

EINDRAPPORTAGE AFWEGINGSKADER GRONDWATER

GESCHIKTHEID VAN ZOUT GRONDWATER VOOR AQUACULTUUR-
DOELEINDEN

ONDERZOEKSGROEP AQUACULTUUR IN DELTAGEBIEDEN
DELTA ACADEMY
HZ UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



EINDRAPPORTAGE AFWEGINGSKADER GRONDWATER

GESCHIKTHEID VAN ZOUT GRONDWATER VOOR AQUACULTUUR-
DOELEINDEN

AUTEURS: JOUKE HERINGA, TONY VAN DER HIELE, JORIK CREEMERS

ONDERZOEKSGROEP AQUACULTUUR IN DELTAGEBIEDEN
DELTA ACADEMY, HZ UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

15 JUNI 2013
VLISSINGEN



VERSIE 2.0

VOORWOORD

Dit rapport heeft als doel het geven van handvatten bij de afweging voor het gebruik van zout grondwater ten behoeve van binnendijkse aquacultuur. Aquacultuur is binnen het nieuwe Provinciaal Economisch Beleidsplan (2013-2015) van de Provincie Zeeland een speerpunt. Innovaties zoals binnendijkse kweek van algen en schelpdieren worden sterk gestimuleerd.

Dit rapport beschrijft de voor en nadelen van het gebruik van grondwater, geeft een weergave van de resultaten van het onderzoek dat de HZ University of Applied Sciences gedurende de periode van 2010 tot 2013 heeft uitgevoerd naar geschiktheid van zout grondwater voor aquacultuur op verschillende locaties in Zeeland.

In veel gevallen gaat het gebruik van grondwater na een standaard voorbehandeling probleemloos. In sommige gevallen lijkt het grondwater minder geschikt voor de kweek van algen, schelpdieren, zagers of vis, maar kunnen de problemen opgelost worden met een extra waterbehandeling. Er zijn ook situaties waarin gebruik van grondwater voor aquacultuur afgeraden wordt omdat er geen kosten effectieve methode voorhanden is om het water voor te behandelen.

Doelgroep voor dit rapport zijn (potentiele) ondernemers die overwegen gebruik te maken van zout grondwater als kweekmedium voor bijvoorbeeld zoutwater algen, schelpdieren, wormen of viskweek.

Het praktijkgerichte onderzoek is uitgevoerd in samenwerking met een groot aantal ondernemers en kennisinstellingen (waaronder AE3 Consultancy en Stichting Zeeschelp) en met financiële ondersteuning vanuit het RAAK MKB project 'Het zoute goud' en het Interreg project 'Aquavlan'.

Vlissingen, 15 juni 2013

HZ University of Applied Sciences
Onderzoeksgroep Aquacultuur in Deltagebieden, Delta Academy

INHOUDSOPGAVE

VOORWOORD	2
HOOFDSTUK 1	5
Aquacultuur en Zout grondwater in zeeland	5
1.1 Inleiding	5
1.2 Grondwater	5
1.2.1 Diepte en Herkomst	5
1.3 Methode	6
1.3.1 Bioassays als 'black box' benadering	6
1.3.2 Ervaringen van ondernemers	7
1.3.3 Waterbehandeling	7
HOOFDSTUK 2	8
Achtergronden	8
2.1 Inleiding	8
2.2 Nutrientensamenstelling en verhouding	8
2.3 Ionensamenstelling en verhouding	8
2.3.1 Calcium en magnesium	8
2.3.2 Natrium en Kalium	8
2.3.3 Sulfaat	9
2.4 Metalen	9
2.5 Organische componenten/stoffen	9
HOOFDSTUK 3	10
Resultaten	10
3.1 Inleiding	10
3.2 Observaties	10
3.3 Resultaten	11
3.4 'Worst case' ervaringen	13
3.5 Best practices	13
HOOFDSTUK 4	15
Afwegingskader	15
4.1 Inleiding	15
4.2 Voorafgaand	15
4.1.1 Vergunningverlening	15
4.1.2 Sondering	15
4.3 Stappenplan grondwatergebruik	16
4.4 Stappenplan Waterbehandeling	17
4.5 Tot slot	18
HOOFDSTUK 5	19
Referenties	19
BIJLAGE 1	20
Protocollen en karakteristieken Bioassay tests	20
1.1 Karakteristieken algen bioassay	20
1.2 Protocol algen bioassay	20
2.1 Karakteristieken Bioassay schelpdieren	21

2.2 Methode bioassay schelpdieren	21
Groeiproef	21
Filtratieproef	22
3.1 Karakteristieken Bioassay zagers/wormen	23
3.2 Protocol zagerbioassay	23

HOOFDSTUK 1

AQUACULTUUR EN ZOUT GRONDWATER IN ZEELAND

1.1 INLEIDING

Binnendijkse aquacultuur productie systemen volgens het IMTA principe zijn een belangrijke ontwikkeling richting duurzame aquacultuur. Verschillende ondernemers in Zeeland zijn pilots gestart met binnendijkse extensieve geïntegreerde vijversystemen. Hierin worden algen, schelp- en schaaldieren en hoogwaardige vissoorten gekweekt. In het IMTA principe (Integrated MultiTrophic Aquaculture), worden verschillende teelten gecombineerd waarbij op verschillende trofische niveaus de ene teelt het voedsel of de basis van het voedsel vormt voor de volgende teelt (Chopin, 2006). Algen zijn hierbij vaak de basis van de voedselketen. Voor de teelt van algen is water met een voldoende saliniteit en voldoende nutriënten nodig, maar ook water met zo min mogelijk besmetting van ongewenste organismen.

Het gebruik van zout grondwater is in binnendijkse aquacultuursystemen een relatief nieuwe ontwikkeling. Bij de onderzoeksgroep Aquacultuur in Deltagebieden van de HZ University of Applied Sciences zijn vanaf 2010 ervaringen van ondernemers verzameld en is onderzoek gedaan naar het gebruik van zout grondwater in aquacultuur. De onderzoeken zijn gedaan in het kader van de projecten RAAK 'Het Zoute Goud' en Interreg AquaVLAN.

In deze rapportage wordt een samenvatting gegeven van de ervaringen, de onderzoeken en wordt een afwegingskader voor ondernemers besproken.

1.2 GRONDWATER

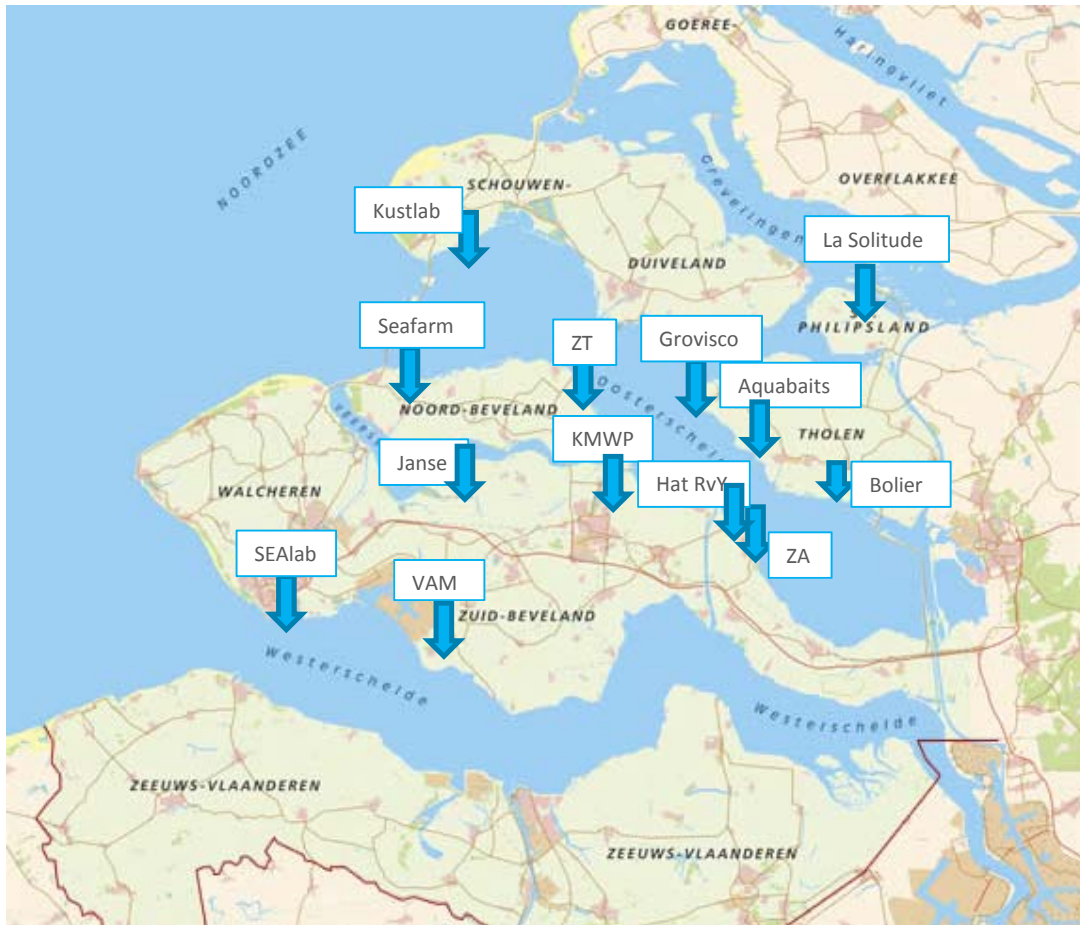
Zout grondwater is in Zeeland overal in ruime mate aanwezig, in veel gevallen met een hoge nutriënten concentratie. Het gebruik van grondwater biedt veel voordelen ten opzichte van het gebruik van zeewater: grondwater heeft een constante samenstelling welke niet varieert met het seizoen, een constante temperatuur en in veel gevallen een hoge nutriënten concentratie, wat in het geval van algenkweek kostenverlagend kan zijn. Ook de plaats van een aquacultuurbedrijf hoeft daardoor niet langer dicht bij zeewater te zijn. Echter grondwater is niet overal hetzelfde van samenstelling, per locatie en diepte varieert het zoutgehalte en ook de samenstelling in termen van nutriënten en ionenverhouding.

1.2.1 DIEPTE EN HERKOMST

De diepte waarop grondwater met een geschikte saliniteit voorkomt, varieert per locatie. Soms is het eerste watervoerende pakket al voldoende, met name wanneer de bron dicht bij het zeewater gelokaliseerd is, of wanneer er op een kreek rug geboord wordt. Soms moet dieper gezocht worden naar grondwater met een geschikte saliniteit en kom je in het tweede en soms zelfs derde watervoerende pakket terecht. De diepte en herkomst van het zoute grondwater is afhankelijk van de plaatselijke geologische opbouw en de oorsprong van het water (Paulissen et. al. 2007). Er zijn door het International Groundwater Resources Assessment Centre (IGRAC) zeven verschillende oorsprongscategorieën van zout grondwater getypeerd (Van Weert et al. 2009). In Zeeland, dat een geschiedenis aan overstromingen en inpoldering kent, is het meeste grondwater afkomstig van zee (kwel) en geïnfiltrerd overstromingswater, dan wel van regenwater dat mariene afzettingen in de bodem passeert. Eerst genoemde type heeft vaak een zoutgehalte tussen de 28 en 33 g/l, laatst genoemde heeft vaak een lager zoutgehalte.

1.3 METHODE

Op dertien locaties in Zeeland (fig. 1) zijn grondwaterbronnen geslagen en/of proefboringen gedaan ten behoeve van zoute aquacultuur. Hier zijn de gegevens van chemische analyses verzameld.



Figuur 1 Overzicht van zoute grondwaterbronnen en/of proefboringen ten behoeve van zoute binnendijkse aquacultuur in Zeeland

De uitkomsten van de chemische analyses zijn in dit document in paragraaf 3.3 opgenomen. Vergelijking van de concentraties van de verschillende gemeten componenten met de concentraties van zeewater levert echter niet altijd nuttige informatie op, ook het organisme wat gekweekt moet worden, zal in de beoordeling meegenomen moeten worden.

1.3.1 BIOASSAYS ALS 'BLACK BOX' BENADERING

Om te beoordelen of het opgepompte water daadwerkelijk geschikt is voor de kweek van een bepaald type product/organisme, heeft de onderzoeksgroep Aquacultuur in Delta Gebieden voor de organismetypen algen, schelpdieren, wormen en vis bioassay protocollen getest, dan wel bestaande protocollen aangepast of verder ontwikkeld.

Het betreft kortdurende groeitesten met grondwater dat alvorens de test belucht en gefiltreerd is, en waarbij zeewater als een referentie gebruikt wordt. De bioassay protocollen zijn opgenomen in bijlage 1. Bioassays zijn positief, dat wil zeggen dat het grondwater geschikt blijkt te zijn, wanneer er minder dan 10 % afwijking bestaat in vergelijking met de groei van een bepaald type organisme op zeewater.

De volgende protocollen zijn gebruikt bij het uitvoeren van de bioassays:

Tabel 1.1 Bioassay protocollen

Indicatorsoort	Protocol
Diatomee (<i>Skeletonema costatum</i>)	NEN-EN-ISO 10253:2006
Mossel (<i>Mytilus edulis</i>) en/of Tapijtschelp (<i>Tapes philippinarum</i>)	Protocol HZ i.s.m. Stichting Zeeschelp
	Protocol HZ i.s.m. Stichting Zeeschelp
Zager (<i>Nereis virens</i>)	Protocol RIKZ-BCI
Tong (<i>Solea Solea</i>)	OECD guideline 212: Fish, short-term Toxicity Test on Embryo and Sac-fry Stages

1.3.2 ERVARINGEN VAN ONDERNEMERS

Naast de uitkomsten van de bioassays zijn ook de ervaringen, positief of negatief, van bedrijven die daadwerkelijk producten kweken op dit grondwater in kaart gebracht. Het combineren van opgedane ervaringen en bovengenoemde bioassay tests heeft geleid tot een samenvattend overzicht (paragraaf 3.3) waarin middels plussen en minnen is aangegeven of een bepaald type water (van een bepaalde locatie en diepte) geschikt is voor kweek.

1.3.3 WATERBEHANDELING

Wanneer de uitkomst van bioassays of de ervaringen van ondernemers negatief bleken te zijn (groei inhibitie of zelfs mortaliteit), is er gekeken of middels een bepaalde waterbehandeling het water alsnog geschikt te maken is, en indien dat zo is, of de waterbehandeling op grote schaal toepasbaar en rendabel is. Problemen met het grondwater kunnen al blijken uit de chemische analyses die van een bepaalde bron gedaan zijn, maar in sommige gevallen is de oorzaak van een negatieve reactie niet zo makkelijk te traceren. In het eerste geval kan gericht het water behandeld worden, in het andere geval moeten hoofdgroepen van mogelijke oorzaken uitgesloten worden.

De volgende hoofdgroepen zijn gedefinieerd in samenwerking met AE3 Consultancy:

- Nutriëntenbalans
- Ionenbalans
- Metalen/metalloïden en anionen
- Organische componenten

Deze worden in het volgende hoofdstuk, achtergronden, verder uitgediept.

HOOFDSTUK 2

ACHTERGRONDEN

2.1 INLEIDING

Aan de hand van de wisselende ervaringen van de verschillende bedrijven met zout grondwaterbronnen (zie hoofdstuk 3) is er een deskstudie gedaan naar ervaringen en mogelijke problemen van aquacultuur met behulp van zout grondwater.

2.2 NUTRIENTENSAMENSTELLING EN VERHOUDING

De nutriënten die veelvuldig gemeten worden in aquacultuursystemen zijn stikstofverbindingen (anorganisch nitriet, nitraat en ammonium), fosfaat en silica. Deze nutriënten zijn enerzijds de basis voor algenkweek, anderzijds mogen de concentraties nutriënten niet te hoog zijn om groei inhibitie te voorkomen aan de bovenkant van het voedsel web (visteelt).

In zeewater zijn over het algemeen, afhankelijk van het seizoen, de concentraties van bovengenoemde nutriënten niet al te hoog. Het totaal aan anorganische stikstof componenten is ongeveer 0,5 mg N/l en fosfaat ligt rond de 0,04 mg P/l, maar varieert erg in locatie en seizoen. Stikstof en fosfaat zitten gebonden in mariene organismen in een N:P verhouding van ongeveer 16:1, en zitten daarom vaak ook in deze verhouding in oplossing.

Grondwater heeft in vrijwel alle gevallen een hogere nutriënten concentratie dan zeewater, echter lang niet altijd in de juiste N:P verhouding van 16:1 (Redfield ratio). Als grondwater opgepompt wordt is bijna al het stikstof aanwezig in de vorm van ammonium (NH_4), later kan dit door processen ook gedeeltelijk omgezet worden naar nitraat (NO_3). Hoewel soms niet in precies de juiste verhouding, het grondwater op de geteste locaties in Zeeland heeft in negen van de tien gevallen een N:P ratio van meer dan 9, wat het erg goed geschikt maakt als nutriëntenbron voor algenkweek.

2.3 IONENSAMENSTELLING EN VERHOUDING

Ionen zijn positief of negatief geladen deeltjes of moleculen. Diep brak, zout en hypersalien grondwater kan sterk variëren in ionensamenstelling. In de uitgevoerde studies is er gericht op de macro ionen Ca, Mg, Cl, Na, SO_4 en K. In de literatuur worden zoutwaterbronnen verschillend benoemd: saline aquifer, salt well, saline groundwater (dit laatste kan ook refereren aan 'oppervlakkig' grondwater, zoals bijvoorbeeld in Australië wordt gebruikt). In bijna alle gevallen wijkt de verhouding van de ionen (ionenbalans) sterk af van gewoon zeewater (van estuarium tot oceaan). Vanuit de literatuur kunnen we tot de volgende ionen problemen komen in zout grondwater die mogelijk van invloed zijn op de te kweken organismen:

2.3.1 CALCIUM EN MAGNESIUM

Calcium en magnesium zitten vaak in verzadigde concentraties in grondwater. Ca heeft in open zeewater een lagere concentratie dan Mg; in diep grondwater is dat andersom. Calcium heeft ook invloed op de hardheid van het water. De verhouding Mg:Ca in zeewater ligt rond de 3,1. In vrijwel alle grondwaterbronnen in Zeeland waar deze ionenconcentraties bekend zijn, ligt de verhouding lager.

2.3.2 NATRIUM EN KALIUM

Vanuit de literatuur is het bekend dat veel grondwater typen een tekort hebben aan kalium (Partridge *et al.*, 2008), met name vanuit Australië zijn er verschillende literatuurbronnen bekend die dit onderschrijven. Ook in het Zeeuwse grondwater zijn er bronnen waar Kalium tekorten zijn, in vergelijking met zeewater. De Na:K verhouding is in zeewater ongeveer 27, maar veel gevallen ligt in Zeeland ligt deze verhouding iets hoger, wat wil zeggen dat het kaliumgehalte verhoudingsgewijs te laag is en dit kan mogelijk bij kweek (met name voor dieren, niet voor algen) tot grote problemen leiden. In

Australië zijn er verschillende aquacultuurpublicaties die ingaan op het kaliumtekort in kweek van garnalen in grondwater.

2.3.3 SULFAAT

Een lage sulfaat concentratie in grondwater wijst op anaerobe activiteit (in heden of verleden), waarbij microben in organische lagen sulfiden gevormd hebben. Lage sulfaat waarden op zichzelf hoeven geen probleem te vormen voor een te kweken organisme, maar kunnen wel wijzen op microben die schadelijk kunnen zijn.

2.4 METALEN

Het is bekend dat metalen in grondwater vaak in hogere concentraties voorkomen dan in zeewater. In Zeeland zijn tot 15 meter beneden maaiveld met name Cadmium, Arseen en Strontium in verhoogde concentraties aanwezig (pers.med. Jasper Griffioen). Metalen kunnen op verschillende wijze de aquacultuur beïnvloeden. Enerzijds doordat een verhoogde concentratie aan metalen toxisch kan zijn voor met name wormen, schelpdieren en vissen, anderzijds doordat ophoping (bio accumulatie) van metalen in weefsels van het organisme mogelijk gevaar kunnen opleveren voor de menselijke gezondheid tijdens consumptie. Analyse van metalen in zout grondwater kan kostbaar zijn, maar is wel van belang om een goede inschatting te kunnen geven van de mogelijke gevaren wanneer er daadwerkelijk verhoogde concentraties gevonden worden. Er zijn verschillende manieren om metalen uit het water te verwijderen, daar wordt later in dit document op teruggekomen.

2.5 ORGANISCHE COMPONENTEN/STOFFEN

Van schadelijke effecten van organische stoffen in zout grondwater is nagenoeg niets bekend. Humuszuren hebben vaak een sterk complexerende werking voor metalen en kunnen voor organismen voor groeibeperking zorgen. Mogelijk hebben ook vetzuren die achtergebleven zijn in bepaalde aardlagen een effect. Ook zijn er veel vluchtige stoffen in grondwater aanwezig die niet altijd gemeten worden tijdens analyses, te denken valt aan methaan en waterstofsulfide.

HOOFDSTUK 3

RESULTATEN

3.1 INLEIDING

In sommige gevallen vergroot het gebruik van grondwater de productie van aquacultuurorganismen, in andere gevallen veroorzaakt het groei-inhibitie en in een enkele gevallen mortaliteit. De bioassay resultaten met grondwater van verschillende locaties worden in het kort beschreven in het overzicht in paragraaf 3.3. De volgende documenten zijn rapportages van bioassays op verschillende locaties gedurende de periode 2011 -2013 en een literatuurstudie gedaan in het kader van het grondwaterproject:

- Oplossingen voor een filtratiestop van mosselen in een specifiek type grondwater: De casus mosselpilot van 'La Solitude'. K. van Rooijen en S. Hutting, 2012
- Geschiktheid van grondwater voor aquacultuurdoeleinden bij locatie Kustlaboratorium: bioassays met schelpdieren, wormen, algen en vis. J. Creemers en J. Heringa, 2012
- Bioassays met tapijtschelpen op drie verschillende typen zout grondwater. W. Wosten en T. Steenbakker, 2012
- Bioassays met tapijtschelpen en Skeletonema op zout grondwater van de locaties/bedrijven VAM, Seafarm en Grovisco. A. Vansovics, G. van der Pluijm en J. Wiersma, 2013
- Literatuurstudie zout en brak grondwater vs aquacultuur t.b.v. RAAK project Het Zoute Goud. J. Rijstenbil, AE3 Consultancy, 2012.

Deze documenten zijn beschikbaar middels de volgende link:

<http://hz.nl/nl/werkenleren/Kennisdeling%20en%20samenwerking/Applied%20Research%20Center/Pages/Publicaties.aspx> of op te vragen via www.deltaacademy.nl

Enkele algemene of juist opvallende observaties met grondwater worden in paragraaf 3.2 beschreven. Paragraaf 3.3 bevat het overzicht met analyses, nutriënten- en ionenratio's en een korte toelichting op de ervaringen of bioassays van de betreffende locaties. In de laatste paragraaf worden twee 'worst case scenario's' op het gebied van grondwatergebruik voor aquacultuur verder toegelicht.

3.2 OBSERVATIES

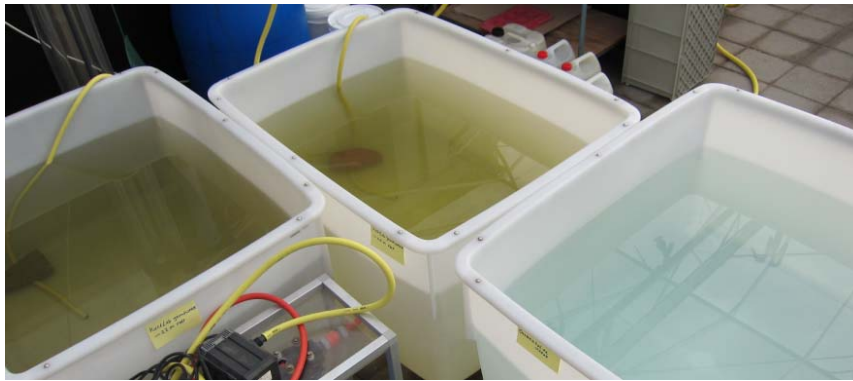
Opvallende reacties of observaties en punten die meer voor de hand liggen en die op meerdere locaties voorkwamen zijn in deze paragraaf beschreven.

IJzer

Grondwater bevat op de meeste locaties in Zeeland veel ijzer, in sommige gevallen tot 24 mg/l. Ontijzering is dus in vrijwel alle gevallen noodzakelijk, dit proces is relatief simpel: het water met het opgeloste ijzer wordt na oppompen uit de grond belucht, waardoor ijzeroxide ontstaat (ijzervlokken) en deze worden er middels een filter (vaak een zandbedfilter) uitgehaald. Ontijzering is simpel en effectief, meer dan 90% wordt uit het water gehaald.

Kleur en geur

De kleur van grondwater is in veel gevallen geelachtig helder. De oorzaak daarvan kan liggen in de aanwezigheid van bepaalde humuszuren. In een aantal andere gevallen in Zeeland heeft het zoute water direct na oppompen een zwarte kleur welke gepaard gaat met een sterke sulfidegeur. Na beluchting en filtratie is de geur verdwenen en is de kleur geelachtig helder. Het water is daarna in veel gevallen prima te gebruiken voor aquacultuur.



Figuur 2 De kleur van grondwater (links en midden) is geelachtig helder. Oosterscheldewater (rechts) heeft een meer blauwachtige kleur.

Verkleuring schelpdierbroed

Tijdens bioassays met tapijtschelpbroed is er in meerdere gevallen in grondwater verkleuring opgetreden van de schelpen. Ze kleurden binnen 2 weken donkerbruin (zie fig. 3). De groei was in dit soort gevallen wel gelijk aan dat van de controle (zeewater).



Figuur 3 Links normaal gekleurd tapijtschelpbroed, rechts broed wat 4 weken in grondwater gezeten heeft.

Toepassing

De ervaring leert ook dat grondwater soms voor het de ene organismegroep prima geschikt is, terwijl het voor een andere groep niet blijkt te werken (geen groei tot hoge mortaliteit).

3.3 RESULTATEN

Onderstaand overzicht (tabel 3.1) is een samenvatting van alle chemische analyses, berekende ratio's en een korte beschrijving van de ervaringen van de ondernemers en/of resultaten van bioassays, met een conclusie over de geschiktheid van het grondwater, gebaseerd op de legenda onderin.

Tabel 3.1. Overzicht van alle grondwater bronnen die t.b.v. van binnendijkse aquacultuur danwel getest, danwel in gebruik zijn. Analyses, verhoudingen en ervaring/bioassay resultaten zijn kort vermeld. NB. De tabel is (nog) niet volledig

3.4 'WORST CASE' ERVARINGEN

Zoals de resultaten in het overzicht van paragraaf 3.3 laten zien zijn er op een enkele locatie problemen met het grondwater. Deze problemen worden in deze paragraaf onder de loep genomen en besproken.

Casus Mosselpilot 'La Solitude'

Het akkerbouwbedrijf 'La Solitude' in St. Philipsland is in 2009 gestart met een mosselpilot in foliebassins op land. Hierbij zouden algen gekweekt worden om deze vervolgens aan halfwas mosselen te voeren. Het doel was om gebruik te maken van zout grondwater, wat op die locatie op ongeveer 130 meter diep zit en een saliniteit heeft van 17 g/l. De ervaring leert dat algen er prima op groeien, maar dat schelpdieren, in dit specifieke geval halfwas mosselen, niet filtreerden met uiteindelijk mortaliteit tot gevolg. Verschillende onderzoeken zijn gedaan, (zie ook Dubbeldam en Van Nieuwenhuijzen, 2009), waarbij de vraag was of concentraties van bepaalde stoffen te laag zou zijn, of dat een te hoge concentratie van een bepaalde stof toxisch zou zijn. Een uitgebreide chemische analyse bleek geen bijzonderheden op te leveren: de nutriënten ratio was goed, de ionenratio's op zich ook, alleen de absolute waarden van de ionen waren lager dan die in zeewater. Uiteindelijk bleek het een oplossing om de Natrium en Kaliumwaarden te verhogen tot zeewater concentraties (Hutting en Van Rooijen, 2012). Voor het bedrijf zelf is dit geen economische haalbare oplossing, vanwege de kosten om grote hoeveelheden water middels chemicaliën tot de juiste Na en K waarden te brengen. In dit specifieke geval is er gekozen om in plaats van grondwater zeewater te gebruiken op het bedrijf.

Casus algenkweek VAM

Van Antwerpen Milieutechniek BV in Borsele is een bedrijf wat zich richt op technieken en apparatuur voor waterzuivering. Het plan is om in een overdekte kas in raceways gevoed met zout grondwater algen te kweken en deze vervolgens te gebruiken om zuiveringsapparatuur te testen. De eerste bron die geslagen is, ligt op ongeveer 10 meter diepte en is voldoende zout (29 g/l). Testen wezen echter uit dat de algen er (vrijwel) niet op groeiden. Vervolgens is er een tweede bron geslagen, op ongeveer 15 meter diepte in het volgende watervoerende pakket, maar ook hier werd hetzelfde negatieve resultaat behaald. Het water wat in beide bronnen opgepompt werd was zwartachtig met een sterke zwavelgeur, welke beide verdwenen na intensieve beluchting en filtratie.

Chemische analyses wezen hoge calcium gehalten en extreem lage sulfaatgehalten uit. Toevoeging van extra sulfaat tot zeewaterwaarden in laboratorium experimenten gaf geen betere algengroei. Ook de verwijdering van calcium gaf geen verbetering.

Vervolgens zijn er volgens de blackbox methode bioassays uitgevoerd met zowel schelpdieren als algen (*Skeletonema costatum*). De methode zoals deze genoemd is in paragraaf 4.4 is aangehouden om aan proberen te tonen welke component de 'storende' factor is, met als gevolg een toegespitste waterbehandeling. Geen van deze behandelingen had een positief effect en momenteel gaat het onderzoek binnen het bedrijf nog door.

Bovenstaande ervaringen geven aan dat het niet op ieder locatie vanzelfsprekend is dat er geschikt zout grondwater in de bodem zit. Eveneens is de oorzaak van een negatieve reactie door de organismen soms niet makkelijk te achterhalen.

3.5 BEST PRACTICES

De goede ervaringen met grondwater hebben gelukkig de overhand. Hieronder enkele voorbeelden:

- In de experimentele aquacultuur faciliteit van de HZ University of Applied Sciences, het SEA-Lab in Vlissingen, draait al drie jaar lang volledig op zout grondwater (van 27 meter diepte). Het grondwater heeft van nature een hoog ijzergehalte (17 mg/l), maar door een efficiënte ontijzeringsinstallatie wordt 99% van het ijzer eruit gehaald en is het water perfect bruikbaar voor allerlei aquacultuur experimenten. Het water heeft een hoog nutriëntengehalte en buitenkweek van algen kan plaatsvinden zonder toevoeging van extra nutriënten. Het water wordt ook gebruikt voor de zoutwater aquaria in de HZ.

- Het viskweekbedrijf SEAFARM BV uit Kamperland maakt voor de viskwekerij gebruik van zout grondwater van ongeveer 60 meter diep. Het water wordt voorbehandeld tegen een te hoog ammoniumgehalte, maar is daarna prima bruikbaar als kweekwater. Bioassaytests gedaan door HZ studenten hebben uitgewezen dat ook schelpdieren prima groeien in dit water. Vanwege het hoge nutriëntengehalte (en dan met name stikstof) is het water daarnaast ook erg goed geschikt is als kweekmedium voor algen.
- Het schelpdier proefbedrijf Zeeland Aquacultuur BV in Yerseke heeft een brakwater bron met een saliniteit van 17 g/l. Niet voldoende om een goede groei van schelpdieren te kunnen verwachten, maar wel een uitermate geschikte nutriënten bron voor algenkweek. Meststoffen (of nutriënten) voor algen zijn een belangrijke kostenpost voor binnendijkse schelpdierkweek. Middels bijmenging van grondwater kunnen deze kosten flink naar beneden gebracht worden. Zeeland Aquacultuur werkt met een bijmenging van 25% grondwater op een algenvijver gevuld met Oosterscheldewater.

HOOFDSTUK 4

AFWEGINGSKADER

4.1 INLEIDING

Aan de hand van de voor en nadelen, en aan de hand van de onderzoeken welke in de voorgaande hoofdstukken beschreven zijn, is er een afwegingskader voor de keuze voor het gebruik van grondwater t.b.v. aquacultuur opgesteld door de Onderzoeksgroep Aquacultuur in Deltagebieden.

4.2 VOORAFGAAND

4.1.1 VERGUNNINGVERLENING

Voor onttrekken van zout grondwater in kwetsbare gebieden is een vergunning nodig. Kwetsbare gebieden zijn natuurgebieden, gebieden met de functie landbouw/natuur, bufferzones rond deze gebieden en grondwaterbeschermingsgebieden.

Voor onttrekkingen in zogenaamde niet kwetsbare gebieden, tot een hoeveelheid van 30.000 m³ zout grondwater op jaarbasis volstaat melding hiervan bij de Provincie Zeeland. Indien grotere hoeveelheden zout grondwater worden onttrokken is er sprake van vergunningsplicht. Bevoegd gezag: Provincie Zeeland. Proceduretijd bij melding: enkele weken. (Dubbeldam en van Nieuwenhuijzen, 2009)

4.1.2 SONDERING

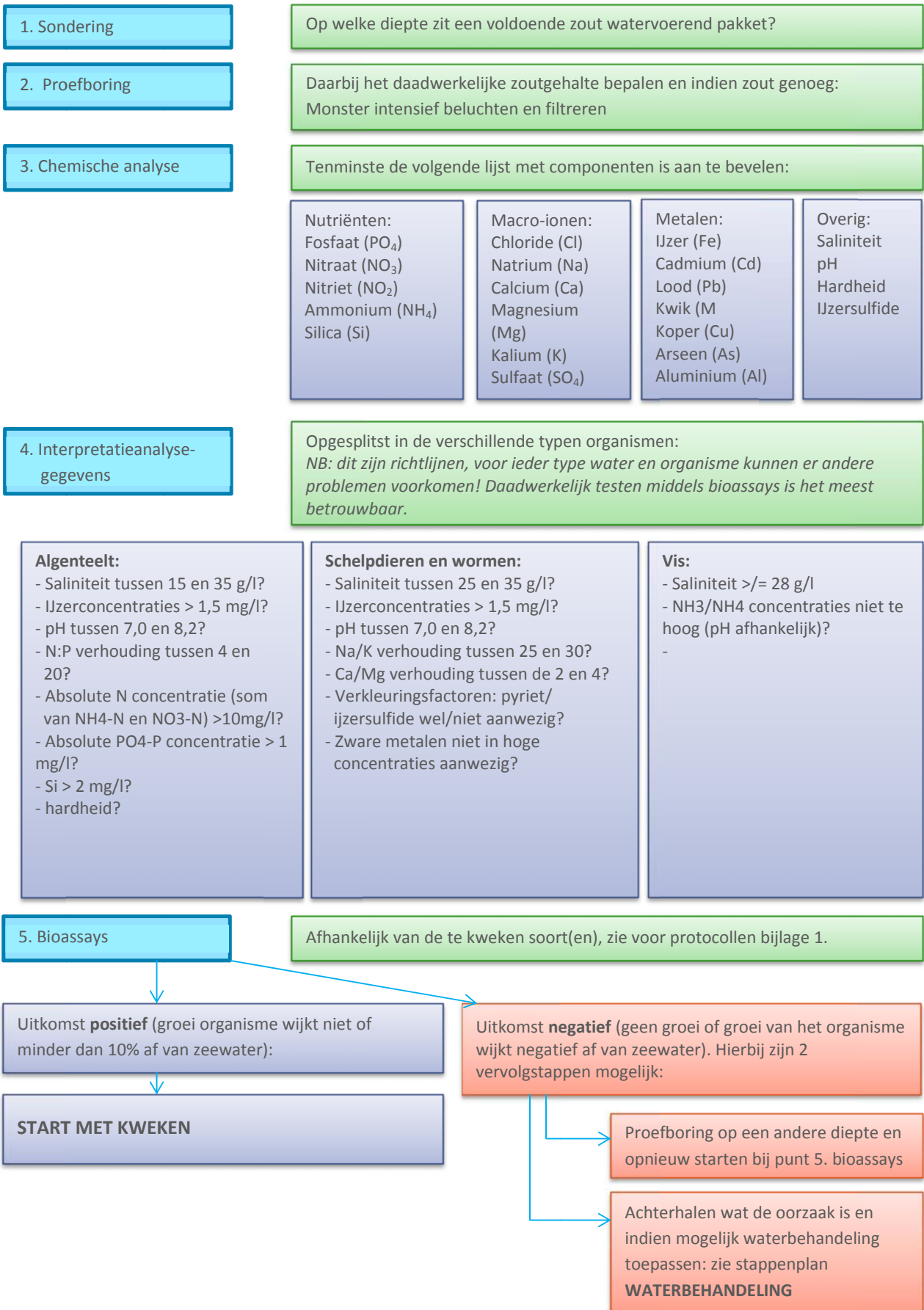
Zonder een sondering op de gewenste locatie valt vooraf eigenlijk geen goede voorspelling te doen of op een bepaalde plaats kwalitatief goed zout water beschikbaar is. (N.B. Sonderen is in beginsel een goede methode voor de vaststelling van zoutgehalte, echter zandlagen op grotere diepte zijn vaak moeilijk te doordringen! Hierdoor levert sonderen tot grotere diepte soms niet de gewenste informatie.) Een andere optie kan zijn om via het dinoloket informatie over het zoutgehalte te vinden, of daadwerkelijke metingen (laten) doen in bestaande grondwaterpeilbuizen. Hiervoor moet toestemming gevraagd worden aan het bevoegd gezag.

Inmiddels worden er wel steeds meer boringen verricht en komen hierdoor de plaatsen waar kwalitatief goed water wordt gevonden beter in kaart. Een overzichtelijk kaartje van diepte en verspreiding van grondwater dat geschikt is voor zilte aquacultuur is er echter nog niet. Voor gericht advies kan men de grondwaterspecialisten van de provincie Zeeland benaderen of gebruik maken van een grondwaterspecialist bij een ingenieursbureau. (Dubbeldam en van Nieuwenhuijzen, 2009)



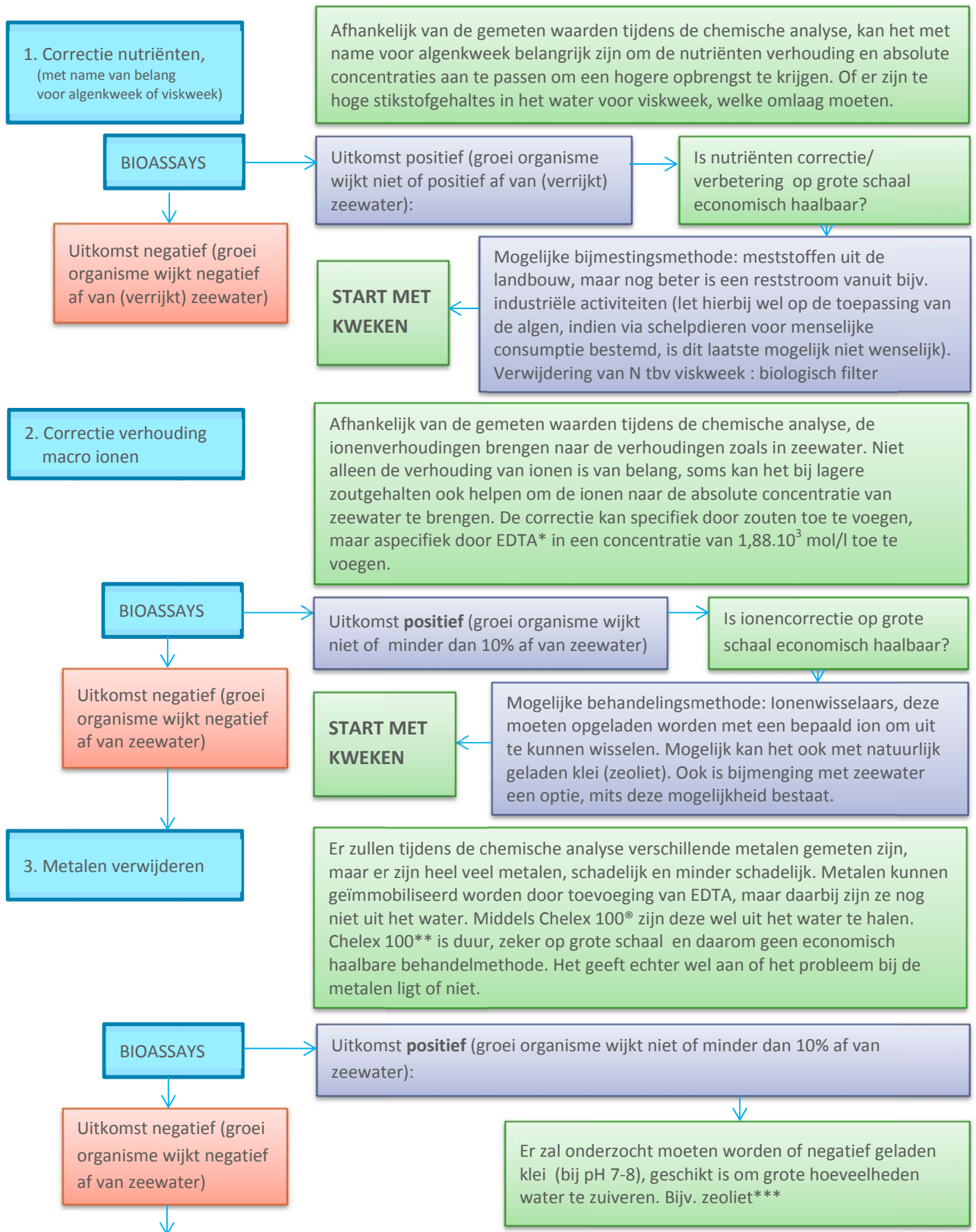
Figuur 4 Sondering (bron: www.milieusondering.nl/meettechniek)

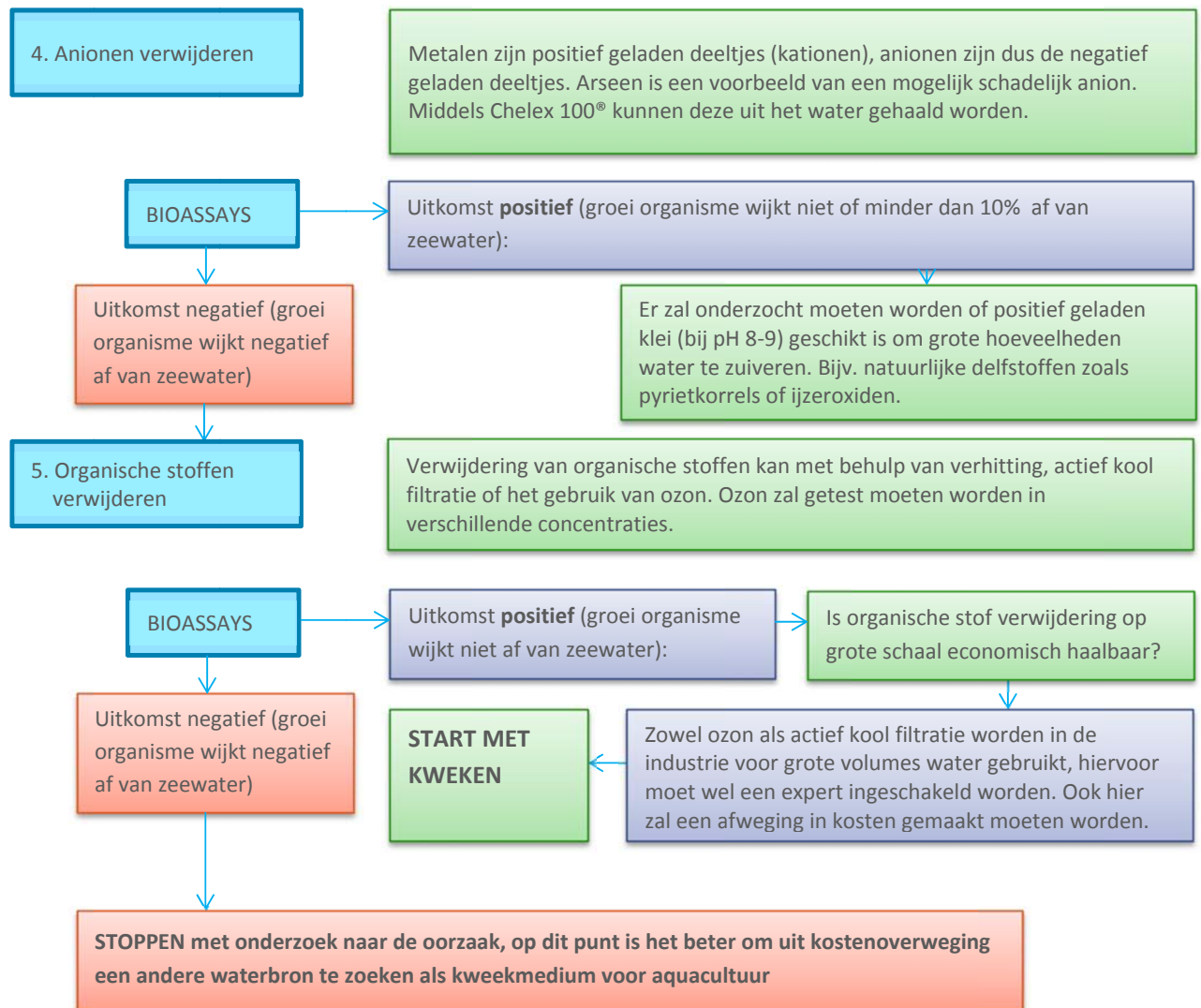
4.3 STAPPENPLAN GRONDWATERGEBRUIK



4.4 STAPPENPLAN WATERBEHANDELING

Voor de meeste typen water zijn niet alle behandelingen van belang, het meeste zal zich wijzen uit de resultaten van de chemische analyse, echter organische componenten en een groot aantal metalen kunnen niet gemeten worden of zijn vaak erg duur om te laten analyseren. In dit schema worden de correcties die op basis van de opgedane ervaring en kennis onderzocht zijn, genoemd.





*Ethyleendiaminetetra-azijnzuur of EDTA is een veel toegepaste chelerende organische verbinding, welke metalen en anionen complexeert zodat ze niet toxisch zijn.

**Chelex 100® is een chelerend materiaal van Bio-Rad, welke gebruikt wordt om te zuiveren via ionen uitwisseling en is speciaal omdat het metalen en metalloïden kan binden.

***Zeoliet is een natuurlijk mineraal en kan beschouwd worden als een zout. Hierbij zijn de ionen die in de structuur zitten (K, Na of Ca) het positieve metaalion. De zeolitische kristalstructuur werkt als het negatieve tegenion. De metaalionen kunnen worden verwisseld voor andere ionen. NB. NOG NIET BEKEND OF DE WERKING IN ZOUT WATER HETZELFDE IS!

Bij het stappenplan wordt gebruik van 100% grondwater als uitgangspunt genomen. Bovenstaand schema gaat ervan uit dat er iets teveel in het water zit of dat er iets te weinig in het water zit. Beide kunnen een negatief effect veroorzaken. Behalve genoemde waterbehandelingsmethoden moet ter volledigheid ook de verdunning met zeewater genoemd worden. Hier zijn uiteraard kosten aan verbonden wat in veel gevallen niet wenselijk is, maar het kan wel het teveel van een bepaalde component verdunnen, of het tekort in het grondwater aanvullen. Het grondwater kan ook gezien worden als bron van nutriënten voor algenkweek (bijmenging).

4.5 TOT SLOT

Een universeel advies is niet te geven: er zijn ondernemers die probleemloos grondwater gebruiken, anderen krijgen moeilijkheden en schakelen over op zeewater (dat soms van ver of met dure voorziening pas mogelijk is). Dit rapport kan echter handvatten bieden voor de keuze of afweging om een kweek op te zetten op basis van grondwater.

HOOFDSTUK 5

REFERENTIES

Chopin, T. (2006) Integrated multi trophic aquaculture. What it is, an why you should care.. and don't confuse it with polyculture. Northern Aquaculture 12/4

Creemers, J., J. Heringa, T. van der Hiele, P. van Dalen en M. Dubbeldam (2012) Geschiktheid van grondwater voor aquacultuurdoeleinden bij locatie Kustlaboratorium: bioassays met schelpdieren, wormen, algen en vis.

Dubbeldam, M en W. van Nieuwenhuijzen (2009) De Mosselakker, Ervaringen van akkerbouwbedrijf 'La Solitude' uit St. Philipsland bij het opstarten van zilte aquacultuur.

Griffioen, J.: presentatie tijdens de workshop 'Geschiktheid van zout grondwater voor aquacultuur in Zeeland' i.k.v. RAAK project 'Het Zoute Goud' op 5 juli 2012. TNO.

Hutting, S en K. van Rooijen (2012) Oplossingen voor een filtratiestop van mosselen in een specifiek type grondwater: De casus mosselpilot van 'La Solitude'. HZ onderzoeksrapport in kader van Minor Wateronderzoek.

Paulissen, M., R. Nijboer en P. Verdunshot (2007) Grondwater in perspectief, overzicht van hydrochemische watertypen in Nederland.

Partridge, G.J. (2008) Inland saline aquaculture: overcoming biological and technical constraints towards the development of an industry. PhD thesis, Murdoch University Australia, 154 pagina's.

Vansovics, A, G. van der Pluijm en J. Wiersma (2013) Bioassays met tapijtschelpen en Skeletonema op zout grondwater van de locaties/bedrijven VAM, Seafarm en Grovisco. HZ onderzoeksrapport in kader van Minor Wateronderzoek

Wosten, W en T. Steenbakker (2012) Bioassays met tapijtschelpen op drie verschillende typen zout grondwater. HZ onderzoeksrapport in kader van Minor Wateronderzoek.

Weert, van F., J. van der Gun, J. Reckman (2009) Global overview of saline groundwater occurrence and genesis. IGRAC Report.

BIJLAGE 1

PROTOCOLLEN EN KARAKTERISTIEKEN BIOASSAY TESTS

1.1 KARAKTERISTIEKEN ALGEN BIOASSAY

Test organisme	<i>Skeletonema costatum</i>
Leverancier test organisme	Hatchery Roem van Yerseke
Levensfase test organisme	Exponentiele groei
Test water	Grondwater Kustlab 22m – NAP voorbehandeld Grondwater Kustlab 22m – NAP niet voorbehandeld Grondwater Kustlab 45m – NAP voorbehandeld
Blanco	Oosterscheldewater
Testduur	72 uur
Test opzet	300ml erlenmeyers
Volume test oplossing	100 ml
Aantal organismen per bekeerglas	Beginconcentratie $0,1 \cdot 10^6$ cellen/ml
Replica's	3x, blanco 6x
Doel	Groei en groeiremming
Test temperatuur	20°C
Verdunningswater	Oosterscheldewater
Licht periode	Continu (24 uur per etmaal)
Luchttoevoer	Beluchting middels glazen pipet
Testprotocol	NEN EN ISO 10253:2006 Water Quality - Marine algal growth inhibition test with <i>Skeletonema costatum</i> and <i>Phaeodactylum tricorutum</i> .

1.2 PROTOCOL ALGEN BIOASSAY

NEN-EN-ISO 10253:2006

2.1 KARAKTERISTIEKEN BIOASSAY SCHELPIERIEN

Test organisme	<i>Mytilus edulis en/of Tapes philippinarum</i>
Leverancier test organisme	Zeeuwse Mossel hangcultuur en Hatchery Roem van Yerseke
Levensfase test organisme	Mosselzaad en tapijtschelpenbroed
Test water	Grondwater Kustlab 22m – NAP voorbehandeld Grondwater Kustlab 22m – NAP niet voorbehandeld Grondwater Kustlab 45m – NAP voorbehandeld
Blanco	Oosterscheldewater
Testduur	28 dagen
Test opzet	1 liter emmers of bekeerglazen
Volume test oplossing	1 liter
Aantal organismen per behandeling	3 gram voor mosselzaad (12-13 ind) en 3 gram tapijtschelpenbroed (ong.270 ind)
Replica's	3 x
Doel	Groei en mortaliteit
Test temperatuur	16°C voor mosselzaad en 20°C voor tapijtschelpenbroed
Verdunningswater	n.v.t.
Licht periode	Continu voor groeiproef
Luchttoevoer	Beluchting middels glazen pipetten
Test protocol	Ontwikkeld door HZ i.s.m. Stichting Zeeschelp



Figuur 5 Proefopzet bioassay schelpdieren (tapijtschelpenbroed). De tweede serie van rechts filtreert niet, en kan daardoor in dit water niet overleven.

2.2 METHODE BIOASSAY SCHELPIERIEN

De bioassay voor deze schelpdieren is opgesplitst in twee delen: een 28 daagse groeiproef met schelpdierbroed en een 5 daagse filtratieproef met halfwas dieren.

GROEIPROEF

Twee dagen voorafgaand aan de inzet van de bioassays zijn mosselzaad ($\pm 12\text{mm}$), afkomstig van hangcultuur kwekerij Neeltje Jans en tapijtschelpenbroed ($\pm 3\text{mm}$), afkomstig uit hatchery Roem van Yerseke, in Oosterscheldewater op de juiste temperatuur geacclimatiseerd: 15°C voor het mosselzaad en 20°C voor tapijtschelpenbroed. Op dag 0 (21 nov 2011) is een triplo van ieder 3,0 ($\pm 0,1$) gram schelpdieren in 1 liter emmers in het te testen grondwater gedaan, met een blanco triplo op Oosterschelde water. Alle behandelingen zijn belucht. Het water werd 3x per week verversed en de schelpdieren zijn 2x daags (m.u.v. de weekenden) gevoerd met een mengsel van *Cheatoceros muelleri* en *Isochrysis galbana*, volgens een voedingsratio van 0.04 op basis van de berekening in Helm et al., 2004. Wekelijks (op dag 7, 14, 21 en 28) is het uitgelekt natgewicht gemeten. Mortaliteit, pH, saliniteit, temperatuur en zuurstofgehalte zijn 2x per week gemonitord ter controle.

FILTRATIEPROEF

Halfwas mosselen afkomstig uit een doorstroomsysteem van Stichting Zeeschelp en halfwas tapijtschelpen afkomstig uit de vijvers van Zeeland Aquacultuur zijn op de respectievelijk 15 oC en op 13oC geacclimatiseerd in Oosterscheldewater. De filtratie proeven van mosselen en tapijtschelpen zijn niet parallel uitgevoerd.

Op dag 0 (16 jan 2012 voor mosselen en 30 jan 2012 voor tapijtschelpen) is een triplo van ieder 10 mosselen en respectievelijk 11 tapijtschelpen (totaal natgewicht mosselen $79,3 \pm 3,9$ gram) en totaal natgewicht tapijtschelpen ($29,9 \pm 0,7$ gram) in 5 liter emmers in het te testen grondwater ingezet, met een blanco triplo op Oosterscheldewater. Alle behandelingen zijn belucht. Het water is gedurende deze vijfdaagse test 1 maal ververs. Dagelijks zijn op tijdstip $t=0$ algen *Cheatoceros muelleri* toegevoegd tot een concentratie van 150.000 cellen/ml en gemeten met de Z1 Coulter counter. Op $t = 24$ is de resterende concentratie algen gemeten.

Op dag 2 zijn er met 3 individuen uit iedere behandeling aparte filtratietests in het donker gedaan, gedurende 60 minuten in 800 ml van het te testen water. De clearance rate is bepaald met de formule $CR = V/t \times \ln(C_0/C_t)$, waarbij V het volume is, t de tijdsduur en C de concentratie op $t=0$ en $t=60$ minuten. Daarnaast zijn de individuele gewichten gemeten waardoor de CR ook in g/l/h uitgedrukt kon worden.

3.1 KARAKTERISTIEKEN BIOASSAY ZAGERS/WORMEN

Test organisme	<i>Nereis virens</i>
Leverancier test organisme	Topsy Baits, Wilhelminadorp
Levensfase test organisme	Bentisch, tussen 0,5 en 0,9 gram natgewicht
Test water	Grondwater Kustlab 22m – NAP voorbehandeld Grondwater Kustlab 22m – NAP niet voorbehandeld Grondwater Kustlab 45m – NAP voorbehandeld
Blanco	Oosterscheldewater
Testduur	28 dagen
Test opzet	1l bekeerglazen
Volume test oplossing	0,6 l testmedium, 0,4 l sediment (4 cm)
Aantal organismen per bekeerglas	5
Replica's	5x
Doel	Groei en mortaliteit
Test temperatuur	15°C
Verdunningswater	n.v.t.
Licht periode	Continu (24 uur per etmaal)
Luchttoevoer	Beluchting middels glazen pipettips
Testprotocol	Standaardvoorschrift BCI <i>Nereis virens</i> sediment in-vivo Bioassay, 1 dec. 2000, RIKZ, B. Kater, A. Hannewijk, C.A. Schipper en J. Bakker.



Figuur 6 Proefopzet zagerbioassay

3.2 PROTOCOL ZAGERBIOASSAY

Protocol RIKZ-BCI