

Arbejdsrapport fra DMU nr. 138

# Forsøgsprojekt Døstrup Dambrug

Statusrapport for fase 1 og 2

# Vandløbsøkologi

# Arbejdsrapport fra DMU nr. 138

Vandløbsøkologi

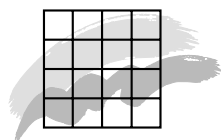
## Forsøgsprojekt Døstrup Dambrug

### Statusrapport for fase 1 og 2

Lars M. Svendsen  
Carsten Fjordback  
Søren Erik Larsen  
Anne Gro Thomsen  
Jens Skriver  
Morten Lauge Pedersen  
*Afdeling for Vandløbsøkologi*

Peder Nielsen  
*Dansk Dambruger Forening*

Jørgen Riis-Vestergaard  
*Danmarks Fiskeriundersøgelser*



Miljø- og Energiministeriet  
Danmarks Miljøundersøgelser  
2000

# Datablad

Titel:	Forsøgsprojekt Døstrup Dambrug
Undertitel:	Statusrapport for fase 1 og 2
Forfattere:	Lars M. Svendsen <sup>1</sup> , Carsten Fjorback <sup>1</sup> , Søren Erik Larsen <sup>1</sup> , Anne Gro Thomsen <sup>1</sup> , Jens Skriver <sup>1</sup> , Morten Lauge Pedersen <sup>1</sup> , Peder Nielsen <sup>2</sup> , Jørgen Riis-Vestergaard <sup>3</sup>
Afdelinger:	<sup>1</sup> Afdeling for Vandløbsøkologi, <sup>2</sup> Dansk Dambruger Forening, <sup>3</sup> Danmarks Fiskeriundersøgelser
Serietitel og nummer:	Arbejdsrapport fra DMU nr. 138
Udgiver:	Miljø- og Energiministeriet Danmarks Miljøundersøgelser©
URL:	<a href="http://www.dmu.dk">http://www.dmu.dk</a>
Udgivelsestidspunkt:	December 2000
Layout: Tegninger/fotos:	Karin Balle Madsen Grafisk Værksted, Silkeborg
Bedes citeret:	Svendsen, L.M., Fjorback, C., Larsen, S.E., Thomsen, A.G., Skriver, J., Pedersen, M.L., Nielsen, P. & Riis-Vestergaard, J. (2000). Forsøgsprojekt Døstrup Dambrug. Statusrapport for fase 1 og 2. Danmarks Miljøundersøgelser. 68 s. – Arbejdsrapport fra DMU nr. 138
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse.
Frie emneord:	Dambrug, kvælstof, fosfor, organisk stof, tilstandskontrol, transportkontrol, udledninger, miljøtilstand, plantelaguner.
ISSN: (trykt)	1395-5675
ISSN: (elektronisk)	1395-9346
Papirkvalitet: Tryk:	Cyclus Print Silkeborg Bogtryk EMAS registreret nr. DK-S-006'84
Sideantal: Oplag:	68 200
Pris:	kr. 60,- (inkl. 25% moms, ekskl. forsendelse)
Internet-version:	Rapporten kan også findes som PDF-fil på DMU's hjemmeside

Købes i boghandelen eller hos: Danmarks Miljøundersøgelser  
Postboks 314  
Vejløvej 25  
DK-8600 Silkeborg  
Tlf.: 89 20 14 00  
Fax: 89 20 14 14

# Indhold

## Forord 5

### **1 Formål, dambrugets indretning og projektindhold 7**

- 1.1 Baggrund for projektet 7
- 1.2 Projektets formål 7
- 1.3 Beskrivelse af forsøgsanlægget 8

### **2 Drift, produktion og måleprogrammer 12**

- 2.1 Vilkår 12
- 2.2 Drift og produktion 12
- 2.3 Danmarks Miljøundersøgelsers (DMU's) undersøgelsesaktiviteter 14
- 2.4 Danmarks Fiskeriundersøgelsers (DFU's) måle- og beregningsprogram 19

### **3 Driftsmålinger 21**

- 3.1 Måling af fysiske parametre 21
- 3.2 Måling af kemiske stoffer 21

### **4 Planteforekomst i lagunerne april – september 2000 22**

- 4.1 Indledning 22
- 4.2 Målemetode 22
- 4.3 Planteforekomster og dækningsgrader 23
- 4.4 Plantebiomasse 23
- 4.5 Stoff tilbageholdelse i lagunerne 24

### **5 Vandstandsregistreringer og vandføringsmålinger 27**

- 5.1 Vandstand-H 27
- 5.2 Vandføring-Q 27
- 5.3 Vandføringsserier 27
- 5.4 Beregning af station 020's vandføringsserie 28
- 5.5 Vandforbrug i Døstrup dambrug 29
- 5.6 Vandbalanceusikkerhed 30

### **6 Kemiske analyser: kontrolvariablers koncentrationsudvikling 32**

## **7 Vejledende udlederkrav og tilstandskontrol 36**

- 7.1 Indledning 36
- 7.2 Udlederkrav 36
- 7.3 Statistisk metode 37
- 7.4 Analyse af overholdelsen af udlederkravene 38
- 7.5 Overholdelse af iltkrav 42
  - 7.5.1 Iltkrav 42
  - 7.5.2 Plantelagunernes påvirkning af vandets iltkoncentration 43
  - 7.5.3 Beluftningskasser/vandrecirkulation 44
- 7.6 Konklusion 45

## **8 Faunainsamlinger – Døstrup Dambrug 47**

- 8.1 Oversigt over tilstand i Døstrup Bæk i perioden marts 1998 til august 2000 47
- 8.2 Placering af indsamlingslokaliteter 47
- 8.3 Resultater af DVFI prøverne 47

## **9 Sammenfatning 49**

## **10 Referencer 54**

- Bilag 1: Miljøgodkendelsens tabel med justeringsfaktorer  $k(n)$  for antallet af stikprøver  $n$  i intervallet fra 6 til 52. 55
- Bilag 2: Miljøgodkendelsen af Døstrup Dambrug. Kommentarer til punkterne 52-54 angående udlederkrav samt til Bilag 14: Statistisk vurdering af overholdelse af udlederkrav 56
- Bilag 3: Formler for beregning af forskel i koncentrationen i udløbet og i indløbet samt formler for beregning af gennemsnit, standard afvigelse og varianskoeficient 61
- Bilag 4: Figurer med den tidlige udvikling i de samlede, udledte stofmængder ( $\text{mg s}^{-1}$ ) og for forskelle i koncentrationer ( $\text{mg l}^{-1}$ ) for alle 5 kontrolvariable. Alle fig. er baseret på balancen: (st. 510+520+530) – (st. 020+030) (se afsnit 7.2) 62

# Forord

Denne statusrapport omhandler fase 1 og en del af fase 2 frem til august 2000 af "Forsøgsprojektet Døstrup Dambrug". Projektet startede 20. august 1997.

Projektet var oprindeligt planlagt til opstart af målinger i sommeren 1998, hvor anlægget var bygget og hele forsøgsopstillingen var klar. Nordjyllands Amt gav i skrivelse af 16. april 1997 miljøgodkendelse til forsøgsprojektet, godkendelsen blev anket af Danmarks Sportsfiskerforbund først til Miljøstyrelsen (siden overgik sagen til Skov- og Naturstyrelsen) og siden til Miljøklagenævnet. Miljøklagenævnet stadfæstede herefter i skrivelse af 11. november 1999 Nordjyllands Amts godkendelse med en række vilkårsændringer.

Der skulle efterfølgende ske nogle justeringer af både anlæg og måleprogram samt foretages en genkalibrering af de opstillede instrumenter.

Denne statusrapport beskriver forsøgsanlægget og det måleprogram, der gennemføres. Endvidere gives udvalgte resultater fra ca. første 4 måneders drift, april til august 2000. Der er endvidere visse eksempler på resultater et par måneder længere frem for at give indtryk af hvordan dambruget har fungeret efter en indkøringsfase. Det skal understreges, at denne statusrapport ikke har til hensigt at behandle alle de data, der er målt. Dette vil ikke være hensigtsmæssigt efter blot 4 måneders resultater af et to årigt projekt og vil derfor først ske i en slutrapport. Hensigten med denne status rapport er derfor at introducere projektet og væsentlige vilkår for det, beskrive dambrugets indretning og instrumentering, give en oversigt over måleprogrammet samt give nogle foreløbige nøgleresultater. Vi har udvalgt nogle af de væsentlige elementer, nemlig:

- hvordan har iltforholdene været op- og nedstrøms dambruget og i produktionsanlægget?
- har vi styr på vand- og stofbalancerne i dambruget?
- hvad har udledninger fra dambruget været i relation til de vejledende krav, herunder se på koncentrationsforhold?
- hvordan har plantelagunerne virket?
- hvordan har det set ud med den biologiske vandløbstilstand i vandløbet?
- hvordan har dambruget fungeret i en indkøringsfase?

Følgende organisationer og institutioner deltager i projektet.:

**Projektansvarlig**  
Dansk Dambrugerforening (DDF)  
Vejsøvej 51  
8600 Silkeborg

**Projektdeltagere**

Danmarks Miljøundersøgelser (DMU)  
Afd. for Ferskvandsøkologi  
Vejsøvej  
8600 Silkeborg

Døstrup Dambrug (DDa)  
Døstrupvej 135 A  
9500 Hobro

**Faglig underleverandør til projektet.**

Danmarks Fiskeriundersøgelser (DFU)  
Nordsøcentret  
9850 Hirtshals

**Observatør**

Nordjyllands Amt (NJA)  
Niels Bohrsvej 30  
9220 Aalborg Ø

Ansvaret for driften af projektet har siden igangsætningen 5. april 2000 været varetaget af en projektgruppe bestående af repræsentanter fra ovenstående organisationer og institutioner. Projektgruppen har i driftsperioden afholdt møder ca. 1 gang pr. måned.

Medlemmer af projektgruppen er:

Peder Nielsen (DDF)  
Lars M. Svendsen (DMU)  
Erik Ugilt Hansen (DDa)  
Jørgen Riis-Vestergaard (DFU)

Observatør/konsulenter, der deltager i projektgruppemøderne:

Ann Amitzbo (NJA)  
Carsten Fjordbach (DMU)  
Bjarne Jensen (DDa)  
Jens Kristian Nielsen, konsulent (DDa)

Projektets to første faser har i medfør af Rfo. 3699/93 og bekendtgørelse nr. 1137/1996 været finansieret af Strukturdirektoratet ( Det nuværende Direktorat for Fødevarer Erhverv) som takkes for støtten.

# 1 Formål, dambrugets indretning og projektindhold

## 1.1 Baggrund for projektet

Danske ferskvandsdambrug består hovedsagelig af ca. 400 traditionelle brug der er etableret som jorddamme eller kanaler. Mange af disse anlæg er etableret for 30 – 50 år siden og baserer sig hovedsagelig på anvendelse af den energi der kan genereres ved en opstemning i de vandløb som dambrugene er placeret ved. Mange af disse anlæg er efterhånden ved at være nedslidte og en implementering af mere tidssvarende teknologier er nødvendig for erhvervets fremtidige udviklingsmuligheder. For at udnytte udviklingspotentialer i de danske ferskvandsdambrug er det nødvendigt at forbedre den videnskabelige dokumentation af miljømæssige effekter for de teknologier der ønskes implementeret.

## 1.2 Projektets formål

Forsøgsprojektet Døstrup Dambrug har til formål at afdække nogle af de behov og anbefalinger der er nævnt i "Perspektivplan for akvakultur i Danmark" (*Hassager og Prince, 1997*). Fra projektbeskrivelsen kan fremhæves:

De miljømæssige og renere teknologimål :

- At sikre recipientmålsætninger for søer og vandløb
- At minimere ressourceforbruget pr. kg produceret fisk
- At fremskaffe dokumentation for effekten af direkte opsamling af fækalier
- At fremskaffe dokumentation for effekten af lavteknologiske renseforanstaltninger
- At fremskaffe dokumentation for slamhåndtering
- At fremskaffe dokumentation for efterbehandling af slamvand

De produktionsmæssige mål er følgende:

- At udvikle et opdrætssystem der sikrer en rentabel drift af de mindre og mellemstore dambrug
- At kunne øge produktionen og dermed eksporten af danske ørreder
- At minimere omkostningerne til mandtimer pr. kg produceret fisk
- At minimere omkostningerne og ressourceforbruget pr. kg produceret fisk
- At sikre miljømæssig optimale opdrætsbetingelser i anlægget
- At minimere forbruget af medicin og hjælpestoffer til produktionen
- At sikre optimal foderudnyttelse



- At projektet kan danne baggrund for udarbejdelse af en beregningsmodel for 3 forskellige typer af dambrugsproduktioner, yngelanlæg, sættefiskeanlæg og konsumfiskeanlæg.

Herudover giver projektet med det omfattende måleprogram et overordentligt godt materiale til statistiske analyser af udledninger, for effekt af bundfældningsanlægget og af tre typer af plantelaguner. Der måles så hyppigt, at den statistisk usikkerhed minimeres og materialet kan danne grundlag for optimering af prøvetagningsprogrammer for kontrol af dambrugsudledninger. Der skaffes et dokumentationsgrundlag, der kan danne basis for generalisering til andre dambrug.

### 1.3 Beskrivelse af forsøgsanlægget

I figur 1.1 er vist en oversigt over hele dambruget, i figur 1.2 af produktionsanlægget.

De fysiske rammer for produktionsanlægget fremgår af nedenstående tabel 1.1

*Tabel 1.1* Fysiske rammer for produktionsanlægget Døstrup dambrug.

Enhed	Antal kummer	Dimensioner i meter	Volumen i m <sup>3</sup>	Maksimalt vand flow
Sektion 1	40	L: 7,00. B: 0,88. D: 1,00	Ca. 246	250 l s <sup>-1</sup>
Sektion 2	20	L: 7,00. B: 1,88. D: 1,00	Ca. 263	350 l s <sup>-1</sup>
Sektion 3	10	L: 8,00. B: 3,88. D: 1,00	Ca. 310	450 l s <sup>-1</sup>
<b>I alt</b>			<b>Ca. 819</b>	
Fødekanaler	3	L: 40,00 B: 0,80 D: 1,00	Ca. 96	
Bagkanaler	3	L: 40,00 B: 0,80 D: 0,80	Ca. 77	
<b>I alt</b>			<b>Ca. 992</b>	
Belufferenhed	1	L:32 ,00 B: 1,60 D: 5,00-5,40	Ca. 266	
<b>Total</b>			<b>Ca. 1258</b>	

Forsøgsanlæggets produktionsafsnit er inddelt i 3 sektioner (produktionsenheder) og indløbsvandet kan bygningsmæssigt ledes direkte til de enkelte sektioner. Under normale driftsforhold ledes hele den indtagne vandmængde fra åen og omfangsdræn til sektion 1 med 40 kummer til yngelopdræt. Efter gennemløb af sektion 1 ledes vandet til geniltning i 5,4 m dybe beluftningssektioner, hvorefter en delmængde af vandet recirkuleres ved hjælp af en mamutpumpe, mens resten af vandet fra sektion 1 genanvendes i sektion 2 og efterfølgende i sektion 3 efter samme princip som i sektion 1. Efter vandets passage af sektion 3 ledes det til et centralt bundfældningsbassin. Sektion 2 er til sættefisk og sektion 3 til konsumfisk.

Den interne vandtransport på produktionsanlægget (se fig. 1.2) sker således ved gravitation og ved at benytte beluftningssystemets udformning. Pumpemetoden integrerer således to processer, pumping

og beluftning. Metoden er energiøkonomisk optimal ved løftehøjder op til ca. 0,5 m.

Renseforanstaltningerne i de enkelte sektioner består af sedimentationskegler (slamfælder) i de enkelte produktionskummer. Slamkeglerne er placeret i produktionskummernes udløbssende umiddelbart inden vandet ledes til den aktuelle sektionens bagkanal/afløbskanal. Der er en sedimentationskegler pr. kumme i sektion 1, to styk i sektion 2 og i 4 styk i sektion 3. Tømning af sedimentationskeglerne sker ved bundudtræk til et rørsystem, der er direkte forbundet til en central pumpe. Herfra ledes slamperkulatet til separate betonslamdepoter for de tre produktionsenheder (figur 1.1, station 150, 250 og 350). Efter sedimentation i slamdepoterne ledes det klarede overfladevand tilbage i tilløbskanalen til det centrale bundfædningsbassin (station 410). Tømningshyppigheden for sedimentationskeglerne i de enkelte sektioner har i perioden 1. april-1. august 2000, været mindst to gange pr. uge.

Efter vandets passage af sektion 3 ledes afløbsvandet (station 400) til et centralt bundfædningsbassin, der er etableret med selvkørende slampumpe. Det oppumpede slamperkulat ledes direkte til separat slamdepot (station 430).

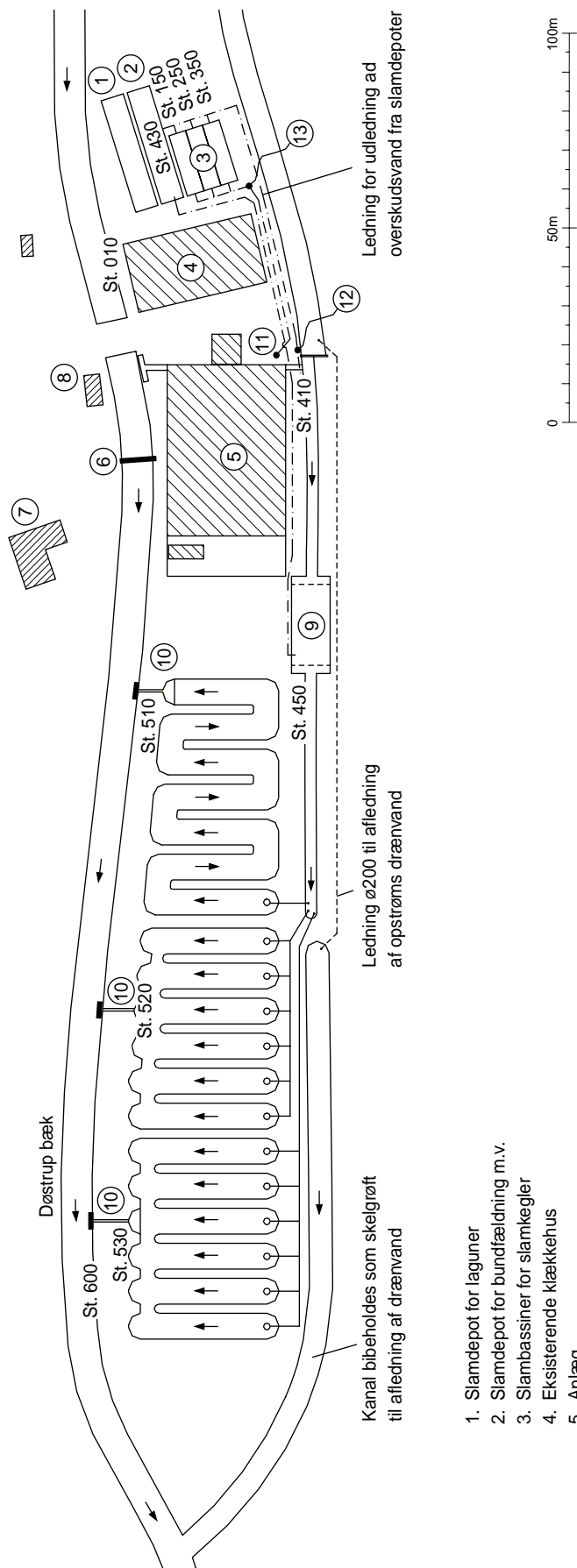
Nedstrøms bundfædningsbassinet (station 450) ledes vandet til efterpolering i 3 forskellige lagunesystemer. System længst opstrøms (kaldet å-lagunen) består af 7 af det tidligere dambrugs jorddamme, der er serielt forbundne. Det andet og tredje system (kaldet sølagunerne) består hver især af 6 af de tidligere jorddamme hvortil vandstrømmen tilledes parallelt, dvs. 1/6 af den tilledte vandmængde til systemet pr. dam. I hver af de tre systemer indvandrer planter. Fordelingen af afløbsvandet sker ved hjælp af et rørsystem, der er dimensioneret således, at hvert af de tre systemer modtager ca. 1/3 af den samlede afledte vandmængde.

I tilknytning til slamdepoterne er der etableret separat depot til henfaldende planter fra lagunesystemerne.

Efter vandets passage fra lagunesystemerne via station 510, 520 og 530 ledes det via rislefiltere tilbage til recipienten (station 600).

De enkelte produktionskummer er etableret med central udfiskning, der via et rørsystem leder fiskene til et udsorteringsbassin, hvorfra videre håndtering og sortering foregår. Distributionen af fisk fra udfiskningsbassinet foregår med vakuumpumpe.

For fiskene betyder dette, at den tid hvor fiskene er ude af vandet under sortering minimeres med en nedsat stress påvirkning til følge.



1. Slamdepot for laguner
2. Slamdepot for bundfældning m.v.
3. Slambassiner for slamkegler
4. Eksisterende klækkehus
5. Anlæg
6. Eksisterende stemmeværk
7. Eksisterende beboelse
8. Kontor og foderhus
9. Bundfældningsbassin
10. Udløb via rislefilter
11. Pumpebrønd for slamkegler
12. Målerbrønd for overløb
13. Målerbrønd for slam

Fig. 1.1. Oversigt over hele dambruget.

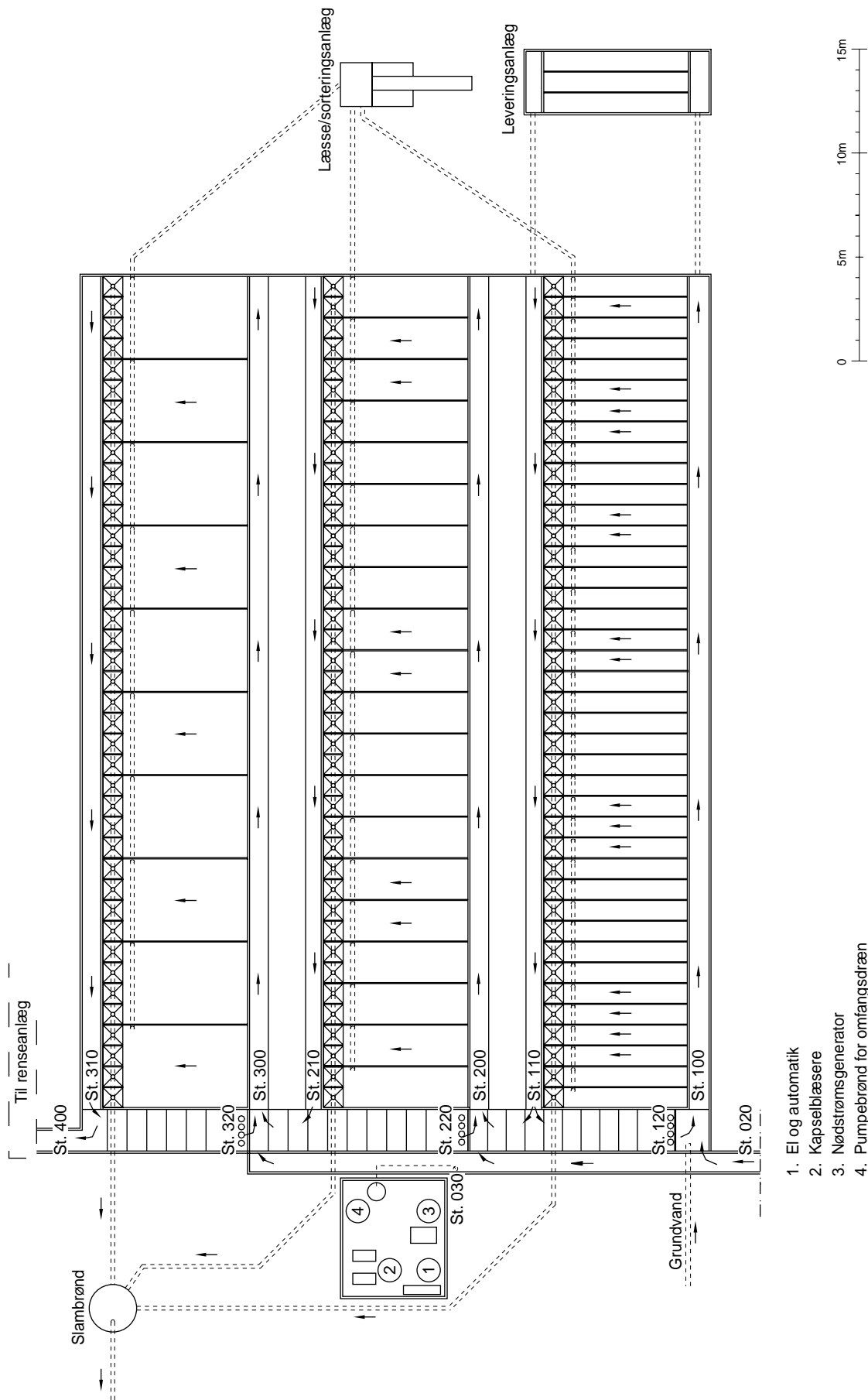


Fig. 1.2. Oversigt over produktionsanlægget.

1. El og automatik
2. Kapselblæsere
3. Nødstrømsgenerator
4. Pumpebrønd for omlangsdræn

## 2 Drift, produktion og måleprogrammer

### 2.1 Vilkår

Miljøgodkendelsen indebar bl.a. en skærpelse af Dambrugsbekendtgørelsens generelle udlederkrav, idet udlederkravene skal kontrolleres i forhold til en vandmængde på  $107,7 \text{ l s}^{-1}$ , hvor Dambrugsbekendtgørelsen sædvanlige kontrolregler bygger på den dimensionerede og udledte vandmængde. Endvidere er koncentrationskravene for ammoniumkvælstof og  $\text{BI}_5$  også skærpet i forhold til Dambrugsbekendtgørelsen. Forsøgsprojektets udlederkravværdier er i tabel 1.1 sammenlignet med Dambrugsbekendtgørelsens kravværdier.

*Tabel 2.1* Oversigt over Miljøgodkendelsens kravværdier sammenlignet med Dambrugsbekendtgørelsens kravværdier.

Parameter	Miljøgodkendelsens kravværdier	Dambrugsbekendtgørelsens Kravværdier
Suspenderet stof (SS)	3 mg l <sup>-1</sup>	3 mg l <sup>-1</sup>
	325 mg s <sup>-1</sup>	
Modificeret $\text{BI}_5$	0,7 mg l <sup>-1</sup>	1 mg l <sup>-1</sup>
	75 mg s <sup>-1</sup>	
Ammoniumkvælstof ( $\text{NH}_3 + \text{NH}_4 - \text{N}$ )	0,3 mg l <sup>-1</sup>	0,4 mg l <sup>-1</sup>
	32 mg s <sup>-1</sup>	
Total kvælstof (tot-N)	0,6 mg l <sup>-1</sup>	0,6 mg l <sup>-1</sup>
	65 mg s <sup>-1</sup>	
Total fosfor (tot-P)	0,05 mg l <sup>-1</sup>	0,05 mg l <sup>-1</sup>
	5,4 mg s <sup>-1</sup>	

Der er stillet et vejledende krav om at iltkoncentrationen op- og nedstrøms dambruget skal være mindst  $7 \text{ mg l}^{-1}$ , og det stilles som krav at iltkoncentrationen altid skal være mindst  $6 \text{ mg l}^{-1}$ . Endvidere er der stillet krav om, at 50% af de daglige minimumsværdier ved såvel station 020 som ved station 600 skal være mindst  $9 \text{ mg l}^{-1}$ .

### 2.2 Drift og produktion

Miljøgodkendelsen stiller krav om en fordeling af foderet på 60% i sommerhalvåret og 40% i vinterhalvåret. For at tilnærme driften til de driftsforhold der må anses at være en normal driftssituation, har projektgruppen valgt, kun at besætte en del af kummerne med fisk. De kummer der ikke er i drift i de enkelte sektioner, er ikke blevet tilledt vand.

Bestandens størrelse er løbende blevet tilpasset de aktuelle forhold, for at sikre en optimal indfodring, under hensyntagen til foderforde-

lingen mellem sommer og vinter halvåret. Dette har medført, at den stående bestand på anlægget har varieret mellem 12.000 kg fisk og 20.000 kg fisk.

I de enkelte sektioner har bestandens størrelsessammensætning varieret som det fremgår af tabel 2.2.

*Tabel 2.2 Størrelsessammensætning i de enkelte sektioner af produktionsanlægget.*

Sektion	Minimums størrelse	Maksimum størrelse
1	0,5 g	20 g
2	20 g	100 g
3	50 g	600 g

Foderforbrug og produktion frem til 11. september fremgår af tabel 2.3.

*Tabel 2.3 Foderforbrug og produktion i perioden fra 5. april til 11. september 2000.*

Foderforbrug	26986,5 kg
Produktion	31643,4 kg
Døde fisk	1163,8 kg
Foderkoefficient samlet	0,853 kg foder /kg fisk

De døde fisk har antalsmæssigt udgjort 121.508 stk. hvilket giver en gennemsnitsvægt på de døde fisk på 9,57 g.

Der er udelukkende udsat vaccinerede fisk i produktionsanlægget. Det har dog været nødvendigt under fase 2 frem til den 11. september at behandle i sektion 1 for dels ERM (rødmundssyge) og YDS (yngel Dødelighedssyndrom) samt behandling for hudsnyltere og bakteriel gælleinfektion. Medikamenterne, der har været anvendt fremgår af tabel 2.4.

*Tabel 2.4 Oversigt over anvendt medicin og hjælpestoffer i perioden april til september 2000.*

Medikament	Behandlet mod	Anvendt mængde
Branzil	ERM	240 g aktivt stof i foderet
Florfenicol	YDS	160 g aktivt stof i foderet
Kloramin-T	Bakteriel gælleinfektion	650 mg Kloramin-T
Formalin 24%	Hudsnyltere	124 l fordelt over 3 behandlinger
Detarox	Hudsnyltere	22 l

Detarox som er en vandig opløsning af H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> og eddikeperoxydsyre fungerer som oxidationsmiddel. Der var ikke i den oprindelige godkendelse givet tilladelse til brug af dette stof, men tilladelse er efterfølgende indhentet ved godkendelsesmyndigheden.

Inden en behandling er blevet iværksat er sygdomssituationen blevet vurderet af en dyrlæge og dennes anbefalinger er blevet fulgt.

Erfaringer, der er fremkommet ved anvendelse af Detarox, har været så gode at, der ikke i fremtiden forventes anvendelse af Formalin eller kloramin-T. Det har i perioden fra den 11. september og frem til udarbejdelsen af statusrapporten vist sig, at Detarox har en god effekt på bakteriel gælleinfektion. Som følge af at en del af fase 2 har været en indkøringsperiode, vil en detaljeret gennemgang af sygdomsbillede og behandlingsrespons først blive medtaget i den endelige rapportering af projektet.

De daglige driftsregistreringer for så vidt angår foderforbrug, døde fisk, tilførte fisk og fra førte fisk er dagligt blevet registreret i EDB-programmet D-Journal. Efterfølgende beregnes bestandsstørrelse, fiskestørrelse, tilvækst og akkumuleret dødelighed i de enkelte produktionsenheder.

Ud fra prøvevejninger, udfiskning og ved sortering i de enkelte sektioner er der under fase 2 opnået foderkoefficienter som angivet i tabel 2.5.

*Tabel 2.5 Foderkoefficienter i følge miljøgodkendelsen og under fase 2.*

Sektion	Foderkoefficient jvf. Miljøgodkendelsen	Foderkoefficient Perioden april 2000 – 11. september 2000
1	0,70	0,80
2	0,85	0,85
3	0,90	0,88

Miljøgodkendelsens krav til foderkoefficienterne er overholdt for sektion 2 & 3. En kontrol af den opnåede foderkoefficient i sektion 1 vil blive foretaget ved den endelige rapportering af projektet. Foderkoefficienten for specielt sektion 1 er meget afhængig af hvilken størrelse fisk der indsættes, derfor kan der endnu ikke konkluderes på om kravet til foderkoefficienten i sektion er overholdt eller ikke.

Generelt synes foderkonverteringen under fase 2 af projektet at have været god med en samlet foderkoefficient for hele anlægget på 0,853 kg foder/kg produceret fisk.

### **2.3 Danmarks Miljøundersøgelsers (DMU's) undersøgelsesaktiviteter**

DMU's undersøgelsesprogram og øvrige aktiviteter består af følgende elementer:

1. måling af parametre, der er nødvendige for dambrugsdriften men som også anvendes i selve undersøgelsesprogrammet
2. måling af vandstand og vandføring samt klimatiske parametre

3. vandkemiske målinger
4. slamkemiske målinger
5. faunaprøver
6. bestemmelse af plantedækningsgrad i plantelaguner
7. opbygning, drift og vedligeholdelse af online datasystem og dataoverførsel
8. beregning af vandføringer, stoftransporter, stofudledninger, massebalancer og kontrolværdier.
9. koordinering og mødedeltagelse, formidling, rapportering m.v.

Undersøgelingsprogrammet fremgår af tabel 2.6 og tabel 2.7 og de stationsnumre, der refereres til fremgår af figur 1.1 og 1.2.

Måling af parametre under punkt 1 og 2 på nær vandføring sker ved kontinuert målinger af:

- ilt og vandtemperatur 13 steder
- vandstand 16 steder
- pH 3 steder
- vindhastighed, lufttemperatur, globalstråling, nedbør og relativ luftfugtighed 1 sted.

Der er i projektet lagt stor vægt på datasikkerhed. Der er lagt strøm (220V) ud til alle instrumenter og dataloggerne er koblet sammen. Der er trukket adskillige kilometre kabel (strøm som instrumentledninger i alt 5-6 km) til de 50 måleinstrumenter og 14 vandprøvetage-re.

Der overføres en øjebliksværdi af luft- og vandtemperatur, vandstand, ilt, pH, relativ luftfugtighed, globalstråling, vindhastighed og nedbør fra de fire dataloggere som instrumenterne er forbundet til over til en PC'er, der står på Døstrup Dambrug. Fra en femte datalogger placeret ca. 950 m nedstrøms dambruget sendes data fra st. 990'' instrumenter via GSM nettet til DMU Silkeborg en gang i døgnet. DMU kan fra Silkeborg også gå ind og se øjebliksværdier på PC'eren i Døstrup og se om der er driftsproblemer. Data lagres hos DMU i databaser.

På PC'eren på dambruget kan data også løbende ses som plot på skærm eller via udskrift på en printer ved PC'en.

DMU laver også backup af foder- og driftsprogrammet (Djournal) og af den logbog, der føres på PC'eren.

Iltværdier kan på dambruget desuden læses direkte på en instrumentkasse og de er tilsluttet alarmer, hvilket også gælder for udvalgte vandstandsmålere.

Klimadata anvendes i forbindelse med beregning af massebalancer, der kræver kendskab til den nedbør, der falder på åbne vandoverflader og til fordampningen fra disse, som kan beregnes ud fra de målte klimatiske parametre.



Tabel 2.6 Oversigt over målepositioner og målekrevens af de vandkemiske og fysiske parametre DMU måler.

	DMU	Kort nr.	Ilt+temperatur	Vandstand	pH	Kemiprogram	Klima	Vandføring (1)
QH station opstr. dambrug	171010	10		kont.+ 10 min. (2)				12-18 pr. år
Indløb dambrug	171020	20	kont. + 10. min.	kont.+ 10 min. (2)	kont. + 10. min.	A: 52 pr. år C: 6 pr. år		12-18 pr. år
Grundvand	171030	30						kontinuert (døgn)
Klimamast	171050	50						kontinuert + 10. min
Nedstrøms stemmeværk	171090	90						12-18 pr. år
Baøkanal sektion 1	171110	110	kont. + 10. min.	kont.+ 10 min. (2)		A: 52 pr. år		12-18 pr. år
Efter luft baøkanal 1	171120	120		kont.+ 10 min. (2)		B: 13 gange 1 år		12-18 pr. år
Slamperkulat sektion 1	171150	150		kont.+ 10 min. (3)		D: 26 pr. År + ekstra D: ved tørrning		mængde*
Slamdepot 1	171155	155						
Forkanal sektion 2	171200	200	kont. + 10. min.			A: 52 pr. år		
Baøkanal sektion 2	171210	210	kont. + 10. min.			B: 13 gange 1 år		
Efter luft baøkanal 2	171220	220		kont.+ 10 min. (2)		D: 26 pr. År + ekstra D: ved tørrning		12-18 pr. år
Slamperkulat sektion 2	171250	250		kont.+ 10 min. (3)				mængde*
Slamdepot 2	171255	255						
Forkanal sektion 3	171300	300	kont. + 10. min.					
Baøkanal sektion 3	171310	310	kont. + 10. min.			B: 13 gange 1 år		12-18 pr. år
Efter luft baøkanal 3	171320	320		kont.+ 10 min. (2)		D: 26 pr. År + ekstra D: ved tørrning		mængde*
Slamperkulat sektion 3	171350	350		kont.+ 10 min. (3)				
Slamdepot 3	171355	355						
Udløb produktion anlæg	171400	400	kont. + 10. min.	kont.+ 10 min. (2)	kont. + 10. min.	A: 52 pr. år		12-18 pr. år
Afdrænet slamvand fra slambede	171410	410				A: 52 pr. år		mængde*
Bassin slam bundfældningsbassin	171430	430				D: 26 pr. År + ekstra		mængde*
Indløb til 3 efterpoleringssektioner	171450	450	kont. + 10. min.	kont.+ 10 min. (2)		A: 52 pr. år		12-18 pr. år
Udløb 1. Efterpoleringssektion	171510	510	kont. + 10. min.	kont.+ 10 min. (2)		A: 52 pr. år		12-18 pr. år
Udløb 2. Efterpoleringssektion	171520	520	kont. + 10. min.	kont.+ 10 min. (2)		A: 52 pr. år		12-18 pr. år
Udløb 3. Efterpoleringssektion	171530	530	kont. + 10. min.	kont.+ 10 min. (2)		A: 52 pr. år		12-18 pr. år
20 m nedstr. 3. efterbh.	171600	600	kont. + 10. min.	kont.+ 10 min. (2)	kont. + 10. min.	A: 52 pr. år		12-18 pr. år
950 m nedstrøms dambrug	171990	990	kont. + 10. min.	kont.+ 10 min. (2)	kont. + 10. min.			12-18 pr. år

(1) Der måles vandføringer 12-26 gange pr. år. Ud fra en relation mellem vandstand og vandføring beregnes en kontinuert vandføring

(2) Med tryktransducer

(3) Med vandstandsskriver

\* de afledte voluminer mængde estimeres ved hver eneste tørrning

kont. = kontinuert

Ilt, vandtemperatur og vandstand måles kontinuert og opsamles på datalogger. Data midles over ti minutter og sendes til opsamling på computer i kontorbygning.

Klimaparametre (vindhastighed, global stråling, lufttemperatur, relativ luftfugtighed, nedbør) måles kontinuert på datalogger, 10minutters værdier overføres til computer.

Vandprøver til kemiprogram ( på nær for slam) udtages med ISCO-vandprøvetager, 1 delprøve i timen døgnet rundt, puljes til en ugeprøve eller døgnp prøve (B15, ammoniak, orthofosfat)

Vandprøver til kemiprogram står mørkt og koldt (3-5 C) i ISCO-vandprøvetageren

**Kemi A = Tot N, nitrat, ammoniak, Tot P, opløst P, BI, og tørstof/glødetab (uge eller døgn puljet, afhængig af parameter og prøvetype)**

**Kemi B = Tot N, ammoniak, Tot P, BI, (uge eller døgn puljet afhængig af parameter)**

**Kemi C = Tot N, ammoniak, nitrat, Tot P, opløst P (øjeblisprøve)**

**Kemi D = Tot N, Tot P, BI, samt tørstof/glødetab (øjeblisprøve)**

**Klimamast: lufttemperatur, globalstråling, relativ luftfugtighed, vindhastighed og nedbør**

Vandføringsmålinger foretages på dambruget og i Døstrup bæk. I begyndelsen af projektet foretages hyppige målinger (2-4 gange pr. måned) indtil der er etableret en god sammenhæng mellem vandstand og vandføring. Vandstand og vandføring (afsnit 5.1 og 5.2) måles ved 17 stationer (se tabel 2.6). Der er etableret overfald ved station 171400, 171510, 171520 og 171530. Vandførings-frekvens reduceres i det 2. måleår til ca. 1 gang pr. måned.

Tabel 2.7. Oversigt over hvilke kemiske parametre der udtages ved Døstrup Dambrug

	Vandprøver	Ekstra Vandprøver	Slamvand	Pejlerør	Grundvand	Slamperculat og slam
SS	x		x			x
GR	x		x			x
NH4-N	x	x	x	x	x	
NO23-N	x		x	x	x	
TN	x	x	x	x	x	x
PO4-P	x		x	x	x	
TP	x	x	x	x	x	x
Registrering	x	x	x	x	x	x
BI5	x	x	x			x
antal pr. gang	9	3	1	2	1	4
hyppighed	hver uge	efter 1.8.2000 6-7 uger sept-okt 2000 6-7 uger okt-nov 2001	hver uge i intensiv perioder delt i prøver fra hvert slambed	hver anden måned ultimo lige måneder	hver anden måned ultimo lige måneder	hver anden uge plus hver gang i intensiv periode plus nogle ekstra
Start:	Uge 14	September 2000	Uge 16	Uge 17	Uge 17	Uge 16

De målte vandføringer lægges i DMU's database for hydrometriske målinger. Forinden behandles data med programmet HYMER der bl.a. kan udfører hydrometriske beregninger.

#### Vand- og slamkemiske målinger

De vandkemiske målinger gennemføres som en del af kontrolprogrammet, for at opstille massebalancer over de forskellige renseforanstaltninger og hele dambruget samt som input til DFU's massebalanceberegninger over produktionsafsnittet.

Ved 11 stationer (se tabel 2.6) er der opstillet automatiske vandprøvetagere, der programmeres til at tage prøver med fast tidsinterval. Prøvetagerne er i termostaterede skabe, hvor prøverne opbevares køligt (4-6 °C) og mørkt. I de to intensive måleperioder (6-7 uger i foråret 2001 og 6-7 uger i efteråret 2001) opstilles yderligere 3 automatiske prøvetagere.

En gang hver fjortende dag udtages en flowproportional prøve ved tømning af slamkegler i hver produktionssektion. I den intensive periode samt ved andre udvalgte lejligheder, hvor slamkegletømningshyppigheden varieres, udtages prøver ved hver tømning.

Der udtages en tidsproportional prøve på station 410 ved afdræning af slamvand fra de tre slambed (st. 150, 250 og 350). I de intensive perioder udtages en separat prøve fra hver af slambedene ellers en puljet for de tre slambede.

Ved tømning af bundfældningsbassinet (hver 14. dag) udtages der med automatiske vandprøvetager flow/tidsproportionale prøver, der puljes til en repræsentativ prøve.

Ved oprensning af slambede udtages slamprøver til analyse.

Analyserne foretages af akkrediteret laboratorium. DMU validere analyseresultater, laver kontrolberegninger og sender analyseresultater til projektgruppens medlemmer og Nordjyllands Amt ca. en gang om ugen.

Det samlede måleprogram er fuldt på højde med hvad et middelstort amt måler under Vandmiljøplanens Overvågningsprogram (NOVA-2003) i vandløb. Alene dataloggermåling hvert 10. minut for 50 forskellige instrumenter giver en uhyre stor datamængde, ligesom der indsamles en meget stor mængde vandkemiske data. Det har derfor været et meget omfattende arbejde at konstruere, opstille, teste og vedligeholde hele målesystemet.

#### Plantedækningsgrad i lagunerne

En gang om måneden måles plantedækningsgrad og plantearter bestemmes i de tre lagunesystemer. For hver dam måles 5 tværprofiler, hvor der for hver 50 cm bestemmes dækningsgrad og plantearter (svarende til at der opmåles knap 1400 felter). Oplysninger puljes for hver af de tre systemer så dækningsgrad og plantearter kan sammenlignes. Endvidere fås en indikation af variation i dækningsgrad mellem de enkelte damme.

Ved enkelte lejligheder udtages prøver til biomassebestemmelse og der analyseres for indhold af total kvælstof og fosfor i de mest udbredte plantearter.

#### Faunaprøver

DMU udtager faunaprøver 4 gange om året til bestemmelse af faunaindeks efter DVFI (Dansk VandløbsFauna Indeks) på en station opstrøms, umiddelbart nedstrøms og ved station 171990. Prøver udtages ultimo marts, ultimo juni, ultimo september og ultimo december. Nordjyllands Amt supplerer med at udtage faunaprøver, de samme steder 4 gange om året mellem DMU's målinger.

#### Beregninger m.v.

Hver uge beregnes vandføringen ved de forskellige målepunkter, der etableres vandstands-vandføringsrelationer (Q-H relation), hvorfra døgnmiddelvandføringer kan beregnes for de forskellige målepunkter. De kemiske analyseresultater anvendes herefter til beregning af udledte mængder, kontrol af om udlederkrav er overholdt mv. Dette beregnes også ca. en gang pr. uge.

Med jævne mellemrum beregnes stoffluxe ved de forskellige stationer, hvor der udtages vandkemiske prøver, så der efterfølgende i samarbejde med DFU kan beregnes stofbalancer over de tre produktionsenheder, over bundfældningsbassinet, for hver af de tre plantelaguner, og for hele dambruget. Endvidere beregnes hvor meget stof, der fjernes med slamkegler.

Fordampningen beregnes ud fra de målte klimatiske parametre.

Måleresultater og stofberegninger leveres til DFU til deres videre beregninger i relation til produktion, fodertildeling, tilvækst af fiskebiomasse og stofstrømme i produktionsafsnittet.

Beregne vandføringer og stoftransporter lagres ligeledes i en database.

## 2.4 Danmarks Fiskeriundersøgelers (DFU's) måle- og beregningsprogram

DFU bidrager til måleprogrammet ved at varetage kemisk analyse af producerede fisk (vådvægt, tørvægt, askevægt samt indhold af energi, protein og lipid) og af slam fjernet fra produktionsafsnittet (energi).

DFU varetager beregninger af stofstrømme og massebalancer separat for hvert kummesektion og for produktionsafsnittet i sin helhed, hvor massebalancerne fokuseres på  $\text{NH}_4$  (ammonium-kvælstof), TN (total kvælstof), TP (total fosfor) og E (energi bundet i organisk stof). Princippet i massebalancen kan illustreres ved:

$$\begin{aligned} & \text{Stof i indstrømmende vand} \\ & + \text{Stof tilført med foder} \\ & - \text{Stof indbygget i fisk} \\ & - \text{Stof forbrugt ved fiskenes stofskifte} \\ & - \text{Stof fjernet med slam} \\ & - \text{Stof fjernet ved 'egenomsætning'} \\ & - \text{Stof i udstrømmende vand} \\ & = 0 \end{aligned}$$

Ikke alle led er direkte målbare, men må kvantificeres som restled, hvis størrelse og usikkerhed påvirkes af usikkerheden på de øvrige led.

Fiskenes stofskifte påvirker kun to af ovennævnte stoftyper, energi som fjernes ved 'forbrænding' af organisk stof, og  $\text{NH}_4$  som dannes ud fra andre kvælstof-forbindelser.

Egenomsætningen i traditionelle jorddamme består af

- stof fra fiskeproduktion og indløbsvand, som bundfældes og senere fjernes ved oprensning
- stof fra fiskeproduktion og indløbsvand, som fjernes ved mikrobiel omsætning.

TP forbruges ikke ved fiskenes stofskifte, fjernes ikke ved mikrobiel omsætning og bundfældes næppe heller i betonkummer med høj fisketæthed og høj vandgennemstrømning. Øvrige led i massebalancen er direkte målbare, hvorfor TP kan anvendes til datavalidering og til skøn over den samlede usikkerhed på massebalancerne.

TN påvirkes ikke af fiskenes stofskifte. 'Egenomsætning' kan ske ved denitrificering, som forventes at være betydningsløs i et betonkummeanlæg, og ved afluftning af  $\text{NH}_3$  i beluftningsenhederne. Afluftningen søges direkte kvantificeret i to særligt intensive måleperioder (planlagt til forår og efterår 2001), hvor også egenomsætning af energi (målt som  $\text{BI}_3$ ) vil være i fokus.

Foderkonverteringen (foderkvotienten) beregnes traditionelt på vægtbasis. Det er imidlertid også relevant at beregne den på energibasis, og af hensyn til de miljømæssige aspekter er det interessant at kende konverteringen (% tilbageholdelse) af kvælstof og fosfor. Derfor vil der ved start og slut af de særligt intensive måleperioder blive udtaget og analyseret prøver af fisk, hvorefter man for den samlede periode kan beregne 'Stof tilført med foder' og 'Stof indbygget i fisk' og dermed konvertering, tilbageholdelse og potentiel (brutto-) miljøbelastning med kvælstof og fosfor.

## 3 Driftsmålinger

For at overvåge og kontrollere udviklingen af kritiske driftsparametre samt koncentrationer og mængder i udledningen af essentielle stoffer, er der placeret 27 målestationer på Døstrup Dambrug samt en målestation 1 km nedstrøms dambruget (se tabel 2.6 og figur 1.1 og 1.2).

### 3.1 Måling af fysiske parametre

Af fysiske parametre måles vejrforhold (nedbør, lufttemperatur, vindhastighed, global stråling og relativ luftfugtighed) samt vandstand, vandtemperatur, vandets iltkoncentration og pH. Hvor de forskellige parametre måles på Døstrup dambrug fremgår af tabel 2.6 samt fig. 1.1 og fig. 1.2. Instrumenterne til måling af de fysiske parametre er koblet på dataloggere, som der er 5 af i alt. Nedbøren akkumuleres over 10 min., vindhastigheden er et middel over 10 min. mens resten af parametrene måles hver 10. sekund og midles for hvert 10. minut som en værdi der kaldes øjebliksværdi. Øjebliksværdierne registreres på den datalogger de enkelte instrumenter er tilsluttet. Øjebliksværdierne overføres hvert 10 minut til en computer (PC'er), der står på dambruget. Herfra overføres data via modem mindst en gang i døgnet til DMU i Silkeborg og lagres på en database. På PC'en på dambruget og fra DMU kan man løbende se hvad der måles.

På DMU foretages den videre bearbejdning af data. Kalibrering af de forskellige måleinstrumenter sker ved direkte manuelle feltmålinger og hyppigheden varierer afhængig af måleparameter. Generelt gennemføres der kalibreringsmålinger for stationernes vandstande hver uge mens ilt, pH, vandtemperatur og vejrparametrene kalibreres ca. en gang om måneden. Måleinstrumenterne tilses hver uge og iltelektroder renses generelt 2 til 3 gange om ugen.

### 3.2 Måling af kemiske stoffer

Til fastlæggelse af koncentration af forskellige stoffer og beregning af stoftransport og – balancer for disse stoffer, udtages der automatisk 125 ml vand hver time gennem hele døgnet ved de stationer, hvor der tages vandkemiske prøver (se tabel 3.1). Det sker som 8 delprøver af 125 ml i en flaske, hvilket giver 21 flasker pr. uge. Der laves en ugepuljet prøve pr. station som de kemiske parametre måles på, dog en døgnpuljet prøve for det sidste måledøgn til bestemmelse af de let omsættelige parametre (ammoniak- $\text{NH}_4^+$  og  $\text{BI}_5$ ). Der udtages prøver 52 gange pr. år gennem to måleår. Vandprøverne undersøges for fem kontrolvariabler:  $\text{BI}_5$ , ammoniumkvælstof ( $\text{NH}_4^+$ ), totalkvælstof (TN), totalfosfor (TP) og suspenderet stof (SS) og desuden for glødetab, nitrat ( $\text{NO}_{23}$ ) og orthofosfat ( $\text{PO}_4$ ) (se kapitel 6). De kemiske undersøgelser er udført af Jysk Miljølaboratorium i Silkeborg og DMU indlægger resultaterne i en database på en server.

## 4 Planteforekomst i lagunerne april – september 2000

### 4.1 Indledning

Plantelagunerne blev umiddelbart inden opstarten af forsøgsprojekt oprenset ved at alle planter blev fjernet sammen med eventuelle slamaflejringer. Pr. 1 .april 2000 fremstod plantelagunerne som nøgne jorddamme, dvs. fri for vegetation i bund og på siderne. Denne oprensning blev foretaget i henhold til krav i Miljøklagenævnets midlertidige godkendelse.

### 4.2 Målemetode

Planteforekomst og dækningsgrader i de tre lagunesystemer er siden april 2000 blevet bestemt hver måned. Hvert af de to søsystemer består af 6 tidligere fiskedamme (jorddamme) og vandløbssystemet af 7 damme, og de er alle fysisk nogenlunde ens (tabel 4.1). For hver dam er der blevet opmålt 5 faste tværprofiler, hvor der for hver 0,5 m<sup>2</sup> felt er blevet bestemt planteart og dækningsgrad efter Braun Blanquets metode til dækningsgradsanalyse. Der er således opmålt mindst 450 felter per system hver måned, hvilket svarer til at 11% af arealet er blevet undersøgt .

I august måned blev der desuden målt dybder i hvert felt. Oplysninger for hver enkelt system blev puljet og der kunne findes et gennemsnitligt mål for plantehyppigheder og dækningsgrader samt variationen af disse.

I september måned blev de to dækningsmæssigt mest betydende planter analyseret for biomasse og næringsstofindhold. Disse analyser ligger til grund for den beregnede biomasse og det samlede næringsstofindhold (tabel 4.2).

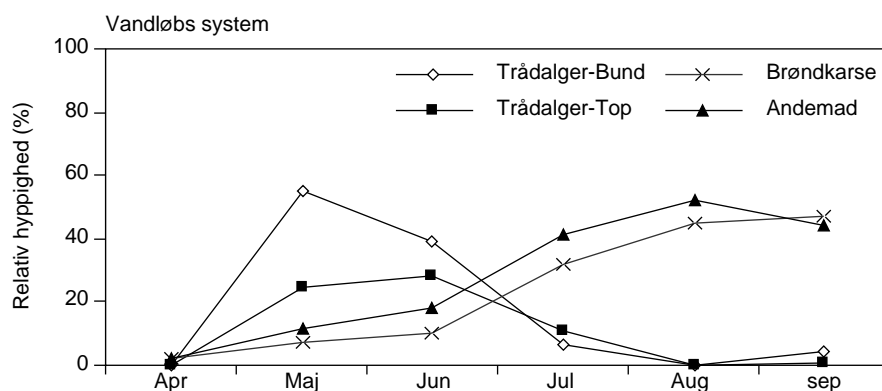
*Tabel 4.1.* Dimensionerne af de tre lagunesystemer, med angivelse af den beregnede gennemsnitlige vandføring samt opholdstiden i systemerne.  $\pm$  angiver standard afvigelsen.

	Vandløbssystem (510)	Søsystem 1 (520)	Søsystem 2 (530)
Bredde (m)	7,2 $\pm$ 0,3	7,9 $\pm$ 0,4	8,0 $\pm$ 0,2
Dybde (m)	0,56 $\pm$ 0,06	0,70 $\pm$ 0,04	0,73 $\pm$ 0,03
Vandføring, udløb (l s <sup>-1</sup> )	38,1	40,7	37,7
Opholdstid (timer)	6,9	8,6	9,8

### 4.3 Planteforekomster og dækningsgrader

Gennem hele perioden april til september er der i alt blevet fundet 24 plantearter i lagunesystemerne, hvoraf få arter har været meget dominerende. Gennem hele perioden har Trådalger, Andemad og Brøndkarse således udgjort 80-98% af observationerne.

Der er sket en ændring i plantesamfundet gennem perioden, fra en dominans af trådalger i de nyopgravede damme i de første måneder til en total dominans af Brøndkarse og Andemad fra juli og frem til september, hvor den sidste observation er blevet databehandlet. Figur 4.1 viser plantesamfundets udvikling i vandløbssystemet i den første periode, hvilket også kan ses på de vedlagte fotos. Ændringen i plantesamfundet er generelt den samme for de tre systemer, dog med en tendens til en lidt lavere hyppighed af Brøndkarse i de to søsystemer. Dette skift i plantesamfund falder sammen med et fald og en stabilisering af  $BI_5$  værdier og mængden af suspenderet stof i udløbsvandet (se figur 4.2 og kap. 6), hvilket tyder på at systemet efter 2-3 måneder er begyndt at tilbageholde næringsstoffer og organisk materiale.



Figur 4.1. Figuren angiver den relative hyppighed af de mest dominerende planter i vandløbssystemet fra april til september.

### 4.4 Plantebiomasse

Plantebiomassen ser ud til at toppe i september, og et estimat for den totale plantebiomasse og planternes næringsstofindhold blev derfor beregnet ud fra denne måneds plantedækningsgrader (tabel 4.2). Ved indsamling og analyse af den totale plantebiomasse (stængel + rødder) samt næringsstofindholdet i 6 tilfældige kvadrater med Brøndkarse og Andemad med en varierende dækning, kunne den totale dækning af planterne således omregnes til den totale biomasse for systemerne (tabel 4.2).



Tabel 4.2. Plantebiomassen og næringsstofindholdet i de tre lagunesystemer. Biomassen blev fundet via sammenhæng mellem dækning og biomasse og er opgjort som g tørvægt per m<sup>2</sup>. ± angiver standard afvigelsen.

	Vandløbssystem (510)	Søsystem 1 (520)	Søsystem 2 (530)
Biomasse (g/m <sup>2</sup> )	354 ± 64	305 ± 21	247 ± 77
N indhold (g/m <sup>2</sup> )	15,6 ± 2,9	13,1 ± 0,9	10,5 ± 3,5
P indhold (g/m <sup>2</sup> )	2,5 ± 0,5	2,2 ± 0,1	1,8 ± 0,6
Totale biomasse (kg)	601	548	448
Samlede N indhold (kg)	26,5	23,6	19,0
Samlede P indhold (kg)	4,3	3,9	3,2

Den samlede plantebiomasse er høj i alle tre systemer, men noget tyder på at vandløbssystemet kan være det mest effektive system til tilbageholdelse af næringsstoffer. Således er den samlede organiske biomasse samt det totale kvælstof (N) og fosfor (P) indhold højest i vandløbssystemet. Den organiske biomasse udgjorde gennemsnitlig 76 og 85% af den totale biomasse for henholdsvis Brøndkarse og Andemad.

#### 4.5 Stoffilbageholdelse i lagunerne

Lagunesystemernes evne til at tilbageholde N og P var meget svingende i den første del af perioden, hvorefter det fra begyndelsen af juni blev mere stabilt (fig.4.2a & 4.2b). Dette mønster skyldes, at alle dammene i systemerne ved forsøgets start blev oprenset, og det var derfor forventeligt at systemet krævede tid til indvandring af planter før der kunne måles en eventuel forbedring i udledningernes vandkvalitet i forhold til belastningen. Den kraftige trådalgeopblomstring i starten af forsøgsperioden er da også forklaringen på de svingende næringsstofkoncentrationer i udløbsvandet, idet de delvist omsatte løse tværgående trådalger med tiden blev skyllet ud af systemerne og dermed influerede på næringsstofniveauerne.

Ved indvandring af primært Brøndkarse og Andemad, ændrede lagunesystemerne karakter til mere stabile systemer med en bedre tilbageholdelsesevne (kap. 6). Ud over at optage næringsstoffer bidrager specielt Brøndkarse også til en øget fysisk tilbageholdelse af partikulært stof, ligesom det store rodnet fremmer den mikrobielle omsætning. Det er således klart, at hvis Brøndkarse ikke havde været i området og dermed ikke kunne kolonisere lagunesystemerne i den grad det er set her, havde billedet givetvis været anderledes.

Fra begyndelsen af juni og frem til primo august var netto tilbageholdelsen af fosfor størst i vandløbssystemet og søsystem 1, der tilbageholdt 0,7-1,6 kg P uge<sup>-1</sup>, hvilket giver en gennemsnitlig tilbageholdelse i forhold til belastningen på 37% i vandløbssystemet og 25% i søsystem 1. Søsystem 2 udviste mere svingende tilbageholdelsesresultater, ligesom den gennemsnitlige tilbageholdelse på 4,8% var betydeligt lavere end i de to andre systemer.

Tilbageholdelsen af kvælstof i systemerne var ligeledes meget svingende i starten af perioden (figur 4.2b). Efter tilvækst af planter i sommerperioden blev tilbageholdelsen af kvælstof stabiliseret på et niveau omkring 4-6% , hvilket svarer til 13-16 kg N uge<sup>-1</sup>.

Et forsigtigt skøn viser således, at der ud af den samlede næringsstofftilbageholdelse i forsøgsperioden er bundet ca. 9% kvælstof i den samlede plantebiomasse i alle tre systemer. I vandløbssystemet er der bundet ca. 26% og i søsystem 1 ca. 32% fosfor i den samlede plantebiomasse. I søsystem 2 er der bundet mere fosfor end der ifølge målingerne er tilbageholdt, idet det samlede budget for fosfor i søsystem 2 er ca. 0 kg. En forudsætning for ovenstående beregninger er at målepunktet for total fosfor i søsystem 1 i uge 17 udelades, da det ikke kan udelukkes at være en analyse- eller prøvetagningsfejl. Der er taget højde for at plantebiomasseberegningerne er foretaget i september, idet det samlede N og P budget er fremskrevet 4 uger. Dette er sket ud fra den antagelse at nettotilbageholdelsen i august svarer til den gennemsnitlige tilbageholdelse i juli.

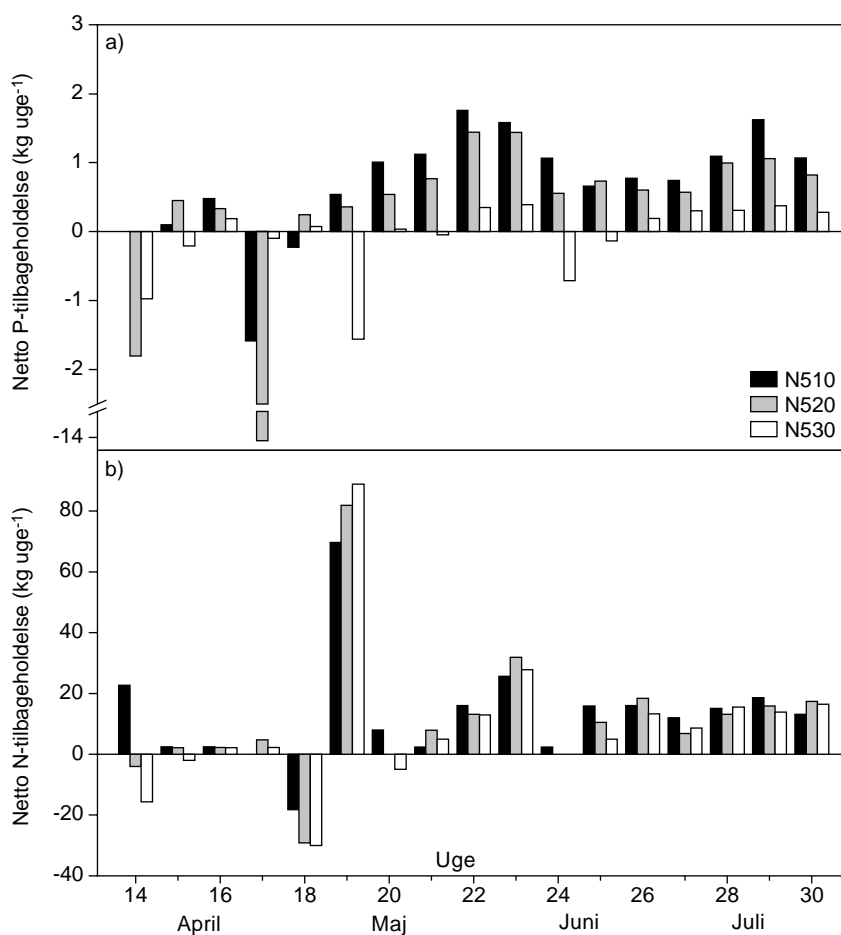


Fig. 4.2. Netto tilbageholdelse af N og P i de tre lagunesystemer. 510 angiver vandløbssystemet, 520 søsystem 1 og 530 søsystem 2.



Vandløbssystemet  
April 2000



Søsystem  
2 august 2000



Søsystem  
2 oktober 2000

Fotoserien der illustrerer fremvæksten af planter, især brøndkarse fra de oprensede damme i april 2000 (øverst) til næsen helt tilgroede damme (plantelaguner) i oktober 2000 (nederst).

## 5 Vandstandsregistreringer og vandføringsmålinger

For at bestemme de mængder vand, der bruges forskellige steder i Døstrup Dambrug, er der opsat vandstandsmålere, der kontinuerligt registrerer vandstanden. Herudover udføres der 1-3 gange om måneden vandføringsmålinger på udvalgte stationer.

### 5.1 Vandstand-H

Vandstanden-H måles ved brug af en tryktransducer der omsætter målte tryk til en vandstand. Vandstanden registreres som en øjebliksvandstand hvert 10. minut. Ved den efterfølgende databehandling kontrolleres de registrerede vandstandsserier ved at sammenligne de registreret øjebliksvandstande med manuelt aflæste vandstandsmålinger en gang om uge. Er der forskel justeres målingerne.

### 5.2 Vandføring-Q

Vandføringen-Q er den mængde vand der pr. tidsenhed passerer et givet tværsnitsareal vinkelret på vandstrømmingens retning. Vandføringen er målt med et vingeinstrument, hvor antallet af omdrejninger en propel drejer i løbet af 30 sek. omsættes til en hastighed i det målte punkt. Der måles typisk fra 12 til 40 punkter i et tværprofil. Vandføringen opgives her som  $l s^{-1}$ . Fra marts til august 2000 er der foretaget mellem 12 og 17 enkelte vandføringsmålinger pr. station. Normalt regnes der med en usikkerhed på den enkelte vandføringsmålinger på 5% i naturlige vandløb i et tværprofil. Hovedparten af målestationerne på Døstrup dambrug har et fast måletværsnit, da de er støbt i beton eller lavet i støbejern og desuden er uden påvirkning af grøde eller sandvandring. Derfor er usikkerheden på de enkelte vandføringsmålinger her ca. 3%.

### 5.3 Vandføringsserier

QH-relation er betegnelsen for sammenhæng mellem vandføringen (Q) og vandstanden (H) for en målestation i et givet tværprofil. QH-relationer for hver enkelt station på Døstrup dambrug er etableret ved brug af vandføringsberegningssprogrammet Hymer, som er udviklet af Det Danske Hedeselskab. Udfra en QH-relations matematiske funktionssammenhæng kan den enkelte stations vandstandsserie omregnes til en kontinuerlig vandføringsserie med øjebliksværdier ( $l s^{-1}$ ) for hvert 10. minut. Disse øjebliksvandføringer omregnes til en døgnmiddelvandføring og en ugemiddelvandføring, der anvendes i beregningerne af stoftransport og -balance (kap. 7). Usikkerheden på de enkelte vandføringsserier af døgnmiddelværdier er ca. 5%, hvor de 3% stammer fra vandføringsmålingen og de 2% kommer fra sammenhængen mellem vandstand og vandføring.

Den oppumpede mængde grundvand, som tilføres produktionsanlægget ved station 030 måles med et kvalitets grundvandsur, der har en opgivet usikkerhed på 1-2%.

Til at undersøge kvaliteten af de beregnede vandføringsserier, sammenlignes de målte vandføringer med de tilsvarende vandføringer fra den beregnede vandføringsserie. Gennemsnittet af de numeriske procentuelle afvigelser for de enkelte målestationer i tabel 5.1 er beregnet efter formlen:

$$\% \text{ afvig.} = \frac{\sum_{i=1}^n 100 \left| \frac{x_{\text{målt}} \div x_{\text{beregnet}}}{x_{\text{målt}}} \right|}{n}$$

hvor, % afvig. = gennemsnitlige afvigelse i % mellem målte og beregnede vandføringer for en station

n = antal observationer

$x_{\text{målt}}$  = målt vandføring ( $l s^{-1}$ )

$x_{\text{beregnet}}$  = beregnet vandføring ( $l s^{-1}$ )

De gennemsnitlige afvigelser er 1 til 7% mellem de målte- og beregnede vandføringer afhængig af målestation (tabel 5.1). Det vurderes som et tilfredsstillende resultat, da det stort set er indenfor den samlede måleusikkerhed på 6% beregnet efter:

$$\sigma_{\text{samlet}} = \sqrt{\sigma_{\text{målt vandføring}}^2 + \sigma_{\text{beregnet vandføring}}^2}$$

hvor  $\sigma_{\text{samlet}}$  er den samlede måleusikkerhed i procent mellem den målt vandføring og den beregnede vandføring.  $\sigma_x$  er usikkerhed i % for henholdsvis målt og beregnet vandføring.

Tabel 5.1. Gennemsnitlig afvigelser (%) mellem målte- og beregnede vandføringer for statusperioden 1.april – 1. august 2000.

station	010	020	090	400	510	520	530	600
antal observationer	10	12	5	7	9	9	9	6
afvigelse mellem målt-beregnet vandføringer	3%	7%	1%	3%	5%	7%	6%	2%

## 5.4 Beregning af station 020's vandføringsserie

Vandindtaget til dambruget fra Døstrup Bæk (station 020) indgår i stofbalanceberegningen på Døstrup dambruget (afsnit 7.2), så kvaliteten af stationens vandføringsserie er derfor vigtig. Placeringen af station 020 betyder, at det ikke umiddelbart er muligt at etablere en god relation mellem vandstand og vandføring. Det skyldes grundvandstilførelsen, der gennem stuvning påvirker stationens måleprofil. Ligeledes kan der optræde hvirvelstrømninger i stationens måle-

profil, der har indflydelse på de enkelte vandføringsmålinger. Længden af vandindtagets kanal gør det ikke muligt at flytte stationen til et bedre måleprofil. Station 020's vandføringsserie etableres derfor ud fra station 400 (udløbet fra produktionsenheden) minus oppumpet grundvand, der tilledes produktionsanlægget. Afvigelsen mellem station 020's målte- og beregnede vandføringer er bestemt til 7% (se tabel 5.1). Da den samlede måleusikkerhed fra en vandføringsserie og enkelte vandføringsmålinger er bestemt til 6% er afvigelsen mellem målte og beregnede vandføring som absolut tilfredsstillende. Som kontrol af vandføringsserien ved station 020 er vandføringen fra st. 090 trukket fra st. 010, da det ligeledes giver vandføringen ved st. 020. Det giver en gennemsnitlig afvigelse på 11% mellem den beregnede st. 020's vandføringsserie (station 090 minus station 010) og de målte vandføringer ved st. 020. Grunden til at denne afvigelse er lidt højere end for beregningen af st. 020 ud fra station 400 og station 030, er at de absolutte vandføringer ved station 010 er 2½ gange større end ved station 400. Derfor vil den absolutte vandføringsusikkerhed også blive større og dermed give en større forskel mellem de beregnede (station 010 minus station 090) og de målte vandføringer for station 020.

På et senere tidspunkt (efteråret 2000 – foråret 2001) vil der blive gennemført en målekampagne ved station 020, hvor der vil blive brugt måleudstyr, der kan kvantificere vandets bevægelser tredimensionalt. Det vil give et indblik i eventuelle hvirvelstrømninger fra det oppumpede grundvands stuvningpåvirkning.

## 5.5 Vandforbrug i Døstrup dambrug

På figur 5.1 ses vandføringsserien for Døstrup Bæk (st. 010), vandindtaget fra bækken (st. 020) samt mængde af oppumpet grundvand (st. 030). Den gennemsnitlige vandføring i Døstrup Bæk er  $230 \text{ l s}^{-1}$  (min.  $210 \text{ l s}^{-1}$  og max.  $269 \text{ l s}^{-1}$ ) for statusperioden 1. april til 1 august 2000. Der er i gennemsnit taget 40% (min. 32% og max. 48%) svarende til  $92 \text{ l s}^{-1}$  af vandet i Døstrup Bæk til produktion i dambruget. I gennemsnit er der oppumpet  $26 \text{ l s}^{-1}$  (min.  $24 \text{ l s}^{-1}$  og max.  $30 \text{ l s}^{-1}$ ) grundvand.

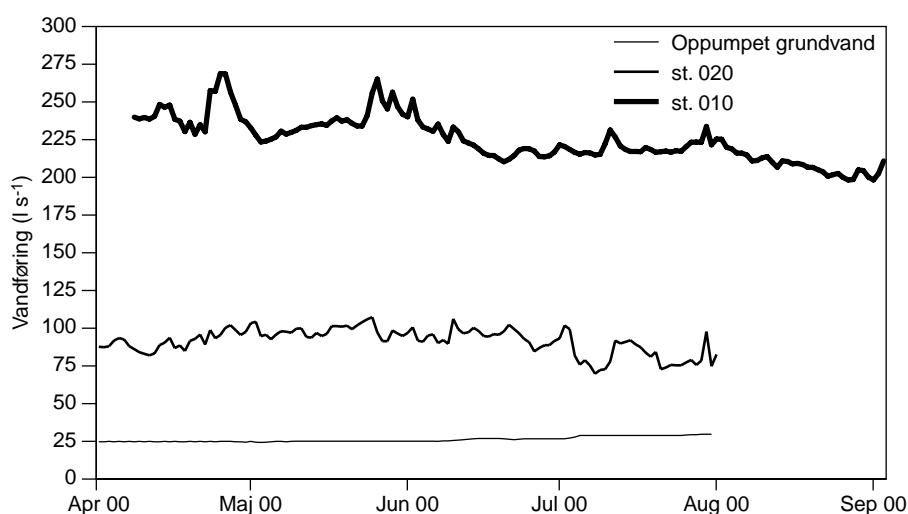


Fig. 5.1. Døstrup dambrug – vandindtag fra Døstrup Bæk.

## 5.6 Vandbalanceusikkerhed

Ved "samlede udledte stofmængder" (kap. 7) forstås den samlede stofmængde i udløbet fra de tre lagunesystemer/efterbehandlingssektioner før iltning (summen af station 510, 520 og 530) minus summen af den samlede stofmængde i vandindtaget som er åvand (station 020) og oppumpet grundvand (station 030) (se afsnit 7.2). I vandbalancen, der bruges i beregningen af de samlede udledte stofmængde, indgår således fem forskellige vandføringsstationer, hvor usikkerheden fra hver enkelt vandføringsserie er 5% for station 020, 510, 520 og 530 samt 2% for station 030, der er oppumpet grundvand. Den samlede måleusikkerhed for vandbalancen beregnes efter følgende formel:

$$X \text{ l s}^{-1} = \sqrt{\sigma_{st.020}^2 + \sigma_{st.030}^2 + \sigma_{st.510}^2 + \sigma_{st.520}^2 + \sigma_{st.530}^2}$$

hvor  $X$  er den samlede måleusikkerhed på vandbalancen i  $\text{l s}^{-1}$  og  $\sigma$  er måleusikkerheden i  $\text{l s}^{-1}$  på den enkelte stations gennemsnitlige vandføring i perioden april til august 2000.

Usikkerheden på den samlede vandbalance grundet måle- og beregningsusikkerhed er derfor i gennemsnit på  $7 \text{ l s}^{-1}$ . Vandbalancen for summen af st. 510, 520 og 530 minus summen af vandindtaget af åvand (st. 020) og oppumpet grundvand (st. 030) ses i figur 5.2. 63% af tiden er vandbalancen afstemt inden for måleusikkerheden. Når den afstemte vandbalancen ligger udenfor måleusikkerheden så er det gennemsnitlig med  $3 \text{ l s}^{-1}$  som afvigelse.

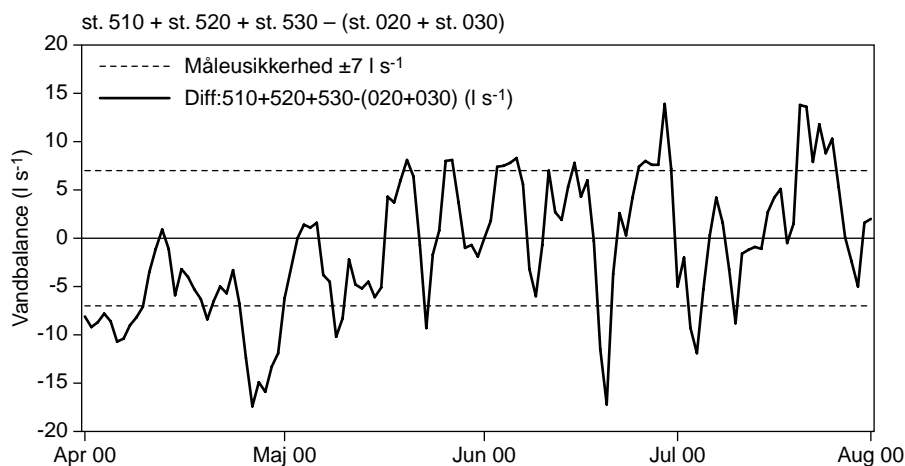


Fig. 5.2. Vandbalance ( $\text{l s}^{-1}$ ): (st. 510 + 520 + 530) – (st. 020 + 030).

De vandføringsserier, der bruges i udregningen af stofbalancerne (kap.7), er afstemt for eventuelle afvigelser i den samlede vandføring mellem det vand der tages ind (summen af st. 020 og st. 030) i dambruget og det som løber ud af de tre laguner (summen af st. 510, 520 og 530). Hvis der for eksempel samlet er mere vand ved de tre stationer 510, 520 og 530 end summen af station 020 og station 030, så vil differencen mellem vandet ind og ud af dambruget blive delt så

halvdelen bruges til at trække lige store mængder ( $1/3$  til hver station) vand fra de tre stationer 510, 520 og 530, mens den anden halvdel af vandbalancedifferencen lægges til st. 010 og st. 030 fordelt med henholdsvis  $3/4$  og  $1/4$ . Ved denne fremgangsmåde er der etableret en procedure, der sikrer at eventuelle differencer i vandbalancen ikke får betydning, når beregningen af stofmængder ved de forskellige stationer skal sammenholdes.



## 6 Kemiske analyser: kontrolvariablers koncentrationsudvikling

Der måles stofkoncentrationer i puljede døgnprøver for  $BI_5$  og ammoniumkvælstof ( $NH_3+NH_4^+$ ) og i ugepuljede prøver for totalkvælstof (TN), totalfosfor (TP), orthofosfat ( $PO_4\text{-P}$ ), glødetab og suspenderet stof (SS).

På en uge udtages 168 ( $7 \cdot 24$ ) delprøver i 21 flasker pr. station. Fra hver af en stations 21 flasker udtages lige store delmængder der puljes til en 2 liters prøve der analyseres for TN, TP, SS,  $PO_4\text{-P}$  og glødetab. Fra de sidste 3 flasker (sidste prøvetagningsdøgn) udtages i alt 2 liter prøve pr. station til en puljet prøve af  $NH_3+NH_4^+$  og  $BI_5$ .

I de følgende afsnit gennemgås udvalgte stationers koncentrationsudvikling ( $mg\ l^{-1}$ ) for de fem forskellige kontrolvariabler i perioden 14. april – 13. september 2000.

$BI_5$  er et mål for hvor meget organisk materiale der kan omsættes på 5 dage målt som et iltforbrug. I de første tre måneder april, maj og juni er der meget store variationer i  $BI_5$  koncentrationen fra de tre lagunesystemer (figur 6.1). I denne periode sker der en stor produktion af organisk materiale, nemlig trådalger, der i klumper driver ud af lagunerne. Der produceres netto  $BI_5$  i lagunerne. Sammenfaldende med at der kommer markant flere planter i lagunerne i juni/juli reduceres og stabiliseres  $BI_5$  udledningen. Plantebiomassen er i perioden juli-september høj (jvf. kapitel 4) i modsætning til trådalgerne, der henfalder. På planterne dannes en biofilm, hvori organismer omsætter  $BI_5$  og ammoniak under forbrug af ilt (se afsnit 7.5). Planterne selv optager nitrat og orthofosfat. Endvidere virker planternes rødder som et filter for partikler, der ud over at fanges mellem rødderne, hvor strømhastigheden er stærkt reduceret, også synker ned og aflejres på bunden af lagunerne. Det skal bemærkes at  $BI_5$  i september er større i indløbsvandet ved st. 020 end ved udløbet af dambruget ved st. 510, 520 og 530.

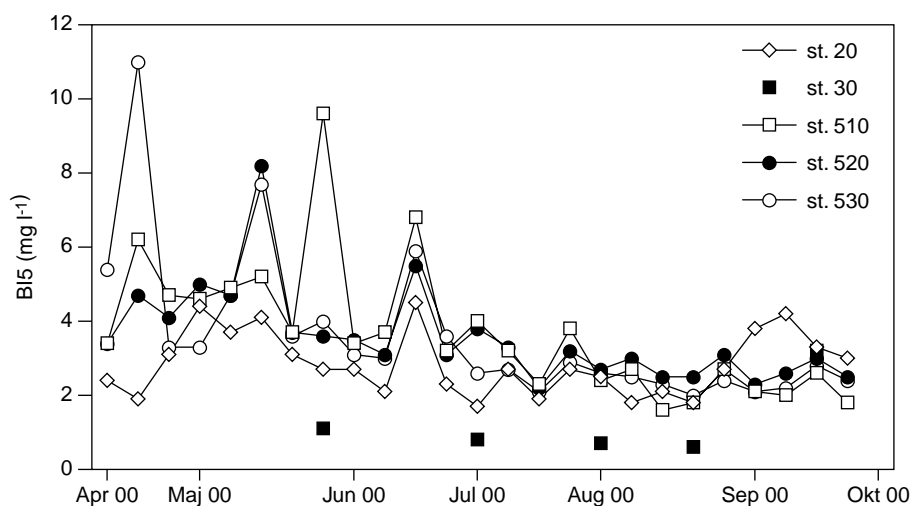


Fig. 6.1.  $BI_5$  koncentration ( $mg\ l^{-1}$ ) for perioden 14. april – 13. september for st. 020, 030, 510, 520 og 530.

**Ammuniumkvælstof ( $\text{NH}_3+\text{NH}_4^+$ ):** Koncentrationen af  $\text{NH}_3+\text{NH}_4^+$  er væsentligt højere i vandet ved de tre stationer 510, 520 og 530 end i det vand, der tages fra Døstrup Bæk til dambruget (figur 6.2). Station 020's koncentration frem til oktober 2000 er rimelig stabil modsat de tre udløb, der har en nærmest cyklisk variation, men med faldende koncentrationer fra august. Alle  $\text{NH}_3+\text{NH}_4^+$  koncentrationer er dog under de  $0,30 \text{ mg l}^{-1}$  som bruges i beregningen af vejledende krav til udledte stofmængder (se afsnit 7.2)

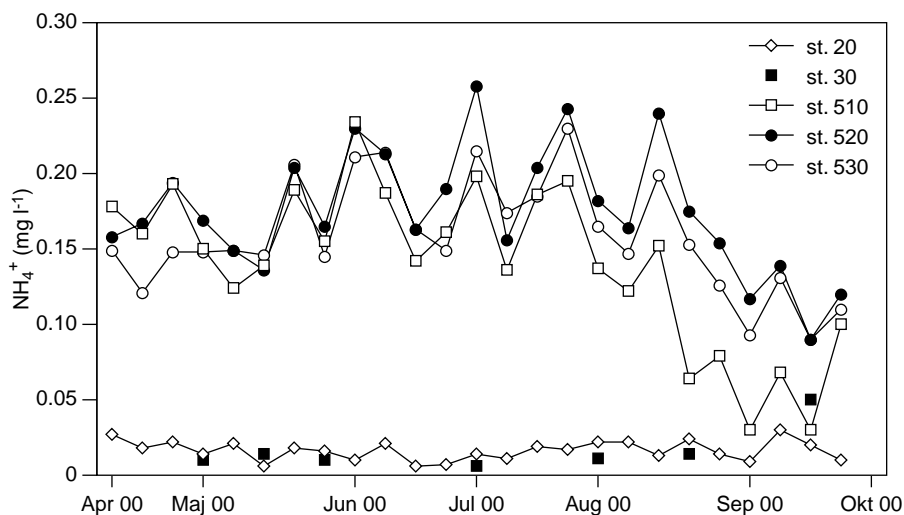


Fig. 6.2.  $\text{NH}_3+\text{NH}_4^+$  koncentration ( $\text{mg l}^{-1}$ ) for perioden 14. april – 13. september for st. 020, 030, 510, 520 og 530.

**Totalkvælstof (TN).** Koncentrationen af total kvælstof er ca.  $1 \text{ mg l}^{-1}$  større i udløbsvandet (station 510, 520 og 530) end i indløbsvandet (st. 020), mens indholdet af total kvælstof i det oppumpede grundvand (st. 030), der ledes ind i dambruget er  $1\text{-}2 \text{ mg l}^{-1}$  højere end i udløbsvandet (figur 6.3). Der er en svag tendens til at alle stationernes koncentrationer stiger fra april til september 2000.

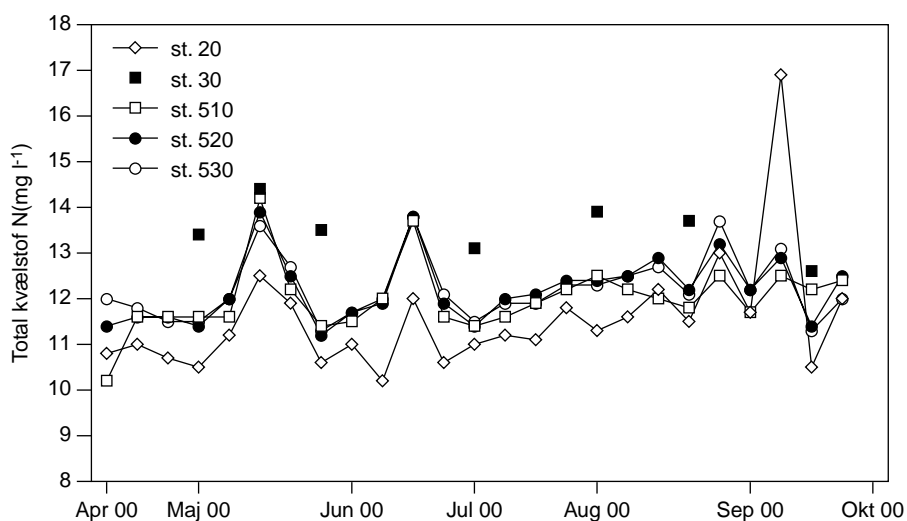


Fig. 6.3. TN koncentration ( $\text{mg l}^{-1}$ ) for perioden 14. april – 13. september for st. 020, 030, 510, 520 og 530.

**Totalfosfor (TP):** Koncentrationen af det totale fosfor er nogenlunde af samme størrelse for ind- og udløbsvandet, dog med en generel lidt højere koncentration i det vand som løber ud af dambruget gennem de tre laguner (station 510, 520 og 530) (figur 6.4). Ved nogle få målinger er der laguner som har givet meget store koncentrationer af total fosfor, som kan hænge sammen med at vandprøvetageren har suget en klump plantedele med slam op.

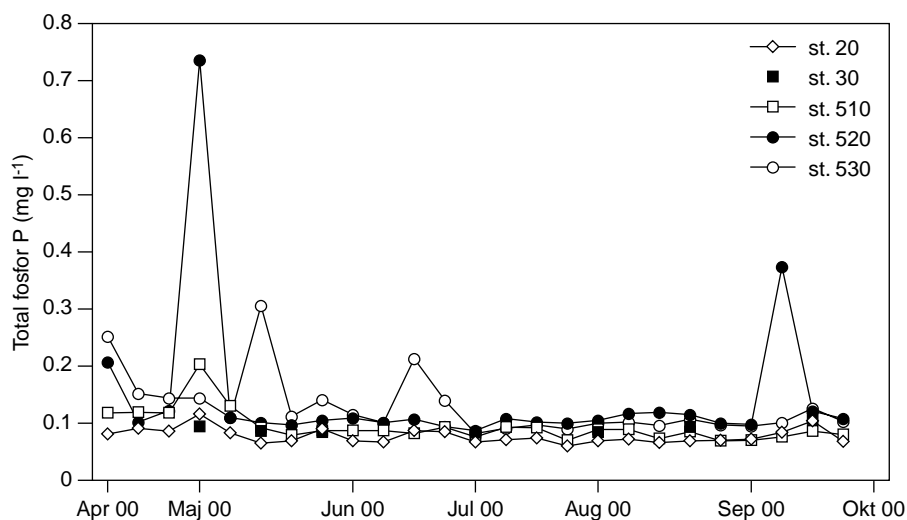


Fig. 6.4. TP koncentration ( $\text{mg l}^{-1}$ ) for perioden 14. april – 13. september for st. 020, 030, 510, 520 og 530.

**Suspenderet stof (SS):** Generelt bliver der tilbageholdt suspenderet stof i de tre laguner. Der tilbageholdes også suspenderet stof i det bundfældningsbassin vandet passerer efter produktionsafsnittet og før vandet fordeles ligeligt i de tre laguner (figur 6.5). Igen ses der en mere stabil koncentrationsudvikling efter juni måned på grund af planterne i lagunerne virkelig er vokset frem (se kapitel 4).

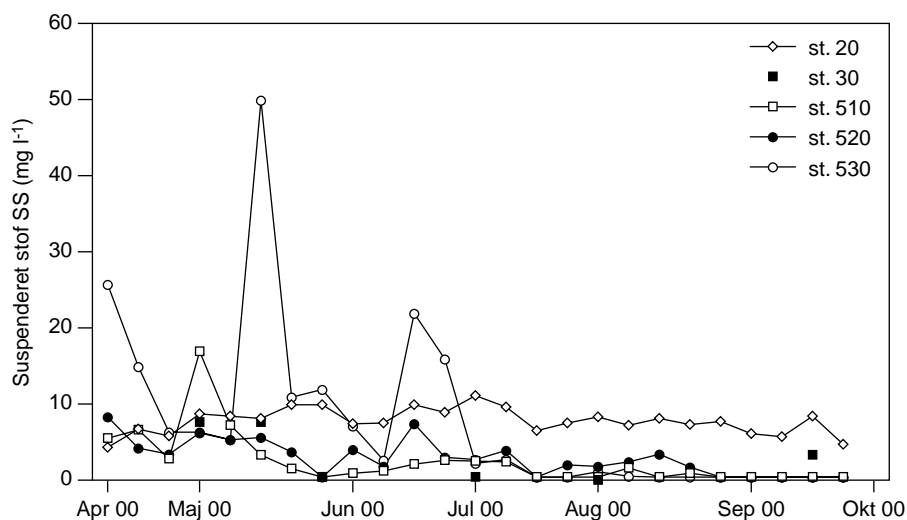


Fig. 6.5. SS koncentration ( $\text{mg l}^{-1}$ ) for perioden 14. april – 13. september for st. 020, 030, 510, 520 og 530.

Generelt bliver koncentrationen af de fem kontrolvariable mere stabile fra juni og frem, hvilket falder sammen med planternes fremvækst i lagunerne og hvor de begynder at omsætte og tilbageholde

stof, men også det reducerede vandindtag og den øgede recirkulering har betydning for stabiliseringen.

## 7 Vejledende udlederkrav og tilstandskontrol

### 7.1 Indledning

Der er i miljøgodkendelsen for Forsøgsprojektet Døstrup Dambrug fastlagt en række vejledende krav til den udledte mængde af  $BI_5$ , suspenderet stof, totalkvælstof, ammoniumkvælstof og totalfosfor. Kravene på disse kontrolvariable relaterer sig til de samlede, udledte stofmængder, og er skrevet op i næste afsnit. Dette afsnit definerer også præcist hvilke målinger kontrollen skal udføres på. Derudover indeholder kapitlet en analyse af overholdelsen af udlederkravene sammen med en kort beskrivelse af den anvendte statistiske metode. Døstrup Dambrug skal endvidere overholde krav til mængden af ilt i vandløbet umiddelbart nedstrøms dambruget. Iltkrauet analyseres i kapitlet, som til sidst indeholder en konklusion på de fundne resultater.

### 7.2 Udlederkrav

I henhold miljøgodkendelsen er der fastsat følgende vejledende krav til de samlede, udledte stofmængder fra dambruget (se ligeledes tabel 2.1):

$BI_5$	$0,70 \text{ mg l}^{-1} \cdot 107,7 \text{ l s}^{-1} = 75 \text{ mg s}^{-1}$
Suspenderet stof (SS)	$3,00 \text{ mg l}^{-1} \cdot 107,7 \text{ l s}^{-1} = 325 \text{ mg s}^{-1}$
Total kvælstof (TN)	$0,60 \text{ mg l}^{-1} \cdot 107,7 \text{ l s}^{-1} = 65 \text{ mg s}^{-1}$
Ammoniumkvælstof ( $NH_3+NH_4^+-N$ )	$0,30 \text{ mg l}^{-1} \cdot 107,7 \text{ l s}^{-1} = 32 \text{ mg s}^{-1}$
Total fosfor (TP)	$0,05 \text{ mg l}^{-1} \cdot 107,7 \text{ l s}^{-1} = 5,4 \text{ mg s}^{-1}$ .

Kravene er vejledende idet der har hersket stor usikkerhed omkring vandføringer under medianminimum både med hensyn til varighed og til hyppighed.

Ved den samlede, udledte stofmængde forstår man forskellen mellem den samlede stofmængde i udløbet fra de 3 efterbehandlingssektioner før iltning (station 510, 520 og 530) minus den samlede stofmængde i vandindtaget (åvand – station 020 plus oppumpet grundvand station 030). Grundlaget for beregningen af vandmængden i de fastsatte krav er følgende:  $27,7 \text{ l s}^{-1}$  fra oppumpet grundvand og  $80 \text{ l s}^{-1}$  fra Døstrup Bæk (medianminimumsvandføringen), dvs. i alt  $107,7 \text{ l s}^{-1}$ . Der må maksimalt udledes  $170 \text{ l s}^{-1}$  fra dambruget.

Afløbskontrollen af forsøgsprojektet for Døstrup Dambrug baseres på målinger af koncentration i puljede døgnprøver for kontrolvariablene  $BI_5$  og  $NH_3+NH_4^+-N$  samt i ugepuljede prøver for TN, TP og SS. I alt udtages 104 sæt ( $52 \text{ stk. år}^{-1}$ ) over den to-årige forsøgsperiode. Kon-

trolperioden er variabel og kontrolperioden i nærværende analyse dækker april-juli 2000, i alt 17 uger.

Forskellen i den samlede stofmængde mellem udløbet og indløbet beregnes som

$$x_i = x_{ud_i} - x_{ind_i},$$

hvor

$$x_{ind_i} = \frac{c_{1i} \cdot q_{1i} + c_{2i} \cdot q_{2i}}{T_i},$$

$$x_{ud_i} = \frac{c_{3i} \cdot q_{3i} + c_{4i} \cdot q_{4i} + c_{5i} \cdot q_{5i}}{T_i}$$

med

$c_{ji}$  : koncentrationen af kontrolvariablen ved station  $j$  i prøvetagningsperiode  $i$ ,

$q_{ji}$  : opsummerede vandmængde ved station  $j$  i prøvetagningsperiode  $i$ ,

$T_i$  : antallet af sekunder i prøvetagningsperiode  $i$ ,

$i$  : angiver prøvetagningsperiode (uge, døgn) og  $i = 1, 2, \dots, 17$ ,

$j$  : angiver stationsnummer,  $j = 1$  (åvand = st. 20),  $2$  (grundvand = st. 30),  $3$  (udløb sektion 1 = st. 510),  $4$  (udløb sektion 2 = st. 520),  $5$  (udløb sektion 3 = st. 530).

Kontrolvariablene  $BI_5$  og  $NH_3+NH_4^+-N$  måles i det sidste døgn i en ugeperiode, så derfor er der ligeledes 17 målinger i kontrolperioden.

### 7.3 Statistisk metode

Overholdelsen af de nævnte udleder krav skal ifølge miljøgodkendelsen kontrolleres ved at beregne kontrolstørrelsen  $C$ , som er defineret ved

$$C = \bar{x} + k(n) \cdot s,$$

hvor  $\bar{x}$  angiver gennemsnittet af de målte samlede udledninger ( $x$ ),  $s$  spredningen på de målte samlede udledninger og  $k(n)$  justeringsfaktoren, som afhænger af antallet af målinger  $n$  (antal stikprøver). Værdien af justeringsfaktoren  $k(n)$  for  $n$  i intervallet fra 6 til 52 er givet i bilag 1. Hvis

$$C < K,$$

så er udlederkravet  $K$  overholdt. Miljøgodkendelsens statistiske metode har udgangspunkt i den statistiske kontrolteori (*Larsen og Svendsen, 1998; Wetherill og Brown, 1991*).

Justeringsfaktorerne er beregnet under den forudsætning, at ved en kritisk fraktion på 5% skal sandsynligheden for at godkende en udledning, som i virkeligheden er under kravet være lig 99%. Den kritiske fraktion betyder andelen af stikprøver, der højst må være større end kravværdien. Med andre ord må højst 5% af alle de samlede udledninger i kontrolperioden være større end det fastsatte krav. Denne forudsætning betyder, at man udfører en såkaldt tilstandskontrol (*Larsen og Svendsen, 1998*) som i princippet er beregnet til en kontrol af udledte koncentrationer af stoffer, der kan forværre vandkvaliteten i vandløbet. Det drejer sig især om  $\text{BI}_5$  og  $\text{NH}_3+\text{NH}_4^+\text{-N}$ , som ved høje koncentrationer har en toksisk virkning og derfor må kun få koncentrationer være over en grænseværdi (kravværdien). Begrebet transportkontrol anvendes i stedet i de tilfælde, hvor det er den samlede udledte stofmængde, som kan skabe problemer i recipienterne. Kravet i en transportkontrol er normalt at højst 50% af udledningerne må være over det fastsatte krav, dvs. man hæfter sig ved den gennemsnitlige udledte stofmængde (*Larsen og Svendsen, 1998*).

I bilag 2 er der en kritisk gennemgang af miljøgodkendelsens kontrolprocedure og fremlagt alternative metoder til kontrollen, som bygger på en tilstandskontrol af  $\text{BI}_5$  og  $\text{NH}_3+\text{NH}_4^+\text{-N}$  samt en transportkontrol af TN, TP og SS. Både metoden i henhold til miljøgodkendelsen og de alternative metoder fra bilag 2 er anvendt i den følgende analyse. Tilstandskontrollen af  $\text{BI}_5$  og  $\text{NH}_3+\text{NH}_4^+\text{-N}$  foretages på forskellen i koncentrationer mellem udløbet og indløbet. I bilag 3 har vi angivet, hvordan disse koncentrationsforskelle er beregnet. Desuden har vi også i den statistiske analyse anvendt miljøgodkendelsens kontrolregler på disse koncentrationsforskelle i stedet for på mængdeforskelle. Kravværdier for koncentrationsforskelle er de i miljøgodkendelsen anvendte koncentrationer, som bruges til at beregne mængdekravet (se afsnit 7.2).

Vi vil ikke komme ind på, hvorfor man i Miljøklagenævnet har anvist en anvendelse af tilstandskontrol på stofmængder, men henviser i stedet for til miljøgodkendelsen.

## 7.4 Analyse af overholdelsen af udlederkravene

Afløbskontrollen er gennemført dels for den samlede periode på 17 uger og dels for to adskilte perioder, som er defineret ved de første 11 uger (050400-210600) og de sidste 6 uger (220600-020800). Denne opdeling skyldes, at i den sidste periode har lagunerne som forudsat har været mange planter (Brøndkarse og Andemad, kap. 4) og derfor er systemet begyndt at tilbageholde næringsstoffer og organisk materiale (kap. 4). Endvidere blev vandindtaget fra vandløbet reduceret primo juli 2000 (dvs. en øget recirkulering i dambruget).

For suspenderet stof var der en del målinger angivet som " $<1,0$ ", dvs. under detektionsgrænsen, disse er i den statistiske analyse erstattet

med 0,5, svarende til den halve detektionsgrænse. Det fremgår af beskrivelsen af den statistiske metode, at det er nødvendigt at beregne den gennemsnitlige udledning  $\bar{x}$  og standardafvigelsen  $s$  på udledningerne. Sammen med minimum, maximum og varianskoefficienten er disse givet i tabel 7.1 til 7.3. Matematiske definitioner af  $\bar{x}$ ,  $s$  og varianskoefficienten er givet i bilag 3.

*Tabel 7.1: Gennemsnit, standard afvigelser, varianskoefficienter minimum og maximum for de 5 kontrolvariable beregnet for hele perioden 050400-020800.*

	TN	TP	SS	BI <sub>5</sub>	NH <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N
Gennemsnit (stof) - mg s <sup>-1</sup>	44,9	5,73	-44,5	185	19,0
Standardafvigelse (stof) - mg s <sup>-1</sup>	55,1	6,96	615	136	3,84
Gennemsnit (konc.) - mg l <sup>-1</sup>	0,372	0,049	-0,356	1,62	0,163
Standardafvigelse (konc.) - mg l <sup>-1</sup>	0,452	0,059	5,30	1,26	0,030
Varianskoefficient (stof) - mg s <sup>-1</sup>	123	121	-1382	74	20
Varianskoefficient (konc.) - mg l <sup>-1</sup>	122	121	-1488	77	19
Minimum (stof) - mg s <sup>-1</sup>	-23,81	1,31	-701	59,9	14,3
Maximum (stof) - mg s <sup>-1</sup>	78	30,2	1609	590	26,8
Minimum (konc.) - mg l <sup>-1</sup>	-0,223	0,011	-5,92	0,486	0,122
Maximum (konc.) - mg l <sup>-1</sup>	1,45	0,256	13,5	5,52	0,215

*Tabel 7.2: Gennemsnit, standard afvigelser, varianskoefficienter minimum og maximum for de 5 kontrolvariable beregnet for perioden 050400-210600.*

	TN	TP	SS	BI <sub>5</sub>	NH <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N
Gennemsnit (stof) - mg s <sup>-1</sup>	52,0	7,56	170	222	18,8
Standardafvigelse (stof) - mg s <sup>-1</sup>	63,3	8,18	654	155	4,31
Gennemsnit (konc.) - mg l <sup>-1</sup>	0,425	0,064	1,568	1,92	0,157
Standardafvigelse (konc.) - mg l <sup>-1</sup>	0,519	0,070	13,5	1,45	0,030
Varianskoefficient (stof) - mg s <sup>-1</sup>	122	108	384	70	23
Varianskoefficient (konc.) - mg l <sup>-1</sup>	122	109	355	76	19
Minimum (stof) - mg s <sup>-1</sup>	-23,8	2,76	-496	59,9	14,3
Maximum (stof) - mg s <sup>-1</sup>	178	30,2	1609	590	26,8
Minimum (konc.) - mg l <sup>-1</sup>	-0,223	0,022	-3,99	0,486	0,122
Maximum (konc.) - mg l <sup>-1</sup>	1,448	0,256	13,5	5,52	0,215



Tabel 7.3: Gennemsnit, standard afvigelser, varianskoeficienter minimum og maximum for de 5 kontrolvariable beregnet for perioden 220600-020800.

	TN	TP	SS	BI <sub>5</sub>	NH <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N
Gennemsnit (stof) - mg s <sup>-1</sup>	31,9	2,38	-438	119	19,3
Standardafvigelse (stof) - mg s <sup>-1</sup>	37,2	0,582	254	57,5	3,15
Gennemsnit (konc.) - mg l <sup>-1</sup>	0,275	0,021	-3,88	1,08	0,175
Standardafvigelse (konc.) - mg l <sup>-1</sup>	0,314	0,005	2,18	0,545	0,030
Varianskoeficient (stof) - mg l <sup>-1</sup>	117	24	-58	48	16
Varianskoeficient (konc.) - mg l <sup>-1</sup>	114	25	-56	50	17
Minimum (stof) - mg s <sup>-1</sup>	-9,13	1,31	-701	62,2	15,1
Maximum (stof) - mg s <sup>-1</sup>	85,4	2,96	41,5	209	22,6
Minimum (konc.) - mg l <sup>-1</sup>	-0,078	0,011	-5,92	0,547	0,143
Maximum (konc.) - mg l <sup>-1</sup>	0,709	0,025	0,344	1,99	0,214

Tabellerne viser, at TN, TP og SS har forholdsvis store standardafvigelser (variationer). Udledningen af TN ligger i middel under kravværdien og for TP omkring kravværdien. SS har primært negative udledninger, dvs. der sker en netto tilbageholdelse af suspenderet stof i dambruget. Desuden er udledningen af BI<sub>5</sub> generelt over kravværdien. Endelig gælder det for NH<sub>3</sub>+NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, at der er en lille variation i udledningerne og de ligger under kravværdien.

I bilag 4 har vi vist den tidlige udvikling i udledningen af de 5 kontrolstoffer sammenholdt med kravværdien. Der er figurer både for de samlede, udledte stofmængder (mg s<sup>-1</sup>) og for forskelle i koncentrationer (mg l<sup>-1</sup>). Figurerne viser de store uge til uge variationer, der er i udledningerne af TN, TP og SS, men også at variationerne reduceres ultimo juni og i juli med fremvæksten af vandplanter i plantelagunerne.

Resultaterne i tabel 7.2 og 7.3 viser også at så længe der ikke var planter tilstede i lagunerne, så var udledningen og dens variation stor, men at udledningen bliver langt mere stabil fra ultimo juni hvor der virkelig begynder at komme planter i lagunerne. I begyndelsen af juli blev vandindtaget fra vandløbet reduceret med ca. 20 l s<sup>-1</sup> (se fig. 5.1), hvilket medvirker til, at koncentrationssvingerne i produktionsvandet bliver reduceret, dvs. at koncentrationsvariationen i inløb til lagunerne reduceres.

Tabel 7.4: Kontrol af udledninger fra Døstrup dambrug i hele perioden fra 050400 til 020800. Tal angivet med fed skrifttype overskrider kravværdien.

Kontrolregel	TN	TP	SS	BI <sub>5</sub>	NH <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N
Kontrol på udledte stofmængder efter godkendelse	<b>98,4</b> mg s <sup>-1</sup>	<b>12,5</b> mg s <sup>-1</sup>	<b>552</b> mg s <sup>-1</sup>	<b>318</b> mg s <sup>-1</sup>	22,7 mg s <sup>-1</sup>
Kontrol på koncentrationer efter godkendelse	<b>0,811</b> mg l <sup>-1</sup>	<b>0,107</b> mg l <sup>-1</sup>	<b>4,78</b> mg l <sup>-1</sup>	<b>2,84</b> mg l <sup>-1</sup>	0,193 mg l <sup>-1</sup>
Kontrol efter forslag i bilag 2 (1)	10,2 mg s <sup>-1</sup>	1,34 mg s <sup>-1</sup>	-432 mg s <sup>-1</sup>	<b>2,84</b> mg l <sup>-1</sup>	0,193 mg l <sup>-1</sup>
Kontrol efter forslag i bilag 2 (2)	21,8 mg s <sup>-1</sup>	2,81 mg s <sup>-1</sup>	-303 mg s <sup>-1</sup>	<b>2,16</b> mg l <sup>-1</sup>	0,176 mg l <sup>-1</sup>

Tabel 7.5: Kontrol af udledninger fra Døstrup i perioden 050400-210600. Tal angivet med fed skrifttype overskrider kravværdien.

Kontrolregel	TN	TP	SS	BI <sub>5</sub>	NH <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N
Kontrol på udledte stofmængder efter godkendelse	<b>105</b> mg s <sup>-1</sup>	<b>14,4</b> mg s <sup>-1</sup>	<b>720</b> mg s <sup>-1</sup>	<b>352</b> mg s <sup>-1</sup>	22,4 mg s <sup>-1</sup>
Kontrol på koncentrationer efter godkendelse	<b>0,860</b> mg l <sup>-1</sup>	<b>0,123</b> mg l <sup>-1</sup>	<b>6,25</b> mg l <sup>-1</sup>	<b>3,14</b> mg l <sup>-1</sup>	0,182 mg l <sup>-1</sup>
Kontrol efter forslag i bilag 2 (1)	-1,82 mg s <sup>-1</sup>	0,602 mg s <sup>-1</sup>	-386 mg s <sup>-1</sup>	<b>3,14</b> mg l <sup>-1</sup>	0,182 mg l <sup>-1</sup>
Kontrol efter forslag i bilag 2 (2)	-17,2 mg s <sup>-1</sup>	3,06 mg s <sup>-1</sup>	-190 mg s <sup>-1</sup>	<b>2,41</b> mg l <sup>-1</sup>	0,167 mg l <sup>-1</sup>

Tabel 7.6: Kontrol af udledninger fra Døstrup i perioden 220600-020800. Tal angivet med fed skrifttype overskrider kravværdien.

Kontrolregel	TN	TP	SS	BI <sub>5</sub>	NH <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N
Kontrol på udledte stofmængder efter godkendelse	55,0 mg s <sup>-1</sup>	2,74 mg s <sup>-1</sup>	-281 mg s <sup>-1</sup>	<b>155</b> mg s <sup>-1</sup>	21,2 mg s <sup>-1</sup>
Kontrol på koncentrationer efter godkendelse	0,470 mg l <sup>-1</sup>	0,024 mg l <sup>-1</sup>	-2,53 mg l <sup>-1</sup>	<b>1,42</b> mg l <sup>-1</sup>	0,194 mg l <sup>-1</sup>
Kontrol efter forslag i bilag 2 (1)	-26,9 mg s <sup>-1</sup>	1,46 mg s <sup>-1</sup>	-839 mg s <sup>-1</sup>	<b>1,42</b> mg l <sup>-1</sup>	0,194 mg l <sup>-1</sup>
Kontrol efter forslag i bilag 2 (2)	0,636 mg s <sup>-1</sup>	1,89 mg s <sup>-1</sup>	-651 mg s <sup>-1</sup>	<b>1,18</b> mg l <sup>-1</sup>	0,180 mg l <sup>-1</sup>

Kontrolberegningerne for de 5 kontrolstoffer viser at ved anvendelse af de kontrolregler, der er angivet i miljøgodkendelsen, så er det kun udledninger af NH<sub>3</sub>+NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N som kan accepteres. Alle de andre stoffer overskrider kravværdien. Dog kan udledningen af TP og SS accepteres i delperioden 220600-020800. Ser man på BI<sub>5</sub> så kan udledninger af dette stof heller ikke accepteres ved anvendelse af de alternative kontrolregler nævnt i bilag 2. Anvender man transportkontrol på TN, TP og SS så kan man acceptere udledningerne både i hele perioden og i de to delperioder.

I perioden efter august 2000 er  $BI_5$  udledninger fra stationerne 510, 520 og 530 reduceret yderligere, så de er lavere end i det indtagne vand fra vandløbet.

## 7.5 Overholdelse af iltkrav

Iltkoncentrationen i vandet er af fundamental betydning for fisk, bunddyr og planter i vandløb. Der er opsat vejledende krav til vandets iltkoncentration ved Døstrup dambrug som efterfølgende gennemgås. Angående iltkoncentrationens udvikling i Døstrup dambrug præsenteres to interessante observationer i dette afsnit.

### 7.5.1 Iltkrav

Mængden af ilt i vandet er målt i  $mg\ l^{-1}$ . I følge Miljøklagenævntets afgørelse, skal den vejledende iltkoncentration i 100% af tiden være  $\geq 7\ mg\ l^{-1}$  såvel opstrøms som nedstrøms dambruget, henholdsvis station 010 (opstrøms), station 600 (lige nedstrøms) og station 990 (1 km nedstrøms dambruget). Dette krav er bevist overholdt ved iltkoncentrationer for station 020 og station 990, henholdsvis vandindtaget fra Døstrup Bæk til dambruget og omkring 1 km nedstrøms dambruget (se fig. 7.1). Lige nedstrøms dambruget ved st. 600 er kravet også opfyldt med undtagelse af en kortere periode (20. juli til 5. august 2000) hvor iltkoncentrationen om natten kommer under  $7\ mg\ l^{-1}$  hvilket kan henføres til at iltmåleren til tider stod dækket af grøde.

Iltkoncentration i  $mg\ l^{-1}$  kan regnes om til en iltmætningsprocent som er temperaturafhængig ved formlen:

$$ilt\% = \left( \frac{ilt(mg/l)}{14,423 * \exp.(-0,024 * vandtemp.(celcius))} \right) * 100$$

Umiddelbart nedstrøms dambruget skal iltmætningen altid være større end 70%, jvf. Miljøklagenævntets afgørelse. Station 600 ligger placeret ca. 10 meter nedstrøms dambruget, hvor vandet fra lagunesystemet løber sammen med det åvand der ledes uden om dambruget. På station 600 fra 1. april til 1. august 2000 (N=2940 observationer) er iltmætningsprocenten mindre end 70 i 5% af tiden. Af disse 5% er de 2% sammenfaldende med en iltmætning under 70% opstrøms dambruget på station 020 og de resterende 3% af målingerne ligger med en iltmætning mellem 60 - 70%.

Endeligt er der stillet krav om, at 50% af de daglige minimumsværdier ved såvel station 020 som ved station 600 skal være mindst  $9\ mg\ l^{-1}$ . Dette har ikke været overholdt i sommermånederne, hverken ved station 020 opstrøms dambruget eller station 600 nedstrøms.

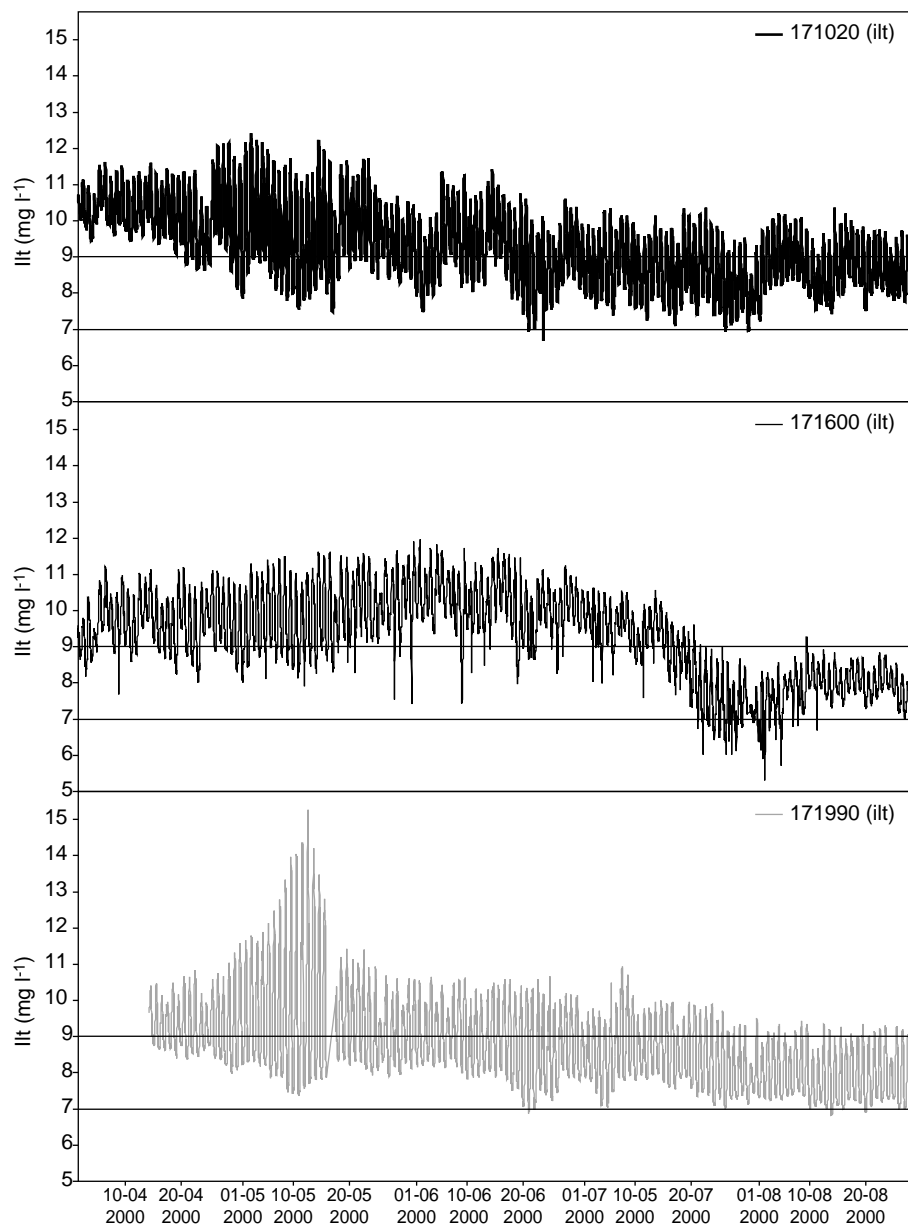


Fig. 7.1. Iltkoncentration ( $\text{mg l}^{-1}$ ) i Døstrup Bæk opstrøms Døstrup dambrug ved station 171020 og lige nedstrøms dambruget ved station 171600 samt 1 km nedstrøms dambruget ved station 171990.

### 7.5.2 Plantelagunernes påvirkning af vandets iltkoncentration

Når vandet har passeret bundfældningsbassinet (station 450) fordeles det ligeligt i de tre lagunesystemer (se tabel 4.1), hvor hvert system løber tilbage til Døstrup Bæk fra hver sin afstrømningskanal. I april, maj og juni måned skete der ikke nogen væsentlig ændring af vandets iltkoncentration igennem lagunerne, men fra juli starter en markant reduktion i iltmængden i de tre laguner og det fortsætter i august og september (se figur 7.2 og 7.3).

Fra juni var der mange trådalger som producerer ilt i dagtimerne, men ikke betinger nogen stofomsætning af f.eks.  $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$  og  $\text{BI}_5$ . I løbet af juni (se fig. 4.1) kommer der gradvist planter som brøndkarse og andemad. På disse etableres en biofilm, som f.eks. omsætter organisk

stof og  $\text{NH}_3+\text{NH}_4^+$  under forbrug af ilt (figur 7.3), hvilket tydeligt påvirker udledningen af f.eks.  $\text{BI}_5$  (se figur 6.1)

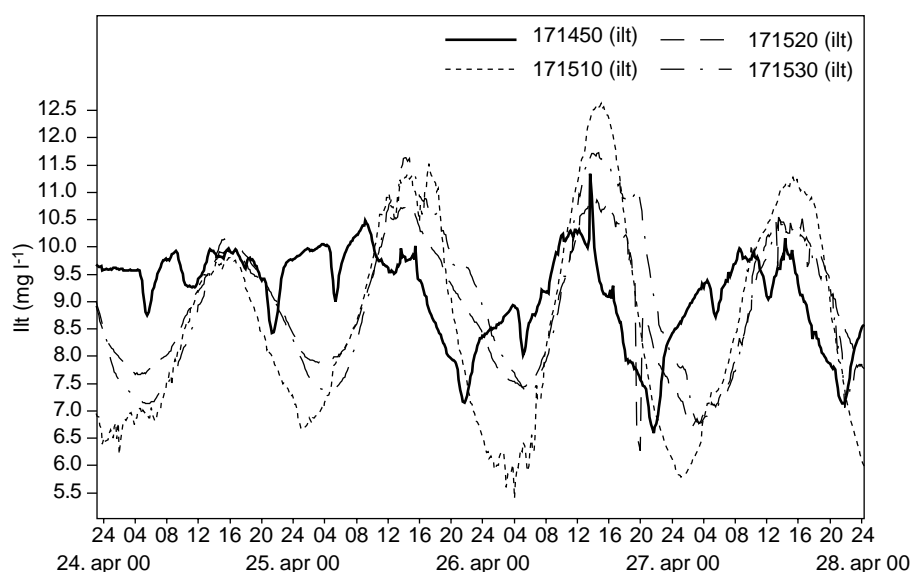


Fig. 7.2. Iltkoncentration ( $\text{mg l}^{-1}$ ) før (station 171450) og efter (station 171510, 171520 og 171530) plantelaguner, 24.-28. april 2000.

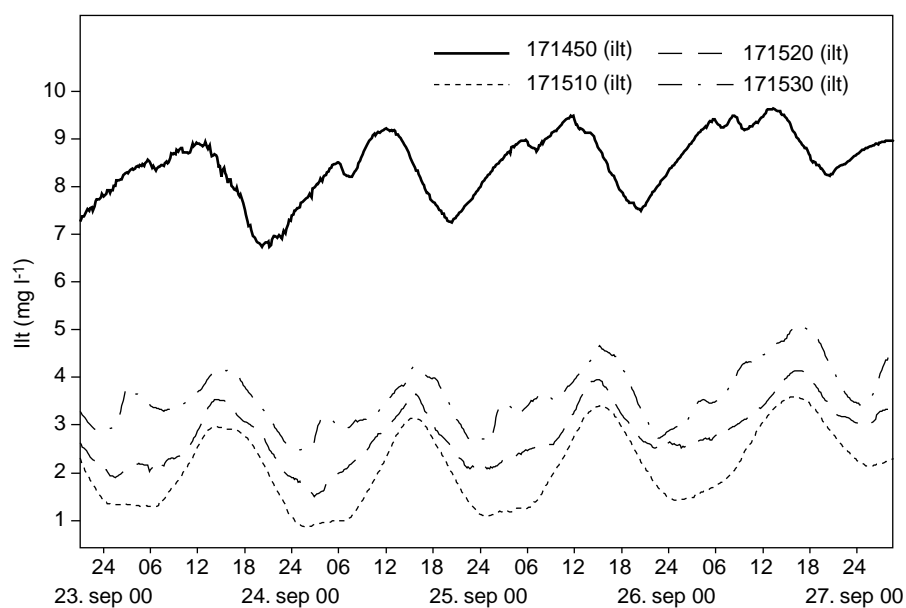


Fig. 7.3. Iltkoncentration ( $\text{mg l}^{-1}$ ) før (station 171450) og efter (station 171510, 171520 og 171530) plantelaguner, 23.-27. september 2000.

Inden vandet fra lagunerne når ud i Døstrup Bæk sker der en beluftning så iltkoncentrationen hæves og koncentrationen ved st. 600 er større end  $7 \text{ mg l}^{-1}$ .

### 7.5.3 Beluftningskasser/vandrecirkulation

Vandet i fødekanalerne i de tre produktionssektioner er en blanding af vand, der kommer fra den foregående sektioners udløb, og vand der recirkuleres fra egen sektion (se afsnit 1.3). Vandet i sektion 3 er i gennemsnit tilført  $2 \text{ mg l}^{-1}$  i beluftningskasse 320 (se fig. 7.4). Ved at øge recirkulationen øges ilttilførelsen ved en ligefrem proportional sammenhæng.

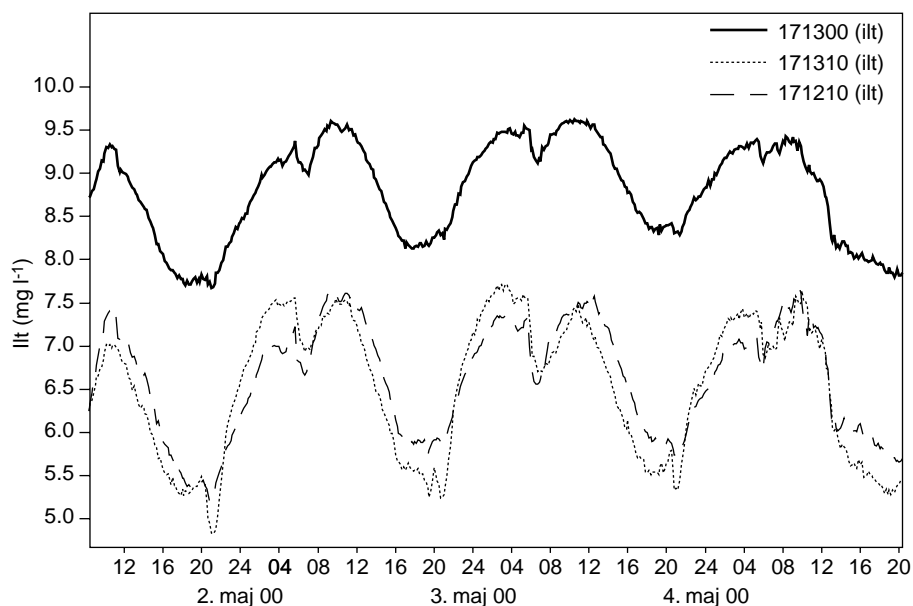


Fig. 7.4. Iltkoncentration ( $\text{mg l}^{-1}$ ) over beslutningskasse 171320. Station 171300 er efter og station 171210 og station 171310 er før beluftningskassen.

## 7.6 Konklusion

Vore statistiske analyser af udledningen af de 5 kontrolvariable TN, TP, SS,  $\text{BI}_5$  og  $\text{NH}_3+\text{NH}_4^+\text{-N}$  har vist, at for hele den undersøgte periode har udledningerne været for store og kravværdien er overtrådt for alle variable på nær  $\text{NH}_3+\text{NH}_4^+\text{-N}$ , når man anvender kontrolreglerne beskrevet i miljøgodkendelsen (tabel 7.4). Det samme gør sig gældende i delperioden 050400-210600, dvs. de første 11 uger (se tabel 7.5). I de sidste 6 uger af den analyserede periode ser man en formindskelse af udledningerne (tabel 7.6), så det kun er TN og  $\text{BI}_5$  som overtræder kravværdien.

Udledningen af TN har i middel været mindre end kravværdien, men på grund af at tilstandskontrol anvendes på stofmængder, så har udledningen ikke opfyldt de vejledende kravværdier.

Med hensyn til TP har udledningen for hele perioden gennemsnitlig været lig med kravværdien, men som for TN giver den relative høje variation anledning til at de vejledende kravværdier ikke overholdes.

I middel har udledningen af SS været negativ, dvs. dambruget tilbageholder suspenderet stof, det fjernes i slamkeglerne, og aflejres i bundfældningbassinet samt i plantelagunerne. På trods af dette og fordi variationen er stor overholdes den i miljøgodkendelsens fastsatte kontrolregel ikke.

Udledningen af  $\text{BI}_5$  har igennem hele perioden været stor og næsten altid større end kravværdien. Derfor viser alle kontrolregler også en overtrædelse af de vejledende krav. Hen i mod slutningen af kontrolperioden formindskes og stabiliseres  $\text{BI}_5$  udledningen.

For  $\text{NH}_3+\text{NH}_4^+-\text{N}$  har vi set de mindst variable udledninger og da de i middel har været godt under kravværdien så giver udledningen af ammoniumkvælstof ingen grund til bekymring.

Anvendes de alternative kontrolmetoder (se bilag 2) så er det kun udledninger af  $\text{BI}_5$ , der har overtrådt kravværdien (tabel 7.4-7.6). Dvs. anvendes en regulær transportkontrol på de udledte mængder af TN, TP og SS, så opnår man at disse kan accepteres for alle de undersøgte perioder.

Kravet om en iltmætning større end  $7 \text{ mg l}^{-1}$  i 100% af tiden er tilfredsstillt opstrøms dambruget (st. 020) og 1 km nedstrøms Døstrup dambrug (st. 990). Lige nedstrøms Døstrup Dambrug var kravet overtrådt i to uger, hvilket kan henføres til at iltmåleren stod dækket til i grøde.

Kravet om at iltmætningsprocenten altid skulle være større end 70% er overholdt i 95% af tiden fra april til august 2000. Af de 5% af tiden hvor kravet var overtrådt er de 2% sammenfaldende med en iltmætning under 70% i det vand som tages ind i dambruget fra Døstrup bæk.

Kravet i den midlertidige miljøgodkendelse er at 50% af de daglige minimumsværdier for iltkoncentrationen skal være  $9 \text{ mg l}^{-1}$  både opstrøms og nedstrømsdambruget. Dette vilkår har det ikke været muligt at overholde i perioden maj til august hverken op- eller nedstrøms dambruget jvf. figur 7.1.

## 8 Faunainsamlinger – Døstrup Dambrug

### 8.1 Oversigt over tilstand i Døstrup Bæk i perioden marts 1998 til august 2000

Der er foretaget DVFI indsamlinger 9 gange i perioden fra marts 1998 til august 2000 (Tabel 8.1). Indsamling af faunaprøver er foretaget dels af DMU (5 gange) og dels af Nordjyllands Amt (4 gange).

### 8.2 Placering af indsamlingslokaliteter

I 1998 og 1999 er der blevet indsamlet faunaprøver på 2 stationer, hvoraf den ene var placeret opstrøms henholdsvis nedstrøms for dambruget. Stationen opstrøms for dambruget var placeret ca. 50 m nedstrøms for vejbroen i Døstrup, mens nedstrøms stationen var placeret ca. 100-200 m nedstrøms for dambruget et stykke inden Døstrup Bæk's passage under motorvej A10 (station 2a eller 2b).

I 2000 (og fremover) er indsamlinger af faunaen foretaget på 3 stationer. Der er dels indsamlet på opstrøms stationen som ligger neden for vejbroen i Døstrup (station 1), og derudover indsamlet på en station mellem dambruget og motorvej A10 (station 2b). Station 2b er beliggende ca. 100 m opstrøms for station 2a. Begge stationerne 2a og 2b repræsenterer tilstanden i Døstrup Bæk umiddelbart nedstrøms for Døstrup Dambrug. Årsagen til skiftet i faunastationens placering i vandløbet er ændringen i placeringen af udledningen fra dambruget til Døstrup Bæk. Fra og med 2000 er der som angivet i Miljøklagenævnets midlertidige godkendelse endvidere foretaget indsamling på en tredje lokalitet (station 3) beliggende ca. 950 m nedstrøms for dambruget kort før Døstrup Bæk løber ud i Simested Å.

### 8.3 Resultater af DVFI prøverne

Faunaprøver er indsamlet og bearbejdet som beskrevet i Miljøstyrelsens vejledning fra 1998. Resultater udtrykt som DVFI faunaklasser er vist i tabel 8.1.

Tilstanden i Døstrup Bæk opstrøms for dambruget (station 1) har været 5 eller 6 gennem hele perioden. Vandløbets målsætningsklasse er fastsat af Nordjyllands Amt til faunaklasse 5. Målsætningen for vandløbet er derfor opfyldt opstrøms for dambruget gennem hele perioden. Tilstanden lidt nedstrøms for dambruget (station 2a og 2b) har været faunaklasse 4 gennem hele perioden. Døstrup Bæk's målsætning på strækningen umiddelbart nedstrøms for dambruget har således ikke været opfyldt på noget tidspunkt i perioden marts 1998 til august 2000. På lokaliteten 950 m nedstrøms for dambruget (station 3) har tilstanden i to tilfælde i 2000 været faunaklasse 5, mens til-



standen i de to andre tilfælde har været faunaklasse 4. Målsætningen for vandløbet på denne lokalitet ligger således i en overgangszone mellem at være opfyldt og ikke at være opfyldt.

*Table 8.1.* DVFI faunaklasser i Døstrup Bæk op- og nedstrøms for Døstrup Dambrug i perioden marts 1998 til august 2000.

Bearbejdning foretaget af	Dato	DVFI faunaklasser i Døstrup Bæk			
		Station 1 (opstrøms)	Station 2a (200 m nedstrøms)	Station 2b (100 m nedstrøms)	Station 3 (950 m nedstrøms)
DMU	Marts 1998	6	4	-	-
DMU	August 1998	5	4	-	-
Nordjyllands Amt	Nov. 1998	5	-	4	-
Nordjyllands Amt	Marts 1999	5	-	4	-
DMU	Juni 1999	5	4	-	-
Nordjyllands Amt	Februar 2000	6	-	4	4
DMU	Marts 2000	5	-	4	5
DMU	Juli 2000	5	-	4	5
Nordjyllands Amt	August 2000	5	-	4	4

Der er efterfølgende under udarbejdelsen af denne rapport taget yderligere to runder faunaprøver i oktober og i november. I begge tilfælde blev DVFI opstrøm (station 1) og umiddelbart nedstrøms (station 2 b) bestemt til faunaklasse 5 (målsætningsopfyldelse), mens den ved station 3 længst nedstrøms havde en faunaklasse 4 i oktober og en faunaklasse 5 i november.

## 9 Sammenfatning

### *Status rapportens formål*

Denne rapport gør status for fase 1 og en del af fase 2 af forsøgsprojektet ved Døstrup Dambrug. Fase 1 har omfattet anlæggelse og senere modificering af anlægget, modificering og udvidelse af projektplaner iht. Miljøklagenævnets afgørelse, opstilling og kalibrering af forsøgsopstillingen og senere modifikationer heraf. Fase 2 har bl.a. omfattet de første 4 måneders drift af anlægget og gennemførelse af det tilhørende måleprogram. Fase 1 startede i august 1997 og fase 2 startede 5. april 2000. Der er i et vist omfang inddraget resultater fra august og september 2000 og enkelte senere resultater.

Der rapporteres således kun ca. 4 måneder af en samlet forsøgsperioden på 2 år, hvilket betyder, at der ikke kan drages nogen egentlige konklusioner om, hvordan anlægget fungerer, om de vejledende udlederkrav er overholdt, om der kommer målsætningsopfyldelse, om anlægget virker efter hensigten mv. Der er i statusrapporten derfor lagt vægt på at få beskrevet projektets formål og indhold, herunder at give en gennemgang af det meget omfattende måleprogram, som findes på anlægget, samt at give nogle centrale resultater fra de første ca. 4 måneders drift.

### *Måleprogram*

Der udtages vandprøver til kemiske analyser hver time op til 15 steder på dambruget og tages yderligere vandprøver i op til 5 ekstra punkter. Der måles ilt og temperatur kontinuerligt 13 steder, måles vandstand kontinuerligt 16 steder og måles og beregnes vandføringer 17 steder (tabel 2.6). Der er etableret stor datasikkerhed, da målinger af vandstand, ilt, vand og lufttemperatur, pH, vindhastighed, nedbør og relativ luftfugtighed lagres på 5 dataloggere. Efterfølgende overføres data til en computer på dambruget hvert tiende minut og til Danmarks Miljøundersøgelser en gang i døgnet. Endvidere opmåles en gang om måneden dækningsgraden af planter i lagunen.

### *Vandføring*

Under fase 2 er der gjort en stor indsats for at få etableret sammenhænge mellem vandstand og vandføring på de mange målestationer, da en præcis vandføring er alt afgørende for at kunne beregne stoftransporten ved stationerne. Stoftransporten er fundamental, når forskellige processer skal vurderes i de forskellige dele af produktionsanlægget og ved opstilling af massebalancer. Endvidere anvendes de i forbindelse med kontrol af de vejledende udlederkrav. Det er lykkedes at opstille vandføringer og vandbalancer, der generelt ligger indenfor den usikkerhed, der alene betinges af en konservativt sat måleusikkerhed på ca. 7%, som kommer fra vandstands- og vandføringsmålinger og fra sammenhængen mellem vandstand og vandføring.

### *Produktion*

Produktionen har været tilrettelagt efter, at der de første 12 måneder er et tilladt foderforbrug på 50 tons pr. år, hvoraf 60% anvendes i

sommerhalvåret. I perioden 5. april til 11. september 2000 er der produceret knap 32 tons fisk fordelt på yngel-, sætte- og konsumfisk med et foderforbrug på knap 27 tons, svarende til en foderkoefficient på 0,853. Der har været meget lidt sygdom under fase 2.

Der har været indtaget mellem 32 og 48% (80-105 l s<sup>-1</sup>) af vandføringen i vandløbet og op til 28 l s<sup>-1</sup> grundvand. Indtag fra vandløbet blev reduceret med ca. 15- 20 l s<sup>-1</sup> i begyndelsen af juli til godt 75 l s<sup>-1</sup>.

#### *Plantelaguner*

Plantelagunerne blev umiddelbart før starten af fase 2 oprenset som følge af Miljøklagenævnets midlertidige miljøgodkendelse. De fremstod derfor fuldstændigt nøgne uden vegetation. Det gav anledning til en kraftig opblomstring af trådlager, der i totter drev ud af lagunerne. Dermed blev dammene til netto producenter af bl.a. BI<sub>5</sub>, og de virkede ikke efter hensigten. I løbet af juni og starten af juli etableredes en større mængde planter (Brøndkarse og Andemad). I august og september var dammene stort set tilgroet og biomassen var fra ca. 250 g/m<sup>2</sup> i en af de to søsystemer til ca. 350 g/m<sup>2</sup> i den plantelagune, der er udformet som et vandløbssystem. Planterne danner overflade for en biofilm, hvorpå organismer omsætter bl.a. BI<sub>5</sub> under forbrug af ilt. Endvidere vil vandhastigheden i mellem planterne og omkring rødderne være reduceret, så der sker en aflejring af partikler mellem planternes rødder og på bunden af plantelagunerne. I juni og juli, hvor planterne er under etablering i lagunerne, er det beregnet, at der tilbageholdes 25% af fosforbelastningen i den ene sølagune og 33% af belastningen i vandløbssystemet. Et af søsystemerne tilbageholder kun ca. 5%. For kvælstof har tilbageholdelsen kun været på ca. 5%, men det skyldes at det meste kvælstof i modsætning til fosfor optræder på opløst form. Der er næppe tvivl om, at der relativt tilbageholdes endnu mere i august og september, hvor biomassen har været endnu større.

Fra april til september har planterne i dammene optaget ca. 70 kg kvælstof og over 10 kg fosfor. Herefter kan det skønnes at i perioden frem til september 2000 er ca. 9% af det kvælstof og knap 30% af det tilbageholdte fosfor blevet bundet i plantebiomassen. Denne andel vil falde, når biomassen stabiliseres, mens der forsat sker aflejring og omsætning af næringsstoffer i plantelagunerne.

#### *Stofkoncentrationer*

Frem til slutningen af juni er der store variation i koncentrationerne af suspenderet stof, fosfor, ammoniumkvælstof og BI<sub>5</sub> i udledningerne fra dambruget. Med fremvæksten af planter i lagunerne sker en gradvis stabilisering fra slutningen af juni og fra august og september er variationen i koncentrationerne i udledningerne fra uge til uge beskudne. Dette kan dels forklares ved planternes tilstedeværelse men også at et reduceret vandforbrug med øget recirkulering, reducerer variationen i stofkoncentrationen af det vand, der ledes ind i lagunerne.

#### *Udlederkrav*

Der er opstillet vejledende udlederkrav, som er fundet ud fra kravværdier for 5 kontrolvariable TN, TP, SS, BI<sub>5</sub> og NH<sub>3</sub>+NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N. Nogle af disse er skærpede i forhold til Dambrugsbekendtgørelsen. Endvi-

dere er der ved beregning af de vejledende udlederkrav anvendt et vandindtag svarende til det estimerede medianminimum fra vandløbet på  $80 \text{ l s}^{-1}$  og  $27,7 \text{ l s}^{-1}$  grundvand. Der tillades udledninger på max.  $170 \text{ l s}^{-1}$ .

I miljøgodkendelsen angives, at der skal anvendes tilstandskontrol på de vejledende udlederkrav, hvor tilstandskontrollen rent statistisk er opstillet, når der skal kontrolleres koncentrationsforøgelse i udledninger.

De statistiske analyser af udledningen af de 5 kontrolvariable TN, TP, SS,  $\text{BI}_5$  og  $\text{NH}_3+\text{NH}_4^+-\text{N}$  viser, at for den undersøgte periode (5. april til 2. august 2000) har udledningerne været for store og kravværdien er overtrådt for alle variable på nær  $\text{NH}_3+\text{NH}_4^+-\text{N}$ , når man anvender kontrolreglerne beskrevet i miljøgodkendelsen (tabel 7.4). Det samme gør sig gældende i delperioden 050400-210600, dvs. de første 11 uger (se tabel 7.5). I de sidste 6 uger af den analyserede periode ser man en formindskelse af udledningerne (tabel 7.6), så det kun er TN og  $\text{BI}_5$  som overtræder kravværdien.

Udledningen af TN har i middel været mindre end kravværdien, men på grund af at tilstandskontrol anvendes på stofmængder, så har udledningen ikke opfyldt de vejledende kravværdier.

Med hensyn til TP har udledningen for hele perioden gennemsnitlig været lig med kravværdien, men som for TN giver den relative høje variation anledning til at de vejledende kravværdier ikke overholdes.

I middel har udledningen af SS været negativ, dvs. dambruget tilbageholder suspenderet stof som fjernes i slamkeglerne og aflejres i bundfældningbassinet samt i plantelagunerne. På trods af dette og fordi variationen i tilbageholdelsen har været stor overholdes den i miljøgodkendelsens fastsatte kontrolregel ikke.

Udledningen af  $\text{BI}_5$  har igennem hele perioden været stor og næsten altid større end kravværdien. Derfor viser alle kontrolregler også en overtrædelse af de vejledende krav. Hen i mod slutningen af kontrolperioden formindskes og stabiliseres  $\text{BI}_5$  udledningen.

For  $\text{NH}_3+\text{NH}_4^+-\text{N}$  har vi set de mindst variable udledninger og da de i middel har været godt under kravværdien så giver udledningen af ammoniumkvælstof ingen grund til bekymring.

Anvendes de alternative kontrolmetoder opstillet af DMU (se bilag 2), så er det kun udledninger af  $\text{BI}_5$ , der har overtrådt kravværdien (tabel 7.4-7.6). Dvs. anvendes en regulær transportkontrol på de udledte mængder af TN, TP og SS, så opnår man, at disse kan accepteres for alle de undersøgte perioder.

Med de stabiliserede udledninger i august, september og oktober og med i lange perioder lavere udledninger af suspenderet stof, fosfor og  $\text{BI}_5$  fra dambruget end der indtages i dambruget er sandsynligheden væsentlig forøget for overholdelse af de vejledende ud-

lederkrav. Anvendes en reel transportkontrol har udlederkravene være overholdt i september og oktober 2000.

#### *Ilthforhold*

Vilkåret om en iltmætning større end 7 mg l<sup>-1</sup> i 100% af tiden er tilfredsstillende opstrøms dambruget (station 020) og 1 km nedstrøms Døstrup dambrug (station 990). Lige nedstrøms Døstrup Dambrug var kravet ikke opfyldt i to uger, som kan henføres til at iltmåleren i perioder stod dækket til i grøde.

Vilkåret om at iltmætningsprocenten altid skal være større end 70% er overholdt i 95% af tiden fra april til august 2000. Af de 5% af tiden hvor kravet var overtrådt er de 2% sammenfaldende med en iltmætning under 70% i det vand som tages ind i dambruget fra Døstrup bæk.

Kravet i den midlertidige miljøgodkendelse om, at 50% af de daglige minimumsværdier for iltkoncentrationen skal være 9 mg l<sup>-1</sup> både opstrøms og nedstrømsdambruget, har det ikke været muligt at overholde i perioden maj til august hverken op- eller nedstrøms dambruget jvf. figur 7.1.

#### *Overholdelse af målsætning i Døstrup Bæk*

Målsætningen for Døstrup Bæk op- og nedstrøms Døstrup dambrug er en faunaklasse 5 efter Dansk VandløbsFauna Indeks (DVFI). I perioden marts 1998 til august 2000 er der foretaget faunabestemmelse 9 gange opstrøms og umiddelbart nedstrøms. Der har hver gang været målsætningsopfyldelse opstrøms (faunaklassen 5 syv gange, faunaklasse 6 to gange). Der har ikke været målsætningsopfyldelse umiddelbart nedstrøms en eneste, da faunaklassen ni gange har været 4. Det vurderes, at de fysiske forhold på stationen nedstrøms er mindst ligeså gode som opstrøms.

Det er for tidligt at vurdere om/hvornår der vil komme målsætningsopfyldelse umiddelbart nedstrøms dambruget. Vandløbet har været forstyrret i forbindelse med anlægsarbejdet. I perioden inden fase 2 startede og projektgruppen havde ansvar for det, har foderforbruget været væsentligt højere end 50 tons pr. år. Samtidig har udledninger varieret meget i de først 2-3 måneder af fase to fordi lagunerne blev total oprenset i marts 2000 og efterfølgende tæt begroet af trådalger. Fra slutningen af juni og frem til udarbejdelsen af denne rapport (oktober/november 2000) har plantelagunerne virket, idet udledninger er blevet meget stabile, og der generelt igennem flere måneder har været lavere koncentrationer af f.eks. suspenderet stof og BI<sub>5</sub> i udledninger fra dambruget end i det vand, der indtages fra vandløbet opstrøms dambruget. Der vil alt andet lige øge potentialet for målsætningsopfyldelse nedstrøms.

Der er dog efterfølgende inden denne rapport er afsluttet taget yderligere to runder faunaprøver i oktober og i november 2000. I begge tilfælde blev DVFI opstrøm (station 1) og umiddelbart nedstrøms (station 2 b) bestemt til faunaklasse 5 dvs. målsætningsopfyldelse begge steder, mens den ved station 3 længst nedstrøms havde en faunaklasse 4 i oktober og en faunaklasse 5 i november.

Der kan ikke gives nogen endelig vurdering ud fra 4 af 24 måneders måleprogram. Men der er styr på vand og stof, anlægget fungerer produktionsmæssigt og plantelagunerne virker efter hensigten. Der har i efteråret 2000 været målsætningsopfyldelse umiddelbart nedstrøms dambruget. Vi ved dog ikke i hvilket omfang vinteren vil påvirke lagunernes effekt til at tilbageholde og omsætte næringsstoffer og  $BI_5$ . Der er endnu en række forhold, der skal testes konsekvenser af herunder en øget recirkulering samt formodentligt et større foderforbrug (fra 50 til 74 tons pr. år).

## 10 Referencer

Hassager, T.K. og Prince, P.S. (red.)(1997): Perspektivplan for akvakultur i Danmark 1997. Danmarks Fiskeriundersøgelser.

Larsen, S. E. og Svendsen, L. M. (1998): Afløbskontrol af dambrug. Statistiske aspekter og opstilling af kontrolprogrammer. Danmarks Miljøundersøgelser. 88 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 260.

Wetherill, G.B. og Brown, D.W. (1991): Statistical Process Control. Theory and Practices. Chapman and Hall. 400s.

**Bilag 1: Miljøgodkendelsens tabel med justeringsfaktorer  $k(n)$  for antallet af stikprøver  $n$  i intervallet fra 6 til 52.**

Antallet af stikprøver	Justeringsfaktor $k(n)$
6	0,62
7	0,68
8	0,73
9	0,77
10	0,81
11	0,84
12	0,87
13	0,89
14	0,91
15	0,93
16	0,95
17	0,97
18	0,98
19	1,00
20	1,01
21	1,03
22	1,04
23	1,05
24	1,06
25	1,07
26	1,08
27	1,09
28	1,10
29	1,10
30	1,11
30	1,12
32	1,13
33	1,13
34	1,14
35	1,14
36	1,15
37	1,16
38	1,16
39	1,17
40	1,17
41	1,18
42	1,18
43	1,19
44	1,19
45	1,20
46	1,20
47	1,20
48	1,21
49	1,21
50	1,22
51	1,22
52	1,22



## **Bilag 2: Miljøgodkendelsen af Døstrup Dambrug. Kommentarer til punkterne 52-54 angående udlederkrav samt til Bilag 14: Statistisk vurdering af overholdelse af udlederkrav**

Det er pålagt Døstrup Dambrug ifølge miljøgodkendelsen at overholde udlederkrav til følgende kontrolvariable  $BI_5$ , suspenderet stof (SS), totalkvælstof (TN), ammoniumkvælstof ( $NH_3+NH_4^+-N$ ) og totalfosfor (TP). Kravene, som er vejledende, er skrevet op under punkt 52 og er angivet i  $mg\ s^{-1}$ , dvs. som en forskel i den samlede stofmængde i udløbet og den samlede stofmængde i indløbet. Beregningsregler for den samlede stofmængde i udløb og indløb er givet i punkt 53, og i punkt 54 er der en henvisning til Bilag 14 i miljøgodkendelsen, som beskriver den statistiske metode, der skal anvendes ved kontrollen af udlederkravene. Bilaget indeholder ligeledes en tabel med justeringsfaktorer ved forskellige antal stikprøver. Den statistiske metode, som er angivet i bilag 14, er fra den statistiske kontrolteori (*Larsen og Svendsen, 1998; Wetherill og Brown, 1991*).

Nordjyllands Amt udsendte d. 16. april 1998 en midlertidig miljøgodkendelse af Døstrup Dambrug. DMU har efterfølgende på foranledning af Nordjyllands Amt kommenteret deres udkast til godkendelsen af forsøgsdambruget og givet forslag til kontrolprogram. Disse er fremsendt til Nordjyllands Amt i en skrivelse af 18. august 1998. I amtets midlertidige godkendelse var der i vilkår nummer 38 beskrevet krav til udledte stofmængder og i vilkår nummer 39 krav til koncentrationer. Amtet angiver at både kravene til udledte mængder og koncentrationskravene skulle være opfyldte, men i deres bilag 4, som omhandler den statistiske metode til testning af overholdelsen af kravene, fremgår det, at man vil udføre en tilstandskontrol. Dvs. at kontrollen udelukkende skulle foregå på koncentrationer, dermed drejer det sig om tilstandskontrol af vandkvaliteten. Det har heller ikke nogen mening at lave kontrol både på udledte mængder og koncentrationer for alle stoffer. Derfor medsendte DMU en tabel med justeringsfaktorer for antallet af stikprøver i intervallet 6-52 og gældende for tilstandskontrol. Det er denne tabel, der er gengivet i tabellen i bilag 14 i miljøgodkendelsen. Justeringsfaktorerne er beregnet under den forudsætning, at ved en kritisk fraktion på 5% skal sandsynligheden for at godkende en udledning, som i virkeligheden er under kravet være lig 99%. Den kritiske fraktion betyder andelen af stikprøver, der højst må være større end kravværdien. Denne forudsætning var givet i amtets midlertidige godkendelse i bilag 4. DMU slutter sine kommentarer til amtet af med at give udtryk for at amtets forudsætning giver anledning til et meget skrappt kontrolprogram overfor udleder, samt at amtet burde overveje om kontrollen af SS, TN og TP burde være en transportkontrol, da det for disse stoffers vedkommende mere er en stofmængde, der er kritisk end enkelte høje koncentrationer.

Ved en transportkontrol undersøger man udledte stofmængder, og man tillader en kritisk fraktion på 50%, dvs. at op til halvdelen af udledningerne må være over grænseværdien. Hvis dette gælder for

en udledning, der i virkeligheden overholder transportkravet, skal sandsynligheden for at godkender udledningen være stor, dvs. enten 95% eller 99%. Forskellen på tilstandskontrol og transportkontrol er dermed at kun få koncentrationer må være over kravværdien ved tilstandskontrollen, hvorimod halvdelen af stofmængderne ved transportkontrollen må være over kravet.

Miljøklagenævnet fremførte i deres kommentater til amtets midlertidige godkendelse bl.a., at det er bedst med kontrol på mængder (s. 85), men at kontrollen skal foregå som en tilstandskontrol (s. 88). Nævnet er godt klar over, at det er en skærpelse i forhold til Dambrugbekendtgørelsen (s. 88). Det er nu klart ud fra ovenstående betragtninger at kontrollen i miljøgodkendelsen af Døstrup Dambrug foregår på udledte stofmængder (jvf. punkt 52 og 53), men ved anvendelse af en tilstandskontrols regler (jvf. Bilag 14). Man kan selvfølgelig rent matematisk sammensætte kontrolreglerne som man vil, men de skal også have en faglig mening med hensyn til kontrol af vandkvaliteten og af belastningen af nærrecipienterne.

Det skal derfor foreslås, at kontrollen af udlederkravene i Døstrup Dambrug kommer til at foregå efter følgende principper:

For stofferne  $BI_5$  og ammoniumkvælstof skal man anvende en tilstandskontrol. Argumentet for at anvende tilstandskontrol for disse to stoffer er at de virker toksiske i vandmiljøet og derfor vil man kun tillade få overskridelser af kravet. Kravværdierne skal være følgende:

$BI_5$	0,70 mg l <sup>-1</sup>
Ammoniumkvælstof	0,30 mg l <sup>-1</sup> .

Forudsætningen for tilstandskontrollen kan være en af følgende to:

1. Ved en kritisk fraktion på 5%, skal der være 99% sandsynlighed for at godkende en udledning, der i virkeligheden overholder kravet.
2. Ved en kritisk fraktion på 20%, skal der være 95% sandsynlighed for at godkende en udledning, der i virkeligheden overholder kravet.

Justeringsfaktorer for antallet af stikprøver i intervallet 6-52 er givet i tabel 1 for de to forskellige forudsætninger. Den første forudsætning er mere streng over for udlederen end nummer 2, hvilket man kan se ud fra justeringsfaktorerne i tabel 1. Forudsætning 1 svarer til miljøgodkendelsens kontrolregel når den anvendes på koncentrationer.

Derimod skal man for stofferne SS, TN og TP anvende en transportkontrol med følgende kravværdier:

SS	325 mg s <sup>-1</sup>
TN	65 mg s <sup>-1</sup>
TP	5,4 mg s <sup>-1</sup> .

Argumentet for at anvende transportkontrol er at det er stofmængder, der er kritiske for nærrecipienter, og derfor må mængderne i middel ikke overskride kravværdien. Forudsætningen for transportkontrollen kunne være en af følgende to:

1. Ved en kritisk fraktion på 50%, skal der være 99% sandsynlighed for at godkende en udledning, der i virkeligheden overholder kravet.
2. Ved en kritisk fraktion på 50%, skal der være 95% sandsynlighed for at godkende en udledning, der i virkeligheden overholder kravet.

Justeringsfaktorer for de to forudsætninger og for antallet af stikprøver i intervallet fra 6-52 er givet i tabel 2.

Tabel 1: Tilstandskontrol. Justeringsfaktorer for de to forskellige forudsætninger.

Forudsætning 1		Forudsætning 2	
$n$	$k$	$n$	$k$
6	0,6218	6	0,1728
7	0,6819	7	0,2204
8	0,7312	8	0,2583
9	0,7727	9	0,2896
10	0,8084	10	0,3160
11	0,8396	11	0,3387
12	0,8671	12	0,3586
13	0,8917	13	0,3761
14	0,9138	14	0,3917
15	0,9339	15	0,4058
16	0,9523	16	0,4186
17	0,9692	17	0,4303
18	0,9848	18	0,4409
19	0,9992	19	0,4508
20	1,0127	20	0,4599
21	1,0253	21	0,4684
22	1,0371	22	0,4764
23	1,0481	23	0,4838
24	1,0586	24	0,4907
25	1,0685	25	0,4973
26	1,0778	26	0,5035
27	1,0867	27	0,5093
28	1,0951	28	0,5149
29	1,1031	29	0,5201
30	1,1108	30	0,5251
31	1,1181	31	0,5299
32	1,1251	32	0,5345
33	1,1318	33	0,5388
34	1,1383	34	0,5430
35	1,1445	35	0,5470
36	1,1504	36	0,5508
37	1,1562	37	0,5545
38	1,1617	38	0,5580
39	1,1670	39	0,5614
40	1,1721	40	0,5647
41	1,1771	41	0,5679
42	1,1819	42	0,5709
43	1,1866	43	0,5739
44	1,1911	44	0,5767
45	1,1954	45	0,5795
46	1,1996	46	0,5822
47	1,2038	47	0,5848
48	1,2077	48	0,5873
49	1,2116	49	0,5897
50	1,2154	50	0,5921
51	1,2190	51	0,5944
52	1,2226	52	0,5966

Tabel 2: Transportkontrol. Justeringsfaktorer for de to forskellige forudsætninger.

Forudsætning 1		Forudsætning 2	
<i>n</i>	<i>k</i>	<i>n</i>	<i>k</i>
6	-1,5800	6	-0,8447
7	-1,2861	7	-0,7468
8	-1,1159	8	-0,6776
9	-1,0009	9	-0,6251
10	-0,9163	10	-0,5834
11	-0,8506	11	-0,5492
12	-0,7975	12	-0,5205
13	-0,7535	13	-0,4960
14	-0,7161	14	-0,4746
15	-0,6839	15	-0,4559
16	-0,6558	16	-0,4392
17	-0,6309	17	-0,4242
18	-0,6086	18	-0,4107
19	-0,5886	19	-0,3984
20	-0,5705	20	-0,3871
21	-0,5539	21	-0,3768
22	-0,5388	22	-0,3672
23	-0,5248	23	-0,3584
24	-0,5118	24	-0,3501
25	-0,4998	25	-0,3424
26	-0,4886	26	-0,3352
27	-0,4781	27	-0,3285
28	-0,4683	28	-0,3221
29	-0,4591	29	-0,3161
30	-0,4503	30	-0,3104
31	-0,4421	31	-0,3050
32	-0,4343	32	-0,2999
33	-0,4269	33	-0,2950
34	-0,4199	34	-0,2904
35	-0,4132	35	-0,2859
36	-0,4068	36	-0,2817
37	-0,4007	37	-0,2776
38	-0,3949	38	-0,2738
39	-0,3893	39	-0,2700
40	-0,3839	40	-0,2665
41	-0,3788	41	-0,2630
42	-0,3739	42	-0,2597
43	-0,3691	43	-0,2566
44	-0,3646	44	-0,2535
45	-0,3602	45	-0,2505
46	-0,3559	46	-0,2477
47	-0,3518	47	-0,2449
48	-0,3478	48	-0,2422
49	-0,3440	49	-0,2396
50	-0,3403	50	-0,2371
51	-0,3367	51	-0,2347
52	-0,3332	52	-0,2324

### Bilag 3 : Formler for beregning af forskel i koncentrationen i udløbet og i indløbet samt formler for beregning af gennemsnit, standard afvigelse og varianskoefficient

Forskellen i koncentrationsforskellen mellem udløbet og indløbet beregnes som

$$x_i = x_{ud_i} - x_{ind_i} ,$$

hvor

$$x_{ind_i} = \frac{c_{1i} \cdot q_{1i} + c_{2i} \cdot q_{2i}}{(q_{1i} + q_{2i}) \cdot T_i} ,$$

$$x_{ud_i} = \frac{c_{3i} \cdot q_{3i} + c_{4i} \cdot q_{4i} + c_{5i} \cdot q_{5i}}{(q_{3i} + q_{4i} + q_{5i}) \cdot T_i}$$

med

$c_{ji}$  : koncentrationen af kontrolvariablen ved station  $j$  og i prøvetagningsperiode  $i$ ,

$q_{ji}$  : opsummerede vandmængde ved station  $j$  og i prøvetagningsperiode  $i$ ,

$T_i$  : antallet af sekunder i prøvetagningsperiode  $i$ ,

$i$  : angiver prøvetagningsperiode (uge, døgn) og  $i = 1, 2, \dots, 17$ ,

$j$  : angiver stationsnummer,  $j = 1$  (åvand),  $2$  (grundvand),  $3$  (udløb sektion 1),  $4$  (udløb sektion 2),  $5$  (udløb sektion 3).

Beregning af gennemsnit:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i ,$$

hvor  $n$  kan antage værdierne 6, 11 eller 17.

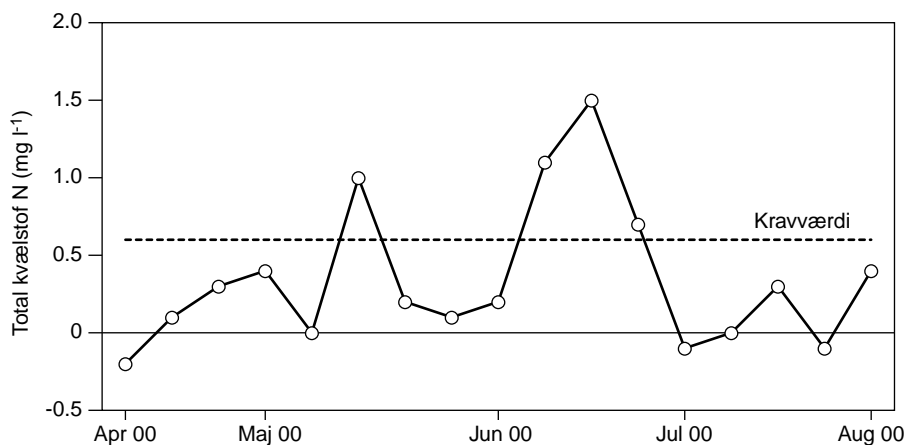
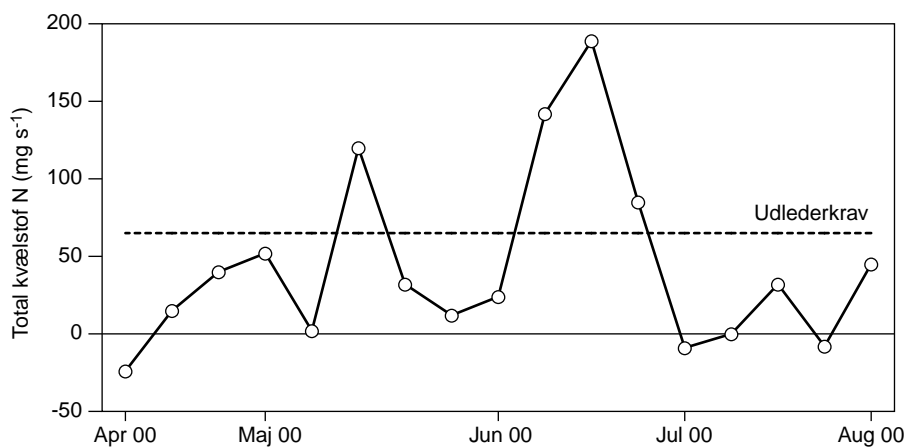
Standard afvigelse:

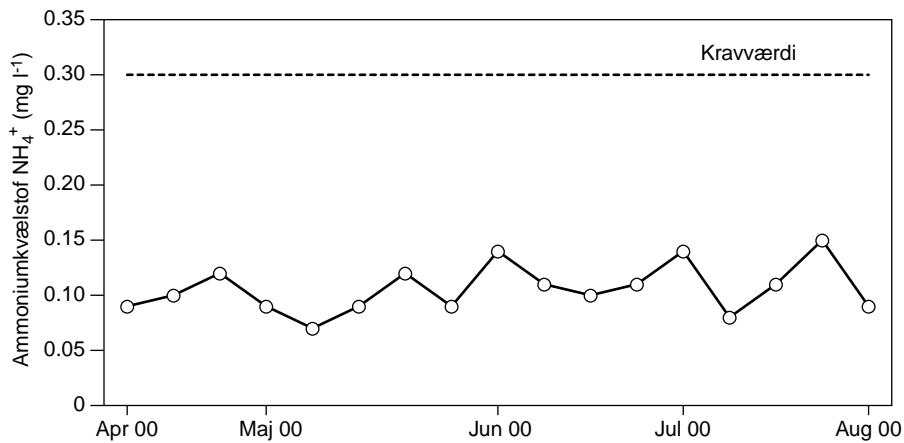
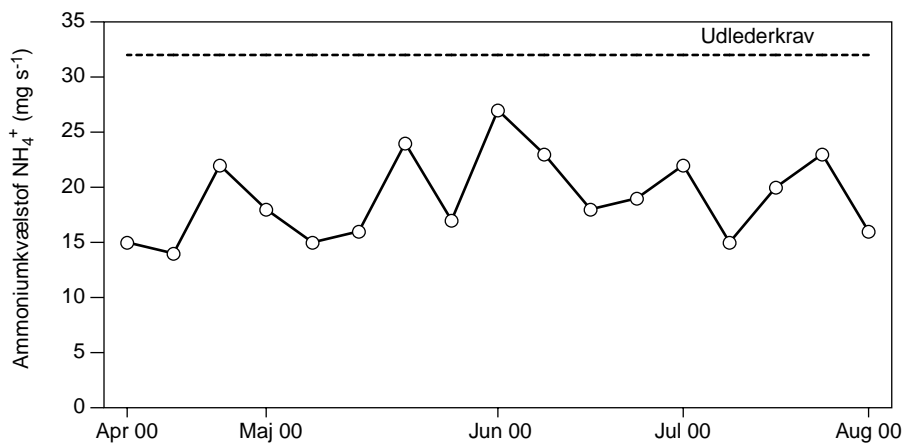
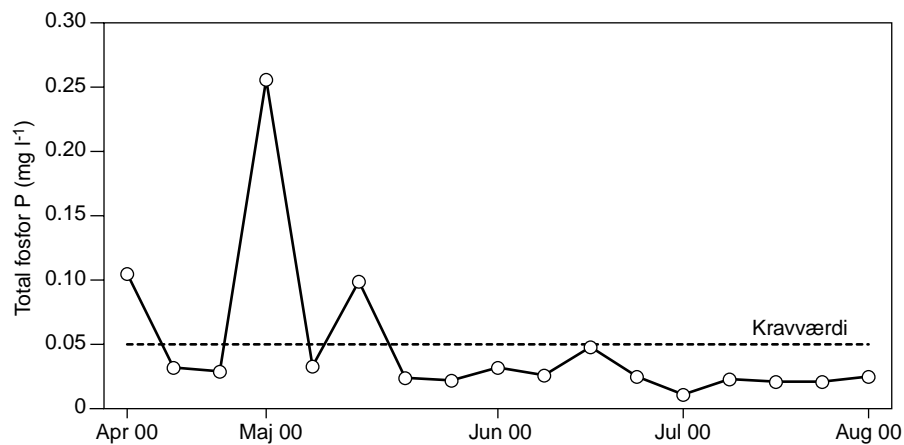
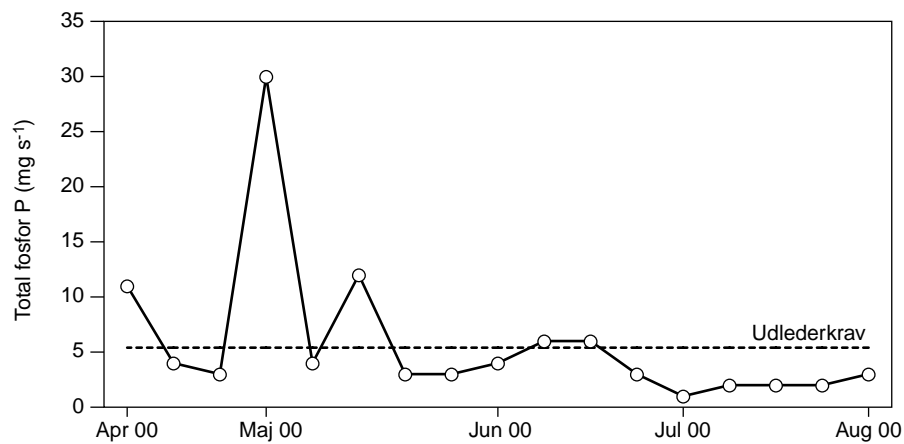
$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} .$$

Varianskoefficient:

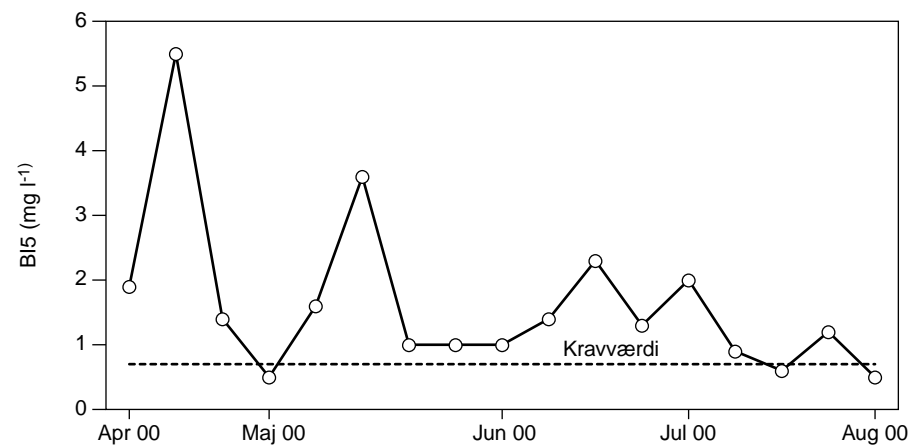
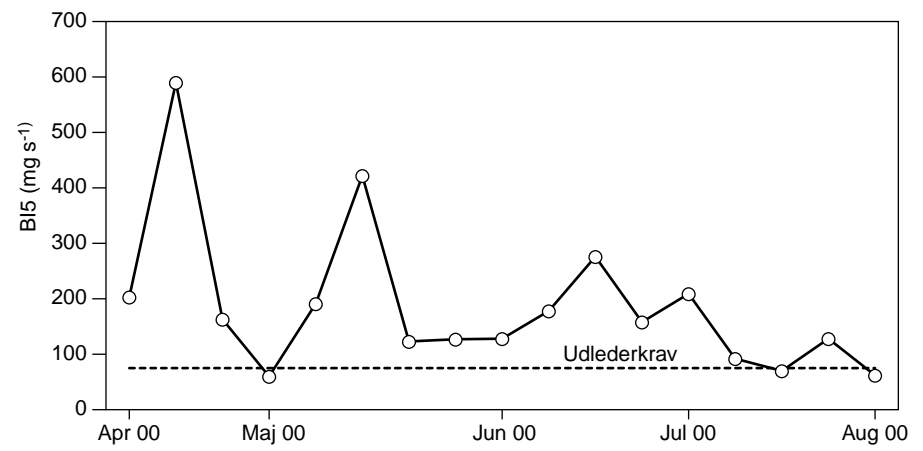
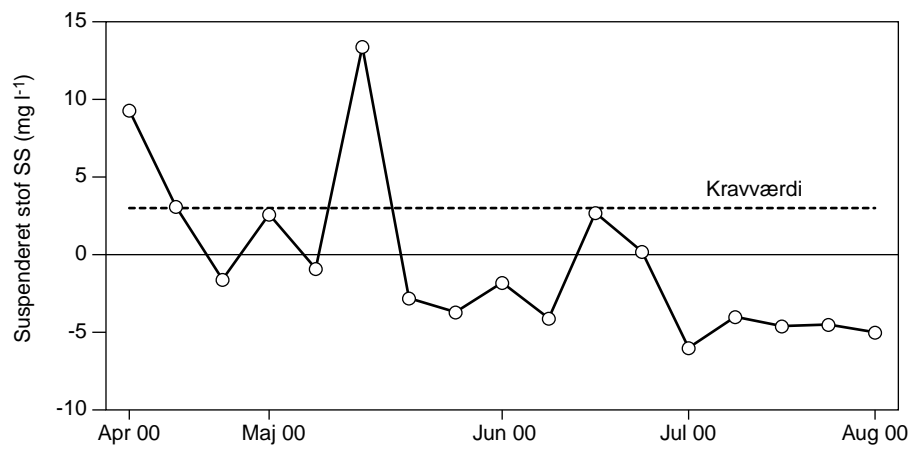
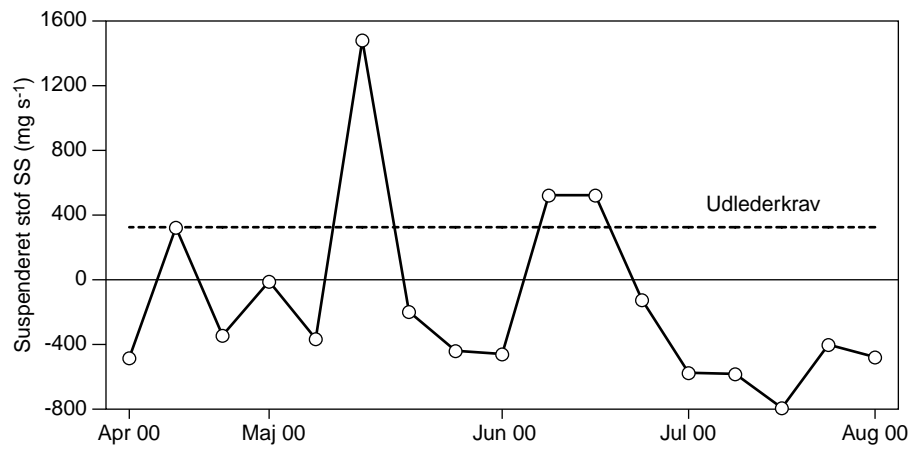
$$CV = \frac{s}{\bar{x}} .$$

**Bilag 4:** Figurer med den tidslige udvikling i de samlede, udledte stofmængder ( $\text{mg s}^{-1}$ ) og for forskelle i koncentrationer ( $\text{mg l}^{-1}$ ) for alle 5 kontrolvariable. Alle fig. er baseret på balancen: (station 171510+ 171520 + 171530) – (station 171020 + 171030) (se afsnit 7.2)









# Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser - DMU - er en forskningsinstitution i Miljø- og Energiministeriet. DMU's opgaver omfatter forskning, overvågning og faglig rådgivning indenfor natur og miljø.

Henvendelser kan rettes til:

URL: <http://www.dmu.dk>

Danmarks Miljøundersøgelser  
Frederiksborgvej 399  
Postboks 358  
4000 Roskilde  
Tlf.: 46 30 12 00  
Fax: 46 30 11 14

*Direktion og Sekretariat*  
*Forsknings- og Udviklingssektion*  
*Afd. for Atmosfærisk Miljø*  
*Afd. for Havmiljø*  
*Afd. for Mikrobiel Økologi og Bioteknologi*  
*Afd. for Miljøkemi*  
*Afd. for Systemanalyse*  
*Afd. for Arktisk Miljø*

Danmarks Miljøundersøgelser  
Vejløvej 25  
Postboks 314  
8600 Silkeborg  
Tlf.: 89 20 14 00  
Fax: 89 20 14 14

*Overvågningssektionen*  
*Afd. for Sø- og Fjordøkologi*  
*Afd. for Terrestrisk Økologi*  
*Afd. for Vandløbsøkologi*

Danmarks Miljøundersøgelser  
Grenåvej 12-14, Kalø  
8410 Rønde  
Tlf.: 89 20 17 00  
Fax: 89 20 15 15

*Afd. for Landskabsøkologi*  
*Afd. for Kystzoneøkologi*

## Publikationer:

DMU udgiver faglige rapporter, tekniske anvisninger, temarapporter, samt årsberetninger. Et katalog over DMU's aktuelle forsknings- og udviklingsprojekter er tilgængeligt via World Wide Web.

I årsberetningen findes en oversigt over det pågældende års publikationer.