54 s. – DFU-rapport nr. 164-06.

DTU Aqua-rapportindex

Denne liste dækker rapporter udgivet i indeværende år samt de foregående to kalenderår. Hele listen kan ses på DTU Aquas hjemmeside www.dfu.dtu.dk, hvor de fleste nyere rapporter også findes som PDF-filer.

- Nr. 158-06 Østers (*Ostrea edulis*) i Limfjorden. Per Sand Kristensen og Erik Hoffmann
- Nr. 159-06 Optimering af fangstværdien for jomfruhummere (*Nephrops norvegicus*) – forsøg med fangst og opbevaring af levende jomfruhummere. Lars-Flemming Pedersen
- Nr. 160-06 Undersøgelse af smoltudtrækket fra Skjern Å samt smoltdødelighed ved passage af Ringkøbing Fjord 2005. Anders Koed
- Nr. 161-06 Udsætning af geddeyngel i danske søer: Effektivurdering og perspektivering. Christian Skov, Lene Jacobsen, Søren Berg, Jimmi Olsen og Dorte Bekkevold
- Nr. 162-06 Avlsprogram for regnbueørred i Danmark. Alfred Jokumsen, Ivar Lund, Mark Henryon, Peer Berg, Torben Nielsen, Simon B. Madsen, Torben Filt Jensen og Peter Faber
- Nr. 162a-06 Avlsprogram for regnbueørred i Danmark. Bilagsrapport. Alfred Jokumsen, Ivar Lund, Mark Henryon, Peer Berg, Torben Nielsen, Simon B. Madsen, Torben Filt Jensen og Peter Faber
- Nr. 163-06 Skarven (*Phalacrocorax carbo sinensis* L.) og den spættede sæls (*Phoca vitulina* L.) indvirkning på fiskebestanden i Limfjorden: Ecopath modellering som redskab i økosystem beskrivelse. Rasmus Skoven
- Nr. 164-06 Kongeåens Dambrug – et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for første måleår af monitoringsprojektet. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 165-06 A pilot-study: Evaluating the possibility that Atlantic Herring (*Clupea harengus* L.) exerts a negative effect on lesser sandeel (*Ammodytes marinus*) in the North Sea, using IBTS-and TBM-data. Mikael van Deurs
- Nr. 166-06 Ejstrupholm Dambrug – et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for første måleår af monitoringsprojektet. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 167-06 Blåmuslinge- og Stillehavsøstersbestanden i det danske Vadehav efteråret 2006. Per Sand Kristensen og Niels Jørgen Pihl
- Nr. 168-06 Tvilho Dambrug – et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for første måleår af monitoringsprojektet. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.

- Nr. 169-07 Produktion af blødskallede strandkrabber i Danmark - en ny marin akvakulturproduktion. Knud Fischer, Ulrik Cold, Kevin Jørgensen, Erling P. Larsen, Ole Saugmann Rasmussen og Jens J. Sloth.
- Nr. 170-07 Den invasive stillehavsøsters, *Crassostrea gigas*, i Limfjorden - inddragelse af borgere og interessenter i forslag til en forvaltningsplan. Helle Torp Christensen og Ingrid Elmedal.
- Nr. 171-07 Kystfodring og kystøkologi - Evaluering af revlefodring ud for Fjaltring. Josianne Støttrup, Per Dolmer, Maria Røjbek, Else Nielsen, Signe Ingvarsdén, Per Sørensen og Sune Riis Sørensen.
- Nr. 172-07 Løjstrup Dambrug (øst) - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 1. måleår af monitoringsprojektet. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 173-07 Tingkæravad Dambrug - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 1. måleår af monitoringsprojektet. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 174-07 Abildtrup Dambrug – et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 1. måleår af monitoreringsprojektet. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen, Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 175-07 Nørå Dambrug – et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 1. måleår af monitoringsprojektet. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen, Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 176-07 Rens Dambrug – et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 1. måleår af monitoringsprojektet. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 177-08 Implementering af mere selektive og skånsomme fiskerier – konklusioner, anbefalinger og perspektivering. J. Rasmus Nielsen, Svend Erik Andersen, Søren Eliassen, Hans Frost, Ole Jørgensen, Carsten Krog, Lone Grønbæk Kronbak, Christoph Mathiesen, Sten Munch-Petersen, Sten Sverdrup-Jensen og Niels Vestergaard.
- Nr. 178-08 Økosystemmodel for Ringkøbing Fjord - skarvbestandens påvirkning af fiskebestandene. Anne Johanne Dalsgaard, Villy Christensen, Hanne Nicolajsen, Anders Koed, Josianne Støttrup, Jane Grooss, Thomas Bregnballe, Henrik Løkke Sørensen, Jens Tang Christensen og Rasmus Nielsen.
- Nr. 179-08 Undersøgelse af sammenhængen mellem udviklingen af skarvkolonien ved Toftesø og forekomsten af fladfiskeyngel i Ålborg Bugt. Else Nielsen, Josianne Støttrup, Hanne Nicolajsen og Thomas Bregnballe.

- Nr. 180-08 Kunstig reproduktion af ål: ROE II og IIB. Jonna Tomkiewicz, Henrik Jarlbæk
- Nr. 181-08 Blåmuslinge- og stillehavsøstersbestandene i det danske Vadehav 2007. Per Sand Kristensen og Niels Jørgen Pihl
- Nr. 182-08 Kongeåens Dambrug – et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 2. måleår af monitoringsprojektet med væsentlige resultater fra 1. måleår. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.