

Prøvetagning på mindre dambrug på foderkvote

Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi

Dato: 01. december 2013
Rettet: 15. februar 2014 og 8. marts
2014

Lars M. Svendsen

DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi

Rekvirent:
Miljøstyrelsen
Antal sider: 17

Faglig kommentering:
Søren E. Larsen, Institut for Bioscience
Kvalitetssikring, centret:
Susanne Boutrup



AARHUS
UNIVERSITET

DCE - NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Tel.: +45 8715 0000
E-mail: dce@au.dk
<http://dce.au.dk>

Indhold

1	Spørgsmål fra Miljøstyrelsen	3
2	Indledning	4
3	Måling af stoftransport	5
4	Kontrol af udledte koncentrationer og mængder	6
5	Sammenfatning	15
6	Referencer	17

1 Spørgsmål fra Miljøstyrelsen

Der er fremsat ønske om at mindre dambrug på foderkvote skal tage 12 prøver [i et måleår], men kun hvert 3. år. Der ønskes en vurdering om det er en mulighed der opfylder vores overvågningsforpligtigelser i forhold til overvågningsprogrammer.

2 Indledning

Det er efterfølgende afklaret med Miljøstyrelsen at spørgsmålet både drejer sig om en vurdering af, om 12 prøvetagninger kun taget hvert tredje år giver tilstrækkelig sikker bestemmelse ift. fastlæggelse af udledningen fra et mindre dambrug, dels om det sikrer en tilstrækkelig sikkerhed ved vurdering af betydningen af udledninger i relation til overvågningsprogrammet NOVANA. Ifølge programbeskrivelsen for NOVANA (Naturstyrelsen, 2011) skal der laves årlige opgørelser af dambrugenes belastning af vandmiljøet med næringsstoffer. Dette anvendes endvidere til at vurdere dambrugenes andel af den samlede stoftilførsel til et vandløbssystem og til havet og ved vurdering af eventuelle påvirkninger af tilstanden i bl.a. vandløb.

Under NOVANA overvågningsprogrammet opgøres døgnstoftransporten af kvælstof, fosfor og organisk stof ved en række vandløbsmålestationer. Endvidere opgøres stofbalancer for nogle søer og den samlede næringsstoffoftilførsel til første og anden ordens marine kystafsnit samt en række fjorde (på måneds- og årsbasis). I vandløbsoplønde eller de dele heraf, hvor der ikke er målinger (stofkoncentrationer og vandmængder) af stoftransport i vandløb, estimeres stoftilførslen ved at opgøre udledningerne fra forskellige punktkilder og modellerer den diffuse stoftilførsel, idet der tages højde for retentionen i vandløb, søer og vandløbsnærearealer. Endvidere beregnes kildeopsplitning for at vurdere betydningen af forskellige punkt- og diffuse kilder forskellige steder i vandløb, for søer og i forhold til stoftilførslen til havet. Dette kræver bl.a. kræver at stoftilførslen fra ferskvandsdambrug kan kvantificeres med en rimelig god sikkerhed.

3 Måling af stoftransport

Typisk måles stoftransporten i vandløb ved at tage 12-18 vandprøver (øjeblikks stikprøver) pr. år. Samtidig måles vandstanden kontinuert med mindst 12 kalibreringer (måling af vandføring) pr. år, så en kontinuert vandmængde kan beregnes. Fastsættelsen af antallet af prøver, 12-18 prøver pr. år, er bl.a. baseret på intensive undersøgelser i to danske vandløb for at optimere prøvetagningen både i forhold til usikkerhed og minimering af systematisk bias ved beregning af årsstoftransporten (Kronvang & Bruhn, 1996).

Et dambrug, der må anvende 25 tons foder, må med den nye dambrugsbekendtgørelses BAT krav om en maksimal udledning på 3,2 kg P pr. tons fisk (Bekendtgørelse, 2012) højst udlede ca. 84 kg P på et år (antaget foderkvotient på 0,95). Ved renseanlæg er kravene til antal målinger pr. år afhængig af renseanlæggets belastning. For renseanlæg, der belastes med mellem 30 og 99 PE (hvor 1 PE svarer til 1 kg fosfor pr. år), men hvor udledningen grundet rensning vil være mindre end mellem 30 og 99 kg P, er kravet mindst 2 udløbsprøver. Ved renseanlæg dimensioneret til mellem 100 og 1.000 PE skal der tages mindst 6 udløbsprøver pr. år, og er den potentielle belastning over 1.000 PE mindst 12 udløbsprøver. For renseanlæg regnes udledninger normalt for relativt konstante hen over året. For et traditionelt dambrug, der typisk kan have store variationer i udledninger hen over året sammenholdt med et renseanlæg, vil det kræve flere prøver pr. måleår at opnå samme sikkerhed på fastlæggelse af en given udledt koncentration/stofmængde.

4 Kontrol af udledte koncentrationer og mængder

Ved kontrol af udledninger fra dambrug anvendes både tilstandskontrol (for ammonium og BI_5) og transportkontrol (total kvælstof og total fosfor). Ved tilstandskontrol er det koncentrationen i udledningerne, som kontrolleres, mens det ved transportkontrol er de udledte stofmængder.

Ved begge kontroltyper er der en række sandsynligheder, der skal tages stilling til, og hertil kommer selve usikkerheden (standardafvigelsen) på årskontrollen af henholdsvis udledte koncentration eller stofmængder. Denne usikkerhed skyldes variation og usikkerhed på både målinger af stofkoncentrationer og vandmængder. Ved fastlæggelsen af kontrolreglerne er nogle af disse sandsynligheder valgt på forhånd (Larsen & Svendsen, 1998 og Svendsen et al., 2008). For tilstandskontrol er det defineret, at hvis højst 20 % af prøverne (den kritisk fraktion) i en kontrolperiode (et år) er større end den fastlagte grænseværdi, så er sandsynligheden for at en udledning, der reelt overholder udlederkravet, godkendes (vurderes til at overholde udlederkravet) 95 %, dvs. dambrugeren har højst en risiko på 5 % for at få forkastet (fejlagtigt konkluderet at udlederkravet er overskredet) en udledning, der faktisk overholder kravet (Larsen & Svendsen, 1998 og Svendsen et al., 2008). Antallet af prøver, der udtages, bestemmer sandsynligheden P_2 for at acceptere en årlig udledning, der rent faktisk er større end udlederkravet (det der også kan betegnes som miljøets risiko for fejlagtigt at godkende en udledning, der overskrider det tilladte). Ved tilstandskontrol er P_2 11,9 % ved 12 årlige prøvesæt (12 i henholdsvis ind- og udløb) og ved 26 prøvesæt er den 0,83 %. Ved transportkontrol anvendes en kritisk fraktion på 50 % i stedet for 20 % som ved tilstandskontrol. Her vil P_2 være 30 % ved 12 årlige prøvesæt og 4,5 % ved 26 årlige prøvesæt.

Erfaringen viser, at for vandløb (Kronvang og Bruhn, 1996) og fra dambrug, som ikke har en konstant udledning, vil øgning i antallet af prøver øge præcisionen på fastlæggelsen af udledningerne, dvs. mindske sandsynligheden for systematisk over eller under estimering af udledningerne. Man vil i de fleste tilfælde underestimere transporten i vandløb/udledninger fra et dambrug, og jo færre prøver desto større sandsynlighed for at øge underestimeringen. Dette gælder ikke mindst for de stoffer, hvor en stor del transporteres på partikulær form som f.eks. fosfor og organisk stof. Øges antallet af prøver, vil den beregnede usikkerhed (standardafvigelse) på fastlæggelse af årlig udledt stofmængde/koncentration generelt blive mindre. Endvidere vil man mindske afvigelsen fra den "sande" værdi (Kronvang og Bruhn, 1996).

Ved vurdering af konsekvensen af kun at udtage 12 prøver hver tredje år ved dambrug på foderkvote kan man indledningsvis vurdere konsekvensen af at fordele de 12 prøver med 4 pr. år. Dette vil medføre, at P_2 ved tilstandskontrol er mere end 48 % og ved transportkontrol 95 %. Det betyder med andre ord, at der vil være 95 % risiko for, at en udledning, der faktisk er over udlederkravet, alligevel vil blive godkendt. Da spørgsmålet alene er relateret til mindre dambrug på foderkvote, som ifølge bekendtgørelsen fortsat kontrolleres efter tilstandskontrol, refereres der alene hertil i det følgende, men de angivne overvejelser vil i givet fald også gælde for transportkontrol. Ved tilstandskontrol vil kun 4 prøver pr. år medføre 48 % (sandsynlighed) for at godkende en udledning, som overskrider udlederkravet, hvilket ikke er i

overensstemmelse med kravet om, at risikoen generelt skal være under 5 %. Senere i notatet er vist nogle eksempler på, hvor usikkert udledninger fra et dambrug vil blive fastlagt med kun 4 prøver pr. år over en 3 årig periode (se tabel 5-7).

Som spørgsmålet er formuleret, ønskes det vurderet, om det er tilstrækkeligt kun at måle hvert 3. år for at fastlægge udledninger fra mindre dambrug, når der i det ene af tre måleår udtages 12 døgnpuljede prøvesæt (ind- og udløb). Det er uklart, om der skal måles kontinuert vandstand alle tre år, kun kontinuert det år der tages vandprøver eller alene på de 12 dage, hvor der udtages en vandprøve. Såfremt 12 prøver et år skal repræsentere udledninger fra et dambrug i en tre årig periode med bare en nogenlunde rimelig sikkerhed bør der som minimum kræves, at drifts-, produktions- og flowforhold er fuldstændig ens i de tre år, som et års prøvetagning i givet fald skal repræsentere. De ens forhold i tre års-perioden forudsætter blandt andet:

Anvendelse af samme mængde foder, samme fodertyper med uændrede indhold og samme fordøjelighed m.v. hvert år

- samme foderspild hver dag
- samme daglige udfordring
- samme fiskebestand, fiskestørrelse og type
- samme foderkvotient
- samme fordeling i vandindtag og vandafledning
- samme stoffjernelse (rensning)
- samme håndtering af fisk
- samme dødelighed
- samme vandkvalitet de tre år i indtag (dvs. også samme vejrhold).

Fordeling hen over året af ovenstående parametre skal ligeledes være ens de tre år, hvis et års målinger skal repræsentere alle tre år. Alle disse betingelser kan ikke realistisk opfyldes, men man kan i bedste fald stille krav om at:

- anvende samme mængde foder hvert år
- anvende samme fodertyper med identisk indhold af protein, fedt, kvælstof, fosfor m.fl. samt fordøjelighed i de anvendte fodertyper
- samme foderkvotient
- samme vandmængde med ensartet fordeling hen over året
- dambrugets indretning og generelle drift ikke ændres.

Forhold, der som udgangspunkt ikke kan styres, er vandkvaliteten i indtaget og hermed vandløbsbidraget, sygdomsforekomst, at biofiltre og plantelaguner fungerer helt ens de enkelte år, ensartede vejrforhold (temperatur, nedbør) m.v. Det betyder, at et års målinger ikke kan give samme sikkerhed på udledningerne som tre års målinger.

Udlederkontrollen (kontrolværdien) baseret på et års målinger vil med eksempelvis en middelværdi i udledningerne på 0,8 mg/l og en standardafvigelse på et års målinger på 0,55 mg/l ved 12 prøvesæt skulle beregnes som (Svendsen et al., 2008):

$$\text{Kontrolværdi} = C_{\text{mid}} + 0,3536 * s \leq U, \text{ hvor}$$

- C_{mid} er gennemsnits koncentrationsforøgelse over dambruget
- 0,3536 er justeringsfaktoren k for 12 prøver ved tilstandskontrol
- s = standardafvigelsen
- U = udlederkravet (grænseværdien), dvs.

$$0,8 \text{ mg/l} + 0,3536 * 0,55 \text{ mg/l} = 0,99 \text{ mg/l}$$

og dermed under grænseværdien på 1,0 mg/l.

Ved en tilstandskontrol med tolv prøver er der en 12 % risiko (P_2) det givne år for at godkende en udledning, som faktisk overskrider udlederkravet (Larsen og Svendsen, 1998 og Svendsen et al., 2008). Tages kun 12 prøver hvert tredje år vil dette ene år repræsentere de tre år.

Da forholdene som angivet ikke kan forventes at være helt ens over de tre år, er den samlede usikkerhed større, hvis blot et af tre år udvælges til at repræsentere udledningerne for et år. Dette er søgt anskueliggjort med nedenstående eksempler. Tabel 1 viser resultatet af et års tilstandskontrol for tre forskellige dambrug. De tre dambrug (nr. 1-2-3) opfylder alle netop et udlederkrav på 1,0 mg/l, men repræsenterer henholdsvis et dambrug med ret stor variation i udledninger over året (dambrug 1), et dambrug med små variationer over året (nr. 2) og et dambrug med stor årlig variation (nr. 3), fordi den starter med meget små udledninger som øges gradvist gennem kontrolperioden. Dambrug nr. 3 kunne illustrere produktion til havbrugsfisk, der går fra en meget lille fiskebestand i starten til en meget stor fiskebestand til slut. Det bemærkes, at de tre eksempler viser, at trods stor forskel i den årlige middelkoncentrationsforøgelse over dambruget, så opfylder hvert af de tre dambrug kun lige udlederkravet. Eksemplerne viser, at der ved høj variation i nettoudledninger over dambruget (høj standardafvigelse i tabellen), skal middelværdien af koncentrationsforøgelsen være lavere (f.eks. kun 0,66 mg/l for dambrug 3) for at opfylde samme udlederkrav på 1,0 mg/l).

Tabel 1. Tilstandskontrol fra tre dambrug. 12 prøver pr. år. Udlederkravet er 1,0 mg/l og for alle tre dambrug beregnes en kontrolværdi på 0,99, så kravet lige netop opfyldes. De tre dambrugs årlige middelkoncentrationsforøgelse over dambruget varierer fra 0,66 til 0,93 mg/l og tilsvarende er der stor forskel på standardafvigelsen fra 0,18 til 0,92 mg/l.

Prøve nr.	Dambr. 1	Dambr. 2	Dambr. 3
	År	år	år
	mg/l	mg/l	mg/l
1	0,75	0,9	0,05
2	1,1	0,85	0,1
3	0,5	1,3	0,1
4	0,25	1,1	0,15
5	1,5	1,2	0,15
6	0,8	0,9	0,2
7	0,2	0,8	0,3
8	0,1	0,65	0,45
9	2	0,85	0,7
10	0,9	0,9	0,95
11	0,8	0,8	1,6
12	0,72	0,9	3,2
Gennemsnit	0,80	0,93	0,66
Standardafvigelse	0,55	0,18	0,92
Antal prøver	12	12	12
Udlederkrav	1,0	1,0	1,0
k faktor	0,3536	0,3536	0,3536
Kontrolværdi	0,99	0,99	0,99

De tre dambrug ovenfor anvendes til at illustrere, hvor stor variation der kan være i tilstandskontrollen, hvis et års tilstandskontrol skal repræsentere tre år og eksemplerne er ganske realistiske. I tabel 2 findes for dambrug 1 tre års tilstandskontrol. Tilsvarende findes for dambrug 2 i tabel 3 og for dambrug 3 i tabel 4. Eksemplerne er lavet således, at der for det enkelte dambrug opnås samme årlige middelkoncentrationsforøgelse over dambruget, men med forskellig beregnet kontrolværdi, fordi spredningen i koncentrationerne er forskellig de enkelte år. For dambrug 1 (tabel 2) opfyldes udlederkravet år 1 (kontrolværdien er 0,99) men ikke i år 2 og 3, hvor kontrolværdien beregnes til henholdsvis 1,06 og 1,12. Tilsvarende ses for dambrug 2 (tabel 3) og dambrug 3 (tabel 4), at der er overholdelse år 1, men ikke år 2 og år 3 af udlederkravet. Dette viser, at baserede man sig på kun et af årene, er der en høj risiko for at lave en fejlvurdering af om dambruget overholdt udlederkravene eller ej ud over den risiko på 12 %, der er indbygget i selve kontrolteorien på at godkende udledninger, som i virkeligheden overskrider udlederkravet.

Tabel 2. Tilstandskontrol 3 år for dambrug 1 (tabel1) med 12 prøver pr. år og et udlederkrav på er 1,0 mg/l.

Prøvenummer	år1 mg/l	år 2 mg/l	år 3 mg/l
1	0,75	0,9	0,9
2	1,1	1,25	2,6
3	0,5	0,3	0,1
4	0,25	0,1	-0,3
5	1,5	1,8	0,9
6	0,8	0,6	1,9
7	0,2	0,1	1,2
8	0,1	0	0,8
9	2	2,4	0,9
10	0,9	0,7	0,5
11	0,8	0,9	-0,8
12	0,72	0,6	0,9
Gennemsnit	0,80	0,80	0,80
Standardafvigelse	0,55	0,72	0,90
Antal prøver	12	12	12
Udlederkrav	1,0	1,0	1,0
k faktor	0,3536	0,3536	0,3536
Kontrolværdi	0,99	1,06	1,12

Tabel 3. Tilstandskontrol i 3 år for dambrug 2 (tabel1) med 12 prøver pr. år og et udlederkrav på er 1,0 mg/l.

Prøvenummer	år1 mg/l	år 2 mg/l	år 3 mg/l
1	0,9	0,9	0,9
2	0,85	1,5	2,9
3	1,3	0,5	0,5
4	1,1	0,1	-0,3
5	1,2	1,9	0,9
6	0,9	0,8	2,5
7	0,8	0,5	1,1
8	0,65	0	0,9
9	0,85	2,6	0,5
10	0,9	0,7	0,9
11	0,8	0,9	-0,5
12	0,9	0,7	0,8
Gennemsnit	0,93	0,93	0,93
Standardafvigelse	0,18	0,74	0,97
Antal prøver	12	12	12
Udlederkrav	1,0	1,0	1,0
k faktor	0,3536	0,3536	0,3536
Kontrolværdi	0,99	1,19	1,27

Tabel.4. Tilstandskontrol i 3 år for dambrug 3 (tabel1) med 12 prøver pr. år og et udlederkrav på er 1,0 mg/l.

Prøvenummer	år1 mg/l	år 2 mg/l	år 3 mg/l
1	0,05	-0,3	-1,5
2	0,1	-0,4	-0,3
3	0,1	-0,2	0
4	0,15	0,1	0,25
5	0,15	0,3	0,35
6	0,2	0,3	0,4
7	0,3	0,5	0,45
8	0,45	0,75	0,6
9	0,7	0,8	0,8
10	0,95	1	1,1
11	1,6	1,8	1,8
12	3,2	3,3	4
Gennemsnit	0,66	0,66	0,66
Standardafv.	0,92	1,04	1,32
Antal prøver	12	12	12
Udlederkrav	1,0	1,0	1,0
k faktor	0,3536	0,3536	0,3536
Kontrolværdi	0,99	1,03	1,13

I de viste eksempler (tabel 2-4) får man den samme årsværdi for middelmiddelskoncentrationsforøgelsen for hvert dambrug de tre år. Mere realistisk vil denne blive fastlagt forskelligt de tre år. Dette er søgt illustreret i tabel 5-7. For de tre dambrug vist i tabel 1 er de 12 tilstandskontrolprøver, der i tabel 1 blev udtaget indenfor et år, fordelt således at der er udtaget 4 tilstandskontrolprøver pr. år (år 1, 2 og 3) af de 12 prøver. Ud fra de fire prøver er der beregnet årsmiddelmiddelskoncentrationsforøgelse over dambruget, spredning og tilstandskontrol. De 4 årlige prøver ud af de tolv tilstandskontrolprøver er udtaget på fire forskellige måder for henholdsvis dambrug 1 (tabel 5), dambrug 2 (tabel 6) og dambrug 3 (tabel 7) og kaldt eksempel 1-4. For overskuelighedens skyld er det valgt at beskrive med eksempler med udtagning af 4 af 12 årlige prøver fremfor 12 af 36, idet konklusionen vil være tilsvarende.

Det bemærkes i tabel 5 (dambrug 1), at i eksempel 1, 2 og 4 er der et af årene, hvor kontrolværdien kommer over 1, dvs. at udledningerne ikke overholder kravværdien på trods af, at der ved 4 prøver pr. år i forvejen er over 48 % sandsynlighed for at godkende at udledningerne overholder kravværdien, selv om det i virkeligheden ikke er tilfældet. I eksempel 1 (tabel 5) ses, at gennemsnittet for den årlige koncentrationsforøgelse varierer mellem 0,53 og 1,01, selv om de 4 prøver er valgt jævnt fordelt over året i alle tre år. I eksempel 4 er der et eksempel på worst case, således at man år 1 får taget de 4 prøver på dage med de laveste koncentrationsforøgelser, år 2 dagene med de 4 højeste værdier og år 3 dem i midten. Her får man årlig gennemsnit af koncentrationsforøgelse på mellem 0,26 til 1,38 mg/l og for år 2 en meget markant overskridelse af kravværdien.

Ved dambrug 2 (tabel 6), som eksemplificerer et dambrug med meget konstant koncentrationsforøgelse hen over året, vil prøver taget, så de et år

rammer de 4 højeste værdier, et andet år de 4 laveste, give en variation fra 0,78 til 1,13 mg/l på det årlige gennemsnit af koncentrationsforøgelsen (tabel 6, eksempel 4). Endelig vil der ikke mindst for dambrug 3 (tabel 7), som kan illustrere et dambrug med en naturlig stor variation i koncentrationsforøgelsen over dambruget i løbet af et år (går fra lav til høj fiskebestand) være meget afhængig af, hvordan (hvornår) prøverne udtages for at de kan være repræsentative for udledningerne et givent år. I eksempel 4 i tabel 7 findes et årligt gennemsnit for koncentrationsforøgelse fra 0,10 til 1,61 mg/l, mens denne selv ved en optimal prøvetagning vil ligge mellem 0,40 og 0,90 mg/l (eksempel 3, tabel 7).

Det skal bemærkes at beregningerne i alle eksempler er under antagelse af konstant vandmængde.

Tabel 5. På basis af 12 tilstandskontrolprøver et år (målt koncentrationsforøgelse i mg/l over dambrug 1 fra tabel 1) er der på 4 forskellige måder (eksempel 1 til 4) udtaget 4 prøver år 1, år 2 og år 3 og beregnet årlig middelkoncentrationsforøgelse over dambruget, spredning på de 4 prøver og beregnet en kontrolværdi ud fra de 4 prøver. Kravværdien er 1,0 mg/l.

Prøvenummer	mg/l	Eksempel 1			Eksempel 2			Eksempel 3			Eksempel 4		
		år 1 mg/l	år 2 mg/l	år 3 mg/l	år 1 mg/l	år 2 mg/l	år 3 mg/l	år 1 mg/l	år 2 mg/l	år 3 mg/l	år 1 mg/l	år 2 mg/l	år 3 mg/l
1	0,75	0,75			0,75			0,75					0,75
2	1,1		1,1		1,1				1,1			1,1	
3	0,5			0,5	0,5				0,5		0,5		
4	0,25	0,25			0,25					0,25	0,25		
5	1,5		1,5			1,5		1,5				1,5	
6	0,8			0,8		0,8		0,8					0,8
7	0,2	0,2				0,2				0,2	0,2		
8	0,1		0,1			0,1				0,1	0,1		
9	2,0			2,0			2,0			2,0		2,0	
10	0,9	0,9					0,9		0,9			0,9	
11	0,8		0,8				0,8		0,8				0,8
12	0,72			0,72			0,72	0,72					0,72
Gennemsnit	0,80	0,53	0,88	1,01	0,65	0,65	1,11	0,94	0,83	0,64	0,26	1,38	0,77
Standardafv.	0,55	0,35	0,59	0,68	0,36	0,65	0,60	0,37	0,25	0,91	0,17	0,49	0,04
Antal prøver	12	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Udlederkrav	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
k faktor	0,3536	0,0208	0,0208	0,0208	0,0208	0,0208	0,0208	0,0208	0,0208	0,0208	0,0208	0,0208	8
kontrolværdi	0,99	0,53	0,89	1,02	0,66	0,66	1,12	0,95	0,83	0,66	0,27	1,39	0,77
Gennems. 3 år		0,80			0,80			0,80			0,80		
Stand.afv. 3 år		0,25			0,26			0,15			0,56		

Tabel 6. På basis af 12 tilstandskontrolprøver et år (målt koncentrationsforøgelse i mg/l over dambrug 2 fra tabel 1) er der på 4 forskellige måder (eksempel 1 til 4) udtaget 4 prøver år 1, år 2 og år 3 og beregnet årlig middelmiddelfkoncentrationsforøgelse over dambruget, spredning på de 4 prøver og beregnet en kontrolværdi ud fra de 4 prøver. Kravværdien er 1,0 mg/l.

Prøvenummer	mg/l	Eksempel 1			Eksempel 2			Eksempel 3			Eksempel 4		
		år 1 mg/l	år 2 mg/l	år 3 mg/l	år 1 mg/l	år 2 mg/l	år 3 mg/l	år 1 mg/l	år 2 mg/l	år 3 mg/l	år 1 mg/l	år 2 mg/l	år 3 mg/l
1	0,9	0,9			0,9			0,9					0,9
2	0,85		0,85		0,85				0,85				0,85
3	1,3			1,3	1,3				1,3			1,3	
4	1,1	1,1			1,1					1,1		1,1	
5	1,2		1,2			1,2		1,2				1,2	
6	0,9			0,9		0,9		0,9				0,9	
7	0,8	0,8				0,8				0,8	0,8		
8	0,65		0,65			0,65				0,65	0,65		
9	0,85			0,85			0,85			0,85	0,85		
10	0,9	0,9					0,9		0,9				0,9
11	0,8		0,8				0,8		0,8		0,8		
12	0,9			0,9			0,9	0,9					0,9
Gennemsnit	0,93	0,93	0,88	0,99	1,04	0,89	0,86	0,98	0,96	0,85	0,78	1,13	0,89
Standardafv.	0,18	0,13	0,23	0,21	0,21	0,23	0,05	0,15	0,23	0,19	0,09	0,17	0,03
Antal prøver	12	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Udlederkrav	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
k faktor	0,3536	0,0208	0,0208	0,0208	0,0208	0,0208	0,0208	0,0208	0,0208	0,0208	0,0208	0,0208	0,0208
kontrolværdi	0,99	0,93	0,88	0,99	1,04	0,89	0,86	0,98	0,97	0,85	0,78	1,13	0,89
Gennemsnit 3 år		0,93			0,93			0,93			0,93		
Stand.afv. 3 år		0,06			0,09			0,07			0,18		

Tabel 7. På basis af 12 tilstandskontrolprøver et år (målt koncentrationsforøgelse i mg/l over dambrug 3 fra tabel 1) er der på 4 forskellige måder (eksempel 1 til 4) udtaget 4 prøver år1, år 2 og år 3 og beregnet årlig middelkoncentrationsforøgelse over dambruget, spredning på de 4 prøver og beregnet en kontrolværdi ud fra de 4 prøver. Kravværdien er 1,0 mg/l.

	mg/l	Eksempel 1			Eksempel 2			Eksempel 3			Eksempel 4		
		år 1 mg/l	år 2 mg/l	år 3 mg/l	år 1 mg/l	år 2 mg/l	år 3 mg/l	år 1 mg/l	år 2 mg/l	år 3 mg/l	år 1 mg/l	år 2 mg/l	år 3 mg/l
1	0,05	0,05			0,05			0,05			0,05		
2	0,1		0,1		0,1				0,1		0,1		
3	0,1			0,1		0,1			0,1		0,1		
4	0,15	0,15				0,15				0,15	0,15		
5	0,15		0,15				0,15	0,15					0,15
6	0,2			0,2		0,2		0,2					0,2
7	0,3	0,3				0,3				0,3			0,3
8	0,45		0,45			0,45				0,45			0,45
9	0,7			0,7		0,7				0,7		0,7	
10	0,95	0,95				0,95			0,95		0,95		
11	1,6		1,6		1,6				1,6		1,6		
12	3,2			3,2	3,2			3,2			3,2		
Gennemsnit	0,66	0,36	0,58	1,05	1,24	0,48	0,28	0,90	0,69	0,40	0,10	1,61	0,28
Standardafv.	0,92	0,40	0,70	1,46	1,49	0,42	0,13	1,53	0,73	0,23	0,04	1,12	0,13
Antal prøver	12	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Udlederkrav	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
k faktor	0,3536	0,0208	0,0208	0,0208	0,0208	0,0208	0,0208	0,0208	0,0208	0,0208	0,0208	0,0208	0,0208
kontrolværdi	0,99	0,37	0,59	1,08	1,27	0,48	0,28	0,93	0,70	0,40	0,10	1,64	0,28
Gennemsnit 3 år		0,66			0,66			0,66			0,66		
Stand.afv. 3 år		0,35			0,51			0,25			0,83		

5 Sammenfatning

Samlet set skal det afklares, om det er sikkerhed for overholdelse af udlederkrav eller fastlæggelse af årlige gennemsnit af koncentrationsforøgelsen over dambruget (og dermed af udledningerne), som er det væsentligste at fastlægge, eller det er begge dele og med hvilken sandsynlighed og usikkerhed. Herudover vil man også være interesseret i, om fastlæggelse af den faktiske koncentrationsforøgelse (udledning) fastlægges uden systematisk over- eller under-estimering.

På baggrund af ovenstående frarådes det kun at tage 4 prøver pr. måleår, såfremt der kun tages 12 prøver i en 3-årig periode, da usikkerheden på fastlæggelse af udledninger bliver meget stor og risikoen for ved tilstandskontrol at godkende et udlederkrav, som i virkeligheden er overskredet, vil være 48 % (og ved transportkontrol 95 %). Desuden har DCE tidligere anbefalet minimum 12 prøver pr. år for at få en rimelig sikkerhed (12 % ved tilstandskontrol) for ikke at godkende udledninger, der reelt overskrider udlederkravet (se f.eks. Svendsen et al. 2008).

For flere af de dambrug DCE har fået data fra har der været ret store år til år variationer i udledninger/overkoncentrationer (Svendsen et al., 2013), og der bør være nogle forudsætninger for at tillade kun prøvetagning hvert tredje år. Forud for eventuel stillingtagen til en reduktion til 12 prøver et måleår til at repræsentere 3 måleår, vil DCE derfor anbefale, at man først foretager målinger i tre år (12 prøvesæt pr år) til at sikre at koncentrationsforøgelsen over dambruget er ensartet de tre år og tilsvarende for spredningen, som samtidigt ikke bør være stor. Samtidig bør udlederkravet klart overholdes, evt. kunne der stilles et skærpet krav om, at den alle tre år skulle ligge f.eks. mindst 15 % under udlederkravet. Dette ville indbygge en ekstra sikkerhed imod at godkende udledninger (overkoncentrationerne) som reelt overskriver kravene. Hvis disse forhold er opfyldt, og det vurderes, at de tre år også er repræsentative for dambrugets fremtidige drift, kan det være en mulighed at overgå til 12 prøvesæt hvert tredje måleår, men kombineret med kontinuert måling af vandmængder i indtag og afløb gennem alle tre år som indikator for at forholdene er sammenlignelige. De kontinuerte målinger af vandmængden kan efterfølgende også anvendes som indikation for om produktionsforholdene ændrer sig så prøvetagningsstrategien på ny skal justeres/ændres.

I forhold til at kvantificere betydningen af udledninger fra dambrug og lave kildeopsplitning under overvågningsprogrammet vil det afgørende være, hvor stor en andel dambrugets udledninger udgør af den samlede belastning af en sø eller i et givent opland eller af en given vandløbsstrækning, og dermed hvor stor usikkerhed på resultatet, der vurderes acceptabelt. Ofte vil udledningerne fra et mindre dambrug kun udgøre nogle få procent (f.eks. max. 5 %) af den samlede stoftilførsel, og så vil selv en relativ stor usikkerhed på udledningen ikke have væsentlig betydning for vurderingen af kilder og stoftilførsel til vandmiljøet. Her vil 12 prøvesæt taget i et måleår hvert tredje år (suppleret med kontinuert registrering af vandmængder) være tilstrækkelig. Vandmængden er vigtig at få med, da det er nettoudledningen fra dambruget (og ikke en koncentrationsforøgelse), der er den relevante størrelse i forhold til kvantificering af kilder. En usikkerhed på den årlige udledning på 30-50 % vil her være acceptabel. Er der flere mindre dambrug,

der udleder til samme recipient bør man sikre, der måles i en forskudt cyklus, så der måles på nogle af dambrugene hvert år fremfor på alle dambrug i samme år hvert tredje år og derved sikre, at variation år til år i udledninger grundet f.eks. varierende vandkvalitet, afstrømning og sygdomsudbrud medtages ved prøvetagningen sammenlignet med at måle alle dambrug ét af tre år, og således at få et mere repræsentativt estimat på udledningerne. Ved at stille krav til kontinuert registrering af vandindtag og/eller -afledning i alle år vil man samtidig kunne få en klar indikation af, om produktionsforholdene er relativt stabile, eller om der kan forventes af have været en større variation i udledningerne de enkelte år, ikke mindst hvis man også anvender oplysninger om indberettet foderforbrug, foderkvotient og evt. brug af medicin og hjælpestoffer.

Ved vurdering af eventuel påvirkning af vandløbets bundfauna grundet udledninger fra et mindre dambrug til en (især mindre) recipient vil man anvende DVFI indekset, og først i tilfælde af at målsætningen ikke er opfyldt eller artssammensætningen indikerer en påvirkning, kunne der være behov for hvert år (løbende) at følge udvikling i koncentrationsforøgelserne i udledningerne fra dambruget af specielt ammonium kvælstof og let omsætteligt organiske stof (BI₅). For at kunne vurdere effekten i forhold til nærrecipient skal man kende vandmængden for at vurdere fortyndingen og det er igen hensigtsmæssigt med kontinuert registrering i som minimum udledt vandmængde.

Da vandtabet over små dambrug typisk vil være meget lille kan man i princippet nøjes med at lave kontinuert målinger heraf i afløbet, og dambrugeren må så tage risikoen ved, at målte udløbsmængde anvendes også for mængde indtaget vand. Der vil dog også være øget risiko for at udledningerne ikke fastlægges korrekt, hvis flowmåleren måler forkert, er ude af drift i en periode og der alligevel har været et vandtab/-tilførsel over dambruget m.v.

6 Referencer

Bekendtgørelse om miljøgodkendelse og samtidig sagsbehandling af ferskvandsdambrug (2012). Bekendtgørelse nr. 130 af 8. februar 2012 - Miljøministeriet.

Kronvang, B. & Bruhn, A. & (1996). Choise of sampling strategy and estimation methods for calculating nitrogen and phosphorus transport in small lowland streams. *Hydrological Processes*, vol. 10, 1583-1501.

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

Naturstyrelsen, Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet & De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (2011). NOVANA Det nationale program for overvågning af vandmiljøet og naturen 2011-2015. Programbeskrivelse del 2.

Svendsen, L.M., Sortkjær, O., Ovesen, N.B., Skriver, J., Larsen, S.E., Boutrup, S., Pedersen, P.B., Rasmussen, R.S., Dalsgaard, A.J.T., Suhr, K., 2008. Modeldambrug under forsøgsordningen. Faglig slutrapport for måle- og dokumentationsprojekt for modeldambrug. DTU Aqua, Technical University of Denmark. DTU Aqua-rapport nr. 1993-08, 226 p.

Svendsen, L.M., Dalsgaard, A.J.T., Pedersen, P.B. & Michelsen, K., 2013. Analyse af historiske udledninger fra klassiske dambrug. DCE, AU's bidrag til arbejdsplan 1 (WP1) under projekt "optimering af driften på klassiske dambrug", 20 s.