



## Notat

Til Miljø- og Fødevareministeriet, Dep  
Att. Alf Skovgaard

Vedr. Bestilling af notat vedr. rensning på danske saltvandsdambrug

Fra DTU Aqua

FINAL 25. AUGUST 2019

### Rensegrader og performance på danske saltvandsdambrug

10. juni 2019  
PBOV

Miljø- og Fødevareministeriet, Dept.(MFVM) v/ Alf Skovgaard har pr. 7. marts 2019 anmodet DTU Aqua om at udarbejde et notat vedr. rensning på danske saltvandsdambrug.

Der anmodes i bestillingen om en redegørelse og oversigt vedr. følgende:

#### Oversigt over teknikker til rensning af proces- og spildevand, der anvendes på saltvandsdambrug i dag:

- *Hvilken type filter, fældningsteknik mv. fjerner hvilken type stof? Her ønskes en kort gennemgang af de mest relevante teknikker samt en beskrivelse af evt. uudnyttet potentiale (såsom nedsivning eller kemisk fosforfældning?).*
- *Nedsivning: hvordan virker et nedsivningsanlæg for et saltvandsdambrug – og er der nogen kendskab til skæbnen for de næringsstoffer, der nedsives? Er det et problem at nedsive saltvand i forhold til ferskvand?*
- *Indkøringsfase og driftsoptimering. Er der en indkøringsfase for nyetablerede anlæg, og hvor meget effekt kan man forvente af ”driftsoptimering” over tid?*

#### Hvilke rensegrader forefindes i dag for saltvandsdambrug for hhv. N, P og organisk stof:

Der ønskes en analyse af, hvordan anlæggene performer i forhold til rensning af spildevand, herunder

- *Hvilke rensegrader for N, P og organisk stof eksisterer på de anlæg, der er i drift i Danmark i dag. Er der overensstemmelse med forventningerne i forbindelse med anlæggenes projektering?*
- *Hvad er de specifikke næringsstofudledninger (kg N og P udledt pr. tons produceret fisk) for de eksisterende anlæg?*
- *Forsknings- og udviklingsniveau: Hvilke forbedringer kan forventes i fremtiden?*

#### Fiskeart:

- Hvilke forskelle er der i produktionsbidraget og den realiserbare foderkvotient for de fiskearter, der opdrættes i saltvandsdambrug i Danmark i dag; laks, regnbueørred, kingfish?
- Hvilken betydning har dette for anlæggets samlede og specifikke udledning af næringsstoffer?

#### N- og P-indhold i regnbueørreder i saltvandsdambrug:

I notat af 4. marts 2018 om Indhold af N og P i "havbrugsørreder" er der alene medtaget analyser fra kommercielle havbrugsfisk. Tallene er baseret på rapporten Produktionsbidrag og dambrugsmode: Manual og modelforudsætninger af 2016. Kan der på basis af samme rapport beregnes det bedste faglige grundlag for N- og P-indholdet alene for regnbueørreder i saltvandsdambrug? I givet fald ønskes N- og P-indholdet for regnbueørreder i saltvandsdambrug opgivet til eventuelt grundlag for beregningen af udledning fra regnbueørreder i saltvandsdambrug i tilfælde, hvor udledningen ikke bestemmes ved prøvetagning af udløbsvandet, men i stedet udelukkende beregnes ud fra massebalancen for N og P tilført og fraført anlægget.

### **Baggrund**

Det anføres i anmodningen fra MFVM, at der er stor interesse blandt investorer, grønne organisationer og lokal- og landspolitikere for at etablere nye saltvandsdambrug ("havbrug på land") men at dele af brancheforeninger og havbrugere samtidigt mener, at der i den offentlige debat tegnes et forskønnet billede af moderne saltvandsanlæg på land og deres miljøpåvirkning pr. produceret enhed.

Der ønskes derfor en kommenteret status på saltvandsdambrugenes nuværende teknologiske performance og specifikke næringsstofudledning (N og P udledt pr mængde produceret fisk) samt en redegørelse for evt. nye teknologier, der kunne gøre anlæggene mere miljø-effektive.

### **Produktionsbidrag og fiskeart**

Produktionsbidraget er mængden af næringsstoffer (N, P og organisk stof (O)), som fiskeproduktionen tilfører det omgivende vand inden rensning. Produktionsbidraget omfatter således fiskenes udskillelse af fækalier (ufordøjet foder) og affaldsprodukter (fra fordøjet foder) og tillægges et evt. foderspild.

Beregningen af produktionsbidraget og dets fordeling på partikulære og opløste stoffer afhænger af en række inputparametre inkl. foderets næringsstofsammensætning (foderdeklarationen), næringsstoffernes fordøjelighed, mængden af tildelt foder, foderkvotienten, samt for store ørreder rognprocenten.

På baggrund af en række studier har DTU Aqua udarbejdet Produktionsbidragsmodeller for regnbueørreder i ferskvand (op til 800 g/stk) og for regnbueørred-rognfisk i saltvand (1-4 kg). Disse er nærmere beskrevet (og kan rekvireres) på <https://www.aqua.dtu.dk/forskning/akvakultur/dambrugsberegninger>.

Modellerne beskriver produktionsbidraget og dets opdeling i hhv. opløste og partikulære fraktioner for O og de relevante N- og P-forbindelser og er således velegnet til umiddelbart at vurdere, hvilke rensningsforanstaltninger som må forventes at kunne have effekt på de pågældende fraktioner.

En betydende parameter for præcist at kunne beregne produktionsbidraget er indholdet af N og P i de producerede fisk. For portions-ørreder (op til 800 g) i ferskvand anvendes  $N = 2,75 \%$  og  $P = 0,43 \%$  af vådvægten. For store regnbueørreder ("rognfisk" >10% rogn) er indholdet tidligere (Notat af 4. marts 2018) angivet til  $N = 2,95 \%$  og  $P = 0,414 \%$  af vådvægt. For saltvandsopdrættede regnbueørreder i landbaserede anlæg foreligger ikke tal fra kommercielle opdræt med hertil hørende betingelser og forhold. Ved opdræt af et andet "slutprodukt" vil indholdet muligvis være anelser ændret (afhængig af fiskestørrelse, rognprocent, -stamme, opvækstbetingelser, salinitet, vækstrate, fødetilgang, foderkonvertering m.v.) mens et tilsvarende produkt (størrelse, rognsetning m.v.) antageligvis vil have indhold tilsvarende havbrug.

Der er ikke os bekendt dokumenteret belæg for at konkludere, at N- og P-indholdet for regnbueørreder i kommercielle saltvandsdambrug skulle adskille sig fra ovennævnte. Det bedste faglige bud på indholdet er derfor som ovenfor, afhængig af om produktionen er af portionsfisk eller rognfisk.

For andre arter er der til dato ikke lavet forsøg til baggrund for en egentlig Produktionsbidragsmodel, ligesom det konkrete indhold af N og P i hhv. store laks (*Salmo salar*) og kingfish (*Seriola sp.*) ikke er kendt. For laks vil det formentligt være retvisende at anvende tal lignende/en anelse over regnbueørred og ligeledes vil det for kingfish være det være vort bedste bud indtil evt. analyser af fisken måtte vise andet.

Såfremt fiskenes indhold af N og P ansættes ens, vil foderets sammensætning, fordøjeligheden af næringsstofferne deri og den realiserede foderkvotient afgøre produktionsbidraget.

For lakseopdræt er Produktionsbidragsmodellen således anvendt og fordøjelighederne ansat til default-værdier for ørred. Med en forventet foderkvotient på 1,25 og med 2 % reelt foderspild<sup>1</sup> ansætter Danish Salmon produktionsbidraget til 108.000

<sup>1</sup> anført i Miljøgodkendelse 9.maj 2017, angivet af ansøger (DHI) bl.a. i Tabel 15.1 (side 103 i VVM-redegørelse - ændringer i fremtidig drift).

Tallene forekommer realistiske for pågældende produktion.

kg N og 14.000 kg P/år. Ved en produktion på 2.000 t/år svarer dette til et forventet produktionsbidrag på 54 kg N og 7 kg P pr. produceret kg fisk.

For kingfish og miljøgodkendelsen for Sashimi Royal er der ikke anført noget egentligt forventet produktionsbidrag, men alene en forventet specifik (og samlet) udledning ligesom rensningen er holdt op mod vejledningen for saltvandsdambrug. Det anføres, at en forventet (lakse-) produktion på 2.500 t/år vil medføre udledning af 48 t N og 5,5 t P svarende til 20 kg N og 2,2 kg P pr. kg produceret fisk. Såfremt det forventede produktionsbidrag fra Danish Salmon på 54 kg N og 7 kg P pr. produceret kg fisk anvendes, svarer dette til en reduktion på hhv.  $(135.000 - 48.000)/135.000 = 65\%$  for N og  $(17.500 - 5.500)/17.500 = 69\%$  for P ved produktion af laks.

Uagtet at det konkret anvendte foder til kingfish ikke er kendt og ej heller den konkrete foderkvotient må det forventes, at foderet vil være højprotein-holdigt og at foderkvotienten vil være over de 1,25 angivet for laks. Disse to faktorer vil tilsammen betyde, at produktionsbidraget af både N og P vil være noget højere for kingfish end for laks. Med henseende til miljøgodkendelsen/udledningen betyder dette videre, at enten skal produktionen reduceres i mængde eller også skal den interne rensning relativt forbedres for at kunne overholde årsmængde-tilladelsen. Kravet til specifik udledning kan derimod kun overholdes ved at forbedre rensegraden til over de 65 og 69 % for N hhv. P.

Ovenstående anskueliggør, at anlægs specifikke udledning af næringsstoffer kan blive/være noget højere ved produktion af andre fiskearter end ved produktion af regnbueørred, der er et meget effektivt produktionsdyr med hensyn til foderudnyttelse og næringsstof-tilbageholdelse (retention). Selv ved samme rensegrad vil den specifikke udledning fra f.eks. laks og kingfish være højere end for regnbueørred, og ved samme fjernelse (i mængde) vil udledningen (i mængde) være højere ved samme produktionsvolumen.

Der kan derfor være behov for at fastlægge/definere det forventede produktionsbidrag og den forudsatte rensegrad med henblik på bedre at kunne fastlægge retvisende BAT- og krav til max. specifik udledning ved opdræt af andre arter end regnbueørred.

### **Rensningsteknologier i anvendelse på danske saltvandsdambrug**

Internt i selve produktionsanlægget omsættes organisk stof i biofiltre, der ligeledes omdanner ammonium til nitrat. Uden denitrifikation i selve recirkuleringsloopet (som ingen anlæg p.t. har og som kan være risikabelt i saltvand) sker der kun begrænset fjernelse af N (eller P) internt og disse stoffer vil derfor være i til stede i en eller begge hovedafledningsstrømme fra et RAS-anlæg.

De opløste stoffer, hovedsageligt nitrat (ca. 85 % af produktionsbidraget af N) og ortho-fosfat (ca. 1/3 % af produktionsbidraget af P) bindes i mindre omfang i biofilterets mikroorganismer, men langt hovedparten føres ud af produktionsanlægget med udskiftningsvandet (en af de to hovedafledsstrømme).

Fjernelsen af nitrat-N fra afløbsvandet sker i dedikerede denitrifikationsfiltre, hvor biofiltermedie/-elementer giver fastholdelse for bakterierne, der under iltfrie forhold tager ilten fra nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) til nedbrydning af organisk stof. De denitrificerende bakterier er ofte de samme, som også under aerobe forhold omsætter organisk stof og er således fakultativt anaerobe. Som organisk stofkilde anvendes på anlæg oftest en ekstern kulstofkilde, typisk methanol, ethanol eller acetat, der tilsættes denitrifikationsfilteret og således "driver" denitrifikationsprocessen. Metoden med medie-baseret denitrifikation baseret på ekstern kulstoffilsætning er kendt og anvendes på alle danske saltvandsdambrug.

Filterstørrelse (medieoverflade), kulstoffilsætning og opholdstid er betydende parametre for filternes effektivitet og evne til at fjerne kvælstof. Ved 20° C kan der typisk opnås en volumetrisk denitrifikationsrate ( $\text{g NO}_3\text{-N fjernet/m}^3 \text{ reaktor/dag}$ ) på 100-185  $\text{g N/m}^3\text{/d}$  ved en opholdstid på 4-5 timer i reaktoren. For at fjerne 100 kg nitrat-N/dag kræves der således en reaktor på 500-900  $\text{m}^3$ . Selv om kulstoffilsætningen udmærket kan styres og øges (en omkostning), begrænser kravet til opholdstid og volumen ofte N-fjernelsen på kommercielle anlæg. Forøget kulstoffodsering udover kapaciteten forøger ikke kvælstoffjernelsen, men risikerer alene at forøge udledningen af opløst organisk stof.

Opløst fosfor er svært at fjerne fra denne hovedafledsstrøm p.g.a. lave koncentrationer og store vandmængder og finder typisk ikke sted.

Den anden hovedafledsstrøm er fra de mekaniske filtre (og biofilterreturskyl). Heri findes en mindre mængde organisk kvælstof (10-15 % af produktionsbidraget) samt en stor del af fosforen (ca. 2/3 af produktionsbidraget af P) og det organiske stof.

Denne strøm har høje stof-koncentrationer og udgør typisk under 20 % af det samlede afløb og er derfor nemmere at behandle. Vandet tilsættes polymerer og flokkuleringsmidler for at få det fin-partikulære stof til at samles og gøre fjernelse via bundfældning og/eller filtrering effektivt. Slut-filtrering sker typisk via båndfilter, og slam med et tørstofindhold op mod 20 % kan høstes og anvendes derefter oftest til biogas.

Endvidere anvendes også nedsivning som renseteknologi på lokaliteter, hvor muligheder og jordbundsforhold tillader denne teknologi (se nedenfor).

## Rensegrader for N og P

Baseret på de af MFVM fremsendte data\* fra NOVANA-indberetningen 2018 kan den specifikke udledning beregnes:

2018 - data	*Produktion netto (t)	*Foder (t)	*FCR	*N udledt (t)	*P udledt (t)	Specifik udledning (kg/t prod)	
						N	P
AtS	530	714	1,35	2,62	0,71	4,9	1,3
DS	1.026	ej oplyst	ej opl.	31,11	0,53	30,3	0,5
Sas	273	499	1,83	18,25	1,80	66,8	6,6

Der kan således iagttages en betydelig variation i anlæggenes specifikke udledning som formentlig afspejler dels teknologi anvendt og dels opstartstidspunkt og driftserfaring/-optimering.

Det må antages, at der for alle anlæg og renseforanstaltninger er en vis indkørfase for såvel produktion som afløbsrensning. Samtidigt kan der spekuleres i, at man især i den indledende driftsfase måske kan have fokus mere rettet mod at indkøre og stabilisere produktionen, idet det først derefter reelt er muligt at indkøre slutrensnings-teknologien, når der er stabile forhold, flow og stof-koncentrationer m.v.

Uden at kende de forskellige anlægs specifikke anvendelse af specifikke fodertyper og disses sammensætning kan produktionsbidraget ikke beregnes. Nedenstående må derfor ses i dette lys.

Såfremt man anvender det af DS i ansøgning oplyste forventede produktionsbidrag på 54 kg N og 7 kg P pr. produceret kg fisk ved en forventet FK på 1,25 og 2% foderspild og tilpasser dette de i 2018 realiserede foderkvotienter (DS antages lig AtS: 1,35) på anlæggene kan følgende tentative værdier beregnes for produktionsbidrag/kg fisk produceret (proteinindhold i Sas-foder ansat til 52 %, fosforindhold til 1,5 %. Der er anvendt fordøjeligheder og fiskeindhold, som for ørreder):

2018 - data	FCR	Prod.bidrag N (kg/t prod.)	Prod.bidrag P (kg/t prod.)	Specifik udledning (kg/t prod.)		Rensegrad (%)	
				N	P	N	P
AtS	1,35	55,63	7,26	4,9	1,3	91	82
DS	1,35	55,63	7,26	30,3	0,5	45	93
Sas	1,83	124,76	23,15	65,2	6,4	48	72

Rensningsgraderne synes således at være nogenlunde sammenlignelige for P og delvist også for N, dog med betydeligt højere rensegrad på AtS. Her er det vigtigt at notere, at AtS anvender nedsivning som renseteknologi. Som beskrevet nedenfor har DS netop etableret ny særskilt denitrifikationsreaktor (aktivt slam) og det er forventningen at rensegraden for N dermed forbedres.

For Sas er indkøring og optimering af denitrifikationsfilteret pågående. Det må dog formentlig nok forventes, at yderligere N-fjernelses-kapacitet skal etableres på lokaliteten for at kunne opnå en fuldt tilfredsstillende specifik udledning.

### **Nedsivning**

Nedsivning betragtes normalt som en miljøvenlig afledning og størstedelen af næringsstofferne forventes omsat el. bundet i jordlagene under. Der er desværre kun meget beskedent praktisk viden om nedsivningsanlæg for saltvandsdambrug. På DS viste det sig, trods forudgående jordbundsundersøgelse, at nedsivningsområdet ikke kunne "aftage" de udledte vandmængder; antageligt grundet et dybere-liggende kompakt lerlag; men såfremt bortledningen ikke havde vist sig problematisk antages det ikke at være et problem at nedsive saltvand. Og slet ikke i tilfælde hvor vandføringen vil bringe det saline vand ud mod havet.

Omsætning og binding af N og P i jordlag og undergrund m.v. ligger uden for DTU Aquas kompetenceområde.

### **Rensningsteknologier udviklet / på vej**

#### **Kvælstof:**

Aktivt slamanlæg (ASS). ASS er et system, hvor de denitrificerende bakterier lever frit i flokke i reaktoren (i modsætning til medie-baserede systemer) og et bæremedium er derfor ikke nødvendigt. For at undgå at bakterierne skylles ud af reaktoren hurtigere end de er i stand til at formere sig, afkobles slammets opholdstid (solid retention time) fra vandets=den hydrauliske opholdstid (HRT) ved at afløbsvandet fra reaktoren ledes til en sedimentationstank, hvorfra det bundfældede slam = bakteriebiomasse ledes tilbage til selve reaktoren. Herved kan bakteriebiomassen holdes høj på trods af relativt kort hydraulisk opholdstid (HRT). Der kan i sådanne anlæg opnås en volumetrisk denitrifikationsrate på 334 g/m<sup>3</sup>/dag med en HRT på 3,1 time; svarende til en reaktor på ca. 300 m<sup>3</sup> for at fjerne 100 kg NO<sub>3</sub>-N/dag.

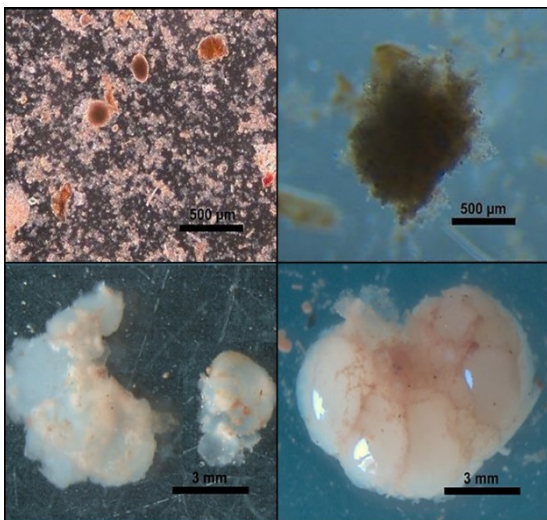
En sådan type reaktor er netop - støttet af MUDP - blevet etableret på Danish Salmon i Hirtshals. Erfaringerne er ifølge DS indtil videre gode og der opnås efter sigende meget høj N-fjernelse (>90 %) på den delstrøm af det samlede udløbsflow (ca. 30 %) som p.t. tilføres reaktoren.



Granules/granular sludge (UASB). UASB er en reaktor uden medie, hvori granuler/granulat opbygges udenpå f.eks. et uorganisk sandkorn. Bakterierne vokser udenpå og efter ca. 50 dage er der dannet et modent granule (se figur nedenfor). Der opnås derved en meget høj bakteriebiomasse i en begrænset volumen, og dermed et betydelig kapacitet. Da der er en aerobt yderlag og et anaerobt indre volumen kan simultane processer foregå i samme reaktor på grund af disse forskellige bakterielag.

Grundet den høje bakterietæthed er processen særdeles effektiv. Der er i laboratorieopstillinger opnået volumetriske denitrifikationsrater på helt op til 14.900 g NO<sub>3</sub>-N/m<sup>3</sup>/dag således at der ved en opholdstid på blot 1,4 h alene er brug for en reaktor på 7 m<sup>3</sup> til at fjerne 100 kg NO<sub>3</sub>-N/dag.

Metoden er særdeles lovende, men er endnu ikke fuldt udviklet/dokumenteret og er derfor endnu ikke implementeret eller anvendt i kommerciel praksis.



Figur. Opbygning af granules over 50 dage.

Træflis. Anvendelsen af træflis-reaktorer til at fjerne kvælstof er under fuld udvikling på f.eks. ferskvandsdambrug, hvor en gennemsnitlig fjernelse på 10-12 g NO<sub>3</sub>-N/m<sup>3</sup> træflis/dag er dokumenteret af DTU Aqua. Nylige undersøgelser har påvist udmærket fjernelse også i fuld styrke saltvand om end raten (i al fald de første 30 dage) tilsyneladende var halveret i forhold til ferskvand. Endnu mangler langtidsforsøg i salint vand, men det er desuagtet formodningen at fjernelsen vil nærme sig ferskvands-. Metoden er meget simpel i etablering, drift og anvendelse og kan derfor være en oplagt metode til N-fjernelse, såfremt man har tilgængeligt areal. Den volumetriske denitrifikationsrate er omkring 10 g NO<sub>3</sub>-N/m<sup>3</sup>/dag så ved en opholdstid på 10 timer vil der være behov for et filter på 9-10.000 m<sup>3</sup> for at fjerne 100 kg NO<sub>3</sub>-N/dag. Raten er således lav sammenlignet med de førnævnte metoder, men



anlæg og drift er simpel og således velegnet til en mere ekstensiv kvælstoffjernelse.

I en række videnskabelige artikler har DTU Aqua publiceret internationalt om metoderne nævnt herover. Eksempelvis:

Denitrifying granules in a marine Upflow Anoxic Sludge Bed (UASB) reactor.

Letelier-Gordo, Carlos Octavio; Herreros, Miguel Martin. *Aquacultural Engineering*, Vol. 84, 2019, p. 42-49.

Denitrification in saltwater recirculating aquaculture systems (RAS) using an up-flow sludge bed reactor (USB). Herreros, Miguel Martin; Letelier-Gordo, Carlos Octavio.

Optimizing nitrate removal in woodchip beds treating aquaculture effluents. von Ahnen, Mathis; Pedersen, Per Bovbjerg; Hoffmann, Carl Christian; Dalsgaard, Anne Johanne Tang. *Aquaculture*, Vol. 458, 2016, p. 47-54.

Performance of full-scale woodchip bioreactors treating effluents from commercial RAS. von Ahnen, Mathis; Pedersen, Per Bovbjerg; Dalsgaard, Johanne. *Aquacultural Engineering*, Vol. 83, 2018, p. 130-137.

Salinity affects nitrate removal and microbial composition of denitrifying woodchip bioreactors treating recirculating aquaculture system effluents. von Ahnen, Mathis; Aalto, Sanni L.; Suurnäkki, Suvi; Tiirola, Marja; Pedersen, Per Bovbjerg. *Aquaculture*, Vol. 504, 2019, p. 182-189.

### **Fosfor:**

Som beskrevet, er fjernelse/udfældning af partikulært fosfor fra slamvand via polymerer og flokkulanter og efterfølgende filtrering relativt velkendt og anvendes generelt på anlæggene.

### Foderoptimering

Udskillelsen af opløst fosfor er (for regnbueørred og laks) påvist at afhænge af mængden af tilgængeligt fosfor i foderet. Hvis mængden af tilgængeligt fosfor netop passer med fiskens behov udskiller fisken kun meget lidt opløst fosfor. Såfremt mængden af tilgængeligt fosfor øges derudover sker der en lineær stigning i udskillelsen af opløst fosfor. Dette illustreres i nedenstående figur:

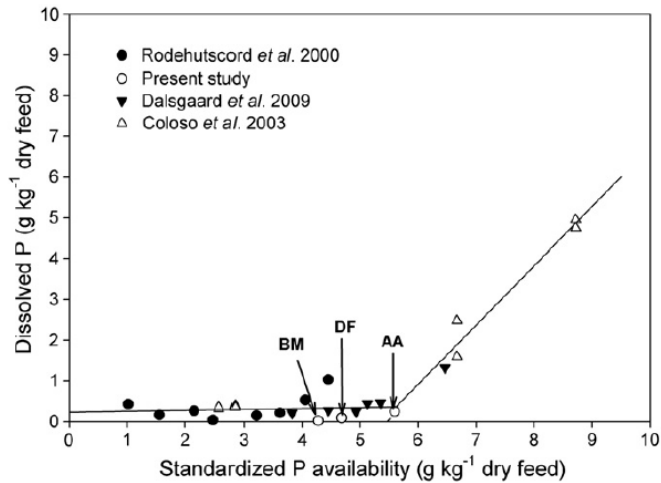


Fig. 3. Comparison of dissolved phosphorus concentrations excreted by 50–100 g rainbow trout fed diets with standardized available phosphorus concentrations as reported in different studies. The following two-slope, broken-line regression model was fitted to the data:  $y = 0.359 - 0.024 \times (R - x) + 1.454 \times (x - R)$ ,  $R^2_{adj} = 0.961$ , where  $y$  is the dissolved P output,  $x$  is the standardized P availability in the diet,  $R$  is the breakpoint- $x$ -value of 5.617,  $(R - x)$  is defined as zero when  $x > R$ , and  $(x - R)$  is defined as zero when  $x < R$  (Robbins et al., 2006). Abbreviations on the figure refer to values obtained with different diets in the present study: Ecolife 20 from Biomar A/S (BM), 576 BM XS from Aller Aqua A/S (AA), and Dan-Ex 2844 from Dana Feed A/S (DF).

fra: Solid and suspended/dissolved waste (N, P, O) from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*).

Dalsgaard, Anne Johanne Tang and Pedersen, Per Bovbjerg. *Aquaculture*, Vol. 313, No. 1-4, 2011, p. 92-99.

For foderfirmaet er "opgaven" så at ramme punktet for fiskens behov så præcist som muligt, dog uden at komme under, idet fisken så risikerer at komme i fosformangel.

Med velkendte og veldefinerede råvarer og et konkret kendskab til fiskens behov på et givent tidspunkt (størrelse, livscyklus-stadie, opdrætsbetingelser) er det dog forhåbningen at man vil kunne komme rimeligt tæt på dette "miljøoptimale" punkt. I et netop bevilget GUDP-projekt "HAV-Tek" (deltagere: AquaPri A/S, Biomar A/S, Dansk Akvakultur og DTU Aqua samt Hvalpsund Vodbinderi og DTU Mekanik) er det netop meningen, at dette først undersøges og fastlægges, og derefter afprøves og dokumenteres muligheder og effekt på et kommercielt havbrug i 2020.

Forventningen er, at man mod en vis merpris vil kunne levere foder der medfører betydeligt reduceret udskillelse (og dermed udledning) og opløst fosfor.

#### Fældning/binding af opløst fosfor

Forskellige betonforbindelser og –produkter er påvist at have stor affinitet for fosfor, og kan derfor anvendes til at binde (og dermed "fjerne") opløst fosfor. Overskudsprodukter fra beton- og byggevarerindustrien (som i dag betragtes som affald)



kunne således finde anvendelse til fosforfjernelse. Metoden er ofte anvendt i spildevandsbehandling, men savner endnu dokumentation og anvendelse i kommerciel akvakultur. Ligeledes er anvendelse og kapacitet i saltvand ikke demonstreret.

I et pågående BONUS-Blue Baltic finansieret projekt: BONUS CLEANAQ : Innovative removal of N, P and organic matter in effluents from recirculating aquaculture systems ledet af DTU Aqua undersøges netop nye muligheder for fjernelse af næringsstoffer. Det er forhåbningen, at der via dette projekt kan udvikles/demonstreres relevante muligheder.