Downloaded from orbit.dtu.dk on: Apr 25, 2024

DTU Library

Rens Dambrug - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 2.måleår af moniteringsprojektet med væsentlige resultater fra første måleår

Svendsen, Lars M.; Sortkjær, Ole; Ovesen, Niels Bering; Skriver, Jens; Larsen, Søren Erik; Pedersen, Per Bovbjerg; Rasmussen, Richard Skøtt; Dalsgaard, Anne Johanne Tang

Publication date:
2009

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

Link back to DTU Orbit

Citation (APA):
Svendsen, L. M., Sortkjær, O., Ovesen, N. B., Skriver, J., Larsen, S. E., Pedersen, P. B., Rasmussen, R. S., & Dalsgaard, A. J. T. (2009). *Rens Dambrug - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 2.måleår af moniteringsprojektet med væsentlige resultater fra første måleår*. DTU Aqua. DTU Aqua-rapport No. 208-09 http://www.aqua.dtu.dk/Publikationer/Forskningsrapporter/Forskningsrapporter_siden_2008

General rights
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Rens Dambrug
- et modeldambrug under forsøgsordningen

Statusrapport for 2. måleår af moniteringsprojektet 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

December 2009

ISBN: 978-87-7481-100-8

DTU Aqua-rapport nr. 208-09

0 Sammenfatning 3

1 Indledning 8

2 Beskrivelse af dambruget 11
2.1 Indretning 11
2.2 Måleprogram og måleperiode 12
2.3 Væsentlige vilkår 14

3 Drift og produktion 16
3.1 Foderforbrug, produktion og foderkvotient 16
3.2 Produktionsbidrag 17

4 Temperatur, pH og ilt 20

5 Vandflow i dambruget 24
5.1 Måling af vandflow 24
5.2 Returskylning af biofiltre og tømning af slamkegler 24
5.3 Vandbalance 26
5.4 Recirkulationsflow 28
5.5 Vandforbrug/fodermængde 28
5.6 Hydraulisk belastning af lagune 28

6 Stofkoncentrationer forskellige steder på dambruget 29

7 Overholdelse af udlederkrav 38

8 Massebalancer 41
8.1 Produktionsbidrag 41
8.2 Massebalancer 41

9 Rensegrader og stoffjernelse 45
9.1 Beregning af rensegrader 45
9.2 Rensegrader over hele dambruget 45
9.3 Rensegrader over produktionsanlægget og over plantelaguner 49
9.4 Sammenligning af stoftab over dambruget 55

10 Vandløbsfauna 58
10.1 Fysiske forhold i Sønderå 58
10.2 Smådyrfauna 58

11 Planter i grødefyldte bassiner 61

12 Diskussion 65

13 Litteraturliste 86

0 Sammenfatning

De samlede miljømæssige fordele ved modeldambrug er mangetallige, som blandt andet oplistet vedrørende især uhindret faunapassage i Dambrugsudvalgets rapport (*Dambrugsudvalget, 2002*):

Vandløbet	**Dambruget**
Fordele: • ”Død å”-strækning fjernes • Øget vandføring i dambrugenes 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 dambrugenes opstemninger og vandindtag, herunder afgitring, indretning af faunapassage (både op- og nedstrøms), opstemning m.v. løses langt nemmere • Udledning af medicin og hjælpestoffer reduceres • Maksimumskoncentrationer af medicin og hjælpestoffer i vandløbene formindskes • Fald i vandløbets iltindhold nedstrøms reduceres/undgås **Ulemper:** • Ingen	**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 **Ulemper:** • Højere energiforbrug pr. kilo produceret fisk • Øget udledning af CO_2 • Risiko for opbygning af skadelige ammoniakkoncentrationer • Øget behov for overvågning og styring af driftsforholdene • Øget behov for backup-systemer: strøm, iltforsyning, pumper m.v.

Der er tidligere udgivet en statusrapport for det første måleår ved Rens Dambrug (*Svendsen et al., 2007*). I denne statusrapport, som primært omhandler andet driftsår for Rens Dambrug som modeldambrug, beskrives de opnåede resultater fra moniteringsprojektets måle- og dokumentationsprogram. Programmet har til formål at fremskaffe dokumentation for dambrugenes 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 BI_5 og forholdet mellem disse. Dette har medført justeringer i produktionsbidraget og hermed i beregnede rensegrader 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 Rens Dambrug. Der henvises i øvrigt til den samlede rapportering af måle- og dokumentationsprojektet for modeldambrug, hvor resultaterne fra Rens Dambrug er sammenlignet med resultaterne fra de andre 7 modeldambrug under forsøgsordningen (*Svendsen et al., 2008*).

Produktionsforhold

Rens Dambrug har i perioden 3. oktober 2006 til 2. oktober 2007 anvendt 283 tons foder med en beregnet produktion på 316,1 tons fisk (inkl. døde). Dette giver en samlet estimeret foderkvotient på 0,90. De tilsvarende værdier for første måleår fra 3. oktober 2005 til 2. oktober 2006 er anvendelse af 205 tons foder, en estimeret produktion på 226 tons fisk og en foderkvotient på 0,909. Dambrugets årlige foderkvote er på 435 t/år.

Dambruget har haft diverse driftsproblemer med sygdomsudbrud i begge måleår og forsinket opstart i 1.år. Dette og en langsom bestandsopbygning har betydet, at det tilladte foderforbrug slet ikke er anvendt. Der var betydelige problemer med overløb, især af slambassinerne. Disses kapacitet blev ved starten af 2. måleår udvidet betydeligt, hvilket har afhjulpet nogle af problemerne. Endelig har utilstrækkelige og mangelfulde registreringer af div. driftsparametre betydet dårligere fortolkningsmuligheder på flere områder.

Vandforbrug

Rens Dambrug indtager ikke længere åvand, men alene vand fra en række dræn placeret langs plantelagunerne. Hertil kommer, at vandforbruget i forbindelse med betydelig recirkulering er nedsat fra ca. 995 l/s før ombygning til 62 l/s (6 % af før) i år 2.

Der er et meget stort vandtab over plantelagunen på 54 l/s år 1 og 37 l/s år 2 svarende til henholdsvis 93 og 62 % af vandtilførslen hertil. Der er en vis tendens til at vandtabet aftager, men det ligger stadig på et meget højt niveau.

Rensegrader

Ved forarbejdet i bekendtgørelse om modeldambrug m.v. blev der forudsat nogle nettorensegrader for organisk stof og næringsstoffer på modeldambrug. I nedenstående tabel er de i bekendtgørelsen for modeldambrug forudsatte nettorensegrader sammenlignet med de på Rens Dambrug opnåede.

	Forventet	Opnået 1. år	Opnået 2. år
Organisk stof (Bl_5)	80 %	107 %	101 %
Total kvælstof (inkl. omsætning plantelaguner)	31 %	103 %	79 %
Total Fosfor	65 %	107 %	107 %

De opnåede rensegrader honorerer således til fulde de forudsatte for alle parametre, og de målte rensegrader er usædvanligt store. Disse er dog påvirket dels af den relativt lave belastning samt det meget store vand-

tab over plantelagunen. Rensegraderne må derfor ses som maksimumsværdier for stoffjernelsen på Rens Dambrug, Så stor netto-stoffjernelse forudsætter, at opløste stoffer i det nedsivende vand enten genindvindes til dambruget eller bindes/omsættes i bunden af plantelagunerne/jordlagene herunder og dermed ikke når grundvand eller vandløb.

Produktionsanlægget med dets slamkegler og biofiltre fjerner år 2 netto især ammonium (88 %), fosfor (69 %) og 86 % af tilført organisk stof (BI_5) samt 15 % af total kvælstof. Desværre returneres store mængder af de frarensede stoffer via slambassinets klaringsvand til plantelagunen, således at selve produktionsenhedens reelle stoffjernelse falder betydeligt. Plantelagunen fjerner effektivt tilført organisk stof (82 % af BI_5) og total fosfor (80 %) samt total kvælstof (80 %). For opløst fosfor og kvælstof kan tab via nedsivning væsentligt have medvirket til stoffjernelsen.

De målte rensegrader i plantelagunerne er for alle parametre en faktor 1,3 til 7 gange højere end dem, der blev fundet i tidligere forsøg på Døstrup Dambrug, som udgjorde en del af grundlaget for de forudsatte rensegrader. Dog skal erindres det meget store tab af vand over plantelagunen.

Specifik udledning

Ifølge Miljøstyrelsens opgørelser for ferskvandsdambrug udledtes der i 2003 3.098 t BI_5, 1.119 t total kvælstof og 90 t total fosfor ved en produktion på 29.434 t ørreder, mens der ifølge den seneste opgørelse i 2007, som inkluderer alle de etablerede modeldambrug af type 1 & 3, udledtes 2.343 t BI_5, 673 t total kvælstof og 60 t total fosfor ved en produktion på 27.843 t ørreder og forbrug af 25.710 t foder (*By- og Landskabsstyrelsen, 2009*). Tallene svarer til gennemsnitlige specifikke udledninger som angivet i nedenstående tabel, hvor 2003-tallene er medtaget for at give sammenligningsgrundlag med forholdene inden Modeldambrugsetablering og med tidligere rapporter, og 2007-tallene er medtaget for at kunne sammenholde med de nyeste tal.

	Specifik udledning – netto (kg/t fisk produceret)			**Rens Dambrug i % af gennemsnit DK**	
	Gennemsnit Danmark	Rens Dambrug - 1. måleår	Rens Dambrug - 2. måleår	År 1	År 2
Organisk stof (BI_5)					
-2003	105,3			0	0
-2007	84	- 7,0	- 0,9	0	0
Total kvælstof					
-2003	38,0			0	22
-2007	24	- 1,3	8,4	0	35
Total fosfor					
-2003	3,1			0	0
-2007	2,2	- 0,4	- 0,3	0	0

Som det fremgår måles der på Rens Dambrug ingen specifik udledning målt for organisk stof og fosfor, mens kvælstof-reduktionen også er meget markant. Igen skal det store vandtab over plantelagunen erindres.

Overholdelse af udlederkrav jvf. Sønderjyllands Amts miljøgodkendelse

I miljøgodkendelsen har Sønderjyllands Amt opstillet en række kontrolparametre med tilhørende kravværdi. Udlederkontrollen, beregnet efter modeldambrugsbekendtgørelsen, er vist i nedenstående tabel.

Kontrol Parameter (alle tal i mg/l)	Kravværdi i Miljøgodkendelsen	Teoretiske kravværdier jvf. Dambrugsbekendtgørelsen	Udledning beregnet efter Bekendt. Om modeldambrug	Udledning beregnet efter Bekendt. Om modeldambrug
			År 1	**År 2**
Susp. Stof	10	44	2,52	3,54
NH_4-N	1,0	6,0	0,905	0,844
Total-N	9,0	9,0	5,77	5,74
Total-P	0,7	0,7	0,310	0,349
BI_5	10	10,3-14,7	2,10	1,63

Udlederkontrollen viser for begge måleår, at Rens Dambrug for alle kontrolstoffer til fulde overholder udlederkravene. Dette selv om udlederkravene for suspenderet stof og især ammonium er skærpet væsentligt ud over bekendtgørelsens krav.

Fauna og faunaindex

Dansk Vandløbs Fauna Index (DVFI) er opgjort således:

	Sønderå Opstrøms	Sønderå umiddelbart nedstrøms	Sønderå ca. 400 meter nedstrøms
April 2004	7	5	5
Oktober 2004	6	4	4
Marts 2005	7	6	6
Maj 2005	5	6	5
September 2005	5	4	4
September 2005	6	7	6
April 2006	6	6	6
Juni 2006	6	6	6
September 2006	7	6	6
Juni 2007	6	7	6

Som det fremgår, er der generelt målopfyldelse i Sønderå siden september 2005 idet DVFI-indexet nedstrøms dambruget har været 6 el. 7 siden ombygning til modeldambrug.

Diskussion og primære udeståender

De opnåede målte rensegrader og den resulterende specifikke udledning er overordnet usædvanlig god og modsvarer langt de opstillede forudsætninger.

For ammonium og total kvælstof kan der dog vise sig at være behov for en forstærket indsats såfremt Miljøgodkendelsens krav skal kunne overholdes ved forøget produktion og reduceret vandtab over plantelagunen.

Ammonium omsættes generelt meget fint og stabilt i biofiltrene, men som det fremgår af ovenstående, er Miljøgodkendelsen meget restriktiv på dette felt, mens der er langt op til kravet jvf. bekendtgørelsen.

For eventuelt at nedbringe udledningen af kvælstof kan der opstå behov for forbedret nitratfjernelse, hvilket kan opnås ved forøget slambassin- og plantelagune-kapacitet. Et filter specifikt til nitratfjernelse kunne formentlig også bidrage positivt hertil.

Resultaterne og især tolkningen deraf er påvirket af nogle uheldige drifts- og managementforhold, såsom lille initial bestand, sygdomsudbrud, utilstrækkelig slambassinskapacitet, diverse overløb samt mangelfuld registrering af fisk og foder samt returskylningsprocedurer m.v. Dette påvirker især vurderingen af betydningen af de forskellige rensekomponenter i produktionsanlægget, mens de overordnede rensegrader og specifikke stoftab er ganske sikkert bestemt.

Et meget stort vandtab over plantelagunen påvirker ligeledes tolkningen af de målte resultater. Der må antages i et eller andet omfang at følge opløste stoffer med det vand, der netto siver ud af bunden af plantelagunerne. Det vurderes, at kun en lille del af dette stof kan nå frem til Sønderå. Det faktum, at der ikke måles betydelige stigninger i indtagsvandets koncentrationer, selv om indtaget er placeret omkring produktionsanlægget og dermed må indvinde noget at det nedsivende vand indikerer, at en stor andel af stofferne tilsyneladende fjernes/omsættes og ikke blot følger vandet.

Endelig returneres en ganske betydelig del af den stofmængde, der føres over i slambassinerne fra produktionsanlæggets slamkegler og biofiltre med klaringsvandet til plantelagunerne. Det vil derfor være hensigtsmæssigt at forøge stoftilbageholdelsen/-fjernelsen i slambassinerne bl.a. ved at sikre at slamperkulat kan klare, før der afledes klaringsvand og ved at tilsætte fældningsmiddel. Endvidere anbefales, at vandtilledningen fra slamkegletømning og biofilterskyl reduceres ved at optimere tømningsfrekvens/-måde af slamkegler og returskylning af biofiltre.

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 (f.eks.: Pe*dersen et al. 2003; Svendsen & Pedersen, 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 monitering 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. Rens Dambrug er et af disse.

Det skal understreges, at listen over miljømæssige fordele ved modeldambrugsdrift er lang, som opgjort i Dambrugsudvalgets rapport jvf. nedenstående tabel. Disse miljømæssige fordele opnås under alle omstændigheder ved etablering af modeldambrug. Efterfølgende har listen kunnet suppleres med flere fordele og enkelte ulemper (*Dansk Akvakultur, 2008*).

Ifølge projektansøgningen er det projektets hovedformål at få dokumenteret og fastlagt den resulterende, specifikke udledning af kvælstof, fosfor og organisk stof (BI_5) fra modeldambrug. Det er desuden formålet at få dokumenteret og fastlagt rensegraderne af de forskellige rensekomponenter, som finder anvendelse på modeldambrugene (slamkegler, biofiltre (kombifiltre), recirkulering, plantelaguner), herunder at få fastlagt produktionsbidraget under forskellige forhold, ligesom foderspild under daglig drift må kvantificeres. Det er endelig også projektets formål at søge at belyse nogle af de væsentligste processer og sammenhænge, der fører til de resulterende renseeffekter. Herved er det intentionen at opfylde dokumentationskravene, herunder at fremskaffe den fornødne dokumentation, således som det fremgår af *Bekendtgørelsen om modeldambrug (2002)* og *Bekendtgørelsen om ændring af bekendtgørelsen om modeldambrug (2004)*. Ifølge bekendtgørelse skal DMU (tidligere under Miljøministeriet nu ved Århus Universitet) og DFU som har ændret navn til DTU Aqua opstille et måleprogram, der skal tilvejebringe den omtale dokumentation.

Vandløbet	Dambruget
Fordele: • ”Død å”-strækning fjernes • Øget vandføring i dambrugenes 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 dambrugenes opstemninger og vandindtag, herunder afgitring, indretning af faunapassage (både op- og nedstrøms), opstemning m.v. løses langt nemmere • Udledning af medicin og hjælpestoffer reduceres • Maksimumskoncentrationer af medicin og hjælpestoffer i vandløbene formindskes • Fald i vandløbets iltindhold nedstrøms reduceres/undgås **Ulemper:** • Ingen	**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 **Ulemper:** • Højere energiforbrug pr. kilo produceret fisk • Øget udledning af CO_2 • Risiko for opbygning af skadelige ammoniakkoncentrationer • Øget behov for overvågning og styring af driftsforholdene • Øget behov for backupsystemer: strøm, iltforsyning, pumper m.v.

De 8 modeldambrug moniteres derfor løbende af DMU og DTU Aqua over en 2-årig driftsperiode. På nogle dambrug måles der både over hele dambruget og de enkelte delkomponenter i produktionsanlægget, de såkaldte intensivt moniterede dambrug, mens der på øvrige som Rens Dambrug alene måles over hele dambruget og det samlede produktionsanlæg.

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.

Dokumentations- og moniteringsprojekt 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.: Ringkøbing 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 ved Århus Universitet.

Følgegruppen takkes for et positivt og konstruktivt samarbejde med gode input og råd undervejs i projektforløbet.

I juli 2008 er udgivet en samlet faglig rapport, der kom med en samlet status og konklusioner over 2 års drift og målinger på de 8 modeldambrug (*Svendsen et al, 2008*). Heri er foretaget sammenligninger på tværs af dambrugene og givet de samlede konklusioner for hele måle- og dokumentationsprojektet sammen med nogle anbefalinger. Nærværende statusrapport indeholder derimod alene målinger for Rens Dambrug med fokus på 2. måleår, hvor de væsentligste resultater fra 1. måleår også er medtaget. Resultater fra 1. måleår er oprindeligt rapporteret i *Svendsen et al. (2007).*

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 dambrugsejere Majken Muus Meyer og Oluf S. Meyer og deres medarbejdere samt teknisk personale ved DMU, Århus Universitet: Uffe Mensberg, Henrik Stenholt, Ane Kjeldgaard, Zdenek Gavor, Marlene Venø Skjærbæk Jessen, Tommy Silberg 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. Der skal også lyde en tak for samarbejde med Dansk Akvakultur og deres konsulenter: Peder Nielsen (nu Nielsen Consult), Kaare Michelsen og Lisbeth Jess Plesner.

2 Beskrivelse af dambruget

2.1 Indretning

Rens Dambrug (Rens Damager 4, 6372 Bylderup-Bov) er beliggende ved Sønder Å, der er en del af Vidå-systemet. Vidå har et samlet opland på ca. 1.100 km^2, og den har sit udløb i Vadehavet, der således er slutrecipient. Ved dambruget er medianminimumvandføringen på 955 l/s (*Sønderjyllands Amt, 2004*).

Dambruget er indrettet som et modeldambrug type III A (P*edersen et al., 2003*).

Dambruget består af 10 produktionsenheder, der hver er underopdelt i 2 sektioner. Derudover er der en sættefiskeenhed med 9 sektioner og 4 leveredamme/sorterkummer. Det recirkulerede vand ledes igennem et biofilter, der er opdelt i 2 sektioner i hver enhed. Figur 1 er en principskitse af dambrugets opbygning med angivelse af vandflow.

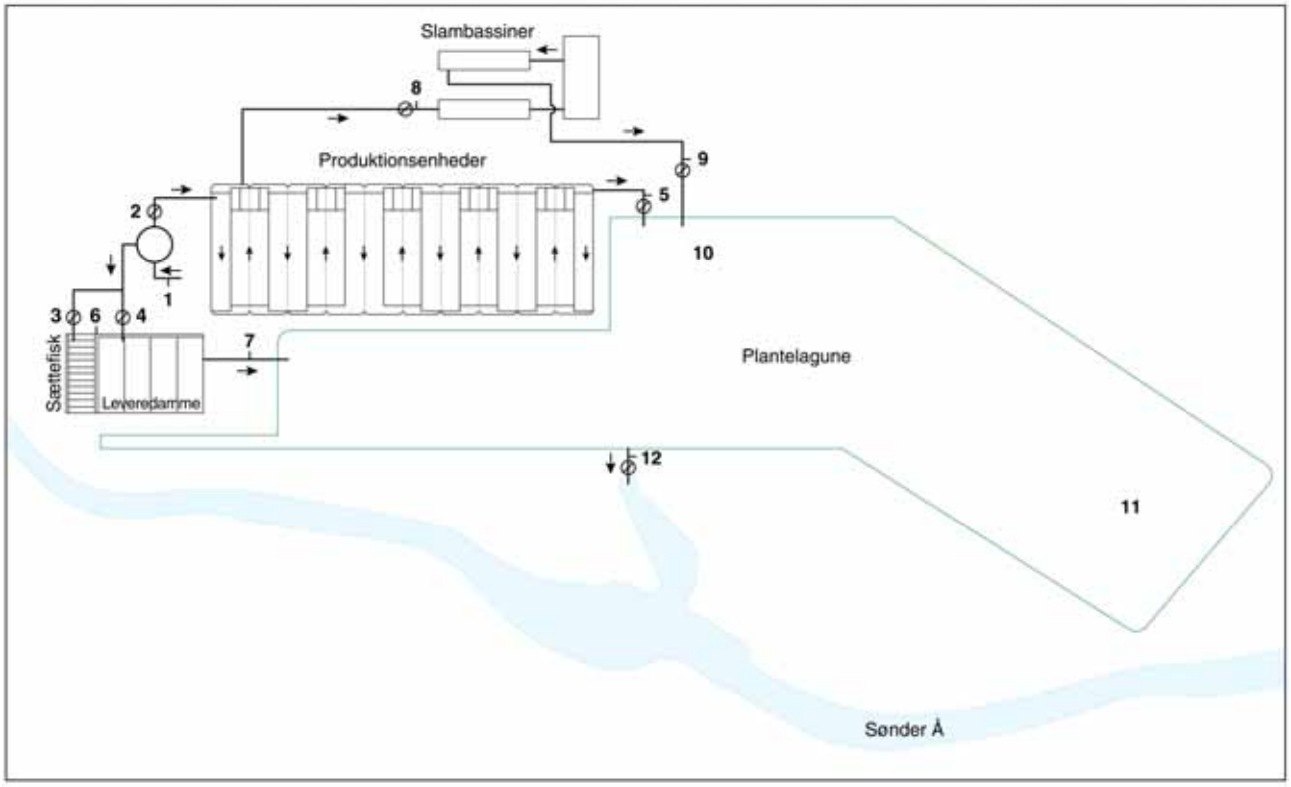
Friskvandsindtaget kommer fra dræn under anlægget. Vandet bringes til at cirkulere i produktionsenhederne ved air-lift princippet, dvs. ved at den beluftning, som tilfører ilt til vandet, også løfter dette nogle centimer. Beluftningen sker i såkaldte belufter-brønde.

Slam opsamles i pyramideformede slamkegler i bunden af produktionsanlægget og pumpes sammen med skyllevand fra biofiltrene op i et slambassin. Der er 3 serieforbundne slambassiner, idet der ved afslutning af 1. måleår blev etableret et ekstra slambassin. Det klarede afløbsvand herfra samt afløbet fra selve produktionsanlægget ledes til en plantelagune. Efter passage af plantelagunen, der består af en del af de oprindelige jorddamme, kanaler og bundfældningsbassiner, løber vandet til Sønder Å.

De 10 produktionsenheder har separat vandinput og vandflow og fungerer som adskilte enheder, der hver er ca. 30 meter lange og 10 meter brede og med en vanddybde på ca. 1,5 meter. Hver enhed har et 2-delt biofilter og er underopdelt i 2 sektioner. Sættefiskeenheden er ca. 7,5 x 20 meter, og den er opdelt i 9 sektioner og har også et biofilter. Leveredammene er samlet ca. 25 x 20 meter og opdelt i 4 sektioner. I alt er der ca. 5.200 m^3 vand i det samlede produktionsanlæg, dvs. inklusiv sættefiskeanlæg, leveredamme, kanaler og filtre. Slambassinerne har år 2 en samlet kapacitet på ca. 1.700 m^3, mens der i det første måleår kun var 2 bassiner med en samlet kapacitet på ca. 600 m^3. Plantelagunen har et areal på mellem 7.275 og 7.911 m^2 med en middeldybde på mellem 0,64 og 0,67 m (arealet af plantelaguner afhænger af gennemsnitsvandstanden der varierer). Totalt har dambruget dermed et vandvolumen på 10.456 - 11.100 m^3 år 1 og 11.556 – 12.200 m^3 år 2.

Med et samlet vandindtag på gennemsnitligt 58,1 l/s år 2 og 61,7 l/s år 2 (se kapitel 5) kan opholdstiden over hele dambruget beregnes til 50 – 53 timer år 1 og 52 - 55 timer år 2. Opholdstiden for selve produktionsan-

lægget inkl. leveredamme er gennemsnitlig på knap 25 timer år 1 og godt 23 timer år 2 mod en forudsat minimumsopholdstid på 18,5 timer i produktionsanlægget for modeldambrug type III (*Bekendtgørelse som modeldambrug, 2002*).



Figur 1 Rens Dambrug, ikke målfast, opbygning og vandflow. Nr. angiver målesteder som listet i tabel 1. Hver af de 10 produktionsenheder (kun vist 9) har separat vandflow og hver sit biofilter (kun vist i 5 af enhederne). Afløb fra sættefiskeanlæg samles med afløb fra leveredamme.

2.2 Måleprogram og måleperiode

Efter problemer med bl.a. sygdom i fiskene i august og september 2005 og efterfølgende kort indkøringsfase starter måleprogrammet på Rens Dambrug som en del af forsøgsordningen officielt først den 3. oktober 2005. Første måleår er derfor fra 3. oktober 2005 til 2. oktober 2006 begge dage inklusive, og 2. måleår er fra 3. oktober 2006 til 2. oktober 2007.

I hele måleperioden er der kontinuert (hvert 10. minut) 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 er overført via Internettet fra Pc'en til DTU Aqua og lagt ind i en fælles database som DTU Aqua og DMU, Århus Universitet anvender i projektet. Vandmængder måles i de fleste målepunkter med en elektronisk måler, et såkaldt vandur. I udløbet er der målt med vandur, da det samlede udløb fra dambruget sker via et rør. Vandstand måles dels med tryktransducere, i slambassinerne med en ultralydsmåler. I *Svendsen & Bovbjerg (2004*) findes flere informationer og baggrund og krav til måleprogram og en række tekniske detaljer. Endvidere er der i rapporten, der konkluderer på resultaterne for alle 8 modeldambrug under forsøgsordningen (S*vendsen et al., 2008*) i et bilag

kort gjort rede for måleprincipper og hvilke instrumenter, der har været anvendt.

Nr.	Sted på dambruget	Målevariabel
1	Samlet vandindtag fra dræn	K, S, F**
2	Indløb 10 produktionsenheder	K*, F, S*
3	Indløb sættefisk	K*, F, S*
4	Indløb leveredamme	K*, F, S*
5	Udløb 10 produktionsenheder	K, F, S
6	Udløb sættefisk	K, S
7	Udløb sættefisk og leveredamme	K, S
8	Til slambassiner fra 10 produktionsenheder, sættefiskeanlæg og leveredamme skyllevand fra biofiltre og tømning slamkegler	K, F, V
9	Udløb klaret slamvand (klaringsvand)	K, F, S
10	Plantelagune, øvre del	S
11	Plantelagune, midt	S
12	Udløb plantelagune/afløb fra dambrug	K, F, S, N

Tabel 1 Oversigt over målepunkter på Rens Dambrug. Tallene til højre refererer til det konkrete målepunkt på figur 1. Der anvendt følgende forkortelser: K: Prøvetagning for kemiske analyser. F = Vandmængde. V = vandstand (første slambassin). N = nedbør og S = Ilt, pH og temperatur. * samme som målepunkt nr.1. ** sum af målepunkt 2, 3 og 4.

Vandkemiske prøver er for indtagsvand målt som en punktprøve (øjeblikksprøve) ca. 1 gang pr. måned eller i alt 12 gange i perioden. Vandkemiske prøver fra:

- afløb sættefiskeanlæg
- samlede udløb fra sættefiskeanlæg + leveredamme
- afløb fra de 10 produktionsenheder
- klaringsvandet fra slambassinerne
- i afløbet fra plantelagunen (samlet afløb fra dambruget)

udtages hver 14. dag med ISCO-glacier vandprøvetagere. En prøve består af en puljet prøve over et døgn, hvor der i en stor flaske tages 100 ml delprøve hvert kvarter, svarende til 9,6 l prøve på 24 timer pr. målested. Prøvetageren er udstyret med køleanlæg og prøverne opbevares mørkt. Ved hvert målested er der målt i alt 26 gange år 2.

Herudover er der hver 14. dag taget vandkemiske prøver i forbindelse med:

- tømning af slamkegler plus returskylning af biofiltre fra sættefiskeanlæg + leveredamme
- tømning af slamkegler i de 10 produktionsenheder
- returskylning af biofiltre i de 10 produktionsenheder

Der er ligeledes taget puljede prøver men i 1 liters flasker, hvorfra der puljes til en samlet prøve. Afhængig af, hvor lang tid det tager at tømme henholdsvis slamkegler og returskylle biofiltre, tages en række hyppige delprøver for repræsentativt at dække hele tidsperioden. Disse prøver tages med ISCO 6712-1 vandprøvetagere (som indeholder 24 separate 1 l

flasker), hvori prøverne også står koldt og mørkt. Ved hvert målested er der målt i alt 26 gange år 2.

De vandkemiske prøver er analyseret for en række kemiske variable fastlagt i *Bekendtgørelse om modeldambrug (2002)*. Det fremgår af tabel 2, hvilke variable der analyseres for, afhængigt af om der er tale om vandprøve taget i indtagsvandet (grundvand), slamvand (ved tømning af slamkegler, returskylning af biofiltre), afløb slambassin eller i sættefiskeanlæg, afløb fra henholdsvis de 10 produktionsenheder (samlet) og afløb sættefiskeanlæg +leveredamme samt fra dambruget. Analyserne er gennemført af akkrediteret laboratorium efter de standardanalysemetoder, der er foreskrevet ift. dambrug, herunder modificeret BI_5.

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

Parametre	Program A	Program B	Program C
	Fuld pakke: Udløb fra dambrug, op- og nedstrøms biofilter, opstrøms mikrosigte	Grundvand (indtagsvand)	Returskylning biofiltre, tømning slamkegler, afløb slambassiner, spulevand mikrosigte
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
Nitrit-nitrat-N	X	x	x
Ammonium-N	X	(x)	x

Tabel 2 Oversigt over de kemiske parametre som de vandkemiske prøver, der er udtaget 1. og 2. måleår på Rens Dambrug analyseres for. 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, mens x i kantet parentes viser at total kvælstof henholdsvis total fosfor ikke måles hver gang, hvis der ikke er signifikant forskel på totalen ift. de opløste fraktioner. BI_5 er et mål for let omsætteligt organisk stof (biologisk iltforbrug over 5 dage). COD er et mere omfattende mål for organisk stof end BI_5, da det er et mål for det kemiske iltbehov for at omsætte det organiske stof. Ammonium er primært NH_4-N.

2.3 Væsentlige vilkår

I henhold til dambrugets miljøgodkendelse af 11. juni 2004 (*Sønderjyllands Amt, 2004*) må der i forsøgsperioden anvendes 435 tons foder pr. år.

Miljøgodkendelsen angiver det maksimalt tilladelige vandforbrug til 65 l/s.

Miljøgodkendelsen forudsætter et plantelaguneareal på mindst 6.300 m^2. Lagunen er efterfølgende opmålt til mellem 7.275 og 7.911 m^2 (se kapitel 11).

Iltmætningen i udløbsvandet skal være mindst 70 %, og der må maksimalt udledes følgende stofmængder fra dambruget, målt som differencen imellem koncentration i indløbs- og udløbsvand:

- BI_5: 10 mg/l
- NH_4^+-N: 1,0 mg/l
- Suspenderet stof: 10 mg/l
- Total-N: 9,0 mg/l
- Total-P: 0,7 mg/l

Krav til udledning af alle stoffer er omfattet af tilstandskontrol (DS 2399).

3 Drift og produktion

3.1 Foderforbrug, produktion og foderkvotient

På Rens Dambrug blev der i første måleår, dvs. perioden 3. oktober 2005 til 2. oktober 2006, anvendt ca. 205.000 kg foder, heraf 3.872 kg i sættefiskeanlægget. Det er ikke muligt at udregne foderforbruget præcist. Produktionen år 1 er estimeret til ca. 226 tons. I andet måleår (3. oktober 2006 til 2. oktober 2007) er der registreret et foderforbrug på i alt 283.022 kg, heraf 7.749 kg i sættefiskeanlægget. Det daglige foderforbrug fremgår af figur 2.

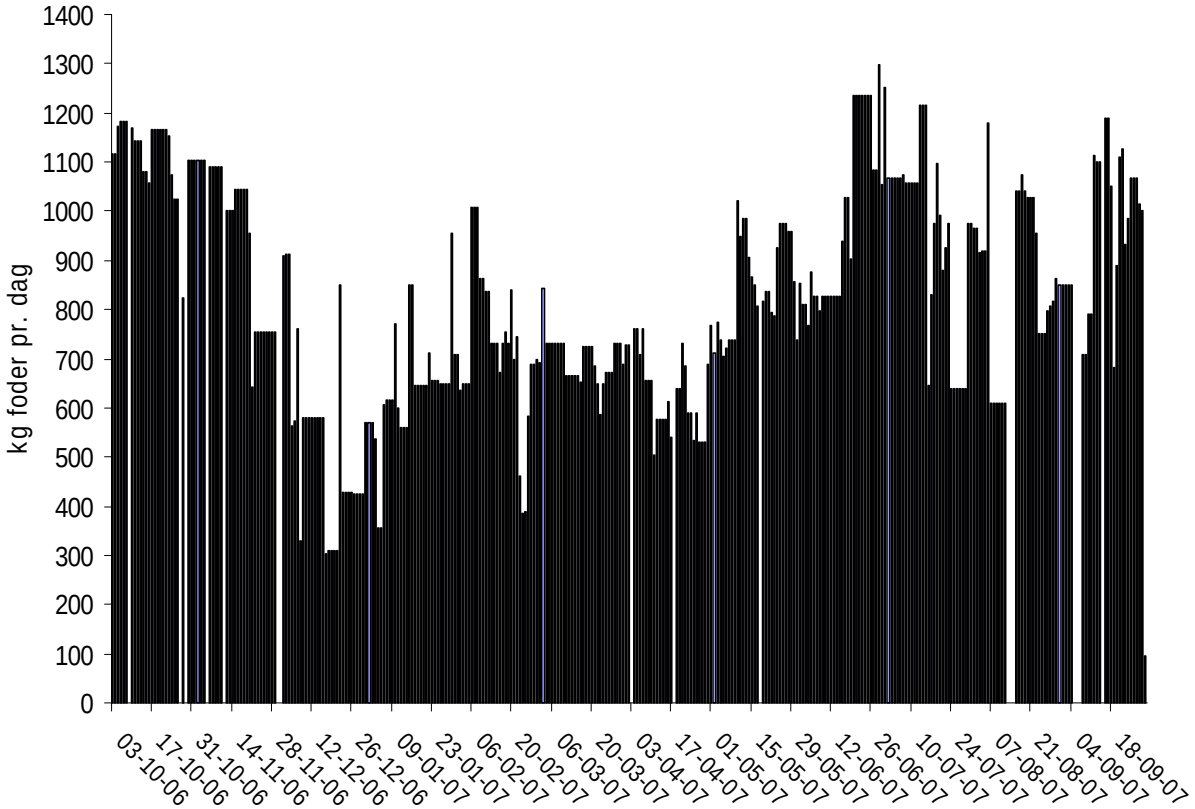
Idet der på Rens Dambrug ikke i tilstrækkeligt omfang er registreret fisk ind og ud af de enkelte produktionssystemer har det ikke været muligt at udregne præcise foderkvotienter (foderforbrug (ton) / fiskeproduktion inklusiv døde fisk (ton)), hverken for de enkelte enheder eller samlet for hele dambruget. Efter at have drøftet dette med dambruget og sammenlignet dambrugets egne tal og tallet for første måleår, hvor foderkvotienten er 0,909, estimeres den gennemsnitlige foderkvotient til 0,900 i andet måleår. I sættefiskeanlægget estimeres foderkvotienten til 0,750 år 2. Den samlede produktion år 2 er dermed 316.191 kg, heraf 10.332 kg i sættefiskeanlægget. Det vurderes at usikkerheden er under 5-10 %, da det primært er fordeling af foderforbrug og fiskebestand mellem de enkelte produktionsenheder fremfor det samlede forbrug og bestand.

Med et foderforbrug på 283 tons i andet måleår udnytter dambruget langt fra den tilladte fodermængde på 435 tons pr. år. Det skyldes, at man har haft en bestand under opbygning, idet man ikke har ønsket at tage sættefisk ind udefra. Dette er man først begyndt på efter måleprogrammets ophør. Endvidere har Rens Dambrug haft sygdom i fiskene (YDS og BKD), som har betydet at produktionen ikke har været optimal. Der er dog i 2008 tegn på at dette er under bedring, og at man nu med en højere bestand kan forbedre produktionen fremover.

Fodertyper og fodermængder anvendt i produktionsanlægget på Rens Dambrug i de to måleår fremgår af tabel 3.

Fodertype	Forbrug (kg)	
	1. måleår	2. måleår
Aller Aqua 576 (3-8 mm)	189.608	249.514
Aller Aqua LT (2 mm)	5.665	0
Aller Aqua Futura (1-2 mm)	4.232	11.692
Aller Aqua Mini (1,3-1,5 mm)	1.623	14.067

Tabel 3 Fodertyper og -mængder anvendt i produktionsanlægget på Rens Dambrug i andet måleår. Registreringen i første måleår er baseret på estimater, og er derfor ikke så god som i 2. måleår.



Figur 2 Det samlede foderforbrug (kg pr. døgn) på Rens Dambrug i andet måleår.

3.2 Produktionsbidrag

Udregningen af bidrag af de forskellige stoffer fra fiskeproduktionen (produktionsbidrag) er foretaget som beskrevet i *Pedersen et al. (2003)*. Der er udregnet produktionsbidrag for COD (total organisk stof), BI_5 (let omsætteligt organisk stof), total N (total kvælstof), total P (total fosfor) og opløst kvælstof, der overvejende forekommer som NH_4^+-N (ammoniumkvælstof).

På baggrund af de senest opnåede resultater, er produktionsbidragene blevet reviderede ift. de tal som er afrapporteret i 1. årsrapporten (*Svendsen et al., 2007*). Det gennemsnitlige indhold af total kvælstof og total fosfor i hel regnbueørred er blevet revurderet på baggrund af resultater, som inddrager den seneste litteratur indenfor området. 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 har været henholdsvis 3 % og 0,5 %. Litteraturgennemgangen har vist, at indholdet af kvælstof og fosfor i regnbueørred påvirkes af fiskens størrelse, men at størrelseseffekten er lille. Dette gælder især indenfor de almindelige fiskestørrelser (ca. 300-1.000 g), der undersøges i nærværende modeldambrugsprojekt. Der er derfor ikke taget højde for de 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 tidligere udmeldte værdier i førsteårs-

rapporten. I Svendsen *et al. (2008)* redegøres mere detaljeret for ændringerne i beregning af produktionsbidraget.

Produktionsbidragene af organisk stof (COD og BI_5) er også blevet reguleret og opjusteret i forhold til førsteårsrapporten. Det skyldes 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 faglig samlerapport *Svendsen et al., 2008*).

Det bemærkes, at dette tab ikke nødvendigvis kan forventes at være permanent for de anvendte fodertyper. Fiskefoder udvikles løbende og ændres med hensyn til råvarer og sammensætning, og disse forhold vil have betydning for stoftabet til vandfasen og dermed stofbidraget fra fiskeproduktionen.

Udover total kvælstof bidraget fra fiskeproduktionen udregnes også bidraget af opløst kvælstof som hovedsageligt udskilles over fiskenes gæller (primært som NH_4^+-N). Bidraget svarer til den totale mængde kvælstof som fiskene indtager fradraget det kvælstof som indbygges i fisken (hvor indholdet ansættes til 2,75 %) og det kvælstof, der udskilles i fækalier (partikulært) og dissocieres i vandfasen (opløst):

kg N udskilt som opløst (NH_4^+-N) =
kg N indtaget – kg N indbygget i fisk – kg N udskilt via fækalier som partikulært / opløst

Udregningen af produktionsbidrag er sket på dagsbasis i alle dambrugets sektioner, og bidragene er herefter summerede. Udover de konkrete fodermængder er foderets kemiske sammensætning inddraget i udregningerne. Kemisk analyse er foretaget på de fleste foderleverancer (batches), men hvor disse værdier ikke foreligger, er der anvendt gennemsnitstal for de allerede analyserede, repræsentative fodertyper.

I forbindelse med levering 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) i forbindelse med levering, idet dette forventes udskilt som kuldioksid (CO_2). Ligeledes forventes kun et marginalt bidrag af fosfor ved levering, hvorfor bidraget af COD, BI_5 og total fosfor herfra er sat til 0.

Det samlede produktionsbidrag de to måleår fremgår af tabel 4.

Som led i udregningen af produktionsbidrag udføres der fordøjelighedsforsøg på en række af de mest anvendte fodertyper og foderleverancer (batches) til de 8 dambrug under modeldambrugsprojektet. Princippet i disse kontrollerede forsøg er at undersøge, hvor stor en del af det indtagne foder - specifikt fedt-, protein- og kulhydratindholdet i foderet - der udskilles som fækalier. Disse værdier er indsat i beregningerne af produktionsbidrag for den relevante batch. Hvis batchen ikke er undersøgt mht. fordøjelighed, er der anvendt gennemsnitstal fundet for den relevante fodertype. I enkelte tilfælde, f.eks. i forbindelse med leveringer

af små fodermængder, er der anvendt estimerede værdier for fordøjeligheden af foderet. Fordøjeligheden af træstof er i alle tilfælde sat til 0.

Måleår	COD	Mod. Bl_5	Tot N	NH_4^+-N	Tot P	Bidraget kommer fra
1	61.932	21.676	8.973	6.876	1.212	10 produktionsenheder
2	79.795	27.928	12.202	9.893	1.368	10 produktionsenheder
1	0	0	134	126	0	I forbindelse med levering
2	0	0	185	175	0	I forbindelse med levering
1	1.076	377	225	189	34	Sættefiskeanlægget
2	2.118	741	400	324	54	Sættefiskeanlægget

Tabel 4 Produktionsbidrag (kg pr. år) for hvert af de to måleår på Rens Dambrug.

I den samlede toårige måleperiode er der udført fordøjelighedsforsøg på fire forskellige foderleverancer til dambruget.

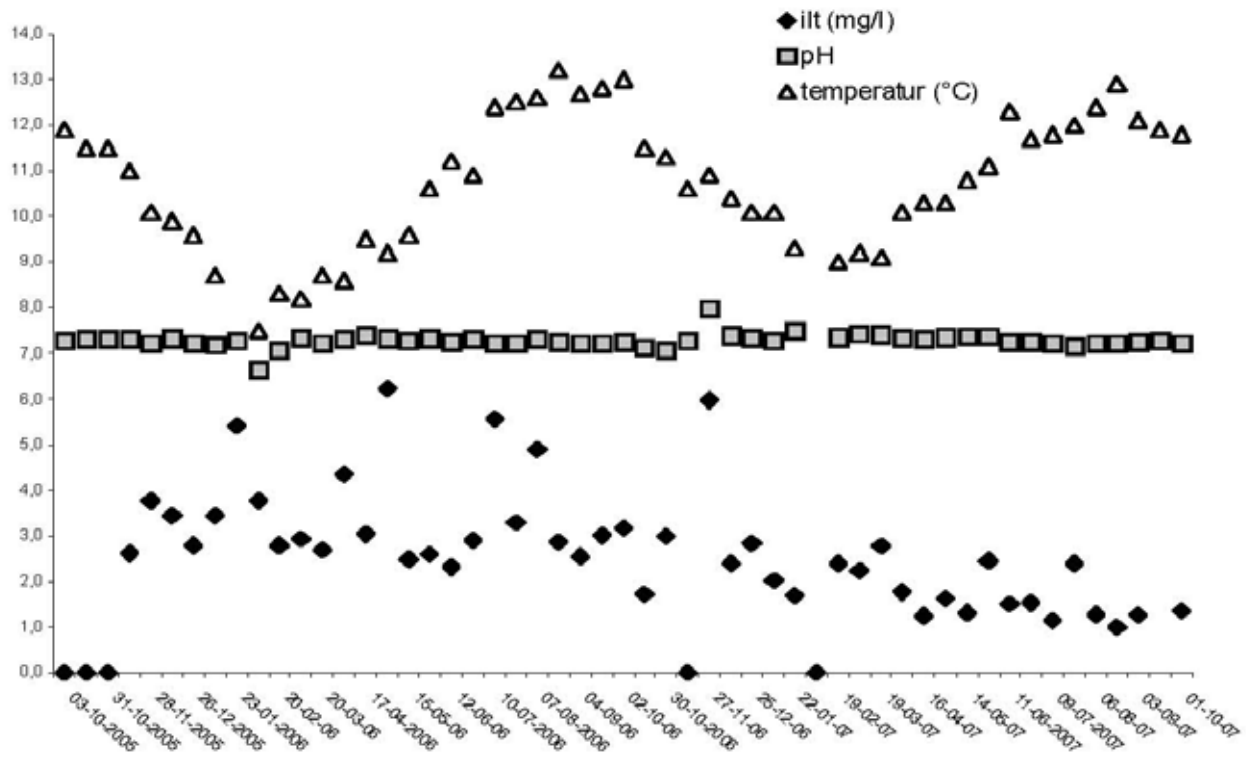
Der er ikke foretaget foderspildsundersøgelser på Rens Dambrug, men sygdomsproblemer med nedsat appetit, som det har været tilfældet på Rens Dambrug, kan dog erfaringsmæssigt give anledning til foderspild. Foderspildsundersøgelser på nogle af de syv andre modeldambrug viser, at der under normal drift af modeldambrug kun forekommer et ubetydeligt foderspild. I lighed med erfaringen fra disse andre foderspildsundersøgelser under projektet, forventes der heller ikke på Rens Dambrug at være foderspild af nogen betydning under normale driftsforhold. Der kan dog som nævnt være situationer, hvor foderspild kan forekomme som følge af nedsat appetit hos fiskene. Det tidligere estimat for første måleår på gennemsnitligt 1 % foderspild på Rens Dambrug fastholdes derfor. Dette begrundes i, at der forekommer et uundgåeligt foderspild fra fiskefoderet på grund af støv & smuld, og at der som nævnt undertiden kan risikeres et mindre foderspild i forbindelse med dambrugsdrift (*Thomsen & Andersen, 2006*). Dette spild estimeres til i alt 1 %.

4 Temperatur, pH og ilt

Der er hvert tiende minut foretaget elektroniske registreringer af temperatur, pH og ilt i produktionsanlægget og i plantelagunen. Hertil kommer, at der i forbindelse med udtagning af vandprøver hver 14. dag er målt temperatur, pH og ilt med håndholdte instrumenter på dambruget. Dataene er blandt andet indsamlet 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 manuelt hver 14. dag er medtaget i stedet for de kontinuerte registreringer.

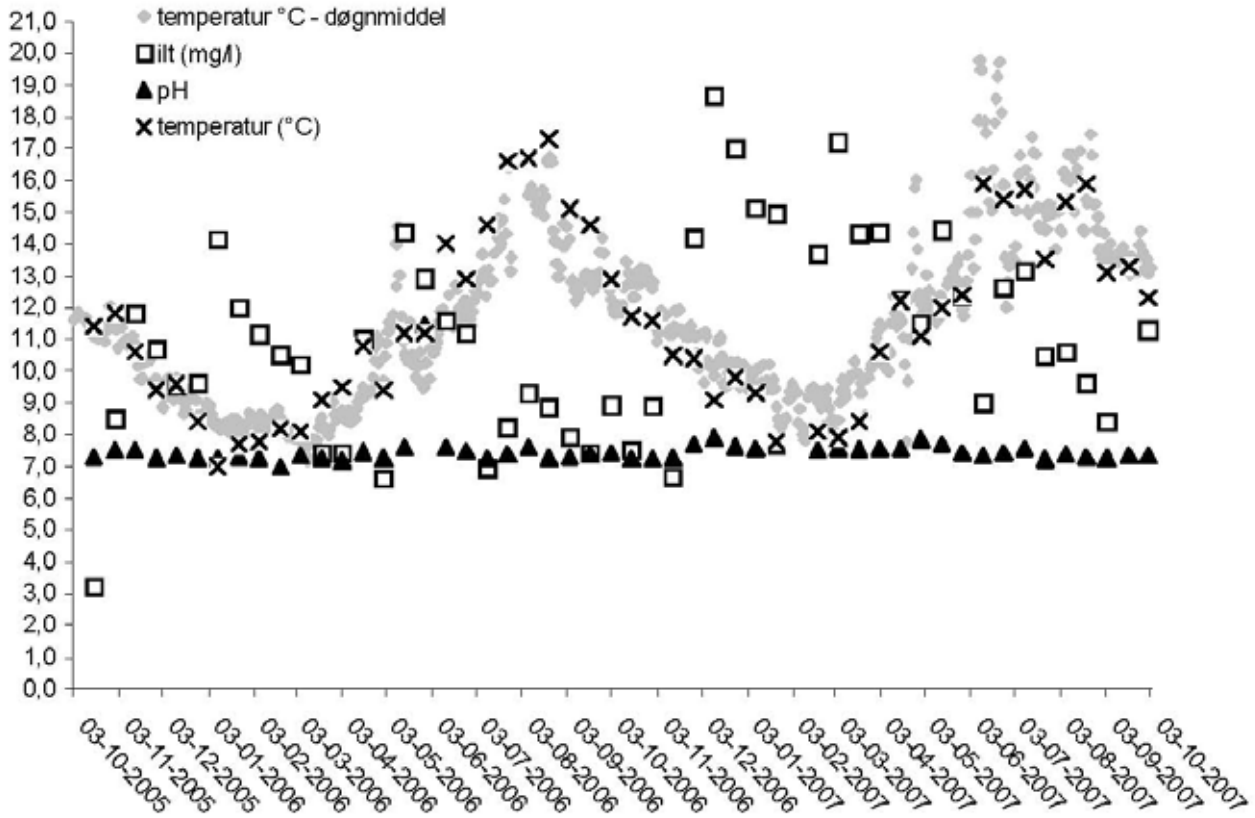
Iltindholdet i indtagsvandet i starten af måleprogrammet er omkring 0 mg/l, men er herefter højere men dog generelt fortsat på et lavt niveau, typisk omkring 3 mg ilt/l med en faldende tendens igennem måleperioden (figur 3). pH viser stabilitet og er i gennemsnit 7,28 for begge måleår. Også temperaturen er relativt stabil (generelt 8-13 °C) med små variationer, der følger årstiden.



Figur 3 Temperatur, pH og ilt målt hver 14. dag i indløbsvandet til produktionen på Rens Dambrug over de to måleår.

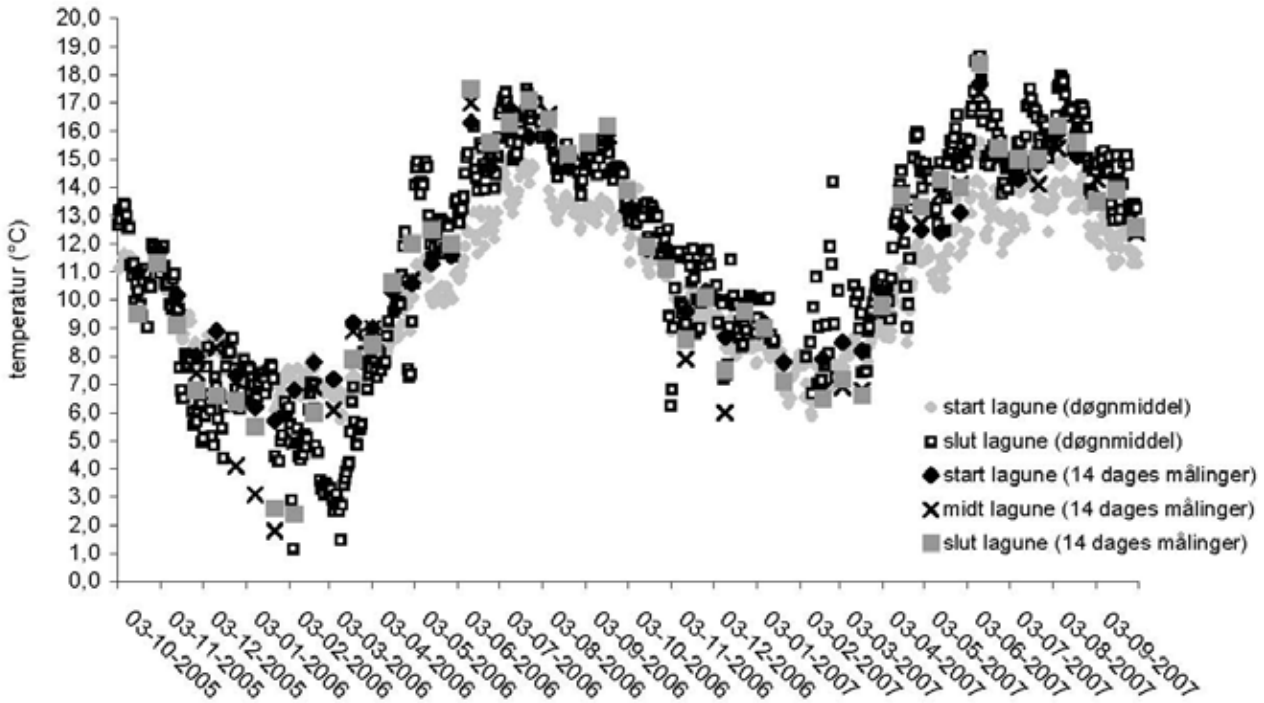
Temperaturen i produktionsanlægget er som minimum 7-8° C om vinteren og dermed relativ høj og når kun op omkring 17° C om sommeren (figur 4). Dette er hensigtsmæssigt, idet man kan opretholde en efter årstiden høj produktion, selv i de koldeste måneder. På andre dambrug kan vandet, når det er koldest om vinteren, have så lav en temperatur at der knapt kan udfodres.

Iltindholdet er højt i produktionsanlægget, gennemsnitligt 11 mg/l, hvilket synes optimalt for vækst og god foderudnyttelse blandt fiskene. Der er en tendens til lavere koncentrationer om sommeren, hvor vandets iltkapacitet er mindre og iltforbruget samtidigt er højest. pH-værdien er igennem hele perioden stabil og varierer ikke med årstiden. Gennemsnitligt er pH relativ høj, idet den ligger på 7,42 (figur 4).



Figur 4 Ilt, pH og temperatur nedstrøms biofiltre i produktionsanlægget for begge måleår på Rens Dambrug.

Vandtemperaturen to steder i plantelagunen er begge måleår målt kontinuert hvert 10 minut og derefter udregnet som døgngennemsnit i plantelagunens indløb (”start lagune”) og i det sidste afsnit i plantelagunen inden beluftning af vandet (”slut lagune”) (figur 5). Endvidere er der foretaget målinger hver 14. dag med håndholdt instrument på de samme stationer samt halvvejs nede i plantelagunen (”midt lagune”) (figur 5). Det fremgår at vinteren 2005/2006 var noget koldere end vinteren 2006/2007 (gennemsnits lufttemperaturen i december 2005-marts 2006 var også 4,7 ºC lavere end tilsvarende periode årets efter) mens der i begge somre (2006 og 2007) ses omtrentligt samme temperaturer, og der sker her en mindre opvarmning af vandet ned gennem plantelagunen.

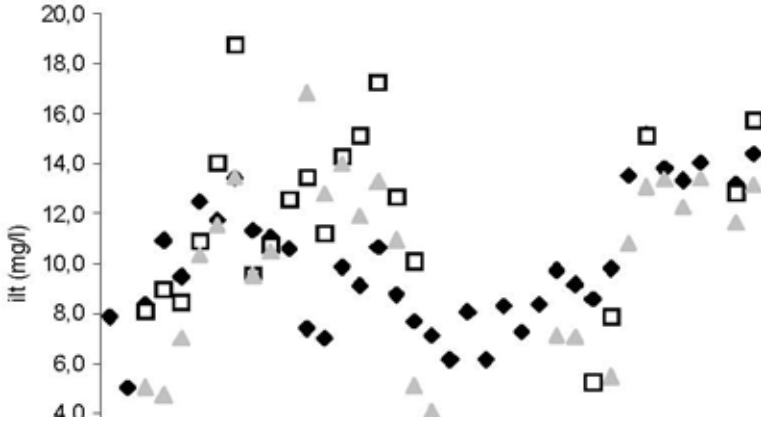


Figur 5 Vandtemperaturen i plantelagunen på Rens Dambrug over begge måleår. Der er målt kontinuerligt (hver 10 minut omregnet til døgngennemsnit) og med håndholdt instrument manuelt hver 14. dag på forskellige stationer, som angivet i figuren.

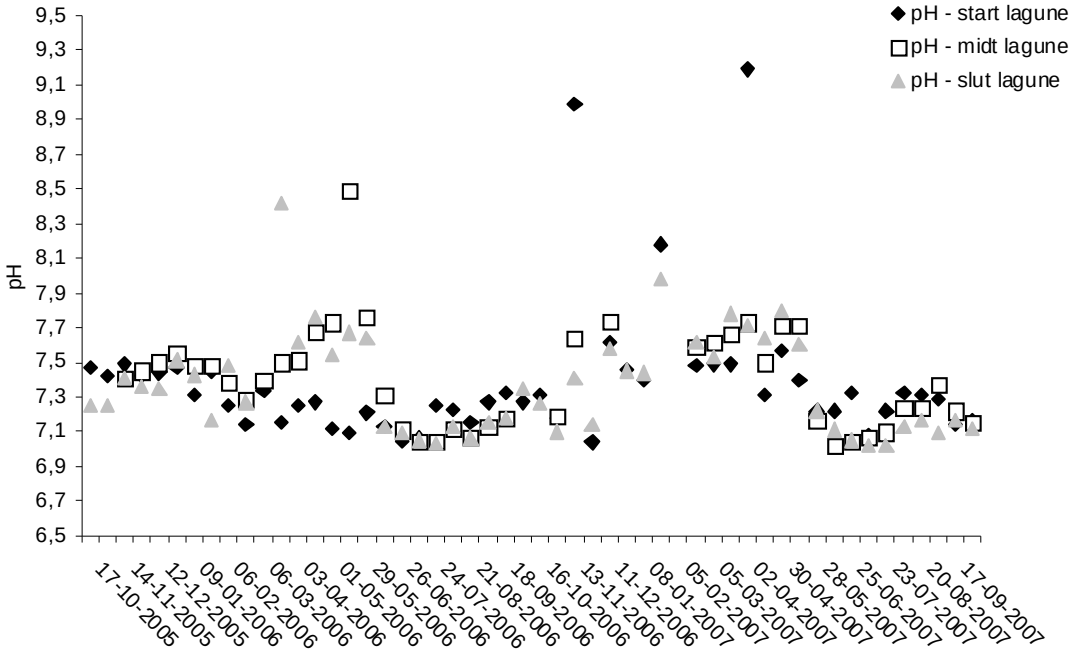
I lighed med tendensen i produktionsanlægget, er der også et lavere iltindhold om sommeren end om vinteren i plantelagunen (figur 6). Iltindholdet i plantelagunen er relativt højt opstrøms, hvor tilførslen fra produktionsanlægget føres i plantelagunen, men i sommerhalvåret (maj-oktober) er der betydeligt lavere iltværdier i midten og nedstrøms i plantelagunen. I vinterhalvåret ses der ikke noget tydeligt fald i iltindhold gennem plantelagunen.

Eftersom der både findes aerobe og anaerobe forhold i plantelagunen findes der både ilt til omsætning af for eksempel organisk stof, og iltfrie områder med mulighed for denitrifikation, dvs. dannelse af frit kvælstof (N_2) ud fra nitrat (NO_3^-), som forureningsfrit kan afgasse til atmosfæren.

pH-værdier i plantelagunen kendetegnes ved en vis variation henover måleperioden (figur 7) med de laveste værdier om sommeren, hvor produktionen og stofomsætningen, og dermed CO_2-dannelsen, er højest og vandet derfor forsures. pH-værdien opstrøms i plantelagunen varierer mere end det måske kunne forventes ud fra produktionsanlæggets pH-værdier, hvilket formentlig skyldes naturlig produktion og at der tilledes klaringsvand fra slambassinerne opstrøms i plantelagunen.



Figur 6 Iltindhold (mg/l) målt tre forskellige steder hver 14. dag i plantelagunen gennem to måleår på Rens Dambrug.



Figur 7 pH-værdi målt manuelt tre forskellige steder hver 14. dag i plantelagunen gennem to måleår på Rens Dambrug.

5 Vandflow i dambruget

5.1 Måling af vandflow

Flowet bliver registreret kontinuert hvert 10. minut 7 steder på dambruget (tabel 5). Registreringen sker på alle målestederne ved hjælp af elektromagnetiske flowmålere (vandure), der måler nøjagtigt med en usikkerhed på mindre end 1 %. 2 af de elektromagnetiske flowmålere har haft perioder, hvor data enten er gået tabt eller har været fejlbehæftede. Problemerne har skyldtes underdimensionering af en af målerne (udløb klaret slamvand) og elektronisk støj (udløb fra de 10 produktionsenheder). Det største problem heri er, at flowmængden af klaret slamvand, ikke er blevet målt korrekt i hele det første måleår og en del af 2. måleår. Det er i denne periode antaget, at afløbet fra slambassinerne svarer til den tilledte mængde (8), hvilket er noget usikkert, bl.a. fordi der er konstateret overløb fra slambassinerne. Udløbet fra produktionsanlægget kan opgøres ved hjælp af data fra indløbet (2) og skyllevand (8). Problemerne med flowmålerne medfører en forøgelse af usikkerheden i de pågældende perioder, og det vurderes, at usikkerheden på middel-flowdata ved disse målesteder er op til ca. 20 % år 1 og noget mindre år 2.

I tabel 5 findes det gennemsnitlige flow opdelt på hhv. første og andet måleår. Det samlede vandindtag er i gennemsnit 58,1 l/s år 1 og 61,7 l/s år 2. Vandindtaget har således i begge år været lidt mindre end de tilladte 65,0 l/s. Vandindtaget til produktionsanlæg, sættefisk og leveredamme sker fra et drænanlæg placeret under produktionsanlægget.

Målested	Målested	Gennemsnitsflow l/sek.	
		1. måleår	2. måleår
2	Indtagsvand 10 produktionsenheder	56,6	59,1
3	Indtagsvand sættefiskeanlæg	1,5	0,6
4	Indtagsvand leveredamme	0,0	2,0
1 (2+3+4)	Samlet vandindtag	58,1	61,7
5	Udløb fra 10 produktionsenheder	53,8	52,8
7	Udløb fra sættefiskeanlæg og leveredamme	1,5	2,6
8	Til slambassiner fra 10 produktionsenheder, sættefiskeanlæg og leveredamme skyllevand fra biofiltre og tømning slamkegler	2,8	5,3
9	Udløb klaret slamvand	2,8	5,2
5+7+9	Samlet tilløb til plantelagune	58,1	60,7
12	Udløb plantelagune/afløb dambrug	4,0	23,3

Tabel 5 Vandflow (l/s) som gennemsnit ved de enkelte målesteder for 1. og 2. måleår ved Rens Dambrug i de to måleår.

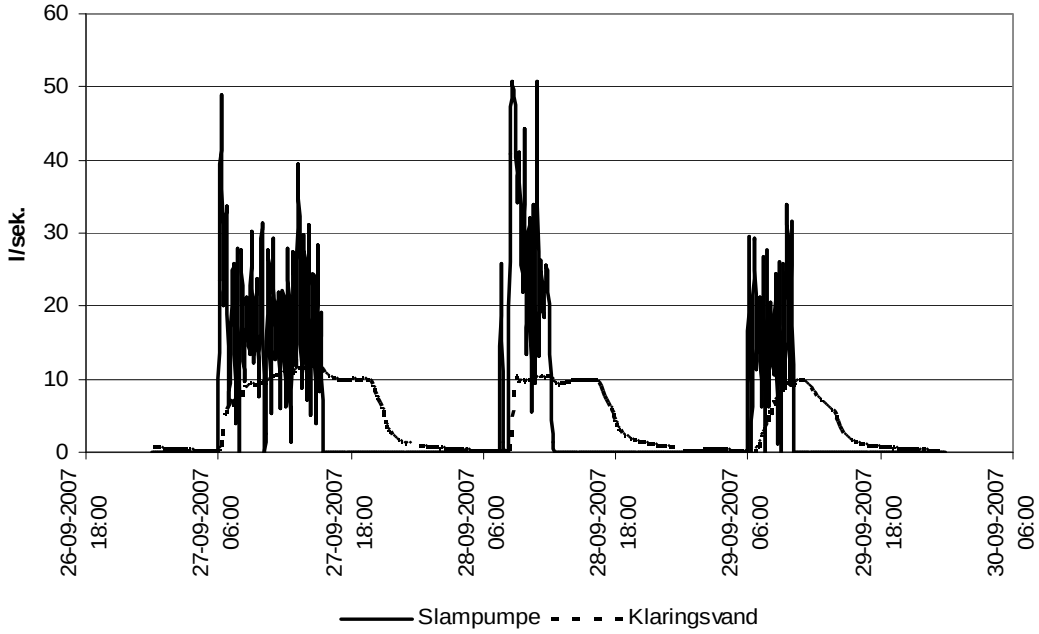
5.2 Returskylning af biofiltre og tømning af slamkegler

For at fjerne partikler bliver slamfælderne (slamkeglerne) i bunden af anlæggene tømt regelmæssigt, og tilsvarende bliver biofiltret (retur)skyllet

ved at sende vandstrøm modsat den normale strømretning. Alt slam bliver pumpet til slambassinerne. Slamkeglerne bliver normalt tømt 1 gang om ugen ved åbning i ca. 50 minutter i de 10 produktionsenheder, og i sættefiskeanlæg og leveredamme tømmes 1 – 2 damme pr. dag ved åbning i ca. 5 minutter. Proceduren for returskylning af biofiltre er, at 2 sektioner skylles på hverdage i mellem 2 og 24 timer, således alle biofiltre skylles en gang pr. uge. Varigheden af returskylningerne er således meget varierende og ofte meget langvarige. Afvigelser fra de faste procedurer kan ske i forbindelse med f.eks. flytning af fisk, sygdomsbehandling mv.

Under tømning af slamkegler og returskylning af biofiltre pumpes ca. 55 l/s fra produktionsanlægget til slambassinerne via en slambrønd (figur 8). Flowet varierer dog meget, idet pumpen ikke kører konstant (kan pumpe mere end der tilføres slambrønden pr. tidsenhed, hvorfor en flyderswitch i slambrønden styrer, hvornår pumpen kører). Den samlede vandmængde, der bliver anvendt til tømning af slamkegler og returskylning af biofiltre er som middel opgjort til 2,8 l/s år 1 og 5,3 l/s år 2. Det svarer til 5 henholdsvis 9 % af indtagne vandmængde til dambruget.

Klaringsvandet, der afledes fra slambassinerne til plantelagunen begynder at løbe kort tid efter skylning og slampumpning påbegyndes (figur 8), idet slambassinerne ikke er indrettet til at kunne rumme slam- og skyllevand uden samtidigt afløb derfra. Endvidere er der flere gange konstateret direkte overløb fra slambassinerne. Afledningsmængden er forholdsvis stor under og umiddelbart efter pumpning, men den er dog noget forsinket, hvilket betinger en vis men ikke optimal mulighed for sedimentation og tilbageholdelse af stof.



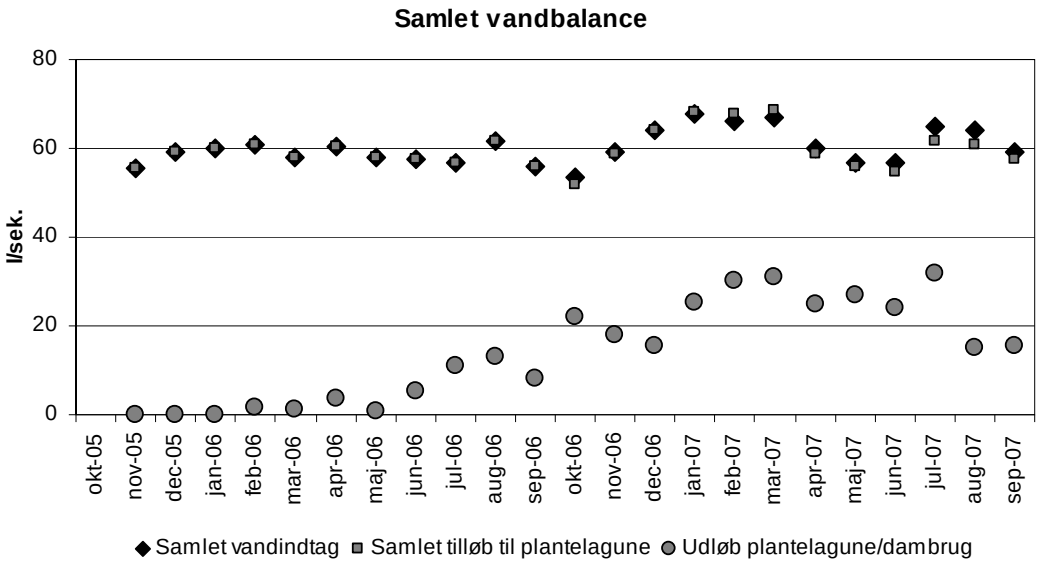
Figur 8 Eksempler på returskylning af biofiltre/tømning af slamkegler og afløb af klaringsvand fra slambassin ved Rens Dambrug (l/s) over 3 døgn september 2007.

5.3 Vandbalance

Det samlede vandindtag svarer overens med det samlede tilløb til plantelagunen. Dette er dog forbundet med en vis usikkerhed, på grund af de omtalte problemer med flowmålerne. Endvidere er der i forbindelse med besøg på dambruget konstateret overløb fra slambassinerne til omliggende arealer. Mængden af overløbet kan ikke vurderes, men det antages dog at være at mindre betydning for vand- og stofbalancerne. Udløbet fra produktionsanlægget er i begge måleår lidt mindre end indløbet, svarende til den mængde vand, der bliver ført væk herfra i forbindelse med returskylning af biofiltre og tømning af slamkegler. Der bliver også brugt en lille mængde vand ved udfiskning og sortering. Inden for måleusikkerhederne går den samlede vandbalance for selve produktionsanlægget op (tabel 5), og herfra sker der således ikke noget tab af vand.

Nedbør og fordampning i produktionsanlæggene har kun en meget ringe betydning for vandbalancen, da det på årsbasis kun vil tilføre hvad der som middel svarer til maksimalt 0,1 l/s.

Udløbet fra plantelagunen, og dermed dambrugets samlede afledning til vandløbet, er som middel for første måleår på kun 4,0 l/s og for andet år 23,3 l/s. Det samlede tilløb til plantelagunen er som middel på hhv. 58,1 og 60,7 l/s (tabel 5). Der kan således konstateres et gennemsnitstab over plantelagunen på ca. 54,1 l/s år 1 og 37,4 l/s år 2 svarende til henholdsvis 93 og 62 % af vandtilførslen hertil. Det samlede vandindtag til dambruget, indløb til og afløb fra plantelagunen ses i figur 9.



Figur 9 Samlet vandbalance over Rens Dambrug de to måleår som månedsmiddel (l/s).

I den første halvdel af måleåret er udløbet stort set tørlagt og derefter er der gradvist kommet et beskedent afløb fra dambruget så der sidst første omkring oktober 2006 løber ca. 20 l/s (figur 9). Der er betydelige variationer i afstrømningen fra dambruget, der bl.a. skyldes reguleringer af

vandstanden i plantelagunen. I 2. måleår er der en tendens til at tabet yderligere aftager, men de sidste 2 måneder bliver det igen meget stort.

Der kan findes 3 mulige forklaringer på tabet af vand fra plantelagunerne:

1. Der sker en nedsivning fra bunden af plantelagunen til grundvandet

2. Der sker en nedsivning til boringer til dambrugets indvinding

3. Der er utætheder i afgrænsningen mellem plantelagunen og vandløbet

Ad 1) Hvis grundvandstanden er lavere end vandstanden i plantelagunen kan der være en nedsivning fra denne. 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 vil ske, hvis grundvandstanden er lavere som under pkt. 1, men da indvindingen af vand til dambruget sker fra dræn under anlægget i umiddelbar nærhed af plantelagunerne, kan det strømme hertil og dermed blive genanvendt i produktionen.

Ad 3) Utætheder og udsivning vil f.eks. kunne opstå, hvis der er en snæver afgrænsning med smalle dæmninger mellem plantelagune og vandløb.

På Rens Dambrug kan det usædvanligt store vandtab skyldes en kombination af alle 3 processer. Det virker sandsynligt, at der sker nedsivning til grundvand, da ådalens materiale er grus/sand. Det forekommer også sandsynligt, at en del af det nedsivende vand vil strømme til vandindtaget i drænet. Hvor meget nedsivning, hvor stor en andel, der strømmer til drænene og hvor meget der siver ud til vandløbet, kan ikke vurderes på det foreliggende datagrundlag. I kapitel 9 og 12 omtales betydningen af dette vandtab if. beregnede rensegrader over plantelagunen.

En mindre del af vandtabet kan skyldes direkte utætheder mellem plantelagunen og vandløbet. På en del af strækningen mellem plantelagune og vandløb er der en dæmning, og der er ved et besøg konstateret gennemstrømning i et gammelt afløbsrør i en kortere periode. Det er vanskeligt at vurdere om dette er foregået mere end kortvarigt, men samlet vurderes det dog, at tabet fra utæthederne er lille i forhold til tabet på grund af nedsivning.

Samlet er vandtabet på Rens Dambrug dog meget stort sammenlignet med de øvrige modeldambrug under måle- og dokumentationsprojektet (*Svendsen et al., 2008*).

I perioden december 2006 – januar 2007 falder der ekstremt meget nedbør, og der registreres 2 - 3 gange mere end normalt for regionen. Endvidere er sommeren 2007 meget nedbørsrig. Der falder 50-60 % mere nedbør år 2 end i år 1. Dette kan givet påvirke vandbalanceforholdene og grundvandstanden i ådalen, og dermed også tabet fra plantelagunen. Faktisk er der tilsyneladende en relativ nær sammenhæng mellem de

måneder hvor der tabes relativt mindst vand over plantelagunen og høj nedbør. Det forekommer endvidere sandsynligt, at der med tiden sker en mindskelse af infiltrationskapaciteten i bunden af plantelagunerne grundet ophobning af fine partikler i den øverste del af sedimentet i plantelagunens bund, som over tid vil mindste vandtabet over plantelagunerne og som måske også er en af forklaringerne på det reducerede vandtab fra slutningen af år 1. Vandtabet er dog stadig på et meget højt niveau.

Som for produktionsenheden har nedbør og fordampning over selve plantelagunen kun ubetydelig indflydelse på middel-vandbalancen, som på et år maksimalt kan udgøre ca. 0,2 l/s. Kun på enkelte dage kan det medføre at vandbalancen viser mere afstrømning af vand end normalt, hvilket kan ske i forbindelse med kraftigt regnskyl (f.eks. vil ca. 50 mm nedbør på et døgn over plantelagunen svare til at der skal løbe 4-5 l/s mere ud af plantelagunen i det døgn).

5.4 Recirkulationsflow

Recirkulationen bliver drevet af blæserne i anlægget, så variationer i flowmængden vil være en funktion af behovet for beluftning. Der vil derfor normalt være sammenhæng mellem flowet og mængden af fisk i anlægget. Recirkulationsflowet i de 10 produktionsenheder er ikke målt på Rens Dambrug. Der kan derfor heller ikke fastlægges recirkulationsgrad, som modeldambrug type III er forudsat til at skulle være på 95 %, hvilket har været opfyldt på alle modeldambrug under måle- og dokumentationsprojektet, hvor det er blevet målt (*Svendsen et al., 2008*).

5.5 Vandforbrug/fodermængde

Ved at sammenholde det samlede vandindtag med det samlede foderforbrug kan det opgøres, at der på Rens Dambrug er brugt ca. 8.940 liter vand pr. kg foder år 1 og 6.870 liter år 2, svarende til 8.090 henholdsvis 6.150 liter vand pr. kg produceret fisk. Dette er en faktor 6 – 8 lavere end i et traditionelt gennemstrømningsdambrug og ca. det dobbelte af hvad der i gennemsnit er anvendt på de 8 modeldambrug under måle- og dokumentationsprojektet (*Svendsen et al., 2008*).

5.6 Hydraulisk belastning af lagune

Baseret på det beregnede areal af plantelagunerne (se kapitel 11) er den gennemsnitlige hydrauliske belastning af plantelagunen 0,007-0,008 (år 1) og ca. 0,008 (år 2) l/s pr. m^2 plantelagune. Det er knap 1/3 af den forudsatte maksimale belastning på 1 l/s pr. 48 m^2 (0,021 l/s/m^2) plantelagune jf. modeldambrugsbekendtgørelsen (*Bekendtgørelse om modeldambrug, 2002).*

6 Stofkoncentrationer forskellige steder på dambruget

Dette kapitel omhandler både målte stofkoncentrationer som beregnede gennemsnit for de to måleår i forskellige målepunkter på Rens Dambrug. De forskellige figurer omfatter både første og andet års måleresultater for at få en præsentation af den samlede måleperiode i en graf.

Gennemsnitskoncentrationer
Tabel 6 giver den beregnede gennemsnitskoncentration af de analyserede vandprøver år 2 ved forskellige målestationer på Rens Dambrug. Endvidere er angivet spredningen på koncentrationerne. Det giver et billede af, hvordan der tilføres stof ved fiskeproduktionen i produktionsanlægget og hvordan der fjernes stof via renseforanstaltninger som slamkegler, biofiltre, slambassiner og plantelagune.

Det bemærkes, at koncentrationerne fra især tømning af slamkegler i de 10 produktionsenheder er meget høje for alle kemiske variable på nær for nitrit+nitrat kvælstof. Skyllevand fra biofiltrene i de 10 produktionsenheder har høje koncentrationer for total kvælstof, total fosfor, organisk og suspenderet stof sammenlignet med afløbet fra disse produktionsenheder. Koncentrationen i det kombinerede slamperkulat fra tømning af slamkegler og returskylning af biofiltre i sættefiskeanlægget er høje og på niveau med returskylning af biofiltrene i de 10 produktionsenheder.

Gennemsnitskoncentrationen ved tømning af slamkegler i de 10 produktionsenheder er en faktor 17 større for suspenderet stof end den tilsvarende gennemsnitskoncentration i returskyllevandet fra biofiltrene i de 10 produktionsenheder. For ammonium kvælstof, opløst og total fosfor samt organisk stof er den en faktor 20-32 større, for total kvælstof en faktor 8 større, mens den for nitrat-nitrat kun er 0,16 gange (dvs. lavere) den tilsvarende koncentration i returskyllevandet fra biofiltrene fra de 10 produktionsenheder. Gennemsnitskoncentrationen i sidste nævnte er en faktor 126 større end i afløb fra de 10 produktionsenheder til plantelagunen for suspenderet stof, og tilsvarende en faktor 1,5-3 større for ammonium og total kvælstof samt opløst fosfor, en faktor 12 større for COD, en faktor 24 henholdsvis 32 større for total fosfor og BI_5, men har samme gennemsnitskoncentration for nitrit-nitrat kvælstof.

Gennemsnitskoncentrationen i klaringsvandet fra slambassinerne er en faktor 39 større end i afløbet fra de 10 produktionsenheder til plantelagunen for suspenderet stof og tilsvarende en faktor 6-8 større for ammonium kvælstof, opløst fosfor og COD, en faktor 13-16 højere for BI_5 og total fosfor, ca. dobbelt så stor for total kvælstof men kun en faktor 0,4 (altså lavere) for nitrit-nitrat kvælstof.

Gennemsnitskoncentrationen i udløbet fra Rens Dambrug er for alle kemiske variable på nær COD højere andet måleår end år 1: suspenderet stof 79 %, ammonium kvælstof 50 %, nitrit-nitrat kvælstof 30 %, total kvælstof 28 %, opløst fosfor 33 %, total fosfor 33 %, BI_5 12 % mens COD er faldet 1 % (tabel 19). Der er også anvendt 38 % mere foder år 2.

Spredningen (Std) på koncentrationerne over det andet måleår er størst ved de høje koncentrationer som for returskyllevand fra biofiltre, slam fra tømning af slamkegler og klaringsvandet fra slambassinerne. Spredningen på koncentrationerne i indtagsvandet er generelt lave på nær for COD, men den procentuelle spredning (spredningen divideret med gennemsnitskoncentrationen) for indtagsvandet er ret høj for total fosfor.

	Susp. stof		NH_4-N		NO_{23}-N		Total -N		Ortho-P		Total -P		Bl-5		COD	
Station	Gen	Std	Gen	Std	Gen	Std	Gen	Std	Gen	Std	Gen	Std	Gen	Std	Gen	Std
Vandindtag	1,0	0,5	0,2	0,0	0,4	0,1	0,8	0,1	0,1	0,2	0,2	0,4	1,0	0,5	15,0	3,5
Afløb sættefiskeanlæg	1,7	0,9	0,4	0,3	2,5	0,6	3,2	0,8	0,1	0,0	0,1	0,0	1,5	0,8	13,5	4,7
Afløb sættefisk. + leveredamme	4,0	3,8	0,4	0,2	1,8	0,6	2,6	0,9	0,0	0,0	0,1	0,0	1,9	0,9	15,2	3,9
Slamperkulat sættefisk + leveredamme	179	115	0,8	1,1	3,9	3,0	13,7	8,0	0,4	0,3	7,0	4,6	51,4	42,0	204	154
Afløb 10 produktionsenheder	2,3	1,0	0,8	0,5	5,6	2,4	7,2	2,8	0,3	0,2	0,3	0,2	2,5	0,8	23,6	4,7
Returskyl biofilter 10 prod.enheder	289	180	1,3	2,3	5,6	3,8	22,1	12,0	0,7	1,5	7,2	4,1	78,7	56,2	297	193
Tømning slamkegler i 10 produktionsenheder	5.048	4.597	25,4	16,3	0,9	1,1	181	84,5	18,3	9,0	168	123	2.497	1.034	6.518	3.471
Klaringsvand slambassiner	90,3	102	6,5	2,8	2,3	1,5	15,7	6,6	2,0	1,0	4,9	3,0	33,1	36,1	149	163
Udløb fra plantelagune år 2	4,3	7,0	0,9	1,0	4,3	1,0	5,9	1,7	0,3	0,2	0,4	0,3	2,6	1,9	25,0	7,8
Udløb fra plantelagune år 1	2,4	1,6	0,6	0,8	3,3	1,8	4,6	2,6	0,2	0,2	0,3	0,2	2,3	1,4	25,4	9,6

Tabel 6 Gennemsnitskoncentration (Gen) for kemiske variable forskellige målesteder på Rens Dambrug år 2. Til sammenligning er indsat gennemsnitskoncentrationer i afløbet fra dambruget år 1.

Gennemsnittet af den procentuelle spredning (målt som gennemsnittet af standardafvigelsen i procent af gennemsnitskoncentrationerne for de enkelte målestationer) er for 6 af de 8 parametre mindre i det andet måleår (tabel 7). Dette kan indikere, at driftsforholdene på produktionsanlægget har været mere stabile i år 2. Den største procentuelle spredning over målestederne findes for opløst fosfor (94 %, år 2) og den laveste er for total kvælstof (38 %).

DMU nr.	Susp	NH_4-N	NO_{23}-N	Total N	Ortho P	Total P	Bl_5	COD
Std % 1. år	77	108	75	67	101	65	61	49
Std % 2. år	82	86	53	38	94	72	61	49

Tabel 7 Gennemsnittet af de relative standardafvigelser for de kemiske koncentrationer for første og andet måleår for Rens Dambrug på målestederne. Standardafvigelserne for hvert målested for de enkelte parametre er beregnet. Herefter er den relative standardafvigelse beregnet som standardafvigelsen divideret med gennemsnitskoncentrationen for målestedet for hver parameter og gennemsnittet for alle målesteder pr. parameter er efterfølgende beregnet.

Koncentrationsforløb for afløb produktionsanlæg og klaringsvand

I de efterfølgende figurer findes en række koncentrationsforløb ved målepunkter, hvor der udledes betydende stofmængder til plantelagunen, som udløb fra produktionsenheden (figur 10-12) og klaringsvand fra slambassinerne (figur 13-15) over begge måleår. Koncentrationsniveauerne kan anvendes som indikation for, hvordan driften er forløbet over tid.

Der er for alle stoffer en koncentrationsstigning i løbet af år 1, hvor der gradvist er bygget en fiskebestand op og hvor flere og flere produktionsenheder er taget i brug. I begyndelsen af år 2 (oktober - november 2006) måles meget høje koncentrationsværdier for alle stoffer, hvorefter koncentrationen falder til et relativ stabilt niveau i vinteren 2006/07 og for-

året 2007 med en efterfølgende koncentrations-top i juni-juli 2007 for nogle kvælstoffraktioner og for fosfor.

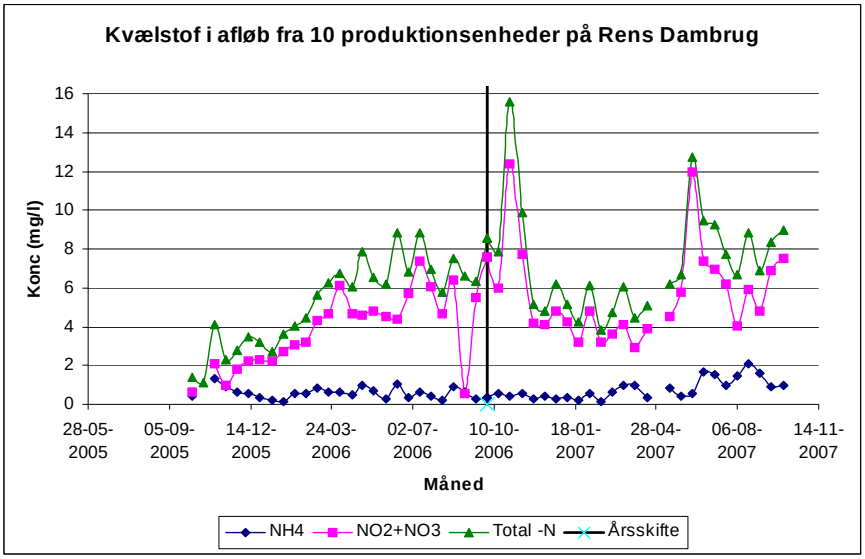
Total kvælstof koncentrationen i afløbet fra de 10 produktionsenheder har et maksimum på 16 mg/l i oktober 2007, hvor nitrit-nitrat koncentrationen når godt 12 mg/l, hvorefter total kvælstof koncentrationen falder til et niveau i vinteren 2006/07 på 3-6 mg/l. År 2 stiger koncentrationen om sommeren til 12 mg/l (figur 13). Nitrit+nitrat kvælstof udgør langt hovedparten af total kvælstof. Ammonium kvælstof koncentration ligger begge måleår lavt på ca. omkring 1 mg/l, men stiger om sommeren til ca. det dobbelte (figur 13). Det tyder på, at anlægget kan omsætte tilstrækkeligt med ammonium til at der opnås en fint lav koncentration ift. fiskeproduktionen.

Koncentrationen af opløst og total fosfor følges ad gennem de to måleår (figur 11) og har i lighed med koncentrationen af kvælstof en markant koncentrationstop oktober-november 2006 (år 1) på over 1 mg/l. I sommermånederne er koncentrationen også relativ høj. Hovedparten af fosforen findes på opløst form.

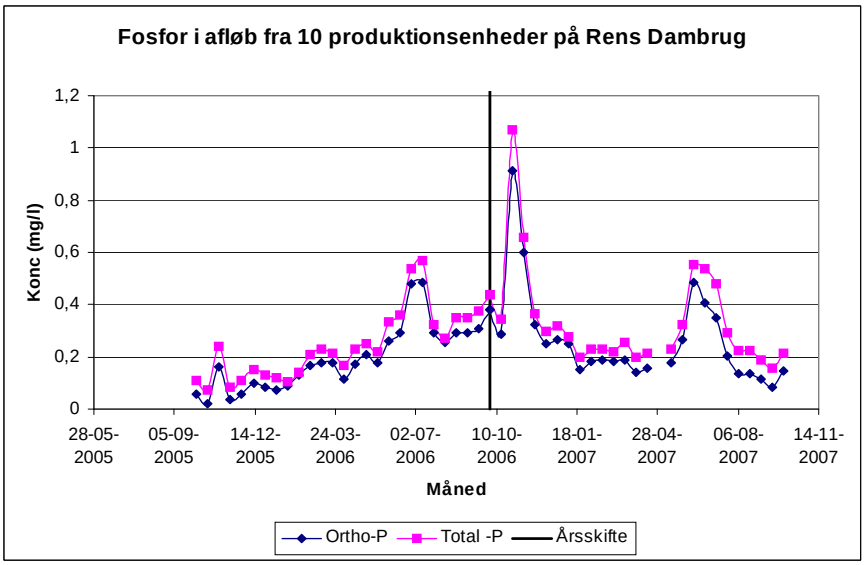
De målte koncentrationsmaksima ved starten af år 2 kan muligvis relateres til sygdomsudbrud (YDS og BKD).

Koncentrationen af organisk stof i afløbet fra de 10 produktionsenhederne, målt som BI_5, og af suspenderet stof er ret konstante gennem begge måleår og ligger typisk på 2-4 mg/l (figur 12). COD koncentrationen ligger typisk i intervallet 19-30 mg/l.

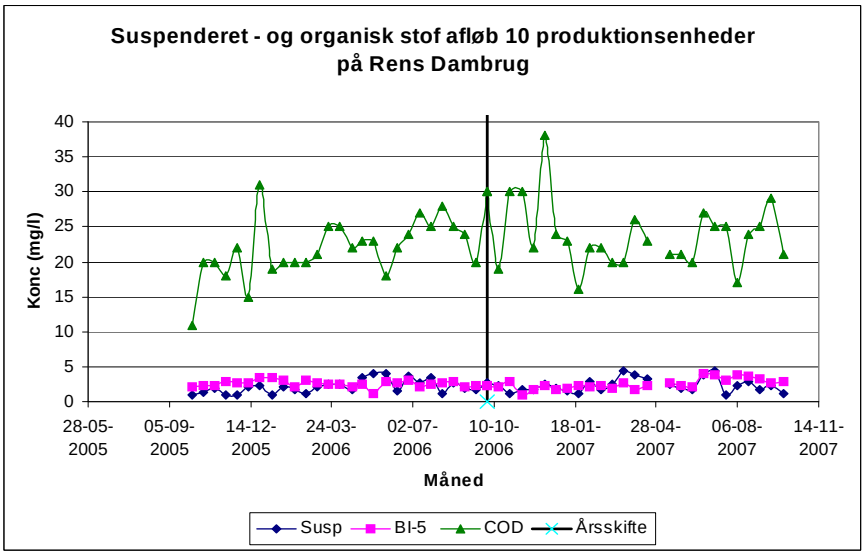
Et betydeligt bidrag - for visse stoffer det største bidrag - til plantelagunen tilføres med klaringsvandet fra slambassinerne (figur 13-15 og kapitel 8). De mængder, der tilføres slambassinerne varierer kun lidt og kan derfor ikke forklare de meget store koncentrationsændringer, der måles for de enkelte parametre gennem måleperioden. Koncentrationsændringerne i klaringsvandet afspejler derfor dels ændringer i produktionsforholdene dels slambassinernes evne/kapacitet til at omsætte og tilbageholde tilført stof. For alle de målte kemiske variable er der i løbet af år 1 en meget markant koncentrationsstigning fra marts til august 2006 for efterfølgende i efteråret 2006 at falde til et væsentligt lavere niveau frem til marts 2007 i andet måleår, hvorefter der sker en mindre koncentrationsstigning frem mod sommeren 2007.



Figur 10

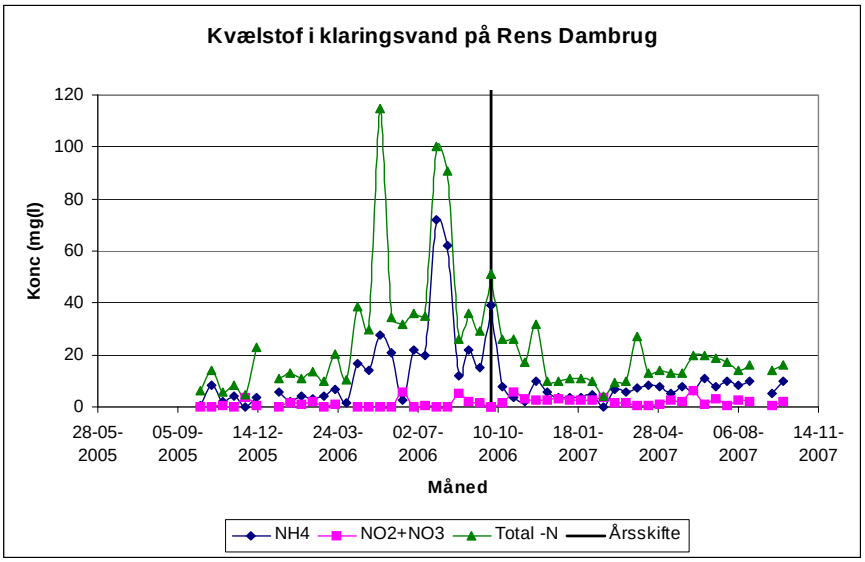


Figur 11

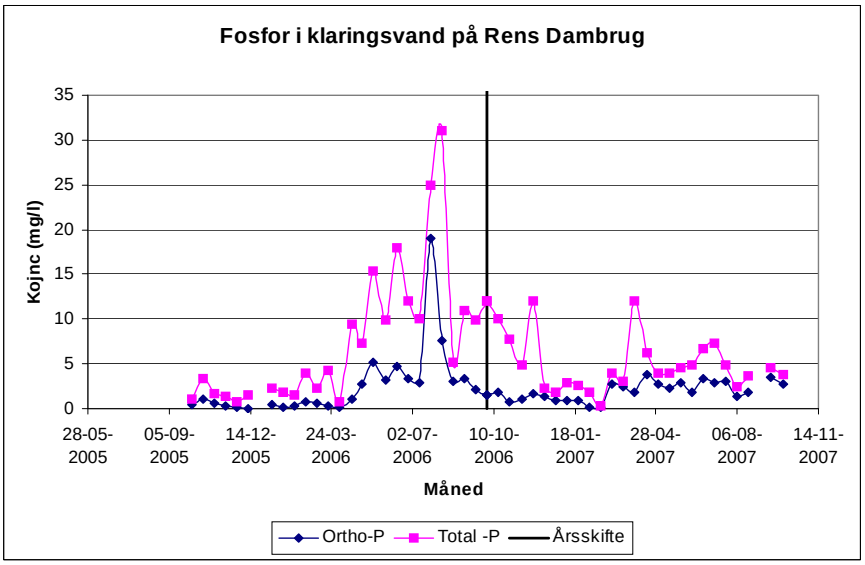


Figur 12

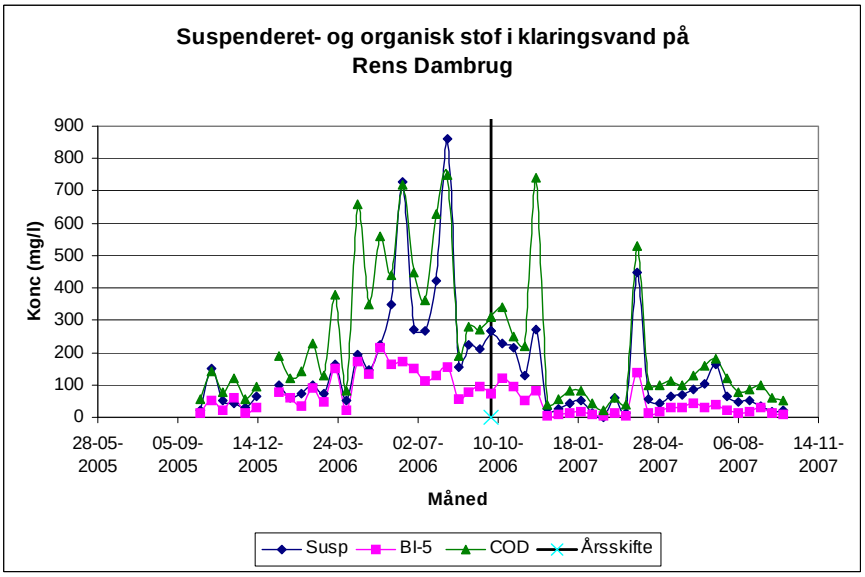
Koncentrationsudvikling nedstrøms biofiltre på Rens Dambrug over de to måleår for ammonium, NO_{23}-N, og total kvælstof (figur 10), opløst og total fosfor (figur 11) samt BI_5, COD og suspenderet stof (figur 12) svarende til afløb fra de 10 produktionsenheder til plantelagunen.



Figur 13



Figur 14



Figur 15

Koncentrationsudvikling i klaringsvandet fra slambassinet på Rens Dambrug over de to måleår for ammonium, nitrat-nitrit og total kvælstof (figur 13), opløst og total fosfor (figur 14) samt BI_5, COD og suspenderet stof (figur 15).

I år 1 var kapaciteten i de to slambassiner kun 600 m^3, der var talrige ukontrollerede overløb også i forbindelse med tilledning af slamperkulat fra slamkegler og biofiltre og ret hurtigt er kapaciteten yderligere reduceret grundet tilbageholdt materiale i slambassinerne. Endvidere blev der anvendt meget variable vandmængder til returskylning af biofiltre. Dette forklarer givet de store koncentrationsvariationer og høje koncentrationer i 2. halvdel af år 1. Ved starten af år 2 etableres ekstra slambassin med yderligere kapacitet på 1.100 m^3 og der bliver mere styr på drift af biofiltre og tømning af slamkegler.

Nitrit-nitrat kvælstof ligger på samme lave niveau, ca. 2 mg/l, begge måleår (figur 13). Total kvælstof varierer generelt afhængigt af ammonium og partikulært bundet kvælstof. Koncentrationen af såvel fosforfraktionerne som organisk stof-fraktionerne følger generelt den samme udvikling som kvælstoffraktionerne med størst variation i koncentrationen af de partikulære fraktioner (figur 14 & 15).

Koncentrationsforløb i indtags- og udløbsvandet

Koncentrationsforløbet over måleperioden for de målte kemiske variable i henholdsvis indtagsvandet til Rens Dambrug og i udløbet fra plantelagunen (dvs. udløb fra dambruget) er vist i figurerne 16 til 23 mens koncentrationen i det vand, der ledes til plantelagunen blev vist i figur 10-15. Forskellen i de vægtede koncentrationer i det vand, der ledes til plantelagunen og udløbsvandet fra denne, afspejler plantelagunes kapacitet til at omsætte/tilbageholde stofferne inklusiv stoftabet i den meget store mængde vand, der tabes gennem plantelagunen.

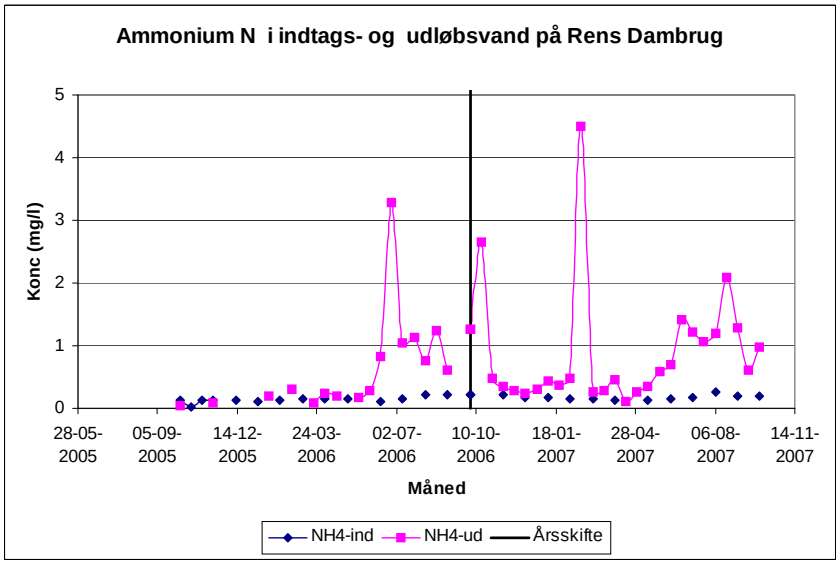
For stofkoncentrationerne i indtagsvandet, der stammer fra dræn under og omkring plantelagunen er der kun små variationer i koncentrationen over de to måleår. Der sker en lille stigning i koncentrationen af ammonium og nitrit-nitrat kvælstof over måleperioden, som antageligt indikerer at en del af nedsivningsvandet genindvindes (figur 16-23).

Af tabel 10 fremgår at gennemsnitkoncentrationen i udløbet fra Rens Dambrug år 2 er højere end i år 1 for alle parametre undtagen COD.

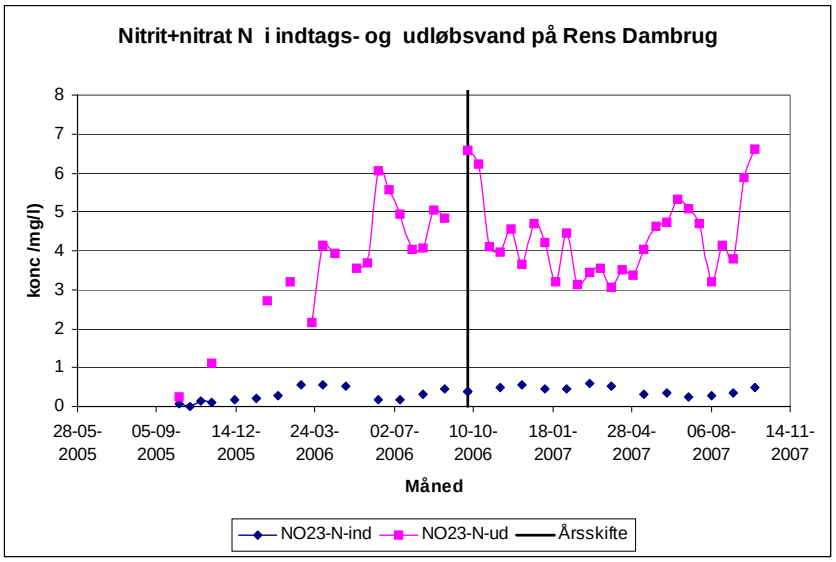
I udløbet fra plantelagunen følger koncentrationerne for kvælstof- og fosforfraktionerne det mønster som blev beskrevet for tilførslerne hertil, med en stigning gennem det første måleår, et mindre fald gennem vinteren 2006/07 og igen stigning om sommeren i andet måleår. De meget store koncentrationsvariationer i klaringsvandet i 2. halvdel af år 1 slår ikke markant igennem i udløbsvandet, men med de meget store vandtab der i år 1 er over plantelagunen er det ikke specielt overraskende.

Midt i februar 2007 findes en høj værdi for så godt som alle kemiske parametre. Der kan ikke gives en umiddelbar forklaring på dette. Der kan have været en eller anden fysisk aktivitet i plantelagunen, som har hvirvlet bundmateriale op fra plantelagunen, men det har så strakt sig over en længere periode da de vandkemiske prøver tages som en puljet prøve.

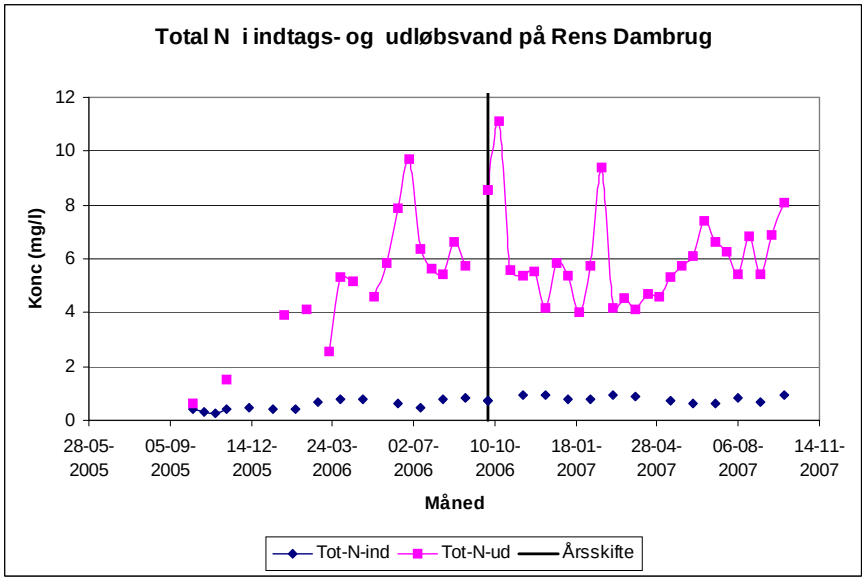
For BI_5 og COD er koncentrationsniveauet ens de to måleår, mens koncentrationen af suspenderet stof er noget højere år 2 (figur 21-23).



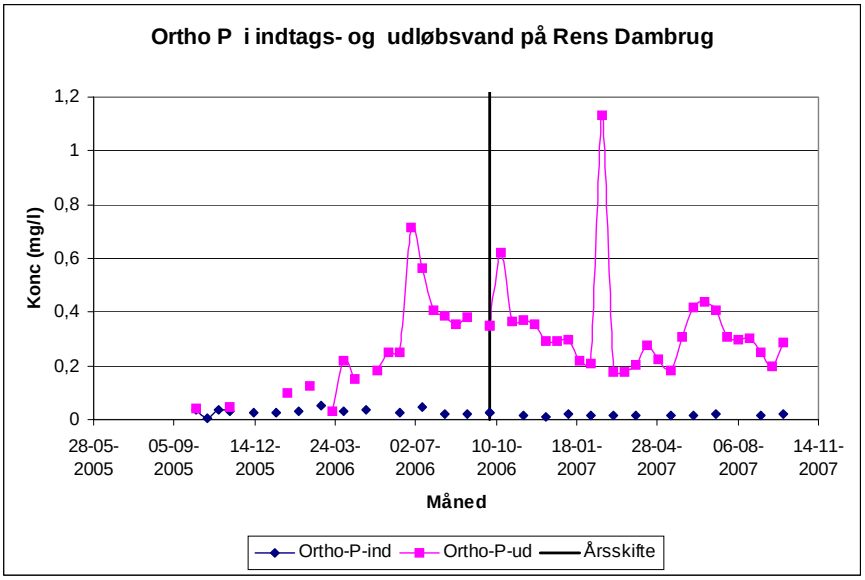
Figur 16 Ammonium kvælstof koncentration (mg/l) i indtagsvandet til Rens Dambrug og i udløbet herfra til Sønderå i første og andet måleår.



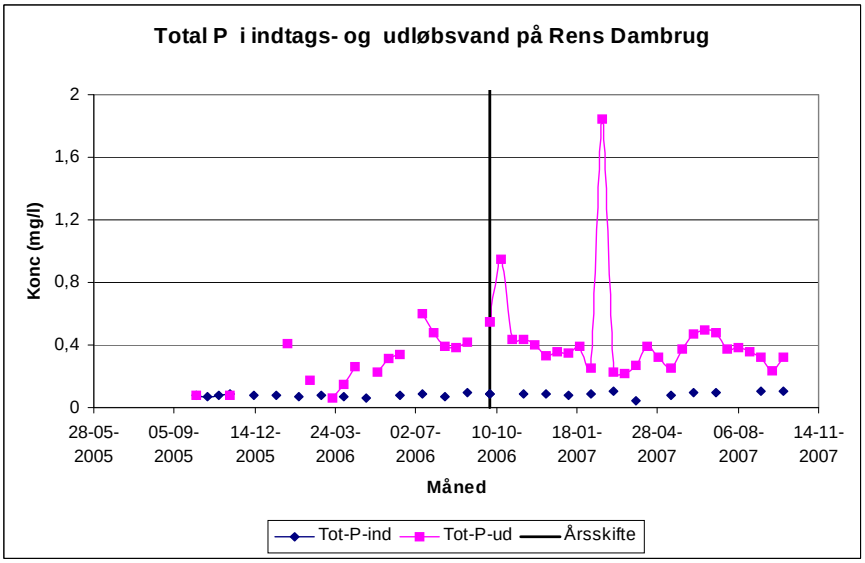
Figur 17 Nitrat+nitrit kvælstof koncentration (mg/l) i indtagsvandet til Rens Dambrug og i udløbet fra dambruget til Sønderå i første og andet måleår.



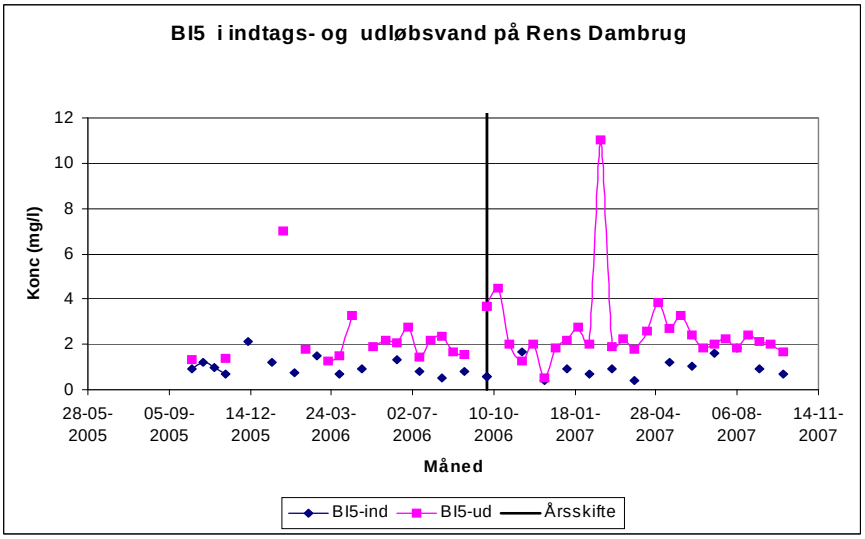
Figur 18 Total kvælstof koncentration (mg/l) i indtagsvandet til Rens Dambrug og i udløbet fra dambruget til Sønderå i første og andet måleår.



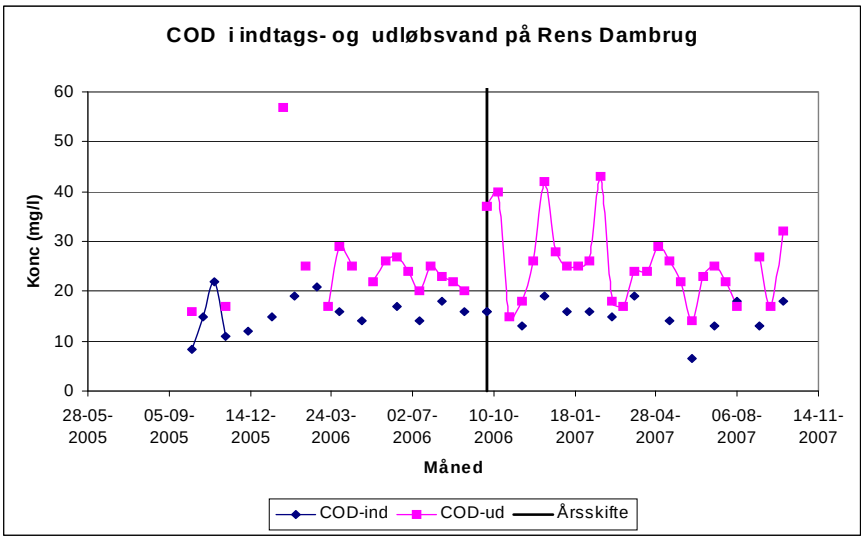
Figur 19 Opløst fosfor koncentration (mg/l) i indtagsvandet til Rens Dambrug og i udløbet fra dambruget til Sønderå i første og andet måleår.



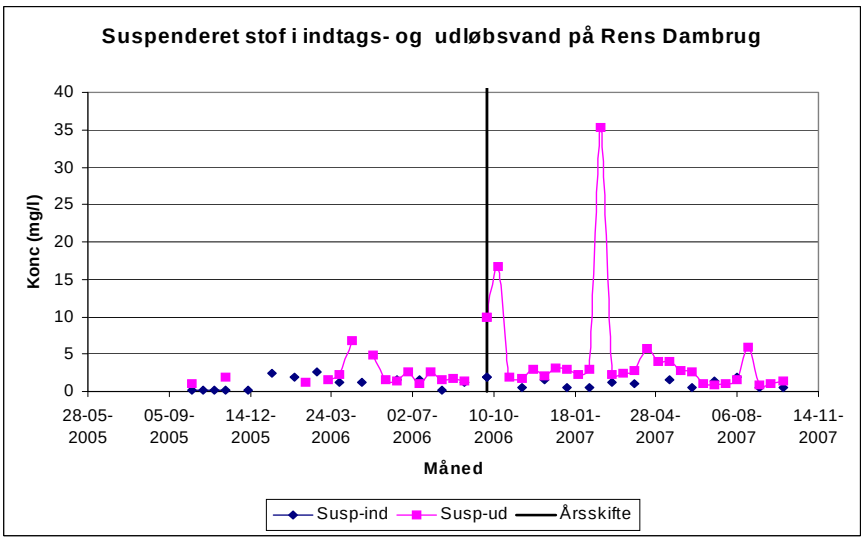
Figur 20 Total fosfor koncentration (mg/l) i indtagsvandet til Rens Dambrug og i udløbet herfra til Sønderå i første og andet måleår.



Figur 21 BI_5 koncentration (mg/l) i indtagsvandet til Rens Dambrug og i afløbet fra dambruget til Sønderå i første og andet måleår.



Figur 22 COD koncentration (mg/l) i indtagsvandet til Rens Dambrug og i afløbet fra dambruget til Sønderå i første og andet måleår.



Figur 23 Suspenderet stof koncentration (mg/l) i indtagsvandet til Rens Dambrug og i afløbet til Sønderå i første og andet måleår.

7 Overholdelse af udlederkrav

I miljøgodkendelsen og efterfølgende tillæg/ændring heraf for Rens Dambrug er der opstillet en række udlederkrav i forsøgsperioden (*Sønderjyllands Amt, 2004*). Om kravværdierne står der i miljøgodkendelsen: ".. er de anførte kravværdier at betragte som en forøgelse af koncentrationen i forhold til det indvundne grund- og drænvand. I praksis laves kontrollen ved at den beregnede kontrolstørrelse sammenlignes med kravværdien plus gennemsnittet af årets prøver af grund- og drikkevand". Sønderjyllands Amt har stillet krav om, at overholdelse af udlederkravene foretages ved tilstandskontrol for alle 5 parametre efter Dansk Standard 2399 (*Dansk Standard, 1999*), dvs. som afløbskontrol og med statistisk kontrolberegning som for afløbsdata fra virksomhed.

DS 2239 er imidlertid beregnet til kontrol alene på udledninger, dvs. hvor der ikke er en koncentration i indløb (indtagsvand) og der alene benyttes prøver i afløbet. 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) o*g anbefalingerne i faglig rapport nr. 60 fra DMU om "Afløbskontrol fra dambrug" (*Larsen og Svendsen, 1998*). Endvidere bør kontrollen for f.eks. total kvælstof 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 koncentrationen 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. som 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, som ikke er mulig) 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 måleår.

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

Kontrol parameter	Kravværdi i Miljøgodk. mg l^{-1}	Udledning efter DS 2399 mg l^{-1}	Udledning efter Bekendt. modeldambrug mg l^{-1}	Teoretiske kravværdier fra Dambrugsbekendtgørelsen mg l^{-1}
Susp. Stof	10	2,89/3,32	2,52/3,54	44 (3,0)
NH_4-N	1,0	0,694/0,794	0,905/0,844	6,0 (0,4)
Total-N	9,0	6,20/6,30	5,77/5,74	9,0 (0,6)
Total-P	0,7	0,358/0,410	0,310/0,349	0,7 (0,05)
BI_5	10	2,56/2,54	2,10/1,63	10,3-14,7 (0,7-1,0)

Tabel 8 Kontrol på udledningerne fra Rens Dambrug for henholdsvis første og andet måleår. De beregnede statistiske udlederværdier er dels beregnet ud fra DS2399 = Dansk Standard for udlederkontrol (dvs. ikke på forskelskoncentrationen over dambruget men alene på udløbskoncentrationerne) dels beregnet efter miljøgodkendelsen men efter metoden anbefalet i Bekendtgørelsen om modeldambrug, jf. *Larsen og Svendsen (1998)* (dvs. på forskelskoncentrationen over dambruget), dog som tilstandskontrol for alle parametre. Udlederkontrollen er angivet for hvert af de to måleår. Der er beregnet efter en statistisk sikkerhed på overholdelse af udledninger på 95 %. Med kursiv er vist, såfremt udlederkravene ikke er overholdt i henholdsvis 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 medianminimum (tilladte vandindtag før ombygning til modeldambrug) på 955 l/s og det maksimale vandindtag efter ombygning (65 l/s) = 14,7.

Udlederkontrollen viser for begge måleår at Rens Dambrug for alle kontrolstoffer til fulde overholder udlederkravene uanset kontrolmetode. Kun for ammonium kvælstof er udledninger ret tæt på grænsen. Selv om der er udledt større vandmængder år 2 hvor der også har været anvendt mere foder, er de beregnede udledninger nogenlunde ens begge år. I år 1, hvor 93 % af det tilførte vand til plantelagunen mistes før udløb, har den meget lille udledte vand- og stofmængde betydet en mindre variation i koncentrationerne, men også år 2, hvor der fortsat er et stort vandtab over plantelagunerne men som dog er reduceret til 62 %, er der tilsyneladende ret små variationer i koncentrationen i udledningerne (se kapitel 6), hvilket bedre sikrer overholdelse af udlederkravene. Sammenlignes udledningerne kontrolleret efter Bekendtgørelsen for modeldambrug udgør disse af udlederkravene år1 / år2:

- Suspenderet stof: 25 % / 35 %
- Ammonium kvælstof: 91 % / 84 %
- Total kvælstof: 64 % / 64 %
- Total fosfor: 44 % / 50 %
- BI_5: 21 % / 16 %

Det skal bemærkes at udlederværdierne er år 2 lidt højere for suspenderet stof og total fosfor som primært opstræder på partikulær form, men lavere for de fraktioner der er opløste / domineret af opløste fraktioner.

I tabel 8 er også angivet, hvad kravværdien ville blive efter Dambrugsbekendtgørelsens vejledende udlederkravværdier, såfremt hele reduktionen i vandindtaget sammenlignet med før ombygningen til modeldambrug blev godskrevet dambruget, svarende til faktor 14,7 (forholdet mellem medianminimum før ombygning på 955 l/s og tilladt maksimalt vandindtag efter ombygning på 65 l/s) på udlederkravværdier. Der er væsentligt skærpede krav for suspenderet stof, ammonium kvælstof og BI_5, hvor kravet er skærpet med henholdsvis en faktor 4,4; 6,0 og 1,47. Udlederkravene er naturligvis også til fulde overholdte, hvis udledningerne sammenholdes med udlederkrav givet med fuld kompensation for reduceret vandforbrug og kontrolleret efter modeldambrugsbekendtgørelsen, idet udledningerne af disse udlederkrav udgør år 1/år 2:

- Suspenderet stof: 5 % / 8 %
- Ammonium kvælstof: 15 % / 14 %
- Total kvælstof: 64 % / 64 %
- Total fosfor: 44 % / 50 %
- BI_5: 14 % / 11 %

8 Massebalancer

8.1 Produktionsbidrag

I følge dambrugets egne registreringer har foderforbruget i andet måleår i produktionsanlægget været på i alt 283,0 tons inklusiv sættefiskeanlægget. År 1 er foderforbruget estimeret - grundet utilstrækkelige registreringer - til 205 tons. Der er år 2 beregnet en produktion på 316,2 tons fisk inklusiv sættefisk (inkl. døde) og foderkvotienten er grundet utilstrækkelige registreringer estimeret til 0,895 for hele produktionsanlægget. I år 1 er foderkvotienten 0,905, hvor der i alt er estimeret en produktion på 226,4 tons. I kapitel 3.2 er redegjort for beregning af produktionsbidraget, som er angivet i tabel 9 for år 1 og år 2 med en antagelse om 1 % foderspild. For år 1 er produktionsbidraget ændret fra 1. års rapporteringen (*Svendsen et al., 2007*) 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	7.002	10.068	9.107	12.387	1.212	1.368	21.676	27.928	61.932	79.795
I kg pr. tons foder	35,1	36,7	45,5	45,2	6,1	5,0	108	101	307	289
I kg pr tons fisk	31,8	32,9	41,2	40,4	5,5	4,5	97,4	90,7	278	259

Tabel 9 Beregnede produktionsbidrag inklusiv sættefiskeanlæg for henholdsvis første og andet måleår på Rens Dambrug opgjort i kg pr. tons samlet foderforbrug og kg pr. tons produceret fisk. I produktionsbidraget indgår der et mindre bidrag af ammonium og total kvælstof (N) i forbindelse med levering. P = fosfor

Det bemærkes, at produktionsbidraget beregnet i forhold til foderforbrug og produktion af fisk i det samlede produktionsanlæg er lidt større i år 2 for ammonium kvælstof (3-5 %), men lidt lavere for total kvælstof, total fosfor og organisk stof. Stigningerne er relativt små, 1-2 % for kvælstof og 6-7 % for organisk stof, men dog 18 % for fosfor. På nær for fosfor kan der være tale om forskelle indenfor usikkerheden på Rens Dambrug, hvorimod der for fosfor sikkert tabes mindre fosfor pr kg foder og pr. kg produceret fisk år 2 grundet lavere fosforindhold i foderet. Dette er tilsvarende set på øvrige modeldambrug under forsøgsordningen, som følge af en ændret fodersammensætning (Sv*endsen et al., 2008*). Der anvendes samme fodertyper begge år og i nogenlunde samme mængdeforhold (se kapitel 3).

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. Herved kan der opstilles massebalancer hen over produktionsanlægget, plantelagunen, slambassiner, over hele dambruget m.v. Stofmængderne er (fraset produktionsbidraget) beregnet ved at gange en daglig vandmængde et givent målested med en tilhørende døgnmiddelstofkoncentration. Vandmængderne måles som beskrevet i kapitel 2 kontinuert i en række målepunkter, for hvilke der er beregnet en døgnmiddel vandmængde. De døgnlige stof-

koncentrationer 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 er to kilder til stofinput: Indtagsvandet (= I) fra dræn under produktionsanlægget og foder som produktionsbidraget (= P). Produktionsbidraget ses som et stofbidrag fra slamkegletømning og returskylning af biofiltre i de 10 produktionsenheder og sættefiskeanlægget og slam fra leveredamme samt via de forøgede stofmængder, der løber ud af produktionsanlægget og med klaringsvandet fra slambassinerne til plantelagunerne ift. indtagsvandet. Produktionsbidraget er opgjort samlet for hele produktionsanlægget.

Produktionsbidraget er den klart væsentligste stoftilførselskilde til dambruget for ammonium kvælst6f (97 %) og BI_5 (94 %), men indtagsvandet har en vis betydning ift. total kvælstof (11 %), total fosfor (21 %) og COD (26 %). Der bruges relativt meget vand pr. kg fisk sammenlignet med de andre modeldambrug under måle- og dokumentationsprojektet, idet der næsten anvendes det maksimalt tilladte vandindtag (65 l/s) og der kun fodres knap 2/3 af det tilladte foderforbrug, hvorfor stofindholdet i indtagsvandet nødvendigvis får en vis betydning for det samlede stofinput.

I tabel 10 er beregnet stofmængderne over de enkelte dele af dambruget. Den stofmængde der tilføres med klaringsvandet fra slambassinerne år 2 er for suspenderet stof, total fosfor og BI_5 henholdsvis 248 %; 43 % og 20 % større end stofmængden, der tilføres plantelagunerne ved afløb fra de 10 produktionsenheder og sættefisk + leveredamme, mens den for ammonium kvælstof er 16 % og for COD 40 % lavere. Kun for nitrit+nitrat kvælstof og total kvælstof er bidraget fra klaringsvandet betydeligt mindre end afløb fra de 10 produktionsenheder og sættefiskeanlægget. De samme er generelt tilfældet i det første måleår (*Svendsen et al., 2007*). Det er således især for partikulært bunde stoffer at klaringsvandet er en vigtig stofkilde til plantelagunerne.

Der er en ret stor usikkerhed på den vandmængde, der tilføres og afledes fra slambassinerne især år 1 (20 % usikkerhed), men også delvist år 2. Det skyldes både manglende lovet montage af flowmåler på slamtilførslen til slambassinerne og overløb fra disse ud på tilstødende arealer samt at der periodisk var afledning fra slambassiner udenom officielle måler. Det vurderes dog, at for år 2 er mængden af klaringsvand og tilhørende kemiske stoffer rimelig sikkert fastlagt, men sandsynligvis lidt underestimeret. Vandmængden til slambassinerne er år 2 målt med en ret lille usikkerhed, til gengæld er der en stor usikkerhed på de tilførte stofmængder. Slamvand til slambassinerne tilføres kun i visse perioder, når slamkegler tømmes og biofiltre returskylles. Vandmængden til slambassinerne måles kontinuert, mens vandprøver til de kemiske analyser kun udtages en gang hver 14. dag. Beregningerne af de tilførte stofmængder er derfor afhængige af, at dambruget laver korrekte tidsangivelser for hvornår der startes og afsluttes tømning af slamkegler og af returskylning af biofiltre, da koncentrationen i de udtagne vandkemiske prøver anvendes for de øvrige dage hvor der tømmes slamkegler og returskylles filtre i en 14. dages periode. Endvidere er det også vigtigt, at al slamtilførsel til slambassinerne sker via den slambrønd, hvorfra slam fra slamkegler og biofiltre pumpes op i slambassinerne, for deri er flowmåleren

monteret. Suges således slam op "udenom" slambrøndene underestimeres tilførslen til slambassinerne. Såfremt opgørelsen på basis af dambrugets registreringer af hvor længe (og hvornår) der returskylles biofiltre og tømmes slamkegler er unøjagtige/mangelfulde vil der være en forskel på den mængde vand, der beregnes i forbindelse hermed og den samlede vandtilførsel, som en målt tilførte til slambassinerne. Dette er kaldt "ekstra skyllevand" i tabel 10, og det fremgår, at det udgør 85 % (141.000 ud af 166.000 m^3). Dette mere end antyder at dambrugets registreringer ikke er præcise. I tabel 10 er den koncentration som er anvendt i "ekstra skyllevand" sat lig den som måles i afløb fra produktionsanlægget, men det er sandsynligvis især registrering af returskylning af biofiltre som dambruget ikke har registreret korrekt (varede nogle gange adskillige timer), således at der med det ekstra skyllevand reelt tilføres slambassinerne mere stof end angivet i tabel 10. Dette understreges af, at der med klaringsvandet fraføres mere suspenderet stof, total fosfor og COD end der er beregnet tilført. Det forklarer også, at der trods højere foderforbrug år 2 tilsyneladende er tilført væsentligt mindre stof til slambassinerne via returskyllevand og tømning af slamkegler og at der år 2 procentuelt er tilbageholdt mindre /tabt mere stof end år 1 i slambassinerne. Problemstillingen uddybes i kapitel 9 og 12.

Det skal dog understreges, at disse forhold <u>ikke</u> påvirker beregnede rensegrader over produktionsanlægget og over dambruget. Det påvirker alene hvor meget af stoftilbageholdelsen/-omsætningen som kan tilskrives biofiltre, slamkegler og slambassin. Hvis tilførslen til slambassinerne underestimeres, vil dette stof i stedet blive beregnet som akkumuleret/omsat i selve produktionsanlægget og samtidig vil tilbageholdelsesprocenten over slambassinerne bliver underestimeret.

Der er også år 1 i kortere perioder usikkerhed på afløb fra produktionsanlægget, men da der generelt ikke er konstateret vandtab over dette, er der ved manglende målinger antaget af vandmængde ind i produktionsanlægget svarer til vandmængde ud. Dette bekræftes af de lange perioder hvor alle flowmålere virker, så usikkerheden er her max. nogle få procent.

Der tilføres også år 2 en del ammonium kvælstof med klaringsvandet til plantelagunen fra slambassinerne grundet nitratreduktion i disse. Trods en forøgelse af slambassinkapaciteten fra 600 m^3 til 1.700 m^3 ved starten af år 2 føres fortsat en betydelig del af det stof, der er tilbageholdt over produktionsanlægget og overført til slambassinerne, tilbage til plantelagunen.

De målte udledninger fra Rens Dambrug af forskellige stoffer er 2. måleår generelt noget større end i 1. måleår. Foderforbruget har været 38 % større. Endelig er det vigtigt, at der grundet knap så stort vandtab over plantelagunen år 2 i gennemsnit er afstrømmet 23,3 l/s mod de yderst beskedne 4,0 l/s i år 1. År 2 er der målt følgende procentuelle stigninger i udledte mængder sammenlignet med år 1: suspenderet stof 570 %, ammonium kvælstof 309 %, nitrit-nitrat kvælstof 430 %, total kvælstof 428 %, opløst fosfor 355 %, total fosfor 423 %, BI_5 518 % samt COD 468 %.

	Vand 1000m^3	Susp kg	NH_4-N kg	NO_{23} N kg	Total N kg	Ortho P kg	Total P kg	Bl_5 kg	COD kg
Indtagsvand (I)	1.945	2.038	345	826	1.542	155	367	1.979	29.360
Produktionsbidrag (P)	-	-	10.392	-	12.787	-	1.422	28.670	81.914
Samlet stofinput (I+P)	1.945	2.038	10.737	826	14.328	155	1.789	30.649	111.274
Slamkegler hele produktionsanlæg	1,7	7.667	37	2	278	29	254	3.941	9.971
Returskylning biofiltre 10 prod. enheder	23	5.856	27	116	447	9	150	1.607	5.917
Slamkegler og returskylning biofilter sætte-fiskeanlæg	0,17	34	0	1	2	0	1	9	37
Ekstra skyllevand (afstemning)	141	138	25	60	113	12	27	145	2.126
Tilført slambassiner i alt	166	13.695	90	178	840	50	432	5.703	18.051
Afløb 10 prod. enheder til plantelagune	1.667	3.953	1.266	9.179	11.783	431	542	4.201	39.395
Afløb sættefisk+leveredamme til pl.lagune	82	276	27	142	201	4	8	152	1.244
Klaringsvand slambassin til plantelagune	165	14.738	1.087	379	2.554	321	788	5.211	24.088
Tilført plantelagune i alt	1.914	18.967	2.380	9.700	14.539	756	1.338	9.564	64.727
Udløb dambrug år 2	735	2.372	519	3.151	4.206	214	272	1.705	17.686
Udløb dambrug år 1	126	354	127	595	796	47	52	276	3.114

Tabel 10 Beregnede samlede stofmængder i andet måleår ved forskellige målesteder på Rens Dambrug. I = stofmængder i indtagsvandet. P = produktionsbidrag fra fiskeproduktionen (foder). Der kan ikke beregnes produktionsbidrag for suspenderet stof, nitrat og orthofosfat. Til sammenligning er indsat afløb fra dambrug år 1. Det gennemsnitlige vandindtag har været ca. 61,7 l/s (år 2) og 58,1 l/s år 1, mens foderforbruget med 283 tons er 38 % større år 2 end år 1. Baseret på faktiske målinger, dvs. der er ikke korrigeret på udløb fra dambruget.

Der vil i et eller andet omfang følge en vis mængde opløste og finpartikulære stoffer med nedsivningsvandet og det vil påvirke de målte udledninger fra dambruget i afløbet. Der er i kapitel 9 vist beregninger med en teoretisk set ”worst case” scenario for dette stoftab svarende til hvad der er beregnet i den faglige slutrapport (*Svendsen et al., 2008*).

9 Rensegrader og stoffjernelse

9.1 Beregning af rensegrader

I dette kapitel beregnes stoffjernelsen over hele dambruget og over delelementerne i produktionsanlæg, plantelagune m.v. Rensegraden beregnes ud fra to beregningsmetoder. Rensegraden 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, hvor (1)

P = produktionsbidraget

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

Denne metode kan kaldes nettorensegraden, 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 bruttorensegrad 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 (2)

Brug af ovenstående formler forudsætter at vandindtaget til dambruget udgør mindre end eller lig med 10 % af vandløbets medianminimumsvandføring, hvilket fuldt ud er opfyldt for Rens Dambrug, da der i begge måleår i gennemsnit er indtaget 6 % af Sønderås medianminimumsvandføring på 955 l/s på strækningen ved dambruget.

9.2 Rensegrader over hele dambruget

Nettorensegrader

Beregninger ud fra målinger i afløbet fra Rens Dambrug til Sønderå (tabel 11) viser, at nettorensegraden (R_N) år 2 over hele dambruget er 79 % for total kvælstof (N), 107 % for total fosfor (P) og 101 % for organisk stof udtrykt som BI_5, hvilket er betydeligt højere end forudsætningerne i jf. *Bekendtgørelsen for modeldambrug (2002)* for type III modeldambrug. Disse nettorensegrader er dog markant påvirket af de meget store vandtab over plantelagunen (se senere). Nettorensegraden kan blive over 100 %, såfremt den målte udledning fra dambruget er lavere end hvad der er tilført med indtagsvandet, dvs. at hele produktionsbidraget plus noget af input med indtagsvandet omsættes/fjernes over dambruget. Bekendtgørelsen forudsætter rensegrader på henholdsvis 11 %, 60 % og 75 % for de

tre kemiske variable for 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. Med de i miljøgodkendelsen forudsatte 6.300 % plantelagune på Rens Dambrug (jf. kapitel 11) svarer dette til ca. 2.300 kg kvælstof pr. år. Omregnet svarer dette til, at nettorensegraden for kvælstof skal være mindst 29 % år 2, hvilket til fulde er opfyldt. Anvendes den rent faktiske gennemsnitlige plantelagunestørrelse på 7.600 m^2 skal nettorensegraden for total kvælstof være mindst 33 %.

Resultaterne fra år 1 er genberegnet og indsat i tabel 11. De viser, at alle nettorensegrader er over 100 % og større end år 2. Især rensegraden for total kvælstof og COD er større år 1, mens den er den samme eller en anelse højere for ammonium kvælstof, total fosfor og BI_5.

Worst case scenario

I de beregnede rensegrader indgår det stof, der er fjernet grundet nedsivning / vandtab fra plantelagunerne. De beregnede rensegrader er derfor et maksimalt mål for permanent stoffjernelse og omsætning. Med de meget store nettovandtab, der er over plantelagunen på Rens Dambrug, hvor noget kan skyldes direkte afløb i Sønderå, er de faktiske rensegrader sandsynligvis lavere end fundet baseret på målinger i afløbet fra dambruget. Der er derfor gennemført et fagligt ganske urealistisk "worst case scenario", som forudsætter at hele nettovandtabet løber direkte i Sønderå med de koncentrationer, der er i indløbet til plantelagunen (vægtede opløste koncentrationer af klaringsvand, afløb fra 10 produktionsenheder samt fra sættefiskeanlæg og leveredamme) uden noget stoftab (tilbageholdelse og omsætning), dog således at for suspenderet stof regnes 10 % af koncentrationen for så fin-partikulært, at det kan føres med nedsivningsvandet, for total fosfor svarer det til alt opløst fosfor, for BI_5 anvendes 4 % af total koncentrationen og for COD 10 %. Worst case scenariet er en situation, hvor man antager, at uanset at det meste af det vand der nedsiver genindvindes til indtagsvand, omsættes / bindes i den umættede zone eller i grundvandet så sættes dette til 0 (ingen stoffjernelse / omsætning, rensning = 0) for at for det absolut nedre mål for rensegrader og højeste værdi for stoftab pr. kg foder og pr kg produceret fisk. Selv i den situation at en større del af vandtabet i virkeligheden er løbet i Sønderå, ville der være en vis tilbageholdelse og omsætning i plantelagunen, hvilket ses af de koncentrationsforskelle, der er mellem indløbet til og afløbet fra plantelagunen. De faktiske forhold ligger så et sted mellem beregningen baseret på målinger og "worst case" beregningerne og ud fra en faglig vurdering tættere på beregningerne ud fra målinger trods det massive nettovandtab på Rens Dambrug.

Med worst case scenariet bliver netto rensegraderne for total kvælstof 21 %, for total fosfor 74 % og for BI_5 101 %. De to sidstnævnte levet fortsat til fulde op til forudsætningerne i bekendtgørelsen, mens total kvælstof kommer 8 procentpoint under forudsætningen.

Senere i dette kapitel og i kapitel 12 drøftes problemstillingen vedrørende muligt tab af stof med nedsivningsvandet ved "worst case" scenariet yderligere.

Man skal være opmærksom på, at for modeldambrug under forsøgsordningen er der dispenseret ift. kvælstofudledninger, således at det er den

forventede rensegrad for fosfor, der initialt har bestemt den tilladte fodermængde. En anvendelse af formlen for beregning af maksimal fodertildeling for et modeldambrug, som den fremgår i *Bekendtgørelsen for modeldambrug (2002)* giver ikke umiddelbart mening at anvende grundet de usikkerheder som de store nettovandtab over plantelagunen giver. Anvendes worst case scenariet ville dambruget faktisk få reduceret fodertildelingen sammenlignet med under forsøgsordningen grundet den lave nettorensegrad for kvælstof som da beregnes. Anvendes i stedet de fundne rensegrader år 2 ud fra målingerne kunne Rens Dambrug øge foderforbruget ift. før ombygning med en faktor 4,43, reguleret på rensegraden for total kvælstof. De opnåede rensegraderne for fosfor og BI_5 ville reelt ikke give nogen foderbegrænsninger. Man skal være opmærksom på, at ved den nuværende regulering er det ikke alene rensegraderne, der skal opfyldes, men også udlederkravene.

Bruttorensegrader

Forskellen mellem brutto- og nettorensegraderne afspejler, hvor meget stofbidraget fra indtagsvandet udgør af det samlede stofbidrag. I år 2 er det 22 procentpoint lavere for total fosfor og henholdsvis 3 og 8 procentpoint lavere for ammonium- og total kvælstof, 7 procentpoint lavere for BI_5 og hele 30 procentpoint lavere for COD sammenlignet med nettorensegraden. Dette understreger, at det primært er for total fosfor og COD at input med indtagsvandet har nogen betydning for det samlede stofinput til Rens Dambrug. I de beregnede rensegrader indgår det stof, der er tabt grundet nedsivning fra plantelagunerne. Ved worst case scenariet ses de samme relative forskelle mellem netto- og bruttorensegraden.

Der er ikke udregnet rensegrader for suspenderet stof, da det ikke giver mening at beregne et produktionsbidrag for suspenderet stof. Den målte udledning af suspenderet stof er i lighed med de øvrige kemiske variable dog generelt meget lav.

Stofudledning pr. kilo fisk

I tabel 11 er også udregnet stofudledningen i g pr. kg produceret fisk beregnet både ift. den faktiske udledning fra dambruget (brutto) og ift. nettoudledningen fra dambruget år 2 (netto) og de tilsvarende værdier er ligeledes vist for år 1. De tilsvarende værdier er også vist ved worst case scenariet. Med de store nettovandtab der er målt, skal der ikke foretages nogen detaljeret analyse af disse resultater. Som forventet er de målte nettostofudledninger meget lave ikke mindst for de kemiske variable der primært er bundet til partikler, hvor der beregnes nul eller negative værdier for total fosfor og organisk stof. De målte netto stofudledninger er betydeligt større år 2 end i år 1 for alle parametre. I år 2 er foderforbruget større og vandtabet over plantelagunen væsentligt reduceret. Ved worst case scenariet bliver nettoudledningen for især kvælstoffraktionerne væsentlig større end beregnet ud fra målingerne, mens forskellen er knap så stor for total fosfor og organisk stof. Ved worst case scenariet er netto stofudledningerne år 1 lidt større end år 2 for kvælstof fraktionerne og total fosfor, men lavere for organisk stof.

Som sammenligningsgrundlag vises nedenfor de målte netto stofudledninger pr. gram produceret fisk for Døstrup Dambrug (*Fjorback et al., 2003*), som var:

- NH_4-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
- BI_5: 20-28 g pr. kg produceret fisk

	Vand 1000 m^3	NH_4-N Kg	Total N kg	Total P kg	BI_5 kg	COD Kg
Indtagsvand (I)	1.945	345	1.542	367	1.979	29.360
Produktionsbidrag (P)		10.392	12.787	1.442	28.670	81.914
Samlet stof bidrag (I+P)	1.945	10.737	14.328	1.789	30.649	111.274
Målte udledninger fra dambruget (U_M)	735	519	4.206	272	1.705	17.686
Netto udledning fra dambruget U_N (U_M-I)	-1.210	174	2.664	-94	-274	-11.674
Nettorensegraden Rn (%) jf. formel 1		98	79	107	101	119
Bruttorensegraden Rs (%) jf formel 2		95	71	85	94	84
Stofudledningen netto i g/ kg produceret fisk		0,55	8,4	-0,30	-0,9	-36,9
Stofudledningen brutto i g/ kg produceret fisk		1,6	13,8	0,89	5,6	57,8
Som ovenfor ved worst case (WC) scenario:						
WC-Nettorensegraden Rn (%) jf. formel 1		*84*	*21*	*74*	*100*	*109*
WC-Bruttorensegraden Rs (%) jf formel 2		*82*	*19*	*59*	*94*	*81*
WC-Stofudledningen netto i g/ kg produceret fisk		*5,2*	*32*	*1,2*	*-0,1*	*-24*
WC-Stofudledningen brutto i g/ kg produceret fisk		*6,3*	*37*	*2,3*	*6,1*	*69*
Reviderede resultater fra 1. måleår						
Nettorensegraden Rn (%) jf. formel 1		102	103	107	107	141
Bruttorensegraden Rs (%) jf formel 2		98	92	96	99	97
Stofudledningen netto i g/ kg produceret fisk		-0,63	-1,3	-0,40	-7,0	-115
Stofudledningen brutto i g/ kg produceret fisk		0,56	3,6	0,23	1,2	14
Som ovenfor ved worst case (WC) scenario:						
WC-Nettorensegraden Rn (%) jf. formel 1		*72*	*13*	*67*	*105*	*132*
WC-Bruttorensegraden Rs (%) jf formel 2		*69*	*11*	*60*	*97*	*90*
WC-Stofudledningen netto i g/ kg produceret fisk		*8,9*	*36*	*1,8*	*-5,0*	*-89*
WC-Stofudledningen brutto i g/ kg produceret fisk		*10*	*41*	*2,5*	*3,3*	*40*

Tabel 11 Udledninger til Sønderå og rensegrader over Rens Dambrug for andet måleår ud fra henholdsvis samlede stofinput til dambruget (brutto) og ud fra produktionsbidraget (netto) og desuden stofudledningen opgivet som brutto og netto ift. produceret fiskemængde. Endvidere er med kursiv vist netto og brutto rensegrader, og netto- og bruttostofudledninger ved et worst case scenarium. Til sammenligning er indsat genberegnede værdier for første måleår. Se i øvrigt teksten.

De målte nettoudledninger pr. kg fisk er langt lavere begge måleår for Rens Dambrug på nær for total kvælstof, hvor niveauet er det samme. Worst case scenariet giver netto stofudledninger år 2 der for ammonium kvælstof er på niveau med, for total kvælstof er 3-6 gange højere, for total fosfor knap det halve og for organisk stof væsentligt lavere end målt på Døstrup Dambrug. Med de usikkerheder, som det store vandtab betyder for det faktisk stoftab til Sønderå, kan det alene konstateres, at netto-stofudledningerne med overvejende sandsynlighed har været lavere

for alle kemiske variable begge måleår og især for total fosfor og organisk sammenlignet med Døstrup Dambrug.

9.3 Rensegrader over produktionsanlægget og over plantelaguner

I dette afsnit vises resultaterne for stoftilbageholdelse og rensegrader over produktionsanlægget (tabel 12) og over plantelagunerne (tabel 13). Stoffjernelsen i produktionsanlægget er et mål for, hvad der fysisk opsamles i slamkeglerne og biofiltrene og som føres over i slambassinerne. Endvidere omfatter det den omsætning og evt. akkumulering stof som giver anledning til et stoftab i produktionsanlægget samt omsætning i biofiltrene og evt. i slamkeglerne ud over den fysiske tilbageholdelse af stof heri. Stoffjernelsen i produktionsanlægget er fundet som forskellen mellem det stof, der tilføres produktionsanlægget via indtagsvandet og med produktionsbidraget minus det stof, der er målt i udløb fra produktionsanlægget til plantelagunen.

For plantelagunen beregnes stoftilbageholdelsen/-omsætningen som forskellen mellem det stof, der tilføres med afløbsvand fra produktionsanlægget og med klaringsvandet fra slambassinerne minus det stof som løber ud fra dambruget (dvs. afløb plantelagunen).

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

- stoffjernelse i procent af stoftilførslen til produktionsanlægget (tabel 12) og til plantelagunen (tabel 13)

- stoffjernelse i procent af det samlede produktionsbidrag (tabel 12 og 13)

For plantelagunen 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 slamtank (tabel 12). Dette stof er dermed reelt ikke fjernet/tilbageholdt i slambassinerne. Dette er et mål for netto stoffjernelse i/over slamfælder, biofiltre og produktionsanlægget i øvrigt, mens stoffjernelsen udregnet uden der tages højde for afløb af stof med klaringsvandet, er et mål for brutto tilbageholdelse/omsætning i/over slamfælder, biofiltre og produktionsanlæg i øvrigt (hvad der er tilbageholdt/omsat herunder brutto ført over i slambassinerne). 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 m^2 plantelagune pr. dag for at kunne sammenligne bl.a. med andre dambrug (tabel 13).

Ved sammenligning af resultaterne i tabel 12 og 13 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.

Rensegrader over produktionsanlægget

Umiddelbart fjernes store dele af det samlede stofinput til Rens Dambrug i produktionsanlægget for ammonium kvælstof (88 %), total fosfor (69 %), BI_5 (86 %) og COD (63 %) og en lidt højere andel, hvis stoffjernelse alene beregnes ift. produktionsbidraget. Stoffjernelsen af total kvælstof er med 15 % af det samlede stofinput betydeligt lavere. Sammenlignet med år 1 er stoffjernelsen over produktionsanlægget af det samlede stofinput 2-5 procentpoint højere for alle stoffer på nær for total fosfor,, som er uændret. Dette til trods for et 38 % højere foderforbrug år 2. Imidlertid bliver en væsentlig del af det stof, der er ført over i slambassinet ved returskylning af biofiltre og tømning af slamkegler, efterfølgende udledt til plantelagunen med klaringsvandet. Den reelle nettostoffjernelse over produktionsanlægget - når der tages højde for tab med klaringsvandet - er ift. produktionsbidraget 80 % for ammonium kvælstof, 32 % for total fosfor, 74 % for BI_5 og 57 % for COD, mens den er negativ (-2 %) for total kvælstof. For alle parametre er nettostoffjernelsen ift. produktionsbidraget (når der er taget højde for tab med klaringsvandet) 8-22 procentpoint højere end år 1, hvor den største forskel findes for organisk stof. Det er ikke realistisk at nettostoffjernelsen over produktionsanlægget er negativ for total kvælstof i både år 1 og år 2, hvilket indikerer, at enten er stofinputtet til dambruget underestimeret og/eller at der er estimeret for stor stoftilførsel til plantelagunen med klaringsvandet eller i afløbet fra produktionsanlæg og sættefiskeanlægget + leveredamme. Umiddelbart ligger den største usikkerhed på opgørelsen af stofmængder i klaringsvandet. Afløbet fra produktionsanlægget og tilførslen med indtagsvandet er der kun en beskeden usikkerhed på (få procent), ligeledes betragtes kvælstof-produktionsbidraget som ret sikkert (under 5-10 % usikkerhed når der tages højde for en mindre usikkerhed omkring foderforbrug og fiskeproduktion, jf. kapitel 3).

Grundet de i kapitel 8 omtalte usikkerheder på tilførsler til slambassinerne er der ikke beregnet tilbageholdelse over disse i procent af tilførslen ligesom det er tilfældet med procentuelle stoffjernelse over slamkegler og over biofiltre med returskyllevand ift. totalt stofinput og produktionsbidraget. Det fremgår tydeligt af tabel 10 og 12, at tilførslerne til slambassinerne må være klart underestimerede år 2 eftersom det for alle stoffer på nær ammonium kvælstof og BI_5 beregnes, at slambassinerne skulle være en nettostofkilde. Som omtalt i kapitel 8 har det vist sig, at dambruget ikke har fået registreret varigheden af biofilter returskylning og tømning af slamkegler korrekt (dels underestimeret og/eller må mangle mange gange), hvorfor der i opgørelsen må opereres med ”ekstra skyllevand” (udgør 85 % af den samlede vandtilførsel til slambassinet år 2). For de øvrige modeldambrug har dette ”ekstra skyllevand” været ved episoder, hvor returskylning af biofiltre eller tømning af slamkegler er fortsat efter de var renset/tømt, hvorfor dette ”ekstra” vand er påført en koncentration svarende til afløbet fra produktionsanlægget. Samme procedure er anvendt for Rens i tabel 10 og 12 på basis af dambrugets registreringer, men reelt er det tydeligt, at der her skulle have været an-

vendt koncentrationer som målt i henholdsvis returskyllevand og slam ved tømning af slamkegler, på størstedelen af det "ekstra skyllevand" og dermed med højere koncentrationer end i afløbet fra produktionsanlægget. Det er i denne sammenhæng for usikkert at fastlægge hvor stor en andel "ekstravandet", dette skulle ske for, hvorfor det ikke er lavet i denne rapport.

Størrelsen "omsætning inklusiv akkumulation over produktionsanlægget" burde vise, om der f.eks. er en meget stor akkumulation / omsætning af total fosfor og organisk stof i selve anlægget (såsom slamaflejringer uden for slamkegler og biofiltre), dog med det forbehold at alle usikkerheder på massebalancerne akkumuleres i denne størrelse. I år 2 er der tilsyneladende generelt en meget stor omsætning / akkumulation i selve anlægget udenfor renseforanstaltningerne uden at dette på noget tidspunkt er iagttaget. Var der beregnet en større tilførsel til slambassinerne ville "omsætning inklusiv akkumulation" over produktionsanlægget blive tilsvarende mindre. I år 1 ser det omvendt ud til, at tilførslen til slambassinerne til en vis grad kan være er overestimeret, da der beregnes en negativ akkumulation / omsætning. Det pointeres, at netop fordi der er målt på alt både ind og ud af produktionsanlægget, kan disse problemstillinger identificeres. Den samlede stoffjernelse over produktionsanlægget og nettostoffjernelsen herover er kun afhængig af fastlæggelsen af stofinput til dambruget, afløbet fra produktionsanlæg og stoftab med klaringsvandet. Der kan som omtalt være en mindre usikkerhed på sidstnævnte og på produktionsbidraget, men denne er langt mindre end på opgørelsen af tilførslerne til slambassinerne, da de er meget afhængige af korrekte oplysninger fra dambruget, når tilførslerne til disse skal beregnes ud fra kontinuerte målinger af flow og vandkemisk prøvetagning hver 14. dag.

Der er i kg en større stoftilbageholdelse år 2 over produktionsanlægget - også når der tages højde for tab med klaringsvandet – som er på 62 % for ammonium kvælstof, 43 % for total fosfor, 83 % for BI_5 og 68 % for COD. I kg har det samlede stofinput til produktionsanlægget tilsvarende været højere år 2 med på 44 % for ammonium kvælstof, 29 % for total fosfor, 28 % for BI_5 og 21 % for COD, hvorfor der som omtalt tidligere procentuelt er fjernet en del mere stof år 2. På trods heraf beregnes meget lavere stoftilførsel til slambassinerne år 2, nemlig kun mellem ¼ og ½ af tilførslen af år 1 på nær for nitrit-nitrat kvælstof, hvor tilførslen er 40 % højere år 2.

Den øgede ammonium kvælstof fjernelse (nitrifikation) år 2 indikerer, at biofiltrene evner om omsætte mere heraf, og der måles da også 45 % større nitrit-nitrat udløb fra produktionsanlægget år 2. Grundet de usikkerheder, der er omtalt, er der ikke beregnet en nitrifikationsrate. Der foregår også denitrifikation og dissimilatorisk nitrat-reduktion i slambassinerne, som igen grundet usikkerheden på tilførslerne hertil ikke kan kvantificeres. På de andre modeldambrug under måle- og dokumentationsprojektet blev stort set alt tilført nitrat til slambassinerne også omsat heri (*Svendsen et al., 2008*).

Fjernelsen af ammonium i produktionsenheden betyder at der dannes nitrat i biofiltrene. Dermed fjernes der ikke netto 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 på bunden af plantelagunerne er let omsætteligt organisk stof og iltfattige forhold. Noget ni-

trat kan også sive med vandet ud af bunden på plantelagunerne (se kapitel 12) og endelig kan det udledes med udledningerne fra dambruget.

	Vand 1000m^3	Susp. kg	NH_4-N kg	Total N kg	Total P kg	BI_5 kg	COD kg
Indtagsvand (I)	1.945	2.038	345	1.542	367	1.979	29.360
Produktionsbidrag (P)	-	-	10.392	12.787	1.422	28.670	81.914
Samlet stofinput (I+P)	1.945	2.038	10.737	14.328	1.789	30.649	111.274
	(1.833)	(2.474)	(7.460)	(10.419)	(1.388)	(23.916)	(92.180)
Afløb fra produktionsanlægget	1.749	4.229	1.294	11.985	550	4.353	40.639
	(1.743)	(4.065)	(1.019)	(9.301)	(423)	(4.556)	(38.953)
Stoffjernelse over produktionsanlæg	2.775	-2.191	9.443	2.344	1.239	26.296	70.635
	(89)	(-1.591)	(6.441)	(1.119)	(965)	(19.361)	(53.228)
Stoffjernelse i % af input (I+P)			88	15	69	86	63
			(86)	(11)	(70)	(81)	(58)
Stoffjernelse i % af produktionsbidraget (P)	-	-	91	18	87	92	86
			(90)	(12)	(77)	(88)	(84)
Stoffjernelse i slamkegler 10 produktions enheder	1,7	7.667	37	278	254	3.941	9.971
Stoffjernelse i biofiltre	23	5.856	27	447	150	1.607	5.917
Slamperkulat biofiltre+slamkegler fra sættefiskeanlæg	0,2	34	0	2	1	9	37
Ekstra skyllevand	141	138	25	113	27	145	2126
Omsætning (inkl. akkumuleret) over produktionsanlægget			9.353	1.504	807	20.593	52.584
			(6.299)	(-983)	(-41)	(-1.673)	(-9.842)
Stoftilførsel til slambassiner	166	13.695	90	840	432	5.703	18.051
		(43.813)	(142)	(2102)	(1.006)	(21.033)	(63.070)
Stoffjernelse med klaringsvand	165	14.738	1.087	2.554	788	5.211	24.088
		(17.187)	(1.289)	(2.613)	(652)	(7.852)	(25.404)
Tilbageholdelse i slambassiner		-1043	-997	-1715	-356	492	-6037
		(26.626)	(-1.147)	(-511)	(355)	(13.181)	(37.666)
Samlet stoffjernelse over hele produktionsanlæg - justeret for tab med klaringsvand			8.356	-211	450	21.085	46.547
			(5.152)	(-1.494)	(314)	(11.509)	(27.824)
Stoffjernelse over hele produktionsanlæg i % af samlet input (I+P) - justeret for tab med klaringsvand			78	-2	25	69	42
			(69)	(-14)	(23)	(48)	(30)
Stoffjernelse hele produktions anlæg i % af P - justeret for tab med klaringsvand			80	-2	32	74	57
			(72)	(-16)	(25)	(52)	(44)

Tabel 12 Stoffjernelse over hele produktionsanlægget og de tilhørende rensegrader for produktionsanlægget for andet måleår ved Rens Dambrug for de kemiske variable. I parentes er angivet tilsvarende (genberegnede) værdier fra første måleår.

Stoffjernelse over plantelagunen

Vandtilførslen til plantelagunen (tabel 13) er år 2 i gennemsnit kun lidt større (4 %) sammenlignet med år 1. Der er ikke et tilsvarende billede for tilførslen af kemiske stoffer til plantelagunen, idet der år 2 tilføres mere nitrit-nitrat (44 %), total kvælstof (22 %), opløst fosfor (39 %) og total fosfor (24 %), men mindre suspenderet stof (12 %) og BI_5 (23 %) samt næsten ens mængder ammonium kvælstof og COD, trods et øget foderforbrug på 38 % år 2. Dette understeger - som beskrevet ovenfor - at renseforanstaltningerne i produktionsanlægget samlet både absolut og relativt har fjernet / omsat mere stof i år 2.

Den største kilde for stofinput til plantelagunen år 2 er for flere stoffer klaringsvandet fra slambassiner, da tilførslen herfra udgør 79 % af suspenderet stof, 59 % for total fosfor og 54 % for BI_5, men resten kommer fra udløbet fra produktionsanlæg + fra sættefiskeanlæg og leveredamme (de to sidste med ret ubetydelige bidrag). For de fleste øvrige kemiske stoffer er klaringsvandet også en vigtig kilde, da det udgør 45 % af ammonium kvælstof, 42 % af opløst fosfor, 18 % af total kvælstof samt 37 % af COD tilførslen til plantelagunen. Kun for nitrit-nitrat kvælstof er bidraget ubetydelig (4 %). Værdierne for år 1 ligner dem fra år 2, men med tendens til at klaringsvandet år 1 har stået for en endnu større andel.

Plantelagunerne tilbageholder år 2 generelt 10-30 % mindre af alle stoffer målt i kg, på nær nitrit-nitrat kvælstof og fosfor, som er nogle få procent højere. Dette hænger givet sammen med at afstrømningen i udløbet fra dambruget år 2 er en faktor 5,8 større (23,3 l/s år 2 mod 4,0 år 1).

	Vand $1000m^3$	Susp. kg	NH_4-N kg	NO_{23}-N kg	Total N kg	OrthoP kg	Total P kg	BI_5 kg	COD Kg
Tilført plantelagune i alt	1.914	18.967	2.380	9.700	14.539	756	1.338	9.564	64.727
Udløb dambrug	735	2.372	519	3.151	4.206	214	272	1.705	17.686
Tilbageholdelse i plantelagune	1.180 (1.701)	16.596 (20.897)	1.861 (2.181)	6.549 (6.159)	10.333 (11.117)	542 (496)	1.066 (1.023)	7.859 (12.131)	47.041 (61.243)
Tilbageholdelse i plantelagune i % af input hertil	62 (93)	88 (98)	78 (95)	68 (91)	71 (93)	72 (91)	80 (95)	82 (98)	73 (95)
Tilbageholdelse i plantelagune af produktionsbidrag (%)			18		81		75	27	57
Tilbageholdelse i plantelagune af brutto input til dambruget (%)	61		17		72		60	26	42
Tilbageholdelse g m^{-2} dag^{-1} (7.600 m^2)		6,0	0,67	2,4	3,7	0,20	0,38	2,8	17
Worst case stoftab med nedsivningsvand mv. (kg)		*1.169*	*1.467*	*5.977*	*7.444*	*466*	*466*	*236*	*3.989*
Tilbageholdelse i plantelagunen korr. (worst case) (kg)		*15.427* *(18.918)*	*394* *(32)*	*571* *(-131)*	*2.889* *(2.677)*	*76* *(-10)*	*600* *(517)*	*7.624* *(11.669)*	*43.052* *(55.249)*
Tilbageholdelse i plantelagune af input i plantelagunen korr. (worst case) (%)		*81* *(89)*	*17* *(1)*	*5,9* *(-2)*	*20* *(23)*	*10* *(-2)*	*45* *(48)*	*80* *(94)*	*67* *(86)*
Tilbageholdelse i plantelagune af produktionsbidrag korr. (worst case) (%)		*-*	*3,8*		*23*		*42*	*27*	*53*
Tilbageholdelse i plantelagune af brutto input dambrug korr. (worst case) (%)			*3,7*		*20*		*34*	*25*	*39*
Tilbageholdelse i g m^{-2} dag^{-1} korr. (worst case)		*5,6*	*0,14*	*0,21*	*1,0*	*0,03*	*0,22*	*2,7*	*16*
Tilbageholdelse i g pr. m^{-2} dag^{-1} korrigeret (worst case) 1. måleår		*6,8*	*0,01*	*-0,05*	*1,0*	*0,00*	*0,19*	*4,2*	*20*
Tilbageholdelse g pr. m^{-2} dag^{-1} uden korrektion for vandtab 1. måleår		7,5	0,79	2,2	4,0	0,18	0,37	4,3	22

Tabel 13 Beregnet stoftilbageholdelse/-fjernelse over plantelagunen (i gennemsnit 7.600 m^2) det andet måleår på Rens Dambrug, hvor der er vist resultater som de er målt og ved en fagligt urealistisk worst case scenario korrektion (vist med kursiv) for stoftab med nedsivningsvand ud af bunden på disse. Der er også vist de tilhørende rensegrader for de kemiske variable. Den samlede tilførsel til plantelagunen består af afløbsvand fra det samlede produktionsanlæg og klaringsvand fra slambassinerne. Tal i parentes er for første måleår (genberegnet). Se tekst for nærmere forklaring.

Såfremt der ikke tages højde et muligt stoftab med nedsivningsvandet ud af bunden på plantelagunerne tabes/omsættes ca. 78 % af det tilførte ammonium kvælstof i plantelagunerne. Tilsvarende tilbageholdes/omsættes 68-71 % af det tilførte nitrat og total kvælstof, 72-80 % af tilført opløst og total fosfor. Der omsættes også meget let omsætteligt organisk stof (82 % af tilført BI_5), mens tilbageholdelsen af det tilførte COD er lidt lavere (73 %). Tilbageholdelsen/omsætningen er 10-23 procentpoint lavere år 2 for alle stoffer, men er dog begge måleår meget høj sam-

menlignet med andre modeldambrug under måle- og dokumentationsprojektet (*Svendsen et al, 2008*). Der er næppe tvivl om, at de lavere tilbageholdelses procenter år 2 og at disse i øvrigt er meget høje begge måleår kan relateres til det meget store vandtab (93 % år 1 og 62 % år 2), især for de kemiske stoffer på opløst form.

Der kan ikke umiddelbart forventes omsat/tilbageholdt ret meget ammonium kvælstof i plantelagunen. Med det massive vandtab over plantelagunen vil der i et eller anden omfang følge ammonium og nitrat kvælstof, opløst fosfor og opløst organisk stof i et eller andet omfang. Det er ikke muligt at vurdere, hvor vand, der mistes over plantelagunen, ender, men der genindvindes uden tvivl en større andel som indtagsvand til dambruget. Noget af det opløste stof, der følger med nedsivningsvandet vil også blive omsat i jorden under umættede forhold, f.eks. nitrat og BI_5 og en del af det opløste fosfor kan bindes til jordpartikler. Endeligt kan en andel nå grundvandet eller vandløbet længere nedstrøms.

Der er med det tidligere beskrevne, fagligt urealistiske worst case scenarium lavet en beregning af, hvordan stoftilbageholdelsen over plantelagunen og stoftabet ud af Rens Dambrug ville være. Dette scenarie viser, at i år 2 ville 17 % af det tilførte ammonium kvælstof, 6 % af nitrat-nitrit og 20 % af total kvælstof, 10 % af opløst og 45 % af total fosfor samt 80 % af BI_5 og 67 % af COD bliver omsat/tilbageholdt i plantelagunen. Umiddelbart er den faglige vurdering, at de faktiske forhold er tættere på de målte tilbageholdelses-/omsætningsprocenter, hvor en del af ammonium omsætningen og nitratfjernelsen givet sker med nedsivningsvandet, men stadig bør regnes som en reel fjernelse/omsætning heraf, da hovedparten næppe nogensinde kan nå til vandløb eller fjernrecipienten.

Den målte stoffjernelse ift. overfladearealet i plantelagunerne er år 2 på 3,7 g N pr. m^2 pr. døgn for total kvælstof, hvilket er godt det tredobbelte af forudsætningen for modeldambrugene på 1,0 g pr. m^2 pr. døgn, som blev fastlagt efter der på Døstrup Dambrug var målt mellem 0,9 og 1,4 g N pr. m^2 pr. døgn (*Fjorback et al., 2003*). Selv ved den fagligt urealistiske worst case beregning overholder kvælstoffjernelsen pr. arealenhed i plantelagunerne i år 2 netop forudsætningen med 1,0 g N pr. m^2 pr. døgn. For ammonium kvælstof, total fosfor og BI_5 er den målte stoffjernelse pr. m^2 plantelagune år 2 henholdsvis en faktor ca. 3; 7 og 1,3 gange højere end resultaterne fra Døstrup Dambrug, som var:

- 0,16 - 0,29 g NH_4-N pr. m^2 plantelagune pr. døgn
- 0,03 – 0,07 g fosfor pr. m^2 plantelagune pr. døgn
- 1,8- 2,5 g BI_5 pr. m^2 plantelagune pr. døgn

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

Ved worst case scenariet beregnes en tilbageholdelse af ammonium kvælstof over plantelagunerne i 2. måleår som er en smule mindre end den nedre værdi fra Døstrup Dambrug, mens der er en nettotilbageholdelse på en faktor større 5,5 for total fosfor og 1,3 større for BI_5 sammenlignet med Døstrup Dambrug.

9.4 Sammenligning af stoftab over dambruget

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

- Produktionsanlæg, hvor der er taget højde for stoffjernelse med klaringsvandet (tabel 14). Der er ikke lavet en opdeling af, hvor meget stof der er fjernet i henholdsvis slamkegler og biofiltre (se afsnit 9.2)

- Plantelagunen

- Vandløbet, dvs. hvad der tilføres af stof til Sønderå ved udløb fra dambruget

I tabel 14 findes værdierne ved:

Samlet nettostoffjernelse = $(PA_s - KV_s) + PL_s + VL_s$, hvor (3)

PA_s = stoffjernelse over produktionsanlægget brutto, dvs. uden kompensation for stoftab fra slambassinerne med klaringsvandet. Omfatter også omsætning og evt. akkumulering i produktionsanlægget

KV_s = stoftab med klaringsvandet fra slambassinerne

PL_s = stoffjernelse / stoftab over plantelagunerne

VL_s = stoftab fra dambruget til vandløbet som sker via udløbet fra dambruget

Nettostoffjernelsen / -tabet i ligning (3) svarer til den samlede stoftilførsel via produktionsbidraget og indtagsvandet.

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

I figur 29 er ligning 3 ændret til:

Samlet bruttostoffjernelse / -tab = $PA_s + PL_s + VL_s$ (4)

og den samlede bruttostoffjernelse / -tab 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 24.

Nettostoffjernelsen over produktionsanlægget (dvs. den faktiske stoffjernelse, når der er kompenseret for stoftab fra slambassinerne med klaringsvandet og omsætning og evt. akkumulering i produktionsanlægget) er år 2 med 78 % for ammonium kvælstof, 69 % for BI_5 og 42 % for COD af den samlede stoffjernelse over Rens Dambrug den vigtigste renseforanstaltning for disse stoffer (tabel 14a). Den tilsvarende værdi for total kvælstof er -2 % (!), hvor plantelagunen med 73 % af den samlede nettostoffjernelse har væsentlig større betydning som renseforanstaltning. Tilsvarende er plantelagunen, baseret på målinger, den vigtigste rensefor-

anstaltning for total fosfor med 60 %, mens COD fjernes i samme procentdel som produktionsanlægget.

Der er lavet en tilsvarende beregning med worst case scenariet (tabel 14b). Dette ændrer ikke på den andel af nettostoffjernelsen som foregår over produktionsanlægget, men da stoftab med nedsivningsvandet her fagligt urealistisk regnes som et stoftab til Sønderå, betyder det, at der i tabel 14b er et større tab til vandløbet og en mindre stoffjernelse over plantelagunen. I worst case scenariet tabes 81 % af total kvælstof og 42 % af total fosfor til vandløbet, mens tabet for de øvrige kemiske stoffer kun er 6-19 %. Selv ved worst case scenariet fjerner plantelagunen mere total kvælstof og total fosfor end renseforanstaltningerne i produktionsanlægget og næsten lige så meget COD. Baseret på målinger er der er ret stort tab af total kvælstof til vandløbet (29% år 2) mens de øvrige kemiske stoffer ligger på 4-16 %.

	NH_4-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 (PA_s – KV_s)	69	78	-14	- 2	23	25	48	69	30	42
I plantelagune (PL_s)	29	17	107	73	73	60	51	25	66	42
Til vandløb (VL_s)	2	5	7	29	4	15	1	6	4	16

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

Worst case scenario	**NH_4-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 (PA_s – KV_s)	69	78	-14	-2	23	25	48	69	30	42
I plantelagune (PL_s)	0	4	26	20	37	33	49	25	60	39
Til vandløb (VL_s)	31	18	89	81	40	42	3	6	10	19

Tabel 14b Worst case scenarie med 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 på Rens Dambrug (kaldet år 1 og år 2). Tal fra tabel 12 og 13, tal for første måleår er genberegnede.

Der tilbageholdes / omsættes relativt mere stof i renseforanstaltningerne i produktionsanlægget år 2, mindre i plantelagunerne og tabes mere til vandløbet uanset om opgørelsen baseres på målinger eller worst case scenariet. Dette understreges af de højere rensegrader år 2 over produktionsanlægget og væsentligt større udledning fra dambruget via udløbet i plantelagunen år 2, hvor sidstnævnte er tæt relateret til at der løber næsten 6 gange mere vand i afløbet.

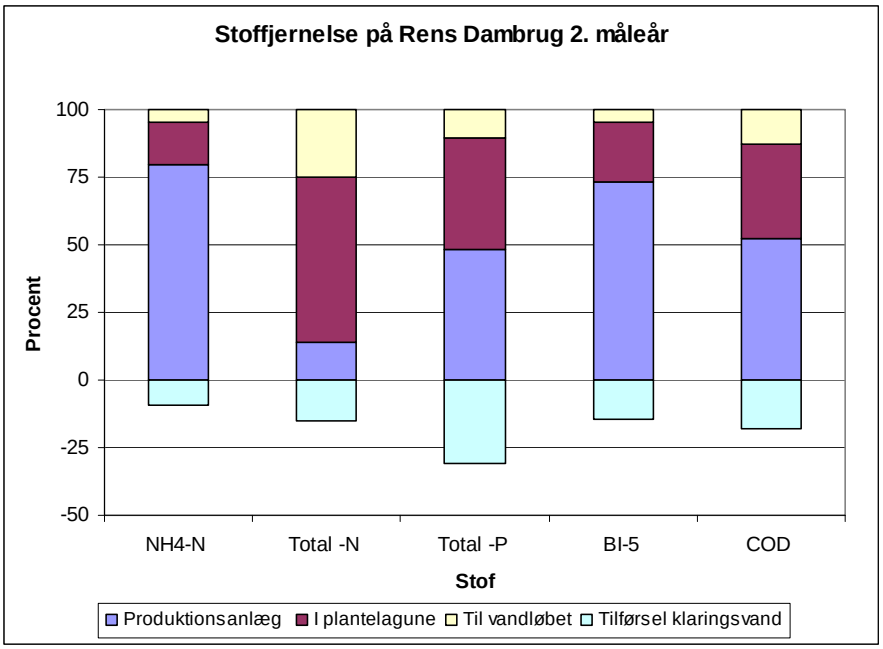
Det skal på ny understreges at den faktiske fordeling af stoftab mellem plantelagunen og vandløbet ligger et sted mellem værdierne i tabel 14a og 14b, men tættest på 14a.

Stofbalance over slambassin

Grundet de omtalte usikkerheder omkring stoftilførslen til slambassinerne er det ikke muligt at lave en egentlig vurdering af hvilken renseforanstaltning i produktionsanlægget, som er den vigtigste for stoftilførslen hertil. Man kan dog ud fra tabel 12 få en grov idé om dette ved at sammenligne den opgjorte, men klart underestimerede, tilførsel til slambassinerne med henholdsvis returskyllevand og slam ved tømning af slamkegler under antagelse af, at de relativt er blevet underestimeret lige

meget. Så fjerner slamkegler tilsyneladende 40-100 % mere af alle stoffer på nær total kvælstof. Herudover skal nitrifikationen medtages i biofiltre, som betyder dette er langt vigtigst for omsætning af ammonium. Det samme blev målt år 1, hvor der med slamkeglerne for total fosfor og organisk stof fjernes 2-4 gange mere end med returskyllevand fra biofiltrene.

Trods stor usikkerhed på opgørelsen af tilførslen til slambassinerne er tabet med klaringsvandet opgjort rimeligt sikkert (måles uafhængigt at tilførslerne). Betydningen af tabet med klaringsvand er vist i figur 24. Der ses et relativt stort tab med klaringsvandet begge måleår, som især for total fosfor er meget stort. Det er ikke hensigtsmæssigt, at en større del af det stof, som allerede er blevet fjernet i slamkegler og biofiltre og ført over i slambassinerne, umiddelbart herefter mobiliseres og ledes tilbage til plantelagunerne. Figur 24 viser et vist potentiale for yderligere netto-stoffjernelse i produktionsanlægget inklusiv slambassiner for nogle stoffer, hvis tabet via klaringsvandet kunne reduceres, herunder også hvis kvælstof- og fosforandelene på henholdsvis ammonium og opløst form reduceres. En del af stoftabet med klaringsvandet kan dog efterfølgende fjernes i plantelagunen, 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.



Figur 24 Stoffjernelse på Rens Dambrug andet måleår. Summen af stof fjernet i produktionsanlægget og over plantelagunerne samt tilført vandløbet er sat til 100 %. Stoffjernelsen i produktionsanlægget er vist som brutto tilført slambassinerne, men da der bliver tilbageført stof med klaringsvandet til plantelagunerne er dette bidrag vist som en negativ stoffjernelse, dvs. nettofjernelsen (%) er forskellen mellem den mørkeblå og den lyseblå søjle. Baseret på tabel 12 og 13.

10 Vandløbsfauna

Der foretages indsamling af smådyrsfauna med henblik på biologisk vurdering af tilstanden. Indsamling af smådyrfaunaen op- og nedstrøms for Rens Dambrug er foretaget på tre lokaliteter i Sønderå. Der er på disse tre lokaliteter også foretaget en beskrivelse og vurdering af de fysiske forhold i vandløbet med henblik på at beregne et vandløbsfysisk indeks (*Pedersen et al., 2007*).

10.1 Fysiske forhold i Sønderå

Stationen opstrøms for Rens Dambrug er beliggende ca. 2 km opstrøms Rens Dambrug ved ejendommen Teptoft. Vandløbet forløber her delvist lysåbent på den ene side omgivet af eng og brakmark, mens der på modsatte side er en bræmme med træer. Vandløbet er ca. 8-10 meter bredt med en overvejende sandet bund. Der er en svag udvikling af høller og stryg med enkelte grusområder i strømrenderne. I vandløbets ene side er der endvidere også et område med grus og enkelte sten. Dybden på strækningen er ca. 0,6-0,8 meter. Undervandsvegetationen dækker ca. 30-40 % af bunden og består af bl.a. Vandranunkel, Vandaks og Smalbladet Mærke. Det fysiske indeks på strækningen har i perioden ligget på 18-21 svarende til moderat fysisk vandløbskvalitet.

Stationen beliggende ca. 100 meter nedstrøms for udløbet fra dambruget er på begge sider omgivet af træer. Vandløbet er ca. 8-10 meter bredt med vekslende bundforhold bestående af sand, grus og en del sten nedstrøms for en bro over Sønderå. Dybden er ca. 0,50-0,70 meter. Undervandsvegetationen dækker 30-50 % af bunden og består primært af Vandranunkel og Vandaks med Smalbladet Mærke langs kanten. Strækningens fysiske indeks har i perioden ligget mellem 21-24, svarende til moderat fysisk vandløbskvalitet.

Den tredje station er beliggende ca. 700 meter nedstrøms for dambruget i Sønderå. Strækningen er overvejende lysåben, dog med træer langs vandløbets ene side, hvor indsamling af prøven finder sted. Vandløbet er her ca. 9-11 meter bredt med en dybde på ca. 0,4-0,6 meter. Bundforholdene er helt domineret af sand, og der forekommer kun ganske lidt fint grus i vandløbets ene side. Vandløbsbunden er stedvis blød. Undervandsvegetationen er veludviklet og udgør 60-70 % af bunden. Det er de samme arter der dominerer som på de to andre stationer. Det fysiske indeks har i perioden ligget mellem 15-20, svarende til moderat fysisk vandløbskvalitet.

10.2 Smådyrfauna

Der er i alt registreret 95 forskellige taxa af smådyr fra de 3 stationer i Sønderå indsamlet af DMU ved de fem prøvetagninger i perioden marts 2005 til juni 2007. De artsrigeste grupper er vårfluer, døgnfluer og snegle med henholdsvis 23, 14 og 10 arter. Dansemyg er ikke artsbestemt, denne gruppe indeholder dog utvivlsomt et stort antal forskellige arter.

De dominerende arter / grupper er alle almindeligt forekommende i jyske vandløb. De dominerende taxa består af ferskvandstangloppen *Gammarus pulex*, kvægmyg (Simuliidae), dansemyg (Chironomidae), børsteorm (Oligochaeta), døgnfluer af slægten *Baetis* og vandbænkebideren *Asellus aquaticus*. Disse seks taxa udgør tilsammen ca. 76 % af det samlede individantal i prøverne. Ud over disse taxa udgør døgnfluen *Seratella ignita*, som kun forekommer i sommerperioden, 13-21 % af smådyrsfaunaen om sommeren. I prøverne fra Sønderå findes en række rentvandskrævende arter. Hertil kan medregnes døgnfluerne *Kageronia fuscogrisea*, *Heptagenia sulphurea*, *Brachycercus harrisella* og *Ephemera danica*, slørvingerne *Isoperla difformis*, *Isoperla grammatica* og *Siphonoperla burmeisteri*, billen *Limnius volckmari* samt vårfluerne *Rhyacophila* spp., *Brachycentrus maculatus*, *Brachycentrus subnubilus*, *Silo* sp., *Lepidostoma hirtum* og *Notidobia ciliaris*. De fleste af rentvandsformerne er dog relativt fåtallige bortset fra døgnfluerne *Heptagenia sulphurea* og *Ephemera danica* samt vårfluen *Lepidostoma hirtum*.

Den biologiske tilstand udtrykkes ved Dansk Vandløbsfaunaindeks DVFI (*Miljøstyrelsen, 1998* og *Skriver et al., 1999*). På opstrøms stationen er DVFI faunaklassen 5, 6 eller 7 gennem hele perioden (tabel 15). Målsætningen for vandløbet er således opfyldt ved alle prøvetagninger.

Tilstanden nedstrøms for Rens Dambrug er i 8 ud af 10 tilfælde DVFI 5, 6 eller 7 på stationen 100 meter nedstrøms dambrugets udledning, mens DVFI faunaklassen på stationen 700 meter nedstrøms i 8 ud af 10 tilfælde er 5 eller 6. I de sidste to tilfælde har faunaklassen været 4 og målsætningen var i disse tilfælde derfor ikke opfyldt på både stationen umiddelbart nedstrøms for dambruget og stationen længere nedstrøms, men begge tilfælde optræder før ombygning og ibrugtagning af Rens Dambrug til modeldambrug. Siden ombygning til modeldambrug er der således ikke konstateret nedstrøms DVFI-værdier under 6.

	DMU/amt/kommune	Sønderå Opstrøms	Sønderå umiddelbart nedstrøms	Sønderå ca. 400 meter nedstrøms
April 2004	Sønderjyllands Amt	7	5	5
Oktober 2004	Sønderjyllands Amt	6	4	4
Marts 2005	DMU	7	6	6
Maj 2005	Sønderjyllands Amt	5	6	5
September 2005	Sønderjyllands Amt	5	4	4
September 2005	DMU	6	7	6
April 2006	Sønderjyllands Amt	6	6	6
Juni 2006	DMU	6	6	6
September 2006	DMU	7	6	6
Juni 2007	DMU	6	7	6

Tabel 15 Tilstanden i Sønderå op- og nedstrøms for Rens Dambrug udtrykt som Dansk Vandløbsfaunaindeks. Målinger er foretaget af henholdsvis Sønderjyllands Amt og DMU.

DMU´s bedømmelser af tilstanden nedstrøms for Rens Dambrug er i alle tilfælde enten DVFI 6 eller 7. En gennemgang af faunalisterne for disse prøver tyder dog på, at faunaen i en vis grad er påvirket selv om dette ikke afspejler sig i DVFI værdien. I september 2005 lige før modeldambruget tages i drift er faunaklassen fra stationen ca. 100 meter nedstrøms for Rens Dambrug således DVFI 7, hvilket umiddelbart indikerer, at der

ikke er nogen væsentlig påvirkning. Gennemgang af faunalisten fra denne prøve viser imidlertid, at følgende forureningstolerante faunaelementer forekommer talrigt: børsteorme (Oligochaeta), vandbænkebideren *Asellus* og dansemyggen *Chironomus*. Mens de to førstnævnte forekommer med tilsvarende hyppigheder opstrøms dambruget er *Chironomus* kun fundet i prøverne 100 meter nedstrøms for dambruget. Der er således tegn på en generel påvirkning af vandløbet både op- og nedstrøms for dambruget, men samtidig også en påvirkning fra dambrugets udledning (tilstedeværelsen af *Chironomus* umiddelbart nedstrøms for dambruget).

Ved prøvetagningen i juni 2006 er der generelt sket et fald i forekomsten af både børsteorm (Oligochaeta) og vandbænkebideren *Asellus* sammenlignet med tidligere prøvetagninger både op- og nedstrøms for Rens Dambrug. Ligeledes forekommer der ingen *Chironomus* i prøverne. Prøverne fra juni 2006 har på alle tre stationer en DVFI værdi på 6. Den generelle faunasammensætning i prøverne vurderet ud fra forekomsten af forureningsfølsomme og forureningstolerante taxa er i juni 2006 i højere grad i overensstemmelse med den fundne DVFI værdi (DVFI 6).

Ved de sidste to prøvetagninger nedstrøms for Rens Dambrug i september 2006 og juni 2007 er tilstanden DVFI 6 på begge stationer i september 2006 og DVFI 7 og 6 på de to stationer i juni 2007. På den første af disse to prøvetagningsdatoer er der talrig forekomst af vandbænkebideren *Asellus* både op- og nedstrøms for dambruget. I modsætning hertil forekom der kun enkelte *Asellus* op- og nedstrøms for dambruget i juni 2007. Vurderet over tid er smådyrsfaunaen således ikke helt stabil i Sønderå, men på nær et enkelt tilfælde (juni 2006) ses variationerne i faunaen både op- og nedstrøms for dambruget. Variationerne kan således efter ombygning og idriftsættelse af Rens Dambrug som modeldambrug ikke som sådan isoleret tilskrives udledninger fra dambruget.

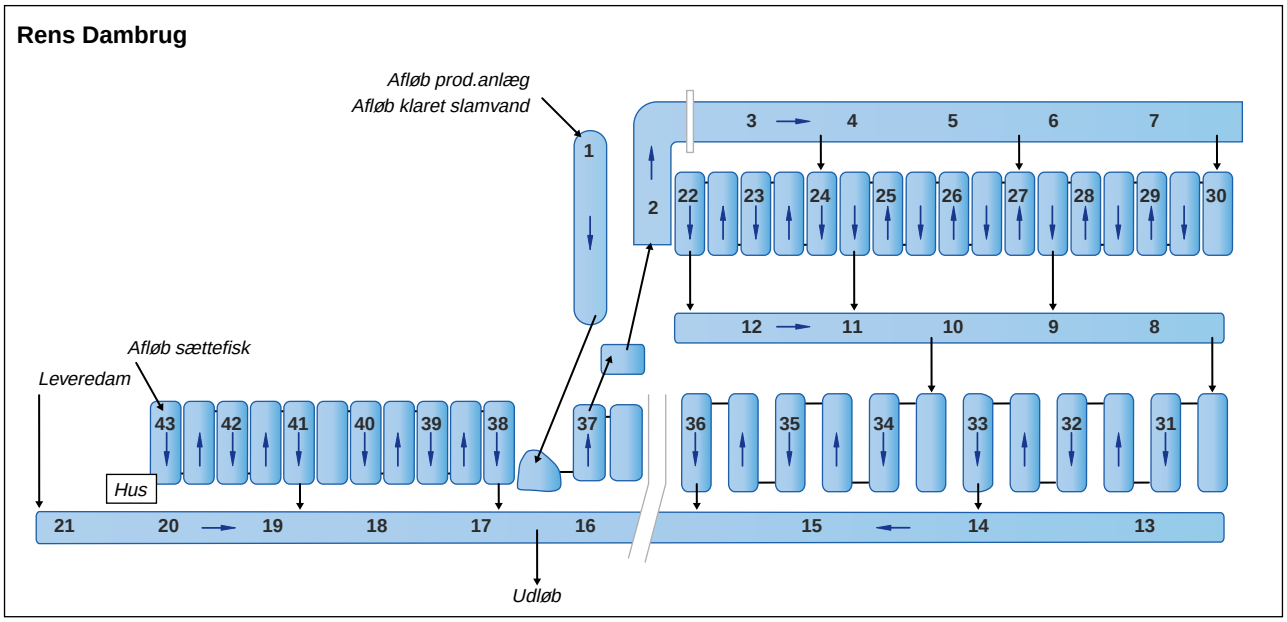
11 Planter i grødefyldte bassiner

På baggrund af opmålinger af de grødefyldte bassiner som udgør plantelagunen (en del af de tidligere produktionsdamme og føde-/bagkanaler) er plantelagunen blevet karakteriseret (tabel 16). I figur 25 vises en principskitse af plantelagunen.

Rens Dambrug	
Antal grødefyldte bassiner/kanaler	44 bassiner + 617 m kanaler
Samlet areal	7.275 - 7.911 m2
Middeldybde	0,64 - 0,67 m
Samlet volumen	4.650 - 5.300 m3
Gennemstrømning:	Måleår 1: 58,1 l/s
	Måleår 2: 60,7 l/s
Beregnet opholdstid (middel):	Måleår 1: 22-25 timer
	Måleår 2: 21-24 timer

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

Det bemærkes, at plantelagune-arealet er angivet som et interval. Det skyldes, at der er vand i flere af de grødefyldte bassiner ved de højeste vandstande. Det betyder samtidigt, at volumen og opholdstid angives som interval, hvor højeste opholdstid findes ved største samlede volumen.



Figur 25 Principskitse af plantelagunen på Rens Dambrug, hvor pile angiver vandbevægelsesretningen. Tal viser hvilke damme og hvor i kanaler, der er lavet måling af plantedækningsgrader. Se figur 1 for placering af plantelaguner på anlægget.

Med henblik på registrering af plantedækning og forekomst af de enkelte arter, er der defineret i alt 44 bassiner og 617 meter kanalafsnit. Heraf er der i 33 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. m^{-2}. Efterfølgende er de udtagne planter analyseret for indhold af kvælstof og fosfor, således at planternes samlede indhold af kvælstof og fosfor gennem måleperioden 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)	33,8	4,3
Liden Andemad (n = 28)	49,6	8,7
Vandstjerne (n = 2)	53,9	28,6
Trådalger (n = 5)	41,1	8,5

Tabel 17 Indhold af kvælstof og fosfor i de fire dominerende plantearter i plantelagunen på Rens Dambrug. Indholdet af kvælstof og fosfor er målt i prøver ved maksimal plantedækning (september 2006 og 2007). Antallet af prøver for hver planteart er angivet (n). Sødgræs i plantelagunen består af 50 % af Manna Sødgræs og 50 % af Høj Sødgræs.

Planternes dækning i plantelagunen er registreret fra oktober 2005 til september 2007. I alt er der registreret 26 plantearter i perioden. Heraf er det kun 4 arter der kvantitativt er betydende enten gennem hele perioden eller i en mere begrænset del af året.

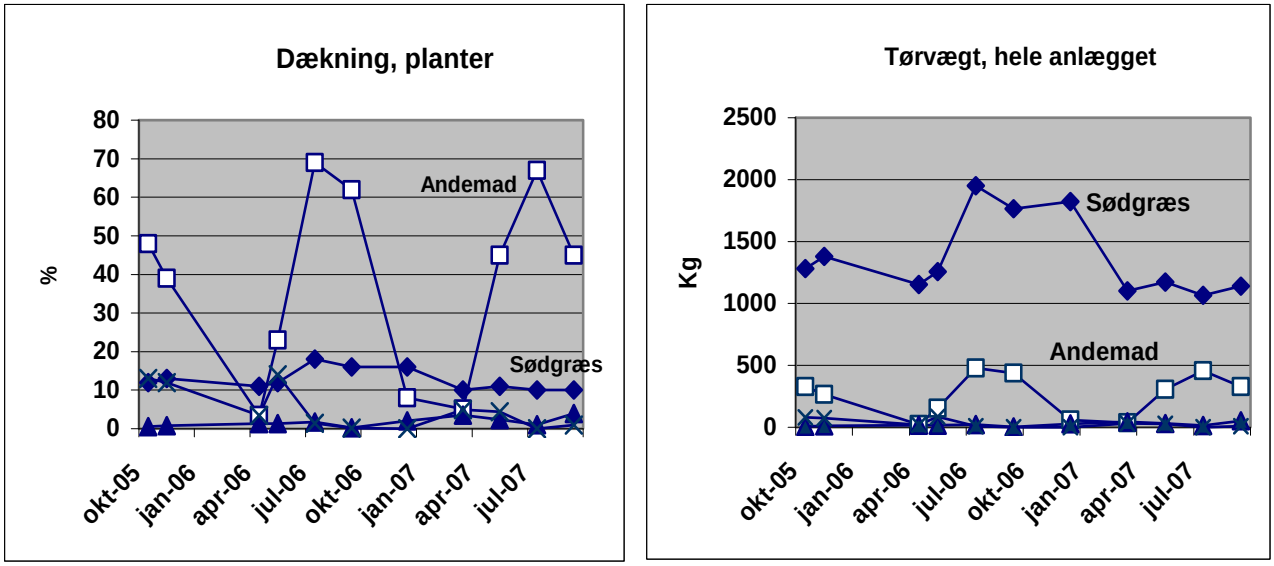
Andemad har den største dækning blandt arterne med maksimum i sommer- og efteråret på 45-70 % dækning (tabel 18, figur 26). I modsætning hertil er dækningen om vinteren kun ca. 5-10 %. Sødgræs har en langt mere stabil dækning og varierer gennem hele perioden kun mellem 10 og 18 %. De sidste arter, Vandstjerne og Trådalger, har kun kortvarige maksima i dækningen, hvor de når op på værdier på henholdsvis 6,6 og 14 %. Størstedelen af året har disse to arter en dækning under 2 %.

Art	Dækning (%)		Tørvægt (g m^{-2})	
	marts-maj	sept.-nov.	april-maj	sept.-nov.
Sødgræs	10-12	10-16	144-173	144-230
Liden Andemad	3,4-45	39-62	3,2-41	36-57
Vandstjerne	1,3-3,5	0,3-4	2,2-5,7	0,5-6,6
Trådalger	3,4-14	0,2-13	2,7-12	0,1-11

Tabel 18 Dækning og tørvægt af de 4 hyppigst forekommende planter i plantelagunen ved Rens Dambrug i perioden oktober 2005 til september 2007.

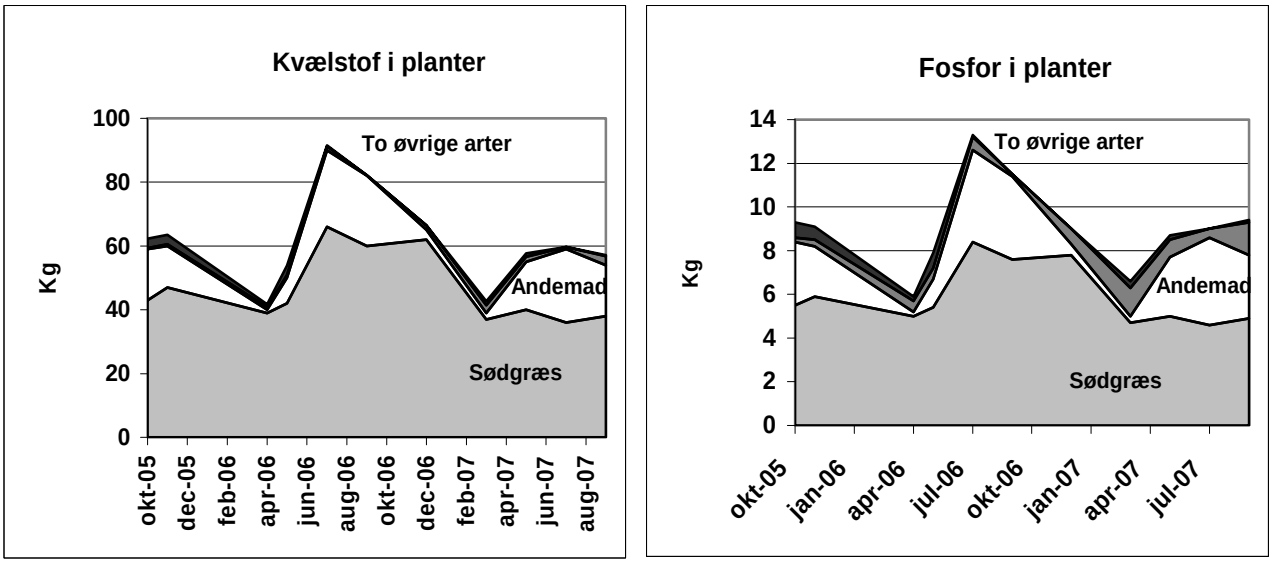
Baseret på tørvægten er Sødgræs den kvantitativt vigtigste art (tabel 18, figur 26) med 144-259 gram tørvægt pr. m^2 gennem måleperioden, svarende til 69-96 % af den samlede tørvægt for de fire dominerende arter. Den højeste værdi måles i juli 2006. Andemad er sommer og efterår også vigtig, og udgør 36-62 gram tørvægt pr. m^2, svarende til 15-30 % af den

samlede tørvægt. Om vinteren er tørvægten af Andemad under 5 gram pr. m² (2-3 % af den samlede tørvægt). Vandstjerne og Trådalger forekommer med henholdsvis 0,5-7 og 0-12 gram tørvægt pr. m², og har således meget mindre betydning end Sødgræs og Andemad, idet de kun udgør henholdsvis 0,2-3,6 % og 0-5,5 % af den samlede tørvægt.



Figur 26 Plantearternes forekomst i plantelagunerne udtrykt som plantedækning i % (venstre figur) og som kg tørvægt i hele plantelagunesystemet (højre figur). Kun Sødgræs og Andemad har kvantitativ betydning gennem perioden når sammenstillingen foretages på basis af tørvægten.

Indholdet af kvælstof og fosfor i de fire dominerende plantearter i plantelagunen afspejler i det store og hele den samlede tørvægt af planterne samt planternes indbyrdes mængdeforhold hen gennem undersøgelsesperioden (figur 27).



Figur 27 Kvælstof og fosfor bundet i plantebiomassen i de fire dominerende plantearter i de grødefyldte bassiner på Rens Dambrug.

Indholdet af kvælstof og fosfor i de fire dominerende plantearter varierede henholdsvis mellem 6-12 og 0,8-1,8 gram pr. m^2 hen over året (tabel 19). For kvælstof er 91-98 % af den samlede mængde bundet i Sødgræs og Liden Andemad. Den tilsvarende andel af fosfor i Sødgræs og Andemad varierer mere og udgør 76-99 % af indholdet i alle fire arter tilsammen. Den primære årsag hertil er at fosforindholdet i Vandstjerne er væsentligt højere end i de øvrige arter (tabel 17). Kombinationen af et mindre maksimum for Vandstjerne i marts 2007 sammenfaldende med minimum for Sødgræs og Andemad betyder, at en forholdsvis større andel (knapt 20 %) af den samlede fosformængde på dette tidspunkt er bundet i Vandstjerne.

	Tørvægt		**Kvælstof**		**Fosfor**	
	Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.
Hele anlægget (kg)	1212	2461	42	92	6	13
Gram pr. m^{-2}	166	327	6	12	0,8	1,8

Tabel 19 De minimale og maksimale værdier af planternes tørvægt samt indhold af kvælstof og fosfor for plantelagunen ved Rens Dambrug i perioden oktober 2005 til september 2007. Den minimale og maksimale tørvægt af de 4 dominerende plantearter samt planternes indhold af kvælstof og fosfor er endvidere angivet pr. m^2 for plantelagunen som helhed.

12 Diskussion

Indledning

I dette kapitel er der en diskussion af en række væsentlige problemstillinger vedrørende måleresultaterne for det andet måleår ved Rens Dambrug som supplerer 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 og kan findes i denne rapport. Hvor det er fagligt muligt drages konklusioner ift. resultaterne for Rens Dambrug. 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 Rens Dambrug

Det er dog ikke hensigten i statusrapporten at gå i dybden med alle resultater for dambruget, dette er foretaget i den faglige samlerapport for de otte modeldambrug (*Svendsen et al., 2008*). Tilsvarende sker sammenligning med resultaterne fra de andre modeldambrug under forsøgsordningen generelt også kun i den faglige samlerapport, som indeholder tværgående analyser og overordnede generelle konklusioner og faglige anbefalinger for hele måle- og dokumentationsprojektet.

Første måleår på Rens Dambrug (år 1) omfatter 3. oktober 2005 til 2. oktober 2006 og andet måleår (år 2) 3. oktober 2006 til 2. oktober 2007. I forhold til første måleår er der sket en genberegning af produktionsbidraget, som betyder at de beregnede rensegrader, der er relateret til produktionsbidraget, er blevet justeret ift. første års statusrapport (*Svendsen et al., 2007*).

Rens Dambrug har haft en række problemstillinger, der gør nogle af resultaterne fra begge måleår svære at tolke. Foderregistreringerne har år 1 ikke stemt overens med indkøb af foder. År 2 er der ikke i tilstrækkelig omfang registreret fisk ind og ud af de enkelte produktionssystemer så foderkvotienten må estimeres og derved gøres beregningen af produktionsbidraget med især organisk stof mindre sikkert. Der har været sygdom i fiskene fra start af år 1 som afbrød prøvetagningen, så DMU og DTU Aqua valgte at droppe de første ugers målinger og starte prøvetagningen forfra 6 uger senere end planlagt. Registrering af returskylning af biofiltre og tømning af slamkegler har passet dårligt med de kontinuerte registreringer, hvilket år 2 giver store problemer med at bestemme tilførte mængder til slambassinerne korrekt. Der er især første måleår ofte konstateret overløb fra slambassin til omkringliggende arealer (ikke til plantelagunerne) og i perioder især i år 1 er der ekstra afløb fra slambassin via slanger uden om projektets flowmålere. Slamkapaciteten blev da også væsentligt udvidet via et ekstra slambassin fra starten af år 2. Aftaler om montering af visse flowmålere er ikke overholdt, så der er større huller i tidsserierne herfra igen især år 1, men også i perioder af år 2. Der er et meget stort vandtab (93 %) over plantelagunerne år 1: vandtabet reduceres væsentligt år 2, hvor det dog stadigt udgør 62 % af vandtilførslen hertil. De mange usikkerheder og ændringer undervejs betyder, at sammenligning af resultaterne for år 1 med år 2 og fra Rens Dambrug

med de syv andre modedambrug under måle- og dokumentationsprojektet skal foretages med meget stor forsigtighed. Det er således i Svendsen *et al. (2008)* valgt ikke at medregne resultaterne fra Rens Dambrug, når der er beregnet gennemsnitsværdier og spredning, nøgleresultater og nøgleværdier fra måle- og dokumentationsprojektet grundet de ovennævnte driftsmæssige uregelmæssigheder og det meget store vandtab, der uundgåeligt påvirker resultaterne meget markant.

Det skal dog samtidigt understreges, at uanset de nævnte problemstillinger så er massebalancen over produktionsanlægget og over plantelagunen og over hele dambruget ret sikkert bestemt ikke mindst år 2 således at samlede rensegrader, stoffjernelsen over hele produktionsanlægget og over plantelagunen og stofudledning pr. kg fisk er ret sikkert bestemt. Problemerne relateres til hvor meget de interne rensekomponenter hver især har bidraget (summen af bidragene er altså relativ sikker) og den procentuelle stoffjernelse over slambassinerne samt mængden af opløste stoffer som følger med vandtabet over plantelagunen og dettes skæbne. Input til og output fra henholdsvis produktionsanlæg og plantelagune er nemlig målt/beregnet specifikt hver for sig, ud over der er målt på de enkelte renseforanstaltninger.

Generelle driftsforhold

Som omtalt i indledningen til kapitel 12 har der været nogle driftsmæssige problemer og ændringer i løbet af de 2 måleår. Dambruget har opbygget sin egen bestand af fisk ved starten af den oprindelige måleperiode, men grundet sygdom blev måleprogrammet genstartet da der blev indsat ny fiskebestand. I år 2 har dambruget haft både UDS og BKD som har givet større dødelighed og nedsat appetit hos fiskene i perioder og medført mindre optimale produktionsforhold.

Indretningsmæssigt var dambruget ikke helt færdigt da produktion og måleprogram startede år 1, bl.a. manglede montering af nogle rør og flowmålere f.eks. for afløbet fra produktionsanlægget og på rør/slanger for tilførsel af slamperkulat til slambassiner. I kortere perioder er der desuden lavet justeringer på flow/afløbsforhold omkring sættefiskeanlæg + leveredamme. Især år 1 var der hyppige overløb fra slambassiner på tilstødende arealer. Endvidere er der i perioder afledt direkte fra slambassinerne til plantelagunen uden om flowmåler. Slambassinerne var år 1 klart underdimensionerede og fra starten af år 2 blev et tredje og større slambassin etableret så kapaciteten øgedes fra 600 m^3 til 1.700 m^3.

Der er ved et uanmeldt besøg konstateret direkte vandafledning til åen fra plantelagunen i et gammelt afløbsrør. Det er ikke oplyst om dette alene er undtagelsen eller det er foregået mere regelmæssigt.

Foderforbrug og produktion er ca. 30 % højere år 2, vandindtaget øges kun med 6 % og vandtabet over planelagunen falder fra 93 % år 1 til 62 % år 2, forhold som skal tages i betragtning ved fortolkning og sammenligning af resultater for de to måleår.

Vandforbrug, -flow og opholdstid

Der er i gennemsnit via dræn under produktionsanlægget indtaget henholdsvis 58,1 l/s (år 1) og 61,7 l/s (år 2) eller henholdsvis 89 % og 95 % af

det tilladte vandindtag til Rens Dambrug på 65 l/s. Heraf anvendes 1,5 l/s (år 1) og 2,6 l/s (år 2) til sættefiskeanlægget + leveredamme. Det interne flow (recirkulationsflowet) i produktionsenheden er ikke målt (Rens Dambrug er et af de ekstensivt målte modeldambrug), hvorfor recirkulationsgraden heller ikke kan bestemmes.

Vandforbruget er med 6.850 l (år 1) og 6.150 l (år 2) vand pr. kg produceret fisk i de to måleår reduceret med ca. en faktor 7-8 sammenlignet med gennemsnittet for traditionelle gennemstrømningsanlæg. Vandforbruget ligger på knap det dobbelte af gennemsnittet for de 8 modeldambrug under forsøgsordningen (*Svendsen et al., 2008*). Sammenlignet med medianminimum i Sønderå ved dambruget svarer det gennemsnitlige vandindtag til henholdsvis 6,1 (år 1) og 6,5 % (år 2) heraf.

I år 1 tilføres plantelagunen på Rens Dambrug i gennemsnit 58,1 l/s mens der fra plantelagunen til Sønderå måles et udløb på i gennemsnit kun 4,0 l/s, dvs. et nettovandtab over plantelagunen på hele 93 % af vandtilførslen hertil. I det første halve år af år 1 er der ingen eller næsten ingen afstrømning fra det egentlig afløb fra dambruget. I år 2 tilføres i gennemsnit 60,7 l/s til plantelagunen (godt 4 % mere end i år 1) og der måles i udløbet til Sønderå i gennemsnit 23,3 l/s, dvs. et tab på 19,3 l/s, men som procentuelt "kun" er 62 % af vandtilførslen, men med tendens til stigende vandtab i slutningen af år 2 (sommerperioden). Der er ikke noget vandtab af betydning over selve produktionsanlægget.

Det meget store vandtab over plantelagunen sker primært ved nedsvining i bund og sider af plantelagunen, samt i et eller andet mindre omfang ved gennemsivning mellem brink og lagune, evt. udsivning gennem gamle munke, samt ved en eller flere begivenheder egentlig direkte udledning i gamle aflednings rør fra gamle jorddamme til åen. Der er endvidere en gamle kanal nord for dambruget, der fra Sønderå har ført vand til nogle marker bl.a. til kvægvanding, som muligvis også kan være med til at dræne dele af plantelagunerne. Det er vanskeligt at vurdere omfanget af direkte tab via utætheder og de direkte udledninger som er iagttaget enkelte gange, men det antages dog at have et mindre omfang ud fra vurdering af afstrømningsmønstret i det officielle afløb fra dambruget. Der er næppe nogen tvivl om at nedsivningen er betydelig gennem plantelagunens bund og sider, idet sedimentet i ådalen er præget af groft sand og grus og et grundvandsspejl beliggende noget under bunden af plantelagunerne.

Fra midten af år 1 og frem til 2/3 dele inde i år 2 mindskes det absolutte vandtab over plantelagunen. Det kan forventes, at der sker en vis reduktion i infiltrationskapaciteten, når der ophobes fine partikler i den øvre del af sand- og grusaflejringerne under plantelagunen, således at denne med tiden får et reduceret stoftab ud af bund og sider. Det relativt lavere vandtab 2. måleår kan også relateres til, at der i år 2 faldt 50-60 % mere nedbør sammenlignet med år 1, idet især vinterperioden år 2 blev registreret 2-3 gange mere nedbør sammenlignet med år 1, hviket bl.a. påvirker grundvandsstanden. Samlet vurderes vandtabet alene forklaret ved nedsivning som værende meget højt år 1 og højt år 2. Samtidig skal opmærksomheden henledes på, at det vand der indvindes, opsuges via dræn under produktionsanlægget, og at der i de grus- og sandaflejringer, der er under dambruget, må antages at være høj hydraulisk ledningsevne, så der via disse dræn reelt suges noget af nedsivningsvandet

fra plantelagunernes bund og sider op som indtagsvand til produktionen i Rens Dambrug.

Med det nedsivende vand vil der i et eller andet omfang 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 genindvindes via dræn og noget kan evt. nå frem til Sønderå eller på sigt sive til havet. Det vil kræve en kortlægning af grundvandsbevægelserne under og omkring dambruget og af stofomsætning i den umættede zone omkring og under dambruget for at kvantificere de forskellige processer.

Ved beregningerne af stofomsætning/stoftilbageholdelse i plantelagunen vil denne blive overestimeret i en eller anden grad for de opløste stoffer, hvis der har været stoftab sammen med det omtalte vandtab. Der er derfor for nogle at beregningerne søgt taget højde for vandtabet for at give et absolut og fagligt urealistisk "worst case" scenarie estimat. Med det meget store vandtab på Rens Dambrug vil det påvirke resultaterne væsentligt sammenlignet med de målte resultater for f.eks. udledninger i afløbet fra dambruget. Det skal dog understreges, at det må forventes at meget af det opløst/meget fin-partikulære stof, der følger med nedsivningsvandet omsættes/bindes i den umættede zone eller i grundet eller genindvindes som indtagsvand til produktionen frem for at nå frem til Sønderå eller fjernrecipienten. Det reelle stoftab pr. kg fisk, rensegrader over plantelagunen m.v. vil ligge mellem worst case scenariet og de værdier, der er beregnet ud fra målingerne, men tættere på sidstnævnte. I den faglige samlerapport (*Svendsen et al., 2008*) er der på tværs af dambrugene givet en vurdering af betydningen af stoftab med nedsivningsvandet for de beregnede rensegrader og for stoftabet, men på grund at den usædvanligt store nedsivning og de driftsmæssige problemer er resultaterne fra Rens Dambrug ikke medtaget ved beregning af samlede nøgletal og anbefalinger vedrørende modeldambrugene.

Opholdstiden i produktionsanlægget inklusiv slambassiner 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. Den samlede opholdstid over dambruget har været henholdsvis 50-53 timer (år 1) og 52-55 timer (år 2), dvs. godt 2 døgn, hvorfor man umiddelbart kan forvente at en større del af det let omsættelige organiske stof (BI_5) når at blive omsat på dambruget *(Fjorback et al., 2003)*. Den samlede opholdstid er dog blandt de lavest af de 8 modeldambrug under måle- og dokumentationsprojektet (*Svendsen et al., 2008*).

Plantelaguner

Plantelagunerne består af 44 plantefyldte bassiner og 617 m kanaler (gamle for- og bagkanaler m.v.). Arealer af plantelagunen er følsomt overfor vandstanden i denne og varierer fra 7.275 m^2 (ved en gennemsnitsvandstand på 0,64 m) til 7.911 m^2 (ved gennemsnitsvandstand på 0,67 m). Bassiner og kanaler er forbundne som et mæandrerende vandløb, hvor vand fra produktionsanlægget og klaringsvandet fra slambassinerne ledes til helt opstrøms, mens den beskedne vandmængde fra sættefiskeanlæg + leveredamme ledes til plantelagunen i den nedstrøms tredjedel. Det betyder, at næsten alt vand skal passere igennem stor set

alle jorddame og kanaler før afløb til Sønderå, men i længere perioder ser det dog ud til at nedsive inden udløbet.

Den hydrauliske belastning af plantelagunerne på henholdsvis 0,007-0,008 (år 1) og 0,008 (år 2) l/s pr. m² er knap tredjedel af den forudsatte maksimalt tilladte belastning (*Bekendtgørelse om modeldambrug, 2002*). Der vurderes således ikke at være noget problem ift. til hovedparten af de omsætningsprocesser, der sker i plantelagunen og den længere opholdstid vil kunne øge sedimentation af partikler. Opholdstiden i plantelagunen varierer med vandstanden og er i gennemsnit 22-25 timer år 1 og 21-24 timer. Opholdstiden er i den lave ende blandt modeldambrugene under måle- og dokumentationsprogrammet (*Svendsen et al, 2008*). Endvidere er middeldybden i de grødefyldte damme og kanaler plantelagunen består af med 0,64-0,67 m over hele måleperioden lav og lidt lavere end anbefalet.

Fra begyndelsen af måleperioden er der etableret en del plantevækst i plantelagunen med en samlet dækningsgrad på op mod 70 %, men sidst på vinteren/det tidlige forår år 1 falder dækningsgraden til under 20 %. Ved lavest dækningsgrad i marts-maj ligger denne på fra knap 20 til 50 % og ved maksimum i perioden september til november på 50-90 %. Ud over sæsonvariationen er der er ikke nogen tendens til udvikling i den samlede plantedækningsgrad over måleperioden.

Der er registreret 26 plantearter, hvor kun de 4 kvantitativt har betydning. Liden Andemad har den største dækning med maksimum om sommeren/efteråret på 45-70 % dækning, mens dækningsgraden falder til 5-10 % om vinteren. Dækningsgraden af Sødgræs varierer mindre og er 10-18 %. Herudover er det kun Vandstjerne med dækningsgrader på under 1 til maksimalt 6-7 % og trådalger på typisk 0-3 men op til 14 % ved kortvarig opblomstring i foråret, som har en vis betydning.

For tørvægt er Sødgræs den kvantitativt dominerende og udgør 69-96 % af den samlede tørvægt for de fire dominerende plantearter. De milde vintre betyder, at en stor del Sødgræs overlever vinterperioden. Tørvægten af Sødgræs ligger igennem måleperioden på 144-259 g pr. m². Liden Andemad når maksimal 62 g pr. m², men er dog med 15-30 % af den samlede tørvægt sommer/efterår af nogen betydning. Vandstjerne og Trådalger med henholdsvis op til 7 og 12 g pr. m² betyder maksimalt omkring 5 % af den samlede tørvægt på et givent tidspunkt i måleperioden. Den totale samlede plantemængde i plantelagunen varierer mellem 1.200 og 2.500 kg i hele plantelagunen.

Baseret på bestemmelse af indholdet af kvælstof og fosfor i de fire mest udbredte plantearter (Sødgræs, Liden Andemad, Vandstjerne og trådalger) er det beregnet, at på det tidspunkt hvor biomassen er størst i plantelagunen i (sommeren 2006), har planterne akkumuleret ca. 92 kg kvælstof (ca. 12 g N pr. m²) og ca. 13 kg fosfor (1,8 g P pr. m²). Mellem 91 og 98 % af kvælstoffet er bundet i Sødgræs og Liden Andemad mens det for fosfor er 76 til 99 %. Et 3,5 gange højere fosforindhold i Vandstjerne pr. gram forklarer hvorfor de to dominerende planter i perioden ”kun” udgør 76 % af det samlede forfor i plantebiomassen.

Senere i dette kapitel sammenholdes disse tal med den samlede fjernelse/tilbageholdelse af kvælstof og fosfor i plantelagunen for at kvantifice-

re planternes betydning for selve massebalancen, men betydningen er meget beskeden for den samlede stoffjernelse på Rens Dambrug. Det skal dog erindres, at planterne herudover skaber muligheder for mikroorganismer, ligesom planterne er med til at tilbageholde partikler og stabilisere aflejret materiale i bunden af plantelagunen.

Iltmålinger i opstrøms-, midt- og nedstrøms del af plantelagunen (få centimer under vandoverfladen) viser de laveste værdier om sommeren og er i modfase med temperaturvariationen (1-17 °C) over året. I sommerhalvåret er iltkoncentrationen fra midt- og nedstrømstationerne betydeligt lavere end opstrøms i plantelagunen og når flere gange under 2-3 mg/l, mens dette er mindre udpræget i vinterhalvåret, hvor der ved flere målinger også nedstrøms i plantelagunen måles op til 10-14 mg/l, hvilket er usædvanligt højt set i forhold til andre modeldambrug under måle- og dokumentationsprojektet, men kan bl.a. hænge sammen med det højere vandforbrug pr. produceret kg fisk og dermed større fortyndingseffekt for stofkoncentrationerne. Iltkoncentrationen i afløbet fra produktionsanlægget er dog generelt også høj. Fra undersøgelser ved nogle af de andre modeldambrug vides, at iltkoncentrationen i løbet af 20-50 m nedstrøms i plantelagunen ofte når under 2-4 mg/l selv nær overfladen og at der tæt ved plantelagunens bund er iltkoncentrationer under 2 mg/l. Der er således såvel områder med ilt som større dele med kun lidt ilt/iltfri forhold i plantelagunen. Det bør umiddelbart være en fordel for omsætningsprocesserne, da der er ilt til aerob omsætning af f.eks. ammonium og organisk stof, mens der i iltfrie områder bl.a. kan foregå denitrifikation. Ilt- og flowforhold er ikke undersøgt i plantelagunen ved Rens Dambrug.

Der er ikke nogen udvikling i iltkoncentrationerne på målestationerne i plantelagunen over måleperioden. pH varierer lidt hen over året og er typisk på 7,0 til 7,7 (ret højt), lavest om sommeren hvor der antages at være større stofomsætning og forøget CO_2-dannelse.

Foder og produktionsbidrag

I år 1 har Rens Dambrug med anvendelse af estimeret 205 tons foder en estimeret produktion på 226,4 tons fisk (inkl. døde) i produktions- og sættefiskeanlægget og en foderkvotient på samlet 0,905. I år 2 er der registreret et samlet foderforbrug på 283,0 tons og estimeret en produktion på 316,2 tons fisk inkl. sættefiskeanlæg. Da der ikke i tilstrækkelig grad er registreret fisk ind og ud af anlæggets enkelte enheder er foderkvotienten estimeret ud fra dambrugets noteringer og udregninger, sammenligninger m.v. til 0,895. Der vurderes at være under 5-10 % usikkerhed på den estimerede foderkvotient år 2 og en tilsvarende maksimal usikkerhed på produktionsbidraget. Den årlige tilladte fodermængde er på 430 tons, som langt fra er anvendt. Dambruget har ønsket at opbygge egen fiskebestand fra bunden, hvilket er sat tilbage af sygdom ved opstarten og senere især år 2 tilfælde med YDS og BKD. Det har betydet, at produktionen ikke har været optimal. Både iltkoncentrationer med et gennemsnit på 11 mg/l og pH med et gennemsnit på 7,42 over måleperioden er høje i produktionsanlægget, hvilket er godt for fiskeproduktionen og omsætningen over biofiltrene. Tilsvarende er vandtemperaturen i produktionsanlægget, der kun varierer mellem 7 og 17 °C optimal for fisketrivslen, så potentialet for stabil drift er til stede. De 10 adskilte produktionsenheder, som i princippet skulle sikre mod sygdomsspredning,

har ikke i de to år haft ønsket effekt måske også fordi det kræver konsekvent adskillelse ift. anvendelse af redskaber, udstyr, fisk osv. som ikke er gennemført.

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 anvendt i Dambrugsbekendtgørelsen, idet der er regnet med 2,75 % kvælstof af fiskens totale vådvægt for hel fisk på 300-1.000 gram (mod hidtil anvendt 3 %) og tilsvarende for fosfor 0,43 % mod hidtil 0,5 % (se *Svendsen et al., 2008*). Justeringerne giver en mindre stigning i produktionsbidraget ift. de oprindeligt opgivne værdier i rapporten for første måleår (*Svendsen et. al., 2007*), hvilket også betyder, at de beregnede rensegrader dermed stiger lidt.

Endvidere er produktionsbidraget for organisk stof (BI_5 og COD) også opjusteret ift. rapporteringen af resultaterne fra første måleår. Nye undersøgelser, foretaget på de mest anvendte fodertyper, af det stofbidrag/-tab, der sker direkte til vandfasen som opløst eller fin partikulært og derfor ikke indgår i den partikulære fækaliedel, har vist, at der oveni tabet med bundfældeligt/partikulært stof (fækalier) skal tillægges 43,5 % som mål for bidraget via opløst/finpartikulært stof.

Produktionsbidraget, der er baseret på foderanalyser af de fleste batches og fordøjelighedsforsøg på en række af de mest anvendte fodertyper, er beregnet for ammonium kvælstof, total kvælstof, total fosfor, BI_5 og COD. Der er også estimeret produktionsbidrag i forbindelse med levering.

Der er ikke foretaget konkrete målinger af foderspild på Rens Dambrug, men måling på andre modeldambrug under måle- og dokumentationsprojektet viser ikke noget foderspid. Der forventes ikke under normale driftsforhold at være foderspild, men i forbindelse med drifts- og sygdomsproblemer, der medfører nedsat appetit er der høj sandsynlighed for foderspild. Det er anvendt samme foderspild som på andre modeldambrug, hvor det er sat til 1 % for tab med støv og smuld og et antaget, mindre spild f.eks. ved unormale driftsforhold. Dette vurderes generelt at være et ret højt estimat, men ikke på Rens Dambrug under de beskrevne betingelser.

Produktionsbidraget er lidt lavere år 2 for alle stoffer på nær ammonium kvælstof både regnet i kg pr. tons foder og i kg pr. tons produceret fisk (inklusiv døde). For total kvælstof er faldet kun på 1-2 %, for BI_5 og COD 6-7 %, mens det for fosfor er 18 %. Faldet for fosfor hænger sammen med reduceret indhold i foderet (der er anvendt samme fodertyper begge år). For ammonium kvælstof er der en stigning på 5 % i tab pr. tons foder og 3 % i tab pr. tons produceret fisk som kan tilskrives ændret sammensætning og proteinfordøjelighed i foderet.

Produktionsbidraget er som forventet hovedkilden for stoftilførsel til dambruget, idet stoftilførsel år 2 med indtagsvandet kun udgør 3 % for ammonium kvælstof og 7 % for BI_5, men har dog større betydning for total kvælstof, total fosfor og COD, hvor det udgør henholdsvis 11 %, 21 % og 26 % af den samlede stoftilførsel til Rens Dambrug. Det kan forklares dels ved selve koncentrationerne i indtagsvandet, dels ved at Rens Dam-

brug anvender relativt meget vand pr. kg produceret fisk. I år 1 udgør stofbidraget via indtagsvand en større andel af det samlede input, idet der anvendes 38 % mindre foder men kun er et 6 % mindre vandindtag.

Stofkoncentrationer

Stofkoncentration i produktionsanlægget
Ved vurdering af udvikling i stofkoncentrationerne i afløb fra produktionsanlægget, klaringsvandet fra slambassinerne og i afløbet fra dambruget spiller flere faktorer ind.

- De ti produktionsenheder tages gradvist i brug i løbet af år 1, da fiskebestanden opbygges i anlægget fra bunden (via sættefiskeanlægget), men der anvendes stort set samme vandmængden (op til 95 % af max. tilladte vandindtag) gennem begge måleår uanset fiskebestand

- Grundet for lav kapacitet udvides slambassin-kapaciteten ved starten af år 2 fra 600 m^3 til 1.700 m^3. I år 1 sker der overløb fra slambassinerne, hvor noget ryger i plantelagunerne og mod sommeren første år er de 2 små slambassiner overfyldte med slam. År 2 er der bedre styr på slam og klaringsvand

- En del sygdom år 2 (YDA og BKD) og driftsproblemer med højere dødelighed og perioder med lav appetit hos fiskene medfører højere foderkvotient år 2

- Anvendelse af 38 % mere foder år 2, men stadig kun 65 % af den tilladte fodermængde

- I gennemsnit indtages kun 6 % mere friskvand år 2 trods det væsentligt højere foderforbrug

- Vandtab over plantelagunen er ekstremt stort år 1, på 93 % af tilførslen, men reduceres til 62 %, hvilket stadigt er meget højt. Opholdstiden er ret lav i plantelagunen, 21-25 timer begge år

Gennemsnitskoncentrationer
De klart højeste gennemsnitskoncentrationer med en faktor 8-32 større end ved andre målepunkter måles ved tømning af slamkeglerne på nær for nitrit-nitrat kvælstof. For de fleste kemiske variable måles de næsthøjeste gennemsnitskoncentrationerne måles i skyllevandet fra biofiltrene på nær for ammonium kvælstof og opløst fosfor. Der er også ret høje gennemsnitskoncentrationer i klaringsvandet fra slambassinerne De højeste ammonium koncentrationer findes i klaringsvandet fra slambassinerne, hvilket indikerer en omfattende denitrifikation i slamtanken, herunder en dissimilatorisk nitrat reduktion (hvor nitrat reduceres tilbage til ammonium) grundet stærkt iltfattige forhold, men også ammonificering (omsætning af organisk kvælstof til ammonium kvælstof) kan bidrage hertil. De høje koncentrationer af de fleste stoffer i klaringsvandet gør slambassinerne til en betydende kilde til plantelagunen. De største variationer i koncentrationer gennem år 2 ses også ved tømning af slamkegler.

I afløbet fra Rens Dambrug er koncentrationerne for de fleste kemiske variable højere år 2: suspenderet stof 79 %, ammonium kvælstof 50 %, ni-

trat-nitrit kvælstof 30, total kvælstof 28 %, opløst fosfor 33 %, total fosfor 33 %, BI_5 12 % mens COD er uændret ift. år 1. År 2 er der anvendt 38 % mere foder, tilledt 4 % mere vand til plantelagunerne og afstrømmet 19,3 l/s eller 483 % mere vand fra disse (vandtabet er reduceret) samt sket en stabilisering af driftsforholdende og generelt en bedre rensning i produktionsanlægget, hvilket også påvirker koncentrationsforholdene i plantelagunen.

Koncentrationsforløb over måleperioden
I afløbet fra de 10 produktionsenhederne (nedstrøms biofiltre) er koncentrationen af ammonium kvælstof generelt lav (0,1-1 mg/l) med enkelte stigninger år 2 op til 2 mg/l. Biofiltrene omsætter ret stabilt ammonium ved den givne belastning. For de øvrige kemiske stoffer er der gennem år 1 en stigning i koncentrationen (op til en 3-4 dobling) samtidig med en gradvis opbygning af fiskebestanden/øget udfodring og udsætning af fisk i flere produktionsenheder, uden at øge vandindtaget. Hen over vinteren år 2 er der med lavere udfodring for de fleste stoffer faldende koncentrationer og efterfølgende stigende værdier frem til midt på sommeren juli 2007, hvorefter koncentrationerne atter falder. Der er ikke umiddelbart sammenfald mellem daglig udfodring og de målte koncentrationer, mens der på sæsonplan er en god sammenhæng. Meget høje koncentrationer for flere stoffer som observeres kortvarigt i oktober-november 2006 er ikke umiddelbart forklarlige, men kan formentlig relateres til sygdomsudbrud og tilhørende driftsforstyrrelser m.v.

Hovedparten af total kvælstof er nitrat-nitrit kvælstof gennem måleperioden og det tilsvarende gælder for opløst fosfor, som udgør langt den største del af total fosfor.

I lighed med ammonium kvælstof er koncentrationen af BI_5 ret konstant begge måleår mellem 2-4 mg/l, således at variationer i stofinput af BI_5 løbende kan omsættes. Iltindholdet i anlægget er generelt højt (i gennemsnit 11 mg/l) og pH har været høj og stabil gennem måleperioden, begge forhold hensigtsmæssige ift. omsætning af ammonium og organisk stof i biofiltrene.

De generelt små koncentrationsvariationer fra prøvetagning til prøvetagning tyder på relativt stabile driftsforhold. Anlægget har dog heller ikke været belastet fuldt ud, da der selv i år 2 kun er anvendt 65 % af den årlige fodertilladelse.

Stofkoncentrationer i klaringsvandet
Koncentrationerne i klaringsvandet er for alle stoffer på nær nitrat-nitrit kvælstof højere eller væsentlig højere end i afløbet fra de 10 produktionsenheder og kan derfor også tilføre en relativ stor andel af stoftilførslen til plantelagunen. Der er især i andel halvdel af første måleår meget store variationer i koncentrationer, og de absolut højeste koncentrationer for alle stoffer kommer i foråret/sommeren 2006 (år 1). Der er registreret mange overløb fra slambassinerne år 1, perioder hvor man ikke har fået stoppet tilførslen af skyllevand fra biofiltre og i løbet af første måleår fyldes slambassinerne gradvist op med aflejret slam, så der skal ske tømning heraf. Kapaciteten på 600 m^3 er klart for lidt, hvorfor der fra starten af år 2 etableres et tredje slambassin med ekstra 1.100 m^3 kapaciteten, så det samlede kapacitet næsten tredobles. År 2 er variationerne mellem de enkelte koncentrationsmålinger væsentligt mindre og der nås

generelt ikke de samme høje stofkoncentrationer selv om der med et højere foderforbrug må tilføres mere stof til slambassinerne.

Nitrit-nitrat koncentrationen ligger på et stabilt og lavt niveau (2 mg/l) i klaringsvandet. Ammonium kvælstof udgør den største andel af total kvælstof, dernæst følger organisk kvælstof mens nitrit-nitrat i klaringsvandet udgør den mindste andel. Det skyldes sandsynligvis at der sker en omfattende denitrifikation og dissimilatorisk nitrat reduktion samt i mindre omfang evt. også en ammonificering af organisk kvælstof. Der ser ud til at følge meget partikulært bundet fosfor med klaringsvandet, især i forbindelse med koncentrationstoppene i 2. halvdel af år 1 og de mindre toppe år 2, som tyder på at slammet ikke er klaret inden det ledes ud af slambassinerne.

Stofkoncentrationer i afløbet fra dambruget og i indtagsvandet
Koncentrationsudviklingen for kvælstof- og fosforfraktionerne i afløbet fra dambruget følger overordnet mønstret beskrevet for tilførslerne via afløb fra produktionsanlægget og klaringsvandet med en gradvis koncentrationsstigning i løbet af år 1, et mindre fald efterfølgende vinter og stigning mod sommeren i år 2. De store koncentrationsvariationer i 2. halvdel af år 1 i klaringsvandet slår dog ikke tydeligt igennem i udløbet fra dambruget.

Der måles i februar 2007 (år 2) ved en prøvetagning over et døgn en meget høj koncentrationstop for ammonium kvælstof (4,5 mg/l mod typisk ellers 0,1-0,5 mg/l), som også ses for flere andre stoffer og som der ikke umiddelbart er nogen forklaring på. Det kan muligvis afspejle en eller anden form for fysisk aktivitet i plantelagunerne (oprensning af disse eller en opgravning nær udløbet), da der ikke ses nogen koncentrationsforøgelse i afløb fra de ti produktionsenheder eller klaringsvandet. Denne ene episode er med til at hæve gennemsnitskoncentrationen år 2 og forklarer meget af stigningen på gennemsnitskoncentrationen fra år 1 til år 2.

Koncentrationerne i indtagsvandet (fra dræn under anlægget) varierer kun lidt i løbet af hvert af de to måleår og der er ikke nogen signifikant udviklingstendens i koncentrationen. Der kunne måske forventes en vis stigning i koncentrationen for visse stoffer, hvis en stor del af nedsivningsvandet geninvindes. Der kan måske erkendes en svag koncentrationsstigning for ammonium og nitrit-nitrat-kvælstof. Da indtagsvandet kommer fra dræn ved produktionsanlægget og dermed også må bestå af en større del af det vand, der tabes under plantelagunerne, er den udeblevne koncentrationsstigning en god indikation for, at meget af det stof som følger med nedsivningsvandet omsættes/bindes i bunden af plantelagunens i de øvre jordlag. Dette understøtter konklusionen om, at worst case scenariet ikke er fagligt realistisk

Stofudledning pr kg produceret fisk

Det store vandtab over plantelagunen på Rens Dambrug medfører, at for de opløste kemiske variable vil være stor forskel mellem stofudledninger, rensegrader osv. baseret på målinger og med worst case scenariet, hvor der fagligt urealistisk antages at hele vandtabet udledes urenset (uden tilbageholdelse/omsætning) i Sønderå med de vægtede opløste koncentrationer, som er målt i henholdsvis udløb fra produktionsenhe-

derne, sættefiskeanlæg + leveredamme og klaringsvandet. Begge resultater vises, men da der helt givet vil være en stor del af nedsivningsvandet som genindvindes, og der i den mættede og umættede zone vil ske omsætning/binding af en større del af de opløst stoffer i nedsivningsvandet skal dette regnes som en reel stoffjernelse, hvorfor virkeligheden er tættere på beregningerne baseret på målingerne end worst case scenariet. Især år 1 vides ikke i hvor stort omfang, der kan være udledt vand direkte i Sønderå uden om officielle afløb, men dette vand vil have passeret plantelagunerne og derfor også være påført en vis stoffjernelse/-omsætning.

Det målte netto stoftab i g pr. kg fisk er for ammonium kvælstof henholdsvis -0,63 (år 1) og 0,55 og for total kvælstof henholdsvis -1,3 og 8,4 (tabel 20) (fraset ammonium er tallet henholdsvis -0,6 og 6,85). En negativ stofudledning beregnes, hvis der over hele dambruget tilbageholdes/omsættes mere af et givent stof end der tilføres med produktionsbidraget.

Der er for alle stoffer på nær total fosfor en markant forøgelse af stofudledningen pr. kg produceret fisk fra år 1 til år 2.

Et kombination af et øget foderforbrug på 38 % og mindsket netto vandtab over plantelagunen fra 93 % til 62 %, svarende til der udledes 483 % mere vand år 2 fra dambruget kan forklare de øgede målte nettostofudledninger. Det er mere nitrit-nitrat kvælstof som udledes, da biofiltrene har kapacitet til at omsætte hovedparten af den ekstra ammonium der kommer med øget foderforbrug år 2 og derved dannes mere nitrat grundet nitrifikationsprocessen. Dette understreges af, at der tilføres næsten samme mængde ammonium kvælstof de to år til plantelagunen (år 1: 2.310 kg, år2: 2.380 kg), mens nitrat-nitrat tilførslen stiger fra 6.750 kg år 1 til 9.700 kg år 2. Den organiske kvælstoftilførsel (total kvælstof minus ammonium og nitrat-nitrit kvælstof) falder til gengæld fra ca. 2.850 kg år 1 til 2.450 kg år 2.

Nettostoftabet for total fosfor er på henholdsvis -0,4 kg år 1 og -0,3 kg år 2 pr. kg produceret fisk og tilsvarende for BI_5 på -7,0 kg år 1 og -0,9 kg år 2 pr. kg fisk og dermed lavere end målt på Døstrup Dambrug, hvis resultater er anvendt ved opstilling af rensekrav i modeldambrugsbekendtgørelsen (*Fjorback et al., 2003*). Som omtalt kan en negativ nettostofudledning godt være fagligt realistisk, især hvis stofinputtet til dambruget med indtagsvandet udgør en større andel af det samlede input og der er tale om stoffer som følger med vandet eller let tilbageholdes/omsættes i plantelagunen som opløst fosfor, de større fosforpartikler og en større del af BI_5. Begge år tilbageholdes næste sammen mængde total fosfor (godt 1.000 kg) hvor der år 1 er tilført 1.075 kg mod 1.338 kg år 2. Vedrørende BI_5 er forholdene lidt anderledes: Grundet en bedre tilbageholdelse og omsætning i renseforanstaltningerne i produktionsanlægget udledes trods øget foderforbrug væsentligt mindre BI_5 til plantelagunerne år 2 (år 1: ca. 12.400 kg, år 2: ca. 9.550 kg) og der tilbageholdes mindre år 2 (år 1: ca. 12.150 kg, år 2: ca. 7.850 kg). Dette skyldes både lavere tilførsel af BI_5, reduceret tab ved nedsivning og det større afløb fra plantelagunen. Opholdstiden er kun knap 1 dag i plantelagunen, hvorfor ikke al BI_5 når at blive omsat.

Ifølge Miljøstyrelsens opgørelser for ferskvandsdambrug udledtes der i 2003 3.098 t BI_5, 1.119 t total kvælstof og 90 t total fosfor ved en produktion på 29.434 t ørreder, mens der ifølge den seneste opgørelse, som inkluderer alle de etablerede modeldambrug af type 1 & 3, i 2007 udledtes 2.343 t BI_5, 673 t total kvælstof og 60 t total fosfor ved en produktion på 27.843 t ørreder og forbrug af 25.710 t foder (*By- og Landskabsstyrelsen, 2009*). Tallene svarer til gennemsnitlige specifikke udledninger, som angivet i nedenstående tabel, hvor 2003-tallene er medtaget for at give sammenligningsgrundlag med forholdene inden Modeldambrugsetablering og med tidligere rapporter og 2007-tallene er medtaget for at kunne sammenholde med de nyeste tal. Af tallene kan beregnes gennemsnitlige specifikke udledninger til sammenligning med hvad der er fundet på Rens Dambrug (tabel 20).

	Specifik udledning – netto (kg/t fisk produceret)			**Rens Dambrug i % af gennemsnit DK**	
	Gennemsnit Danmark	Rens Dambrug - 1. måleår	Rens Dambrug - 2. måleår	År 1	År 2
Organisk stof (BI_5)					
-2003	105,3			0	0
-2007	84	- 7,0	- 0,9	0	0
Total kvælstof					
-2003	38,0			0	22
-2007	24	- 1,3	8,4	0	35
Total fosfor					
-2003	3,1			0	0
-2007	2,2	- 0,4	- 0,3	0	0

Tabel 20 Specifikke udledninger pr. kg produceret fisk som gennemsnit for ferskvandsdambrug i Danmarks (i 2003 og 2007) og tilsvarende målte, specifikke udledninger for Rens Dambrug i første og andet måleår. I sidste kolonne er de specifikke udledninger fra Rens Dambrug angivet i procent af gennemsnittet for Danmark.

Grundet den meget store nettonedsivning over plantelagunen skal en sammenligning af de målte specifikke målte udledninger pr. kg kilo produceret fisk fra Rens Dambrug med det tilsvarende gennemsnit for alle ferskvandsdambrug ske med forbehold, men de er naturligvis meget lave. De målte negative nettoudledning pr. kg fisk af BI_5 og total fosfor begge år opstår grundet et meget stort vandtab over plantelagunen og er fagligt mulige, hvis alt stof i nedsivningsvandet omsættes / tilbageholdes uden af nå frem til grundvand eller overfladevand nedstrøms dambruget. Anvendes derimod det fagligt urealistiske worst case scenarie bliver nettoudledningerne væsentligt højere og for total kvælstof højere end gennemsnittet for ferskvandsdambrug i 2007. Dette understreger, at worst case scenariets antagelse om ingen stofomsætning / stoftilbageholdelse af opløste stoffer i det nedsivende vand er ganske urealistisk. De faktiske specifikke udledninger må fagligt vurderet ligge væsentligt tættere på de målte værdier, men hvor tæt kan ikke fastslås.

	Specifik netto udledning worst case scenario kg/t fisk produceret	
	Rens Dambrug - 1. måleår	Rens Dambrug - 2. måleår
Organisk stof	- 5,0	- 0,1
Total kvælstof	36	32
Total fosfor	1,8	1,2

Tabel 21 Korrigeret specifik netto udledning pr. kg produceret fisk på Rens Dambrug ved et worst case scenario, som er fagligt urealistisk. Se tekst.

Udlederkrav

Sønderjyllands Amt har i miljøgodkendelsen forlangt, der skal udføres en tilstandskontrol på alle parametre efter DS2399 og hvor udlederkravene angives at skulle betragtes som "…en forøgelse af koncentrationen i forhold til det indvundne grund- og drænvand". Kontrol efter DS2399 er en kontrol alene på udledninger ikke på koncentrationsforskelle og udlederkontrollen kan ikke gennemføres for de tilfælde, hvor koncentrationen i indtagsvandet er større end i afløbet fra dambruget. Desuden er der andre statistiske problemer ved anvendelse af DS 2339 (se kapitel 7). Derfor er kontrol efter DS2399 alene lavet på koncentrationen i udledningerne, hvilket gør den lidt for skrap. Der er desuden lavet en sædvanlig udlederkontrol, som angivet i Bekendtgørelse om modeldambrug, men med tilstandskontrol for alle parametre og det er denne som udledninger bør vurderes efter.

Miljøgodkendelsens udlederkrav har i begge måleår til fulde været overholdt for alle kontrolstoffer uanset kontrolmetode. Kun udledningerne for ammoniumkvælstof ligger kun lidt under udlederkravet. Udtrykkes de beregnede udlederværdier beregnet efter Bekendtgørelsen for modeldambrug som procent af udlederkravværdierne er de henholdsvis 25 % år 1 og 35 % år 2 for suspenderet stof; for ammonium kvælstof 91 % år 1 og 84 % år 2; for total kvælstof 64 % både år 1 og år 2; for total fosfor 44 % år 1 og 50 % år 2 samt for BI_5 21 % år 1 og 16 % år 2. Der er i Miljøgodkendelsen ikke givet fuld kompensation for det reducerede vandforbrug på modeldambruget ift. til det gamle anlæg (svarende til en faktor 14,7 da medianminimum ved dambruget er 955 l/s og det tilladte vandforbrug efter ombygning til modeldambrug 65 l/s) for suspenderet stof, ammonium kvælstof og BI_5, hvor kravet er skærpet med henholdsvis en faktor 4,4; 6,0 og 1,47. Med fuld kompensation for reduceret vandforbrug ville ammonium udlederkravet kontrolleret efter Bekendtgørelsen for modeldambrug både år 1 (med 15 % af udlederkravet) og år 2 (14 %) til fulde være overholdt.

Det er oplagt at det meget store vandtab gør det lettere at overholde udlederkravet, da koncentrationsvariationen ikke mindst for partikulært bundne kemiske stoffer udjævnes. Det store vandtab betyder i praksis, at det vand, der når frem til udløbet har haft en meget længere opholdstid i plantelagunen og samtidig er vandflowet langsomt og vandstanden lav således at de fleste partikler må blive tilbageholdt over plantelagunen. Hvis de 4 l/s, der i gennemsnit er målt i afløbet fra Rens Dambrug år 1 skulle svare til den mængde vand, der tilføres plantelagunen opstrøms vil dette vand i gennemsnit have en opholdstid på ca. 275 timer i plante-

lagunen (år 1). Tilsvarende vil år 2 med 23,3 l/s i afløbet give en opholdstid på ca. 59 timer.

Mindskes vandtabet fremover og Rens Dambrug øger foderforbruget til fodertilladelsen så vil der helt givet blive problemer med at overholde de nuværende meget skrappe udlederkrav for ammonium kvælstof, hvis ikke ammonium fjernelsen øges over dambruget.

Ved fodertildeling til modeldambrug under forsøgsordningen er der set bort fra kvælstof (N) som begrænsende parameter for fodertildelingen under forsøgsordningen (*Bekendtgørelse om modeldambrug (2002) og Pedersen et al. (2003)*). Det betyder, at det er vigtigt at sikre en tilstrækkelig fjernelse af kvælstof for at kunne bevare/øge den under forsøgsordningen tildelte foderkvote.

Stoffjernelse, rensegrader, vandtab og potentielt foderforbrug

Stoftab til Sønderå

Nettovandtabet over plantelagunen er så stort ved Rens Dambrug begge måleår, at det bliver betydende for vurderingen af hvor meget af det tilførte stof til Rens Dambrug med indtagsvand og produktionsbidrag som fjernes over plantelagunen eller tabes til Sønderå. Baseret på målte udledninger udledes 2 % år 1 og 5 % år 2 til Sønderå af det samlede input af ammonium kvælstof. De tilsvarende værdier for total kvælstof er 7 % år 1 og 29 % år 2, 4 % (år 1) og 15 % (år 2) for total fosfor, 1 % (år 1) og 6 % (år 2) for BI_5 samt 4 % (år 1) og 16 % (år 2) for COD. Med den væsentligt større afstrømning fra dambruget år 2 tabes en større andel af den samlede stoftilførsel til Sønderå. Hovedparten (80-90 %) af det udledte kvæltof og fosfor er på opløst form.

Baseret på worst case scenariet bliver den del af den samlede stoftilførsel til Rens Dambrug som tabes til Sønderå naturligvis noget større primært for de opløste fraktioner (ammonium og nitrat-nitrit kvælstof og opløst fosfor).

Som omtalt tidligere ligger de faktiske forhold mellem de målte udledninger og worst case scenariet, men givet tættest på det målte, da en stor del af det stof der følger med nedsivningsvandet ikke vil nå Sønderå eller fjernrecipienten (havet), men i stedet omsættes eller tilbageholdes i den umættede og mættede zone som nedsivningsvandet bevæger sig igennem under og nedstrøms dambruget, eller det genindvindes som indtagsvand.

Nettorensegrader

De opnåede målte nettorensegrader (dvs. stoffjernelsen relateret til produktionsbidraget) over hele Rens Dambrug er i år 1/år 2 for total kvælstof 103 %/79 %, for total fosfor 107 %/107 % samt for BI_5 107 %/101 %. En rensegrad på over 100 % betyder at den målte stoffjernelse over dambruget er større end hvad der tilføres af stof med produktionsbidraget, hvilket reelt er muligt, hvis stofinputtet med indtagsvandet udgør en større andel af det samlede stofinput, som det f.eks. er tilfældet for total fosfor på Rens Dambrug. Det skal dog atter understreges, at de målte rensegrader påvirkes af den store nedsivning. De målte nettorensegraden er for begge måleår væsentligt over forudsætningerne for modeldambrug (*Bekendtgørelse for modeldambrug, 2002)* på henholdsvis 11, 60 %

og 75 % for et modeldambrug type III. Rensegraden skal være 11 % for total kvælstof + tillæg for en plantelagunestørrelse, som ved Rens Dambrug er på 18 % (med miljøgodkendelsens forudsat plantelagunestørrelse) og 22 % ved den faktiske gennemsnitlige plantelagunestørrelse, dvs. i alt 29 eller 33 % år 2. Nettorensegraden for ammonium kvælstof er 102 % år 1 mod 98 % år 2.

Anvendes det fagligt urealistiske worst case scenarie ændres netto rensegraden væsentligt for total kvælstof til år 1/år 2 til 13 %/21%, men i mindre grad for total fosfor, som er 67 %/74 % og tilsvarende for BI_5 105 %/100 %. Det betyder, at nettorensegraden for total kvælstof ved worst case scenariet ikke opfylder bekendtgørelsens krav, men som omtalt forventes de faktisk forhold at ligge tættere på de målte nettorensegrader, så i praksis er de fuldt ud overholdt.

Stoffjernelse i renseforanstaltninger i produktionsanlægget
Renseforanstaltningerne på Rens Dambrug opfylder således forudsætningerne på trods af en række driftsproblemer især år 1 med underdimensionerede slambassiner, overløb fra disse, sygdom år 2, usikre registreringer fra dambruget m.v. og usikkerheder grundet det store nettovandtab over plantelagunen. Rensegrader ved fuld udnyttelse af foderkvoten kendes ikke, da der i løbet kun anvendes op til 65 % heraf.

De beregnede rensegrader over selve produktionsanlægget er helt uafhængige af, om der er vandtab over plantelagunerne eller ej. Til gengæld har dambrugets utilstrækkelige og mangelfulde oplysninger medført, at der kun kan gives et samlet mål for stoffjernelsen for de 10 produktionsenheder, sættefiskeanlægget + leveredammene under ét. Der kan heller ikke gives et sikkert bud på tilbageholdelsesprocenten over slambassinerne eller for akkumulering af stof og evt. omsætning i produktionsanlægget udenfor renseforanstaltningerne. Omvendt kan der altså gives et rimeligt sikkert bud på den samlede stoffjernelse over hele produktionsanlægget, da stofinputtet til af afløb fra produktionsenhederne, sættefiskeanlæg + leveredamme samt stoftab med klaringsvandet (i hvert fald år 2) er bestemt relativt sikkert.

Andelen af den samlede stoffjernelse over produktionsanlægget i Rens Dambrug er større år 2 end år 1. Det samlede stofinput til dambruget stiger fra år 1 til år 2 primært grundet 38 % større foderforbrug. Der tilføres således ca. 3.300 kg (44 %) mere ammonium kvælstof, ca. 3.900 kg (38 %) mere total kvælstof, 410 kg (30 %) mere total fosfor, ca. 6.700 kg (28 %) mere BI_5 og ca. 19.000 kg (21 %) mere COD. Der har været et lidt lavere produktionsbidrag pr. kg. foder/fisk år 2 for fosfor og organisk stof.

Sættes den samlede stoffjernelse/-tab over produktionsanlæg (hvor der er korrigeret for tab med klaringsvandet), plantelagune og til Sønderå til 100 %, så fjernes 78 % af ammonium kvælstof, 25 % af total fosfor, 69 % af BI_5 og 42 % af COD over produktionsanlægget, mens der ingen nettostoffjernelse er af total kvælstof over produktionsanlægget (der fjernes ammonium, men dannes nitrat). Der er tilsyneladende dårlig tilbageholdelse af organisk kvælstof i slambassinet. For ammonium kvælstof og BI_5 er renseforanstaltningerne i produktionsanlægget således af større betydning end stoffjernelse over plantelagunerne. Med større andel fjernet år 2 i produktionsanlægget af alle stoffer, betyder det samtidigt at andele af stoffjernelsen over plantelagunen falder og da stoftabet til Sønderå

samtidigt er større år 2 er betydningen af stoffjernelse over plantelagunen år 2 faldet mere end den er steget i produktionslægget. Den målte nettostoffjernelse viser et maksimalt tab til Sønderå år 2 på 15-16 % af den samlede stoffjernelse (total fosfor og COD).

Øget nitrifikation år 2 medfører dannelse af mere nitrat, der kun i mindre omfang kan omsættes i produktionsanlægget, men tilføres plantelagunerne sammen med mere organisk kvælstof (partikulært bundet). Plantelagunerne tilføres 44 % (ca. 3.000 kg) mere nitrit-nitrat kvælstof år 2. Den målte omsætningsrate i plantelagunen stiger en smule, men med et samtidigt mindre vandtab over disse, øges også tabet til Sønderå af nitrit-nitrat kvælstof med 430 % (ca. 2.550 kg) sammenlignet med år 1.

Man skal være opmærksom på at der anvendes næsten dobbelt så meget vand pr. kg produceret fisk på Rens Dambrug som på de øvrige modeldambrug under måle- og dokumentationsprojektet (*Svendsen et al., 2008*), hvilket betyder, at renseforanstaltningerne i produktionsanlægget skal rense på tyndere vand end de andre modeldambrug.

Nettorensegrad over slambassinerne
Som omtalt er det ikke muligt at beregne nettorensegraden over slambassinerne, da dambrugets registreringer af tømning af slambassiner og returskylning af biofiltre slet ikke passer med de kontinuerte målinger af vandflow af slamperkulat fra slamkegler og biofiltre, da der i givet fald mangler 85 % af vandmængden baseret på dambrugets oplysninger (år 2). Det betyder, at selv om projektet har godt styr på hvor store vandmængder, der er tilført og afledt fra slambassinerne (på nær ved overløb fra disse år 1) og vandmængderne er afstemt, og der er målt vandkemi hver 14. dag, så skal dambrugets registreringer alle dage være korrekte og fyldestgørende og det har de bestemt ikke været. Dette giver sig bl.a. udslag i, at der skulle være tilført væsentligt mindre stof til slambassinerne år 2 (2,5 til 4 gange mindre for de forskellige stoffer) trods et 38 % større foderforbrug. Det kan derfor kun groft anføres at tømning af slamkegler ser ud til at fjerne mere af alle stoffer på nær af ammonium og nitrat-nitrit kvælstof, men da der formodentligt er de største usikkerhed på dambrugets registreringer af returskyllevandet fra biofiltrene som vurderes klart underestimeret skal der ikke tolkes yderligere på disse resultater. Underestimering af tilførslen til slambassinerne medfører, at der skulle være negativ stoftilbageholdelse år 2 af bl.a. total fosfor og organisk stof, hvilket er fysisk umuligt samt være stor stofakkumulation i selve produktionsanlægget, hvilket ikke er iagttaget.

Der er et stort stoftab med klaringsvandet fra slambassinerne. Baseret på år 2, hvor der fra starten blev etableret et ekstra slambassin så voluminet næsten tredobles, viser målingerne at klaringsvandet udgør et større stofinput end afløb fra produktionsenheder, sættefiskeanlæg og leveredammene tilsammen for flere af de kemiske stoffer. Af den samlede stoftilførsel til plantelagunerne udgør klaringsvandet år 2: 46 % for ammonium kvælstof, 4 % for nitrat-nitrit kvælstof, 18 % for total kvælstof, 42 % opløst fosfor, 57 % for total fosfor, 54 % for BI_5, 37 % for COD samt 78 % for suspenderet stof, altså især høje værdier for de partikulære fraktioner. Det er oplyst, at returskylning af biofiltre varer mellem 2 og 24 timer, hvilket giver et unødigt højt vandforbrug hertil og tilfører store vandmængder til slambassinerne.

I slambassinerne omdannes en del nitrat til ammoniumkvælstof via dissimilatorisk nitrat reduktion og i mindre omfang dannes også ammonium kvælstof ved en ammonificering af organisk (partikulært) kvælstof.

Det store tab med klaringsvandet sammenlignet med de fleste øvrige modeldambrug viser, at nettotilbageholdelsen over slambassinerne på Rens Dambrug er beskedne for total fosfor, organisk stof og suspenderet stof (*Svendsen et al., 2008*) og der bør overvejes optimering omkring indretning og drift (se senere), idet det vil være hensigtsmæssigt at begrænse tabet af stof, der reelt er fjernet og opsamlet i slambassinerne. Det er dog nødvendigt med en vis tilførsel af organisk stof til plantelagunen for at drive denitrifikationen deri.

Stoffjernelse i plantelagunerne
Der måles en stor stoftilbageholdelse over plantelagunen begge måleår af det tilførte stof hertil, 68-88 % (mindst nitrit-nitrat kvælstof og mest BI_5 og suspenderet stof) år 2 og 91-98 % år 1. Det er tydeligt, at de meget høje tilbageholdelsesprocenter har en nær sammenhæng med vandtabet, idet der f.eks. er en nettotilbageholdelse på henholdsvis 95 % (år 1) og 78 % (år 2) af tilført ammonium kvælstof til plantelagunen, hvori der ikke umiddelbart kunne forventes nogen større omsætning/tilbageholdelse heraf. Der tilføres mængdemæssigt år 2 godt 4 % mere vand, 11 % mere suspenderet stof (2.300 kg), 44 % mere nitrit-nitrat kvælstof (2.950 kg), 22 % mere total kvælstof (2.600 kg), 39 % mere opløst fosfor (210 kg), 24 % mere total fosfor (260 kg) og 23 mere BI_5 (2.850 kg), men stort set uændret mængde ammonium kvælstof og COD. Ved et fagligt urealistisk worst case scenarie beregnes stoftab med nedsivning som direkte tab til vandløbet uden nogen form for stoffjernelse/-omsætning over plantelagunen. Det betyder, at der beregnes en langt lavere nettotilbageholdelse ift. tilført opløst stof til plantelagunen, men den faktiske netto stoftilbageholdelse/-omsætning over plantelagunen vurderes at ligge tættest på den målte, da hovedparten af stoftabet med nedsivningsvandet kan anses som et reelt tab, dvs. stoffet når ikke senere til Sønderå eller fjernrecipient.

Baseret på målinger får man en ide om hvilke fraktioner, der primært tilbageholdes/omsættes over plantelagunen. År 2 er 16 % af total kvælstof tilført som ammonium, 67 % som nitrat-nitrit og de resterende 17 % som organisk kvælstof. I afløbet fra dambruget udgør fraktionerne henholdsvis 12 % og 75 % og dermed 13 % organisk kvælstof. Det noteres, at de opløste fraktioners andel ikke reduceres. Umiddelbart skulle det forventes at det især er nitrat og organisk kvælstof der omsættes/tilbageholdes over plantelagunen, men med den store nedsivning følger meget opløst kvælstof som gør det svært at tolke på resultaterne. For fosfor er 57 % af tilført total fosfor på opløst form mens det i afløbet er 79 %, som indikerer såvel tab af opløst fosfor med nedsivningsvandet som tilbageholdelse af partikulært bundet fosfor i plantelagunen. BI_5 svarer til 15 % af COD i tilførslen til plantelagunen og 10 % i udløbet fra dambruget afspejlende bl.a. større relativ fjernelse af let-omsætteligt stof. Generelt ændres forholdet mellem BI_5 i og COD igennem dambruget. I det samlede input til dambruget år 2 svarer BI_5 til 28 % af COD (35 % i produktionsbidraget) og i tilførslen til slambassinerne er det 32 %.

Baseret på målinger opfylder plantelagunen fuldt ud forventninger og forudsætningerne til stoffjernelse, selv om der, sammenlignet med Dø-

strup Dambrug (*Fjorback et. al., 2003*), er opstrøms renseforanstaltninger som biofiltre, mikrosigter m.v. F.eks. er den målte total kvælstoffjernelsen med 4,0 (år 1) – 3,7 (år 2) g N pr m^2 pr. dag 3-4 gange over forudsætningerne. For total fosfor er raten med 0,37 (år 1) – 0,38 (år 2) g P pr m^2 pr. dag i år 2 ca. 7 gange højere end målt på Døstrup Dambrug. For BI_5 er den med 4,4 (år 1) – 2,8 (år 2) g BI_5 pr m^2 pr. dag i år 2 ca. 1,5-2 gange højere end målt på Døstrup Dambrug. Selv i det fagligt urealistiske worst case scenarie har stoffjernelsen været lig med eller højere end forudsætningerne.

Plantelagunen fjerner, sammenlignet med de fleste andre modeldambrug under måle- og dokumentationsprojektet, ikke særlig meget BI_5 pr. m^2 plantelagune uanset hvordan det opgøres. Der er ellers etableret plantevækst fra starten af år 1 og det meste af det vand, der tilledes plantelagunen tilføres opstrøms i denne. Der er også fundet zoner med lavt iltindhold i plantelagunen i den nedstrøms halvdel og ved bunden af plantelagunen, som giver gode betingelser for denitrifikation (tilstedeværelse af nitrat og let omsætteligt organisk stof og iltfattige forhold) mens iltindholdet opstrøms i plantelagunen er generelt højt sammenlignet med andre modeldambrug i den øvre del af vandsøjlen. Det er især den lave belastning samt opholdstiden på lidt under et døgn i plantelagunen, som kan forklare den relativt lave BI_5-omsætning/tilbageholdelse over plantelagunen. Udløbskoncentrationen af BI_5 ligger relativt lavt på 2,5 mg/l, dvs. på eller under udløbskoncentrationen på de øvrige modeldambrug. Omsætningen af organisk stof er substratafhængig og det må forventes, at plantelagunen ved højere belastning er i stand til at omsætte større mængder stof, hvorved den arealspecifikke omsætning vil øges.

Potentialet for yderligere stoffjernelse i plantelagunerne er vanskelig at vurdere, da belastningen som nævnt er lav og da renseforanstaltningerne i produktionsanlægget fjerner en del af det stof, som plantelagunerne potentielt kunne fjerne. Ved en yderligere reduktion i nedsivningen, kan der være behov for at optime stoftilbageholdelsen/-omsætningen over plantelagunen. Dette kan ske ved at sikre:

- at de stoffer der tilføres primært er på partikulær form, dog for kvælstof også på nitrat-form
- at man øger og gerne fordobler opholdstiden (øge vanddybde og/eller areal)
- at man undgår præferentielle strømninger.

Så længe der er stor nettonedsivning over plantelagunen vil der dog alt andet lige også være en stor nettotilbageholdelse. Ved reduceret nedsivning og dermed højere afløb fra plantelagunen vil strømningsforholdene heri ændrer sig, så en større del af plantelagunen må formodes i højere grad at bidrage til stofomsætning/tilbageholdelsen.

Ved maksimal plantebiomasse er det beregnet, at der år 2 er indbygget ca. 92 kg kvælstof svarende til ca. 1 % af den total kvælstof fjernelse/tilbageholdelse i plantelagunen år 2. Tilsvarende er der indbygget ca. 13 kg fosfor, svarende til godt 1 % af tilbageholdt total fosfor. Betydningen for den samlede stoftilbageholdelse i plantelagunerne er således meget lille. Der sker både tab og opbygning af biomasse gennem vækstsæsonen så tallene er et minimumsmål for kvælstof- og fosforoptag i planterne, men

det bliver kun en reel tilbageholdelse, hvis plantematerialet høstes og biomassen fjernes fra plantelagunen. Betydningen af næringsstofoptaget i planter er for kvælstof lidt lavere end målt på Døstrup Dambrug (*Fjorback et al., 2003*).

Potentielt foderforbrug med fundne rensegrader
Med de fundne målte rensegrader kan det beregnes, hvad der ud fra reglerne i modeldambrugsbekendtgørelsen kunne gives at foder hvis henholdsvis rensegraderne for total kvælstof, total fosfor eller organisk stof var begrænsende. I *Bekendtgørelsen for modeldambrug (2002)* angives hvordan det højest tilladelige foderforbrug F fastlægges for modeldambrug:

$$F = ((1 - R_n) \ / \ (1 - R_N)) * F_{till},$$

Hvor R_n er nettorensegraden for et standarddambrug:

- Total kvælstof = 0,07 (7 %)
- Total fosfor = 0,20
- Organisk stof, BI_5 = 0,20

og R_N er nettorensegraden for et modeldambrug, som for type III og IIIa indledningsvist er sat til:

- Total kvælstof = 0,11
- Total fosfor = 0,60
- Organisk stof, BI_5 = 0,75

Der gives tillæg på 10 tons foder pr. 1.000 m^2 plantelagune under forudsætning af at plantelagunen fjerner 1 g N m^2 plantelagune pr. dag (0,365 kg N pr. m^2 pr. år).

Hvis alene den målte rensegrad for total kvælstof på 79 % (år 2) lægges til grund vil det ift. til et standarddambrug med 100 tons foder give 443 tons. Anvendes i stedet rensegraden år 2 ud fra det fagligt urealistiske worst case scenarie på 21 % fås tilsvarende 118 tons. Total fosfor og BI_5 giver ingen foderbegrænsninger ud fra de målte nettorensegrader.

Samtidigt skal man være opmærksom på at udlederkravene skal overholdes, hvilket givet kan blive et problem ift. de skærpede udlederkrav for ammonium kvælstof.

Optimeringer
Der er målt meget store rensegrader og meget små stoftab begge år, bl.a. grundet det meget store vandtab over plantelagunen på Rens Dambrug. Det vanskeliggør tolkningerne, at der i dambrugets registreringer ift. til foderforbrug, produktion, tømning af slamkegler og returskylning af biofiltre er ret store usikkerheder, og at der især år 1 er talrige overløb fra slambassiner m.v. I år 2 er især total kvælstof udledningen steget meget. Samlet vurderes derfor, at der kan opstå behov for yderligere kvælstoffjernelse, hvis foderkvoten anvendes fuldt ud eller der skal sikres en udvidelse af produktionen uden forøgede kvælstofudledninger. Dette ikke mindst hvis nettovandtabet over plantelagunen som ventet yderligere reduceres.

Der omsættes tilstrækkeligt med ammonium begge måleår til at holde en lav og stabil koncentration, og her har det givet været en fordel, at der trods relativt beskedent foderforbrug er valgt at benytte alle 10 produk-

tionsenheder, dvs. med en stor biofilterkapacitet ift. produktionen. Øges produktionen vil vandindtaget ikke kunne forøges, da det allerede er tæt på vandindvindingstilladelsen. Vandforbruget pr. kg fisk er dog også næsten dobbelt så højt som for gennemsnittet af modeldambrugene under måle- og dokumentationsprojektet, hvorfor der med en øget koncentration skal sikres øgede omsætningsrater i biofiltre for at undgå højere ammonium kvælstof koncentrationer.

På afløbsvandet fra produktionsenhederne eller fra plantelagunen kunne et specifikt denitrifikationsfilter være relevant ved øget produktion. Det vil også være hensigtsmæssig med en større fosfor og organisk stoffjernelse over selve produktionsanlægget. Det kan her påpeges, at der sammenlignet med de andre modeldambrug under måle- og dokumentationsprojektet (*Svendsen et al., 2008*) tabes usædvanligt meget fosfor og organisk stof med klaringsvandet, så der for total fosfor og BI_5 begge måleår faktisk tilføres mere stof til plantelagunerne herfra end via afløbet fra de 10 produktionsenheder, sættefiskeanlægget og leveredammene tilsammen. Det har naturligvis været en forbedring at kapaciteten af slambassinerne er øget fra 600 til 1.700 m^3 i starten af år 2, men der er fortsat behov for at tilbageholde langt mere stof i slambassinerne, for at undgå overløb og for at fælde mere fosfor, evt. med fældningsmiddel samt at øge opholdstiden i slambassinerne. Det bør kunne lukkes for klaringsvandet i nogle timer efter tilførsel af slamperkulat, så det kan klares før afledning til plantelagunen Helt specifikt bør vandforbruget ved tømning af slamkegler og ikke mindst returskylning af biofiltre reduceres betydeligt og hyppigheden heraf bør optimeres. Det er således ikke hensigtsmæssigt, hvis der jvf. dambrugets oplysninger, returskylles biofiltre mellem 2 og op til 24 timer af gangen. Der anvendes hermed meget mere vand end der reelt er behov for og stoftilbageholdelsen i slambassiner reduceres følgelig.

En opholdstid på knap 1 døgn i plantelagunen er under det optimale og der er med øget vandafstrømning også målt lavere tilbageholdelse/omsætning pr. m^2 af BI_5. Selv med det store nettovandtab over plantelagunen måles kun en BI_5 nettotilbageholdelse på 2,7 g m^{-2} dag^{-1} år 2 mod 4,3 g m^{-2} dag^{-1} år 1. Dette skyldes især, at der ved en lavere stoftilførsel er faldende omsætning pr. m^2 plantelagune, hvilket er set på andre modeldambrug (*Svendsen et al., 2008*). Erfaringerne fra de andre modeldambrug og Døstrup Dambrug viser imidlertid, at en samlet opholdstid over dambruget på mindst 3 døgn øger BI_5 omsætningen/tilbageholdelsen markant, hvorfor opholdstiden over plantelagunerne gerne bør øges med 24 timer. Det bemærkes, at en middelvanddybde på 0,64-0,67 er i underkanten af det anbefalede (0,7-0,9) men behøver ikke i sig selv at være betydende, men på Rens Dambrug er konsekvensen af en lav vandstand at nogle af dammene tørlægges, samt at en del arealer får så lav vanddybde, at der næppe bliver tilstrækkelig itlfrit ved bunden til en effektiv denitrifikation.

Den nuværende plantelagune virker generelt hensigtsmæssig indrettet, under antagelse af, at der ikke længere forekommer direkte udløb til Sønderå herfra. Det skal sikres, at alt vand fra produktionsenhederne, sættefiskeanlægget + leveredamme samt klaringsvandet fra slambassinerne tilledes helt opstrøms, som det allerede er tilfældet for hovedparten heraf, samt sikres, at vandet aktivt gennemstrømmer hele plantelagunens volumen, ligesom der skal være zoner både med iltrige og iltfrie

forhold. Præferentielt flow i plantelagunen skal undgås for at forhindre, at en større del af vandet hurtigt løber igennem plantelagunen. Dette kan ske ved at sikre mod ”short cuts” i plantelagunen (f.eks. i gamle ukendte rør og kanaler), og vandet skal tvinges til at lave mange snoninger og hvirvler ved f.eks. at bygge faskiner ud vinkelret på dammenes sider. Såfremt planterne typisk vokser langs dammenes sider bør faskinerne bygges ud i hovedvandstrømmen, så denne tvinges fra side til side i de enkelte damme. Disse tiltag vil forventeligt kunne øge tilbageholdelsen / omsætningen af både nitrat, fosfor og organisk stof.

Vandløbsfauna

Målsætningen i Sønderå op- og nedstrøms Rens Dambrug er DVFI faunaklassen 5.

Der er registreret 95 smådyr taxa på de tre stationer i Søndeå op- og nedstrøms Rens Dambrug. De artsrigeste grupper er vårfluer (23 arter), døgnfluer (14) og snegle (10). Gruppen dansemyg er dog ikke artsbestemt og der kan være mange arter. De dominerende arter / grupper er alle almindeligt at finde i jyske vandløb. Der er 6 taxa som tilsammen udgør ca. 76 % af det samlede individantal i de indsamlede prøver: ferskvandstangloppe, kvægmyg, dansemyg, børsteorm, døgnflue (slægten *Baetis*) og vandbænkebidder. Der findes en række rentvandsarter, men de fleste forekommer ret fåtalligt.

På opstrøms stationen er DVFI faunaklasse 5, 6 eller 7 gennem hele perioden. Tilstanden nedstrøms for Rens Dambrug er i 8 ud af 10 tilfælde DVFI 5, 6 eller 7 på stationen 100 meter nedstrøms for dambrugets udledning, og er på stationen 700 meter nedstrøms i 8 ud af 10 tilfælde DVFI 5 eller 6. I de sidste to tilfælde er faunaklassen 4 på begge stationer som er målt før ombygning til / idriftsættelse af Rens Dambrug som modeldambrug. Fra september 2005 har DVFI faunaklassen ud fra DMU’s prøvetagning ligget på 6 og 7 på stationen umiddelbart nedstrøms for dambruget og på faunaklasse 6 på stationen 700 meter nedstrøms dambruget.

Ud fra faunasammensætningen er der tegn på en generel påvirkning af vandløbet både op- og nedstrøms Rens dambrug, og frem til efteråret 2005 også grundet dambruget nedstrøms dette. Vurderet over tid er smådyrsfaunaen i Sønderå således ikke helt stabil, men variationen kan efter idriftsættelse som modeldambrug ikke tilskrives udledninger fra Rens Dambrug.

13 Litteraturliste

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

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

By- og Landskabsstyrelsen (2009): Punktkilderapport 2007. By- og Landskabsstyrelsen, Miljøministeriet, 115 pp.

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

Dansk Akvakultur (2008). Drift- og fiskesygdomme i modeldambrug. Master Management System. 44 pp.

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

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. 3. udgave. Danmarks Miljøundersøgelser. 150 s. – Teknisk anvisning fra DMU nr. 21

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

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. NOVA2003. 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

Svendsen, L.M., Sortkjær, O., Ovesen, N.B., Skriver, J., Larsen, S.E., Pedersen, P.B., Rasmussen, R.S. & Dalsgaard, A.J.T. (2007 e). Rens Dambrug – et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 1. måleår af moniteringsprojektet. 58 s. DFU-rapport nr. 176-07

*Svendsen, L.*M., *Sortkjær, O., Ovesen, N.B., Skriver, J., Larsen, S.E., Boutrup, S., Pedersen, P.B., Rasmussen, R.S., Dalsgaard, A.J.T. & Suhr, K. (2008).* Modeldambrug under forsøgsordningen. Faglig slutrapport for "Måle- og dokumentationsprojektet for modeldambrug". 225 s. DTU Aqua-rapport nr. 193-08

Sønderjyllands Amt (2004). Miljøgodkendelse for Rens Dambrug på matr. nr 552 m.fl., Rens, Burkal, Rens Damager, 6372 Bylderup-Bov i Tinglev kommune. 23 s.

Thomsen, L., Bo-Holm Andersen, L. (2006). Udvikling af metoder til opsamling af foderspild i modeldambrug. Speciale på Fiskeriteknologuddannelsen, Aalborg Universitet Esbjerg, juni 2006, 76 pp.

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.aqua.dtu.dk, hvor de fleste nyere rapporter også findes som PDF-filer.

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 Ingvardsen, Per Sørensen og Sune Riis Sørensen.

Nr. 172-07 Løjstrup Dambrug (øst) - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 1. måleår af moniteringsprojektet. 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 Tingkærvad Dambrug - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 1. måleår af moniteringsprojektet. 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 moniteringsprojektet. 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 moniteringsprojektet. 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 Eliasen, 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 og 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 moniteringsprojektet 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.

Nr. 183-08 Taskekrabben – Biologi, fiskeri, afsætning og forvaltningsplan. Claus Stenberg, Per Dolmer, Carsten Krog, Siz Madsen, Lars Nannerup, Maja Wall og Kerstin Geitner.

Nr. 184-08 Tvilho Dambrug – et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 2. måleår af moniteringsprojektet 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.

Nr. 185-08 Erfaringsopsamling for muslingeopdræt i Danmark. Helle Torp Christensen, Per Dolmer, Hamish Stewart, Jan Bangsholt, Thomas Olesen og Sisse Redeker.

Nr. 186-08 Smoltudvandring fra Storå 2007 samt smoltdødelighed under udvandringen gennem Felsted Kog og Nissum Fjord. Henrik Baktoft og Anders Koed.

Nr. 187-08 Tingkærvad Dambrug - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 2. måleår af moniteringsprojektet med væsentlige resultater fra første 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.

Nr. 188-08 Ejstrupholm Dambrug - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 2. måleår af moniteringsprojektet med væsentlige resultater fra første 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.

Nr. 189-08 The production of Baltic cod larvae for restocking in the eastern Baltic. RESTOCK I. 2005-2007. Josianne G. Støttrup, Julia L. Overton, Sune R. Sørensen (eds.)

Nr. 190-08 User's manual for the excel application "TEMAS" or "Evaluation Frame". Per J. Sparre.

Nr. 191-08 Evaluation Frame for Comparison of Alternative Management Regimes using MPA and Closed Seasons applied to Baltic Cod. Per J. Sparre.

Nr. 192-08 Assessment of Ecosystem Goods and Services provided by the Coastal Zone System Limfjord. Anita Wiethücther.

Nr. 193-08 Modeldambrug under forsøgsordningen. Faglig slutrapport for "Måle- og dokumentationsprojekt for modeldambrug". Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen,Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Susanne Bouttrup, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen, Anne Johanne Tang Dalsgaard og Karin Suhr.

Nr. 194-08 Omsætning af ammonium-kvælstof i biofiltre på Modeldambrug. Karin Isabel Suhr, Per Bovbjerg Pedersen, Lars M. Svendsen, Kaare Michelsen og Lisbeth Jess Plesner.

Nr. 195-08 Fangst, opbevaring og transport af levende danske jomfruhummere (*Nephrops norvegicus*). Preben Kristensen og Henrik S. Lund.

Nr. 196-08 Udsætning af geddeyngel som bestandsophjælpning i danske brakvandsområder – effektvurdering og perspektivering. Lene Jacobsen, Christian Skov, Søren Berg, Anders Koed og Peter Foged Larsen.

Nr. 197-08 Manual to determine gonadal maturity of herring (*Clupea harengus* L) Rikke Hagstrøm Bucholtz, Jonna Tomkiewicz og Jørgen Dalskov.

Nr. 198-08 Can alerting sounds reduce bycatch of harbour porpoise? Lotte Kindt-Larsen.

Nr. 199-08 Udvikling af produktionsmetoder til intensivt opdræt af sandartyngel. Svend Steenfeldt og Ivar Lund.

Nr. 200-08 Opdræt af tunge (*Solea solea*) - undersøgelse af mulighederne for kommercialisering. Per Bovbjerg Pedersen, Ivar Lund, Svend Jørgen Steenfeldt, Julia Lynne Overton og Mads Nunn.

Nr. 201-08 Produktion af vandlopper til anvendelse ved opdræt af marin fiskeyngel. Svend Steenfeldt.

Nr. 202-09 Vurdering af markedsudsigter for akvakulturproduktion i Danmark. Erling P. Larsen, Jens Henrik Møller, Max Nielsen og Lars Ravensbeck.

Nr. 203-09 Løjstrup Dambrug (øst) - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 2. måleår af moniteringsprojektet med væsentlige resultater fra første 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.

Nr. 204-09 Final Report of Fully Documented Fishery. Jørgen Dalskov and Lotte Kindt-Larsen.

Nr. 205-09 Registrering af fangster i de danske kystområder med standardredskaber fra 2005-2007. Nøglefiskerrapporten 2005-2007. Claus R. Sparrevohn, Hanne Nicolajsen, Louise Kristensen og Josianne G. Støttrup.

Nr. 206-09 Abildtrup Dambrug - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 2. måleår af moniteringsprojektet med væsentlige resultater fra første 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.

Nr. 207-09 Nørå Dambrug - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 2. måleår af moniteringsprojektet med væsentlige resultater fra første 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.

Nr. 208-09 Rens Dambrug - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 2. måleår af moniteringsprojektet med væsentlige resultater fra første 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.