

Grontmij Nederland B.V.
Middelburg, 17 april 2012

Stichting Het Zeeuwse Landschap
Brugstraat 51
4475 AN Wilhelmínadorp

Definitief

Kustlaboratorium

Onderzoek getijddepomp

Verantwoording

Titel : Onderzoek getijddepomp

Subtitel : Kustlaboratorium

Projectnummer : 317193

Referentienummer : GM-0056725

Revisie : 1

Datum : 17 april 2012

Auteur(s) : A. Op den Brouw/MB

E-mail adres : adriaan.opdenbrouw@grontmij.nl

Gecontroleerd door : Ing. C. Theunisse

Paraaf gecontroleerd door : 

Goedgekeurd door : W. Twigt

Paraaf goedgekeurd : 

Contact : Grontmij Nederland B.V.

Segeerssingel 6
4337 LG Middelburg
Postbus 7060
4330 GB Middelburg
T +31 118 65 25 00
F +31 118 65 25 05
www.grontmij.nl

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
2	Inventarisatie gegevens	5
3	Systeemonomschrijving	8
3.1	Uitgangspunten	8
4	Aanvoer- en filtersysteem.....	11
4.1	Hydraulisch schema.....	11
4.2	Capaciteit aanvoer	12
4.3	Aanvoer bij grotere aanlegdieptes	13
4.4	Continue inname met pompinstallatie.....	15
5	Afvoersysteem.....	17
5.1	Afvoer onder vrij verval.....	17
5.2	Bescherming omringend land	20
6	Aanbevelingen.....	22
Bijlage 1:	Hydraulische lijn volledig vrijval systeem met neutrale grondbalans	
Bijlage 2:	Hydraulische lijn aanvoer met gemaal en afvoer onder vrijval met neutrale grondbalans	
Bijlage 3:	Schematische weergave plattegrond	

Stichting Het Zeeuwse Landschap voert in samenwerking met Imares, Deltares en Stichting Zeeschep en de Hogeschool Zeeland een onderzoeksproject uit, genaamd Kustlaboratorium. Dit Kustlaboratorium wordt een 'testruimte' op het gebied van kustverdediging, zoute natuur, aquacultuur en landschappelijke ontwikkeling. Binnen het Kustlaboratorium, totaal groot 50 hectare, is de aanleg van circa 20 kweekvijvers voorzien met een oppervlakte van 1 hectare per vijver.

De aquacultuur vraagt een zekere mate van verversing. Vooral nog wordt gekozen voor verversing met zeewater. De ambitie is dit op een duurzame manier te realiseren. De aandrijving voor de verversing met zeewater kan gezocht worden in het getij op de Oosterschelde. Tijdens vloed kan water worden ingelaten en tijdens eb worden afgelaten. Het zeewater dient te worden gefilterd voordat het in de kweekvijvers wordt gelaten.

Grontmij is gevraagd de mogelijkheden voor een getijddepomp en filtersysteem te verkennen. Uitgangspunt voor deze verkenning is een (minimale) verversing van 5% per dag van de totale hoeveelheid water in de kweekvijvers. Dit komt neer op een hoeveelheid van 10.000 m³ per dag. Deze hoeveelheid dient minimaal gehaald te worden. Hieruit kan de conclusie worden getrokken dat, als gebruik wordt gemaakt van het getij, de genoemde 10.000 m³ water tijdens de condities van doodtij gehaald moet worden.

Randvoorwaarden bij deze verkenning zijn onder andere:

- Streven naar een gesloten grondbalans.
- Ingenomen zeewater niet lozen op het polderwater, maar op de Oosterschelde.
- Zeewater te filteren tot circa 70 micrometer.
- Het niet toepassen van een folie ten behoeve van de onderafdrifting van de bassins.
- Het gebruik van pompinstallaties is minder gewenst.

2 Inventarisatie gegevens

Om de verkenning uit te kunnen werken zijn diverse gegevens nodig. Van het Waterschap zijn de volgende gegevens ontvangen:

- Dwarsprofielen over de Oosterscheldeijk.
- Hoogtekaart van het plangebied.
- Peilgegevens van de voorover.
- Polderpeilen en leggergegevens.

Tevens zijn gegevens verkregen van 'doodtij' en 'springtij'.

Dwarsprofiel Oosterscheldeijk

Het dwarsprofiel heeft een breedte van circa 55 m¹. Deze breedte is exclusief de weg, wegbermen en de (kweil)stoot, die een ruimtebeslag van circa 20 m¹ heeft.

De kruin van de dijk ligt op +6,75 m¹ NAP. De weg op een hoogte van circa +1,00 m¹ NAP.

Hoogtekaart plangebied

Het westelijk gebied (ten westen van de Groenlandsweg) ligt globaal op 0,00 m¹ NAP. Ten oosten van de Groenlandsweg loopt het plangebied op van 0,00 NAP naar circa +0,50 m¹ NAP.

Peilgegevens voorover

Uit de verkregen peilgegevens blijkt dat de -3,00 m¹ NAP-lijn op circa 300 m¹ ligt vanuit het plangebied. Richting de haven Burghsluis (ten oosten van de Groenlandsweg) ligt de -3,00 m¹ NAP-lijn op circa 450 m¹ vanuit het plangebied.

De -2,00 m¹ NAP-lijn ligt op van 150 tot 250 m¹ vanuit het plangebied.

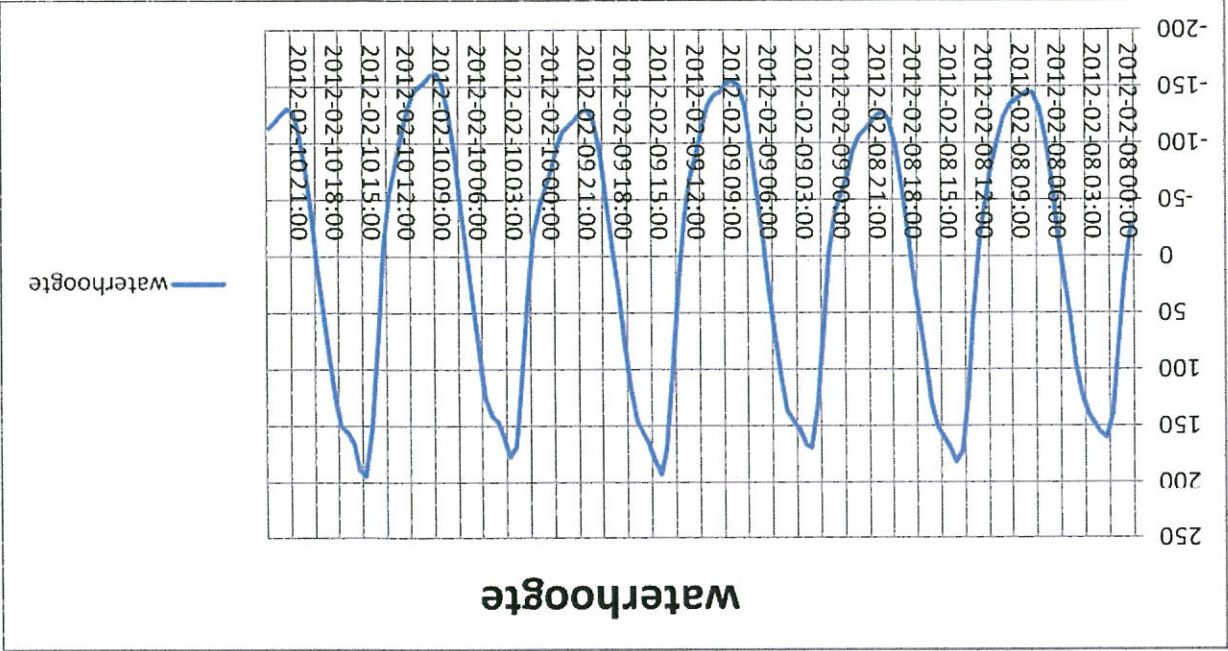
Opgemerkt kan worden dat ter plaats van het parkeerterrein (overgang tussen Groenlandsweg en Cauersweg) er een nol in de Oosterschelde ligt. Rondom deze nol is de bodem plaatselijk verhoogd.

Gelli

Uit de verkregen gegevens kan vastgesteld worden dat het doodtij varieert tussen -0,90 m¹ en +0,90 m¹ NAP. Van deze gegevens is een getijkromme beschikbaar (zie schets op volgende pagina). Deze kromme is bepaald voor de berekening met de minimale verversing van 10.000 m³ per dag. Gemakshalve kan geconcludeerd worden dat er per getij 5.000 m³ water aangevoerd moet worden.

Vormgeving kweekvijvers
 Bij de grondbalans is de vormgeving van de kweekvijvers bepalend. Voor een gesloten grond-
 balans zal een optimum moeten worden gezocht in de ontgravingsdiepte van de vijvers en de
 verwerking van de grond in de kades rondom de bassins. Bij toepassing van vierkante kweek-
 vijvers is de lengte aan de dik minimaal.
 Aangezien er geen bodem- en/of taludbescherming wordt toegepast moet rekening worden ge-
 houden met een talud van minimaal 1:2. De opbouw van de vijvers komt grotendeels overeen
 met die van Zeeuwse Tong: 0,30 m³ zand en 0,70 m³ (zee)water. Tussen de kweekvijvers wordt
 een kade aangelegd als scheiding tussen de vijvers, die tevens als doel heeft om de vijvers te

Getijkromme bij springtij



3 Systeemomschrijving

3.1 Uitgangspunten

De aquacultuur zal bestaan uit een netto oppervlak van 20 hectare kweekvijvers. Deze vijvers dienen een waterdiepte te hebben van ongeveer 70 cm. Op de bodem van deze vijvers wordt een zandbed gelegd van ongeveer 20-30 cm. Onderin het zandbed zullen de aquateilers een drainagesysteem aanleggen en deze aansluiten op de te voorzien pomputten nabij elke vijver. Hierdoor is het mogelijk dat de vijvers leeg kunnen stromen (deels onder vrijverval en deels met behulp van een pomp) in de afvoersloot.

De kweekvijvers dienen dagelijks ververs te worden. De gewenste minimum verversingsgraad bedraagt 5% per dag. Met 20 hectare vijveroppervlak en 1 m diepte (70 cm water + 30 cm zand) komt dat neer op een dagelijks debiet van 10.000 m³.

Het zeeewater dient gefilterd te worden tot circa 70 µm. Dit zal plaatsvinden met behulp van zogenaamde langzame zandfilters. Dit is gebaseerd op een door Zeeuwse Tong uitgevoerde test: 'Voor de proef met een zandbedfilter hebben we gebruik gemaakt van fijn zand, grof zand en schelpengruis. De filterende werking van het grof zand kwam overeen met de werking van het huidige, mechanische systeem (fijn filter 70 micrometer). Dit grof zand had de volgende karakteristieken:

Mediane korrel diameter (d50): 419 micrometer.

Als vuistregel geldt dat de zeeftwerking van een filtermedium ongeveer 1/7 van de gemiddelde korrelgrootte bedraagt: de filtratiegrootte is dus 1/7 van 419 micrometer, ofwel 60 micrometer.

Het mechanisch filter dat we nu gebruiken filtert op 70 micrometer. Het zandbed zou dus een vergelijkbare zeeftwerking moeten hebben. Microscopische waarnemingen aan het effluent uit een schoon filterbed hebben dat in de proef van vorig jaar bevestigd: de grootte van de grootste deeltjes in het effluent bedroeg respectievelijk 80 en 50 micrometer met en zonder zagers in het zandbed.

Voor de dikte van het zandbed gaan wij uit van 20 cm zowel in de vijvers als in de aanvoersloot met drains op regelmatige afstanden onder het zandbed'.

Voor de maximum oppervlaktebelasting wordt 0,35 m³/h per m² ofwel 35 cm/h aangenomen (bij de productie van drinkwater worden belastingen van enkele tot enkele tientallen centimeters per uur toegepast). Dit resulteert bij continue aanvoer van zeeewater, in een minimaal benodigd filteroppervlak van 1200 m². Deze filters bestaan uit ongeveer 20 cm zand (fractie 0,20 – 0,70 mm) met een gemiddelde korrel diameter d₅₀ van ongeveer 0,42 mm. Periodek zullen deze zandfilters gereinigd c.q. vervangen moeten worden. Uitgaande van een hele ruwe schatting van het slib dat bij Zeeuwse Tong nabij Colijnsplaat ontstaat, lijkt daar 0,1% per m³ gefilterd zeeewater te ontstaan. In onderhavig geval is sprake van 10.000 m³ zeeewater per dag, ofwel 1 m³ slib per dag. Als dit slib zich (theoretisch) mooi zou verdelen over de eerder aangegeven minimale 1200 m², zou dat 0,8 mm per dag sliblaag betekenen. Verondersteld dat het filter volledig vervuld zal zijn als circa 30% van de zandbedhoogte is dicht geslibd, ofwel als er zo'n 5 à 6 cm slib is ontstaan. Dit zal na ruim 2 maanden het geval kunnen zijn. Deze filtervervulling is echter slechts een inschatting en kan in de praktijk significant anders zijn. Als de slibproductie bijvoorbeeld slechts 0,02% zou bedragen, wordt de periode al bijna een jaar en als de slibproductie 0,3% zou bedragen en het filter is al bij 1 à 2 cm volledig vervuld, is het filter al in een week vervuld. De periode waarin een schoon filterbed volledig vervuld raakt, kan

tussen weken als vele maanden liggen. Voorlopig gaan we er in dit rapport gemakshalve van uit dat die periode ongeveer een half jaar tot een jaar bedraagt.

Omdat alle ontwerpparameters van het zandfilterbed aannames zijn, zal in een proefonderzoek (bijvoorbeeld bij Zeeuwse Tong) onderzocht moeten worden wat de optimale waarden van de volgende parameters zullen zijn:

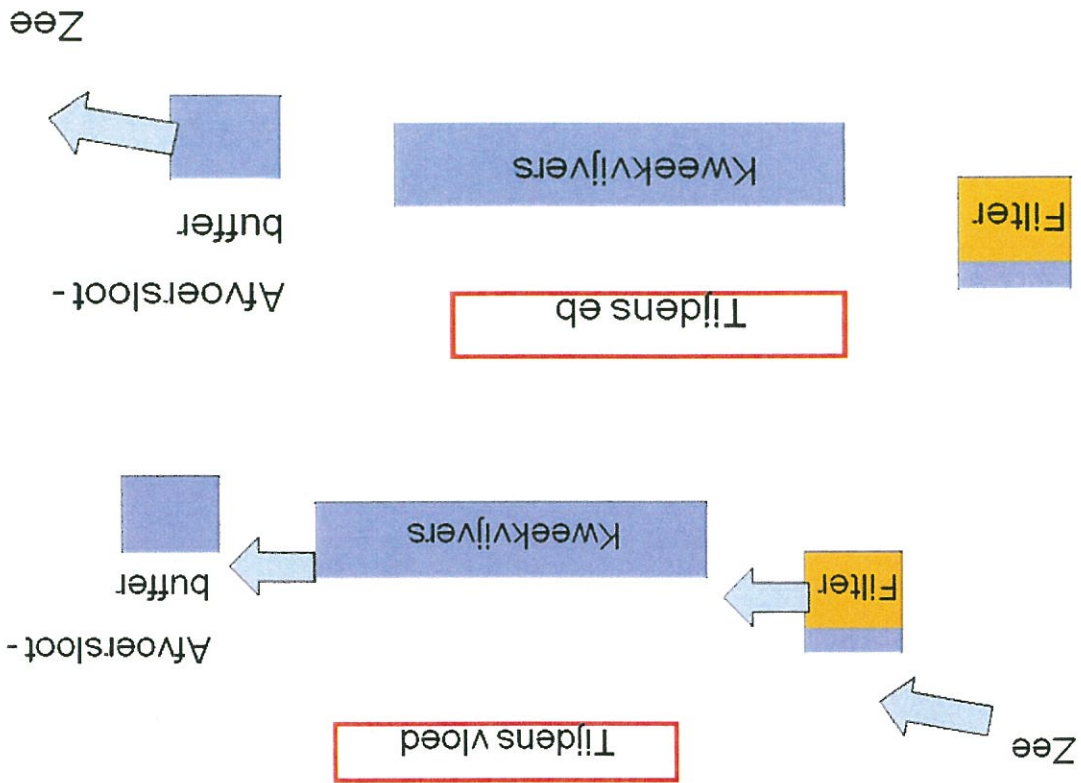
- Filterbedhoogte en korrefractie.
- Toelaatbare oppervlaktebelasting.
- Filtervervulling gedurende de looptijd van een filter.
- Ontwikkeling filterbedweerstand gedurende de looptijd.
- Mate van natuurlijke vervulling (aangroei, algen et cetera).

Het zandbed van 20 cm wordt ondersteund door verschillende steunlagen, met een steeds grotere korrefractie (bijvoorbeeld drie lagen van 20 cm, laag 1 = 0,70 – 2 mm; laag 2 = 2 – 4 mm; laag 3 = 4 – 8 mm). In de onderste steunlaag wordt de drainage voorzien om

Deze drainage wordt gekoppeld aan een afvoerleidingsysteem, met daarin afsluiters voorzien om het filter uit bedrijf te kunnen nemen.

De wens is om voor de toevoer naar het filter en de kweekvijvers én de afvoer van zeeewater terug naar zee, zoveel mogelijk gebruik te maken van natuurlijke krachten, het getij: bij hoogwaterstanden kan zeeewater het gebied instromen. Tussen vloed en eb zal er geen water in of uit het gebied stromen en bij eb kan het water uit de kweekvijvers weer afgevoerd worden naar zee. Dat hierdoor de dagelijkse verversing van de kweekvijvers niet continu plaatsvindt, is geen probleem.

Onderstaande figuren laten het verversingsysteem schematisch zien:



Verder dient de toevoer van water goed verdeeld te worden, zodat alle kweekvijvers evenveel vers gefilterd zeeewater toegevoerd krijgen. Om dit te bewerkstelligen over grote afstanden (de kweekvijvers zijn immers 1 hectare groot, waardoor 20 vijvers in een groot gebied resulteren) wordt voorzien in een toevoersloot. Deze toevoersloot wordt (centraal) gevoerd door het effluent van het zandfilter. Door de afvoersloot een voldoende groot doorstroomoppervlakte te geven (breedte x diepte) zal de horizontale stroomsnelheid in de toevoersloot zeer klein zijn.

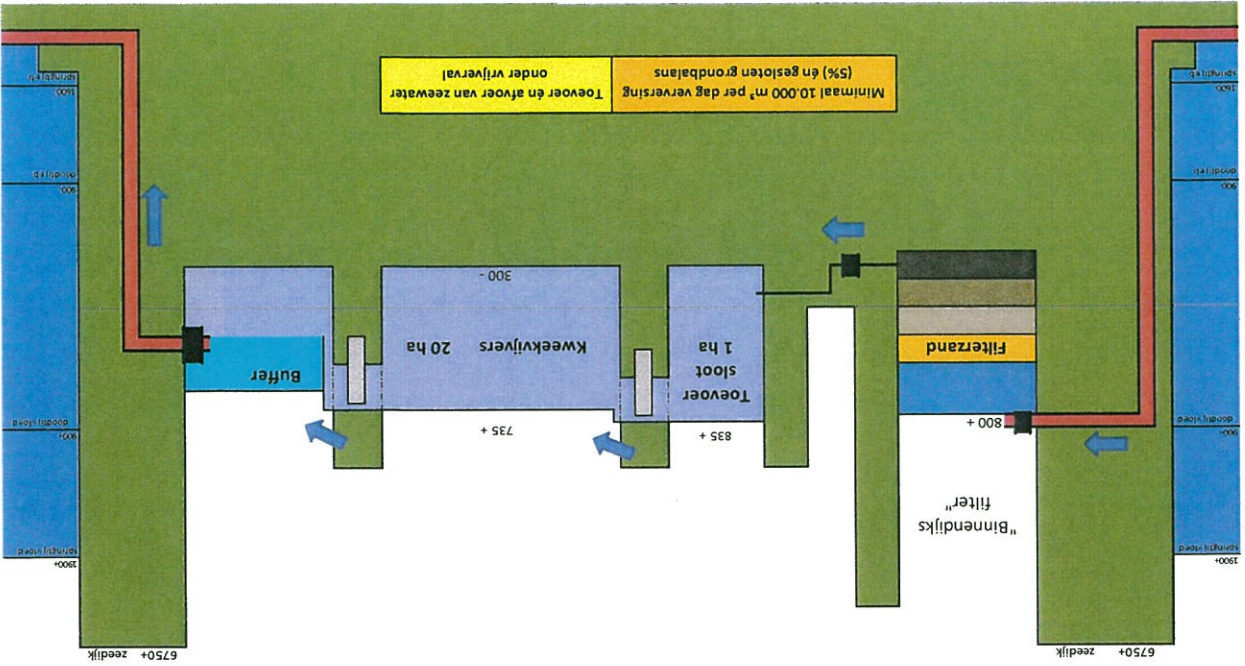
4 Aanvoer- en filtersysteem

4.1 Hydraulisch schema

Met behulp van de in het voorgaande hoofdstuk aangegeven uitgangspunten en principes, is het onderstaand schema de hydraulische lijn weergegeven (in bijlage 1 is het oorspronkelijk formaat ingesloten):

- De aanvoer van zeeewater vindt plaats door middel van een geboorde leiding. In deze leiding zal een afsluiter moeten worden voorzien, die op aangeven van RWS of WS gesloten dient te worden (veiligheid).
- Het aangevoerde zeeewater passeert een langzaamzandfilter, alwaar het ontiaan wordt van de belangrijkste vervuilingcomponenten (waaronder als voornaamste zaad van parasieten en mosselzaad).
- Met behulp van een drainagesysteem stroomt het effluent naar een toevoer/verdeelsloot. In de dijk van de toevoer/verdeelsloot zijn 20 overstorten aangebracht, die in de toevoer naar elke kweekvijver voorzien.
- De 20 kweekvijvers worden doorstroomd c.q. ververst en storten aan de andere kant over een overstort naar de afvoersloot, annex buffer.
- De afvoer van het zeeewater terug naar de zee vindt plaats door middel van een geboorde leiding. In deze leiding is een terugslagklep voorzien, die er voor zorg moet dragen dat bij hoog water (hoger dan het maximum niveau van de buffer) geen zeeewater naar binnen stroomt.

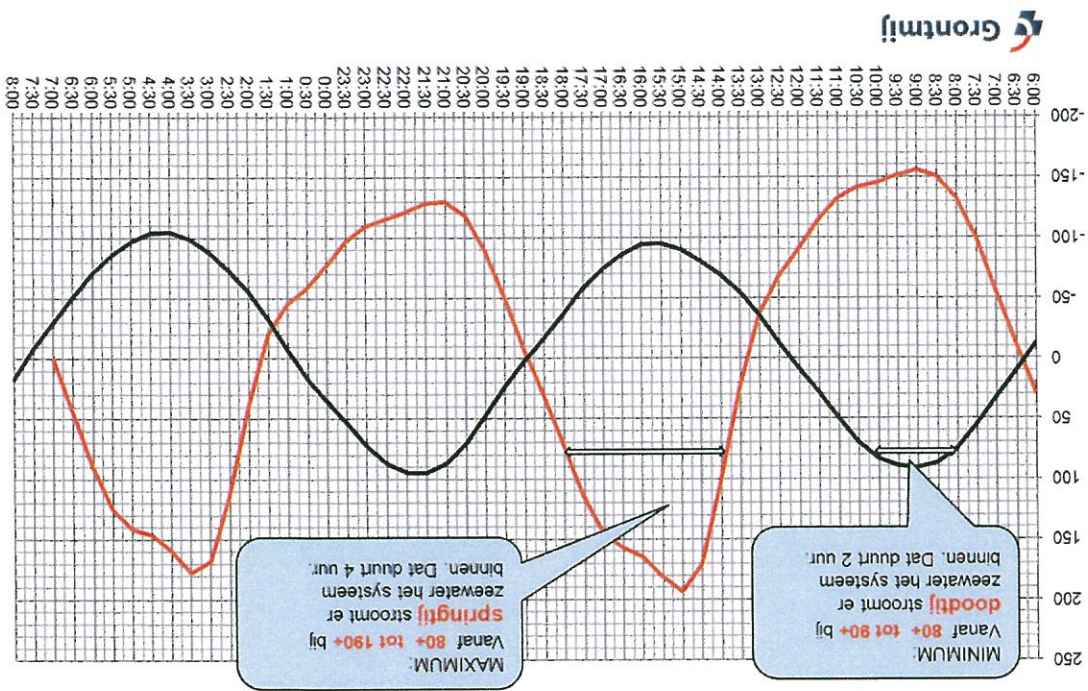
Om te voldoen aan het uitgangspunt 'neutrale grondbalans' is bepaald dat, in geval van vierkante kweekvijvers, de uitgraafdiepte 30 cm bedraagt. Hierdoor worden de verschillende peilen vastgelegd.



Bij neutrale grondbalans wordt het peil van de overstort van de toevoersloot op 80 cm +NAP gesteld. Om het filter buiten de aanvoertijden niet droog te laten vallen, wordt het maximum waterniveau en de onderkant van de geboorde leiding boven het filter eveneens op 80 cm +NAP gesteld. Hierdoor zal er pas zeewater naar binnen stromen vanaf het moment dat bij een stijgende zeespiegel het niveau van de zee ook op 80 cm +NAP komt. Bij doodtij is er dan tot en met een zeespiegelniveau van maximaal 90 cm +NAP sprake van toevoer van zeewater. Bij springtij is tot en met een zeespiegelniveau van 190 cm +NAP.

In onderstaande grafiek zijn beide uitersten voor het zeespiegelniveau weergegeven, waarbij de blauwe lijn het zeespiegelniveau bij doodtij is en de rode lijn juist bij springtij.

Getijde pomp – toevoer onder vrij verval



Onder de slechtste omstandigheden zal er 10.000 m³ per dag toegevoerd moeten worden. Dat is bij doodtij en vervuld filter.

Bij doodtij is er tweemaal per dag twee uur lang sprake van toevoer van zeewater. Er dient dan elke keer 5.000 m³ toegevoerd te worden. De gemiddelde capaciteit moet dan 2.500 m³/h bedragen. Aangezien het toevoerdebiet bepaald wordt door de zeewaterdruk, zal het debiet gedurende het eerste uur dat het zeewater de 80 cm +NAP oversijgt, oplopen van 0 m³/h tot een zeker maximum wanneer het doodtij 90 cm +NAP heeft bereikt. Het tweede uur daalt het vervolgens weer tot 0 m³/h. Omdat het verloop van de zeespiegelhoogte parabolisch over de tijd verloopt, kan berekend worden dat het maximum circa 3.300 m³/h moet bedragen om een gemiddelde van 2.500 m³/h over de twee uur te verkrijgen.

Bij doodtij is er maar maximaal 10 cm voordruk aanwezig (90 cm +NAP zeespiegel doodtij minus 80 cm +NAP niveau waarbij het water begint te stromen). Dat betekent dat een vervuld

filter bij de eerder berekende maximum uurcapaciteit van 3.300 m³/h slechts ongeveer acht cm weersstand mag hebben, zodat er nog enkele cm overblijven voor de boring en de drainage. Als we één cm weersstand rekenen voor de boring, zal de diameter van deze boring 2000 mm moeten bedragen (bij 3.300 m³/h levert deze buis bijna één cm weersstand).

In een tijdsbestek van ongeveer twee weken, is het doodtij verschoven naar springtij. Bovenstaande grafiek laat zien dat in dat uiterste geval er over een periode van vier uur (twee x per dag) zeeewater naar binnen stroomt. Omdat de waterstanden in deze periode veel hoger zijn dan bij doodtij, zal er ook veel meer water binnen stromen. Berekening leert dat bij springtij én gevuld filter er maximaal 58.000 m³ per dag binnen stroomt.

Zoals in het voorgaande hoofdstuk is aangegeven, varieert het toevoerdebiet ook nog met de filterweersstand die steeds groter wordt naarmate het filter vervult. Een schoon filter heeft een verwaarloosbare weersstand. Berekening leert dat bij doodtij (10 cm voordruk) er dan circa 30.000 m³ per dag het gebied instroomt en bij springtij 192.000 m³ per dag.

De consequentie van een vrijvervalsysteem, zonder regeling, voor de toevoer van zeeewater en een neutrale grondbalans is dat het toevoerdebiet enorm varieert. In de maximum situatie wordt zelfs bijna 100% (192.000 m³/dag) verversing per dag gerealiseerd, terwijl 5% (10.000 m³/dag) de gewenste verversingsgraad is. Deze fluctuatie is erg groot en zal voor de aquacultuur niet bevorderlijk zijn. Daarnaast wordt op deze manier het zandfilter enorm groot. Met een geschikte maximale oppervlaktebelasting van 0,35 m/h moet het filter op een plekkur ruim 40.000 m³/h kunnen verwerken. Het filter dient derhalve ruim 11 hectare groot te worden. Een dergelijk filter is echter onbeheersbaar en erg kostbaar.

Kortom, de wens voor een neutrale grondbalans én zeeewateraanvoer onder vrijverval, zonder enige vorm van regeling, stuit op enorme bezwaren.

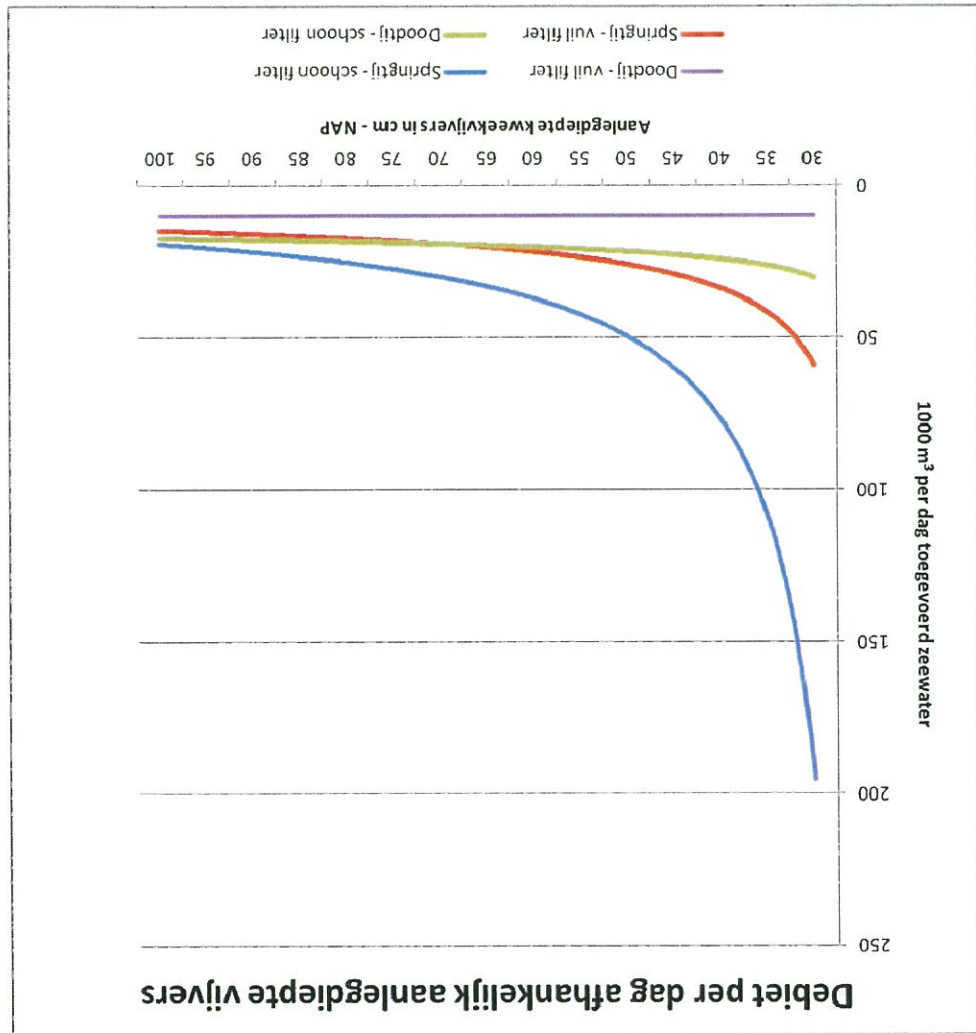
Er zijn twee manieren om de fluctuatie in toevoer en de omvang van het filter te beperken. De eerste methode is de kweekvijvers dieper in te graven. De tweede is om het zeeewater continue in te nemen met behulp van een pompinstallatie.

4.3 Aanvoer bij grotere aanlegdieptes

Het uitgangspunt voor de neutrale grondbalans wordt in deze situatie verlaten. Dieper uitgraven van de kweekvijvers betekent meer grondtransport en dus hogere kosten. De beheersbaarheid van het filter en de kosten van het filter worden echter significant beter.

Door de kweekvijvers dieper aan te leggen wordt ook de overstorthoogte vanuit de toevoersloot lager. Hierdoor zal ook de onderkant van de geboorde leiding op een lager niveau komen te liggen. De tijd dat er zeeewater naar binnen kan stromen wordt steeds langer al naar gelang de vijvers dieper komen te liggen.

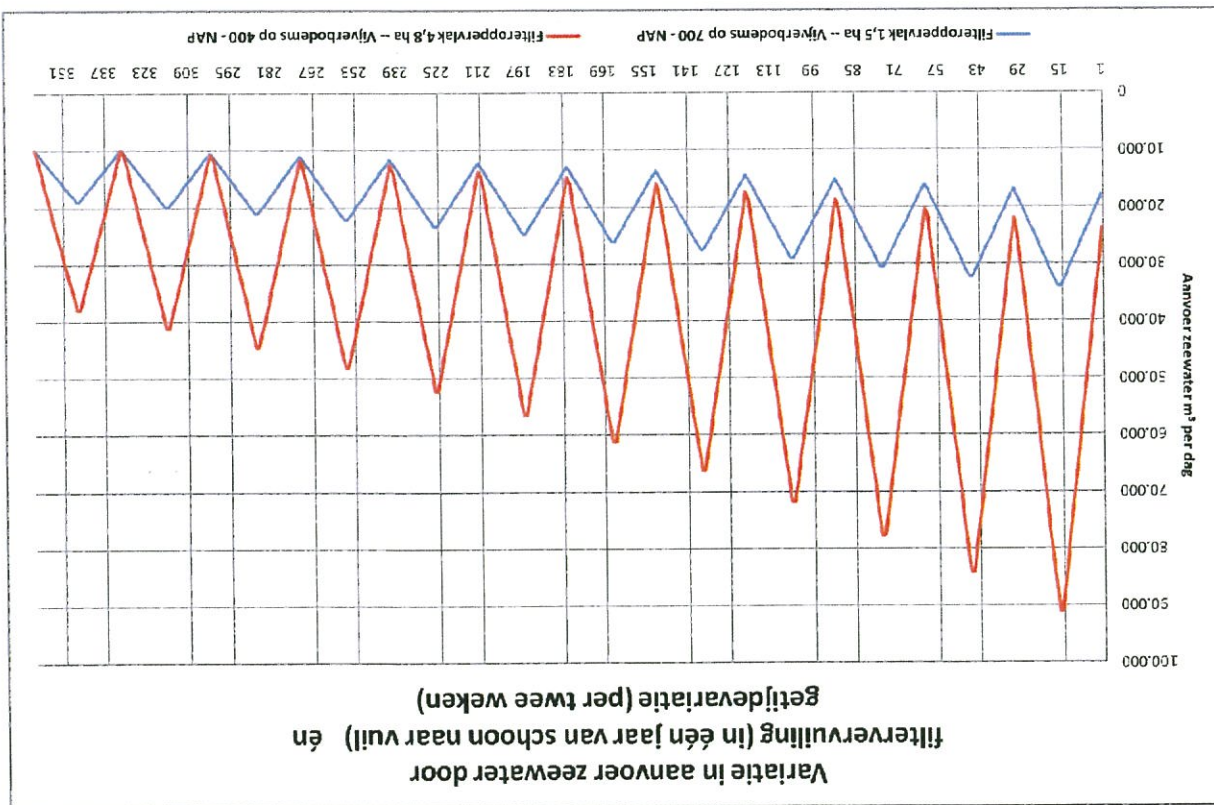
Als er langere tijd zeeewater aangevoerd kan worden, wordt de gemiddelde uurcapaciteit kleiner, omdat 10.000 m³ per dag het minimum is. In de tabel op de volgende pagina zijn voor verschillende aanlegdieptes van de kweekvijvers de resultaten met betrekking tot de dagelijkse zeeewateraanvoer onder verschillende omstandigheden (doodtij en springtij en schoon en gevuld filter) weergegeven.



Duidelijk is dat het aanvoerdebiet asymptotisch naar oneindig m³ per dag zal gaan bij een steeds ondieper ligging van de kweekvijvers, maar dat hoe diep de kweekvijvers ook aangelegd zullen worden, er altijd variatie in aanvoer zal blijven bestaan.

Zeewater toevoer		Onder vrij verval (getijde-afhankelijk en discontinue)					
viverbodem	[cm NAP]	tij	voordruk	schoon filter	vervuld filter	filteroppervlak	
			[cm]	[m ³ /dag]	[m ³ /dag]	[m ²]	
30 -		doodtij	10	30.000	10.000	114.000	
		springtij	110	192.000	58.000		
40 -		doodtij	20	24.000	10.000	48.000	
		springtij	120	91.000	38.000		
55 -		doodtij	35	22.000	10.000	34.000	
		springtij	135	61.000	21.000		
70 -		doodtij	50	19.000	10.000	15.000	
		springtij	150	32.000	18.000		
100 -		doodtij	80	17.000	10.000	11.000	
		springtij	180	28.000	16.000		

In onderstaande grafiek wordt bij een aanlegdiepte van 70 cm -NAP / 40 cm -NAP duidelijk op welke wijze het aanvoerbebiet per dag fluctueert, gedurende elke veertiendaagse zeespiegelhoogtecyclus (doortij-springtij) en gedurende de periode dat het zandfilter zal vervullen (in onderhavig voorbeeld is uitgegaan van een filterlooptijd van één jaar).



Zelfs bij een aanlegdiepte van 1 m onder het huidige maaiveld is nog steeds sprake van een grote variatie in zeewateraanvoer (bijna een factor drie). Daarnaast is het benodigd filteroppervlak nog steeds enorm groot (11.000 m²). Ook blijven de uurcapaciteiten nog erg groot en zal de diameter van de geboude leiding onder de dijk door nog steeds flink blijven.

Kortom, het wijzigen van de aanlegdiepte van de kweekvijvers biedt weinig structurele oplossingen. Gebruik maken van de natuurlijke drijvende kracht voor de watertoevoer resulteert in onacceptabele situaties (enorme fluctuaties in aanvoer en onbeheersbaar filter).

4.4 Continue innname met pompinstallatie

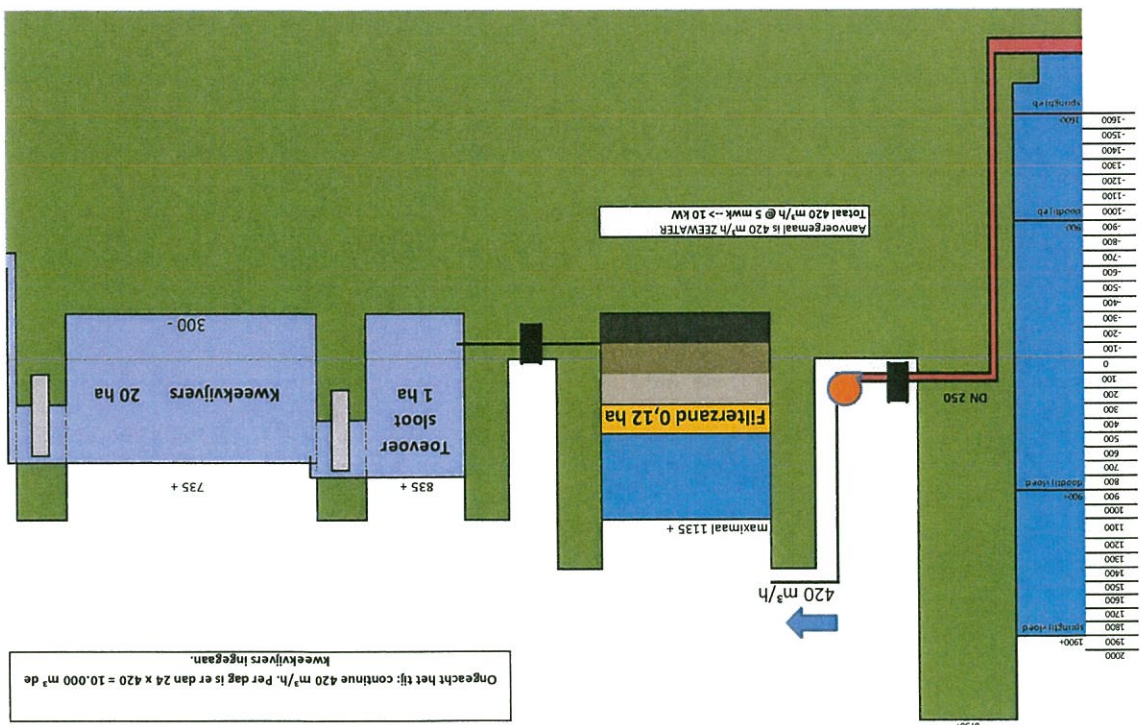
Om de fluctuaties in aanvoer te elimineren, het filter tot beheersbare omvang te beperken en de diameter van de boring te minimaliseren, kan het zeewater ook met behulp van een pompinstallatie worden aangevoerd. Om aan de vereiste minimale 10.000 m³ per dag te voldoen is de uurcapaciteit van de pompinstallatie (minimaal) 420 m³/h en met een opvoerhoogte van ongeveer 0,5 bar wordt het maximale vermogen ongeveer 10 kW.

Voor de diameter van de boring kan volstaan worden met (minimaal) 250 mm. Er dient wel rekening gehouden te worden met mogelijke aanvoer en vervuiling, waardoor de uiteindelijke diameter ruimer moet worden. Tevens moet de leiding zodanig ontworpen worden dat deze 'piggeable' wordt (schoon te maken door middel van een prop).

Het benodigde filteroppervlak wordt dan 1.200 m² en wordt door het te realiseren in bijvoorbeeld zes stuks van elk 200 m² goed beheersbaar.

Omdat nu de aanlegdiepte van de kweekvijvers niet meer van invloed is op het aanvoerdebiet, kunnen de vijvers weer met een neutrale grondbalans aangelegd worden, ofwel op 30 cm -NAP diepte.

Onderstaande figuur geeft een en ander schematisch weer:



5.1 Afvoer onder vrij verval

Voor de afvoer naar zee wordt eveneens eerst gekoken naar een natuurlijke wijze. Onder vrij verval het water afvoeren kan ook weer tweemaal per dag plaatsvinden, gedurende de uren van laag water. Afhankelijk van de aanlegdiepte en afmeting van de geboude afvoerleiding, zal er telkens met een variërende capaciteit water afgevoerd kunnen worden, afhankelijk van het zeespiegelniveau. Hoe groter het verschil tussen de zeespiegel en het niveau in de buffer, hoe meer water afgevoerd kan worden.

Van de maximaal 10.000 m³ toegevoerde zeeewater zal een deel wegzijgen uit de kweekvijvers. Dit deel wordt geschat op ongeveer 6.000 m³/dag. Dit water wordt aan de rand van het aquacultuurgebied opgevangen in een dieper gelegen kwelsloot, welke in verbinding staat met de buiten het gebied aanwezige polderloten van het Waterschap. Op deze wijze moet er nog slechts 4.000 m³ zeeewater naar zee worden afgevoerd.

Naast de afvoer van het dagelijks toegevoerde zeeewater, zal het afvoersysteem ook berekend moeten worden op de afvoer van regenwater binnen het plangebied. Voor de berekening wordt nu uitgegaan van maximaal 100 mm/dag voor een periode van twee weken (getijdencyclus).

Omdat er continue zeeewater wordt aangevoerd, er discontinuë regenwater wordt aangevoerd en er discontinuë kan worden afgevoerd, zal het afvoersysteem ook een zekere buffercapaciteit moeten hebben.

Hoe kleiner de diameter van de geboude afvoerleiding is, hoe minder er periodiek kan worden afgevoerd en hoe meer er moet worden gebufferd.

Als de bodem van de afvoersloot ruim onder de bodem van de kweekvijvers en het filter wordt aangelegd, kunnen de vijvers en filterbakken gedraind worden onder vrij verval.

Met de bodem op 70 cm –NAP, tevens het aanlegniveau van de onderkant van de afvoerleiding in een zacht glooiende bodem van de buffer oplopend tot maaiveld op 0-NAP, zijn bij verschillende diameters de volgende afvoerdiepten (respectievelijk bij doodtij-springtij) en bijbehorende buffers met de perioden waarin het buffer gevuld en weer geleidigd kan zijn, grofweg bepaald:

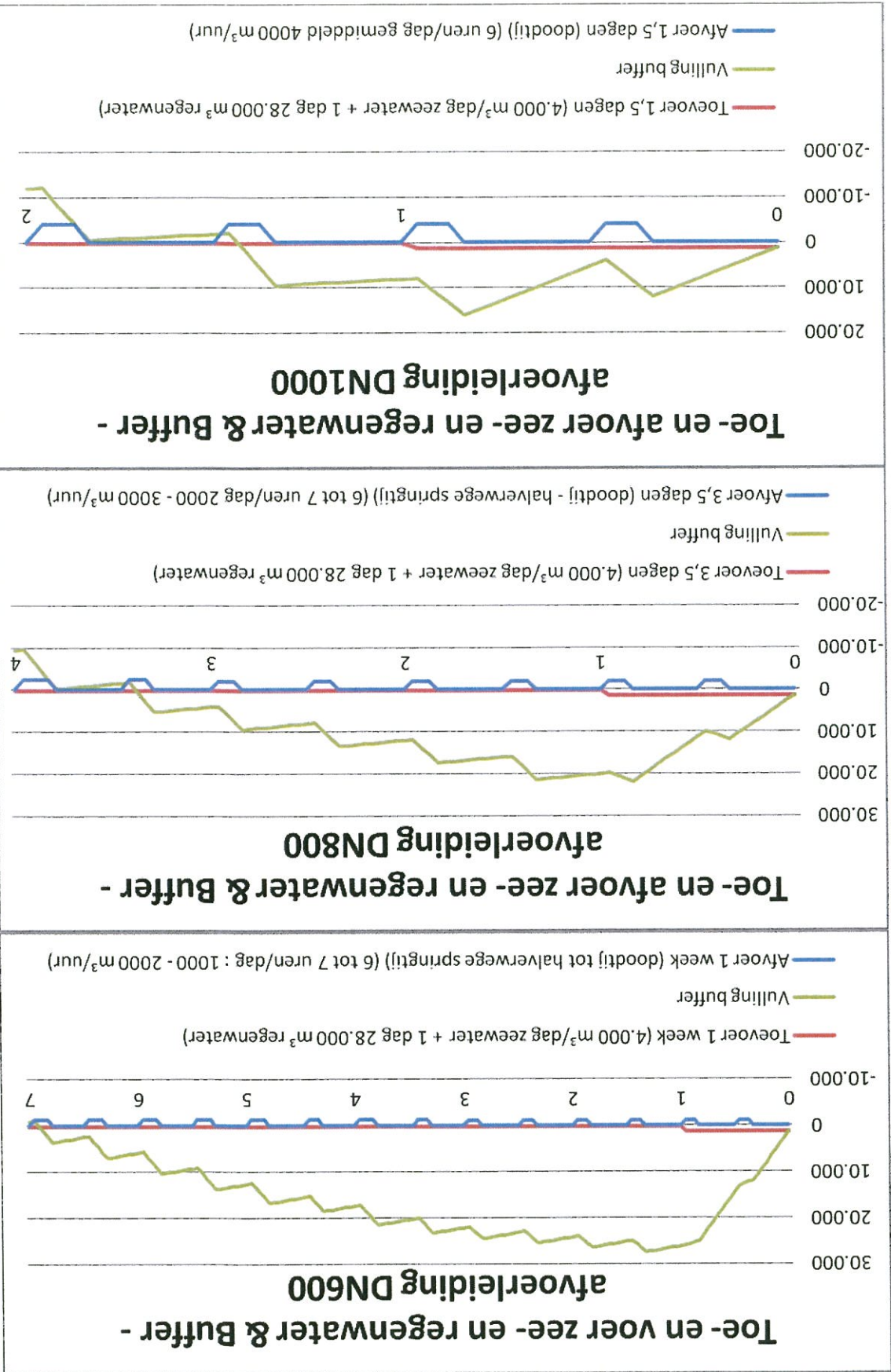
• DN 600 mm	1000 – 2000 m ³ /h	27.000 m ³ buffer / 8 hectare	1 – 7 dagen
• DN 800 mm	2000 – 4000 m ³ /h	22.000 m ³ buffer / 6,5 hectare	1 – 3,5 dagen
• DN 1000 mm	4000 – 8000 m ³ /h	16.000 m ³ buffer / 4,5 hectare	1 – 1,5 dagen

Er dient wel rekening gehouden te worden met mogelijke aangroei en vervuiling, waardoor de uiteindelijke diameter ruimer moet worden. Tevens moet de leiding zodanig ontworpen worden dat deze 'piggbale' wordt (schoon te maken door middel van een prop).

Onderstaande grafieken laten de toe- en afvoer zien en de vulling van het buffer (groene lijn). Telkens is op de eerste dag van de periode de maximale regenbui van 100 mm/dag gesteld.

Voor de eerste grafiek (voor DN600) blijkt dat in 7 dagen er totaal $7 \times 4.000 + 28.000 = 56.000$ m³ water het gebied inkomt en afgevoerd moet worden. Deze afvoer vindt telkens bij bepaalde

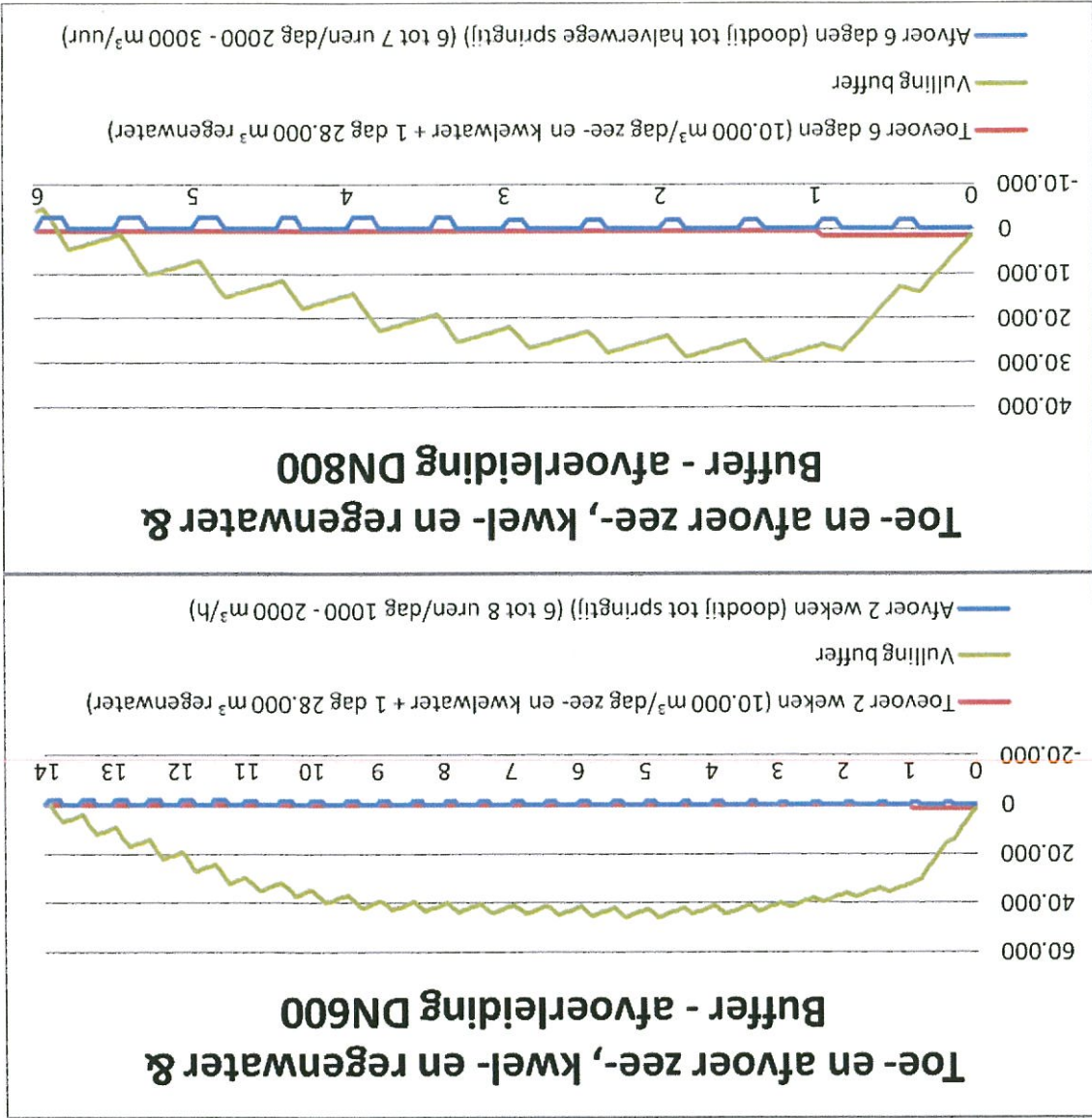
laagwaterstanden van de zee plaats en resulteert tijdens deze 7 dagen in 14 keer 3 uren ge-middeld ruim 1300 m³/uur afvoer.
De maximaal benodigde buffer (treedt op na circa 1,5 dagen) bedraagt daarbij circa 27.000 m³.



In het geval dat het Waterschap de afvoer van het zoute water via de kwelstoot niet toelaatbaar acht, moeten we rekening houden met een afvoer van 10.000 m³/dag in plaats van de hiervoor gestelde 4.000 m³/dag (naast de regenbui van 28.000 m³).

Bij handhaving van de afvoerleidingsdiameters is in dat geval een groter volume voor de buffer noodzakelijk en zal de bijbehorende vul-ledig-cyclus van de buffer langer worden:

- DN 600 mm 1000 – 2000 m³/h 45.000 m³ buffer / 13 hectare 1 – 14 dagen
- DN 800 mm 2000 – 4000 m³/h 30.000 m³ buffer / 8,5 hectare 1 – 6 dagen
- DN 1000 mm 4000 – 8000 m³/h 20.000 m³ buffer / 6 hectare 1 – 3 dagen



De kweekvijvers, toevoersloot en afvoersloot/buffer worden aangelegd in de aanwezige klie-laag. Deze klieilaag kent een zekere doorlatendheid, die voor het gehele aquacultuurgebied van circa 25 hectare grof is ingeschat op 6.000 m³ per dag. Dit betekent dat van de dagelijks toe-gevoerde 10.000 m³ zeeewater er een gedeelte in de ondergrond verdwijnt. Voor de verversing van de kweekvijvers is dat geen probleem.

Het zoute water dat in de ondergrond verdwijnt, zou echter het land buiten de 50 hectare Kust-laboratorium kunnen belasten. Om dit tegen te gaan en zo de omliggende (landbouw)gronden te beschermen, wordt voorzien in een kweelsloot aan de buitenrand van het gebied. Het water-peil van deze kweelsloot dient minimaal op of onder 130 cm –NAP te liggen (= het polderpeil) waarin het Kustlaboratorium is gelegen.

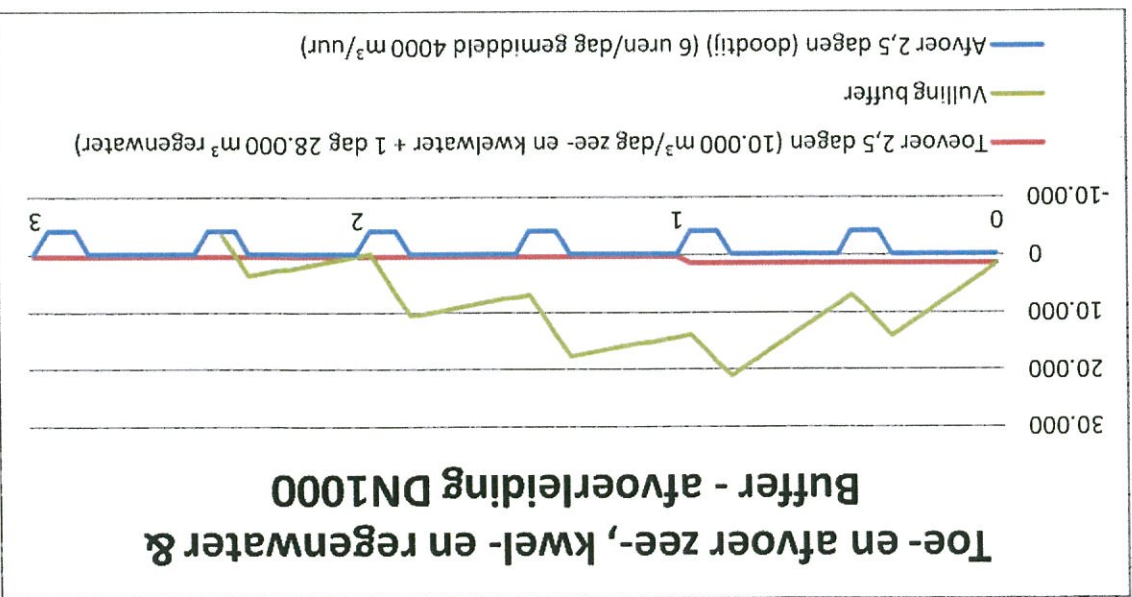
Het door de bodem van de kweekvijvers en sloten weggetrokken water zal (vertraagd) in de kweelsloot worden opgevangen.

Deze kweelsloot staat in open verbinding met de sloten van het Waterschap in het omliggende gebied, waardoor dit water via het poldergemaal van het Waterschap terug naar zee worden gevoerd.

Onderstaande figuren geven de dwarsdoorsnede en een lay-out schematisch weer (in de bijla-ge is het oorspronkelijk formaat opgenomen):

5.2 Bescherming omliggend land

In de afvoerleiding wordt een terugslagklep voorzien om bij hogere zeespiegel dan het waterpeil in de buffer te voorkomen dat juist zeeewater naar binnen wordt gevoerd.



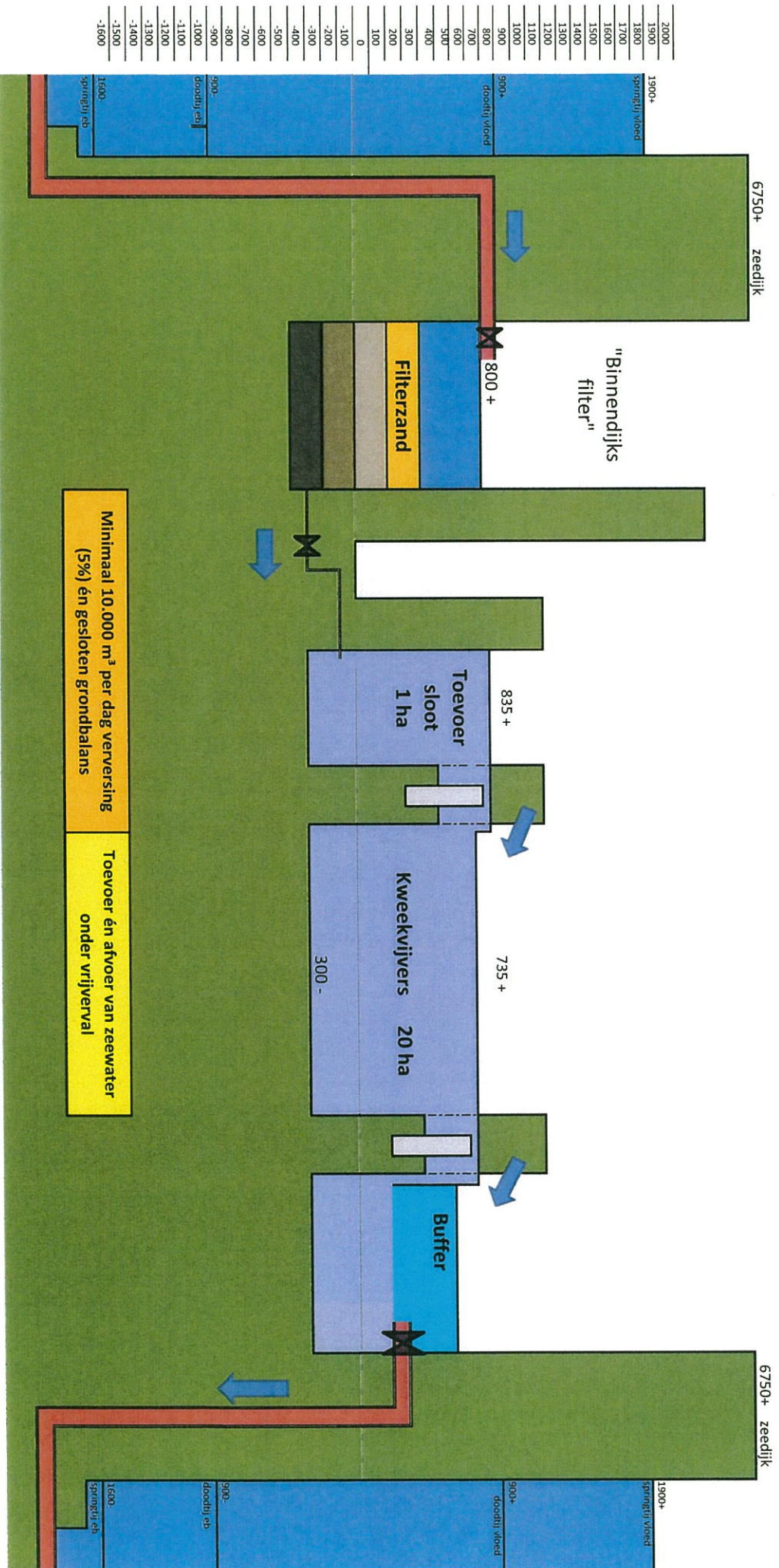
6 Aanbevelingen

- Als vervolg op bovenstaande studie worden de volgende aanbevelingen gedaan:
- Onderzoek naar het zandfilterbed
In de opgezette keuzevariant is het zandbedfilter een element waarbij een aantal aannames is gedaan. De aannames betreffen in hoofdzaak de optimale bedhoogte en korrefractie, de toelaatbare oppervlaktebelasting, de ontwikkeling van aangroei (algen et cetera), de mate van vervuiling en daardoor de ontwikkeling van filterbedweerstand gedurende de looptijd van het zandfilter. Een nader onderzoek in de vorm van een proefopstelling is noodzakelijk.
 - Opstellen van een programma van eisen ten behoeve van een inrichtingsschets
Om een inrichtingsschets op te kunnen stellen zal er eerst een programma van eisen moeten worden opgesteld. Dit programma van eisen kan worden onderverdeeld in:
 - eisen ten aanzien van de kweekvijvers;
 - eisen ten aanzien van de natuur en het landschap;
 - eisen ten aanzien van de technische watersystemen;
 - eisen ten aanzien van de omgeving.
 - Natuurlijke inrichting
De studie zoals deze er nu ligt is een technisch idee. De uitdaging is om dit technisch idee te vertalen naar een inrichtingsschets waarin de natuurlijke inrichting van het aangekochte gebied centraal staat. Van de aangekochte 50 hectare is circa 30 hectare benodigd voor het kustlab. De overige 20 hectare kan ingericht worden als natuurlijk gebied. De kunst is echter om de technische randvoorwaarden bij het doorlopen van het zeewater onder vrij verval goed vorm te geven. Hierbij zal onder andere aandacht moeten worden geschonken over het wel of niet handhaven van de Groenlandsweg, die een barrière vormt binnen het plangebied.
 - Onderzoek effect inrichting
Deltares heeft een uitgebreide geohydrologische modelstudie gedaan. Voorgesteld wordt om in deze studie door te rekenen wat het effect is op de omgeving en om de omvang van de wegzijging uit het aquacultuurgebied te bepalen. Hierbij dienen ook de compenserende maatregelen te worden doorgerkend. Geacht kan worden om een globale inrichtingsschets door te rekenen en afhankelijk van de uitkomsten te komen tot een zo optimaal mogelijke inrichting.
 - Onderzoek mogelijkheden zoel/zout oppervlaktewater scheiden
Aanbevelen wordt om niet alleen te kijken naar de inrichting van het kustlab zelf, maar ook naar de mogelijkheden van het aangrenzende gebied. Zo kan er bijvoorbeeld onderzoek worden of er kansen liggen om brak en zoet oppervlaktewater te scheiden. Hier kan dan onder andere de landbouw van profiteren, wat niet alleen gunstig is voor de agrariërs, maar ook voor het draagvlak van het plan.

Hydraulische lijn volledig vrijverval systeem met neutrale grondbalans

Bijlage 1

Basisvariant: Aan- en afvoer onder vrij verval én gesloten grondbalans



Minimaal 10.000 m³ per dag verversing (5%) én gesloten grondbalans

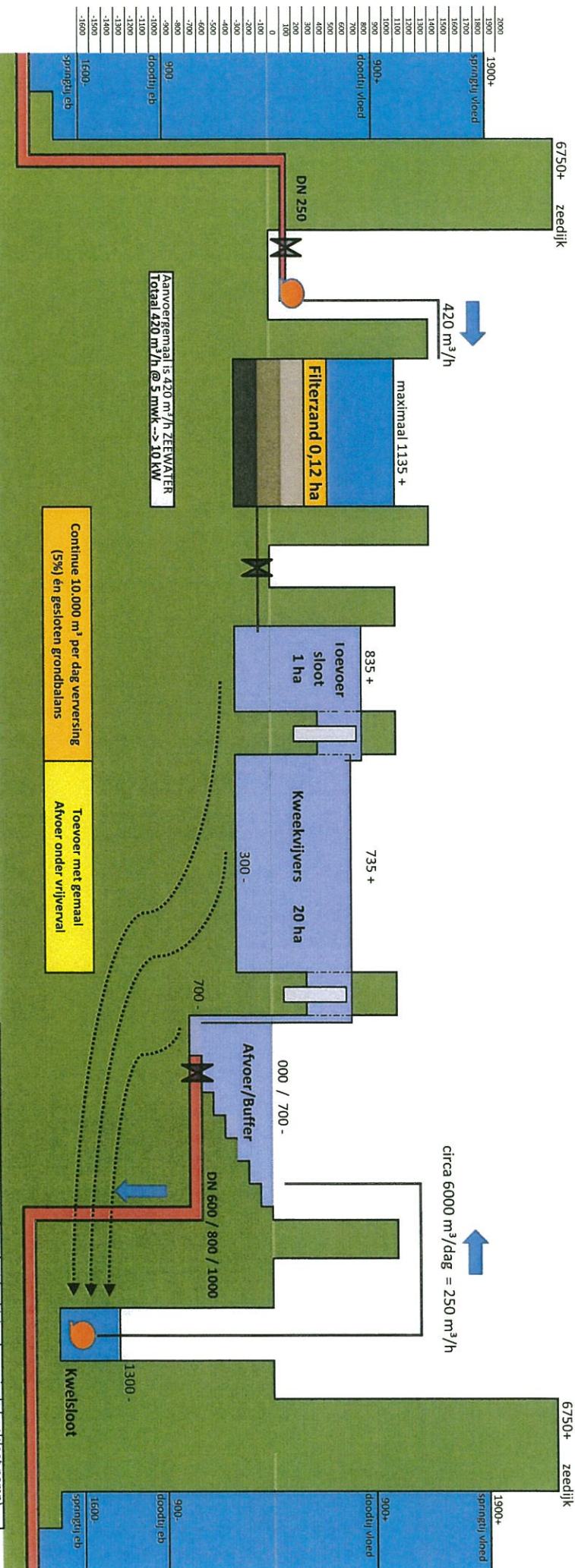
Toevoer én afvoer van zeewater onder vrijerval



Hydraulische lijn aanvoer met gemaal en afvoer on-
der vrijerval met neutrale grondbalans

Bijlage 2

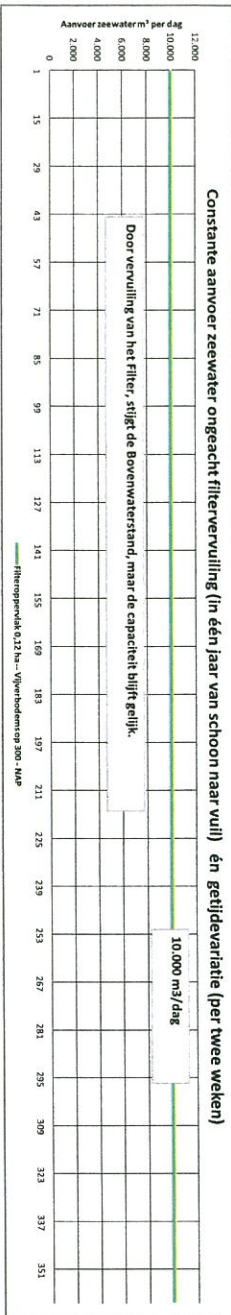
Keuzevariant: Aanvoer met gemaal, afvoer onder vrijverval én gesloten grondbalans



Aanvoergemaal is 420 m³/h ZEEWATER
 Totaal 420 m³/h @ 5 mwk → 10 kW

Continue 10.000 m³ per dag verversing
 (5%) én gesloten grondbalans

Toevoer met gemaal
 Afvoer onder vrijverval



Per dag 10.000 m³ zeeewater naar afvoersloot (rechtstreeks en via de kwelsloot-pomp)
 Een dag maximaal circa 28.000 m³ per dag regenwater (bui 100 mm/dag)

Afvoer via boring DN 600, berekend op max 1000 m³/h bij doortj / 2000 m³/h springtj
 Buffer blijft tussen 1 en 14 dagen gevuld. Max volume is circa 45.000 m³ - 13 ha

Afvoer via boring DN 800, berekend op max 2000 m³/h bij doortj / 4000 m³/h springtj
 Buffer blijft tussen 1 en 6 dagen gevuld. Max volume is circa 30.000 m³ - 8,5 ha

Afvoer via boring DN 1000, berekend op max 4000 m³/h bij doortj / 8000 m³/h springtj
 Buffer blijft tussen 1 en 3 dagen gevuld. Max volume is circa 20.000 m³ - 6 ha

Schematische weergave plattegrond

Bijlage 3

Schematische voorstelling filters, toevoersloot, kwekviervers, afvoersloot/buffer en gemalen en boringen

