



De invloed van de concentratie vrij koolstofdioxide in het water op de prestaties van snoekbaars

Ewout Blom¹, Rene Remmerswaal², Jac Janssen³, Edward Schram¹
¹) IMARES ²) Aquaculture Consultancy & Engineering (ACE) B.V., ³) Maatschap Janssen van Maris

Publicatiedatum:
3 maart 2015
Rapport C183/15



Europees Visserijfonds: Investering
in duurzame visserij

Opdrachtgever:

Excellence fish
t.a.v. hr. Eric Philipsen
Dwarsweg 7
5964 PG HORST



*Dit project is geselecteerd in het kader van het
Nederlandse Operationeel Programma "Perspectief voor
een duurzame visserij" dat wordt medegefinancierd uit
het EVF.*

Europees Visserijfonds: Investering in duurzame visserij

© 2015 IMARES Wageningen UR

IMARES, onderdeel van Stichting DLO.
KvK nr. 09098104,
IMARES BTW nr. NL 8113.83.696.B16.
Code BIC/SWIFT address: RABONL2U
IBAN code: NL 73 RABO 0373599285

De Directie van IMARES is niet aansprakelijk voor gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van IMARES; opdrachtgever vrijwaart IMARES van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van de opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden zonder schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

A_4_3_1-V14.2

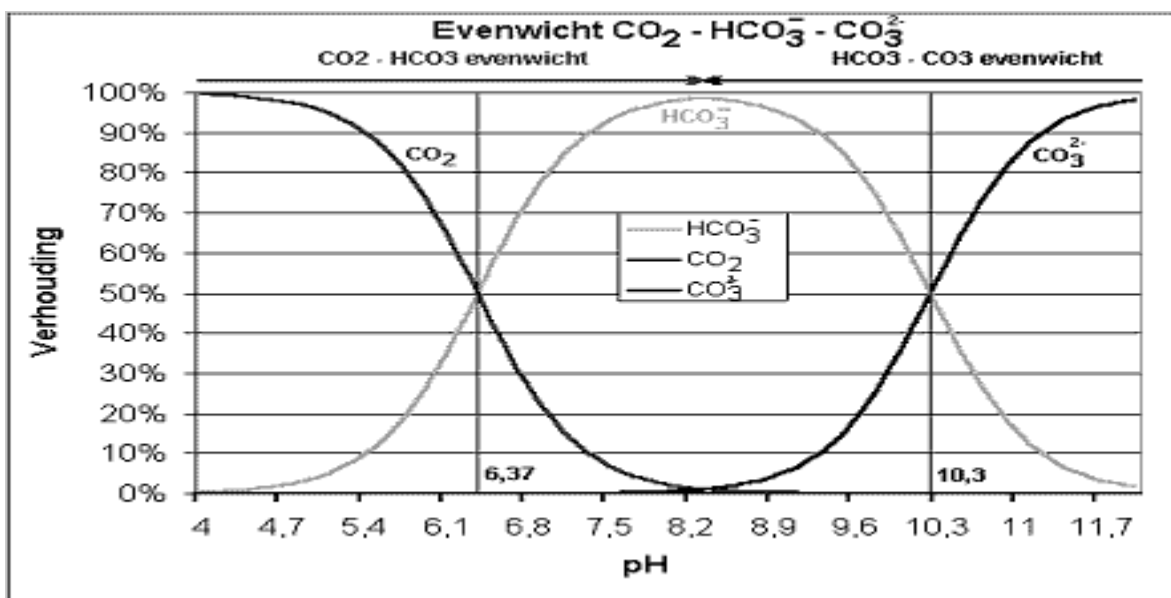
Inhoud

1	Inleiding	4
2	Overzicht kwekerij Janssen	6
3	Methoden	7
3.1	Chronologie van de aanpassingen op de kwekerij	7
3.2	Test extra ontgassing op tankniveau	7
3.3	Extra ontgassing op systeem niveau	7
4	Resultaten & Discussie	9
4.1	De prestaties van de vis op kwekerij niveau	9
4.2	Test op pilot schaal met extra ontgassing	10
5	Conclusies	12
6	Kwaliteitsborging	13
	Literatuur	14
	Verantwoording	15

1 Inleiding

Voor het VIP project Duurzaam snoekbaars collectief is een bedrijfsvergelijking gemaakt van vier snoekbaarskwekerijen. Eén van de constatering in het rapport (Remmerswaal et al., 2014) was dat de koolstofdioxide (CO_2) gehaltes in het kweekwater van de kwekerijen van Maatschap Janssen van Maris en van Slooten aquacultuur (respectievelijk 35 mg/l bij de aanvoer en 50 mg/l bij de afvoer en 30 mg/l in de aanvoer en 40 mg/l in de afvoer) erg hoog waren ten opzichte van de andere kwekerijen, Excellence fish en Lub aquacultuur (voor beide kwekerijen 5 g/l voor de aanvoer en 10 g/l voor de afvoer). Daarbij viel op dat de vis op de kwekerij van dhr. Janssen ondanks een lage uitval slecht leek te groeien (een relatief hoge standingstock gezien de totale productie: 60% van de jaarlijkse productie). Er zijn er in de literatuur geen grenswaarden voor vrij CO_2 bekend voor snoekbaars. De Norwegian Ministry of Fisheries and Coastal Affairs adviseert voor aquacultuur systemen op het land een maximum CO_2 concentratie van 15 mg/l (NMFCA, 2004), al is CO_2 gevoeligheid soort specifiek. Mogelijk was de slechte groei van snoekbaars op de kwekerij van Maatschap Janssen van Maris (deels) te wijten aan de hoge concentraties vrij CO_2 in het kweekwater.

In vis zijn voornamelijk de kieuwen verantwoordelijk voor gasuitwisseling, de uitwisseling van ionen en zuur-base regulering tussen het inwendige en uitwendige milieu (Evans et al., 2005). De structuur van de kieuwen zorgt ervoor dat zuurstof (O_2) zo efficiënt mogelijk naar het bloed wordt getransporteerd en andersom vrij CO_2 zo efficiënt mogelijk naar het water. Onder normale (lage) CO_2 concentraties in het water is het eenvoudig voor een vis om de CO_2 -druk in het bloed een factor 3 hoger te houden dan in het water en zo CO_2 vanuit de kieuwen naar het water te laten diffunderen (Randall and Cameron, 1973, McKenzie et al, 2003). In kweekomstandigheden waarbij het CO_2 gehalte in het water verhoogd is (of sterk verhoogd is zoals bij Maatschap Janssen van Maris en van Slooten aquacultuur) diffundeert CO_2 omgekeerd van het water naar het bloed (Morris et al., 1989). Door de verhoogde CO_2 druk in het bloed verschuift het evenwicht tussen CO_2 en H_2CO_3 waardoor H^+ ionen vrijkomen en het bloed van de vis verzuurd (Hayashi et al., 2004). Deze daling van pH heeft een negatief effect op het zuurstofbindend vermogen van hemaglobine in het bloed (Heisler, 1993). Onder dit soort omstandigheden valt het te verwachten dat een vis niet optimaal zal presteren.



Grafiek 1: Overzicht van het carbonaat evenwicht. (bron www.lenntech.nl).

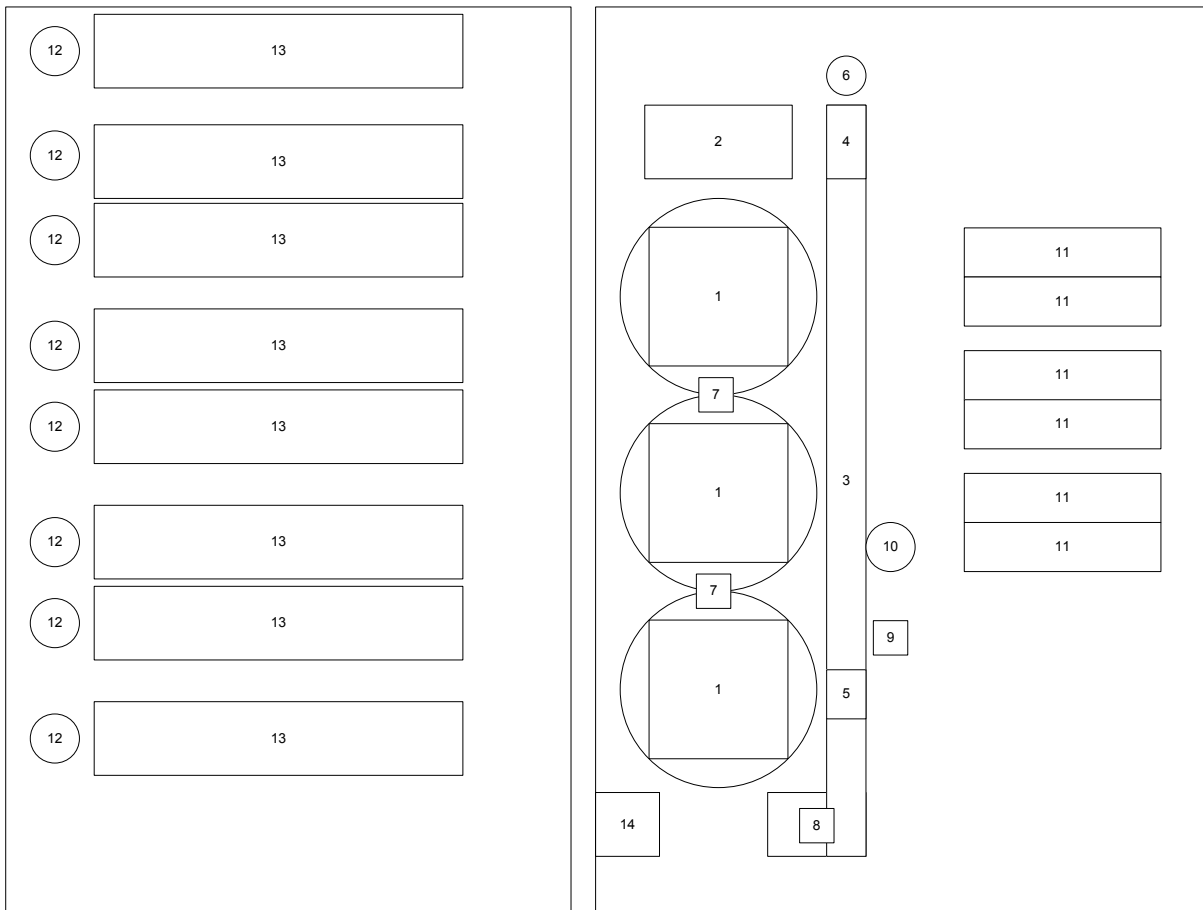
In grafiek 1 is te zien dat wanneer CO_2 opgelost is in water, het verhogen van de pH van het water leidt tot een verlaging van de fractie vrij CO_2 in het water, doordat een deel van het vrije CO_2 met water reageert, en omgezet wordt in bicarbonaat (HCO_3^-) en H^+ . Het verwijderen van CO_2 uit het water door ontgassen gebeurt in aquacultuursystemen op twee manieren: door gebruik van trickling filters en door beluchting in het water, dit laatste is wel minder

efficiënt. Op de kwekerij van dhr. Janssen wordt het water zowel in trickling filters als in zogenaamde moving bed bioreactors (MBBR) ontgast. Desondanks wordt er, gezien de metingen ten behoeve van de bedrijfsvergelijking, niet voldoende CO₂ uit het water gestript.

Naar aanleiding van de resultaten van de bedrijfsvergelijking zijn er op het bedrijf van dhr. Janssen diverse achtereenvolgende aanpassingen gedaan aan het systeem om de concentratie vrij CO₂ in het kweekwater te verlagen. Na elke aanpassing zijn de concentraties van vrij CO₂ in het water gemeten. Uit de bedrijfsadministratie zijn vervolgens de standingstock (kg vis in de kwekerij) en de voergift (kg) geregistreerd, om de effecten van de aanpassingen op de waterkwaliteit en de prestaties vast te stellen.

Het doel van deze studie was om meer inzicht te krijgen in het effect van de concentratie vrij CO₂ op de prestaties van snoekbaars.

2 Overzicht kwekerij Janssen



1. Movingbedfilter(MBBR) met CO₂stripper
2. Drumfilter
3. Beluchtegoot
4. Overloopdrumfilter
5. UV
6. Eiwitafschiimer(skimmer)
7. Grundfospomp tbv CO₂ strippers
8. Propellerpomp voor grow---out bakken
9. Centrifugaal pomp tbv nursery bakken
10. O₂ druk reactor
11. Nurserytank 6 m³
12. O₂ reactor grow---out tank
13. Grow---out tank 20 m³
14. Blower pack.

(Remmerswaal et al., 2014)

3 Methoden

3.1 Chronologie van de aanpassingen op de kwekerij

Op 22-10-2014 is er een eerste meting gedaan aan de concentraties vrij CO₂ in het kweekwater om uitgangswaarden vast te stellen (nul-meting). Vervolgens is van 15-11-2014 tot 22-11-2014 de pH van het kweekwater van het systeem verhoogd van ca. 6.2 naar 6.7/6.8, om zo de concentratie vrij CO₂ in het water te verlagen en de prestaties van de vis te verbeteren. Het effect van deze pH verhoging op de concentratie vrij CO₂ in het systeem is gemeten op 11-12-2014. Door deze pH verhoging kan het gehalte aan vrij CO₂ verlaagd worden, maar het is beter om CO₂ daadwerkelijk uit het systeemwater te verwijderen door extra ontgassing. Dit vergt echter flinke technische aanpassingen van het systeem, met bijbehorende investeringen. Om het nut van een dergelijke aanpassing vast te stellen is besloten om op tankniveau te experimenteren met extra ontgassing (zie 3.2), waarna op 22-jan-2015 het effect van extra ontgassing op het vrije CO₂ is gemeten. Tot slot is naar aanleiding van een succesvolle test inderdaad een aanpassing op systeemniveau gedaan en de effecten op het vrije CO₂ in het water van de kwekerij na deze aanpassing zijn gemeten op 26-okt-2015 (zie 3.3). De chronologie van deze aanpassingen aan het systeem en de bijbehorende metingen wordt samengevat in Tabel 3.1.

Tabel 1: Chronologie van de metingen en aanpassingen op de kwekerij van dhr. Janssen.

Meting	Datum	Aanpassing
1 (M1)	22-okt-14	Nul-meting
2 (M2)	11-dec-14	pH systeem verhoogd
3 (M3)	22-jan-15	extra ontgassing kleine schaal
4 (M4)	26-okt-15	extra ontgassing kwekerij niveau

3.2 Test extra ontgassing op tankniveau

In de nursery zijn door ACE twee tanks (zie overzicht in hoofdstuk 2, nummer 11) uitgerust met een extra tricklingfilter (crossflow 200 m³/h, 60 cm x 60 cm x 100 cm) op de wateraanvoer. Over een periode van 21 dagen zijn 4 groepen vissen getest in twee bakken met een trickling filter en twee bakken zonder een trickling filter. Het waterdebiet over de bakken was circa 7.5 m³/h en de vissen werden via een voerbandje met drijvend voer (R-3 Europa 15 F) gevoerd. Het vrije CO₂ in het aanvoer water is gemeten na de extra trickling filters op de aanvoer van de nursery tanks en bij de aanvoer pomp van het gehele nursery systeem, aangezien dit het hetzelfde water was als naar de tanks zonder trickling filters ging. Het vrij CO₂ in het afvoer water werd vlak bij de overstort van elke tank bepaald. De concentratie vrij CO₂ in de watermonsters werd berekend op basis van de gemeten pH en alkaliniteit (spectrofotometrisch) (Eaton et al, 1995). De prestaties van de vissen in de vier nursery tanks zijn bepaald door de ingezette biomassa aan vis te vergelijken met de biomassa aan vis na de test periode. De voergift per tank werd dagelijks geregistreerd.

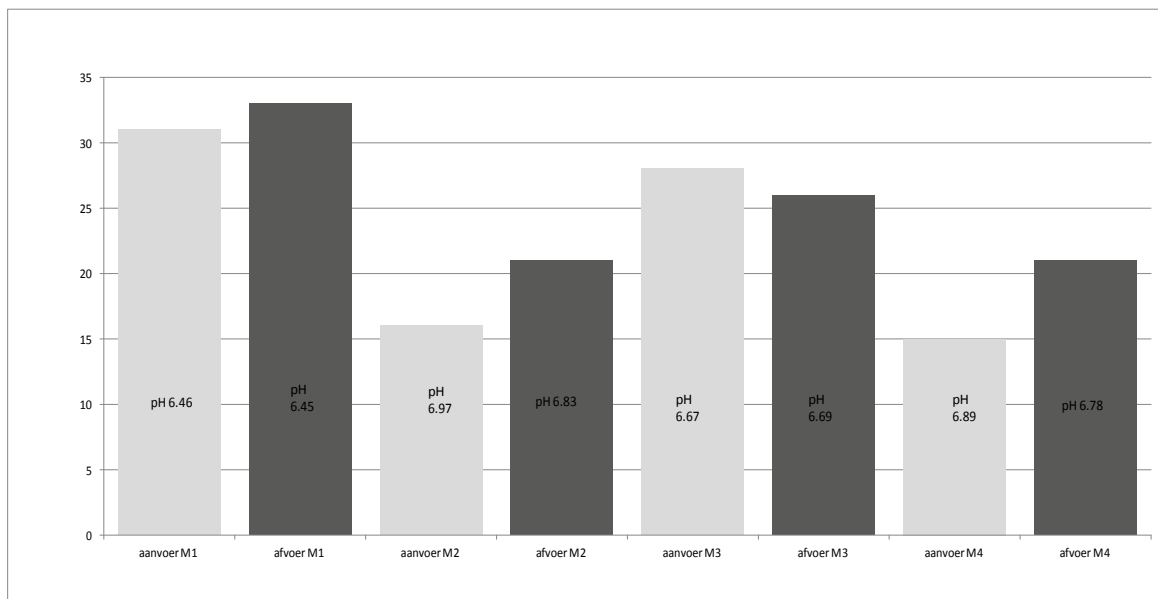
3.3 Extra ontgassing op systeem niveau

Nadat het effect van extra ontgassing op tankniveau was getest heeft maatschap Janssen van Maris in overleg met ACE besloten om extra te gaan ontgassen op systeem niveau. Hiervoor is een extra trickling filter (bionet 200 m²/m³ en 50 cm x 105 cm x 550 cm) aangebracht op onderdeel 3 van het systeem (zie het overzicht in hoofdstuk 2). Het waterdebiet over het filter werd ingesteld op 40 m³/h. Na de aanleg van het filter is opnieuw het CO₂ gehalte bepaald in de centrale aanvoer (onderdeel 8 van het overzicht in hoofdstuk 2) en de centrale afvoer (onderdeel 4 van het overzicht in hoofdstuk 2).

Uit de bedrijfsadministratie is vervolgens de standing stock (kg) en voergift (kg) voor de gehele kwekerij geregistreerd.

4 Resultaten & Discussie

4.1 De prestaties van de vis op kwekerij niveau



Grafiek 2: De pH waarden en concentraties vrij CO₂ in het systeem water van de aanvoer en de afvoer na de achtereenvolgende aanpassingen in de kwekerij (M1:nul-meting M2: pH systeem verhoogd M3:extra ontgassing kleine schaal M4: extra ontgassing kwekerij niveau).

De concentratie vrij CO₂ in het water was het hoogst tijdens de nul-meting. Daarna hebben alle aanpassing geleid tot een verlaging. Tijdens de laatste meting, nadat ontgassing op systeem niveau was gerealiseerd, zitten de concentraties vrij CO₂ op systeemniveau in de buurt van de concentraties die gerealiseerd konden worden tijdens de test op tankniveau met een extra ontgassing op tank op de aanvoer van de testtanks (figuur 3).

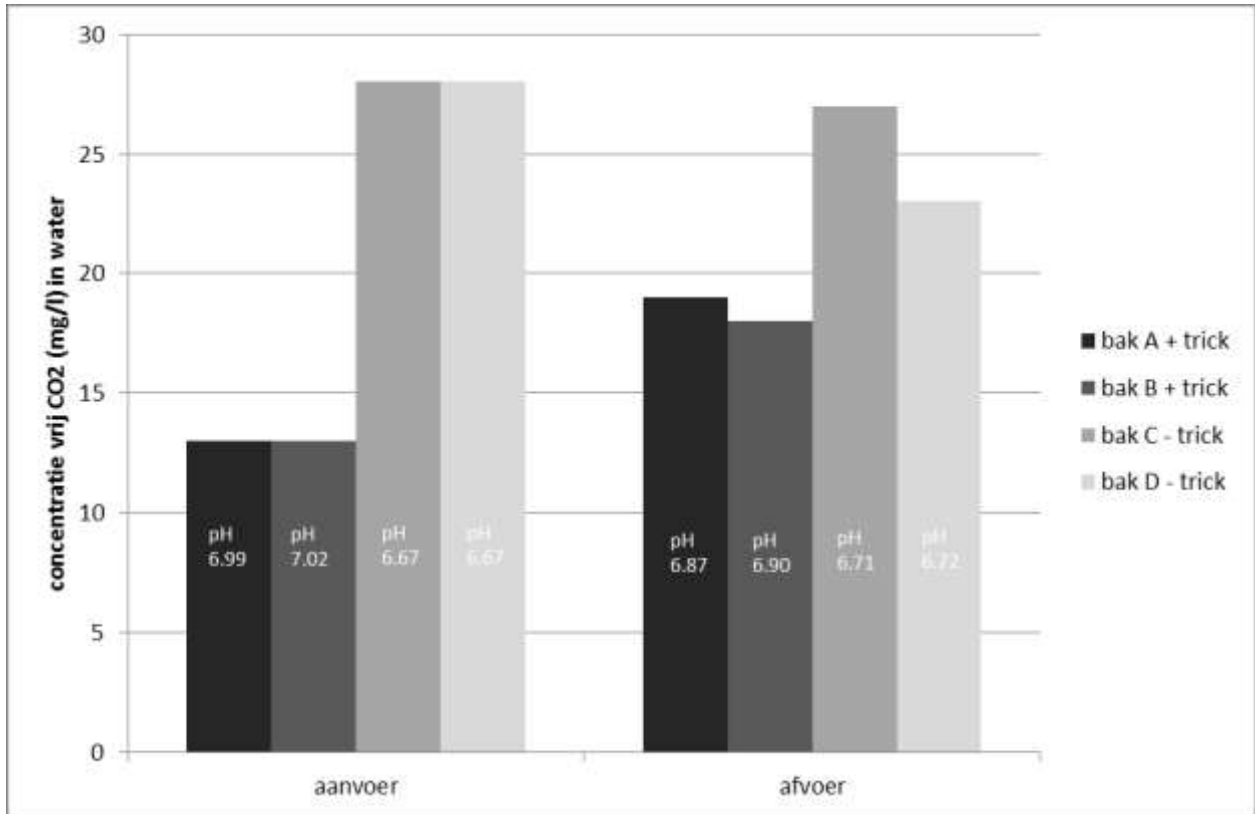
Tabel 2: Tijdlijn met daarin de pH van de aanvoer en de afvoer van het systeem, de hoeveelheid voer, de standingstock, de concentratie vrij CO₂ in de afvoer en de hoeveelheid voer dat per ton vis gevoerd werd op de verschillende meetmomenten. Ook is de hoeveelheid voer en de standingstock op die momenten achterhaald. Hieruit kan de hoeveelheid voer (kg)/ ton snoekbaars berekend worden wat een maat is voor de prestaties van de vis in de kwekerij op dat moment.

	datum	pH aanvoer	pH afvoer	voer (kg)	standingstock (kg)	vrij CO ₂ afvoer (mg/l)	voer (kg)/ ton
M1	22-okt-14	6.46	6.45	52	12.734	33	4.1
M2	12-nov-14	6.97	6.83	51	8.698	21	5.9
M3	22-jan-15	6.67	6.69	48	7.532	26	6.4
M4	26-okt-15	6.89	6.78	70	11.207	21	6.2

De prestaties van de vis in de kwekerij zijn verbeterd ten opzichte van de nul-meting M1 (Tabel 2). Op de meetmomenten M2 en M3, na de pH verhoging, was de voergift (%BW/d) al toegenomen alhoewel de standingstock op dat moment ook lager was. Op het laatste meetmoment M4, na pH verhoging en het aanleggen van een extra trickling filter, was de standingstock vergelijkbaar met de standingstock op M1 terwijl de voergift is toegenomen van 0.41 (%BW/d) naar 0.62 (%BW/d) en de hoeveelheid vrij CO₂ in het water van de afvoer afnam van 33 (mg/l) naar 21 (mg/l). Daarnaast heeft dhr. Janssen aangegeven nog nooit zoveel gevoerd te hebben in de kwekerij.

4.2 Test op pilot schaal met extra ontgassing

Grafiek 3: Het effect van extra ontgassing van het aanvoer water op de pH en de concentratie vrij CO₂ (mg/l) in het aanvoer en afvoer water van de 4 nursery tanks met (Bak A en B +trick) en zonder (Bak C en D- trick) een extra trickling filter op de aanvoer.



In grafiek 3 is te zien dat het aanbrengen van een trickling filter op de aanvoer van de nursery tanks de concentratie vrij CO₂ fors verlaagd en de pH verhoogd in zowel het aanvoer als afvoer water. De concentraties vrij CO₂ in het aanvoer water van de nursery tanks zonder trickling filter liggen hoger dan de concentraties in de afvoer van de tanks. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat de watermonsters in de afvoeren later zijn genomen; het is niet mogelijk gelijktijdig alle monsters te verzamelen en te analyseren omdat als een monster langere tijd staat het vrije CO₂ uittreedt. Er is dus gemeten aan een dynamisch systeem waar vrij CO₂ fluctueert ook onder invloed van voer en het daaraan gekoppelde metabolisme van de vis.

Tabel 3: Overzicht van de prestaties van de vis in de test op tankniveau. Ondanks de relatief korte periode van 3 weken zijn er duidelijke verschillen te zien in prestaties tussen de vissen in tanks met en zonder een trickling filter.

	met trickling		zonder trickling	
	bak A	bak B	bak C	bak D
tijd (dagen)	21*	21*	21	21
inzet (kg)	134	134	134	134
W gem (g)	63	88	79	83
aantal	2350	1670	1870	1780
sterfte	5	2	3	1
W eind (g)	195	194	188	187
voer (kg)	53	53	54	54
productie (kg)	61	60	54	53
SGR	1.31	1.32	1.17	1.12
SGR gem	1.31		1.14	
SD	0		0.04	
	* 21 dagen waarvan 7 dagen nog niet al het water over de trickling filters			

In tabel 3 is te zien dat het experiment 21 dagen heeft gelopen, waarvan de eerste 7 dagen nog niet al het water over de trickling torens liep. Bij aanvang van de test is er in alle tanks 134 kg snoekbaars gegaan waarvan de gemiddelde gewichten tussen de tanks wel iets uiteen liepen, 63 gram en 88 gram voor de bakken met trickling filter en 79 gram en 83 gram voor de bakken zonder trickling filter. Idealiter zouden echter alle vissen voor inzet samengevoegd moeten worden en dan random over de tanks verdeeld worden. Alhoewel de hoeveelheid die gevoerd is niet veel verschilt (53-54 kg) tussen de bakken is de productie in de bakken met een trickling filter aanzienlijk hoger, 61 kg en 60 kg en 54 kg en 53 kg, evenals de SGR, gemiddeld 1.31 voor de bakken met een trickling filter om 1.14 voor de bakken zonder trickling filter. Gemiddeld zat er tussen de bakken met een trickling filter en bakken zonder een trickling filter 7 kg verschil in productie, dit is voor een relatief korte periode van 21 dagen een aanzienlijk verschil. Desondanks zijn de vrije CO₂-waarden in het water van de afvoer in de tanks die een trickling filter hadden nog steeds aan de hoge kant. Het is goed mogelijk dat verdere verlaging van het vrije CO₂ in het water nog meer verbetering zal geven van de prestaties van de vis.

5 Conclusies

Verhoogde vrije CO₂ (>30 mg/l in de afvoer) waardes hebben een negatief effect op de groei van snoekbaars in de kwekerij van dhr. Janssen.

Door het verhogen van de pH en extra ontgassen op de kwekerij van dhr. Janssen neemt het vrije CO₂ af en neemt de voeropname van snoekbaars in de kwekerij toe, van 0.41 (%BW/dag) bij een standing stock van 12.7 ton eind 2014 tot 0.62 (%BW/dag) bij een standing stock van 11.2 ton in 2015.

6 Kwaliteitsborging

IMARES beschikt over een ISO 9001:2008 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem (certificaatnummer: 124296-2012-AQ-NLD-RvA). Dit certificaat is geldig tot 15 december 2018. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV Certification B.V.

Het chemisch laboratorium van de afdeling Vis beschikt over een NEN-EN-ISO/IEC 17025:2005 accreditatie voor testlaboratoria met nummer L097. Deze accreditatie is geldig tot 1 april 2017 en is voor het eerst verleend op 27 maart 1997; deze accreditatie is verleend door de Raad voor Accreditatie. De scope is te vinden op de website van de Raad voor Accreditatie www.rva.nl. Op grond van deze accreditatie wordt het kwaliteitskenmerk Q toegekend aan resultaten van componenten die in de scope zijn vermeld, mits aan alle kwaliteitseisen is voldaan, zoals beschreven in het toegepaste Interne Standaard Werkvoorschrift (ISW) van de betreffende geaccrediteerde verrichting.

De kwaliteit van de analysemethoden wordt op verschillende manieren gewaarborgd. De juistheid van de analysemethoden wordt regelmatig getoetst door deelname aan ringonderzoeken waaronder die georganiseerd door QUASIMEME. Indien geen ringonderzoek voorhanden is, wordt een tweede lijnscontrole uitgevoerd. Tevens wordt bij iedere meetserie een eerstelijnscontrole uitgevoerd.

Naast de lijnscontroles wordende volgende algemene kwaliteitscontroles uitgevoerd:

- Blanco onderzoek
- Terugvinding (recovery)
- Interne standaard voor borging opwerkmethode
- Injectie standard
- Gevoeligheid

Bovenstaande controles staan beschreven in IMARES *ISW 2.10.2.105*.

Indien sprake is van onbeheerste kwaliteit worden passende maatregelen genomen.

Literatuur

- Anonymus, 1995. Carbon dioxide and forms of alkalinity by calculation. In: Eaton, A.D., Clesceri, L.S., Greenberg, A.E. (Eds), Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, Washington, pp. 4-17-4-18.
- Evans, D.H., Piermarini, P.M. and Choe, K.P. (2005). The multifunctional Fish Gill: Dominant Site of Gas Exchange, Osmoregulation, Acid-Base Regulation, and Excretion of Nitrogenous Waste. *Physiol. Rev.* 85(1):97-177.
- Hayashi, M., Kita, J., Ishimatsu, A., 2004. Comparison of the acid-base responses to CO₂ and acidification in Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Marine Pollution Bulletin* 49 (2004) 1062- 1065.
- Heisler, N. (1984). Acid-base regulation. In: D.H. Evans, Editor, *The Physiology of fishes*, Boca Raton: CRC Press, pp. 343-378.
- McKenzie, D.J., Piccolella, M., Dalla Valle, A.Z., Taylor, E.W., Bolis, C.L. and Steffensen, J.F. (2003). Tolerance of chronic hypercapnia by the European eel *Anguilla anguilla*. *J. Exp. Biol.* 206(10):1717-1726.
- Morris, R., Taylor, E.W., Brown, D.J.A., Brown, J.A., 1989. Acid toxicity and aquatic animals. Society for Experimental Biology Seminar Series, 34. Cambridge University Press, Cambridge.
- Norwegian Ministry of Fisheries and Coastal Affairs, 2004. Notes to Regulation 22 December 2004 No. 1785 on the operation of the aquaculture facility (Aquaculture Operations Regulations). Norwegian Ministry of Fisheries and Coastal Affairs.
- Randell, D.J. and Cameron, J.N. (1973). Respiratory control of arterial pH as temperature changes in rainbow trout *Salmo gairdneri*. *American Journal of Physiology* 225:997-1002.
- Remmerswaal, R., van Arkel, J., Schram, E., Blom, E., van der Braak, K., 2014. Bedrijfsvergelijking Nederlandse snoekbaarskwekerijen.

Verantwoording

Rapport nummer: C183/11
Projectnummer: 4304105101

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het verantwoordelijk lid van het managementteam van IMARES.

Akkoord: Ing. E. Schram
Onderzoeker

Handtekening:



Datum: 3 maart 2016

Akkoord: Dr. Ir. N.A. Steins
Interim MT lid

Handtekening:



Datum: 3 maart 2016

IMARES Wageningen UR
T +31 (0)317 48 09 00
E imares@wur.nl
www.imes.nl

Visitors address

- Ankerpark 27 1781 AG Den Helder
- Korringaweg 5, 4401 NT Yerseke
- Haringkade 1, 1976 CP IJmuiden



IMARES (Institute for Marine Resources and Ecosystem Studies) is the Netherlands research institute established to provide the scientific support that is essential for developing policies and innovation in respect of the marine environment, fishery activities, aquaculture and the maritime sector.

The IMARES vision

'To explore the potential of marine nature to improve the quality of life'

The IMARES mission

- To conduct research with the aim of acquiring knowledge and offering advice on the sustainable management and use of marine and coastal areas.
- IMARES is an independent, leading scientific research institute

IMARES Wageningen UR is part of the international knowledge organisation Wageningen UR (University & Research centre). Within Wageningen UR, nine specialised research institutes of the DLO Foundation have joined forces with Wageningen University to help answer the most important questions in the domain of healthy food and living environment.