

Miljø- og Energiministeriet
Danmarks Miljøundersøgelser

Afløbskontrol af dambrug

Statistiske aspekter og opstilling
af kontrolprogrammer

Faglig rapport fra DMU, nr. 260
1998

Søren E. Larsen

Lars M. Svendsen

Afdeling for Vandløbsøkologi

Datablad

Titel: Afløbskontrol af dambrug

Undertitel: Statistiske aspekter og opstilling af kontrolprogrammer

Forfattere: S.E. Larsen og L.M. Svendsen

Afdeling: Afdeling for Vandløbsøkologi

Serietitel og nummer: Faglig rapport fra DMU nr. 260

Udgiver: Miljø- og Energiministeriet
Danmarks Miljøundersøgelser ©

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

Udgivelsesår: December 1998

Tegninger: Juana Jacobsen
ETB: Hanne Kjellerup Hansen

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

Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse.

ISBN: 87-7772-434-8

ISSN: 0905-815X

Tryk: Silkeborg Bogtryk
EMAS registreret nr. DK-S-0084

Papirkvalitet: Cyclus Print

Oplag: 300

Sideantal: 88

Pris: kr. 150,- (inkl. 25% moms, ekskl. forsendelse)

Købes hos: Danmarks Miljøundersøgelser Miljøbutikken
Vejlsøvej 25 Information & Bøger
Postboks 314 Læderstræde 1
DK-8600 Silkeborg DK-1201 København K
Tlf. 8920 1400 Tlf. 3337 9292
Fax 8920 1414 Fax 3392 7690

Indhold

Resumé 5

English summary 9

1 Indledning 15

2 Kontrolteori 17

- Indledning 17
- Statistisk model ved tilstandskontrol 18
- Statistiske forudsætninger 18
- Kontrolregel 21
- Usikkerhed ved kontrol 21
- OC-kurver 22
- Kontrolteori udtrykt som testteori 24

3 Analyse af eksisterende kontrolregler 25

- Bekendtgørelsens kontrolregler 25
- Kontrolregler kun med analyseusikkerhed 26
- Kontrolregler kun med estimeret usikkerhed 27

4 Forslag til nye kontrolprogrammer 31

- Forslag til nye kontrolprogrammer 31
- OC-kurver for de 20 nye forslag til kontrolregler 33
- Lempet, almindelig og skærpet kontrolprogram 36

5 Transportkontrol og grænseværdiændringer i forbindelse med miljøgodkendelse samt forslag til sammensætning af programmer 39

- Transportkontrol 39
- Kontrolprogrammer for nogle miljøgodkendte dambrug 40
- Betydning af grænseværdiændringer for OC-kurver 42
- Forslag til sammensætning af kontrolprogrammer ved miljøgodkendelser 43

6 Omkostninger ved kontrolprogrammer 47

7 Diskussion og konklusion 51

Bilag 57

- 1 Oversigt med de 34 dambrug i Ringkjøbing amt som indgår i den statistiske behandling.
- 2 Oversigt over den gennemsnitlige overkoncentration $\bar{d}$ og variabiliteten s for 34 dambrug i alle måleår.
- 3 Spredning s i op- og nedstrømskoncentrationer for 34 dambrug i Ringkjøbing Amt.
- 4 Koncentrationsniveauet for indløb og udløb i 34 dambrug fra Ringkjøbing Amt.
- 5 OC-kurver for Dambrugsbekendtgørelsens kontrolregler.
- 6 OC-kurver vist med den faktiske variabilitet beregnet ud fra data i 34 miljøgodkendte dambrug i Ringkjøbing Amt.
- 7 Liste med accept eller forkastelse for hvert måleår for de 34 dambrug, hvorfra der er anvendt data i denne rapport.
- 8 OC-kurver for de 20 nye kontrolregler, der er opstillet i tabel 3 i kapitel 4.
- 9 Angivelse af hvilket program der kan anbefales, at det enkelte dambrug skal følge.
- 10 Liste med accept eller forkastelse for hvert måleår for de 34 dambrug, hvorfra der er anvendt data i denne rapport. Beregnet efter forslag til normalt kontrolprogram.
- 11 Tabel med 5% og 1% signifikansniveauer for MNR (Snedecor og Cochran, 1989).
- 12 Liste over anvendte symboler i rapporten

Danmarks Miljøundersøgelser

Faglige rapporter fra DMU/NERI Technical reports

Resumé

Denne rapport handler om, hvordan udledninger af total kvælstof, ammonium kvælstof, total fosfor, organisk stof samt suspenderet stof fra dambrug kan kontrolleres ved anvendelse af statistisk kontrolteori. Statistisk kontrolteori er ikke let at forstå, men vi gennemgår i rapporten principperne i kontrolteorien og hvilke forhold, der skal tages højde for, når man opstiller kontrolprogrammer. Der er endvidere nogle eksempler, der viser, hvordan man bruger den statistiske kontrolteori i praksis. Der er opstillet forslag til nye kontrolregler, som skal give både vandmiljøet og udlederen en større sikkerhed end tilfældet er i dag. Det betyder alt andet lige, at der skal tages flere stikprøver end de 6 eller 12 prøver per år, som der typisk tages nu, men antallet af prøver afhænger af den sikkerhed man administrativt ønsker. Jo højere sikkerhed desto flere prøver. Rapporten gennemgår forskellige muligheder for at lave kontrolprogrammer, der kan kombinere hensynet til vandmiljøets sårbarhed, målsætninger, sikkerhed for vandmiljøet og for dambrugeren, resultater fra tidligere kontrolmålinger samt økonomiske forhold.

Dambrug bliver kontrolleret efter Dambrugsbekendtgørelsens regler fra 1994. De adskiller sig fra andre udledere ved, at det er nødvendigt at måle både i indløb til og i udløb fra dambrug. Det er nødvendigt for at kunne vurdere, hvor meget dambruget gennem sin produktion har ændret koncentrationen eller mængden af total kvælstof, ammonium kvælstof, total fosfor, organisk stof samt suspenderet stof i det vandløbsvand, der er anvendt til produktionen. Der anvendes for dambrug enten en tilstandskontrol eller en transportkontrol. Ved en tilstandskontrol ser man på overkoncentrationer på døgnbasis (dvs. forskellen mellem koncentrationen i indløb til og i udløb fra dambrug), mens der ved transportkontrol ses på overtransporter på døgnbasis (dvs. forskellen mellem transporten i indløb til og i udløb fra dambrug). Når det vurderes om udledningerne har overholdt grænseværdier for overkoncentrationer, beregnes et gennemsnit $\bar{d}$ af de målte overkoncentrationer, og der lægges en værdi til, som er et produkt af variabiliteten s (også kaldet spredningen) på overkoncentrationerne og en kontrolfaktor k (kaldet justeringsfaktoren). I justeringsfaktoren ligger der en på forhånd fastsat risiko for dambrugeren for, at en lovlig udledning i følge kontrolreglerne bestemmes som ulovlig. Der ligger også en risiko for miljøet, idet der i følge kontrolreglerne vil blive godkendt udledninger, der overskrider de fastsatte grænseværdier. Endvidere er k afhængig af hvor mange af de enkelte overkoncentrationer, der må ligge over grænseværdierne (kaldet den kritiske fraktion) samt af antallet af stikprøver (se kapitel 4). I *Dambrugsbekendtgørelsen* (1994) anvendes ved tilstandskontrol en kritisk fraktion på 20%, dvs. højst 20% af de målte overkoncentrationer i løbet af en kontrolperiode (som typisk er et år) må ligge over grænseværdien.

På grund af de forholdsvis få stikprøver, der tages til kontrol af udledninger og de naturlige variationer, der forekommer i overkoncentration eller overtransport, samt grundet usikkerhed ved prøvetag-

ning, analyser mv., er der en pæn risiko for fejlagtige konklusioner for både vandmiljøet og dambrugeren med de nuværende kontrolregler. Det betyder med andre ord, at dambrugeren har en risiko for at stikprøvekontrollen viser, at udledningen i et år har været ulovlig (for stor), selv om udledningen i virkeligheden har været lovlig. Omvendt kan en dambruger også få accepteret en udledning, der i virkeligheden har været betydeligt større end tilladt. Ved f.eks. at tage 52 prøver årligt ville dambrugeren kun i et ud af 100 tilfælde få beregnet, at en lovlig udledning var ulovlig, og også kun i et ud af 100 tilfælde ville en dambruger kunne udlede mere end tilladt, uden at kontrollen ville vise det.

I rapporten introduceres begrebet OC-kurver (kaldes også acceptkurver), som anvendes i den statistiske kontrolteori (se kapitel 2). Ved at optegne en accept-kurve kan man se, hvor stor en risiko dambrugeren (udlederen) og recipienten (vandmiljøet) har for korrekt eller fejlagtig accept af udledninger med et givent antal udtagne stikprøver og en given variabilitet s . Forfatterne anbefaler derfor, at man optegner disse kurver for de kontrolregler, der er givet i miljøgodkendelsen for et dambrug for hver af de 5 stoffer, der skal kontrolleres for. Når OC-kurverne tegnes, skal der tages højde for forskellige størrelser af variabiliteten s af overkoncentrationer eller overtransporter. Variabiliteten kan man finde enten ud fra tidligere udtagne stikprøver eller ved at bruge nogle forskellige niveauer af s . Ved at optegne forskellige OC-kurver vil dambrugeren kunne se, hvor stor en risiko der er for at få forkastet en udledning af en vis størrelse, ligesom myndighederne kan se hvad sandsynligheden er for accept af for store udledninger.

I rapporten er der udarbejdet en lang række forslag til kontrolprogrammer både med tilstandskontrol og med transportkontrol. Der er anvendt forskellige værdier for dambrugers risiko for fejlagtig forkastelse af lovlige udledninger, for recipientens risiko og for størrelsen af den kritiske fraktion. Det vises, hvordan de forskellige kontrolregler er opstillet, idet de anvendte formler er gengivet, således at f.eks. amtskommunerne kan udarbejde andre kontrolprogrammer (kapitel 4). På baggrund af de opstillede kontrolprogrammer er der lavet et forslag til et lempet, normalt og skærpet tilstands- og transportkontrolprogram, som er gengivet i de to nedenstående tabeller. Som udgangspunkt vælges normalprogrammet. Hvis udledningerne er små i forhold til niveauet i recipienten, eller denne ikke er højt målsat, eller kontrollen med et normalprogram gennem længere tid har vist, at overkoncentration eller overtransport ligger langt under grænseværdien, kan der ændres til en lempet kontrol. Er recipienten sårbar, højt målsat, udledningerne høje i forhold til niveauet i recipienten eller grænseværdien overskrides i en periode, hvor der anvendes normalt kontrolprogram, bør der overgås til skærpet kontrolprogram.

Forslag til tilstandskontrolprogram sammensat af lempet, normalt og skærpet program. p_1 er den kritiske fraktion (dvs. hvor mange overkoncentrationer, der på et år højst må overskride grænseværdien U) og P_1 er sandsynlighed for accept af en overkoncentration, der i virkeligheden overholder grænseværdien. Disse parametre beskriver dambrugerens risiko. Hvis maksimalt p_2 procent af prøverne er over grænseværdien, og overkoncentrationen ikke overholder udlederkravet, vil der være en sandsynlighed på P_2 procent for at udledningen accepteres alligevel (miljøets risiko). n = antallet af stikprøver.

Program	p_1	P_1	p_2	P_2	n	Kontrolregel
Lempet	15	95	50	10	9	$\bar{d} + 0,46 \cdot s \leq U$
Normal	25	95	50	10	20	$\bar{d} + 0,30 \cdot s \leq U$
Skærpet	25	95	50	05	26	$\bar{d} + 0,34 \cdot s \leq U$

Til sammenligning anvender Dambrugsbekendtgørelsen følgende kontrolregler:

$n=6$: (20%, 95%, 50%, 35,4%) for (p_1, P_1, p_2, P_2)

$n=12$: (20%, 95%, 50%, 12,4%) for (p_1, P_1, p_2, P_2).

Forslag til transportkontrolprogram sammensat af lempet, normalt og skærpet program. p_1 er den kritiske fraktion (dvs. hvor mange overtransporter, der på et år højst må overskride grænseværdien U) og P_1 er sandsynlighed for accept af en overkoncentration, der i virkeligheden overholder grænseværdien. Disse parametre beskriver dambrugerens risiko. Hvis maksimalt p_2 procent af prøverne er over grænseværdien, og overtransporten ikke overholder udlederkravet, vil der være en sandsynlighed på P_2 procent for at udledningen accepteres alligevel (miljøets risiko). n = antallet af stikprøver.

Program	p_1	P_1	p_2	P_2	n	Kontrolregel
Lempet	40	95	75	10	11	$\bar{d} - 0,27 \cdot s \leq U$
Normal	50	95	75	10	21	$\bar{d} - 0,38 \cdot s \leq U$
Skærpet	50	95	75	5	26	$\bar{d} - 0,34 \cdot s \leq U$

I rapporten har vi anvendt de nuværende regler i Dambrugsbekendtgørelsen (1994) for 34 miljøgodkendte dambrug i Ringkjøbing Amt. Endvidere har vi undersøgt, hvor stor en del af disse dambrug, der ville kunne anvende de forslag til lempet, almindeligt eller skærpet tilstands- eller transportkontrolprogram, som er foreslået i rapporten. Resultaterne viser, at et normalt kontrolprogram vil være tilstrækkeligt for langt de fleste af de miljøgodkendte dambrug ved både tilstandskontrol og transportkontrol. Endvidere viser resultaterne, at med Dambrugsbekendtgørelsens regler fra 1994, vil det specielt for BI_5 knibe for en del af dambrugene at overholde udlederkravene, idet der for dette stof også er beregnet den største variabilitet s hen over året i overkoncentrationerne og i overtransporterne.

Transportkontrol er umiddelbart mere lempelig end tilstandskontrol, idet den kritiske fraktion ved transportkontrol typisk sættes til 50% mod 20% ved tilstandskontrol. Ved en transportkontrol vil det endvidere være lettere at overholde en grænseværdi jo større variabiliteten er i overtransporterne (k -værdien bliver negativ), hvilket er modsat tilstandskontrol. I praksis laver tilsynsmyndighederne i forbindelse med transportkontrollen en omregning til en overkoncentration og vælger her ofte en lavere grænseværdi end Dambrugsbekendtgørelsen (1994) angiver ved den tilsvarende tilstandskontrol.

En transportkontrol er dyrere ved samme stikprøveantal end en tilstandskontrol, fordi der skal måles vandstand, vandføring og stof-

koncentration samt beregnes stoftransport. Det anbefalede normalprogram ved tilstandskontrol for alle fem kemiske stoffer vil koste ca. 96.000 kr., medens normalprogrammet ved stoftransport vil koste ca. 127.000 kr. Der er i kapitel 6 gjort nærmere rede for de økonomiske konsekvenser af alle omtalte kontrolprogrammer.

I forbindelse med en miljøgodkendelse bliver grænseværdierne for de forskellige stoffer typisk nedsat. Der er dog i den nye vejledning til miljøgodkendelse af dambrug (*Miljøstyrelsen, 1998*) åbnet mulighed for en forøgelse af kravværdien, hvis produktionen omlægges med et reduceret forbrug af vandløbsvand, som kan opnås ved en delvis recirkulering. Herved vil betydningen af variabiliteten s i de eksterne stofbidrag fra vandløbet blive mindre med øgede stofkoncentrationer i dambruget. Samtidig vil effektiviteten af biofiltre øges ved forøgede koncentrationer. Alt dette reducerer variabiliteten i overkoncentration og giver samtidig en positiv effekt for vandmiljøet. For en given statistisk risiko for dambruger og miljøet betyder det alt andet lige at behovet for stikprøver er mindre.

Forfatterne anbefaler, at tilstandskontrol bør anvendes for de kemiske parametre, hvor det er koncentrationen af stoffet, som har den mest skadelige effekt for vandmiljøet som ammonium kvælstof og organisk stof. Transportkontrol bør omvendt anvendes, hvor det er den samlede mængde af stof, som kan påvirke vandmiljøet, som total kvælstof, total fosfor og suspendet stof. Man kan derfor med fordel kombinere forskellige kontroltyper. Kender man desuden variabiliteten s for de stoffer, der skal kontrolleres, kan der også anvendes forskellig antal stikprøver for de forskellige stoffer. Der skal tages flest prøver for de stoffer, som har den største variabilitet f.eks. organisk stof. Ved at kombinere tilstandskontrol og transportkontrol og anvende den erfaring, der opnås ved stikprøvetagning gennem en længere periode, vil der samlet kunne opstilles et optimalt prøvetagningsprogram, der sikrer en lille risiko for vandmiljøet og for dambrugerens uanset hvilket stof, der skal kontrolleres. Der kan derfor på samme tid tages hensyn til den enkelte recipient (vandløbstype og variation i f.eks. vandføringen), opfyldelse af målsætninger, udlederens retssikkerhed samt foretages en økonomisk optimeret prøvetagning. Samtidig kan accept-kurver for hvert stof, der kontrolleres, vise udleder og myndighed, hvilken risiko der er for fejlagtige konklusioner med et givet kontrolprogram ved forskellige niveauer af variabilitet.

Danmarks Miljøundersøgelser udarbejdede i 1996 et notat til Miljøstyrelsen om, hvordan et kontrolprogram kunne sammensættes for at det statistisk "sikkert" kunne afgøre, om en grænseværdi er overholdt. Notatet var baseret på en statistisk analyse af data fra 10 repræsentativt udvalgte dambrug med intensive kontrolmålinger. Der blev anvendt statistisk testteori med meget høje statistiske krav til sikkerheder ved overholdelse af grænseværdierne og notatet var ikke som denne rapport baseret på statistisk kontrolteori. Resultaterne fra notatet er dog i fuld overensstemmelse med de resultater, som fremkommer af de statistiske analyser i denne rapport, når man anvender de sikkerheder, der blev forudsat i notatet fra 1996 til Miljøstyrelsen.

Summary

This report describes how discharges of total nitrogen, ammonium nitrogen, total phosphorus, organic matter measured as biological oxygen demand and suspended matter from freshwater fish farms can be controlled by the use of statistical process control theory. In the report, we describe the statistical principles of the process control theory and the various conditions to be considered when setting up a control programme. The report also includes examples of how to use the statistical process control theory in practice. Furthermore, new control rules that will improve today's control accuracy for both the aquatic environment and discharge source are suggested. The consequence will be a higher number of samples than the present 6 or 12 annual samples. The report describes various ways of setting up control programmes that are able to take into account both the vulnerability of the aquatic environment, aims, control accuracy, results from previous control measurements and economic conditions.

Freshwater fish farms are supervised in accordance with the provisions of the 1994 *Consolidated Act on Fish Farms*. Fish farms differ from other discharge sources in that it is necessary to take measurements in both the inlet and outlet of the fish farms in order to estimate how much the production of the fish farm has changed the concentration or the amount of total nitrogen, ammonium nitrogen, total phosphorus, organic matter and suspended matter in the stream water used in the production. A water quality control or a transport control is used for controlling the discharge from fish farms. When applying a water quality control, the diurnal excess concentrations (i.e. the difference between the concentration in outlet from and inlet to fish farms) are considered, while for a transport control the diurnal excess transports are considered (i.e. the difference between transport in outlet from and inlet to fish farms). When examining whether the discharges are within the control limit for e.g. excess concentrations, an average $\bar{d}$ of the measured excess concentrations is calculated and added to the value of a product of the variability s (the standard deviation) of the excess concentrations and a control factor k (the decision constant). In the control factor there is a risk of a certain size for the fish farmer that the control rule will consider a legal discharge as being illegal. The control rule may accept discharges that exceed the fixed control limits, thereby also putting the environment at risk. k is furthermore influenced by the number of excess concentration events that are allowed to exceed the control limits (called the critical fraction) as well as the number of samples (see Chapter 4). In the Danish 1994 *Consolidated Act on Fish Farms*, a critical fraction of 20% is applied, i.e. the limit value is not to be exceeded by more than 20% of the measured excess concentrations over a control period of typically one year.

The current control rules may lead to erroneous conclusions affecting both the aquatic environment and the fish farmer due to the limited number of discharge control samples, natural variations occurring in excess concentration or excess transport as well as uncertainty in

connection with sampling, analyses etc. In other words, the sample control may indicate that the discharge for one particular year was over the legal limit (too high) although the discharge was actually within the legal limit. On the other hand, the discharge level from a fish farm may be accepted although it was actually over the legal limit. A higher number of annual samples, e.g. 52 per year, would reduce the risk of erroneous conclusions so that only one out of 100 incidents would indicate an illegal discharge when it was actually within the legal limit and only in one out of 100 incidents would an illegal level of discharge from the fish farm be accepted and not indicated by the control.

In the report, the concept OC curves (Operating Characteristics Curves) is introduced which is frequently used in the statistical process control theory (see Chapter 2) for the description of the applied control rule. An OC curve will illustrate to the fish farmer and the receiving water (the aquatic environment) the acceptance probability of a correct or erroneous accept of a discharge at a given number of samples and a given variability s . The authors of this report recommend the use of these curves when applying the control rules of the environmental approval of fish farms regarding each of the 5 substances to be controlled. When drawing the OC curves, it is necessary to consider the variability s of excess concentrations or excess transports. The variability can be found on the basis of previous samples, otherwise it is necessary to apply various levels of s . By drawing various OC curves the fish farmer will be able to see the probability of having a certain discharge rejected and the authorities will be able to see the probability of an accept of excess discharges.

The report includes several suggestions for control programmes covering both water quality control and control on transport. Various values describing both the fish farmer's risk of having legal discharges rejected, the risk of the receiving water and the size of the critical fraction have been applied. By presenting the equations applied we have shown how the various control rules have been worked out so that e.g. the county authorities can work out similar control programmes (Chapter 4). On the basis of the existing control programmes, a proposal for a lenient, normal and tight control programme on water quality and transport has been made and can be seen in the two tables below. Usually the normal programme is first chosen and if the discharge levels are low compared to the level of the receiving water, or if by use of a normal programme over a longer period the control has shown that the excess concentration or excess transport is far below the control limit, it will be possible to switch to a lenient control programme. Where the receiving water is vulnerable or there is a strong demand for good water quality or the discharges are high compared to the level of the receiving water or the control limits are exceeded over a longer period of using the normal control programme, a switch to a tight control programme is recommended.

Suggestions for control programme on water quality including a lenient, normal and tight control programme. p_1 is the critical fraction (i.e. the number of excess concentrations allowed to exceed the control limit U over a 1-year period) and P_1 is the probability of accept of an excess concentration event which does not actually exceed the control limit. These parameters describe the risk of the fish farmer. If maximum p_2 per cent of the samples exceed the control limit and the excess concentration does not comply with the discharge requirements there will be a probability of P_2 per cent that the discharge will be accepted anyway (environment risk). n = the number of samples.

Programme	p_1	P_1	p_2	P_2	n	Control rule
Lenient	15	95	50	10	9	$\bar{d} + 0,46 \cdot s \leq U$
Normal	25	95	50	10	20	$\bar{d} + 0,30 \cdot s \leq U$
Tight	25	95	50	05	26	$\bar{d} + 0,34 \cdot s \leq U$

In comparison, the Danish Fish Farm Regulations apply the following control rules:

$n=6$: (20%, 95%, 50%, 35,4%) for (p_1, P_1, p_2, P_2)

$n=12$: (20%, 95%, 50%, 12,4%) for (p_1, P_1, p_2, P_2).

Suggestions for a transport control programme including a lenient, normal and tight programme. p_1 is the critical fraction (i.e. how many excess transport are allowed to exceed the control limit U over a 1-year period) and P the probability of accept of an excess concentration event, which does actually not exceed the control limit. These parameters describe the risk of the fish farmer. If maximum p_2 per cent of the samples exceed the control limit, and the excess transport does not comply with the discharge requirements, there will be a probability of P_2 per cent that the discharge will be accepted anyway (environment risk). n = the number of samples.

Programme	p_1	P_1	p_2	P_2	n	Control rule
Lenient	40	95	75	10	11	$\bar{d} - 0,27 \cdot s \leq U$
Normal	50	95	75	10	21	$\bar{d} - 0,38 \cdot s \leq U$
Tight	50	95	75	5	26	$\bar{d} - 0,34 \cdot s \leq U$

In the report, we have complied with the current regulations as described in the Danish 1994 *Consolidated Act on Fish Farms* for 34 environmentally approved fish farms in Ringkjøbing County. Furthermore, we have examined how many of these fish farms that would be able to apply the proposals for lenient, normal or tight control programmes on transport and water quality as suggested in the report. The results show that a normal control programme would prove sufficient for the vast majority of the environmentally approved fish farms both as regards control on water quality and control on transport. The results furthermore show that by following the regulations of the 1994 *Danish Consolidation Act on Fish Farms*, some of the fish farms will have difficulties complying with the discharge regulations, especially concerning organic matter, because the calculation made for this substance indicates a greater variability s of the excess concentrations and the excess transports throughout the year.

Transport control is seemingly more lenient than control on water quality because the critical fraction of the transport control is often 50% whereas it is 20% for the water quality control. When applying a transport control, the greater the variability of the excess transports (negative k value), the easier it will be to observe the control limit. The opposite situation is water quality control. In connection with transport control, the supervisory authorities will in practice make a recalculation describing the excess concentration and will often

choose a lower control limit than indicated by the Danish 1994 *Consolidation Act on Fish Farms* at a corresponding transport control.

At a corresponding number of samples, a transport control will prove more expensive than a water quality control, because it involves measurements of water stage level, water discharge, and transport of the various substances. The recommended normal programme for water quality control regarding all five chemical substances will cost app. DKK 96,000 while the normal programme for transport of the various substances will cost app. DKK 127,000. In chapter 6 the economic consequences are described in greater detail.

An environment approval will usually result in a reduction of the control limits for the various substances. However, according to the new guidelines for environment approval of fish farms (*Miljøstyrelsen, 1998*) it is now possible to raise the control limits, provided that the production is restructured with a reduced consumption of stream water (for instance by recirculation of the water) as a result. The significance of the variability s in the external contribution from the water course will thus decrease with increased concentration at the fish farm. At the same time, the efficiency of the trickling filters will increase at increased concentrations. All this will reduce the variability of the excess concentration and will have a coincidental positive effect on the aquatic environment. When considering a given statistical risk involving the fish farmer and the environment, the need for sampling will be diminished

The authors recommend a water quality control to be applied in connection with the chemical parameters where the concentration of the substance has the most harmful effect on the aquatic environment such as ammonium nitrogen and organic matter. Similarly, a transport control should be applied when the total amount of matter may affect the aquatic environment, such as e.g. total nitrogen, total phosphorus and suspended matter. There are therefore advantages of combining various types of control. Where the variability s is also available for the substances that are to be controlled, it will be possible to take various numbers of samples for the various substances. Most samples are to be taken for the substances with the greatest variability e.g. organic matter. By combining water quality control and transport control and utilising the experience achieved by sampling over a longer period, it will be possible to set up an optimum sampling programme thereby ensuring a minimum risk for the aquatic environment and the fish farmer regardless of which substance that is to be controlled. Both the individual receiving water course (type of water course and variation in e.g. discharge), fulfilment of targets, the legal protection of the discharge source and an economically optimised sampling method will be considered at the same time. OC curves for each substance to be controlled will give the discharge source and the authorities an indication of the existing risk of erroneous conclusions with the application of a given control programme at various levels of variability.

In 1996, the National Environmental Research Institute prepared a note for the Danish Environmental Protection Agency including a

description of how to set up a control programme that would be able to make a statistically correct determination of whether a control limit was exceeded or not. The note was based on a statistic analysis of data from 10 representatively selected fish farms with intensive control measurements. It involved statistical test theory with extremely high statistical accuracy demands in connection with the observance of the control limits and contrary to this report, the note was not based on statistical process control theory. The results of the note are, however, consistent with the results based on the statistical analyses in this report, when applying the accuracy assumed in the note made in 1996 for the Danish Environmental Protection Agency.

1 Indledning

Denne rapport handler om statistisk kontrolteori, og om hvordan statistiske modeller kan anvendes ved opstilling af kontrolprogrammer for udledninger fra ferskvandsdambrug.

I 1996 udarbejdede Danmarks Miljøundersøgelser (DMU) på baggrund af et spørgsmål fra Folketingets Miljø- og Planlægningsudvalg et notat til Miljøstyrelsen, hvor der på grundlag af en statistisk analyse, baseret på 10 repræsentativt udvalgte dambrug med intensive kontrolmålinger, blev redegjort for, hvordan et kontrolprogram kunne sammensættes for at det statistisk "sikkert" kunne afgøre, om en grænseværdi er overholdt. Notatet anvendte statistisk testteori med meget høje statistiske krav til sikkerheder ved overholdelse af grænseværdierne og var ikke baseret på statistisk kontrolteori. Resultaterne fra dette notat er i fuld overensstemmelse med de resultater, som fremkommer af de statistiske analyser i denne rapport, når man anvender de sikkerheder, der blev forudsat i notatet fra 1996 til Miljøstyrelsen.

Dansk Dambrugerforening indgik i 1997 en kontrakt med DMU om at analysere data fra 34 miljøgodkendte dambrug i Ringkjøbing Amt med henblik på at opstille kontrolprogrammer for udledninger fra dambrug generelt og mere specifikt foreslå kontrolprogrammer for udledninger fra de 34 dambrug. Kontrolprogrammerne måtte gerne være transportkontrolprogrammer. DMU har valgt at løse opgaven mere overordnet ved at anvende statistiske modeller for kontrolteori til opstilling af en række kontrolprogrammer til kontrol af udledninger fra ferskvandsdambrug.

På basis af data fra 34 dambrug i Ringkjøbing Amt, der er blevet miljøgodkendt i 1990'erne, vurderes de gældende kontrolprogrammer for ferskvandsdambrug, således som de er beskrevet i "Bekendtgørelse nr. 900 om ferskvandsdambrug fra 31. oktober 1994". Der opstilles OC-kurver ("operating characteristic" kurver) for organisk stof (BI_5), total kvælstof (TOTN), ammoniak (NH_4-N), total fosfor (TOTP) samt suspenderet stof (SS). Det er kurver, der er karakteristiske for den anvendte kontrolregel og viser sandsynligheden for godkendelse af udledningen som funktion af udledningens størrelse. Disse OC-kurvers form findes ved at anvende den samlede usikkerhed for hver af de ovennævnte stoffer bestemt ud fra udtagne kontrolprøver ved de 34 dambrug.

De statistiske principper for afløbskontrol af ferskvandsdambrug gennemgås med hensyn til kontrolprogrammets størrelse og til test for overskridelse af grænseværdier (dvs. koncentrationsforøgelser fra dambrugets indløb til dets udløb). Med udgangspunkt i kontrolteorien opstilles herefter en række kontrolprogrammer der opererer med forskellige sikkerheder (risici) for henholdsvis recipienten (vandløb, søer mv.) og udlederen (dambrugeren) med henblik på det nødvendige antal kontrolprøver. Disse kontrolprogrammer er derfor ikke baseret på data fra de 34 dambrug. Kontrolprogrammerne er opstillet ud fra den sædvanlige kontrolmåde, hvor koncentration af stoffer i

dambrugen indløb og udløb måles et antal gange i en kontrolperiode. Det vurderes endvidere, hvordan OC-kurven ændres, hvis grænseværdierne justeres i forhold til de angivne i Dambrugsbekendtgørelsen. Kontrolprogrammer ved transportkontrol (kontrol af udledte mængder) gennemarbejdes tilsvarende udførligt. Endvidere gives et overslag over, hvad de forskellige kontrolprogrammer vil koste at gennemføre.

De nye kontrolprogrammer vurderes på data fra de 34 miljøgodkendte dambrug for at illustrere hvilke af de opstillede kontrolprogrammer, der kunne tages i anvendelse for disse dambrug, herunder gives der et eksempel på et lempet, normalt og skærpet kontrolprogram for de 34 dambrug.

De opstillede kontrolprogrammer giver således de administrative myndigheder muligheder for at vælge et kontrolprogram, der dels kan opfylde de krav til sikkerhed for recipienten og udlederen, der vedtages, dels opfylde de øvrige hensyn, som måtte være stillet. Rapporten kan anvendes som et fagligt grundlag for sammensætning af kontrolprogrammer for de enkelte dambrug.

Projektet har været finansieret af Dansk Dambrugerforening og af Danmarks Miljøundersøgelser.

2 Kontrolteori

Indledning

I dette kapitel gennemgås de statistiske principper for afløbskontrol af dambrug, både med hensyn til størrelse af kontrolprogram samt til test af overskridelse af kvalitetskrav. Ved afløbskontrol forstår vi både kontrol med koncentrationer af stoffer (tilstandskontrol) og med udledte mængder per tidsenhed (transportkontrol).

Ved kontrol af udledninger fra et dambrug er det nødvendigt at sammenholde forholdene i det vand, der ledes ud fra dambruget med forholdene i det vandløbsvand, som løber ind i dambruget. Dette sker i følge Dambrugsbekendtgørelsen fra 1994 ved at beregne forskellen mellem udløbs- og indløbskoncentrationer, dvs. beregne koncentrationsændringen hen over dambruget. Der kan også foretages en transportkontrol, hvor det i stedet er stofmængder i indløb og udløb fra dambruget, der sammenholdes. Dambrug adskiller sig således fra mange andre udledere, hvor der kun er behov for at tage kontrolprøver i udledningerne.

Kontrollen er hovedsageligt henvist til at foregå ved udtagning af stikprøver, dvs. prøver der tilsammen tidsmæssigt dækker en kortere periode end kontrolperioden. Stikprøverne udtages som døgnpuljede prøver, hvor f.eks. delprøver for hver time i døgnet puljes til en samlet prøve. Døgnprøverne udtages fordelt ud over kontrolperioden som typisk er et år, og der udtages prøver samtidigt både i dambrugs indløb og udløb.

Stikprøvekontrollen giver et ufuldstændigt billede af kontrolstørrelsens forløb i kontrolperioden, idet koncentrationen af stofferne i vandløbet og i udledningerne samt vandføringen ikke er konstant gennem hele året. Et nøjagtigt kendskab til kontrolstørrelsens forløb er kun kendt ved en såkaldt alkontrol, som vil kræve, at der blev taget prøver kontinuert igennem hele kontrolperioden. Bedømmelsen af, om udledningen overstiger en grænseværdi, er derfor behæftet med en vis usikkerhed, og der er altså en vis risiko for, at bedømmelsen er forkert. Risikoen består både af en risiko for dambrugeren (udlederen) og en risiko for vandmiljøet (recipienten). Disse begreber beskrives nærmere i et senere afsnit.

Rapporten tager udgangspunkt i tilstandskontrol, idet det er den kontroltype, som er beskrevet i *Dambrugsbekendtgørelsen* (1994), og indledningsvis beskrives den statistiske model, som anvendes ved tilstandskontrol. Rapportens metoder bygger på statistisk kontrolteori (Wetherill og Brown, 1991). Statistisk kontrolteori kan også beskrives som statistisk testteori (Snedecor og Cochran, 1989), og det er kort beskrevet i dette kapitel.

Statistisk model ved tilstandskontrol

Generelt anvendes betegnelsen variabel om de målestørrelser som der er knyttet grænseværdier (udlederkrav) til. Det vil sige, at variable i en tilstandskontrol står for koncentrationer af forskellige stoffer, f.eks. total fosfor. Grænseværdien hørende til en variabel udtrykker en tilladelig øvre grænse for målestørrelsen. I en tilstandskontrol af dambrug er en målestørrelse forskellen mellem to stofkoncentrationer (forskellen i stofkoncentrationen i vandløbsvandet mellem udløb fra og indløb til dambruget), som det vil fremgå af følgende modelbeskrivelse. En liste med de anvendte matematiske symboler i denne rapport findes i bilag 12.

Antag at n antal stikprøver (døgnprøver) udtages tilfældigt i både indløb og udløb fra et dambrug over kontrolperioden. Lad x_{1i} betegne den målte koncentration af et stof i vandløbsvandet ved indløb og x_{2i} den samtidigt målte koncentration ved udløb for døgnet i . Hvis dambruget indtager vand fra flere forskellige indløb, så er x_{1i} det vægtede gennemsnit af koncentrationerne i alle indløb. Et vægtet gennemsnit af koncentrationerne er vandføringen i de enkelte indløb divideret med den samlede vandføring ind i dambruget. Differencen mellem udløbs- og indløbskoncentrationer betegnes ved

$$d_i = x_{2i} - x_{1i}, i = 1, 2, \dots, n$$

og det antages, at alle d_i er normalfordelt med ens middelværdi μ og ens varians σ_d^2 , samt at d_i 'erne er indbyrdes stokastisk uafhængige (se *Snedecor og Cochran, 1989*). Målestørrelserne ved tilstandskontrollen er altså d_i , og d_i 'erne betegnes i det efterfølgende som overkoncentrationer selvom de udmærket godt kan være negative, hvis dambruget netto tilbageholder stof. De for en tilstandskontrol vigtige statistiske parametre μ (udledningens niveau = middelværdien) og σ_d (udledningens variabilitet = standardafvigelsen) estimeres ved (*Snedecor og Cochran, 1989*)

$$\hat{\mu} = \bar{d} = \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i,$$

og

$$\hat{\sigma}_d = s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2}{n-1}}.$$

Statistiske forudsætninger

Det er undersøgt, om antagelsen om en normalfordeling er korrekt ved brug af de konkrete dambrugsdata fra Ringkjøbing Amt for koncentrationer af BI_5 , SS, TOTP, TOTN og $\text{NH}_4\text{-N}$ (oversigt over de anvendte dambrug findes i bilag 1). En betingelse for, at data kan indgå i denne analyse, er, at der er mere eller lig 12 stikprøver for et givet

dambrug i et givet kalenderår, hvilket resulterer i 45 måleår. Den statistiske hypotese om en normalfordeling er testet ved brug af en Shapiro-Wilk test (*Shapiro og Wilk, 1965*). I alt accepteres normalfordelingshypotesen i 29, 18, 18, 32 og 33 måleår for henholdsvis BI_5 , SS, TOTP, TOTN og NH_4-N , hvis man anvender et signifikansniveau på 3%. Så generelt er der ikke problemer i den overvejende del af måleårene for BI_5 , TOTN og NH_4-N . Men for SS og TOTP kan antagelsen om normalitet være et problem i den overvejende del af stikprøverne. Som regel er det nogle få store negative eller store positive overkoncentrationer, såkaldte outliers, der er skyld i forkastelsen af hypotesen. En overkoncentration d_i defineres til at være en outlier, hvis følgende værdi (Maximal Normal Residual, *Snedecor og Cochran, 1989*)

$$MNR = \frac{|d_i - \bar{d}|}{\sqrt{n-1} \cdot s}$$

er større end 5% eller 1% signifikansniveauet, som er givet i bilag 11 (se *Snedecor og Cochran, 1989*, tabel A15(i)). Kan man godtgøre, at der er sket fejl ved målingen eller analysen af de overkoncentrationer, der bliver erklæret som outliers, er det muligt at udlade disse værdier ved kontrollen. Men det er sjældent, at man er i stand til at påvise sådanne typer af fejl. Outliers, som ikke stammer fra fejl, må ikke udelukkes.

Ikke-normale (skæve) fordelinger kan have betydelig effekt for signifikansniveauer og teststyrke, når det drejer sig om ensidige tests som i tilfældet med kontrolteori (*Glass et al., 1972; Wetherill og Brown, 1991*), dvs. at risikoen for at lave en fejlagtig bedømmelse af udledningen reelt er større end den, der kan beregnes teoretisk under antagelsen om normalfordeling. Men den ekstra risiko formindskes, jo større stikprøveantallet er. Det er en velkendt ulempe ved tilstandskontrol, at metoden er stærkt afhængig af, at data er normalfordelte. Man kan overkomme problemet med ikke-normalitet ved at anvende transformationer (f.eks. logaritme) på indløbs- og udløbskoncentrationer, dvs. man laver kontrollen på

$$\log x_{2i} - \log x_{1i} = \log \left(\frac{x_{2i}}{x_{1i}} \right),$$

men så bliver fastsættelsen af kravværdien svær og ikke særlig operativ, idet det er en relativ forøgelse (som det ses på højre side af lighedstegnet) over dambruget man laver kontrol på.

Som nævnt kræves det i modellen, at stikprøverne er indbyrdes stokastisk uafhængige. Denne forudsætning er i praksis opfyldt ved et lille antal prøver per kontrolperiode, dvs. med stor tidsafstand mellem hver prøvetagning. Ved større og større antal stikprøver bliver prøverne mere og mere serielt korrelerede. Betydningen af seriel korrelation er, at risikoen for at lave en fejl ved bedømmelsen af udledningen bliver større, fordi der kræves flere stikprøver for at opnå

samme præcision i estimationen af μ og σ_d^2 (se Cressie, 1991, s. 15). Er der seriel korrelation til stede, bør der tages højde for dette ved beregningen af s (Cressie, 1991). De konkrete dambrugsdata fra Ringkjøbing Amt kan ikke belyse denne problematik, fordi det største antal prøver i en kontrolperiode er 24. Data fra forsøgsprojektet på Døstrup Dambrug vil, når projektet er gennemført, kunne belyse om seriel korrelation er til stede og give størrelsesordenen for korrelationen, idet der tages henholdsvis 52 og 26 prøver i de to forsøgsår.

En sidste forudsætning for den statistiske model er, at middelværdien og variansen i overkoncentrationernes fordeling ikke ændrer sig systematisk i løbet af kontrolperioden. F.eks. kan overkoncentrationerne udvise faldende eller stigende udviklingstendenser eller skifte niveau og/eller variabilitet på et tidspunkt i perioden. Der vil især kunne være forskel mellem sommer og vinter overkoncentrationer. Hvis der er tale om en tydelig og stor forskel i overkoncentrationerne henover kontrolperioden, bør man tage højde for dette i udarbejdelsen af tilstandskontrollen (se *Dansk Ingeniørforening*, 1981). Hvordan man indarbejder dette i kontrolreglen er ikke berørt i nærværende rapport.

I denne rapport har vi valgt at betragte alle de nævnte forudsætninger som værende opfyldte. Risikoen for at lave en fejlbehæftet bedømmelse er derved større end den teoretiske for især analyser af SS og TOTP.

I bilag 2 er der givet en liste med estimerne $\bar{d}$ og s beregnet for hvert af de 34 dambrug og for hvert år med mere end eller lig 6 stikprøver. Det er hermed antaget, at en kontrolperiode har en varighed på et år. Estimatet $\bar{d}$ angiver en værdi for den gennemsnitlige overkoncentration i kontrolperioden, og s angiver en værdi for variabiliteten af overkoncentrationen i kontrolperioden. Det er ligeledes vigtigt at se på variabiliteten i indløbs- og udløbskoncentrationer, idet dette viser, hvor variationen i differencen primært stammer fra. Spredningen i indløbs- og udløbskoncentrationer for hvert af de 34 dambrug og for hvert år er vist i bilag 3. For suspenderet stof, total fosfor og total kvælstof er variationen i indløbet generelt større end i udløbet og omvendt for BI_5 og ammoniumkvælstof.

Eksempel på beregning af $\bar{d}$ og s : Et dambrug med 12 målinger i 1996. Forskel i udløbs- og indløbskoncentrationer af BI_5 beregnes til at være følgende værdier (mg l^{-1})

0,4	0,6	0,8	0,6	0,0	1,3
0,6	0,8	0,8	0,5	0,6	0,4

Derved bliver

$$\begin{aligned}\bar{d} &= \frac{(0,4 + 0,6 + 0,8 + 0,6 + 0,0 + 1,3 + 0,6 + 0,8 + 0,8 + 0,5 + 0,6 + 0,4)}{12} \\ &= \frac{7,4}{12} = 0,6\end{aligned}$$

og

$$s = \sqrt{\frac{(0,4 - 0,6)^2 + (0,6 - 0,6)^2 + \dots + (0,4 - 0,6)^2}{11}} = 0,3.$$

De 12 overkoncentrationer stammer fra en normalfordeling, testsandsynligheden ved Shapiro-Wilk-testen er 24%. Værdien 1,3 er en kandidat til at være en outlier. Man får, at $MNR=0,70$, hvilket ikke er signifikant hverken på 5% eller 1% niveau.

Kontrolregel

I følge den statistiske kontrolteori har en kontrolregel ved tilstands-kontrol følgende generelle udseende for et valgt stikprøveantal

$$\bar{d} + k \cdot s \leq U,$$

hvor k er en givet konstant, der omtales som justeringsfaktoren, og U betegner grænseværdien (kravværdien), som angiver en tilladelig øvre grænse for differencen mellem indløbs- og udløbskoncentrationer. Hvis uligheden er sand, så opfylder dambruget udlederkravet og modsat, hvis uligheden er falsk. Det er også denne type regel, der er anvendt i *Bekendtgørelse om ferskvandsdambrug* (1994).

I rapporten vises der adskillige eksempler på konkrete kontrolregler.

Usikkerhed ved kontrol

Som nævnt kan man kun bedømme, om grænseværdien er overholdt med en usikkerhed af en vis størrelse, fordi kontrollen baseres på stikprøver. Ved kontrollen er der risiko for at begå to typer af fejl:

- over for dambrugerens
- over for miljøet

Dambrugerens risiko. Fejlen består i at forkaste (dvs. $\bar{d} + k \cdot s > U$) en udledning der i virkeligheden har overholdt kravværdien. Dette er altså dambrugerens risiko for, at udledningen afvises, selvom den i virkeligheden har overholdt grænseværdien U . Denne type fejl kan opstå, hvis stikprøverne er udtaget i døgn med generelt større overkoncentration end gennemsnittet.

Vandmiljøets risiko. Fejlen består i at acceptere (dvs. $\bar{d} + k \cdot s \leq U$) en udledning, der ikke overholder kontrolkravet. Vandløbet modtager hermed en større belastning end fastsat af myndighederne, og uden at det bliver opdaget ved stikprøvekontrollen. Fejlen opstår ved, at stikprøver er udtaget i døgn med generelt lavere overkoncentrationer end gennemsnittet.

Ved anvendelse af statistisk kontrolteori skal man vælge størrelsen af de to nævnte risici således, at man efterfølgende kan beregne antallet af stikprøver og udformningen af kontrollen (dvs. størrelsen af k). Generelt kan man sige, at et øget stikprøveantal og en mindre varia-

bilitet i overkoncentrationerne vil formindske usikkerheden. Mere om dette i de efterfølgende afsnit og kapitler. Det vil dog i sidste ende være en administrativ beslutning, hvor omfattende kontrolprogrammet skal være. Beslutningen hviler på en afvejning mellem ønsket om at få opfyldt eller bevaret opfyldelsen af målsætningen for vandløbet, fordelingen af de to nævnte risici og de økonomiske omkostninger ved et kontrolprogram.

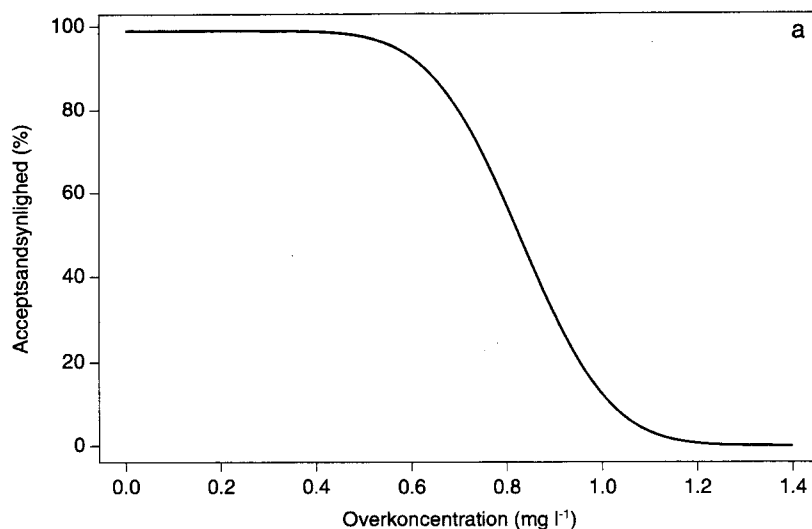
OC-kurver

Af særlig vigtighed i den statistiske kontrolteori er de såkaldte OC-kurver ("operating characteristic", *Dansk Ingeniørforening, 1981; Wetherill og Brown, 1991*). Som nævnt viser en OC-kurve, hvordan kontrolreglen virker. I nærværende rapport viser OC-kurverne sandsynligheden for accept af udledningen (dvs. at kontrolreglen er sand) som en funktion af overkoncentrationen. Vi har valgt at lægge vægt på overkoncentrationer og ikke den kritiske fraktion (den maksimale procent af stikprøver, der må være større end kravværdien U) som i *Dansk Ingeniørforenings anvisning (1981)*. Ved at anvende overkoncentrationer i OC-kurverne bliver kurvernes afhængighed af variabiliteten mere gennemskuelig. Hvis man viste acceptsandsynligheden som en funktion af den kritiske fraktion, ville OC-kurverne for forskellige værdier af variansen være sammenfaldende. OC-kurven afhænger, ud over overkoncentrationen (angivet ved μ), af grænseværdien (U), variabiliteten (σ_d), antal stikprøver n samt k (justeringsfaktoren fra kontrolreglen). OC-kurverne kan beregnes ud fra følgende formel (*Wetherill og Brown, 1991*).

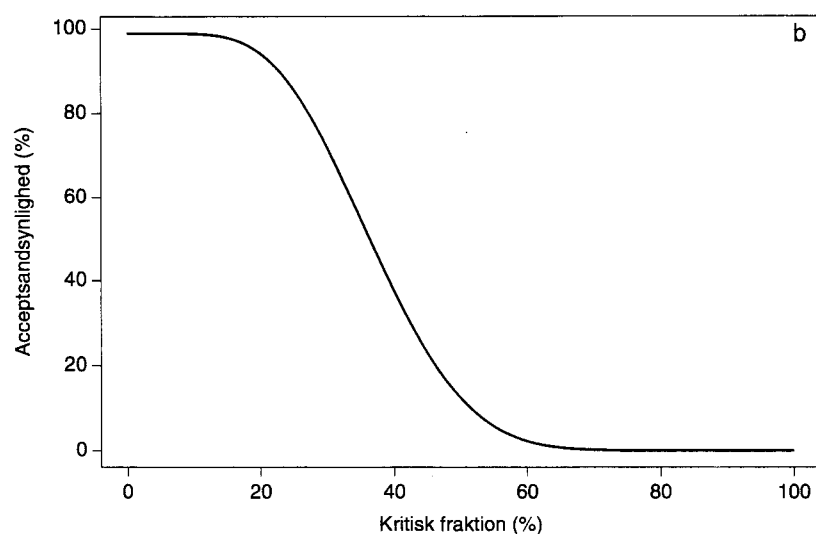
$$P(\mu) = \Phi \left(\frac{U - \mu - k \cdot \sigma_d \cdot \sqrt{(3 \cdot n - 4) / (3 \cdot n - 3)}}{\sigma_d \left[(1 + 3 \cdot n \cdot k^2 / (6 \cdot n - 8)) / n \right]^{1/2}} \right),$$

hvor Φ er fordelingsfunktionen for en standardnormalfordeling, som har middelværdi nul og varians lig 1 (*Snedecor og Cochran, 1989*). Vi går ikke ind i udledningen af denne formel, men henviser til afsnit 12.3 i *Wetherill og Brown (1991)*. I figur 1a har vi vist et eksempel på, hvordan en OC-kurve ser ud og til sammenligning den samme kurve, men som en funktion af den kritiske fraktion. Tabel 1 beskriver, hvordan OC-kurven ændrer sig, når de parametre, kurven afhænger af, enten bliver større eller mindre.

Figur 1a: Eksempel på OC-kurve for et kontrolstof med kravværdi lig 1 mg l^{-1} .



Figur 1b: OC-kurven vist i figur 1a, men som funktion af den kritiske fraktion. Den kritiske fraktion på 50 % svarer til grænseværdien 1 mg l^{-1} og ved den kritiske fraktion på 20% er der 95% sandsynlighed for accept, og det svarer til en overkoncentration på ca. $0,58 \text{ mg l}^{-1}$.



Tabel 1: Ændringer i OC-kurve ved ændringer i de listede parametre. Kun en parameter kan ændre sig ad gangen.

Parameter	Parameter bliver større	Parameter bliver mindre
Grænseværdi, U	OC-kurven forskydes mod højre, formen ændres ikke. Kurven forskydes med 1 mg l^{-1} , hvis U øges med 1 mg l^{-1} .	OC-kurven forskydes mod venstre, formen ændres ikke. Kurven forskydes med 1 mg l^{-1} , hvis U mindskes med 1 mg l^{-1} .
Variabilitet, σ_d	OC-kurven bliver mere flad, dvs. større område med usikkerhed. Acceptsandsynligheden i den kritiske fraktion på 50% ændres ikke.	OC-kurven bliver mere stejl, og området med usikkerhed formindskes derved. Acceptsandsynligheden i den kritiske fraktion på 50% ændres ikke.
Antal stikprøver, n	Når antallet af stikprøver bliver større så bliver OC-kurven mere stejl.	Når n bliver mindre får man en mere flad OC-kurve.
Justeringsfaktor, k	Her forskydes OC-kurven mod venstre, men dens form ændres ikke. Samme effekt som at gøre U mindre.	OC-kurven forskydes mod højre uden at formen ændres, dvs. samme effekt som at gøre U større.

Kontrolteori udtrykt som testteori

Kontrolregler relaterer sig til den statistiske testteori ved at en regel også kan formuleres som en statistisk test (*Sørensen et al.*, 1991). Nulhypotesen, som er den hypotese, man som udgangspunkt regner med er sand, er

$$H_0: \mu + Z_{1-p_1} \cdot \sigma_d \leq U,$$

hvor Z_{1-p_1} er $(1-p_1)$ %-fraktilen i standardnormalfordelingen. Parameteren p_1 er den tilladte fraktion af prøverne, der er over grænseværdien. Den alternative hypotese er

$$H_A: \mu + Z_{1-p_1} \cdot \sigma_d > U.$$

I det næste kapitel gennemføres en analyse af de eksisterende kontrolregler fra *Dambrugsbekendtgørelsen* (1994) ved hjælp af data fra de 34 miljøgodkendte dambrug i Ringkjøbing Amt.

3 Analyse af eksisterende kontrolregler

Bekendtgørelsens kontrolregler

I bilag 3 om udledergrænseværdier i *Bekendtgørelsen om ferskvandsdambrug* (1994) står der, at koncentrationerne af følgende stoffer fra dambrugets indløb til udløb højst må forøges med værdierne:

BI ₅	1 mg l ⁻¹
SS	3 mg l ⁻¹
TOTP	0,05 mg l ⁻¹
TOTN	0,6 mg l ⁻¹
NH ₄ -N	0,4 mg l ⁻¹

Ovennævnte værdier (de såkaldte udlederkrav eller grænseværdier, U) er altså den tilladte maksimale gennemsnitlige forskel i koncentrationen af de pågældende stoffer mellem udløbsvandet fra og indløbsvandet til dambruget, men de regionale myndigheder kan anvende lavere værdier end de ovenfor angivne.

Overholdelsen af disse værdier vurderes ved en tilstandskontrol efter følgende kontrolregler, som følger *Dansk Ingeniørforenings anvisning for vandforureningskontrol* (1981).

A. Ved 6 prøver per kontrolperiode:

$$\bar{d} + 0,16 \cdot s \leq U.$$

B. Ved 12 prøver per kontrolperiode:

$$\bar{d} + 0,35 \cdot s \leq U.$$

De to ovennævnte kontrolregler er defineret således, at hvis højst 20% af prøverne (den kritiske fraktion) i en kontrolperiode er større end grænseværdien U , så er sandsynligheden for, at udledningen fra dambruget bliver godkendt, lig 95%, hvis udledningen i virkeligheden overholder kravet. Dermed er udleders risiko for fejlagtig afvisning af udledningen lig 5%. Ved definitionen af de to kontrolregler har man ikke lagt sig fast på recipientens risiko, men derimod fastsat stikprøveantallet til henholdsvis 6 og 12 per kontrolperiode. Under antagelsen af at overkoncentrationen følger en normalfordeling, så svarer en kritisk fraktion på 50% præcist til grænseværdien U . Vi vil senere i dette kapitel beregne acceptsandsynligheden ved denne kritiske fraktion, fordi den angiver recipientens risiko. Det er vigtigt at bemærke, at kontrolreglerne i Dambrugsbekendtgørelsen anvender gennemsnittet af de udtagne prøver (døgnpuljede stikprøver) over kontrolperioden, og at der således ikke er krav om, at grænseværdien ved hver enkelt prøvetagning i kontrolperioden ikke må overskrides. En udledning kan dermed godt godkendes, selvom en mindre del (højst 20%) af prøverne i løbet af en kontrolperiode er over grænseværdien.

Eksempel på brug af kontrolregel: Ved anvendelse af de 12 prøver fra 1996 i dambruget fra kapitel 2 fås følgende kontrolregel for BI_5 :

$$\bar{d} + 0,35 \cdot s = 0,6 + 0,35 \cdot 0,3 = 0,71.$$

Dette dambrug overholder altså udlederkravet for BI_5 i 1995, når kontrolregel B og en kravværdi på 1 mg l^{-1} anvendes ved tilstandskontrollen.

Kontrolregler kun med analyseusikkerhed

I selve rapporten behandles variablen BI_5 detaljeret, hvorimod resultatet af de statistiske analyser for de resterende fire stoffer findes i rapportens bilag. BI_5 er valgt, da en undersøgelse foretaget af Miljøstyrelsen viste, at dambrugene havde de største problemer med overholdelsen af kravet for BI_5 (*Miljøstyrelsen, 1992*).

Lad os for det første antage, at variationen blandt d_i 'erne kun stammer fra analyseusikkerhed. I bilag 4 ses det, at det generelle niveau (medianværdi af alle dambrug og alle år) for BI_5 er $1,3 \text{ mg l}^{-1}$ for indløb og $2,0 \text{ mg l}^{-1}$ for udløb. For BI_5 -koncentrationer i denne størrelsesorden er analyseusikkerheden på ca. $0,2 \text{ mg l}^{-1}$ for både indløb og udløb under forudsætning af, at det enkelte dambrug anvender det samme analyselaboratorium som minimum i en hel kontrolperiode (*Svendsen og Rebsdorf, 1994*). Derved er den samlede analyseusikkerhed lig

$$s = \sqrt{s_1^2 + s_2^2} = \sqrt{2} \cdot 0,2 = 0,283.$$

Nu kan OC-kurven for de to kontrolregler beregnes og plottes (figur 2, som er for BI_5 med $U=1 \text{ mg l}^{-1}$) ved at erstatte σ_d med estimatet s i Wetherill og Browns formel angivet i kapitel 2. Det ses, at ved en gennemsnitlig overkoncentration (μ) af BI_5 på 1 mg l^{-1} , som netop er grænseværdien, er der for kontrolregel A 35,4% og for B 12,4% sandsynlighed for accept af udledningen. Desuden kan man se, at en kritisk fraktion på 20% svarer til en overkoncentration på $0,78 \text{ mg l}^{-1}$, idet begge kurver går igennem 95% acceptsandsynlighed i dette punkt. Ved overkoncentrationer mindre end $0,6 \text{ mg l}^{-1}$ vil udledningen altid blive korrekt accepteret (acceptsandsynligheden er lig 100%), og ved overkoncentrationer større end $1,3 \text{ mg l}^{-1}$ vil udledningen altid blive korrekt forkastet (sandsynlighed for accept er lig nul %). Mellem disse to koncentrationer er der en større eller mindre risiko for fejlagtig accept eller forkastelse af udledningen. Kontrolregel A, som ligger længst til højre i figuren, er mildest for udlederen, og det vil i denne sammenhæng sige dambrugeren. Dambrugeren har altså størst sandsynlighed for at få accepteret overkoncentrationer tæt på grænseværdien ved kontrolregel A.

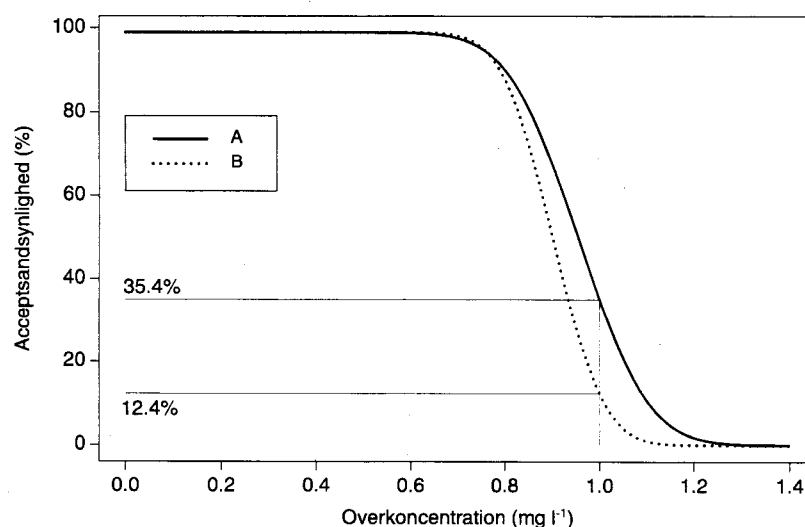
I bilag 5 er OC-kurverne for de resterende fire stoffer optegnet. Til fastsættelse af analyseusikkerheder er medianværdien af alle års gennemsnit for de fire stoffer ved indløb og udløb beregnet (se bilag 4), og derefter er tabel 4.2 i *Svendsen og Rebsdorf (1994)* anvendt (heri angives analyseusikkerheden for et stof ved et givet koncentrationsni-

veau, hvis det enkelte dambrug anvender samme analyselaboratorium gennem en hel kontrolperiode). Som det ses, giver bekendtgørelsens kontrolregler meget forskelligartede udformninger af OC-kurven afhængigt af analyseusikkerhedens størrelse i forhold til kravværdien. OC-kurven for SS er meget flad, hvilket giver et stort koncentrationsinterval med risiko for forkert accept eller forkastelse af om grænseværdien er overholdt. Til gengæld er OC-kurven for $\text{NH}_4\text{-N}$ næsten lodret omkring grænseværdien, hvilket betyder minimal risiko for forkert accept eller forkastelse af, om grænseværdien er overholdt, hvilket dermed øger sikkerheden i bedømmelsen for både miljøet og udlederen.

Kontrolregler med estimeret usikkerhed

Nu er det ikke kun analyseusikkerheden, der bidrager til variationen mellem d_i 'erne. Der vil også være bidrag fra usikkerhed ved prøvetagning, fra årstidsvariationer i vandløbet, fra variation i indtaget af vand fra vandløbet, fra variation i den stående bestand i dambruget samt fra driften af dambruget i øvrigt. Derfor vil analyseusikkerheden kun udgøre en del af den samlede variation. Den faktiske størrelse af de enkelte komponenters bidrag (f.eks. analyseusikkerheden) til den samlede variation kan ikke bestemmes ved brug af datamaterialet fra de 34 dambrug. Usikkerheden ved prøvetagning kunne f.eks. bestemmes ved at tage flere prøver på samme tid i både udløb og indløb. Et skøn over analyseusikkerheden findes, som allerede nævnt i *Svendsen og Rebsdorf (1994)*. Det er dog muligt med datamaterialet fra de 34 dambrug at få et skøn over størrelsesordenen af den samlede variation for de enkelte variable (BI_5 , SS, TOTP, TOTN og $\text{NH}_4\text{-N}$).

Figur 2: OC-kurver for de to kontrolregler i Dambrugsbekendtgørelsen for kontrol af BI_5 .



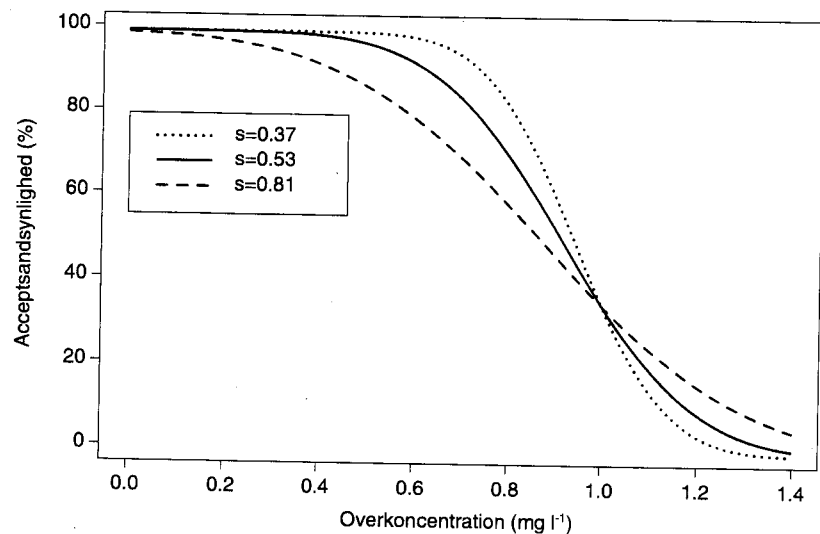
I bilag 2 findes estimater for den samlede usikkerhed s beregnet på årsbasis for de udvalgte 34 dambrug. Derved opnås en fordeling af estimater for s , og det fremgår af den sidste tabel i bilag 2, at for BI_5 er s typisk $0,53 \text{ mg l}^{-1}$ (medianværdi) og ligger hovedsageligt i intervallet fra $0,37$ til $0,81 \text{ mg l}^{-1}$ (svarende til 25%- og 75%-fraktilen i fordelingen). I bilag 2 kan man desuden se, at størrelsen af estimatet for s varierer meget hen over måleårene for et givet dambrug. Det er kun

få af de 34 dambrug i Ringkjøbing Amt, som gennem alle år konsekvent har en lille eller en stor variation. Det er således tilsyneladende primært stikprøvernes indbyrdes variationer og variationer i koncentrationer i vandløbet, der bestemmer størrelsesordenen på s fremfor selve dambrugets indretning og funktion. Men dambrugets indretning og funktion har naturligvis stor betydning for udledningens niveau og for variabiliteten i udløbet.

Ligeledes kan man få en fordeling af den gennemsnitlige overkoncentration ($\bar{d}$) ved brug af data fra de 34 dambrug. Den typiske gennemsnitlige overkoncentration af BI_5 er 0,66 (medianværdi).

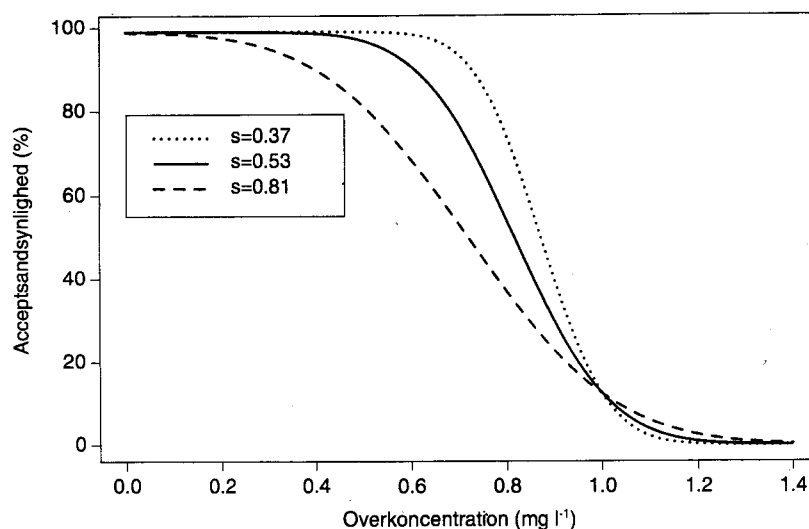
I figur 3 er OC-kurver vist for kontrolregel A og med medianen, 25%- og 75%-fraktilen af s for BI_5 , mens figur 4 tilsvarende viser OC-kurver for kontrolregel B.

Figur 3: OC-kurver for kontrolregel A med den beregnede variation s for BI_5 beregnet ud fra data fra 34 miljøgodkendte dambrug.



Som man kan se af figur 3 og 4 flyttes OC-kurverne mod venstre og bliver mere flad. Grunden er, at den faktiske variation er større end analyseusikkerheden. Risikoen for fejlagtige bedømmelser øges både for dambrugere og miljø, men især for dambrugeren. Således er sandsynligheden for accept 88% ved en overkoncentration på 0,66 mg l⁻¹ i kontrolprogram A og 84% i kontrolprogram B med $s=0,53$ (median s). Med $s=0,81$ er de tilsvarende sandsynligheder henholdsvis 74% og 60%, og for at opnå 95% acceptsandsynlighed skal man ned på en overkoncentration på 0,32 mg l⁻¹ for både program A og B. Er overkoncentrationen lig grænseværdien (1 mg l⁻¹), er der de samme sandsynligheder for accept som for kontrolprogrammerne beregnet kun med analyseusikkerhed (dvs. henholdsvis 35,4 og 12,4%), fordi en kritisk fraktion på 50% altid svarer til en overkoncentration på 1 mg l⁻¹ uanset størrelsen af variabiliteten. Disse betragtninger kan sammenfattes til, at usikkerheden ved kontrollen bliver større, jo større stikprøvernes variation er (figur 3 og 4). Dette medfører, at en del dambrug, der har et gennemsnitligt koncentrationsniveau i deres stikprøver under grænseværdien, kan i følge kontrolreglerne risikere at overtræde grænseværdien alene på grund af den store variabilitet mellem stikprøverne. I bilag 6 er de tilsvarende OC-kurver vist for de resterende kontrolstoffer. Alle disse kurver bliver ligeledes mere fla-

Figur 4: OC-kurver for kontrolregel B med den beregnede variation s for BI_5 beregnet ud fra data fra 34 miljøgodkendte dambrug.



de end de tilsvarende kurver, der er beregnet kun med analyseusikkerhed (bilag 5).

Som beskrevet bliver usikkerheden ved kontrollen større, jo større stikprøvernes variation er. Dambrugeren kan formindske sin risiko ved at reducere variabiliteten i overkoncentrationen. Variabiliteten i udløbskoncentrationerne kan reduceres ved et reduceret vandforbrug ved en given produktion samt ved mere stabile driftsforhold. Stabile forhold vil betyde ensartede stofbidrag fra produktionen og dermed øget stabilitet i den interne oxidation på anlægget og større virkning af renseforanstaltningerne (se Christensen, 1998). Overgang til en produktion med mindre vandindtag fra vandløbet og større forbrug af grundvand og/eller delvis recirkulation vil i princippet resultere i de samme mekanismer.

Men variationen i indløbskoncentrationerne er ikke uvæsentlig, idet

$$\sigma_d^2 = \sigma_{ud}^2 + \sigma_{ind}^2 - 2 \cdot COV$$

dvs. summen af varianserne i udløbs- og indløbskoncentrationer minus kovariansen (Snedecor og Cochran, 1989) mellem udløbs- og indløbskoncentrationer. Kovariansen er en positiv størrelse, hvis udløbs- og indløbskoncentrationer følges ad, dvs. er store på samme tid eller små på samme tid. Dambrugeren er således også afhængig af variabiliteten i indløbsvandet, men har ikke selv nogen mulighed for at påvirke denne ved at ændre på forholdene i dambruget. Men tages der mindre vand ind ved delvis recirkulering, bliver det eksterne påvirkning mindre.

I bilag 7 er der for hvert af de 34 miljøgodkendte dambrug for hvert år angivet, om det får forkastet eller accepteret sine udledninger. Beregningerne er foretaget for alle stoffer og for både kontrolregel A og B med de grænseværdier, der er angivet i Dambrugsbekendtgørelsen. I beregningen er der taget højde for den aktuelle variation i overkoncentrationerne. Der er ikke taget højde for, at prøveantallet er forskellig fra 6 eller 12, idet justeringsfaktoren k ikke ændres selvom prøvetallet er forskelligt fra 6 og 12. Resultaterne af analysen er sammenfattet i tabel 2. Analyserne viser, at der også for de 34 dambrug i

Ringkjøbing Amt er de største problemer med overholdelse af udledningen af BI_5 , mens der er praktisk taget ingen problemer er med at overholde grænseværdien for udledningen af SS. Tallene viser kun, hvad resultatet er ved anvendelse af Dambrugsbekendtgørelsens kontrolprogrammer (1994).

Tabel 2: Procent accepteret udledninger ved kontrolregel A og B for 34 miljøgodkendte dambrug i Ringkjøbing Amt i perioden 1990-1996. Alle data fra de enkelte dambrug er anvendt ved begge kontrolregler.

Kontrolregel	BI_5	SS	TOTP	TOTN	NH_4-N
A	72,3	98,7	83,0	83,6	84,3
B	63,5	98,1	75,5	78,0	80,5

4 Forslag til nye kontrolprogrammer

Forslag til nye kontrolprogrammer

I dette kapitel opstilles forslag til nye kontrolprogrammer til anvendelse ved en tilstandskontrol, som er baseret på den statistiske kontrolteori og altså ikke bygger på resultater fra de 34 miljøgodkendte dambrug i Ringkjøbing Amt.

I følge resultaterne af analyserne i kapitel 3 anser vi Dambrugsbekendtgørelsens kontrolprogram fra 1994 for at være utilstrækkelig. Det bør være sådan, at risikoen er lille for vandmiljøet og samtidigt skal kontrollen være retssikkerhedsmæssig forsvarlig over for udlederen (dambrugeren). Dambrugsbekendtgørelsens kontrolprogram giver for store risici for fejlagtigt at acceptere en stor udledning (stor risiko for miljøet) og for lille sandsynlighed for at acceptere en lille udledning (stor risiko for udlederen). Risikoen for både vandmiljøet og udlederen kan mindskes med en stejlere OC-kurve. Dette opnås enten ved at mindske variationen i d_i 'erne eller ved at forøge stikprøveantallet. Både *la Cour Jansen* (1987), *Miljøstyrelsen* (1992) og *Stellwagen* (1993) omtaler, at stikprøveantallet skal forøges med den nuværende størrelse på variabiliteten, især for BI_5 og TOTP.

Ved anvendelse af statistisk kontrolteori (*Wetherill og Brown*, 1991) kan man ved først at vælge størrelsen af dambrugers og vandmiljøets risiko beregne det krævede antal stikprøver og justeringsfaktoren til brug i kontrolreglen. Beregningerne er rent teoretiske, så forskellige værdier af s vil give forskellige OC-kurver, ligesom det var tilfældet i foregående kapitel.

I det følgende opstilles kontrolprogrammer, som indbyrdes adskiller sig ved stikprøveantallet og den vedtagne risiko for udleder og vandmiljøet. I alt opstilles 20 forskellige kontrolprogrammer, og de er angivet i tabel 3. Et kontrolprogram defineres ved at vælge størrelsen af fire tal. De to første bestemmer dambrugers risiko og de to sidste vandmiljøets risiko. Tallene benævnes med

$$p_1, P_1, p_2, P_2.$$

Hvad tallene står for forklares bedst ved at gennemgå det første kontrolprogram i tabel 3. Der er 95% sandsynlighed (P_1) for accept af en overkoncentration, der i virkeligheden overholder kravet, og samtidigt må højst 15% (p_1) af prøverne være over grænseværdien. Disse to tal beskriver dambrugers risiko. Hvis der højst er 50% (p_2) af prøverne over grænseværdien, og overkoncentrationen ikke overholder kravet, så er der 5% sandsynlighed (P_2) for at acceptere overkoncentrationen. Dermed betegner disse to tal vandmiljøets risiko. Parameteren p_2 sættes konsekvent til 50% i tabel 3, da vi er interesseret i at se risikoen for vandmiljøet, når overkoncentrationen er præcis lig grænseværdien.

Som eksempel giver Dambrugsbekendtgørelsens (*Bekendtgørelse om ferskvandsdambrug*, 1994) kontrolregler følgende værdier af p_1, P_1, p_2, P_2 :

A: (20%, 95%, 50%, 35,4%)

B: (20%, 95%, 50%, 12,4%).

Antallet af stikprøver n og justeringsfaktoren k beregnes ved brug af følgende formler:

$$n = n_{\sigma} + \left(u + \sqrt{(u^2 + 24 \cdot v)} \right) / 12,$$

hvor

$$u = 3 \cdot n_{\sigma} \cdot (k_{\sigma}^2 - 2) + 8$$

og

$$v = 3 \cdot n_{\sigma}^2 \cdot k_{\sigma}^2.$$

Justeringsfaktoren kan nu beregnes som

$$k = k_{\sigma} \sqrt{\{(3 \cdot n - 3) / (3 \cdot n - 4)\}}.$$

Størrelserne n_{σ} og k_{σ} beregnes ved brug af

$$n_{\sigma} = \left(\frac{w_1 - w_2}{v_1 - v_2} \right)^2$$

og

$$k_{\sigma} = \left(\frac{v_1 \cdot w_2 - v_2 \cdot w_1}{w_2 - w_1} \right),$$

hvor $v_i = -\Phi^{-1}(p_i/100)$ og $w_i = -\Phi^{-1}(P_i/100)$. Stikprøveantallet n rundes op til det nærmeste hele tal.

Et årligt prøveantal på 52 puljede prøver kan opnås ved at sætte

$$(p_1, P_1, p_2, P_2) = (25\%, 99\%, 50\%, 1\%),$$

og kontrolreglen bliver

$$\bar{d} + 0,34 \cdot s \leq U.$$

I dette kontrolprogram er risikoen 1% for såvel dambruger som vandmiljø. Det var netop en risiko på 1% for vandmiljøet og udlederen, der blev forudsat ved en analyse af udledningerne for 10 dambrug i forbindelse med besvarelse af et spørgsmål fra Folketingets Miljø- og Planlægningsudvalg i 1996, hvor en simpel variansanalyse (*Snedecor og Cochran, 1989; Sokal og Rolf, 1995*) også viste behov for 52

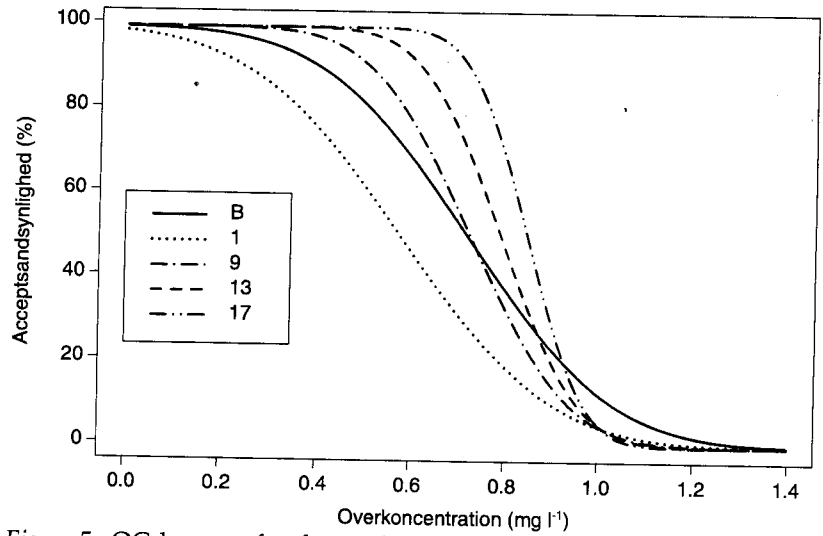
OC-kurver for de 20 nye forslag til kontrolregler

Kontrolprogrammerne i tabel 3 er beregnet ved at fastlægge accept-sandsynligheden ved to forskellige kritiske fraktioner. For at få et overblik over størrelsen af udlederens og vandmiljøets risiko optegnes OC-kurverne for de 20 opstillede kontrolregler, og de er vist i bilag 8 for grænseværdien 1 mg l^{-1} , som gælder for BI_5 og med $s=0,81$. I figur 5 sammenlignes 4 af de nye kontrolregler med kontrolregel B.

Tabel 3: En række forslag til kontrolprogrammer opstillet ud fra kontrolteori-en, som kan anvendes for alle stoffer, for hvilke der laves tilstandskontrol. Det angivne antal stikprøver (puljede døgnprøver) skal tages i både ind- og udløb fra dambrug.

Nummer	p_1	P_1	p_2	P_2	Stikprøveantal	Kontrolregel
1	15	95	50	5	12	$\bar{d} + 0,53 \cdot s \leq U$
2	15	95	50	10	9	$\bar{d} + 0,46 \cdot s \leq U$
3	15	90	50	5	10	$\bar{d} + 0,59 \cdot s \leq U$
4	15	90	50	10	8	$\bar{d} + 0,53 \cdot s \leq U$
5	20	95	50	5	17	$\bar{d} + 0,43 \cdot s \leq U$
6	20	95	50	10	13	$\bar{d} + 0,37 \cdot s \leq U$
7	20	90	50	5	14	$\bar{d} + 0,48 \cdot s \leq U$
8	20	90	50	10	11	$\bar{d} + 0,43 \cdot s \leq U$
9	25	95	50	5	26	$\bar{d} + 0,34 \cdot s \leq U$
10	25	95	50	10	20	$\bar{d} + 0,30 \cdot s \leq U$
11	25	90	50	5	21	$\bar{d} + 0,38 \cdot s \leq U$
12	25	90	50	10	16	$\bar{d} + 0,34 \cdot s \leq U$
13	30	95	50	5	41	$\bar{d} + 0,26 \cdot s \leq U$
14	30	95	50	10	32	$\bar{d} + 0,23 \cdot s \leq U$
15	30	90	50	5	33	$\bar{d} + 0,30 \cdot s \leq U$
16	30	90	50	10	25	$\bar{d} + 0,26 \cdot s \leq U$
17	35	95	50	5	75	$\bar{d} + 0,19 \cdot s \leq U$
18	35	95	50	10	59	$\bar{d} + 0,17 \cdot s \leq U$
19	35	90	50	5	59	$\bar{d} + 0,22 \cdot s \leq U$
20	35	90	50	10	45	$\bar{d} + 0,19 \cdot s \leq U$

OC-kurverne i figur 5 illustrerer tydeligt, hvordan risikoen for både miljø og dambruger ændres ved anvendelse af de nye regler, idet flere udtagne stikprøver øger sikkerheden for såvel udlederen som for vandmiljøet. Ved mindre variation s mellem stikprøverne vil OC-kurverne i figur 5 og bilag 8 rykke mod højre for lave overkoncentrationer, således at dambrugeren får formindsket sin risiko. Til gengæld vil risikoen for vandmiljøet kun ændres i mindre omfang. Usikkerheden øges for både vandmiljø og dambruger, såfremt variabiliteten i et vandløb er større end den anvendte i figur 5 (se figur 4).



Figur 5: OC-kurver for kontrolregel B (*Dambrugsbekendtgørelsen*, 1994) og kontrolregel 1, 9, 13 og 17 fra tabel 3 for BI_s med $s=0,81$ (svarende til 75 %-fraktilen for variabiliteten af BI_s i målingerne fra de 34 miljøgodkendte dambrug i Ringkjøbing Amt).

Omfanget af tilstandskontrollen med henblik på antallet af stikprøver per kontrolperiode kan bestemmes ved en afvejning af flere forhold. Disse forhold er vandmiljøets sårbarhed over for visse stoffer, de vedtagne målsætninger for nær- og fjernrecipienter samt økonomien ved et kontrolprogram.

Kontrolprogrammer kan også defineres ved at fastlægge dambrugens risiko (dvs. fastlægge størrelserne p_1 , P_1) og hvor mange stikprøver, der skal indsamles i løbet af en kontrolperiode. Vandmiljøets risiko kan derefter beregnes, og det vil blive formindsket ved et stigende antal prøver. Det er dette princip, man har anvendt i *Dansk Ingeniørforening* (1981). Formlen for justeringsfaktoren k er ved denne beregningsmåde (*Dansk Standard*, 1998)

$$k = \frac{t_0}{\sqrt{n}},$$

hvor

$$t_0 = \frac{-B + \sqrt{E}}{2 \cdot A},$$

$$A = \frac{(\Phi^{-1}(P_1/100))^2}{2 \cdot (n-1)} - \left(1 - \frac{1}{4 \cdot (n-1)}\right)^2,$$

$$B = -2 \cdot \sqrt{n} \cdot (\Phi^{-1}(p_1/100)) \cdot \left(1 - \frac{1}{4 \cdot (n-1)}\right),$$

$$E = B^2 - \left(4 \cdot A \cdot \left((\Phi^{-1}(P_1/100))^2 - n \cdot (\Phi^{-1}(p_1/100))^2\right)\right).$$

Miljøets risiko P_2 ved en kritisk fraktion på p_2 (typisk 50%) kan beregnes ved formlen (Wetherill og Brown, 1991)

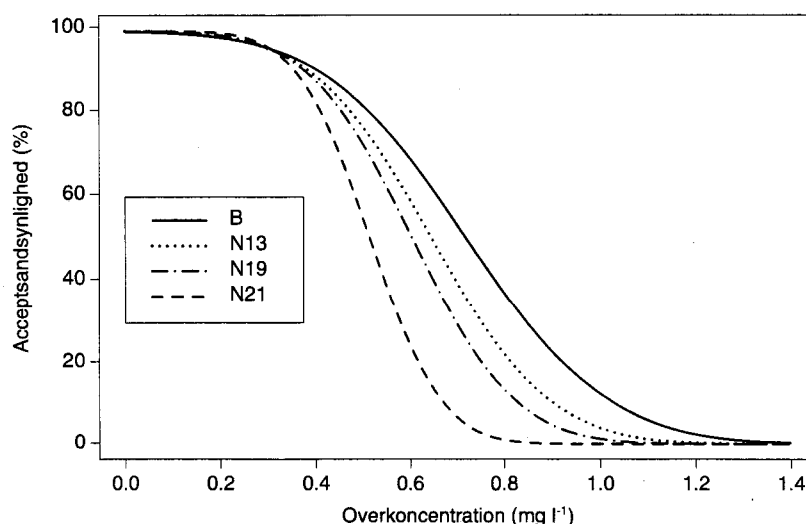
$$P_2 = \Phi \left(\frac{\Phi^{-1}(1 - p_2/100) - k \cdot \sqrt{(3 \cdot n - 4)/(3 \cdot n - 3)}}{\sqrt{(1 + 3 \cdot n \cdot k^2/(6 \cdot n - 8))/n}} \right)$$

Eksempler på kontrolprogrammer, beregnet ved denne metode, er givet i tabel 4 og figur 6. Som man kan se, er justeringsfaktoren ikke helt identisk med Dambrugsbekendtgørelsens værdier ved 6 og 12 stikprøver. Det skyldes både afrunding, og at vi har brugt en lidt anden beregningsmetode ved beregningen af justeringsfaktorerne end Dansk Ingeniørforening (1981), hvorfra Dambrugsbekendtgørelsen (1994) har sine faktorer. Figur 6 viser, at det primært er miljøets risiko, som nedsættes ved denne måde at sammensætte et kontrolprogram på. Ved 52 prøver per kontrolperiode har miljøet praktisk taget ingen risiko (0,04 promille), men dambrugerens risiko er betydelig i intervallet fra en kritisk fraktion på 20% til 50%. F.eks. kan man se i figuren, at der ved en overkoncentration på 0,6 $\text{BI}_5 \text{ mg l}^{-1}$ kun er omtrent 20% sandsynlighed for at acceptere udledningen. Dambrugerens risiko forøges ved denne metode, fordi OC-kurven altid skal gå igennem punktet defineret ved

$$(p_1, P_1) = (20\%, 95\%).$$

Når stikprøveantallet sættes op, tvinges OC-kurven til at være mere stejl, og som et resultat heraf formindskes miljøets risiko.

Figur 6: OC-kurver for kontrolprogrammerne B og N13, N19 samt N21 fra tabel 4. Kurverne er vist for BI_5 med $s=0,81$.



Tabel 4: Kontrolprogrammer med valgt værdi af dambrugerens risiko (p_1 og P_1) og valgt værdi af n (antal stikprøver).

Nummer	p_1	P_1	Stikprøveantal	k	p_2	P_2
N1	20	95	6	0,17	50	34
N2	20	95	7	0,22	50	29
N3	20	95	8	0,26	50	24
N4	20	95	9	0,29	50	20
N5	20	95	10	0,32	50	17
N6	20	95	11	0,34	50	14
N7	20	95	12	0,36	50	12
N8	20	95	13	0,38	50	9,9
N9	20	95	14	0,39	50	8,2
N10	20	95	15	0,41	50	6,9
N11	20	95	16	0,42	50	5,7
N12	20	95	17	0,43	50	4,7
N13	20	95	18	0,44	50	3,9
N14	20	95	19	0,45	50	3,2
N15	20	95	20	0,46	50	2,7
N16	20	95	21	0,47	50	2,2
N17	20	95	22	0,48	50	1,8
N18	20	95	23	0,48	50	1,5
N19	20	95	24	0,49	50	1,2
N20	20	95	36	0,55	50	0,61
N21	20	95	52	0,60	50	0,004

Lempet, almindelig og skærpet kontrolprogram

Forfatterne anbefaler, at tilstandskontrol med udledninger fra dambrug er sammensat af tre kontrolprogrammer: Lempet, normal og skærpet kontrol (se også *Dansk Ingeniørforening, 1981*). Kontrollens omfang skal fastlægges ud fra overvejelser om, hvor streng en kontrol der er nødvendig, sårbarhed af recipienten, målsætninger, økonomiske aspekter samt tidligere resultater af kontrollen.

Lempet kontrol: Hvis recipienten er mindre sårbar, eller ikke særlig højt målsat, eller udledningerne er små i forhold til niveauet i recipienten, eller den normale tilstandskontrol i en længere periode viser, at overkoncentrationen er betydeligt mindre end grænseværdien, kan man vælge at nedsætte stikprøveantallet i kontrolprogrammet. Der skal dog som et minimum være 6 prøver per kontrolperiode for, at den statistiske analyse ved tilstandskontrollen kan være meningsfuld. Når prøveantallet nedsættes, skal kontrolreglen ligeledes ændres. Ved en ændring til lempet kontrol bør det være et princip, at vandmiljøets risiko dermed ikke må øges. Nedsættes prøveantallet, øges dambrugerens risiko for at få forkastet en overkoncentration, der ellers overholder grænseværdien. Dette har imidlertid ingen betydning ved små overkoncentrationer, da acceptsandsynligheden stadigvæk er høj for disse. Prøveantallet og kontrolreglen ved en lempet kontrol kan bestemmes således:

$$(P_1, p_2, P_2)_{\text{lempet}} = (P_1, p_2, P_2)_{\text{normal}},$$

og

$$P_1 \text{ lempet} < P_1 \text{ normal}.$$

Det betyder, at n bliver mindre og samtidigt bliver justeringsfaktoren k større (se tabel 5). Effekten på OC-kurven af at gå fra et normal til et lempet program (tabel 5) ses i figur 7A.

Skærpet kontrol: Hvis grænseværdien ved den normale kontrol i en længere periode klart overskrides, eller hvis vandløbet er sårbart, højt målsat, eller udledningen er betydelig i forhold til recipientens niveau, kan der udføres en skærpet kontrol, hvilket medfører et større stikprøveantal. Princippet for en skærpet kontrol er, at dambrugens risiko ikke må øges. Derved vil et øget antal stikprøver formindske vandmiljøets risiko. Stikprøveantallet og kontrolreglen bestemmes således:

$$(p_1, P_1, p_2)_{\text{skærpet}} = (p_1, P_1, p_2)_{\text{normal}},$$

og

$$P_2 \text{ skærpet} < P_2 \text{ normal}.$$

Betydningen af dette er, at både n og k bliver større. Effekten af at gå fra et normal til et skærpet program (tabel 5) kan ses i figur 7B.

Det er nødvendigt at fastsætte specifikke regler for, hvornår man i kontrolprogrammet går fra normal til lempet kontrol og ligeledes ved alle mulige andre overgange til anden kontrol. I Anvisningen fra Dansk Ingeniørforening (1981) beregner man størrelsen

$$\frac{k - \bar{d}}{s} - \frac{2}{\sqrt{n}},$$

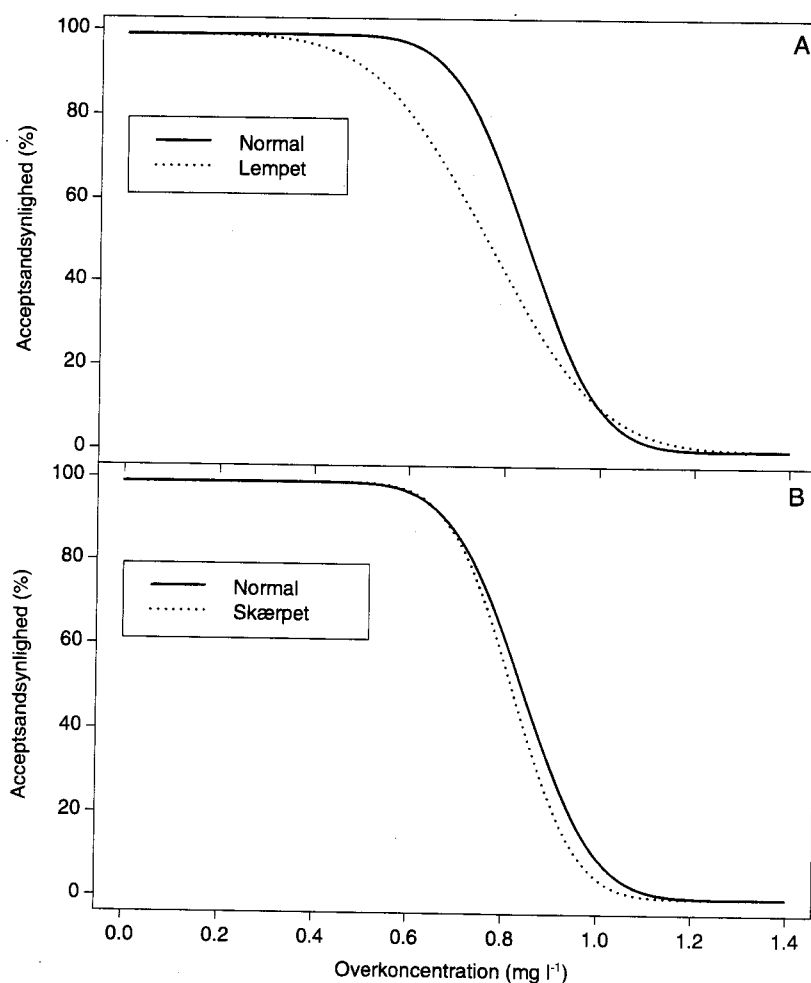
og en tabel angiver derefter, hvor mange prøver et lempet program skal have.

Et eksempel på, hvordan et kontrolprogram med lempet, normal og skærpet kontrol kunne sammensættes, er givet i tabel 5. Kontrolprogrammet kunne ligeledes sammensættes ved vælge værdier for udlederens risiko (p_1, P_1) og stikprøveantallet, som beskrevet i foregående afsnit.

For de 34 miljøgodkendte dambrug i Ringkjøbing Amt ville 10 af disse kunne nøjes med et lempet program, 1 dambrug måtte anvende et skærpet kontrolprogram medens resten skulle følge et normalt kontrolprogram (se bilag 9).

Man kunne ligeledes tænke sig, at tilstandskontrollen kunne være sammensat af forskellige kontrolregler for de enkelte stoffer afhængigt af variabilitet og resultater af tidligere kontroller. Således kunne overkoncentrationerne af BI_5 og TOTP for et dambrug tages efter en normal eller skærpet kontrol, medens de øvrige stoffer kunne kontrolleres efter et lempet eller normalt kontrolprogram. Derved kræves der et færre antal prøver af SS, TOTN og $\text{NH}_4\text{-N}$.

Figur 7A: OC-kurver for normal og lempet program (tabel 5) for BI_5 med kravværdi lig 1 mg l^{-1} og med s lig 0,53.



Figur 7B: OC-kurver for normalt og skærpet program (tabel 5) for BI_5 med kravværdi lig 1 mg l^{-1} og med s lig 0,53.

Tabel 5: Eksempel på kontrolprogram sammensat af lempet, normal og skærpet program.

Program	p_1	P_1	p_2	P_2	Stikprøveantal	Kontrolregel
Lempet	15	95	50	10	9	$\bar{d} + 0,46 \cdot s \leq U$
Normal	25	95	50	10	20	$\bar{d} + 0,30 \cdot s \leq U$
Skærpet	25	95	50	05	26	$\bar{d} + 0,34 \cdot s \leq U$

5 Transportkontrol og grænseværdiændringer i forbindelse med miljøgodkendelse samt forslag til sammensætning af programmer

Transportkontrol

Transportkontrol omfatter kontrol med udledte stofmængder per tidsenhed, typisk et døgn. Der anvendes samme statistiske model som ved tilstandskontrol og derved også samme form for kontrolregel

$$\bar{d} + k \cdot s \leq U ,$$

hvor $\bar{d}$ er gennemsnittet af de målte transportforskelle (lad os kalde dem for overtransporter) mellem indløb og udløb fra dambrug. I følge *Dansk Ingeniørforening* (1981) adskiller transportkontrollen sig fra tilstandskontrol ved, at den kritiske fraktion p_1 sættes til 50% (P_1 , som er acceptandsynligheden ved p_1 , er stadigvæk 95%). Det er således forskellen i stofmængden, der i middel per kontrolperiode ikke må overskride en given kravværdi U . Transportkontrol er velegnet, hvor miljøet er mest sårbar over for de samlede udledte stofmængder, uanset om udledningerne er konstante eller kommer i pulse hen over kontrolperioden. Tilstandskontrol er derimod velegnet, hvor høje koncentrationer kan virke toksiske på vandmiljøet, og i de tilfælde kan der kun tillades en overskridelse af kravværdien, dvs. i højst 20% af tiden. *Dansk Ingeniørforenings anvisning* (1981) og vore egne beregninger giver, at kontrolreglen for transportkontrol med $n = 6$ og $n = 12$ ser ud på følgende måde

TA. Ved 6 prøver per kontrolperiode:

$$\bar{d} + (-0,84) \cdot s \leq U .$$

TB. Ved 12 prøver per kontrolperiode:

$$\bar{d} + (-0,52) \cdot s \leq U .$$

Vandmiljøets risiko for fejlagtig accept af en for stor udledning er selv ved en kritisk fraktion på hele 80% henholdsvis 45% og 15% for program TA og TB. Transportkontrollen er således betydelig mere lempelig, idet man tillader flere overskridelser af kravværdien. Som man kan se, resulterer transportkontrol i negative justeringsfaktorer. Det betyder i praksis, at jo større variabilitet, der er i dambrugets udledning (overtransport), desto lettere vil det være for udlederen at overholde en transportkontrol, og dette er en åbenbar svaghed ved denne type kontrol. Det omvendte er, som vist tidligere i rapporten,

gældende for tilstandskontrollen. Ligesom i modellen for tilstandskontrol er det teoretiske udtryk for variansen

$$\sigma_d^2 = \sigma_{ud}^2 + \sigma_{ind}^2 - 2 \cdot COV,$$

hvor COV står for kovariansen mellem døgntransporten i udløbet og døgntransporten i indløbet. Kovariansen er negativ, hvis udløbs- og indløbsdøgntransporten er i modfase. Med andre ord følger de to døgntransporter ikke et parallelt forløb.

Som for tilstandskontrol er OC-kurverne vigtige elementer til forståelsen af kontrolreglens funktionsmåde, og for en transportkontrol afsættes overtransporten ud af x-aksen i stedet for overkoncentrationen, men ellers er definitionen fuldstændig den samme.

Kontrolprogrammer for nogle miljøgodkendte dambrug

Størstedelen af de 34 dambrug, hvis måledata anvendes i denne rapport, er gået over til en anden form for kontrol i forbindelse med en miljøgodkendelse (se bilag 1). Overgangen sker primært fra 1995 og frem. For det første har de miljøgodkendte dambrug andre kravværdier for overkoncentrationer end de værdier, der er givet i *Dambrugsbekendtgørelsen* (1994). For det andet er der indført kontrol med stofmængden, der udledes over hele kontrolperioden. Dog kontrolleres $\text{NH}_4\text{-N}$ normalt ikke på stofmængden per kontrolperiode, idet det primært er den toksiske effekt af høje koncentrationer af ammoniumkvælstof, der er vigtige.

Mængdekontrollen udføres ved at beregne den samlede udledning per kontrolperiode, og hvis resultatet er mindre end eller lig med kravværdien, så har dambruget overholdt mængdekravet. Den samlede udledning beregnes som regel på 2 forskellige metoder, som begge baseres på koncentrations- og vandføringsmålinger fordelt hen over kontrolperioden.

1. Trapez-metoden: Kontrolperioden opdeles i n prøvetagningsperioder, således at udledningen på prøvetagningsdagen gælder som gennemsnit for den periode, der er halvdelen af tiden fra den foregående prøvetagning og halvdelen af tiden til den næste. Udledningen per prøvetagningsperiode beregnes som antallet af dage i perioden multipliceret med gennemsnitsudledningen. Den årlige udledning er så summen af udledninger per prøvetagningsperiode.
2. Gennemsnits-metoden: Først bestemmes den gennemsnitlige udledning i prøvetagningsdøgnene i kontrolperioden. Dernæst multipliceres den gennemsnitlige udledning med 365 eller 366.

Minimum skal et af resultaterne eller begge (afhængig af miljøgodkendelsens præmisser) overholde kravværdien. Kravværdien til den udledte mængde per kontrolperiode kan beregnes på flere forskellige måder. Den mest brugte metode anvender den gennemsnitlige udledning af det relevante stof per tons produceret fisk i det pågælden-

de amt multipliceret med det udmeldte foderforbrug. F.eks. hvis den gennemsnitlige udledning af BI_5 per tons produceret fisk er 53 kg, og foderforbruget er 200 tons, bliver kravværdien lig 10.600 kg BI_5 . Forudsætningen for, at denne beregning holder, er, at foderkvotienten er 1,0. En foderkvotient forskellig fra 1,0 kan dog nemt indbygges i formlen på denne måde

$$kravværdi = \frac{(\text{udledning per tons fisk}) \cdot (\text{tons foder})}{\text{foderkvotient}}$$

Kravet til den udledte mængde per kontrolperiode kan ligeledes være bestemt ud fra et ønske om at begrænse belastningen af nær- eller fjernrecipienter, f.eks. søer, fjorde og kystnære havområder.

Da denne type af kontrol ikke bygger på statistiske principper, vil vi ikke yderligere behandle denne form for kontrol i rapporten. I stedet definerer vi en transportkontrol efter den statistiske kontrolteori for dermed at udføre kontrollen på forskellen i døgntransporter mellem udløb og indløb. Det kræver et vist antal prøvetagninger for at være sikker på, at kravværdien ikke er overskredet, som beskrevet i følgende eksempel.

Eksempel: Hvis den årlige tilladte udledning af TOTP (tilladelig overtransport) er sat til 280 kg, så er kravværdien per døgn lig 767 g. Lad os vælge

$$(p_1, P_1, p_2, P_2) = (50\%, 95\%, 80\%, 5\%).$$

Kontrolreglen bliver

$$\bar{d} + (-0,43) \cdot s \leq 0,767 \text{ kg},$$

med 17 stikprøver per kontrolperiode. Ved en kritisk fraktion på 50%, hvilket svarer til kravværdien, er der 95% sandsynlighed for at acceptere udledningen.

Kontrolprogrammerne for overkoncentrationer er ændrede i forhold til Dambrugsbekendtgørelsen fra 1994. Som nævnt har kravværdierne en anden størrelse oftest mindre, men kan også være større end bekendtgørelsens grænseværdier. Endvidere er antallet af stikprøver ikke nødvendigvis 6 eller 12 per kontrolperiode, og for nogle stoffer kontrolleres overkoncentrationerne ved anvendelse af transportkontrolregler (se dette kapitel), dvs. med en kritisk fraktion på 50% gældende for udlederen.

Mindre kravværdier fremtræder ved, at den gennemsnitlige overkoncentration for de relevante kontrolstoffer beregnes enten for det enkelte dambrug, hvis måledata forefindes, eller for alle dambrug i amtet. Beregningen foretages typisk for kontrolåret 1994. Den gennemsnitlige overkoncentration anvendes nu som den nye grænseværdi.

I den nye vejledning til miljøgodkendelse af dambrug (*Miljøstyrelsen, 1998*) åbnes der mulighed for en forøgelse af kravværdien som følge af et reduceret og konstant vandforbrug, opnået ved en delvis recirkulation af vandet. Fordelen for dambrugeren ved at forøge koncentrationen af de enkelte kontrolstoffer er, at betydningen af eksterne stofbidrag bliver mindre, og derved reduceres variabiliteten i overkoncentrationen, samt at biofiltre tilsyneladende først er mere effektive ved høje koncentrationer (*Christensen, 1998*).

Dambrugsbekendtgørelsens (1994) kravværdi til overkoncentration af BI_5 er fastsat ud fra antagelsen om, at en forøgelse af BI_5 på 0,6 - 0,8 $mg\ l^{-1}$ (*Miljøstyrelsen, 1991*) i en medianminimums situation ikke påvirker en målsætning svarende til forureningsgrad 2. Denne antagelse danner udgangspunkt for fastsættelsen af de nye kravværdier. Det er nu ikke de kendelsesmæssige vandindvindingsrettigheder, men forholdet mellem den faktisk anvendte vandmængde og medianminimum, der danner basis for kravværdien.

Eksempel: Et dambrug ønsker i forbindelse med en ombygning og driftsændring at reducere vandindtaget til maksimalt $50\ l\ s^{-1}$, hvor det kendelsesmæssigt har lov til at indtage hele vandføringen. Medianminimum ved dambrugets udløb er fastsat til $265\ l\ s^{-1}$. Den nye kravværdi for BI_5 ved det reducerede vandforbrug kan beregnes til

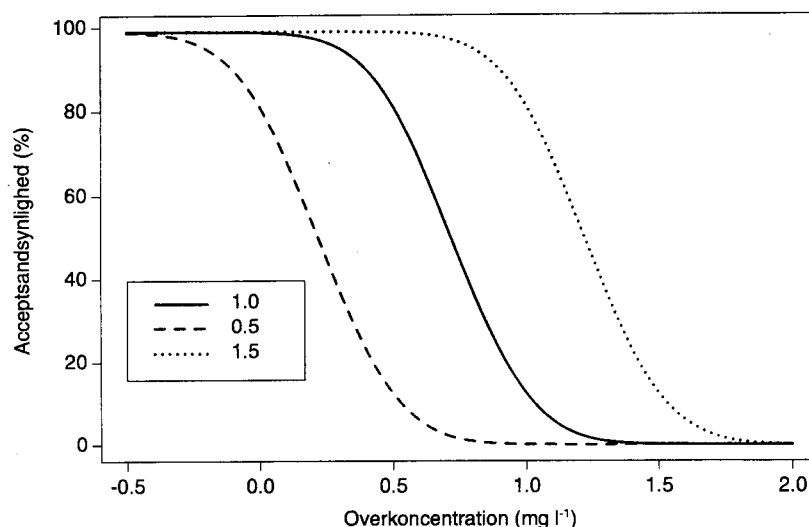
$$\frac{265}{50} \cdot 0,6 = 3,18\ mg\ l^{-1}.$$

I tilfældet, hvor kravværdien til udledning per kontrolperiode er bestemt ud fra et ønske om at begrænse belastningen af nær- eller fjernrecipienten, kan man beregne en kravværdi til overkoncentrationen som en vandføringsvægtet koncentration, dvs. transporten i en periode divideret med vandføringen i den samme periode under antagelse af et konstant vandforbrug i dambruget.

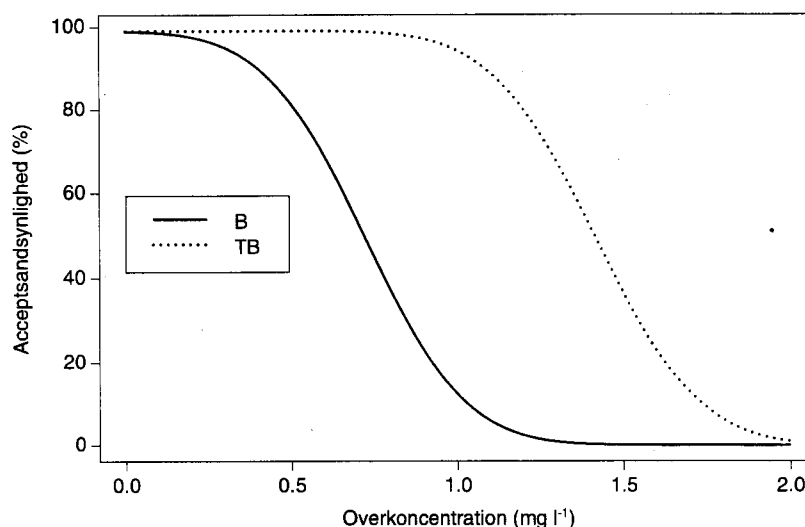
Betydning af grænseværdiændringer for OC-kurver

Hvis kravværdien bliver mindre, parallelforskydes OC-kurven tilsvarende mod venstre, og hvis kravværdien bliver større, så forskydes OC-kurven mod højre. OC-kurvens form forbliver den samme under ændring af kravværdien (tabel 1, figur 8), hvis alt andet er lige. Som man kan se af figur 8 har selv negative overkoncentrationer en vis risiko for at blive afvist, når kravværdien nedsættes.

Figur 8: OC-kurver for BI_5 med anvendelse af kontrolregel B med tre forskellige grænseværdier og med $s=0,81$.



Figur 9: OC-kurver for kontrolregel B (tilstandskontrol) og for kontrolregel TB (transportkontrol). Kurverne er vist for BI_5 med $s=0,81$ og $U=1 \text{ mg l}^{-1}$.



For stofferne TOTP og TOTN anvender man i nogle miljøgodkendelser transportkontrol i stedet for tilstandskontrol til kontrol af overkoncentrationer. Det betyder, at den kritiske fraktion gældende for udlederen sættes til 50%, hvorfor det bliver middelloverkoncentrationen hen over kontrolperioden, der ikke må overskride kravværdien. Forskellen mellem de to kontroltyper kan ses på OC-kurverne vist i figur 9, og man kan se, at OC-kurven for transportkontrollen svarer til en grænseværdiændring i en tilstandskontrol fra $1,0 \text{ mg } BI_5 \text{ l}^{-1}$ til $1,7 \text{ mg } BI_5 \text{ l}^{-1}$.

Forslag til sammensætning af kontrolprogrammer ved miljøgodkendelser

Vi vil i dette afsnit komme med forslag til, hvordan man kan sammensætte et kontrolprogram ved en miljøgodkendelse af et ferskvandsdambrug. Først gennemgås hver enkelt kontrolparameter med hensyn til hvilken kontroltype, det vil være hensigtsmæssigt at anvende ved kontrol af parameteren.

- BI_5 : Er et direkte mål for det biologiske iltforbrug over 5 dage, hvorfor høje BI_5 koncentrationer er skadelige for recipienten. Der-

for bør overkoncentrationen kontrolleres efter tilstandskontrol. Kontrolprogrammet beregnes ved fastsættelse af dambrugerens og vandmiljøets risiko. For de dambrug, som er miljøgodkendt, er der typisk foruden kravværdien til overkoncentrationen en kravværdi for den samlede udledning per kontrolperiode. Kravværdien til den samlede udledning kan omregnes til en kravværdi for udledning per døgn. Man kunne derefter udføre en transportkontrol på forskellen mellem stoftransport ud af dambruget og stoftransport ind i dambruget. Der er en modstrid mellem de to kontroltyper, idet den kritiske fraktion hørende til udlederen er forskellig for de to typer. Vi foreslår derfor, at man holder fast ved tilstandskontrollen i dette tilfælde, men hvor der ved fastsættelse af kravværdien kan tages højde for et eventuelt reduceret vandforbrug eller recirkulering.

- SS: Her er det den samlede udledning hen over hele kontrolperioden, der er vigtig. Vi foreslår, at kontrollen udføres som en transportkontrol på døgnudledninger (dvs. forskellen mellem udløbs-transport og indløbs-transport i et kontroldøgn).
- TOTP: Igen vil det som oftest være den samlede udledning, der er kritisk for recipienten, derfor kan kontrollen udføres som en transportkontrol på døgnudledninger.
- TOTN: Samme kontroltype som for SS og TOTP.
- $\text{NH}_4\text{-N}$: For dette stof kan høje koncentrationer virke toksisk for recipienten, så derfor er en tilstandskontrol på sin plads. Det er ikke nødvendigt at kontrollere den samlede udledning af ammoniumkvælstof, da dette gøres under kontrollen af TOTN.

Kontrolprogrammet til tilstandskontrol af BI_5 og $\text{NH}_4\text{-N}$ kan beregnes ved brug af formlerne i kapitel 4 (tabel 3 eller 4). Vi anbefaler dog, at man bruger metoden, hvor både udlederes og recipients risiko bliver valgt i forvejen. Man har ved denne metode mere kontrol over recipients risiko. Kontrolprogrammet kan med fordel sammensættes af lempet, normal og skærpet kontrol (se tabel 5), således at man kan differentiere programmet alt efter, om udledningen har været mindre eller større end kravværdien og i forhold til recipients sårbarhed.

Antallet af stikprøver og kontrolregel til transportkontrol kan ligeledes beregnes ved brug af formlerne i kapitel 4. Vi har givet nogle eksempler på kontrolprogrammer i tabel 6. Vi har i eksemplerne valgt en kritisk fraktion for dambrugeren på 40% eller 50%. For 50% er det middeludledningen, der ikke må være over kravværdien. For en kritisk fraktion på 40% må højst 40% af døgnudledningerne være over den fastsatte kravværdi.

Også for transportkontrol kan man anvende lempet, normal og skærpet kontrol. Der gælder de samme principper for definition som for tilstandskontrol. I tabel 7 er der et forslag til sådan et kombineret kontrolprogram.

Tabel 6: En række forslag til kontrolprogrammer opstillet ud fra kontrolteori-
en, som kan anvendes til transportkontrol. Det angivne antal stikprøver
(puljede døgnprøver) skal tages i både ind- og udløb fra dambrug.

Nummer	p_1	P_1	p_2	P_2	Stikprøveantal	Kontrolregel
T1	40	95	80	5	10	$\bar{d} - 0,30 \cdot s \leq U$
T2	40	95	80	10	8	$\bar{d} - 0,37 \cdot s \leq U$
T3	40	90	80	5	8	$\bar{d} - 0,23 \cdot s \leq U$
T4	40	90	80	10	6	$\bar{d} - 0,30 \cdot s \leq U$
T5	40	95	75	5	13	$\bar{d} - 0,21 \cdot s \leq U$
T6	40	95	75	10	11	$\bar{d} - 0,27 \cdot s \leq U$
T7	40	90	75	5	11	$\bar{d} - 0,16 \cdot s \leq U$
T8	40	90	75	10	8	$\bar{d} - 0,22 \cdot s \leq U$
T9	50	95	80	5	17	$\bar{d} - 0,43 \cdot s \leq U$
T10	50	95	80	10	14	$\bar{d} - 0,48 \cdot s \leq U$
T11	50	90	80	5	14	$\bar{d} - 0,37 \cdot s \leq U$
T12	50	90	80	10	11	$\bar{d} - 0,43 \cdot s \leq U$
T13	50	95	75	5	26	$\bar{d} - 0,34 \cdot s \leq U$
T14	50	95	75	10	21	$\bar{d} - 0,38 \cdot s \leq U$
T15	50	90	75	5	20	$\bar{d} - 0,30 \cdot s \leq U$
T16	50	90	75	10	16	$\bar{d} - 0,34 \cdot s \leq U$

Tabel 7: Eksempel på kontrolprogram sammensat af lempet, normal og
skærpet program.

Program	p_1	P_1	p_2	P_2	Stikprøveantal	Kontrolregel
Lempet	40	95	75	10	11	$\bar{d} - 0,27 \cdot s \leq U$
Normal	50	95	75	10	21	$\bar{d} - 0,38 \cdot s \leq U$
Skærpet	50	95	75	5	26	$\bar{d} - 0,34 \cdot s \leq U$

For at illustrerer vores forslag til kontrolprogrammer, beskrevet på de foregående sider, har vi beregnet hvor mange udledninger, der vil blive accepteret eller forkastet ved anvendelse af et normal kontrolprogram på data fra de 34 dambrug i Ringkjøbing Amt. For BI_5 og $\text{NH}_4\text{-N}$ foretages en normal tilstandskontrol (se tabel 5), og for stofferne SS, TOTP og TOTN foretages en normal transportkontrol på overkoncentrationen (se tabel 7). Normal programmet for tilstandskontrol kræver 20 stikprøver, og tilsvarende kræver normal programmet for transportkontrol 21 prøver per kontrolperiode, som sættes til at være et kalenderår i denne beregning. For langt de fleste dambrug er der ikke taget så mange stikprøver i de pågældende år, så vi har beregnet nye kontrolprogrammer for de givne n ved at fastholde $(p_1, P_1) = (25\%, 95\%)$ og $(p_1, P_1) = (50\%, 95\%)$ for henholdsvis tilstands- og transportkontrol og anvendt formelen i kapitel 4 (den med fastholdt stikprøveantal). Dette betyder, at vandmiljøets risiko reelt bliver større, end det der er opgivet i tabel 5 og 7. Ved 6 stikprøver per år er vandmiljøets risiko så stor som 50% ved tilstandskontrol og 61% ved transportkontrol. Desuden er de gældende kravværdier anvendt, dvs. også de nye kravværdier, dambrugene har fået ved miljøgodkendelsen. Resultaterne af beregningerne er givet i tabel 8 og bilag 10 og viser, at for de stoffer, som kontrolleres efter transportkontrol, vil næsten alle udledninger bliver accepteret, men for stoffer-

ne, som kontrolleres efter tilstandskontrol, vil mange udledninger af især BI_5 blive forkastet.

Tabel 8: Procent accepteret udledninger ved anvendelse af normal tilstandskontrol for BI_5 og NH_4-N samt transportkontrol for SS, TOTP og TOTN på overkoncentrationer for 34 miljøgodkendte dambrug i Ringkjøbing Amt i perioden 1990-1996. Alle data fra de enkelte dambrug er anvendt ved begge kontrolregler. Desuden er de gældende kravværdier for de pågældende år anvendt.

Kontrolregel	BI_5	SS	TOTP	TOTN	NH_4-N
Normal program	61,4	100	97,4	96,1	86,9

Forfatterne anbefaler, at man får optegnet OC-kurverne for de kontrolregler, man vælger til kontrol af udlederkravværdier under hensyntagen til størrelsesordenen af variabiliteten af overkoncentrationen eller døgnudledningen. Evt. for forskellige størrelsesordner af s , hvis man ikke har tidligere data for det pågældende dambrug. Som sagt viser OC-kurven, hvordan kontrolreglen virker for forskellige værdier af overkoncentrationen. Dambrugeren kan se hvor stor sandsynlighed, der er for at få forkastet en udledning af en vis størrelse, og tilsvarende kan myndigheden få et overblik over sandsynligheden for accept af store udledninger.

Ved transportkontrollen er det nødvendigt at kende vandføringen i alle indløb og udløb på prøvedagen, idet det ikke kan antages at være både et konstant vandindtag fra vandløb og grundvand eller konstante udledninger fra et dambrug. Vandføringerne i alle indløb og udløb skal måles samtidigt. Vandføringen skal altså kendes for de døgn, hvor kontrolanalyserne tages. Det betyder, at hvis der ved indtag fra vandløb og udløb til vandløb er etableret faste overløb for hvilke, der findes teoretiske sammenhænge mellem vandstandshøjde i form af overfald mv., vil man kunne nøjes med at måle vandstanden enten gennem de døgn, hvor der tages prøver eller kontinuert, hvorimod kalibrering af vandføringen så kan reduceres til nogle få gange om året. Endvidere bør der være dokumentation for grundvandsindtag f.eks. et vandur, der aflæses dagligt. Såfremt det kan dokumenteres, at der ikke sker vandtab (f.eks. gennem bunden i dammene), og vandmængderne, der løber ud fra et dambrug, er godt bestemt, kan indtaget fra vandløbet beregnes som vandmængden i udløbet minus brugt mængde grundvand. I disse tilfælde kræves også, at grundvandsindtaget skal være godt bestemt.

Hvis myndigheden ønsker at kende den samlede årlige udledning fra dambruget skal denne beregnes som en forskel mellem den samlede transport ud af dambruget og den samlede transport ind i dambruget. Begge stoftransporter skal beregnes efter lineær interpolationsmetoden, hvor en koncentration til et tidspunkt mellem to prøvetagninger estimeres ved lineær interpolation mellem koncentrationerne fra de to prøvetagninger. Derved fås døgnmiddelkoncentrationer for alle døgn i kontrolperioden, og den samlede transport bestemmes ved at multiplicere koncentrationen med døgnmiddelvandføringen og summere alle døgntransporterne.

6 Omkostninger ved kontrolprogrammer

I dette kapitel gives et skøn over omkostningerne ved de forskellige kontrolprogrammer ved tilstandskontrol, som er opstillet i kapitel 4 (nummeret 1 til 20 i tabel 3) og for *Dambrugsbekendtgørelsens* (1994) to kontrolregler A og B samt ved 52 prøver per år. Endvidere er omkostningerne for transportkontrol ved tilsvarende antal prøver beregnet, og man kan således også finde omkostningerne for ethvert af de 16 transportkontrolprogrammer i tabel 6 fra kapitel 5.

De beregne priser for analyser er baseret på de beregningsforudsætninger, der er anvendt i forbindelse med revisionen af Vandmiljøplanens overvågningsprogram for 1998-2003 (NOVA 1998-2003), hvor det forudsættes at analyserne foretages af et akkrediteret laboratorium. Disse priser er givet lidt for høje, da der kan opnås yderligere rabatter end antaget ved større ordrer til et akkrediteret laboratorium. Priser for prøvetagning og vandføringsmåling er baseret på et konkret tilbud fra et akkrediteret laboratorium til dambrugere. Herudover er der i dette kapitel angivet et skøn for omkostningerne ved at beregne stoftransport på basis af døgnvandføringer og døgntransporter. Dette skøn er baseret dels på prisforudsætningerne i NOVA 1998-2003 og kendte tilbud til dambrugere. Prisen er sat ud fra kontakt med personer indenfor dambrugsfaget, og den skønnes at være sat lavt, såfremt den fornødne kvalitetssikring ved f.eks. beregning af døgnvandføringer skal sikres.

Der er anvendt følgende forudsætninger for beregninger i tabel 9:

- at prøvetagningen kan tilrettelægges således, at der kun er et indløb og et afløb per dambrug. Er der flere øges udgifterne forholds-mæssigt
- der udtages prøver 4 gange pr. år fra ét grundvandsindtag
- stikprøver udtages som puljede døgnprøver med en automatisk prøvetager både i indløbet til og afløbet fra dambruget. Prøvetage-re opstilles af et analyselaboratorium, der også udtager prøverne. Prøvetageren skal være med køl og varme, så prøverne opbevares forskriftsmæssigt, dvs. ved ca. 4 °C og mørkt i hele prøvetagnings-perioden. Grundvandsprøverne kan udtages som øjeblikstikprø-ver eller som puljede døgnprøver. Det skal understreges, at såfremt der tages mere end ca. 25-30 stikprøver i både indløb til og udløbet fra dambrug pr. år, vil det ofte være billigere for dambru-geren selv at købe og drive prøvetageren og afleverer prøverne til akkrediteret laboratorium, såfremt denne proceduren kan godken-des
- det ydes en ekstra rabat på analyseprisen, såfremt der analyseres mere end 30 prøver per år på et dambrug
- analyseprisen er sammensat af et registreringsgebyr per prøve plus analyseudgifter til bestemmelse af BI_5 , TOTN og TOTP, NH_4 -N og SS. Det antages, at der skal analyseres for alle kemiske kom-ponenter i alle prøver, og at der foretages kvalitetsskring af værdi-erne før de overføres til dambrugerne

- alle priser er eksklusiv moms og i 1998-niveau.

Der er i de tre sidste kolonner i tabel 9 angivet et skøn over, hvad en egentlig transportkontrol vil koste. En egentlig transportkontrol betyder, at der skal laves et kontrolprogram for en tilladt udledt stofmængde. Dette kræver, ligesom ved en tilstandskontrol, at der skal måles koncentration for en række kemiske komponenter i indløbet til og udløbet fra dambruget samt i eventuelle grundvandsindtag. Da en egentlig transportkontrol kræver et kendskab til stofmængder, skal der udover koncentrationsmålinger også måles de vandmængder, der tages ind i dambruget, og som udledes fra dambruget. Det skal som minimum ske for de døgn, hvor der foretages koncentrationsmålinger for at kunne beregne døgntransporter, men det må stærkt anbefales at der oprettes en sammenhæng mellem vandstand og vandføring, så der for alle årets dage kan beregnes en døgnvandføring, således som man også gør ved alle stoftransportstationer i Vandmiljøplanens overvågningsprogram for vandløb. For grundvandsindtag vil det være tilstrækkeligt med 4 årlige målinger, såfremt grundvandsindtaget i øvrigt kan dokumenteres at være konstant hen over året.

Da der ofte ved dambrugsproduktion anvendes et grundsvandstilskud, sker fordampning fra dammene, kan være en udsivning fra dammene samt falde nedbør på disse, kan man ikke altid umiddelbart antage, at den vandmængde, der tages fra vandløbet til et dambrug, er lig med den vandmængde, der udledes fra dambruget. Såfremt der er helt styr på vandmængderne i dambruget, og det kan antages, at det vand, der løber ud fra et dambrug, svarer til det, der tages ind, kan udgifterne til måling og beregning af vandmængderne reduceres, mens der kun er en beskedent besparelse på beregning af overtransporterne. Ved kun at måle vandføringen et sted, må man dog pålægge denne en større usikkerhed, som i sidste ende vil betyde, at døgntransporterne er mere usikkert bestemt, og at der derfor skal tages flere kontrolprøver. Det må som udgangspunkt dog antages, at der som minimum skal måles i et indløb og et udløb, samt i et grundvandsindtag.

Ved en egentlig transportkontrol, hvor kontrollen baseres på kontrol af døgntransport kræves:

- at der opstilles selvregistrerende vandstandsregistreringsudstyr i indløb til og afløb fra dambrug. Dette skal sikre en god sammenhæng mellem vandstand og vandføring hen over året, og at der kan beregnes en korrekt døgntransport i et kontroldøgn. Alternativt skal der måles vandføring ved hver eneste prøvetagning, men dette giver ikke tilstrækkelig sikkerhed for en årlig transportberegning, med mindre der tages mindst 12-26 prøver pr. år. Endvidere sikrer en vandstandsregistrering, at der kan fanges "toppe" i afstrømningen, som ellers ikke ville blive opdaget, og hvor der erfaringsmæssigt forekommer en høj transport i vandløb. Der kan til vandstandsregistrering vælges en simpel logger og en brønd med en flyder eller en tryktransducer. Anskaffelsesprisen vil være ca. 8-14.000 kr. pr stk. med en afskrivningsperiode på mindst 8 år. Der vil stort set ingen vedligeholdelsesudgifter være på udstyret ud over batterier.

- der skal foretages målinger af vandføring i gennemsnit mindst 12 gang per år for at etablere en god sammenhæng mellem vandstand og vandføring. Ligger dambruget i et vandløb, der reagerer hurtigt på nedbør eller med megen grødevækst og som vedligeholdes hyppigt, bør antallet af vandføringer være mindst 18. Etableres faste overfald ind i og ud af dambrug, vil antallet af vandføringsmålinger i kunne reduceres. I tabel 9 er der regnet med i alt 18 vandføringsmålinger per år per dambrug (dvs. målinger i ét indløb, i ét udløb og ved ét grundvandsindtag). For at kende grundvandsindtaget kan der opsættes et vandur, flowmåler eller foretages målinger et nogle få gange om året (sidstnævnte er altså antaget i overslaget). I alt forventes vandføringsmålinger og bestemmelse af grundvandsinput at koste ca. 13.000 kr. per år under de angivne forudsætninger (der er i tabel 9 antaget færre end 18 årlige vandføringsmålinger for de dambrug, hvor der tages færre end 12 kontrolprøver pr. indløb/udløb).
- der skal beregnes vandføringer og transporter ind i og ud fra dambruget, som minimum for de døgn, hvor der tages kontrolprøver. Det er antaget, at det vil koste ca. 10.000 kr. at beregne vand- og stoftransporten ind og ud af dambrug samt overtransporter for TOTN, TOTP, BI_5 , NH_4-N og SS, hvor der samlet tages op til 25 kontrolprøver i indløb og udløb fra dambruget, og 15.000 kr for de tilsvarende beregninger i dambrug, hvor der tages mere end 25 prøver pr. år. Den relativt høje pris skyldes primært arbejdet med beregne kvalitetssikrede døgnvandføringer, samt at der skal foretages en kvalitetssikring og vurdering af de målte stofkoncentrationer. Der kan givet opnås besparelser på denne post på sigt, når der er etableret robust sammenhænge mellem vandstand og vandføring, eller hvor der er overfald.
- det er forudsat, at transporten beregnes som summen af 365 døgntransport, fundet som døgnmiddelvandføring ganget med den tilhørende døgnmiddelkoncentration, som er fundet ved lineær interpolation mellem de døgn, hvor der er målt koncentrationer

Der vil en række tilfælde, hvor man med fordel kan lade nogle kemiske komponenter kontrolleres ved en tilstandskontrol (f.eks. NH_4-N og BI_5), medens andre kontrolleres med transportkontrol (f.eks. TOTN, TOTP og SS). Det vil endvidere være muligt, at lade nogle af de kemiske komponenter blive målt med en lavere frekvens end de resterende kemiske komponenter afhængig af disses variabilitet. I disse tilfælde vil der skulle laves modifikationer af priserne i tabel 9. Det samme vil være tilfældet, hvis der er mere end et vandindtag, et sted der tages grundvand og mere end et udløb fra et dambrug.

Tabel 9: Årlig omkostning for de opstillede kontrolprogrammer (1-20) i tabel 3 og Dambrugsbekendtgørelsens (1994) to programmer samt ved 52 prøver per år (antallet af prøver gælder både i indløbet til og afløbet fra dambruget). I de tre sidste kolonner findes tilsvarende priser, hvis kontrolprogrammet blev ændret til et egentligt transportkontrolprogram. Priserne er afrundet til nærmeste hundrede kroner. I teksten er beskrevet forudsætningerne for beregninger i denne tabel.

Nr.	Stikprøve- antal pr. kontrolsted	Analyse- pris	Prøvetag- nings- udgifter	Pris Tilstands- kontrol	Afskrivning vandstands- udstyr	Vandførings- måling og transport- beregning	Pris trans- portkontrol
1	12	22.100	6.600	28.600	2.500	23.000	54.100
2	9	17.300	5.200	22.500	2.500	20.000	45.000
3	10	19.900	5.700	24.600	2.500	23.000	50.100
4	8	15.800	4.700	20.500	2.500	20.000	43.000
5	17	29.900	8.900	38.900	2.500	28.000	69.400
6	13	23.600	7.100	30.700	2.500	28.000	61.200
7	14	25.200	7.500	32.700	2.500	28.000	63.200
8	11	20.500	6.100	26.600	2.500	23.000	52.100
9	26	44.100	13.200	57.300	2.500	28.000	87.800
10	20	34.700	10.300	45.000	2.500	28.000	75.500
11	21	36.200	10.800	47.100	2.500	28.000	77.600
12	16	28.400	8.500	36.800	2.500	28.000	67.300
13	41	67.800	20.200	88.000	2.500	28.000	118.500
14	32	53.600	16.000	69.600	2.500	28.000	100.100
15	33	55.200	16.500	71.600	2.500	28.000	102.100
16	25	42.600	12.700	55.200	2.500	28.000	85.700
17	75	121.400	36.200	157.500	2.500	28.000	188.000
18	59	96.100	28.700	124.800	2.500	28.000	155.300
19	59	96.100	28.700	124.800	2.500	28.000	155.300
20	45	74.100	22.100	96.200	2.500	28.000	126.700
A	6	12.600	3.700	16.400	2.500	20.000	38.900
B	12	22.100	6.600	28.600	2.500	23.000	54.100
	52	85.100	25.400	110.500	2.500	28.000	141.000

7 Diskussion og konklusion

Kontrol af udledninger fra ferskvandsdambrug udføres enten ved en tilstandskontrol (kontrol af overkoncentrationer på døgnbasis) eller som en transportkontrol (kontrol af overtransporter på døgnbasis). Kontrollen af dambrug adskiller sig fra andre udledninger ved, at det er nødvendigt at udtage stikprøver i både indløb til dambrugene og udløb fra disse.

Dambrugsbekendtgørelsens kontrolregler fra 1994 for stofferne BI_5 , suspenderet stof (SS), total fosfor (TOTP), total kvælstof (TOTN) og ammoniumkvælstof ($\text{NH}_4\text{-N}$) er baseret på tilstandskontrol. Disse kontrolregler resulterer i store risici for fejlagtige vurderinger af udledninger fra danske dambrug. De primære årsager hertil er, at antallet af stikprøver per kontrolperiode (som typisk er et år) er for lavt (6 eller 12), samt at variationen i forskelle mellem indløbs- og udløbskoncentrationen (kaldet overkoncentrationen) er forholdsvis stor og væsentligt større end selve analyseusikkerheden. Dette er understreget af analyser af stikprøver fra 34 miljøgodkendte dambrug i Ringkøbing Amt (disse dambrug skønnes at være rimeligt repræsentative for danske dambrug, se bilag 1). Foruden analyseusikkerheden er der bidrag til den samlede variation fra prøvetagningsusikkerhed, fra årstidsvariationer i vandløbet, fra variation i indtaget af vand fra vandløbet, fra variation i den stående bestand i dambruget og fra driften af dambruget. Som nævnt er konsekvensen af den store variation samt det lille prøveantal, at det koncentrationsinterval, hvor udledninger fejlagtigt forkastes eller accepteres, er stort. Dette er påvist ved at optegne OC-kurver (accept-kurver) for kontrolreglerne med de beregnede standardafvigelser for data fra de 34 dambrug. Både vandmiljøet og udlederen (dambrugeren) har en forhøjet risiko for fejlagtige konklusioner ved tilstandskontrollen, som er defineret i *Dambrugsbekendtgørelsen* (1994). En forøgelse af antallet af stikprøver, en på forhånd fastlagt større sikkerhed for udleder og vandmiljøet samt en formindsket variation i overkoncentrationerne, vil gøre kontrollen mere sikker. Det har vi påvist i rapporten ved opstilling af et stort antal nye kontrolregler beregnet ved anvendelse af den statistiske kontrolteori (Wetherill og Brown, 1991). Reglerne er opstillet helt uafhængigt af data fra de 34 ovennævnte dambrug. Man kan anvende to forskellige måder ved opstillingen af kontrolregler. For det første kan man beregne k (justeringsfaktoren) og det nødvendige antal stikprøver på baggrund af en på forhånd fastlagt risiko for udleder og recipient. For det andet kan man på forhånd fastlægge udleders risiko samt det antal stikprøver, der skal udtages i kontrolperioden, og på baggrund af dette beregne k og vandmiljøets risiko. F.eks. vil 52 kontrolprøver per år give såvel udleder som recipient en risiko på 1% eller mindre, dvs. en langt større sikkerhed end Dambrugsbekendtgørelsens regler (fra 1994) giver. Man kan godt nøjes med et mindre antal prøver og stadigvæk opnå en tilstrækkelig høj sikkerhed.

Transportkontrol er umiddelbart mere lempelig end tilstandskontrol, idet den kritiske fraktion efter normal administrativ praksis (*Dansk Ingeniørforening*, 1981), som er andelen af overtransporter, der højst

må overskride kravværdien, typisk sættes til 50%, hvor den ved tilstandskontrol typisk er 20%. Det er således overtransporten på døgnbasis, der i middel per kontrolperiode ikke må overskride en given kravværdi. Transportkontrol er anvendelig, hvor miljøet er sårbart over for den samlede udledte stofmængde i kontrolperioden. Tilstandskontrol er velegnet, hvor høje koncentrationer kan virke toksiske i vandmiljøet, og derfor tillades kun få overskridelser af kravværdien. Da det er den samme statistiske model, der anvendes ved transportkontrol som ved tilstandskontrol, så har kontrolreglerne den samme form. Dog med den forskel, at justeringsfaktoren er negativ ved transportkontrol. Det betyder, at et dambrug med stor variabilitet i overtransporter vil have lettere ved at overholde en grænseværdi end et dambrug med stabile overtransporter. Dette er modsat tilstandskontrol, hvor justeringsfaktoren er positiv. Transportkontrolregler beregnes på tilsvarende måde (de samme matematiske formler kan anvendes) som for tilstandskontrol. I praksis er grænseværdien ved transportkontrol, omregnet til en overkoncentration, dog typisk sat lavere end ved den tilsvarende tilstandskontrol for et givent dambrug.

Forfatterne foreslår, at man ved en miljøgodkendelse af et dambrug sammensætter kontrolprogrammet på følgende måde. For stofferne BI_3 og $\text{NH}_4\text{-N}$ skal kontrollen gennemføres som en tilstandskontrol. De resterende stoffer (TOTP, TOTN og SS) kontrolleres med en transportkontrol på døgntransporter. Endvidere foreslår forfatterne, at programmet består af et lempet, normalt og skærpet kontrolprogram. For hvis recipienten er mindre sårbar, ikke særligt højt målsat, eller udledningerne er små i forhold til niveauet i recipienten, eller den normale tilstandskontrol i en længere periode viser, at overkoncentration eller overtransport er betydelig mindre end kravværdien, kan man reducere prøveantallet. Princippet vil være at tillade en større risiko for udlederen for at få forkastet en lille udledning, og samtidigt må vandmiljøets risiko ikke øges. Tilsvarende skal et skærpet program (med et øget antal stikprøver) anvendes, hvis kravværdien ved den normale kontrol i en periode klart overskrides, eller hvis vandløbet er sårbart, højt målsat, eller udledningen er betydelig i forhold til recipientens niveau. Princippet bag den skærpede kontrol er, at risikoen for dambrugeren ikke må øges, men det øgede antal prøver i forhold til det normale program formindsker vandmiljøets risiko. Forfatterne har givet forslag til et lempet, normalt og skærpet kontrolprogram i tabel 5 for tilstandskontrol og i tabel 7 for transportkontrol. De angivne kontrolregler er beregnet ved anvendelse af formler, som er beskrevet i rapporten.

Forfatterne anbefaler, at man optegner OC-kurverne (accept-kurverne) for de kontrolregler, der kommer til at indgå i miljøgodkendelsen. Ved optegning skal man tage hensyn til størrelsesordenen af variabilitet (s) af overkoncentration eller døgnudledning. Dette kan gøres for forskellige størrelsesordener af s , hvis man ikke har tidligere data for det pågældende dambrug. OC-kurven viser, hvordan kontrolreglen virker for forskellige værdier af overkoncentration eller overtransport. Dambrugeren kan således se hvor stor sandsynlighed, der er for at få forkastet en udledning af en vis størrelse, og tilsvarende kan myndigheden få et overblik over sandsynligheden for accept af for store udledninger.

I forbindelse med en miljøgodkendelse vil kravværdierne til de enkelte kontrolstoffer ændres i forhold til *Dambrugsbekendtgørelsen* (1994). Typisk vil kravværdierne blive nedsat, men i den nye vejledning til miljøgodkendelse af dambrug (*Miljøstyrelsen, 1998*) er der åbnet mulighed for en forøgelse af kravværdien som følge af et reduceret vandforbrug, opnået ved en delvis recirkulation af vandet. Fordelelen for dambrugeren er, at betydningen af variabiliteten i de eksterne stofbidrag bliver mindre ved forøgede stofkoncentrationer i dambruget, og at effektiviteten af biofiltre øges ved forøgede koncentrationer. Alt dette reducerer variabiliteten i overkoncentration og giver samtidig en positiv effekt for vandmiljøet. For en given statistisk risiko for dambruger og miljøet betyder det alt andet lige at behovet for stikprøver er mindre.

Uanset om der anvendes tilstandskontrol eller en transportkontrol, vil det være vanskeligt at sammensætte et kontrolprogram, der ikke kræver, at der udtages stikprøver/foretages målinger i såvel indløb til og udløb fra dambrug samt i eventuelle grundsvandsindtag. Dette giver alt andet lige flere kontrolprøver end ved udledninger fra andre punktkilder. Det nødvendige antal stikprøver er både ved tilstands- og transportkontrol omkostningstungt for udlederen. Rapporten indeholder overslag over den økonomiske udgift for en række forskellige kontrolprogrammer. Udgiften til et kontrolprogram kan godt nedbringes ved at anvende forskellige antal stikprøver for de forskellige kontrolstoffer. F. eks. kan man forestille sig, at antallet af stikprøver ikke skal være så stort for de stoffer, som kontrolleres ved en transportkontrol, idet en analyse (se tabel 8 og bilag 10) viser, at praktisk taget alle udledninger af SS, TOTP og TOTN bliver accepteret ved et normalt transportprogram.

Helt generelt giver rapporten og beregningsformlerne heri mulighed for at tilpasse og optimere kontrolprogrammer til konkrete vandløb og dambrug/dambrugstyper under hensyntagen til sårbarhed af recipienten, målsætninger, økonomi samt tidligere kontrolresultater.

8 Referencer

Bekendtgørelse om ferskvandsdambrug (1994): Bekendtgørelse nr. 900, p. 5212-5221.

Christensen, F. J. (1998): Forhold der har betydning for ferskvandsdambrugs forurening med organisk stof. Ringkjøbing Amt, Vandmiljøafdelingen. 36 s.

Cressie, N. (1991): Statistics for Spatial Data. Wiley. 900 s.

Dambrugsbekendtgørelse (1994): Se *Bekendtgørelse om ferskvandsdambrug (1994)*.

Danmarks Miljøundersøgelser (1996): Notat fra Danmarks Miljøundersøgelser vedrørende kontrol af grænseværdier og udledningstilladelser fra dambrug. 8 s.

Dansk Ingeniørforening (1981): Vandforureningskontrol. Teknisk Forlag. Normstyrelsens Publikationer, NP-150-R. 99 s.

Dansk Standard (1998): Afløbskontrol. Statistisk kontrolberegning af afløbsdata. Forslag til dansk standard DSF 36968. 9 s.

Glass, G. V., Peckham, P. D. og Sanders, J. R. (1972): Consequences of failure to meet assumptions underlying the fixed effects analyses of variance and covariance. *Review of Education Research*, **42**, 237-288.

la Cour Jansen, J. (1987): Vurdering af betydningen af BL_5 -bestemmelsens analyseusikkerhed for kontrol med dambrug. Notat til Miljøstyrelsen. 18 s.

Miljøstyrelsen (1991): Notat om opfyldelse af tilstandsmålsætninger i relation til udledning af spildevand til vandløb. 18s.

Miljøstyrelsen (1992): Miljøforhold ved dambrug. Redegørelse om udvikling efter dambrugsbekendtgørelsens ikrafttræden. 68 s.

Miljøstyrelsen (1998): Godkendelse af ferskvandsdambrug. Vejledning fra Miljøstyrelsen. Nr. 3. 38 s.

Shapiro, S. S. og Wilk, M. B. (1965): An Analysis of Variance Test for Normality, *Biometrika*, **52**, 591-611.

Snedecor, G. W. og Cochran, W. G. (1989): Statistical Methods (Eighth Edition). Iowa State University Press. 503 s.

Sokal, R. R. og Rolf, F. J. (1995): Biometry, Third Edition. W. H. Freeman, San Francisco. 859 s.

Stellwagen, J. (1993): Kontrolmålinger på dambrug. 4 s.

Svendsen, L. M. og Rebsdorf, Aa. (1994): Kvalitetssikring af overvågningsdata. Teknisk anvisning fra DMU, nr. 7. 88 s.

*Sørensen, P. Settergren, la Cour Jansen, J., Spliid, H. (1991): Statistical Control of Hygienic Quality of Bathing Water. *Environmental Monitoring and Assessment*, 17, 217-226.*

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

Bilag 1

Oversigt med de 34 dambrug i Ringkjøbing Amt som indgår i den statistiske behandling. Tallene i parentes efter hvert dambrug angiver dambrugets nummerkode. Disse koder anvendes i de følgende bilag.

Hoven Mølle Fiskeri (4)
Rosendahl Damkultur (11)
Toudal Fiskeri (14)
Råsted Gammelmølle (15)
Voldbjerg Mølle Fiskeri (16)
Ø. Højgårds Fiskeri (18)
Nr. Vium Dambrug (19)
Ganer Mølle Dambrug (22)
Munkbro Dambrug (25)
Bratbjerg Dambrug (26)
Blåkilde Dambrug (32)
Hårkjær Dambrug (33)
Gryde Å Dambrug (35)
Nærrild Dambrug (45)
Bisgård Dambrug (48)
Høghøj Dambrug (53)
Sdr. Karstoft Fiskeri (61)
Høgild Dambrug (68)
Egebæk Dambrug (69)
Kærhede Dambrug (71)
Vester Hvoldal Dambrug K/S (80)
Hvolby Dambrug (81)
Mølbak Dambrug (87)
Krogsdal Fiskeri (88)
Vegen Mølle Dambrug (97)
Nr. Ågård Dambrug (101)
Christiansminde Dambrug (105)
Døvling Østergård Dambrug I/S (106)
Stampen Dambrug (108)
Risbjerg Dambrug (111)
Skærlund Dambrug (113)
Hesselvig Dambrug (119)
Hestlund Dambrug (124)
Kidmosebæk Dambrug (160)

De 34 dambrug er ikke nødvendigvis repræsentative for alle danske dambrug, idet de udelukkende befinder sig i Ringkjøbing Amt. Af de 34 dambrug ligger 22 i Skjern Å-systemet, 2 i Hover Å, 9 i Store Å-systemet og 1 i Karup Å. Alle dambrug er blevet miljøgodkendt i 1990'erne, idet:

- 7 er blevet miljøgodkendt i 1991
- 10 er blevet miljøgodkendt i 1992
- 2 er blevet miljøgodkendt i 1993
- 10 er blevet miljøgodkendt i 1994
- 5 er blevet miljøgodkendt i 1995.

Af alle 34 dambrug har 9 i perioden 1994-96 fået en ny Miljøgodkendelse, idet den første godkendelse havde kontrolregler efter Dambrugsbekendtgørelsen (1 i nedenstående tabel), medens den efterfølgende godkendelse var med kontrolregler efter to typer:

- Kærhede Dambrug (2 i nedenstående tabel)
- Råsted Gl. Mølle Dambrug (3 i nedenstående tabel),

hvor den første type er en mængdeudledningstilladelse omregnet til en overkoncentration, som så kontrolleres ved tilstandskontrol, og den anden type reguleres for nogle af de kemiske komponenter på mængder (transportkontrol), og for de resterende kemiske komponenter sker reguleringen ved tilstandskontrol. I alt 19 dambrug er godkendt efter "Kærhede" kontrolreglerne, 5 efter "Råsted"-kontrolreglerne og de resterende efter kontrolreglerne i Dambrugsbekendtgørelsen.

I tabellen på næste side er der en oversigt med nogle nøgleoplysninger til karakterisering af de 34 dambrug, der er anvendt data fra i denne rapport. Der er kun medtaget år fra et dambrug, hvor der som minimum har været udført mindst 6 kontrolprøver både op- og nedstrøms dambruget.

Tallene i nedenstående tabel viser at de anvendte dambrug dækker over et bredt interval rent størrelsesmæssigt og med hensyn til vandforbrug, variabilitet i vandforbrug og størrelse af vandløb, de ligger i. Da der er tale om vestvendte vandløb, der løber på hedesletter og bakkeøer i Vestjylland er niveauerne af TOTN, TOTP og SS lavere end i nogle østvendte danske vandløb med dambrug i lerjordsområder. En del af disse ligger dog højt oppe i de østvendte vandløb og i vandløb med ret høje specifikke afstrømninger. Vi vurderer, at de 34 dambrug omvendt ligger i vandløb med lidt mindre koncentrationsvariation end i østvendte vandløb med dambrug. Samlet betyder dette dog, at de valgte dambrug må vurderes at være rimeligt repræsentative for danske dambrug, og at de resultater, der fremkommer ud fra stikprøveresultater fra de 34, dambrug derfor også kan antages at være generelt gyldige.

Dambrugs- nr.	Måleperiode	Antal prøver per år. min. - max.	Foder per år min.-max. (ton)	Vandforbrug (l s ⁻¹) middel ± s (CV i %)	Kontrolregel
4	1991-97	6-18	152-208	463 ±142 (31)	1, 2 i 1995
11	1991-97	6-18	79-111	244±140 (58)	1, 2 i 1994
14	1995-97	12	204-205	456±162 (35)	2
15	1992-97	6-19	142-219	972±141 (15)	1, 2 i 1995
16	1991-97	3-10	ca. 260	471±116 (25)	1
18	1992-97	2-10	ca. 325	368± 84 (23)	1
19	1993-97	3-15	179-327	839±146 (17)	1
22	1995-97	13-17	76- 76	270± 54 (20)	2
25	1991-97	6-18	132-160	277± 94 34)	1, 3 i 1996
26	1996-97	6	ca. 250	582±194 (33)	1
32	1995-97	9	57- 60	137± 70 (51)	2
33	1995-97	9-10	52- 63	94± 28 (29)	2
35	1992-97	7-19	150-164	440± 85 (19)	1, 3 i 1996
45	1994-97	6-11	35- 60	111± 54 (49)	2
48	1995-97	7-11	132-140	139± 54 (39)	2
53	1994-97	17-19	121-132	89± 59 (66)	1
61	1994-97	6-12	61-102	132± 49 (37)	2
68	1994-97	6-12	227-238	767±106 (14)	2
69	1995-97	10-11	27- 28	34± 7 (21)	2
71	1993-97	6-13	121-206	656±198 (30)	2
80	1992-97	6-19	198-209	663±131 (20)	1
81	1993-97	10-13	107-119	533± 61 (11)	1
87	1992-97	6-17	92-125	377± 89 (24)	1, 3 i 1996
88	1991-97	6-12	96-125	336± 51 (15)	1, 2 i 1994
97	1991-97	6-21	224-316	347± 60 (17)	1
101	1994-97	7- 9	63- 76	220± 49 (23)	2
105	1992-97	10-19	143-245	973±227 (23)	1, 3 i 1995
106	1991-97	2-12	59- 75	131± 29 (22)	1
108	1994-97	5-11	42- 47	228± 40 (18)	2
111	1995-97	11	66- 89	247± 60 (24)	2
113	1992-97	6-17	91-127	377± 63 (17)	1, 2 i 1994
119	1994-97	6	237-255	898±160 (18)	2
124	1992-97	4-11	127-173	94± 63 (67)	2
160	1993-97	6-10	38- 51	109± 39 (36)	2

CV er variationskoefficienten, dvs. spredningen divideret med mid-
delværdien regnet i procent.

Ikke alle dambrug har data til og med 1996/1997, og for dambrug
med data fra 1997 dækker disse kun første kvartal af året.

Bilag 2

Oversigt over den gennemsnitlige overkoncentrationen $\bar{d}$ og variabiliteten s for 34 dambrug i alle måleår med et prøveantal $n \geq 6$. Enheden er mg l^{-1} for alle koncentrationer.

Nr.	År	n	$\bar{d}$					s				
			BI ₅	SS	TOTP	TOTN	NH ₄ -N	BI ₅	SS	TOTP	TOTN	NH ₄ -N
4	90	7	-0.12077	0.30130	0.14111	0.23246	0.04403	0.90151	1.6089	0.38133	0.6600	0.0979
4	91	6	0.45000	0.95000	-0.07367	0.40000	0.19800	0.65345	0.8118	0.28781	0.2966	0.0453
4	92	18	0.60000	0.55000	0.03089	0.03889	0.14783	0.25896	1.1485	0.04704	0.7405	0.1103
4	93	20	0.33500	-0.00500	-0.04435	0.19500	0.13600	0.59672	1.9503	0.30309	0.3379	0.0693
4	94	12	0.42500	-0.28333	0.01658	0.22500	0.22317	0.33337	1.4345	0.01614	0.6032	0.0811
4	95	7	0.44286	-1.07143	0.02457	0.20000	0.22643	0.48599	4.5890	0.01773	0.1000	0.1207
4	96	6	0.65000	-3.48333	0.01850	0.35000	0.24117	0.35637	10.3467	0.02102	0.2429	0.1114
11	90	6	0.33333	2.11667	-0.26117	0.18333	0.14583	0.27325	1.5791	0.59558	0.3189	0.0243
11	91	6	0.81667	1.43333	0.03333	0.26667	0.18917	0.53448	1.5122	0.04377	0.3724	0.1166
11	92	18	0.94444	-0.97222	0.01756	0.22778	0.17622	0.36497	5.2575	0.03361	0.7144	0.0956
11	93	20	0.94500	0.64500	0.02150	0.07500	0.17780	0.28557	2.2460	0.02769	0.6095	0.0693
11	94	9	0.62222	-2.47778	0.00511	-0.07778	0.18911	0.65722	3.1120	0.02827	0.7379	0.1189
11	95	7	0.40000	-2.35714	-0.00243	0.33571	0.13286	0.53541	6.5688	0.03891	0.4090	0.1280
11	96	8	-0.87500	-7.03750	-0.08725	0.22500	0.10900	1.89718	9.8936	0.11637	0.3284	0.2157
14	95	12	0.24167	-1.58333	-0.00300	0.10000	0.17925	0.61268	4.6799	0.06032	0.4243	0.1381
14	96	12	0.61667	-2.50000	0.01292	0.40000	0.30258	0.30994	8.1520	0.06133	0.2923	0.1183
15	90	6	0.01667	1.33333	-0.13617	0.06667	0.10867	1.11071	0.7118	0.33575	0.5888	0.0455
15	91	6	0.36667	0.70000	0.03217	0.15000	0.12483	0.32042	1.4450	0.03317	0.4848	0.0504
15	92	7	0.34286	0.68571	0.01786	0.10000	0.14286	0.49618	0.5843	0.01260	0.3109	0.0544
15	93	19	0.26842	-1.41579	-0.08200	0.18947	0.11768	0.32838	6.2615	0.36558	0.2865	0.0537
15	94	11	0.38182	-0.17273	0.00855	0.22364	0.16018	0.24827	2.2961	0.00993	0.1854	0.0785
15	95	11	0.39091	-0.24545	0.01482	0.18091	0.14718	0.18141	1.2778	0.02901	0.2120	0.1443
15	96	6	0.55000	0.60000	0.03533	0.16833	0.14867	0.22583	1.8417	0.01773	0.1259	0.1074
16	92	7	0.35143	-0.18857	0.01277	0.07273	0.10157	0.39206	2.6121	0.01681	0.8476	0.1203
16	96	10	0.47000	-0.38000	0.00800	0.16000	0.09570	0.36530	1.9147	0.01675	0.2011	0.0815
18	92	7	2.12857	3.35714	0.08500	1.07143	0.59286	0.65247	1.6782	0.04079	0.3817	0.2533
18	96	10	1.31000	1.11000	0.05260	0.72000	0.47370	0.99828	1.0397	0.02188	0.2616	0.1447
19	93	15	1.09333	-0.88667	0.03973	0.29333	0.24267	1.37450	3.8180	0.10506	0.5161	0.1359
19	94	7	0.48571	-3.54286	-0.00071	-0.38571	0.13714	0.27946	5.6124	0.03010	0.8859	0.0852
19	95	8	0.90000	-1.78750	0.02725	0.08750	0.30225	0.20702	2.1203	0.02716	0.5055	0.0586
19	96	9	1.34444	-0.24444	0.03267	0.24444	0.28656	1.05607	2.9674	0.02286	0.3575	0.0793
22	95	12	0.63333	-0.59167	-0.92508	-8.48333	-4.73517	1.22276	4.5028	2.06620	20.1483	10.1232
22	96	17	0.36471	-5.64118	-0.54059	-3.12353	-2.46176	0.80696	13.3151	1.37066	6.6572	6.2387
25	90	7	2.51429	0.34286	0.54114	0.28571	0.27471	1.77991	3.1780	0.72627	0.4140	0.1137
25	91	13	0.66923	-2.70000	0.01654	0.16923	0.14485	0.86061	9.1642	0.08275	0.3172	0.1866
25	92	17	0.47059	-0.67647	0.03541	0.36471	0.20612	0.97965	3.4700	0.05413	0.8321	0.1437
25	93	16	0.92500	-0.11875	0.00312	0.51250	0.40425	0.61482	2.0153	0.10347	0.4588	0.2651
25	94	10	0.62000	-2.18000	0.01330	-0.20000	0.25010	0.30111	3.3674	0.01854	0.7040	0.1447
25	95	7	0.72857	-1.18571	0.00943	0.42857	0.29686	0.49232	3.5662	0.02918	0.7477	0.2081
25	96	12	1.16667	-0.30000	0.10633	0.72500	0.33317	0.74142	2.2377	0.25103	1.7623	0.2354
26	96	6	0.60000	1.06667	0.02517	-0.15500	0.26050	0.46904	1.0443	0.00930	1.0780	0.1285
32	91	6	0.96667	-0.03333	0.02933	1.13333	0.44550	0.83586	1.6428	0.02455	2.0086	0.3266
32	94	11	0.90909	0.21818	0.01300	0.12727	0.19600	0.56472	0.8483	0.02904	0.3197	0.1096
32	95	9	0.64444	0.32222	0.02956	0.36667	0.19256	0.53411	1.3926	0.02440	0.4416	0.0998
33	95	9	0.87778	-1.78889	0.02256	0.23333	0.20633	0.41767	3.6268	0.01714	0.8216	0.0980
33	96	10	1.08000	0.48000	0.04910	0.48400	0.42090	0.63736	1.2960	0.02257	0.2995	0.2545
35	90	10	1.31000	1.10000	0.09350	0.42100	0.30690	0.65904	1.5100	0.21361	0.3710	0.1634
35	91	13	1.01817	1.27000	0.05448	0.41304	0.29235	1.39557	2.3175	0.02708	0.3003	0.1714
35	92	12	0.69167	1.88333	0.03000	0.17750	0.24283	0.36794	1.5123	0.05431	0.2639	0.1145
35	93	17	0.93285	1.38232	0.01167	0.31018	0.25651	0.31649	1.8740	0.09839	0.4712	0.1141
35	94	9	0.34444	1.51111	0.02700	0.20111	0.18656	0.66165	2.9548	0.01315	0.21163	0.10854
35	95	7	0.65714	0.78571	0.01814	0.19000	0.24457	0.50615	1.0189	0.02242	0.36810	0.19808
35	96	12	0.85000	1.13333	-0.04742	0.43333	0.32850	0.25761	0.8172	0.27614	0.69688	0.19932
45	90	6	2.31667	0.11667	-0.04750	0.78333	1.24417	1.48515	3.4574	0.30715	0.45350	0.54246
45	91	6	2.26667	-8.75000	0.02133	0.65000	0.78133	1.21271	23.2596	0.20059	0.33317	0.56523
45	92	6	1.23333	-0.30000	0.07400	0.75000	0.57950	0.41312	4.9315	0.06196	0.48477	0.33141
45	94	6	1.00000	-5.76667	-0.01633	0.38333	0.25983	0.44721	6.7754	0.04935	0.33116	0.11927
45	95	8	0.58750	-3.20000	-0.00338	0.47500	0.24550	0.50551	3.0543	0.01377	1.65939	0.18054
45	96	11	1.09091	-0.21818	0.04036	0.58182	0.62245	0.62523	1.6241	0.03040	0.95375	0.50987
48	94	13	0.94615	-2.56154	0.01908	0.67692	0.36585	0.43897	3.4165	0.02865	0.43041	0.08216

			<i>d</i>					<i>s</i>				
Nr.	År	n	BI ₅	SS	TOTP	TOTN	NH ₄ -N	BI ₅	SS	TOTP	TOTN	NH ₄ -N
48	95	11	1.14545	-2.84545	0.00273	0.60545	0.36891	0.87905	4.4198	0.07093	1.09413	0.14941
48	96	7	0.95714	0.12857	0.04129	0.97143	0.39686	0.54729	4.7352	0.01994	0.37289	0.06531
53	91	6	0.06667	-6.21667	0.04517	-0.06667	0.23583	0.88919	18.7101	0.05978	0.25820	0.05468
53	94	17	1.24706	-2.83529	0.02612	0.61176	0.39053	1.24052	4.2669	0.04403	0.83732	0.28803
53	95	17	1.62353	-2.14118	0.02747	1.84706	0.94271	1.26270	2.8368	0.05233	1.39244	0.83196
53	96	18	2.35556	-0.87778	0.06450	3.48333	0.97394	0.77704	1.8669	0.06007	1.47139	0.56539
61	90	6	0.81667	0.70000	0.00850	0.30000	0.26967	0.76529	0.3578	0.10701	0.25298	0.07254
61	91	6	0.80000	1.38333	0.03367	0.40000	0.33700	0.73756	1.5484	0.02458	0.20976	0.20552
61	92	6	0.66667	0.96667	0.03933	0.53333	0.47967	0.68020	2.2932	0.04499	0.43205	0.24459
61	93	6	0.68333	0.36667	0.00567	0.23333	0.26433	0.57764	1.7397	0.09168	0.38816	0.17221
61	94	7	0.41429	-2.14286	-0.07586	0.40000	0.17414	0.68417	3.0281	0.20089	0.36056	0.26251
61	95	9	0.38889	-3.15556	-0.00356	0.03333	0.16778	0.34801	2.5447	0.02173	0.40311	0.18329
61	96	12	0.90000	-2.53333	0.01833	0.69167	0.49783	0.59084	4.5775	0.02910	0.94239	0.45352
68	91	6	1.20000	-0.65000	0.05433	0.31667	0.25933	0.34641	8.4451	0.04525	0.20412	0.06068
68	92	6	0.96667	3.11667	0.05767	0.05000	0.40300	0.46762	1.4689	0.03211	1.14324	0.22843
68	93	7	0.98571	1.04286	0.03514	0.80000	0.24571	0.90816	1.6102	0.02708	0.64550	0.15098
68	94	6	0.65000	0.10000	0.02300	0.40000	0.26917	0.41352	4.4245	0.02902	0.62610	0.21812
68	95	9	0.40000	-0.24444	0.01778	-0.02222	0.19544	0.44721	2.4254	0.01043	0.36324	0.11171
68	96	12	0.70833	-0.84167	0.01650	0.16667	0.25117	0.82513	3.1422	0.02993	0.43970	0.12182
69	95	10	1.38000	-2.79000	0.02580	0.98100	0.49490	0.39384	2.2551	0.02658	0.31589	0.15167
69	96	11	2.24545	-0.11818	0.05027	1.33455	0.57773	1.60085	2.1367	0.03467	0.36787	0.25427
71	93	6	0.71667	-0.38333	0.01133	0.13333	0.18250	0.19408	1.4648	0.02238	0.37771	0.10553
71	94	13	0.84615	-0.76154	-0.02538	0.30000	0.28462	0.41355	1.6384	0.15290	0.62316	0.16276
71	95	12	0.75833	-4.13333	0.00692	-0.05833	0.17458	0.50355	4.4186	0.02041	0.52649	0.09102
71	96	6	0.53333	-4.26667	0.07100	1.20000	0.71700	0.47610	6.7796	0.14284	2.16148	1.40068
80	90	9	0.15556	0.30000	0.00811	0.18222	0.09689	0.55478	1.4327	0.13121	0.20535	0.08296
80	91	12	0.65000	0.90833	0.03150	0.23083	0.16192	0.45627	1.8248	0.02964	0.14330	0.06851
80	92	12	0.73333	1.27500	0.03200	0.29917	0.17533	0.72905	1.3791	0.02314	0.19346	0.08341
80	93	17	0.52068	0.16186	0.02566	0.18304	0.20357	0.52407	0.9537	0.01918	0.24102	0.10017
80	94	11	0.54545	-2.49091	0.00618	0.23455	0.20300	0.57509	6.9648	0.02916	0.27500	0.06416
80	95	6	0.41667	-0.01667	0.01883	0.15667	0.18300	0.26394	0.9704	0.00808	0.19273	0.07425
80	96	12	0.66667	0.10000	0.02083	0.21750	0.21550	0.49604	1.1217	0.01919	0.26523	0.11191
81	91	7	0.44286	0.51429	0.04071	0.08571	0.23000	0.60788	1.8587	0.03818	0.53050	0.22279
81	93	13	0.33077	-0.10769	0.02446	0.00615	0.11608	0.70520	3.8707	0.04481	0.38971	0.09698
81	94	12	0.30000	0.50000	0.01467	0.27083	0.13900	0.37899	3.6404	0.03372	0.58638	0.04542
81	95	10	0.46000	0.01000	0.00510	0.18000	0.14620	0.17127	1.1513	0.02070	0.12293	0.03827
81	96	11	0.60909	0.77273	0.02264	0.25545	0.18955	0.36457	1.4269	0.01858	0.25812	0.08999
87	90	9	1.25556	-2.72222	0.13611	0.44222	0.25978	0.30046	8.3889	0.09104	0.28323	0.10873
87	91	12	1.16183	1.43908	0.04175	0.24682	0.21227	0.38270	1.8517	0.02188	0.28581	0.14021
87	92	10	0.75000	-0.51000	0.01480	0.35600	0.20850	0.17159	2.2990	0.05196	0.52775	0.07261
87	93	16	0.89399	0.3380	0.08527	0.25767	0.20611	0.40245	1.1760	0.16101	0.40154	0.08914
87	94	8	0.58750	-3.9125	0.01188	0.10000	0.25263	0.36815	10.3601	0.03129	0.57294	0.11450
87	95	6	0.60000	-0.9167	0.01433	0.32333	0.23350	0.22804	2.5764	0.00836	0.26341	0.07947
87	96	12	0.81667	0.0500	0.02342	-0.13333	0.35692	0.42605	1.8198	0.01055	1.31986	0.16976
88	90	6	0.21667	0.8000	-0.13367	0.08333	0.14517	0.17224	0.6573	0.24861	0.41673	0.07689
88	91	12	-0.01667	-3.3333	-0.05950	-0.06667	0.09750	0.84297	12.5632	0.15247	0.25346	0.09946
88	92	7	0.15714	-1.1571	0.00414	-0.01429	0.11286	0.61062	2.8183	0.01593	0.98222	0.06601
88	93	12	0.73333	-1.2167	-0.01067	0.24167	0.16042	0.41194	5.2649	0.09141	1.58485	0.06717
88	94	6	0.68333	-0.6333	0.01117	0.48333	0.18083	0.17224	2.7500	0.04263	1.41622	0.04779
88	95	6	0.55000	0.1500	0.00683	0.18333	0.13333	0.13784	0.3782	0.00788	0.76529	0.04320
88	96	6	0.75000	0.9833	0.01283	-0.53333	0.15117	0.23452	1.9934	0.00816	0.77115	0.04517
97	91	9	2.98889	1.0444	0.05044	0.51111	0.33489	1.48782	1.5347	0.03610	0.28480	0.19861
97	92	6	1.33333	0.7500	0.04533	0.16500	0.21783	0.80166	0.6348	0.03149	1.06995	0.12347
97	93	21	0.33810	0.3786	0.02367	0.10381	0.19690	1.70190	1.8795	0.10601	0.66581	0.12309
97	94	24	0.32500	-1.5292	0.00879	-0.25333	0.07113	1.44230	5.0497	0.08731	0.86593	0.25689
101	90	7	1.17143	-0.0857	-0.05500	-0.04286	0.22714	0.83409	2.0964	0.35340	0.78498	0.09935
101	91	6	1.28333	0.1333	-0.12950	0.16667	0.17933	0.54924	0.4885	0.43292	0.10328	0.06531
101	92	6	0.95000	0.0167	0.06883	0.58333	0.22817	0.32094	2.7169	0.04841	0.87274	0.16649
101	93	6	1.00000	1.3833	0.03500	0.05000	0.24833	0.27568	1.2703	0.01642	0.48062	0.13906
101	94	8	0.67500	0.1625	0.01113	0.20000	0.23738	0.56252	2.0853	0.01594	0.28284	0.09201
101	95	9	0.45556	-2.5889	0.00467	0.02000	0.14278	0.42164	3.8394	0.01863	0.48073	0.04435
101	96	8	0.83750	-2.6500	0.00037	0.35000	0.22113	0.78547	4.0782	0.02494	0.34226	0.13033
105	90	6	0.26667	0.6333	0.18950	0.15000	0.12517	0.76070	0.4590	0.24942	0.36742	0.06900
105	91	6	0.45000	0.4167	0.05167	0.30500	0.11200	0.45935	0.7111	0.05031	0.24688	0.06354
105	92	19	0.73158	-0.6895	0.02721	0.32368	0.18711	0.63074	2.7759	0.01913	0.21368	0.06458
105	93	18	0.02778	-0.9778	0.00961	0.15667	0.13078	1.12815	4.3824	0.04898	0.21901	0.08177
105	94	10	0.42000	-5.9300	-0.02600	0.26000	0.16190	0.39384	23.5283	0.15717	0.19551	0.06188
105	95	12	0.06667	-1.6667	0.00750	0.14167	0.15308	0.47354	2.4618	0.04491	0.37285	0.07630
105	96	11	0.33636	0.2727	0.01682	0.18182	0.08291	0.43191	1.0090	0.01472	0.19400	0.10323
106	91	7	-0.12857	-30.2429	-0.07300	0.34286	0.24329	1.48516	32.2628	0.17306	1.37581	0.09518

			$\bar{d}$					$\bar{s}$				
Nr.	År	n	BI ₅	SS	TOTP	TOTN	NH ₄ -N	BI ₅	SS	TOTP	TOTN	NH ₄ -N
106	92	12	0.66667	-58.4250	-0.16008	-0.47500	0.19658	1.08068	35.5558	0.14825	0.63836	0.12937
106	93	6	0.60000	-20.2833	-0.44383	-1.15000	0.12683	1.26491	19.5564	0.54374	1.00150	0.09954
106	95	6	0.18333	-43.3167	-0.20233	-0.25000	0.18500	0.65549	37.1886	0.23568	0.63797	0.15070
106	96	6	-0.11667	-59.1167	-0.32983	-1.63333	0.06667	0.78337	40.1459	0.25334	1.62070	0.10501
108	95	11	0.29091	-1.3182	-0.01200	-0.07545	0.14282	0.37001	3.4684	0.04307	1.02284	0.06777
108	96	6	0.31667	-0.3333	0.00617	-0.10833	0.10500	0.23166	2.7354	0.03558	0.40271	0.13578
111	95	11	0.36364	-4.5000	-0.02336	-0.42727	0.04818	0.36407	5.8646	0.03026	0.87303	0.08268
113	91	10	1.77000	1.6400	0.06300	0.76000	0.50220	0.89821	4.9484	0.06402	0.38064	0.20056
113	92	10	0.58000	-1.4700	0.02260	0.29000	0.22560	0.39665	2.4962	0.04175	0.86468	0.07470
113	93	17	0.10588	-6.0235	-0.00053	0.32353	0.31312	1.77921	15.0828	0.06576	0.62703	0.26790
113	94	10	0.42000	-3.1600	0.00180	0.22000	0.26900	0.36757	3.2830	0.02006	0.37059	0.12004
113	95	6	0.71667	-1.9167	0.01700	0.18333	0.27000	0.34881	2.5039	0.02044	0.33116	0.16037
113	96	11	0.69091	-6.7091	-0.01218	0.26364	0.24409	0.32079	16.7045	0.07532	0.60708	0.15576
119	92	6	0.56667	-3.9333	-0.01467	-0.58167	0.18383	0.21602	1.2340	0.03761	1.66699	0.12518
119	93	6	1.11667	-2.7500	-0.01417	-0.10333	0.23450	0.41191	1.2438	0.02148	0.84339	0.13550
119	94	6	0.31667	-4.4500	-0.00833	0.36500	0.24033	0.80850	1.2566	0.02229	0.75145	0.11228
119	95	6	0.80000	-5.0000	0.00800	0.19833	0.18917	0.62610	2.8235	0.03303	0.26977	0.12347
119	96	6	0.48333	-2.7000	-0.00867	0.06000	0.20167	0.21370	1.6087	0.01712	0.27488	0.08640
124	91	7	-0.02857	-2.8429	0.03529	0.18571	0.31400	0.40708	3.8004	0.03474	0.42984	0.22595
124	93	7	1.21429	-3.8857	-0.00157	-0.35714	0.93943	1.17392	5.3480	0.07909	1.33648	1.30620
124	94	11	0.83636	-5.5909	0.04245	0.91818	0.70791	0.42491	6.9433	0.03755	0.70259	0.34848
124	95	9	1.02222	-4.5000	0.04378	0.19333	0.66533	1.13113	6.2845	0.08161	1.07093	0.48735
124	96	6	1.90000	-8.0667	0.02667	0.78333	1.04417	0.87636	15.2326	0.09232	1.12146	0.71102
160	91	6	1.38333	-0.4167	0.03317	0.10000	0.27783	0.55287	3.9565	0.01484	0.52915	0.06372
160	92	7	1.12857	1.4143	0.05314	-0.24286	0.33143	0.94994	0.6719	0.07508	0.81416	0.12171
160	93	8	0.60000	1.1750	0.01100	0.07500	0.26175	1.05153	0.6923	0.06652	1.13861	0.22076
160	94	10	-0.02000	0.4900	0.01680	-0.23000	0.17220	0.97730	1.4208	0.01030	0.73794	0.08598
160	95	6	-0.36667	0.5833	0.01983	-0.08333	0.25450	0.47188	1.9631	0.01048	0.35449	0.13731
160	96	6	0.90000	1.0500	0.04217	-0.16667	0.39583	1.11893	0.6745	0.03997	1.39809	0.12064

Bilag 2 fortsat

Median , 25%- og 75%-fraktil for de listede værdier. Alle koncentrationer er angivet i mg l⁻¹.

Stof	Krav	Overkoncentration			Spredning (s)		
		Median	25%	75%	Median	25%	75%
BI ₅	1	0,66	0,40	0,95	0,53	0,37	0,81
SS	3	-0,30	-2,6	0,51	2,5	1,5	4,5
TOTP	0,05	0,017	0,002	0,033	0,036	0,022	0,091
TOTN	0,6	0,217	0,075	0,383	0,440	0,300	0,785
NH ₄ -N	0,4	0,221	0,160	0,292	0,118	0,081	0,181

Bilag 3

Spredning s i op- og nedstrømskoncentrationer for 34 dambrug i Ringkjøbing Amt med $n \geq 6$ per år. Alle koncentrationer er angivet i mg l^{-1} .

Nr.	År	BI ₅ Op	BI ₅ Ned	SS Op	SS Ned	TOTP Op	TOTP Ned	TOTN Op	TOTN Ned	NH ₄ -N Op	NH ₄ -N Ned
4	90	0.98056	1.08321	2.4149	2.46523	0.20531	0.42227	1.0487	1.41021	0.0726	0.12199
4	91	0.84479	0.50859	0.7633	0.41673	0.28051	0.01639	0.3933	0.41312	0.0184	0.05428
4	92	0.44310	0.43506	1.8175	1.64337	0.02067	0.04192	1.3208	1.28011	0.0678	0.10979
4	93	0.77587	0.46101	2.3009	1.11634	0.30370	0.01948	1.5788	1.54208	0.0674	0.07376
4	94	0.44202	0.22293	2.2183	2.19219	0.02502	0.02232	0.9845	1.31909	0.0632	0.08629
4	95	0.39521	0.56569	6.8220	2.89293	0.02015	0.02641	1.2715	1.26623	0.0623	0.16482
4	96	0.21602	0.37639	15.2788	5.00227	0.03774	0.02610	0.8914	0.84951	0.0718	0.06512
11	90	1.49755	1.33866	3.5231	4.14990	0.49955	0.15212	2.1264	2.41053	0.0673	0.08922
11	91	0.42426	0.63377	1.9398	1.29409	0.04059	0.02625	0.6676	0.50892	0.0321	0.08892
11	92	0.77933	0.82329	9.6054	4.92547	0.08074	0.05629	1.6604	1.37893	0.0822	0.08939
11	93	0.44988	0.41625	4.2200	3.35181	0.07597	0.05441	2.2580	2.19043	0.0820	0.10534
11	94	0.33830	0.90015	7.6966	5.56060	0.09731	0.08072	1.5194	1.86979	0.1770	0.23397
11	95	0.50143	0.66440	6.3583	3.09346	0.03293	0.03901	1.4404	1.48308	0.0582	0.17406
11	96	1.96646	0.74150	10.9313	2.57890	0.11199	0.01341	1.2544	1.24097	0.1614	0.07265
14	95	0.58205	0.50174	6.1367	2.38683	0.07536	0.04553	0.9725	0.67302	0.0777	0.08761
14	96	0.78870	0.83171	10.1757	3.16228	0.07985	0.03521	0.9810	0.87108	0.2117	0.19316
15	90	0.83287	0.44721	1.0450	1.5895	0.38584	0.08774	0.5574	0.37771	0.0984	0.14162
15	91	0.81588	0.92250	1.9026	1.8740	0.02805	0.05224	0.5820	0.39200	0.0836	0.12992
15	92	0.65064	0.23705	1.0163	1.3475	0.01356	0.01996	1.0511	0.85328	0.0779	0.07521
15	93	0.46194	0.36699	8.4539	3.5694	0.42422	0.07089	0.5909	0.56996	0.1183	0.13399
15	94	0.45885	0.42853	6.1037	4.2641	0.05258	0.04788	0.6585	0.49494	0.1406	0.11262
15	95	0.22074	0.25009	1.8635	1.3266	0.02574	0.01666	0.4085	0.34710	0.0901	0.10497
15	96	0.25626	0.30768	1.0488	2.4844	0.15897	0.15584	0.1975	0.14511	0.0569	0.12627
16	92	0.52418	0.36450	3.3931	1.0405	0.01872	0.01420	0.9708	1.54705	0.0777	0.13629
16	96	0.36209	0.29458	3.1309	3.1101	0.02202	0.02569	1.2877	1.33150	0.3973	0.47038
18	92	0.75214	0.90185	2.7079	3.1901	0.02616	0.03638	0.1397	0.40708	0.1053	0.26692
18	96	1.24882	0.65668	2.3088	1.9085	0.02801	0.02319	0.2449	0.35839	0.0836	0.17347
19	93	0.40214	1.45576	7.1586	3.5182	0.07086	0.14800	2.4890	2.55097	0.0478	0.11577
19	94	0.26095	0.21381	9.5402	5.0108	0.05479	0.04372	1.5915	1.48965	0.0793	0.10286
19	95	0.16690	0.20529	3.5215	3.1372	0.02766	0.02661	0.9257	1.02120	0.0307	0.04470
19	96	0.32404	1.07251	6.5232	4.4787	0.04194	0.02294	2.5169	2.27968	0.0681	0.10224
22	95	0.51427	1.12610	4.7419	4.4311	2.85148	0.99973	27.3417	7.85360	16.0545	6.27957
22	96	1.82718	1.41401	19.9899	9.5990	1.39260	0.08410	7.24225	1.19610	6.40389	0.30937
25	90	0.37289	1.90950	3.9072	0.9063	0.20202	0.71447	0.98899	1.11654	0.05381	0.09123
25	91	0.93760	0.66226	10.8236	4.0401	0.08413	0.05476	1.25856	0.99750	0.11983	0.14149
25	92	1.01645	0.52811	4.4563	1.3879	0.02771	0.05367	1.44919	1.78916	0.07872	0.10776
25	93	0.65163	0.88259	3.0246	2.1604	0.10146	0.03377	1.89191	1.70992	0.07942	0.24894
25	94	0.36347	0.42439	4.5977	1.9070	0.03690	0.03703	1.91616	1.80201	0.05079	0.12201
25	95	0.27603	0.68903	3.4619	4.0607	0.02098	0.02103	1.11419	0.90343	0.03477	0.21306
25	96	2.18362	2.05773	7.4788	5.6020	0.13062	0.27200	2.04739	1.84939	0.52136	0.43813
26	96	0.44721	0.44272	1.5423	1.4679	0.00999	0.00965	1.63432	1.45330	0.06022	0.09582
32	91	0.93541	0.56716	2.3186	2.0235	0.04102	0.02774	0.40825	2.14631	0.14227	0.26447
32	94	0.64399	0.77507	2.3102	2.0150	0.04325	0.04867	0.56585	0.54589	0.17687	0.15410
32	95	0.56740	0.88991	0.1667	1.4593	0.02360	0.03315	0.62450	0.53619	0.07781	0.12865
33	95	0.15000	0.50607	4.0652	1.0149	0.00883	0.01967	1.05567	1.22282	0.01480	0.09631
33	96	0.34577	0.62929	1.7295	1.6414	0.01103	0.01825	0.61859	0.56608	0.02358	0.24486
35	90	0.74117	1.23671	2.8139	2.3693	0.17503	0.18091	1.75436	1.71071	0.12044	0.22842
35	91	0.96563	1.08538	5.5461	3.4954	0.03394	0.02726	0.98781	0.86690	0.07918	0.20545
35	92	0.46677	0.55996	2.0567	1.8123	0.06209	0.02990	1.56696	1.55123	0.11628	0.15663
35	93	0.38872	0.39131	3.8149	2.3486	0.09901	0.02635	1.93795	2.02544	0.07537	0.15442
35	94	0.67659	0.16159	1.1447	2.7358	0.01494	0.02119	0.88428	0.80509	0.09845	0.17282
35	95	0.31320	0.43150	1.9849	1.5604	0.01409	0.02155	0.85245	0.89433	0.07049	0.18579
35	96	0.26227	0.36265	1.3007	1.2295	0.27177	0.01905	1.33712	1.44348	0.11191	0.17748
45	90	0.55287	1.60083	4.4625	1.3297	0.29325	0.04875	1.97019	1.58451	0.04435	0.50722
45	91	0.44907	1.15138	23.6692	4.6958	0.20256	0.04099	0.47924	0.60222	0.05799	0.51933
45	92	0.37639	0.34496	4.6247	1.0392	0.02891	0.03753	1.19736	1.25645	0.03945	0.30651
45	94	0.64005	0.82563	8.1545	3.4221	0.08335	0.03744	0.30605	0.30111	0.10086	0.12061
45	95	0.61164	0.43012	3.4059	1.5250	0.02329	0.02511	1.22991	1.66642	0.04489	0.14587
45	96	0.52049	0.56214	2.7513	2.2843	0.04136	0.03685	1.05839	1.21356	0.18905	0.47270
48	94	0.28171	0.29000	5.2351	3.6915	0.05417	0.04948	0.73319	0.92063	0.08672	0.07543

Nr.	Ar	BI ₅ Op	BI ₅ Ned	SS Op	SS Ned	TOTP Op	TOTP Ned	TOTN Op	TOTN Ned	NH ₄ -N Op	NH ₄ -N Ned
48	95	0.61880	0.81151	13.2651	10.4044	0.11770	0.05171	1.57343	1.21018	0.12255	0.09509
48	96	0.39881	0.31848	4.3904	3.9631	0.03066	0.02118	0.89576	0.92890	0.12080	0.13841
53	91	0.57879	0.91305	19.6807	2.0501	0.01849	0.05625	0.62209	0.49565	0.02525	0.06676
53	94	1.01395	0.91177	4.0772	1.4124	0.02508	0.04310	1.23655	1.22870	0.11078	0.27537
53	95	0.55446	1.05122	3.0199	1.6320	0.05257	0.04675	1.10177	1.51677	0.04220	0.83131
53	96	0.29350	0.75848	2.8522	1.8356	0.04055	0.05605	0.89459	1.58634	0.03187	0.58188
61	90	0.82644	0.32042	1.2931	1.0936	0.10928	0.10396	0.62209	0.77136	0.07303	0.11197
61	91	0.98319	0.67725	2.1498	3.2562	0.05924	0.04836	0.58195	0.68020	0.15610	0.17154
61	92	0.80664	0.92736	2.8331	1.6513	0.02982	0.02244	1.02908	1.06097	0.05602	0.23744
61	93	0.26077	0.51929	2.6256	1.9409	0.09196	0.03144	0.58224	0.74140	0.08627	0.19813
61	94	0.47509	0.40356	4.8265	2.2284	0.18656	0.03614	0.45356	0.44615	0.16816	0.18456
61	95	0.39405	0.26926	3.4631	1.4841	0.02732	0.02325	0.62871	0.71725	0.15149	0.09038
61	96	0.79215	0.62975	17.6045	13.5281	0.08923	0.07621	0.87642	1.27136	0.17759	0.38180
68	91	0.48442	0.42740	8.9835	1.8734	0.03378	0.04091	0.65115	0.65243	0.11597	0.14303
68	92	0.78401	0.78486	3.4892	3.4087	0.01863	0.02684	1.36626	1.55360	0.05070	0.22772
68	93	0.39761	1.00830	2.5275	1.8920	0.01891	0.04214	1.26548	1.70629	0.06986	0.13037
68	94	0.21602	0.41673	6.0126	1.8295	0.04034	0.01863	1.16905	0.63140	0.09731	0.16170
68	95	0.19437	0.42164	2.9733	1.5133	0.01287	0.00756	0.54314	0.69482	0.06070	0.09029
68	96	0.77357	0.95711	7.6905	6.6333	0.06611	0.04715	1.42754	1.25154	0.17972	0.15500
69	95	0.18529	0.55388	1.7203	0.7490	0.01784	0.02804	0.04040	0.33377	0.01384	0.15100
69	96	0.20226	1.56030	3.2026	3.81597	0.03016	0.02948	0.09772	0.41702	0.02186	0.25365
71	93	0.36009	0.43665	2.1018	1.46242	0.03365	0.02071	0.76877	0.63377	0.05426	0.06623
71	94	0.24311	0.50915	2.3991	1.41267	0.14669	0.01954	1.02994	0.78258	0.07673	0.12686
71	95	0.38009	0.43589	4.2847	2.25845	0.02133	0.01186	0.58795	0.70173	0.06888	0.06864
71	96	0.79099	0.87958	10.0171	3.38019	0.06542	0.20427	0.58878	2.56879	0.19231	1.57484
80	90	1.22984	1.28008	2.6222	2.34704	0.14722	0.18400	1.45344	1.55633	0.12187	0.18036
80	91	0.58284	0.52800	2.2988	1.78349	0.03256	0.02551	0.36794	0.32880	0.11825	0.12179
80	92	0.711409	0.53845	1.8849	1.59488	0.03262	0.01962	0.57498	0.63666	0.10712	0.08028
80	93	0.39136	0.36034	1.8176	1.10826	0.02659	0.02830	0.79851	0.79864	0.14034	0.19525
80	94	0.61850	0.58621	12.5891	6.22695	0.08583	0.06718	0.64074	0.64421	0.13903	0.17274
80	95	0.35449	0.38297	2.1748	1.36675	0.02738	0.03218	0.36148	0.53710	0.03933	0.10534
80	96	0.39341	0.39648	2.2967	1.91981	0.11431	0.11611	0.61853	0.60808	0.12844	0.17171
81	91	0.84628	0.82549	2.9027	1.81698	0.02732	0.02968	0.41519	0.42762	0.11207	0.23693
81	93	0.49016	0.67406	11.8799	9.05367	0.07966	0.08071	0.89206	1.03724	0.17957	0.15096
81	94	0.51896	0.28324	2.2526	4.17129	0.02744	0.04100	0.50871	0.81755	0.09231	0.10028
81	95	0.30478	0.21499	1.8890	1.38920	0.02788	0.01955	0.34010	0.33082	0.07059	0.07465
81	96	0.36730	0.32558	2.2646	2.45864	0.02314	0.02999	0.62725	0.67055	0.11588	0.11705
87	90	0.68638	0.84261	12.9154	5.10509	0.19974	0.26366	1.56321	1.39620	0.02650	0.11870
87	91	0.27579	0.38049	1.7575	2.87545	0.02119	0.01805	0.67177	0.49487	0.04265	0.12360
87	92	0.31640	0.26583	7.1959	4.94395	0.05685	0.01998	1.03043	0.97264	0.00384	0.07337
87	93	0.48149	0.49060	1.5928	1.28002	0.02947	0.17027	1.45454	1.52200	0.00914	0.09052
87	94	0.34408	0.28158	10.7572	0.90544	0.04112	0.01179	1.44364	1.22757	0.03439	0.09156
87	95	0.18348	0.33116	3.7409	3.04921	0.01812	0.01495	0.98034	0.82148	0.01242	0.07488
87	96	0.28762	0.35760	1.6889	1.02632	0.01266	0.01139	1.94615	1.29485	0.12124	0.17330
88	90	0.40332	0.30605	0.4167	0.34881	0.25522	0.10374	0.93167	1.09438	0.05810	0.10759
88	91	1.07224	0.99407	14.5970	2.60489	0.16026	0.06864	1.44691	1.55804	0.10647	0.14993
88	92	0.50943	0.63621	3.2274	0.92014	0.01453	0.01994	1.93944	1.39762	0.06137	0.08731
88	93	0.42950	0.33063	5.2118	1.28071	0.09241	0.01817	1.61320	2.28359	0.12100	0.14905
88	94	0.40208	0.38987	3.1207	0.83427	0.05187	0.01519	0.97365	2.03511	0.07508	0.08359
88	95	0.19748	0.15492	1.1009	0.87350	0.01152	0.00970	0.69690	0.45166	0.08472	0.09326
88	96	0.31411	0.43551	0.6387	2.21216	0.01912	0.01727	2.20764	2.19947	0.10759	0.10463
97	91	0.81921	1.61555	1.4509	1.41284	0.04801	0.03528	1.17580	1.09861	0.09078	0.24575
97	92	0.79498	0.91797	0.4320	0.82805	0.01690	0.03814	2.54454	1.89406	0.05661	0.16092
97	93	1.52844	0.76544	1.6119	1.44657	0.10645	0.03826	2.23330	2.01293	0.09641	0.11216
97	94	0.89312	0.84715	5.6880	3.08545	0.09142	0.03958	1.63923	1.54243	0.24837	0.14911
101	90	0.58513	0.54116	2.8131	1.46222	0.29171	0.23471	1.30949	0.59362	0.03407	0.08463
101	91	0.73666	0.33116	1.2671	1.02843	0.43523	0.03060	0.49160	0.44008	0.01776	0.07521
101	92	0.76092	0.59330	5.7726	3.23522	0.02209	0.05825	1.05909	1.14134	0.00041	0.16642
101	93	0.10954	0.20976	1.3049	0.86429	0.01082	0.01179	0.71204	0.81240	0.02041	0.12723
101	94	0.38079	0.55032	1.8342	0.88156	0.01160	0.00904	0.77644	0.78011	0.02000	0.08518
101	95	0.42753	0.29580	4.5752	1.30043	0.01946	0.01216	0.76394	1.07620	0.03556	0.04126
101	96	0.32266	0.76111	4.4987	1.22000	0.02695	0.00860	0.47641	0.59025	0.05287	0.09761
105	90	0.76790	0.33912	0.9004	1.23612	0.03601	0.22735	0.76616	0.73756	0.05404	0.08448
105	91	0.63246	0.89163	1.8352	1.79490	0.03204	0.06089	0.40351	0.30111	0.06370	0.10155
105	92	0.64309	0.88536	2.8269	1.66528	0.02117	0.02427	0.58323	0.66434	0.06888	0.08539
105	93	1.23521	0.43555	7.0941	3.28329	0.07034	0.05595	0.53350	0.53160	0.09786	0.11073
105	94	0.47246	0.60378	29.7342	8.50365	0.17886	0.05665	0.59777	0.47889	0.13228	0.12525
105	95	0.55834	0.32602	2.9644	1.90693	0.03546	0.03498	0.51581	0.32787	0.06737	0.07447
105	96	0.28316	0.42255	1.1832	1.10371	0.01105	0.01015	0.88142	0.81050	0.05448	0.06519
106	91	1.39027	0.37607	32.8278	1.26076	0.15749	0.02117	0.61373	1.16884	0.07463	0.11582

Nr.	År	BI ₅ Op	BI ₅ Ned	SS Op	SS Ned	TOTP Op	TOTP Ned	TOTN Op	TOTN Ned	NH ₄ -N Op	NH ₄ -N Ned
106	92	0.70065	0.69848	36.2475	3.47784	0.14321	0.01454	1.14372	1.10769	0.04604	0.11448
106	93	0.81486	0.65422	21.0068	2.85756	0.53207	0.03646	1.69165	1.05198	0.09152	0.07711
106	95	0.44460	0.60882	39.6429	4.11534	0.24991	0.02115	1.14193	0.68629	0.10093	0.11339
106	96	1.07409	0.92448	42.7430	2.77615	0.27725	0.04121	2.91164	1.53721	0.15332	0.15996
108	95	0.41429	0.35802	5.2074	2.66509	0.08878	0.05897	1.41492	1.38615	0.08667	0.05061
108	96	0.79603	0.66833	9.7184	7.25553	0.09189	0.05898	1.74585	1.67278	0.28432	0.17437
111	95	0.53902	0.54772	8.4885	3.10773	0.06011	0.03278	0.71668	1.25973	0.10117	0.05887
113	91	0.42740	0.98596	5.1226	2.82176	0.04500	0.04041	0.78238	0.82738	0.14783	0.19439
113	92	0.35528	0.43767	4.4197	2.09857	0.04527	0.01897	1.48399	2.21181	0.05029	0.10214
113	93	1.93587	0.47712	16.5689	2.98686	0.07276	0.03266	0.82315	0.82176	0.17253	0.36658
113	94	0.30258	0.38064	4.6260	2.10037	0.04125	0.02317	0.30478	0.39497	0.07052	0.14678
113	95	0.21679	0.29439	3.7143	2.37859	0.02909	0.01574	0.51153	0.64807	0.09245	0.17432
113	96	0.83905	0.92461	21.0071	4.98645	0.10254	0.03206	0.96465	0.98082	0.20512	0.09497
119	92	0.55857	0.73394	3.8809	3.03672	0.03449	0.03070	2.24180	0.94498	0.02547	0.11634
119	93	0.51769	0.47924	3.0428	2.22927	0.03279	0.01959	1.17757	0.74115	0.05574	0.15402
119	94	0.62530	0.82381	1.5446	0.86641	0.01880	0.01731	0.34448	0.65707	0.03767	0.11215
119	95	0.54191	1.02062	5.1138	3.03886	0.01092	0.04033	0.26077	0.34114	0.03582	0.11088
119	96	0.65013	0.79183	3.7729	2.27046	0.02646	0.01372	0.40702	0.25065	0.05275	0.09576
124	91	0.96264	0.84403	4.0585	1.51752	0.03546	0.02623	0.84937	0.66081	0.15282	0.15649
124	93	0.55592	0.99475	5.4408	0.70812	0.06159	0.04726	1.94496	1.70824	0.23844	1.20337
124	94	0.24827	0.53155	7.4352	1.56832	0.06101	0.04721	0.87573	0.89828	0.04821	0.35759
124	95	0.45308	0.89969	6.2197	1.00125	0.07965	0.04024	0.43686	0.95670	0.17754	0.36678
124	96	1.42782	1.67053	18.4407	3.29525	0.13007	0.05255	1.42045	0.77115	0.31369	0.69967
160	91	0.35637	0.50067	5.2218	1.55263	0.00769	0.01089	1.48784	1.68810	0.07474	0.10834
160	92	0.82028	0.41115	1.3656	1.71270	0.07559	0.14992	1.58430	1.55762	0.00920	0.11611
160	93	0.77782	0.53385	0.4868	0.88307	0.06321	0.01333	1.89133	1.18894	0.09882	0.13695
160	94	0.84169	0.45509	1.4374	0.73098	0.01205	0.00896	2.15564	1.72111	0.03082	0.10032
160	95	0.36009	0.49160	2.6121	1.51085	0.00655	0.01371	2.16426	2.10753	0.05405	0.16208
160	96	0.57067	0.81588	0.7062	1.00283	0.00041	0.03990	1.10935	1.06521	0.06720	0.14757

Bilag 3 fortsat

Median, 25%- og 75%-fraktil for de ovenfor listede spredninger. Alle koncentrationer er i mg l^{-1} .

Stof	Op-/nedstrøm	Median	25%	75%
BI ₅	Op	0,46	0,28	0,78
BI ₅	Ned	0,52	0,34	0,88
SS	Op	2,8	1,4	5,4
SS	Ned	1,9	1,1	3,1
TOTP	Op	0,034	0,019	0,082
TOTP	Ned	0,031	0,018	0,053
TOTN	Op	0,85	0,49	1,4
TOTN	Ned	0,82	0,50	1,4
NH ₄ -N	Op	0,071	0,035	0,11
NH ₄ -N	Ned	0,12	0,085	0,18

Bilag 4

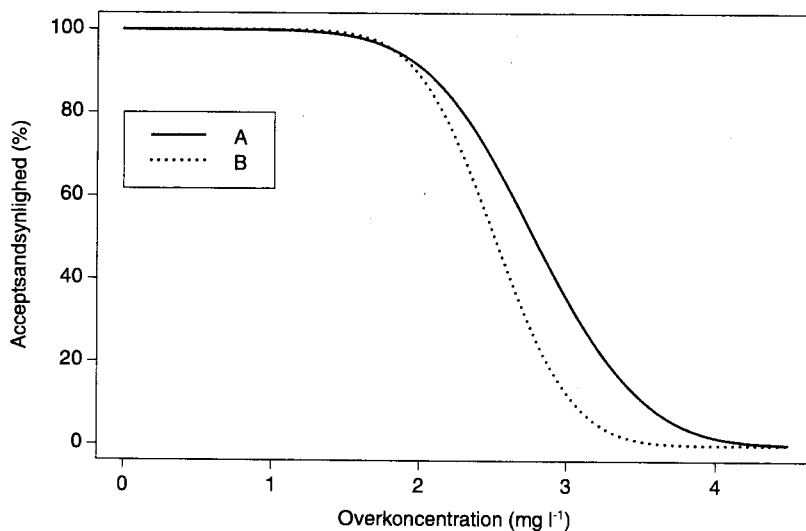
Koncentrationsniveauet for indløb og udløb i 34 dambrug fra Ringkjøbing Amt. Der er angivet medianen af alle årsgennemsnit samt 25% og 75% fraktilen herfor. Alle koncentrationer er angivet i mg l^{-1} .

Variabel	Op-/Nedstrøms	Median	25%	75%
BI ₅	Op	1,3	1,1	1,7
BI ₅	Ned	2,0	1,7	2,4
SS	Op	4,9	3,5	8,0
SS	Ned	4,5	3,6	5,8
TOTP	Op	0,08	0,06	0,11
TOTP	Ned	0,10	0,08	0,13
TOTN	Op	3,6	2,4	4,4
TOTN	Ned	3,8	2,6	4,7
NH ₄ -N	Op	0,14	0,09	0,19
NH ₄ -N	Ned	0,37	0,31	0,46

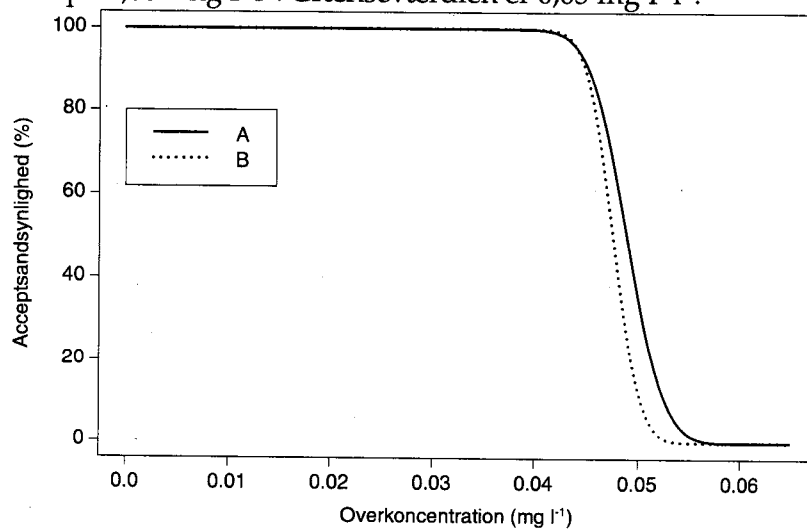
Bilag 5

OC-kurver for Dambrugsbekendtgørelsens kontrolregler, og hvor variationen kun består af analyseusikkerhed. Analyseusikkerheder er fra Svendsen og Rebsdorf (1994) for de koncentrationsniveauer, der er fundet ud fra 34 dambrug i Ringkjøbing Amt.

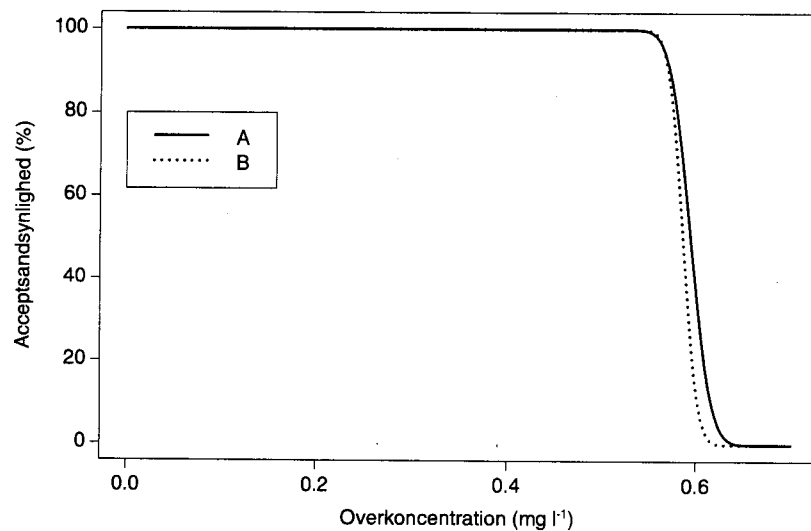
OC-kurve for SS med en analyseusikkerhed i overkoncentrationen på $1,414 \text{ mg SS l}^{-1}$. Grænseværdien er 3 mg l^{-1} .



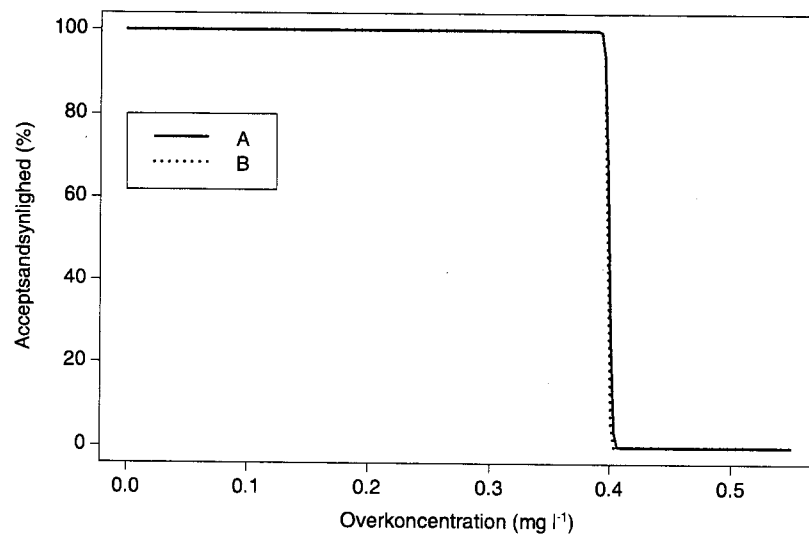
OC-kurve for TOTP med en analyseusikkerhed i overkoncentrationen på $0,007 \text{ mg P l}^{-1}$. Grænseværdien er $0,05 \text{ mg P l}^{-1}$.



OC-kurve for TOTN med en analyseusikkerhed i overkoncentrationen på 0,042 mg N l⁻¹. Grænseværdien er 0,6 mg N l⁻¹.



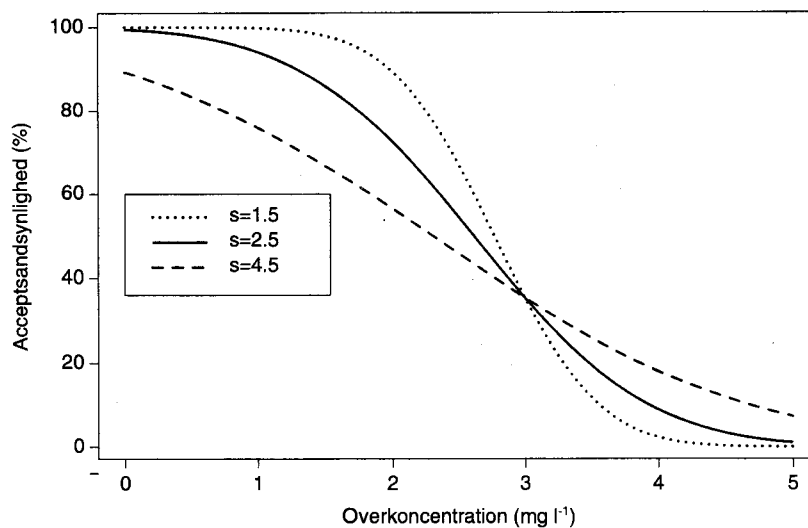
OC-kurve for NH₄-N med analyseusikkerhed i overkoncentrationen på 0,006 mg NH₄-N l⁻¹. Grænseværdien er 0,4 mg NH₄-N l⁻¹.



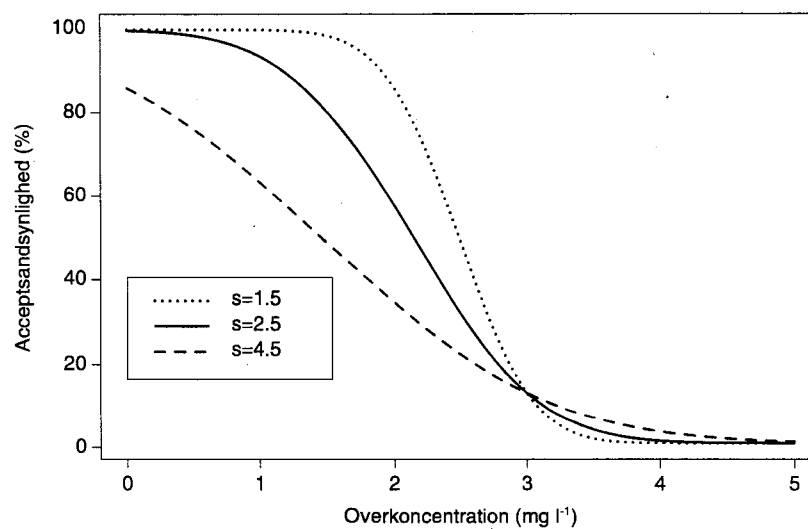
Bilag 6

OC-kurver vist med den faktiske variabilitet beregnet ud fra data i 34 miljøgodkendte dambrug i Ringkjøbing Amt.

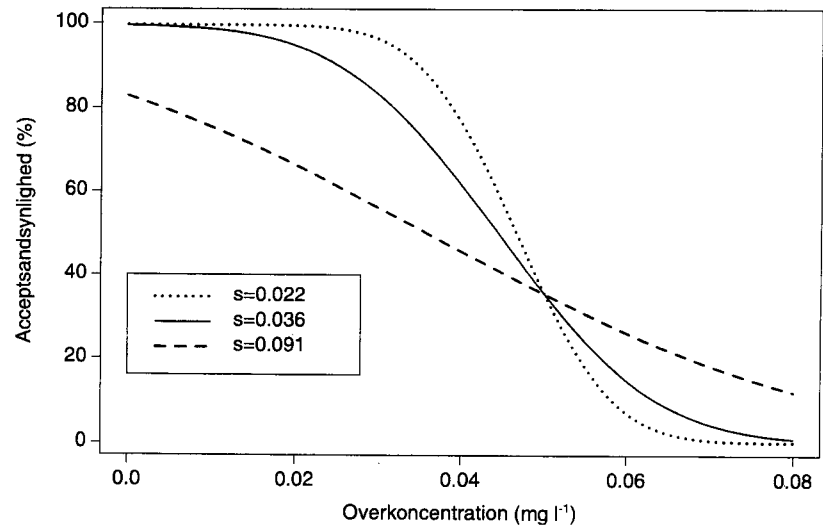
SS. Kontrolregel A.



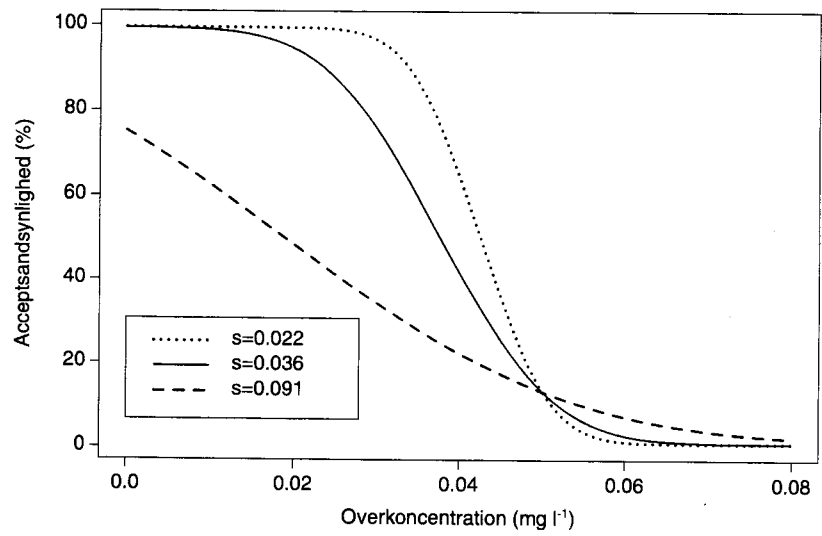
SS. Kontrolregel B.



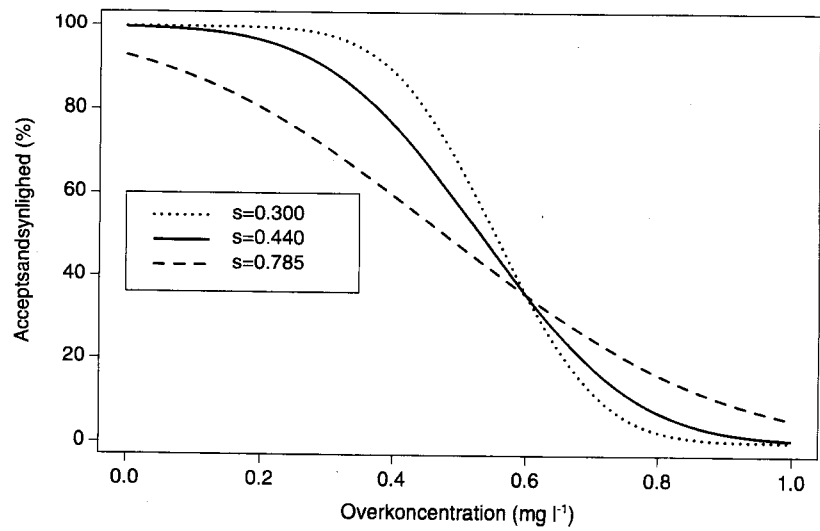
TOTP. Kontrolregel A.



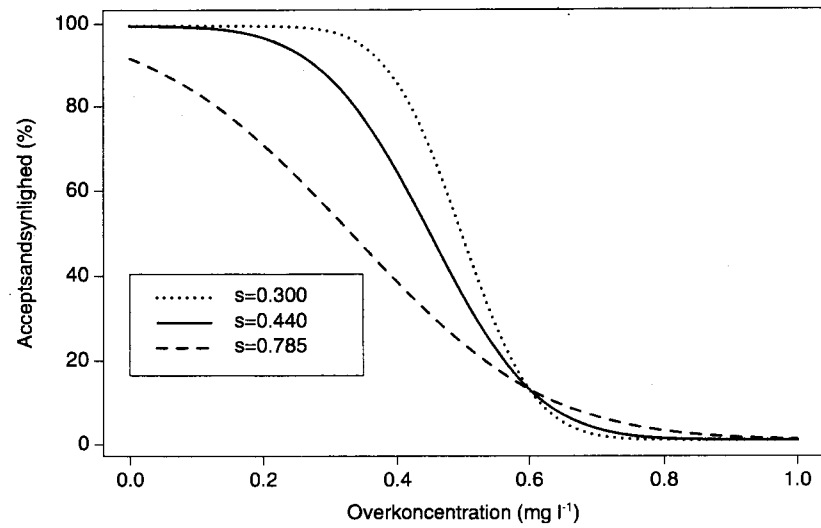
TOTP. Kontrolregel B.



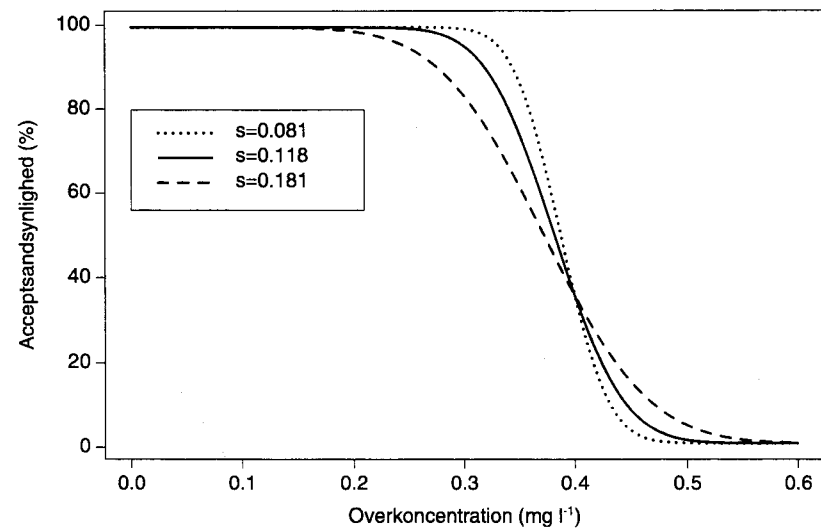
TOTN. Kontrolregel A.



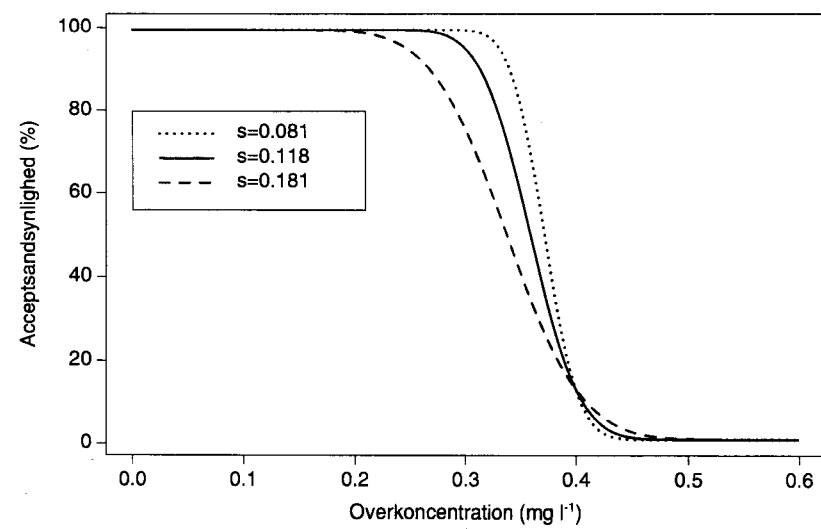
TOTN. Kontrolregel B.



NH₄-N. Kontrolregel A.



NH₄-N. Kontrolregel B.



Bilag 7

Liste med accept ("a") eller forkastelse ("f") for hvert måleår for de 34 dambrug, hvorfra der er anvendt data i denne rapport. Der er kun medtaget måleår, der har 6 eller flere stikprøver. Accept eller forkastelse af overholdelse af grænseværdier (*U*) er beregnet for både kontrolregel A og B i Dambrugsbekendtgørelsen (1994).

Nr.	År	BI ₅ (A)	BI ₅ (B)	SS(A)	SS(B)	TOTP(A)	TOTP(B)	TOTN(A)	TOTN(B)	NH ₄ -N(A)	NH ₄ -N(B)
4	90	a	a	a	a	f	f	a	a	a	a
4	91	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
4	92	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
4	93	a	a	a	a	a	f	a	a	a	a
4	94	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
4	95	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
4	96	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
11	90	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
11	91	a	f	a	a	a	a	a	a	a	a
11	92	f	f	a	a	a	a	a	a	a	a
11	93	a	f	a	a	a	a	a	a	a	a
11	94	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
11	95	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
11	96	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
14	95	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
14	96	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
15	90	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
15	91	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
15	92	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
15	93	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
15	94	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
15	95	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
15	96	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
16	92	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
16	96	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
18	92	f	f	f	f	f	f	a	a	a	a
18	96	f	f	a	a	f	f	f	f	f	f
19	93	f	f	a	a	f	f	a	a	a	a
19	94	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
19	95	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
19	96	f	f	a	a	a	a	a	a	a	a
22	95	a	f	a	a	a	a	a	a	a	a
22	96	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
25	90	f	f	a	a	f	f	a	a	a	a
25	91	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
25	92	a	a	a	a	a	f	a	f	a	a
25	93	f	f	a	a	a	a	a	f	a	a
25	94	a	a	a	a	a	a	a	f	f	f
25	95	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
25	96	f	f	a	a	f	f	f	f	a	a
26	96	a	a	a	a	a	a	a	a	a	f
32	91	f	f	a	a	a	a	f	f	f	f
32	94	a	f	a	a	a	a	a	a	a	a
32	95	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
33	95	a	f	a	a	a	a	a	a	a	a
33	96	f	f	a	a	f	f	a	a	a	a
35	90	f	f	a	a	f	f	a	a	f	f
35	91	f	f	a	a	f	f	a	a	a	a
35	92	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
35	93	a	f	a	a	a	a	a	a	a	a
35	94	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
35	95	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
35	96	a	a	a	a	a	a	a	f	a	a
45	90	f	f	a	a	a	f	f	f	f	f
45	91	f	f	a	a	f	f	f	f	f	f
45	92	f	f	a	a	f	f	f	f	f	f
45	94	f	f	a	a	a	a	a	a	a	a
45	95	a	a	a	a	a	a	f	f	a	a
45	96	f	f	a	a	a	f	f	f	f	f

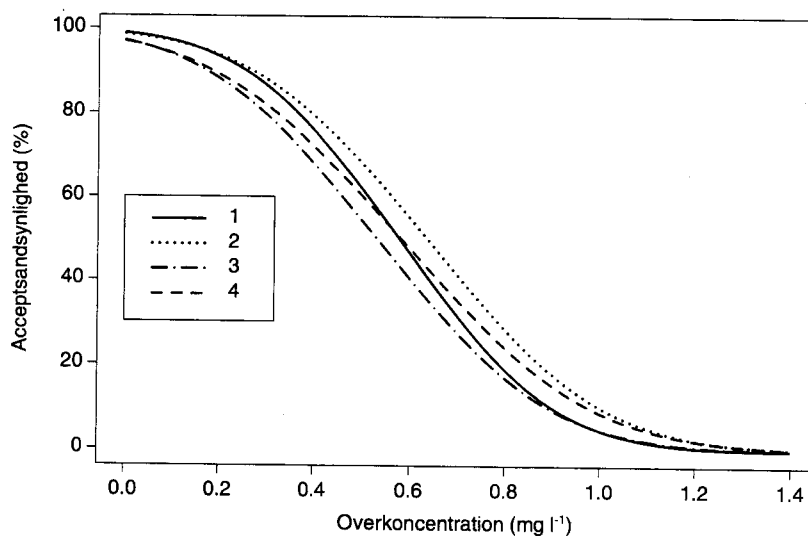
Nr.	Ar	BI ₅ (A)	BI ₅ (B)	SS(A)	SS(B)	TOTP(A)	TOTP(B)	TOTN(A)	TOTN(B)	NH ₄ -N(A)	NH ₄ -N(B)
48	94	f	f	a	a	a	a	f	f	a	a
48	95	f	f	a	a	a	a	f	f	a	f
48	96	f	f	a	a	a	a	f	f	f	f
53	91	a	a	a	a	f	f	a	a	a	a
53	94	f	f	a	a	a	a	f	f	f	f
53	95	f	f	a	a	a	a	f	f	f	f
53	96	f	f	a	a	f	f	f	f	f	f
61	90	a	f	a	a	a	a	a	a	a	a
61	91	a	f	a	a	a	a	a	a	a	f
61	92	a	a	a	a	a	f	f	f	f	f
61	93	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
61	94	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
61	95	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
61	96	a	f	a	a	a	a	f	f	f	f
68	91	f	f	a	a	f	f	a	a	a	a
68	92	f	f	f	f	f	f	a	a	f	f
68	93	f	f	a	a	a	a	f	f	a	a
68	94	a	a	a	a	a	a	a	f	a	a
68	95	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
68	96	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
69	95	f	f	a	a	a	a	f	f	f	f
69	96	f	f	a	a	f	f	f	f	f	f
71	93	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
71	94	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
71	95	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
71	96	a	a	a	a	f	f	f	f	f	f
80	90	a	a	a	a	a	f	a	a	a	a
80	91	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
80	92	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
80	93	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
80	94	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
80	95	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
80	96	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
81	91	a	a	a	a	a	f	a	a	a	a
81	93	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
81	94	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
81	95	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
81	96	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
87	90	f	f	a	a	f	f	a	a	a	a
87	91	f	f	a	a	a	a	a	a	a	a
87	92	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
87	93	a	f	a	a	f	f	a	a	a	a
87	94	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
87	95	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
87	96	a	a	a	a	a	a	a	a	a	f
88	90	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
88	91	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
88	92	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
88	93	a	a	a	a	a	a	a	f	a	a
88	94	a	a	a	a	a	a	f	f	a	a
88	95	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
88	96	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
97	91	f	f	a	a	f	f	a	f	a	f
97	92	f	f	a	a	f	f	a	a	a	a
97	93	a	a	a	a	a	f	a	a	a	a
97	94	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
101	90	f	f	a	a	a	f	a	a	a	a
101	91	f	f	a	a	a	a	a	a	a	a
101	92	f	f	a	a	f	f	f	f	a	a
101	93	f	f	a	a	a	a	a	a	a	a
101	94	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
101	95	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
101	96	a	f	a	a	a	a	a	a	a	a
105	90	a	a	a	a	f	f	a	a	a	a
105	91	a	a	a	a	f	f	a	a	a	a
105	92	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
105	93	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
105	94	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
105	95	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
105	96	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
106	91	a	a	a	a	a	a	a	f	a	a

Nr.	År	BI ₅ (A)	BI ₅ (B)	SS(A)	SS(B)	TOTP(A)	TOTP(B)	TOTN(A)	TOTN(B)	NH ₄ -N(A)	NH ₄ -N(B)
106	92	a	f	a	a	a	a	a	a	a	a
106	93	a	f	a	a	a	a	a	a	a	a
106	95	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
106	96	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
108	95	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
108	96	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
111	95	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
113	91	f	f	a	f	f	f	f	f	f	f
113	92	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
113	93	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
113	94	a	a	a	a	a	a	a	a	a	f
113	95	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
113	96	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
119	92	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
119	93	f	f	a	a	a	a	a	a	a	a
119	94	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
119	95	a	f	a	a	a	a	a	f	a	a
119	96	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
124	91	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
124	93	f	f	a	a	a	a	a	a	a	a
124	94	a	a	a	a	a	a	a	a	f	f
124	95	f	f	a	a	f	f	f	f	f	f
124	96	f	f	a	a	a	f	a	a	f	f
160	91	f	f	a	a	a	a	a	f	f	f
160	92	f	f	a	a	f	f	a	a	a	a
160	93	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
160	94	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
160	95	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
160	96	f	f	a	a	a	f	a	a	f	f

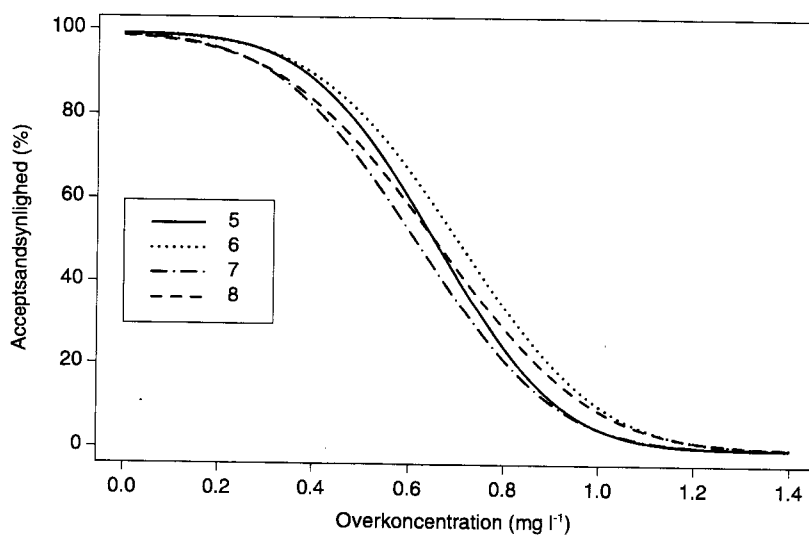
Bilag 8

OC-kurver for de 20 nye kontrolregler, der er opstillet i tabel 3 i kapitel 4.

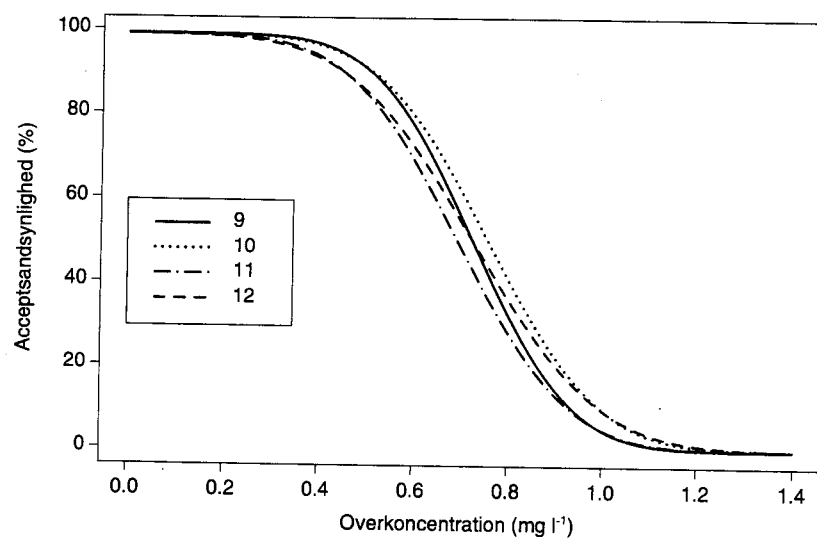
OC-kurver for kontrolregel 1, 2, 3 og 4 for BI_3 med variabiliteten $s=0,81$.



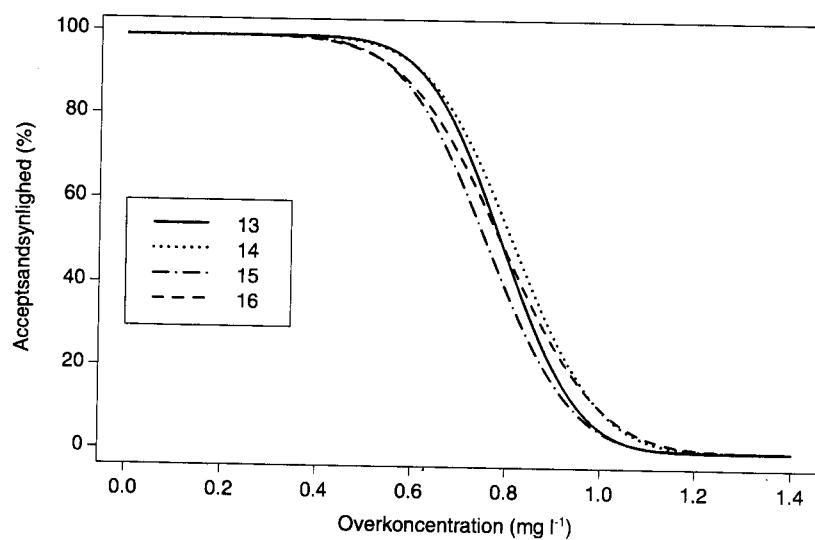
OC-kurver for kontrolregel 5, 6, 7 og 8 for BI_3 med $s=0,81$.



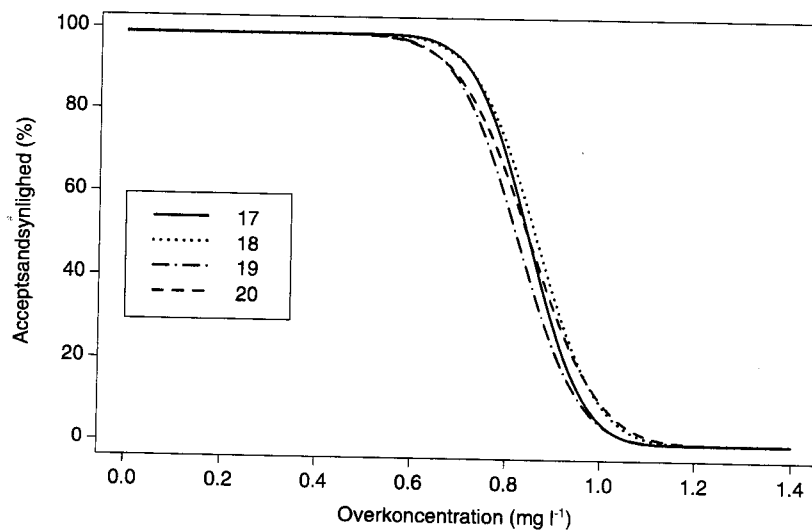
OC-kurver for kontrolregel 9, 10, 11 og 12 for BI_5 med $s=0,81$.



OC-kurver for kontrolregel 13, 14, 15 og 16 for BI_5 med $s=0,81$.



OC-kurver for kontrolregel 17, 18, 19 og 20 for BI_5 med $s=0,81$.



Bilag 9

Angivelse af hvilket program (lempet, normal og skærpet) som kan anbefales, at det enkelte dambrug skal følge. Et dambrug kan følge et lempet program, hvis kontrolreglen har givet accept i alle år i perioden (92-96) og for alle stoffer (se bilag 7). Hvis et dambrug har data for færre år så tages der beslutning på baggrund af disse år. Dambrug nummer 18 er det eneste, som skal følge et skærpet program også selvom udledningen af suspenderet stof i 1996 accepteres ved både regel A og B. Alle andre stoffer opfylder ikke kontrolreglerne nogen af årene ved dette dambrug.

De tre kontrolprogrammer er angivet i tabel 5 i kapitel 4.

4	normal
11	normal
14	lempet
15	lempet
16	lempet
18	skærpet
19	normal
22	normal
25	normal
26	normal
32	normal
33	normal
35	normal
45	normal
48	normal
53	normal
61	normal
68	normal
69	normal
71	normal
80	lempet
81	lempet
87	normal
88	normal
97	normal
101	normal
105	lempet
106	lempet
108	lempet
111	lempet
113	lempet
119	normal
124	normal
160	normal

Bilag 10

Liste med accept ("a") eller forkastelse ("f") for hvert måleår for de 34 dambrug, hvorfra der er anvendt data i denne rapport. Der er kun medtaget måleår, der har 6 eller flere stikprøver. Accept eller forkastelse af overholdelse af grænseværdier (U) er beregnet ved brug af normal tilstandskontrol (se tabel 5) for BI_5 og NH_4-N og ved brug af normal transportkontrol (se tabel 7) for SS, TOTP og TOTN. Pågældende kravværdier er anvendt.

Nr.	År	BI_5	SS	TOTP	TOTN	NH_4-N
4	90	a	a	a	a	a
4	91	a	a	a	a	a
4	92	a	a	a	a	a
4	93	a	a	a	a	a
4	94	a	a	a	a	a
4	95	f	a	a	a	a
11	90	a	a	a	a	a
11	91	a	a	a	a	a
11	92	f	a	a	a	a
11	93	f	a	a	a	a
11	94	a	a	a	a	a
11	95	a	a	a	a	a
11	96	a	a	a	a	a
14	95	a	a	a	a	a
14	96	a	a	a	a	a
15	90	a	a	a	a	a
15	91	a	a	a	a	a
15	92	a	a	a	a	a
15	93	a	a	a	a	a
15	94	a	a	a	a	a
15	95	f	a	a	a	a
15	96	f	a	f	a	a
19	93	f	a	a	a	a
19	94	a	a	a	a	a
19	95	a	a	a	a	a
19	96	f	a	a	a	a
22	95	f	a	a	a	a
22	96	f	a	a	a	a
25	90	f	a	a	a	a
25	91	a	a	a	a	a
25	92	a	a	a	a	a
25	93	f	a	a	a	f
25	94	a	a	a	a	a
25	95	a	a	a	a	a
25	96	f	a	a	a	a
32	91	a	a	a	a	f
32	94	f	a	a	a	a
32	95	a	a	a	a	a

Nr.	År	BI ₅	SS	TOTP	TOTN	NH4-N
33	95	f	a	a	a	a
33	96	f	a	f	f	f
35	90	f	a	a	a	a
35	91	f	a	a	a	a
35	92	a	a	a	a	a
35	93	f	a	a	a	a
35	94	a	a	a	a	a
35	95	a	a	a	a	a
35	96	f	a	a	a	a
45	90	f	a	a	a	f
45	91	f	a	a	a	f
45	92	f	a	a	a	f
45	94	f	a	a	a	a
45	95	a	a	a	a	a
45	96	f	a	a	a	f
48	94	f	a	a	a	a
48	95	f	a	a	a	a
48	96	f	a	a	f	f
53	91	a	a	a	a	a
53	94	f	a	a	a	a
53	95	f	a	a	f	f
53	96	f	a	a	f	f
61	90	a	a	a	a	a
61	91	a	a	a	a	a
61	92	a	a	a	a	f
61	93	a	a	a	a	a
61	94	a	a	a	a	a
61	95	a	a	a	a	a
61	96	f	a	a	a	f
68	91	f	a	a	a	a
68	92	a	a	a	a	f
68	93	f	a	a	a	a
68	94	a	a	a	a	a
68	95	a	a	a	a	a
68	96	f	a	a	a	a
69	95	f	a	a	f	f
69	96	f	a	a	f	f
71	93	a	a	a	a	a
71	94	f	a	a	a	a
71	95	f	a	a	a	a
71	96	a	a	a	a	a
80	90	a	a	a	a	a
80	91	a	a	a	a	a
80	92	a	a	a	a	a
80	93	a	a	a	a	a
80	94	a	a	a	a	a
80	95	a	a	a	a	a
80	96	a	a	a	a	a
81	91	a	a	a	a	a
81	93	a	a	a	a	a
81	94	a	a	a	a	a
81	95	a	a	a	a	a
81	96	a	a	a	a	a

Nr. År	BI ₅	SS	TOTP	TOTN	NH4-N
87 90	f	a	f	a	a
87 91	f	a	a	a	a
87 92	a	a	a	a	a
87 93	a	a	a	a	a
87 94	a	a	a	a	a
87 95	a	a	a	a	a
87 96	f	a	f	a	a
88 90	a	a	a	a	a
88 91	a	a	a	a	a
88 92	a	a	a	a	a
88 93	a	a	a	a	a
88 94	f	a	a	a	a
88 95	f	a	a	a	a
88 96	f	a	a	a	a
97 91	f	a	a	a	a
97 92	f	a	a	a	a
97 93	a	a	a	a	a
97 94	a	a	a	a	a
101 90	f	a	a	a	a
101 91	f	a	a	a	a
101 92	a	a	a	a	a
101 93	f	a	a	a	a
101 94	a	a	a	a	a
101 95	a	a	a	a	a
101 96	f	a	a	a	a
105 90	a	a	a	a	a
105 91	a	a	a	a	a
105 92	a	a	a	a	a
105 93	a	a	a	a	a
105 94	a	a	a	a	a
105 95	a	a	a	a	a
105 96	f	a	a	a	a
106 91	a	a	a	a	a
106 92	a	a	a	a	a
106 93	a	a	a	a	a
106 95	a	a	a	a	a
106 96	a	a	a	a	a
108 95	a	a	a	a	a
108 96	a	a	a	a	a
111 95	a	a	a	a	a
113 91	f	a	a	a	f
113 92	a	a	a	a	a
113 93	a	a	a	a	a
113 94	a	a	a	a	a
113 95	f	a	a	a	a
113 96	f	a	a	a	a
119 92	a	a	a	a	a
119 93	f	a	a	a	a
119 94	a	a	a	a	a
119 95	a	a	a	a	a
119 96	a	a	a	a	a
124 91	a	a	a	a	a
124 93	a	a	a	a	f
124 94	a	a	a	a	f

Nr.	År	BI ₅	SS	TOTP	TOTN	NH ₄ -N
124	95	a	a	a	a	f
124	96	f	a	a	a	f
160	91	f	a	a	a	a
160	92	f	a	a	a	a
160	93	a	a	a	a	a
160	94	a	a	a	a	a
160	95	a	a	a	a	a
160	96	f	a	a	a	a

Bilag 11

Tabel med 5% og 1% signifikansniveauer for MNR (Snedecor og Cochran, 1989)

Stikprøvestørrelse	5%-niveau	1%-niveau
6	0,844	0,882
7	0,825	0,873
8	0,804	0,860
9	0,783	0,844
10	0,763	0,827
11	0,745	0,811
12	0,727	0,795
13	0,711	0,779
14	0,695	0,764
15	0,681	0,750
16	0,668	0,737
17	0,655	0,724
18	0,643	0,711
19	0,632	0,700
20	0,621	0,688
22	0,602	0,668
24	0,584	0,649
26	0,568	0,632
28	0,554	0,616
30	0,540	0,601

Bilag 12

Liste over anvendte symboler i rapporten:

BI_5	koncentrationen af let omsætteligt organisk stof bestemt ved at måle det biologiske iltforbrug efter 5 dages henstand
SS	koncentrationen af suspenderet stof
TOTP	koncentrationen af total fosfor
TOTN	koncentrationen af total kvælstof
NH_4-N	koncentrationen af ammoniak kvælstof
d_i	forskellen mellem udløbs- og indløbskoncentration i døgnet i , også kaldet overkoncentrationen
$\bar{d}$	gennemsnitlig overkoncentration i en kontrolperiode
MNR	Maximum Normal Residual: størrelse til test af outlier
k	en konstant, også kaldet justeringsfaktoren
n	antal stikprøver i kontrolperioden
$P(\)$	funktion for OC-kurve
P_1	sandsynlighed for accept af en overkoncentration, der i virkeligheden overholder kravet (udleders risiko)
p_1	fraktion af prøverne der er over grænseværdien (som er tilladt for udlederen)
P_2	sandsynlighed for at acceptere en overkoncentration, der i virkeligheden overskrider kravet (vandmiljøets risiko)
p_2	fraktion af prøverne der er over grænseværdien (set fra vandmiljøet)
U	grænseværdien (udlederkrav) for et stof
x_{1i}	koncentrationen af et stof i indløbet til dambruget og målt i døgn i
x_{2i}	koncentrationen af et stof i udløbet fra dambruget, målt i døgn i
σ_d^2	teoretisk varians i fordelingen af d_i

- σ_d teoretisk standardafvigelse i fordelingen for d_i (også kaldet variabiliteten)
- $s = \hat{\sigma}_d$ estimeret for variabiliteten
- Φ fordelingsfunktionen for en standardnormalfordeling
- Φ^{-1} invers funktion til fordelingsfunktionen for en standardnormalfordeling
- μ teoretisk middelværdi i fordelingen for d_i (også kaldet udledningens niveau)
- $\bar{d} = \bar{\mu}$ estimeret for middelværdien
- $|x|$ numerisk værdi

Danmarks Miljøundersøgelser

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

Henvendelse kan rettes til:

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

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

*Direktion
Personale- og Økonomisekretariat
Forsknings- og Udviklingssektion
Afd. for Systemanalyse
Afd. for Atmosfærisk Miljø
Afd. for Miljøkemi
Afd. for Havmiljø og Mikrobiologi*

Danmarks Miljøundersøgelser
Vejsøvej 25
Postboks 413
8600 Silkeborg
Tel: 89 20 14 00
Fax: 89 20 14 14

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

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

*Afd. for Landskabsøkologi
Afd. for Kystzoneøkologi*

Danmarks Miljøundersøgelser
Tagensvej 135, 4.
2200 København N
Tel: 35 82 14 15
Fax: 35 82 14 20

Afd. for Arktisk Miljø

Publikationer:

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

I årsberetningen findes en oversigt over årets publikationer. Årsberetning og DMU Nyt fås gratis ved henvendelse på telefon 46 30 12 00.

Faglige rapporter fra DMU/NERI Technical Reports

1998

- Nr. 225: Sources of Phthalates and Nonylphenoles in Municipal Waste Water. A Study in a Local Environment. By Vikelsøe, J., Thomsen, M. & Johansen, E. 50 pp., 45,00 kr.
- Nr. 226: Miljøundersøgelser ved Maarmorilik 1997. Af Johansen, P., Riget, F. & Asmund, G. 35 s., 50,00 kr.
- Nr. 227: Impact Assessment of an Off-Shore Wind Park on Sea Ducks. By Guillemette, M., Kyed Larsen, J. & Clausager, I. 61 pp., 60,00 kr.
- Nr. 228: Trafikdræbte dyr i landskabsøkologisk planlægning og forskning. Af Madsen, A.B., Fyhn, H.W. & Prang, A. 40 s., 60,00 kr.
- Nr. 229: Ynglefugle i Vadehavet 1996. Af Rasmussen, L.M. & Thorup, O. 101 s., 90,00 kr.
- Nr. 230: On the Fetch Dependent Drag Coefficient over Coastal and Inland Seas. By Geernaert, G.L. & Smith, J.A. 20 pp., 35,00 DKK.
- Nr. 231: Mere brændstofeffektive køretøjer. CO₂-konsekvenser og samfundsøkonomi. Af Møller, F. & Winther, M. 74 s., 100,00 kr.
- Nr. 232: Fragmentering og korridorer i landskabet - en litteraturudredning. Af Hammershøj, M & Madsen, A.B. 110 s., 100,00 kr.
- Nr. 233: Anskydning af vildt. Status for undersøgelser 1997-1998. Af Noer, H., Madsen, J., Hartmann, J., Kanstrup, N. & Kjær, T. 61 s., 60,00 kr.
- Nr. 234: Background Concentrations for Use in the Operational Street Pollution Model (OSPM). By Jensen, S.S. 107 pp., 125 DKK.
- Nr. 235: Effekten på sangsvane ved etablering af en vindmøllepark ved Overgaard gods. Af Larsen, J.K. & Clausen, P. 25 s., 35,00 kr.
- Nr. 236: The Marine Environment in Southwest Greenland. Biological Resources, Ressource Use and Sensitivity to Oil Spill. By Mosbech, A., Boertmann, D., Nymand, J., Riget, F. & Acquarone, M. 202 pp., 250,00 DKK (out of print).
- Nr. 237: Råvildt og forstyrrelser. Af Olesen, C.R., Theil, P.K. & Coutant, A.E. 53 s., 60,00 kr.
- Nr. 238: Indikatorer for naturkvalitet i søer. Af Jensen, J.P. & Søndergaard, M. 39 s., 50,00 kr.
- Nr. 239: Aromater i spildevand. Præstationsprøvning. Af Nyeland, B.A. & Hansen, A.B. 64 s., 60,00 kr.
- Nr. 240: Beregning af rejsetider for rejser med bil og kollektiv trafik. ALTRANS. Af Thorlacius, P. 54 s., 74,00 kr.
- Nr. 241: Control of Pesticides 1997. Chemical Substances and Chemical Preparations. By Krongaard, T., Køppen, B. & Petersen, K.K. 24 pp., 50,00 DKK.
- Nr. 242: Vingeindsamling fra jagtsæsonen 1997/98 i Danmark. Af Clausager, I. 50 pp., 45,00 kr.
- Nr. 243: The State of the Environment in Denmark 1997. By Holten-Andersen, J., Christensen, N., Kristensen, L.W., Kristensen, P. & Emborg, L. (eds.). 288 pp., 190,00 DKK.
- Nr. 244: Miljøforholdene i Tange Sø og Gudenåen. Af Nielsen, K., Jensen, J.P. & Skriver, J. 63 s., 50,00 kr.
- Nr. 245: The Danish Air Quality Monitoring Programme. Annual Report 1997. By Kemp, K., Palmgren, F. & Mancher, O.H. 57 pp., 80,00 DDK.
- Nr. 246: A Review of Biological Resources in West Greenland Sensitive to Oil Spills During Winter. By Boertmann, D., Mosbech, A. & Johansen, P. 72 pp., 95,00 DKK.
- Nr. 247: The Ecology of Shallow Lakes - Trophic Interactions in the Pelagial. Doctor's dissertation (DSc). By Jeppesen, E. 358 pp., 200,00 DKK.
- Nr. 248: Lavvandede søers økologi - Biologiske samspil i de frie vandmasser. Doktordisputats. Af Jeppesen, E. 59 s., 100,00 kr.
- Nr. 250: Faunapassager i forbindelse med større vejanlæg. III. Feltundersøgelser og litteraturudredning. Af Jeppesen, J.L., Madsen, A.B., Mathiasen, R. & Gaardmand, B. 69 s., 60,00 kr.
- Nr. 251: Ferske vandområder - søer. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1997. Af Jensen, J.P., Jeppesen, E., Søndergaard, M., Lauridsen, T.L. & Sortkjær, L. 102 s., 125,00 kr.
- Nr. 252: Landovervågningsoplande. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1997. Af Grant, R., Blicher-Mathiesen, G., Andersen, H.E., Laubel, A.R., Paulsen, I., Jensen, P.G. & Rasmussen, P. 154 s., 150,00 kr.
- Nr. 253: Ferske vandområder - vandløb og kilder. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1997. Af Windolf, J., Svendsen, L.M., Ovesen, N.B., Iversen, H.L., Larsen, S.E., Skriver, J. & Erfurt, J. 102 s., 150,00 kr.
- Nr. 256: Emissioner fra vejtrafikken i Danmark 1980-2010. Af Winther, M. & Ekman, B. 73 pp., 75,00 kr.
- Nr. 257: Landbrugsscenarier - integreret miljøøkonomisk modelanvendelse. Af Andersen, J.M., Wier, M., Hasler, B. & Bruun, H.G. 93 s., 100,00 kr.