

# Kontrol af udledninger ved produktion af ørred til havbrugsfisk

---

Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi

Dato: 19. december 2013  
Rettet: 24. januar 2014 og den 8.  
marts 2014

Søren Erik Larsen<sup>1</sup> & Lars M. Svendsen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut for Bioscience

<sup>2</sup>DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi

Rekvirent:  
Miljøstyrelsen  
Antal sider: 8

Faglig kommentering:  
Søren Erik Larsen  
Kvalitetssikring, centret:  
Susanne Boutrup



AARHUS  
UNIVERSITET

DCE - NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Tel.: +45 8715 0000  
E-mail: [dce@au.dk](mailto:dce@au.dk)  
<http://dce.au.dk>

# Indhold

<b>1</b>	<b>Spørgsmål fra Miljøstyrelsen</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Svar</b>	<b>4</b>
2.1	Tilstandskontrol	5
2.2	Transportkontrol	6
2.3	Eksempler	7
<b>3</b>	<b>Referencer</b>	<b>8</b>

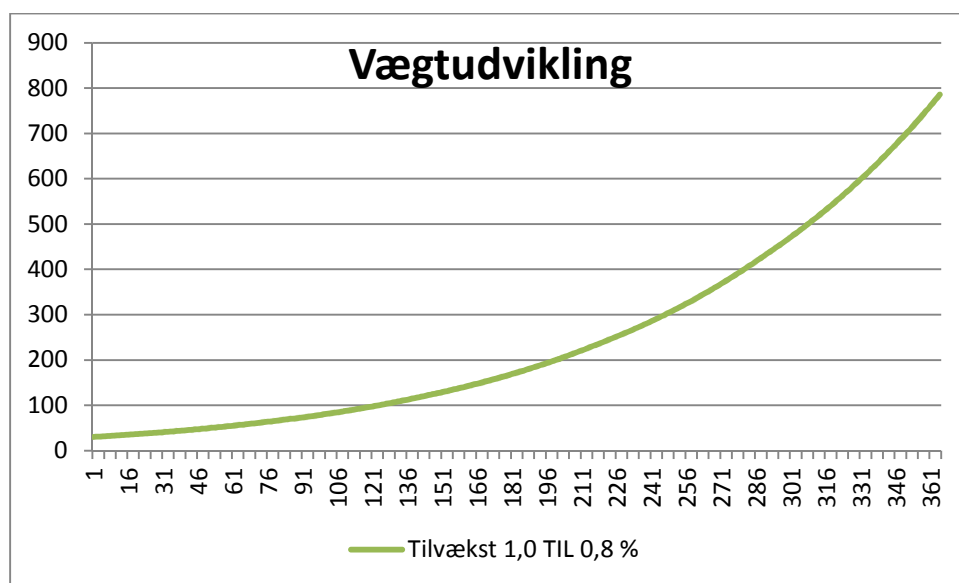
## 1 Spørgsmål fra Miljøstyrelsen

*I forbindelse med produktion af havbrugsfisk [på udlederkontrol] har dambrugene en ujævn fordeling af deres produktion, der skaber problemer for dambrugerne hævder DA. Dambrugene har en lille påvirkning [af recipienten] gående mod en meget stor [påvirkning] i marts, hvor de så går på næsten 0 igen, når fiskene fjernes fra anlægget.*

*Kan man gøre noget ved statistikken for variation i prøverne, så denne gruppe [dambrug] ikke rammes så hårdt [ift. udlederkontrollen] af varierende påvirkning?*

## 2 Svar

Problemstillingen omkring produktion af fisk til udsætning i havbrug relaterer sig til en meget skæv fordeling af fiskebestanden hen over året og dermed også at udledningerne tilsvarende fordeles meget ujævnt over perioden. Der vil være større spredning i udledningerne sammenlignet med et dambrug, hvor der anvendes samme fodermængde men med en mere konstant fiskebestand, og dermed mere konstant udfodring hen over året. I figur 1 er som eksempel vist, hvordan en fisk på 30 gram ved årets begyndelse vokser i løbet af et år med en tilvækst, der i starten er 1 % daglig men som gradvist aftager til 0,8 %. Dette resulterer efter et år i en fisk på ca. 800 gram. I tabel 1 er tilvæksten i samme eksempel opgjort på månedsbasis, hvor man starter med en 30 grams fisk. Det fremgår, at over halvdelen af tilvæksten sker de sidste tre måneder, mens kun knap 6 % af tilvæksten sker i de første tre måneder.



**Figur 1:** Vægt udvikling (i gram) i løbet af 1 år for 30 grams fisk med tilvækst første 120 dage på 1 % pr dag, 0,9 % fra dag 121 til 240 og 0,8 % resterende periode.

**Tabel 1.** Tilvæksten pr. måned i fiskebestand ved en daglig tilvækst på 1 % i begyndelsen som gradvist aftager til 0,8 % ved en fiskestartvægt på 30 g. Se også figur 1.

Måned	Andel af årets tilvækst (%)	Akkumuleret tilvækst (%)
1	1,4	1,4
2	1,9	3,4
3	2,5	5,9
4	3,3	9,2
5	4,3	13,5
6	5,5	19,0
7	7,1	26,1
8	8,9	35,0
9	13,3	46,2
10	14,2	60,4
11	17,4	77,9
12	22,1	100
År	100	100

DCE vurderer, at der er 3 tilgange til at tilpasse udlederkontrollen/den statistiske metode til en skæv fordeling af produktionen.

- En mulighed ville være at tilpasse prøvetagningen til produktionen, f.eks. ved at indskrænke prøvetagningsperioden, så den kun dækker den periode, hvor der er en væsentlig produktion og væsentlig fiskebestand i dambruget. Man skal fokusere prøvetagningen til den periode og dernæst anvende den traditionelle udlederkontrol. Ved produktion af havbrugsfisk er der dog normalt fisk i anlægget i hele perioden, så metoden er kun relevant, hvor der decideret er helt fisketomt i et dambrug i en periode. I eksemplet i tabel 1 kunne man argumentere for at man tilpassede prøvetagningen så man f.eks. kun tog et prøvesæt de første 3 måneder, 2 de næste 3 måneder, en pr. måned i måneder 7-9 og så 6 prøver de sidste tre måneder fordelt med flest prøver i de sidste 2 måneder.
- En anden løsning ville være at fitte en statistisk model til den faktiske udledning og beregne residual variansen og anvende denne i udlederkontrollen. Det vil også indebære, at der i hvert enkelt tilfælde skal fittes en model hvert år til de faktiske udledninger. Efter DCE's opfattelse er det dog ikke en metode, der kan anbefales, da det dels vil give en for lille varians og dermed medføre, at for store udledninger vil kunne accepteres ved udlederkontrollen. Det vil heller ikke være hensigtsmæssigt, at der hvert år skal laves individuelle statistiske fits til en faktisk udledningsfordeling, og man først efter at alle udledninger indenfor et år foreligger, har mulighed for at vurdere, om udlederkontrollens krav overholdes.
- En tredje fremgangsmåde vil være at logaritme transformere udledningerne før udlederkontrollen udføres. Det mindsker betydningen af store udledninger, og der anvendes samme metode som den metode, der er standard ved kontrol af udledninger fra renseanlæg og industrier. Metoden forudsætter, at alle forskelle i koncentrationer/transporter mellem udløb og indløb er positive, men såfremt der er negative værdier, kan man anvende den numeriske værdi eller en værdi tæt på nul i stedet (se nedenfor). Metoden skal kun anvendes, når produktionen er tilstrækkelig "skæv" hen over en produktionsperiode. Det anbefales, at kriteriet bør være, at indenfor et år ligger mere end 45 % af et års produktion indenfor 3 måneder og mindre end 10 % af produktionen indenfor andre 3 måneder.

DCE vil anbefale fremgangsmåde 3 og nedenfor er der redegjort for metoden rent statistisk og et eksempel er regnet igennem.

## 2.1 Tilstandskontrol

Lad  $x_i$  betegne differensen mellem den målte koncentration af et bestemt kontrolstof målt i udløbsvandet fra dambruget og i indløbsvandet til dambruget for prøvetagningen  $i$ . Antag at der er målt  $n$  gange i kontrolperioden, dvs.  $i = 1, 2, \dots, n$ .

Hvis en eller flere af  $x_i$  værdierne er negative (og man dermed ikke kan tage logaritmen heraf) adderes et helt positivt tal så alle  $x_i$  værdierne bliver positive. Følges fremgangsmåden nedenfor vil dette ikke påvirke resultatet. Disse nye  $x_i$  værdier anvendes i det følgende.

Ifølge DS2399 (Afløbskontrol. Statistisk kontrolberegning af afløbsdata) udføres tilstandskontrol på følgende måde. Beregn:

$$\log(x_i), \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (\log: \text{naturlig logaritme})$$

samt

$$\mu_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log(x_i)$$

$$s_k = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log(x_i) - \mu_k)^2}{n-1}}$$

$\mu_k$  er middelværdien og  $s_k$  er spredningen.

Beregn en justeringsfaktor  $k_k$  på baggrund af antallet af målte koncentrationer  $n$  og et valg af dambrugerens risiko. Den generelle formel for  $k_k$  er givet i Larsen og Svendsen (1998) s. 34. Kontrolreglen bliver:

$$\exp(\mu_k + k_k \cdot s_k) \leq U_k,$$

hvor  $U_k$  er kravværdien angivet som en koncentration. For  $n = 26$  er  $k_k$  0,5035 og for  $n = 12$  prøver er  $k_k$  0,3586 jf. Svendsen et al. (2008), hvori  $k_k$  for alle  $n$ -værdier mellem 6 og 52 indenfor et måleår.

Har man adderet et helt positivt tal til alle  $x_i$  værdierne så skal dette tal fratrækkes på venstre side af uligheden efter at udtrykket med eksponentialfunktionen er beregnet.

## 2.2 Transportkontrol

Ligeledes i følge DS2399 udføres transportkontrollen efter nedenstående principper. Først beregnes differensen mellem døgntransporten i udløbet og døgntransporten i indløbet. Lad os kalde disse differenser for  $L_i$  for døgnet  $i$ :

$$L_{xi} = q_{ui} \times c_{xui} - q_{ii} \times c_{xii}$$

hvor  $c_{xui}$  og  $c_{xii}$  er døgkoncentrationen dag  $i$  for stof  $x$  i det samlede udløb og indløb og  $q_{ui}$  og  $q_{ii}$  tilsvarende vandføring i samlede indløb og afløb.

Dernæst beregnes størrelserne:

$$L_i = \log(l_i), \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (\log: \text{naturlig logaritme})$$

$$\text{samt} \quad \mu_T = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L_i$$

$$s_T = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (L_i - \mu)^2}{n-1}}$$

$\mu_T$  er middelværdien og  $s_T$  er spredningen.

Hvis en eller flere af  $L_i$  værdierne er negative adderes et helt positivt tal så alle  $l_i$  værdierne bliver positive. Og disse nye  $l_i$  værdier anvendes i de ovenstående beregninger. Derefter beregnes justeringsfaktoren  $k_T$  ud fra den generelle formel i Larsen og Svendsen (1998) ud fra  $n$  og dambrugers risiko.

Kontrolreglen er

$$\exp(\mu_T + k_T \cdot s_T) \leq U_T,$$

hvor  $U_T$  er den korrigerede kravværdi udtrykt i en stofmængde og beregnet som

$$U_T = U_{Tk} + (k_T - k_k) \cdot \exp(\mu_T + 0.5 \cdot s_T^2) \cdot \sqrt{\exp(s_T^2) - 1}.$$

For  $n = 26$  er  $k_k$  0,5035 og  $k_T = -0,3352$ , og for  $n = 12$  prøver er  $k_k$  0,3586 og  $k_T = 0,5205$  (Svendsen et al., 2008).

Har man adderet et helt positivt tal til alle  $l_i$  værdierne så skal dette tal fratrækkes på venstre side af uligheden efter at udtrykket med eksponentialfunktionen er beregnet samt fratrækkes udtrykket  $\exp(\mu_T + 0.5 \cdot s_T^2)$  før dette ganges med henholdsvis  $(k_T - k_k)$  og  $\sqrt{\exp(s_T^2) - 1}$ .

### 2.3 Eksempler

Her er et tænkt eksempel, hvor udledningerne følger en eksponentiel udvikling pålagt noget variation, som bliver større jo større udledningen er. Eksemplet her viser forskellen mellem  $BI_5$  koncentrationer i udløb og indløb.

Her er de 12 målte forskelle i koncentrationer: 0,11; 0,18; 0,27; 0,16; 0,22; 0,48; 0,50; 0,49; 0,90; 0,77; 0,86; 1,86.

Udlederkravet er 1,00 mg l<sup>-1</sup> og er kontrollen uden anvendelse af log transformationen

$$0,57 + 0,36 \cdot 0,49 = 0,75 < 1.$$

Og her er kontrollen udført på log-transformerede data

$$\exp(-0,88 + 0,36 \cdot 0,86) = 0,57 < 1.$$

### 3 Referencer

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

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

Svendsen, L.M., Sortkjær, O., Ovesen, N.B., Skriver, J., Larsen, S.E., Boutrup, S., Pedersen, P.B., Rasmussen, R.S., Dalgaard, 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., Sortkjær, O., Ovesen, N.B., Skriver, J., Larsen, S.E., Boutrup, S., Pedersen, P.B., Rasmussen, R.S., Dalgaard, 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.