

Proeftuin Zoetwater E4

WP1: Wetland-ontwerp



Definitief

Centre of Expertise Delta Technology

Sweco Nederland B.V.
Middelburg, 4 juli 2016

Verantwoording

Titel : Proeftuin Zoetwater E4
Subtitel : WP1: Wetland-ontwerp
Projectnummer : 337769
Referentienummer : SWNL-0187917
Revisie : D1
Datum : 4 juli 2016

Auteur(s) : ir. J. van Acker, drs. M. Maessen, ir. M. van Veen
E-mail adres : jan.vanacker@sweco.nl
Gecontroleerd door : ir. J.B.M. van Acker
Paraaf gecontroleerd : 
Goedgekeurd door : ing. T.J. Bolder
Paraaf goedgekeurd : 
Contact : Sweco Nederland B.V.
Segeerssingel 6
4337 LG Middelburg
Postbus 7060
4330 GB Middelburg
T +31 88 811 66 00
www.sweco.nl

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
1.1	Achtergrond	4
1.2	Onderzoeksvragen van WP1	5
1.3	Leeswijzer	6
2	Waterkwantiteit.....	7
2.1	Inleiding	7
2.2	Oppervlaktewatersysteem	7
2.3	Afvoergegevens	9
2.4	Tijdreeksanalyse	10
2.5	Watervraag	12
3	Waterkwaliteit.....	13
3.1	Inleiding	13
3.2	Waterkwaliteitgegevens.....	13
3.3	Randvoorwaarden milde ontzilting	15
4	Ontwerp Wetland	16
4.1	Typen wetlands en zuiveringsrendementen	16
4.2	Keuze type wetland	19
4.3	Omvang wetland	19
4.4	Beschouwde scenario's.....	19
4.5	Additionele bron	20
4.6	Afdichting verticaal filter en vloeiveld	21
5	Globale kostenraming.....	22
5.1	Kostenraming verticaal doorstroomd filter	22
5.2	Kostenraming vloeiveld met netto oppervlak van 1,0 ha.....	24
5.3	Kostenraming vloeiveld met netto oppervlak van 9,5 ha.....	25
6	Risicofactoren en aandachtspunten	26
7	Samenvatting en conclusie	27

Bijlage 1: Principe doorsnede en bovenaanzicht van verticaal filter en vloeiveld

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

De Proeftuin Zoet Water heeft tot doel de zelfvoorzienendheid te vergroten in het deel van Zeeland dat geen externe zoetwateraanvoer kent. Het gaat daarbij om gebieden waar de zoetwatervoorziening nu in enige mate onder druk staat door verzilting en die zonder gerichte maatregelen in de toekomst als gevolg van klimaatverandering onder grotere druk zullen komen te staan.

Een van de gebieden die grotendeels afhankelijk is van zoetwater uit de Biesbosch en uit Vlaanderen, is het gebied tussen het kanaal Gent-Terneuzen en de Braakmankreek in Zeeuws-Vlaanderen. In dit gebied liggen een aantal grote waterafnemers, zoals Dow Benelux b.v. en energiecentrale ELSTA. De Zeeuws-Vlaamse zoetwatersituatie wordt gekarakteriseerd door een geringe natuurlijke afstroom van zoet water vanuit het iets hoger gelegen Vlaanderen en een eigen oppervlaktewatersysteem met overwegend brak water (chloridegehalten >1000 mg/l). Omdat dit een smalle basis is voor de regionale zoetwatervoorziening hebben 17 regionale partijen de ambitie gedefinieerd het regionale watersysteem in meerdere opzichten toekomstbestendig in te richten, zodat tekorten zoveel mogelijk worden voorkomen. Het initiatief luistert naar de naam 'Robuust Watersysteem Zeeuws-Vlaanderen'.

Met name voor de industrie in het gebied is het huidige aanvoersysteem kwetsbaar omdat het grotendeels afhankelijk is van externe aanvoer vanuit de Biesbosch door Evides. Sinds enkele jaren wordt weliswaar een aanvullende aanvoer benut van rioolwaterzuiveringseffluent van de stad Terneuzen dat Evides in een eigen zuivering opwerkt zodat het benut kan worden, maar de industriesector met Dow als protagonist zou graag nog een extra bron tot de beschikking hebben om zo het risico op een haperende zoetwateraanvoer te beperken. In de zoektocht naar alternatieve waterbronnen is het idee ontstaan brak omgevings- en proceswater te ontzilten. Water dat wel in de omgeving beschikbaar is, maar tot nu toe nooit is gebruikt, omdat het niet de vereiste kwaliteit voor de eindgebruiker heeft. In Europees kader is de technische kant van deze opwerking onderzocht door Dow en Evides en het is gebleken dat het technisch mogelijk is diverse waterstromen voldoende te ontzilten. Evidente problemen zijn de hoge kosten verbonden aan opslag van opgewerkt water en transport naar gebruikers. Om die reden is het aantrekkelijk te bezien of de ontzilting nabij de gebruiker(s) en 'on demand' kan plaatsvinden, zodat opslag en transport tot een minimum beperkt kunnen worden. Dit project verkent de mogelijkheden daartoe in de directe omgeving van het industriële complex.

Hoewel de primaire insteek de zoetwatervoorziening van de industrie is, zal ook worden onderzocht of het opgewerkte omgevingswater kan worden aangewend voor de landbouw in de directe omgeving.

Om omgevingswater te kunnen ontzilten moet het qua gehalten organische stoffen en nutriënten ook aan bepaalde voorwaarden voldoen, het dient voorgezuiverd te zijn. De gedachte is dat de omgeving, specifiek de Lovenpolder, die tussen het industrieel complex van Dow en het dorp Hoek ligt, mogelijkheden biedt om deze voorzuivering in een natuurlijke setting en door natuurlijke processen te laten plaatsvinden.

Het is vooral dit aspect dat in deze verkenning aandacht zal krijgen, gevoegd bij de praktische koppeling van deze groene infrastructuur aan de grijze infrastructuur van de bedrijfswaterstromen en de ontziltingsinstallatie.

De potentieel benutbare wateraanvoeren naar het gebied zijn de volgende:

1. de westelijke Rijkswaterleiding die het neerslagoverschot uit het grensgebied bij Sas van Gent afvoert, maar serieuze toevoegingen van RWZI- en AWZI-effluënten kent. Deze stroom wordt nu nog volledig afgeleid naar de Westerschelde in de voorhaven van Terneuzen;
2. het neerslagoverschot in de Lovenpolder en op het bedrijventerrein. Dit water wordt nu (getrapt) uitgeslagen op de noordelijke Braakmankreek en van daaruit afgeleid naar de Westerschelde;
3. koelwater van Dow en ELSTA, dat nu direct wordt geloosd op de Westerschelde.

Dit project voorziet niet in de praktische realisatie van bovenstaande aanpak, maar in de verkenning van de mogelijkheden. Zo zal onderzocht worden of een natuurlijke voorzuivering door middel van een helofytenfilter mogelijk is en welke stromen zich hier het meest voor lenen. Daarnaast zal worden nagegaan of de aanvoer van de verschillende stromen in de tijd voldoende groot is en in welke verhouding deze primaire stromen optimaal gecombineerd kunnen worden om zowel de natuurlijke voorzuivering als de ontziling optimaal te benutten.

Daadwerkelijke maatregelen om deze methode toe te kunnen passen, volgen indien de verkenning een positieve conclusie heeft. Daarbij wordt ook verkend welke kansen en knelpunten bestaan op logistiek gebied, met name in het achterland op gebied van aanvoer, opwerking, eventueel tijdelijke opslag van product, en distributie naar de eindgebruiker. Een belangrijk aspect daarbij zal de economische calculatie zijn. Voor de industriële eindgebruikers lijkt de opwerkingsprijs van € 0,40/m³ niet onoverkomelijk, al was het maar vanwege de extra waarde die de risicovermindering vertegenwoordigt. Maar als de kuubprijs aanzienlijk stijgt door kosten doorberekening van de voorzuivering in het gebied, dan kan dat beeld wijzigen. Voor de landbouwkundige toepassing ligt dat alleen maar scherper. Kortom, de analyse van de kosten verbonden aan de voorzuivering zal een dominant onderdeel zijn van deze verkenning. Naast het economisch perspectief zal aandacht gegeven worden aan bijkomende effecten ten aanzien van landschappelijke inpassing en gerelateerde kansen op gebied van biodiversiteit, natuur en recreatie.

Het project is ondergebracht bij het Centre of Expertise Delta Technology bij de HZ University of Applied Sciences. De onderaannemer en daarmee hoofduitvoerder van het project is de onderzoeksgroep Water Technology van de Delta Academy van HZ. Het project is onderverdeeld in zes werkpakketten. Deze rapportage gaat over werkpakket 1 (WP1), het wetland-ontwerp.

1.2 Onderzoeksvragen van WP1

Werkpakket 1 richt zich op het ontwerp van een wetland: welke stromen zijn geschikt als voeding voor het wetland en wat bedraagt het zuiveringsrendement van de verschillende filtertypes?

Om te komen tot een ontwerp van een wetland, dient inzicht verkregen te worden in de volgende aspecten:

- Welke waterstromen zijn er in gebied, hoe groot zijn deze stromen en wat is de variatie gedurende het jaar?
- Hoe groot is de watervraag?
- Wat is de waterkwaliteit van deze verschillende stromen?
- Hoe ziet de waterbalans eruit in een droog, nat en gemiddeld jaar?
- Kan er gedurende het gehele jaar voorzien worden in de waterbehoefte of is er een additionele bron nodig?
- Wat is de ideale omvang van het wetland? Welke rol kan de Spuikom hierin spelen?
- Welke filtertypen (wetland) zijn er en wat bedraagt het zuiveringsrendement door het jaar heen.

- Wat is de geschatte effluentkwaliteit van het wetland, door het jaar heen?
- Welke risicofactoren zijn er?
- Wat zijn de kosten van de aanleg van een wetland?

1.3 Leeswijzer

Voorliggend rapport beschrijft de resultaten van het onderzoek dat is uitgevoerd in het kader van werkpakket 1. In hoofdstuk 2 komen de waterkwantiteitsaspecten aan bod, waarbij wordt ingegaan op het watersysteem en op de grootte van de verschillende waterstromen. In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op de waterkwaliteit van de verschillende waterstromen. Hoofdstuk 4 bevat het ontwerp van het wetland, waarna in hoofdstuk 5 een globale kostenraming wordt gepresenteerd. In hoofdstuk 6 wordt ingegaan op enkele risicofactoren en aandachtspunten. Tenslotte worden in hoofdstuk 7 de samenvatting en conclusies gegeven.

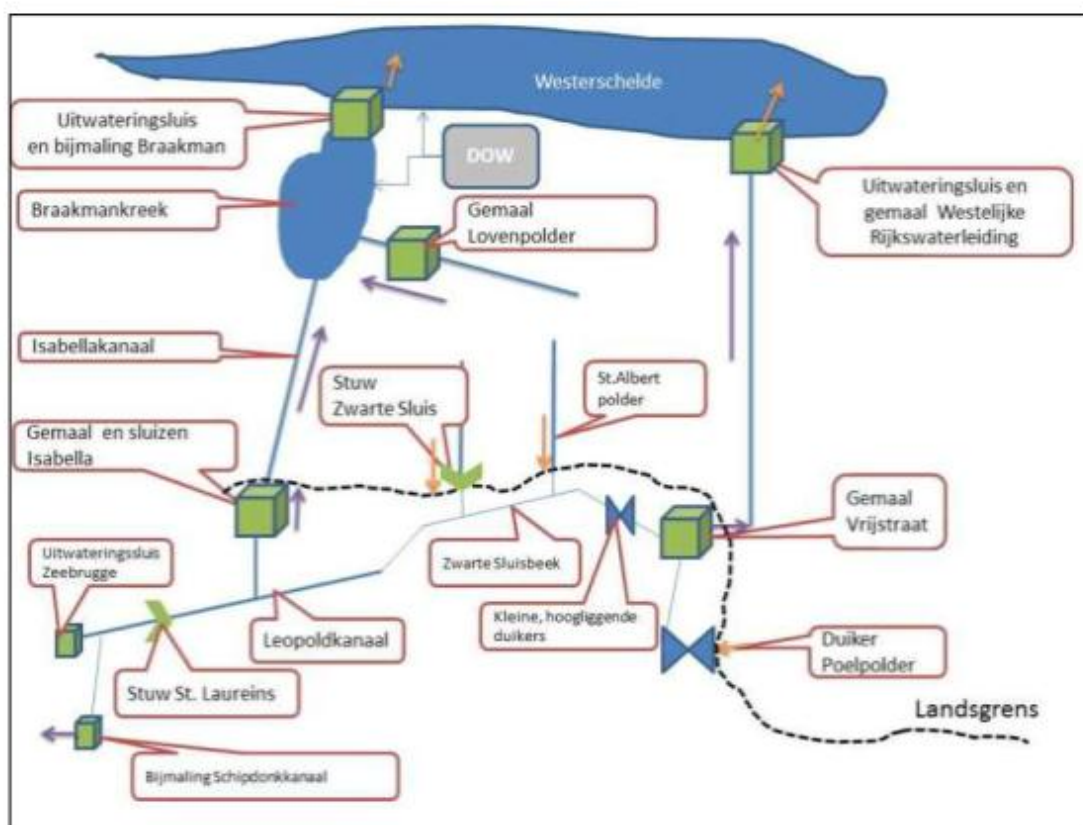
2 Waterkwantiteit

2.1 Inleiding

Het terrein van Dow Benelux in Terneuzen en het gebied ten zuiden ervan liggen binnen het beheersgebied van Waterschap Scheldestromen en vormen onderdeel van het deelgebied Braakman. In dit hoofdstuk wordt een beschrijving gegeven van het oppervlaktewatersysteem met het oog op oppervlaktewaterstromen die mogelijk interessant zijn als voeding voor het aan te leggen wetland. Nadat een beschrijving is gegeven van het watersysteem, wordt ingegaan op de omvang van de verschillende waterstromen.

2.2 Oppervlaktewatersysteem

Waterhuishoudkundig gezien, bestaat het gebied ten zuiden van Dow uit twee afwateringsgebieden, te weten het gebied dat afwatert via de Braakmankreek en het gebied dat afwatert via de Westelijke Rijkswaterleiding. Een en ander is schematisch weergegeven in figuur 2.1.



Figuur 2.1: Afwateringsgebieden (bron: Watergebiedsplan Braakman)

In het oostelijke deel van het gebied stroomt het overtollige water via de Westelijke Rijkswaterleiding (gelegen direct ten westen van het Kanaal van Gent naar Terneuzen) in noordelijke richting af, waarna het wordt geloosd op de westelijke buitenhaven van Terneuzen via een uitwateringssluiss annex gemaal. Het gemaal bestaat uit twee pompen met een totale capaciteit van 395 m³/min. Het gemaal heeft zowel in de zomer als in de winter een aanslagepeil van NAP -1,00 m en een afslagepeil van NAP -1,50 m. Het gemaal verzorgt ook de afwatering van een gedeelte van Vlaanderen dat via gemaal Vrijstraat wordt geloosd op de Westelijke Rijkswaterleiding.

In het westelijk deel van het gebied stroomt het overtollige water af naar gemaal Lovenpolder, die het afvoert naar de Braakmankreek. Vanuit de Braakmankreek wordt het water via een uitwateringssluiss (in combinatie met aanvullende bemaling) geloosd op de Westerschelde. Het gemaal Lovenpolder bestaat uit twee pompen, ieder met een capaciteit van 87,5 m³/min (totale pompcapaciteit dus 175 m³/min). Gemaal Lovenpolder heeft in de zomer een aanslagpeil van NAP -1,30 m en een afslagpeil van NAP -1,45 m. In de winter is het aanslagpeil NAP -1,40 m en het afslagpeil NAP -1,55 m. Het gemaal reguleert het waterpeil in de Lovenpolder, waarbinnen onder meer de Hoekse Kreeken liggen. Tot de Hoekse Kreeken behoren de Voorste kreek (zuidelijke tak) en de Achterste Kreek (noordelijke tak), samen rond de 100 ha groot. De kreeken bestaan uit veenmosrietland en zijn een onderdeel van Natuurnetwerk Zeeland.

Het watersysteem van Dow is een separaat systeem dat alleen bij uitzondering uitwisseling heeft met het oppervlaktewatersysteem van de Braakman. Het watersysteem van DOW stort slechts zeer sporadisch over naar de Lovenpolder. Metingen hiervan zijn niet beschikbaar aangezien geen meetpunt aanwezig is. Naar schatting van circa 1/3 deel van het verhard oppervlak (105 ha) kan het regenwater in de huidige situatie worden opgevangen in de Spuikom en gebruikt worden als bluswater. Hierbij dient vermeld te worden dat alleen als het water zoet genoeg is, het water wordt afgevoerd naar de Spuikom. Voor het overige wordt het water rechtstreeks op de Westerschelde geloosd.

In het onderzoeksgebied zijn een aantal peilgebieden te onderscheiden. In figuur 2.2 is de situering van de peilgebieden weergegeven met de daarin geldende peilen. Deze peilen zijn ontleend aan het Peilbesluit Braakman zoals dat door het Algemeen Bestuur van Waterschap Scheldestromen is vastgesteld op 16 december 2015.

In relatie tot werkpakket 1 zijn de volgende peilgebieden van belang:

GJP639 (Lovenpolder)

Dit peilgebied (met een oppervlak van 912 ha) wordt rechtsreeks bemalen door gemaal Lovenpolder. Het peilgebied heeft een zomerpeil van NAP -1,45 m en een winterpeil is van NAP -1,5 m. Het winterpeil heeft een ondergrens van NAP -1,65 m.

GJP632 (Willemskerkepolder)

Dit peilgebied (met een oppervlak van 198 ha) watert via een 1,5 m brede stuw af op peilgebied GJP639 (Lovenpolder). Het peilgebied heeft een zomerpeil van NAP -1,20 m en een winterpeil is van NAP -1,30 m. Het winterpeil heeft een ondergrens van NAP -1,35 m.

GJP656 (Dow)

Dit peilgebied (met een oppervlak van 323 ha) loost onder vrij verval via de spuikom op de Lovenpolder of wordt bemalen naar de Westerschelde en is in beheer van Dow. In dit peilgebied worden geen vaste peilen gehanteerd.

GJP641 (Brandvijver Dow, Spuikom)

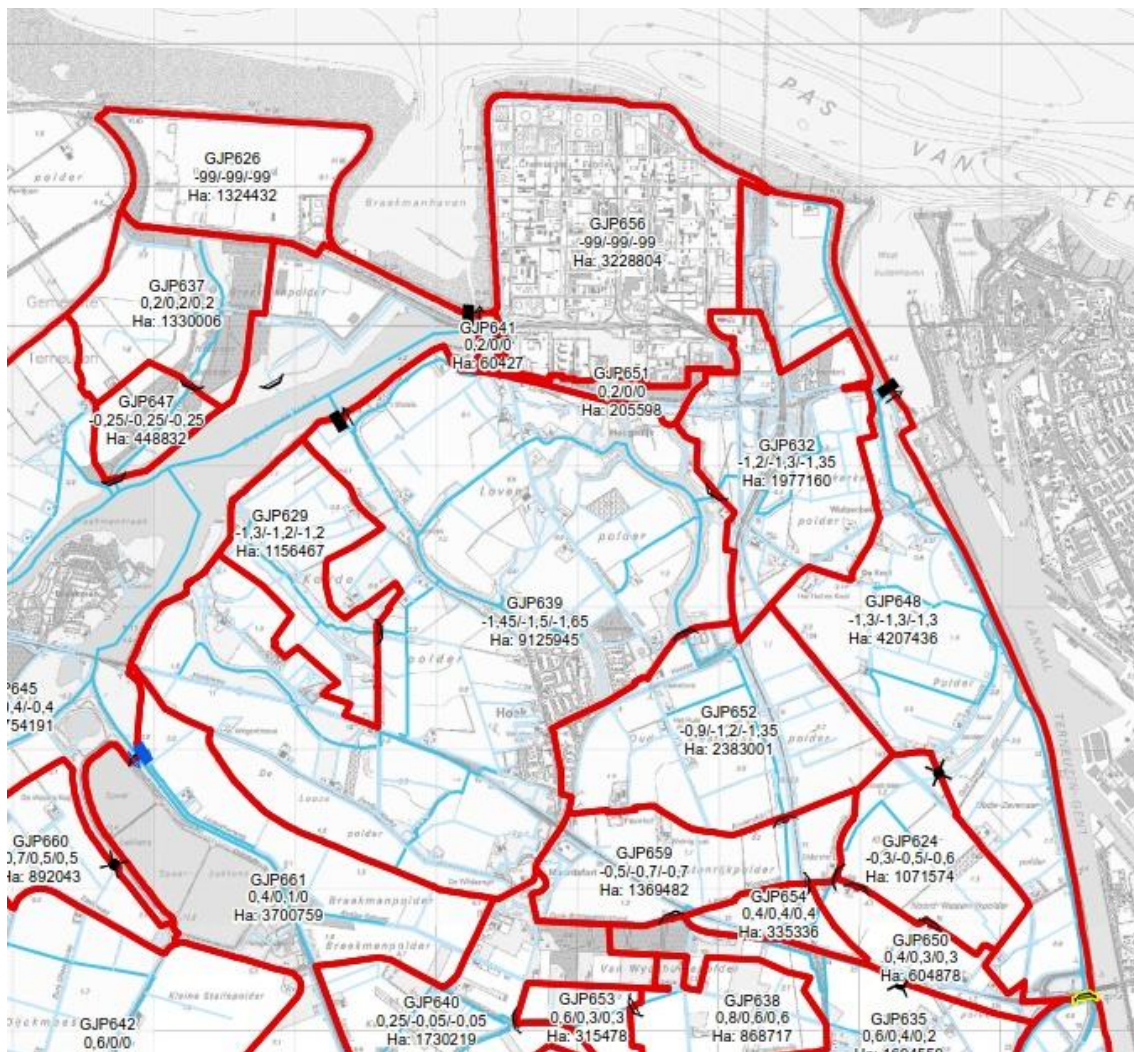
Dit peilgebied (met een oppervlak van 6 ha) wordt door Dow gebruikt voor proceswater. Het water uit het peilgebied GJP651 (met een oppervlak van 20 ha) watert hierop af. Het water van GJP641 kan worden geloosd op GJP639 (Lovenpolder), maar dat gebeurt vrijwel nooit. Het peil van dit peilgebied wordt gevoerd door Dow. Het zomerpeil is NAP +0,20 m en het winterpeil is NAP 0,00 m.

GJP651

Dit peilgebied (met een oppervlak van 20 ha) betreft de watergang die langs de zuidelijke grens van het Dow terrein loopt. Het peil in dit peilgebied wordt gestuurd door stuw Dow zuid. Het zomerpeil is NAP +0,20 m en het winterpeil is NAP 0,00 m.

GJP648 (Goeschepolder)

Dit peilgebied (met een oppervlak van 421 ha) omvat het noordelijke deel van de Westelijke Rijkswaterleiding vanaf de N61. Het peilbeheer wordt gevoerd met behulp van sluis en gemaal Westelijke Rijkswaterleiding. Zowel het zomerpeil als het winterpeil is NAP -1,30 m, zodat sprake is van jaar rond hetzelfde streefpeil.



Figuur 2.2: Situering peilgebieden (bron: Peilbesluit Braakman)

2.3 Afvoergegevens

Om inzicht te krijgen in de hoeveelheden water die via gemaal Lovenpolder en de Westelijke Rijkswaterleiding worden afgevoerd, zijn de beschikbare meetgegevens opgevraagd bij Waterschap Scheldestromen.

Voor de Lovenpolder konden meetgegevens beschikbaar gesteld worden van gemaal Lovenpolder in de vorm van de draaitijden (in minuten) van elk van beide pompen, over de periode 15/11/2014 tot 9/7/2015. Door combinatie met de pompcapaciteit zijn daaruit afvoerhoeveelheden per dag afgeleid.

Voor de Westelijke Rijkswaterleiding ligt de situatie iets anders. Het water van de Westelijke Rijkswaterleiding wordt in principe onder natuurlijk verval via de uitwateringssluis afgevoerd naar de westelijke buitenhaven. Het water kan alleen geloosd worden in perioden dat het buitenwater, onder invloed van het getij, voldoende laag staat. Bij te hoge buitenwaterstand wordt via het gemaal geloosd. Van de afwatering via de uitwateringssluis zijn geen meetgegevens beschikbaar, wel zijn gegevens van de draaiuren van het gemaal beschikbaar. Dat betekent dat er geen meetgegevens beschikbaar zijn van de totale waterafvoer via de Westelijke Rijkswaterleiding. Wel zijn er afvoermetingen beschikbaar van de Westelijke Rijkswaterleiding meer stroomopwaarts, ter plaatse van de stuw Brug Sluiskil. Dit betreft afvoeren (m³/sec) om de 15 minuten, voor de periode van 27/6/2013 tot 9/7/2015. Uit deze kwartierwaarden zijn de afvoerhoeveelheden per dag afgeleid, en deze waarden zijn verder beschouwd als de afvoerhoeveelheden van de Westelijke Rijkswaterleiding. Er is dus geen correctie toegepast voor het meest benedenstroomse stukje stroomgebied dat stroomafwaarts van stuw Brug Sluiskil ligt.

Opgemerkt wordt dat uit de meetgegevens naar voren komt dat in droge zomerperiodes de afvoer ter hoogte van stuw Brug Sluiskil terugloopt naar 0 m³/s. Dat is opmerkelijk, omdat volgens verkregen informatie het gezuiverde water van Cargill, gelegen ten zuiden van de brug Sluiskil, wordt afgevoerd naar de Westelijke Rijkswaterleiding. Het gaat hierbij om gemiddeld 200 m³/dag. Deze hoeveelheid water is niet terug te zien in de meetgegevens.

2.4 Tijdreeksanalyse

Voor de afvoeren van de Lovenpolder en de Westelijke Rijkswaterleiding (WRWL) is slechts voor een beperkte periode aan meetdata beschikbaar. Voor de Lovenpolder zijn voor de periode midden november 2014 tot begin juli 2015 gemeten afvoercijfers van het gemaal beschikbaar. Voor de Westelijke Rijkswaterleiding zijn voor de periode eind juni 2013 tot begin juli 2015 afvoermetingen bij stuw brug Sluiskil beschikbaar. Deze perioden zijn te kort om een goed inzicht te krijgen over het gedrag over meerdere jaren. Om berekeningen te kunnen maken over een langere periode is daarom gezocht naar een relatie tussen neerslag, verdamping en de hoeveelheid afgevoerd water over de periode dat er wel afvoergegevens beschikbaar zijn. Gegevens van neerslag en verdamping zijn namelijk wel over een veel langere periode beschikbaar via de registraties op KNMI station Westdorpe. Het doel van een dergelijke relatie is niet om exact het werkelijke afvoerpatroon te herleiden (dat kan namelijk niet), maar om een afvoerpatroon te genereren dat dezelfde stochastische variatie heeft als het werkelijk opgetreden patroon. Met andere woorden, een afvoerpatroon dat niet op de dag klopt maar wel dezelfde patronen van hoge en lage afvoer kent als de gemeten situatie. De daarbij gevolgde aanpak wordt hieronder nader toegelicht.

Relatie afvoercijfers met meteorologische gegevens

Om na te gaan hoe de afvoergegevens het beste kunnen worden herleid is eerst grof nagegaan welke meteorologische factoren het beste correleren met de afvoergegevens. Het blijkt dat de afvoergegevens het best correleren met het neerslagoverschot (neerslag minus verdamping) van die dag en dat van de dagen ervoor. Om de beste correlatie te verkrijgen is een lineair model gebruikt waarbij de beste combinatie is doorgererekend. Hierbij is de volgende basisformule gebruikt:

$$Q(n) = K_0 + K_1 \cdot N(n) + K_2 \cdot N(n-1) + \text{etc.}$$

Waarbij:

$Q(n)$ = dagafvoer (m³/dag) op dag n

$N(n)$ = neerslagoverschot (mm/dag) op dag n

$N(n-1)$ = neerslagoverschot (mm/dag) op dag n-1

$K_0, K_1, K_2, \text{etc}$ = regressieconstanten

De reeks stopt op het moment dat het toevoegen van een extra (voorafgaande) dag geen significante verbetering van de regressie oplevert. Bij berekende waarden onder nul is de waarde 0 aangehouden. Om deze verhoogde waarden (negatieve waarden optrekken naar nul) te compenseren zijn vervolgens de coëfficiënten iets verlaagd waardoor het totale berekende volume afgevoerd water gelijk is aan het gemeten volume afgevoerd water.

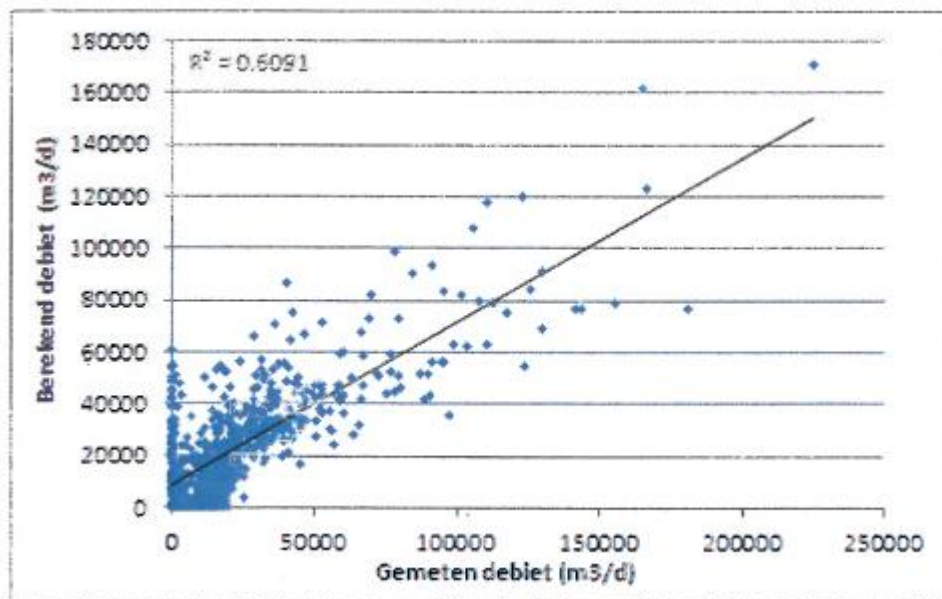
De op deze wijze bepaalde regressiefactoren zijn in tabel 2.1 weergegeven.

In figuur 2.2 is de op deze wijze bepaalde relatie tussen de berekende afvoer en de gemeten afvoer voor de Westelijke Rijkswaterleiding weergegeven. Hetzelfde is in figuur 2.3 gedaan voor de Lovenpolder.

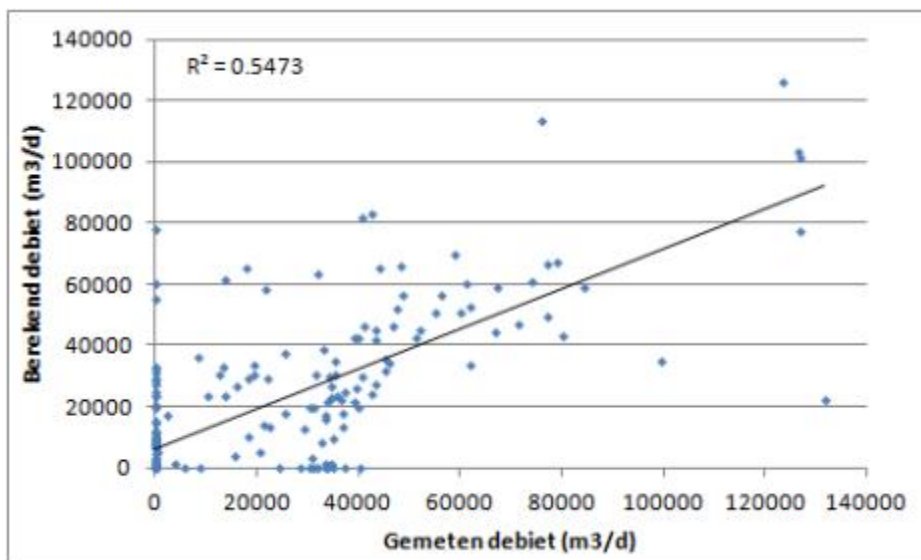
Tabel 2.1. Berekende K-waarden voor het herleiden van de afvoercijfers uit het neerslagoverschot (mm/d).

	Rijkswaterleiding	Lovenpolder
K0	22055	10413
K1	2566	4516
K2	1774	3037
K3	597	1019
K4	659	1124
K5	803	1371
K6	153	NVT*

* Voor de Lovenpolder levert het meenemen van het neerslagoverschot van de 5^e voorafgaande dag geen significante meerwaarde.



Figuur 2.3: Relatie berekende en gemeten afvoeren Westelijke Rijkswaterleiding



Figuur 2.4: Relatie berekende en gemeten afvoeren Lovenpolder

Figuren 2.3 en 2.4 laten zien dat er in de meeste gevallen een vrij goede relatie bestaat tussen de berekende afvoeren en de gemeten afvoeren. Omdat voor de Lovenpolder de kalibratieperiode korter is, is het gevonden verband iets minder goed.

Aanpassing stochastisch gedrag tijdens droge perioden

In figuur 2.3 en 2.4 valt op dat de correlatie voor lage debieten minder goed is. Op dagen met geen gemeten afvoer is er met enige regelmaat toch een berekende afvoer en omgekeerd is er soms geen berekende afvoer op dagen met een gemeten afvoer. Voor het doorrekenen van het helofytenfilter is dit van belang omdat de gemeten afvoerpatronen laten zien dat de lengte van afvoerloze perioden in werkelijkheid minder lang zijn dan op basis van de meteorologische gegevens zou mogen worden verwacht. Hierdoor kan het helofytenfilter langer worden bijgevuld. Vooral in droge perioden is dit van belang. Dat de meetwaarden ook met enige regelmaat geen afvoer laten zien terwijl er wel afvoer zou zijn is niet zo'n probleem omdat er dan in de omringende dagen voldoende afvoer is om het helofytenveld gevuld te houden. In verband hiermee is bij lage afvoeren een extra ruis toegevoegd. Dit simuleert afvoer in droge perioden en afvoerloze dagen bij regenval. De hoeveelheid toegevoegd ruis is zodanig ingesteld dat de lengte van de afvoerloze perioden gemiddeld genomen gelijk blijft, dus conform de gemeten waarden.

Op de hierboven beschreven wijze is zowel voor de Lovenpolder als voor de Westelijke Rijkswaterleiding uit de beperkte meetreeks een langere afvoerreeks geconstrueerd (voor de periode van 1 januari 2003 tot 9 juli 2015).

2.5 Watervraag

De watervraag vanuit Dow is vrijwel het gehele jaar door vrij constant en bedraagt circa 10.000 m³/dag. Het idee is om het beschikbare water vanuit het wetland af te voeren naar de milde ontziltingsinstallatie, waar het water ontzilt wordt tot een EGV van circa 1mS/cm. Dit ontzilde water wordt vervolgens gebruikt binnen de industriële processen bij Dow.

3 Waterkwaliteit

3.1 Inleiding

Voor wat betreft de kwaliteitsgegevens van het oppervlaktewater, is gebruikt gemaakt van de gegevens van twee meetpunten van Waterschap Scheldestromen. Om een indruk te krijgen van de waterkwaliteit van het via de Westelijke Rijkswaterleiding afgevoerde water is het meetpunt ter hoogte van de uitwateringssluis gebruikt.

Voor wat betreft de Lovenpolder is gebruik gemaakt van het meetpunt dat vlakbij Gemaal Lovenpolder ligt.

Er zijn meetgegevens gebruikt over de volgende perioden:

- Lovenpolder: periode 2005 – 2013;
- WRWL: periode 2008 – 2015.

De metingen zijn met een tussenpoos van één of twee maanden uitgevoerd.

Voor wat betreft de stromen op het terrein van Dow, zijn er meetgegevens beschikbaar van het koelwater (CTBD) over Q1 van 2015.

3.2 Waterkwaliteitsgegevens

Voor de waterkwaliteit van de beschikbare oppervlaktewaterstromen is gebruik gemaakt van beschikbare meetinformatie van de meetpunten MPN10239 (Gemaal Lovenpolder) en MPN10244 (Gemaal Westelijke Rijkswaterleiding) van het Waterschap Scheldestromen. Van beide locaties zijn van meerdere jaren gegevens beschikbaar. Bij de analyse van de waterkwaliteitsgegevens bleek dat de waterkwaliteitsparameters een sterke variatie vertonen. De enige zichtbare structurele variatie is het seizoenpatroon. Daarom zijn van beide monsterlocaties de maandgemiddelden berekend en zijn deze maandgemiddelden gebruikt voor de waterkwaliteitsberekeningen. Indien er een maandwaarde ontbreekt zijn de waarden lineair geïnterpoleerd.

Wat betreft waterkwaliteit is er van jaar tot jaar variatie. Voor chloride en fosfaat ligt de variatie in de orde van 50%. Omdat de te behalen waterkwaliteit in het wetland sterk afhankelijk is van de kwaliteit van het influent water, is deze variatie ook representatief voor het effluent van het wetland. Globaal stijgt het chlorideniveau in droge zomers meer dan in natte zomers. Dit geeft aan dat hoge chloridegehalten voornamelijk zullen voorkomen in periodes dat er ook weinig oppervlaktewater beschikbaar is voor voeding van het wetland.

De gemiddelde waterkwaliteit per maand is in tabel 3.1 en tabel 3.2 opgenomen.

Wat betreft de monsterlocatie in de Lovenpolder wordt opgemerkt dat deze locatie nabij het gemaal ligt, op korte afstand van de Braakmankreek. Deze Braakmankreek heeft een hoger peil en bovendien heeft het water daarin een hoger chloridegehalte. Daarom kan er op de monsterlocatie beïnvloeding zijn door zoute kwel vanuit de Braakmankreek. Mogelijk is het chloridegehalte meer naar het oosten in de polder, ten gevolge van minder invloed van zoute kwel, iets lager, omdat het aandeel regenwater daar groter is. Er zijn echter geen metingen beschikbaar om deze veronderstelling te staven. Wel laten enkele incidentele metingen die door basisschoolleerlingen zijn uitgevoerd in het kader van een onderwijsproject, zien dat ook bij de meer oostelijk gelegen Achterste Kreek de EGV-waarden nog redelijk hoog zijn.

Om de relatie te leggen tussen EGV en chloridegehalte is lineaire regressie uitgevoerd op alle waarnemingen uit de Limnodata. Hieruit is afgeleid dat de EGV (mS/cm) gelijk is aan $0,0038 \cdot \text{Cl} \text{ (mg/l)} + 0.6$.

Tabel 3.1. Gemiddelde waterkwaliteit Westelijke Rijkswaterleiding.

Maand	Cl (mg/l)	EGV (mS/cm)	BZV (mg/l)	PO4 (mg P/l)	t-P (mg P/l)	NO3 (mg N/l)	NH4 (mg N/l)	Nkj (mg N/l)	Ntot (mg N/l)	ZS (mg/l)
1	714	3.3	3	0.58	0.72	5.10	1.69	2.73	6.84	22.67
2	920	4.1	4	0.82	1.06	4.28	3.05	3.95	7.24	29.33
3	1261	5.4	3	0.92	1.02	6.40	3.65	4.81	7.64	10.00
4	1302	5.5	4	0.89	1.05	3.51	3.00	4.71	8.16	10.33
5	1379	5.8	4	1.36	1.54	3.03	2.91	4.40	6.93	16.00
6	1517	6.4	6	1.27	1.45	4.41	1.83	3.49	5.95	26.00
7	1133	4.9	5	1.44	1.64	2.08	1.41	3.10	5.40	30.00
8	1257	5.4	5	1.87	2.01	2.08	1.83	3.76	6.43	20.67
9	1449	6.1	6	1.40	1.55	4.29	1.57	3.07	9.03	13.67
10	1464	6.2	3	1.17	1.41	2.26	2.56	3.91	6.80	20.00
11	821	3.7	3	0.71	0.76	7.17	1.08	2.07	7.23	12.00
12	969	4.3	3	0.68	0.75	5.39	2.35	3.19	7.35	11.33

Tabel 3.2. Gemiddelde waterkwaliteit Lovenpolder.

Maand	Cl (mg/l)	EGV (mS/cm)	BZV (mg/l)	PO4 (mg P/l)	t-P (mg P/l)	NO3 (mg N/l)	NH4 (mg N/l)	Nkj (mg N/l)	Ntot (mg N/l)	ZS (mg/l)
1	873	3.9	3	0.35	0.39	5.40	0.49	1.45	7.34	10
2	1113	4.8	3	0.25	0.29	3.93	0.20	1.25	5.39	12
3	930	4.1	6	0.21	0.31	4.60	0.11	1.60	6.31	14
4	1533	6.4	11	0.04	0.29	0.23	0.10	2.63	2.96	16
5	2650	10.7	10	0.56	0.71	0.04	0.10	2.40	2.54	18
6	2533	10.2	10	0.84	1.03	0.04	0.10	2.87	3.01	19
7	2950	11.8	11	1.85	2.10	0.06	0.10	2.75	2.91	20
8	3100	12.4	14	1.80	2.06	0.05	0.10	3.23	3.38	19
9	2100	8.6	14	0.93	1.20	0.04	0.10	3.75	3.89	18
10	2100	8.6	15	0.93	1.20	0.04	0.13	3.03	3.21	16
11	1950	8.0	8	0.52	0.60	1.27	0.35	2.10	3.72	14
12	1130	4.9	4	0.36	0.39	2.80	0.40	1.70	4.90	12

Ten aanzien van chloridegehalten wordt doorgaans de volgende klasse-indeling aangehouden:

- <300 mg/l: zoet;
- 301-1000 mg/l: zeer licht brak;
- 1001-3000 mg/l: licht brak;
- 3001-10000 mg/l: brak;
- >10000 mg/l: sterk brak.

Het water van de koeltoren (CTBD) heeft een redelijk hoog nitraatgehalte van gemiddeld 16,4 mg/l. In dit water komen tevens fosfonaten voor. Deze stof is een aandachtspunt. Wanneer deze CTBD-waterstroom naar een wetland zou worden geleid, treedt er accumulatie van de fosfonaten in het slib in het wetland op. Hierdoor kan het afvoeren van het slib uit het wetland problematisch zijn. Gezien dit risico en daardoor mogelijk hoge kosten van slibverwerking, wordt deze waterstroom hier verder buiten beschouwing gelaten.

3.3 Randvoorwaarden milde ontzilting

Om het oppervlaktewater geschikt te doen zijn voor milde ontzilting, dient het water aan verschillende eisen te voldoen. Zo dienen van te voren zoveel mogelijk nutriënten verwijderd te zijn. Het gaat hierbij met name om:

- fosfaat (streefwaarde: 0.5 mg/l of lager);
- nitraat (streefwaarde: 10 mg/l of lager);
- TOC (totaal organisch koolstof) (streefwaarde: 15 mg/l of lager);
- zwevende stof: streefwaarde minder dan 5 mg/l.

De genoemde concentraties zijn streefwaarden.

Naast de bovengenoemde stoffen is ook het Elektrisch Geleidings Vermogen (EGV) van het aangevoerde oppervlaktewater een belangrijke maat voor de geschiktheid voor milde ontzilting. Hoe hoger het EGV (uitgedrukt in mS/cm) van het aangevoerde water is, des te hoger worden de kosten voor de milde ontzilting. Uit de proeven die reeds met de milde ontzilting zijn uitgevoerd, blijkt dat het optimum ligt bij een EGV-waarde van 5 mS/cm of lager. De bovengrens bedraagt 7 mS/cm. Bij hogere EGV-waarden wordt milde ontzilting te duur.

Gezien de voorwaarden die gelden aan de EGV van het water voor de milde ontzilting is het Lovenpolderwater minder bruikbaar om in aanmerking te komen voor milde ontzilting vanwege de gemiddeld genomen hogere EGV-waarde ervan. Het water van de Westelijke Rijkswaterleiding is gemiddeld genomen meer geschikt voor milde ontzilting omdat de EGV-waarde daarvan gemiddeld genomen lager is.

4 Ontwerp Wetland

4.1 Typen wetlands en zuiveringsrendementen

Zoals in het vorige hoofdstuk is aangegeven, bevat het oppervlaktewater vrij hoge concentraties fosfaat, daarnaast is ook het nitraatgehalte een aandachtspunt. Om deze stoffen zoveel mogelijk te verwijderen voordat het water naar de milde ontzilting wordt afgevoerd, wordt het water eerst gezuiverd in een wetland. Hierbij kan onderscheid gemaakt worden tussen de volgende typen wetlands:

- vloeiveld;
- horizontaal filter;
- verticaal filter;
- floatlands.

Het horizontale filter wordt in Nederland echter niet vaak toegepast en wordt in deze studie buiten beschouwing gelaten. Bij een horizontaal filter dient er een bepaald verhang te zijn, hiervan is op de voorgenomen locatie geen sprake.

Vloeiveld

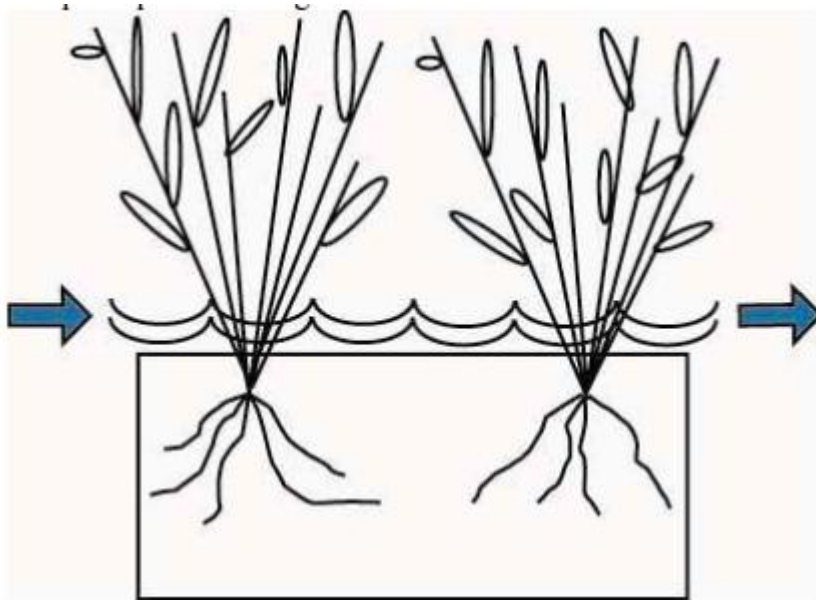
Een vloeiveld is een ondiepe plas die ingeplant is met helofyten. De waterdiepte in een vloeiveld bedraagt gemiddeld circa 0,40 à 0,50 m. Maximaal mag de waterdiepte circa 1 m bedragen. In het filter staan verschillende planten, met name riet die er voor zorgen dat nutriënten worden opgenomen. Het doel van het vloeiveld is om zoveel mogelijk nutriënten en zwevend stof te verwijderen. De werking van het helofytenfilter berust op de onderstaande mechanismen:

- bezinking zwevend stof en gebonden nutriënten (in deze case is deze fractie <20%);
- binding in planten (alleen verwijdering indien vegetatie ook wordt afgevoerd);
- opname door algen en bezinking;
- microbiële omzettingen;
- adsorptie aan de bodem.

Voor wat betreft de verwijdering van stikstof en fosfaat komt dat voornamelijk door:

- opname vegetatie (afhankelijk van maaien en afvoeren vegetatie);
- opname/afbraak door bacteriën en algen (langzaam proces).

In figuur 4.1 staat het principe van een vloeiveld weergegeven.

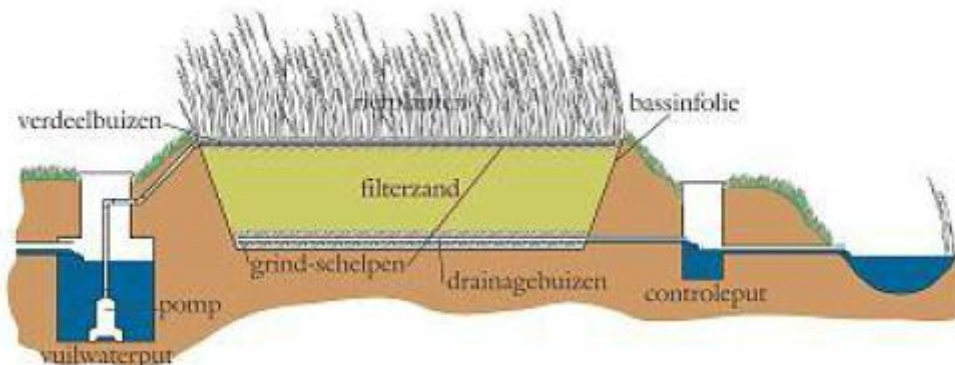


Figuur 4.1: Principe vloeiveld. (Bron: Janssen, 2009)

Uit de analyse van de beschikbare waterkwaliteitsgegevens blijkt dat het gehalte opgeloste stoffen in het oppervlaktewater behoorlijk hoog is (meer dan 80%) en dat de fractie nutriënten die gebonden is aan deeltjes, klein is. Hierdoor zal het rendement van een vloeiveld beperkt zijn. Om die reden ligt het in deze situatie niet voor de hand om alleen een vloeiveld toe te passen.

Verticaal filter

In figuur 4.2 staat een schets van een verticaal doorstroomd filter.



Figuur 4.2: Dwarsdoorsnede verticaal doorstroomd helofytenfilter

De zuiverende werking van een verticaal doorstroomd helofytenfilter berust op een combinatie van opname van voedingsstoffen door de vegetatie (riet), mechanische filtering, adsorptie aan bodemdeeltjes (vooral fosfaat) en biologische omzetting (afname van organische verontreiniging en verwijdering van stikstof door nitrificatie/denitrificatie). Om de voedingsstoffen die door de vegetatie zijn opgenomen daadwerkelijk af te voeren, moet er gemaaid worden en moet het maaisel worden verwijderd. Het zandbed wordt dikwijls verrijkt met hulpstoffen als zeoliet, ijzervijlsel, schelpengrit of stro om de verwijdering van fosfaat te laten toenemen. Nagenoeg alle fosfaat (zowel opgelost als zwevend) wordt dan gebonden in het zandbed.

Wanneer het helofytenfilter verzadigd raakt met fosfaat, moet het zandbed afgevoerd worden. In een verticaal doorstroomd helofytenfilter (infiltratieveld) wordt het afvalwater aan de bovenzijde over het oppervlak verdeeld (discontinu) en zakt door het filter heen. Het gezuiverde water wordt aan de onderzijde afgevoerd naar een pompput. De wegzakkende waterlaag trekt verse lucht achter zich aan en verdringt de aanwezige 'verbruikte' lucht. Hierdoor verloopt de nitrificatie relatief goed. (bron: Handboek Groene Waterzuivering, uitgave Van Hall-Larenstein, versie 2010)

Uit praktijktesten blijkt dat het rendement van een verticaal doorstroomd filter met toeslagstoffen circa 90-95% bedraagt voor fosfaat en voor zwevende stof, en circa 40-90% voor nitraat.

Floatlands

Floatlands zijn drijvende helofytenfilters die toegepast kunnen worden in langzaam stromende of stilstaande wateren. In de situatie van Dow zou een floatland toegepast kunnen worden in de Spuikom. Bij het toepassen van een floatland dient de bodem een open structuur te hebben zodat de planten kunnen wortelen in het water. Hierbij kan gedacht worden aan het toepassen van bijvoorbeeld drijfmatten van wilgentenen waarop oeverplanten groeien. Onderstaande figuur 4.3 geeft een beeld hoe zo'n floatland eruit kan zien.



Figuur 4.3: Toepassing van een floatland in Amsterdam

De werking van een floatland is met name gebaseerd op denitrificatie en het vastleggen van fosfaat door de planten. Harde cijfers zijn er niet, maar het lijkt erop dat de bijdrage tot verbetering van de waterkwaliteit gering is. Ze hebben wel een positief effect op macrofauna en de visstand. Doordat de zuiverende werking gering is, bestaat de bijdrage van een floatland met name uit een stukje natuurontwikkeling en het creëren van een meer natuurlijke aanblik van wateren waarin ze zijn geplaatst. Gezien de doelstelling van het wetland voor Dow, het zuiveren van het oppervlaktewater, is het floatland niet een voor de hand liggende keus. Het floatland wordt dan ook verder niet meegenomen in de beschouwing.

4.2 Keuze type wetland

In hoofdstuk 3 is aangegeven dat in het beschikbare oppervlaktewater hoge concentraties fosfaat voorkomen. Deze concentraties zijn dusdanig hoog dat het niet mogelijk is om deze stoffen te verwijderen tot de gewenste concentratie (geschikt als input voor milde ontzilting) door toepassing van alleen een vloeiveld. Bovendien is daardoor de kans reëel op blauwalgenproblematiek in het vloeiveld. Om te komen tot de benodigde meer vergaande verwijdering van de nutriënten, is het noodzakelijk om het water door een verticaal filter te leiden. Middels dit type filter, waaraan ook nog toeslagstoffen kunnen worden toegevoegd, is het wel mogelijk om de gewenste nutriëntenconcentraties te bereiken. Het gaat hierbij om de concentraties zoals genoemd in paragraaf 3.3 (Randvoorwaarden milde ontzilting).

Het ligt daarom voor de hand om te komen tot een combinatie van een verticaal filter en een vloeiveld. De functie van het vloeiveld is dan met name berging van het water. De benodigde zuivering van het water vindt dan met name plaats in het verticale filter. Daarbij dient eerst het water gezuiverd te worden in het verticale filter om vervolgens door te stromen naar het vloeiveld en vandaar naar de milde ontzilting.

4.3 Omvang wetland

De benodigde omvang van een verticaal filter wordt met name bepaald door de hydraulische belasting. Om te komen tot een goed functionerend systeem is een hydraulische belasting van $0,4 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ gewenst. Uitgaand van een watervraag van 10.000 m^3 per dag, wat dagelijks door het filter gaat, dient de omvang van het verticale filter dus 2,5 ha te zijn.

Zoals eerder aangegeven is de functie van het vloeiveld met name berging. In deze studie wordt ervan uitgegaan dat de locatie van het wetland komt in de Lovenpolder, op gronden die al in bezit zijn van Dow. Dit betreft een oppervlak van ongeveer 16 ha. Rekening houdend met ruimtebeslag voor taluds, kades, e.d. kan de omvang van het vloeiveld dan maximaal 9,5 ha bedragen.

4.4 Beschouwde scenario's

Om inzicht te krijgen in de effectiviteit van het wetland en de hoeveelheid water die benut kan worden, is een rekensheet (op dagbasis) in Excel gemaakt. Daarmee is een periode van ruim twaalf jaar doorgerekend, met de uit de beschikbare meetgegevens geconstrueerde verlengde afvoerreeks, die is gegenereerd op de wijze zoals dat in hoofdstuk 2 is toegelicht. Deze rekensheet is dusdanig opgezet dat er verschillende scenario's mee doorgerekend kunnen worden. Zo kan er onder meer gevarieerd worden in:

- herkomst van het water dat dient als voeding voor het wetland (alleen Westelijke Rijkswaterleiding, alleen Lovenpolder of combi van beide);
- maximale EGV-waarde van het influent water. Als de EGV-waarde hoger is dan de gestelde maximum waarde, dan wordt het water niet gebruikt voor het wetland vanwege de randvoorwaarde die door milde ontzilting wordt gesteld;
- omvang van het wetland (in ha);
- gewenste onttrekkingshoeveelheid (m^3/dag) uit het wetland.

Met behulp van dit rekensheet zijn verschillende scenario's doorgerekend van combinaties waarin van het Lovenpolderwater en/of van het water van de Westelijke Rijkswaterleiding gebruik wordt gemaakt.

In onderstaande tabel 4.1 is voor de beschouwde scenario's van watergebruik (uit Westelijke Rijkswaterleidingwater en/of Lovenpolderwater) aangegeven in welke mate gemiddeld genomen kan worden voorzien in de watervraag, die gesteld is op 10.000 m^3 per dag. Deze mate van voorziening is uitgedrukt in de dekkingsgraad op jaarbasis (in %). Voorbeeld: een dekkingsgraad van 90% betekent dat per jaar $0,9 * 10.000 * 365 \text{ m}^3$ water kan worden geleverd vanuit het wetland.

Een getallenvoorbeeld ter verduidelijking (uitgaande van een watervraag van 10.000 m³ per dag).

Stel een periode van tien opeenvolgende dagen, met een berekend wateraanbod vanuit het wetland van resp. 10.000 – 10.000 – 10.000 – 10.000 – 10.000 – 10.000 – 10.000 – 8000 – 3000 – 7000 m³.

Onder de dekkinggraad (voor die tiendaagse periode) wordt dan verstaan: het totale wateraanbod gedeeld door de totale watervraag. In dit geval dus: 88.000 / 100.000 = 0,88 ofwel een dekkinggraad van 88%

Tabel 4.1: Overzicht van dekkinggraad (%) per scenario, uitgaande van watervraag van 10.000 m³/dag (bij mix heeft de als eerste genoemde bron voorrang)

Scenario	Geen EGV-grens	EGV<7	EGV<5
Alleen WRWL-water, berging 1 ha	81,6	76,5	55,6
Alleen WRWL-water, berging 9,5 ha	88,4	86,1	69,5
Mix van WRWL en helft Lovenpolder, berging 1 ha	82,5	77,2	56,1
Mix van WRWL en helft Lovenpolder, berging 9,5 ha	89,5	87,1	69,6
Mix van helft Lovenpolder en WRWL, berging 1 ha	82,5	60,9	43,0
Mix van helft Lovenpolder en WRWL, berging 9,5 ha	89,5	76,2	48,8
Mix van Lovenpolder en WRWL, berging 1 ha	82,6	59,3	41,6
Mix van Lovenpolder en WRWL, berging 9,5 ha	89,8	74,3	46,9
Alleen Lovenpolderwater, berging 1 ha	57,9	36,5	28,6
Alleen Lovenpolderwater, berging 9,5 ha	69,6	59,2	42,3

Het voorrangsprincipe dat bij mix wordt toegepast, houdt in dat als je kunt kiezen tussen Lovenpolderwater en Westelijke Rijkswaterleidingwater (dus beide stromen zijn op een dag beschikbaar), dat je dan eerst het als eerste genoemde water gebruikt en daarna pas (als het nog nodig is) van het andere water gebruik maakt om het wetland te vullen.

Uit de tabel kan het volgende worden geconcludeerd (uitgaande van EGV<7):

- een 8,5 ha groter vloeiveld (9,5 ha ten opzichte van 1 ha) resulteert in een toename van de dekkinggraad met bijna 10% (op jaarbasis: bijna 365.000 m³) als alleen WRWL-water wordt gebruikt; als alleen Lovenpolderwater wordt gebruikt, neemt de dekkinggraad toe met bijna 23%;
- als gebruik van WRWL-water voorrang heeft, leidt bijmengen van Lovenpolderwater tot een niet meer dan 1% grotere dekkinggraad; Lovenpolder voegt in deze situatie dus weinig toe;
- als alleen (of met voorrang) WRWL-water wordt gebruikt, leidt verlaging van de EGV-bovengrens van 7 naar 5 mS/cm tot een circa 20% lagere dekkinggraad.

4.5 Additionele bron

Uit de tijdreeksanalyse komt naar voren dat er in alle jaren wel een of meerdere periodes (met name in de zomer) zijn, waarbij er in het geheel geen water vanuit het oppervlaktewatersysteem beschikbaar is voor het wetland: de afvoer is dan nihil. Daarnaast zijn er in alle jaren talrijke periodes dat er wel voldoende water beschikbaar is, maar dit water heeft dan een te hoge EGV-waarde om voor milde ontzilting bruikbaar te zijn. In dergelijke situaties kan een aantal dagen lang worden ingeteerd op de watervoorraad die nog in het vloeiveld aanwezig is om toch nog de watervraag van 10.000 m³ per dag te kunnen leveren vanuit het wetland. Uit de berekeningen met het rekensheet blijkt echter dat er elk jaar wel één of meerdere perioden zijn dat op een aantal opeenvolgende dagen geen of slechts beperkte waterlevering uit het wetland mogelijk is.

Conclusie is dan ook dat het hier beschouwde wetland niet ten allen tijde kan voorzien in de watervraag van 10.000 m³ per dag. Er is dus altijd een additionele bron met een leveringscapaciteit van 10.000 m³ per dag nodig om ten allen tijde aan de watervraag te kunnen voldoen.

4.6 Afdichting verticaal filter en vloeiveld

Het doel van het wetland is deels waterzuivering en deels berging van het gezuiverde water. Het is dan ook niet gewenst dat water vanuit het veld wegstroomt naar de omgeving. Om meer inzicht te krijgen in de wegzijging is, op basis van beschikbare informatie, op basis van expert-judgement ingeschat of het toepassen van een onder-afdichting noodzakelijk is.

Bij deze inschatting is er vanuit gegaan dat er zoveel mogelijk gewerkt wordt met een gesloten grondbalans. Het waterpeil bij het verticale filter komt dan uit op NAP +1,30 m (zie verderop in hoofdstuk 5). Gezien het waterpeil en de heersende grondwaterstanden (variërend tussen de NAP -0,90 m en NAP -1,60 m) is naar verwachting de wegzijging dusdanig groot dat het noodzakelijk is om een onder afdichting toe te passen. Hierbij kan gedacht worden aan het toepassen van een folie of het aanleggen van een kleilaag. De aanwezige klei in de polder is echter dusdanig zandig van aard dat deze niet geschikt wordt geacht als onder-afdichting. In de opgestelde globale kostenraming (hoofdstuk 5) is er dan ook vanuit gegaan dat een folie als onder-afdichting wordt toegepast.

5 Globale kostenraming

Er is een globale kostenraming van de uitvoeringskosten opgesteld, waarbij onderscheid is gemaakt in drie verschillende onderdelen, te weten:

- kostenraming verticaal doorstroomd filter, met oppervlak van 2,5 ha;
- kostenraming vloeiveld met een oppervlak van 1,0 ha;
- kostenraming vloeiveld met een oppervlak van 9,5 ha.

Er is onderscheid gemaakt tussen een vloeiveld met een oppervlak van 1,0 en 9,5 ha. Dit om inzichtelijk te maken wat de meerkosten bedragen van een groter vloeiveld, zodat een afweging gemaakt kan worden tussen de extra kosten en de meer opbrengsten in de vorm van extra waterbeschikbaarheid. Bij het opstellen van de kostenraming is gestreefd naar een gesloten grondbalans tussen verticaal filter en bijbehorend vloeiveld.

Voor wat betreft het ontwerp wordt ervan uitgegaan dat het water door middel van een pomp in het verticaal doorstroomd filter wordt gebracht en dat het vanuit het verticaal doorstroomd filter onder natuurlijk verval naar het vloeiveld stroomt.

5.1 Kostenraming verticaal doorstroomd filter

Bij het opstellen van de kostenraming voor het verticaal doorstroomd filter zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd.

- het verticale filter bestaat uit 3 compartimenten;
- de netto oppervlakte van het filter bedraagt 2,5 ha;
- rekening houdend met benodigde kades bedraagt het bruto oppervlak 4,0 ha;
- bestaande maaiveldhoogte NAP 0,00 m;
- ontgravingsdiepte 0,20 m (onderzijde ontgraving op NAP -0,20 m);
- dikte van het zandbed bedraagt 0,10 m (ten behoeve van bescherming van het folie);
- dikte van het drainzand bedraagt 1,0 m;
- bovenkant drainzand op NAP +0,90 m;
- water op drainzand bedraagt 0,40 m;
- bovenzijde waterniveau op filter NAP +1,30 m;
- hoogte kade boven waterniveau 1,0 m;
- lengte van de kade bedraagt 1.100 m;
- bovenbreedte van de kade bedraagt 5,0 m;
- talud bedraagt 1:2.

In onderstaande tabel is de globale kostenraming van het verticaal filter weergegeven. Zoals daaruit blijkt, worden de totale kosten van het verticaal filter geraamd op (afgerond) 1,18 miljoen euro (exclusief btw). In de raming is rekening gehouden met een opslag van 15% voor onvoor-zien en 20% voor kosten van ontwerp, engineering en directievoering.

Kostenraming verticaal filter en vloeivelden DOW					
Onderdeel: Verticaal filter met 3 compartimenten.					
Verticaal filter, oppervlak netto 2,5 hectare					
Bruto oppervlak incl kades 4 hectare					
post nr.	omschrijving	eenheid	hoeveelheid	eenheids prijs	kosten
1	Voorbereidende werkzaamheden, bouwrijp maken	euro	1	€ 10.000,00	€ 10.000,00
2	Realisatie opmaling ca. 0,12 m3 sec	st	1	€ 75.000,00	€ 75.000,00
3	Aansluiting electra en automatisering	st	1	€ 25.000,00	€ 25.000,00
4	Grondwerk, verlagen maaiveld met ca. 0,40 m	m3	5000	€ 1,50	€ 7.500,00
5	Vrijkomende grond verwerken in kade	m3	5000	€ 2,50	€ 12.500,00
6	Egaliseren oppervlak	are	250	€ 50,00	€ 12.500,00
7	Aanbrengen onderlaag zand, dik 0,10 m	m3	5000	€ 10,00	€ 50.000,00
8	Aanbrengen folie	m2	25000	€ 5,00	€ 125.000,00
9	Aanbrengen drainage	m1	5000	€ 2,00	€ 10.000,00
10	Aanbrengen filtermateriaal, dik ca. 0.20	m3	5000	€ 17,50	€ 87.500,00
11	Aanbrengen zandbed - drainagezand	m3	25000	€ 13,00	€ 325.000,00
12	Toevoegen toeslagmaterialen (pure inschatting)	euro	1	€ 50.000,00	€ 50.000,00
13	Aanbrengen verdeelsysteem op zandebed	euro	1	€ 30.000,00	€ 30.000,00
14	Aanbrengen afvoersysteem	euro	1	€ 10.000,00	€ 10.000,00
15	Inzaaien, afwerken, et cetera	euro	1	€ 25.000,00	€ 25.000,00
16				€ -	€ -
				€ -	€ -
	onvoorzien	%	15	subtotaal	€ 855.000,00
					€ 128.250,00
				subtotaal	€ 983.250,00
	ontwerp - engineering - directievoering	%	20		€ 196.650,00
	Totale kosten voor een <u>Verticaal filter</u> met omvang van 2,5 hectare, excl BTW				€ 1.179.900,00

5.2 Kostenraming vloeiveld met netto oppervlak van 1,0 ha

Bij het opstellen van de kostenraming voor het vloeiveld met een netto oppervlak van 1 ha is uitgegaan van de volgende uitgangspunten:

omvang vloeiveld	1 hectare
	10000 m ²
maaiveld gem.	0,00 m NAP
aanvoer water vanuit filter:	-0,1 m NAP
kades rondom:	
hoogte kade	2 m
breedte kade	5 m
lengte kade	400 m
talud kade	1 : 2
benodigde grond	12160 m ³
(is incl benodigde grond verticaal filter)	5560
ontgravingsdiepte	1,22 m
bescherming op folie	0,30 m
bodem bassin:	-0,92 m NAP
netto opp vloeiveld	1,00 hectare
opp kades	0,50 hectare
totaal oppervlak ca.	1,50 hectare

In onderstaande tabel is de globale kostenraming van het 1 ha vloeiveld weergegeven. Zoals daaruit blijkt worden de totale kosten geraamd op (afgerond) 0,26 miljoen euro (exclusief btw).

post nr	Omschrijving	eenheid	hoeveelheid	eenheids prijs	kosten
1	Voorbereidende werkzaamheden, bouwrijp maken	euro	1	€ 10.000,00	€ 10.000,00
2	Realisatie opmaling ca. 0,12 m ³ sec	st	0	€ 75.000,00	€ -
3	Aansluiting electra en automatisering	st	0	€ 25.000,00	€ -
4	Grondwerk, verlagen maaiveld met ca. 1,20 m	m ³	12160	€ 1,50	€ 18.240,00
5	Vrijkomende grond verwerken in kade	m ³	12160	€ 2,50	€ 30.400,00
6	Egaliseren oppervlak	are	100	€ 50,00	€ 5.000,00
7	Aanbrengen folie	m ²	10000	€ 5,00	€ 50.000,00
8	Aanbrengen vrijkomende grond op folie (als bescherming folie, dik 0.30 m)	m ³	3000	€ 5,00	€ 15.000,00
9	Afvoersysteem	euro	2	€ 10.000,00	€ 20.000,00
10	Verdeelsysteem compartimenten	euro	2	€ 10.000,00	€ 20.000,00
11	Inzaaien, afwerken, et cetera	euro	1	€ 25.000,00	€ 25.000,00
12					€ -
13					€ -
				subtotaal	€ 193.640,00
	onvoorzien	%	15		€ 29.046,00
				subtotaal	€ 222.686,00
	ontwerp - engineering - directievoering	%	15		€ 33.402,90
	Totale kosten voor een <u>Vloeiveld</u> met omvang van 1 hectare, excl BTW				€ 256.088,90

5.3 Kostenraming vloeiveld met netto oppervlak van 9,5 ha

Bij het opstellen van de kostenraming voor het vloeiveld met een netto oppervlak van 9,5 ha is uitgegaan van de volgende uitgangspunten:

omvang bruto opp. vloeiveld	12 hectare	
	120000 m ²	
maaiveld gem.	0,00 m NAP	
aanvoer water vanuit filter:	0,1 m NAP	
kades rondom:		
hoogte kade	2 m NAP	
breedte kade	5 m	
lengte kade	2000 m	
talud kade	1 : 2	
benodigde grond	57500 m ³	
(is incl benodigde grond verticaal filter)	11000 m ³)	
ontgravingsdiepte	0,61 m	
bescherming op folie	0,30 m	
bodem bassin:	-0,31 m NAP	
Bruto opp. vloeivelden	12,0 hectare	
Opp. benodigd voor kades, ca.	2,5 hectare	
Netto opp. Vloeivelden (max.)	9,5 hectare	

In onderstaande tabel is de globale kostenraming van het 9,5 ha vloeiveld weergegeven. Zoals daaruit blijkt worden de totale kosten geraamd op (afgerond) 1,39 miljoen euro (exclusief btw).

post nr	Omschrijving	eenheid	hoeveelheid	eenheids prijs	kosten
1	Vorbereidende werkzaamheden, bouwrijp maken	euro	1	€ 25.000,00	€ 25.000,00
2	Realisatie opmaling ca. 0,12 m ³ sec	st	0	€ 75.000,00	€ -
3	Aansluiting electra en automatisering	st	0	€ 25.000,00	€ -
4	Grondwerk, verlagen maaiveld met ca. 0,55 m	m ³	57500	€ 1,50	€ 86.250,00
5	Vrijkomende grond verwerken in kade	m ³	57500	€ 2,50	€ 143.750,00
6	Egaliseren oppervlak	are	950	€ 50,00	€ 47.500,00
7	Aanbrengen folie	m ²	95000	€ 5,00	€ 475.000,00
8	Aanbrengen vrijkomende grond op folie (als bescherming folie, dik 0.30 m)	m ³	28500	€ 5,00	€ 142.500,00
					€ -
9	Afvoersysteem compartimenten	euro	4	€ 10.000,00	€ 40.000,00
10	Verdeelsysteem compartimenten	euro	4	€ 10.000,00	€ 40.000,00
11	Inzaaien, afwerken, et cetera	euro	1	€ 50.000,00	€ 50.000,00
12					€ -
13					€ -
				subtotaal	€ 1.050.000,00
	onvoorzien	%	15		€ 157.500,00
				subtotaal	€ 1.207.500,00
	ontwerp - engineering - directievoering	%	15		€ 181.125,00
	Totale kosten voor een <u>Vloeiveld</u> met omvang van 10 hectare, excl BTW				€ 1.388.625,00

6 Risicofactoren en aandachtspunten

Tijdens het doorlopen van het project en het uitvoeren van de werkzaamheden zijn de volgende risicofactoren en aandachtspunten genoemd:

- risico op groei van blauwalgen in het vloeiveld. Dit kan voorkomen worden door eerst het water te zuiveren middels een verticaal doorstroomd filter;
- uit de meetgegevens blijkt dat het chloridgehalte/EGV in de Lovenpolder hoger is dan in de Westelijke Rijkswaterleiding. Onduidelijk is of dit voor de gehele Lovenpolder geldt. Door het uitvoeren van aanvullende chloride- of EGV-metingen op meerdere locaties in de polder kan hier meer inzicht in verkregen worden;
- de afvoer in de Westelijke Rijkswaterleiding, zoals gemeten bij brug Sluiskil, kan blijkens de meetgegevens 's zomers teruglopen tot 0 m³/dag. Dit is opmerkelijk aangezien er bovengstrooms van het meetpunt volgens verkregen informatie een afvoer van Cargill is gesitueerd van circa 200 m³/u. Het is de vraag waarom dit niet zo terug te zien is in de meetgegevens. Aanbevolen wordt om te checken of de metingen ter hoogte van de stuw 'brug Sluiskil' kloppen. Daarnaast kan overwogen worden om meer noordelijk in de Westelijke Rijkswaterleiding de afvoer te meten, bijvoorbeeld ter hoogte van het eventuele aftappunt;
- het water van de Westelijke Rijkswaterleiding komt, gezien het lagere chloridgehalte/EGV, met meest in aanmerking voor gebruik als voeding voor het wetland. Aandachtspunt is hoe het water getransporteerd wordt naar het wetland, ervan uitgaande dat dit in de Lovenpolder wordt gesitueerd. Dat kan in principe middels een gesloten leiding of via een separate waterloop. Naar verwachting is aanvoer via het hoofdwatersysteem van de Lovenpolder minder gewenst, omdat dan menging van water optreedt waardoor het water de hogere EGV-waarde van het Lovenpolderwater krijgt;
- onderzocht dient te worden in hoeverre de EGV toeneemt indien het water vanuit de Westelijke Rijkswaterleiding via separate waterlopen en deels een nieuw te graven waterloop naar het wetland wordt afgevoerd. Het water kan dan niet beïnvloed worden door het water in de Lovenpolder, maar wellicht wel door de aanwezigheid van brak grondwater;
- op dit moment is aangenomen dat de wegzijging vanuit het wetland dusdanig groot is dat het toepassen van een folie als onderafdichting noodzakelijk is. Deze aanname is gebaseerd op slechts een enkele peilbuis. Het is van belang om meer inzicht te krijgen in de grondwaterstanden op de voorgenomen locatie waar het wetland wordt aangelegd.

7 Samenvatting en conclusie

Dow streeft ernaar om minder zoetwater in te nemen en meer gebruik te maken van het wateroverschot in de regio. Gezien het feit dat, evenals in de rest van Zeeuws-Vlaanderen, het water in de directe omgeving van Dow overwegend brak is, dient het water om bruikbaar te zijn, eerst ontzilt te worden in een milde ontziltingsinstallatie. Reeds een aantal jaar loopt het onderzoek naar zo'n installatie en het ziet er naar uit dat er een geschikte techniek ontwikkeld is. Voordat het oppervlaktewater door de milde ontziltingsinstallatie gaat, dient het eerst zoveel mogelijk gezuiverd te worden. Hierbij wordt gedacht aan het toepassen van een wetland. Vanuit het wetland wordt vervolgens het water afgevoerd naar de milde ontziltingsinstallatie op het terrein van Dow. Nadat het water ontzilt is, wordt het ingezet binnen de industriële processen bij Dow. Ook is het in principe mogelijk om het ontzilde water in te zetten als bron van watervoorziening voor bijvoorbeeld de landbouw. Deze optie in deze studie niet verder uitgewerkt.

Uit het onderzoek is naar voren gekomen dat er meerdere stromen zijn die als voeding zouden kunnen dienen voor het aan te leggen wetland. De stroom CTBD (koelwater) valt af vanwege het feit dat hier fosfonaten in voorkomen. Deze stof heeft een ongunstige invloed op de groei van planten, en dus ook helofyten. Verder kan deze stof zich ophopen in het slib van het filter waardoor het slib naar verwachting afgevoerd dient te worden in een afvalwerkingsinstallatie. De voeding van het wetland kan dus bestaan uit water uit de Lovenpolder of uit de Westelijke Rijkswaterleiding. Rekening houdend met de eisen die gesteld worden aan de milde ontzilting, namelijk influentwater met een EGV-gehalte van maximaal 7 mS/cm, is geconcludeerd dat het water van de Lovenpolder minder interessant is dan het water van de Westelijke Rijkswaterleiding. Het water van de Lovenpolder heeft namelijk, volgens de beschikbare meetgegevens, een hogere EGV dan het water van de Westelijke Rijkswaterleiding. Geadviseerd wordt om hier wel nader onderzoek naar te doen, aangezien er nu slechts een beperkt aantal metingen beschikbaar zijn op één locatie in de polder.

Uit de waterkwaliteitsmetingen blijkt dat er zowel in het water van de Westelijke Rijkswaterleiding als van de Lovenpolder vrij veel fosfaat voorkomt. Dit fosfaat komt voor in opgeloste vorm. Door het oppervlaktewater eerst te zuiveren in een wetland kan het geschikt gemaakt worden voor milde ontzilting. In het onderzoek zijn meerdere typen wetlands beschouwd: een vloeiveld, verticaal doorstroomd filter en een floatland. Gezien de hoge gehalten aan opgelost fosfaat en andere nutriënten, is geconcludeerd dat het water in ieder geval eerst door een verticaal doorstroomd filter moet worden geleid. Door aan een dergelijk filter toeslagstoffen toe te voegen kan gezorgd worden voor de vastlegging van fosfaat. Uitgaande van een ontwerp-waterstroom van 10.000 m³ per dag, is een verticaal doorstroomd filter nodig met een oppervlak van 2,5 ha. Het water vanuit het verticale filter wordt vervolgens geleid naar een vloeiveld. Het doel van het vloeiveld in deze specifieke situatie is niet zo zeer zuivering (die heeft immers al plaatsgevonden in het verticale filter), maar met name buffering (voorraadvorming) van het water.

Een floatland heeft een laag zuiveringsrendement, maar kan met name uit natuurlijk en visueel oogpunt aantrekkelijk zijn. Gezien de voorwaarden die gesteld worden aan het influent van een milde ontziltingsinstallatie, is deze optie niet verder mee genomen.

Rekening houdend met aanleg van het wetland op de gronden die Dow reeds in bezit heeft in de Lovenpolder, bedraagt het totale beschikbare oppervlak voor het wetland 16 ha. Een gedeelte wordt gebruikt voor het verticale filter, het overige deel wordt ingericht als vloeiveld. Voor het vloeiveld zijn vervolgens twee scenario's beschouwd: een vloeiveld met een netto oppervlak van 1,0 ha en een vloeiveld met een netto oppervlak van 9,5 ha. Het grotere vloeiveld blijkt slechts in een beperkte toename van de dekkingsgraad te resulteren. Als (uitgaande van een $EGV < 7$) alleen het water van de Westelijke Rijkswaterleiding wordt gebruikt, dan neemt de dekkingsgraad toe van 76% naar 86%. Wordt alleen het water uit de Lovenpolder gebruikt, dan neemt de dekkingsgraad toe van 36% naar 58%.

Een aandachtspunt bij het gebruik van het water uit de Westelijke Rijkswaterleiding en het aanleggen van een wetland in de Lovenpolder is de aanvoer van het water, richting het wetland. Aandachtspunt hierbij is in hoeverre het water van de Westelijke Rijkswaterleiding, met een lagere EGV-waarde, beïnvloed wordt door het water in de Lovenpolder. Deze beïnvloeding kan zijn door het mengen van de oppervlaktewaterstromen, maar ook vanuit het grondwater kan er mogelijk sprake zijn van verzilting. Om hier meer inzicht in te krijgen is nader onderzoek noodzakelijk. Gezien het hogere EGV-gehalte van het Lovenpolderwater ligt het niet voor de hand om het water vanuit de Westelijke Rijkswaterleiding via het waterlopenstelsel van de Lovenpolder af te voeren naar het wetland. Wellicht is het wel een optie om het water af te voeren via enkele waterlopen die losgekoppeld kunnen worden van de rest van de Lovenpolder, eventueel met een stuk nieuw te graven waterloop.

Er is een globale kostenraming opgesteld. In deze kostenraming is er vanuit gegaan dat onder zowel het verticale filter als het vloeiveld een folie als onderafdichting toegepast wordt. Deze folie wordt vooralsnog noodzakelijk geacht om de wegzijging naar de ondergrond tegen te gaan. Gezien de grondwaterstanden in de omgeving is het de verwachting dat deze wegzijging redelijk groot zal zijn.

Uit de kostenraming komt naar voren dat de aanleg van een verticaal filter globaal circa 1,2 miljoen euro bedraagt. De kosten voor een vloeiveld van 1,0 ha worden geraamd op circa 260.000 euro en de kosten voor een vloeiveld van 9,5 ha worden geraamd op circa 1,4 miljoen euro. Genoemde bedragen zijn exclusief btw.

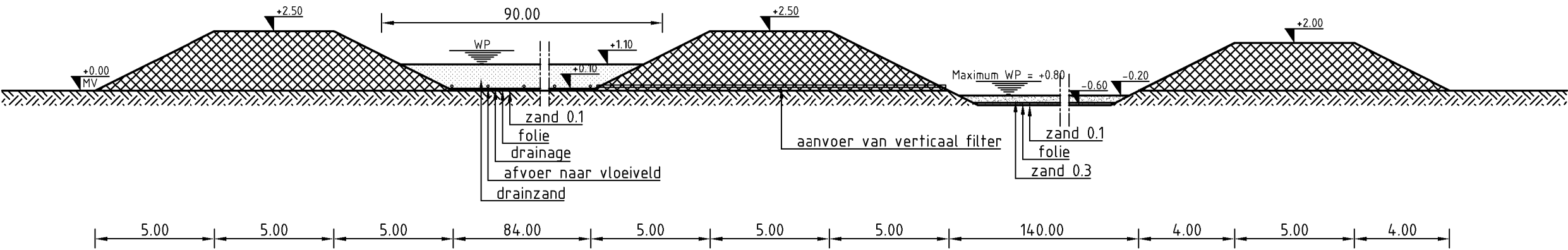
Om te komen tot een goede totaalafweging zal het noodzakelijk zijn om een totaal kostenoverzicht te maken waarin ook de overige kosten worden meegenomen, zoals de kosten van de milde ontzilting en dit te leggen naast de te realiseren besparingen op de inkoop van water.

Bijlage 1

Principe doorsnede en bovenaanzicht van verticaal filter en vloeiveld

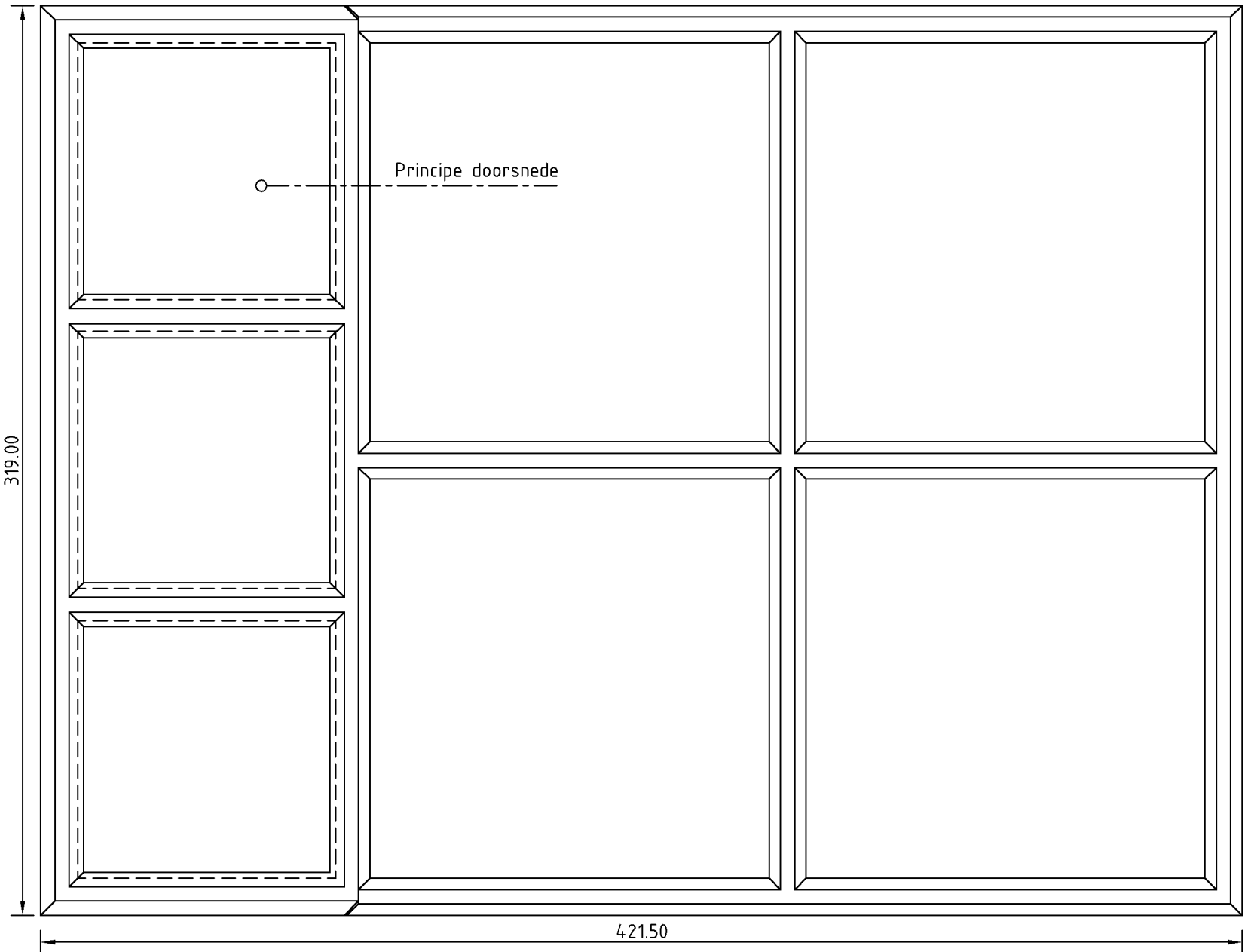
PRINCIPE DOORSNEDE VERTICAAL FILTER EN VLOEIVELD

schaal 1:200

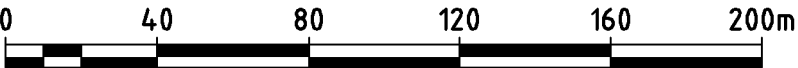


BOVENAANZICHT VERTICALE FILTERS EN VLOEIVELDEN

schaal 1:2000



Definitieve vormgeving en afmetingen aan te passen op de toekomstige perselsafmetingen



337769-T001-ONT-L01