



# Haalbaarheidsstudie maatregelen 't Bovenwater

Verkenning van maatregelen voor de verbetering van de waterkwaliteit

Gemeente Lelystad


7 januari 2019

Project Haalbaarheidsstudie  
maatregelen 't Bovenwater  
Opdrachtgever Gemeente Lelystad

Document Verkenning van maatregelen voor de verbetering van de waterkwaliteit  
Status Definitief 03  
Datum 7 januari 2019  
Referentie 108613/19-000.173

Projectcode 108613  
Projectleider dr. G. Kruitwagen  
Projectdirecteur dr. M. Klinge

Auteur(s) dr. G. Kruitwagen, R.J. Brederveld MSc., ir. T.M. Worm, L.E. Stuurman MSc  
Gecontroleerd door drs.ing. S.A. Schep  
Goedgekeurd door dr. G. Kruitwagen

Paraaf 

Adres Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V.  
Leeuwenbrug 8  
Postbus 233  
7400 AE Deventer  
+31 (0)570 69 79 11  
[www.witteveenbos.com](http://www.witteveenbos.com)  
KvK 38020751

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden veeleenvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

## INHOUDSOPGAVE

	<b>SAMENVATTING</b>	<b>5</b>
1	<b>INLEIDING</b>	<b>9</b>
2	<b>RECREATIEPLAS 'T BOVENWATER - FUNCTIONEREN EN FUNCTIES</b>	<b>11</b>
2.1	Inleiding	11
2.2	Ligging	11
2.3	Gebruiksfuncties	12
2.4	Waterkwaliteit, knelpunten en oorzaken	12
2.5	Zwemwaterkwaliteit	14
2.6	Ontwikkelingen in waterkwaliteit in 2018	16
3	<b>MAATREGEL BAGGEREN</b>	<b>19</b>
3.1	Inleiding	19
3.2	Uitkomsten haalbaarheidstudie	19
	3.2.1 Algemene bevindingen	19
	3.2.2 Beantwoording van de onderzoeksvragen	20
4	<b>MAATREGEL PLAATSELIJK VERDIEPEN</b>	<b>22</b>
4.1	Inleiding	22
4.2	Uitkomsten haalbaarheidsstudie	22
	4.2.1 Algemene bevindingen	22
	4.2.2 Beantwoording van de onderzoeksvragen	23
5	<b>MAATREGEL WINTERVERVERSING MET MARKERMEERWATER</b>	<b>25</b>
5.1	Inleiding	25
5.2	Uitkomsten haalbaarheidsstudie	25
	5.2.1 Algemene bevindingen	25
	5.2.2 Beantwoording van de onderzoeksvraag	27
6	<b>MAATREGEL NATUURZWEMVIJVER</b>	<b>28</b>

6.1	Inleiding	28
6.2	Uitkomsten haalbaarheidsstudie	28
6.2.1	Algemene bevindingen	28
6.2.2	Onderzoeksvragen	30

## 7 **EINDBESCHOUWING** **31**

7.1	Samenvatting van bevindingen	31
7.2	Mogelijkheid tot combineren van maatregelen	31

## 8 **REFERENTIES** **33**

Laatste pagina	33
----------------	----

### **Bijlage(n)**

### **Aantal pagina's**

I	Technische uitwerking van maatregel baggeren	7
II	Technische uitwerking van maatregel plaatselijk verdiepen	10
III	Technische uitwerking van maatregel winterverversing met Markermeerwater	14
IV	Technische uitwerking van maatregel natuurzwemvijver	9
V	Uitvoer Zwemprof	5
VI	SSK ramingen	6

## SAMENVATTING

In 't Bovenwater is al lange tijd sprake van waterkwaliteitsproblemen in de zomer, zoals overmatige plantengroei en bloei van blauwalgen. Hierdoor wordt er jaarlijks hinder ondervonden door de zeil- en surfsport en door zwemmers. In deze verkenning is de haalbaarheid onderzocht van vier geselecteerde maatregelen voor verbetering van de waterkwaliteit in 't Bovenwater. Daarnaast is de (recente) ontwikkeling van de waterkwaliteit onderzocht.

Deze haalbaarheidsstudie laat zien dat elk van de vier maatregelen technisch haalbaar en praktisch uitvoerbaar is, maar dat de maatregelen verschillen in effect op de (ecologische) waterkwaliteit en op de recreatiefuncties, in risico's en in kosten. De bevindingen zijn samengevat in onderstaande tabellen. Onder de tabellen wordt de haalbaarheid per maatregel samengevat.

Wij adviseren op grond van deze haalbaarheidsstudie om terughoudend te zijn met de inzet van maatregelen. De belangrijkste reden is dat de waterkwaliteit in 't Bovenwater in de afgelopen jaren (2017 en 2018) sterk verbeterd is, waarbij de overlast voor de zwemmers en vaarrecreanten afgenomen lijkt te zijn. Op dit moment is het nog lastig om te bepalen of de verbetering van de waterkwaliteit samenhangt met de uitzonderlijke meteorologische omstandigheden in het afgelopen jaar of dat er sprake is van een autonome verbetering van de waterkwaliteit. Daarom adviseren we de ontwikkeling van de waterkwaliteit de komende jaren te volgen om vast te kunnen stellen of de verbetering van de waterkwaliteit tijdelijk is of dat er sprake is van een nieuw evenwicht. Omdat de winterverversing met Markermeerwater een risico op verslechtering van de waterkwaliteit met zich mee brengt adviseren we deze maatregel niet toe te passen. Van de overige maatregelen kan weliswaar een positief effect op de waterkwaliteit verwacht worden, maar tegen aanzienlijke kosten.

Tabel 1 Beoordeling van haalbaarheid van maatregelen

	Baggeren	Plaatselijk verdiepen	Winterverversing met Markermeerwater	Natuurzwemvijver
technische haalbaarheid	+	+	+	+
kans dat beoogd doel bereikt wordt	+ (minder overlast door algen)	+ (minder overlast door algen en planten)	- (geen verandering in overlast)	+ (minderoverlast door algen en planten)
risico's	0	-- (risico op toevoer van chloride en nutriënten)	-- (nutriëntenbelasting neemt toe)	0
kosten	EUR 5.150.000	EUR 8.300.000 (bij lokale verwerking) / 27.000.000 (bij afvoer)	EUR 140.000	EUR 915.000
overige aspecten	- (overlast door vrachtwagens)	-- (overlast door vrachtwagens)	- (risico op achteruitgang. NB, niet toegestaan vanuit KRW)	- (verandering karakter 't Bovenwater)

Tabel 2 Beoordeling van effecten op de gebruiksfuncties

Gebruiksfunctie	Baggeren	Plaatselijk verdiepen	Winterversing met Markermeerwater	Natuurzwemvijver
zwemwaterfunctie				
· tijdens uitvoering	-	-	0	0
· na uitvoering	+	++	-	0/+
zwemwaterkwaliteit				
· milieuhygiëne	0	0	0	0
· blauwalgen	+	+	-	0/+
vaarrecreatie (zeil- en surfsport)				
· tijdens uitvoering	-	-	0	0
· na uitvoering	-	+	-	-

### Maatregel baggeren

Met baggeren wordt de nalevering van nutriënten vanuit het slib verminderd. Hierdoor verbeteren de kansen voor de ontwikkeling van waterplanten en wordt het risico op algenbloei kleiner. De maatregel draagt vooral bij aan het verbeteren van de waterkwaliteit ten behoeve van de zwemfunctie, omdat het risico op algenbloei minder wordt. De maatregel kan negatief uitpakken voor vaarrecreatie, omdat de hoeveelheid waterplanten mogelijk toeneemt. De kosten voor het baggeren hangen sterk af van de wijze van baggeren en van transport naar een verweringslocatie. Omdat er geen zicht is op een nuttige toepassing van slib op een locatie nabij 't Bovenwater is uitgegaan van mechanisch verwijderen en van afvoer per vrachtwagen. Dit maakt het baggeren zeer kostbaar (geraamd op EUR 5.150.000). Ten slotte moet gedurende de uitvoering rekening gehouden worden met een tijdelijke verstoring van de waterkwaliteit. Dit is niet wenselijk, omdat de waterkwaliteit de afgelopen jaren is verbeterd.

### Maatregel plaatselijk verdiepen

Het aanbrengen van verdiepingen zorgt voor het uitzinken en opsluiten van organisch materiaal, waardoor er minder nutriënten aanwezig zijn in de bovenste waterlagen. Daardoor wordt het risico op algenbloei kleiner. Een verdieping van 15 meter heeft een positief effect op de waterkwaliteit van 't Bovenwater en zorgt voor minder waterplanten, omdat ter plaatse van de verdieping geen planten kunnen groeien. De maatregel heeft daardoor een positieve uitwerking op zowel de zwemfunctie (minder algen) als vaarrecreatie (minder planten). Een belangrijk risico is de aanleg van de verdieping leidt tot toevoer van chloride en nutriënten vanuit het grondwater. De maatregel is zeer kostbaar (geraamd op EUR 8.300.000 bij verwerking van materiaal in de plas, EUR 27.000.000 bij afvoer van vrijgekomen materiaal) vanwege het grote volume aan bodemmateriaal dat verwijderd moet worden. Net als bij het baggeren moet gedurende de uitvoering rekening gehouden worden met een tijdelijke verstoring van de waterkwaliteit bij uitvoering van de maatregel.

### Maatregel winterversing met Markermeerwater

Het idee achter winterversing met bicarbonaatrijk Markermeerwater is dat de pH in het poriewater van het slib kan worden beïnvloed en hiermee de nalevering van nutriënten vanuit de waterbodem. Experts verwachten echter dat de pH in het poriewater van de waterbodem nauwelijks wordt beïnvloed door deze maatregel. Winterversing met Markermeerwater zorgt wel voor extra belasting van 't Bovenwater met nutriënten en sulfaat. Het effect op de waterkwaliteit is hierdoor eerder negatief dan positief.

### Maatregel natuurzwemvijver

De aanleg van een natuurzwemvijver is een effectieve maatregel om een goede zwemwaterkwaliteit te borgen in een afgesloten deel van 't Bovenwater.

Hiervoor moet bij de aanleg aan een aantal randvoorwaarden worden voldaan, waarbij met name de omvang van belang is (niet te groot, omdat de invloed van de wind dan te groot wordt en niet te klein omdat dan de invloed van nutriënten toeneemt). Verder is er veel ontwerpvrijheid. Een belangrijk aandachtspunt in het ontwerp is de afstemming op de aanwezige functies en de wensen van de belanghebbenden. De aanleg van een natuurzwembijver zal de beleving van 't Bovenwater veranderen. Uitgaande van een omvang van 12.000 m<sup>2</sup> ramen we de kosten op orde grootte EUR 915.000.





# 1

## INLEIDING

### Aanleiding

De gemeente Lelystad heeft Witteveen+Bos opdracht gegeven voor uitvoering van een haalbaarheidsstudie rond vier geselecteerde maatregelen ter verbetering van de waterkwaliteit in 't Bovenwater. De aanleiding hiervoor is dat in 't Bovenwater al lange tijd sprake is van waterkwaliteitsproblemen in de zomer, zoals overmatige plantengroei en bloei van blauwalgen. De laatste jaren is de waterkwaliteit langzaam verbeterd door maatregelen en wijzigingen in het beheer. Desondanks wordt er nog jaarlijks hinder ondervonden door zeil- en surfsport en zwemmers.

In 2015/2016 heeft Witteveen+Bos in opdracht van waterschap Zuiderzeeland een systeemanalyse uitgevoerd om de oorzaken van de overmatige plantengroei en blauwalgenbloei te achterhalen. Deze analyse heeft geresulteerd in een beter begrip van het watersysteem. De nalevering van nutriënten vanuit de waterbodem vormt de belangrijkste oorzaak van de overmatige waterplantengroei en blauwalgenbloei.

Om de ecologische waterkwaliteit duurzaam te verbeteren en overlast voor de gebruiksfuncties te voorkomen hebben de gemeente Lelystad en Waterschap Zuiderzeeland in de afgelopen jaren een verkenning van potentiële maatregelen uitgevoerd (gemeente Lelystad, 2018). De maatregelen richten zich zowel op het voorkomen van algenbloei als op het beperken van de overlast voor de recreatie door minder algen en waterplanten. De bevindingen van de analyse hebben geleid tot een lijst met effectieve maatregelen. Deze lijst is voorgelegd aan een klankbordgroep van bewoners en andere betrokkenen.

### Afbakening

In overleg met bewoners en andere betrokkenen zijn vier maatregelen geselecteerd die in potentie als effectief en haalbaar worden gezien, te weten:

- baggeren;
- het aanbrengen van plaatselijke verdiepingen;
- winterdoorspoelen met Markermeerwater;
- het aanleggen van een natuurswemvijver.

Naast deze maatregelen wordt ingezet op 'minder maaien' (zie onderstaand kader). Deze maatregel is in deze rapportage echter niet nader onderzocht.

---

### Minder maaien als maatregel

Naast de bovengenoemde maatregelen is 'minder maaien' als maatregel in beeld bij de gemeente en Waterschap Zuiderzeeland. Om de overlast van waterplanten voor de vaarrecreatie (zeil- en surfsport) te beperken, wordt de onderwatervegetatie sinds 2012 jaarlijks gemaaid. In de afgelopen jaren zijn verscheidene optimalisaties in het maai-beheer (maaien waar noodzakelijk en maaisel gelijktijdig verzamelen) uitgevoerd om de overlast van waterplanten en het maai-beheer voor recreanten en omwonenden te beperken en de ecologische waterkwaliteit te verbeteren. Doel van de optimalisatie is om niet meer te maaien dan noodzakelijk. De uitvoerbaarheid van deze maatregel wordt door de gemeente en het waterschap nader onderzocht. Deze maatregel is geen onderdeel van voorliggende rapportage, maar wordt hier benoemd om de maatregelen in samenhang te kunnen beschouwen.

---

De gemeente Lelystad heeft behoefte aan meer inzicht in de haalbaarheid en effectiviteit van de vier maatregelen om een bestuurlijke keuze te kunnen maken.

## Doel

Het doel van deze haalbaarheidsstudie is een analyse van de haalbaarheid en effectiviteit van de vier maatregelen, waarbij bij elke maatregel wordt ingegaan op het effect op de (ecologische) waterkwaliteit en op de recreatiefuncties, en het beantwoorden van de specifieke onderzoeksvragen bij elke maatregel (zie onderstaand kader). Daarnaast zijn voor elke maatregel de uitvoeringskosten bepaald. Ten slotte is de (recente) ontwikkeling van de waterkwaliteit onderzocht. Deze haalbaarheidsstudie dient als basis voor een bestuurlijke keuze.

---

## Specifieke onderzoeksvragen

De gemeente Lelystad heeft verzocht om de haalbaarheid van de verschillende maatregelen te onderzoeken, maar heeft daarnaast de volgende specifieke onderzoeksvragen meegegeven:

### *Maatregel baggeren*

A: Hoe en waar kan het slib worden verwerkt en wat heeft de voorkeur?

B: Welke baggertechniek(en) zijn geschikt en hebben de voorkeur?

### *Maatregel plaatselijk verdiepen*

A: Met hoeveel meter moet de plas verdiept worden?

B: Wat zijn de consequenties en risico's van verdieping voor de kwel of wegzijgingsstromen?

C: Wat zal de invloed van extra kwel dan wel extra inlaat van Markermeer water, om de wegzijging te compenseren, op de waterkwaliteit zijn?

D: Wat de consequenties zijn voor de gebruiksfuncties?

E: Wat de consequenties zijn voor de stabiliteit van de omringende dijken en woningen?

### *Maatregel winterverversing met Markermeerwater*

A: Is jaarlijkse winterverversing van 't Bovenwater door inlaat van Markermeerwater als maatregel voldoende effectief is om een zomerse blauwalgenbloei te voorkomen

### *Maatregel natuurzwembijver*

A: hoe dient de natuurzwembijver ingericht te worden?

B: hoe groot moeten het zwemareaal van een natuurzwembijver en het compensatiedeel zijn om de zwemwaterfunctie mogelijk te maken?

---

## Leeswijzer

De verdere indeling van de rapportage is als volgt:

- hoofdstuk 2 gaat in op het huidig functioneren van 't Bovenwater, de belangrijkste gebruiksfuncties, de waterkwaliteitsproblemen en de belangrijkste oorzaken hiervan, de vier onderzochte maatregelen ter verbetering van de waterkwaliteit en de recente ontwikkelingen in de waterkwaliteit van 't Bovenwater;
- in de hoofdstukken 3 tot en met 6 wordt de haalbaarheid en effectiviteit van de vier maatregelen beschouwd, waarbij achtereenvolgens wordt ingegaan op de uitgangspunten, de uitwerking, de effecten en de kosten van de maatregelen. Hoofdstuk 3 gaat in op de maatregel baggeren, hoofdstuk 4 op het aanbrengen van plaatselijke verdiepingen, hoofdstuk 5 op winterverversing met Markermeerwater en hoofdstuk 6 op de aanleg van een natuurzwembijver binnen 't Bovenwater;
- hoofdstuk 7 geeft een samenvatting van de effectiviteit en haalbaarheid van de vier maatregelen;
- in hoofdstuk 8 is een referentielijst opgenomen met de belangrijkste literatuur.

# 2

## RECREATIEPLAS 'T BOVENWATER - FUNCTIONEREN EN FUNCTIES

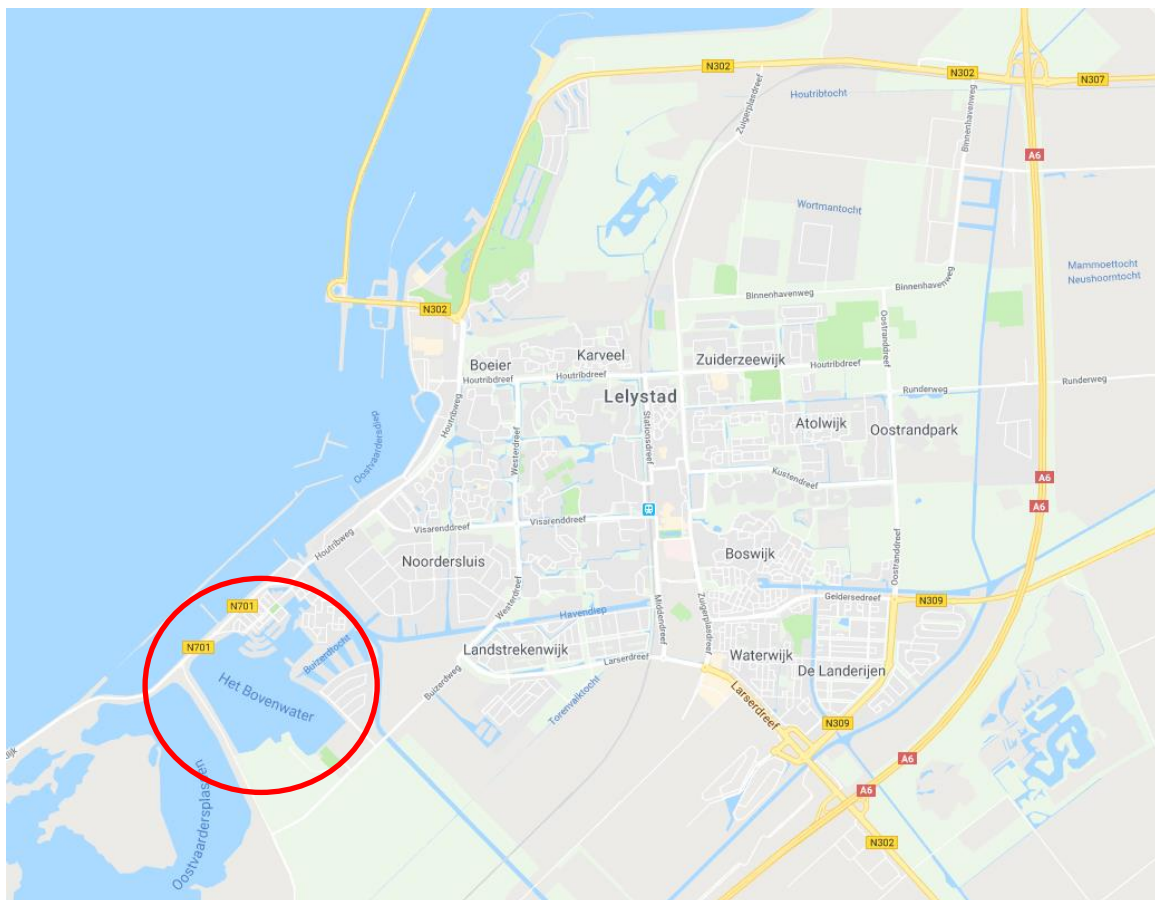
### 2.1 Inleiding

Dit hoofdstuk gaat in op het huidige functioneren van 't Bovenwater, de belangrijkste gebruiksfuncties, de waterkwaliteitsproblemen en de oorzaken, maatregelen ter verbetering van de waterkwaliteit en recente ontwikkelingen in de waterkwaliteit van 't Bovenwater.

### 2.2 Ligging

't Bovenwater is een recreatieplas van ongeveer 135 hectare groot. De plas ligt ten zuidwesten van Lelystad en wordt begrensd door de Houtribweg (N701), de Knardijk, de Buizerdweg en de Lage Dwarsvaart. In het noordoosten van de plas ligt een deel van Lelystad haven en liggen enkele woonwijken.

Afbeelding 2.1 Ligging van recreatieplas 't Bovenwater ten zuidwesten van Lelystad



## 2.3 Gebruiksfuncties

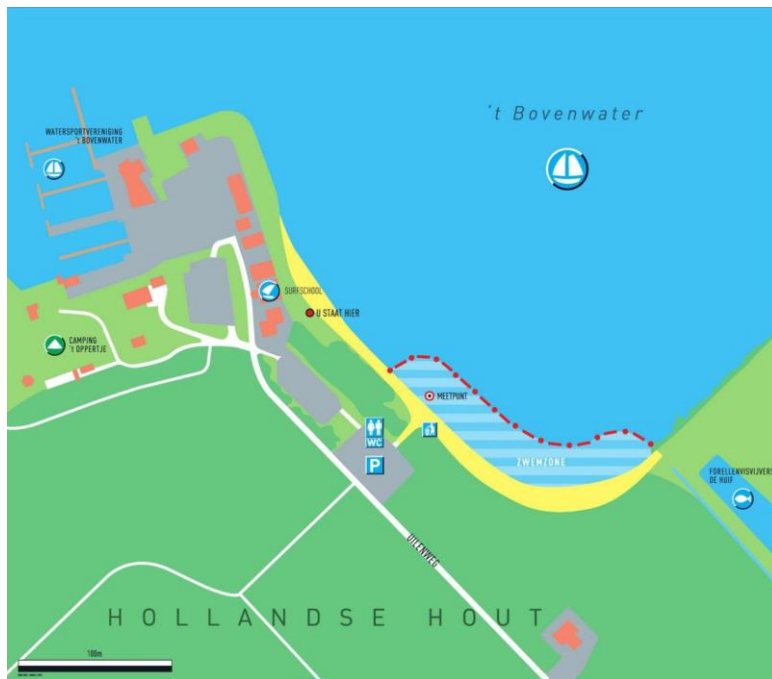
### Zwemwater

In het oostelijk deel van 't Bovenwater is een zwemstrand aangelegd dat is aangewezen als officiële zwemwaterlocatie. De aangewezen zwemwaterzone van ongeveer 12.000 m<sup>2</sup> bevindt zich aan de zuidzijde van het strand en is aangeduid met drijflijnen (rood gearceerd in afbeelding 2.2).

### Recreatieve functie (zeil- en surfsport)

Het westelijk deel van de recreatieplas is ingericht voor de zeilsport. In dit deel van 't Bovenwater bevindt zich een kleine jachthaven en een surfschool. Op de plas worden met enige regelmaat zeilwedstrijden georganiseerd.

Afbeelding 2.2 Schematische weergave van zwemplas en zwemstrand (bron zwemwaterprofiel 2014)



### KRW waterlichaam

't Bovenwater is vanuit de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) aangewezen als waterlichaam. Deze aanwijzing verplicht Waterschap Zuiderzeeland, als waterkwaliteitsbeheerder, om ervoor te zorgen dat de waterkwaliteit aan de gestelde doelen voldoet. De KRW hanteert daarbij een 'stand still' principe, hetgeen inhoudt dat verslechtering van de waterkwaliteit niet is toegestaan.

In 2017 is de waterkwaliteit beoordeeld vanuit de KRW. Daarbij is de kwaliteit van macrofauna als goed beoordeeld, maar de onderwatervegetatie, vis en fytoplankton als matig. Op basis van deze beoordeling zijn maatregelen nodig om de ecologische waterkwaliteit te verbeteren.

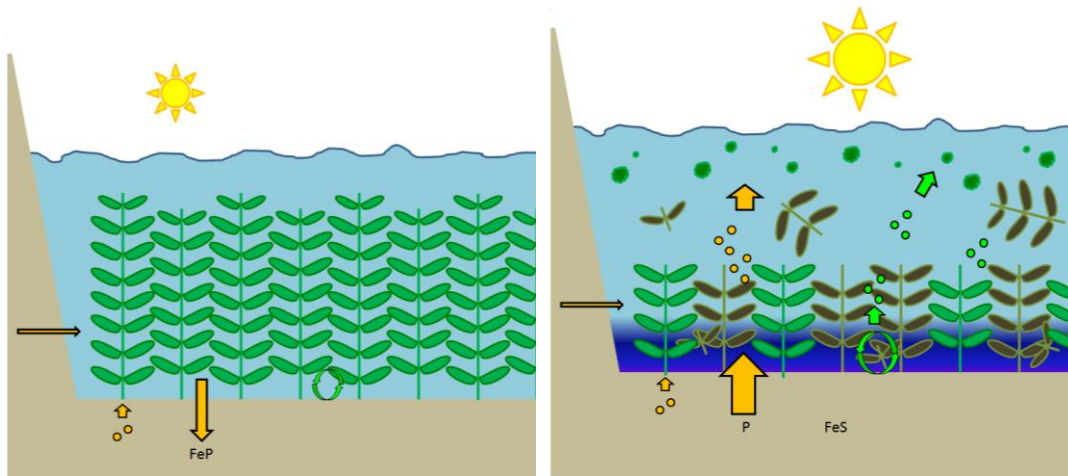
## 2.4 Waterkwaliteit, knelpunten en oorzaken

In recreatieplas 't Bovenwater leveren de ontwikkelingen in de waterkwaliteit vrijwel jaarlijks knelpunten op voor de zwem- en zeilfuncties op de plas. In 2016 is een watersysteemanalyse uitgevoerd om een beter beeld te krijgen van de ontwikkeling van de waterkwaliteit en de oorzaken van de knelpunten voor zwem- en vaarrecreatie. Hieronder geven we een samenvatting van de belangrijkste bevindingen.

### Waarom vormt de waterkwaliteit een knelpunt voor de zwem- en vaarrecreatie?

De plas is in het voorjaar helder en er is sprake van een goede ontwikkeling van ondergedoken waterplantengroei (zie afbeelding 2.3). Tegen het eind van het voorjaar is deze plantengroei dusdanig uitbundig dat deze problemen op begint te leveren voor de zeilsport. Als beheersmaatregel worden de waterplanten gemaaid. In de loop van juni slaat het water om van een heldere planten gedomineerde toestand naar een troebele algen gedomineerde toestand. Deze plotselinge omslag laat zien dat er in deze periode meer nutriënten in het oppervlaktewater terechtkomen dan dat door de waterplanten kunnen worden vastgelegd. Algen maken gebruik van deze beschikbaarheid van nutriënten en komen massaal tot ontwikkeling, waarbij ook toxische algen tot ontwikkeling kunnen komen. De bloei van deze algen hebben tot gevolg dat de zwemfunctie van de recreatieplas onder druk komt te staan.

Afbeelding 2.3 Schematische illustratie van de ontwikkelingen in de waterkwaliteit in 't Bovenwater. Links de situatie met uitbundige plantengroei in het voorjaar. Rechts de situatie met nalevering en ontwikkeling van algen aan het begin van de zomer (afkomstig uit systeemanalyse rapportage Witteveen+Bos, 2016)



### Wat zijn de belangrijkste oorzaken?

De waterkwaliteitsproblemen zijn het gevolg van een nutriëntenbelasting op 't Bovenwater die hoger is dan de draagkracht, of kritische belasting, van het watersysteem. Deze nutriëntenbelasting komt niet zozeer door de huidige externe belasting (belasting van buitenaf) als gevolg van aanvoer van nutriënten met inlaatwater, maar bestaat vooral uit interne belasting (belasting vanuit het watersysteem zelf) door nalevering van fosfaat vanuit de waterbodem naar het oppervlaktewater. De nalevering vanuit de bodem verloopt onder invloed van zuurstofgehalte en pH:

- als gevolg van zuurstofconsumptie bij de afbraak van organisch materiaal kan zuurstofloosheid optreden langs de waterbodem. Dit kan leiden tot het vrijkomen van het aan ijzer gebonden fosfaat in de waterbodem. Naar verwachting treedt dit effect in 't Bovenwater op in dichte vegetaties en door afbraak van afgestorven plantenmateriaal en maaisel;
- bij hun groei gebruiken waterplanten en algen  $\text{CO}_2$  en/of bicarbonaat als bron van koolstof. Als gevolg hiervan neemt de pH toe. Hogere pH gehalten kunnen leiden tot het (verder) vrijkomen van het aan ijzer gebonden fosfaat in de waterbodem.

Het fosfaatgehalte in het oppervlaktewater loopt sterk op kort voordat het watersysteem omslaat van de heldere naar de troebele, algen gedomineerde toestand. Er is daardoor duidelijk sprake van een reactie in waterkwaliteit op nalevering van fosfaat uit de waterbodem. Naar verwachting wordt de nalevering beïnvloed door zowel zuurstofgehalte als pH.

---

In de analyse is niet ingegaan op de dominantie van bodemprocessen in de nalevering, onder andere omdat onvoldoende gegevens beschikbaar waren om de dominantie te kunnen duiden.

---

## 2.5 Zwemwaterkwaliteit

Om de effecten van potentiële maatregelen op de zwemwaterkwaliteit te kunnen duiden is onderstaand een beschrijving gegeven van de huidige zwemwaterkwaliteit.

### Huidige situatie

Voor de beschouwing van de huidige situatie is gebruik gemaakt van het in 2014 opgestelde zwemwaterprofiel van 't Bovenwater (Arcadis, 2014) en waterkwaliteitsdata van Waterschap Zuiderzeeland. Hierin wordt beschreven welke waterkwaliteitsproblemen de zwemwaterlocatie heeft en wat de mogelijke oorzaken hiervan zijn. Aan de hand hiervan zijn de relevante zwemwaterparameters geïdentificeerd. De beoordeling van een zwemwaterprofiel richt zich vooral op zaken die gezondheidsrisico's met zich meebrengen, zoals de bacteriële waterkwaliteit en de kans op blauwalgen.

### Bezoekersaantallen

Volgens het zwemwaterprofiel ontvangt het zwemstrand op een drukke dag ongeveer 200 bezoekers.

### Beheer en onderhoud

Het dagelijkse beheer van zwemstrand 't Bovenwater wordt uitgevoerd door de gemeente Lelystad. Huisdieren zijn verboden op het strand en er mag niet gevist worden. Wel zijn er af en toe watervogels bij de plas te vinden. Prullenbakken en sanitair zijn aanwezig op het strand en het strand maakt een schone en goed onderhouden indruk. Op het strand zijn gemaaide grasoevers, maar er is vrijwel geen oevervegetatie rond de zwemlocatie. In de zomer worden de waterplanten (fonteinkruid, kranswieren) gemaaid en het strand wordt regelmatig geëgaliseerd.

### Hydromorfologie

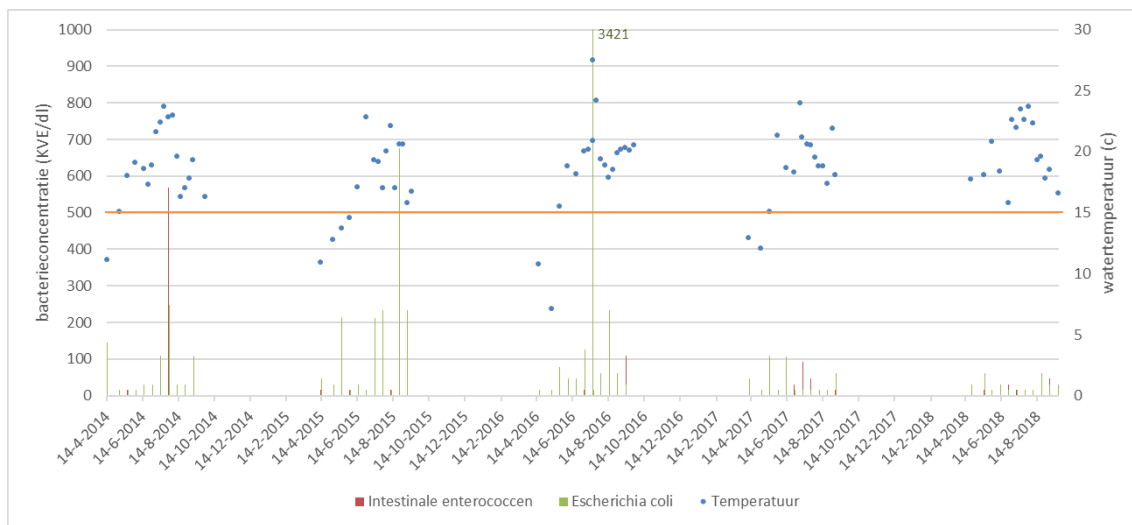
't Bovenwater staat niet rechtstreeks in verbinding met ander oppervlaktewater en kan daardoor worden beschouwd als een geïsoleerde plas. De aanvoer van water bestaat uit neerslag, deels afkomstig uit stedelijk gebied, en water dat via een hevel uit het Markermeer wordt ingelaten. Via een stuw, noordoostelijk gelegen van de plas, kan er water worden uitgelaten. Vooral in het zuidelijke deel van de plas vindt er hierdoor weinig doorstroming plaats. 't Bovenwater heeft een gemiddelde diepte van 1,25 meter en is daarmee relatief ondiep voor zwemwater.

### Gezondheidsrisico's

#### Bacteriologische waterkwaliteit

In afbeelding 2.4 zijn de concentraties *E. coli* en intestinale enterococci in 't Bovenwater in de zomers van 2014 tot 2018 weergegeven. In de zomers van 2014, 2015 en 2016 zijn verhoogde bacterieconcentraties waargenomen, met als hoogste uitschieter de concentratie *E. coli* op 18 juli 2016. Sinds 2016 lijkt sprake van een duidelijke verbetering in de bacteriologische waterkwaliteit.

Afbeelding 2.4 Concentratie *E. coli* (KVE/100ml), intestinale enterococci ((KVE/100ml) en watertemperatuur (°C). De gele lijn betreft de 95-percentiel norm voor beoordeling 'uitstekend' (bron Waterschap Zuiderzeeland)



Naast de metingen die door het waterschap zijn uitgevoerd, is er ook met behulp van het model ZWEMPROF een schatting gemaakt van de invloed van verschillende factoren op de zwemwaterkwaliteit (bijlage V). Het model houdt rekening met zowel potentiële lokale bronnen als (continue) bronnen uit de omgeving. Lokale bronnen kunnen het aantal bezoekers zijn en de aanwezigheid van (huis)dieren en schepen.

Bij de effect bepaling wordt in het model rekening gehouden met de dimensie van het watersysteem, de intensiteit van de bron (mate van verontreiniging) en de afstand tot de bron.

Uit het model blijkt dat vrijwel geen van de potentiële bronnen invloed hebben op het zwemwater. Er wordt hierdoor geen bacteriële verontreiniging verwacht. Het risico van fecale verontreiniging rond de plas en binnen de zwemzone is beperkt doordat er ter plaatse sanitair aanwezig is en honden verboden zijn op het strand. De kans op fecale verontreiniging vanuit de omgeving (jachthaven, landbouwhuisdieren) is ook klein door de afstand en de geringe doorstroming van de plas. Ook de invloed van menselijke activiteiten in de woonwijken aan het water (tuin bemesten, bestrijdingsmiddelen) wordt klein geacht. Uit het model komt wel naar voren dat er een grotere kans is op bacteriële problemen bij een hoger bezoekersaantal.

### Blauwalgen

In het zwemwaterprofiel wordt 't Bovenwater beschreven als een blauwalg gevoelig strand. Ondanks de aanwezigheid van ondergedoken waterplanten, zijn er tussen 2010-2013 verhoogde blauwalg concentraties gemeten, wat heeft geleid tot een waarschuwing en/of zwemverbod. Het chlorofyl-A gehalte lag in deze periode boven de norm. De woonwijken in het noordwesten van de plas hebben vooral last van blauwalgen (drijfslagen). Het water is troebel en de zuurgraad ligt continu vrij hoog (gemiddeld 9,1). Een stijging van het pH-gehalte kan worden veroorzaakt door waterplanten en algen bij het opnemen van CO<sub>2</sub>.

Algen groeien bij hoge fosfaatgehalten in het water. De aanwezigheid van algen heeft daarom te maken met de nutriëntenbelasting in de plas. Mogelijke oorzaken van een hoge nutriëntenbelasting voor 't Bovenwater zijn:

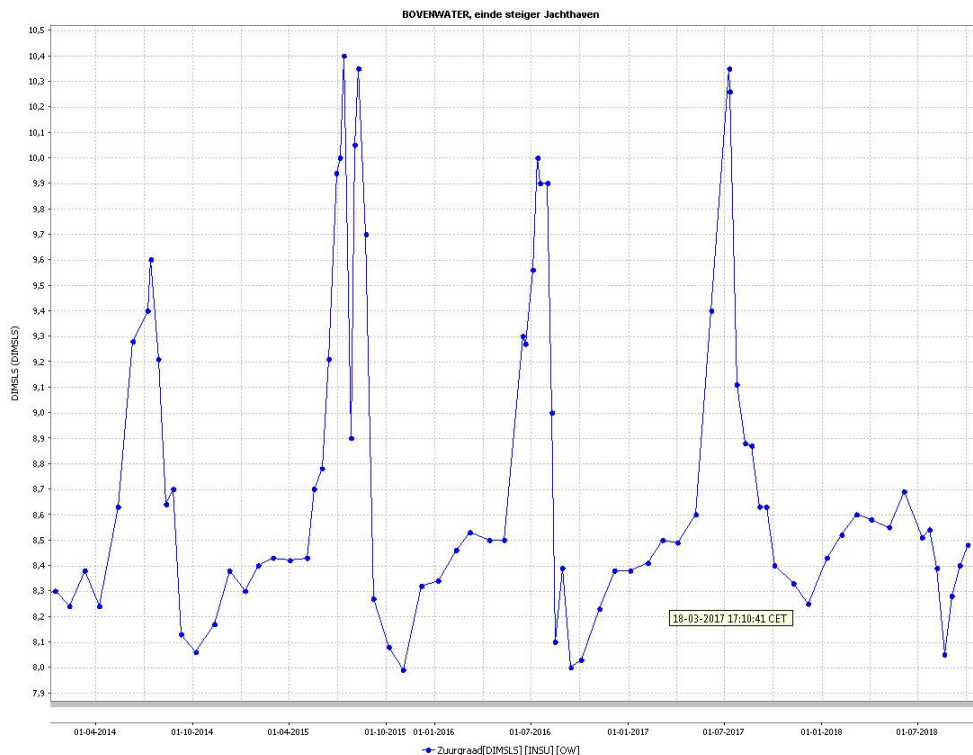
- het inlaten van nutriëntenrijk water uit Markermeer;
- het maaien van waterplanten (waarmee algen concurreren);
- de nutriënten voorraad in de aanwezige sliblaag;
- de beperkte waterdiepte houdt nutriënten biologisch beschikbaar.



## 2.6 Ontwikkelingen in waterkwaliteit in 2018

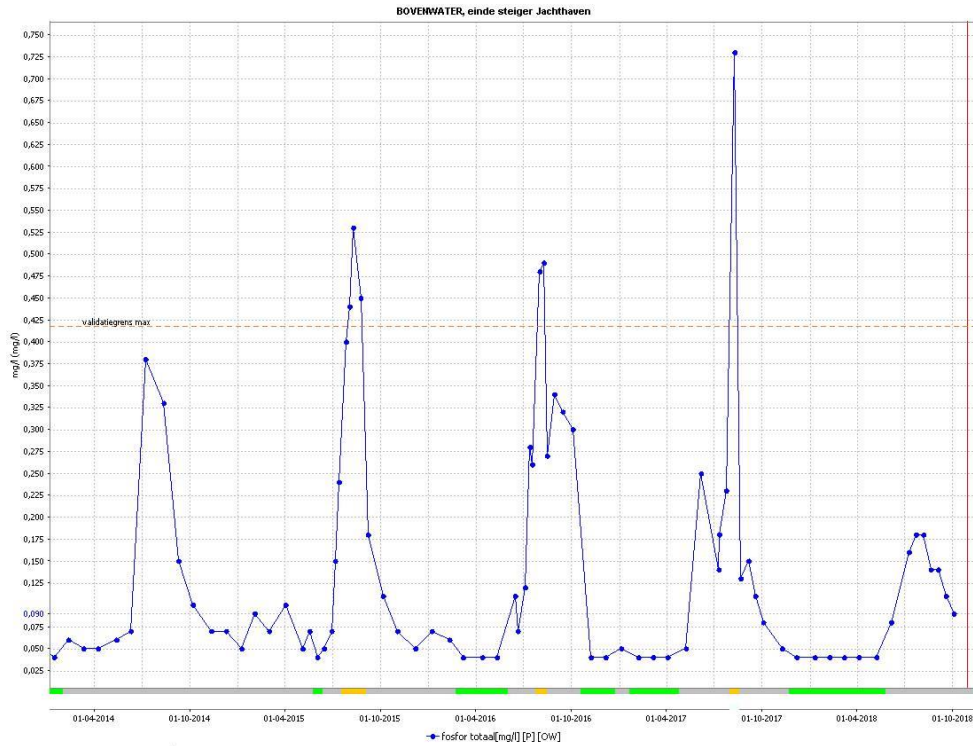
De zomer van 2018 is in meteorologische zin bijzonder verlopen: het was erg warm met uitzonderlijk weinig neerslag. Ook de waterkwaliteit in 't Bovenwater is deze zomer uitzonderlijk gebleken. Gedurende het voorjaar is de ontwikkeling van waterplanten beperkt gebleven, waardoor er zeer weinig gemaaid hoefde te worden. Daarnaast zijn er geen pieken in fosfaat en pH waargenomen en ook het chlorofyl gehalte is laag gebleven waarbij er geen grote algenbloei is opgetreden. Bezien vanuit de reeksen van waterkwaliteitsparameters over de afgelopen jaren (afbeeldingen 2.5 tot en met 2.8) zijn de waarnemingen in 2018 opvallend. In de afbeeldingen is te zien dat de jaren 2014 tot 2016 over het algemeen op elkaar lijken, met jaarlijks duidelijke pieken in pH, fosfaatgehalten, chlorofyl en toxische blauwalgen. De jaren 2017 en 2018 geven een afwijkend beeld. In beide jaren is het fosfaatgehalte lager dan in voorgaande zomers, met uitzondering van één meting. Deze ene meting volgt kort na een piek in pH, wat aannemelijk maakt dat de verhoogde concentratie een gevolg is van nalevering uit de waterbodem onder invloed van pH. In afbeelding 2.8 zien we dat de verhoogde fosfaatconcentratie zich vertaalt in een toename in chlorofyl, maar dat de chlorofyl concentratie relatief beperkt blijft en evenals de concentratie toxische blauwalgen. De verbetering die in 2017 zichtbaar is ten opzichte van de voorgaande jaren heeft zich in 2018 voortgezet. In 2018 zijn geen sterke toenames in fosfaatgehalte, pH en chlorofyl waargenomen. Dit duidt erop dat de nutriëntenbelasting op 't Bovenwater in 2018 onder de kritische grenzen van het watersysteem is gebleven, waardoor er geen omslag naar de troebele toestand heeft plaatsgevonden. Er is de laatste jaren duidelijk sprake van een verbetering in waterkwaliteit. Op basis van de concentraties aan blauwalgen lijkt deze al gaande te zijn sinds 2015 (afbeelding 2.8). De goede waterkwaliteit past binnen de algehele verbetering in de waterkwaliteit die de afgelopen jaren is waargenomen. Mogelijk dat de gunstige situatie in 2018 nog is versterkt door de uitzonderlijke meteorologische situatie.

Afbeelding 2.5 Verloop van pH op 't Bovenwater sinds begin 2014

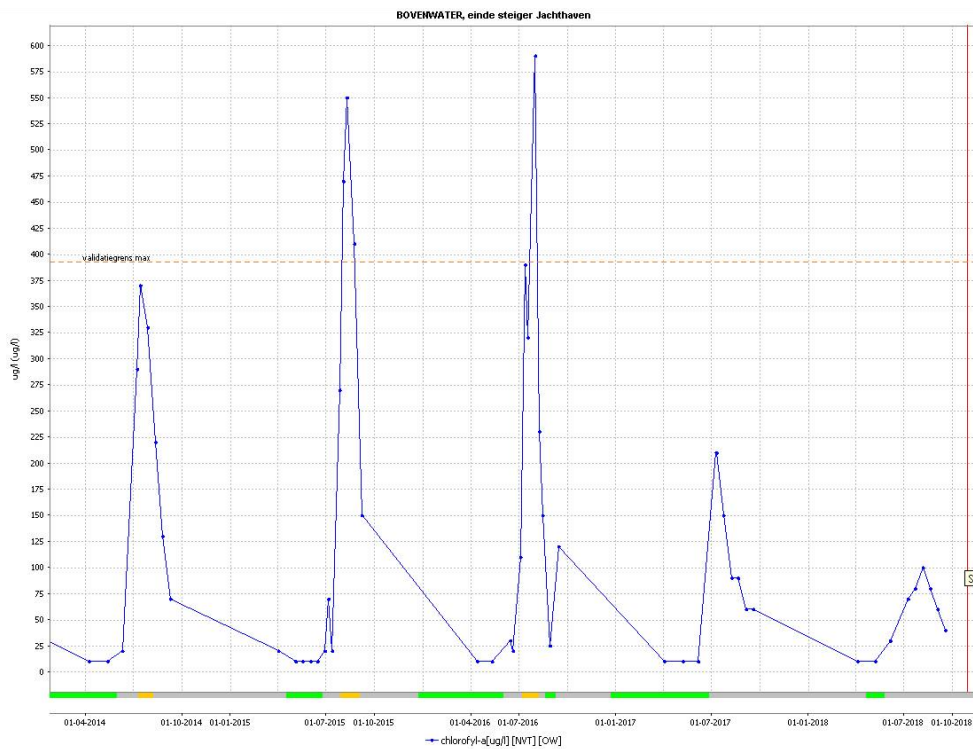




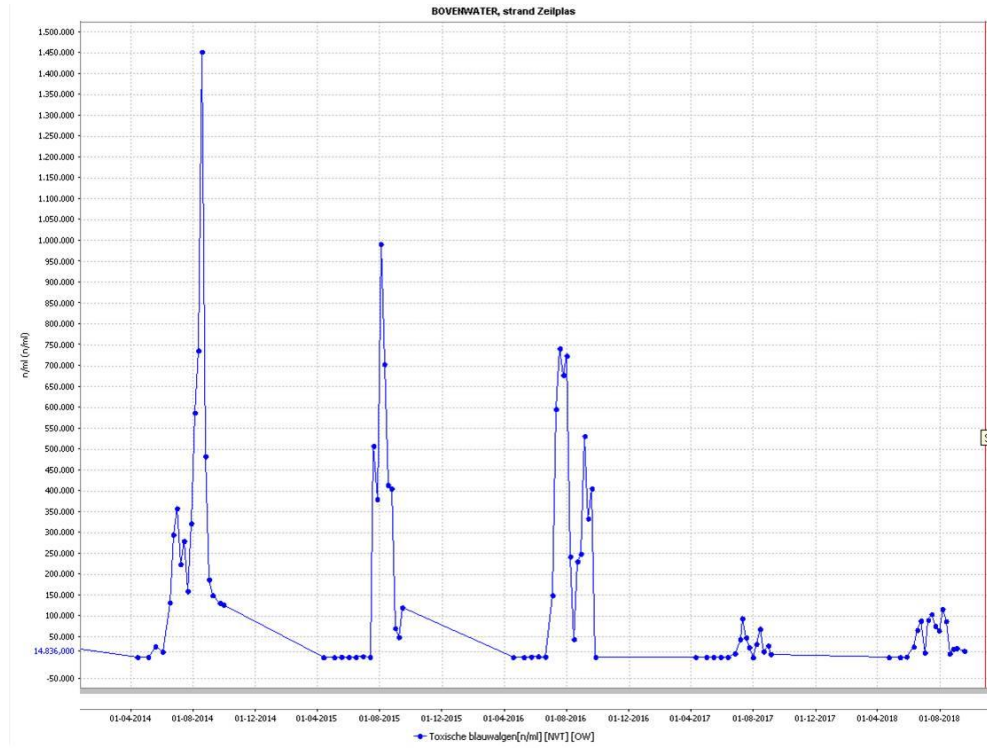
Afbeelding 2.6 Ontwikkelingen in fosfaatgehalte in 't Bovenwater sinds begin 2014



Afbeelding 2.7 Ontwikkelingen in chlorofyl-gehalte in 't Bovenwater sinds begin 2014



Afbeelding 2.8 Ontwikkelingen in gehalten aan toxische blauwalg in 't Bovenwater sinds begin 2014



# 3

## MAATREGEL BAGGEREN

### 3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zijn de belangrijkste bevindingen weergegeven voor de haalbaarheid van de maatregel baggeren van de aanwezige sliblaag in 't Bovenwater. Eerst gaan we in op de achtergrond van de maatregel, vervolgens op algemene bevindingen en ten slotte op de beantwoording van onderzoeksvragen. De achterliggende analyse is opgenomen in bijlage I.

#### Achtergrond

In de afgelopen decennia slaat 't Bovenwater vrijwel jaarlijks om van een heldere plantenrijke naar een troebele algen gedomineerde toestand. Deze omslag vindt plaats op het moment dat de totale nutriëntenbelasting (externe en interne belasting) hoger wordt dan de kritische grens (draagkracht) van het watersysteem. De uitgevoerde systeemanalyse heeft laten zien dat interne belasting door nalevering vanuit de waterbodem een belangrijke rol speelt in de overschrijding van de draagkracht.

---

#### Beoogd effect van baggeren

Nalevering ontstaat onder meer door afbraak van organisch materiaal dat in de slibvoorraden in de plas aanwezig is. Waarnemingen suggereren dat de algenbloei zich ieder jaar als eerste in de jachthaven manifesteert en dat dit de startkern vormt voor algenbloei in de rest van 't Bovenwater. Een mogelijke oorzaak is nalevering vanuit de slibvoorraad die binnen de jachthaven aanwezig is. Door de slibvoorraden te verwijderen zou de nalevering kunnen worden verminderd en daarmee zou wellicht het moment waarop de kritische grens wordt overschreden pas later in het seizoen, of zelfs helemaal niet, worden bereikt

---

### 3.2 Uitkomsten haalbaarheidsstudie

#### 3.2.1 Algemene bevindingen

Het baggeren is erop gericht om de nalevering van nutriënten vanuit het slib te verminderen. Deze nalevering ligt aan de basis van de jaarlijkse omslag van helder naar troebel. Door slib te verwijderen kan de nalevering beperkt worden. Als gevolg hiervan zullen algen minder snel tot ontwikkeling komen. Waterplanten kunnen zich juist langer handhaven. Door de verminderde algenontwikkeling wordt de overlast voor zwemmers beperkt. De overlast van waterplanten voor de zeilsport kan juist (licht) toenemen.

Het effect van het baggeren op de nalevering van nutriënten is mede afhankelijk van de nalevering uit de waterbodem die overblijft na het baggeren. Als alleen de toplaag van het slib wordt afgevoerd (zoals in het scenario, waarbij alleen sliblagen dikker dan 20 cm worden afgevoerd), zal het effect op de nalevering naar verwachting zeer beperkt zijn. Er blijft dan veel slib achter. Daarom adviseren we bij inzet van de maatregel baggeren te kiezen voor verwijdering van alle slib. Hiervan wordt wel effect verwacht.

Omdat er geen zicht is op een nuttige toepassing van slib op een locatie nabij 't Bovenwater is uitgegaan van het mechanisch verwijderen van slib en van afvoer van het slib per vrachtwagen. Dit maakt het baggeren zeer kostbaar.

Vanuit kostenoverweging is hydraulische verwijdering en verpompen naar een nabijgelegen ontvangstlocatie het gunstigst. Omdat de baggerspecie uit 't Bovenwater is beoordeeld als 'Wonen en Industrie' is deze alleen toepasbaar in het Hollandse Hout indien er sprake is van een nuttige toepassing. Vooral nog is er geen zicht op een dergelijke nuttige toepassing, waardoor verwerking in het Hollandse Hout afvalt. Voor andere verwerkingslocaties is transport per as nodig, waardoor het effectiever is om de baggerspecie mechanisch te verwijderen.

Tabel 3.1 Beoordeling van de haalbaarheid van verwijdering van alle slib

Beoordelingsaspect	Score	Toelichting
technische haalbaarheid	+	de technische haalbaarheid van de maatregel baggeren is groot
kans dat beoogd doel bereikt wordt	+	verwijdering van slib zal de interne nalevering verlagen. De verminderde nalevering draagt bij aan het voorkomen van de omslag naar de algengedomineerde toestand en zal er naar verwachting toe bij dragen dat de omslag pas later in het zwemseizoen plaatsvindt
risico's	0	
kosten	---	de kosten van deze maatregel zijn zeer hoog. De kosten worden geraamd op EUR 5.150.000 bij afvoer van vrijgekomen bodemmateriaal.
overige aspecten	-	er moet rekening gehouden worden met overlast voor omwonenden bij afvoer van baggerspecies met vrachtwagens

Tabel 3.2 Beoordeling van effecten op de gebruiksfuncties

Gebruiksfunctie	Effect	Effectbeschrijving
zwemwaterfunctie		
· tijdens uitvoering	-	verstoring door aanwezigheid materieel en vertroebeling
· na uitvoering	+	versterking kwaliteit voor zwemfunctie door minder algen (door vermindering nalevering van nutriënten vanuit het slib)
zwemwaterkwaliteit		
· milieuhygiëne	0	geen verandering verwacht
· blauwalgen	+	daling kans op blauwalgen (door vermindering nalevering van nutriënten vanuit het slib)
recreatiefunctie (zeil- en surfsport)		
· tijdens uitvoering	-	verstoring door aanwezigheid materieel
· na uitvoering	-	mogelijkheid van toename van waterplantenoverlast door versterking competitievoordeel van waterplanten t.o.v. algen

### 3.2.2 Beantwoording van de onderzoeksvragen

#### Onderzoeksvraag A: Hoe en waar kan het slib worden verwerkt en wat heeft de voorkeur?

Voor deze vraag is de milieuhygiënische kwaliteit van het slib van belang. Specie die voldoet aan de achtergrondwaarde is vrij verspreidbaar. Deze is medio 2018 onderzocht. De toetsing voor 't Bovenwater laat zien dat de kwaliteit voldoet voor Wonen en Industrie (metalen), maar niet voldoet aan de achtergrondwaarde. Daarmee is de baggerspecie niet geschikt voor verspreiding op het land, behalve in een nuttige toepassing. Er is geen zicht op een nuttige toepassing in de nabijheid van 't Bovenwater, waardoor voor de verwerking naar externe locaties gekeken moet worden. Op dit moment zijn Landgoed Noorderhoek en de Markerwadden geschikte verwerkingslocaties.

### Onderzoeksvraag B: Welke baggertechniek(en) zijn geschikt en hebben de voorkeur?

Dit antwoord hangt af van de beschikbaarheid van geschikte verwerkingslocaties nabij 't Bovenwater. Zolang er geen locaties nabij 't Bovenwater beschikbaar zijn waar baggerspecie naartoe verpompt kan worden, zal de baggerspecie per vrachtwagen getransporteerd moeten worden. Vanwege de overslag die daarbij nodig is, vervalt hydraulisch baggeren als optie. Om deze reden heeft een mechanische verwijdering met een kraan en schuifboten de voorkeur.

# 4

## MAATREGEL PLAATSELIJK VERDIEPEN

### 4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zijn de belangrijkste bevindingen weergegeven voor de haalbaarheid van de maatregel plaatselijk verdiepen van 't Bovenwater. Eerst gaan we in op de achtergrond van de maatregel, vervolgens op algemene bevindingen en ten slotte op de beantwoording van onderzoeksvragen. De achterliggende analyse is opgenomen in bijlage II.

#### Achtergrond

Voor de waterkwaliteit van meren en plassen speelt de waterdiepte een belangrijke rol. De waterdiepte is bijvoorbeeld direct bepalend voor de kans op plantengroei (hoe ondieper hoe groter de kans op planten en de beschikbaarheid van nutriënten voor algen (in diepe plassen met een zogenaamde spronglaag is de beschikbaarheid van nutriënten veel lager dan in ondiepe plassen). Met plaatselijke verdiepingen kan de waterkwaliteit worden verbeterd (door een verminderde beschikbaarheid van nutriënten) en de plantengroei worden tegengegaan (doordat een deel van het water te diep wordt voor planten).

---

In diepe meren en plassen ontstaat jaarlijks een spronglaag als gevolg van temperatuurverschillen (warmer aan het oppervlak, kouder in de diepte). Op een gegeven moment zijn de temperatuurverschillen zo groot dat de ondiepe warme bovenlaag en de diepe koude onderlaag niet meer mengen (koud water is zwaarder dan warm water). Het gevolg is dat deeltjes (nutriënten, algen) die uitzakken naar de onderlaag gedurende het groeiseizoen niet meer beschikbaar zijn voor algengroei. Dit is positief voor de waterkwaliteit.

---

### 4.2 Uitkomsten haalbaarheidsstudie

#### 4.2.1 Algemene bevindingen

De aanleg van de verdiepingen zal tot gevolg hebben dat een groot deel van de nutriëntenbelasting op 't Bovenwater in de diepe delen verdwijnt en daardoor in het groeiseizoen niet langer beschikbaar is voor algengroei. Als gevolg hiervan neemt de productie van zowel waterplanten als algen flink af. Daarnaast wordt het begroeibaar areaal voor waterplanten aanzienlijk verkleind. Beide aspecten hebben een positieve uitwerking op de zwem- en zeilfuncties.

Om effectieve verwijdering van nutriënten te verkrijgen, moeten de verdiepingen diep genoeg en groot genoeg zijn voor stratificatie (de hierboven beschreven gelaagdheid). De analyse heeft laten zien dat hiervoor een verdieping van 15 meter nodig is met een oppervlak van 10 tot 20 % van het bodemoppervlak van 't Bovenwater (13,5 tot 27 ha). Bij aanleg van dergelijke verdiepingen kan een substantiële verbetering van de waterkwaliteit verwacht worden. Door de aanleg van deze verdiepingen zal 't Bovenwater in open verbinding met het eerste watervoerende pakket komen te staan, hetgeen mogelijk effecten op het chloride- en nutriëntengehalte in 't Bovenwater kan hebben. Dit is een belangrijk risico.

Bij de aanleg van verdiepingen zullen zeer grote hoeveelheden bodemmateriaal worden verwijderd.

Doordat 't Bovenwater niet bereikbaar is per schip zal het verwijderde materiaal per vrachtwagen moeten worden afgevoerd, hetgeen hoge kosten met zich meebrengt. De aanleg van verdiepingen is daardoor de duurste van de beschouwde maatregelen.

Tabel 4.1 Beoordeling van de haalbaarheid van de maatregel plaatselijk verdiepen

Beoordelingsaspect	Score	Toelichting
technische haalbaarheid	+	de aanleg van de verdiepingen is technisch goed uitvoerbaar. Omdat de plas niet per schip bereikbaar is, wordt de afvoer van vrijgekomen materiaal wel bemoeilijkt. Dit komt tot uitdrukking in de kostenraming
kans dat beoogd doel bereikt wordt	+	bij aanleg van een verdieping over tenminste 10 % van het bodemoppervlak mag een substantieel positief effect van de verdieping op de waterkwaliteit verwacht worden
risico's	--	aansnijden van grondwaterlagen kan leiden tot een tijdelijke aanvoer van (veel) nutriënten en chloride wat van belang is voor de waterkwaliteit. Dit kan een deel van het positieve effect tenietdoen. Dit hebben we niet uitgebreid onderzocht vanwege ontbreken van meetgegevens. Daarnaast kan het leiden tot extra wegzijging
kosten	---	de kosten van deze maatregel zijn zeer hoog. Bij hergebruik van het vrijgekomen materiaal binnen de plas worden de kosten geschat op EUR 8.300.000. De kosten worden geraamd op EUR 27.000.000 bij afvoer van vrijgekomen bodemmateriaal
overige aspecten	--	er moet rekening gehouden worden met veel overlast voor omwonenden bij afvoer van bodemmateriaal met vrachtwagens

Tabel 4.2 Beoordeling van effecten op de gebruiksfuncties

Gebruiksfunctie	Effect	Effectbeschrijving
zwemwaterfunctie		
· tijdens uitvoering	-	verstoring door aanwezigheid materieel en vertroebeling
· na uitvoering	++	effectieve verbetering zwemwaterkwaliteit doordat er geen blauwalgenbloei meer optreedt
zwemwaterkwaliteit		
· milieuhygiëne	0	geen verandering verwacht
· blauwalgen	+	positieve uitwerking door optreden nutriëntental
recreatiefunctie (zeil- en surfsport)		
· tijdens uitvoering	-	verstoring door aanwezigheid materieel
· na uitvoering	+	minder overlast te verwachten van planten (deels doordat planten op minder plekken kunnen groeien, deels door een daling van de groei)

## 4.2.2 Beantwoording van de onderzoeksvragen

### Onderzoeksvraag A: Met hoeveel meter moet de plas verdiept worden?

Voor een substantiële verbetering van de waterkwaliteit is stratificatie (gelaagdheid) nodig. Om gelaagdheid in de waterkolom te bereiken is een verdieping van 10 tot 15 meter nodig. Om er zeker van te zijn dat gedurende het gehele zomerhalfjaar een ruime diepe koude waterlaag onder de spronglaag aanwezig is, adviseren we om een diepte van 15 meter als uitgangspunt te nemen voor de aanleg van verdiepingen in 't Bovenwater.

**Onderzoeksvraag B: Wat zijn de consequenties en risico's van verdieping voor de kwel of wegzijgingsstromen?**

verdiepingen resulteert in een toename in wegzijging. Mogelijk treedt er daarnaast lokaal extra kwel op. Het netto-effect zal echter neerkomen op extra wegzijging. Daarnaast moet er rekening mee worden gehouden dat er direct na het graven van de verdiepingen sprake van toestroom van grondwater. De omvang van de netto wegzijging is nu niet gekwantificeerd omdat daar onvoldoende gegevens voor beschikbaar zijn.

**Onderzoeksvraag C: Wat zal de invloed van extra kwel dan wel extra inlaat van Markeermeer water, om de wegzijging te compenseren, op de waterkwaliteit zijn?**

Extra inlaat voor compensatie van wegzijging zorgt voor extra belasting van 't Bovenwater met nutriënten en sulfaat. De omvang van deze extra belasting is niet gekwantificeerd. De extra inlaat is onwenselijk vanwege de nadelige invloed op de waterkwaliteit.

**Onderzoeksvraag D: Wat de consequenties zijn voor de gebruiksfuncties?**

De verdieping zal een positief effect hebben op de gebruiksfuncties omdat de groei van waterplanten en algen afneemt. Op basis van de huidige verkenning is geen volledig uitsluitel te geven over de ecologische waterkwaliteit na verdieping. Daarvoor is nadere uitwerking nodig.

**Onderzoeksvraag E: Wat de consequenties zijn voor de stabiliteit van de omringende dijken en woningen?**

De stabiliteit van de omgeving wordt niet aangetast zolang niet te dicht bij de oevers wordt gegraven en een onderwatertalud van 1:4 wordt aangehouden. Wanneer deze hellingshoek voor het talud wordt aangehouden ontstaat een zoekgebied voor aanleg van verdiepingen dat ruim groter is dan de benodigde minimale afmeting van de verdiepingen (13,5 ha). Aanleg van verdiepingen binnen het zoekgebied heeft geen consequenties voor de stabiliteit van de omgeving.



# 5

## MAATREGEL WINTERVERVERSING MET MARKERMEERWATER

### 5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zijn de belangrijkste bevindingen weergegeven voor de haalbaarheid van de maatregel winterverversing van 't Bovenwater met Markermeerwater. Eerst gaan we in op de achtergrond van de maatregel, vervolgens op algemene bevindingen en ten slotte op de beantwoording van onderzoeksvragen. De achterliggende analyse is opgenomen in bijlage III.

#### Achtergrond

Binnen de systeemanalyse voor 't Bovenwater is vastgesteld dat er in het voorjaar een nalevering van nutriënten uit de waterbodem op gang komt, waarvoor het oplopen van de pH in het porievocht een trigger zou kunnen zijn. Het inlaten van bicarbonaatrijk Markermeerwater kan deze nalevering mogelijk verminderen, als dit invloed heeft op de pH in het porievocht.

---

Binnen de systeemanalyse voor 't Bovenwater is vastgesteld dat er in het voorjaar een nalevering van P uit de waterbodem op gang komt. Het is onzeker of deze nalevering vooral wordt geïnitieerd door het optreden van zuurstofloosheid aan de waterbodem of door het oplopen van de pH in het voorjaar. Beide mechanismen zorgen ervoor dat fosfaat, dat in de bodem aan ijzer gebonden is, vrij kan komen. Beide mechanismen treden gelijktijdig op in 't Bovenwater, maar het ontbreekt aan inzicht wat de belangrijkste trigger is. De heer H. Hosper vermoedt een hoofdrol voor de pH en heeft het doorspoelen met gebufferd Markermeerwater daarom in de klankbordgroep ingebracht als maatregel. Doorspoelen met gebufferd water is eerder succesvol toegepast bij het herstel van het Veluwemeer.

Het water in 't Bovenwater is sinds de aanleg 'zacht' geworden door neerslag (relatief lage bicarbonaat concentraties). Onder invloed van algen- en plantengroei neemt de pH in de zomer toe waarbij pieken tot boven pH 10 optreden. Dit heeft mogelijk gevolgen voor de binding van fosfaat in de bodem. Bij hoge pH (> 10) kan fosfaat vrijkomen uit de bodem hetgeen overmatige (blauw)algengroei tot gevolg heeft. In dit hoofdstuk wordt verkend of het inlaten van 'harder' Markermeerwater een oplossing voor dit probleem kan zijn.

---

### 5.2 Uitkomsten haalbaarheidsstudie

#### 5.2.1 Algemene bevindingen

Winterverversing met Markermeerwater is erop gericht om het bicarbonaatgehalte in het porievocht van het slib te verhogen. Hiermee wordt voorkomen dat de pH in het porievocht oploopt met als gevolg nalevering van nutriënten uit het slib.

De waterkwaliteit van het bodemvocht wordt met name bepaald door bodemprocessen en veel minder door de samenstelling van het oppervlaktewater. Dit geldt ook voor het bicarbonaatgehalte in het bodemvocht. Experts bevestigen dit. Als gevolg hiervan verwachten we dat het effect van de winterverversing met Markermeerwater op de nalevering van nutriënten verwaarloosbaar is.

De inlaat van Markermeerwater ten behoeve van winterverversing zorgt niet alleen voor aanvoer van bicarbonaat, maar ook voor aanvoer van nutriënten en sulfaat vanuit het Markermeer. Dit is onwenselijk en leidt tot een groot risico op een verslechtering van de ecologische waterkwaliteit. De kans op algengroei neemt toe. Ook planten zouden kunnen profiteren van de toename van nutriënten. De inlaat van nutriënten en sulfaat leidt in de toekomst bovendien tot een grotere nalevering van nutriënten vanuit het slib.

Deze maatregel is ongunstig voor de ecologische waterkwaliteit (door meer nutriënten), de zwemfunctie (toename algen) en/of voor de vaarrecreatie (toename planten). De competitie tussen waterplanten en algen bepaalt of de verhoogde externe belasting leidt tot een toename van algen en/of planten. De maatregel winterverversing met Markermeerwater is technisch goed haalbaar en is de goedkoopste maatregel van de vier beschouwde maatregelen.

Tabel 5.1 Beoordeling van de haalbaarheid van de maatregel winterverversing met Markermeerwater

Beoordelingsaspect	Score	Toelichting
technische haalbaarheid	+	technisch goed haalbaar mits de capaciteit van stuw en duiker richting het Hollandse Hout wordt vergroot
kans dat beoogd doel bereikt wordt	--	er wordt slechts een verwaarloosbaar effect van winterverversing op de nalevering van nutriënten vanuit het slib verwacht. De toename van externe nutriëntenbelasting en aanvoer van sulfaat leidt in de toekomst juist tot een grotere nalevering van nutriënten vanuit het slib. Het netto-effect is negatief
risico's	--	risico op nadelige effecten door toename van externe nutriëntenbelasting en aanvoer van sulfaat
kosten	+	de kosten voor uitvoering van deze maatregel zijn relatief beperkt. De kosten bestaan uit de kosten voor aanpassing van de stuw en duiker
overige aspecten	-	de maatregel brengt een risico op verslechtering van de ecologische waterkwaliteit met zich mee. Verslechtering is niet toegestaan vanuit de KRW

Tabel 5.2 Beoordeling van effecten op de gebruiksfuncties

Gebruiksfunctie	Effect	Effectbeschrijving
zwemwaterfunctie		
· tijdens uitvoering	0	geen directe effecten door uitvoering in de winter
· na uitvoering	-	risico op toename algen (door gering effect op de nalevering van nutriënten uit het slib, terwijl de externe belasting toeneemt)
zwemwaterkwaliteit		
· milieuhygiëne	0	geen verandering verwacht
· blauwalgen	-	risico op toename algen (door gering effect op de nalevering van nutriënten uit het slib, terwijl de externe belasting toeneemt)
recreatiefunctie (zeil- en surfsport)		
· tijdens uitvoering	0	geen directe effecten door uitvoering in de winter
· na uitvoering	-	mogelijkheid van toename van waterplantenoverlast door versterking competitievoordeel van waterplanten t.o.v. algen en toename externe nutriëntenbelasting

## 5.2.2 Beantwoording van de onderzoeksvraag

**Onderzoeksvraag: Is jaarlijkse winterverversing van 't Bovenwater door inlaat van Markermeerwater als maatregel voldoende effectief is om een zomerse blauwalgenbloei te voorkomen?**

Nee, de maatregel is onvoldoende effectief. De maatregel heeft onvoldoende effect om nalevering vanuit de waterbodem te kunnen beïnvloeden en brengt risico's voor de waterkwaliteit met zich meer door hogere externe belasting met nutriënten en sulfaat.

# 6

## MAATREGEL NATUURZWEMVIJVER

### 6.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zijn de belangrijkste bevindingen weergegeven voor de haalbaarheid van de maatregel aanleg van een natuurzwemvijver binnen 't Bovenwater. De achterliggende analyse is opgenomen in bijlage IV.

#### Achtergrond

Vrijwel jaarlijks moeten er op 't Bovenwater zwemwaarschuwingen worden ingesteld vanwege blauwalgenoverlast. De ondernemers aan het zwemstrand hebben voorgesteld om binnen 't Bovenwater een afgesloten zwemvijver te maken. Een afgesloten zwemvijver zou een mogelijkheid zijn om toch te kunnen zwemmen in 't Bovenwater in perioden waarin blauwalgenoverlast een rol speelt op de hoofdplas.

Afbeelding 6.1 Zwemstrand 't Bovenwater



### 6.2 Uitkomsten haalbaarheidsstudie

#### 6.2.1 Algemene bevindingen

Op basis van de uitgevoerde analyse kan worden geconcludeerd dat de aanleg van een natuurzwemvijver een effectieve maatregel is om een goede zwemwaterkwaliteit te waarborgen. Idealiter heeft de natuurzwemvijver een strijklengte van maximaal 200 meter, een waterdiepte van maximaal 1,5 meter en een zandbodem. In deze verkenning is uitgegaan van een oppervlak van 12.000 m<sup>2</sup>, gelijk aan het oppervlak van

het zwemwaterprofiel. Binnen deze randvoorwaarden is nog veel ruimte om de natuurzwemvijver naar wens van de betrokken partijen vorm te geven.

Voor het ontwerp van de natuurzwemvijver is onder meer de nutriëntenbelasting van belang. Bij aanleg van de natuurzwemvijver als geïsoleerde plas is de aanvoer van nutriënten door wateraanvoer (neerslag en eventueel inlaat van water voor compensatie van verdamping) beperkt. Om de invloed van zwemmers op de waterkwaliteit beperkt te houden moet de afmeting van de natuurzwemvijver niet te krap worden gekozen. Binnen de gegeven randvoorwaarden is nog veel ruimte om de natuurzwemvijver naar wens van de betrokken partijen vorm te geven.

In 't Bovenwater heeft nalevering vanuit de waterbodem een sterke invloed op de ontwikkelingen in de ecologische waterkwaliteit. Om de nalevering in de natuurzwemvijver te voorkomen, wordt aangeraden om bij aanleg van de natuurzwemvijver uit te gaan van het verwijderen van de toplaag in combinatie met het aanbrengen van een schone zandlaag. Voor de praktische uitvoering van de scheiding tussen de hoofdplas en de natuurzwemvijver kan gekozen worden voor gebruik van een damwand of een gronddam, waarbij de laatste optie naar verwachting minder verstorend zal zijn voor het beeld van 't Bovenwater dan een damwand.

Tabel 6.1 Beoordeling van de haalbaarheid van de maatregel natuurzwemvijver

Beoordelingsaspect	Score	Toelichting
technische haalbaarheid	+	de aanleg van de natuurzwemvijver is technisch goed mogelijk
kans dat beoogd doel bereikt wordt	+	met de aanleg van de natuurzwemvijver kan de waterkwaliteit in het zwemseizoen beter worden gecontroleerd. Het risico op algen- en plantenoverlast wordt kleiner
risico's	0	
kosten	--	de kosten van deze maatregel zijn hoog. De kosten worden geraamd op EUR 900.000 bij aanleg van een natuurzwemvijver met een oppervlak van 12.000m <sup>2</sup> . De kosten worden geraamd op EUR 1.500.000 bij aanleg van een natuurzwemvijver met een oppervlak van 24.000m <sup>2</sup>
overige aspecten	-	verandering van karakter 't Bovenwater en daarmee van de beleving door bezoekers zwemstrand en omwonenden? Dit kan worden ondervangen door een scheiding die zo min mogelijk zichtbaar is

Tabel 6.2 Beoordeling van effecten op de gebruiksfuncties

Gebruiksfunctie	Effect	Effectbeschrijving
zwemwaterfunctie		
· tijdens uitvoering	-	tijdelijke verstoring bij aanleg
· na uitvoering	++	positieve uitwerking door loskoppelen zwemfunctie van overige functies van de recreatieplas
zwemwaterkwaliteit		
· milieuhygiëne	+	verbetering van de hygiënische waterkwaliteit
· blauwalgen	+	verkleining kans op ontwikkeling algen
recreatiefunctie (zeil- en surfsport)		
· tijdens uitvoering	0	geen effect
· na uitvoering	+	mogelijkheden voor verdere optimalisatie van beheer hoofdplas ten behoeve van zeilfunctie

## 6.2.2 Onderzoeksvragen

In dit hoofdstuk is een korte verkenning uitgevoerd rond de waterkwaliteit van een zwemvijver in 't Bovenwater. De verkenning richt zich op de beantwoording van de volgende onderzoeksvragen:

### **Onderzoeksvraag A: hoe dient de natuurzwemvijver ingericht te worden?**

In deze studie zijn vanuit waterkwaliteit bouwstenen aangeleverd voor het ontwerp en de inrichting van de natuurzwemvijver. De randvoorwaarden vanuit waterkwaliteit laten echter nog veel ontwerpvrijheid over. De uiteindelijk inrichting zal daarom in grote mate bepaald worden door andere ontwerpcriteria, waaronder het oordeel van belanghebbenden. Een van de ontwerpcriteria die meegegeven worden is dat een deel van de natuurzwemvijver gereserveerd moet worden voor de groei van waterplanten (compensatiegebied).

### **Onderzoeksvraag B: hoe groot moeten het zwemareaal van een natuurzwemvijver en het compensatiedeel zijn om de zwemwaterfunctie mogelijk te maken?**

Op basis van de gegeven ontwerprandvoorwaarden zal de natuurzwemvijver een robuuste waterkwaliteit hebben. Deze robuustheid is verder te versterken door in het ontwerp uit te gaan van een compensatiedeel. Hiervoor is, op basis van expert judgement, uitgegaan van een oppervlak van 50 % van het totale oppervlak van de natuurzwemvijver als veilige marge.

# 7

## EINDBESCHOUWING

### 7.1 Samenvatting van bevindingen

In deze verkenning is de haalbaarheid onderzocht van vier geselecteerde maatregelen voor verbetering van de waterkwaliteit in 't Bovenwater. Daarnaast is de (recente) ontwikkeling van de waterkwaliteit onderzocht. Deze haalbaarheidsstudie laat zien dat elk van de vier maatregelen technisch haalbaar en praktisch uitvoerbaar is, maar dat de maatregelen verschillen in effect op de (ecologische) waterkwaliteit en op de recreatiefuncties, in risico's en in kosten. De bevindingen zijn samengevat in onderstaande tabellen. Onder de tabellen wordt de haalbaarheid per maatregel samengevat.

Wij adviseren op grond van deze haalbaarheidsstudie om terughoudend te zijn met de inzet van maatregelen. De belangrijkste reden is dat de waterkwaliteit in 't Bovenwater in de afgelopen jaren (2017 en 2018) sterk verbeterd is, waarbij de overlast voor de zwemmers en vaarrecreanten afgenomen lijkt te zijn. Op dit moment is het nog lastig om te bepalen of de verbetering van de waterkwaliteit samenhangt met de uitzonderlijke meteorologische omstandigheden in het afgelopen jaar of dat er sprake is van een autonome verbetering van de waterkwaliteit. Daarom adviseren we de ontwikkeling van de waterkwaliteit de komende jaren te volgen om vast te kunnen stellen of de verbetering van de waterkwaliteit tijdelijk is of dat er sprake is van een nieuw evenwicht. Omdat de winterverversing met Markermeerwater een risico op verslechtering van de waterkwaliteit met zich mee brengt adviseren we deze maatregel niet toe te passen. Van de overige maatregelen kan weliswaar een positief effect op de waterkwaliteit verwacht worden, maar tegen aanzienlijke kosten.

### 7.2 Mogelijkheid tot combineren van maatregelen

Bovenstaand concluderen we dat er op dit moment geen maatregelen getroffen hoeven te worden. Naast de beschouwing van de individuele maatregelen is echter ook gevraagd te beschouwen in hoeverre maatregelen gecombineerd kunnen worden. Onderstaand zijn daarom beknopt de mogelijkheden om maatregelen te combineren bekeken:

- de maatregel baggeren sluit goed aan op de aanleg van verdiepingen, omdat bij beide maatregelen bodemmateriaal moet worden afgevoerd. Hetzelfde geldt voor de combinatie van baggeren en de aanleg van de natuurzwemvijver. Het baggeren conflicteert naar verwachting met de maatregel minder maaien omdat het baggeren de positie van waterplanten kan versterken ten opzichte van de algen en dus juist tot een verhoogde behoefte aan maaien kan leiden. Omdat baggeren (te) duur is, zijn ook deze combinaties niet kansrijk;
- bij de aanleg van verdiepingen komt bodemmateriaal vrij dat goed te gebruiken is bij de aanleg van een natuurzwemvijver door middel van een gronddam. De aanleg van verdiepingen verkleint het begroeibaar areaal binnen 't Bovenwater en sluit daarmee aan op de maatregel minder maaien. Omdat de aanleg van verdiepingen duur is en te veel risico's kent, zijn ook deze combinaties niet kansrijk;
- de winterverversing conflicteert met de maatregel minder maaien doordat de aanvoer van bicarbonaten de groei van fonteinkruiden juist ondersteunt. Omdat de maatregel winterverversing leidt tot een toename van de kans op algen en/of waterplanten is ook deze combinatie niet kansrijk;

- de aanleg van de natuurzwemvijver is goed te combineren met de maatregel minder maaien. Door aanleg van de natuurzwemvijver vermindert de urgentie van maaien ten behoeve van de zwemfunctie in de rest van 't Bovenwater. Na aanleg zal zich pas na meerdere jaren een nieuwe vegetatie ontwikkelen in de natuurzwemvijver, waardoor er de eerste jaren niet gemaaid hoeft te worden. Deze combinatie is kansrijk.





## REFERENTIES

### Algemeen

- Witteveen+Bos, 2016. Watersysteemanalyse het Bovenwater. Rapport Witteveen+Bos in opdracht van Waterschap Zuiderzeeland.
- Gemeente Lelystad, 2018. Beheerplan Recreatieplas 't Bovenwater 2018 t/m 2022.

### Maatregel Baggeren

- Enno Zuidema Stedebouw, 2011. Gebiedsvisie Hollandse Hout. Rapport Enno Zuidema Stedebouw, H+N+S Landschapsarchitecten, Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek in opdracht van Gemeente Lelystad en Staatsbosbeheer.

### Maatregel Plaatselijk verdiepen

- Waterschap Zuiderzeeland, 2006, 'Peilbesluit Lelystad' definitief, d.d. 19 december 2006.
- Waterschap Zuiderzeeland, 2018, Peilgebieden Zuiderzeeland, geraadpleegd op 15 augustus 2018 via <https://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=869012ab2d4e40989f75f1806e814953&xtent=4.8756,52.1152,6.2874,52.9298>.
- TNO, 2018, grondwaterstanden, metingen grondwaterkwaliteit en boringen, geraadpleegd op 15 augustus 2018 via <https://www.dinoloket.nl>.
- STOWA, 2010. Een heldere kijk op diepe plassen. STOWA publicatie 2010-38.
- Søndergaard, M., Lauridsen, T. L., Johansson, L. S., & Jeppesen, E. (2017). Nitrogen or phosphorus limitation in lakes and its impact on phytoplankton biomass and submerged macrophyte cover. *Hydrobiologia*, 795(1), 35-48.

### Maatregel Natuurzwemvijver

- Waterschap Zuiderzeeland, 2017. Verkenning maatregelen zwemstrand Bovenwater.
- Boere, J.A. 1987. 'Eutrofiëring van recreatiewateren; oorzaken en mogelijke maatregelen.' H2O (20) nr22.

### Zwemwaterprofiel

- ARCADIS, 2014, Zwemwaterprofiel het Bovenwater, te vinden op [zwemwater.nl](http://zwemwater.nl).
- Model ZWEMPROF, beschikbaar via de website van de helpdesk water: <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/gebruiksfuncties/zwemwater/zwemwater-index/zwemwaterdocumenten/@177788/handreiking/> geraadpleegd juli 2018.

Bijlage(n)



## BIJLAGE: TECHNISCHE UITWERKING VAN MAATREGEL BAGGEREN

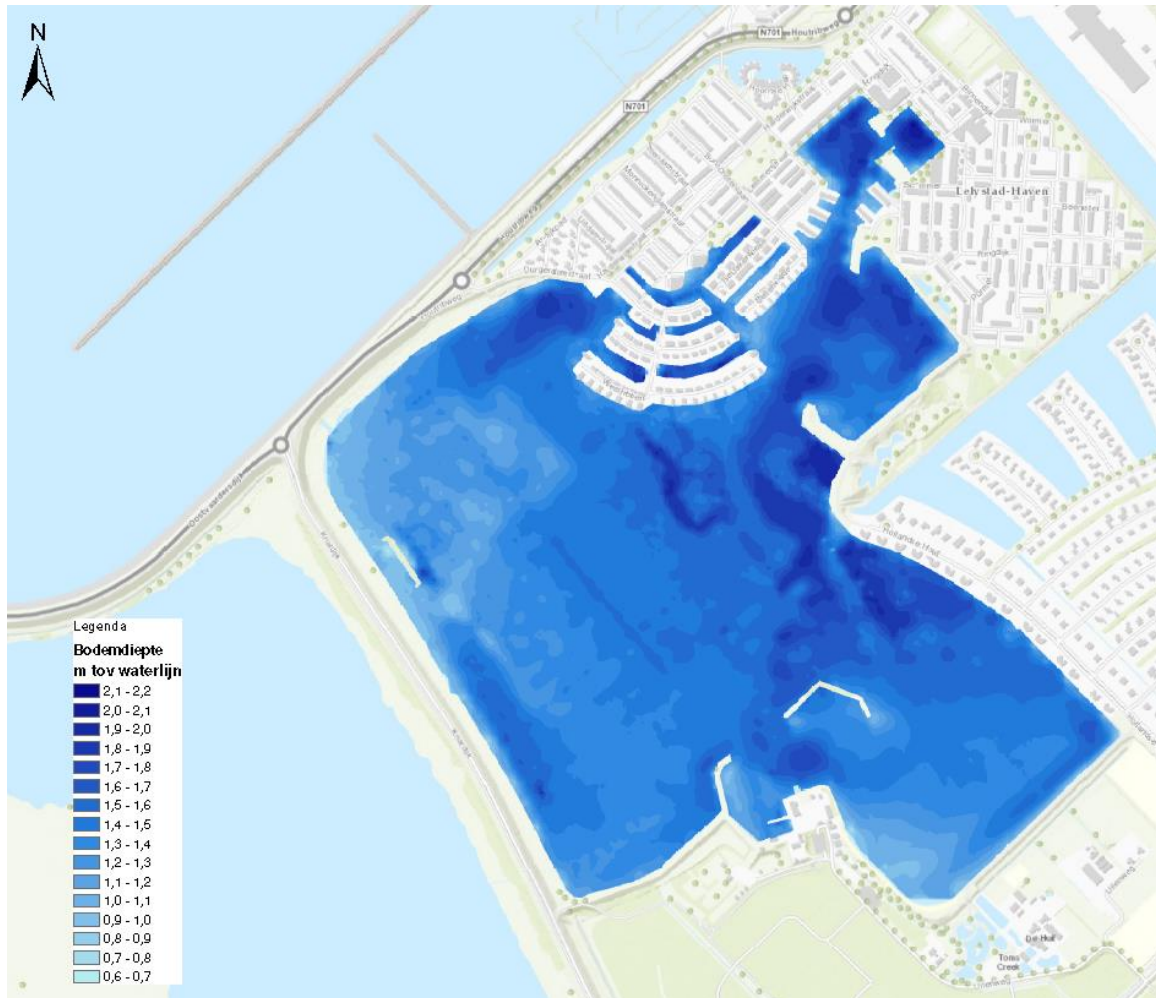
In deze bijlage is het baggeren van de aanwezige sliblaag in 't Bovenwater onderzocht als maatregel om de ecologische waterkwaliteit te verbeteren.

## I.1 Uitgangspunten

### Waterdiepte

Het waterpeil van 't Bovenwater fluctueert gedurende het jaar tussen de NAP -3,10 m en NAP -2,95 m. De waterbodem bevindt zich gemiddeld op NAP -4,60 m. De gemiddelde waterdiepte is ongeveer 1,4 m, zie ook afbeelding I.1.

Afbeelding I.1 Waterdiepte in 't Bovenwater



### Slibvoorraden

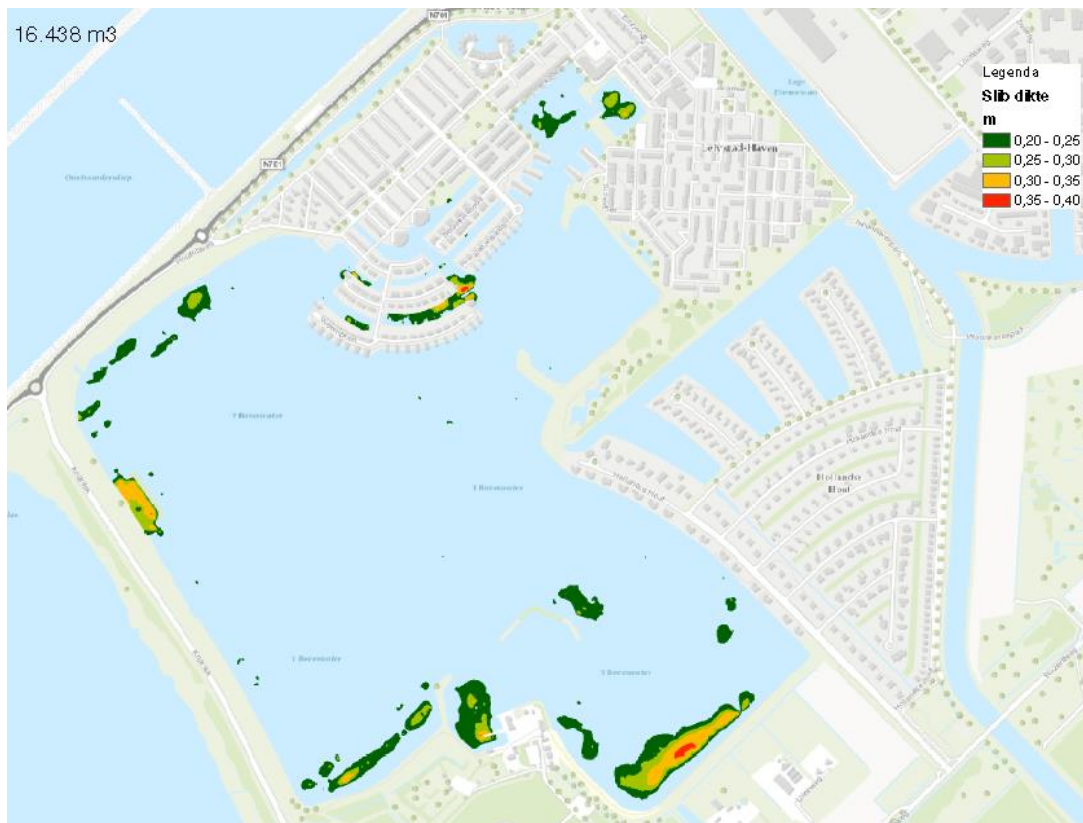
#### Slibdikte

Binnen 't Bovenwater zijn beperkte slibvoorraden aanwezig. Op basis van inmeting wordt de slibvoorraad geschat op 80.000 tot 90.000 m<sup>3</sup>. Op het overgrote deel van de plas zijn deze slibdiktes kleiner dan 20 cm, zie ook afbeeldingen I.2 en I.3. De slibvoorraden liggen vooral aan de lizijde van de plas en in luwten, zoals in de watergang tussen de waterwoningen, in de jachthaven, en rond het eiland.

Afbeelding I.2 Aanwezige slibdikte (enkel slibdiktes groter dan 10 cm weergegeven)



Afbeelding I.3 Aanwezige slibdiktes (enkel slibdiktes groter dan 20 cm aangegeven)





### Kwaliteit van het slib

De milieu hygiënische kwaliteit van het slib is medio 2018 onderzocht. De kwaliteit van de waterbodem is daarbij beoordeeld als 'klasse Wonen en Industrie (metalen)'.

### Voedselrijkdom van de waterbodem

Op basis van de resultaten van waterbodemonderzoek uit 2015, door B-Ware uitgevoerd in het kader van de watersysteemanalyse (Witteveen+Bos, 2016), kan worden geconcludeerd dat de waterbodem erg gevoelig is voor fosfaatmobilisatie ondanks dat de totaal P-gehalten relatief laag zijn. Dit zien we jaarlijks terug in de toenames van fosfaat in de waterkolom rond juli.

### Bereikbaarheid voor verwijdering slib

De plas is een afgesloten systeem en niet bereikbaar per schip.

## 1.2 Verwerkingsmogelijkheden

Het baggeren van een watersysteem is meer dan het ontgraven van baggerspecie. Het gehele proces van ontgraven-vervoeren-verwerken vereist een integrale beschouwing. In de praktijk blijken verwerkingsmogelijkheden vaak leidend te zijn voor de ontgraving. Ook kunnen beperkingen aan de vervoersmogelijkheden ervoor zorgen dat bepaalde technieken niet mogelijk zijn. Vanuit deze integrale benadering zijn de verwerkingslocaties verkend en een drietal mogelijke baggermethoden bepaald.



### Wettelijk kader verwerken van slib: Besluit Bodemkwaliteit

In het Besluit Bodemkwaliteit is vastgelegd op welke manier baggerspecie verwerkt mag worden op of in de bodem of oppervlaktewater. Het Besluit Bodemkwaliteit maakt onderscheid in het verspreiden van materiaal (op land en in oppervlaktewater) en het toepassen ervan. Het nuttig hergebruik van grond en bagger wordt geregeld in het generieke kader voor toepassen.

Het Besluit Bodemkwaliteit maakt de volgende manieren voor verwerking mogelijk:

1 verspreiding op land:

Voor het verspreiden van baggerspecie over aangrenzende percelen geldt de voorwaarde dat de kwaliteit moet voldoen aan de achtergrondwaarde. De toetsing voor 't Bovenwater laat zien dat de kwaliteit voldoet voor Wonen en Industrie (metalen), maar niet voldoet aan de achtergrondwaarde. Daarmee is vrije verspreiding op het land geen optie.

2 verspreiding in oppervlaktewater:

Het toetsingskader voor verspreiding van baggerspecie in oppervlaktewater heeft betrekking op het terugbrengen van baggerspecie in het watersysteem. Hierdoor kan het sediment zijn natuurlijke ecologische en (hydro)morfologische functies weer vervullen. De kwaliteit van de bestaande waterbodem van 't Bovenwater is getoetst aan toepassing als landbodem. Voor toepassing in oppervlaktewater is aanvullende toetsing nodig. Op dit moment is niet bekend hoe de baggerspecie uit 't Bovenwater bij deze toetsing beoordeeld wordt.

3 Toepassen:

Gezien de kwaliteit 'Wonen en Industrie (metalen)' mag het baggerslib uit 't Bovenwater alleen worden toegepast indien sprake is van een nuttige toepassing.



Is dit niet het geval, dan wordt de toepassing gezien als een middel om zich te ontdoen van afvalstoffen en gelden op grond van de Europese Kaderrichtlijn Afvalstoffen strengere regels. Daarom is in artikel 35 van het Besluit Bodemkwaliteit precies aangegeven welke toepassingen als nuttig worden beschouwd in het kader van het besluit.

## Baggermethoden

De volgende gangbare baggermethoden zijn beschikbaar:

- 1 methode 1: Mechanisch baggeren met kraan, transport met beunbakken en na overslag afvoer per vrachtwagen naar eindlocatie:

De meest conventionele baggermethode is verwijdering van slib met een kraan. Deze kraan zal op een ponton met spudpalen gepositioneerd worden en dan de baggerspecie verwijderen en in een beunbak laden. De beunbak zal naar de kant varen waar het slib overgeslagen zal moeten worden in een vrachtwagen. Voordelen van deze methode zijn dat het een conventionele techniek is die door veel partijen uitgevoerd kan worden. Er is veel materieel beschikbaar om dit zo uit te voeren. Nadeel is dat er dubbele overslag nodig is. De extra overslag werkt kostenverhogend. Bij het mechanisch baggeren is vervloeiing/ verplaatsing van de baggerspecie langs de grijper van de kraan een reëel risico, zeker wanneer er sprake is van dunne baggerspecie.

Afbeelding I.4 Mechanische verwijdering met kraan (links) of schuifboot (rechts)



- 2 methode 2: Mechanisch baggeren met schuifboot na overslag afvoer per vrachtwagen:

De baggerschuifboot is een specifiek materieel ontwikkeld voor het opschonen van vijvers en watergangen. De machine wordt vooral ingezet als niet vanaf de kant kan of mag worden gewerkt. De baggerschuifboot verplaatst zich met behulp van 2 kabels die zowel met de oever als met lieren op de boot verbonden zijn. Door de kabels aan te trekken beweegt de boot zich door het water, waarbij de boot de baggerspecie voor zich uitduwt naar een 'verzamellocatie'; de overslaglocatie. Voordelen van deze methode zijn dat met de schuifboot dunne lagen kunnen worden verwijderd en dat daarbij goed onderscheid te maken valt tussen de sliblaag en de vaste bodem. Het is een relatief eenvoudige en daarmee goedkope methode. Nadeel is dat deze methode vereist dat er ankerpunten op de plas worden gemaakt. Ook is vervloeiing/ verplaatsing van de baggerspecie langs de schuifbladen van de boot een reëel risico.

- 3 methode 3: Hydraulisch baggeren, afvoer per leiding naar (tijdelijk) depot:

Bij hydraulisch baggeren wordt gebruik gemaakt van een pomp. Bij het verwijderen wordt het slib vermengd met water en via leidingen verpompt naar de verwerkingslocatie. Hydraulisch baggerwerk is meer specialistisch en het materieel wordt vaak toegespitst op de locatie specifieke omstandigheden. Voor het verwijderen van dunne lagen is een zogenaamde 'auger-unit op een DOP-pomp' een geschikte methode.

Voordelen van deze methode zijn dat het nauwkeurig is en er minder verstoring op zal treden. Doordat de baggerspecie wordt 'weggepompt' is verspreiding van slibdeeltjes minder groot en daarmee zal er minder sediment in het systeem achterblijven. Nadeel is dat deze methode duurder is dan andere technieken. Ook vraagt het meer depotruimte omdat het slib met water wordt vermengd en voor de ontwatering van het slib meer oppervlakte nodig is.

Afbeelding I.5 Een kraan voorzien van een auger unit



### Verwerkingslocaties

Gezien de oorzaak van de waterkwaliteitsproblemen is verspreiding van het slib binnen de plas niet doelmatig. Op basis van een marktscan en overleg met de gemeente Lelystad zijn de volgende verwerkingslocaties benoemd:

#### I In het bos van Hollandse Hout:

De gemeente Lelystad heeft aangegeven dat er mogelijk een verwerkingslocatie ten zuiden van 't Bovenwater in het bos van Hollandse Hout beschikbaar kan worden gemaakt. Deze locatie ligt dichtbij 't Bovenwater waardoor hydraulisch baggeren en verpompen mogelijk is. De kwaliteit van de waterbodem (Wonen/Industrie) voldoet echter niet aan de achtergrondwaarden. Daardoor kan de bodem alleen verwerkt worden in een nuttige toepassing. Slibverwerking in het Hollandse Hout past niet bij de doelstellingen voor natuurgebied het Hollandse Hout, zoals verwoord in de Gebiedsvisie Hollandse Hout. Daardoor worden nu geen nuttige toepassingen gezien. Staatsbosbeheer is benaderd om dit te verifiëren, maar hier is nog geen antwoord op ontvangen. Op basis van de voorgaande punten vormt het Hollandse Hout momenteel geen kansrijke verwerkingslocatie.

#### III Markerwadden, in beheer van Grondbalans:

Markerwadden is een natuurgebied in ontwikkeling. In opdracht van Natuurmonumenten worden hier natuureilanden aangelegd met zand, klei en slib uit het Markermeer systeem. Op deze nieuwe groep eilanden met natuurlijke oevers komt nieuwe natuur tot ontwikkeling. Op deze locatie kan baggerspecie 'klasse A' worden verwerkt. Deze locatie lijkt binnen nu en een half jaar nog wel beschikbaar voor verwerking van slib daarna wordt de locatie gesloten, maar vermoedelijk komen vergelijkbare locaties beschikbaar binnen Markermeer/IJsselmeer. Bereikbaarheid zal enkel per schip zijn.

#### IV Landgoed Noorderhoek (knooppunt Hattermerbroek), in beheer van K3Delta:

Op landgoed Noorderhoek, op circa 50km van 't Bovenwater, heeft K3Delta een grootschalige toepassing in beheer. Op deze locatie kan grond en baggerspecie worden verwerkt ten behoeve van de natuurlijke herinrichting van de plas. Deze locatie is open tot 2021 en bereikbaar per vrachtwagen.

### Voorkeursvariant

Op basis van de bovenstaande beschouwing is mechanische verwijdering met verwerking op landgoed Noorderhoek de voorkeursvariant.

## I.3 Effecten op gebruiksfuncties

### Zwemwater

#### *Uitvoering van de maatregel*

De uitvoering van het baggeren kan tijdelijk tot verstoring voor zwemmers leiden, zowel door aanwezigheid van het baggermateriaal als door vertroebeling van het water door opwerveling van bodemdeeltjes.



### *Effect van de maatregel*

Baggeren kan de zwemfunctie van 't Bovenwater versterken door de onderlinge competitie tussen waterplanten en algen te beïnvloeden. Elk voorjaar komen eerst waterplanten tot ontwikkeling, waardoor ze met een competitievoordeel starten. De algen komen pas tot ontwikkeling wanneer de beschikbaarheid van nutriënten in de waterlaag groter wordt dan de hoeveelheid nutriënten die de waterplanten op kunnen nemen. De watersysteemanalyse van 't Bovenwater (Witteveen+Bos, 2016) heeft laten zien dat dit punt in de loop van juni bereikt wordt als gevolg van nalevering van nutriënten vanuit de bodem naar het oppervlaktewater. Als de kritische grens van 't Bovenwater gepasseerd is, kunnen toxische blauwalgen tot ontwikkeling komen, waardoor de gemeente zwemwaarschuwingen af moet geven. Door baggeren wordt voorkomen dat de nutriënten uit de slibvoorraden (die vrijkomen bij afbraak van organisch materiaal in het slib) beschikbaar komen voor algenbloei. Op die manier wordt de kans op het optreden van algenbloei verkleind en daarmee ook de kans dat zwemwaarschuwingen af moeten worden gegeven.

### **Zwemwaterkwaliteit**

Het effect van het baggeren op de zwemwaterkwaliteit is in beeld gebracht met het model ZWEMPROF. Hiervoor is het ZWEMPROF model uit het zwemwaterprofiel (2014) als uitgangspunt gebruikt (afbeelding V.2). De bronnen in de omgeving zullen bij uitvoering van het baggeren niet veranderen ten opzichte van de bestaande situatie.

### *Milieu hygiënische kwaliteit*

Voor het model is er aangenomen dat het baggeren buiten de zwemzone plaatsvindt en de plas gemiddeld 0,5 m dieper wordt. Eventuele verontreinigingsbronnen veranderen niet bij deze maatregel ten opzichte van de huidige situatie. Eventuele verontreinigingen die door het baggeren in het water terecht kunnen komen zijn niet in het model meegenomen, omdat het ZWEMPROF model daar geen mogelijkheden voor biedt. Gezien de afstand van de baggerwerkzaamheden tot de zwemlocatie, verwachten we dat de invloed hiervan op de zwemwaterkwaliteit gering is.

Het model laat dezelfde uitslag zien als beschreven in het zwemwaterprofiel voor de huidige situatie (afbeelding V.4). De milieu hygiënische waterkwaliteit is uitstekend, met een geringe invloed van zwemmers op een kluitje.

### *Kans op blauwalgenbloei*

Doordat bij baggeren slib uit de plas wordt weggehaald, neemt de hoeveelheid nutriënten die door nalevering vrij kan komen af. Het effect van het baggeren is daarbij het grootst als al het slib wordt verwijderd. Het weghalen van het baggerslib kan algenbloei waarschijnlijk niet voorkomen. Wel kan het er toe bijdragen dat algen pas later in het zomerseizoen tot ontwikkeling komen, waardoor de watersport er minder last van ondervindt. De uitvoering van het baggeren zal op korte termijn wel zorgen voor opwerveling van deeltjes, hetgeen zal leiden tot vertroebeling van het water, licht limitatie, en het vrijkomen van nutriënten.

## **I.4 Vaarrecreatie**

De uitvoering van het baggeren zal overlast opleveren voor de vaarrecreatie door aanwezigheid van baggermaterieel op de plas.

De overlast voor de zeilers op 't Bovenwater in de bestaande situatie is het gevolg van sterke ontwikkeling van waterplanten. Deze plantengroei is vooral een uitdrukking van de voedselrijkdom van de waterbodem. Met baggeren worden de aanwezige voorraden van dun slib verwijderd, maar blijft de vaste waterbodem ongemoeid. Het directe effect op de voedselrijkdom van de waterbodem, en dus op de ontwikkeling van waterplanten en de vaarrecreatie, is daardoor beperkt.

Zoals bovenstaand voor de zwemfunctie beschreven verloopt het voornaamste effect van het baggeren op de vaarrecreatie verloopt via de onderlinge competitie tussen waterplanten en algen. Elk voorjaar komen eerste waterplanten tot ontwikkeling, waardoor ze met een competitievoordeel starten.

De algen komen pas tot ontwikkeling wanneer de beschikbaarheid van nutriënten in de waterlaag groter wordt dan de hoeveelheid nutriënten die de waterplanten op kunnen nemen. Wanneer de beschikbaarheid van nutriënten zodanig groot is dat algen massaal tot ontwikkeling kunnen komen en ze de beschikbaarheid van licht voor de waterplanten beïnvloeden, wordt de competitie beslecht in het voordeel van de algen en sterven waterplanten door lichtlimitatie versneld af. Het baggeren heeft tot doel om te voorkomen dat de nutriënten uit de slibvoorraden (die vrijkomen bij afbraak van organisch materiaal in het slib) beschikbaar komen voor algenbloei. Door de beschikbaarheid van nutriënten voor algen te beperken, blijven waterplanten gedurende het voorjaar langer in het voordeel in de competitie om nutriënten met algen. Omdat de beschikbaarheid van nutriënten voor de waterplanten niet verandert ten opzichte van de huidige situatie (de voorraden waar algen gebruik van maken worden bij het baggeren immers verwijderd), is niet te verwachten dat de productiviteit van waterplanten hoger wordt dan in de huidige situatie. Door het wegvallen van de lichtlimitatie door algen, kan de waterplantenvegetatie wel tot later in het seizoen in goede conditie blijven. Dit zou een nadelige uitwerking op de vaarrecreatie kunnen hebben.

## 1.5 Conclusie met betrekking tot de maatregel Baggeren

### Technische haalbaarheid

Het verwijderen van baggerspecie is een technisch haalbare maatregel.

### Kans dat het beoogde doel van de maatregel wordt bereikt

Elk voorjaar loopt de nutriëntenbelasting op 't Bovenwater op als gevolg van nalevering uit de waterbodem. Zodra de totale belasting hoger wordt dan de kritische grens slaat het systeem om naar een troebel algen gedomineerde toestand. Het lijkt erop dat dit punt als eerste wordt bereikt op de locaties waar de grootste slibvoorraden aanwezig zijn. De maatregel slib verwijdering is vooral gericht op deze startkernen van de algenbloei. Door het slib te verwijderen wordt de interne nalevering verlaagd. Naar verwachting zal de omslag naar de algen gedomineerde toestand daardoor wat vertraagd kunnen worden, waardoor deze pas later in het zwemseizoen plaats vindt zodat de watersport er minder last van ondervindt.

Het is onzeker hoeveel nalevering op treedt vanuit de waterbodem die niet met slib bedekt is. Daardoor is lastig te voorspellen of het verwijderen van baggerslib de omslag in waterkwaliteit zal voorkomen.

Een vergelijking tussen de afbeeldingen 1.2 en 1.3 laat zien dat er in het scenario, waarin alleen de slibvoorraden verwijderd op plekken waar meer dan 20 cm slib ligt, op grote oppervlakken slib achterblijft. Op deze oppervlakken blijft de nalevering vanuit de waterbodem in stand. De reductie in nalevering zal in dit scenario daarom maar heel beperkt zijn. De kans, dat het beoogde doel bereikt wordt, is daarmee eveneens heel klein.

### Risico's van de maatregel

Het baggeren brengt als risico met zich mee dat de overlast door waterplanten toeneemt omdat de concurrentiepositie van de planten ten opzichte van de algen versterkt wordt. Een tweede, groter, risico is direct gerelateerd aan de uitvoering van het baggeren. Bij het baggeren zal de waterkwaliteit tijdelijk verslechteren. Deze verslechtering kan een negatieve uitwerking hebben op het herstel in de waterkwaliteit dat de afgelopen jaren op gang lijkt te komen.

### Kosten

De totale investeringskosten voor uitvoering van deze maatregel worden geraamd op EUR 5.150.000,-- met de volgende aannames:

- verwijdering alle bagger (90.000 m<sup>3</sup>);
- mechanisch baggeren met kraan;
- afvoer per vrachtwagen naar verwerkingslocatie op 50km enkele rijafstand.

In bijlage VI is een SSK raming opgenomen voor deze maatregel.



## BIJLAGE: TECHNISCHE UITWERKING VAN MAATREGEL PLAATSELIJK VERDIEPEN

In deze bijlage is de aanleg van verdiepingen in 't Bovenwater onderzocht als maatregel om de ecologische waterkwaliteit te verbeteren.

## II.1 Uitgangspunt

In dit hoofdstuk wordt het effect van de aanleg van een verdieping op de waterkwaliteit onderzocht. Het centrale uitgangspunt hierbij is dat de verdieping zodanig uitgevoerd moet kunnen worden dat er sprake is van stratificatie binnen de recreatieplas, zonder dat de verdieping nadelige effecten op geohydrologie en waterkwaliteit heeft.

## II.2 Benodigde afmetingen in de verdieping voor stratificatie

Als eerste werkstap in de verkenning rond de aanleg van een verdieping is onderzocht welke dimensies de verdieping in 't Bovenwater moet hebben om stratificatie te bereiken.

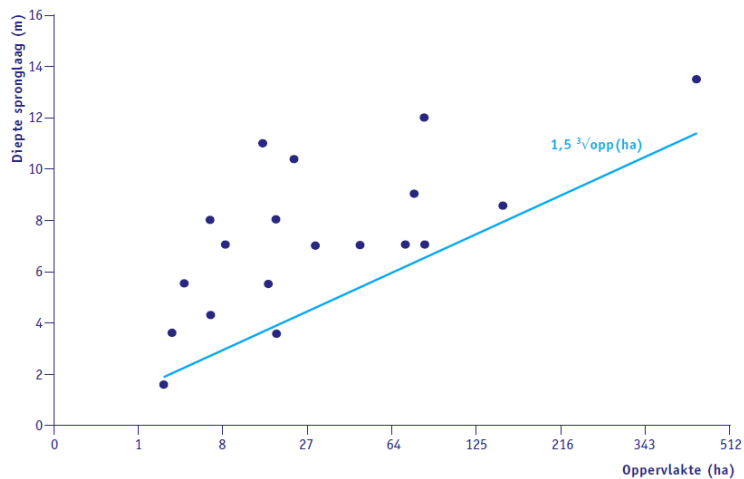
### Diepteligging spronglaag

Er is een aantal methoden waarmee een inschatting gemaakt kan worden van de diepte waarop een spronglaag verwacht kan worden in diepe meren.

#### Methode Oskam

De methode volgens Oskam (1981) geeft een inschatting van de minimale diepte waarop een spronglaag verwacht kan worden. Deze methode baseert zich op een dataset met waarnemingen. Voor de STOWA-publicatie 'een heldere kijk op diepe plassen' (STOWA, 2010) zijn hier waarnemingen aan toegevoegd ter vergelijking (afbeelding II.1).

Afbeelding II.1 De blauwe lijn geeft de relatie tussen het oppervlakte van een diepe plas en de diepte van de bovenkant van de spronglaag volgens Oskam, 1981. De blauwe bolletjes geven de waarnemingen die zijn toegevoegd. Uit 'een heldere kijk op diepe plassen', STOWA (STOWA, 2010)



't Bovenwater is ongeveer 135 ha groot en een strijklengte van circa 1000 m. Dit betekent voor 't Bovenwater dat de bovenkant van de spronglaag volgens de methode van Oskam op tenminste 8 m zal uitkomen. Gezien de onzekerheid is het aan te raden om minimaal 10-15 meter als uitgangspunt te nemen voor de verdieping, zodat er enige watermassa aanwezig is onder de spronglaag om de voordelen van een gestratificeerd meer te hebben. Voor de verdere uitwerking wordt een diepte van 15m als uitgangspunt genomen.

### Modellering diepte spronglaag met FLake

De diepteligging van de spronglaag is op basis van een tijdreeks van KNMI-station Lelystad gemodelleerd in FLake. FLake is een temperatuursmodel dat op basis van externe forcering (instraling, luchttemperatuur, luchtvochtigheid, windsnelheid en wolkbedekking) in combinatie met systeemeigenschappen (onder andere waterdiepte, extinctie van het water en strijklengte) een thermodynamische berekening uitvoert om de onder andere de diepte van stratificatie en temperatuurprofielen te voorspellen. In afbeelding II.2 is een voorspelling opgenomen van de diepte waarop de spronglaag ligt voor een plas met een strijklengte van 1 km, zoals 't Bovenwater. In de modelvoorspelling is te zien dat de waterdiepte waarop de spronglaag ligt, door het jaar heen en tussen de jaren varieert. In de zomer ligt de spronglaag tussen de 5 en de 10 m. Als een verdieping van 15 m wordt aangehouden blijft er dus gedurende het zomerhalfjaar nog een ruime waterlaag onder de spronglaag aanwezig. Het resultaat van deze modellering komt goed overeen met de methode Oskam.

Afbeelding II.2 Modelvoorspelling voor de waterdiepte waarop de spronglaag zich bevindt in een plas met een strijklengte van 1 km



### Referentie plassen

Er zijn andere voorbeelden van geïsoleerde plassen (die niet in verbinding staan met bijvoorbeeld een boezemvaart) waarbij we informatie hebben over de ligging van de spronglaag. De Haarlemmermeerse Bosplas: heeft bijvoorbeeld een strijklengte van ongeveer 500 m, de gemeten spronglaag ligt rond ongeveer 7,5 m. Broekvelden Vettebroek heeft een strijklengte van ongeveer 1 km en spronglaag op een diepte van ongeveer 9 m.

### Oppervlakte van de verdieping

Om een significante invloed op de waterkwaliteit te hebben moet de verdieping voldoende groot zijn. Er is weinig bekend over de omvang die een verdieping moet hebben om een significante invloed te hebben. Vermoedelijk is het benodigde oppervlak ook sterk watersysteem specifiek. Als vuistregel geldt dat verdieping moet worden aangebracht over 10 tot 20 % van het bodemoppervlak om ervoor te zorgen dat een significant deel van de nutriënten van de nutriëntenvol in de verdieping worden ingevangen (zie Søndergaard et al, 2017). Voor 't Bovenwater met een oppervlakte van 135 ha komt dit neer op aanleg van een verdieping met een bodemoppervlak van 13,5 tot 27 ha.

### Conclusie over benodigde afmetingen

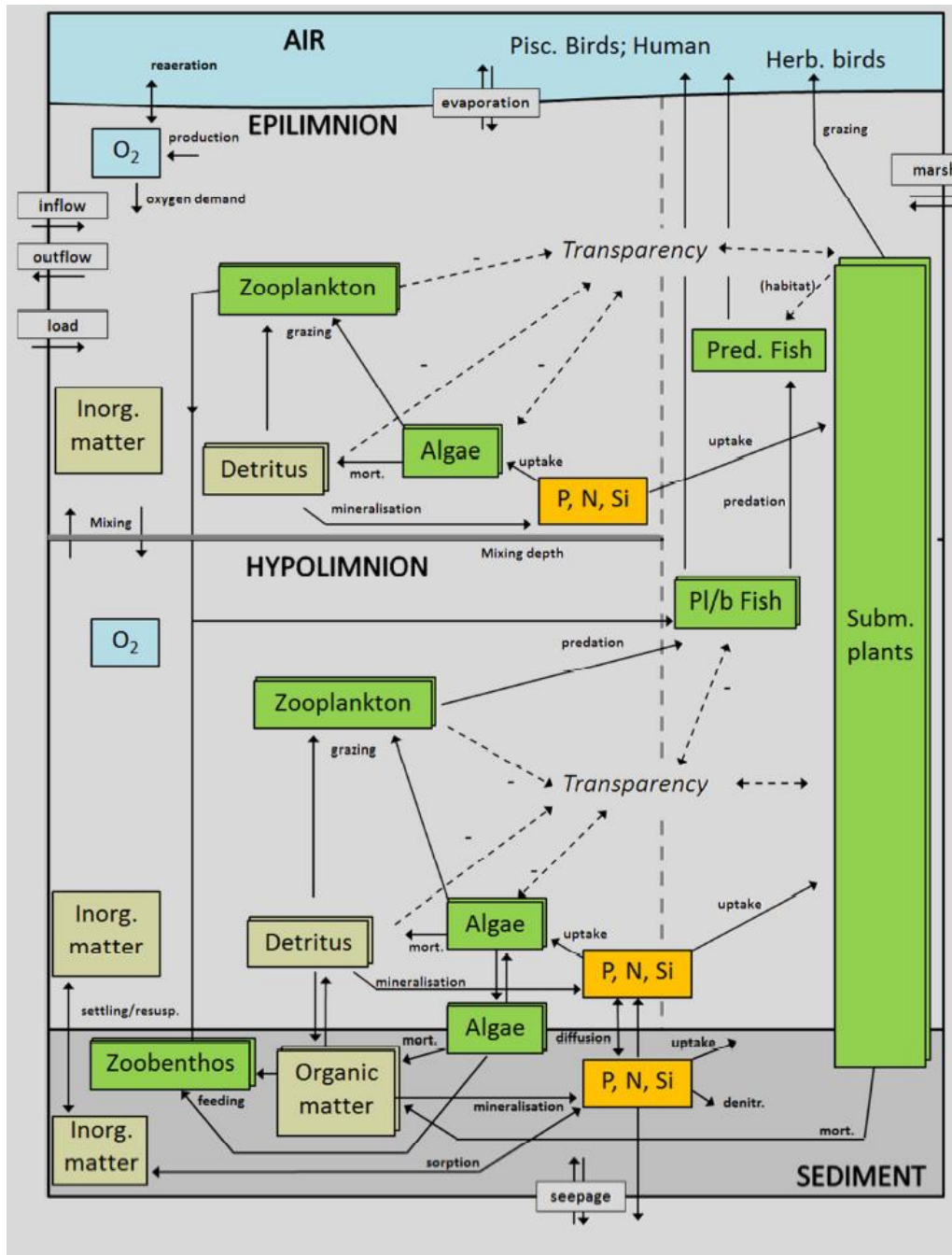
Op basis van de verschillende methoden is het wenselijk om een verdieping van 15 m aan te houden met een oppervlak van 13,5 ha.

## II.3 Effect op waterkwaliteit

In de tweede werkstap in de verkenning rond de aanleg van een verdieping is bekeken welk effect van de verdieping op de waterkwaliteit in 't Bovenwater verwacht mag worden. Om hier een inschatting van te maken is een berekening met PCLake+ uitgevoerd. PCLake is een model waarmee de waterkwaliteit van ondiepe meren gemodelleerd kan worden. In de nieuw ontwikkelde versie (PCLake+) zit een module waarbij het doorrekenen van diepe plassen ook mogelijk wordt door het simuleren van een epilimnion en een hypolimnion.

Een schematisch overzicht van het model is te zien in afbeelding II.3. Te zien is dat nutriënten, diverse anorganische stoffen en een aantal biologische groepen gemodelleerd worden met dit model.

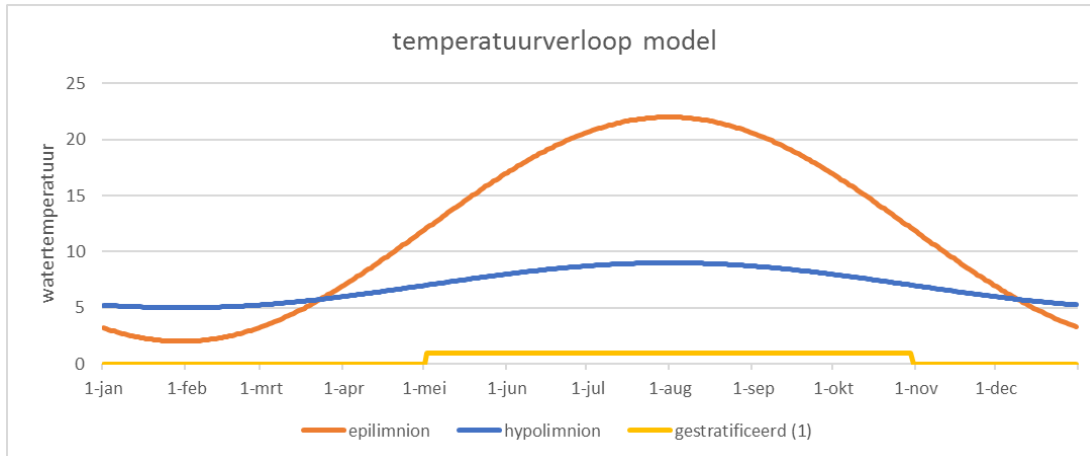
Afbeelding II.3 Schematisch overzicht van de processen die door PCLake+ worden beschreven



### Uitgangspunten modellering

Het model PCLake+ maakt gebruik van de aanname dat het temperatuurverloop in diepe plassen verloopt zoals weergegeven in afbeelding II.4. Deze aanname, bij de ontwikkeling van het model, is gebaseerd op het temperatuurverloop zoals waargenomen in de Bosplas.

Afbeelding II.4 Temperatuursverloop zoals beschreven door PCLake+



Voor de overige uitgangspunten is gebruik gemaakt van de eerdere studie naar 't Bovenwater (Witteveen+Bos, 2016):

- debiet 4 mm/d;
- huidige belasting is 0,1 mg/m<sup>2</sup>/d;
- N:P ratio 53,2 (g/g);
- 20 jaar doorgerekend (modellering van lange doorlooptijd om ervoor te zorgen dat het model een voorspelling doet van een stabiele situatie).

#### Resultaten PCLake+

Het ecologisch model voorspelt de ontwikkeling van algen en waterplanten op basis van de beschikbaarheid van voedingsstoffen. Voor nadere uitleg over PCLake en voorspellingen van de waterkwaliteit verwijzen we naar de systeemanalyse voor 't Bovenwater (Witteveen+Bos, 2016).

Om inzicht in het gedrag van het model te verkrijgen zijn scenario's met de volgende uitgangspunten onderzocht:

- een ondiepe plas met initieel helder water;
- een ondiepe plas met initieel troebel water;
- een verdiepte plas met initieel helder water;
- een verdiepte plas met initieel troebel water.

Een samenvatting van de modelresultaten is opgenomen in tabel II.1. In de huidige situatie komt de voedselrijkdom van het watersysteem tot uitdrukking in biologische productiviteit: bij een heldere startsituatie worden de nutriënten vastgelegd in een flinke vegetatiebedekking, terwijl de nutriënten in een troebele uitgangssituatie worden opgenomen door algen. In een situatie met verdieping verdwijnt veel fosfaat in de onderste waterlaag waardoor het niet meer biologisch beschikbaar is. De modelresultaten laten zien dat de chlorofyl concentraties laag blijven, ongeacht de uitgangssituatie.

Tabel II.1 Zomergemiddelde concentraties, laatste jaar modellering

Scenario	Plantbedekking (%)	Ptotaal (mg/l, bovenlaag)	Chlorofyl-a (µg/l, bovenlaag)
verdieping (initieel troebel)	0	0.04	22
verdieping (initieel helder)	0	0.04	23
huidig ondiep (initieel troebel)	1	0.11	111
huidig ondiep (initieel helder)	41	0.02	1

Op basis van de waterkwaliteitsmodellering in deze paragraaf blijkt dat, bij de gehanteerde uitgangspunten, een positief effect van de aanleg van een verdieping op de waterkwaliteit in 't Bovenwater verwacht mag worden.

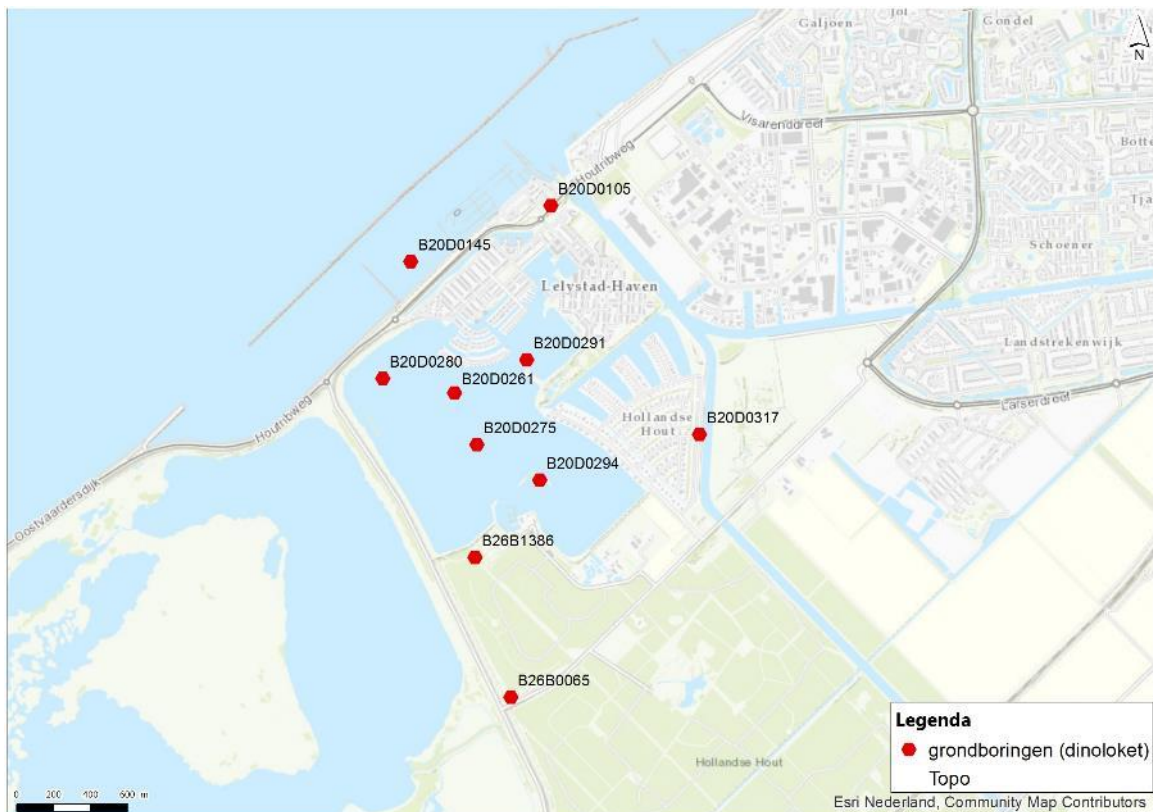
## II.4 Geohydrologie

Om een integrale beschouwing van het effect van de aanleg van een verdieping in 't Bovenwater te kunnen maken, moeten ook mogelijke effecten op de geohydrologie in beschouwing worden genomen. Door het aansnijden van grondwaterlagen kan de aanleg zowel effecten op waterkwantiteit als waterkwaliteit hebben. In deze paragraaf wordt het effect van het aanbrengen van een plaatselijke verdieping op de geohydrologie onderzocht.

### Bodemopbouw

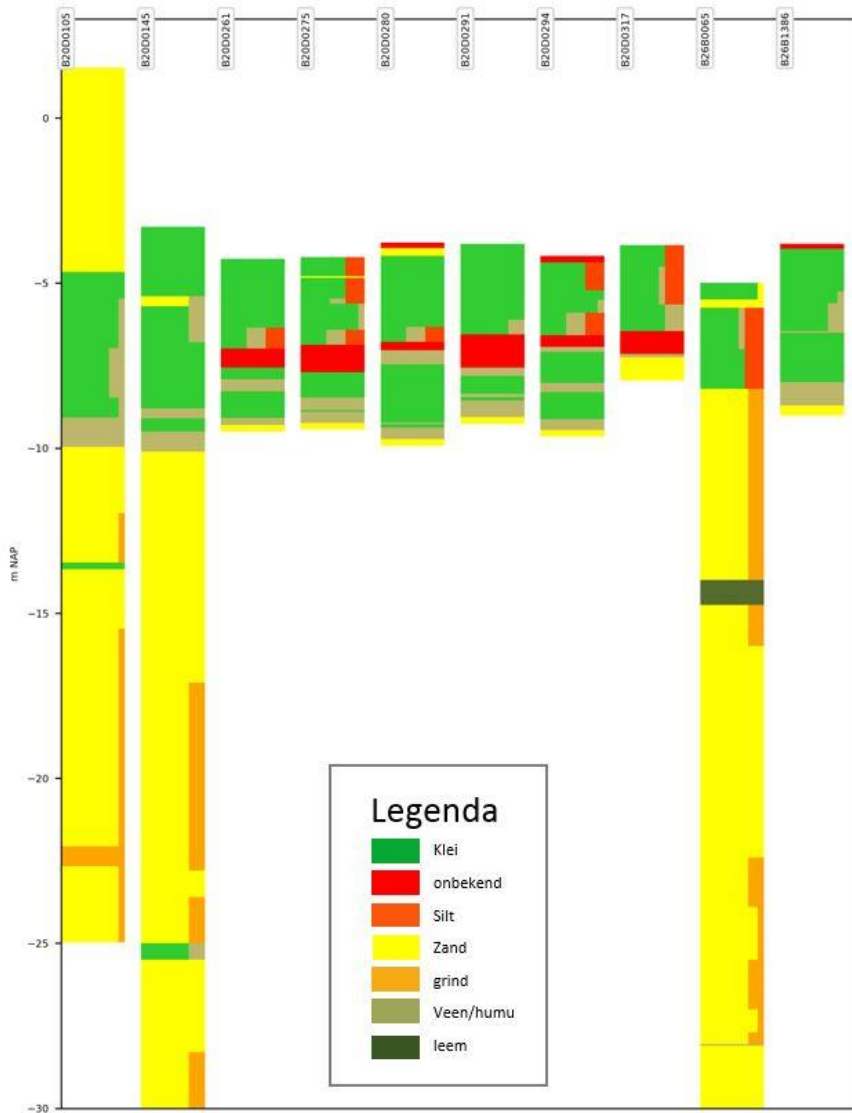
Om een beeld van de bodemopbouw te krijgen zijn 10 grondboringen (afbeeldingen II.5 en II.6) in en rond de recreatieplas 't Bovenwater uitgevoerd (TNO, 2018). Op basis van deze boringen is de schematische bodemopbouw verkregen zoals beschreven in tabel II.2.

Afbeelding II.5 Locaties van uitgevoerde grondboringen





Afbeelding II.6 Bodemopbouw bij grondboringen (zie afbeelding II.5 voor de locaties). Per boorkern zijn alleen resultaten weergegeven over de lengte waarover deze gerapporteerd zijn



Tabel II.2 Schematische bodemopbouw (onder behoud van boringen Dinoloket)

Bovenkant laag (m NAP)	Onderkant laag (m NAP)	Geohydrologie	Lithologie
-3	-7	slecht doorlatende laag	klei
-7	-8	slecht doorlatende laag	veen
-8	-9	slecht doorlatende laag	klei/veen
-9	-10	slecht doorlatende laag of watervoerend pakket (wisselt per locatie)	veen of grof zand, grindig (wisselt per locatie)
-10	-30	watervoerend pakket	grof zand, grindig

De huidige bodemdiepte in 't Bovenwater ligt tussen de NAP -3,65 en -5,20 m. Dit betekent dat de aanleg van een verdieping van tenminste 10 m tot gevolg heeft dat het eerste watervoerende pakket wordt aangesneden.

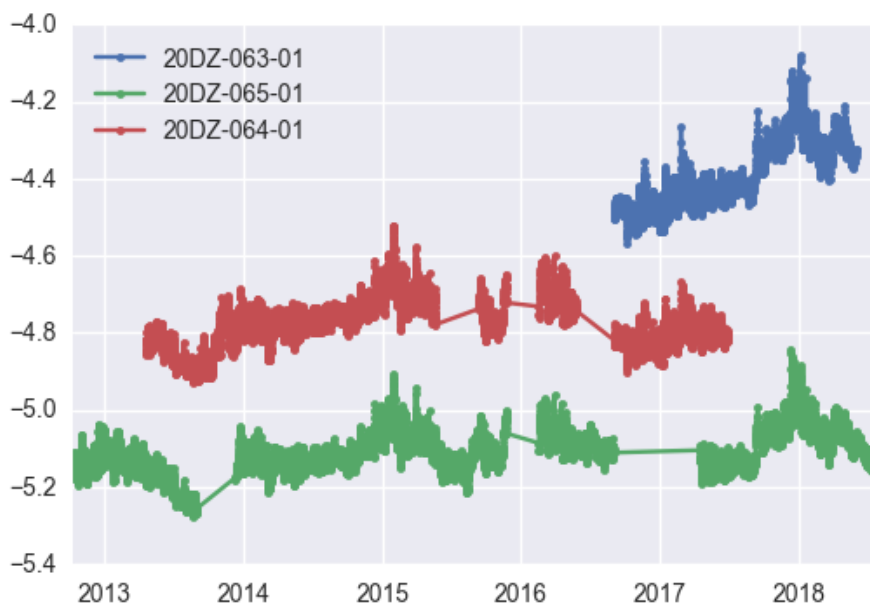
Om inzicht in het effect van de aansnijding van het eerste watervoerende pakket op de waterkwantiteit en - kwaliteit van 't Bovenwater te krijgen is onderstaand nader ingegaan op de waardoor 't Bovenwater in contact komt met grondwaterstromen.

### Effect op waterkwantiteit

Rond de recreatieplas is een aantal peilbuizen aanwezig (zie afbeelding II.5). De metingen aan de stijghoogtes in deze peilbuizen laten zien dat er een verloop van west naar oost te zien is in de grondwaterstanden. Hieruit blijkt dat er een zuidoostelijk gerichte grondwaterstroming (vanaf het Markermeer richting de Flevopolder) is in het watervoerend pakket.

Een vergelijking van de stijghoogtes met de waterstanden in 't Bovenwater (flexibel peilbeheer tussen de NAP -2.95 en NAP -3,05 m) laat zien dat de gemeten grondwaterstanden in het watervoerend pakket zijn lager dan het waterpeil in 't Bovenwater. Hierdoor is er in 't Bovenwater netto sprake van een infiltratiesituatie. Lokaal kan er echter sprake zijn van bruto kwel. Medewerkers van het waterschap hebben in de winter bij ijsvorming plekken in het ijs waargenomen die duiden op de aanwezigheid van kwelvensters binnen 't Bovenwater<sup>1</sup>. Dit duidt op (enige) lokale kwel die niet vanuit het eerste watervoerend pakket komt, maar bijvoorbeeld uit het Markermeer.

Afbeelding II.7 Grondwaterstanden 't Bovenwater (waterschap Zuiderzeeland). De buis met code 063 staat op de Markermeerdijk, buis 064 bevindt zich in het noordelijk deel van 't Bovenwater en buis 065 bevindt zich in de zuidoosthoek van 't Bovenwater

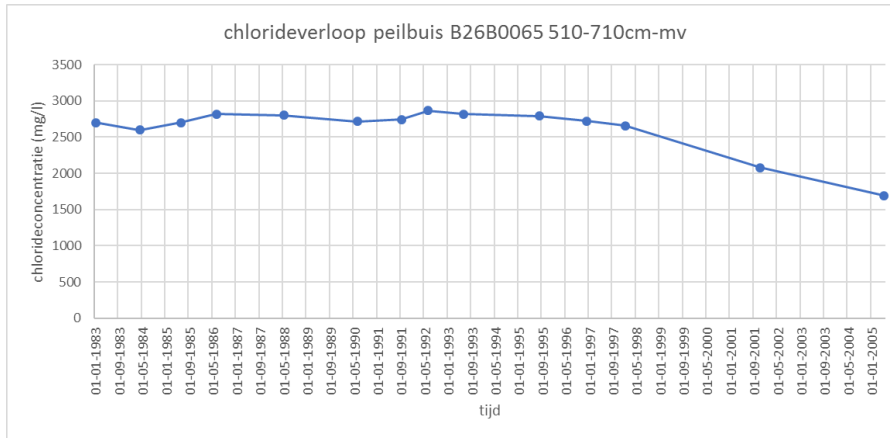


### Effect op waterkwaliteit

In afbeelding II.8 is de chlorideconcentratie van peilbuis B26B0065 te zien in het eerste watervoerende pakket. De chlorideconcentraties zijn hoog, ongeveer 1.700 mg/l in de laatste meting van 2005. Er is wel een lichte daling sinds eind jaren '90 in de chlorideconcentratie. Bij aanleg van een verdieping komt 't Bovenwater in open verbinding te staan met het eerste watervoerende pakket. Mogelijk heeft dit effecten op het chloridegehalte in 't Bovenwater.

<sup>1</sup> In de beschikbare gegevens over bodemopbouw en geohydrologie zijn echter geen bijwijzen te vinden die deze suggestie ondersteunen. Dit zou echter te maken kunnen hebben met de resolutie van het bodemonderzoek. Indien wordt overwogen om plaatselijke verdiepingen aan te leggen, dient aanvullend onderzoek te worden uitgevoerd om zekerheid te krijgen over aan- of afwezigheid van kwelvensters in de waterbodem.

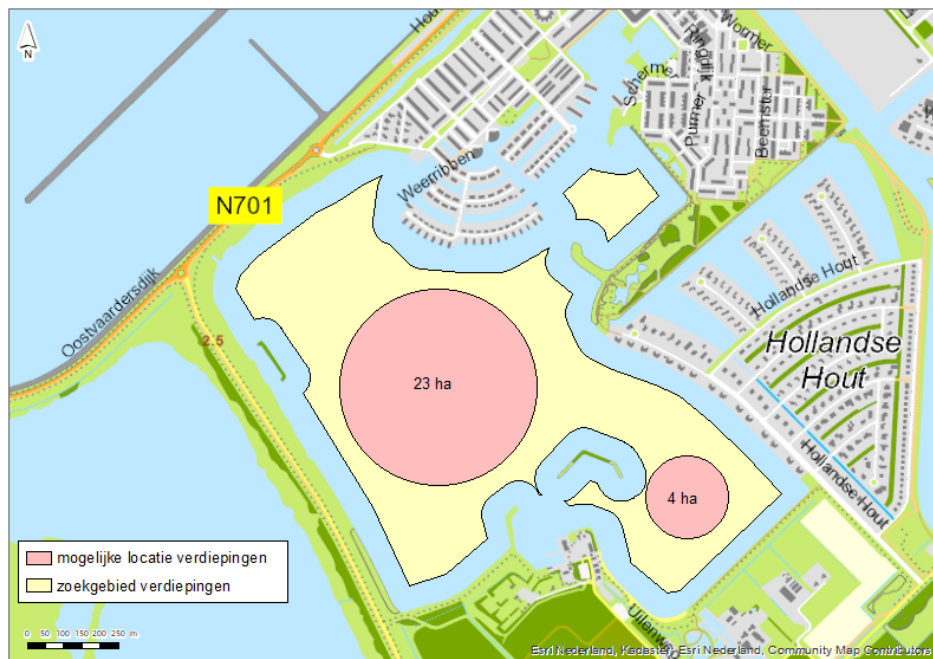
Afbeelding II.8 Chlorideverloop peilbuis B26B0065 510-710cm-mv



## II.5 Locatie van de verdieping

Een onderwatertalud van de verdieping met 1:4 in de kleiige ondergrond is voldoende stabiel. De verdieping is niet mogelijk in de oeverzone vanwege risico op stabiliteitsissues van omliggende objecten (dijklichamen en woningen). Deze uitgangspunten leveren het zoekgebied voor aanleg van de verdieping dat is weergegeven in afbeelding II.9.

Afbeelding II.9 Zoekgebied voor aanleg van een verdieping in 't Bovenwater (in geel) en een voorbeeld van de inpassing van verdiepingen ter grootte van 27 ha (in rood)



## II.6 Uitvoering van de verdieping

Voor de aanleg van de verdiepingen is inzet van mechanische verwijdering met behulp van een kraan op een ponton de aangewezen methode. Voor de methodische beschrijven verwijzen we naar bijlage I. Verwerking van het vrijgekomen materiaal kan zowel in externe verwerkingslocaties of, bij aanleg van een natuurswemvijver, in een aan te leggen gronddam.

## II.7 Effecten op gebruiksfuncties

### Zwemwater

#### *Uitvoering van de maatregel*

De uitvoering van de aanleg van een verdieping zal tijdelijk tot verstoring voor zwemmers leiden, zowel door aanwezigheid van het materieel als door vertroebeling van het water door opwerveling van bodemdeeltjes.

#### *Effect van de maatregel*

De aanleg van de verdieping zal de draagkracht van het watersysteem van 't Bovenwater sterk veranderen. Uit paragraaf 4.4 blijkt dat de productiviteit van het watersysteem sterk afneemt. De modellering voor de situatie met verdieping voorspelt zomergemiddelde chlorofyl concentraties van minder dan 25 µg/l. Hieruit blijkt dat de aanleg van een verdieping een effectieve maatregel is om zomerse blauwalgenbloei te voorkomen. De aanleg van een verdieping heeft daarmee een positieve uitwerking op de functie zwemwater.

### Zwemwaterkwaliteit

#### *Milieu hygiënische kwaliteit*

Bij het verdiepen van 't Bovenwater worden op diepe putten binnen 't Bovenwater aangelegd. Het verdiepen van de plas vindt plaats buiten de zwemzone. Met behulp van het model ZWEMPROF is gekeken naar het effect van de aanleg van de verdieping op de zwemwaterkwaliteit. Er wordt in het model aangenomen dat de gemiddelde diepte van de plas door het verdiepen van 1,25 naar 4 m gaat. Voor het oppervlak van de zwemplas en de overige bronnen verandert er verder niets.

De uitkomst van het model verandert weinig ten opzichte van de huidige situatie (bijlage V.6). Doordat het verdiepen buiten de zwemzone plaatsvindt, is er weinig effect op de zwemwaterkwaliteit. De milieu hygiënische waterkwaliteit blijft uitstekend met een geringe invloed van zwemmers op een kluitje.

#### *Kans op blauwalgbloei*

Bij een diepe stratificerende plas treedt nutriëntental op: nutriënten uit het epilimnion (ondiepe waterlagen) zakken uit naar het hypolimnion (de waterlaag onder de spronglaag), waardoor ze niet langer beschikbaar zijn voor biologische productie. Als gevolg van de nutriëntental vermindert de hoeveelheid beschikbare nutriënten in de waterkolom en daarmee ook de kans op algenbloei. Als gevolg van stratificatie komen de nutriënten die in de diepe put worden vastgelegd gedurende het zomerseizoen niet tot expressie.

#### *Overige effecten zwemwater*

Aan de beleving en uiterlijk van de zwemplas verandert er niets bij deze maatregel.

### Vaarrecreatie

De aanleg van een verdieping in 't Bovenwater zal overlast opleveren voor de vaarrecreatie door aanwezigheid van baggermaterieel op de plas.

De ecologische modellering van het effect van de maatregel heeft laten zien dat de productiviteit van het watersysteem sterk afneemt als gevolg van de aanleg van een verdieping. De productiviteit van de waterplanten zal daarmee eveneens afnemen (paragraaf II.3), waardoor de overlast van waterplanten voor vaarrecreatie sterk af zal nemen. Dit wordt versterkt doordat het begroeibaar areaal voor waterplanten afneemt door de verdieping.

## II.8 Conclusie met betrekking tot de maatregel Plaatselijk verdiepen

### Technische haalbaarheid

De aanleg van de verdiepingen is technisch goed uitvoerbaar. Omdat de plas niet per schip bereikbaar is, wordt de afvoer van vrijgekomen materiaal wel bemoeilijkt. Dit komt tot uitdrukking in de kostenraming.

### Kans dat het beoogde doel van de maatregel wordt bereikt

Technisch is het mogelijk om de benodigde verdieping te realiseren en de beoogde uitwerking op de waterkwaliteit te bereiken. Om een significante invloed op de waterkwaliteit te hebben, moet de verdieping 10 tot 20 % van het bodemoppervlak bestrijken en voldoende diep zijn om te stratificeren. Voor 't Bovenwater heeft dit tot gevolg dat er zeer forse volumes bodemmateriaal verwijderd moeten worden.

### Risico's van de maatregel

Aansnijden van grondwaterlagen brengt onzekerheden met zich mee ten aanzien van veranderingen in de nutriëntenhouding en kwel en wegzijging in de plas.

### Kosten

In de kostenraming zijn 2 varianten voor deze maatregel uitgewerkt:

- variant 1: aanbrengen van een verdieping over 10 % van het bodemoppervlak met gebruik van het vrijgekomen materiaal voor aanleg van een aarden dam als afscheiding tussen 't Bovenwater en de natuurzwemvijver. De kosten voor deze maatregel zijn geraamd op EUR 8.300.000,--. Hierbij zijn de volgende aannames gedaan:
  - aanleg 2 verdiepingen van 8 m met een oppervlak van 200 x 300 m;
  - verwijdering 960.000 m<sup>3</sup>;
  - mechanisch baggeren met kraan;
  - hergebruik vrijgekomen grond binnen de recreatieplas;
- variant 2: aanbrengen van een verdieping over 10 % van het bodemoppervlak met gebruik van het vrijgekomen materiaal voor aanleg van een aarden dam als afscheiding tussen 't Bovenwater en de natuurzwemvijver. De kosten voor deze maatregel zijn geraamd op EUR 27.000.000,--. Hierbij zijn de volgende aannames gedaan:
  - aanleg 2 verdiepingen van 8 m met een oppervlak van 200 x 300 m;
  - verwijdering 960.000 m<sup>3</sup>;
  - mechanisch baggeren met kraan;
  - afvoer van vrijgekomen grond naar externe verwerkingslocatie landgoed Noorderhoek (zie bijlage I).

In bijlage VI zijn SSK ramingen opgenomen voor deze maatregelen.



## BIJLAGE: TECHNISCHE UITWERKING VAN MAATREGEL WINTERVERVERSING MET MARKERMEERWATER

In deze bijlage is winterverversing met Markermeerwater onderzocht als maatregel om de ecologische waterkwaliteit van 't Bovenwater te verbeteren.

### III.1 Uitgangspunten

Bij de uitwerking van dit hoofdstuk zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

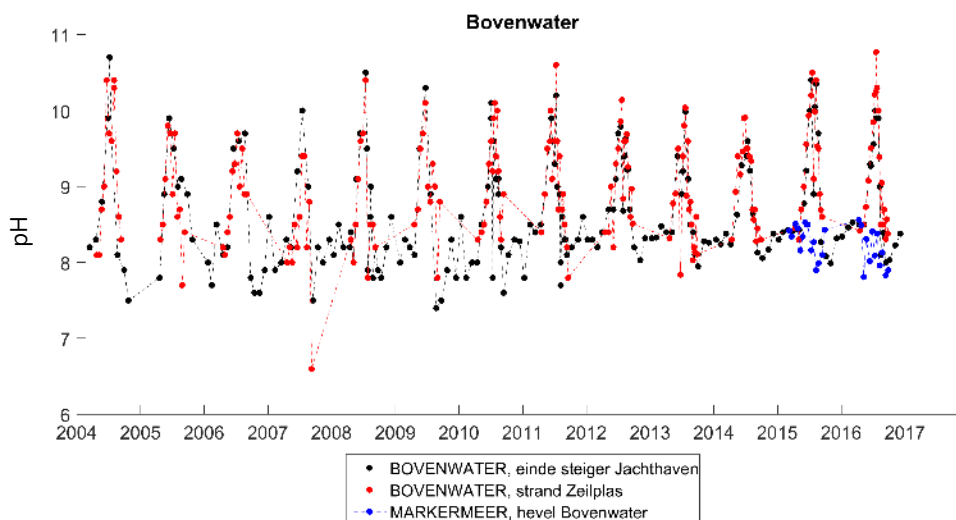
- hevelcapaciteit van 1.200 m<sup>3</sup>/uur;
- winterverversing wordt dagelijks toegepast van 1 oktober tot 31 maart;
- meetpunt Markermeer-Midden is representatief voor het bicarbonaatgehalte bij inlaat via de hevel Bovenwater;
- waterbalans en bodemchemie zoals beschreven in de watersysteemanalyse voor 't Bovenwater (Witteveen+Bos, 2016).

### III.2 Huidige kwaliteit 't Bovenwater en Markermeer

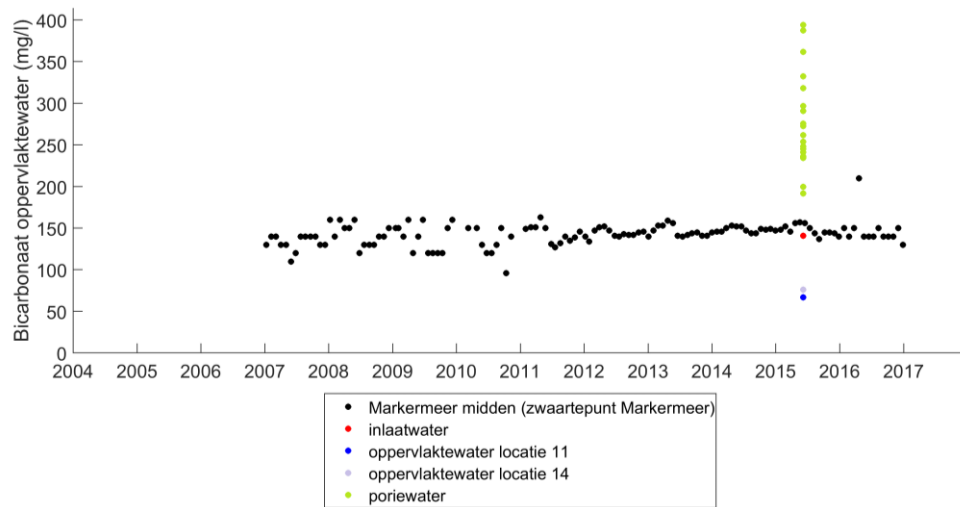
In afbeelding III.1 is het verloop van de pH in het oppervlaktewater van 't Bovenwater weergegeven. De afbeelding laat jaarlijks duidelijke pieken in pH tot boven pH 10 zien. Deze pH pieken zouden bij kunnen dragen aan de nalevering van fosfaat vanuit de bodem.

In afbeelding III.2 is het bicarbonaat gehalte weergegeven van het oppervlaktewater van 't Bovenwater en het Markermeer en van het poriewater in 't Bovenwater. Het bicarbonaatgehalte van het poriewater van 't Bovenwater is met 200 tot 400 mg/l hoger dan het gehalte van het inlaatwater (150 mg/l) en het oppervlaktewater van 't Bovenwater (50 mg/l). Dergelijk hoge bicarbonaatgehalten zien we ook terug in de meeste andere watersystemen in Nederland met uitzondering van enkele geïsoleerde vennen. De hoge bicarbonaatgehalten in het porievocht zijn het gevolg van een evenwicht tussen afbraakprocessen in het sediment (deze verhogen de alkaliteit) en het bovenstaande water (lagere alkaliteit door opname van bicarbonaat door waterplanten). Een eventuele extra inlaat kan alleen alkaliteit in de waterkolom van het Bovenwater verhogen. Hierdoor ontstaat waarschijnlijk een nieuw evenwicht tussen waterkolom en waterbodem, waarbij de concentratie in het poriewater mogelijk iets hoger wordt.

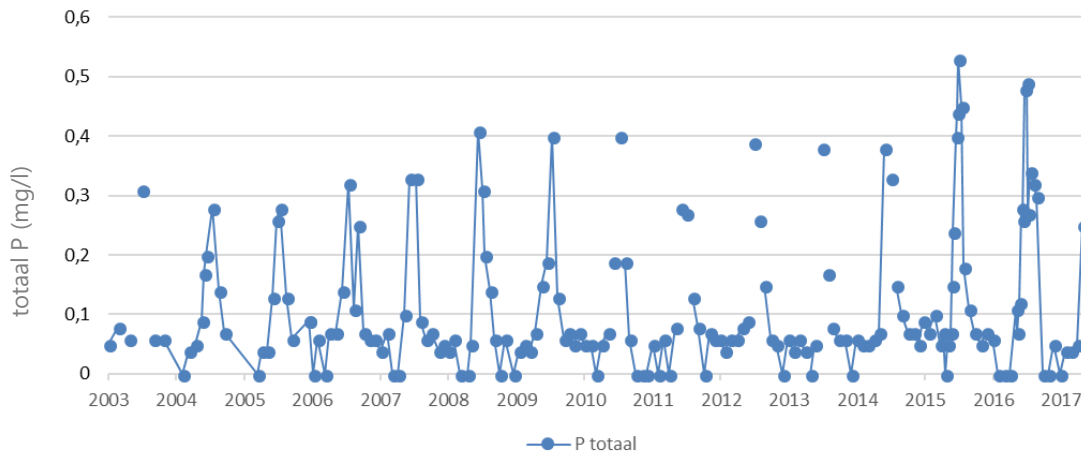
Afbeelding III.1 pH verloop in het oppervlaktewater van 't Bovenwater



Afbeelding III.2. Gehalte aan bicarbonaat in oppervlaktewater en poriewater van 't Bovenwater en het oppervlaktewater bij het referentiepunt op het Markermeer



Afbeelding III.3. Verloop van totaal P (mg/l) in 't Bovenwater



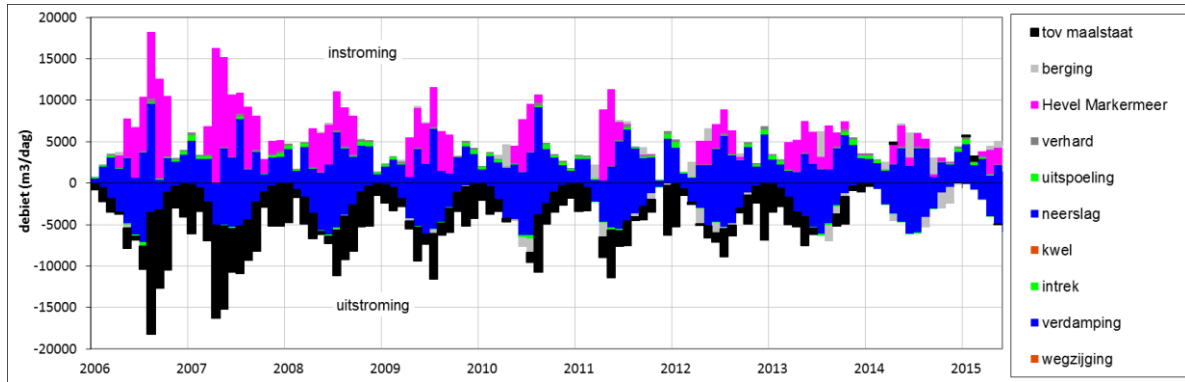
### III.3 Effect van winterverversing op de alkaliteit van 't Bovenwater

#### Huidige situatie

Om te bepalen hoeveel water er ingelaten worden om de alkaliteit van 't Bovenwater in de zomer voldoende te verlagen nemen we de waterbalans uit de studie van Witteveen+Bos uit 2016 als uitgangspunt. Deze balans laat zien dat het water in 't Bovenwater voornamelijk afkomstig is uit de Hevel Markermeer (inlaat) en neerslag. Uitgaande posten zijn voornamelijk verdamping en doorvoer naar achterliggende gebieden (tot 2014). De verblijftijd in 't Bovenwater is lang met ongeveer 2 jaar.



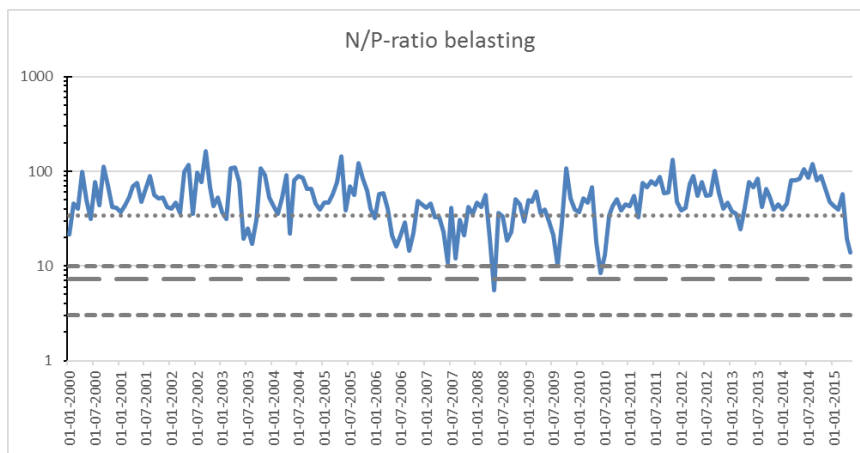
Afbeelding III.4 Waterbalans voor 't Bovenwater (Witteveen+Bos, 2016)



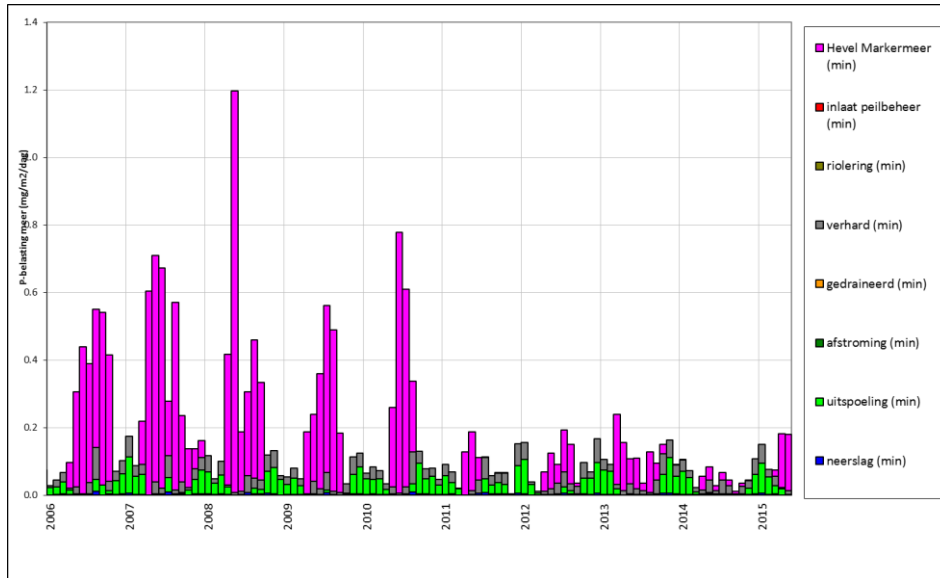
Deze balans is gecheckt op basis van chloride (conservatieve stof), (gemeten) debieten en peil. Deze toetsing heeft laten zien dat de balans een aardige reproductie van de werkelijkheid betreft. Chloride wordt goed gereproduceerd, de gemeten versus berekende uitlaat gaat ook goed, maar hier zijn helaas veel missende data. Gemeten en berekend peil gaat iets minder goed, maar patronen worden voldoende goed gereproduceerd. Uiteindelijk is deze balans goed geschikt voor het doeleinde in dit hoofdstuk.

In afbeelding III.5 is de N:P ratio van de nutriëntenbelasting weergegeven. De afbeelding laat zien dat de ratio vrijwel altijd tussen 10 en 100 ligt, waardoor er sprake is van P-limitatie. In afbeelding III.6 is de P-belasting op basis van de waterbalans weergegeven.

Afbeelding III.5 N:P ratio in 't Bovenwater

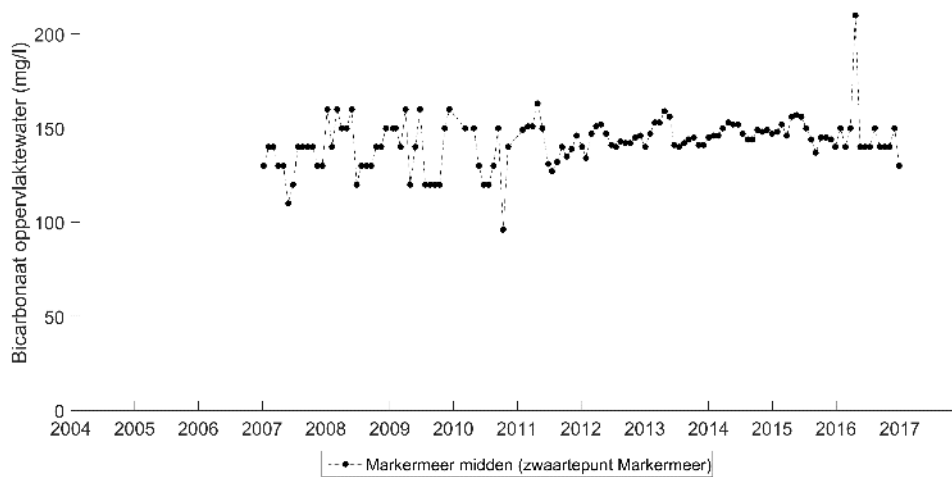


Afbeelding III.6 P-belasting in 't Bovenwater

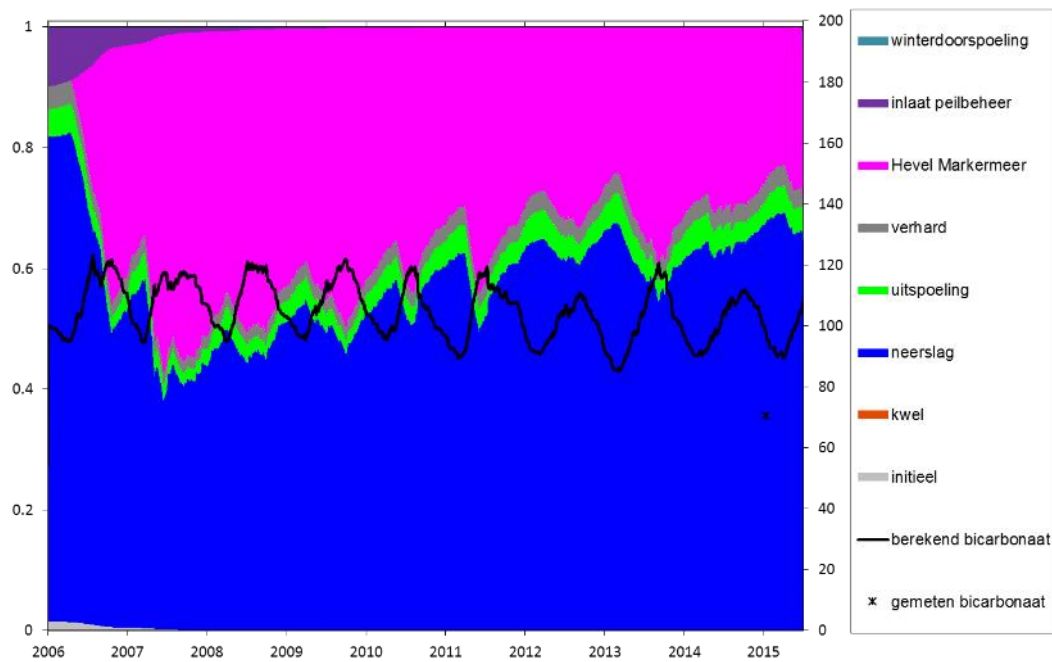


Op basis van de waterbalans is alkaliteit berekend als conservatieve stof. Hiervoor zijn de metingen van het meetpunt Markermeer Midden (afbeelding III.7) gebruikt als representatief voor inlaat hevel Bovenwater. De uitkomsten van de berekening zijn weergegeven in afbeelding III.8. Uit de afbeelding blijkt dat de enige meting in 't Bovenwater lager uitvalt dan de berekende waarden. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door opname van bicarbonaat door waterplanten en algen in 't Bovenwater.

Afbeelding III.7 Meetreeks voor bicarbonaat-gehalte voor referentiepunt Markermeer-midden



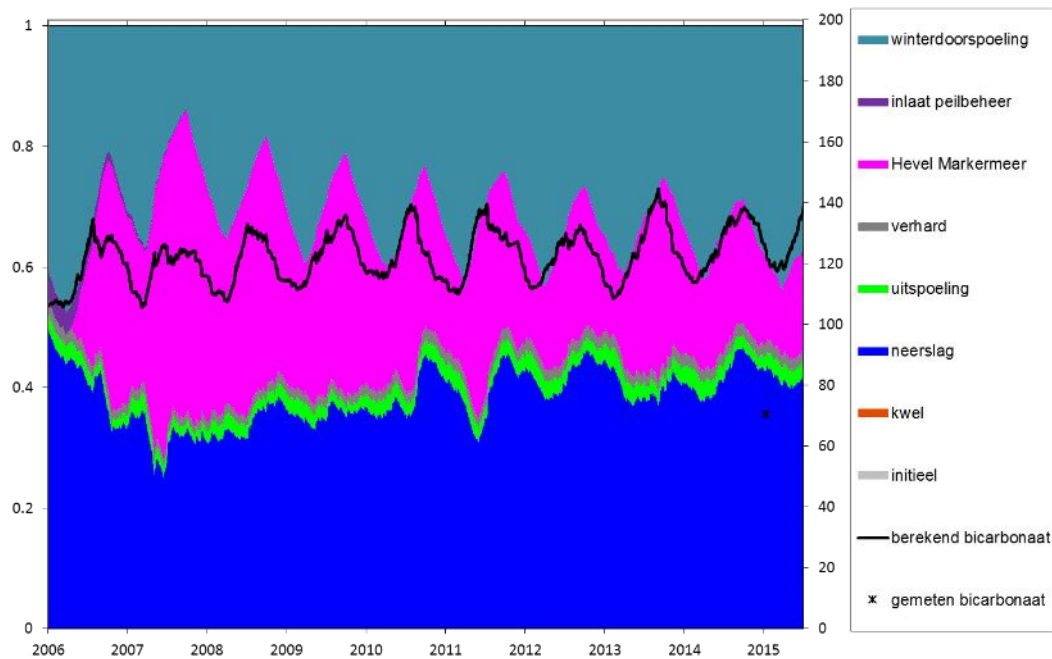
Afbeelding III.8 Fractieverdeling voor het water in 't Bovenwater in de huidige situatie (linker as) en berekening voor alkaliteit (rechter as). Berekende alkaliteit op basis van de waterbalans (zwarte lijn) en meting (zwarte kruisje)



### Winterversing

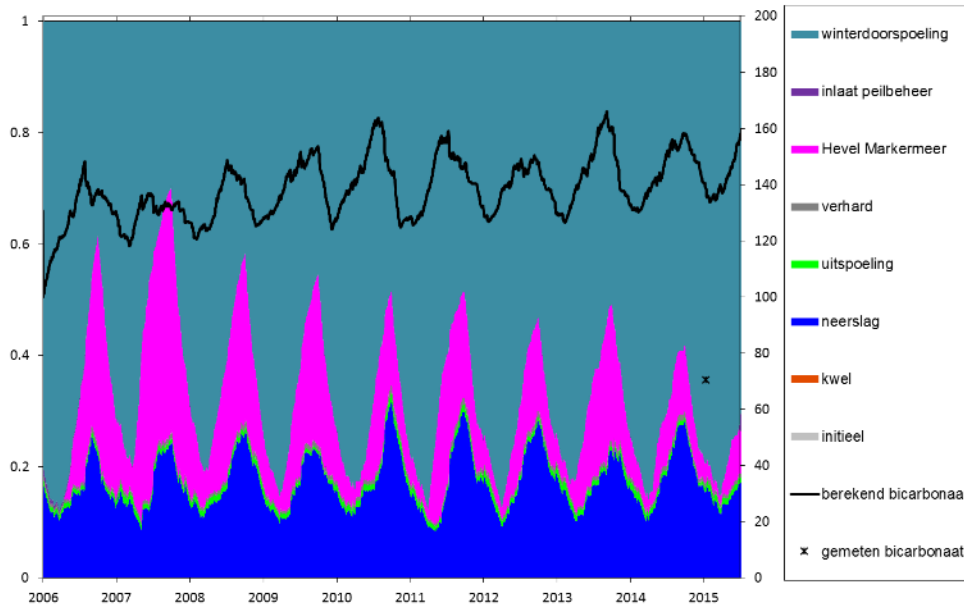
In afbeelding III.9 is de situatie weergegeven bij doorspoeling in de winter met 5.000 m<sup>3</sup>/d. Hierbij is te zien dat dit water gedurende het hele jaar aanwezig blijft in de plas. Zelfs in de zomer is 20-30 % van het aanwezige water afkomstig van de winterversing. In totaal is er dan >50 % Markermeerwater aanwezig in 't Bovenwater. Bij deze winterversing neemt de alkaliteit toe, maar het effect hiervan is beperkt (van circa 90 mg/l in de zomer naar circa 120 mg/l).

Afbeelding III.9 Fractieverdeling voor het water in 't Bovenwater en berekende alkaliteit bij 5.000 m<sup>3</sup>/d winterversing



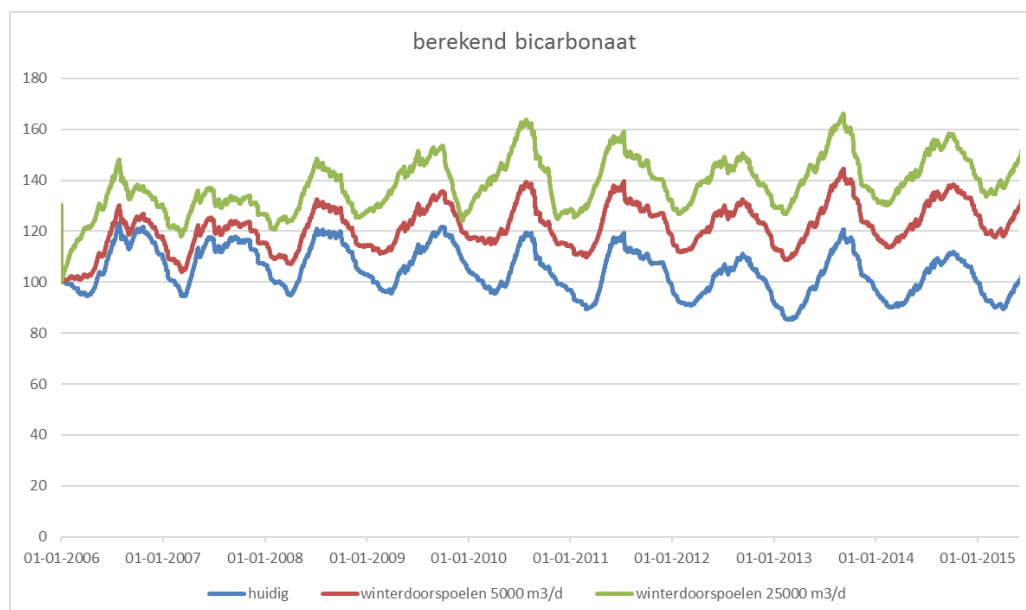
De maximale hoeveelheid water die op basis van de capaciteit van de hevel ingelaten kan worden is 25.000 m<sup>3</sup>/d. Wanneer wordt aangenomen dat in de winter met dit volume wordt doorgespoeld, neemt de fractie Markermeerwater in 't Bovenwater aanzienlijk toe. Afbeelding III.10 laat zien dat vrijwel altijd >80 % van het water in 't Bovenwater afkomstig is uit het Markermeer. De berekende alkaliteit laat zien dat de alkaliteit daarbij maar toeneemt tot 140 mg/l.

Afbeelding III.10 Fractieverdeling voor het water in 't Bovenwater en berekende alkaliteit bij 25.000 m<sup>3</sup>/d winterverversing



Het verloop in alkaliteit in de drie berekende scenario's is weergegeven in afbeelding III.11. De poriewaterconcentraties in de huidige situatie zijn ongeveer 300 mg/l. De verwachting is dat zelfs bij een toename naar 140 mg/l de effecten hiervan op het bodemvocht marginaal zijn, omdat het bicarbonaatgehalte in het porievocht vrijwel geheel bepaald wordt door de bodemprocessen.

Afbeelding III.11 Berekende gehalten aan bicarbonaat (mg/l) voor de huidige situatie en de scenario's met 5.000 en 25.000 m<sup>3</sup>/d winterverversing



### III.4 Beschouwing van neveneffecten

#### Effect op nutriëntenbelasting

Om het effect van winterverversing op de waterkwaliteit te kunnen bepalen is eerst het effect op de verblijftijd bekeken (tabel III.1). Vervolgens is het effect op de kritische grenzen (draagkracht) bekeken. Hierbij is uitgegaan van de uitgangspunten zoals weergegeven in tabel III.2.

Tabel III.1 Berekende verblijftijden

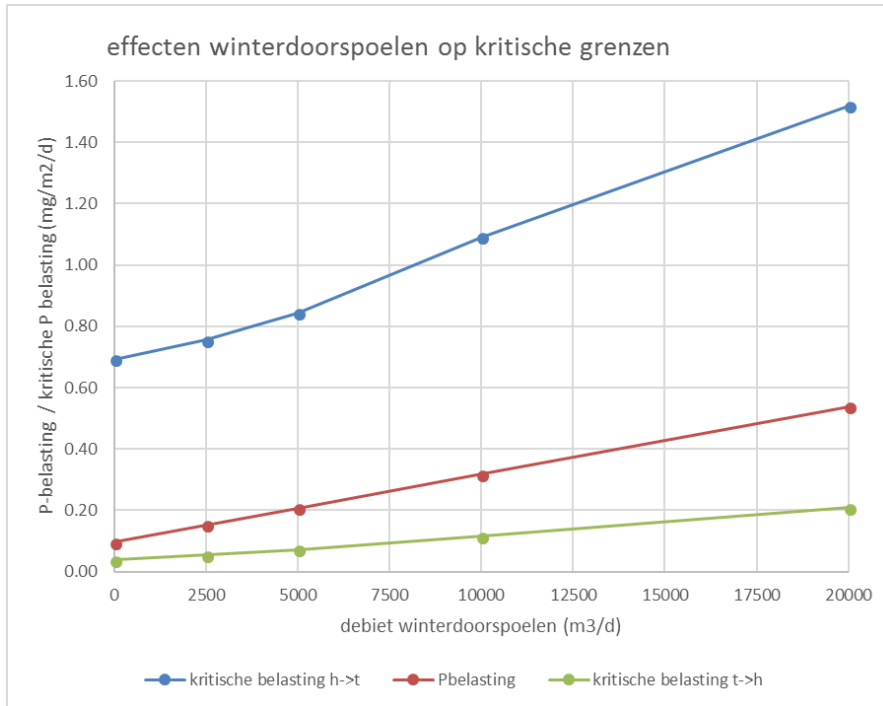
Winterdoorspoelen (m <sup>3</sup> /d)	Verblijftijd
0	471
2.500	365
5.000	301
10.000	222
20.000	146

Tabel III.2 Uitgangspunten voor de verschillende scenario's met winterverversing bij modellering met PCLake

	Doorspoelvolum e (m <sup>3</sup> /d)	totaal inlaatdebiet (in mm/d)	P-belasting	N:P-ratio
huidig	0	3.4	0.10	53.2
winterdoorspoelen 2.500 m <sup>3</sup> /d	2.500	4.4	0.15	42.3
winterdoorspoelen 5.000 m <sup>3</sup> /d	5.000	5.3	0.21	37.3
winterdoorspoelen 10.000 m <sup>3</sup> /d	10.000	7.2	0.32	32.5
winterdoorspoelen 20.000 m <sup>3</sup> /d	20.000	11.0	0.54	28.7

In afbeelding III.12 zijn de externe P-belasting en de kritische grenzen weergegeven voor de verschillende scenario's met winterverversing. De afbeelding laat zien dat P-belasting sneller toeneemt dan de beide kritische grenzen: een toename in doorspoeldebiet leidt ertoe dat de externe P-belasting en de beide kritische grenzen toenemen, waarbij de externe P-belasting dichterbij de bovenste kritische grens toe schuift. De externe P-belasting blijft tussen de beide kritische grenzen in liggen in de buurt van de kritische grens voor omslag van troebel naar helder. Hierbij geldt nog dat de kritische grens meer bepaald wordt door de verblijftijd in de zomer dan in de winter. In werkelijkheid zal de kritische grens daarom minder sterk toenemen, waardoor de externe P-belasting zich bij toename van het doorspoeldebiet sneller in de richting van de bovenste kritische grens zal bewegen. Verhoging van het doorspoeldebiet leidt daardoor tot een verslechtering in ecologische waterkwaliteit.

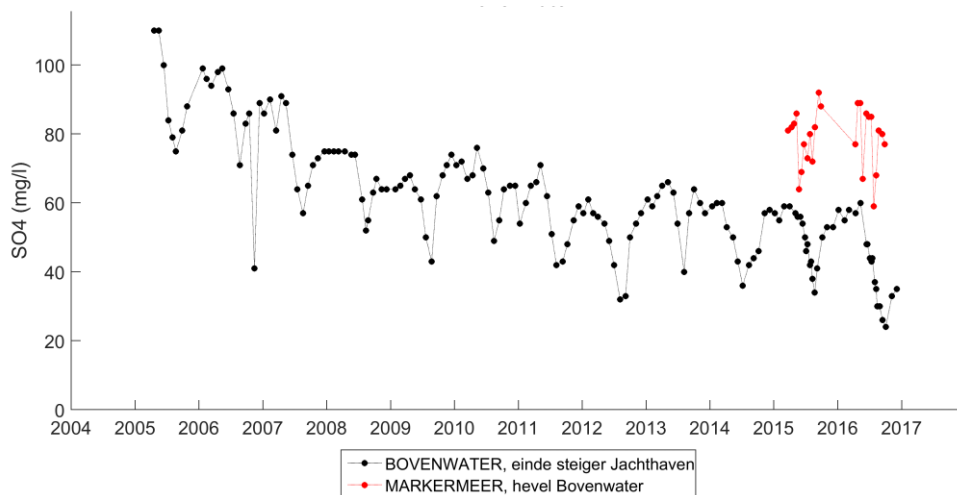
Afbeelding III.12 Externe P-belasting en kritische grenzen bij verschillende debieten voor winterverversing



### Effect op sulfaat belasting

Het Markermeerwater heeft een hoger gehalte aan sulfaat dan het oppervlaktewater van 't Bovenwater (afbeelding III.13). Winterverversing resulteert in een extra sulfaatbelasting op 't Bovenwater. De hogere sulfaat belasting zal de Fe:P ratio beïnvloeden en de beschikbaarheid van ijzer voor fosfaatbinding verkleinen. Daarnaast kan een hogere sulfaat beschikbaarheid de snelheid van anaerobe afbraak van organisch materiaal verhogen.

Afbeelding III.13 Sulfaatgehalte van het oppervlaktewater van 't Bovenwater en het Markermeer (meetpunt hevel Bovenwater)



Tabel III.3 Effecten op sulfaat belasting (mg/SO<sub>4</sub>/m2/d)

	Sulfaat
huidig	91

	Sulfaat
winterdoorspoelen 2.500 m <sup>3</sup> /d	166
winterdoorspoelen 5.000 m <sup>3</sup> /d	242
winterdoorspoelen 10.000 m <sup>3</sup> /d	393
winterdoorspoelen 20.000 m <sup>3</sup> /d	695

### III.5 Expert oordeel

Op 23 juli zijn de bovenstaande bevindingen in een expert sessie besproken met de heer H. Hosper, prof.dr. A. Smolders (Onderzoekscentrum B-WARE) en de heer M. Hokken (waterschap Zuiderzeeland) om tot een gezamenlijk beeld te komen over de verwachte effectiviteit van winterverversing. Onderstaand zijn de bevindingen van de experts beschreven.

Afbeelding III.14 Sfeerbeeld van de expertsessie aan 't Bovenwater



Afbeelding III.15 Sfeerbeeld van de expertsessie met mobiel kantoor aan 't Bovenwater





### *Dominant proces in nalevering*

Tijdens de werksessie is eerst ingegaan op de verwachte bijdrage van zuurstofloosheid en pH in de waargenomen nalevering. Op basis van de eerdere metingen van B-Ware werd vastgesteld dat de Fe:P ratio in de bodem van 't Bovenwater heel gunstig is, waardoor weinig nalevering te verwachten is zolang het aan de waterbodem zuurstofrijk blijft. Bij zuurstofloosheid kan er wel nalevering optreden, maar gezien de P-gehalten in het porievocht wordt een lagere nalevering als gevolg van zuurstofloosheid verwacht dan de nalevering die in 't Bovenwater is waargenomen in de afgelopen jaren. In combinatie met de snelheid van de toename in P wijst de hoogte van de nalevering erop dat deze nalevering vooral door pH wordt gestuurd. De heer prof.dr. A. Smolders en de heer H. Hosper concluderen op basis van de gegevens dat pH een hoofdrol heeft in de nalevering.

De vraag is vervolgens of de pH in het porievocht in de waterbodem met winterverversing te veranderen is. Winterverversing kan de alkaliteit in de waterkolom van 't Bovenwater verhogen. De concentratie kan volgens de berekening met een waterbalans van ongeveer 80 mg/l naar ongeveer 140 mg/l omhoog gebracht worden wanneer 2.500 m<sup>3</sup>/d wordt ingelaten in het winterhalfjaar (oktober-april). De huidige concentratie bicarbonaat in het bodemvocht van 't Bovenwater is echter al zo'n 300 mg/l. De netto positieve effecten van het verhogen tot 140 mg/l op het bodemvocht worden als klein ingeschat. De verwachting van de heer prof.dr. A. Smolders is dat het bicarbonaatgehalte in de bodem slechts beperkt zal reageren op hogere gehalten in de waterkolom. De vraag is daardoor of doorspoelen het verschil in pH gaat maken. Als gevolg van verdunning door neerslag is het effect van doorspoeling (uitgaande van de twee onderzochte scenario's) op het bicarbonaatgehalte in de waterkolom beperkt.

### *Effect van winterverversing op nutriëntenhuishouding*

De risico's van het winterdoorspoelen op de waterkwaliteit door verhogen van de P- en N-belasting zijn relatief groot. Beide belastingen nemen bij winterverversing sneller toe dan de toename in de draagkracht van het watersysteem. Netto betekent dit dat de verhouding tussen de externe belasting en de draagkracht van 't Bovenwater door doorspoeling negatief beïnvloed wordt. Dit zorgt ervoor dat de kans op waterkwaliteitsproblemen, zoals overmatige (blauw)algengroei, kan toenemen door winterverversing. Door extra aanvoer van koolstof kan doorspoeling ook resulteren in meer groei van waterplanten.

### *Conclusie uit de expertsessie*

Afgelopen jaren is de waterkwaliteit in 't Bovenwater juist verbeterd door het verminderen van de inlaat via de hevel. Afgelopen twee jaren is de hoeveelheid toxische blauwalgen in 't Bovenwater beperkt geweest. Dit vermindert de noodzaak tot doorspoelen. In de situatie van de afgelopen jaren, met sterke P pieken en bijbehorende algenbloei met drijfblagen, had een proef met winterverversing ingezet kunnen worden omdat het weinig kwaad kon. In de huidige situatie met autonoom verbeterende omstandigheden komt de maatregel in een ander daglicht te staan. De noodzaak voor inzet van de maatregel is kleiner, terwijl de nadelen wel blijven bestaan. Met het oog op de verbetering in waterkwaliteit die de laatste jaren gaande is wordt afgeraden om de maatregel winterverversing toe te passen.

### *Doorkijk*

In het geval dat de waterkwaliteit in de komende jaren toch weer verslechtert en het huidige herstel zich niet doorzet, zou winterverversing opnieuw als maatregel in overweging genomen kunnen worden. Om ervoor te zorgen dat er op dat moment een afweging kan worden gemaakt op basis van meetgegevens en praktijkervaringen, zou de tussentijd benut kunnen worden om de maatregel experimenteel te onderzoeken en aanvullende metingen te verrichten met betrekking tot de pH en de bicarbonaat huishouding.



## III.6 Effecten op gebruiksfuncties

### Zwemwater

#### *Uitvoering van de maatregel*

De winterverversing wordt uitgevoerd door extra inzet van de hevel Bovenwater tijdens het winterhalfjaar. Er zullen daarom geen directe effecten van de inzet van de maatregel op de zwemwater functie zijn. Daarnaast verandert er door extra inzet van de hevel niks aan de beleving van de zwemlocatie.

#### *Effect van de maatregel*

De winterverversing heeft als doel om een vermindering in de nalevering te bereiken. Het achterliggend doel is om de nutriëntenbeschikbaarheid voor algen te verminderen, daarmee de kans op het optreden van blauwalgenbloei te verkleinen en zo de beschikbaarheid van 't Bovenwater voor zwemmers te vergroten. Het mechanisme is hierbij gelijk aan het mechanisme zoals beschreven voor de maatregel baggeren, met dit verschil dat baggeren alleen ingrijpt op de nalevering uit de slibvoorraden, terwijl winterverversing de nalevering vanuit de gehele waterbodem adresseert. Op basis van de informatie in dit hoofdstuk wordt ingeschat dat het effect van winterverversing op de nalevering gering zal zijn, waardoor ook de positieve uitwerking op de zwemfunctie beperkt zal blijven.

### Zwemwaterkwaliteit

#### *Milieu hygiënische kwaliteit*

Het effect van de winterverversing met Markermeerwater op de zwemwaterkwaliteit van 't Bovenwater is in beeld gebracht met het model ZWEMPROF (afbeelding V.8). Bij het doorspoelen van de plas met Markermeerwater, verandert er niets aan de huidige aanwezige bronnen. Wel kunnen er verontreinigingen uit het Markermeer in 't Bovenwater komen. In het model wordt de aanname gedaan dat er wordt doorgespoeld met een verblijftijd van 301 dagen (debiet van 5.000 m<sup>3</sup>/dag). De gemiddelde concentratie in het Markermeer is bepaald aan de hand van RWS-metingen tussen 2010-2011.

Ook bij deze maatregel laat het model zien dat de milieu hygiënische waterkwaliteit uitstekend is (bijlage II.10). De bacteriële belasting van het Markermeer blijft ruim onder de norm.

#### *Kans op blauwalgenbloei*

De huidige verblijftijd van het water in 't Bovenwater is hoog. Het doorspoelen van 't Bovenwater met Markermeerwater heeft hier weinig effect (hoofdstuk 4). Van een verblijftijd van 471 dagen gaat de verblijftijd met doorspoelen naar 301 dagen. Eventuele voordelen van een hogere doorstroming (uitspoelen van algen/nutriënten, minder slibvorming, hogere aeratie) zijn hierdoor minimaal. De alkaliteit van 't Bovenwater neemt bij deze maatregel wel toe, maar de effecten hiervan zijn gering. Zelfs met het maximaal doorspoelen van de plas met Markermeerwater is de toename van de alkaliteit beperkt. Het risico op een hogere nutriënten belasting door het Markermeerwater neemt echter wel toe, waardoor er een hogere kans is op blauwalg. De waterkwaliteit van 't Bovenwater is de afgelopen jaren juist verbeterd door het verminderen van de inlaat via de Hevel.

### Vaarrecreatie

Zoals in paragraaf I.3 beschreven voor de maatregel baggeren, is ook bij winterverversing vooral een effect op de zeilsport te verwachten via de ontwikkeling van onderwatervegetatie. Bij inzet van winterverversing de positie van waterplanten ten opzichte van algen versterkt. Daardoor kunnen waterplanten tot later in het groeiseizoen in goede conditie blijven en eventueel tot overlast voor vaarrecreatie zorgen.

## III.7 Conclusie met betrekking tot winterverversing met Markermeerwater

### Technische haalbaarheid

Winterverversing met Markermeerwater is technisch goed haalbaar. Voor het verversingsdebiet gelden de capaciteit van de hevel en de stuw voor waterafvoer richting het Hollandse Hout als beperking. De capaciteit

van de stuw is daarbij vooral beperkend. De stuw is voorzien van een buis met een doorsnede van 30 cm. De capaciteit van de stuw zou vergroot moeten worden om winterverversing mogelijk te maken.

Afbeelding III.16 Stuw tussen 't Bovenwater en het Hollandse Hout



#### Kans dat het beoogde doel van de maatregel wordt bereikt

Winterverversing zal bijdragen aan het verhogen van het bicarbonaatgehalte in de waterkolom en daarmee aan het verlagen van de pH (uitgaande van de jaren tot en met 2017). De berekeningen laten zien dat winterverversing kan bijdragen tot een verlaging van de pH in de zomer. De uitwerking van het hogere bicarbonaatgehalte in de waterkolom op de waterbodem zal naar verwachting beperkt zijn.

Uit het verloop in de waterkwaliteit in de zomer van 2018 blijkt dat de pH niet hoger is opgelopen dan pH 8,7 en dat er geen sterke pieken in fosfaat en chlorofyl hebben plaatsgevonden. De nalevering vanuit de waterbodem lijkt zeer beperkt te zijn gebleven. Hoewel hier een duidelijke correlatie tussen pH en nalevering uit blijkt, is er geen inzicht in de mate van pH-verlaging die nodig is om zomerse blauwalgenbloei te voorkomen. Het is aannemelijk dat winterverversing door invloed op de pH in beperkte mate zal bijdragen aan minder blauwalgenbloei, maar dit effect zal op zichzelf onvoldoende zijn om zomerse blauwalgenbloei te voorkomen. Het effect wordt daarnaast verder verzwakt door de effecten van winterverversing op de nutriëntenhuishouding.

Een kanttekening die bij de maatregel geplaatst moet worden is dat er rekening mee gehouden moet worden dat hevelen tijdens het stormseizoen niet toegestaan is, waardoor de inlaatvolumes wellicht lager uit zullen vallen dan in de doorgerekende scenario's.

#### Risico's van de maatregel

De risico's van de winterverversing hebben betrekking op de extra belasting van 't Bovenwater met fosfaat, sulfaat en koolstof. Bij doorspoelen stijgt de externe P-belasting sterker dan de onderste kritische grens. Daardoor bestaat er een risico op verslechtering van de waterkwaliteit. Onder invloed van de aanvoer van extra sulfaat kan de Fe:P ratio van de bodem negatief beïnvloed worden waardoor de beschikbaarheid van Fe voor fosfaatbinding lager wordt en meer sulfaat beschikbaar is voor anaerobe afbraak van organisch materiaal. Beide processen kunnen bijdragen aan nalevering vanuit de waterbodem.

#### Kosten

Voor de aanvoer van Markermeerwater kan gebruik worden gemaakt van de bestaande hevel Bovenwater. De wateraanvoer levert daardoor geen kostenpost op. Voor afvoer van het ingelaten water moet de

capaciteit van de stuw en de duiker bij het Hollandse Hout vergroot worden. De kosten voor deze aanpassing zijn geraamd op circa EUR 140.000,--. In bijlage VI is een SSK raming opgenomen voor deze maatregel. Kosten voor afvoer van het ingelaten water vanuit de Lage Dwarsvaart zijn niet berekend.

# IV

## BIJLAGE: TECHNISCHE UITWERKING VAN MAATREGEL NATUURZWEMVIJVER

In deze bijlage is de aanleg van een natuurzwemvijver in 't Bovenwater onderzocht als maatregel om de ecologische waterkwaliteit te verbeteren.

## IV.1 Uitgangspunten

De dimensie van de natuurzwemvijver vormt een belangrijk uitgangspunt voor de uitwerking van deze maatregel. De natuurzwemvijver zou bijna elke mogelijke vorm en afmeting kunnen krijgen, afhankelijk van de wensen van de betrokken partijen. Op basis van de waterkwaliteit zijn wel een paar handreikingen mee te geven:

- om de kans op waterkwaliteitsproblemen door opwerveling van bodemdeeltjes te minimaliseren, is het wenselijk om de strijklengte (de lengte waarover de wind vat op het water heeft bij de dominante windrichting) lager te houden dan 200-300 m strijklengte;
- de ondergrens qua grootte van de natuurzwemvijver wordt bepaald door de belasting door zwemmers in relatie tot de kritische belasting (draagkracht) van het watersysteem. Hier wordt op ingegaan in paragraaf IV.2.

Om te voorkomen dat aanvoer van nutriënten tot algengroei leidt is vastlegging van deze nutriënten in waterplanten nodig. Tenminste 10-20 % van het totale oppervlak van de zwemvijver moet met (ondergedoken) waterplanten zijn begroeid om een significante bijdrage aan de waterkwaliteit te kunnen leveren. Er moet rekening mee gehouden worden dat niet al het begroeibaar areaal ook daadwerkelijk door planten bedekt wordt. Daarom wordt voorgesteld om als veilige marge 50 % van het oppervlak van de zwemvijver te reserveren voor plantengroei. Eventueel kan dan de helft van de zwemvijver worden gemaaid om deze helft geschikt te houden voor zwemmers.

Voor de verkenning van de natuurzwemvijver wordt in deze studie uitgegaan van een oppervlak van 12.000 m<sup>2</sup>, zoals dat door het waterschap gekozen is in de eerdere notitie over de natuurzwemvijver (waterschap Zuiderzeeland, 2017).

## IV.2 Waterkwaliteit van de natuurzwemvijver

Om de waterkwaliteit te kunnen berekenen is een waterbalans gemaakt van een natuurzwemvijver. Dit is een afgesloten systeem waarin alleen neerslag en verdamping plaatsvinden. Eventueel kan bij uitzakkende peilen in de zomer water worden ingelaten vanuit 't Bovenwater.

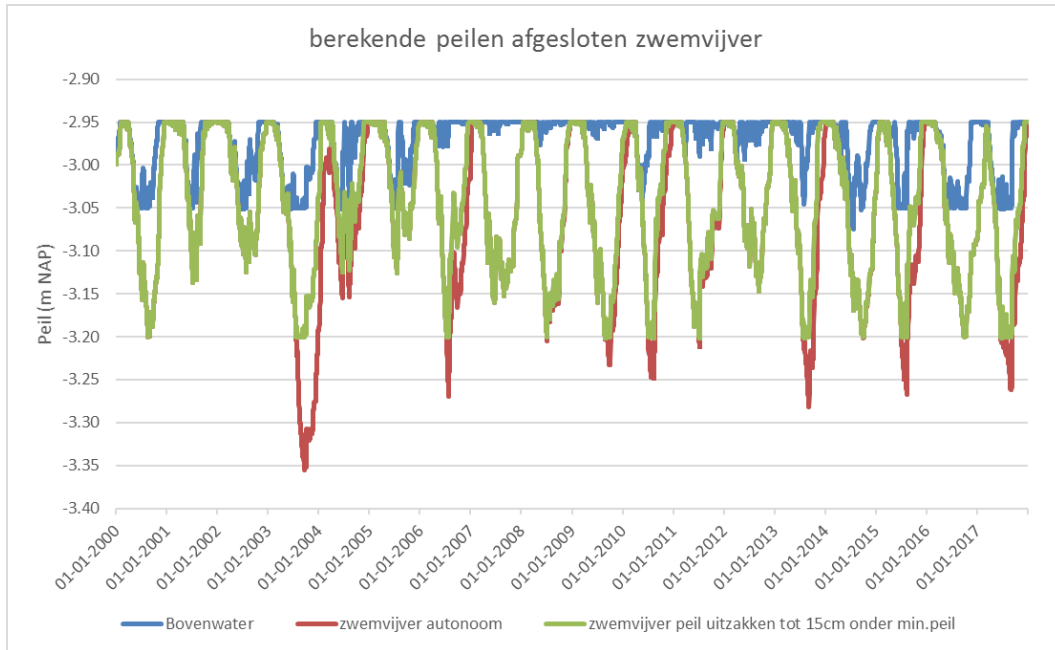
### Waterbalansen

Voor deze verkenning zijn er 2 scenario's doorgerekend:

- 1 een scenario zonder inlaat, hierdoor zakt het peil in de zomer soms uit;
- 2 een scenario met inlaat vanuit 't Bovenwater wanneer het peil onder NAP -3.20 m komt.

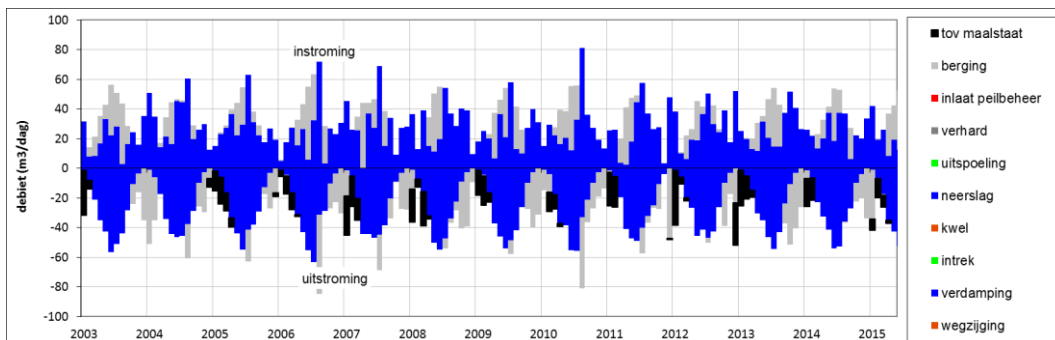
Het peilverloop in de zwemvijver is berekend met de waterbalans uit de watersysteemanalyse voor 't Bovenwater (Witteveen+Bos, 2016) en de KNMI-data van het meteorostation Lelystad. Te zien is dat in een aantal jaren het peil onder NAP -3.20 m komt wanneer uitgegaan wordt dat er niet wordt ingelaten. Het peilverschil met 't Bovenwater (blauwe lijn) kan dan oplopen tot maximaal ongeveer 30 cm (2003).

Afbeelding IV.1 Peilverloop op 't Bovenwater en een aangelegde zwemvijver, zowel met als zonder inlaat voor peilhandhaving

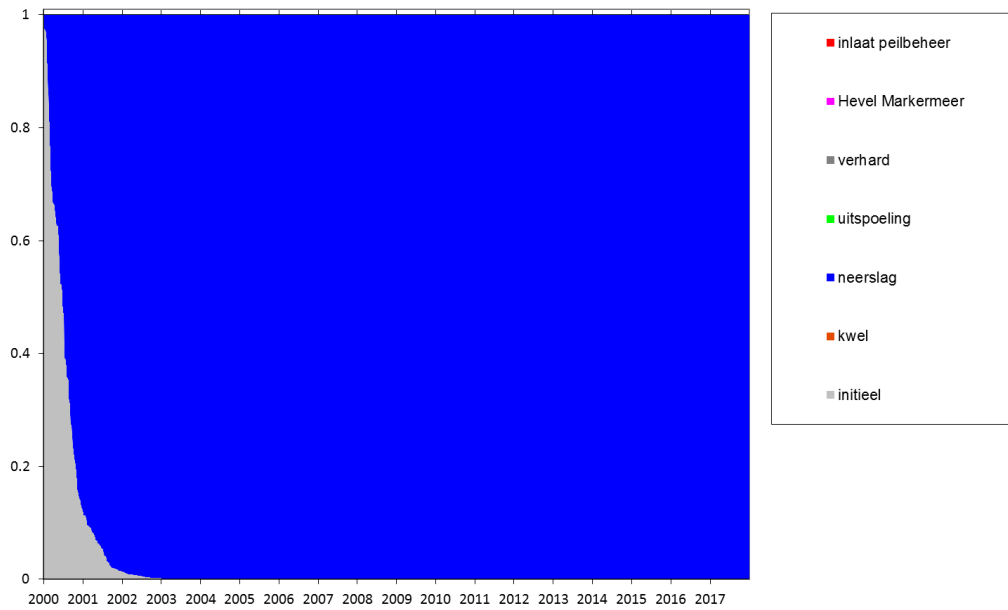


Zonder inlaat vanuit 't Bovenwater is de waterbalans vrij eenvoudig doordat deze alleen is opgebouwd uit de posten neerslag en verdamping (afbeelding IV.2). Het watervolume bestaat dan volledig uit neerslag (afbeelding IV.3).

Afbeelding IV.2 Waterbalans zonder inlaat

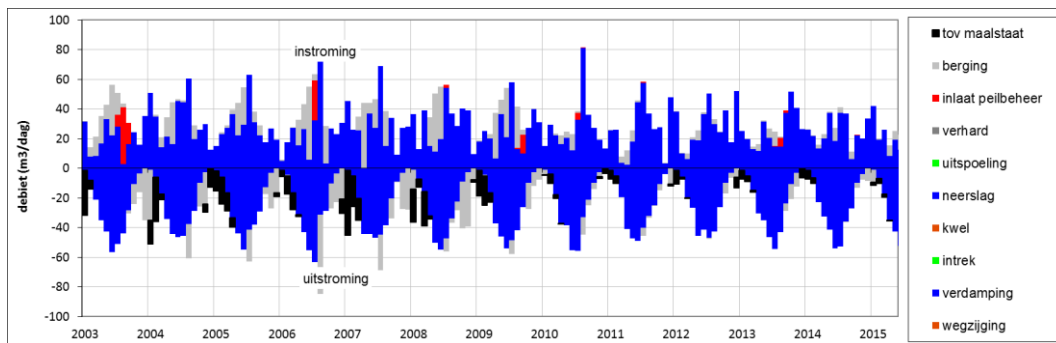


Afbeelding IV.3 Fractieverdeling van een zwemvijver in 't Bovenwater zonder inlaat

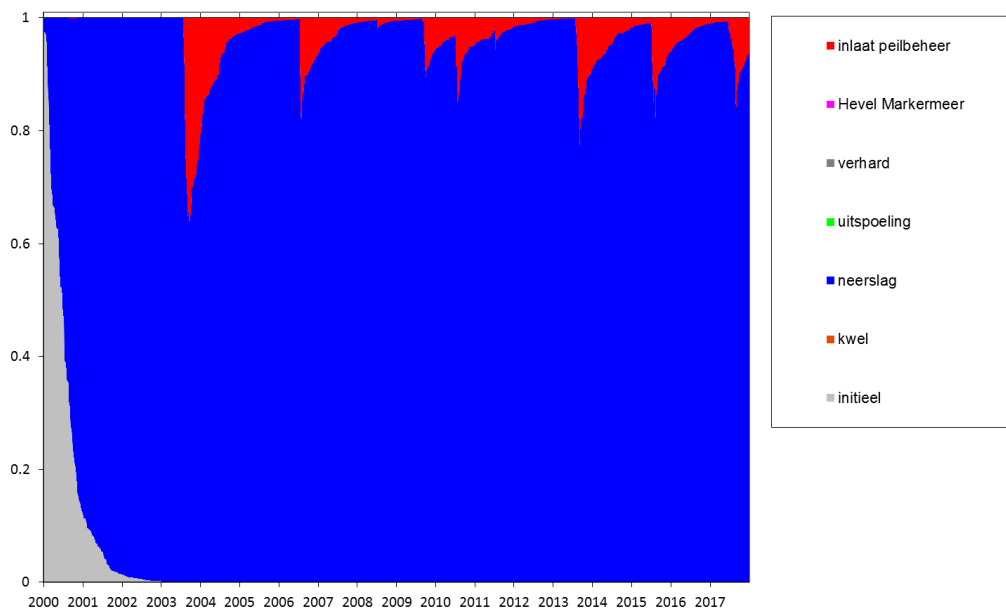


In het scenario waarbij het waterpeil wordt gehandhaafd door inlaat van water vanuit 't Bovenwater laat de balans voor een aantal jaren zien dat er een beperkte inlaat nodig is om uitzakken van het waterpeil te voorkomen (afbeelding IV.4). De fractieberekening (afbeelding IV.5) laat zien dat het inlaatwater relatief lang in het systeem blijft, vanwege de lange verblijftijd.

Afbeelding IV.4 Waterbalans zwemvijver met inlaat



Afbeelding IV.5 Fractieverdeling van een zwemvijver in 't Bovenwater met inlaat voor peilhandhaving



### Externe belasting

Voor beide scenario's zijn externe nutriënten belastingen bepaald. Uitgangspunten voor de stofconcentraties in het inlaatwater zijn de metingen van 't Bovenwater zelf. Voor neerslag is de P-concentratie 0,0 mg P/l en de N-concentratie 1,5 mg N/l. Dit resulteert in de externe nutriëntenbelastingen zoals weergegeven in tabel IV.1. Bij de beschouwing van het debiet zijn kwel en wegzijging buiten beschouwing gelaten omdat dit afhankelijk is van de lokale situatie, waarover nu geen gegevens beschikbaar zijn.

Tabel IV.1 Externe nutriëntenbelasting bij scenario's met en zonder inlaat

	Scenario zonder inlaat	Scenario met peilhandhaving (inlaat en minimumpeil NAP -3,2 m)
debiet (mm/d)	2,3	2,4
P-belasting (mg/m <sup>2</sup> /d)	0,00	0,01
N-belasting (mg/m <sup>2</sup> /d)	3,5	3,5

### Belasting door zwemmers

Zwemmers kunnen ook een bron van nutriënten vormen, bijvoorbeeld door het achterlaten van feces, urine en huidschilfers in het water. De hoeveelheid nutriënten die hierdoor in het water terecht komt is vrij onzeker. Op een zomerse dag zijn er maximaal ongeveer 200 badgasten. Wanneer hierbij wordt uitgegaan van de kentallen van Boere (1987) bij een ongunstig geval (10 % badgasten urineren in water) is de belasting ongeveer 0.24 mg P/m<sup>2</sup>/d bij een oppervlak van 12.000 m<sup>2</sup>. In een gunstig geval (alleen basisafgifte, geen urine) is de belasting ongeveer 0.1 mg P/m<sup>2</sup>/d. Dit zijn significante belastingen wanneer dit wordt vergeleken met de berekende externe nutriënten belastingen (vergelijkbaar met huidige totale belasting van het gehele Bovenwater). Dit zijn echter belastingen die slechts gedurende een korte periode optreden. Verdeeld over een heel jaar is dit maar een kleine bijdrage. Bijvoorbeeld bij een periode van 2 weken een dergelijke belasting, is dit verdeeld over een heel jaar nog slechts 0,003-0,009 mg P/m<sup>2</sup>/d. Ook is er over het algemeen in de zomer een vegetatie aanwezig in de zwemvijver die het vrijkomende fosfaat kunnen opnemen.

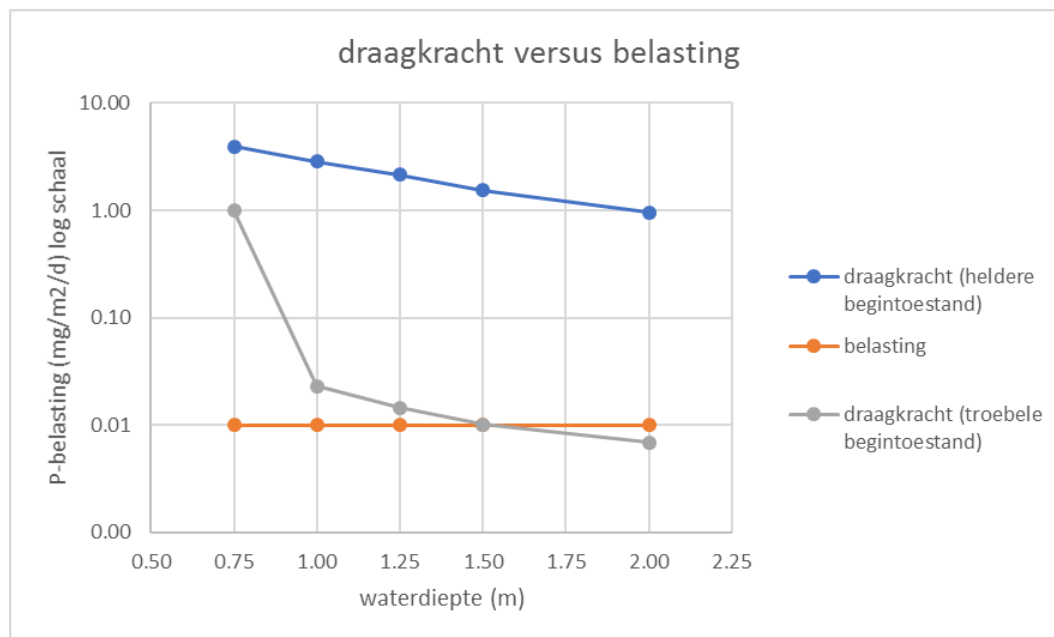


Om een dergelijke piekbelasting te kunnen opvangen is het raadzaam om de afmetingen van de zwemvijver niet te klein te maken. Een zwemvijver met een oppervlak van 12.000 m<sup>2</sup> is op basis van de genoemde aannames voldoende groot om de nutriëntenbelasting van 200 zwemmers op te kunnen vangen.

### Draagkracht natuurzwemvijver

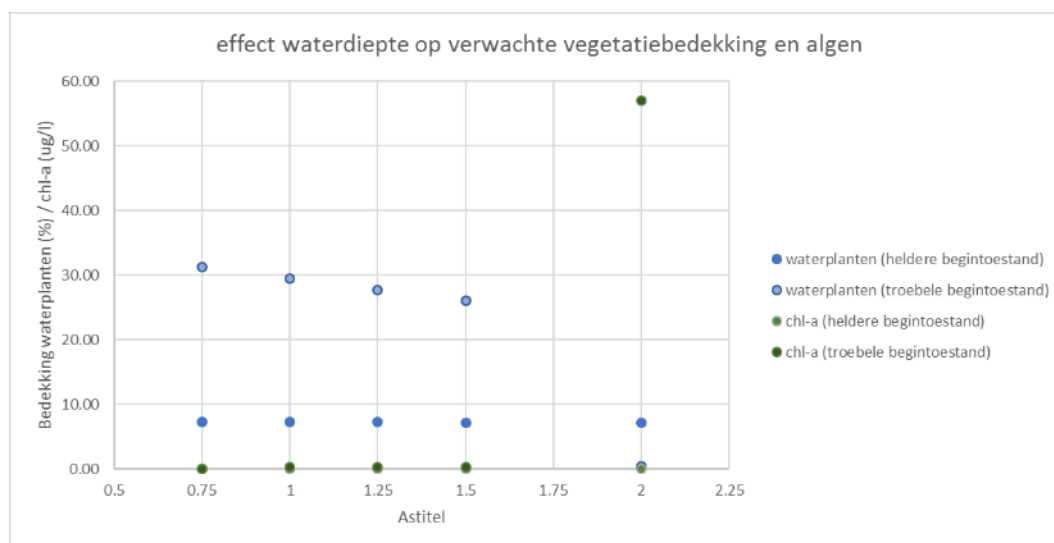
De volgende stap is om de draagkracht (de kritische grenzen) van de vijver te bepalen. Hiervoor is het model PCLake gebruikt. De draagkracht wordt onder meer beïnvloedt door de waterdiepte. Om de gevoeligheid voor waterdiepte te bepalen is de draagkracht berekend voor een gradiënt aan dieptes. Op basis van de waterdieptekaart (afbeelding IV.6) mogen er bij het zwemstrand waterdieptes tot circa 1,5 m verwacht worden. In onderstaande afbeelding is te zien dat de draagkracht toeneemt bij kleinere waterdiepte. Dit wordt veroorzaakt doordat waterplanten bij ondieper water de competitie om licht sneller winnen van de algen.

Afbeelding IV.6 Draagkracht en belasting van de zwemvijver bij verschillende waterdieptes



Het is echter wel van belang om te weten wat voor hoeveelheden planten hierbij verwacht worden. De PCLake modellering laat zien dat er bij een waterdiepte van 2 m nog kans bestaat dat er alsnog algen gaan groeien in de zwemvijver (afbeelding IV.7). Bij kleinere waterdieptes is de hoeveelheid algen minimaal, de hoeveelheid planten varieert van ongeveer 7 % bedekking (bij een heldere begintoestand met een 'schone' bodem) tot ongeveer 25-30 % bedekking wanneer de bodem opgeladen is met nutriënten (troebele begintoestand).

Afbeelding IV.7 PCLake voorspelling van waterplantenbedekking en chlorofyl-gehalten (algenconcentraties) bij verschillende waterdieptes



### Conclusie met betrekking tot de waterkwaliteit

De analyse laat zien dat de externe belasting op de zwemvijver erg laag is, zowel in de scenario's met als zonder inlaat. Bij waterdieptes kleiner dan 1,5 m is de externe belasting lager dan de kritische belasting van een dergelijk systeem. De verwachting is dat er hierdoor geen waterkwaliteitsproblemen door algen ontstaan.

Waterplanten kunnen echter ook nutriënten uit de waterbodem benutten. Hierdoor kan er bij een voedselrijke bodem alsnog een grote hoeveelheid waterplanten gaan groeien. Er moet daarom ook rekening worden gehouden met interne nutriëntenbelasting door mobilisatie van nutriënten vanuit de waterbodem. Uit de voorgaande studie is bekend dat de waterbodem van 't Bovenwater relatief weinig nutriënten bevat maar dat deze wel eenvoudig vrij kunnen komen onder invloed van anaerobie of pH-stijging. De bijdrage van interne belasting aan de totale belasting is sterk situatieafhankelijk en daardoor lastig te kwantificeren. Bij aanleg van de zwemvijver zijn wel maatregelen te treffen om interne belasting te beperken.

Om het risico op interne belasting te beperken is bijvoorbeeld een maatregel als het baggeren van de waterbodem (dit kan vrij eenvoudig in den droge indien de damwanden rond de zwemvijver zijn aangebracht) of het aanbrengen van nutriëntarm (gewassen zee-) zand mogelijk. Hiermee wordt de mobilisatie van nutriënten uit de waterbodem beperkt en uitbundige plantengroei op voedselrijke bodem voorkomen. Het aanbrengen van zeezand heeft bovendien nog het voordeel dat hierin geen zaadbank/wortels van waterplanten aanwezig zijn; hierdoor duurt het langer voordat er waterplanten gaan groeien. Een laatste optie is het aanbrengen van een folie op de waterbodem; op termijn kan hier echter wel weer een nieuwe sliblaag ontstaan, bij deze lage externe belasting is het de verwachting dat de slibaanwas zeer laag is.

## IV.3 Technische uitwerking natuurzwemvijver

### Randvoorwaarden

De natuurzwemvijver kan op vele manieren worden vormgegeven. De uiteindelijke uitwerking moet worden afgestemd op de wensen vanuit alle betrokken partijen. Op basis van de bovenstaande paragrafen zijn de volgende randvoorwaarden mee te geven vanuit het functioneren van de natuurzwemvijver:

- een strijklengte van maximaal 200 m;
- een oppervlak van tenminste 12.000 m<sup>2</sup>;
- een waterdiepte tot 1,5 m.

### *Uitvoering*

De afscheiding van de natuurzwemvijver van de hoofdplas kan het eenvoudigst gedaan worden door het plaatsen van een stalen damwand. Gezien het feit dat de belasting situaties op de damwand beperkt zullen staan is op basis van expert judgement een damwand aangenomen die een halve meter boven de waterlijn uitsteekt.

Een optisch vriendelijker alternatief is om de afscheiding te creëren door aanleg van een aarden dam. Bij inzet van meerdere waterkwaliteitsmaatregelen kan voor aanleg van de dam mogelijk gebruik worden gemaakt van materiaal dat elders in de recreatieplas grond vrijkomt. De vorm van de natuurzwemvijver zou nader bepaald moeten worden met de plaatselijke ondernemers.

### *Aanvullende maatregelen*

Het doel van deze maatregel is om een deel van 't Bovenwater af te scheiden van de hoofdplas om te borgen dat er gedurende het zwemseizoen zwemwater van goede kwaliteit en zonder blauwalgen beschikbaar is. Door de natuurzwemvijver te isoleren van de rest van 't Bovenwater wordt de externe nutriëntenbelasting naar de plas sterk gereduceerd. De systeemanalyse heeft laten zien dat er in 't Bovenwater een risico is op nalevering vanuit de waterbodem. Om dit risico binnen de natuurzwemvijver te minimaliseren, is het wenselijk om een deel van de voedselrijke bodem te verwijderen en te vervangen door een laag schoon voedselarm zand. Omdat de natuurzwemvijver betrekkelijk ondiep is, is opwerveling een reëel risico. Derhalve is er in de bijgevoegde kostenramingen vanuit gegaan dat het gehele bodem van de natuurzwemvijver een zandlaag wordt voorzien.

## IV.4 Effecten op gebruiksfuncties

### **Zwemwater**

Bij de aanleg van de natuurzwemvijver wordt een apart compartiment voor de zwemfunctie aangelegd, waardoor deze functie wordt losgekoppeld van de overige functies van de recreatieplas. De maatregel heeft daarmee een positieve uitwerking op de functie zwemwater.

### **Zwemwaterkwaliteit**

#### *Milieu hygiënische kwaliteit*

Uit de toepassing van het model ZWEMPROF blijkt dat het aanleggen van een natuurzwemvijver geen negatieve gevolgen heeft voor de milieu hygiënische waterkwaliteit (afbeelding V.10). De waterkwaliteit verbetert met het aanleggen van de natuurzwemvijver. Eerder was er geringe invloed van zwemmers op een kluitje op de waterkwaliteit, nu heeft dit geen invloed meer.

#### *Kans op blauwalgenbloei*

Door een deel van 't Bovenwater af te screenen, is er geen (nutriëntenrijk) wateraanvoer meer van het Markermeer. Hierdoor neemt de externe nutriënten belasting en daarmee de kans op algen af. Doordat 't Bovenwater al een hoge verblijftijd kent, zal het verschil in doorstroming ten opzichte van de huidige situatie minimaal zijn. De hogere temperaturen die kunnen ontstaan door de kleinere oppervlakte van de zwemvijver, kunnen eventueel wel zorgen voor zuurstofarme en nutriëntrijke condities in de plas.

Bij de huidige diepte van de zwemplas (<2 m) is de kans op algenbloei klein en de kans op waterplanten groot. Natuurzwemvijvers hebben in het algemeen een (natuurlijke) onregelmatige vorm met een geleidelijk talud, waardoor waterplanten en kleine dieren zich makkelijk in de zwemvijver vestigen. Naast het leveren van een schuilplaats voor andere diersoorten, hebben waterplanten ook een zuiverende werking door het opnemen van nutriënten. De interne nutriënten belasting van de plas en daarmee de kans op algen gaat hierdoor omlaag. Uit de stofbalansen komt ook naar voren dat het eventueel inlaten van water uit 't Bovenwater geen invloed heeft op de nutriënten belasting (hoofdstuk 5).

### Overige effecten zwemwater

Het uiterlijk van de recreatieplas zal veranderen bij het aanleggen van een natuurzwemvijver. De afscherming zou enigszins voor een geborgen gevoel bij zwemmers kunnen zorgen, maar de beleving van zwemmen in een grote plas zal er minder zijn. Dit hangt echter af van de manier waarop de scheiding van de hoofdplas wordt vormgegeven. Binnen de zwemplas is, net als op 't Bovenwater zelf, ontwikkeling van waterplanten te verwachten. Afhankelijk van het deel van de zwemplas waar de planten ontwikkelen kan dit tot overlast voor zwemmers leiden. Baggeren en afdekking met nutriëntenarm (gewassen zee-) zand of folie kan ertoe bijdragen dat de kans op plantenontwikkeling in de zwemplas juist lager is dan in 't Bovenwater.

### Vaarrecreatie

De aanleg van een natuurzwemvijver heeft geen directe invloed op de vaarrecreatie op 't Bovenwater wanneer deze wordt aangelegd op de plek van het bestaande zwemstrand. Wanneer gekozen wordt voor aanleg van een natuurzwemvijver met een afmeting groter dan het huidige zwemwater, zal minder oppervlak beschikbaar zijn voor de vaarrecreatie waardoor een negatief effect ontstaat.

Door de aanleg van de natuurzwemvijver worden de functies zwemwater en vaarrecreatie fysiek van elkaar gescheiden. Voor de zeilplas betekent dit dat het (maai-) beheer in theorie verder geoptimaliseerd kan worden ten behoeve van de zeilsport. Via deze route brengt de aanleg van een natuurzwemvijver mogelijk kansen voor de vaarrecreatie met zich mee.

## IV.5 Conclusie met betrekking tot de maatregel Natuurzwemvijver

### Technische haalbaarheid

Het is technisch goed mogelijk om een afgesloten gedeelte te maken en de functie natuurzwemvijver te geven. De ruimtelijke inpassing en veiligheid verdient daarbij wel aandacht.

### Kans dat het beoogde doel van de maatregel wordt bereikt

De aanleg van de natuurzwemvijver vergroot de kans dat er in het zwemseizoen zwemwater zonder blauwalgen beschikbaar is. De aanleg zal zorgvuldig moeten worden uitgevoerd om aanwezige nutriëntenbronnen effectief te adresseren en te voorkomen dat aangevoerde materialen tot extra nutriëntenbelasting leiden.

### Risico's van de maatregel

De natuurzwemvijver wordt geïsoleerd van de hoofdplas om ongunstige invloeden vanuit de hoofdplas uit te kunnen sluiten. Een risico is dat door de afsluiting de mogelijkheden beperkt worden om in te grijpen bij waterkwaliteits- of kwantiteitsproblemen in de natuurzwemvijver. Om dit risico te ondervangen is het aan te raden om in- en uitlaatvoorzieningen aan te leggen om water uitwisseling tussen natuurzwemvijver en hoofdplas mogelijk te maken.

### Kosten

De totale investeringskosten voor uitvoering van deze maatregel worden geraamd op:

- EUR 915.000,-- voor aanleg van een natuurzwemvijver, met de volgende aannames:
  - 12.000 m<sup>2</sup> oppervlak;
  - damwand;
  - afvoer 50 cm waterbodem;
  - afzanden 50 cm.

In bijlage VI zijn SSK ramingen opgenomen voor deze maatregelen.

Naast de investeringskosten zijn in de volgende fase van het ontwerp ook de beheerkosten relevant. Deze zijn afhankelijk van de uitvoering die bij aanleg van de natuurzwemvijver wordt gekozen en zullen vooral bestaan uit het beheer en onderhoud van in- en uitlaatconstructies en maaibeheer.



**BIJLAGE: UITVOER ZWEMPROF**

# Model uit zwemwaterprofiel

Afbeelding V.1 Invoergegevens

## ZWEMPROF



Naam locatie: t Bovenwater  
 Datum beoordeling: 23-7-2018

ZWEMwaterPROFIelen

<b>Type en morfologie</b>	
Type systeem	plas
breedte plas (m)	1600
lengte plas (m)	750
gemiddelde diepte plas (m)	1.25
oppervlak zwemzone (m2)	12000
gemiddelde diepte in zwemzor	1
oeverlengte zwemstrand (m)	300

Zwemmers	gemiddeld aantal per dag	aantal bij extreme drukte	Afstand tot zwemplek (m)	Fractie naar zwemwater
<b>Schepen</b>	aantal boten per dag	aantal boten bij extreme drukte		
- recreatievaart	2	10	100	1
- beroepsvaart	0	0	50	1
<b>Continue bronnen</b>		debiet (m3/s)		
- RWZI	-	0.556	4000	1
- lozingen slachthuis of mestverwerkend bedrijf	-	-	1000	1
- jachthavens (continue belasting)	-	0.1	200	0.5
<b>Lokale bron (continue)</b>				
- belasting E. coli (KVE/halfjaar)	-	-	100	1
- belasting enterokokken (KVE/halfjaar)	-	-	-	-
<b>Dieren op het zwemstrand/zwemzone</b>				
- aantal honden/dag	-	2	-	-
- aantal paarden/dag	-	0	-	-
- watervogels	-	10	0.1	1
<b>Dieren buiten zwemzone</b>				
- aantal honden/dag	-	-	10	1
- aantal paarden/dagen	-	-	-	-
- watervogels	-	100	10	1
<b>Incidentele bronnen</b>		overstort-volume (m3)		
- overstort gemengd stelsel	-	-	100	1
- overstort gescheiden stelsel	-	-	100	0.5
- ongezuiverde lozingen	-	-	100	1
- afstromend wegwater	-	0	0.01	1
<b>Lokale bron (incidenteel)</b>	concentratie	0	100	0.5
- concentratie E. coli (KVE/l)	0	-	-	-
- concentratie enterokokken (KVE/l)	0	-	-	-
<b>Agrarisch achterland</b>				
bodemtype	<input type="text" value="zand"/>		0	0
aantal hectare	<input type="text" value="1"/>			
mestsoort	<input type="text" value="Melkkoeien"/>			

Afbeelding V.2 Uitvoer ZWEMPROF

legenda EC		gemiddeld EC	zeer druk EC	gemiddeld IE	zeer druk IE	eindoorscore EC gemiddeld	eindoorscore EC zeer druk
	Geen invloed op zwemwaterkwaliteit (E.c <200KVE/100ml)						
	Geringe invloed op de zwemwaterkwaliteit (E.c tussen 200 en 500KVE/100ml)						
	Wezenlijk invloed; gemiddelde onder de norm, maar incidenteel overschrijdingen te verwachten (E.c tussen 500 en 900KVE/100ml)						
	Grote invloed bron: maatregelen noodzakelijk (E.c >900KVE/100ml)						
legenda IE							
	Geen invloed op zwemwaterkwaliteit (IE <100KVE/100ml)						
	Geringe invloed op de zwemwaterkwaliteit (IE tussen 100 en 200KVE/100ml)						
	Wezenlijk invloed; gemiddelde onder de norm, maar incidenteel overschrijdingen te verwachten (IE tussen 200 en 330KVE/100ml)						
	Grote invloed bron: maatregelen noodzakelijk (IE >330KVE/100ml)						
<b>Bijdrage bronnen</b>							
<b>Naam locatie: t Bovenwater</b>							
<b>Datum beoordeling: 23-7-2018</b>							
<b>Plas</b>							
<b>Zwemmers verdeeld over zone</b>							
<b>Zwemmers op een kluitje</b>							
<b>Recreatievaart</b>							
<b>RWZI</b>						eindscore IE gemiddeld	eindscore IE zeer druk
<b>Agrarisch achterland</b>							
<b>RioolOverstort</b>							
gemengd stelsel							
gescheiden stelsel							
<b>Lozingen slachthuis of mestverwerkend bedrijf</b>							
<b>Ongezuiverde lozingen</b>							
<b>Afstromend wegwater</b>							
<b>Beroepsvaart</b>							
<b>Jachthavens</b>							
<b>Watervogels binnen zwemzone</b>							
<b>Watervogels buiten zwemzone</b>							
<b>Dieren op het strand binnen zwemzone</b>							
<b>Dieren op het strand buiten zwemzone</b>							
<b>Lokale bron (incidenteel)</b>							
<b>Lokale bron (continue belasting)</b>							

# Baggeren

Afbeelding V.3 Invoergegevens maatregel Baggeren

## ZWEMPROF



Naam locatie: t Bovenwater  
 Datum beoordeling: 23-7-2018

ZWEMwaterPROFielen

<b>Type en morfologie</b>	
Type systeem	plas
breedte plas (m)	1600
lengte plas (m)	750
gemiddelde diepte plas (m)	1.75
oppervlak zwemzone (m2)	12000
gemiddelde diepte in zwemzor	1
oeverlengte zwemstrand (m)	300

Zwemmers	gemiddeld aantal per dag	aantal bij extreme drukte	Afstand tot zwemplek (m)	Fractie naar zwemwater
<b>Schepen</b>	aantal boten per dag	aantal boten bij extreme drukte		
- recreatievaart	2	10	100	1
- beroepsvaart	0	0	50	1
<b>Continue bronnen</b>		debiet (m3/s)		
- RWZI	-	0.556	4000	1
- lozingen slachthuis of mestverwerkend bedrijf	-	-	1000	1
- jachthavens (continue belasting)	-	0.1	200	0.5
<b>Lokale bron (continu)</b>			100	1
- belasting E. coli (KVE/halfjaar)	-	-		
- belasting enterokokken (KVE/halfjaar)	-	-		
<b>Dieren op het zwemstrand/zwemzone</b>				
- aantal honden/dag	-	2	-	-
- aantal paarden/dag	-	0	-	-
- watervogels	-	10	0.1	1
<b>Dieren buiten zwemzone</b>				
- aantal honden/dag	-	-	10	1
- aantal paarden/dagen	-	-	-	-
- watervogels	-	100	10	1
<b>Incidentele bronnen</b>		overstort-volume (m3)		
- overstort gemengd stelsel	-	-	100	1
- overstort gescheiden stelsel	-	-	100	0.5
- ongezuiverde lozingen	-	-	100	1
- afstromend wegwater	-	0	0.01	1
<b>Lokale bron (incidenteel)</b>	concentratie		100	0.5
- concentratie E. coli (KVE/l)	0	0		
- concentratie enterokokken (KVE/l)	0	0		
<b>Agrarisch achterland</b>				
bodemtype	zand		0	0
aantal hectare	1			
mestsoort	Melkkoeien			

Afbeelding V.4 Uitvoer ZWEMPROF-maatregel Baggeren

	legenda EC					
	geen invloed	geringe invloed	wezenlijk invloed	grote invloed	grote invloed	grote invloed
<b>Bijdrage bronnen</b>	Geen invloed op zwemwaterkwaliteit (E.c <200KVE/100ml)	Geringe invloed op de zwemwaterkwaliteit (E.c tussen 200 en 500KVE/100ml)	Wezenlijk invloed; gemiddelde onder de norm, maar incidenteel overschrijdingen te verwachten (E.c tussen 500 en 900KVE/100ml)	Grote invloed bron: maatregelen noodzakelijk (E.c >900KVE/100ml)		
<b>Naam locatie: t Bovenwater</b>	legenda IE					
<b>Datum beoordeling: 23-7-2018</b>	Geen invloed op zwemwaterkwaliteit (IE <100KVE/100ml)	Geringe invloed op de zwemwaterkwaliteit (IE tussen 100 en 200KVE/100ml)	Wezenlijk invloed; gemiddelde onder de norm, maar incidenteel overschrijdingen te verwachten (IE tussen 200 en 330KVE/100ml)	Grote invloed bron: maatregelen noodzakelijk (IE >330KVE/100ml)		
	gemiddeld EC	zeer druk EC	gemiddeld IE	zeer druk IE	eendoordeel EC gemiddeld	eendoordeel EC zeer druk
<b>Zwemmers verdeeld over zone</b>						
<b>Zwemmers op een kluitje</b>						
<b>Recreatievaart</b>						
<b>RWZI</b>					eindscore IE gemiddeld	eindscore IE zeer druk
<b>Agrarisch achterland</b>						
<b>RioolOverstort</b>						
gemengd stelsel						
gescheiden stelsel						
<b>Lozingen slachthuis of mestverwerkend bedrijf</b>						
<b>Ongezuiverde lozingen</b>						
<b>Afstromend wegwater</b>						
<b>Beroepsvaart</b>						
<b>Jachthavens</b>						
<b>Watervogels binnen zwemzone</b>						
<b>Watervogels buiten zwemzone</b>						
<b>Dieren op het strand binnen zwemzone</b>						
<b>Dieren op het strand buiten zwemzone</b>						
<b>Lokale bron (Incidenteel)</b>						
<b>Lokale bron (continue belasting)</b>						

## Maatregel Plaatselijk verdiepen

Afbeelding V.5 Invoergegeven maatregel plaatselijk verdiepen

### ZWEMPROF

Naam locatie: t Bovenwater  
Datum beoordeling: 23-7-2018



ZWEMwaterPROfielen

<b>Type en morfologie</b>	
Type systeem	plas
breedte plas (m)	1600
lengte plas (m)	750
gemiddelde diepte plas (m)	4
oppervlak zwemzone (m2)	12000
gemiddelde diepte in zwemzor	1
oeverlengte zwemstrand (m)	300

Zwemmers	gemiddeld aantal per dag	aantal bij extreme drukte	Afstand tot zwemplek (m)	Fractie naar zwemwater
<b>Schepen</b>	aantal boten per dag	aantal boten bij extreme drukte		
- recreatievaart	2	10	100	1
- beroepsvaart	0	0	50	1
<b>Continue bronnen</b>		debiet (m3/s)		
- RWZI	-	0.556	4000	1
- lozingen slachthuis of mestverwerkend bedrijf	-	-	1000	1
- jachthavens (continue belasting)	-	0.1	200	0.5
<b>Lokale bron (continu)</b>				
- belasting E. coli (KVE/halfjaar)	-	-	100	1
- belasting enterokokken (KVE/halfjaar)	-	-		
<b>Dieren op het zwemstrand/zwemzone</b>				
- aantal honden/dag	-	2	-	-
- aantal paarden/dag	-	0	-	-
- watervogels	-	10	0.1	1
<b>Dieren buiten zwemzone</b>				
- aantal honden/dag	-	-	10	1
- aantal paarden/dagen	-	-		
- watervogels	-	100	10	1
<b>Incidentele bronnen</b>		overstort-volume (m3)		
- overstort gemengd stelsel	-	-	100	1
- overstort gescheiden stelsel	-	-	100	0.5
- ongezuiverde lozingen	-	-	100	1
- afstromend wegwater	-	0	0.01	1
<b>Lokale bron (incidenteel)</b>	concentratie		100	0.5
- concentratie E. coli (KVE/l)	0			
- concentratie enterokokken (KVE/l)	0			
<b>Agrarisch achterland</b>				
bodemtype	zand		0	0
aantal hectare	1			
mestsoort	Melkkoeien			

Afbeelding V.6 Uitvoer ZWEMPROF-maatregel plaatselijk verdiepen

	legenda EC		legenda IE		eendoordeel EC	
	gemiddeld EC	zeer druk EC	gemiddeld IE	zeer druk IE	gemiddeld	zeer druk
<b>Bijdrage bronnen</b>	Geen invloed op zwemwaterkwaliteit (E.c <200KVE/100ml) Geringe invloed op de zwemwaterkwaliteit (E.c tussen 200 en 500KVE/100ml) Wezenlijk invloed; gemiddelde onder de norm, maar incidenteel overschrijdingen te verwachten (E.c tussen 500 en 900KVE/100ml) Grote invloed bron: maatregelen noodzakelijk (E.c >900KVE/100ml)					
<b>Naam locatie: t Bovenwater</b>	legenda IE					
<b>Datum beoordeling: 23-7-2018</b>	Geen invloed op zwemwaterkwaliteit (IE <100KVE/100ml)					
<b>Plas</b>	Geringe invloed op de zwemwaterkwaliteit (IE tussen 100 en 200KVE/100ml)					
	Wezenlijk invloed; gemiddelde onder de norm, maar incidenteel overschrijdingen te verwachten (IE tussen 200 en 330KVE/100ml)					
	Grote invloed bron: maatregelen noodzakelijk (IE >330KVE/100ml)					
<b>Zwemmers verdeeld over zone</b>						
<b>Zwemmers op een kluitje</b>						
<b>Recreatievaart</b>						
<b>RWZI</b>					eindscore IE	eindscore IE
<b>Agrarisch achterland</b>					gemiddeld	zeer druk
<b>RioolOverstort</b>						
gemengd stelsel						
gescheiden stelsel						
<b>Lozingen slachthuis of mestverwerkend bedrijf</b>						
<b>Ongezuiverde lozingen</b>						
<b>Afstromend wegwater</b>						
<b>Beroepsvaart</b>						
<b>Jachthavens</b>						
<b>Watervogels binnen zwemzone</b>						
<b>Watervogels buiten zwemzone</b>						
<b>Dieren op het strand binnen zwemzone</b>						
<b>Dieren op het strand buiten zwemzone</b>						
<b>Lokale bron (Incidenteel)</b>						
<b>Lokale bron (continue belasting)</b>						



## Doorspoelen met Markermeerwater

Afbeelding V.7 Invoergegevens maatregel Doorspoelen met Markermeerwater

### ZWEMPROF



Naam locatie: t Bovenwater  
Datum beoordeling: 23-7-2018

ZWEMwaterPROFielen

<b>Type en morfologie</b>	
Type systeem	plas
breedte plas (m)	1600
lengte plas (m)	750
gemiddelde diepte plas (m)	1.25
oppervlak zwemzone (m2)	12000
gemiddelde diepte in zwemzor	1
oeverlengte zwemstrand (m)	300

Zwemmers	gemiddeld aantal per dag	aantal bij extreme drukte	Afstand tot zwemplek (m)	Fractie naar zwemwater
	50	200		
<b>Schepen</b>	<b>aantal boten per dag</b>	<b>aantal boten bij extreme drukte</b>		
- recreatievaart	2	10	100	1
- beroepsvaart	0	0	50	1
<b>Continue bronnen</b>		<b>debiet (m3/s)</b>		
- RWZI	-	0.556	4000	1
- lozingen slachthuis of mestverwerkend bedrijf	-	-	1000	1
- jachthavens (continue belasting)	-	0.1	200	0.5
<b>Lokale bron (continu)</b>				
- belasting E. coli (KVE/halfjaar)	0	0	100	1
- belasting enterokokken (KVE/halfjaar)	-	-	10	1
<b>Dieren op het zwemstrand/zwemzone</b>				
- aantal honden/dag	-	2	-	-
- aantal paarden/dag	-	0	-	-
- watervogels	-	10	0.1	1
<b>Dieren buiten zwemzone</b>				
- aantal honden/dag	-	-	10	1
- aantal paarden/dagen	-	-	-	-
- watervogels	-	100	10	1
<b>Incidentele bronnen</b>		<b>overstort-volume (m3)</b>		
- overstort gemengd stelsel	-	-	100	1
- overstort gescheiden stelsel	-	-	100	0.5
- ongezuiverde lozingen	-	-	100	1
- afstromend wegwater	-	0	0.01	1
<b>Lokale bron (incidenteel)</b>	<b>concentratie</b>	0.06	0.1	1
- concentratie E. coli (KVE/l)	17			
- concentratie enterokokken (KVE/l)	14			
<b>Agrarisch achterland</b>				
bodemtype	zand		0	0
aantal hectare	1			
mestsoort	Melkkoeien			

Afbeelding V.8 Uitvoer ZWEMPROF-maatregel Doorspoelen met Markermeerwater

	geïndexeerde EC	zeer druk EC	geïndexeerde IE	zeer druk IE	eindoordeel EC gemiddeld	eindoordeel EC zeer druk
	Geen invloed op zwemwaterkwaliteit (E.c <200KVE/100ml)					
	Geringe invloed op de zwemwaterkwaliteit (E.c tussen 200 en 500KVE/100ml)					
	Wezenlijk invloed; gemiddelde onder de norm, maar incidenteel overschrijdingen te verwachten (E.c tussen 500 en 900KVE/100ml)					
<b>Bijdrage bronnen</b>	Grote invloed bron: maatregelen noodzakelijk (E.c >900KVE/100ml)					
<b>Naam locatie: t Bovenwater</b>	legenda IE					
<b>Datum beoordeling: 23-7-2018</b>	Geen invloed op zwemwaterkwaliteit (IE <100KVE/100ml)					
<b>Plas</b>	Geringe invloed op de zwemwaterkwaliteit (IE tussen 100 en 200KVE/100ml)					
	Wezenlijk invloed; gemiddelde onder de norm, maar incidenteel overschrijdingen te verwachten (IE tussen 200 en 330KVE/100ml)					
	Grote invloed bron: maatregelen noodzakelijk (IE >330KVE/100ml)					
<b>Zwemmers verdeeld over zone</b>						
<b>Zwemmers op een kluitje</b>						
<b>Recreatievaart</b>						
<b>RWZI</b>					eindscore IE gemiddeld	eindscore IE zeer druk
<b>Agrarisch achterland</b>						
<b>RioolOverstort</b>						
gemengd stelsel						
gescheiden stelsel						
<b>Lozingen slachthuis of mestverwerkend bedrijf</b>						
<b>Ongezuiverde lozingen</b>						
<b>Afstromend wegwater</b>						
<b>Beroepsvaart</b>						
<b>Jachthavens</b>						
<b>Watervogels binnen zwemzone</b>						
<b>Watervogels buiten zwemzone</b>						
<b>Dieren op het strand binnen zwemzone</b>						
<b>Dieren op het strand buiten zwemzone</b>						
<b>Lokale bron (Incidenteel)</b>						
<b>Lokale bron (continue belasting)</b>						

## Maatregel Natuurzwemvijver

Afbeelding V.9 Invoergegevens maatregel Natuurzwemvijver

### ZWEMPROF



Naam locatie: t Bovenwater  
Datum beoordeling: 23-7-2018

ZWEMwaterPROFielen

Type en morfologie	
Type systeem	plas
breedte plas (m)	12000
lengte plas (m)	300
gemiddelde diepte plas (m)	1
oppervlak zwemzone (m2)	12000
gemiddelde diepte in zwemzor	1
oeverlengte zwemstrand (m)	300

Zwemmers	gemiddeld aantal per dag	aantal bij extreme drukte	Afstand tot zwemplek (m)	Fractie naar zwemwater
	50	200		
<b>Schepen</b>	aantal boten per dag	aantal boten bij extreme drukte		
- recreatievaart	0	0	0	0
- beroepsvaart	0	0	0	0
<b>Continue bronnen</b>		debiet (m3/s)		
- RWZI	-	0	0	0
- lozingen slachthuis of mestverwerkend bedrijf	-	0	0	0
- jachthavens (continue belasting)	-	0	0	0
<b>Lokale bron (continu)</b>				
- belasting E. coli (KVE/halfjaar)	-	-	0	0
- belasting enterokokken (KVE/halfjaar)	-	-	-	-
<b>Dieren op het zwemstrand/swemzone</b>				
- aantal honden/dag	-	2	-	-
- aantal paarden/dag	-	0	-	-
- watervogels	-	10	0.1	1
<b>Dieren buiten zwemzone</b>				
- aantal honden/dag	-	-	0	0
- aantal paarden/dagen	-	-	-	-
- watervogels	-	0	0	0
<b>Incidentele bronnen</b>		overstort-volume (m3)		
- overstort gemengd stelsel	-	-	0	0
- overstort gescheiden stelsel	-	-	0	0
- ongezuiverde lozingen	-	-	0	0
- afstromend wegwater	-	0	0	0
<b>Lokale bron (incidenteel)</b>	concentratie			
- concentratie E. coli (KVE/l)	0	0	100	0.5
- concentratie enterokokken (KVE/l)	0	0	-	-
<b>Agrarisch achterland</b>				
bodemtype	zand		0	0
aantal hectare	1			
mestsoort	Melkkoeien			

Afbeelding V.10 Uitvoer ZWEMPROF voor maatregel Natuurzwemvijver

	legenda EC		legenda IE			
	gemiddeld EC	zeer druk EC	gemiddeld IE	zeer druk IE	eindoorscore EC gemiddeld	eindoorscore EC zeer druk
	Geen invloed op zwemwaterkwaliteit (E.c <200KVE/100ml)					
	Geringe invloed op de zwemwaterkwaliteit (E.c tussen 200 en 500KVE/100ml)					
	Wezenlijk invloed; gemiddelde onder de norm, maar incidenteel overschrijdingen te verwachten (E.c tussen 500 en 900KVE/100ml)					
<b>Bijdrage bronnen</b>	Grote invloed bron: maatregelen noodzakelijk (E.c >900KVE/100ml)					
<b>Naam locatie: t Bovenwater</b>	legenda IE					
<b>Datum beoordeling: 23-7-2018</b>	Geen invloed op zwemwaterkwaliteit (IE <100KVE/100ml)					
<b>Plas</b>	Geringe invloed op de zwemwaterkwaliteit (IE tussen 100 en 200KVE/100ml)					
	Wezenlijk invloed; gemiddelde onder de norm, maar incidenteel overschrijdingen te verwachten (IE tussen 200 en 330KVE/100ml)					
	Grote invloed bron: maatregelen noodzakelijk (IE >330KVE/100ml)					
<b>Zwemmers verdeeld over zone</b>						
<b>Zwemmers op een kluitje</b>						
<b>Recreatievaart</b>						
<b>RWZI</b>					eindscore IE gemiddeld	eindscore IE zeer druk
<b>Agrarisch achterland</b>						
<b>RioolOverstort</b>						
gemengd stelsel						
gescheiden stelsel						
<b>Lozingen slachthuis of mestverwerkend bedrijf</b>						
<b>Ongezuiverde lozingen</b>						
<b>Afstromend wegwater</b>						
<b>Beroepsvaart</b>						
<b>Jachthavens</b>						
<b>Watervogels binnen zwemzone</b>						
<b>Watervogels buiten zwemzone</b>						
<b>Dieren op het strand binnen zwemzone</b>						
<b>Dieren op het strand buiten zwemzone</b>						
<b>Lokale bron (Incidenteel)</b>						
<b>Lokale bron (continue belasting)</b>						

# VI

## BIJLAGE: SSK RAMINGEN

Opdrachtgever: Gemeente Lelystad	Prijspeil: 2018	Datum: 14-12-2018
Project: Haalbaarheidsstudie maatregelen 't Bovenwater	Versie: 04	Projectcode: 108613
(Deel)raming: Maatregel baggeren, alle slib mechanisch verwijderen	Status: Concept	Auteur: I. de Jong

code post	omschrijving post	hoeveelheid	eenheid	prijs	totaal
2					

## INVESTERINGSKOSTEN

10	<b>Maatregel baggeren</b>				
100220	Grond ontgraven dmv kraan op ponton	90.000,00	m <sup>3</sup>	€ 5,00	€ 450.000,00
100230	Grond hydraulisch ontgraven (kraan/DOP)	90.000,00	m <sup>3</sup>	€ 4,00	€ 360.000,00
100240	Toepassen transport leiding (ca. 1000m)	90.000,00	m <sup>3</sup>	€ 2,50	€ 225.000,00
100250	Grond vervoeren dmv beunbakken	90.000,00	m <sup>3</sup>	€ 3,75	€ 337.800,00
100260	Grond verwerken in depot	90.000,00	m <sup>3</sup>	€ 1,00	€ 90.000,00
100270	Grond overslaan van beunbak in vrachtwagen	90.000,00	m <sup>3</sup>	€ 2,50	€ 225.000,00
100280	Grond vervoeren dmv vrachtwagens enkele rijafstand 50 km	90.000,00	m <sup>3</sup>	€ 9,75	€ 877.050,00
100290	Acceptatiekosten/ Verwerkingskosten grond (schoon)	90.000,00	m <sup>3</sup>	€ 5,00	€ 450.000,00
	<b>Totaal Maatregel baggeren</b>			<b>€ 3.014.850,00</b>	

## Benoemde directe bouwkosten

€ 3.014.850

NTD021	Nader te detailleren bouwkosten	15,0%	€	3.014.850	€ 452.228
--------	---------------------------------	-------	---	-----------	-----------

## Directe bouwkosten

€ 3.467.078

IK026	Eenmalige kosten	1,0%	€	3.467.078	€ 34.671
IK027	Algemene bouwplaatskosten	1,0%	€	3.467.078	€ 34.671
IK029	Uitvoeringskosten	6,0%	€	3.467.078	€ 208.025
IK0210	Algemene kosten	8,0%	€	3.744.444	€ 299.555
IK0211	Winst	3,0%	€	4.043.999	€ 121.320
IK0212	Risico	2,0%	€	4.043.999	€ 80.880
	<b>Indirecte bouwkosten</b>	<b>22%</b>			<b>€ 779.122</b>

## VZBK Voorziene bouwkosten

€ 4.246.199

RBK023	Niet benoemd objectrisico bouwkosten	15,0%	€	4.246.199	€ 636.930
--------	--------------------------------------	-------	---	-----------	-----------

## RBK Risico's bouwkosten

15% € 636.930

## BK02 Bouwkosten Maatregel baggeren, alle slib mechanisch verwijderen

€ 4.883.129

## VK02 Vastgoedkosten Maatregel baggeren, alle slib mechanisch verwijderen

€ -

EK023	Engineeringskosten opdrachtgever (overheid/instantie/bedrijf)	0,0%	€	4.246.199	€ -
EK024	Directievoering en toezicht / systeemgerichte contractbeheersing	0,0%	€	4.246.199	€ -
EK025	Engineeringskosten	100.000,00	EUR	€ 1,00	€ 100.000
EK0218	Niet benoemd objectrisico engineeringkosten	15,0%	€	100.000	€ 15.000
<b>EK02</b>	<b>Engineeringskosten Maatregel baggeren, alle slib mechanisch verwij</b>	<b>3%</b>			<b>€ 115.000</b>

OK021	Overige bijkomende kosten	3,0%	€	4.246.199	€ 127.386
OK0237	Niet benoemd objectrisico overige bijkomende kosten	15,0%	€	127.386	€ 19.108
<b>OBK02</b>	<b>Overige bijkomende kosten Maatregel baggeren, alle slib mechanisc</b>	<b>3%</b>			<b>€ 146.494</b>

## INV02 Totaal investeringskosten Maatregel baggeren, alle slib mechanisch verwijderen

€ 5.144.623

Opdrachtgever: Gemeente Lelystad	Prijspeil: 2018	Datum: 14-12-2018
Project: Haalbaarheidsstudie maatregelen 't Bovenwater	Versie: 04	Projectcode: 108613
(Deel)raming: Maatregel verdiepen, verdiepen 10% met verwerking binnen plas	Status: Concept	Auteur: I. de Jong

code post	omschrijving post	hoeveelheid	eenheid	prijs	totaal
8					

### INVESTERINGSKOSTEN

30	<b>Maatregel plaatselijk verdiepen</b>				
300810	Grond ontgraven dmv kraan op ponton	960.000,00	m <sup>3</sup>	€ 2,25	€ 2.160.000,00
300820	Grond vervoeren dmv beunbakken	960.000,00	m <sup>3</sup>	€ 1,60	€ 1.536.000,00
300880	Grond verwerken in dam	960.000,00	m <sup>3</sup>	€ 1,50	€ 1.440.000,00
	<b>Totaal Maatregel plaatselijk verdiepen</b>			<b>€ 5.136.000,00</b>	

### Benoemde directe bouwkosten

€ 5.136.000

NTD081	Nader te detailleren bouwkosten	10,0%	€	5.136.000	€ 513.600
--------	---------------------------------	-------	---	-----------	-----------

### Directe bouwkosten

€ 5.649.600

IK086	Eenmalige kosten	1,0%	€	5.649.600	€ 56.496
IK087	Algemene bouwplaatskosten	1,0%	€	5.649.600	€ 56.496
IK089	Uitvoeringskosten	6,0%	€	5.649.600	€ 338.976
IK0810	Algemene kosten	8,0%	€	6.101.568	€ 488.125
IK0811	Winst	3,0%	€	6.589.693	€ 197.691
IK0812	Risico	2,0%	€	6.589.693	€ 131.794
	<b>Indirecte bouwkosten</b>	<b>22%</b>			<b>€ 1.269.578</b>

### VZBK Voorziene bouwkosten

€ 6.919.178

RBK083	Niet benoemd objectrisico bouwkosten	15,0%	€	6.919.178	€ 1.037.877
--------	--------------------------------------	-------	---	-----------	-------------

### RBK Risico's bouwkosten

€ 1.037.877

### BK08 Bouwkosten Maatregel verdiepen, verdiepen 10% met verwerking binnen plas

€ 7.957.055

### VK08 Vastgoedkosten Maatregel verdiepen, verdiepen 10% met verwerking binnen plas

€ -

EK083	Engineeringkosten opdrachtgever (overheid/instantie/bedrijf)	0,0%	€	6.919.178	€ -
EK084	Directievoering en toezicht / systeemgerichte contractbeheersing	0,0%	€	6.919.178	€ -
EK085	Engineeringkosten	100.000,00	EUR	€ 1,00	€ 100.000
EK0818	Niet benoemd objectrisico engineeringkosten	15,0%	€	100.000	€ 15.000
<b>EK08</b>	<b>Engineeringkosten Maatregel verdiepen, verdiepen 10% met verwe</b>	<b>2%</b>			<b>€ 115.000</b>

OK081	Overige bijkomende kosten	3,0%	€	6.919.178	€ 207.575
OK0837	Niet benoemd objectrisico overige bijkomende kosten	15,0%	€	207.575	€ 31.136
<b>OBK08</b>	<b>Overige bijkomende kosten Maatregel verdiepen, verdiepen 10% me</b>	<b>3%</b>			<b>€ 238.712</b>

### INV08 Totaal investeringskosten Maatregel verdiepen, verdiepen 10% met verwerking binnen plas

€ 8.310.766

Opdrachtgever: Gemeente Lelystad	Prijspeil: 2018	Datum: 14-12-2018
Project: Haalbaarheidsstudie maatregelen 't Bovenwater	Versie: 04	Projectcode: 108613
(Deel)raming: Verdiepen 10% met afvoer materiaal	Status: Concept	Auteur: I. de Jong

code post	omschrijving post	hoeveelheid	eenheid	prijs	totaal
9					

### INVESTERINGSKOSTEN

30	<b>Maatregel plaatselijk verdiepen</b>				
300910	Grond ontgraven dmv kraan op ponton	960.000,00	m <sup>3</sup>	€ 2,25	€ 2.160.000,00
300920	Grond vervoeren dmv beunbakken	960.000,00	m <sup>3</sup>	€ 1,60	€ 1.536.000,00
300940	Grond overslaan van beunbak in vrachtwagen	960.000,00	m <sup>3</sup>	€ 1,00	€ 960.000,00
300960	Grond vervoeren dmv vrachtwagens enkele rijafstand 50 km	960.000,00	m <sup>3</sup>	€ 9,75	€ 9.355.200,00
300970	Acceptatiekosten/ Verwerkingskosten grond (schoon)	960.000,00	m <sup>3</sup>	€ 3,00	€ 2.880.000,00
	<b>Totaal Maatregel plaatselijk verdiepen</b>			<b>€ 16.891.200,00</b>	

### Benoemde directe bouwkosten

€ 16.891.200

NTD091	Nader te detailleren bouwkosten	10,0%	€	16.891.200	€ 1.689.120
--------	---------------------------------	-------	---	------------	-------------

### Directe bouwkosten

€ 18.580.320

IK096	Eenmalige kosten	1,0%	€	18.580.320	€ 185.803
IK097	Algemene bouwplaatskosten	1,0%	€	18.580.320	€ 185.803
IK099	Uitvoeringskosten	6,0%	€	18.580.320	€ 1.114.819
IK0910	Algemene kosten	8,0%	€	20.066.746	€ 1.605.340
IK0911	Winst	3,0%	€	21.672.085	€ 650.163
IK0912	Risico	2,0%	€	21.672.085	€ 433.442
	<b>Indirecte bouwkosten</b>	<b>22%</b>			<b>€ 4.175.370</b>

### VZBK Voorziene bouwkosten

€ 22.755.690

RBK093	Niet benoemd objectrisico bouwkosten	15,0%	€	22.755.690	€ 3.413.353
--------	--------------------------------------	-------	---	------------	-------------

### RBK Risico's bouwkosten

15% € 3.413.353

### BK09 Bouwkosten Verdiepen 10% met afvoer materiaal

€ 26.169.043

### VK09 Vastgoedkosten Verdiepen 10% met afvoer materiaal

€ -

EK093	Engineeringskosten opdrachtgever (overheid/instantie/bedrijf)	0,0%	€	22.755.690	€ -
EK094	Directievoering en toezicht / systeemgerichte contractbeheersing	0,0%	€	22.755.690	€ -
EK095	Engineeringskosten	100.000,00	EUR	€ 1,00	€ 100.000
EK0918	Niet benoemd objectrisico engineeringkosten	15,0%	€	100.000	€ 15.000
<b>EK09</b>	<b>Engineeringkosten Verdiepen 10% met afvoer materiaal</b>	<b>1%</b>			<b>€ 115.000</b>

OK091	Overige bijkomende kosten	3,0%	€	22.755.690	€ 682.671
OK0937	Niet benoemd objectrisico overige bijkomende kosten	15,0%	€	682.671	€ 102.401
<b>OBK09</b>	<b>Overige bijkomende kosten Verdiepen 10% met afvoer materiaal</b>	<b>3%</b>			<b>€ 785.071</b>

### INV09 Totaal investeringskosten Verdiepen 10% met afvoer materiaal

€ 27.069.114

Opdrachtgever: Gemeente Lelystad	Prijspeil: 2018	Datum: 14-12-2018
Project: Haalbaarheidsstudie maatregelen 't Bovenwater	Versie: 04	Projectcode: 108613
(Deel)raming: Winterverversing met Markermeerwater	Status: Concept	Auteur: I. de Jong

code post	omschrijving post	hoeveelheid	eenheid	prijs	totaal
7					

### INVESTERINGSKOSTEN

40	<b>Maatregel doorspoelen met Markermeerwater</b>				
400710	Verwijderen bestaande duiker en klepstuw	35,00	m	€ 75,00	€ 2.625,00
400720	Aanbrengen instroom met vuilrooster e.d.	1,00	pst	€ 10.000,00	€ 10.000,00
400730	Aanbrengen buis/koker met 1m2 doorstroom	35,00	m	€ 500,00	€ 17.500,00
400740	Aanbrengen put/uitstroom met schuifafsluiter	1,00	st	€ 15.000,00	€ 15.000,00
	<b>Totaal Maatregel doorspoelen met Markermeerwater</b>			<b>€ 45.125,00</b>	

### Benoemde directe bouwkosten

€ 45.125

NTD071	Nader te detailleren bouwkosten	25,0%	€	45.125	€ 11.281
--------	---------------------------------	-------	---	--------	----------

### Directe bouwkosten

€ 56.406

IK076	Eenmalige kosten	1,0%	€	56.406	€ 564
IK077	Algemene bouwplaatskosten	1,0%	€	56.406	€ 564
IK079	Uitvoeringskosten	6,0%	€	56.406	€ 3.384
IK0710	Algemene kosten	8,0%	€	60.919	€ 4.874
IK0711	Winst	3,0%	€	65.792	€ 1.974
IK0712	Risico	2,0%	€	65.792	€ 1.316
	<b>Indirecte bouwkosten</b>	<b>22%</b>			<b>€ 12.676</b>

<b>VZBK</b>	<b>Voorziene bouwkosten</b>				<b>€ 69.082</b>
-------------	-----------------------------	--	--	--	-----------------

RBK073	Niet benoemd objectrisico bouwkosten	15,0%	€	69.082	€ 10.362
--------	--------------------------------------	-------	---	--------	----------

<b>RBK</b>	<b>Risico's bouwkosten</b>	<b>15%</b>			<b>€ 10.362</b>
------------	----------------------------	------------	--	--	-----------------

<b>BK07</b>	<b>Bouwkosten Winterverversing met Markermeerwater</b>				<b>€ 79.444</b>
-------------	--	--	--	--	-----------------

<b>VK07</b>	<b>Vastgoedkosten Winterverversing met Markermeerwater</b>				<b>€ -</b>
-------------	--	--	--	--	------------

EK073	Engineeringskosten opdrachtgever (overheid/instantie/bedrijf)	0,0%	€	69.082	€ -
EK074	Directievoering en toezicht / systeemgerichte contractbeheersing	0,0%	€	69.082	€ -
EK075	Engineeringskosten	50.000,00	EUR	€ 1,00	€ 50.000
EK0718	Niet benoemd objectrisico engineeringkosten	15,0%	€	50.000	€ 7.500
<b>EK07</b>	<b>Engineeringskosten Winterverversing met Markermeerwater</b>	<b>83%</b>			<b>€ 57.500</b>

OK071	Overige bijkomende kosten	5,0%	€	69.082	€ 3.454
OK0737	Niet benoemd objectrisico overige bijkomende kosten	15,0%	€	3.454	€ 518
<b>OBK07</b>	<b>Overige bijkomende kosten Winterverversing met Markermeerwater</b>	<b>6%</b>			<b>€ 3.972</b>

<b>INV07</b>	<b>Totaal investeringskosten Winterverversing met Markermeerwater</b>				<b>€ 140.916</b>
--------------	---	--	--	--	------------------

Opdrachtgever: Gemeente Lelystad	Prijspeil: 2018	Datum: 14-12-2018
Project: Haalbaarheidsstudie maatregelen 't Bovenwater	Versie: 04	Projectcode: 108613
(Deel)raming: Maatregel natuurzwemwater, aanleg 12.000m2 zwemvijver met damwand	Status: Concept	Auteur: I. de Jong

4

code post	omschrijving post	hoeveelheid	eenheid	prijs	totaal
4					

### INVESTERINGSKOSTEN

20	<b>Maatregel natuurzwemvijver</b>				
200410	Aanbrengen stalen damwand (onverankerd 6m)	220,00	m	€ 750,00	€ 165.000,00
200420	Afwerken bovenzijde damwand (deksloof/pad)	220,00	m	€ 150,00	€ 33.000,00
200430	Verwijderen waterbodem (af te voeren als baggeren 2)	6.000,00	m <sup>3</sup>	€ 26,00	€ 155.990,00
200440	Afzanden (laagdikte 50cm, met drijvende kraan)	6.000,00	m <sup>3</sup>	€ 15,00	€ 90.026,90
	<b>Totaal Maatregel natuurzwemvijver</b>			<b>€ 444.016,90</b>	

### Benoemde directe bouwkosten

€ 444.017

NTD041	Nader te detailleren bouwkosten	15,0%	€	444.017	€ 66.603
--------	---------------------------------	-------	---	---------	----------

### Directe bouwkosten

€ 510.619

IK046	Eenmalige kosten	1,0%	€	510.619	€ 5.106
IK047	Algemene bouwplaatskosten	1,0%	€	510.619	€ 5.106
IK049	Uitvoeringskosten	6,0%	€	510.619	€ 30.637
IK0410	Algemene kosten	8,0%	€	551.469	€ 44.118
IK0411	Winst	3,0%	€	595.587	€ 17.868
IK0412	Risico	2,0%	€	595.587	€ 11.912
	<b>Indirecte bouwkosten</b>	<b>22%</b>			<b>€ 114.746</b>

<b>VZBK</b>	<b>Voorziene bouwkosten</b>				<b>€ 625.366</b>
-------------	-----------------------------	--	--	--	------------------

RBK043	Niet benoemd objectrisico bouwkosten	15,0%	€	625.366	€ 93.805
--------	--------------------------------------	-------	---	---------	----------

<b>RBK</b>	<b>Risico's bouwkosten</b>	<b>15%</b>			<b>€ 93.805</b>
------------	----------------------------	------------	--	--	-----------------

<b>BK04</b>	<b>Bouwkosten Maatregel natuurzwemwater, aanleg 12.000m2 zwemvijver met damwand</b>				<b>€ 719.171</b>
-------------	---	--	--	--	------------------

<b>VK04</b>	<b>Vastgoedkosten Maatregel natuurzwemwater, aanleg 12.000m2 zwemvijver met damwand</b>				<b>€ -</b>
-------------	---	--	--	--	------------

EK043	Engineeringskosten opdrachtgever (overheid/instantie/bedrijf)	0,0%	€	625.366	€ -
EK044	Directievoering en toezicht / systeemgerichte contractbeheersing	0,0%	€	625.366	€ -
EK045	Engineeringskosten	150.000,00	EUR	€ 1,00	€ 150.000
EK0418	Niet benoemd objectrisico engineeringkosten	15,0%	€	150.000	€ 22.500
<b>EK04</b>	<b>Engineeringkosten Maatregel natuurzwemwater, aanleg 12.000m2</b>	<b>28%</b>			<b>€ 172.500</b>

OK041	Overige bijkomende kosten	3,0%	€	625.366	€ 18.761
-------	---------------------------	------	---	---------	----------

OK0437	Niet benoemd objectrisico overige bijkomende kosten	15,0%	€	18.761	€ 2.814
--------	---	-------	---	--------	---------

<b>OBK04</b>	<b>Overige bijkomende kosten Maatregel natuurzwemwater, aanleg 12</b>	<b>3%</b>			<b>€ 21.575</b>
--------------	---	-----------	--	--	-----------------

<b>INV04</b>	<b>Totaal investeringskosten Maatregel natuurzwemwater, aanleg 12.000m2 zwemvijver met damwand</b>				<b>€ 913.246</b>
--------------	--	--	--	--	------------------



