

**Zoetwaterfabriek
AWZI De Groote Lucht
Schetsontwerp**

Datum: 28 oktober 2019
Status: Definitief
Auteur: Erik Knol
Controle: Peter de Been

Inhoud

1.	Inleiding.....	2
2.	Waarom een Zoetwaterfabriek op AWZI De Groote Lucht	3
3.	Huidige situatie AWZI De Groote Lucht.....	5
4.	Nieuw lozingspunt naar Zoetwaterfabriek.....	7
4.1	Inleiding	7
4.2	Kwantiteitseisen te lozen water	7
4.3	Kwaliteitseisen te lozen water.....	8
5.	Pilot Zoetwaterfabriek.....	9
5.1	Opbouw onderzoek	9
5.2	Resultaten.....	9
5.3	Conclusies	11
6.	Inpassing in proces	13
7.	Ontwerp afwegingen.....	14
7.1	Buffer op zuivering voor continue afvoer van 1.250 m ³ /uur.....	14
7.2	Ozonreactor	14
7.3	Ozon injectiesysteem.....	15
7.4	Type zuurstofbron	16
7.5	Chemicaliën opslag	16
7.6	Bestaand zandfilter of nieuw zandfilter	17
8.	Uitgangspunten	18
8.1	Financiële uitgangspunten.....	18
8.2	Technische uitgangspunten	18
9.	Ontwerp	19
9.1	Ozonreactor	19
9.2	Ozon generator.....	20
9.3	Ozon diffusers.....	20
9.4	Zuurstofbron.....	20
9.5	Bestaand zandfilter.....	21
9.6	Methanolopslag en -dosering.....	21
9.7	Metaalzoutopslag en -dosering.....	21
9.8	Inpassing in de bestaande installatie.....	21
9.9	Regelingen	22
10.	Duurzaamheid	24

1. Inleiding

Delfland krijgt in de toekomst steeds vaker en langer te maken met perioden van droogte. Het belang van een robuuste zoetwatervoorziening is door de droge zomer van 2018 maar weer eens onderstreept. De kwetsbaarheid voor droogte wordt verminderd door het beschikbare water effectief en doelmatig te benutten en door watergebruikers bewuster om te laten gaan met zoetwater.

Het is een belangrijk doel dat Delfland én eindgebruikers de zoetwatervoorziening duurzaam en circulair maken, door waterbesparing, hergebruik en door het vergroten van het waterbewustzijn. Het is verspilling dat nog steeds zoetwater wordt gezuiverd en dat dit water vervolgens via de Nieuwe Waterweg naar de Noordzee stroomt. Met een extra zuiveringsstap (verder: de Zoetwaterfabriek) en een natuurlijk watersysteem (verder: de Waterharmonica) kan Delfland het water hergebruiken in het watersysteem, waardoor de waterkwaliteit verbetert en perioden van droogte beter opvangen kunnen worden.

In de Zoetwaterfabriek worden medicijnen en andere ongewenste stoffen uit het water verwijderd. Het bestuur van Delfland heeft aan de hand van de duurzaamheidswaarden besloten om deze zuivering door middel van ozonisatie en een zandfilter uit te voeren.

Tijdens het onderzoeksproject zoetwaterfabriek dat uitgevoerd is in 2016 en 2017 zijn tal van eisen, ontwerpcriteria en diverse te maken technologische afwegingen naar boven gekomen. In dit rapport wordt dit allemaal vertaald naar een full-scale schetsontwerp 'Zoetwaterfabriek AWZI De Groote Lucht'.

Het doel van dit rapport is meervoudig:

- ten eerste wordt het gebruikt voor het bestuursvoorstel voor het investeringsplan;
- ten tweede wordt het rapport gebruikt voor vastlegging van de genomen ontwerpbeslissingen, zodat een toekomstig bouwteam op de hoogte is van de gemaakte keuzes;
- ten derde wordt het rapport gebruikt om in STOWA verband de keuzes en kosten van een full-scale zoetwaterfabriek te verhelderen.

Leeswijzer: in hoofdstuk 2 wordt de aanleiding van het project beschreven. In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op de huidige prestatie van de bestaande zuiveringsinstallatie. Hoofdstuk 4 beschrijft de gestelde eisen aan het nieuwe lozingspunt en in hoofdstuk 5 wordt een samenvatting van het pilotonderzoek weergegeven. In hoofdstuk 6 is de inpassing van de zoetwaterfabriek in het huidige proces beschreven. In hoofdstuk 7 worden de ontwerp afwegingen weergegeven. De uitgangspunten voor het schetsontwerp zijn vastgelegd in hoofdstuk 8. Hoofdstuk 9 beschrijft het schetsontwerp van de full-scale zoetwaterfabriek. De SSK kostenraming voor de investering en een raming van de exploitatiekosten behorende bij het ontwerp staat in hoofdstuk 10 weergegeven. In hoofdstuk 11 staat de impact op de duurzaamheid beschreven en in hoofdstuk 12 een verificatie op de kostenraming op basis van diverse kentallen.

2. Waarom een Zoetwaterfabriek op AWZI De Groote Lucht

Het project “Zoetwaterfabriek De Groote Lucht” kan worden gezien als het kansenvenster dat geopend is door de samenkost van diverse maatschappelijke, technische en bestuurlijke ontwikkelingen. De aanleiding om werk te maken van de ontwikkeling van een Zoetwaterfabriek in Delfland komt voort uit een viertal interessante plaatselijke condities. Hieronder volgt een korte schets van deze omstandigheden.

Zoetwatervoorziening

Door klimaatverandering en sociaaleconomische ontwikkelingen kunnen zoetwatertekorten vaker en langduriger optreden als er niet ingegrepen wordt. Een goede (zoet)watervoorziening is belangrijk voor Delfland en voor de gebruiksfuncties in het beheergebied die van zoetwater afhankelijk zijn. Delfland zet in op behoud van de bestaande aanvoermogelijkheden van zoetwater (met name het Bernisse-Brielse Meer systeem). Daarnaast wordt ingezet op innovatieve mogelijkheden om effectief en zuinig met het beschikbare zoetwater om te gaan. Een interessante, maar op dit moment nog onbenutte bron van zoetwater is het effluent van de Delflandse zuiveringen.

Waterkwaliteit

Op nationale en Europese schaal is er steeds meer aandacht voor de kwaliteit van oppervlaktewater. Hierbij kijkt men met verhoogde belangstelling naar de diverse bronnen die de kwaliteit beïnvloeden. De huidige lozingseisen van communale afvalwaterzuiveringen zijn gedefinieerd voor chemisch zuurstofverbruik (CZV), biologisch zuurstofverbruik (BZV₅), onopgeloste bestanddelen, stikstof en fosfor. Maatschappelijk is er steeds meer belangstelling voor de effecten van medicijnresten, hormoonversturende stoffen en andere microverontreinigingen. Dit signaal komt onder meer vanuit de aquatische ecologen en de drinkwaterbedrijven. Hier wordt ook aandacht aan besteed in het Bestuursakkoord Water uit 2011 dat gesloten is tussen het ministerie van Infrastructuur en Milieu, de Vereniging van Nederlandse Gemeenten, het Interprovinciaal Overleg, de Unie van Waterschappen en de Vereniging van waterbedrijven in Nederland. Voor deze stoffen is nog geen (Europese) wetgeving. In andere landen (Zwitserland, Duitsland) wordt al gewerkt met aanvullende zuiveringstechnieken, waarmee medicijnresten en hormoonversturende stoffen kunnen worden verwijderd. Er is sprake van een duidelijke ontwikkeling, die op termijn mogelijk ook wordt vertaald in wetgeving.

Zwemwater Krabbepas

De provincie Zuid-Holland heeft de Krabbepas aangewezen als zwemwater. Delfland heeft de Krabbepas aangemerkt als prioritair zwemwater. Reden hiervoor is de aanwezigheid van horeca, de hoge bezoekersaantallen en de bereidheid van de beheerder (Recreatieschap Midden-Delfland) om mee te investeren in het gebied.

Delfland is medeverantwoordelijk voor het nemen van maatregelen om de zwemwaterkwaliteit van de Krabbepas te verbeteren, de laatste jaren is er veel last van blauwalg. Een mogelijke maatregel is het intensief doorspoelen van de Krabbepas met water van goede kwaliteit. Met het doorspoelen van de zwemplas kan de verblijftijd van het water, die nu circa een jaar bedraagt, verkort worden naar enkele dagen. Blauwalg krijgt daardoor geen kans om te groeien. De verwachting is dat de zwemwaterkwaliteit hierdoor verbeterd wordt.

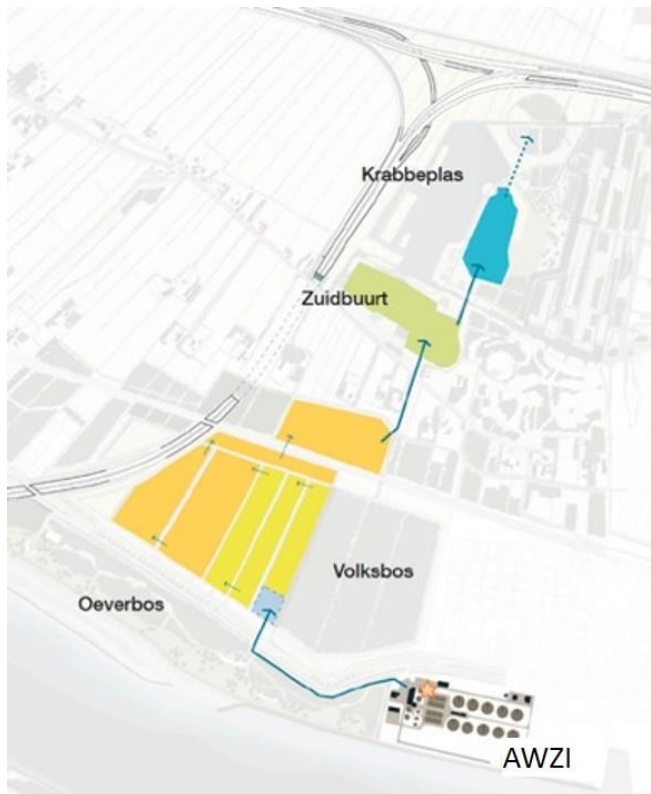
De afvalwaterzuiveringsinstallatie (AWZI) De Groote Lucht ligt vlak bij de Krabbepas (zie voor een situatieschets Figuur 2-1) en zou dienst kunnen doen als bron voor het doorspoelwater. Uiteraard moet dan wel de waterkwaliteit in orde zijn.

Blankenburgverbinding en het Kwaliteitsprogramma

De Tweede Kamer heeft in december 2012, middels de motie Kuiken, besloten €25 mln (prijsspeil 2012, incl. BTW) beschikbaar te stellen aan de regio voor extra kwaliteitsmaatregelen in het gebied rond de Blankenburgverbinding. Delfland heeft de waterharmonica ingediend als een mogelijk project in het Kwaliteitsprogramma. De regio heeft vervolgens de waterharmonica omarmd als een van de maatregelen die een kwaliteitsimpuls aan het gebied rond de Blankenburgverbinding kan geven. Men verwacht dat de waterharmonica in combinatie met extra zuiveringsmaatregelen op AWZI De Groote Lucht leidt tot een sterke verbetering van de zwemwaterkwaliteit van de Krabbepas, waarmee een impuls wordt gegeven aan de recreatiewaarde van het gebied rond de Krabbepas. Bovendien biedt de waterharmonica de mogelijkheid tot een landschappelijke kwaliteitsimpuls, met onder meer extra natuurwaarden en recreatieve gebruiksmogelijkheden. Voor de regio is dit reden om de waterharmonica als pijler onder het Kwaliteitsprogramma te beschouwen.

Het Kwaliteitsprogramma is door het college beoordeeld tegen de achtergrond van de problematiek van de Krabbeplas en het streven om de „kringloop“ nagenoeg te sluiten in de komende jaren.

Gezien de bovenstaande vier ontwikkelingen was er voldoende grond om na het pilotonderzoek Zoetwaterfabriek De Groote Lucht een full-scale schetsontwerp te maken.



Figuur 2-1 Situatieschets van de ligging van de Krabbeplas ten opzichte van AWZI De Groote Lucht.

3. Huidige situatie AWZI De Groote Lucht

AWZI De Groote Lucht is een conventionele communale zuivering. Naast de waterlijn met voorbezinking, actiefslibstelsysteem en nabezinking is ook een sliblijn aanwezig ten behoeve van slibvergisting en slibontwatering. De rejectiestromen vanuit de sliblijn worden teruggevoerd naar de waterlijn. Verwijdering van stikstof en fosfor vindt plaats via nitrificatie, denitrificatie en biologische fosfaatverwijdering. Het effluent wordt geloosd op het Rijkswater ‘t Scheur’. Een aantal eigenschappen van AWZI De Groote Lucht zijn samengevat in Tabel 3-1.

Tabel 3-1: Eigenschappen AWZI De Groote Lucht (Bron: Hoogheemraadschap van Delfland TJV 2017).

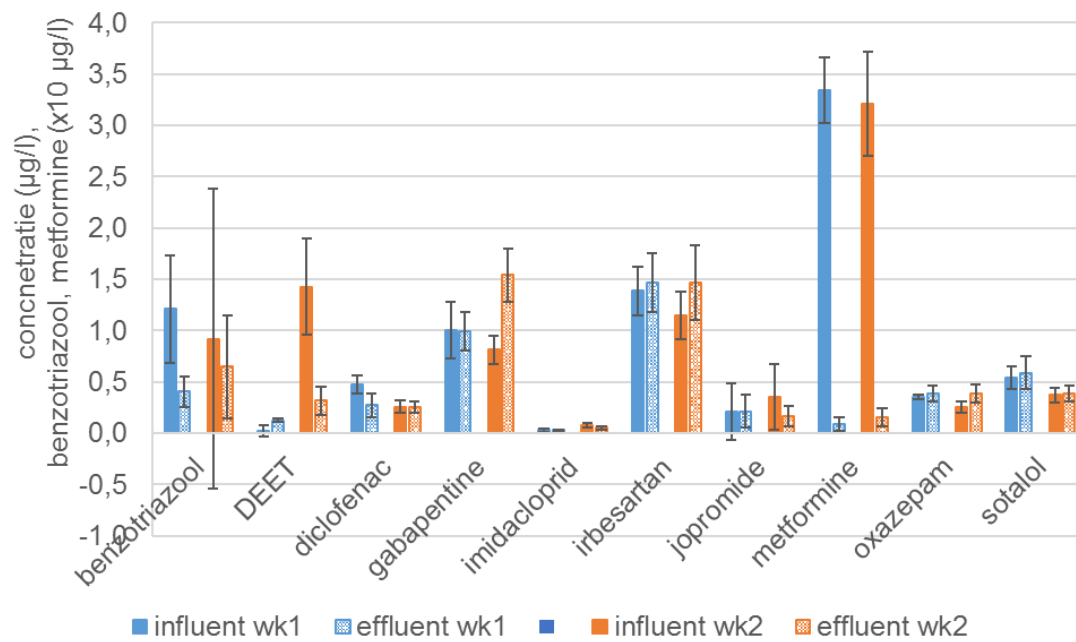
Parameter	Eenheid	Waarde
Gemiddeld debiet	m ³ /d	77.581
Gemiddelde DWA	m ³ /u	2.1.66
Maximum DWA	m ³ /u	5.102
Maximum RWA	m ³ /u	12.000
Capaciteit	i.e. (150 g TZV/d)	257.960
Aangevoerde vuilvracht	i.e. (150 g TZV/d)	232.869
Hydraulische verblijftijd	uur@DWA	24
Slibconcentratie	g MLVSS/l	2,9
Slibbelasting	g BZV ₅ /gMLVSS/d	87
Gemiddelde slibleeftijd	dagen	10
Type slibontwatering		Centrifuges
Slibproductie	kg ds/d	6.369

Een algemeen beeld van de effluentkwaliteit van AWZI De Groote Lucht op basis van macroparameters is weergegeven in Tabel 3-2.

Tabel 3-2: Algemeen beeld effluentkwaliteit AWZI De Groote Lucht (Bron: Hoogheemraadschap van Delfland 2016).

Parameters	Eenheid	Waarde
Chemisch zuurstofverbruik (CZV)	mg O ₂ /l	29
Biologisch zuurstofverbruik (BZV ₅)	mg O ₂ /l	2,8
Onopgeloste bestanddelen (OB)	mg/l	4,4
Totaal fosfor (P-totaal)	mg P /l	2,4
Totaal stikstof (N-totaal)	mg N /l	10
Stikstofoxiden (NO _x)	mg N/l	7,3

Een algemeen beeld van de effluentkwaliteit van AWZI De Groote Lucht op basis van microverontreinigingen is weergegeven in Figuur 3-1.



Figuur 3-1: Overzicht van de gemeten gidsstoffen concentraties in influent en effluent tijdens bemonsteringsweek 1 en 2 op AWZI De Groote Lucht.

In de bestaande installatie worden alleen DEET en metformine significant afgebroken. Met de overige stoffen gebeurt niet zoveel.

4. Nieuw lozingspunt naar Zoetwaterfabriek

4.1 Inleiding

Het huidige effluent van de AWZI De Groote Lucht verlaat de zuivering na het nabezinkproces en dit water wordt geloosd op het Rijkswater "t Scheur". Dit water voldoet aan de vigerende vergunningseisen. Om het water te gebruiken ter doorspoeling van de Krabbepas dient een nieuw lozingspunt gerealiseerd te worden. Met dit lozingspunt gaat AWZI De Groote Lucht water lozen op Delflands 'eigen' watersysteem. Dit water komt dus als extra belasting op het watersysteem. Daarmee wordt het effluent van de zuivering gebruikt ter doorspoeling van een recreatieplas en moet daardoor aan strengere normen voldoen dan het gedeelte dat op Rijkswater wordt geloosd.

4.2 Kwantiteitseisen te lozen water

De Krabbepas moet doorgespoeld worden met water om de blauwalg tegen te gaan. Hoe groter de doorspoeling hoe beter blauwalg te bestrijden is. Aangezien het effluent van de zuivering als waterstroom in het watersysteem erbij komt, is of de hydraulische capaciteit van het watersysteem of de hoeveelheid water die de zuivering kan leveren limiterend. Daarbij dient opgemerkt te worden dat uitbreidingen aan het watersysteem nadrukkelijk geen onderdeel zijn van dit project.

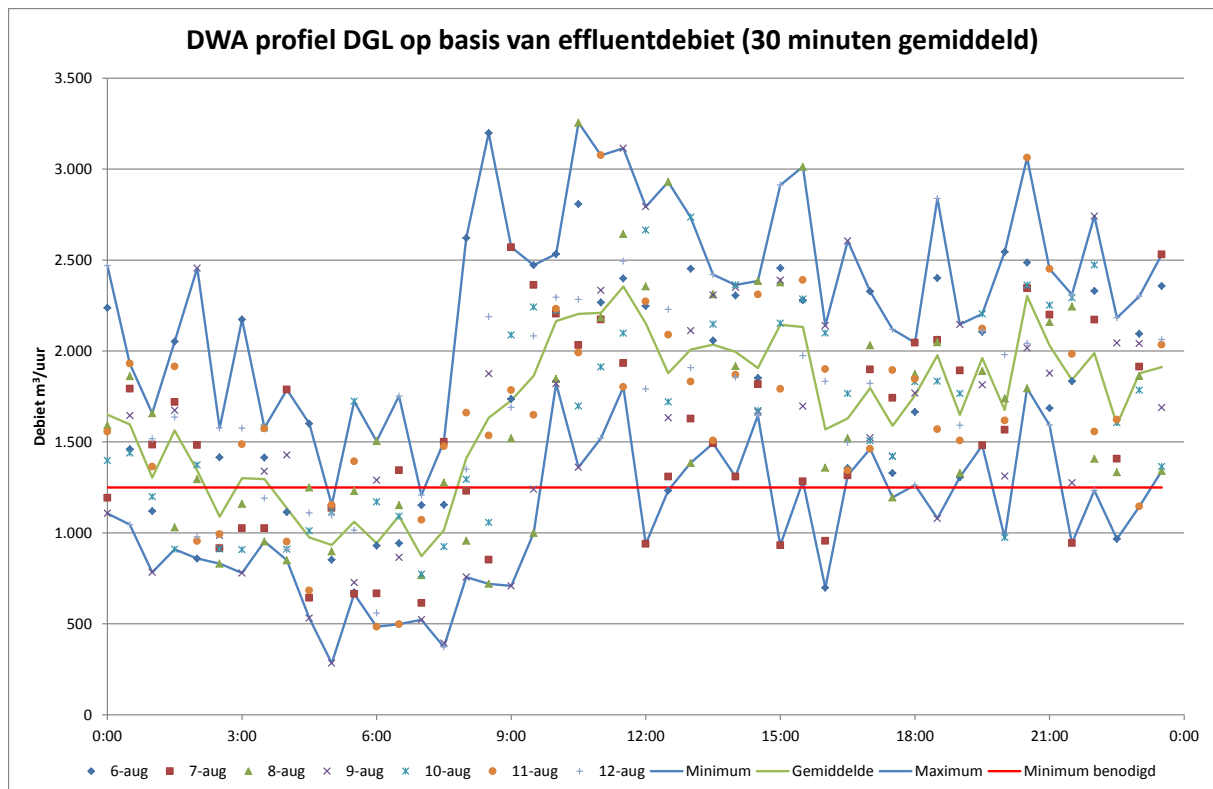
Het bestaande watersysteem kan een maximale hoeveelheid extra water verwerken van 30.000 m³/dag. Daarbij komt dat vanaf de zuivering het water via een bestaande sloot naar de waterharmonica getransporteerd wordt. In deze sloot ligt een duiker die maximaal 1.650 m³/uur kan verwerken. Dit is ook gelijk de limiterende factor voor het te lozen gezuiverd afvalwater.

De zuivering heeft een gemiddeld afvoerdebiet van 77.581 m³/dag. Het water op de zuivering wordt echter niet gelijkmatig over de dag geproduceerd. In de nachtelijke uren kan het minimumdebiet teruglopen naar 280 m³/uur, terwijl het hydraulisch maximum debiet op 12.000 m³/uur ligt. Daarom is het dagprofiel van het effluentdebiet van een aantal aaneengesloten droge dagen (6 t/m 12 augustus 2015) geanalyseerd.

Tabel 4-1 Overzicht debietpatroon AWZI De Groote Lucht gebaseerd op 30 minuten gemiddelden

		6-8-2015	7-8-2015	8-8-2015	9-8-2015	10-8-2015	11-8-2015	12-8-2015
Debiet AWZI	m ³ /dag	43.770	36.764	39.609	38.225	40.157	40.192	41.709
Minimaal	m ³ /uur	672	614	720	283	773	484	372
Maximaal	m ³ /uur	3.199	2.570	3.255	3.115	2.735	3.076	2.912

In Tabel 4-1 is te zien dat het totaaldebiet op alle dagen ruimschoots voldoende is (dagelijks meer dan 30.000 m³). De data is verder uitgewerkt in Figuur 4-1 waar het dagprofiel te zien is.



Figuur 4-1 Dagprofiel effluentdebiet AWZI De Groote Lucht

De rode lijn in de grafiek geeft het gemiddelde uurdebiet ($1.250 \text{ m}^3/\text{uur}$) aan dat nodig is om de waterharmonica te voorzien van 30.000 m^3 per dag. Wat opvalt is dat dit debiet in de nachtelijke uren op droogwee dagen niet gehaald kan worden.

Om de waterharmonica te voorzien van de gevraagde hoeveelheid water, zal het debiet naar de waterharmonica daarom moeten fluctueren met het debietprofiel van de AWZI. Om een goede werking van de zandfilters te garanderen wordt er bij lage aanvoer een hoeveelheid water gerecirculeerd (circa $1.000 \text{ m}^3/\text{uur}$) over de zandfilters. Hierdoor ligt het minimale debiet dat afgevoerd kan worden naar de waterharmonica voor een deel van de dag op $0 \text{ m}^3/\text{uur}$. Gedurende de rest van de dag dient er meer water richting de waterharmonica gestuurd te worden om op de gewenste hoeveelheid van $30.000 \text{ m}^3/\text{dag}$ uit te komen. Om te onderzoeken of dit in alle gevallen gehaald kan worden is er een doorrekening gemaakt op basis van 10 minuten debiet gemiddelden voor 9 augustus 2015. Deze dag had niet het laagste totaal debiet, maar het minimale debiet was wel het laagste. Waardoor er ook meer gecompenseerd moet worden over de rest van de dag. Ondanks dat op deze dag ca 3 uur lang geen water naar de waterharmonica zou kunnen worden afgevoerd kon de gevraagde $30.000 \text{ m}^3/\text{dag}$ wel gehaald worden, waarbij rekening gehouden is met een maximale afvoer van $1.650 \text{ m}^3/\text{uur}$.

4.3 Kwaliteitseisen te lozen water

Aangezien het geproduceerde water wordt gebruikt in een recreatieplas dient de kwaliteit van het water op het nieuwe lozingspunt te voldoen aan onderstaande wet- en regelgeving:

- Waterwet;
- Waterbesluit;
- Waterregeling;
- Kaderrichtlijn water (2000/60/EG);
- Richtlijn prioritare stoffen (2013/39/EU);
- Besluit kwaliteitseisen en monitoring water 2009 (Bkmw 2009);
- Zwemwaterrichtlijn (2006/7/EG).

In de laatste vier richtlijnen worden op stofniveau ook eisen gesteld aan diverse microverontreinigingen. Daarnaast worden op dit lozingspunt strengere eisen gesteld met betrekking tot stikstof (jaargemiddeld max. 3 mg/l) en fosfor (jaargemiddeld max. $0,3 \text{ mg/l}$).

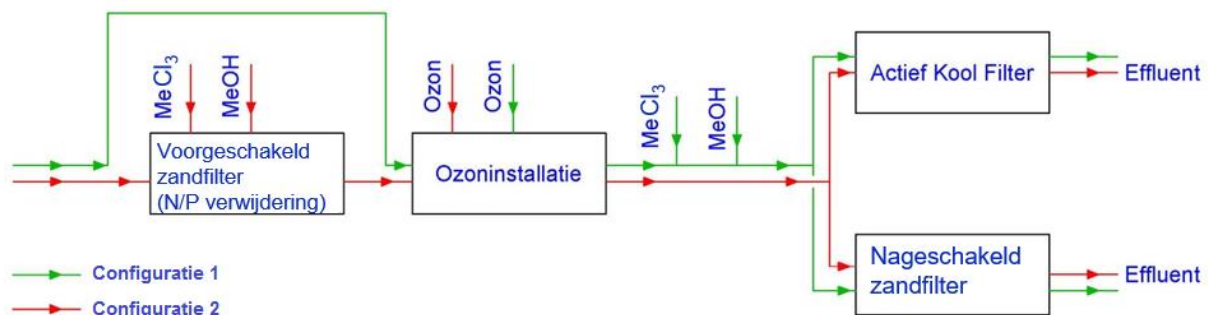
5. Pilot Zoetwaterfabriek

5.1 Opbouw onderzoek

In het onderzoeksproject pilot Zoetwaterfabriek is voor een aantal procesconfiguraties onderzocht welke procesinstellingen voor de deelprocessen ozonisatie, zand- en actiefkoolfiltratie noodzakelijk zijn om dusdanige verwijderingsrendementen voor microverontreinigingen en nutriënten te realiseren dat aan de gestelde lozingseisen kan worden voldaan. De vastgestelde procesinstellingen voor de meest optimale procesconfiguratie zijn gebruikt om kengetallen te genereren voor de ontwerpgrondslagen en kosten van een full-scale installatie.

Voor het onderzoeksproject pilot Zoetwaterfabriek is een pilotinstallatie gerealiseerd die zich richt op een combinatie van technieken, te weten: ozonisatie, continu zandfiltratie en continu actief koolfiltratie.

De pilotinstallatie is dusdanig ontworpen dat verschillende procesconfiguraties getest kunnen worden (Figuur 5-1). Ozonisatie is de kern van de pilot en onderdeel van alle configuraties.



Figuur 5-1 Onderzochte procesconfiguraties. MeOH = methanol, MeCl₃ = metaalzout (driewaardig).

Beoogde functies van de verschillende procesonderdelen:

- Voorgeschakeld continu zandfilter: vergaande verwijdering van de nutriënten stikstof en fosfor;
- Ozoninstallatie: chemische oxidatie van microverontreinigingen en reductie van de pathogenen;
- Nageschakeld continu zandfilter: biologische verwijdering van (een deel van de) oxidatieproducten die tijdens ozonisatie gevormd worden (transformatieproducten van microverontreinigingen en bijproducten van de oxidatie). Bij configuratie 1 in Figuur 5-1 wordt het nageschakelde zandfilter ook gebruikt voor vergaande nutriëntenverwijdering;
- Actief koolfiltratie: vanwege de uiteenlopende chemische en fysisch-chemische eigenschappen van de microverontreinigingen is het toepassen van alleen ozonisatie als barrière mogelijk niet voldoende om deze stoffen in voldoende mate te verwijderen. Om die reden is ook de dubbele barrière met ozonisatie (oxidatie) en nageschakelde actief koolfiltratie (adsorptie) onderzocht. Om tot een kostenefficiënte full-scale installatie te komen, is gekozen voor het toepassen van actief koolfiltratie in een continu filter. Dit biedt de mogelijkheid om actief koolfiltratie voor een eventuele full-scale zoetwaterfabriek in het bestaande continu zandfilter onder te brengen. Bij configuratie 1 in Figuur 5-1 wordt het nageschakelde actief koolfilter ook gebruikt voor vergaande nutriëntenverwijdering.

5.2 Resultaten

Het onderzoek heeft in totaal 20 maanden gelopen. Van de bevindingen is een uitgebreid STOWA rapport beschikbaar, hieronder zijn de belangrijkste resultaten weergegeven.

Vergaande nutriëntenverwijdering (stikstof- en fosfor) in een continu zandfilter na ozonisatie, bleek ondanks de hoge zuurstofconcentratie in het afloopwater van de ozonisatiestap, haalbaar. Uit het vooronderzoek is tevens gebleken dat vergaande nutriëntenverwijdering met een continu actief koolfiltratie na ozonisatie niet haalbaar is bij de noodzakelijke filtratiesnelheid. Daarom is actief koolfiltratie niet getest in de duurtesten, maar zijn voor onderstaande configuraties gekozen:

- Configuratie 1: Ozon-zandfiltratie;
- Configuratie 2: Zandfiltratie – ozon – zandfiltratie.

In configuratie 1 vindt stikstof- en fosforverwijdering plaats na ozonisatie. In configuratie 2 vindt dit plaats in het voorgeschakelde zandfilter. De filtratiesnelheid in configuratie 2 was twee keer zo hoog dan in configuratie 1, omdat het uitgangspunt tijdens de pilot was dat alle filtratiestappen in de te realiseren full-scale installatie in het bestaande zandfilter plaats moeten kunnen vinden. De optimale ozonconcentratie is tijdens de pilot vastgesteld op 1 g O₃/g DOC, waarbij de verwijdering van microverontreinigingen in relatie tot de wet- en regelgeving en het ozonverbruik als criteria zijn meegenomen.

Er zijn in het pilotonderzoek twee duurtesten van ongeveer 7-10 weken uitgevoerd. Uit de duurtesten volgt dat er geen grote verschillen zijn tussen beide configuraties in relatie tot het verwijderingsrendement voor de nutriënten, microverontreinigingen en pathogenen, alsmede effectmetingen en bromaatvorming. De verschillen die zijn waargenomen zijn te verklaren door het verschil in de werkelijk toegepaste ozondosering.

Nutriënten

- Vergaande stikstof- en fosforverwijdering kan worden behaald met zandfiltratie, zowel voor als na ozonisatie;
- De N_{totaal} concentratie kan worden gereduceerd tot gemiddeld 1,5 mg N/l in het nageschakeld zandfilter van configuratie 1 en 1,8 mg N/l in het voorgeschakeld zandfilter van configuratie 2, beide met een dosering van methanol van 2,8 gram methanol per gram stikstof en 1,0 gram methanol per gram zuurstof;
- De P-totaal concentratie kan worden gereduceerd tot 0,35 mg P/l in configuratie 1 en tot 0,21 mg P/l in het voorgeschakeld zandfilter van configuratie 2, met een dosering van 3,5 tot 4,0 mol metaalzout per mol fosfor.
- In configuratie 2 is aangetoond dat BZV nog wordt afgebroken in het nageschakelde filter, met andere woorden dit filter is nog biologisch actief. In configuratie 1 was dit door de methanoldosering helaas niet waar te nemen. De verwachting is dat ook in deze configuratie verdere afbraak plaatsvindt. Een nageschakeld filter na ozonisatie heeft daarom de voorkeur.

Microverontreinigingen

- Voor het vaststellen van de verwijdering van microverontreinigingen in de pilot zijn tien microverontreinigingen (gidsstoffen) geselecteerd. Negen van de tien gidsstoffen kunnen met de ozon-zandfiltratie configuratie en een ozondosering van 1,09 g O₃/g DOC voor gemiddeld 70% of meer worden verwijderd. Vijf stoffen hiervan kunnen voor 90% of meer worden verwijderd. Eén stof, metformine, kan slechts voor ongeveer 30% worden verwijderd. In de configuratie zandfiltratie-ozon-zandfiltratie en een ozondosering van 0,84 g O₃/g DOC is het verwijderingsrendement over het algemeen lager. Zes van de tien gidsstoffen kunnen voor 70% of meer worden verwijderd waarvan twee stoffen voor 90% of meer; Voor de andere vier stoffen ligt het verwijderingsrendement gemiddeld tussen de 20-60%. Zie Tabel 5-1 voor de namen van de stoffen;
- In de selectie van de tien gidsstoffen is meegenomen dat ze een verschillende affiniteit met ozon hebben. Tien andere microverontreinigingen die niet tot de gidsstoffen behoorden, maar die als bijvangst mee zijn geanalyseerd, laten allemaal een verwijderingsrendement van tenminste 70% of meer zien bij beide configuraties;
- In totaal zijn 150 organische microverontreinigingen geanalyseerd in de afloop van de pilotinstallatie. Dertig van deze 150 stoffen zijn aangetroffen boven de rapportagegrens. In een enkele meting waarop ook de aanvoer van de pilot is geanalyseerd blijkt dat de concentratie van deze dertig stoffen na ozon en zandfiltratie afneemt, uitzondering hierop is brandvertrager PFOS;
- De verwijdering van de gidsstoffen in de bestaande AWZI is laag, in sommige gevallen negatief (effluentvracht hoger dan influent), en/of varieert sterk. Alleen voor metformine is in de metingen een constant hoog rendement van >90% waargenomen. Met de implementatie van ozon en zandfiltratie zal over het algemeen de verwijdering van de gidsstoffen dus sterk toenemen en zal de verwijdering stabiel zijn.

Tabel 5-1 Gemiddelde verwijdering van de gidsstoffen in de bestaande zuivering van AWZI de Groote Lucht (berekend over influent AWZI en afloop nabezinking) en de verwijdering in de pilot (berekend over toevoer en afloop pilot)

Verwijderings-range	Verwijdering in de bestaande conventionele zuivering	Verwijdering in pilotopstelling	
		ozon-zandfiltratie (gem. 1,09 g O ₃ /g DOC)	zandfiltratie-ozon-zandfiltratie (gem. 0,84 g O ₃ /g DOC)
≥90%	Metformine	Diclofenac Sotalol Irbesartan Oxazepam Benzotriazool	Diclofenac Sotalol
70-90%		Gabapentine DEET Jopromide Imidacloprid	Irbesartan Oxazepam Gabapentine Benzotriazool
<70%	Benzotriazool DEET Diclofenac Gabapentine Imidacloprid Irbesartan Jopromide Oxazepam Sotalol	Metformine	DEET Imidacloprid Jopromide Metformine

Pathogenen

- Beide configuraties (zandfiltratie-ozon-zandfiltratie en ozon-zandfiltratie met een ozondosering van gemiddeld respectievelijk 1,09 en 0,84 g O₃/gDOC) leiden tot een vergaande verwijdering van indicatoren voor bacteriologische en virale pathogenen (log 2-5 verwijdering) en een iets lagere verwijdering van robuustere pathogenen (log 1-4 verwijdering);
- Zowel de ozon als het zandfilter dragen bij aan de verwijdering van pathogenen. De indicatoren voor bacteriologische en virale pathogenen worden met name in de ozon-stap verwijderd en de indicator sporen van sulfiet reducerende Clostridium in het zandfilter.

Bromaatvorming

- Op AWZI De Groote Lucht worden bromideconcentraties tussen de 200-800 mg/l aangetroffen in de afloop van de nabezinking. Tijdens de duurtesten was de bromaatconcentratie na ozonisatie 10-70 µg/l met gemiddeld 25 µg/l bij een gemiddelde ozondosering van 0,96 mg O₃/g DOC. Door verschillen in ozondosering (1,09 vs. 0,84 mg O₃/g DOC) en bromideconcentraties (450 vs 350 µg/l) was de bromaatconcentratie in duurtest 1 hoger dan in duurtest 2, respectievelijk 38 µg/l en 13 µg/;
- In het nageschakelde zandfilter vindt geen verwijdering van bromaat plaats;
- Bromaatvorming kan worden beïnvloed door minder ozon te doseren.

5.3 Conclusies

Vanuit het pilotonderzoek kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- configuratie 1 is de meest logische configuratie voor een full-scale oplossing, immers het bouwen van een tweede zandfilter heeft geen meerwaarde tegenover alles in één zandfilter. Daarnaast is aangetoond dat in het nageschakelde filter nog biologische activiteit plaats vindt.

Voor het behalen van de gestelde effluent eisen zijn de navolgende instellingen en voorwaarden toereikend:

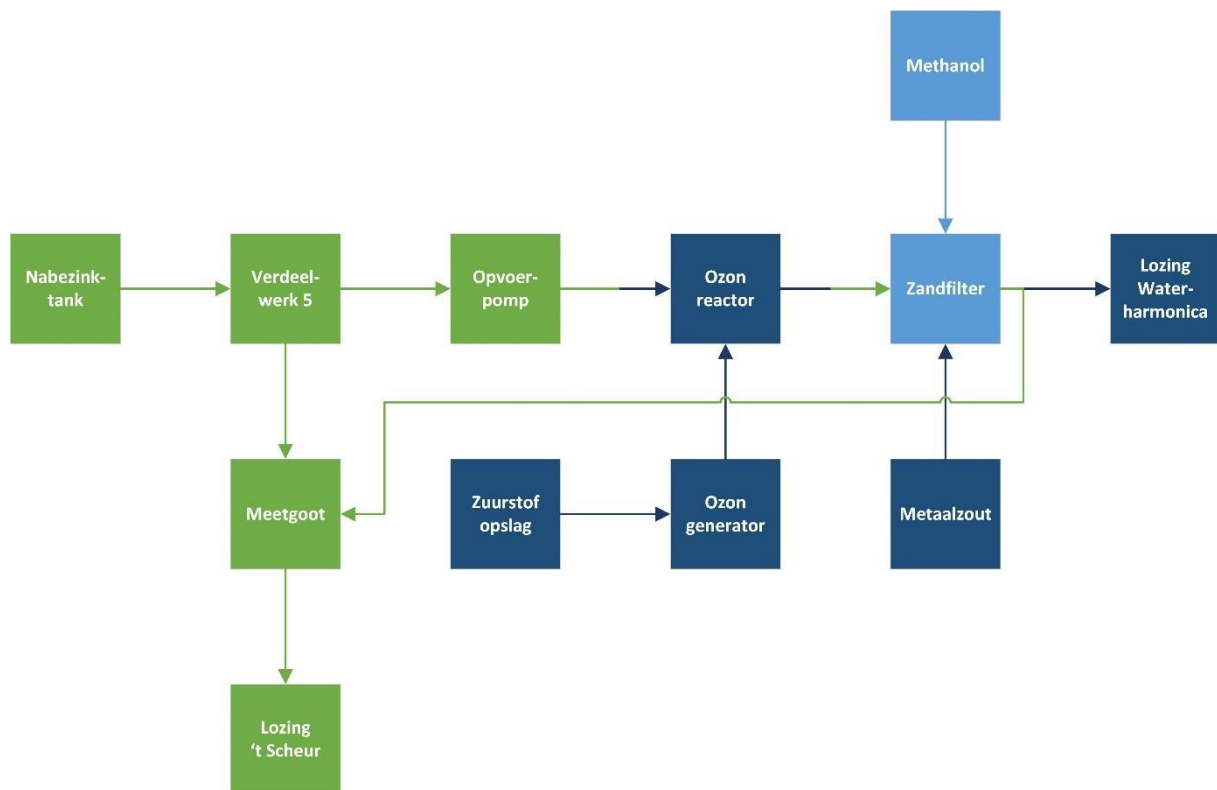
- een ozondosering van minimaal 1 gram ozon per gram DOC;
- een verblijftijd in de ozonreactor van tenminste 10 minuten;

- een methanoldosering van 2,8 gram methanol per gram stikstof en 1,0 gram methanol per gram zuurstof;
- een polyaluminiumchloridedosering van 3,5 mol aluminium per mol fosfor;
- een filtratiesnelheid van 7,5 m/uur.

De kanttekening die bij de filtratiesnelheid gemaakt moet worden is dat de ozonpilot met relatief hoge drukken werkte waardoor een enorme hoeveelheid zuurstof ca 55 mg/l als gevolg van oververzadiging in de afloop van de ozoninstallatie zat. Dit werd veroorzaakt doordat de pilot die door de leverancier beschikbaar kon worden gesteld voor meerdere toepassingen inzetbaar is. Bij de te realiseren full-scale installatie zal de werkdruk maximaal de waterdruk zijn, zijnde circa 0,6 à 0,7 bar(g) in plaats van 8 bar(g) zoals in de pilotinstallatie. Hierdoor kan er fysisch niet zoveel zuurstof oplossen in water. De maximale hoeveelheid zuurstof die dan in het water opgelost kan zijn bedraagt dan ca 12 mg/l. Gezien het effect op het zandfilter is de verwachting dat die onder normale full-scale omstandigheden kan functioneren op een filtratiesnelheid van 15 m/uur.

6. Inpassing in proces

Het ontwerp ozon zandfiltratie moet ingepast worden in de huidige zuivering. In Figuur 6-1 is aangegeven hoe deze nieuwe technieken in de bestaande zuivering in te passen zijn. In deze figuur zijn de bestaande procesonderdelen waar niets aan hoeft te gebeuren groen, bestaande procesonderdelen die gereviseerd moeten worden lichtblauw en de nieuwe onderdelen en leidingen donkerblauw gekleurd. In hoofdstuk 7 worden ontwerp afwegingen gemaakt.



Figuur 6-1 Inpassing van de ozontechniek in de bestaande zuiveringsinstallatie.

Sinds de ombouw van de zuivering in 2009 (vervanging van oxidatiebedden door denitrificatietanks) is het bestaande zandfilter niet meer noodzakelijk. Het gezuiverde afvalwater wordt direct van de nabezinktanks via verdeelwerk 5 en de meetgoot geloosd op het oppervlaktewater. Dit betekent dat de zoetwaterfabriek gerealiseerd kan worden zonder dat de zuivering uit bedrijf hoeft.

Tijdens het ontwerp dient er rekening mee gehouden te worden dat de kwaliteit van het bedrijfswater niet toereikend is als koelwater. In het onderzoeksproject zoetwaterfabriek zijn geregeld verstoppingen van het koelwatersysteem voorgekomen. Daarnaast is de stroomvoorziening op de zuivering vol belast, wat betekent dat er geen capaciteit meer beschikbaar is voor nieuwe installaties.

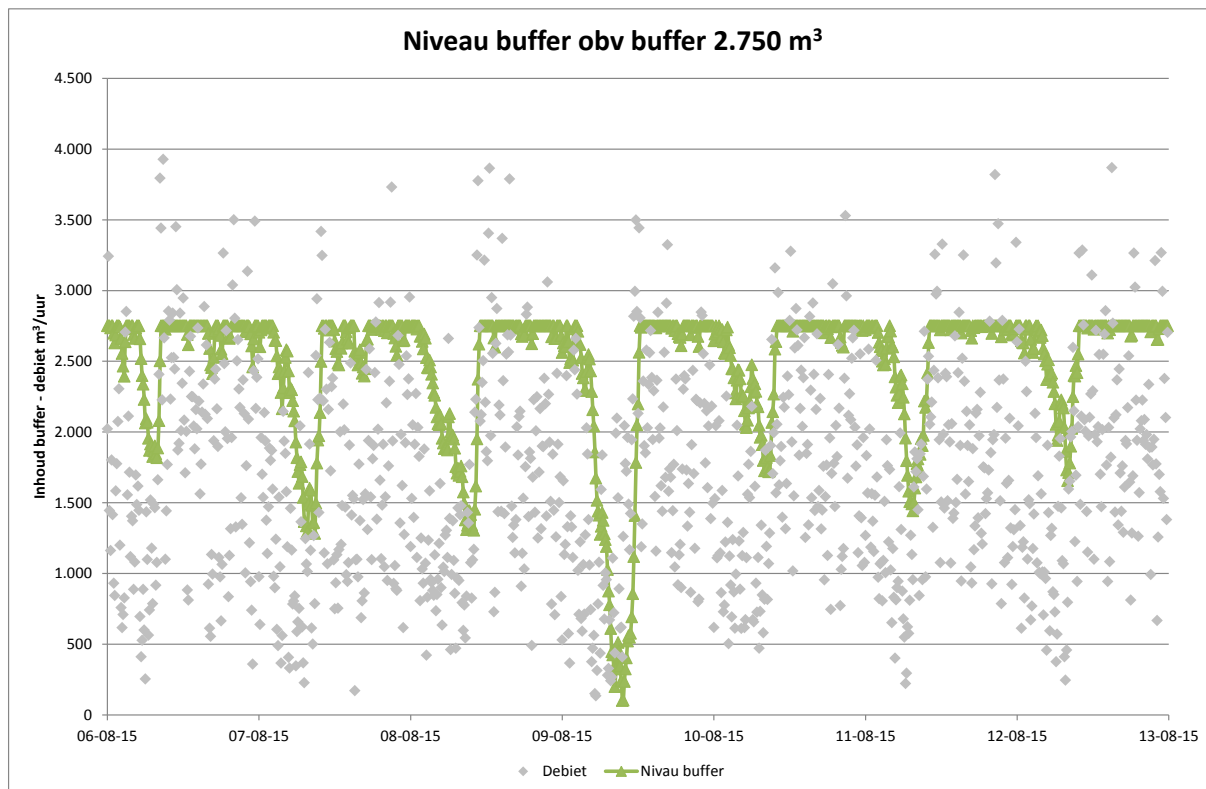
7. Ontwerp afwegingen

Dit hoofdstuk beschrijft de afwegingen die gemaakt zijn gedurende het schetsontwerp.

7.1 Buffer op zuivering voor continue afvoer van 1.250 m³/uur

Het waterdebiet naar de waterharmonica fluctueert in het huidige ontwerp tussen 0 en 1.650 m³/uur. Tussentijds heeft het projectteam nog overwogen om een waterbuffer te creëren op de AWZI, om op die manier een continu debiet van 1.250 m³/uur te kunnen realiseren. Een extra buffer brengt een extra processtap en extra kosten met zich mee.

De inhoud van de buffer is gesimuleerd aan de hand van de 10 minuten data voor de periode 6 t/m 12 augustus 2015. Deze simulatie is in Figuur 7-1 weergegeven.



Figuur 7-1 Benodigde bufferinhoud

Op basis van Figuur 7-1 is te concluderen dat de nieuw te bouwen buffer een inhoud zou moeten hebben van ca. 2.750 m³.

In hoofdstuk 4.2 is aangetoond dat ook onder extreem droogweercondities, waarbij per dag gedurende 3 uur geen gezuiverd water naar de waterharmonica kan worden afgevoerd, toch het gewenste dagtotaaldebiet van 30.000 m³ gerealiseerd kan worden. Daarom is een buffer niet verder meegenomen in het ontwerp.

7.2 Ozonreactor

Grootte ozonreactor

Voor het voeden van de waterharmonica is 1.650 m³/uur nodig. Het zandfilter dat na de ozonreactor is geplaatst heeft nog een waswaterstroom van ca 5%. Hierdoor is het totale debiet dat door de ozonreactor moet kunnen stromen ca 1.800 m³/uur.

De ozonreactor wordt geplaatst tussen de bestaande pompinstallatie (Dienstgebouw 7) en het bestaande zandfilter (filtergebouw). Beide procesonderdelen zijn ontworpen op een deelstroom van 1,5x DWA, zijnde 3.600 m³/uur. Indien hier een ozonreactor met leidingwerk wordt geplaatst die maximaal 1.800 m³/uur water kan behandelen, is het niet meer mogelijk om de volledige capaciteit van het zandfilter in de toekomst te gebruiken.

De verwachting is dat in de nabije toekomst ook de effluent eisen voor lozing op Rijkswateren worden aangescherpt.

Een optie is om de ozonreactor te vergroten zodat daarin ook 3.600 m³/uur behandeld kan worden. Dit resulteert in een grotere reactorinhoud (twee keer zoveel vloer- en dakoppervlak en langere zijwanden). De extra kosten bestaan alleen uit civiele kosten. Gezien de geringe extra investeringskosten is in het SO besloten om te kiezen voor een toekomstbestendig ontwerp van de reactor. De reactor wordt daarom hydraulisch ontworpen op 3.600 m³/uur. Uit het pilotonderzoek is gebleken dat een verblijftijd van 10 minuten toereikend is om micro-verontreinigingen in voldoende mate af te breken. Dit betekent dat de ozonreactor een totaal inhoud dient te hebben van 600 m³.

Configuratie ozonreactor

Om maximale beschikbaarheid te garanderen is ervoor gekozen om de reactorinhoud te verdelen over twee ozonreactoren (twee parallelle straten principe). Hierdoor is het altijd mogelijk om onderhoud te plegen aan één van de twee ozonreactoren. De ozonreactoren zullen door het plaatsen van scheidingswanden gecompartmenteerd worden uitgevoerd. Dit om reactiezones en voldoende menging te realiseren. Om de ozonreactor te doorstromen zijn er twee opties namelijk: 1) verticaal doorstroomd en 2) horizontaal doorstroomd. Het voordeel van een horizontaal doorstroomde reactor, zoals deze met succes op ARA Soers in Aken wordt toegepast, is dat voor inspectie slechts één mangat nodig is om in de gehele reactor toegankelijk te maken, alsmede één aftappunt om de reactor droog te zetten. Bijkomend voordeel van een horizontaal doorstroomde reactor is dat deze een kleiner hydraulisch verval kent dan een verticaal doorstroomde reactor.

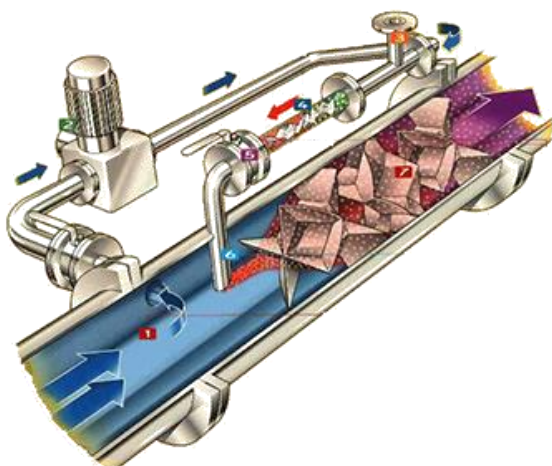
7.3 Ozon injectiesysteem

Ozon, een gas, kan op verschillende manieren in water ingebracht worden. Ozon wordt gegenereerd vanuit zuurstof in ozongeneratoren. De meest gebruikte methoden voor het inbrengen van ozon in water zijn:

- Venturi
- Diffuser

Venturi

Bij een venturi wordt het ozongas door middel van onderdruk in het water opgelost. De voordelen zijn een compacte installatie en hoog rendement (tot 90%). In het onderstaande figuur is een schematische weergave van een venturi systeem met drukverhogingspomp en statische mixers op een zijstroom weergegeven.



Figuur 7-2 Venturi injectie inclusief drukverhogingspomp en statische mixer

Diffuser

Een diffuser werkt met overdruk. Bij een diffuser ontstaat een bellenkolom. Voordelen van een diffuser systeem zijn hoog rendement, eenvoudige opbouw en zeer geschikt voor grote watervolumes. Nadelen zijn dat het geen

compact systeem is en de efficiency is afhankelijk van de diepte en de grootte van de bel. Voor vervanging van de diffusers zal de reactor uit bedrijf moeten. Dit kan in de winter als de installatie niet gebruikt wordt.



Figuur 7-3 Ozon diffuser

Voor- en nadelen van beide systemen:

	Venturi	Diffuser
Voordeel	Geen onderdelen onder water	Eenvoudiger systeem
		Minder mechanische onderdelen nodig
		Goedkoper in investering en exploitatie
		Duurzamer, minder stroomverbruik
Nadeel	Boosterpomp nodig	Biofouling bij continu lage flow (ontwerp)
	Vast debiet nodig, hoog geconcentreerde inbreng van ozon in zijstroom	Voor onderhoud moet de reactor leeg
	Duurder in investering en exploitatie dan diffuser	
	Afloop ozonreactor wordt gebruikt voor ozoninjectie kans op bromaat hoger	
	Statische menger noodzakelijk	
	Kans op verstoppingen groter (venturi en statische menger)	

Op basis van deze voor- en nadelen is voor het schetsontwerp gekozen voor het diffuser principe.

7.4 Type zuurstofbron

Om ozon te maken is zuurstof nodig. Voor het verkrijgen van de juiste hoeveelheid zuurstof zijn verschillende oplossingen beschikbaar:

- gebruik van gecomprieeerde lucht;
- zuurstof maken middels een PSA (pressure swing adsorption)-unit;
- inkopen van vloeibare zuurstof.

Gecomprieeerde lucht bestaat voor 21% uit zuurstof de rest is stikstof. De andere varianten bestaan uit ca 95-100% zuurstof is. Bij het toepassen van gecomprieeerde lucht als zuurstofbron zullen de ozongeneratoren en het stroomverbruik ca een factor 4 tot 5 groter worden dan bij de andere varianten. Dit levert een ongewenst hogere investering op. Hiermee valt gecomprieeerde lucht als optie af.

Zuurstof produceren met een PSA-unit is een logische keuze wanneer een constante en enorme hoeveelheid zuurstof benodigd is, en/of een nuttige toepassing voor het stikstofgas voorhanden is. Aangezien de benodigde hoeveelheid niet noemenswaardig groot is en de installatie maar een half jaar per jaar wordt gebruikt, is in het SO gekozen voor het toepassen van vloeibare zuurstof. Daarbij komt dat vloeibare zuurstof in de nabije omgeving beschikbaar is.

7.5 Chemicaliën opslag

Voor de zoetwaterfabriek zijn drie soorten chemicaliën nodig: vloeibare zuurstof, methanol en metaalzout.

Vloeibare zuurstof

De opslag van vloeibare zuurstof gebeurt onder cryogene omstandigheden. De opslaginstallatie en ook het onderhoud aan de opslaginstallatie vereist specifieke kennis. Daarom zal de opslaginstallatie (inclusief het onderhoud) worden gehuurd bij een zuurstofleverancier.

Methanol

De bestaande methanolinstallatie is 20 jaar oud en dient volledig gereviseerd te worden. Deze bovengrondse opslag is voorzien van rook-, vlam- en gasdetectie en een continue doormelding naar de brandweer. Daarnaast is de hele installatie voorzien van een sprinklersysteem met zowel schuim als water. Hiervoor is een speciale brandbluspomp gesitueerd in Dienstgebouw 7. Deze gehele installatie dient wekelijks gecontroleerd te worden en de brandbluspomp dient wekelijks getest te worden. Daarnaast is een jaarlijkse externe inspectie van de installatie verplicht. Al met al brengt deze bestaande methanolinstallatie nogal wat operationele kosten met zich mee. Omdat de installatie na het pilotonderzoek niet meer in gebruik is, is de installatie buiten bedrijf gesteld en uit de vergunning gehaald.

Voor het wederom in gebruik nemen van de installatie ten behoeve van de full-scale installatie dienen de methanolpompen, debietmeters en diverse veiligheidssensoren vervangen te worden. Daarnaast dient een doormelding gerealiseerd te worden en moet de installatie gekeurd worden (ook de opslagtanks).

Met de huidige wet- en regelgeving en stand van de techniek worden opslagtanks voor brandgevaarlijke stoffen meestal ondergronds (of onder een terp) gebouwd.

Aangezien bij het herontwerp een intrinsiek veiligere installatie gebouwd kan worden, is in het SO gekozen om een nieuwe onderterpte methanol opslag te realiseren. De bestaande methanolopslag kan dan omgebouwd worden tot metaalzoutopslag

Metaalzout

Door de bestaande methanolinstallatie te hergebruiken, zijn het gebouw en de opslagtanks met lekbak beschikbaar. Het enige dat vernieuwd dient te worden is het leidingwerk van de tank naar de doseerinstallatie, de doseerinstallatie en debietmeter en het leidingwerk naar het doseerpunt. De kabels voor de aansturing zijn reeds aanwezig.

7.6 Bestaand zandfilter of nieuw zandfilter

Het bestaande zandfilter is ca 20 jaar oud en dient elektrotechnisch gedeeltelijk gereviseerd te worden. Daarnaast zijn de mammoetpompen aan vervanging toe en is filtersectie 1 op dit moment niet werkend (gebruikt voor onderdelen elders). Het bouwen van een compleet nieuw zandfilter heeft zo zijn voordelen. Zo staat dan de locatie bijvoorbeeld niet vast. Op dit moment is de locatie van de zoetwaterfabriek een gegeven omdat die gebruik maakt van bestaande procesonderdelen. Daarbij komt een investering voor een nieuw zandfilter van een dergelijke omvang op circa 15 miljoen euro.

Gezien de resultaten uit de pilot is het noodzakelijk om het gehele zandfilter weer werkend te krijgen, zie paragraaf 5.3. Tijdens het pilotonderzoek kon niet getest worden met een filtratiesnelheid van 15 m/uur, maar met maximaal 7,5 m/uur. Hoewel het de verwachting is dat de filtratiesnelheid verhoogt kan worden tot 15 m/uur, is dit nog niet geheel zeker.

In het SO zal dus worden uitgegaan van revisie van het volledige bestaande zandfilter.

8. Uitgangspunten

Op basis van het onderzoeksproject Zoetwaterfabriek is gekozen voor een full-scale zoetwaterfabriek op basis van de techniek ozon gevolgd door zandfiltratie met een simultane verwijdering van stikstof en fosfor. In de voorgaande hoofdstukken is uitleg gegeven bij de diverse ontwerpafwegingen. De uitgangspunten voor het ontwerp zijn in dit hoofdstuk samengevat.

8.1 Financiële uitgangspunten

- afschrijving van civiel 30 jaar;
- afschrijving van W/E/I 15 jaar;
- afschrijving van software 7 jaar;
- indien economisch verantwoord zoveel mogelijk duurzaam hergebruik van procesonderdelen;
- de installatie wordt dusdanig ontworpen dat zoveel mogelijk energie (warmte uit koelwater) teruggewonnen kan worden.

8.2 Technische uitgangspunten

- de zuivering kan tijdens de bouw operationeel blijven;
- effluentdebiet naar de waterharmonica fluctueert tussen 0 – 1.650 m³/uur;
- effluentdebiet naar de waterharmonica is maximaal 30.000 m³/dag;
- de gebruikperiode is van april tot en met september;
- in de gebruikperiode is de beschikbaarheid 99%;
- hydraulisch wordt de installatie ontworpen op 3.600 m³/uur, alle overige onderdelen op 1.800 m³/uur;
- de ozonreactor bestaat uit 2 reactoren met een waterdiepte van minimaal 6 meter en een verblijftijd van minimaal 10 minuten en wordt horizontaal doorstroomd;
- de drie bestaande voedingspompen van het zandfilter hebben een capaciteit van 1.000 – 2.200 m³/uur en een opvoerhoogte van maximaal 120 kPa;
- het ozon wordt in de reactor in het water gebracht middels diffusers;
- de ozondosering moet kunnen variëren van 0,5 - 1,2 gram ozon per gram DOC bij een maximaal debiet van 1.800 m³/uur;
- vloeibare zuurstof wordt gebruikt als zuurstofbron;
- de grootte van de opslagtanks voor chemicaliën dient zodanig te zijn dat lange weekenden kunnen worden overbrugd (5 dagen);
- de opslagtanks voor metaalzout en methanol worden uitgelegd op het maximaal debiet behorende bij het zandfilter, zijnde 3.600 m³/uur;
- het bestaande zandfilter wordt gebruikt en volledig gereviseerd;
- de toe te passen filtratiesnelheid is in de range van 7,5 – 15 m/uur;
- voor methanol wordt een volledig nieuwe onderterpde opslaginstallatie gerealiseerd met een toegangsweg;
- voor de metaalzoutopslag wordt gebruik gemaakt van de bestaande infrastructuur van de oude methanolopslag;
- de range voor de methanoldosering ligt tussen 2,5 – 3,0 gram methanol per gram stikstof en 0,9 - 1,2 gram methanol per gram zuurstof;
- de range voor de metaalzoutdosering ligt tussen 2,5 – 4,5 mol aluminium of ijzer per mol fosfor;
- het exacte product voor de metaalzoutdosering is nog niet vastgesteld. Dit kan polyaluminiumchloride worden, maar ook ijzerchloride;
- doseerinstallaties worden voorzien van doseerpompen en massaflowmeters en worden redundant uitgevoerd;
- de stroomvoorziening is volledig belast. Voor het realiseren van de full-scale Zoetwaterfabriek dient deze uitgebreid te worden.

9. Ontwerp

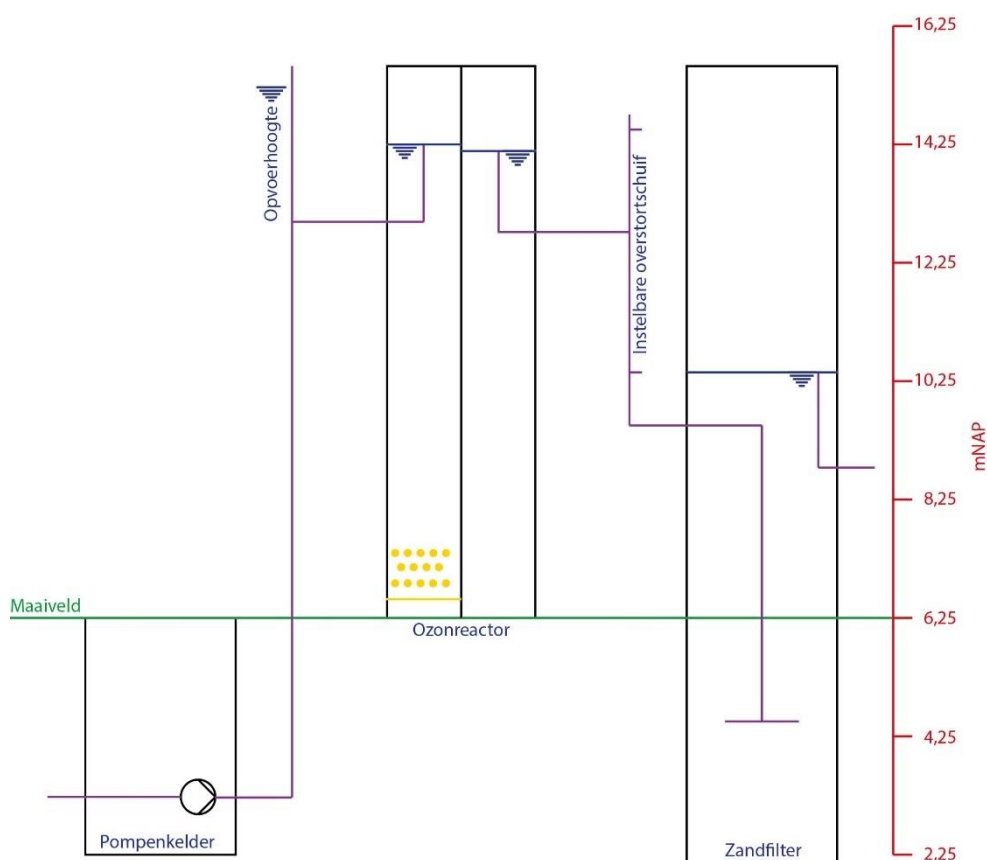
9.1 Ozonreactor

De ozonreactor heeft een minimale verblijftijd nodig van 10 minuten. Bij een ontwerpdebiet van 3.600 m³/uur resulteert dit in een reactor van 600 m³. Aangezien de volledige reactor wordt gesplitst in twee kleinere reactoren, zal de inhoud per reactor 300 m³ bedragen. De reactor wordt middels kanaalvorming horizontaal doorstroomt, hierdoor is het hydraulisch verval in de reactor minimaal. De reactor wordt dusdanig ontworpen dat er altijd voldoende menging aanwezig is. De toevoer naar de reactor wordt zo ontworpen dat de afzonderlijke reactoren altijd evenveel debiet krijgen. In het definitief ontwerp wordt de toevoer naar de reactor en het menggedrag in de reactor door middel van een CFD-simulatie geoptimaliseerd.

De ozonreactoren worden parallel bedreven en kunnen volledig onafhankelijk van elkaar functioneren. Hierdoor zijn per reactor een ont-/beluchter, afgasventilator, katalytische ozondestructor, mangat voor eenvoudige toegang en ozonmeting in afgas aanwezig. De ozondosering wordt bewaakt door één ozon in water meting in de afloop van de ozoninstallatie. Elke reactor is voorzien van een drainsluiting, zodat de reactor eenvoudig leeggezet kan worden.

Per reactor is een toe- en afvoer afsluiter gesitueerd, met als doel om de volledige reactor in te kunnen blokken. Zowel de waterfase als de gasfase kunnen tijdens gesloten toestand van de afsluiters niet van de ene naar de andere reactor stromen. Tijdens normaal bedrijf is een gecombineerde gasfase boven het waterniveau aanwezig. De reactor en leidingen worden vervaardigd van materiaal dat bestand is tegen ozon, bijvoorbeeld beton of RVS. In het definitief ontwerp dient nadrukkelijk aandacht te worden besteed aan de verdeling van het water tussen beide reactoren.

De minimale waterhoogte is 6 meter boven de diffusers. In Figuur 9-1 staan de hoogtematen van de bestaande installatie en de nieuwe te bouwen reactor weergegeven.



Figuur 9-1 Schets van de hoogtematen

De maximale waterkolom die in het reactievolume beschouwd kan worden is 7,4 meter. Het totale reactor oppervlakte wordt $600 \text{ m}^3 / 7,4 \text{ m} = 81 \text{ m}^2$, per reactor circa $40,5 \text{ m}^2$.

9.2 Ozon generator

Voor het ontwerp van de ozongeneratoren wordt rekening gehouden met een maximaal debiet van $1.800 \text{ m}^3/\text{uur}$. In Tabel 9-1 wordt de benodigde ozondosering weergegeven.

Tabel 9-1 Benodigde ozonproductie

Ontwerpv variabelen	Eenheid	Minimum	Nominaal	Maximum
Debiet	m^3/uur	1.000	1.315*	1.800
DOC concentratie	mg/l	8	12	15
Doseerverhouding	g/g	0,5	1	1,2
Nitrietconcentratie	mg/l	0,0	0,0	0,2
Benodigde ozonproductie	kg/uur	4,0	15,7	33,6

*obv $1.250 \text{ m}^3/\text{uur}$ gemiddeld + waswater $65 \text{ m}^3/\text{uur}$

De benodigde ozonproductie wordt middels twee ozongeneratoren geproduceerd, per generator wordt $16,8 \text{ kg}$ ozon per uur geproduceerd worden. Gezien de geëiste beschikbaarheid van de installatie is het noodzakelijk om één extra generator als redundantie te plaatsen.

De ozoninstallatie regelt op basis van de ozonvraag, welke wordt gegeven via het bestaande SCADA systeem. De ozonvraag wordt bepaald door de DOC of TOC concentratie in de toevoer naar de ozonreactor met daarnaast een correctie voor de nitriet concentratie.

9.3 Ozon diffusers

Ozon wordt in het water gebracht door keramische diffusers. Het aantal diffusers wordt uitgelegd op het vermogen van alle drie de ozongeneratoren. Voor het maken van $50,4 \text{ kg}$ ozon/uur ($3 \times 16,8$) wordt 504 kg zuurstof per uur gebruikt. Dit resulteert in een gasflow van $340,4 \text{ Nm}^3/\text{uur}$ ozon-zuurstofmengsel. Per reactor zijn 3 ozondoseersystemen voorzien. Alle doseersystemen worden afzonderlijk bemeten en geregeld. Met maximaal $2 \text{ m}^3/\text{uur}$ per diffuser, resulteert dit in 174 diffusers. Hierbij is rekening gehouden met een evenredige verdeling (29 diffusers) per doseersysteem. In het definitief ontwerp dient rekening gehouden worden met de mogelijkheid tot toekomstige uitbreiding van het aantal diffusers.

9.4 Zuurstofbron

In de uitgangspunten is vastgelegd dat de zuurstoftank minimaal vijf dagen moet kunnen voorzien in zuurstof. Hiermee zijn lange weekenden geborgd zonder dat een handeling plaats hoeft te vinden op locatie. Op basis van maximaal $30.000 \text{ m}^3/\text{dag}$ is maximaal 5.606 kg zuurstof per dag benodigd. Dit komt overeen met 4.913 liter vloeibare zuurstof per dag. Om vijf dagen te kunnen overbruggen is een minimale opslagcapaciteit van $24,6 \text{ m}^3$ noodzakelijk.

In dit stadium is gekozen om voor een minimale opslagcapaciteit voor vloeibare zuurstof van 25 m^3 . Hierdoor is het in de meest voorkomende gevallen mogelijk om een volledige tankauto te lossen in de opslagtank en kunnen lange weekenden goed overbrugd worden.

Naast de zuurstofopslag worden twee (redundante) verdampers gesitueerd. Tijdens het pilotonderzoek was maar één verdamper aanwezig en die bevroor regelmatig. Hierdoor was het noodzakelijk om de pilot uit te schakelen. Voor de full-scale installatie is het uitschakelen vanwege bevroering van een verdamper geen optie. Hierdoor is een extra verdamper noodzakelijk om de continuïteit van het proces te waarborgen.

Aangezien de zuurstof opslag installatie gehuurd wordt is het in de toekomst altijd mogelijk om een grotere opslagtank te plaatsen. De opstelplaats en het leidingwerk dient geschikt te zijn voor een opslagtank van ca 40 m^3 . Met deze hoeveelheid kan een vrachtauto per keer volledig gelost worden.

9.5 Bestaand zandfilter

Het bestaande zandfilter moet geupdate worden qua besturing en elektrische installatie. Deze zijn momenteel 20 jaar oud en verkeren in een slechte staat. Aangezien de ozoninstallatie voor het zandfilter geplaatst wordt, dient ook een nieuw methanoldoseerpunt gemaakt te worden. Daarnaast wordt in de full-scale installatie ook metaalzout gedoseerd. Hiervoor dient ook een doseerpunt gerealiseerd te worden. In filtersectie 1 dienen vermoedelijk volledige binnenwerken vervangen te worden. In de overige secties dienen de binnenwerken gecontroleerd te worden en waar nodig (gedeeltelijk) vervangen. Tevens moet de filterbedhoogte in filtersectie 1 gelijk worden getrokken aan de andere secties (aanvullen met filterzand).

Op dit moment vindt de voeding rechtstreeks plaats vanaf het pompgebouw. Na de aanpassing vindt de voeding onder vrijval plaats vanaf de afloopgoot uit de ozonreactor.

De metaalzoutdosering vindt plaats in de afloopgoot van de ozonreactor. De methanoldosering wordt gesitueerd in de vrijvervalleiding naar de zandfilters, waarbij een goede menging een vereiste is.

9.6 Methanolopslag en -dosering

De huidige methanoldoseerinstallatie is ca 20 jaar oud en dient volledig gereviseerd te worden alvorens deze full-scale in gebruik genomen wordt. De exploitatiekosten van de huidige installatie zijn hoog aangezien de installatie bovengronds is gebouwd. Hierdoor is onder andere een blusvoorziening nodig welke wekelijks gecontroleerd dient te worden. Tevens is een continue doormelding van de brandmeldcentrale naar de brandweer noodzakelijk. De installatie jaarlijks extern gekeurd te worden. Qua onderhoud betreft het onderhoud aan de blusvoorzieningen, rook-, brand- en gasdetectiesystemen.

Tijdens de bouw van de zoetwaterfabriek wordt een nieuwe methanolopslag en -doseerinstallatie ondergronds (in een terp) gerealiseerd. Hierdoor wordt de installatie niet alleen veiliger, maar vervallen de huidige veiligheidseisen zoals een doormelding naar de brandweer en het hebben van een brandblusinstallatie. Vanuit één methanolopslagtank wordt de methanol gedoseerd aan de afloop van de ozonreactor.

Op basis van maximaal 3.600 m³/uur, 14 mg/l nitraat en 12 mg/l zuurstof is maximaal 4.666 kg methanol per dag benodigd. Dit komt overeen met 5.891 liter methanol per dag. Om vijf dagen te kunnen overbruggen is een minimale opslagcapaciteit van 29,5 m³ noodzakelijk. In dit stadium is gekozen om voor een minimale opslagcapaciteit voor methanol van 45 m³, bij voorkeur 60 m³ om mogelijke prijsfluctuaties van methanol op te vangen. Hierdoor is het in de meest voorkomende gevallen mogelijk om een volledige tankauto te lossen in de opslagtank en kunnen lange weekenden goed overbrugd worden.

9.7 Metaalzoutopslag en -dosering

Aangezien de huidige methanolopslag volledig gereviseerd moet worden en de keuze gevallen is op een ondergrondse methanolopslag, wordt deze bestaande methanolopslag omgebouwd naar een opslag en doseerinstallatie voor metaalzout. De veiligheidseisen voor de opslag van metaalzout zijn veel minder streng dan voor methanol. Voor de metaalzoutopslag wordt gebruik gemaakt van de twee bestaande methanolopslag (gebouw en bijbehorende voorzieningen zoals lekbakken). De bestaande tanks dienen wel gekeurd te worden. Het verbindend leidingwerk van de opslagtanks naar de pompen wordt vervangen. De doseerpompen, debietmeters en toebehoren worden ook vervangen en geschikt gemaakt voor metaalzout.

Op basis van maximaal 3.600 m³/uur, 4 mg/l fosfaat is met polyaluminiumchloride maximaal 11.012 liter per dag benodigd. Om vijf dagen te kunnen overbruggen is een minimale opslagcapaciteit van 55,1 m³ noodzakelijk. Indien ijzerchloride toegepast gaat worden is maximaal 14.334 liter per dag benodigd, wat resulteert in een minimale opslagcapaciteit voor 5 dagen van 71,7 m³. In dit stadium is gekozen om voor een minimale opslagcapaciteit voor de metaalzouten van 80 m³. Hierdoor is het in de meest voorkomende gevallen mogelijk om een volledige tankauto te lossen in de opslagtank en kunnen lange weekenden goed overbrugd worden.

9.8 Inpassing in de bestaande installatie

In bovenstaande paragrafen is beschreven hoe groot de installaties worden. Op basis van een terreinkaart is gekeken hoe de installatie ingepast kan worden in de bestaande situatie. Een mogelijke oplossing is weergegeven in Figuur 9-2.



Figuur 9-2 Inpassing in bestaande situatie

9.9 Regelingen

Debiet regeling (al aanwezig in besturing)

Het toevoerdebiet naar de ozoninstallatie (thans naar zandfilters) wordt nu al geregeld middels FO gestuurde pompen. Het debiet door de zoetwaterfabriek kan worden aangepast naar behoefte. Sturing kan bijvoorbeeld gedaan worden op gevraagde hoeveelheid water naar de waterharmonica of niveau in de waterharmonica of een peilniveau elders etc.

Ozondosering (in besturing leverancier)

De ozondosering wordt geregeld op basis van het DOC-gehalte en het NO₂-N gehalte in de toevoer van de ozoninstallatie volgens vergelijking 1.

$$C_{O_3 \text{ product gas}} = \frac{Q_{\text{toevoer}} * ((C_{\text{DOC}} * O_3 \text{ setpoint}) + (C_{\text{NO}_2\text{-N}} * 3,43))}{Q_{\text{gas}}} \quad (\text{Vergelijking 1})$$

Waar:

$C_{O_3 \text{ product gas}}$ = Ozonconcentratie in het productgas (g/m³)

Q_{toevoer} = Toevoer ozoninstallatie (m³/uur)

C_{DOC} = DOC-concentratie toevoer ozon (mg/l)

$O_3 \text{ setpoint}$ = O₃ setpoint (g O₃/g DOC)

$C_{\text{NO}_2\text{-N}}$ = NO₂-N-concentratie toevoer ozon (mg/l)

Q_{gas} = Productgas flow (m³/uur)

Vervolgens wordt het gasdebiet vermenigvuldigd met de ozonconcentratie in deze productstroom om tot de gevraagde hoeveelheid kg ozon per uur te komen.

Methanoldosering (al aanwezig in besturing)

De MeOH dosering in het voedingswater van het nageschakelde zandfilter is gebaseerd op het toevoerdebiet en wordt geregeld op basis van vergelijking 2. Gebaseerd op eerdere praktijkervaringen met het full-scale zandfilter is bepaald dat gewerkt zal worden met een MeOH/NO_x-N doseerverhouding van 2,8 en een zuurstof correctie factor van 1.

$$\text{MeOH g/h} = Q_{\text{toevoer}} * (k_{\text{NO}_x\text{-N}} * C_{\text{NO}_x\text{-N}} + k_{O_2} * C_{O_2}) \quad (\text{Vergelijking 2})$$

Waar:

Q_{toevoer} = Toevoer debiet (m³/uur)

C_{NOx-N}	= Concentratie NO _x -N in afloop nabezinkproces AWZI (mg/l)
C_{O_2}	= Zuurstofconcentratie in de afloop van de ozoninstallatie (mg/l)
k_{NOx-N}	= Gekozen doseerverhouding MeOH/NO _x -N (g MeOH/g NO _x -N)
k_{O_2}	= Zuurstof correctie factor (g MeOH/g O ₂)

Metaalzoutdosering (al aanwezig in besturing)

De metaalzoutdosering in het voedingswater van het nageschakelde zandfilter is gebaseerd op het toevoerdebiet en wordt geregeld op basis van vergelijking 3.

$$metaalzout \text{ (l/h)} = \frac{Q_{toevoer} * C_{PO_4-P} * k_{PO_4-P} * M}{31 * C_{Me^{3+}}} \quad (\text{Vergelijking 3})$$

Waar:

$Q_{toevoer}$	= Toevoer debiet (m ³ /uur)
C_{PO_4-N}	= Concentratie PO ₄ -P (na filtratie) in afloop nabezinkproces AWZI (mg/l)
k_{PO_4-P}	= Molaire Me ³⁺ /PO ₄ -P ratio (mol Me ³⁺ /mol PO ₄ -P)
M	= Molmassa van het gekozen actieve metaalzout
31	= Molmassa fosfaat (g/mol)
$C_{Me^{3+}}$	= Actieve concentratie driewaardig metaalzout in product g/m ³

10.Duurzaamheid

In onderstaand tabel staan de totalen met betrekking tot de GER en CO2 waarden weergegeven. In deze berekening is rekening gehouden met het zwemseizoen, concreet van april tot oktober en een debiet van 30.000 m³/dag.

Ozon - Zand			GER	CO2
			GJp/jaar	ton CO2/jaar
Opvoerpompen (elektra)	kwh/jaar	286.652	2.580	130
Verbruik methanol	ton/jaar	238	8.966	72
Verbruik Aluminiumchloride	m3/jaar	206	4.002	123
Slib afvoer	ton/jaar	118	95	12
Ozongeneratoren (elektra)	kWh/jaar	708.755	6.379	322
Verbruik zuurstof	ton/jaar	731	6.576	307
Totalen			28.597	967

Om de duurzaamheid te vergelijken met de STOWA kentallen uit het rapport 2017-37 wordt alleen gekeken naar het elektriciteitsverbruik van de ozongeneratoren en het zuurstofverbruik. De overige onderdelen in de GER waarde berekening zijn locatiespecifiek of hebben te maken met verwijdering van stikstof en fosfor.

De GER waarde voor De Groote Lucht is 2,25 MJp/m³ behandeld water. Deze waarde ligt in lijn met in het STOWA rapport aangegeven kental van 2,24 MJp/m³ voor een ozoninstallatie met biologische nabehandeling.