stowa

VERKENNING ZUIVERENDE KASSEN

RAPPORT 2017 45

stowa

VERKENNING ZUIVERENDE KASSEN

RAPPORT 2017 45

ISBN 978.90.5773.772.5

stowa@stowa.nl www.stowa.nl
TEL 033 460 32 00
Stationsplein 89 3818 LE Amersfoort
POSTBUS 2180 3800 CD AMERSFOORT

Publicaties van de STOWA kunt u bestellen op www.stowa.nl

COLOFON

UITGAVE Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

UITVOERING EN RAPPORTAGE
A. Otte, Bioniers
D. Schellekens, Waterschap De Dommel

BEGELEIDINGSCOMMISSIE
K. Dieleman, Waterschap Vallei en Veluwe
A. Grent, Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier
O. Kluiving, Waterschap Hunze en Aa's
I. Koller, Waterschap De Dommel
J. Koop, Waterschap Hunze en Aa's
D. Koot, Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier
B. Roelfzema, Waterschap Zuiderzeeland
D. Roes, Waterschap Rijn en IJssel
A. Sengers, Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard
C. Uijterlinde, STOWA
M. Verhoeven, Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau
STOWA STOWA 2017-45
ISBN 978.90.5773.772.5

COPYRIGHT Teksten en figuren uit dit rapport mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.
DISCLAIMER Deze uitgave is met de grootst mogelijke zorg samengesteld. Niettemin aanvaarden de auteurs en de uitgever geen enkele aansprakelijkheid voor mogelijke onjuistheden of eventuele gevolgen door toepassing van de inhoud van dit rapport.

TEN GELEIDE

Zuiverende kassen lijken een aantal voordelen te hebben boven conventionele actiefslib installaties. Echter belangrijke vragen blijven open die alleen met een of meer (pilot-) projecten beantwoord kunnen worden.

Op 23 maart 2014 zond de VPRO een Tegenlicht aflevering uit met de titel De kracht van water. In deze aflevering werd een “revolutionair” waterzuiveringssysteem getoond, waarbij communaal afvalwater werd gezuiverd in kassen. In de kassen zorgen planten, die met hun wortels in het water hangen, samen met de aan de wortels gehechte bacteriën en andere micro-organismen voor een efficiënte zuivering. Volgens de bedenker en leverancier van dit systeem, Organica, gevestigd in Hongarije, heeft een zuiverende kas vele voordelen ten opzichte van een conventionele rwzi. Als de claims van de leverancier kloppen, zou het systeem energiezuiniger en efficiënter zijn, minder slib produceren, minder plaats innemen en een (veel) kleinere geurcirkel hebben dan een conventionele rwzi. Na de Tegenlicht uitzending ontstond ook in Nederland bij de waterschappen interesse in dit systeem.

Waterbeheerders hebben echter meer (onafhankelijke) informatie nodig om de levensvatbaarheid van het concept voor Nederland in te kunnen schatten en wellicht pilots uit te kunnen voeren. Na een aantal bijeenkomsten van medewerkers van waterschappen uit Noord-Nederland werd besloten om een nadere verkenning van het concept te starten onder de vlag van STOWA.

In deze verkenning worden de achtergronden en de werking van de systemen van de twee Hongaarse leveranciers beschreven en vergeleken met conventionele actiefslib systemen. Hierbij is geprobeerd zoveel mogelijk onafhankelijke informatie te verzamelen, maar deze informatie bleek helaas beperkt. Door middel van ontwerpvragen aan de leveranciers is meer informatie boven water gehaald, waardoor een betere vergelijking met conventionele systemen mogelijk werd.

De systemen lijken een aantal voordelen te hebben boven conventionele actiefslib installaties. Papier is echter geduldig. Ook na deze verkenning blijven er vragen open die alleen met een of meer (pilot-)projecten beantwoord kunnen worden.

Joost Buntsma

Directeur STOWA

SAMENVATTING

Op 23 maart 2014 zond de VPRO een Tegenlicht aflevering uit met de titel De kracht van water. In deze aflevering werd een revolutionair waterzuiveringssysteem getoond, waarbij communaal afvalwater werd gezuiverd in kassen. In de kassen zorgen planten, die met hun wortels in het water hangen, samen met de aan de wortels gehechte bacteriën en andere micro-organismen voor een efficiënte zuivering. Volgens de bedenker en fabrikant van dit systeem, Organica, gevestigd in Hongarije, heeft een zuiverende kas vele voordelen ten opzichte van een conventionele rwzi. Bestaande zuiverende kassen in het buitenland voldoen aan de daar geldende effluentnormen en functioneren soms al vele jaren naar verwachting. Als de claims van de fabrikant kloppen, zou het systeem energiezuiniger en efficiënter zijn en bovendien minder plaats innemen dan een conventionele rwzi.

Na de Tegenlicht uitzending ontstond ook in Nederland bij de waterschappen interesse in dit systeem. Sommige geïnteresseerde waterschapsmedewerkers hebben zuiverende kassen in het buitenland bezocht.

Het idee van zuiverende kassen is niet nieuw. Al in de jaren 70 van de vorige eeuw legde John Todd in de VS de fundamenten voor zijn zuiverende kassen, die hij Living Machines noemde. In Hongarije is sinds 1998 het bedrijf Organica actief. Dit bedrijf maakte oorspronkelijk conventionele waterzuiveringssystemen voor de Hongaarse markt. Het bedrijf ontwikkelde een nieuw systeem: een combinatie van een Fixed Film Activated Sludge systeem en een Living Machine. Het resultaat is sinds 2007 op de markt en werd door Organica de Food Chain Reactor genoemd. Een van de grondleggers van dit systeem begon een eigen bedrijf om dit systeem verder te ontwikkelen en dit bedrijf is actief onder de naam Biopolus.

Deze studie is opgezet om de werking van zuiverende kassen te verduidelijken en de claims van de fabrikanten te verifiëren. Er zal een vergelijking gemaakt worden tussen de zuiverende kassen van Organica en Biopolus en conventionele rwzi's. Een aantal bestaande installaties is onder de loep genomen. Om een goede vergelijking te kunnen maken en om te bekijken of de installaties ook aan de in Nederland geldende normen zouden kunnen voldoen, is de fabrikanten gevraagd om ontwerpen te maken voor twee bestaande situaties: rwzi Vriescheloo (10.000 I.E.) en rwzi Epe (50.000 I.E.). Aangezien beide rwzi's zijn onderbelast, zijn met de Ontwerp- en Terugrekentool van Tauw en de participerende waterschappen (OTW) nieuwe ontwerpen gemaakt voor deze rwzi's.

Zuiverende kassen lijken een visueel aantrekkelijk alternatief te zijn voor conventionele rwzi's, die serieuze aandacht verdienen in Nederland. Uit deze verkenning komt naar voren dat zuiverende kassen beter in de bebouwde omgeving of groene structuur eromheen passen dan conventionele rwzi's en goed te combineren zijn met sociale functies, zoals recreatie, horeca en educatie.

Uit de casestudies en ontwerpen die Organica en Biopolus hebben gemaakt voor twee rwzi's komen de volgende conclusies:

1. Zuiverende kassen nemen minder ruimte in beslag dan conventionele rwzi's.
2. Het is aan de hand van deze ontwerpen nog niet duidelijk of het systeem energiezuiniger is.

De systemen met chemische fosfaatverwijdering zijn dat wel, maar bij de systemen met biologische fosfaatverwijdering is er verschil in ontwerp en energieverbruik.

3. De slibproductie is in zuiverende kassen in het buitenland hoger dan die van actiefslib installaties in Nederland. Uit de ontwerpberekeningen van de fabrikanten en met OWT blijkt deze vergelijkbaar met of lager te zijn dan die van conventionele actiefslib installaties.
4. De constructiekosten voor zuiverende kassen zijn lager dan die voor een conventionele rwzi.
5. De jaarlijkse kosten van de chemische fosfaatverwijderingsinstallaties zijn hoger dan die van het conventionele ontwerp. Dit wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door de kosten van metaalzouten. De Bio-P ontwerpen zijn bij het scenario Vriescheloo wel goedkoper in jaarlijks terugkerende kosten. In het scenario Epe is dit voor het ontwerp van Organica niet te zeggen, dit hoofdzakelijk door de keuze om methanol te doseren.

Zuiverende kassen hebben een aantal voordelen boven conventionele rwzi's. Het verdient dan ook de aanbeveling om een of meer zuiverende kassen in Nederland te realiseren om de werking onder Nederlandse omstandigheden goed in kaart te brengen en te bestuderen of de door de fabrikanten opgegeven eigenschappen en kosten daadwerkelijk zijn zoals in dit rapport weergegeven.

AFKORTINGEN

Bio-P	Biologische fosfaatverwijdering
Chem-P	Chemische fosfaatverwijdering
FCR	Food Chain Reactor
MBR	Membraan Bio-Reactor
MNR	Metabolic Network Reactor
OTW	Ontwerp- en terugrekentool van Tauw
RAS	Return Activated Sludge

DE STOWA IN HET KORT

STOWA is het kenniscentrum van de regionale waterbeheerders (veelal de waterschappen) in Nederland. STOWA ontwikkelt, vergaart, verspreidt en implementeert toegepaste kennis die de waterbeheerders nodig hebben om de opgaven waar zij in hun werk voor staan, goed uit te voeren. Deze kennis kan liggen op toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk-juridisch of sociaalwetenschappelijk gebied.

STOWA werkt in hoge mate vraaggestuurd. We inventariseren nauwgezet welke kennisvragen waterschappen hebben en zetten die vragen uit bij de juiste kennisleveranciers. Het initiatief daarvoor ligt veelal bij de kennisvragende waterbeheerders, maar soms ook bij kennisinstellingen en het bedrijfsleven. Dit tweerichtingsverkeer stimuleert vernieuwing en innovatie.

Vraaggestuurd werken betekent ook dat we zelf voortdurend op zoek zijn naar de ‘kennisvragen van morgen’ – de vragen die we graag op de agenda zetten nog voordat iemand ze gesteld heeft – om optimaal voorbereid te zijn op de toekomst.

STOWA ontzorgt de waterbeheerders. Wij nemen de aanbesteding en begeleiding van de gezamenlijke kennisprojecten op ons. Wij zorgen ervoor dat waterbeheerders verbonden blijven met deze projecten en er ook 'eigenaar' van zijn. Dit om te waarborgen dat de juiste kennisvragen worden beantwoord. De projecten worden begeleid door commissies waar regionale waterbeheerders zelf deel van uitmaken. De grote onderzoekslijnen worden per werkveld uitgezet en verantwoord door speciale programmacommissies. Ook hierin hebben de regionale waterbeheerders zitting.

STOWA verbindt niet alleen kennisvragers en kennisleveranciers, maar ook de regionale waterbeheerders onderling. Door de samenwerking van de waterbeheerders binnen STOWA zijn zij samen verantwoordelijk voor de programmering, zetten zij gezamenlijk de koers uit, worden meerdere waterschappen bij één en het zelfde onderzoek betrokken en komen de resultaten sneller ten goede van alle waterschappen.

De grondbeginselen van STOWA zijn verwoord in onze missie:

Het samen met regionale waterbeheerders definiëren van hun kennisbehoeften op het gebied van het waterbeheer en het voor én met deze beheerders (laten) ontwikkelen, bijeenbrengen, beschikbaar maken, delen, verankeren en implementeren van de benodigde kennis.

VERKENNING ZUIVERENDE KASSEN

CONTENTS

TEN GELEIDE
SAMENVATTING
AFKORTINGEN
DE STOWA IN HET KORT

1 ACHTERGRONDEN 1
1.1 Zuiverende kassen 1
1.2 Focus van dit onderzoek 1

2 DE WERKING VAN ZUIVERENDE KASSEN 3
2.1 Ecological Engineering 3
2.2 Living Machines 5
2.3 Zuiverende kassen 6
2.3.1 Slib op plantenwortels 7
2.3.2 Minder restslib 10
2.3.3 Kleiner oppervlak 11
2.3.4 Belevingseffecten: geur en visueel 11
2.4 Operationele eigenschappen 12

3		BESTAANDE SYSTEMEN	15
	3.1	Overzicht	15
	3.2	Providence, Rhode Island	15
		3.2.1 Zuiveringseigenschappen	15
	3.3	Dierenpark Emmen	16
		3.3.1 Zuiveringseigenschappen	17
		3.3.2 Operationele eigenschappen	18
	3.4	South Pest (Boedapest, Organica)	18
		3.4.1 Zuiveringseigenschappen	20
		3.4.2 Operationele eigenschappen	21
	3.5	Etyek	21
		3.5.1 Zuiveringseigenschappen	23
		3.5.2 Operationele eigenschappen	23
	3.6	Telki	24
		3.6.1 Zuiveringseigenschappen	25
		3.6.2 Operationele eigenschappen	26
	3.7	Melbourne	26
		3.7.1 Zuiveringseigenschappen	27
		3.7.2 Operationele eigenschappen	27
	3.8	Le Lude	28
		3.8.1 Zuiveringseigenschappen	28
	3.9	Living Machines	29
4		VERGELIJKING MET CONVENTIONELE SYSTEMEN	30
	4.1	Ontwerpvraag	30
	4.2	Resultaten	30
		4.2.1 Vriescheloo	30
		4.2.2 Vergelijkingen scenario Vriescheloo	35
		4.2.3 Epe	40
		4.2.4 Vergelijking scenario Epe	43
		4.2.5 Discussie	46
		4.2.6 Conclusie	47
	4.3	Case: Strijp-S	48
		4.3.1 Achtergrond	48
		4.3.2 Vergelijking	49
		4.3.3 Conclusies	49
5		CONCLUSIES	50
6		LITERATUUR	52
BIJLAGE 1		Vragenlijst	53
BIJLAGE 2		Ontwerpen Biopolus Vriescheloo	56
BIJLAGE 3		Ontwerpen Biopolus Epe	76
BIJLAGE 4		Ontwerpen Organica Vriescheloo	96
BIJLAGE 5		Ontwerpen Organica Epe	131

1

ACHTERGRONDEN

Op 23 maart 2014 zond de VPRO een Tegenlicht aflevering uit met de titel *De kracht van water*. In deze aflevering werd een revolutionair waterzuiveringssysteem getoond, waarbij communaal afvalwater werd gezuiverd in kassen. In de kassen zorgen planten, die met hun wortels in het water hangen, samen met de aan de wortels gehechte bacteriën voor een efficiënte zuivering. Volgens de bedenker en fabrikant van dit systeem, Organica, gevestigd in Hongarije, heeft een zuiverende kas vele voordelen ten opzichte van een conventionele rwzi.

Na de Tegenlicht uitzending ontstond ook in Nederland bij de waterschappen interesse in dit systeem. Sommige geïnteresseerde waterschapsmedewerkers hebben zuiverende kassen in het buitenland bezocht. Door hun bezoeken en enthousiaste verhalen groeide de belangstelling. Als de claims van de fabrikant kloppen, zou het systeem energiezuiniger en efficiënter zijn en bovendien minder plaats innemen dan een conventionele rwzi.

1.1 ZUIVERENDE KASSEN

Het idee van zuiverende kassen is niet nieuw. Al in de jaren 70 van de vorige eeuw legde John Todd in de VS de fundamenten voor zijn zuiverende kassen, die hij *Living Machines* noemde. Zijn idee was om een compleet ecosysteem in compartimenten te bouwen dat in staat is om afvalwater te zuiveren. Het water doorloopt verschillende compartimenten met elk een eigen ecosysteem. Door de veelheid aan organismen ontstaat een robuust en efficiënt systeem. Todd heeft met zijn bedrijf Ocean Arks ondertussen vele Living Machines gebouwd. Deze staan voornamelijk in de VS.

In Hongarije is sinds 1998 het bedrijf Organica actief. Dit bedrijf maakte oorspronkelijk conventionele waterzuiveringssystemen voor de Hongaarse markt. De R&D-afdeling van het bedrijf kwam in de loop van de tijd met een nieuw systeem: een combinatie van een *Fixed Film Activated Slugde* systeem en een Living Machine. Het resultaat is sinds 2007 op de markt en werd door Organica de *Food Chain Reactor* genoemd. Het bedrijf opereert internationaal en heeft tientallen installaties gerealiseerd in Europa en Azië.

Een van de R&D mensen en grondleggers van het systeem, István Kenyeres heeft Organica verlaten en heeft zijn bedrijf Biopolus opgericht. Biopolus heeft als doel het systeem verder te ontwikkelen en daarnaast te focussen op het creëren van nieuwe grondstoffen uit afvalwater in de door hun zo genoemde *metabolic network reactor*, die deel uitmaakt van zogenaamde *Biomakeries*. En zo zijn er nu twee Hongaarse bedrijven die vergelijkbare systemen produceren.

1.2 FOCUS VAN DIT ONDERZOEK

Voordat waterschappen de nieuwe technologie omarmen, dienen er vele vragen beantwoord te worden. Hierbij dienen zij af te gaan op harde data en dient er een verdere onderbouwing plaats te vinden.

Er is een vragenlijst opgesteld voor de fabrikanten (zie Bijlage 1). Hierbij ligt de nadruk op het verkrijgen van ruwe meetgegevens van bestaande systemen, zodat de werking geverifieerd en geanalyseerd kan worden. Met de verkregen data kunnen de werking, de kosten en de baten van zuiverende kassen vergeleken worden met conventionele technieken.

Hierbij gaat het niet alleen om gegevens over het functioneren van het systeem, maar ook om 'randzaken', zoals voor- en nabehandeling, slibproductie, benodigde menskracht, kosten en baten. Er moet een beeld gevormd worden of zuiverende kassen een volwaardig of beter alternatief zijn voor conventionele actief slib rwzi's. De sterke en zwakke punten moeten duidelijk worden.

Tijdens de loop van het onderzoek werd duidelijk dat onafhankelijke meetgegevens van zuiverende kassen niet voorhanden zijn. Nagenoeg alle informatie in deze rapportage is derhalve afkomstig van de fabrikanten van zuiverende kassen. Hierdoor is het lastig om een objectief beeld te krijgen van de voor- en nadelen van zuiverende kassen. Dit is deels ondervangen door de fabrikanten ontwerpen te laten maken voor twee bestaande rwzi's en de resultaten van deze ontwerpen te vergelijken met ontwerpen van conventionele rwzi's. Vervolgens zijn aan de hand van de uitkomsten van deze ontwerpen nadere vragen gesteld aan de fabrikanten over hun ontwerpen om meer inzicht te krijgen in hun ontwerpproces en de parameters waarmee zij rekenen. Houd bij het lezen van dit rapport dus rekening met de beperkte objectiviteit van de gepresenteerde gegevens.

2

DE WERKING VAN ZUIVERENDE KASSEN

2.1 ECOLOGICAL ENGINEERING

John Todd en zijn vrouw Nancy mogen gezien worden als de grondleggers van de Living Machines. Todd bouwde voort op het werk van H.T. Odum, de grondlegger van *Ecological Engineering* ([9]). Living Machines zijn door de mens ontworpen ecosystemen die een of meerdere taken verrichten ten nutte van de mens. Voorbeelden hiervan zijn voedselproductie, klimaatregulatie, afvalverwerking en waterzuivering ([10]). De brede term *Living Machine* heeft dus niet slechts betrekking op een systeem dat water zuivert.

Living Machines zijn zorgvuldig ontworpen ecosystemen die gevoed worden door zonlicht. Een mix van zeer veel micro-organismen, kleine en grote dieren, algen, schimmels en hogere planten zorgt voor een stabiel, veerkrachtig systeem. Welke organismen deel uitmaken van het systeem, hangt sterk af van de taak waarvoor het systeem is ontworpen. Het idee van Ecological Engineering is dat de ontwerper een afgebakend ecosysteem ontwerpt, soorten daarin introduceert en dat de natuur de rest doet.

In 1987 ontwierp Todd zijn eerste waterzuiveringssysteem. Het was het eerste systeem ooit dat gebruik maakte van hogere aquatische organismen in combinatie met bacteriën. Het bestond uit een serie geschakelde mini-ecosystemen in beluchte, transparante cilinders en ondiepe open bakken dat huishoudelijk afvalwater na een septic tank behandelde. Met een hydraulische verblijftijd van 10 dagen was 99% van het ammonium en fosfaat verwijderd uit het afvalwater, maar ook metalen, vetten en oliën en fecale coliformen.

Gesterkt door de eerste resultaten ontwikkelde Todd zijn systeem verder zodat verschillende typen afvalwater behandeld kunnen worden. Todd definieerde 12 principes waaraan een ecologisch systeem voor afvalverwerking moet voldoen wil deze succesvol zijn:

1. Diversiteit aan mineralen. Elk ecosysteem dat floreert begint bij een basis van diversiteit aan anorganische componenten. Alle belangrijke elementen en sporenelementen dienen aanwezig te zijn.
2. Aanwezigheid van nutriëntreservoirs. Voor de succesvolle ontwikkeling van een diversiteit aan organismen dienen nutriënten in de juiste hoeveelheid en verhoudingen aanwezig te zijn.
3. Steile gradiënten (in concentraties). Scherpe overgangen in concentraties van nutriënten, zuurstof en organische componenten, in redox potentiaal, pH en temperatuur zorgen voor een ecologische diversiteit die een robuust systeem garanderen.
4. Hoge uitwisselingssnelheden. Een van de belangrijkste ontwerpcriteria is het vergroten van het contactoppervlak tussen levende organismen en te zuiveren afvalstroom. Dit vergroot de mogelijkheid tot uitwisseling van stoffen tussen levende biomassa en afvalstroom.
5. Periodieke en willekeurige veranderingen. Door regelmatig voorspelbare en onvoorspelbare plotselinge veranderingen in de omgeving door te voeren, “leert” het ecosysteem te reageren

op onverwachte gebeurtenissen. Het ecosysteem stelt zich in op deze veranderingen en wordt hierdoor robuuster bij plotselinge veranderingen in aanvoer van stoffen, concentraties, temperatuurschokken en dergelijke die ongetwijfeld een keer optreden, bijvoorbeeld door uitval van een pomp of onvoorziene temperatuurveranderingen.

6. Cellulair ontwerp. Net als bij een levend organisme, die uit (gespecialiseerde) cellen bestaat, worden ecologische systemen zodanig ontworpen dat elk onderdeel een gespecialiseerde taak uitvoert binnen het geheel. Dit maakt het systeem robuust en uit te breiden.
7. Minimalisatie van het aantal subsystemen (compartimenten). Todd heeft verschillende systemen uitgetest en ondervonden dat minimaal drie subsystemen nodig zijn in succesvolle living machines voor afvalwaterbehandeling. Systemen met een of twee subsystemen werden instabiel. Afhankelijk van de taak van het systeem dient per keer het optimale aantal worden bepaald.
8. Microbiologische gemeenschappen. Het is duidelijk dat microbiologische gemeenschappen de kern vormen van veel ecologische systemen om afvalstoffen af te breken. Een hoge diversiteit in bacteriën is nodig. Deze diversiteit zorgt ervoor dat sterke schommelingen in de omgeving (waaronder het substraat waarin de bacteriën groeien) opgevangen kunnen worden en de organismen kunnen overleven. Behalve bacteriën gaat het ook om diversiteit aan andere organismen, zoals algen, schimmels en protozoa.
9. Fotosynthetische basis. Ecologische systemen draaien op zonlicht. Algen en planten vormen de basis van elk ecosysteem. In kunstmatig gecreëerde ecosystemen is dat niet anders. Zij zorgen voor het creëren van geschikte habitats voor andere organismen, maar ook voor de vorming van essentiële stoffen zoals enzymen en vitaminen waardoor andere organismen kunnen overleven.
10. Diversiteit in dierlijke organismen. Dierlijke organismen zijn essentieel in de ogen van Todd voor de werking van Living Machines. Slakken zijn bijvoorbeeld zeer nuttig voor de reductie van slib, maar ook als indicatororganisme. Als de omstandigheden in het afvalwater snel veranderen, bijvoorbeeld door toevoer van toxische stoffen, kruipen de slakken het water uit. Mosselen zijn onmisbaar voor het filteren van deeltjes uit het water, evenals zoöplankton, rotiferen en insectenlarven. Deze dieren filteren deeltjes van 0,5 tot 50 μm uit het water met een verwijderingsrendement van 99,5%. Vissen, vooral algeneters en detrituseters spelen eveneens een belangrijke rol. Ook zij filteren dagelijks veel water. *Tilapia* wordt gebruikt om de hoeveelheid eendenkroos en ondergedoken waterplanten binnen de perken te houden. *Pimephales promelas* (Amerikaanse dikkopelrits) wordt gebruikt voor het verwijderen van rotte plantendelen. Deze wordt verkocht als aasvis voor de sportvisserij[1].
11. Connecties tussen subsystemen en natuurlijke systemen voor uitwisseling van organismen. Het is belangrijk om de soortenrijkdom op peil te houden. Soms neemt deze af door onvoorziene omstandigheden. Soorten moeten dan terug worden geïntroduceerd. Open connecties tussen subsystemen en het natuurlijke systeem (bijvoorbeeld een eutroof watersysteem buiten de Living Machine, zorgen voor herintroductie van verdwenen soorten en voor vluchtplaatsen voor soorten als de omstandigheden in de Living Machine ongunstig worden.
12. Microkosmos, mesokosmos en macrokosmos relaties. Todd stelt dat de aarde als geheel, het meest complete levende systeem dat we kennen, de basis moet zijn voor ecologisch ontwerp. Soortenrijkdom, relaties tussen soorten en tussen soorten en de omgeving, verhoudingen tussen land en water, tussen verschillende typen organismen en tussen concentraties van stoffen die in de natuur voorkomen geven goede handvaten voor het ontwerpen van stabiele, robuuste ecologische systemen.

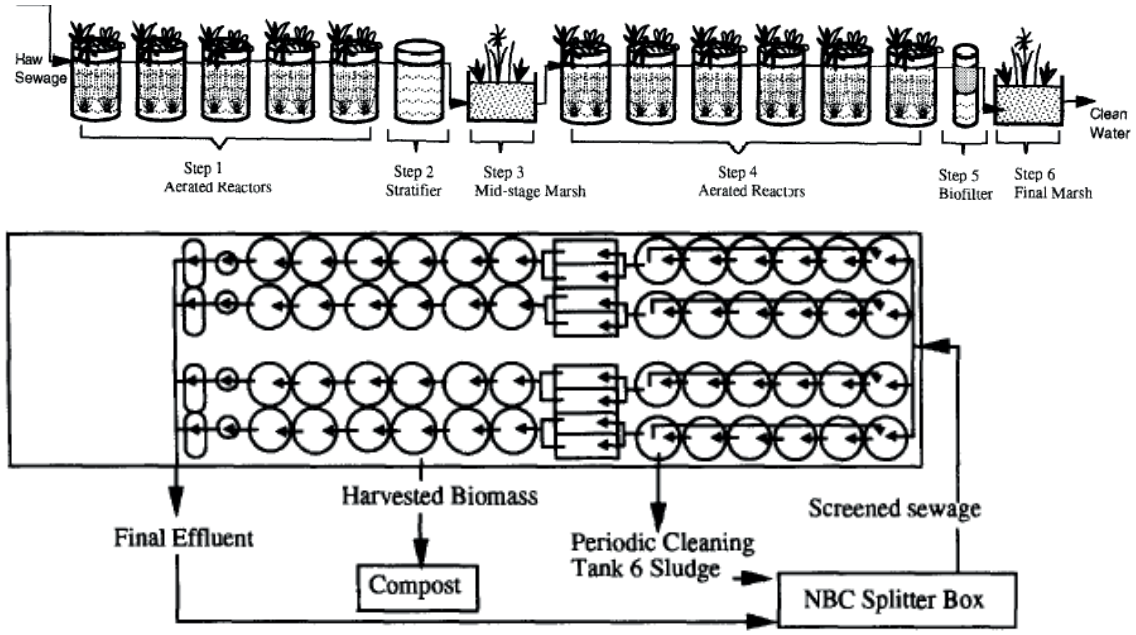
Zie voor een uitgebreidere beschrijving de literatuurbronnen [9] en [10].

1 Levend aas is in Nederland niet toegestaan.

2.2 LIVING MACHINES

De Living Machine van Providence, Rhode Island in de VS wordt hier als voorbeeld getoond voor hoe Living Machines eruitzien. Deze Living Machine verwerkt maximaal 61 m^3 huishoudelijk afvalwater per dag (gemiddeld 34 m^3/d) en is operationeel sinds 1989. In Figuur 1 is een schematische weergave gegeven van deze installatie. De installatie ligt op het terrein van de conventionele rioolwaterzuiveringsinstallatie die 150.000 m^3 huishoudelijk afvalwater per dag verwerkt. De Living Machine staat in een kas met een oppervlak van 380 m^2. De hydraulische verblijftijd van het water in het systeem varieert van 2,5 tot 4,5 dag.

FIGUUR 1 **SCHETS VAN DE LIVING MACHINE VAN PROVIDENCE, RHODE ISLAND, VS VAN JOHN TODD ([9])**



Het rioolwater wordt eerst grof gefilterd. In de eerste kamer van de kas staan vier rijen van zes doorschijnende tanks. Deze rijen zijn in serie geschakeld. Zij zijn 1,83 m^2 in diameter en 1,98 m hoog. Het watervolume in elke tank is 4,54 m^3. De tanks zijn voorzien van rijke gemeenschappen van micro-organismen en algen en bovenop drijven waterhyacinthen. De eerste vijf tanks in elke rij worden gemengd en belucht met beluchters die fijne bellen afgeven. De zesde tank wordt niet belucht en functioneert als bezinktank. De bezonken delen uit de zesde tank gaan terug naar de eerste tank.

Het water uit de zesde tanks gaat naar een serie kunstmatige getijdenmoerassen. Deze zijn 0,91 m breed, 2,44 m lang en 0,46 m diep. Zij zijn gevuld met kiezels en beplant met moerasplanten, voornamelijk met *Scirpus* soorten, zoals grote lisdodde. Gedurende 12 uur wordt een moeras gevuld met water, waarna het water naar een ander moeras wordt geleid zodat de eerste kan leeglopen. Dit simuleert de nat/droog cyclus van een getijdemoeras.

Na de moerassen wordt het water naar een volgende serie doorschijnende tanks gepompt. Deze zijn voorzien van verschillende soorten op drijvers geplante moerasplanten. Dit zijn tropische en gematigde soorten. In deze tanks zitten dieren zoals vissen uit de karperfamilie (*Cyprinidae*), zoöplankton, slakken en zoetwatermosselen.

Vervolgens gaat het water naar een biofilter. Dit filter bestaat uit een doorschijnende tank

van 0,76 m doorsnee gevuld met een gerecycled plastic drijvend materiaal (niet verder gespecificeerd).

Tenslotte gaat het water naar een laatste moeras bestaande uit een bak gevuld met kiezels en beplant met verschillende soorten tropische en gematigde moerasplanten soorten.

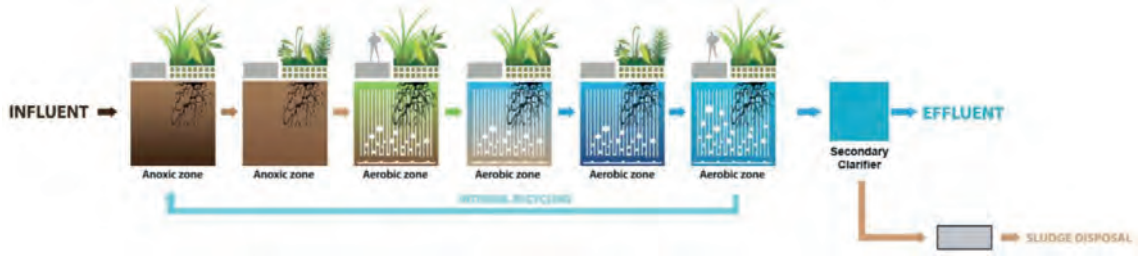
In paragraaf 3.2 worden de zuiveringseigenschappen van dit systeem besproken.

Het systeem heeft geen anaerobe compartimenten voor denitrificatie. In latere systemen heeft Todd deze wel toegevoegd in moerassubsystemen en *fluidized beds*.

2.3 ZUIVERENDE KASSEN

Food Chain Reactors van Organica en *Metabolic Network Reactors* van Biopolus zijn sterk geënt op Living Machines. De grondleggers van Organica, Attila Bodnar en István Kenyeres (die later Biopolus heeft opgericht) hebben samengewerkt met John Todd en het systeem naar hun inzichten gewijzigd zodat het efficiënter werkt. Een van de belangrijkste wijzigingen is het toevoegen van speciale, gepatenteerde vezels die naast de plantenwortels in het water hangen en deze deels simuleren. Hieraan hecht zich actief slib, zodat het systeem een hybride tussen een slib op dragersysteem en een Living Machine is geworden. Er wordt gebruik gemaakt van een combinatie van doeken en plantenwortels, omdat een systeem met alleen plantenwortels snel zou dichtgroeien en de doorstroming belemmerd zou worden. Bovendien groeien de meeste plantenwortels niet dieper dan 2 meter en kunstmatige wortels kunnen dieper komen. Een systeem met alleen plantenwortels zou veel meer onderhoud vergen en een groter oppervlak vragen. Een schematische weergave van het systeem is te zien in Figuur 2.

FIGUUR 2 **SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN EEN FOOD CHAIN REACTOR**



Een FCR bestaat uit opeenvolgende modules met verschillende beluchtingsregimes en organismen. Organica en Biopolus hebben onderzocht dat in hun concepten meer dan 3000 soorten organismen voorkomen in het systeem en dat er 8 tot 12 kg biomassa per m water aanwezig is. Behalve bacteriën bestaat de biomassa uit planten, protozoa, wormen, mosselen, slakken, arthropoden en vissen.

Volgens Organica sturen enzymen die de plantenwortels uitscheiden de samenstelling van de bacteriepopulatie. De plantenwortels sturen hiermee ook de bacteriepopulatie op de doeken en zorgen voor een robuust en efficiënt systeem.

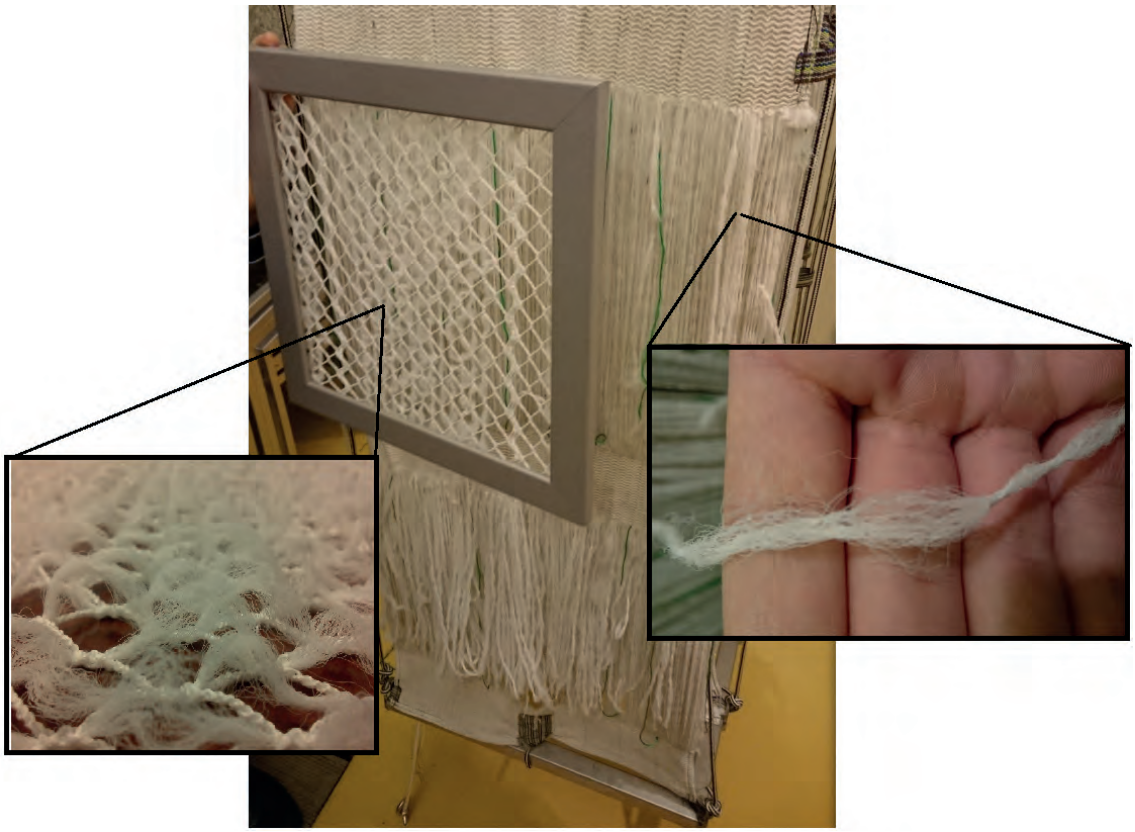
De installaties worden ontworpen voor de verwijdering van organisch materiaal en soms ook specifiek voor het behalen van strenge nutriëntennormen. In de aerobe reactors treedt

nitrificatie op, gevolgd door denitrificatie door nogmaals een anoxische stap te doorlopen. Fosfaatverwijdering treedt op door sedimentatie en opname door organismen. Dit is echter niet veel in vergelijking met biologische fosfaatverwijdering zoals deze bij rwzi's plaats vindt. Daar vindt biologische fosfaatverwijdering plaats doordat bacteriën eerst in de anaerobe fase veel vetzuren opnemen en in de aerobe fase zich vervolgens fosfaat opslaan. Omdat FCR's weinig gesuspendeerde bacteriën en veel aangehechte bacteriën bevatten, vindt dit proces niet of nauwelijks plaats. De installaties kunnen wel ontworpen worden voor biologische fosfaat verwijdering maar dan is er sprake van een hybride systeem met actief slib en slib op drager. De door de fabrikanten aanbevolen methode voor fosfaatverwijdering is precipitatie met metalen. In de installatie van South Pest in Boedapest (Hongarije) is een Biofor systeem nageschakeld om stikstof en fosfaat te verwijderen. De FCR wordt voornamelijk gebruikt voor de verwijdering van organische stof.

2.3.1 SLIB OP PLANTENWORTELS

Een plantenwortel heeft een typische structuur. Het gedeelte van de plant dat onder de grond zit is net zo groot of soms groter dan de structuur boven de grond. In een waterige omgeving is om deze wortels en wortelhaartjes veel ruimte voor de aangroei van biofilm. Een kubieke meter reactorvolume met wortels biedt een biofilm oppervlak van 12.000 m^2. De wortels zijn echter wel beperkt in lengte en worden maximaal 1,5 tot 2 meter lang. De reactoren zijn onder andere om deze reden uitgerust met modules met kunstmatige wortels. Deze modulaire constructie is zo ontworpen dat de kunstwortels niet over elkaar heen schuren, een effect dat ervoor kan zorgen dat er te veel biomassa afschraapt ([11]).

FIGUUR 3 **TWEE TYPEN KUNSTWORTELS (LINKS BIOPOLUS, RECHTS ORGANICA)**

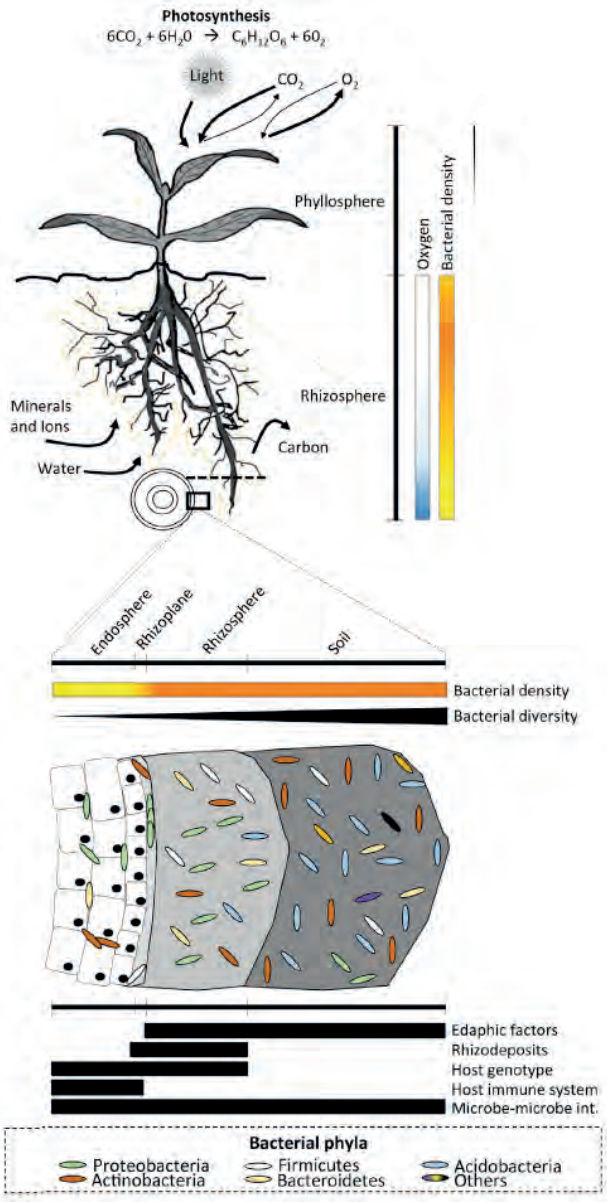


De hoeveelheid dragermateriaal neemt toe per opeenvolgende reactor. In de eerste reactoren is er veel voedsel aanwezig en groeit de biofilm snel en is daarom minder dragermateriaal

nodig. In de latere reactoren is meer dragermateriaal benodigd om te compenseren voor de trager groeiende micro-organismen waaronder de autotrofen verantwoordelijk voor nitrificatie ([1]).

Het gebruik van uitsluitend kunstmatige dragermateriaal is in feite voldoende voor de kerntaken van een afvalwaterzuivering. Bij opstart zijn de wortels nog onvoldoende volgroeid om voldoende biomassa te kunnen dragen. Toch hebben de planten een belangrijke meerwaarde. De biodiversiteit in de biofilm op de plantenwortel is groter dan op de kunstwortels. Een slib op drager systeem met alleen kunstwortels heeft een hogere biodiversiteit dan een actief slib systeem. Plantenwortels zorgen voor een nog hogere biodiversiteit.

FIGUUR 4 SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN DE PLANT EN DE INVLOED OP BACTERIEPOPULATIES (SCHIMMELS EN OVERIGE MICRO-ORGANISMEN ZIJN HIER NIET WEERGEVEN)



De plant heeft namelijk de mogelijkheid om de condities in de wortel (endosfeer), op het worteloppervlak en de biofilm daar dicht op (rhizosfeer) te beïnvloeden. De zuurgraad kan bijvoorbeeld hiertussen met een factor pH 2 verschillen door excretie van organische zuren,

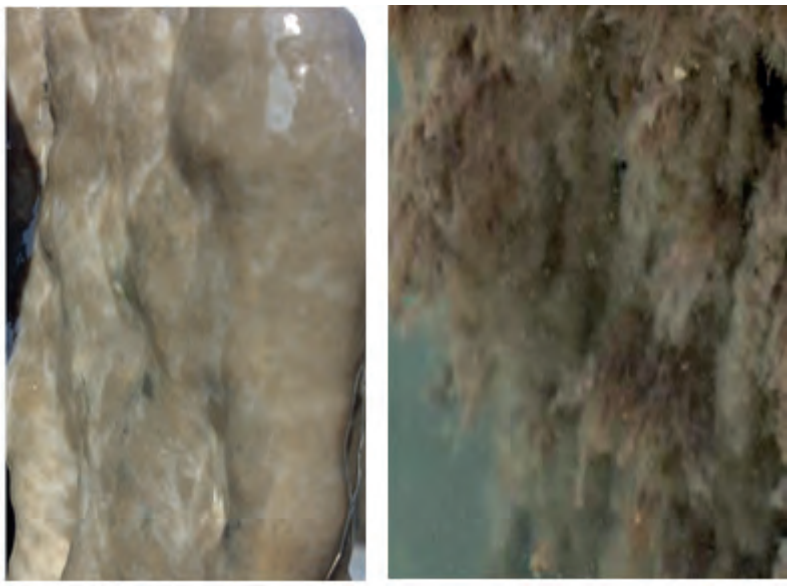
bicarbonaten, protonen en CO_2. De organische zuren zijn daarnaast ook voeding voor bepaalde soorten micro-organismen. Ook zorgt de plant ervoor dat de omstandigheden altijd micro-aeroob zijn in en rondom de wortels doordat zuurstof (vanuit de lucht via de bladeren en stengels) hier naartoe transporteert. Het belang van de plant voor een gezonde diverse biofilm is bescherming tegen ziekteverwekkers en optimale opname van nutriënten ([1]).

De toegevoegde waarde van deze biodiversiteit voor het zuiveringsproces is processtabiliteit. Het systeem is beter bestand tegen schommelingen in belasting en toxische componenten. Het laat ook de ontwikkeling toe van micro-organismen die potentie hebben om complexere microverontreinigingen af te breken. In een onderzoek gericht op enkele medicijnresten (Ibuprofen, Naproxen, Diclofenac) is een hogere verwijdering aangetoond dan bij een conventioneel actief slib systeem ([7]). Nader onderzoek is nodig om deze verwijdering te bevestigen en uit te breiden met meer microverontreinigingen.

Aangezien de slibdichtheid in een FCR hoger is dan in een gesuspendeerd actief slib systeem, wordt vaak ten onrechte verwacht dat er meer restslib ontstaat. Restslib dat na bezinking verder moet worden ingedikt, vervolgens grotendeels ontwaterd en daarna verbrand of gecomposteerd. Aan dit proces zijn hoge kosten verbonden zijn. Daarnaast is de verwachting dat meer biomassa ook een hoger zuurstofverbruik betekent en daarmee een hoger verbruik van beluchtingsenergie. Dit is volgens de fabrikanten echter niet het geval.

De biofilm die groeit op het dragermateriaal is vrij dik. De biofilm is 25 tot 30 mm dik, terwijl deze op alternatieve slibdragers 0,3 tot 0,5 mm dik is. Dit is duidelijk te zien wanneer het begroeide dragermateriaal uit de reactor is gehaald (zie Figuur 5). Wanneer het dragermateriaal is ondergedompeld is te zien dat het een het juist een zeer losse structuur heeft met veel ruimte hiertussen voor interactie met luchtbellen.

FIGUUR 5 **BIOFILM OP DRAGER. LINKS BUITEN DE REACTOR , RECHTS IN WATER**



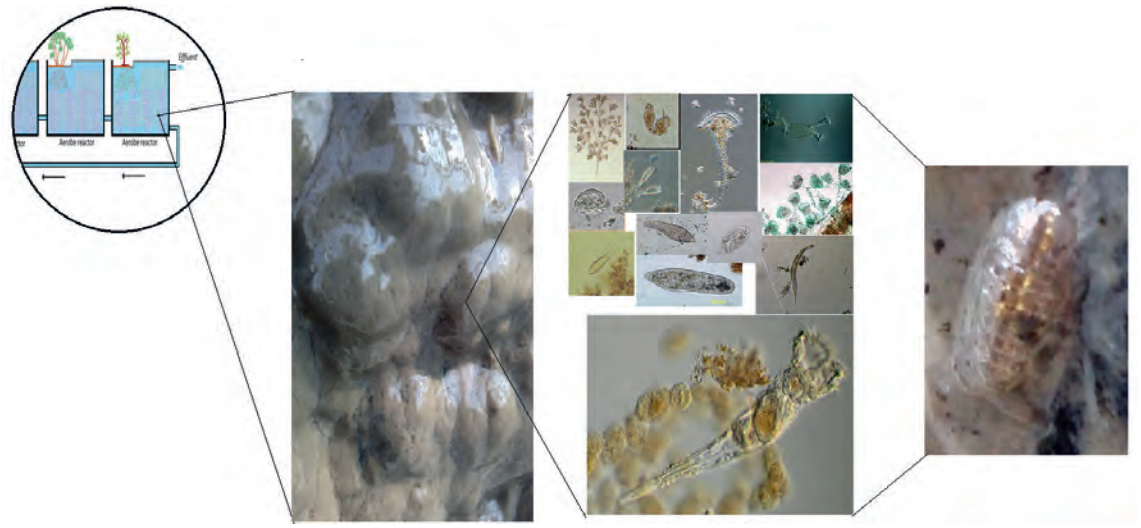
De zuurstof inbreng capaciteit wordt hoger naar mate er zich minder deeltjes in de waterfase bevinden. Bij actief slib systemen met hoge slibconcentraties zoals een MBR-systeem is 10 tot 12 g ds/l aan biomassa aanwezig en dit heeft invloed op de zuurstof inbreng capaciteit. De alfafactor is hier veel lager (0,3 tot 0,4). Bij de vast bed bioreactorsystemen is de biofilm

gebonden en de ruimte rondom bevat enkel deeltjes van het influent en materiaal dat vervelt. De concentratie onopgeloste bestandsdelen is in dit geval dan ongeveer 200 – 400 mg ds/l. Dit heeft als effect dat het verschil tussen schoon en vervuild water kleiner is en de alfafactor in de ordegrootte zit van 0,85 tot 0,9 ([5]).

2.3.2 MINDER RESTSLIB

Een effect dat optreedt bij slib op drager systemen is dat de verblijftijd van de biomassa hoger is. Dit betekent dat in dit systeem micro-organismen kunnen groeien en zich handhaven die in conventionele systemen niet voorkomen. Dit biedt niet alleen een hogere diversiteit aan bacteriesoorten maar ook een hogere diversiteit aan predatoren. Naast bacteriën, die de grootste groep micro-organismen zijn in actief slib, zijn ook micro-organismen aanwezig die in het verleden ingedeeld werden tot het rijk van de protozoa. Dit is een diverse groep die bacteriën als voedsel gebruikt. Vervolgens vallen zij zelf weer ten prooi aan elkaar en meercellige micro-organismen (metazoa). Deze organismen zijn in conventionele systemen wel aanwezig, maar zijn veelal niet een substantiële factor.

FIGUUR 6 **DE BIOFILM EN PREDATOREN**



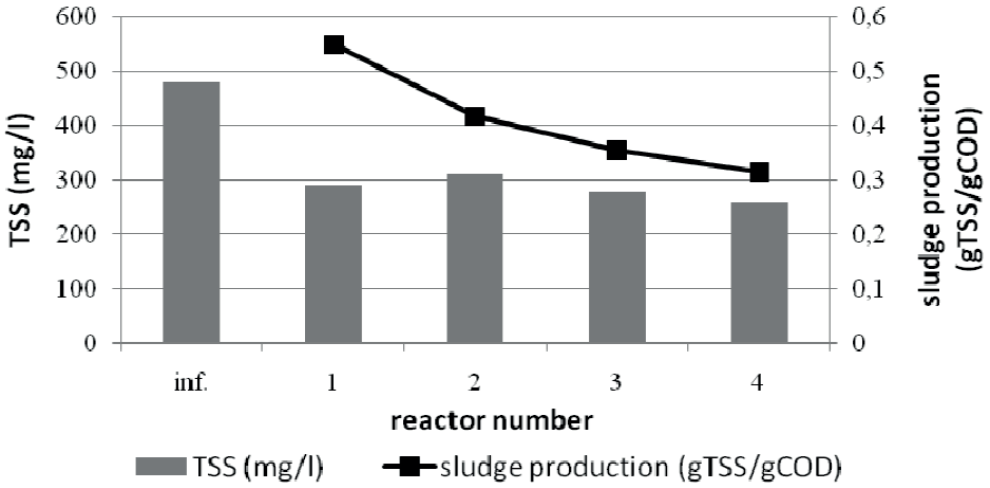
In slib op drager systemen zijn meercellige organismen veelvuldig aanwezig. Ook zijn er macro-organismen, die in actief slib systemen veelal niet voorkomen, zoals watervlooien, kevers, wormen en slakken aanwezig, die zich voeden met het slib. In andere biofilm systemen verstoren ze het zuiveringsproces doordat ze de biomassa sneller eten dan dat het kan groeien en dit ten koste gaat van de BZV-verwijdering, nitrificatie en denitrificatie.

In FCR-bioreactoren is dit mede door de opzet van meerdere opvolgende reactoren veel meer in balans. In de eerste reactoren is nagenoeg geen zuurstof aanwezig en groeit de bacteriemassa sneller dan de biomassa van predatoren. De hoeveelheid protazoa, metazoa en macro-organismen neemt toe per reactor. Dit komt doordat het eenvoudige voedsel steeds schaarser wordt en enkel complexer voedsel (bacterie biomassa – protozoa) overblijft. Dit bevordert de groei van organismen die hierop aangepast zijn. Dit resulteert in een afname van restslib dat de reactoren verlaat. Deze reductie kan oplopen tot wel 30% minder slib ([1], [11]) ten opzichte van een conventionele actiefslib installatie.

2.3.3 KLEINER OPPERVLAK

Het kleinere benodigde oppervlak voor de afvalwaterzuivering komt hoofdzakelijk door een grotere hoeveelheid biomassa in een bepaalde hoeveelheid reactorvolume. De biomassa blijft ook grotendeels in de reactor.

FIGUUR 7 AFNAME ONOPGELOSTE BESTANDSDELEN (TSS) EN SLIB PRODUCTIE PER REACTOR ([7])



In Figuur 7 is te zien dat de hoeveelheid onopgeloste bestandsdelen (TSS; Total suspended solids) afneemt in de serie reactoren. De concentratie aan onopgeloste bestandsdelen in de reactor is 200 tot 300 mg/l in plaats van 3 tot 5 g/l bij actief slib systemen.

Bij een conventioneel actief slib systeem wordt meestal een nabezinktank gebruikt voor het scheiden van het slib van het gezuiverde water. Een RWZI is vrijwel altijd uitgerust met 1 of meerdere ronde nabezink tanks. De diameter van deze tanks varieert tussen de 20 en 60 meter (314 tot 2.827 m^2).

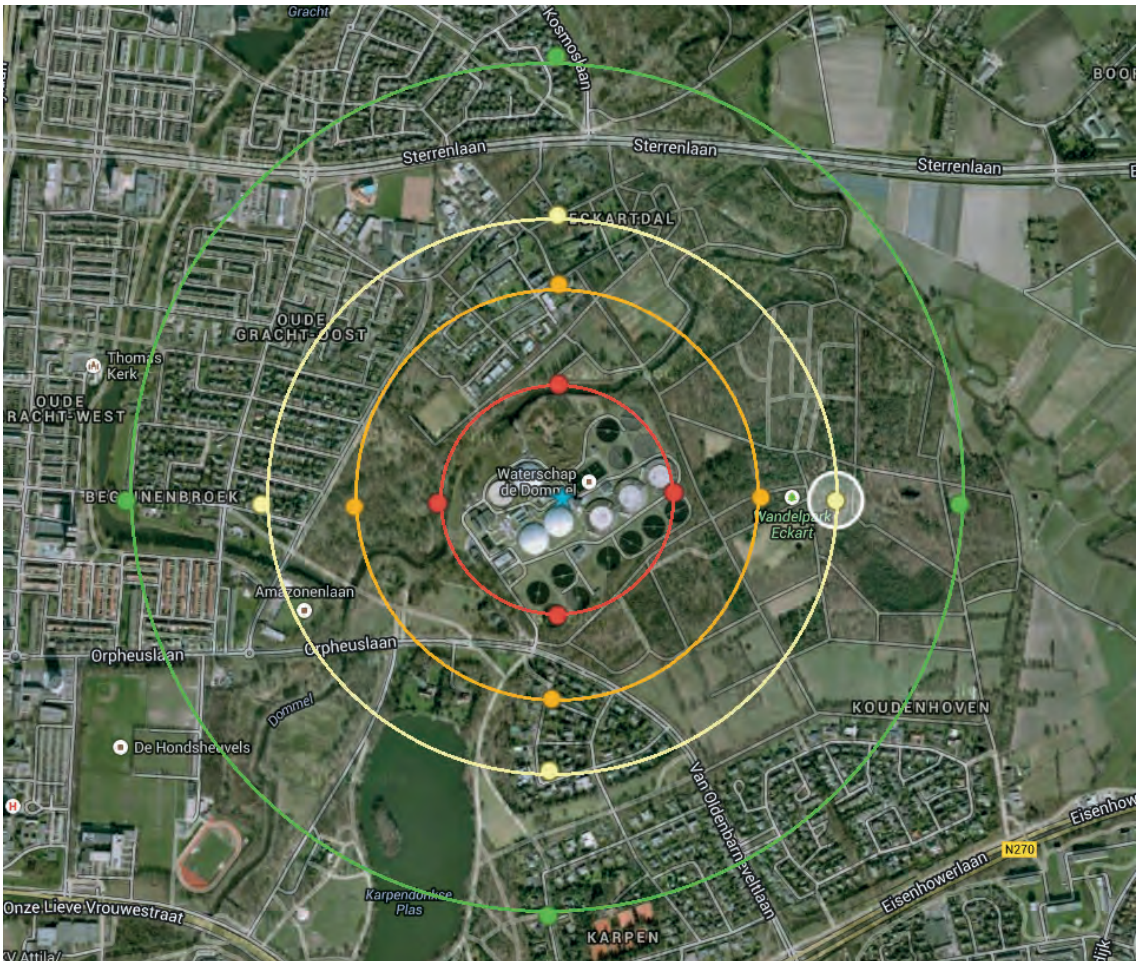
Met de lagere concentraties in FCR-systemen is het mogelijk om alternatieve scheidingstechnieken te gebruiken die niet berusten op bezinking maar op bijvoorbeeld filtratie of flotatie. Deze installaties nemen veel minder ruimte in beslag ([7]).

2.3.4 BELEVINGSEFFECTEN: GEUR EN VISUEEL

Rioolwaterzuiveringsinstallaties liggen in de praktijk ver buiten bewoond gebied en verborgen achter groen, omdat rwzi's een industrieel uiterlijk hebben en geuremissies veroorzaken. Vaak werden zij aangelegd op de plek waar het gemeentelijke riool in het oppervlaktewater uit kwam.

Geurontwikkeling op een rwzi verhindert het ondernemen van activiteiten zoals wonen en werken in de nabije omgeving. Bepaalde procesonderdelen zijn standaard voorzien van luchtbehandeling maar dit sluit niet uit dat er geur vrij komt. Gecombineerd met het grote oppervlak van een rwzi en een optelling van deze factoren is het mogelijk deze geuremissie in te schatten en te visualiseren op een kaart (Figuur 8). Bij een zuiverende kas zou, volgens de fabrikanten, buiten de kassen geen geur waarneembaar moeten zijn.

FIGUUR 8 VOORBEELD VAN GEURCIRKELS BIJ RWZI EINDHOVEN. GEUREMISSIE: GROEN 1 GE/M^3, GEEL 2 GE/M^3, ORANJE 3 GE/M^3, ROOD 7 GE/M^3



Ook een psychologische factor speelt mee. Anders gezegd: zien doet ruiken. Mensen verwachten stank bij een rwzi, ondanks alle geurmaatregelen. Mensen zijn extra alert op iedere geurafwijking en ruiken, zelfs indien dit niet terecht is, de rwzi sneller.

Zuiverende kassen behandelen op nagenoeg dezelfde wijze de geur als conventionele systemen. De anoxische reactoren zijn bedekt met de constructies waarin de planten zich bevinden. Het poreuze materiaal dat zich naast de plant hierin bevindt, dient als filter. Hierin groeien micro-organismen die de lucht zuiveren. Ook de planten zelf hebben een luchtzuiverende en geurverwijderende rol. Het groene uiterlijk van de installatie verlaagt de psychologische geurfactor. Ook bij het betreden van het biologische deel van de installatie blijft de associatie positief. Wat hier zichtbaar is, is een weelderige groei van planten. De lagere geuruitstoot en het groene uiterlijk van de installatie maken het mogelijk om op zeer dichte afstand van de afvalwaterzuivering te wonen, werken en zelfs te recreëren.

2.4 OPERATIONELE EIGENSCHAPPEN

In de volgende paragrafen komen de reacties op de vragenlijst aan de orde. Deze vragenlijst is beantwoord door Organica (Biopolus had op het moment van enqueteren nog geen installaties gebouwd). De hier gegeven informatie is dus afkomstig van een van de fabrikanten van zuiverende kassen. Zuiveringsrendementen en eigenschappen van bestaande systemen komen aan de orde in hoofdstuk 3. In de vergelijking van ontwerpen (hoofdstuk 4) komt aan de orde in hoeverre de uitspraken in deze paragraaf tot uitdrukking komen.

CAPACITEIT

Zuiverende kassen zijn geschikt voor afvalwaterstromen vanaf 500 i.e., maar relatief goedkoper bij grotere afvalwaterstromen. Door de modulaire opbouw kan gemakkelijk worden opgeschaald.

FLUCTUATIES IN DEBIET

Fluctuerende debieten zijn voor FCR-systemen geen probleem. Omdat het actief slib voornamelijk is aangehecht aan plantenwortels en doeken, wordt het slib minder uitgespoeld bij plotselinge hoge debieten. Zuiveringsrendementen kunnen omlaaggaan door verkorting van de hydraulische verblijftijd.

COMBINATIE COMMUNAAL MET INDUSTRIEEL WATER

Standaard FCR-systemen worden ontworpen voor de behandeling van communaal afvalwater, maar het is zeker mogelijk om het systeem te ontwerpen op een mengsel van communaal met industrieel afvalwater. Organica heeft ervaring met een mengsel van communaal afvalwater met afvalwater uit een pluimveeslachterij (Gallicoop Inc., Szarvas, Hongarije).

SLIBDICHTHEID

In Organica systemen is typisch 7 tot 12 kg slib per m^3 water aanwezig, waarvan het merendeel gehecht aan wortels en doeken.

SLIBPRODUCTIE

Volgens de fabrikanten produceren de systemen produceren 0,6 tot 0,9 kg slib (droge stof) per kg verwijderd BZV, maar zoals uit hoofdstuk 3 blijkt, ligt dit in de praktijk hoger.

SLIBSCHEIDING EN -DROGING

Het slib wordt van het water gescheiden door een nabezinktank of door een isodisk. Het slib kan ingedikt en ontwaterd worden met elke wenselijke techniek.

ONDERHOUD PLANTEN

Planten worden eens per twee weken gesnoeid. Het afgeknipte plantenmateriaal wordt ter plekke gecomposteerd of toegevoegd aan een aanwezige vergistingsinstallatie. Sommige planten die commercieel aantrekkelijk verkocht kunnen worden, worden geoogst wanneer dat kan en hoe vaak dat gebeurt, hangt af van de soort.

PERSONEEL

In de meeste installaties zijn in totaal 3 operators. Telkens zijn er twee tegelijkertijd aanwezig. In het weekend is er niemand aanwezig maar worden de operators per SMS-bericht bij problemen. Dit geldt met name voor de Franse installaties. In dat land is het verplicht om altijd operators aanwezig te hebben. In Nederland wordt vaker gewerkt met operators op afstand.

GEUR EN LUCHTBEHANDELING

Voorbehandeling en slibverwerking gebeurt in gesloten ruimten met ventilatie. De lucht in deze ruimten wordt gefilterd met een luchtwassysteem alvorens naar buiten te worden afgevoerd.

In een studie naar de verwijdering van geur door planten, bleek dat de planten een verwijderingsrendement van 54% voor geuractieve stoffen ([1]) hadden. De geursterkte werd verlaagd

van 26 OU^2/m^3 naar 12 OU/m^3. Dit betekent een lage, maar wel detecteerbare geurconcentratie.

Gevaarlijke stoffen of bacteriën komen niet in schadelijke hoeveelheden voor in de lucht in de kassen. Het is veilig om, zeker na de eerste (anaerobe en anoxische) stappen van de zuivering, de kas open te stellen voor publiek.

NABEHANDELING

Elke gewenste nabehandeling kan worden toegepast. Op sommige locaties vindt een geschakelde nutriëntenverwijdering en/of ontsmettingsstap plaats. Ontsmetting gebeurt meestal met UV.

HERGEBRUIK VAN WATER

Bij de bestaande installaties van Organica wordt het water meestal niet hergebruikt. Bij de meeste installaties wordt het effluent geloosd op een oppervlaktewater. De installaties kunnen echter ontworpen worden op elk gewenst type hergebruik. Zeker bij lokale, kleinschaliger zuiveringen ziet Organica mogelijkheden voor hergebruik van water.

HERGEBRUIK VAN STOFFEN

Door planten en dieren (siervissen) te kiezen met marktwaarde, kan een zuiverende kasgeld opleveren, maar het is te betwijfelen of dit veel geld zal opleveren en of de inkomsten ook maar in de buurt komen van de operationele kosten van de installatie. Planten met een nuttige inhoudsstof, zoals eiwitten, zetmeel en etherische oliën komen hiervoor in aanmerking. Ook sierplanten kunnen in de kas worden gekweekt. Minder nuttige planten kunnen worden gecomposteerd en zo bijdragen aan een gezondere bodem en hergebruik van nutriënten. Mogelijk zal deze route een optie worden in de toekomst. Vooralsnog is er geen zicht op een positieve businesscase.

LOKALE WERKGELEGENHEID

Werkgelegenheid kan bestaan uit het kweken en vermarkten van planten met een nuttige inhoudsstof of ornamentele planten en bloemen. Ook het verzorgen van rondleidingen en educatieve uitstapjes kan voor werkgelegenheid zorgen.

2 Europese geureenheid, gemeten volgens CEN EN 13725:2003. 1 OU/m^3 betekent per definitie dat 50% van de proefpersonen de geur detecteert en 50% niet. Een concentratie van 10 OU/m^3 betekent dat het monster 10 keer verdund moest worden om de 1 OU/m^3 waarde te bereiken.

3

BESTAANDE SYSTEMEN

3.1 OVERZICHT

In onderstaand overzicht is te zien van welke systemen er informatie is verkregen die in deze rapportage is verwerkt.

TABEL 1 **OVERZICHT SYSTEMEN**

Naam	Type	Capaciteit (m³/d)	Jaar ingebruikname
Providence, Rhode Island (USA)	Living Machine	61	1989
Dierenpark Emmen (Nederland)	Living Machine	700	2002
South Pest (Organica, Hongarije)	FCR	80.000	2012
Etyek (Organica, Hogarije)	FCR	1.000	2007
Telki (Organica, Hongarije)	FCR	800	2005
Le Lude (Organica, Frankrijk)	FCR	815	2010
Melbourne pilot (Organica, Australië)	FCR	85	2015

In volgende paragrafen wordt elk systeem kort belicht.

3.2 PROVIDENCE, RHODE ISLAND

Het systeem van Providence, Rhode island is ontworpen en aangelegd door John Todd. Enkele eigenschappen van het systeem worden al gegeven in paragraaf 2.2.

In de periode van september 1992 tot en met augustus 1993 is uitvoerig gemeten ([1] en [9]).

3.2.1 ZUIVERINGSEIGENSCHAPPEN

De concentraties van verschillende gemeten stoffen in influent en effluent van de Living Machine van Providence staan in Tabel 2.

TABEL 2 **GEMETEN INFLUENT- EN EFFLUENTKWALITEIT (1992-1993)**

Parameter	Influent	Effluent	Eenheid
BZV5	149 (50 – 280)	2,9	mg/l
Zwevend stof	153	3	mg /l
N-Kjeldahl	10,8	0,3	mg N/l
Totaal P	3,9	1,9	mg P/l
E. coli	244.550	15	Kve/100 ml
Debiet	34		m³/d

VOOR- EN NABEHANDELING

De voorbehandeling bestaat uit het zeven van het water middels een zeefbocht. Het effluent wordt zonder verdere nabehandeling geloosd in de oceaan.

ENERGIEVERBRUIK

Het energieverbruik voor de Living Machine in Providence is niet bekend.

SLIBPRODUCTIE

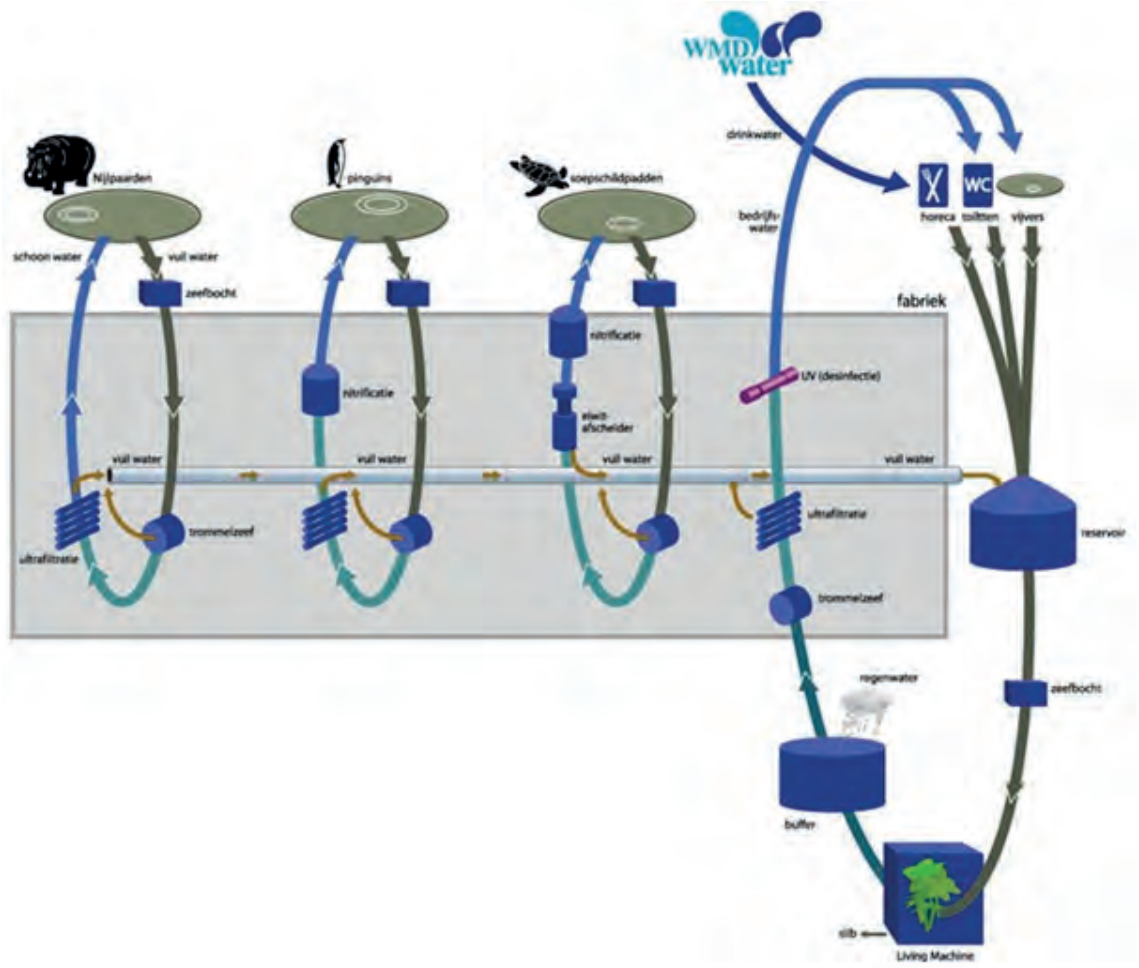
In de periode van september 1992 tot en met augustus 1993 is 27 m^3 nat slib verwijderd uit tank 6 van elke serie. Het vochtgehalte is niet gerapporteerd, dus omrekening naar droge stof is niet mogelijk.

3.3 DIERENPARK EMMEN

In het Dierenpark van Emmen is een waterzuiveringsconcept neergezet om het waterverbruik van het dierenpark te minimaliseren. In de oude situatie gebruikte het dierenpark 180.000 m drinkwater per jaar. Met de nieuwe installatie, die in 2002 in gebruik is genomen, daalde het drinkwatergebruik met 75%.

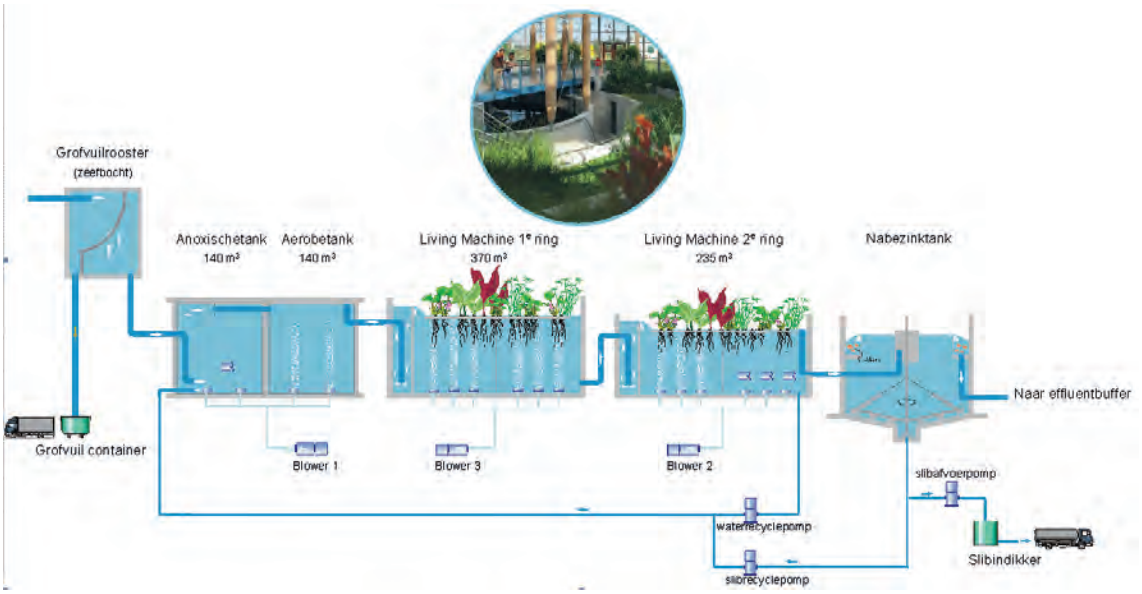
Afvalwater uit bassins van dierenverblijven, toiletten en de horeca gaan naar een opvangbassin. Via een zeefbocht gaat het water naar een Living Machine. Vervolgens doorloopt het water een ultrafiltatie en een UV-desinfectie. Het concentraat van de ultrafiltratie gaat terug naar het opvangbassin. Regenwater wordt opgevangen en gebruikt om het gezuiverde water te verdunnen. Dit om ophoping van zouten te voorkomen. Het gezuiverde water wordt gebruikt voor irrigatie, het spoelen van toiletten, schoonmaakwerkzaamheden en het op peil houden van sommige vijvers. Een schematische weergave van het systeem is te zien in Figuur 9.

FIGUUR 9 **SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN DE WATERCYCLUS IN DIERENPARK EMMEN**



De Living Machine is ontworpen door WMD op basis van de Living Machine technologie van het bedrijf Living Technologies Inc. van John Todd. Het bestaat uit een anoxische tank, een aerobe tank en twee bassins met planten. Vervolgens is er een nabezinktank. De aerobe tank en de tanks met planten worden actief belucht. Een schematische weergave is te zien in Figuur 10.

FIGUUR 10 SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN DE LIVING MACHINE IN DIERENPARK EMMEN



FIGUUR 11 DE EERSTE EN TWEEDE RING VAN DE LIVING MACHINE

3.3.1 ZUIVERINGSEIGENSCHAPPEN

De zuiveringseigenschappen van de Living Machine in Dierenpark Emmen is te zien in Tabel 3.

TABEL 3 **GEMETEN INFLUENT- EN EFFLUENTKWALITEIT (2002)**

Parameter	Influent	Effluent*	Eenheid
BZV5	35,1	3,8	mg/l
NO_2-N	0,74	0,003	mg N/l
NO_3-N	11,48	16,79	mg N/l
N-Kjeldahl	15,95	2,98	mg N/l
Totaal N	25,72	20,11	mg N/l
Totaal P	2,85	1,48	mg P/l
Debiet	633		m^3/d

* kwaliteit na de Living Machine, dus voor de ultrafiltratie

Organische stoffen worden voor bijna 90% verwijderd en de concentratie totaal-P wordt ongeveer gehalveerd. Stikstofverwijdering vindt beperkt plaats.

3.3.2 OPERATIONELE EIGENSCHAPPEN

VOOR- EN NABEHANDELING

De voorbehandeling bestaat uit het zeven van het water middels een zeefbocht. De nabehandeling bestaat uit een ultrafiltratie en UV-desinfectie.

ENERGIEVERBRUIK

Het energieverbruik voor de Living Machine in Emmen (exclusief verwarming) is 434.526 MJ/j. Dit is 1,86 MJ/m behandeld afvalwater.

SLIBPRODUCTIE

In de zomer van 2002 werd 16,0 kg ds slib per dag geproduceerd en in de herfst 21,9 kg ds/d. Dit is 1,0 kg ds slib/kg BZV.

3.4 SOUTH PEST (BOEDAPEST, ORGANICA)

De installatie South Pest is gelegen in het zuiden van Boedapest. De installatie behandelt 15 tot 20% van de totale afvalwaterstroom van Boedapest en is begonnen als een conventionele rioolwaterzuiveringsinstallatie (rwzi) in 1966.

FIGUUR 12 **BUITENAANZICHT VAN SOUTH PEST. BRON: ORGANICA**

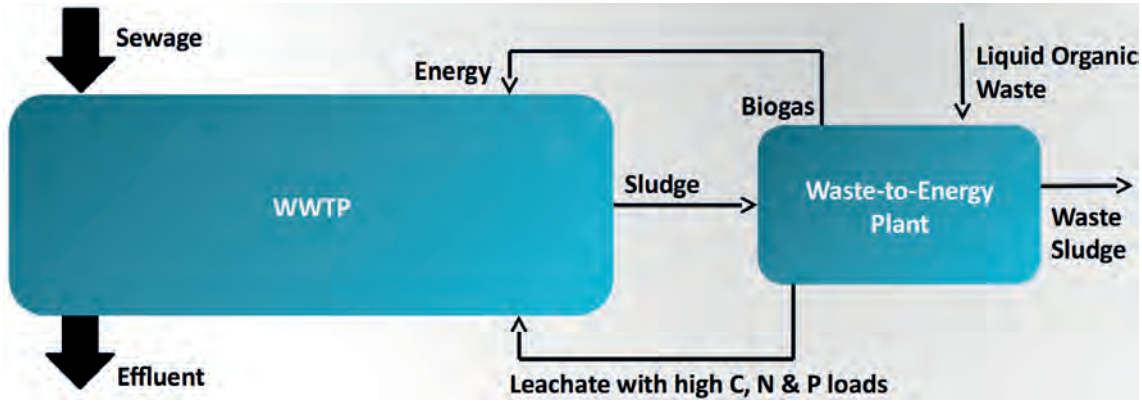
In de loop van de jaren zijn verschillende aanpassingen aan de installatie gedaan. In 2012 is de installatie volledig vernieuwd, waarbij 6 straten in operatie zijn. Straten 5 en 6 zijn omgebouwd tot *Food Chain Reactor* (FCR). Straten 1 t/m 4 zijn omgebouwd tot *Return Activated Sludge* (RAS). Dit is een hybride systeem. In deze straten is gesuspendeerd actief slib gecombineerd met geïmmobiliseerd actief slib. Straten 1 en 2 zijn ouder en kleiner gedimensioneerd dan de overige straten. 75 tot 80% van het afvalwater wordt gelijk verdeeld tussen straten 3 t/m 6, de rest wordt verdeeld over straten 1 en 2. Door de verschillende systemen in verschillende straten te hebben, is de werking van de FCR goed te vergelijken met de RAS. De FCR is niet ontworpen voor stikstofverwijdering.

De installatie behandelt gemiddeld 60.000 m^3 afvalwater per dag, met piekbelastingen tot 80.000 m^3/d. Bij piekbelasting is de hydraulische verblijftijd 2 uur en 42 minuten.

FIGUUR 13 VOOR EN NA DE OMBOUW TOT FCR. BRON: ORGANICA

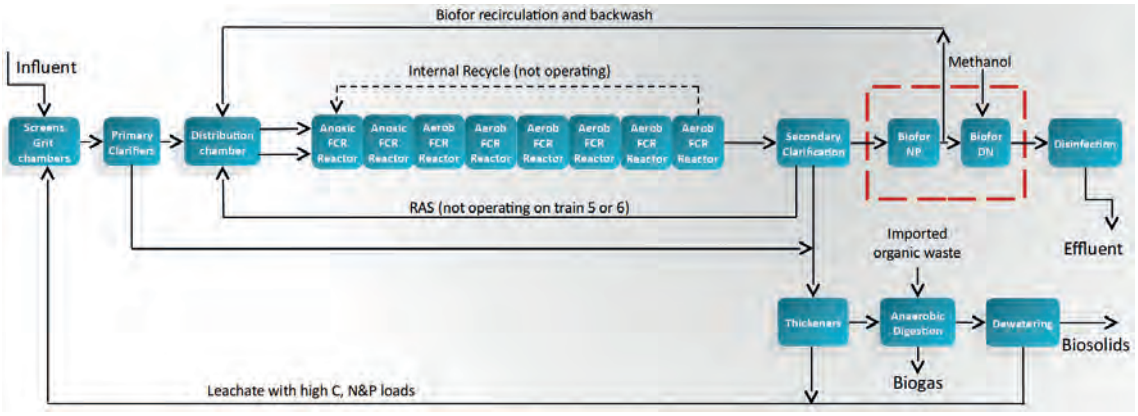
Behalve waterzuivering vindt er op de locatie ook energieproductie plaats uit organisch afval (voedsel dat over de verkoopdatum is, afval uit restaurants, zuiveringsslib), zie Figuur 14. De opgewekte energie wordt gebruikt voor de operatie van de rwzi.

FIGUUR 14 SCHEMA VAN HET WATERZUIVERINGS- EN ENERGIESYSTEEM (WWTP = RWZI). BRON: ORGANICA



De zuiveringsinstallatie ziet er schematisch als volgt uit. In dit schema staat hoe de FCR straten eruit zien.

FIGUUR 15 SCHEMA VAN DE FCR STRATEN IN DE RWZI. BRON: ORGANICA



Voor stikstofverwijdering is een BIOFOR-systeem in werking. Dit systeem kost veel energie en er dient methanol te worden toegevoegd. Dit systeem is met name toegevoegd om het effluent uit de straten 1 t/m 4 te behandelen.

3.4.1 ZUIVERINGSEIGENSCHAPPEN

De zuiverende eigenschappen van het South Pest systeem is te zien in tabellen 4 en 5. Hierbij dient te moeten worden opgemerkt dat de (klimatologische) omstandigheden, de influent-concentraties en de effluenteisen anders zijn dan in Nederland.

TABEL 4 GEMETEN INFLUENTKWALITEIT NA DE VOORBEZINKING (2012-2016)

Parameter	Gemeten*	Eenheid
CZV	437	mg/l
BZV5	237	mg/l
Zwevend stof	106	mg/l
NH_4-N	63,3	mg N/l
Totaal N	76,3	mg N/l
Totaal P	10	mg P/l
Temperatuur min	12	°C
Temperatuur max	25	°C
Debiet	20.944	m^3/d

* na primaire bezinker

TABEL 5 EFFLUENTKWALITEITSEISEN EN EFFLUENTKWALITEIT (NA BIOFOR, GEMIDDELD 2012-2016)

Parameter	Effluenteis	Effluentkwaliteit	Eenheid
CZV	< 125	55,1	mg/l
BZV5	< 25	13,3	mg/l
Zwevend stof	< 35	9,1	mg/l
Totaal N	< 35	24,4	mg N/l
NH_4-N	< 10	5,53	mg N/l
Totaal P	< 5	0,95	mg P/l

De effluentconcentraties liggen voor alle parameters (ver) onder de effluenteisen.

3.4.2 OPERATIONELE EIGENSCHAPPEN

VOOR- EN NABEHANDELING

De voorbehandeling bestaat uit een voorbezinktank waarna het water naar een verdeelkamer gaat. Van hieruit wordt het water verdeeld over de verschillende straten. Nabehandeling bestaat uit een nabezinktank en een BIOFOR-systeem voor verwijdering van N en P. Het slib uit de FCR wordt ingedikt en vergist samen met organisch afval. Het retourwater uit de BIOFOR en de slibindikking gaat terug naar de verdeelkamer.

SLIBPRODUCTIE

De slibproductie staat in onderstaande tabel. Dit is de slibproductie per straat. Ter vergelijking staat er de slibproductie van de RAS en de FCR naast elkaar.

TABEL 6 GEMIDDELDE SLIBPRODUCTIE (DROOG) PER STRAAT VAN RAS EN FCR IN DE PERIODE 2013-2015

Slibproductie	RAS	FCR
Totaal per straat	2.132 kg/j	1.738 kg/j
DS per m³ afvalwater	0,21 kg/m³	0,17 kg/m³
DS per kg BZV in het influent	1,09 kg/kg	0,93 kg/kg
DS per kg verwijderd BZV	-	1,10 kg/kg

3.5 ETYEK

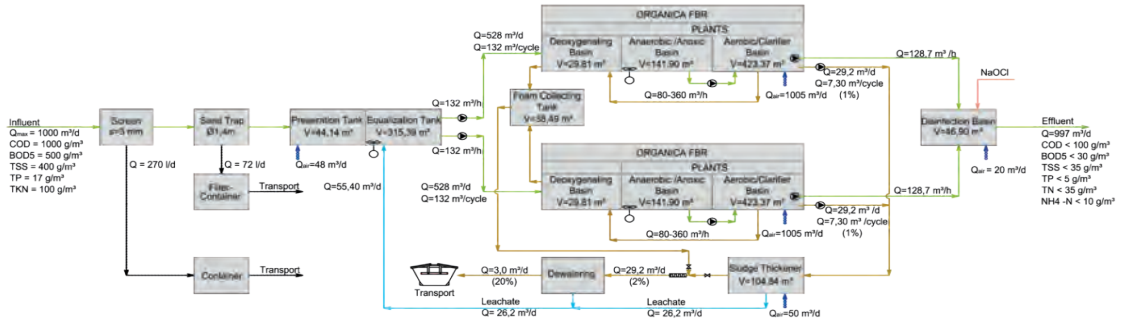
De installatie van Etyek is gelegen in het dorp Etyek, ten westen van Boedapest in Hongarije. Afvalwater van 8.334 inwoners wordt gezuiverd, alsmede afvalwater uit de lokale wijnindustrie en uit de nieuwe toen Korda filmstudio. De capaciteit van de installatie is 1.000 m^3/dag en de installatie is operationeel sinds 2007. In 2013 werd 492 m^3/d afvalwater behandeld.
De installatie van Etyek, alsmede die van Telki en de Franse installaties worden bedreven als batchproces en niet als continuproces.

FIGUUR 16 BUITENAANZICHT VAN DE INSTALLATIE IN ETYEK. BRON: ORGANICA

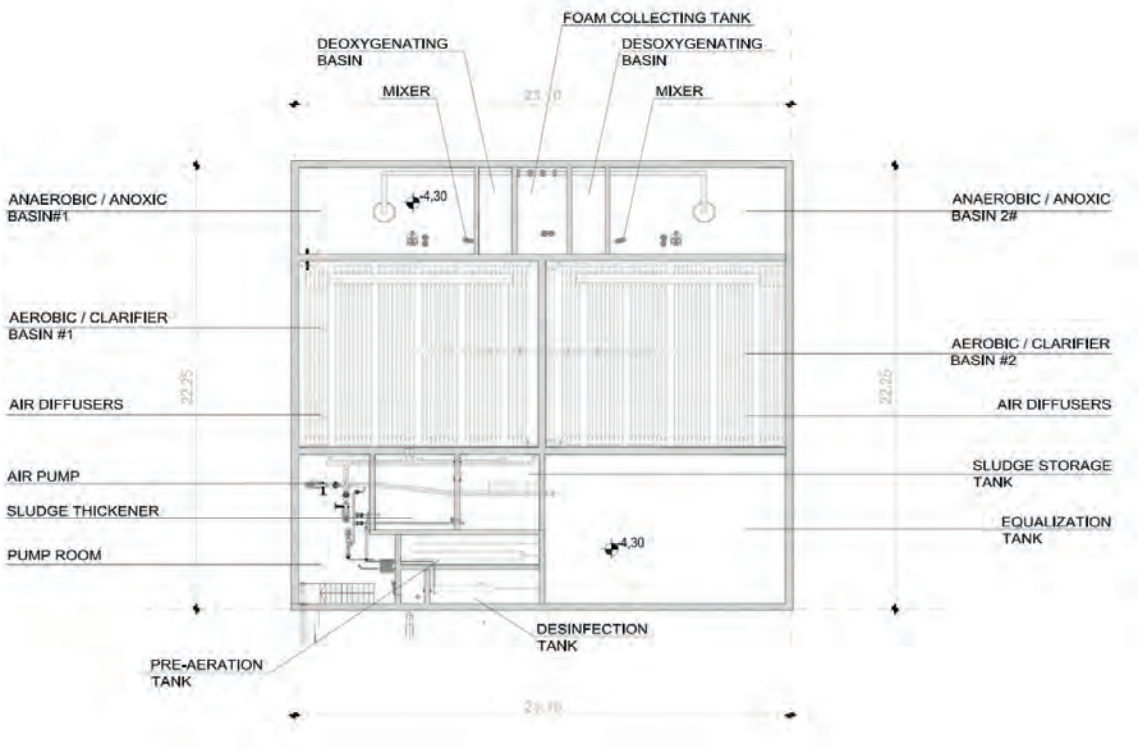
In Figuur 17 is een schematische weergave te zien van de zuiveringsinstallatie. Na een zeef (3 mm maaswijdte) en een zandvanger gaat het water naar een voorbeluchtingstank en een mixtank. In de voorbeluchtingstank wordt voornamelijk H_2S verwijderd. Hierna gaat het water de FCR in. Eerst wordt zuurstof biologisch uit het water verwijderd, vervolgens gaat het water naar anaerobe/anoxische tanks en vervolgens naar aerobe tanks. Tenslotte gaat het water naar een oorspronkelijk voor desinfectie bedoeld bassin. De kwaliteit van het water vraagt echter geen aanvullende desinfectie meer, dus deze tank wordt niet voor desinfectie gebruikt. Het slib wordt ingedikt en ontwaterd alvorens het wordt afgevoerd. Het water uit de slibindikking en –ontwatering gaat terug de FCR in.

Plattegronden van de ondergrondse en bovengrondse delen van de installatie zijn te zien in Figuur 18 en Figuur 19. Het totale oppervlak van de installatie is 520 m^2.

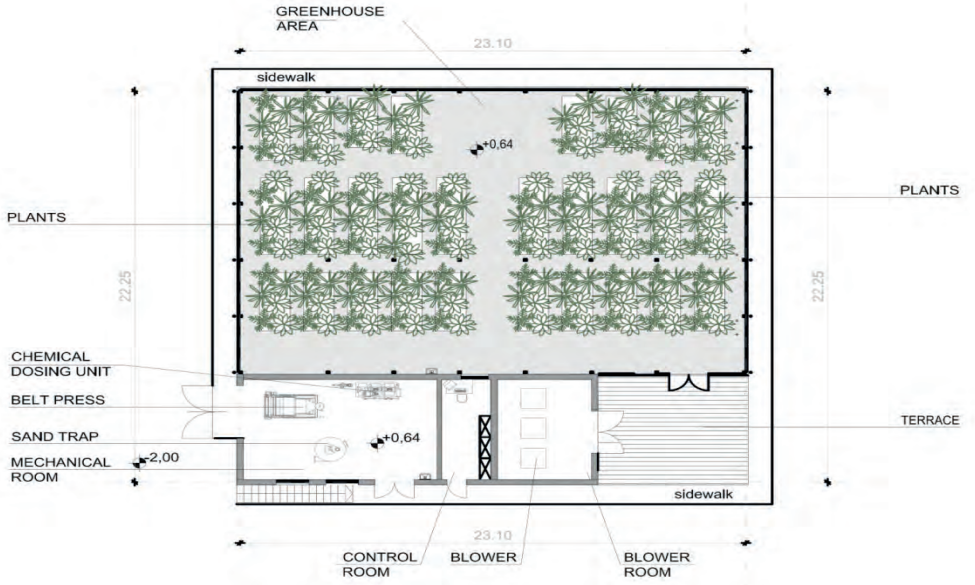
FIGUUR 17 **SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN DE ZUIVERINGSINSTALLATIE VAN ETYEK MET DE ONTWERPPARAMETERS. BRON: ORGANICA**



FIGUUR 18 **PLATTEGROND VAN DE ONDERGRONDSE ONDERDELEN VAN DE INSTALLATIE. BRON: ORGANICA**



FIGUUR 19 PLATTEGROND VAN DE BOVENGRONDSE ONDERDELEN VAN DE INSTALLATIE. BRON: ORGANICA



3.5.1 ZUIVERINGSEIGENSCHAPPEN

De zuiveringseigenschappen van de installatie in Etyek staan in tabellen 7 en 8.

TABEL 7 ONTWERPPARAMETERS EN GEMETEN INFLUENTKWALITEIT (2007-2015)

Parameter	Ontwerp	Daadwerkelijk	Eenheid
CZV	1.000	632	mg/l
BZV5	500	325,6	mg/l
Zwevend stof	416	282,6	mg/l
NH_4-N	75	78,8	mg N/l
Totaal N	100	99,1	mg N/l
Totaal P	15	10,2	mg P/l
Temperatuur min		12	°C
Temperatuur max		25	°C
Debiet	1.000		m^3/d

TABEL 8 EFFLUENTKWALITEITSEISEN EN EFFLUENTKWALITEIT (GEMIDDELD 2006-2015)

Parameter	Effluenteis	Effluentkwaliteit	Eenheid
CZV	< 100	42,8	mg/l
BZV5	< 30	7,2	mg/l
Zwevend stof	< 35	10,9	mg/l
Totaal N	< 35	16,7	mg/l
NH_4-N	< 10	4	mg N/l
Totaal P	< 5	2,8	mg P/l

Voor alle parameters liggen de concentraties in het effluent (ver) onder de effluenteisen.

3.5.2 OPERATIONELE EIGENSCHAPPEN

VOOR- EN NABEHANDELING

De voorbehandeling van het afvalwater bestaat uit een grove filtering (3 mm) en een zandvanger met een doorsnee van 1,4 m.

Er is geen nabehandeling.

ENERGIEVERBRUIK

Het totale energieverbruik van de installatie was in 2013 238.234 MJ/j en dat is 744 MJ/m^2/j. In dat jaar werd 179.717 m^3 afvalwater behandeld. Het energieverbruik per m^3 afvalwater was 1,33 MJ. Dit was het totale energieverbruik, dus inclusief het energieverbruik voor verwarming van de kassen, slibindikking en -ontwatering en voor- en nabehandeling. Gegevens per procesonderdeel zijn niet beschikbaar.

SLIBPRODUCTIE

De gemiddelde slibproductie is weergegeven in Tabel 9.

TABEL 9 GEMIDDELDE SLIBPRODUCTIE (DROOG) IN 2013

Slibproductie	FCR
Totaal per straat	323.940 kg/j
DS per m³ afvalwater	0,28 kg/m³
DS per kg BZV in het influent	0,87 kg/kg
DS per kg verwijderd BZV	1,45 kg/kg

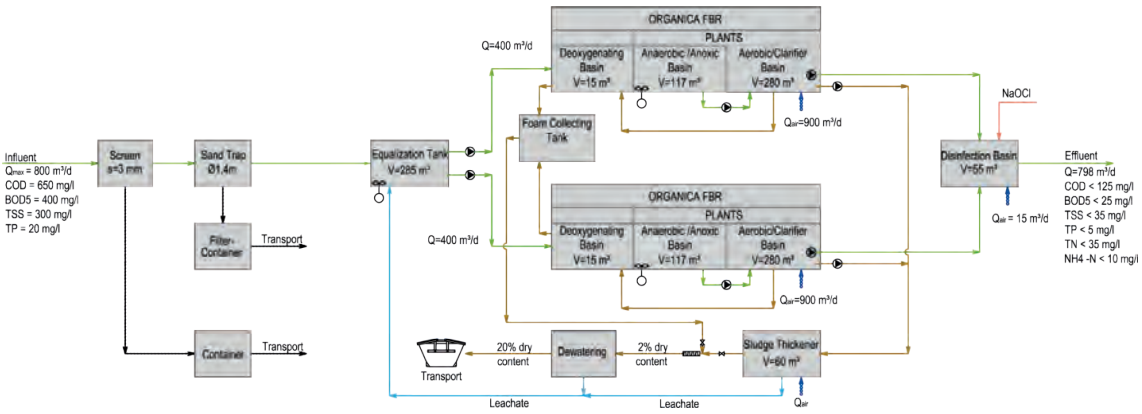
3.6 TELKI

De installatie van Telki is sinds 2005 operationeel in het Hongaarse dorp Telki, vlak bij Boedapest. De installatie is gedimensioneerd op 800 m^3/dag.

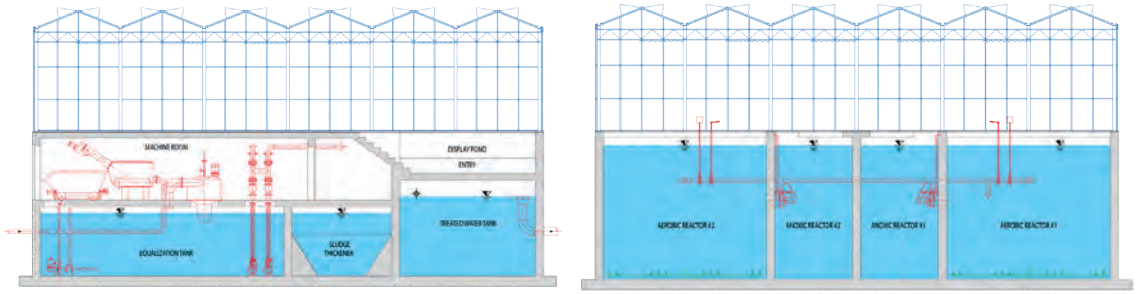
FIGUUR 20 DE INSTALLATIE VAN TELKI, MET OP DE ACHTERGROND HET DORP. BRON: ORGANICA

De opzet van de installatie van Telki is gelijk aan die van Etyek. Omdat er minder water behandeld wordt, is de installatie iets kleiner (zie Figuur 21).

FIGUUR 21 **SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN DE INSTALLATIE VAN TELKI MET DE ONTWERPPARAMETERS. BRON: ORGANICA**



FIGUUR 22 **DWARSDOORSNEDE VAN DE INSTALLATIE VAN TELKI. BRON: ORGANICA**



3.6.1 ZUIVERINGSEIGENSCHAPPEN

De concentraties waarop de installatie is ontworpen en de daadwerkelijke influentconcentraties staan in Tabel 10. De effluentkwaliteitseisen en de behaalde effluentkwaliteit staan in Tabel 11.

Parameter	Ontwerp	Daadwerkelijk	Eenheid
CZV	700	890	mg/l
BZV5	385	430	mg/l
Zwevend stof	400	436	mg/l
NH_4-N	54	64	mg N/l
Totaal N	61	87	mg N/l
Totaal P	10	21	mg P/l
Temperatuur min		12	°C
Temperatuur max		22	°C
Debiet	800	524	m³/d

TABEL 10 ONTWERPPARAMETERS EN GEMETEN INFLUENTKWALITEIT (2006-2015)

Parameter	Ontwerp	Daadwerkelijk	Eenheid
CZV	700	890	mg/l
BZV5	385	430	mg/l
Zwevend stof	400	436	mg/l
NH_4-N	54	64	mg N/l
Totaal N	61	87	mg N/l
Totaal P	10	21	mg P/l
Temperatuur min		12	°C
Temperatuur max		22	°C
Debiet	800	524	m³/d

TABEL 11 EFFLUENTKWALITEITSEISEN EN EFFLUENTKWALITEIT (GEMIDDELD 2006-2015)

Parameter	Effluenteis	Effluentkwaliteit	Eenheid
CZV	< 125	52	mg/l
BZV5	< 25	9	mg/l
Zwevend stof	< 35	9	mg/l
Totaal N	< 35	10	mg N/l
NH_4-N	< 10	3	mg N/l
Totaal P	< 5	1	mg P/l

Voor alle parameters liggen de concentraties in het effluent (veel) lager dan de effluenteisen.

3.6.2 OPERATIONELE EIGENSCHAPPEN

VOOR- EN NABEHANDELING

De voorbehandeling van het afvalwater bestaat uit een grove filtering (3 mm) en een zandvanger met een doorsnee van 1,4 m.

De nabehandeling bestaat uit een desinfectiestap.

ENERGIEVERBRUIK

Het totale energieverbruik van de installatie was in 2013 155.189 MJ/j en dat is 517 MJ/m^3/j. In dat jaar werd 189.918 m^3 afvalwater behandeld. Het energieverbruik per m^3 afvalwater was 0,82 MJ. Dit was het totale energieverbruik, dus inclusief het energieverbruik voor slibindikking en –ontwatering, voor- en nabehandeling. Gegevens per procesonderdeel zijn niet beschikbaar.

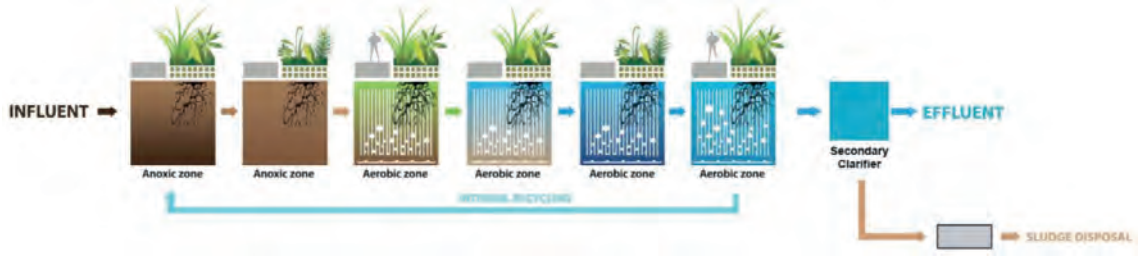
SLIBPRODUCTIE

De slibproductie is niet bekend.

3.7 MELBOURNE

In de Australische stad Melbourne is een proefinstallatie gebouwd die dagelijks 58 m^3 huishoudelijk afvalwater kan zuiveren.

FIGUUR 23 SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN DE PROEFINSTALLATIE IN MELBOURNE. BRON: ORGANICA



3.7.1 ZUIVERINGSEIGENSCHAPPEN

Hoewel de daadwerkelijke influentkwaliteit behoorlijk afwijkt van de ontwerpparameters (Tabel 12), presteert de installatie goed. De effluentkwaliteitseisen worden gehaald.

TABEL 12 ONTWERPPARAMETERS EN GEMETEN INFLUENTKWALITEIT (2015)

Parameter	Ontwerp	Daadwerkelijk	Eenheid
CZV	507	1085	mg/l
BZV5	274	211	mg/l
Zwevend stof	199	736	mg/l
N-Kjeldahl	75	96	mg N/l
Temperatuur min		16	°C
Temperatuur max		26	°C
Debiet	58	33	m³/d

TABEL 13 EFFLUENTKWALITEITSEISEN EN EFFLUENTKWALITEIT (2015, JAARGEMIDDELD)

Parameter	Effluenteis	Effluentkwaliteit	Eenheid
Zwevend stof	< 20	14,21	mg/l
BZV5	< 10	2,75	mg/l
Totaal N	< 20	18,87	mg/l
NH_4-N	Niet meer dan 7 dagen > 1	0,27	mg N/l
N-Kjeldahl		2.49	mg N/l
NO_2-N	Niet meer dan 7 dagen > 2	0,32	mg N/l
Totaal P		6,08	mg P/l

3.7.2 OPERATIONELE EIGENSCHAPPEN

VOOR- EN NABEHANDELING

Omdat influent van de gangbare rwzi wordt gebruikt, is er geen aparte voorbehandeling. De nabehandeling bestaat uit een nabezinktank.

ENERGIEVERBRUIK

Het totale energieverbruik van de installatie is 59.000 MJ/j. Dat is 4,9 MJ/m^3 behandeld afvalwater.

SLIBPRODUCTIE

De slibproductie in deze pilotinstallatie is 1,12 kg ds/kg verwijderd BZV.

3.8 LE LUDE

De installatie van Le Lude bevindt zich in de gemeente Le Lude aan de oevers van de Loir in het departement Sarthe in Frankrijk. De installatie is gedimensioneerd op de behandeling van afvalwater van 6.000 inwoners en heeft een capaciteit van 815 m^3/d. De installatie is operationeel sinds 2010 en wordt bedreven als batchproces.

De installatie bestaat uit een FCR, biologische fosforverwijdering en co-precipitatie.

FIGUUR 24 **BUITENAANZICHT VAN LE LUDE. BRON: ORGANICA**

3.8.1 ZUIVERINGSEIGENSCHAPPEN

In onderstaande tabel zijn de gemiddelde in- en effluentconcentraties weergegeven van de jaren 2010 en 2011.

TABEL 14 **ONTWERPPARAMETERS EN GEMETEN INFLUENTKWALITEIT (2010-2011)**

Parameter	Ontwerp	Daadwerkelijk	Eenheid
CZV	960	903	mg/l
BZV5	440	390	mg/l
Zwevend stof	660	511	mg/l
N-Kjeldahl	110	61	mg N/l
Totaal N	Geen ontwerpparameter	91	mg N/l
Totaal P	24	12	mg P/l
Temperatuur min			°C
Temperatuur max			°C
Debiet	815		m^3/d

TABEL 15 **EFFLUENTKWALITEITSEISEN EN EFFLUENTKWALITEIT (JAARGEMIDDELD 2010-2011)**

Parameter	Effluenteis	Effluentkwaliteit	Eenheid
CZV	< 125	37	mg/l
BZV5	< 25	6	mg/l
Zwevend stof	< 35	8	mg/l
N-Kjeldahl	Geen eis	6	mg N/l
Totaal N	< 15	8	mg N/l
Totaal P	< 4,8	0,7	mg P/l

Ook in Le Lude liggen de concentraties in het effluent voor alle parameters (ruim) onder de effluenteis.

SLIBPRODUCTIE

In 2015 werd 1.302 kg slib geproduceerd. Dit is 0,109 kg/m^3 behandeld afvalwater en 0,556 kg/kg BZV.

3.9 LIVING MACHINES

Van Living Machines of Ecomachines gebouwd door het bedrijf van John Todd zijn niet veel gegevens gepubliceerd. In een rapport van John Todd Ecological Design staan enkele getallen over de prestaties van de Ecomachines. Dit document is ongedateerd, maar moet van na 2012 zijn ([1]). Hieronder een overzicht van de in het document gepresenteerde gegevens, aangevuld met gegevens uit [9].

TABEL 16 GEGEVENS VAN JOHN TODD ECOMACHINES

Type afvalwater	Harwich Septic tank effluent en slib	Providence Huishoudelijk afvalwater	South Burlington Huishoudelijk afvalwater	San Francisco Effluent rwzi	Ben & Jerry's Bedrijfsafval-water
Hydraulische verblijftijd (d)	10	2,5-4,5	2,8	0,71	20
Debiet (m³/d)		34	302.800	75	3.785
Influent BZV (mg/l)	1.400	142	225	14	4.265
Effluent BZV (mg/l)	7	2,9	5,5	5,6	23,4
Influent ZS (mg/l)	4.800	153	203	13	327
Effluent ZS (mg/l)	20	3	3,4	5,6	20,8
Influent N-Kj (mg N/l)	117	10,8	26,3		52
Effluent N-Kj (mg N/l)	5	0,3	1,2		12
Influent E-coli (kve/100 ml)		244.550	8.960.000	648.000	2.377.091
Effluent E-coli (kve/100 ml)		15	763	157	2.464
Influent NO_3 (mg N/l)			26		43
Effluent NO_3 (mg N/l)			6,2		0,8

Helaas ontbreken gegevens over de voor- en nabehandeling, oppervlakten, energieverbruik en slibproductie.

De Living Machines zijn ingezet voor verschillende typen afvalwater en het systeem is aangepast op dat water en de eisen aan het effluent. De hydraulische verblijftijden variëren dan ook sterk: van 0,7 tot 20 dagen. Ook het debiet van het influent varieert sterk en dat laat zien dat Living Machines geschikt zijn om kleine en grote afvalwaterstromen te behandelen. De hier getoonde Living Machines zijn, net als de meeste zuiverende kassen van Organica vooral ingezet voor de verwijdering van BZV, zwevend stof en ammonium.

4

VERGELIJKING MET CONVENTIONELE SYSTEMEN

4.1 ONTWERPVRAAG

De cijfers en informatie van de bestaande systemen uit het vorige hoofdstuk zijn afkomstig van de betreffende leverancier. Naast het feit dat dit niet van een onafhankelijke bron komt, zijn de omstandigheden en scenario's niet geheel te vergelijken met die van Nederland. Zo zijn de effluenteisen voor totaal stikstof en fosfaat strenger in Nederland en is het verschil in aanvoer bij droog weer en regen weer groter.

Om deze reden is een ontwerpvraag uitgezet bij Organica en Biopolus voor twee scenario's. Dit zijn het scenario RWZI Vriescheloo en RWZI Epe. Dit zijn bestaande installaties ontworpen voor respectievelijk 10.000 en 55.000 i.e. De gedachte is dat op deze manier een bestaande situatie op het gebied van onder andere slibproductie en energie vergeleken kan worden met de desbetreffende ontwerpen.

Deze installaties worden echter nog niet belast met hetgeen waarvoor ze ontworpen zijn en dus geen representatieve cijfers kunnen laten zien. Om dit op te lossen, is gebruikt gemaakt van de ontwerp- en terugrekentool (OWT) van Tauw en de participerende waterschappen. Voor de ontwerpen is wel gebruik gemaakt van de gemiddelde influentconcentraties van deze installaties en zullen de scenario's nog respectievelijk Vrieschelloo en Epe heten. In het geval van dit laatste scenario is er dus gerekend als zijnde een conventioneel actief slib systeem en niet als Nereda™.

Een FCR of MNR is in de basis een installatie die voor de fosfaatverwijdering gebruik maakt van de dosering van metaalzouten en geen biologische fosfaatverwijdering kent. Beide partijen hebben aangegeven dat het wel mogelijk is, maar dat er dan sprake is van een hybride systeem (zowel zwevend als vastgehecht zuiveringsslib). Om deze reden is dus voor ieder scenario zowel een installatieontwerp gevraagd voor chemische fosfaatverwijdering (Chem-P) en biologische fosfaatverwijdering (Bio-P).

4.2 RESULTATEN

4.2.1 VRIESCHELOO

RWZI Vriescheloo is in 2001 ontworpen voor een belasting van 17.392 i.e. (a 150 g TZV). Voor de ontwerp aanvraag is gebruik gemaakt van de huidige gemiddelde influent concentraties gekoppeld aan het maximale dag debiet. Tabel 17 geeft de gebruikte influentvrachten en -debieten weer.

TABEL 17 INFLUENTCIJFERS RWZI VRIESCHELOO

Parameter	Influent gegevens
Capaciteit (v.e.)	17.392
CZV (kg/d)	1.745
BZV5 (kg/d)	727
Kjeldahl-N (kg N/d)	189
P-totaal (kg P/d)	27
O.B. (kg/d)	552
Dagdebiet (m^3/d)	2.800
Droogweer debiet (m^3/h)	145
Regenweer debiet (m^3/h)	470

De effluenteisen zijn de standaard eisen voor een zuivering van dit formaat en zijn als volgt:

TABEL 18 EFFLUENT EISEN ONTWERP

Parameter	Effluent eis
CZV (mg/l)	125
BZV_5 (mg/l)	20
O.B. (mg/l)	30
N-totaal (mg N/l)	15
P-totaal (mg P/l)	2

Met de ontwerp- en terugreken tool is uitgekomen op een phoredox type systeem. Afwijkend van de werkelijke eis is geprobeerd om jaarrond onder de gestelde eis te blijven van N= < 15 en P= < 2 in plaats van een jaar- of voortschrijdend gemiddelde. Het temperatuurprofiel dat daarvoor gebruikt is, is afgeleid van de gemiddelde maandtemperaturen van het influent van RWZI Vriescheloo: in de zomer een maximum van 19°C en in de winter een minimum van 8°C.

De actiefslibtank bestaat uit een anaerobe zone van 150 m^3, een anoxische zone van 1.800 m^3 en een aerobe zone van 2.350 m^3. Voor slib/water scheiding is gekozen voor een NBT met een diameter van 30 meter en kantdiepte van 2 meter. In het scenario is directe slibontwatering meegenomen.

Belangrijk detail is dat de OWT op dit moment gelimiteerd is met het doorrekenen van bepaalde parameters (OB, CZV) of hier zelfs een hard minimum voor aangeeft (NH_4-N).

Daarnaast bleek het niet mogelijk om de centraat stroom mee te rekenen met de influentconcentratie. Aangezien er in dit scenario geen sprake is van een slibgisting, is het effect van de centraat stroom op de stikstof- en fosfaatconcentraties beschouwd als verwaarloosbaar.

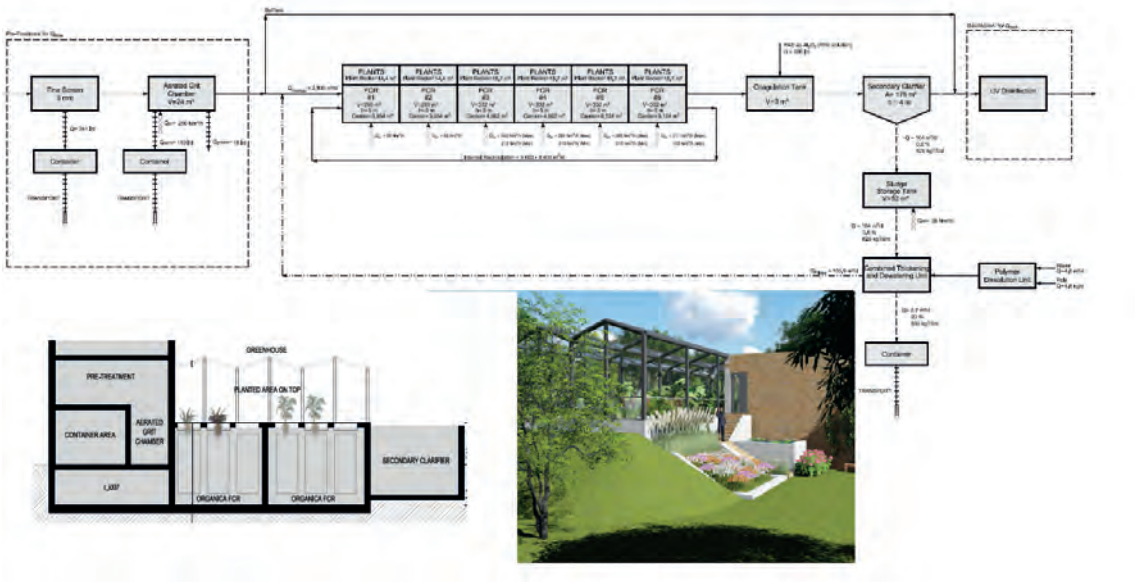
Met de OWT bleek het niet mogelijk om de installatie volledig Bio-P te ontwerpen en is gebruik gemaakt van additonele chemische P-verwijdering.

ONTWERP ORGANICA

In de opzet is de voorzuivering niet veel anders dan die van conventionele systemen. Het behelst een roostergoed verwijdering (3 mm) en een beluchte zandvanger. Bij de biologische verwerking is gekozen voor 1 proceslijn met 6 FCR's met een gezamenlijk volume van 1.898 m^3. De recirculatie ten behoeve van denitrificatie vindt plaats tussen de 6e en de 1e reactor. Na deze fase volgt een coagulatietank voor fosfaatverwijdering voorafgaand aan een hoge

nabezinktank. Een standaard nabehandeling, afgeleid uit Hongaarse richtlijnen, is met U.V. De sliblijn is eveneens vergelijkbaar met traditionele systemen, hoewel onconventioneel met zuiveringen van dit formaat, wordt er zowel ingedikt als ontwaterd. Waterschappen hebben veelal een of twee grotere zuiveringen die mede slib ontwatert van kleine installaties.

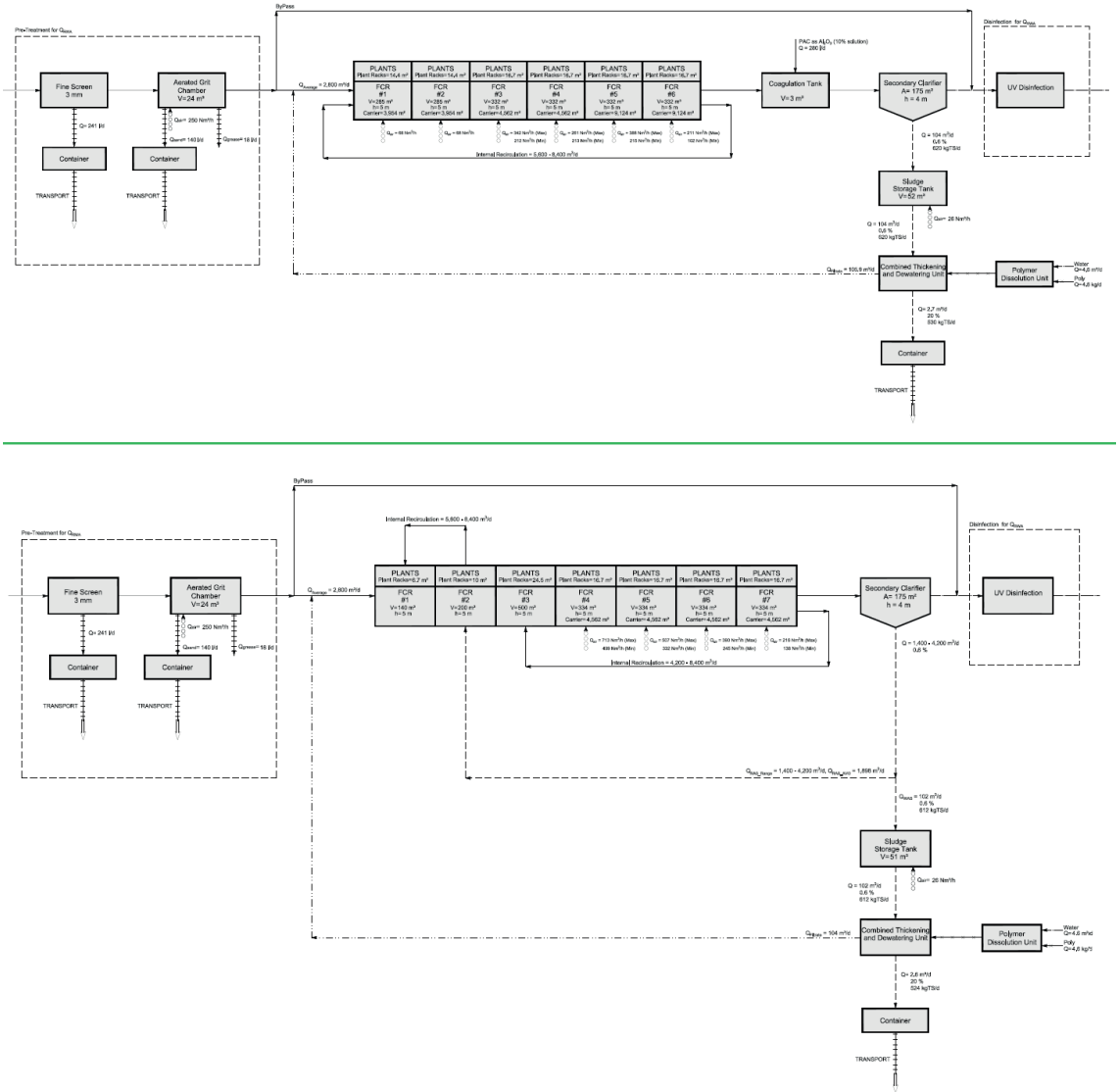
FIGUUR 25 **WEERGAVE VAN HET ONTWERP VOOR VRIESCHELOO VAN ORGANICA. BRON: ORGANICA**



Het oppervlak van de gehele installatie 873 m^2. Hierbij moet vermeld worden dat het hier gaat om een standaardontwerp waarbij 206 m^2 gedefinieerd is als ruimte voor sociale interactie (educatie, recreatie e.d.). Het netto oppervlak voor afval water zuiveren is in deze dus 667 m^2 De totale hoogte van het gebouw is 10 meter, waarvan 3 meter onder het maaiveld en 7 meter er boven.

Het verschil tussen de installatie met chemische en de installatie met biologische P verwijdering kan het beste in beeld gebracht worden door beide processchema's naast elkaar te leggen, zie Figuur 26.

FIGUUR 26 **PROCESSCHEMA'S ONTWERP CHEMISCHE EN BIOLOGISCHE P VERWIJDERING VRIESCHELOO VAN ORGANICA. BRON: ORGANICA**



Het meest in het oog springende verschil is de extra reactor. FCR 1 en 2 zijn hierbij anaeroob en faciliteren het contact voor de gesuspendeerde biomassa met het afvalwater. Opvallend hierbij is de recirculatie van FCR 2 naar 1. Het totale reactor volume is 278 m^3 groter dan het ontwerp met chemische fosfaatverwijdering, qua oppervlak komt het neer op een netto van 755 m^2 zuiveringsoppervlak.

Een ander aspect dat opvalt in beide ontwerpen is de aanwezigheid van een bypassleiding. De argumentatie hiervoor is dat gedurende de RWA het water zo dun is dat het gewoon de installatie kan passeren. Bij maximale RWA zal dus 26% van het influent de FCR's passeren. In dit scenario betekent dit alles boven de 350 m^3 per uur. In Nederland wordt een dergelijke constructie gezien als not-done. Ook na de first flush zal het water hoge concentraties aan verontreinigingen kennen die niet ongezuiverd geloosd mogen worden op het oppervlaktewater.

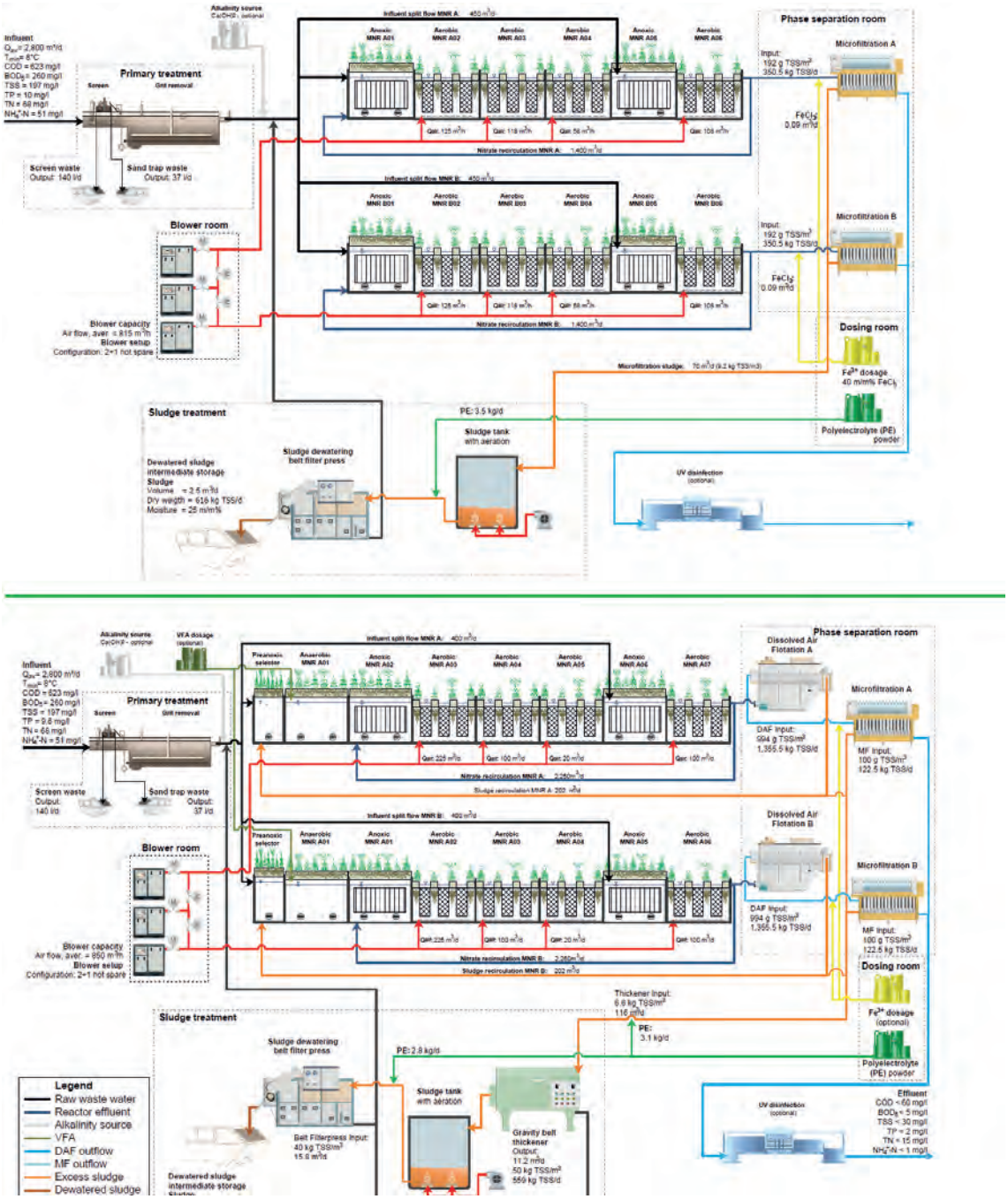
De documenten bijbehorende bij het ontwerp van Organica zijn terug te vinden in bijlage 4.

ONTWERP BIOPOLUS

De primaire zuivering is een roostergoedverwijdering (3mm) en een zand/vetvanger. Biopolus

verdeelt vervolgens het afvalwater over twee straten met ieder 6 MNR's. Het gezamenlijke volume van de reactoren is 1.920 m^3. Opmerkelijk is dat niet al het afvalwater start bij MNR 1, de eerste anoxische zone, maar dat een derde deel van de stroom doorgaat naar de tweede anoxische zone MNR 5. Deze opzet is waarschijnlijk gekozen om bovenop de recirculatie nitraatreductie te bevorderen. Na de MNR-straten stroomt het water via een pijpflocculator, ten behoeve van coagulatie/flocculatie, naar een DAF-installatie. Na afloop van deze installatie volgt nog een microfilter en eventueel een UV-desinfectie. Het slib vanuit de DAF en Microfilter wordt, na buffering in een beluchte slibtank, ontwaterd.

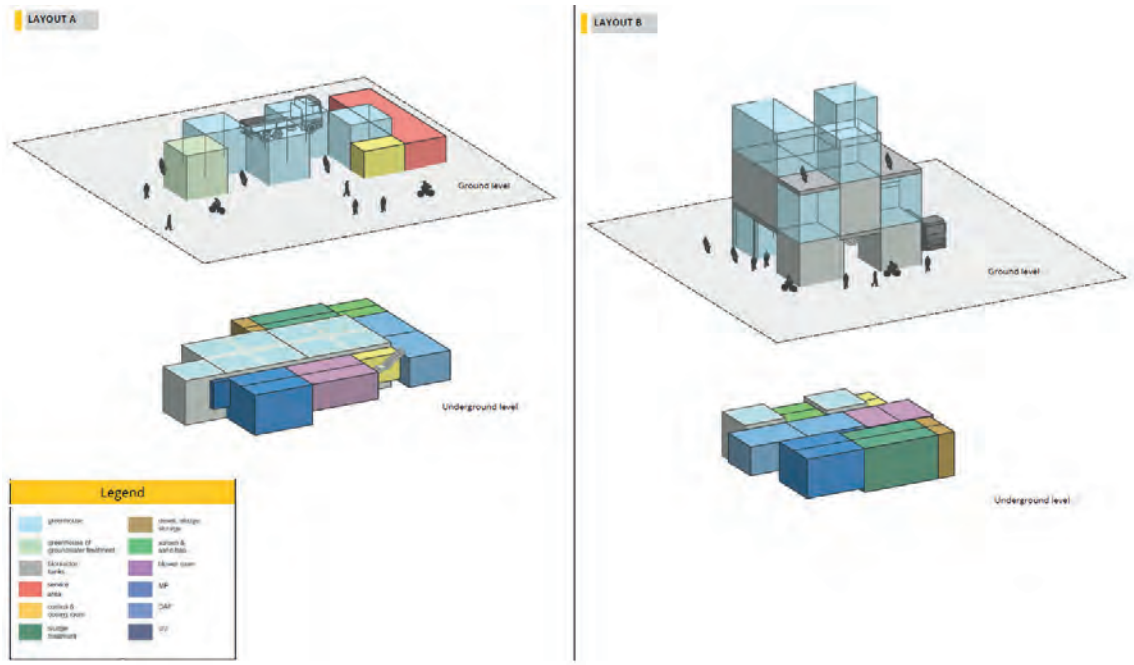
FIGUUR 27 **PROCESFLOWDIAGRAMMEN CHEMISCHE EN BIOLOGISCHE P VERWIJDERING VRIESCHELOO VAN BIOPOLUS. BRON: BIOPOLUS**



De variant met biologische fosfaatverwijdering heeft 2 extra reactoren. Een kleine selector en MNR 1 zonder dragermateriaal. Verder verloopt het traject nagenoeg hetzelfde. Het retourslib komt vanuit een DAF-installatie en de verwerking van het spuislib verschilt met het chemisch ontwerp in die zin dat er nog een gravitaire indikker aanwezig is.

Het oppervlak is in de basis 635 m^2 voor het chemisch P verwijdering ontwerp en 690 m^2 voor het biologische P verwijdering ontwerp. Biopolus geeft in zijn ontwerpvoorstel aan dat de modulaire opzet het mogelijk maakt het oppervlak nog verder te reduceren, dit door bijvoorbeeld meer de hoogte in te gaan. Op deze wijze is het mogelijk deze installaties in stedelijk gebied met beperkte ruimte te plaatsen. Hieronder wat voorbeeld schetsen van installatieconstructies.

FIGUUR 28 LAYOUTMOGELIJKHEDEN ZUIVERENDE KASSEN. BRON: BIOPOLUS



De documenten bijbehorende bij het ontwerp van Biopolus zijn terug te vinden in bijlage 3.

4.2.2 VERGELIJKINGEN SCENARIO VRIESCHELOO

Voor de vergelijking zijn een aantal aspecten naast elkaar gezet: effluentkwaliteit, energie, chemicaliën, reststoffen, en kosten. Deze vergelijkingen worden uiteengezet in tabellen gevolgd door een korte discussie.

EFFLUENTKWALITEIT

In Tabel 19 zijn de verwachte effluentconcentraties weergegeven. Een belangrijke kanttekening is dat in het geval van de OWT en het Biopolus ontwerp de slechtste situatie wordt weergeven (bij 8°C). Organica hanteert jaargemiddelde waarden. Inhoudelijk betekent dit laatste dat de N-eis bij temperaturen onder de 10°C niet te behalen is.

TABEL 19 VERWACHTE EFFLUENTCONCENTRATIES

Parameter	Eenheid	Scenario Vriescheloo	Biopolus		Organica	
			Chem-P	Bio-P	Chem-P	Bio-P
CZV	mg/l		38	39	85	70
BZV	mg/l	5,3	4,6	4,2	6,5	7,0
Ammonium	mg/l	1,5	2,2	0,9	3,0	4,0
Nitraat	mg/l	10,3	11,3	12,4	10,0	9,0
Totaal –N	mg/l	13,3	14,8	14,5	14,5	14,5
N-org	mg/l	1,5	1,3	1,3	1,5	1,5
PO_4-P	mg/l	n.b.	1,7	1,3	0,5	0,5
Totaal-P	mg/l	1,2	1,9	1,7	2,0	2,0
O.B.	mg/l	*n.b.*	10,0	10,0	<30	<30

RUIMTEGEBRUIK

De enige vergelijking die gemaakt kan worden met het OWT Vriescheloo scenario is die met betrekking tot het reactorvolume. Het volume van de zuiverende kassen is rond de 50% kleiner dan het actiefslib model. Een aspect wat niet is meegenomen in deze vergelijking, zijn de volumes en oppervlakken van de overige procesonderdelen, zoals een nabezinktank.

TABEL 20 RUIMTEGEBRUIK VAN DE REACTOREN

Onderdeel	Eenheid	Scenario Vriescheloo	Biopolus		Organica	
			Chem-P	Bio-P	Chem-P	Bio-P
Totaal reactor volume	m^3	4.300	1.920	2.230	1.898	2.176
Oppervlak Reactoren	m^2	n.b.	227	345	396	452
Totale oppervlak zuivering	m^2	n.b.	635	690	921	915

ENERGIEVERBRUIK

In Tabel 21 is het verwachte elektriciteitverbruik van de ontwerpen op jaarbasis en het verbruik per m^3 behandeld afvalwater te zien. Dit laatste onderdeel is vervolgens opgesplitst naar energieverbruik per procesonderdelen.

TABEL 21 ELECTRICITEITSVERBRUIK

Energie onderdeel	Eenheid	Scenario Vriescheloo	Biopolus		Organica	
			Chem-P	Bio-P	Chem-P	Bio-P
Jaarlijks elektriciteitsverbruik	kWh/y	504.795	378.140	551.880	316.820	439.460
Elektriciteit per m^3	kWh/m^3	0,46	0,37	0,54	0,31	0,44
- Primaire zuivering	kWh/m^3	0,006	0,034	0,034	0,04	0,04
- Reactor(en)	kWh/m^3	0,33	0,26	0,27	0,22	0,35
- Na behandeling	kWh/m^3	0,012	0,028	0,2	0,011	0,011
- Slibbehandeling	kWh/m^3	0,063	0,023	0,017	0,026	0,026
- Overig	kWh/m^3	0,045	0,021	0,017	0,008	0,008

In vergelijking met het conventionele ontwerpscenario is het energieverbruik in alle ontwerpen lager met uitzondering van het Bio-P-ontwerp van Biopolus. De oorzaak hiervan is de keuze van nabehandeling. Een vergelijking die meer in lijn is met de opdracht van deze rapportage is om te kijken naar het energieverbruik van de reactoren (zie Tabel 22).

TABEL 22 **ENERGIEVERBRUIK VAN DE REACTOREN, UITGESPLITST NAAR ONDERDEEL**

Reactor(en)	Eenheid	Scenario Vriescheloo	Biopolus		Organica	
Uitgesplitst			Chem-P	Bio-P	Chem-P	Bio-P
Beluchting	kWh/m^3	0,23	0,195	0,201	0,197	0,273
Menging	kWh/m^3	0,1	0,062	0,062	0,000	0,017
Recirculatie	kWh/m^3	0,004	0,005	0,005	0,017	0,056
Dosering	kWh/m^3	n.a.	0,001		0,001	

Te zien is dat de verschillen tussen in ieder geval de ontwerpen van Biopolus en het ontwerp van de chemische P-verwijdering van Organica niet zo groot is. De bio-P-installatie van Organica heeft een wat hogere beluchtingsenergie dan de andere ontwerpen. Dit energieverbruik neemt wat toe, omdat de reactoren naast slib-op-drager ook actiefslib bevatten en dit de zuurstoftransferefficiëntie negatief beïnvloedt. Het is niet duidelijk waarom dit vele malen hoger is bij Organica dan bij Biopolus. De recirculatie energie van Organica is opvallend hoger rn dit heeft in het chem-P-scenario te maken met dat er grotere volumes worden rerecirculeerd dan bijvoorbeeld het chem-P van Biopolus. In het geval van de bio-P-installatie is er ook nog een extra recirculatie aanwezig tussen FCR 1 en 2.

Te zien is dat het gasverbruik voor het verwarmen van de kas bij de ontwerpen van Organica niet aanwezig is in tegenstelling tot bij de ontwerpen van Biopolus. Het gasverbruik is te zien in Tabel 23.

TABEL 23 **GASVERBRUIK**

Energieonderdeel	Eenheid	Biopolus		Organica	
		Chem-P	Bio-P	Chem-P	Bio-P
Aardgas verbruik	m^3/d	8,25	9,7	0	0
Als elektrische energie	kWh/d	81,24	95,7	0	0

Bij navraag verklaarde Biopolus dat dit te maken heeft met het op een minimale temperatuur te houden van de kas van 6 graden. Hierbij wordt geen restwarmte van het afvalwater gebruikt, is er een geringe isolatie van de kas en komt er geen warme van nabijgelegen bebouwing. Strikt noodzakelijk voor de zuiverende werking van het systeem is deze verwarming niet. De gebruikte tropische planten vereisen echter deze minimumtemperatuur. Een optie om verwarming te voorkomen is door een soberdere uitstraling te gebruiken met andere planten. Verwarming met aardgas is dus een keuze, net zoals het gebruikmaken van milieuvriendelijkere technieken, zoals warmte/koude opslag.

Organica bevestigt dat extra verwarming niet nodig is om de temperatuur in de kas boven de 6 graden te houden, de restwarmte van het afvalwater en inval van zonlicht voorzien hierin.

CHEMICALIËNVERBRUIK

In Tabel 24 is de dagelijkse hoeveelheid chemicaliën die volgens de ontwerpen gebruikt wordt weergegeven. Onder chemicaliën verstaan we hier metaalzouten voor het binden van fosfaat en polyelektrolyt voor indikking en/of ontwatering van slib. Voor de vergelijking is de hoeveelheid metaalzout naast m^3/d en kg/d ook weergeven in het aantal mol/d, omdat de ontwerpers met verschillende type metaalzouten werken.

TABEL 24 CHEMICALIËNGERUIK VOLGENS DE ONTWERPEN

Onderdeel	Eenheid	Scenario Vriescheloo	Biopolus		Organica	
			Chem-P	Bio-P	Chem-P	Bio-P
$FeCl_3$ (40%)	m^3/d	0,018	0,18			
Mol FeCl	kMol/d	0,19	1,9			
Massa FeCl (1.400 kg/m^3)	kg/d	10	100,8			
PAC (10% AlO_3)	m^3/d				0,28	
Mol PAC / AlO_3	Mol/d				1,3	
Massa PAC (1.210 kg/m^3)	kg/d				34	
Polyelektrolyt	kg/d	7	3,7	5	4,6	4,6

In het OWT-ontwerp van Vriescheloo is dosering van metaalzout enkel nodig ter aanvulling van de Bio-P verwijdering. Kijkend naar de hoeveelheden in mol product doseert Biopolus meer dan Organica. De Me:P-verhoudingen zijn 2,2 (Biopolus) en 1,5 (Organica).

De hoeveelheid polyelektrolytverbruik verschilt eveneens in de onderlinge ontwerpen. Dit heeft waarschijnlijk te maken de aannamen van verbruik polyelektrolyt per ingaande kg droge stof. Deze hoeveelheid is uiteraard ook afhankelijk van de hoeveelheid slib die behandeld wordt.

RESTSTOFFENPRODUCTIE

Voor de berekening van de slibproductie is gebruik gemaakt van de productie bij 8°C (10°C ontwerpen Organica). De productie van reststoffen is te zien in Tabel 25.

TABEL 25 PRODUCTIE RESTSTOFFEN

Onderdeel	Eenheid	Scenario Vriescheloo	Biopolus		Organica	
			Chem-P	Bio-P	Chem-P	Bio-P
Roostergoed	kg/d	n.b.	0,14	0,14	0,24	0,24
Zand	kg/d	n.b.	74,47	74,47	140	140
Slib	Kg d.s./d	543	616	531	540	520
- waarvan chemisch	Kg d.s./d		90	n.a.	n.b.	n.b.
Plantenbiomassa	Kg d.s./ jaar	n.a.	1.920	1.920	1.180	1.331

In de tabel is te zien dat de ontwerpen van Organica en Biopolus minder biologisch slib produceren dan het actiefslibsysteem. De totale slibproductie wordt echter sterk beïnvloed door het gebruik van metaalzouten. In het geval van Biopolus is de hogere Me:P en het type (zwaardere) metaalzout ook ongunstig. Een opvallend verschil tussen de ontwerpen van Organica en vooral Biopolus is dat het slibproductie daalt bij biologische fosfaatverwijdering. De lijn der verwachting zou zijn dat dit hybride systeem meer slib moet afvoeren om het fosfaat te verwijderen. Organica meldt na navraag dat er inderdaad veel meer slib uit de nabezinker komt, maar dat dit grotendeels gerecirculeerd wordt terug naar de tweede tank van de hybride versie. P wordt verwijderd met het slib dat niet wordt gerecirculeerd. Bij het Epe scenario gaat dit terug naar de twee treinen. In totaal gaat er dus veel meer door het systeem en door de biomassa opnieuw in te brengen, wordt de slibleeftijd verlengd om biologische P opname te realiseren. Uiteindelijk gaat een kleine stroom naar de ontwatering, waarna de opgegeven hoeveelheid overblijft.

Belangrijke kanttekening bij het kijken naar de slibcijfer verschillen tussen Biopolus en Organica is de temperatuur. Dit scheelt twee graden met elkaar. In de ontwerp en terug reken-

tool betekent dit al gauw een verschil van 2,5% in slibproductie wat neer komt op ongeveer 14 kg ds/dag, maar gezien de onnauwkeurigheden in metingen van slibproductie en modellering van productie is dit niet significant te noemen.

Een ander opvallend verschil gerelateerd aan de zuiverende kassen is het groenafval (Tabel 26). Biopolus bepaalt het groenafval op basis van een minimale binnentemperatuur van 6°C, het type planten dat dan groeit en de maximale grootte die de planten kunnen/mogen bereiken. Op deze basis betekent dit een groei van 10 tot 30 kg biomassa/m^2.j. In de berekening is gekozen voor het gemiddelde van 20 kg d.s./m^2.j. Organica koos voor een groei van 14,3 kg d.s./m^2.j.

TABEL 26 **GEPRODUCEERDE PLANTENBIOMASSA BIJ GELIJKE GROEIFACTOR**

Productie	Eenheid	Biopolus		Organica	
		Chem-P	Bio-P	Chem-P	Bio-P
Planten biomassa	kg d.s./j	1.373	1.373	1.180	1.331

Bij dezelfde groeifactor is te zien dat de hoeveelheid plantenbiomassa bij Biopolus groter is. Dit is opvallend, want in Tabel 20 is te zien dat de oppervlakte van de reactoren bij Biopolus juist kleiner is. Het oppervlak aan plantenrekken is bij Biopulus echter hoger. Het verschil zit waarschijnlijk in de hoeveelheid plantenrekken of het oppervlak per plantenrek dat gehanteerd wordt.

TABEL 27 **OPPERVLAKTE PLANTENREKKEN**

	Eenheid	Biopolus		Organica	
		Chem-P	Bio-P	Chem-P	Bio-P
Oppervlak plantenrekken	m^2	96,0	96,0	82,5	93,1

KOSTEN

Een inschatting van de realisatiekosten voor de ontwerpen staan in Tabel 28.

TABEL 28 **REALISATIEKOSTEN VAN DE ONTWERPEN**

Onderdeel	Scenario Vriescheloo	Biopolus		Organica	
		Chem-P	Bio-P	Chem-P	Bio-P
Realisatiekosten zonder toeslagfactor	€ 4.765.882	€ 2.651.000	€ 3.064.000	€ 3.363.000	€ 3.385.000
Realisatiekosten met toeslagfactor (70%)	€ 8.102.000	€ 4.506.700	€ 5.208.800	€ 5.717.100	€ 5.754.500

Belangrijk om te vermelden, is dat het voor alle ontwerpen (Biopolus, Organica, OWT) gaat om een schatting van de kosten. De OWT heeft een uitgebreide detailberekening en maakt het gebruik van een toeslagfactor (70%). Deze toeslagfactor is ook bij de kosten voor de realisatie van de ontwerpen van Biopolus en Organica berekend.

Wat betreft jaarlijks terugkerende kosten is het in deze vergelijking enkel mogelijk de kosten van energie, slibverwerking en chemicaliën naast elkaar te zetten.

TABEL 29 JAARLIJKSE KOSTEN VAN ENERGIE, SLIBVERWERKING EN CHEMICALIËN

Onderdeel		Scenario Vriescheloo	Biopolus		Organica	
			Chem-P	Bio-P	Chem-P	Bio-P
Energie[1]	€/jaar	30.353	23.914	24.835	20.236	32.193
Slibverwerking[2]	€/jaar	63.918	72.510	62.505	63.565	61.211
Metaalzouten[3]	€/jaar	6.935	69.350		47.450	
Totaal	€/jaar	101.206	165.774	87.340	131.251	93.404

[1] Op basis van reactor(en), prijs € 0,09 /kW

[2] € 322,50,-/ ton d.s. slibkoek (bron: Waterspiegel Unie van Waterschappen)

[3] Metaalzout op basis van € 0,10 / mol Me^{3+} (bron: waterspiegel Unie van Waterschappen)

4.2.3 EPE

RWZI Epe de eerste groene weide Nereda installatie op praktijkschaal. Deze installatie is (nog) niet representatief voor alle Nereda installaties, omdat deze nog niet volledig belast is en zogenaamd *veilig ontworpen* is. Dat wil zeggen dat ook hier praktijkcijfer materiaal niet bruikbaar is voor vergelijking en dat gebruik is gemaakt van de OWT. Gekozen is om de gemiddelde influent cijfers van Epe te gebruiken voor dit scenario. Hetzelfde temperatuurprofiel als dat van scenario Vieschelo is in deze toegepast. Tabel 30 geeft de gebruikte influentvrachten en debieten weer.

TABEL 30 INFLUENTGEGEVENS RWZI EPE

Parameter	Influentwaarden
Capaciteit (v.e.)	
CZV (kg/d)	5.420
BZV_5 (kg/d)	2.230
Kjeldahl-N (kg N/d)	570
P-totaal (kg P/d)	61
O.B. (kg/d)	2.120
Dagdebiet (m^3/d)	8.000
Droogweer debiet (m^3/h)	560
Regenweer debiet (m^3/h)	1.500

De effluenteisen zijn de standaardeisen opgegeven aan Organica en Biopolus:

TABEL 31 EFFLUENTEISEN AAN DE ONTWERPEN

Parameter	Effluent eis
CZV (mg/l)	125
BZV_5 (mg/l)	20
O.B. (mg/l)	30
N-totaal (mg N/l)	10
P-totaal (mg P/l)	2

In de praktijk zijn de eisen voor N-totaal < 5, P-totaal < 0,3. Het gaat hier dus om een fictief scenario.

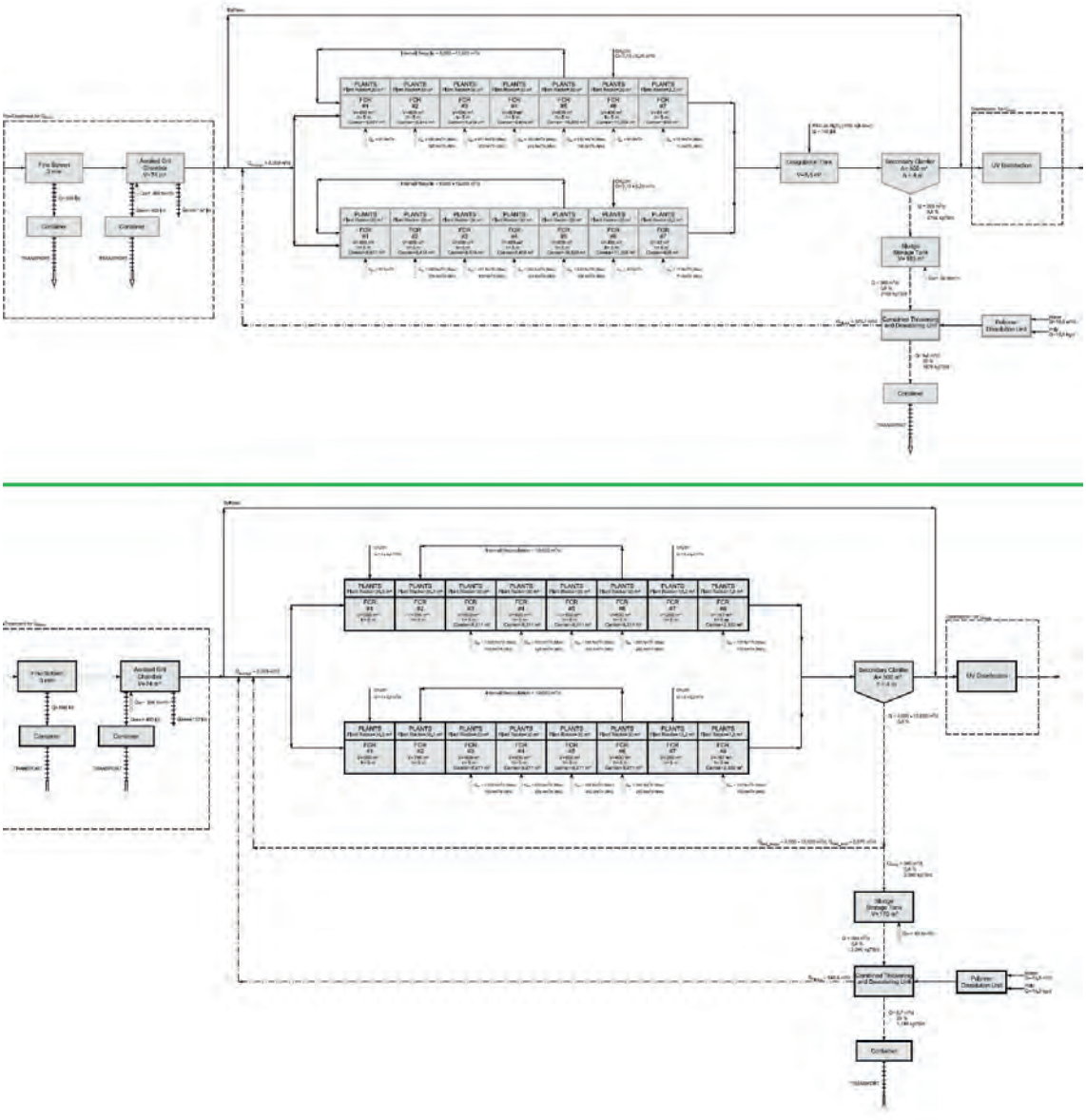
De OWT adviseert net als in het voorgaande scenario een Phoredox type systeem. De anaerobe tank heeft een inhoud 480 m^3, de anoxische tank 4.185 m^3 en de aerobe tank 6.400 m^3. Deze worden gevolgd door twee nabezinktanks met een diameter van 35 m^2 en een kantdiepte van 2 meter.

Voor het scenario Epe gelden zelfde beperkingen als voor het scenario Vriescheloo (zie paragraaf 4.2.1).

ONTWERP ORGANICA

Ten opzichte van de ontwerpen voor Vriescheloo is er een aantal verschillen. De meest voor de hand liggende is de aanwezigheid van 2 straten met ieder 7 FCR's (8 bij Bio-P) die een groter volume hebben. Wat niet zo voor de hand ligt, is de interne recirculatie voor de denitrificatie. Deze loopt van FCR 5 naar het begin in plaats van naar de laatste reactor. Dit voor de in FCR 6 en 7 (of 7 en 8 bij Bio-P) extra denitrificatie, waarbij het opvalt dat er een externe koolstofbron (methanol) dosering nodig is om deze voldoende te laten verlopen.

FIGUUR 29 **PROCESSCHEMA´S ONTWERPEN VOOR EPE VAN ORGANICA. BRON: ORGANICA**



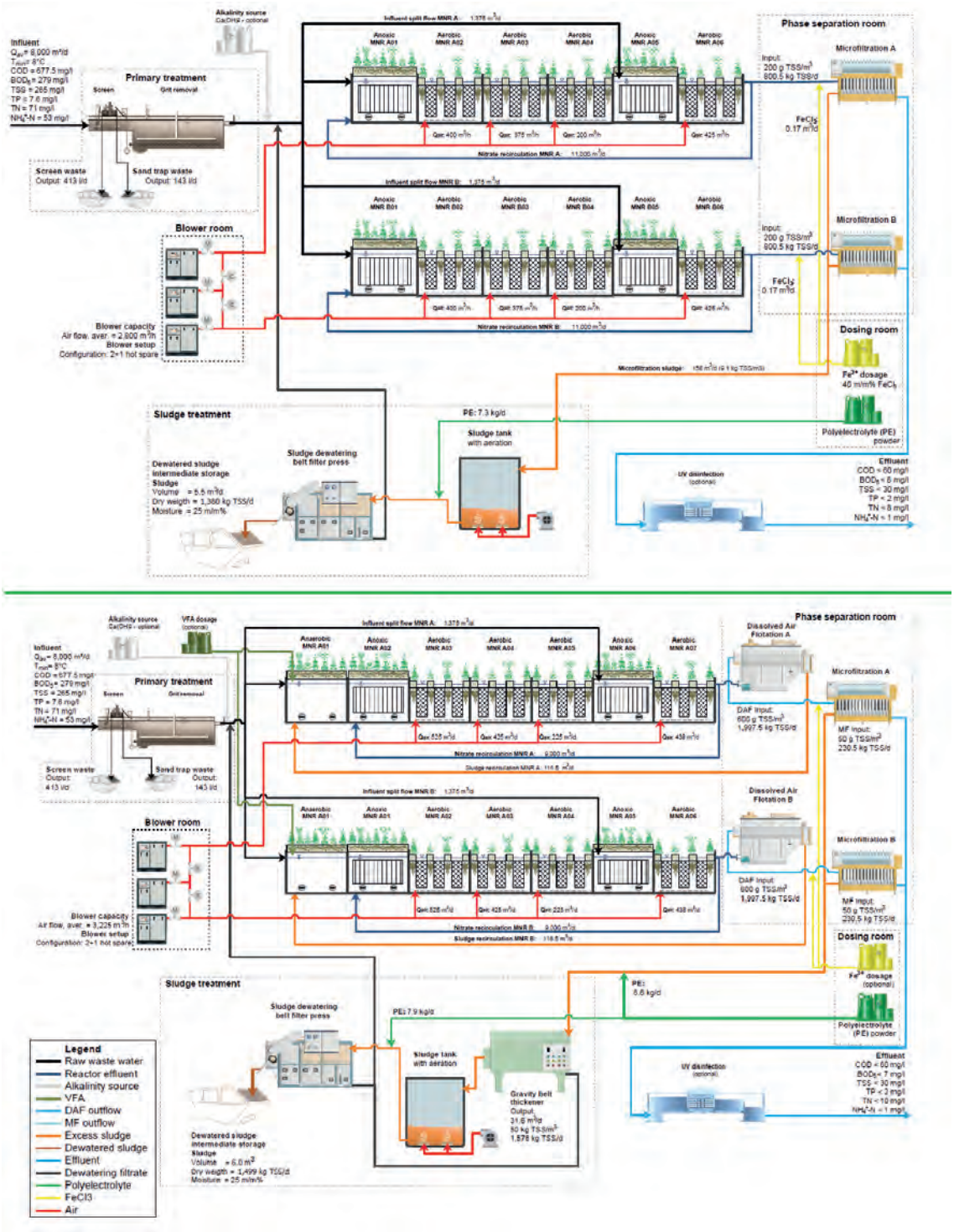
De documenten behorende bij het ontwerp van Organica zijn terug te vinden in bijlage 5.

ONTWERP BIOPOLUS

In vergelijking met het scenario Vriescheloo is er alleen verschil in de grootte van de MNR´s (zie Figuur 30).

De documenten bijbehorende bij het ontwerp van Biopolus zijn terug te vinden in bijlage 3.

FIGUUR 30 PROCESSCHEMA´S ONTWERPEN VOOR EPE VAN BIOPOLUS. BRON: BIOPOLUS



4.2.4 VERGELIJKING SCENARIO EPE

Voor de vergelijking is een aantal aspecten naast elkaar gezet: effluentkwaliteit, energie, chemicaliën, reststoffen en kosten. Deze vergelijkingen worden uiteengezet in tabellen gevolgd door een korte discussie.

EFFLUENTKWALITEIT

In Tabel 32 zijn de verwachte effluentconcentraties weergegeven. Een belangrijke kanttekening is dat in het geval van de OWT en het Biopolus ontwerp de maximale concentraties worden weergeven (bij een influenttemperatuur van 8°). Organica hanteert jaargemiddelde waarden. Inhoudelijk betekent dit laatste dat de N-eis bij temperaturen onder de 10°C niet te behalen is. Gezien de stikstof eis een jaargemiddelde betreft is het in feite ook niet noodzakelijk hier aan te voldoen.

TABEL 32 **VERWACHTE EFFLUENTCONCENTRATIES VAN DE ONTWERPEN**

Parameter	Eenheid	Scenario Epe	Biopolus		Organica	
			Chem-P	Bio-P	Chem-P	Bio-P
CZV	mg/l	*n.b.*	45	48	85	70
BZV	mg/l	5,7	3,8	3,2	7,0	6,5
Ammonium	mg/l	1,5	1,3	1,5	2,5	1,0
Nitraat	mg/l	6,7	7,2	7,2	6,0	8,0
Totaal –N	mg/l	9,7	9,8	9,9	10,0	10,0
N-org	mg/l	1,5	2,6	2,9	1,5	1,0
PO_4-P	mg/l	*n.b.*	1,4	1,1	0,5	0,5
Totaal-P	mg/l	0,2	1,8	1,6	2,0	2,0
O.B.	mg/l	*n.b.*	6,8	10	<30	<30

RUIMTEGEBRUIK

Het enige opmerkelijke in deze vergelijking (Tabel 33), ten op zichte van het Vriescheloo scenario, is het volume verschil tussen de Chem-P en Bio-P ontwerpen van Organica. Bij het voorgaande scenario was het verschil in volume 278 m^3 en in dit scenario is dat 1.552 m^3. Bij het Biopolus ontwerp was het verschil 310 m^3 en in dit scenario is dat 330 m^3. Organica meldt dat dit komt omdat de CZV -oncentratie 8% hoger ligt, de BZV-concentratie 7% en de totaal-N concentratie 7%. Alleen de totaal-P-concentratie ligt lager. Door de hogere concentraties moet de verblijftijd langer worden. In het Vriescheloo scenario is de hybride installatie 15% groter dan de FCR en bij het Epe scenario is dat 25%. Organica ziet niet in hoe dat bij de Biopolus installaties anders kan zijn, gezien het verschil in belasting.

TABEL 33 **RUIMTEGEBRUIK VAN DE ONTWERPEN**

Onderdeel	Eenheid	Scenario Epe	Biopolus		Organica	
			Chem-P	Bio-P	Chem-P	Bio-P
Totaal reactor volume	m^3	11.065	6.600	6.930	6.582	8.134
Totale oppervlak zuivering	m^2	n.b.	1.566	1.777	2.604	2.739
Reactoren	m^2	n.b.	1.367	1.480	1.304	1.604
Plantenrekken	m^2		210	210	280	348

ENERGIEVERBRUIK

In Tabel 34 staat het verwachte elektriciteitverbruik van de ontwerpen op jaarbasis en het verbruik per m^3 behandeld afvalwater. Dit laatste onderdeel is vervolgens opgesplitst naar energieverbruik per procesonderdeel.

TABEL 34 **VERWACHT ELECTRICITEITSVERBRUIK IN DE ONTWERPEN**

Energie onderdeel	Eenheid	Scenario Epe	Biopolus		Organica	
			Chem-P	Bio-P	Chem-P	Bio-P
Jaarlijks elektriciteitverbruik	kWh/y	1.442.115	934.400	1.343.200	878.920	1.497.960
Elektriciteit per m^3	kWh/m^3	0,49	0,32	0,46	0,301	0,513
- Primaire zuivering	kWh/m^3	0,007	0,045	0,045	0,021	0,024
- Reactor(en)	kWh/m^3	0,35	0,22	0,25	0,25	0,42
- Na behandeling	kWh/m^3	0,014	0,031	0,126	0,004	0,004
- Slibbehandeling	kWh/m^3	0,04	0,018	0,025	0,026	0,025
- Overig	kWh/m^3	n.b.	0,009	0,009	n.b.	n.b.

TABEL 35 **VERWACHT ELECTRICITEITSVERBRUIK OPGESPLITST NAAR ONDERDEEL**

Reactor(en) uitgesplitst	Eenheid	Scenario Epe	Biopolus		Organica	
			Chem-P	Bio-P	Chem-P	Bio-P
Beluchting	kWh/m^3	0,24	0,19	0,21	0,24	0,32
Menging	kWh/m^3	0,1	0,022	0,027	0	0,087
Recirculatie	kWh/m^3	0,006	0,009	0,009	0,015	0,015
Dosering	kWh/m^3	n.a.	0,002		0,001	

Het verwachte aardgasverbruik staat in Tabel 36.

TABEL 36 **VERWACHT AARDGASGEBRUIK**

Energieonderdeel	Eenheid	Scenario Epe	Biopolus		Organica	
			Chem-P	Bio-P	Chem-P	Bio-P
Aardgas verbruik	m^3/d	n.b.	27	30	0	0
In GER (35,17 MJ/m^3)	m^3/d		950	1.062	0	0
Als elektrische energie	kWh/d		266	297	0	0

Zoals eerder aangegeven bij het Vriescheloo scenario, is het hoogstwaarschijnlijk niet noodzakelijk de kas bij te verwarmen.

CHEMICALIËNVERBRUIK

In Tabel 37 is de dagelijkse hoeveelheid chemicaliën die volgens de ontwerpen gebruikt wordt weergegeven. Onder chemicaliën verstaan we hier metaalzouten voor het binden van fosfaat en polyelektrolyt voor indikking en/of ontwatering van slib. Voor de vergelijking is de hoeveelheid metaalzout naast m^3/d en kg/d ook weergeven in het aantal mol/d, omdat de ontwerpers met verschillende type metaalzouten werken.

TABEL 37 **CHEMICALIËNGERUIK VOLGENS DE ONTWERPEN**

Onderdeel	Eenheid	Scenario Epe	Biopolus		Organica	
			Chem-P	Bio-P	Chem-P	Bio-P
$FeCl_3$ (40%)	m^3/d	n.a.	0,34			
kMol FeCl	kMol/d	n.a.	3,4			
Massa FeCl (1.400 kg/m^3)	kg/d	n.a.	190			
PAC (10% AlO_3)	m^3/d				0,14	
kMol PAC / AlO_3	kMol/d				0,63	
Massa PAC (1.210 kg/m^3)	kg/d				16,9	
Polyelektrolyt	kg/d	22	7,8	8,6	16,5	15,5
Methanol	m^3/d	n.a	n.a.	n.a.	0,5	0,4
Massa methanol	kg /d				396	317

In voorgaande scenario was er klein verschil in Me:P-verhoudingen. In dit scenario verschilt dit zeer sterk: 2,4 bij het ontwerp van Biopolus en 0,32 bij dat van Organica.
Nog een verschil met het voorgaande scenario is de noodzaak in het ontwerp van Organica om een koolstofbron te doseren. De BZV/N-verhouding in het influent is 3,9, terwijl dit in 4 à 5 zou moeten zijn. Bij navraag geeft Organica aan, dat koolstofdosering dit is toegevoegd om er zeker van te zijn dat stikstofverwijdering goed verloopt. Waarschijnlijk is toevoeging in de praktijk niet nodig.

RESTSTOFFENPRODUCTIE

De productie van reststoffen is te zien in Tabel 38. De slibproductie is berekend op basis van de productie bij 8°C (10°C ontwerpen Organica).

TABEL 38 RESTSTOFFENPRODUCTIE VAN DE ONTWERPEN

Onderdeel	Eenheid	Scenario Epe	Biopolus		Organica	
			Chem-P	Bio-P	Chem-P	Bio-P
Roostergoed	kg/d	n.b.	0,41	0,41	0,69	0,69
Zand	kg/d	n.b.	286,2	286,2	146	146
Slib	Kg d.s./d	1.982	1.380	1.499	1.880	1.740
Waarvan chemisch	Kg d.s./d	n.a.	139	n.a.	n.b.	n.b.
Planten biomassa	Kg d.s./j	n.a.	4.200	4.200	4.008	4.970

Een opvallend verschil bij de Biopolus ontwerpen tussen het voorgaande scenario en in dit scenario is dat de slibproductie met chemisch slib lager is dan bij het actiefslib ontwerp.

KOSTEN

De verwachte realisatiekosten staan in Tabel 39. Belangrijk om te vermelden, is dat het voor alle ontwerpen (Biopolus, Organica, OWT) gaat om een schatting van de kosten. De OWT heeft een uitgebreide detailberekening en maakt het gebruik van een toeslagfactor (70%). Ook voor de ontwerpen van Biopolus en Organica is de toeslagfactor berekend.

TABEL 39 VERWACHTE REALISATIEKOSTEN

Onderdeel	Scenario Epe	Biopolus		Organica	
		Chem-P	Bio-P	Chem-P	Bio-P
Realisatie kosten zonder toeslagfactor	€ 7.224.118	€ 5.456.000	€ 6.137.000	€ 5.940.000	€ 6.401.000
Realisatie kosten met toeslagfactor (70%)	€ 12.281.000	€ 9.275.200	€ 10.432.900	€ 10.098.000	€ 10.881.700

De verwachte jaarlijkse kosten van energie, slibverwerking en chemicaliëngebruik staan in Tabel 40.

TABEL 40 VERWACHTE JAARLIJKSE KOSTEN

Onderdeel		Scenario Vriescheloo	Biopolus		Organica	
			Chem-P	Bio-P	Chem-P	Bio-P
Energie[1]	€/jaar	30.353	23.914	24.835	20.236	32.193
Slibverwerking[2]	€/jaar	63.918	72.510	62.505	63.565	61.211
Metaalzouten[3]	€/jaar	6.935	69.350		47.450	
Totaal	€/jaar	101.206	165.774	87.340	131.251	93.404

[1] Op basis van reactor(en), prijs € 0,09 /kW

[2] € 322,50,-/ ton d.s. slibkoek (bron: Waterspiegel Unie van Waterschappen)

[3] Metaalzout op basis van € 0,10 / mol Me^{3+} (bron: waterspiegel Unie van Waterschappen)

4.2.5 DISCUSSIE

De ontwerppartijen claimen in hun communicatie over hun system dat deze compacter en energiezuiniger zijn en dat zij minder slib produceren dan conventionele actiefslib systemen. De ontwerp vergelijkingen geven inzicht of deze claims waarheidsgetouw zijn.

1. Oppervlaktebeslag
   Gekeken naar de kern van de techniek, het biologische zuiveringsproces, zijn de volumes die de technieken vragen kleiner dan die van het conventionele systeem. In het Vriescheloo scenario is de grootste zuiverende kas 48% kleiner dan de actiefslib tank. In het Epe scenario is dit 27% kleiner. Een tweede aspect dat het oppervlak van deze systemen kleiner maakt is de nabehandeling. Dit is in beide ontwerpen een compacter systeem: een kleinere nabezink tank, D.A.F. of microzeef.

2. Energieverbruik
   Bij het vergelijken van het energieverbruik is het van belang dat de juiste dingen met elkaar worden vergeleken met gelijke aannamen. De primaire zuivering (roosters, zandvanger e.d.) bijvoorbeeld, zijn in deze vergelijkingen verschillend. Door aannamen van de ontwerpers verbruikt de voorzuivering meer energie en komt het ongunstig uit in de totaal berekening. Andersom geldt hetzelfde voor de slibbehandeling. Het energieverbruik valt hoger uit bij het conventionele ontwerp. De belangrijkste vergelijking is die van het energieverbruik van de reactoren en dan met name de beluchting. Bij eerder ontwerpen kwam naar voren dat de zuiverende kassen meer energie verbruiken ten opzichte van het conventioneel ontwerp. Bij navraag kwam naar voren dat er een ongelijke zuurstoftransfercoëfficiënt was toegepast. Dit is een relevant aspect bij het type beluchtingssysteem. De ontwerpers van de zuiverende kassen maakten in hun berekeningen gebruik van buisbeluchters. De ontwerptool heeft als minst efficiënte systeem schotel beluchting. Het verschil tussen deze systemen is een 1,5 g O_2/Nm^3 lucht inbreng. Dit lijkt niet veel, maar geeft uiteindelijk een groot verschil in energieverbruik.

   Het is aan de hand van deze ontwerpen nog niet geheel duidelijk of het systeem energiezuiniger is. De systemen met chemische fosfaatverwijdering zijn dat wel, maar bij de systemen met biologische fosfaatverwijdering is er verschil in ontwerp en energieverbruik. Het is aannemelijk dat de hybride (IFAS) systemen een hoger energieverbruik hebben, omdat het te beluchten medium meer verontreinigingen bevat die de overdracht van zuurstof negatief beïnvloeden (gekoppeld aan de α factor). Maar waarom dit vele malen groter is bij de ene ontwerper dan de ander is niet duidelijk.

3. Slibproductie
   Een opmerkelijk gegeven in deze vergelijk is dat een hybride (IFAS) systeem voor wat betreft slibproductie gunstiger is dan een puur systeem met alleen vastgehecht slib. Kijkend naar de scenario's onderling valt op dat bij een fabrikant de chemische fosfaatverwijderingontwerpen in het ene scenario (Vriescheloo) meer slib produceert (hoofdzakelijk chemisch slib), maar in het andere scenario (ondanks de aanwezigheid van chemisch slib) minder dan in het conventionele ontwerp. Hierover is navraag gedaan bij de ontwerper. Volgens de ontwerper heeft dit te maken met de influentsamenstelling en hoe de dynamische simulatie tool hier mee omgaat. Deze tool, SUMO genaamd, gaat uit van breed scala aan variabelen, waaronder niet-biologisch afbreekbare componenten, de afbraaksnelheid van biologische componenten en predatiefactoren. Om het niet te complex te maken komt het neer op een netto slib aangroei per kg BZV in het influent. De statische OWT rekent in beide scenario's met een vaste slibaangroei van 0,65 kg d.s./kg BZV. De SUMO rekent in scenario Vriescheloo met 0,7 kg d.s./kg BZV

en in scenario Epe met 0,5 kg d.s./kg BZV. Uit de praktijkcijfers van South Pest en Etyek komt echter naar voren dat de slibproductie respectievelijk 1,10 en 1,45 kg d.s./kg verwijderd BZV is. Aanzienlijk hoger dus dan waar OWT en SUMO mee rekenen.

De claims van de fabrikanten worden middels deze vergelijking van ontwerpen grotendeels bevestigd. Daarbij moet in gedachten gehouden worden dat zowel de claims als de ontwerpen van de fabrikanten afkomstig zijn. De fabrikanten hebben echter geen inzicht gehad in of invloed kunnen uitoefenen op de uitkomsten van de OWT.

Het ziet ernaar uit dat de zuiverende kassen goedkoper zijn om te bouwen dan zuiveringen met conventionele actief slib systemen. Het gaat hier echter om ramingsbedragen die, hoewel vrij gedetailleerd, gemaakt zijn op basis van ontwerp. Het is onduidelijk of het verschil in praktijk ook zo groot zal zijn. Een factor die ook mee zou moeten wegen is de grondprijs. Niet alleen van de daadwerkelijke bouwgrond oppervlak, maar ook de resterende waarde van de omliggende gronden, inclusief hinderzone. Op beide aspecten springen zuiverende kassen er positief uit ten opzichte van conventionele actiefslibsystemen.

Kijkend naar de terugkerende kosten valt op dat de jaarlijkse kosten van de chemische fosfaatverwijderingsinstallaties hoger zijn dan die van het conventionele ontwerp. Dit wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door de kosten van metaalzouten. De Bio-P-ontwerpen zijn in ieder geval bij het eerste scenario wel goedkoper in jaarlijks terugkerende kosten. In het 2^{e} scenario is dit voor het ontwerp van Organica niet te zeggen, dit hoofdzakelijk door de keuze om methanol te doseren.

Een ander aspect dat naar voren komt is de alternatieve nabehandeling ten opzichte van een nabezinktank. Dit type systemen biedt veelal de potentie om verdergaand na te zuiveren, bijvoorbeeld op een parameter zoals onopgeloste bestandsdelen. Vergaande verlaging van deze parameter komt ten gunste van in de toekomst eventueel noodzakelijke vierde zuiveringsstap(pen) ten behoeve van verwijdering van microverontreinigingen.

In de kassen wordt plantenbiomassa geproduceerd. In bestaande installaties in het buitenland wordt dit vergist in een vergistingsinstallatie ter plekke of afgevoerd ter compostering.

Een belangrijk punt om te noemen is de effluentkwaliteit en gelijkheid van de ontwerpen. Waar Biopolus en de OWT effluent waarden weergeven gericht op altijd onder de de totaal stikstof eis en niet voortschrijdend zoals in het ontwerp van Organica. Bij temperaturen onder de 10 graden is de totaal stikstof in het effluent waarschijnlijk groter dan de eis. De installatie ontwerpen van Organica zou bij gelijke ontwerptemperatuur als de OWT en Biopolus groter zijn en meer beluchtingsenergie vragen.

Een tweede factor die van invloed is op het ontwerp, is het toepassen van een RWA - bypass. Deze ontwerpkeuze is gemaakt met de gedachte dat het water sterk genoeg verdunt bij RWA om direct te kunnen lozen op het oppervlaktewater. Hierdoor is het ontwerp van Organica niet 1 op 1 te vegelijken is met de andere twee ontwerpen.

4.2.6 CONCLUSIE

Op basis van deze theoretische ontwerpen is in ieder geval duidelijk dat deze systemen compacter zijn dan huidige conventionele actief slib systemen. De slibproductie is over algemeen lager (m.u.v. Biopolus chem-P in scenario Vriescheloo) en zo ook het energieverbruik

(m.u.v. Organica Bio-P-installaties). De afwijkende ontwerpen maken niet duidelijk of de installaties op alle punten een verbetering zijn ten aanzien van het actief slib systeem. Om de techniek op praktijkschaal te kunnen evalueren, zouden een of meer waterschappen gezamenlijk een of meer installaties kunnen realiseren waarin nader onderzoek wordt gedaan en ervaring wordt opgedaan.

4.3 CASE: STRIJP-S

4.3.1 ACHTERGROND

Strijp-S is een stedelijk district dichtbij het centrum van Eindhoven. Het is een voormalig industrieterrein van Philips van 30 ha. De gemeente wil het inrichten als een plek voor innovaties en experimenten in stedelijke ontwikkeling, technologie, ontwerp en kennis. In het gebied staat een aantal cultureel waardevolle gebouwen en objecten.

De transformatie van Strijp-S die nu gaande is zal resulteren in een gebied met een hoge dichtheid en een grote dynamiek. De historische gebouwen zijn gerenoveerd en huisvesten winkels, cafees, restaurants en bedrijven. Nieuwe woningen worden nu en in de toekomst gerealiseerd. Hierbij hoort ook een gezonde en vitale publieke groene ruimte.

Een van de experimenten zal zijn het realiseren van een lokale zuivering voor het ter plekke geproduceerde afvalwater.

In samenwerking met Waterschap De Dommel is door de Wageningen Universiteit onderzoek verricht naar de inpassing van een waterzuivering in het gebied ([4]). In dit onderzoek zijn drie typen waterzuivering betrokken:

- Een conventioneel actiefslib installatie
- Een Nereda installatie
- Een zuiverende kas (Biomakery van Biopolus)

De onderzoeksvragen waren:

- Wat zijn ontwerpcriteria voor vergroting van ecosysteemdiensten en voor de integratie van een rwzi in publieke groene ruimten in steden?
- Welke ecosysteemdiensten kunnen worden versterkt door de integratie van een rwzi in publieke ruimten en welk type rwzi heeft de grootste potentie om ecosysteemdiensten te versterken?
- In welke mate levert de integratie van een rwzi in publieke groene ruimten een bijdrage aan de eisen van stakeholders?
- Hoe ziet een door de stakeholders ondersteunde oplossing voor de integratie van een rwzi in Strijp-S eruit?

4.3.2 VERGELIJKING

In het rapport is voor de drie typen rwzi gescoord op criteria. Deze worden hieronder weergegeven (Tabel 41).

TABEL 41 **SCORES VAN EEN ACTIEF SLIB INSTALLATIE, EEN NEREDA INSTALLATIE EN EEN BIOMAKERY OP ECOSYSTEEMDIENSTEN IN STRIJP-S**

Criterium		Actief slib		Nereda		Biomakery
Aanwezigheid van gebieden voor voedselproductie	--	Nee, onvoldoende ruimte	++	Ja, kan water leveren aan stadslandbouw	++	Ja, kan water leveren aan stadslandbouw
Retentiegebieden voor tijdelijke wateropslag	+/-	Ja, al passen bufferzones niet in stedelijke omgeving	++	Ja, voldoende ruimte	++	Ja, voldoende ruimte
Biobrandstof, herbruikbaar organisch materiaal	-	Nee, onvoldoende ruimte	++	Ja, door stadslandbouw	++	Ja, door stadslandbouw
Mogelijkheden voor vermindering htte-eilanden in de stad	+/-	Ja, binnen de bufferzone van de rwzi	++	Ja, voldoende ruimte	++	Ja, voldoende ruimte
Retentiegebieden, infiltratiegebieden, doorlatende bestrating	--	Nee, onvoldoende ruimte	++	Ja, rwzi kan water leveren voor retentiegebieden	++	Ja, rwzi kan water leveren voor retentiegebieden
Vegetatie voor afvanging fijnstof, bomen als fysieke barrière	+/-	Ja, binnen de bufferzone van de rwzi	++	Ja, voldoende ruimte	++	Ja, voldoende ruimte
Geluiddemping door band van dichte vegetatie	+/-	Ja, binnen de bufferzone van de rwzi	++	Ja, voldoende ruimte	++	Ja, voldoende ruimte
Infiltratiegebieden voor neerslag	--	Nee, onvoldoende ruimte	++	Ja, voldoende ruimte	++	Ja, voldoende ruimte
Ondoordringbare gebieden, diverse vegetatie met hoge complexiteit	--	Nee, onvoldoende ruimte	++	Ja, voldoende ruimte	++	Ja, voldoende ruimte
Goed toegankelijke publieke groene ruimte, ook voor recreatie	--	Nee, onvoldoende ruimte	+/-	rwzi niet toegankelijk, ruimte eromheen wel	++	Ja, Biomakery is toegankelijk voor publiek
Stedelijke bossen en tuinen, semi-natuurlijke omgeving	--	Nee, onvoldoende ruimte	+/-	rwzi niet toegankelijk, ruimte eromheen wel	++	Ja, Biomakery is toegankelijk voor publiek
Ontmoetingsplekken in groene ruimte	--	Nee, onvoldoende ruimte	+/-	rwzi niet toegankelijk, ruimte eromheen wel	++	Ja, Biomakery is toegankelijk voor publiek
Stedelijke bossen en tuinen met een hoge ecologische waarde	--	Nee, onvoldoende ruimte	++	Ja, voldoende ruimte	++	Ja, voldoende ruimte

Uit de scores op mogelijkheden om ecosysteemdiensten in het gebied Strijper-S te vergroten scoort een Biomakery het best, gevolgd door een Nereda installatie. Een klassiek actief slibinstallatie biedt nauwelijks mogelijkheden.

4.3.3 CONCLUSIES

Uit de vergelijking zijn in het rapport ([4]) de volgende conclusies getrokken.

Het verkrijgen van draagvlak van bewoners voor het plaatsen van een rwzi in de nabije omgeving kan een probleem vormen. Voor veel mensen is de nabijheid van een rwzi geen prettig idee. Wanneer mensen denken aan een rwzi, dan zien zij een conventionele actiefslib installatie voor zich en het is goed te denkbaar dat een zuiverende kas tot een grotere acceptatie kan leiden. Alternatieve technieken en hun potentie om goed geïntegreerd te kunnen worden in de publieke groene omgeving zijn nieuw en onbekend. Goede communicatie naar bewoners over hoe nieuwe technieken zoals de Biomakery eruitzien en wat voor eigenschappen zij hebben, is daarom erg belangrijk.

5

CONCLUSIES

Zuiverende kassen lijken een visueel aantrekkelijk alternatief te zijn voor conventionele rwzi's. Zij lijken beter in de bebouwde omgeving of groene structuur eromheen te passen dan conventionele rwzi's en goed te combineren te zijn met sociale functies.

Bestaande installaties in het buitenland voldoen aan de daar geldende effluentnormen en functioneren soms al vele jaren naar verwachting. Bij gebrek aan ervaring in Nederland kan nog niet worden hardgemaakt dat zij ook onder de Nederlandse omstandigheden kunnen voldoen aan de in Nederland geldende effluentnormen van nu en van de toekomst.

Uit de casestudies en ontwerpen die Organica en Biopolus hebben gemaakt voor twee rwzi's komen de volgende conclusies:

1. Zuiverende kassen nemen minder ruimte in beslag dan conventionele rwzi's.
2. Het is aan de hand van deze ontwerpen nog niet geheel duidelijk of het systeem energiezuiniger is. De systemen met chemische fosfaatverwijdering zijn dat wel, maar bij de systemen met biologische fosfaatverwijdering is er verschil in ontwerp en energieverbruik tussen de twee fabrikanten.
3. De slibproductie is in zuiverende kassen in het buitenland hoger dan die van actiefslib installaties in Nederland. Uit de ontwerpberekeningen van de fabrikanten en met OWT blijkt deze vergelijkbaar met of lager te zijn dan die van conventionele actiefslib installaties.
4. De constructiekosten voor zuiverende kassen zijn lager dan die voor een conventionele rwzi.
5. De jaarlijkse kosten van de chemische fosfaatverwijderingsinstallaties zijn hoger dan die van het conventionele ontwerp. Dit wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door de kosten van metaalzouten. De Bio-P-ontwerpen zijn bij het scenario Vriescheloo wel goedkoper in jaarlijks terugkerende kosten. In het scenario Epe is dit voor het ontwerp van Organica niet te zeggen, dit hoofdzakelijk door de keuze om methanol te doseren.

Zuiverende kassen lijken een aantal voordelen te hebben boven conventionele rwzi's. Het verdient dan ook de aanbeveling om een of meer zuiverende kassen in Nederand te realiseren om de werking onder Nederlandse omstandigheden goed in kaart te brengen en te bestuderen of de door de fabrikanten opgegeven eigenschappen en kosten daadwerkelijk zijn zoals in dit rapport weergegeven. Belangrijke aspecten bij dit onderzoek zijn dan:

- Hoe presteren de systemen in de winter?
- Welke geuremissies zijn er in de praktijk?
- Hoe presteren de systemen onder regenrijke omstandigheden?
- Hoe verloopt de bedrijfsvoering in de praktijk en hoeveel werk is hiermee gemoeid?
- Hoeveel plantenbiomassa wordt geproduceerd en wat is de meest kostenefficiënte en duurzame manier om deze plantenbiomassa te benutten of te verwerken?
- Wat zijn in Nederland in de praktijk het energieverbruik, de slibproductie, de stichtingskosten en de operationele kosten?

- (Hoe) kunnen zuiverende kassen worden aangepast zodat zij beter aansluiten bij het streven naar energie- en grondstoffenterugwinning?
- (Hoe) kunnen zuiverende kassen worden aangepast zodat zij (beter) microverontreinigingen zoals medicijnresten, gewasbeschermingsmiddelen en microplastics verwijderen?

6

LITERATUUR

1. Benedek, T., A. Táncsics, N. Szilágyi, I. Tóth, M. Farkas, S. Szoboszlay, C. Krifaton, M. Hartman & B. Kriszt (2014). Analysis of biofilm bacterial communities responsible for carbon removal through a reactor cascade treating wastewater, World J Microbio Biotechnol (2014) 30:977-987

2. Hacquard, S., R. Garrido-Oter, A. Gonzáles, S. Spaepen, G. Ackemann, S. Lebeis, A.C. McHardy, J.L. Dangl, R. Knight, R. Ley & P. Schulze-Lefert (2015). Microbiota and Host Nutrition across Plant and Animal Kingdoms, Cell Host & Microbe 17, May 13, 2015 Elsevier Inc.

3. Hazi F. (2016)*. Interview Metabolic Network reactor, Interviewer: D. Schellekens, Bezoek Biopolus op locatie: Záhony u. 7 1031 Budapest Hungary.

4. Hetem, V. (2016). Strijp-S Revived: A landscape design for public green space that integrates wastewater treatment. MSc Thesis, Landscape Architecture, Wageningen University.

5. Kenyeres I. (2014,2015,2016)*. Interview Metabolic Network reactor. Interviewers: D. Schellekens en A. Otte

6. Krizstina, P. & Á. Czaba (2016)*. Expert opinion about the Odor Measurement Implemented in the Greenhouses. Expert Opinion No. EO-16-164-01. KVI-Plusz Environmental Testing Office Ltd. Budapest.

7. Szilagyi, N., V. Szmolka, I. Kenyeres, Z. Csikor & R. Kovács (2009)*. PPCP removal potential from wastewater with a biofilm-based treatment technology, IWA conference manuscript, IWA-10330R1, 2009

8. Todd, J.H., M. Rome & L. Valle (ongedateerd). Summary of Ecomachines® performance data. John Todd Ecological Design Inc.

9. Todd, J. & B. Josephson (1996). The design of living technologies for waste treatment. Ecological Engineering 6 (1996) 109-136.

10. Todd, N.J. & J. Todd (1993). From Eco-Cities to Living Machines. Principles of Ecological Design. North Atlantic Books, Berkeley, California.

11. Varga P. (2014)*. Interview Food chain reactor, vragenlijst. Interviewer: D. Schellekens en A. Otte, Organica Water, Telefonisch overleg en contact via E-mail.

* Informatie van leverancier (Biopolus of Organica).

BIJLAGE 1

VRAGENLIJST

Living Machines, Food Chain Reactors and Bioprocessors are attracting more and more attention from the water boards in The Netherlands. But there still are a lot of questions to be answered before waste water engineers will adapt these techniques.

The water boards, united in STOWA, have started an extensive study on these technologies in order to gain more insight in these green treatment technologies. In this questionnaire questions, gathered from waste water engineers of 13 water boards, are grouped into categories. The engineers have stressed that they want data from existing plants. These data will be analyzed and evaluated and the results will be published in a publicly available report. The data analyses and writing of the report will be done by Bioniers.

As stated above, we would like the questions to be answered per plant. We kindly ask you to answer these questions for at least 5 existing treatment plants (sites). If data isn't available for this amount of plants, maybe you answer the questions for one of more plants on the drawing table.

On behalf of the water boards of The Netherlands, thank you for you cooperation and your time.

The first series of questions is treatment plant specific. Please answer the questions for every site.

SITE SPECIFIC QUESTIONS

GENERAL

- Give a short description of the system. What kind of components are involved? If available, add a drawing, schematic or leaflet.
- What kind of waste water is being treated?
- Where is the plant located?
- What is the net and gross area of the plant?
- How much cubic meter of waste water is treated per year?
- Since when is the plant in operation?
- In case of municipal waste water: does this include rain water? What is the average proportion of rain water of the total flow?

PRE-TREATMENT

- Is the waste water pre-treated? If so, what is that pre-treatment?
- If the waste water is filtered as pre-treatment: what is the minimum size of the captured particles? What happens next with the captured material?
- If the waste water is pre-treated: what is the efficiency of CZV and suspended solids removal?

LIVING MACHINE/FCR/BIOPROCESSOR

- What is the hydraulic retention time of the waste water in the system?
- We would like to have data of measurements (preferably measurements of several years) of:
  - Date of measurement
  - Incoming flow rate (m^3/hour or m^3/day)
  - BZV (in and out) (mg/l)
  - CZV (in and out) (mg/l)
  - Ammonia (in and out) (mg N/l)
  - Nitrite (in and out) (mg N/l)
  - Nitrate (in and out) (mg N/l)
  - Kjeldahl-N (in and out) (mg N/l)
  - Total N (in and out) (mg N/l)
  - Ortho-phosphate (in and out) (mg P/l)
  - Total phosphate (in and out) (mg P/l)
  - Metals (in and out) (concentrations)
  - Organic micro's (in and out) (concentrations)
- What treatment steps are there? Have you measured water quality parameters between those steps?
- How is phosphate being removed? Is it possible to include a biological P-removal step in the system?
- How much man power is used to keep the system going? Include labor like trimming the plants etc.
- How much air is being pumped into the system (m air/m treated water)? How much energy is being consumed by aeration? How is the aeration system maintained?
- What is the density of sludge in the system (g of sludge/m of water)? What is the dry matter content of the sludge (in suspension and attached to the roots/cloth
- How many sludge is being produced (kg/year)?
- How are the plants maintained?
- What happens with plant parts that are cut off of have died off? Is there a market for plants grown in this treatment plant?
- How is the sludge being separated from the water?
- Are there measurements of air quality? If so, please provide them.

ODOR TREATMENT

- What kind of odor treatment is necessary for the different parts of the treatment plant (including pre-treatment and sludge treatment)?

POST-TREATMENT

- What kind of post-treatment is conducted on the effluent of the treatment plant?
- How is the sludge thickened and dewatered? What is the dry matter content after this step?
- What happens with the sludge (treatment)? Can this happen odor-free?

REUSE

- Is the effluent being reused? If so, what is it reused for? Is the water discharged on surface water?

COSTS AND BENEFITS

- What were the investment costs of the treatment plant?
- What are the yearly maintenance and operational costs?
- What are the yearly benefits and how are these generated?

The following questions aren's specific for treatment plants in use.

GENERAL QUESTIONS

LIVING MACHINE/FCR/BIOPROCESSOR

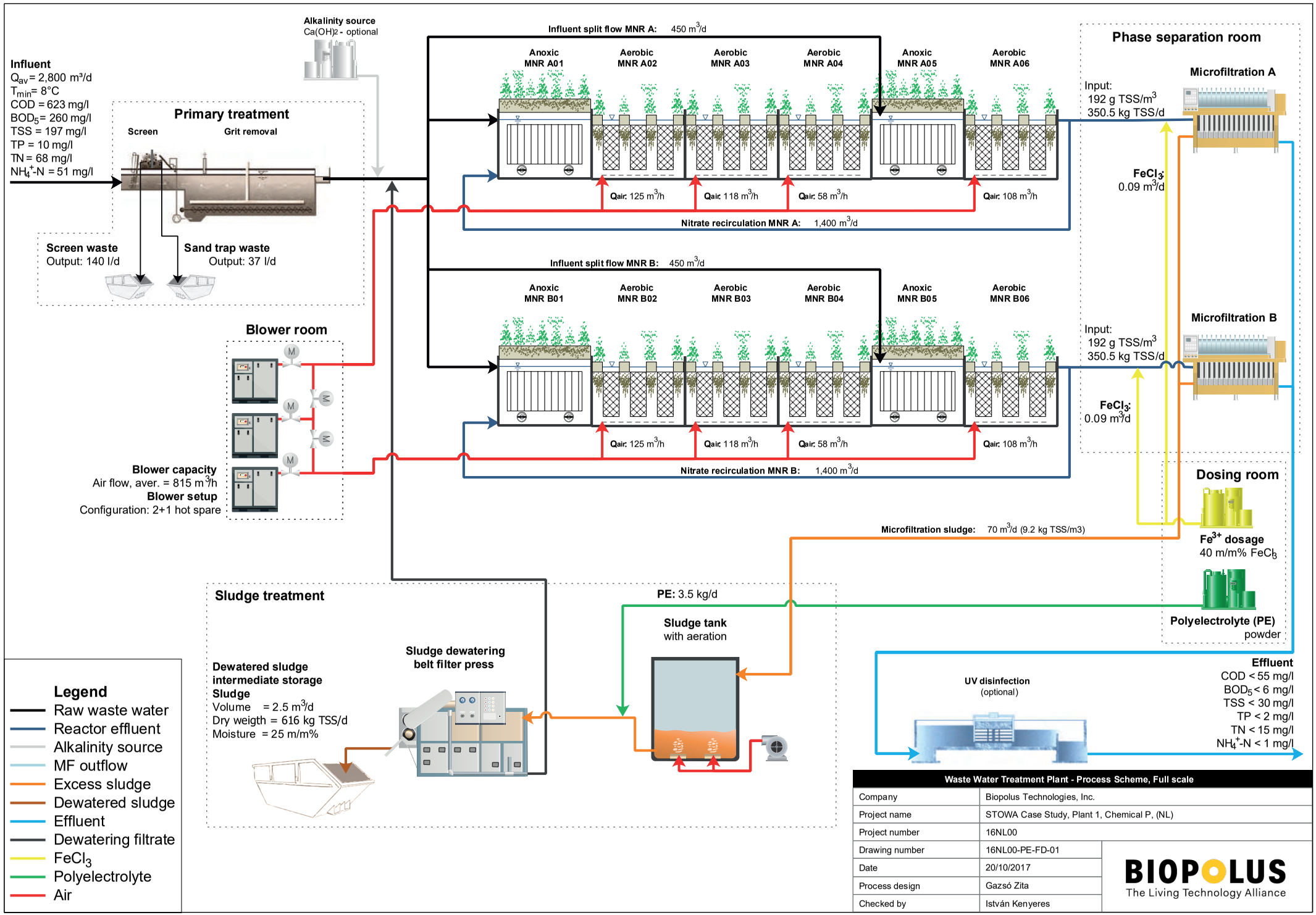
- Is the treatment suited for smaller plants (<20.000 p.e.)?
- Is the treatment plant suited for fluctuating flow rates, for example when a lot of rain water is being transported to the plant?)
- Is the plant suited for combining municipal waste water with industrial waste water?
- Can the system create local employment?
- Does the system contribute to closing loops (energy, water, resources)?
- Is the treated water suited or can it be made suitable for use as industrial process water or other purposes?
- Can the air in the greenhouse be polluted with Legionella, endotoxines or other harmful agents?
- Does H2S from the wastewater get into the air?

SOCIAL ASPECTS

- Is the treatment plant suited for educational purposes? Is it open for the public?
- Are there any special facilities needed to make it possible to open the plant for the public? What are these facilities?

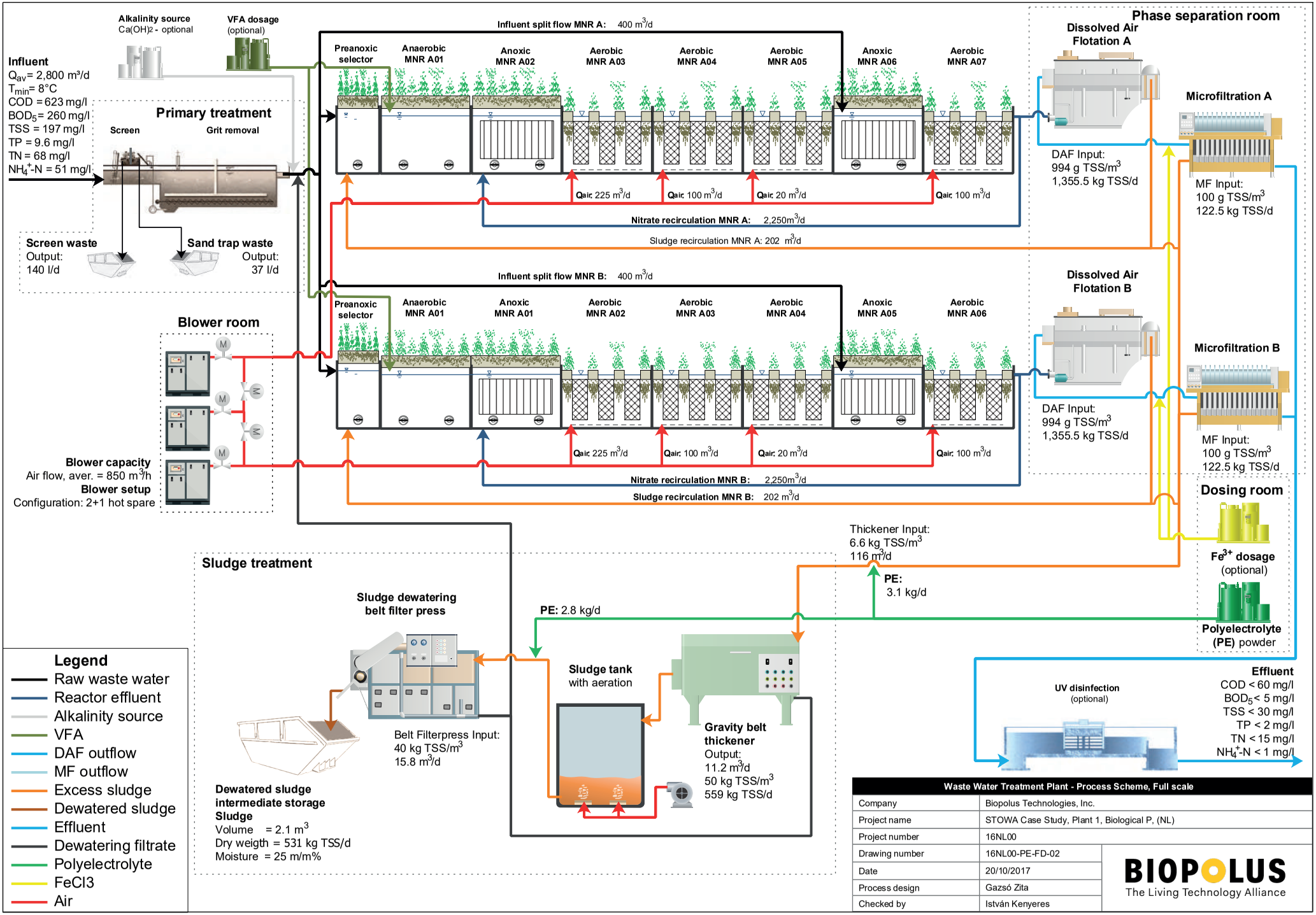
BIJLAGE 2

ONTWERPEN BIOPOLUS VRIESCHELOO



Waste Water Treatment Plant - Process Scheme, Full scale	
Company	Biopolus Technologies, Inc.
Project name	STOWA Case Study, Plant 1, Chemical P, (NL)
Project number	16NL00
Drawing number	16NL00-PE-FD-01
Date	20/10/2017
Process design	Gazsó Zita
Checked by	István Kenyeres

BIOPOLUS
The Living Technology Alliance



Waste Water Treatment Plant - Process Scheme, Full scale		
Company	Biopolus Technologies, Inc.	
Project name	STOWA Case Study, Plant 1, Biological P, (NL)	
Project number	16NL00	
Drawing number	16NL00-PE-FD-02	BIOPOLUS The Living Technology Alliance
Date	20/10/2017	
Process design	Gazsó Zita	
Checked by	István Kenyeres	

Technology Description

The following document describes the main biological treatment process steps and parameters for a Waste Water Treatment Plant in the Netherlands, with a design capacity of 2,800 m³/d. The process design was prepared by BIOPOLUS Technologies, Inc. for STOWA and Bioniers. The design is based on Biopolus's proprietary MNR (Metabolic Network Reactor) technology. The process parameters were determined using advanced dynamic simulations based on the data provided by the client.

This process sizing was executed based on a biofilm reactor scheme that applies chemical precipitation for phosphorus removal.

Design Basis

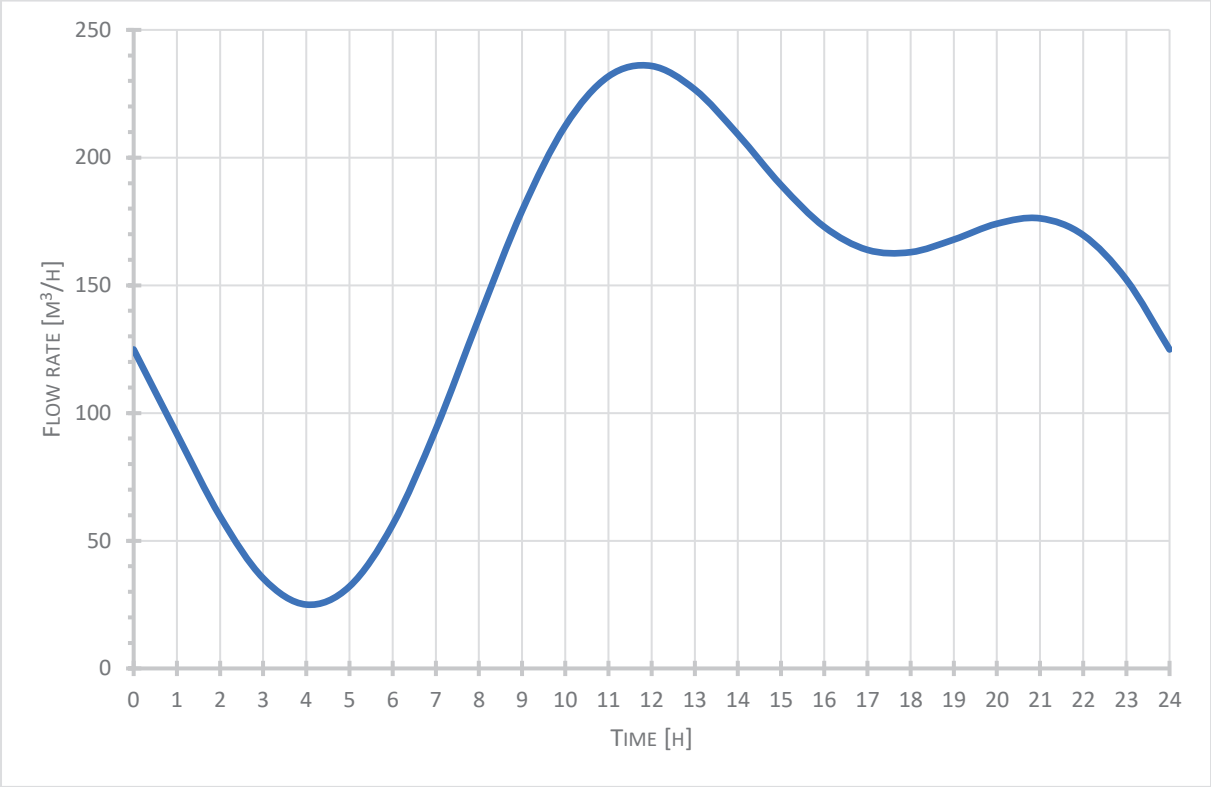
The technology design of the treatment facility is based on the data provided by STOWA. The main parameters of the influent water used in this design are as follows:

Denomination	Design	Unit
COD	623	mg O_2/l
BOD_5	260	mg O_2/l
NH_4-N	51	mg N/l
TN	68	mg N/l
TP	10	mg P/l
TSS	197	mg TSS/l
Minimum influent wastewater temperature	8	°C
Flow	2,800	m³/d
Average Flow	116.6	m³/hr

The design parameters for the effluent are based on the following water quality specifications:

Denomination	Maximum	Unit
COD	125	mg O_2/l
BOD_5	20	mg O_2/l
TN	15	mg N/l
TP	2	mg P/l
TSS	30	mg TSS/l

In the simulation the following diurnal flow distribution was assumed (based on provided data and experience):



Main Process Units

The designed process utilizes the following main units:

1) Pre-treatment
   a) Fine screen
   b) Grit and grease trap
2) Chemical dosage
   a) $Ca(OH)_2$ (optional)
   b) $FeCl_3$ or PAC
   c) Polyelectrolyte
3) Biological treatment step with MNR reactor cascade
4) Phase separation: Microfiltration
5) UV disinfection (optional)
6) Sludge storage tank
7) Sludge dewatering: Dewatering belt filter-press

Process Parameters

Pre-treatment

For the biological treatment to function properly, fine screening, sand and grease removal are suggested as pre-treatment steps.

It is assumed that wastewater will be pumped to the pre-treatment units from where it can flow to the following steps by gravitation.

Screen

The screening unit is designed as a fine screen with screen waste washing, dewatering and compacting. The estimated daily waste generation is based on an exponential correlation between the experienced volume of screenings and the related opening size between screen bars. (See Metcalf & Eddy: Wastewater Treatment and Reuse; tables 5-7 to 5-8.) We calculated with a screen waste compaction ratio of 60 percent.

Denomination	Value	Unit
Opening size	3	mm
Specific volume of screenings	86	l/1000 m³ water
Generated screen waste	241	l/d
Compaction ratio	0.6	l/l
Compacted screen waste	140	l/d

Sand and grease trap

The sand and grease trap is a horizontal flow design. It is aerated to avoid odor. Based on the influent characteristics, our calculation shows that approximately 15% of the influent TSS is inorganic. The horizontal flow sand trap efficiency is 90% for suspended inorganic solids.

Denomination	Value	Unit
Inorganic suspended solids removal ratio	0.9	-
Mass flow of influent inorganic TSS	74.5	kg/d
Mass flow of removed inorganic TSS	108	kg/d
Density of sand	2,000	kg/m³
Sand trap waste	37	l/d

Chemical dosage

Increasing alkalinity (optional)

Low influent alkalinity concentration can slow down, and in some cases completely inhibit nitrification. If pH drops below 6, nitrification is significantly slowed. Denitrification can help to alleviate this effect to some extent. To avoid this process it may optionally be required to raise the alkalinity of the influent. In case the alkalinity is too low to maintain the nitrification efficiency, we recommend a 30 m/m% $Ca(OH)_2$ solution to be dosed after the sand trap.

Chemical Phosphorus Removal

Chemical Phosphorus precipitation is required to meet the effluent limits. This is achieved by dosing hydrous Ferric chloride solution (192.7 kg Fe/m³) prior to the Microfiltration unit.

Biological Treatment

The proposed solution consists of two parallel MNR cascade lines, each consisting of 6 tanks, for each line a total reactor volume of 960 m³, and a total reactor volume of 1,920 m³ for the entire plant. The design is operated with biofilm growing on the installed media. Due to the low TSS concentration, the aeration is much more effective than in conventional activated sludge reactors.

Further staging can be applied by non-concrete dividers within the reactors, providing a more sophisticated substrate gradient. The segmented construction ensures operational efficiency by creating the ideal environment in each compartment for the different processes.

The reactors should be equipped with piping to bypass any single reactor for easy and safe maintenance without shutting down the entire treatment plant. All reactors are designed to have a water depth of 6 m. For mixing, the anoxic reactors should be equipped with high efficiency propeller mixers. Meanwhile in the aerobic reactors, the right numbered and positioned tube-type fine bubble diffusers ensure the effective aeration and mixing.

In order to achieve a sufficient concentration of biomass, the reactors should be equipped with the patented biofilm carrier media inserts, with 51% volumetric fill ratio in all reactors. The artificial media developed by Biopolus – called Biopolus Artificial Root Package (ARP) – is designed for use in anoxic and aerobic tanks as well, in different setup to ensure the effectiveness and durability.

A split portion of the influent should be distributed to the 5th reactor at each cascade, with a volumetric flow of 450 m³/d per line. This distributes the carbon source for the anoxic zones more evenly, making denitrification more effective and requiring a lower flow rate of internal nitrate recycle.

Anoxic reactors

At each reactor cascade, the 1st and 5th reactors are designed as anoxic spaces with proper mixing and a volume of 96 m³. These reactors should be covered with a planted biofilter to ensure removal and neutralization of volatile organic compounds (VOC), thus preventing odors. The mixing should be managed with two high efficiency propeller mixers in each anoxic reactor. Each mixer has a built-in electric power of 0.9 kW. The media design in these reactors is the Biopolus ARP Model 2 type with a total height of 5 m to ensure the proper mixing.

Aerobic reactors

At each MNR cascade the 2nd-4th and 6th tanks are prepared for aerobic processes to implement nitrification, and the degradation of organic compounds. Each reactor is designed with a volume of 192 m³, and further staged into two compartments by non-concrete divider walls. These reactors could be opened or covered with plants on top, thus providing more surface and interaction to establish more effective biofilm growth.

These reactors are mixed by the intensive aeration. This mixing method allows to generate upwards streams with higher dissolved oxygen content throughout the media. The media set up for these reactors is the ARP Model 1 type.

From the last reactor, there is an internal nitrate recirculation flow back to the first anoxic reactor to ensure denitrification. The calculated recirculation flow rate is 1,400 m³/d at each line; and is 2,800 m³/d in total for the entire treatment plant.

The effluent water dissolved oxygen concentration is between 1.5-3.0 mg O_2/l.

The summarized reactor volumes are the following:

Denomination	Design	Unit
Anoxic reactor volume (per line)	192	m³
Anoxic reactor volume (entire plant)	384	m³
Aerobic reactor volume (per line)	768	m³
Aerobic reactor volume (entire plant)	1,536	m³
Total reactor volume	**1,920**	**m³**

Phase Separation

Microfiltration

We recommend two parallel drum-type microfiltration units for phase separation. The drumfilter has mechanical and self-cleaning system and offers large filter area on a small footprint. It is suitable for the filtration of wastewater with a TSS concentration up to 300 mg/l. In this design the wastewater leaving the MNR cascade has a suspended solid concentration of 192 mg/l. The provided effluent water TSS concentration will be below 30 mg/l. At a low TSS effluent value, the other effluent parameters, such as COD, BOD, TN or TP will be lower as well. The calculated sludge flow removed from the filter units is 70 m^3/d with 9.2 kg/m^3 TSS concentration.

UV disinfection (optional)

The low solids concentration of the effluent creates optimal conditions for disinfection by UV light.

Sludge Treatment

The sludge from phase separation should be dewatered on-site, then transported for disposal. The excess sludge should be forwarded to an aerated sludge storage tank before dewatering. After the dewatering the sludge is temporarily stored in closed and odor free containers. For the sludge amount calculation we took into consideration the sludge dewatering belt filter-press, assuming 25% dry solids content for the amount of 2.5 m^3/d.

Technical and Operational Parameters

The most important technical and operational parameters of the plant, calculated based on dynamic modelling, are summarized below:

Biofilm Carrier Media

Based on Biopolus ARP Model 2 type media in anoxic reactors:

Denomination	Design	Unit
Media length	5	m
Fill ratio (volume)	51	%
Total filled volume	196	m^3

Based on Biopolus ARP Model 1 type media in aerobic reactors:

Denomination	Design	Unit
Media length	5	m
Fill ratio (volume)	51	%
Total filled volume	784	m^3

Aeration

The aeration requirement is calculated for the worst-case situation such as high influent flow and high water temperature.

Denomination	Design	Unit
Required aeration capacity	815	m³/h
Required aeration capacity	19,560	m³/d

The following airflows, and number of diffusers are required at the aerobic basins at each line:

MNR Aerobic A02 and B02	Design	Unit
Average air flow	125	m³/h
Number of diffuser tubes (2 per carrier)	80	pc
MNR Aerobic A03 and B03	**Design**	**Unit**
Average air flow	118	m³/h
Number of diffuser tubes (2 per carrier)	80	pc
MNR Aerobic A04 and B04	**Design**	**Unit**
Average air flow	58	m³/h
Number of diffuser tubes (2 per carrier)	80	pc
MNR Aerobic A06 and B06	**Design**	**Unit**
Average air flow	108	m³/h
Number of diffuser tubes (2 per carrier)	80	pc

Blowers

We calculated with the blower set up of 1+1+1 configuration. At each line, the running blower should be powered through a variable frequency drive to help to cover the required air flow range. The plus one is a common hot spare.

Diffusers

We suggest installing tube diffusers with the following properties:

Denomination	Design	Unit
Diffuser type	tube	
SOTE (Standard Oxygen Transfer Efficiency)	7	%/m
Diffuser membrane diameter	63	mm
Diffuser length	0.7	m/pc
Required average air flow rate per tube	4.9	m³/h/pc
Required maximum air flow rate per tube	8.4	m³/h/pc
Diffuser amount	640	pc
Installed aeration capacity	5,376	m³/h

Hydraulic Parameters

We designed two parallel MNR cascade reactor systems, each containing 6 reactors, with further internal staging in the aerobic tanks, effectively applying 10 reactor compartments in total.

The influent wastewater is pumped to the screen and from there the water flows through the technology units driven by gravity.

The summarized hydraulic parameters are the following:

Denomination	Design	Unit
Plant input flow	2,800	m³/d
Split flow to 5th MNR reactor (per line)	450	m³/d
Split flow to 5th MNR reactors (entire plant)	900	m³/d
Internal recirculation (per line)	1,400	m³/d
Internal recirculation (entire plant)	2,800	m³/d
RAS flow (entire plant)	0	m³/d
TSS mass flow entering the microfiltration unit	701	kg TSS/d
TSS concentration entering the microfiltration unit	192	g TSS/m³
Microfiltration sludge flow	70	m³/d
TSS concentration of microfiltration sludge	9.2	kg TSS/m³
TSS mass flow of microfiltration sludge	648	kg TSS/d
Dewatered sludge production	2.5	m³/d
Dry matter content of dewatered sludge	25	%
TSS mass flow of dewatered sludge	616	kg TSS/d
Biological sludge mass flow	526	kg TSS/d
Biological sludge production	0.698	kg TSS/kg BOD
Chemical sludge mass flow	90	kg TSS/d
Chemical sludge production	0.119	kg TSS/kg BOD
Total sludge production	0.818	kg TSS/kg BOD

Chemical Dosing

Phosphorous removal

While considering the chemical dosage for phosphorus removal, the amount of Fe^{3+} is the determinant for reaching the effluent limit. According to this, $FeCl_3$ should be used in an appropriate ratio.

Denomination	Design	Unit
$FeCl_3$ dosing (per line)	0.18	m³/d
$FeCl_3$ dosing (entire plant)	0.09	m³/d
Soluble Fe	192.7	kg Fe/m³
Mass concentration	40	m/m%

Polyelectrolyte dosage

The polyelectrolyte dosage point is before the dewatering filter-press unit. The proper amount can be defined during the detailed design.

Denomination	Design	Unit
Specific polyelectrolyte dosage	5	g PE/kg TSS
Daily polyelectrolyte dosing (entire plant)	3.5	kg/d

Effluent Characteristics

Based on the dynamic computer simulation this process can produce the following effluent water quality at 8°C in a stable and safe manner:

Denomination	Maximum	Unit
COD	<55	mg O_2/l
BOD_5	<6	mg O_2/l
NH_4-N	<1	mg N/l
TN	<15	mg N/l
TP	<2	mg P/l
TSS	<30	mg TSS/l

Technology Description

The following document describes the main biological treatment process steps and parameters for a Waste Water Treatment Plant in the Netherlands, with a design capacity of 2,800 m³/d. The process design was prepared by BIOPOLUS Technologies, Inc. for STOWA and Bioniers. The design is based on Biopolus's proprietary MNR (Metabolic Network Reactor) technology. The process parameters were determined using advanced dynamic simulations based on the data provided by the client.

This process sizing was executed based on a hybrid biofilm reactor scheme that applies enhanced biological phosphorus removal.

Design Basis

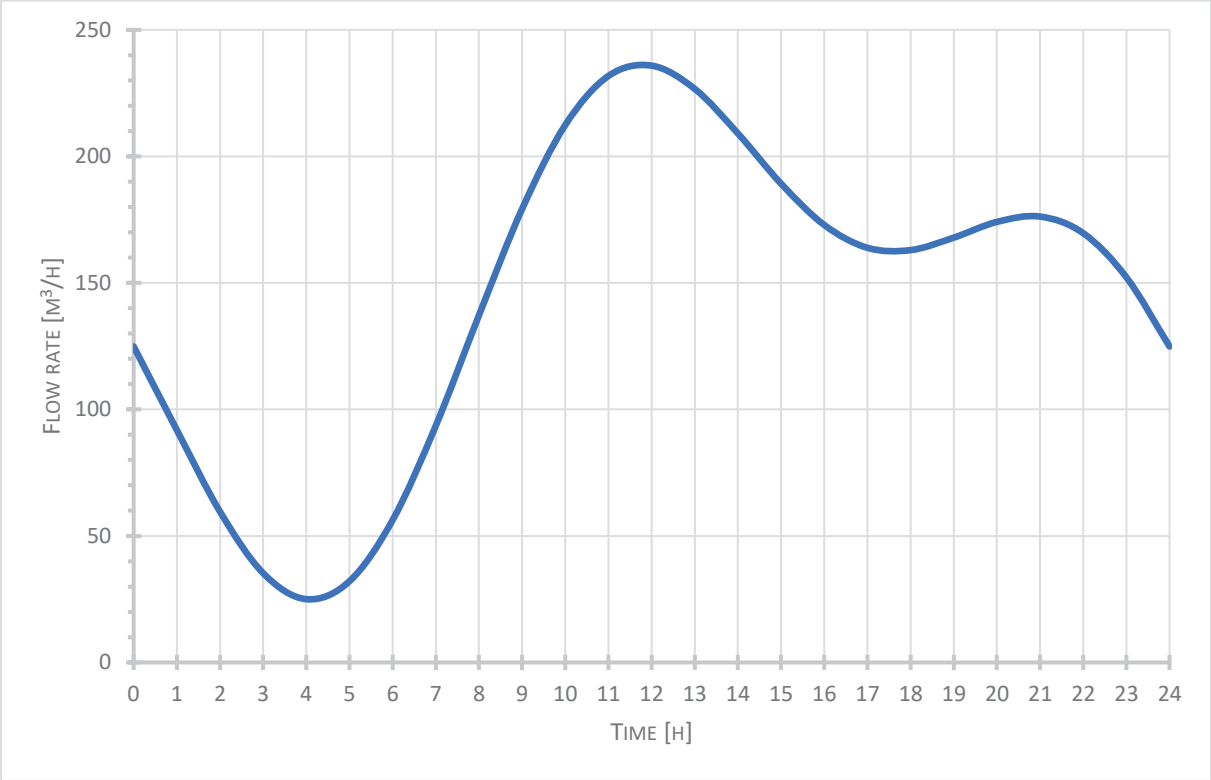
The technology design of the treatment facility is based on the data provided by STOWA. The main parameters of the influent water used in this design are as follows:

Denomination	Design	Unit
COD	623	mg O_2/l
BOD_5	260	mg O_2/l
NH_4-N	51	mg N/l
TN	68	mg N/l
TP	9.6	mg P/l
TSS	197	mg TSS/l
Minimum influent wastewater temperature	8	°C
Flow	2,800	m³/day
Average Flow	116.6	m³/hr

The design parameters for the effluent are based on the following water quality specifications:

Denomination	Maximum	Unit
COD	125	mg O_2/l
BOD_5	20	mg O_2/l
TN	15	mg N/l
TP	2	mg P/l
TSS	30	mg/l

In the simulation the following diurnal flow distribution was assumed (based on provided data and experience):



Main Process Units

The designed process utilizes the following main units:

1) Pre-treatment
   a) Fine screen
   b) Grit and grease trap
2) Chemicals dosage
   a) $Ca(OH)_2$ (optional)
   b) VFA (optional)
   c) $FeCl_3$ or PAC (optional)
   d) Polyelectrolyte
3) Biological treatment step with MNR reactor cascade
4) Phase separation
   a) Dissolved air flotation
   b) Microfiltration
5) Disinfection (optional)
6) Sludge thickening
7) Sludge storage tank
8) Sludge dewatering
   Dewatering belt filter press

Process Parameters

Pre-treatment

For the biological treatment to function properly, fine screening, sand and grease removal are suggested as pre-treatment steps.

It is assumed that wastewater will be pumped to the pre-treatment units from where it can flow to the following steps by gravitation.

Screen

The screening unit is designed as a fine screen with screen waste washing, dewatering and compacting. The estimated daily waste generation is based on an exponential correlation between the experienced volume of screenings and the related opening size between screen bars. (See Metcalf & Eddy: Wastewater Treatment and Reuse; tables 5-7 to 5-8.) We calculated with a screen waste compaction ratio of 60 percent.

Denomination	Value	Unit
Opening size	3	mm
Specific volume of screenings	86	l/1000 m³ water
Generated screen waste	299	l/d
Compaction ratio	0.6	l/l
Compacted screen waste	140	l/d

Sand and grease trap

The sand and grease trap is a horizontal flow design. It is aerated to avoid odor.

Based on the influent characteristics, our calculation shows that approximately 15% of the influent TSS is inorganic. The horizontal flow sand trap efficiency is 90% for suspended inorganic solids.

Denomination	Value	Unit
Inorganic suspended solids removal ratio	0.9	-
Mass flow of influent inorganic TSS	120	kg/d
Mass flow of removed inorganic TSS	108	kg/d
Density of sand	2,000	kg/m³
Sand trap waste	37	l/d

Chemical dosage

Increasing alkalinity (optional)

Low influent alkalinity concentration can slow down, and in some cases completely inhibit nitrification. If pH drops below 6, nitrification is significantly slowed. Denitrification can help to alleviate this effect to some extent. To avoid this process it may optionally be required to raise the alkalinity of the influent. In case the alkalinity is too low to maintain the nitrification efficiency, we recommend a 30 m/m% $Ca(OH)_2$ solution to be dosed after the sand trap.

VFA dosage (optional)

With the current design and influent parameters, the plant will be able to meet the effluent discharge limits safely. However, the process is near to a carbon limited state, thus, the installation of a carbon dosing system at the anaerobic tanks is advised to allow safe operation of biological phosphorus removal. We propose using VFA as a carbon source (e.g. acetic-acid or equivalent).

Chemical Phosphorus Removal (optional)

Chemical precipitation is advised as a spare process to achieve the effluent TP limit, in case of difficulties with biological phosphorus removal. This is executed by dosing hydrous $FeCl_3$ in a static mixer before the microfiltration units.

Biological Treatment

The proposed solution consists of two parallel hybrid MNR cascade lines, each consisting of 7 reactors and one anoxic selector, for each line a total reactor volume of 1,115 m³, and a total reactor volume of 2,230 m³ for the entire plant. This design is operated with biofilm growing on the installed media and 994 mg MLSS/l in the liquid phase of the anaerobic, anoxic and aerobic reactors.

Further staging can be applied by non-concrete dividers within the reactors, providing a more sophisticated substrate gradient. The segmented construction ensures operational efficiency by creating the ideal environment in each compartment for the different processes. The reactors should be equipped with piping to bypass any single reactor for easy and safe maintenance without shutting down the entire treatment plant.

All reactors are designed to have a water depth of 6 m. For mixing, the anaerobic and anoxic reactors should be equipped with high efficiency propeller mixers. Meanwhile in the aerobic reactors, the right numbered and positioned tube-type fine bubble diffusers ensure the effective aeration and mixing.

In order to achieve a sufficient concentration of biomass, the anoxic and aerobic reactors should be equipped with the patented biofilm carrier media inserts, with 51% volumetric fill ratio. The artificial media developed by Biopolus – called Biopolus Artificial Root Package (ARP) – is designed for use in anoxic and aerobic tanks as well, in different setup to ensure the effectiveness and durability.

A split portion of the influent should be distributed to the 6th reactor at each cascade, with a volumetric flow of 400 m³/d. This distributes the carbon source for the anoxic zones more evenly, making denitrification more effective and requiring a lower flow rate of internal nitrate recycle.

Anaerobic reactors

At each line the 1st reactor is designed as an anaerobic space with a volume of 135 m³. In this reactor, negligible oxygen and nitrate concentration is required to enable the anaerobic fermentation and phosphorus release. To remove the nitrate-nitrogen content of the returned sludge, a pre-anoxic selector with a volume of 20 m³ is placed prior to each anaerobic reactor.

Sludge recirculation is a key parameter to keep a constant 994 mg MLSS concentration in the liquid phase of the reactors. Recycled sludge is led back from the DAF units to the anaerobic reactors. The calculated RAS flow rate is 202 m³/d at each line.

These reactors should be covered with a planted biofilter to ensure removal and neutralization of volatile organic compounds (VOC) thus preventing odors. Mixing should be executed with two high efficiency propeller mixers. Each mixer has a built-in electric power of 0.9 kW.

Anoxic reactors

At each reactor cascade, the 2nd and 6th reactors are designed as anoxic spaces with proper mixing and a volume of 96 m³. These reactors should be covered with a planted biofilter to ensure removal and

neutralization of volatile organic compounds (VOC), thus preventing odors. The mixing should be managed with two high efficiency propeller mixers in each anoxic reactor. Each mixer has a built-in electric power of 0.9 kW. The media design in these reactors is the Biopolus ARP Model 2 type with a total height of 5 m to ensure the proper mixing.

Aerobic reactors

At each MNR cascade the 3rd-5th and 7th tanks are prepared for aerobic processes to implement nitrification, and the degradation of organic compounds. Each reactor is designed with a volume of 192 m³, and further staged into two compartments by non-concrete divider walls. These reactors could be opened or covered with plants on top, thus providing more surface and interaction to establish more effective biofilm growth.

These reactors are mixed by the intensive aeration. This mixing method allows to generate upwards streams with higher dissolved oxygen content throughout the media. The media set up for these reactors is the ARP Model 1 type.

From the last reactor, there is an internal nitrate recirculation flow back to the first anoxic reactor to ensure denitrification. The calculated recirculation flow rate is 2,250 m³/d at each line; and is 4,500 m³/d in total for the entire treatment plant.

The effluent water dissolved oxygen concentration is between 1.5-3.0 mg O_2/l.

The summarized reactor volumes are the following:

Denomination	Design	Unit
Pre-anoxic selector volume (per line)	20	m³
Pre-anoxic selector volume (entire plant)	40	m³
Anaerobic reactor volume (per line)	135	m³
Anaerobic reactor volume (entire plant)	270	m³
Anoxic reactor volume (per lien)	192	m³
Anoxic reactor volume (entire plant)	384	m³
Aerobic reactor volume (per line)	768	m³
Aerobic reactor volume (entire plant)	1,536	m³
Total reactor volume	**2,230**	**m³**

Phase Separation

The hybrid MNR reactors are designed to operate with a relatively low concentration of suspended solids (around 1,000 g/m³), the largest part of the biomass is attached to the biofiber media. To safely reach the effluent TSS limit, we propose a two-step phase separation solution with Dissolved Air Flotation and an additional Microfiltration.

Dissolved Air Flotation Unit

Biopolus recommends to use two parallel DAF units. The DAF effluent TSS concentration is below 100 mg/l. The calculated removed sludge flow is 213 m³/d per line. At higher hydraulic load the DAF efficiency will be lower but the output TSS concentration will be handled by the polishing effect of the microfilter. Our calculation shows that this set up provides the required separation capacity. The sludge dry material content is between 0.5 and 1%. Partially, the separated sludge is recycled back to the anaerobic tank in each line, and the wasted sludge is forwarded to thickening.

The DAF units also provide oil and grease removal by skimming, which pollutants can safely be removed after the biological treatment since they can no longer be utilised as a source of organic carbon.

Microfiltration

We recommend two parallel drum-type microfiltration units for secondary effluent polishing. The provided effluent water TSS concentration will be below 30 mg/l. At a low TSS effluent value, the other effluent parameters, such as COD, BOD, TN or TP will be lower as well. The calculated sludge flow removed from the filter units is 17.4 m³/d with 11.3 kg/m³ TSS concentration.

UV disinfection (optional)

The low solids concentration of the effluent creates optimal conditions for disinfection by UV light.

Sludge Treatment

The sludge from phase separation should be thickened and dewatered on-site, then transported for disposal. For thickening the wasted sludge, we suggest installing gravity belt thickeners. The thickened sludge should be forwarded to an aerated sludge storage tank before dewatering. After the dewatering the sludge is temporarily stored in closed and odor free containers. For the sludge amount calculation we took into consideration the sludge dewatering belt filter-press, assuming 25% dry solids content for the amount of 2.1 m³/d.

Technical and Operational Parameters

The most important technical and operational parameters of the plant, calculated based on dynamic modelling, are summarized below:

Biofilm Carrier Media

Based on Biopolus ARP Model 2 type media in anoxic reactors:

Denomination	Design	Unit
Media length	5	m
Fill ratio (volume)	51	%
Total filled volume	196	m³

Based on Biopolus ARP Model 1 type media in aerobic reactors:

Denomination	Design	Unit
Media length	5	m
Fill ratio (volume)	51	%
Total filled volume	784	m³

Aeration

The aeration requirement is calculated for the worst-case situation such as high influent flow and high water temperature.

Denomination	Design	Unit
Required aeration capacity	890	m³/h

Required aeration capacity	21,360	m³/d

The following airflows, and number of diffusers are required at the aerobic basins at each line – these figures are provided based on the average load of the facility:

MNR Aerobic A03 and B03	Design	Unit
Average air flow	225	m³/h
Number of diffuser tubes (2 per carrier)	80	
MNR Aerobic A04 and B04	**Design**	**Unit**
Average air flow	100	m³/h
Number of diffuser tubes (2 per carrier)	80	
MNR Aerobic A05 and B05	**Design**	**Unit**
Average air flow	20	m³/h
Number of diffuser tubes (2 per carrier)	80	
MNR Aerobic A07 and B07	**Design**	**Unit**
Average air flow	100	m³/h
Number of diffuser tubes (2 per carrier)	80	

Blowers

We calculated with the blower set up of 1+1+1 configuration. At each line, the running blower should be powered through a variable frequency drive to help to cover the required air flow range. The plus one is a common hot spare.

Diffusers

We suggest installing tube diffusers with the following properties:

Denomination	Design	Unit
Diffuser type	tube	
SOTE (Standard Oxygen Transfer Efficiency)	7	%/m
Diffuser membrane diameter	63	mm
Diffuser length	0.7	m/pc
Required average air flow rate per tube	4.9	m³/h/pc
Required maximum air flow rate per tube	8.4	m³/h/pc
Diffuser amount	640	pc
Installed aeration capacity	5,376	m³/h

Hydraulic Parameters

We designed two parallel hybrid MNR cascade reactor systems, each containing 7 reactors, with further internal staging in the aerobic tanks, effectively applying 10 biofilm reactor compartments in total.

The influent wastewater is pumped to the screen and from there the water flows through the technology units driven by gravity.

The summarized hydraulic parameters are the following:

Denomination	Design	Unit
Plant input flow	2,800	m³/d
Split flow to 6th MNR reactors (per line)	400	m³/d
Split flow to 6th MNR reactors	800	m³/d
Internal recirculation (per line)	2,250	m³/d
Internal recirculation (entire plant)	4,500	m³/d
RAS flow (per line)	202	m³/d
RAS flow (entire plant)	404	m³/d
TSS mass flow entering the DAF units	2,711	kg TSS/d
TSS concentration entering the DAF units	994	g TSS/m³
Sludge production of DAF units	426	m³/d
TSS mass flow of DAF sludge	2,417	kg/d
TSS concentration of DAF sludge	5.6	kg TSS/m³
Sludge production of microfiltration units	17.4	m³/d
TSS concentration of microfiltration sludge	11.2	kg TSS/m³
TSS mass flow of microfiltration sludge	196	kg/d
TSS mass flow entering the thickener unit	2,613	kg/d
Sludge production of the thickener unit	11.2	m³/d
TSS mass flow of thickener sludge	559	kg/d
TSS concentration of thickener sludge	50	kg TSS/m³
Dewatered sludge production	2.1	m³/d
Dry matter content of dewatered sludge	25	%
TSS mass flow of dewatered sludge	531	kg/d
Biological sludge mass flow	531	kg/d
Biological sludge production	0.704	kg TSS/kg BOD
Chemical sludge mass flow	0	kg/d
Chemical sludge production	0	kg TSS/kg BOD
Total sludge production	0.704	kg TSS/kg BOD

Chemical Dosing

Polymer dosage

We recommend polyelectrolyte solution to be dosed prior to the thickener unit and the sludge dewatering unit. The proper amount can be defined during the detailed design.

Denomination	Design	Unit
Specific polyelectrolyte dosage	5	g PE/kg TSS
Polyelectrolyte dosage of thickener	3.1	kg/d
Polyelectrolyte dosage of dewatering unit	2.8	kg/d
Daily polymer dosing (entire plant)	5.9	kg/d

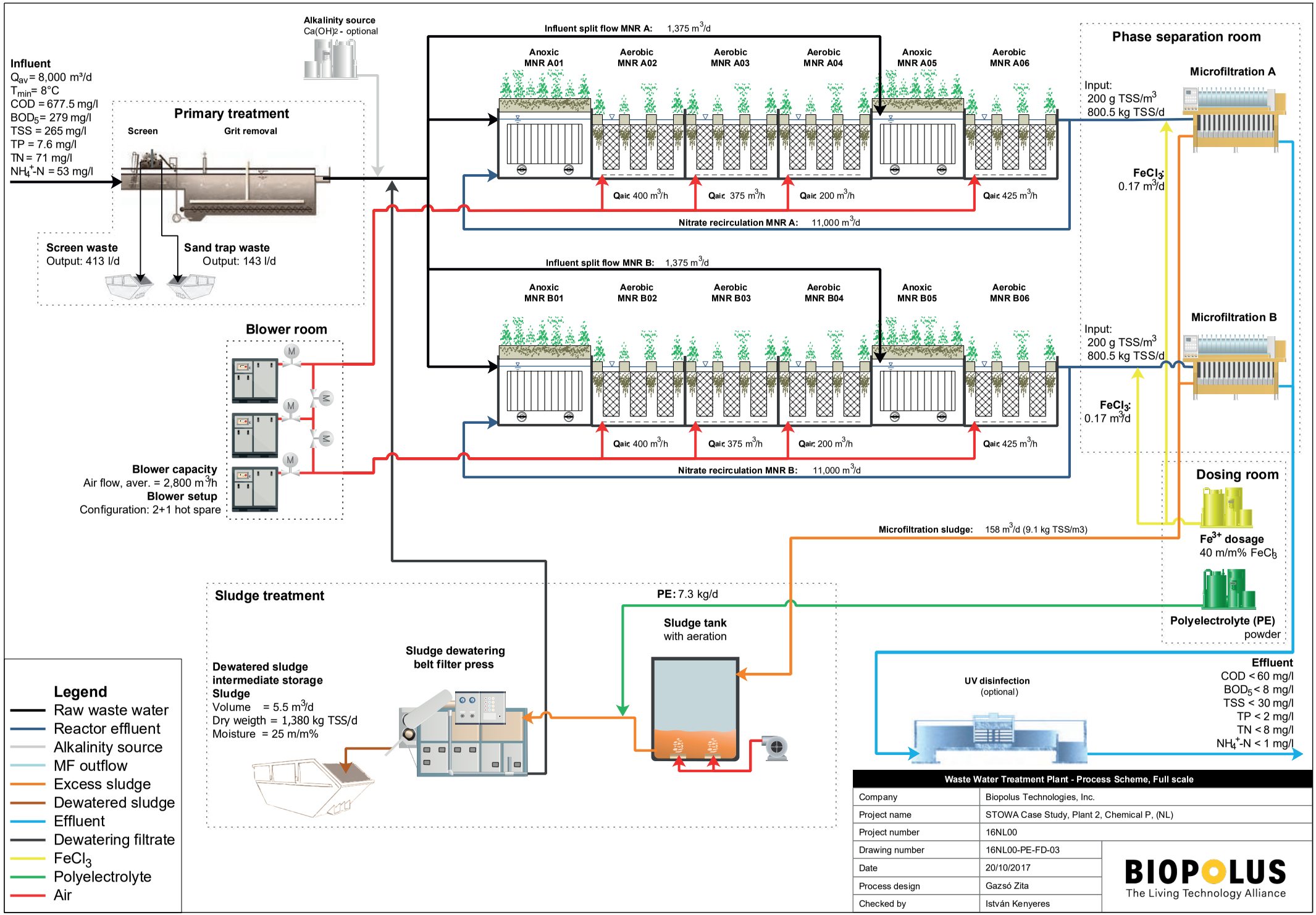
Effluent Characteristics

Based on the dynamic computer simulation this process can produce the following effluent water quality at 8°C in a stable and safe manner:

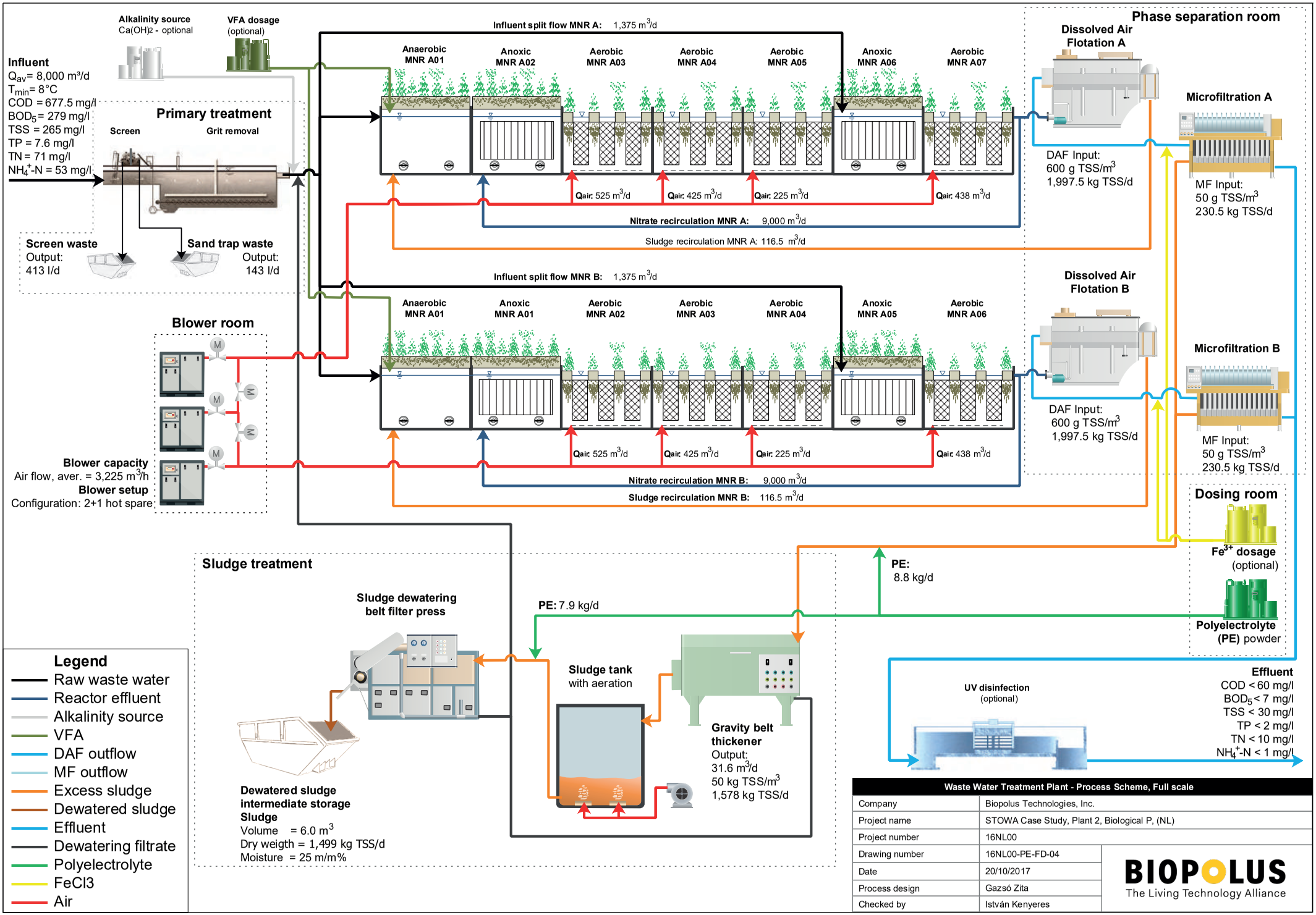
Denomination	Maximum	Unit
COD	<60	mg O_2/l
BOD	<5	mg O_2/l
NH_4	<1	mg N/l
TN	<15	mg N/l
TP	<2	mg P/l
TSS	<30	mg TSS/l

BIJLAGE 3

ONTWERPEN BIOPOLUS EPE



Waste Water Treatment Plant - Process Scheme, Full scale		
Company	Biopolus Technologies, Inc.	
Project name	STOWA Case Study, Plant 2, Chemical P, (NL)	
Project number	16NL00	
Drawing number	16NL00-PE-FD-03	BIOPOLUS The Living Technology Alliance
Date	20/10/2017	
Process design	Gazsó Zita	
Checked by	István Kenyeres	



Waste Water Treatment Plant - Process Scheme, Full scale		
Company	Biopolus Technologies, Inc.	
Project name	STOWA Case Study, Plant 2, Biological P, (NL)	
Project number	16NL00	
Drawing number	16NL00-PE-FD-04	BIOPOLUS The Living Technology Alliance
Date	20/10/2017	
Process design	Gazsó Zita	
Checked by	István Kenyeres	

Technology Description

The following document describes the main biological treatment process steps and parameters for a Waste Water Treatment Plant in the Netherlands, with a design capacity of 8,000 m³/d. The process design was prepared by BIOPOLUS Technologies, Inc. for STOWA and Bioniers. The design is based on Biopolus's proprietary MNR (Metabolic Network Reactor) technology. The process parameters were determined using advanced dynamic simulations based on the data provided by the client.

This process sizing was executed based on a biofilm reactor scheme that applies chemical precipitation for phosphorus removal.

Design Basis

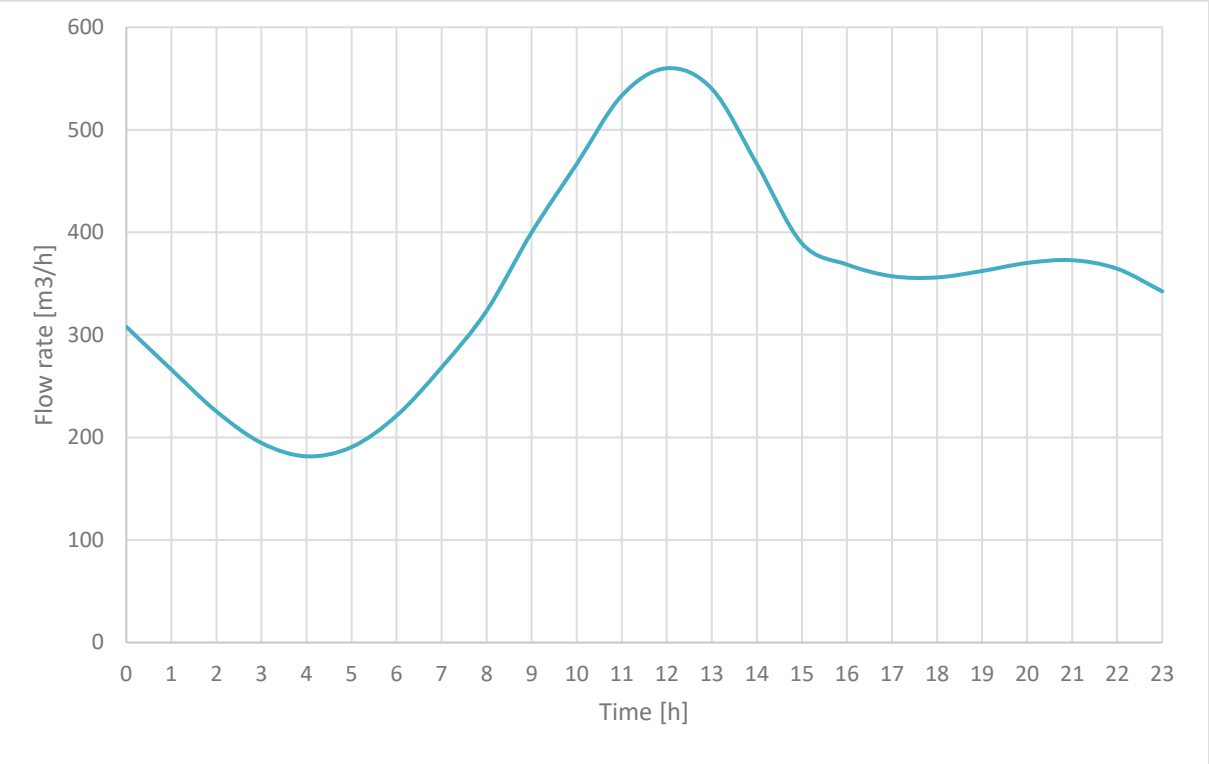
The technology design of the treatment facility is based on the data provided by STOWA. The main parameters of the influent water used in this design are as follows:

Denomination	Design	Unit
COD	677.5	mg O_2/l
BOD_5	279	mg O_2/l
NH_4-N	53	mg N/l
TN	71	mg N/l
TP	7.6	mg P/l
TSS	265	mg TSS/l
Minimum influent wastewater temperature	8	°C
Flow	8,000	m³/day
Average Flow	333	m³/hr

The design parameters for the effluent are based on the following water quality specifications:

Denomination	Maximum	Unit
COD	125	mg O_2/l
BOD_5	20	mg O_2/l
TN	10	mg N/l
TP	2	mg P/l
TSS	30	mg TSS/l

In the simulation the following diurnal flow distribution was assumed (based on provided data and experience):



Main Process Units

The designed process utilizes the following main units:

1) Pre-treatment
   a) Fine screen
   b) Grit and grease trap
2) Chemical dosage
   a) $Ca(OH)_2$ (optional)
   b) $FeCl_3$ or PAC
   c) Polyelectrolyte
3) Biological treatment step with MNR reactor cascade
4) Phase separation:
   Microfiltration
5) UV disinfection (optional)
6) Sludge storage tank
7) Sludge dewatering
   Dewatering belt filter-press

Process Parameters

Pre-treatment

For the biological treatment to function properly, fine screening, sand and grease removal are suggested as pre-treatment steps.

It is assumed that wastewater will be pumped to the pre-treatment units from where it can flow to the following steps by gravitation.

Screen

The screening unit is designed as a fine screen with screen waste washing, dewatering and compacting. The estimated daily waste generation is based on an exponential correlation between the experienced volume of screenings and the related opening size between screen bars. (See Metcalf & Eddy: Wastewater Treatment and Reuse; tables 5-7 to 5-8.) We calculated with a screen waste compaction ratio of 60 percent.

Denomination	Value	Unit
Opening size	3	mm
Specific volume of screenings	86	l/1000 m³ water
Generated screen waste	688	l/d
Compaction ratio	0.6	l/l
Compacted screen waste	413	l/d

Sand and grease trap

The sand and grease trap is a horizontal flow design. It is aerated to avoid odor. Based on the influent characteristics, our calculation shows that approximately 15% of the influent TSS is inorganic. The horizontal flow sand trap efficiency is 90% for suspended inorganic solids.

Denomination	Value	Unit
Inorganic suspended solids removal ratio	0.9	-
Mass flow of influent inorganic TSS	318	kg/d
Mass flow of removed inorganic TSS	286	kg/d
Density of sand	2,000	kg/m³
Sand trap waste	143	l/d

Chemical dosage

Increasing alkalinity (optional)

Low influent alkalinity concentration can slow down, and in some cases completely inhibit nitrification. If pH drops below 6, nitrification is significantly slowed. Denitrification can help to alleviate this effect to some extent. To avoid this process it may optionally be required to raise the alkalinity of the influent. In case the alkalinity is too low to maintain the nitrification efficiency, we recommend a 30 m/m% $Ca(OH)_2$ solution to be dosed after the sand trap.

Chemical Phosphorus Removal

Chemical Phosphorus precipitation is required to meet the effluent limits. This is achieved by dosing hydrous Ferric chloride solution (192.7 kg Fe/m³) prior to the Microfiltration unit.

Biological Treatment

The proposed solution consists of two parallel MNR cascade lines, each consisting of 6 tanks, for each line a total reactor volume of 3,300 m³, and a total reactor volume of 6,600 m³ for the entire plant. The design is operated with biofilm growing on the installed media. Due to the low TSS concentration, the aeration is much more effective than in conventional activated sludge reactors.

Further staging can be applied by non-concrete dividers within the reactors, providing a more sophisticated substrate gradient. The segmented construction ensures operational efficiency by creating the ideal environment in each compartment for the different processes.

The reactors should be equipped with piping to bypass any single reactor for easy and safe maintenance without shutting down the entire treatment plant. All reactors are designed to have a water depth of 6 m. For mixing, the anoxic reactors should be equipped with high efficiency propeller mixers. Meanwhile in the aerobic reactors, the right numbered and positioned tube-type fine bubble diffusers ensure the effective aeration and mixing.

In order to achieve a sufficient concentration of biomass, the reactors should be equipped with the patented biofilm carrier media inserts, with 53.4% volumetric fill ratio in the anoxic reactors and 51.5% volumetric fill ratio in the aerobic reactors. The artificial media developed by Biopolus – called Biopolus Artificial Root Package (ARP) – is designed for use in anoxic and aerobic tanks as well, in different setup to ensure the effectiveness and durability.

A split portion of the influent should be distributed to the 5th reactor at each cascade, with a volumetric flow of 1,375 m³/d per line. This distributes the carbon source for the anoxic zones more evenly, making denitrification more effective and requiring a lower flow rate of internal nitrate recycle.

Anoxic reactors

At each reactor cascade, the 1st and 5th reactors are designed as anoxic spaces with proper mixing and a volume of 450 m³, with staging into two compartments by non-concrete divider walls. These reactors should be covered with a planted biofilter to ensure removal and neutralization of volatile organic compounds (VOC), thus preventing odors. The mixing should be managed with two high efficiency propeller mixers in each anoxic reactor. Each mixer has a built-in electric power of 1.9 kW. The media design in these reactors is the Biopolus ARP Model 2 type with a total height of 5 m to ensure the proper mixing.

Aerobic reactors

At each MNR cascade the 2nd-4th and 6th tanks are prepared for aerobic processes to implement nitrification, and the degradation of organic compounds. Each reactor is designed with a volume of 600 m³, and further staged into three compartments by non-concrete divider walls. These reactors could be opened or covered with plants on top, thus providing more surface and interaction to establish more effective biofilm growth. These reactors are mixed by the intensive aeration. This mixing method allows to generate upwards streams with higher dissolved oxygen content throughout the media. The media set up for these reactors is the ARP Model 1 type.

From the last reactor, there is an internal Nitrate recirculation flow back to the first anoxic reactor to ensure denitrification. The calculated recirculation flow rate is 11,000 m³/d at each line; and is 22,000 m³/d in total for the entire treatment plant.

The effluent water dissolved oxygen concentration is between 1.5-3.0 mg O_2/l.

The summarized reactor volumes are the following:

Denomination	Design	Unit
Anoxic reactor volume (per line)	900	m³
Anoxic reactor volume (entire plant)	1,800	m³
Aerobic reactor volume (per line)	2,400	m³
Aerobic reactor volume (entire plant)	4,800	m³
Total reactor volume	**6,600**	**m³**

Phase Separation

Microfiltration

We recommend two parallel drum-type microfiltration units for secondary effluent polishing. The drumfilter has mechanical and self-cleaning system and offers large filter area on a small footprint. It is suitable for the filtration of wastewater with a TSS concentration up to 300 mg/l. In this design the wastewater leaving the MNR cascade has a suspended solid concentration of 200 mg/l. The provided effluent water TSS concentration will be below 20 mg/l. At a low TSS effluent value, the other effluent parameters, such as COD, BOD, TN or TP will be lower as well. The calculated sludge flow removed from the filter units is 158 m^3/d with 9.1 kg TSS/m^3 TSS concentration.

UV disinfection (optional)

The low solids concentration of the effluent creates optimal conditions for disinfection by UV light.

Sludge Treatment

The sludge from phase separation should be dewatered on-site, then transported for disposal. The excess sludge should be forwarded to an aerated sludge storage tank before dewatering. After the dewatering the sludge is temporarily stored in closed and odor free containers. For the sludge amount calculation we took into consideration the sludge dewatering belt filter-press, assuming 25% dry solids content for the amount of 5.5 m^3/d.

Technical and Operational Parameters

The most important technical and operational parameters of the plant, calculated based on dynamic modelling, are summarized below:

Biofilm Carrier Media

Based on Biopolus ARP Model 2 type media in anoxic reactors:

Denomination	Design	Unit
Media length	5	m
Fill ratio (volume)	53.4	%
Total filled volume	960	m^3

Based on Biopolus ARP Model 1 type media in aerobic reactors:

Denomination	Design	Unit
Media length	5	m
Fill ratio (volume)	51.5	%
Total filled volume	2,470	m^3

Aeration

The aeration requirement is calculated for the worst-case situation such as high influent flow and high water temperature.

Denomination	Design	Unit
Required aeration capacity	2,800	m³/h
Required aeration capacity	67,200	m³/d

The following airflows, and number of diffusers are required at the aerobic basins at each line:

MNR Aerobic A02 and B02	Design	Unit
Average air flow	400	m³/h
Number of diffuser tubes (1 per carrier)	126	
MNR Aerobic A03 and B03	**Design**	**Unit**
Average air flow	375	m³/h
Number of diffuser tubes (1 per carrier)	126	
MNR Aerobic A04 and B04	**Design**	**Unit**
Average air flow	200	m³/h
Number of diffuser tubes (1 per carrier)	126	
MNR Aerobic A06 and B06	**Design**	**Unit**
Average air flow	425	m³/h
Number of diffuser tubes (1 per carrier)	126	

Blowers

We calculated with the blower set up of 1+1+1 configuration. At each line, the running blower should be powered through a variable frequency drive to help to cover the required air flow range. The plus one is a common hot spare.

Diffusers

We suggest installing tube diffusers with the following properties:

Denomination	Design	Unit
Diffuser type	tube	
SOTE (Standard Oxygen Transfer Efficiency)	7	%/m
Diffuser membrane diameter	63	mm
Diffuser length	0.7	m/pc
Required average air flow rate per tube	4.9	m³/h/pc
Required maximum air flow rate per tube	8.4	m³/h/pc
Diffuser amount	1,008	pc
Installed aeration capacity	8,467	m³/h

Hydraulic Parameters

We designed two parallel MNR cascade reactor systems, each containing 6 reactors with further internal staging, effectively applying 16 reactor compartments in total.

The influent wastewater is pumped to the screen and from there the water flows through the technology units driven by gravity.

The summarized hydraulic parameters are the following:

Denomination	Design	Unit
Plant input flow	8,000	m³/d
Split flow to 5th MNR reactors per line	1,375	m³/d
Split flow to 5th MNR reactors (entire plant)	2,750	m³/d
Internal recirculation per line	11,000	m³/d
Internal recirculation (entire plant)	22,000	m³/d
RAS flow (entire plant)	0	m³/d
TSS mass flow entering the microfiltration unit	1,601	kg TSS/d
TSS concentration entering the microfiltration unit	200	g TSS/m³
Microfiltration sludge flow	158	m³/d
TSS concentration of microfiltration sludge	9.1	kg TSS/m³
TSS mass flow of microfiltration sludge	1,453	kg TSS/d
Dewatered sludge production	5.5	m³/d
Dry matter content of dewatered sludge	25	%
TSS mass flow of dewatered sludge	1,380	kg TSS/d
Biological sludge mass flow	1,241	kg TSS/d
Biological sludge production	0.460	kg TSS/kg BOD
Chemical sludge mass flow	139	kg TSS/d
Chemical sludge production	0.051	kg TSS/kg BOD
Total sludge production	0.512	kg TSS/kg BOD

Chemical Dosing

Phosphorous removal

While considering the chemical dosage for phosphorus removal, the amount of Fe^{3+} is the determinant for reaching the effluent limit. According to this, $FeCl_3$ should be used in an appropriate ratio.

Denomination	Design	Unit
$FeCl_3$ flow rate (per line)	0.17	m³/d
$FeCl_3$ flow rate (entire plant)	0.34	m³/d
Soluble Fe	192.7	kg Fe/m³
Mass concentration	40	m/m%

Polymer dosage

The location of polymer dosage is before the sludge dewatering filter press unit. The proper amount can be defined during the detailed design.

Denomination	Design	Unit
Specific polyelectrolyte dosage	5	g PE/kg TSS
Daily polymer dosing (entire plant)	7.3	kg/d

Effluent Characteristics

Based on the dynamic computer simulation this process can produce the following effluent water quality at 8°C in a stable and safe manner:

Denomination	Maximum	Unit
COD	<60	mg O_2/l
BOD_5	<8	mg O_2/l
NH_4-N	<1	mg N/l
TN	<8	mg N/l
TP	<2	mg P/l
TSS	<30	mg TSS/l

Technology Description

The following document describes the main biological treatment process steps and parameters for a Waste Water Treatment Plant in the Netherlands, with a design capacity of 8,000 m³/d. The process design was prepared by BIOPOLUS Technologies, Inc. for STOWA and Bioniers. The design is based on Biopolus's proprietary MNR (Metabolic Network Reactor) technology. The process parameters were determined using advanced dynamic simulations based on the data provided by the client.

This process sizing was executed based on a hybrid biofilm reactor scheme that applies enhanced biological phosphorus removal.

Design Basis

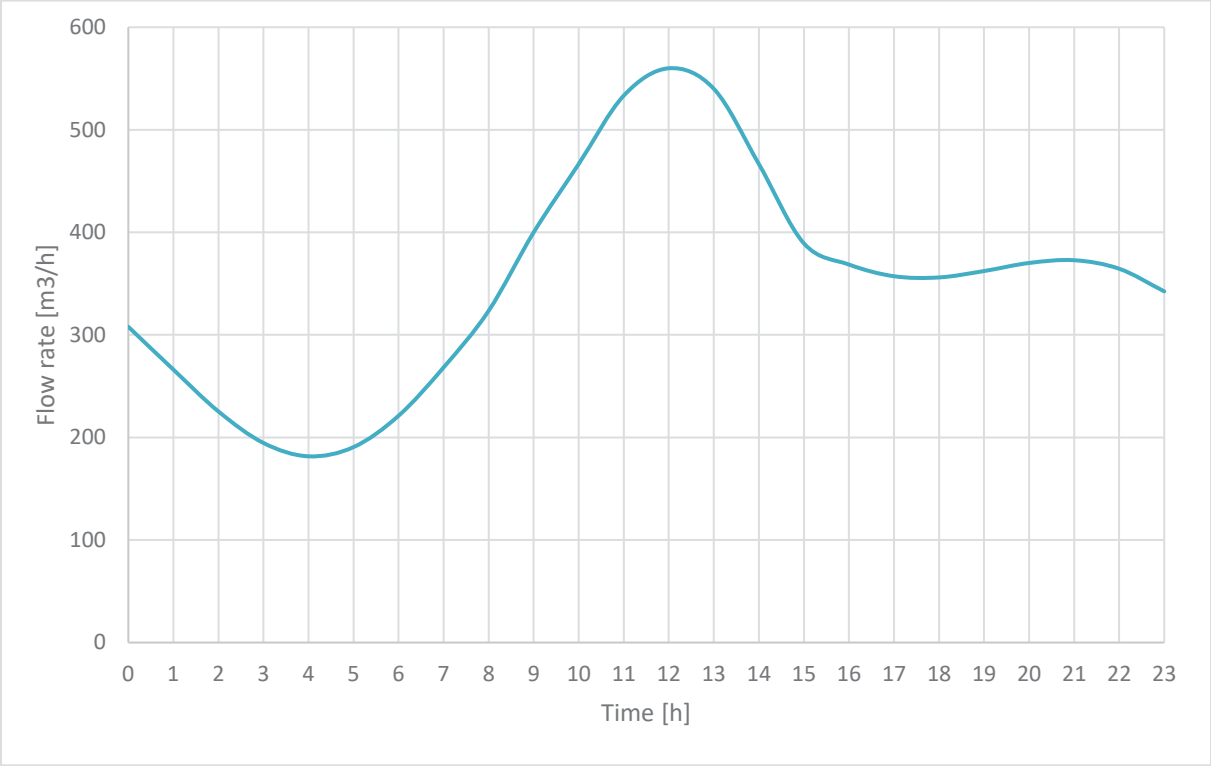
The technology design of the treatment facility is based on the data provided by STOWA. The main parameters of the influent water used in this design are as follows:

Denomination	Design	Unit
COD	677.5	mg O_2/l
BOD_5	279	mg O_2/l
NH_4-N	53	mg N/l
TN	71	mg N/l
TP	7.6	mg P/l
TSS	265	mg TSS/l
Minimum influent wastewater temperature	8	°C
Flow	8,000	m³/day
Average Flow	333	m³/hr

The design parameters for the effluent are based on the following water quality specifications:

Denomination	Maximum	Unit
COD	125	mg O_2/l
BOD_5	20	mg O_2/l
TN	10	mg N/l
TP	2	mg P/l
TSS	30	mg/l

In the simulation the following diurnal flow distribution was assumed (based on provided data and experience):



Main Process Units

The designed process utilizes the following main units:

1) Pre-treatment
   a) Fine screen
   b) Grit and grease trap
2) Chemicals dosage
   a) $Ca(OH)_2$ (optional)
   b) VFA (optional)
   c) $FeCl_3$ or PAC (optional)
   d) Polyelectrolyte
3) Biological treatment step with MNR reactor cascade
4) Phase separation
   a) Dissolved air flotation
   b) Microfiltration
5) Disinfection (optional)
6) Sludge thickening
7) Sludge storage tank
8) Sludge dewatering:
   Dewatering belt filter press

Process Parameters

Pre-treatment

For the biological treatment to function properly, fine screening, sand and grease removal are suggested as pre-treatment steps.

It is assumed that wastewater will be pumped to the pre-treatment units from where it can flow to the following steps by gravitation.

Screen

The screening unit is designed as a fine screen with screen waste washing, dewatering and compacting. The estimated daily waste generation is based on an exponential correlation between the experienced volume of screenings and the related opening size between screen bars. (See Metcalf & Eddy: Wastewater Treatment and Reuse; tables 5-7 to 5-8.) We calculated with a screen waste compaction ratio of 60 percent.

Denomination	Value	Unit
Opening size	3	mm
Specific volume of screenings	86	l/1000 m³ water
Generated screen waste	688	l/d
Compaction ratio	0.6	l/l
Compacted screen waste	413	l/d

Sand and grease trap

The sand and grease trap is a horizontal flow design. It is aerated to avoid odor. Based on the influent characteristics, our calculation shows that approximately 15% of the influent TSS is inorganic. The horizontal flow sand trap efficiency is 90% for suspended inorganic solids.

Denomination	Value	Unit
Inorganic suspended solids removal ratio	0.9	-
Mass flow of influent inorganic TSS	318	kg/d
Mass flow of removed inorganic TSS	286	kg/d
Density of sand	2,000	kg/m³
Sand trap waste	143	l/d

Chemical dosage

Increasing alkalinity (optional)

Low influent alkalinity concentration can slow down, and in some cases completely inhibit nitrification. If pH drops below 6, nitrification is significantly slowed. Denitrification can help to alleviate this effect to some extent. To avoid this process it may optionally be required to raise the alkalinity of the influent. In case the alkalinity is too low to maintain the nitrification efficiency, we recommend a 30 m/m% $Ca(OH)_2$ solution to be dosed after the sand trap.

VFA dosage (optional)

With the current design and influent parameters, the plant will be able to meet the effluent discharge limits safely. However, the process is near to a carbon limited state, thus, the installation of a carbon dosing system at the anaerobic tanks is advised to allow safe operation of biological phosphorus removal. We propose using VFA as a carbon source (e.g. acetic-acid or equivalent).

Chemical Phosphorus Removal (optional)

Chemical precipitation is advised as a spare process to achieve the effluent TP limit, in case of difficulties with biological phosphorus removal. This is executed by dosing hydrous $FeCl_3$ in a static mixer before the microfiltration units.

Biological Treatment

The proposed solution consists of two parallel hybrid MNR cascade lines, each consisting of 7 reactors, for each line a total reactor volume of 3,465 m³, and a total reactor volume of 6,930 m³ for the entire plant. This design is operated with biofilm growing on the installed media and 600 mg MLSS/l in the liquid phase of the anaerobic, anoxic and aerobic reactors.

Further staging can be applied by non-concrete dividers within the reactors, providing a more sophisticated substrate gradient. The segmented construction ensures operational efficiency by creating the ideal environment in each compartment for the different processes. The reactors should be equipped with piping to bypass any single reactor for easy and safe maintenance without shutting down the entire treatment plant.

All reactors are designed to have a water depth of 6 m. For mixing, the anaerobic and anoxic reactors should be equipped with high efficiency propeller mixers. Meanwhile in the aerobic reactors, the right numbered and positioned tube-type fine bubble diffusers ensure the effective aeration and mixing.

In order to achieve a sufficient concentration of biomass, the anoxic and aerobic reactors should be equipped with the patented biofilm carrier media inserts, with 53.4% volumetric fill ratio in the anoxic tanks, and 51.5% fill ratio in the aerobic tanks. The artificial media developed by Biopolus – called Biopolus Artificial Root Package (ARP) – is designed for use in anoxic and aerobic tanks as well, in different setup to ensure the effectiveness and durability.

A split portion of the influent should be distributed to the 6th reactor at each cascade, with a volumetric flow of 1,375 m³/d. This distributes the carbon source for the anoxic zones more evenly, making denitrification more effective and requiring a lower flow rate of internal nitrate recycle.

Anaerobic reactors

At each line the 1st reactor is designed as an anaerobic space with a volume of 165 m³. In this reactor, negligible oxygen and nitrate concentration is required to enable the anaerobic fermentation and phosphorus release.

Sludge recirculation is a key parameter to keep a constant 600 mg MLSS concentration in the liquid phase of the reactors. Recycled sludge is led back from the DAF units to the anaerobic reactors. The calculated RAS flow rate is 116.5 m³/d at each line.

These reactors should be covered with a planted biofilter to ensure removal and neutralization of volatile organic compounds (VOC) thus preventing odors. Mixing should be executed with two high efficiency propeller mixers. Each mixer has a built-in electric power of 1.9 kW.

Anoxic reactors

At each reactor cascade, the 2nd and 6th reactors are designed as anoxic spaces with proper mixing and a volume of 450 m³, with staging into two compartments by divider walls. These reactors should be

covered with a planted biofilter to ensure removal and neutralization of volatile organic compounds (VOC), thus preventing odors.

The mixing should be managed with two high efficiency propeller mixers in each anoxic reactor. Each mixer has a built-in electric power of 1.9 kW.

The media design in these reactors is the Biopolus ARP Model 2 type with a total height of 5 m to ensure the proper mixing.

Aerobic reactors

At each MNR cascade the 3rd-5th and 7th tanks are prepared for aerobic processes to implement nitrification, and the degradation of organic compounds. Each reactor is designed with a volume of 600 m³, and further staged into three compartments by non-concrete divider walls. These reactors could be opened or covered with plants on top, thus providing more surface and interaction to establish more effective biofilm growth.

These reactors are mixed by the intensive aeration. This mixing method allows to generate upwards streams with higher dissolved oxygen content throughout the media. The media set up for these reactors is the ARP Model 1 type.

From the last reactor, there is an internal Nitrate recirculation flow back to the first anoxic reactor to ensure denitrification. The calculated recirculation flow rate is 9,000 m³/d at each line; and is 18,000 m³/d in total for the entire treatment plant.

The effluent water dissolved oxygen concentration is between 1.5-3.0 mg O_2/l.

The summarized reactor volumes are the following:

Denomination	Design	Unit
Anaerobic reactor volume (per line)	165	m³
Anaerobic reactor volume (entire plant)	330	m³
Anoxic reactor volume (per lien)	900	m³
Anoxic reactor volume (entire plant)	1,800	m³
Aerobic reactor volume (per line)	2,400	m³
Aerobic reactor volume (entire plant)	4,800	m³
Total reactor volume	**6,930**	**m³**

Phase Separation

The hybrid MNR reactors are designed to operate with a relatively low concentration of suspended solids (600 g/m³), the largest part of the biomass is attached to the biofiber media. To safely reach the effluent TSS limit, we propose a two-step phase separation solution with Dissolved Air Flotation and an additional Microfiltration.

Dissolved Air Flotation Unit

Biopolus recommends to use two parallel DAF units. The DAF effluent TSS concentration is below 100 mg/l. The calculated removed sludge flow is 459 m³/d. At higher hydraulic load the DAF efficiency will be lower but the output TSS concentration will be handled by the polishing effect of the microfilter.

Our calculation shows that this set up provides the required separation capacity. The sludge dry material content is between 0.5 and 1%. Partially, the separated sludge is recycled back to the anaerobic tank in each line.

The DAF units also provide oil and grease removal by skimming, which pollutants can safely be removed after the biological treatment since they can no longer be utilised as a source of organic carbon.

Microfiltration

We recommend two parallel drum-type microfiltration units for secondary effluent polishing. The provided effluent water TSS concentration will be below 10 mg/l. At a low TSS effluent value, the other effluent parameters, such as COD, BOD, TN or TP will be lower as well. The calculated sludge flow removed from the filter units is 57 m³/d.

UV disinfection (optional)

The low solids concentration of the effluent creates optimal conditions for disinfection by UV light.

Sludge Treatment

The sludge from phase separation should be thickened and dewatered on-site, then transported for disposal. For thickening the wasted sludge, we suggest installing gravity belt thickeners. The thickened sludge should be forwarded to an aerated sludge storage tank before dewatering. After the dewatering the sludge is temporarily stored in closed and odor free containers. For the sludge amount calculation we took into consideration the sludge dewatering belt filter-press, assuming 25% dry solids content for the amount of 6.8 m³/d.

Technical and Operational Parameters

The most important technical and operational parameters of the plant, calculated based on dynamic modelling, are summarized below:

Biofilm Carrier Media

Based on Biopolus ARP Model 2 type media in anoxic reactors:

Denomination	Design	Unit
Media length	5	m
Fill ratio (volume)	53.4	%
Total filled volume	960	m³

Based on Biopolus ARP Model 1 type media in aerobic reactors:

Denomination	Design	Unit
Media length	5	m
Fill ratio (volume)	51.5	%
Total filled volume	2,470	m³

Aeration

The aeration requirement is calculated for the worst-case situation such as high influent flow and high water temperature.

Denomination	Design	Unit
Required aeration capacity	3,226	m³/h
Required aeration capacity	77,424	m³/d

The following airflows, and number of diffusers are required at the aerobic basins at each line:

MNR Aerobic A02 and B02	Design	Unit
Average air flow	525	m³/h
Number of diffuser tubes (2 per carrier)	126	
MNR Aerobic A03 and B03	**Design**	**Unit**
Average air flow	425	m³/h
Number of diffuser tubes (1 per carrier)	126	
MNR Aerobic A04 and B04	**Design**	**Unit**
Average air flow	225	m³/h
Number of diffuser tubes (1 per carrier)	126	
MNR Aerobic A06 and B06	**Design**	**Unit**
Average air flow	438	m³/h
Number of diffuser tubes (1 per carrier)	126	

Blowers

We calculated with the blower set up of 1+1+1 configuration. At each line, the running blower should be powered through a variable frequency drive to help to cover the required air flow range. The plus one is a common hot spare.

Diffusers

We suggest installing tube diffusers with the following properties:

Denomination	Design	Unit
Diffuser type	tube	
SOTE (Standard Oxygen Transfer Efficiency)	7	%/m
Diffuser membrane diameter	63	mm
Diffuser length	0.7	m/pc
Required average air flow rate per tube	4.9	m³/h/pc
Required maximum air flow rate per tube	8.4	m³/h/pc
Diffuser amount	1,008	pc
Installed aeration capacity	8,600	m³/h

Hydraulic Parameters

We designed two parallel hybrid MNR cascade reactor systems, each containing 7 reactors, with further internal staging in the anoxic and aerobic tanks, effectively applying 16 biofilm reactor compartments in total.

The influent wastewater is pumped to the screen and from there the water flows through the technology units driven by gravity.

The summarized hydraulic parameters are the following:

Denomination	Design	Unit
Plant input flow	8,000	m³/d
Split flow to 6th MNR reactors (per line)	1,375	m³/d
Split flow to 6th MNR reactors	2,750	m³/d
Internal recirculation (per line)	9,000	m³/d
Internal recirculation (entire plant)	18,000	m³/d
RAS flow (per line)	116.5	m³/d
RAS flow (entire plant)	233	m³/d
TSS mass flow entering the DAF units		kg TSS/d
TSS concentration entering the DAF units	600	g TSS/m³
Sludge production of DAF units	459	m³/d
TSS mass flow of DAF sludge	3,534	kg/d
TSS concentration of DAF sludge	7.7	kg TSS/m³
Sludge production of microfiltration units	57	m³/d
TSS concentration of microfiltration sludge	4.8	kg TSS/m³
TSS mass flow of microfiltration sludge	278	kg/d
TSS mass flow entering the thickener unit	1,753	kg/d
Sludge production of the thickener unit	31.6	m³/d
TSS mass flow of thickener sludge	1,578	kg/d
TSS concentration of thickener sludge	50	kg TSS/m³
Dewatered sludge production	6.0	m³/d
Dry matter content of dewatered sludge	25	%
TSS mass flow of dewatered sludge	1,499	kg/d
Biological sludge mass flow	1,499	kg/d
Biological sludge production	0.556	kg TSS/kg BOD
Chemical sludge mass flow	0	kg/d
Chemical sludge production	0	kg TSS/kg BOD
Total sludge production	0.556	kg TSS/kg BOD

Chemical Dosing

Polymer dosage

We recommend polyelectrolyte solution to be dosed prior to the sludge dewatering unit. Dosing before the primary phase separation process should be avoided due to the sludge recirculation. The proper amount can be defined during the detailed design.

Denomination	Design	Unit
Specific polyelectrolyte dosage	5	g PE/kg TSS
Polyelectrolyte dosage of thickener	8.8	kg/d
Polyelectrolyte dosage of dewatering unit	7.9	kg/d
Daily polymer dosing (entire plant)	16.7	kg/d

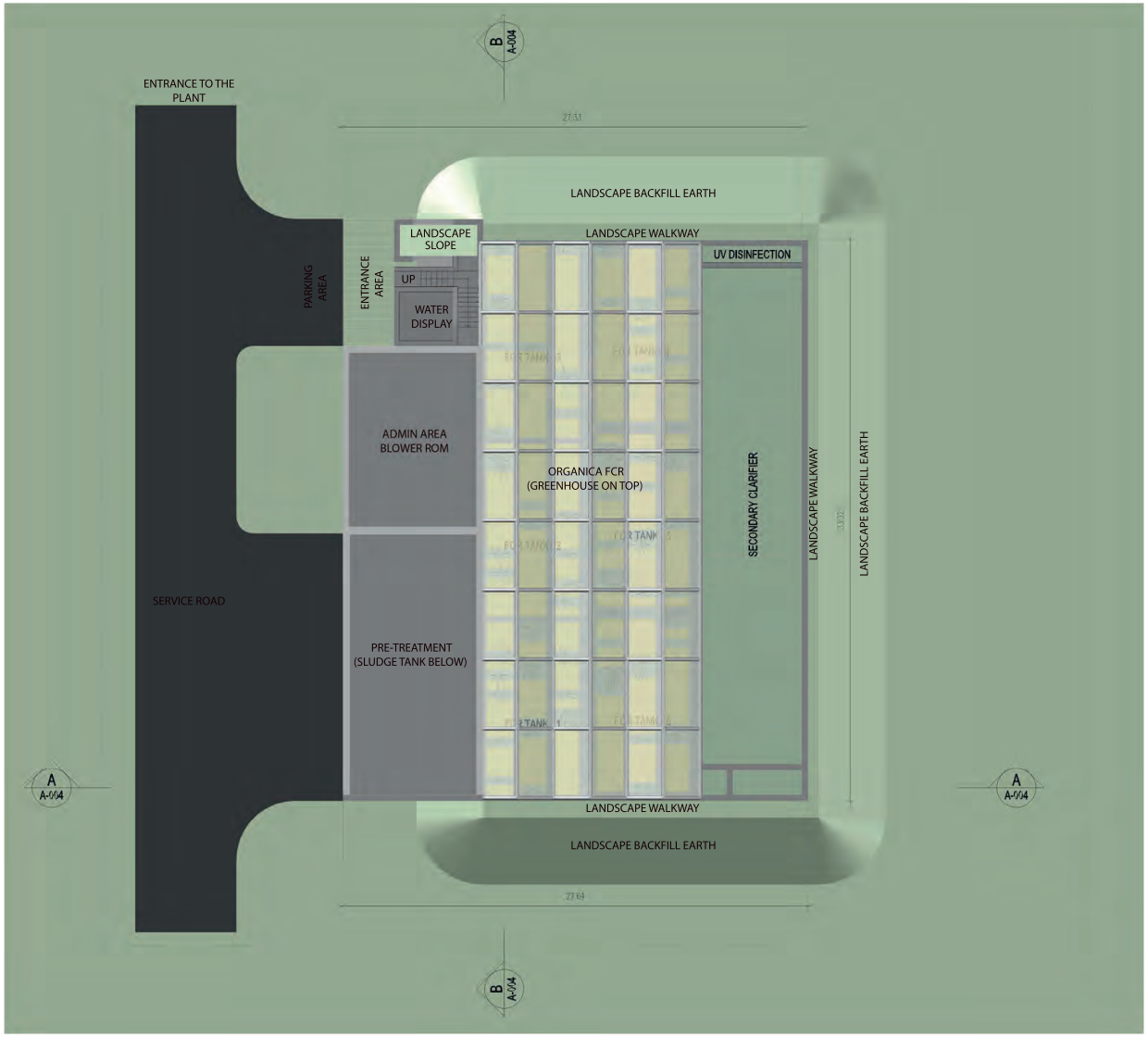
Effluent Characteristics

Based on the dynamic computer simulation this process can produce the following effluent water quality at 8°C in a stable and safe manner:

Denomination	Maximum	Unit
COD	<60	mg O_2/l
BOD_5	<7	mg O_2/l
NH_4-N	<1	mg N/l
TN	<10	mg N/l
TP	<2	mg P/l
TSS	<30	mg TSS/l

BIJLAGE 4

ONTWERPEN ORGANICA VRIESCHELOO



GENERAL NOTES:

1.No proposed slope shall exceed three(3) horizontal to one (1) vertical. U.N.O.

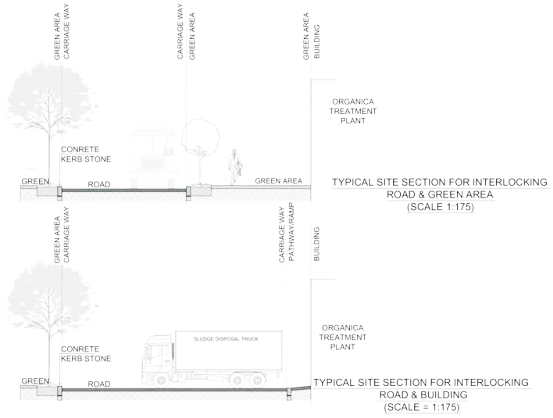
2. All utilities (manholes, valve covers etc) shall be adjusted to final grade prior to the final lift of asphalt.

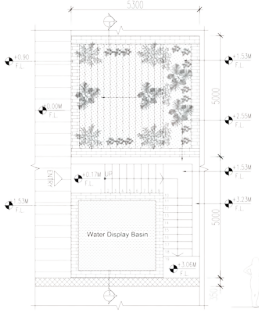
3. All landscape islands shall have a crown of clean native soils prior to landscaping.

4 . Construction shall comply with all applicable governing codes and be constructed to same.

5. Traffic should be divided for trucks and cars/ pedestrians.

6. There should be proper location of pedestrian circulation facilities as required in the project.





TYPICAL ENTRANCE AREA PLAN (SCALE 1:150)

TYPICAL SECTION THOUGH GREEN AREA (SCALE 1:150)

TYPICAL ENTRANCE AREA SECTION (SCALE 1:150)

SITE PLAN

Scale: 1:200

REUSE OF DOCUMENTS: Present design document has been prepared by Organica Water, Inc. and/or its subsidiaries - including any controlled subsidiaries thereof (including, but not limited to Organica Technologiak Zrt. (OTI) - (Organica). This document including the ideas and design incorporated herein and any derivative documents created based on the aforementioned (Documents) are the sole property of Organica. Such Documents are not to be created, copied, transformed, shared, distributed, used or otherwise utilized (Use) in whole or in part without PRIOR WRITTEN AUTHORIZATION of Organica. In case Documents are transmitted both in native and PDF format, native formats are issued exclusively for design support purposes. Only Organica transmitted PDF versions shall be considered official Documents. Only the ENGLISH language version of the Documents shall be considered as original. Organica shall have no liability for any translations of this English language Documents. All trademarks displayed are registered marks of Organica, protected by the relevant laws in force. All rights reserved. (c) Organica Water, Inc. 2017

Organica Water, Inc.
61 Princeton-Hightstown Road, Suite 3A
Princeton Junction, NJ 08550 USA
Tel: +16096518885
Fax: +16096518989
www.organicawater.com

Client: Aan de Stegge

Location: Netherlands

Project ID: NL01256L		Project Name: STOWA Study - Plant 1 WWTP (2.8 MLD)	Scale: 1:200
Type of Design: Concept Design	Issued by: OT	Drawing Title: Site Plan	Drawing Size: A2
Designed by: Anubhav Aggarwal	Checked by: Nicolás Rizo	Approved by: Nicolás Rizo	Drawing Number: NL01256L-A-011-001
			Date: 17.02.2017 Revision: 1

LOWER LEVEL +1,00 m

Scale: 1:200

GENERAL NOTES:

1.Building position : considered to provide to the maximum extent possible a zero balance earthwork.

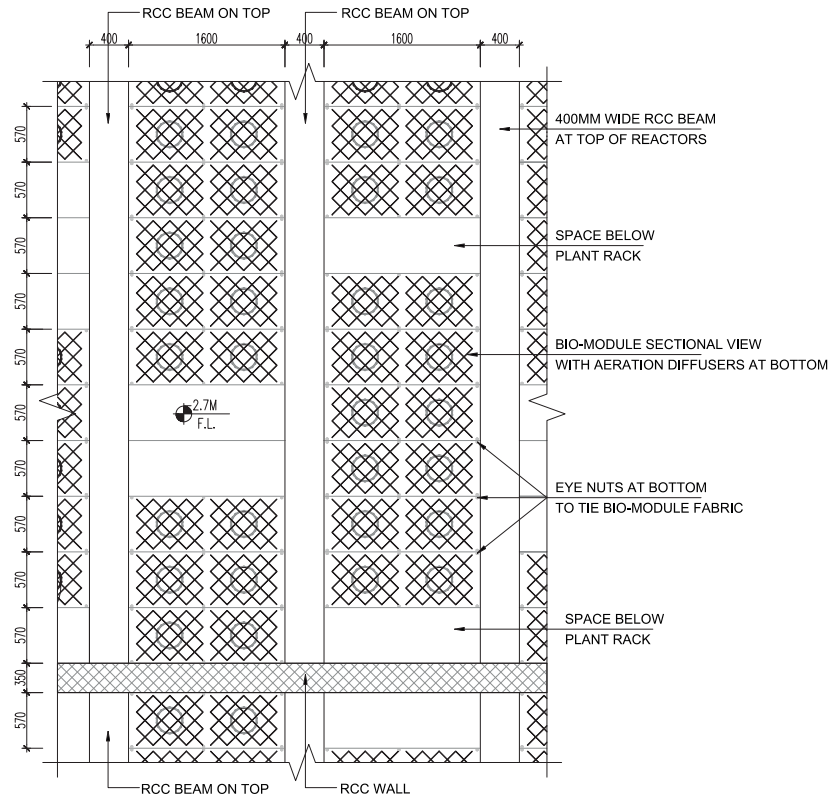
2. Scope of material shall be verified by contractor prior to the onset of work at site.

3. Organica FCR typical Layout shall be applicable for all design.

4 . All concrete structure shall be considered as waterproof concrete and shall be in accordance as per local available standards and codes

5. All dimesions are from the face of finished wall to face of finished wall U.N.O.

6. All equipments should be installed in accordance with the manufacturer's specifications.



TYPICAL PART PLAN OF FCR REACTOR'S BOTTOM SCALE 1:50

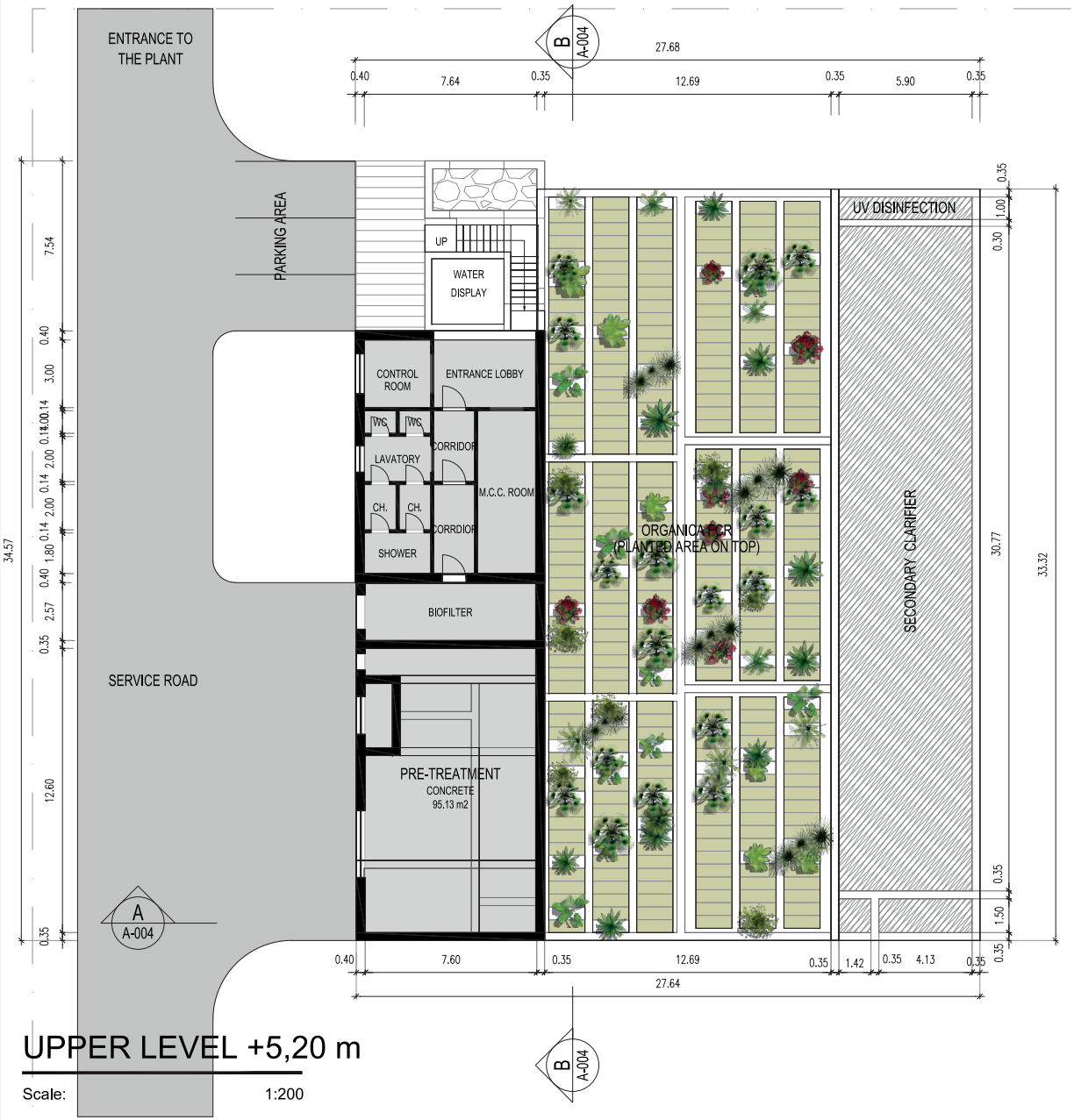
REUSE OF DOCUMENTS: Present design document has been prepared by Organica Water, Inc. and/or its subsidiaries - including any controlled subsidiaries thereof (including, but not limited to Organica Technológiák Zrt. (OT)) - (Organica). This document including the ideas and design incorporated herein and any derivative documents created based on the aforementioned (Documents) are the sole property of Organica. Such Documents are not to be created, copied, transformed, shared, distributed, used or otherwise utilized (Use) in whole or in part without PRIOR WRITTEN AUTHORIZATION of Organica. In case Documents are transmitted both in native and PDF format, native formats are issued exclusively for design support purposes. Only Organica transmitted PDF versions shall be considered official Documents. Only the ENGLISH language version of the Documents shall be considered as original. Organica shall have no liability for any translations of the English language Documents. All trademarks displayed are registered marks of Organica, protected by the relevant laws in force. All rights reserved. (c) Organica Water, Inc. 2017.

Organica Water, Inc.
61 Princeton-Hightstown Road, Suite 3A,
Princeton Junction, NJ 08550 USA
Tel: +16096518885
Fax: +16096518989
www.organicawater.com

Client: Aan de Stegge

Location: Netherlands

Project ID: NL01256L		Project Name: STOWA Study - Plant 1 WWTP (2.8 MLD)	Scale: 1:200
Type of Design: Concept Design	Issued by: OT	Drawing Title: Floor Plan - Lower Level	Drawing Size: A3
Designed by: Anubhav Aggarwal	Checked by: Nicolás Rizo	Approved by: Nicolás Rizo	Date: 17.02.2017 / Revision: 1
		Drawing Number: NL01256L-A-011-002	



UPPER LEVEL +5,20 m

Scale: 1:200

GENERAL NOTES:

1.Building position : considered to provide to the maximum extent possible a zero balance earthwork.

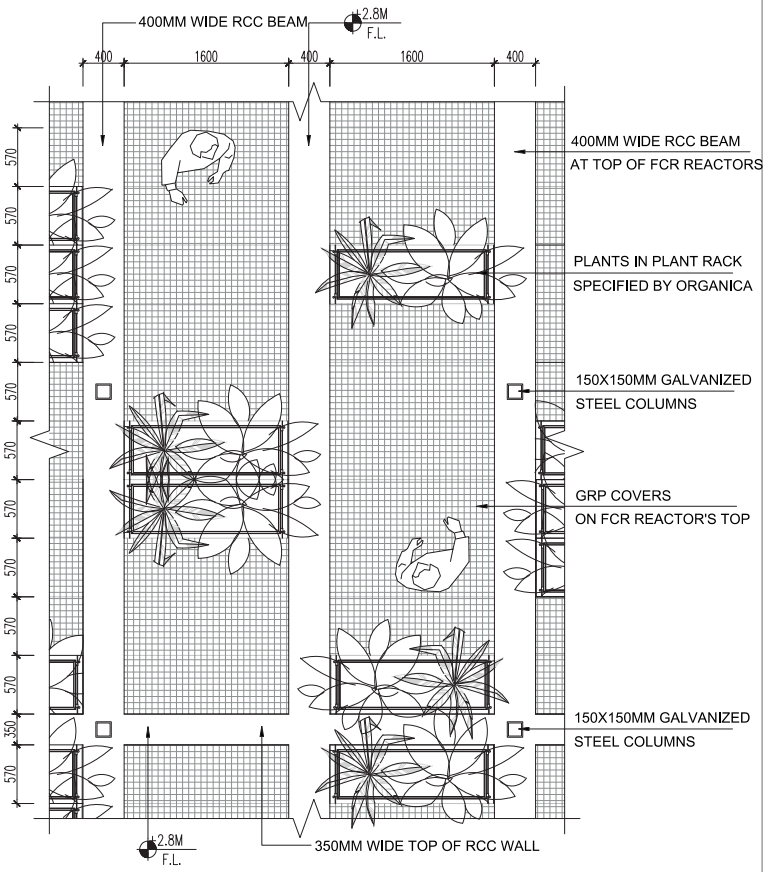
2. Scope of material shall be verified by contractor prior to the onset of work at site.

3. Exact location of walls, windows and doors shall be verified with project manager.

4 . Construction shall comply with all applicable governing codes and be constructed to same.

5. All dimesions are from the face of finished wall to face of finished wall U.N.O.

6. All equipments should be installed in accordance with the manufacturer's specifications.



TYPICAL PART PLAN OF FCR REACTOR'S TOP (SCALE 1:50)

REUSE OF DOCUMENTS: Present design document has been prepared by Organica Water, Inc. and/or its subsidiaries - including any controlled subsidiaries thereof (including, but not limited to Organica Technologiák Zrt. (OTI) - (Organica). This document including the ideas and design incorporated herein and any derivative documents created based on the aforementioned (Documents) are the sole property of Organica. Such Documents are not to be created, copied, transformed, shared, distributed, used or otherwise utilized (Use) in whole or in part without PRIOR WRITTEN AUTHORIZATION of Organica. In case Documents are transmitted both in native and PDF format, native formats are issued exclusively for design support purposes. Only Organica transmitted PDF versions shall be considered official Documents. Only the ENGLISH language version of the Documents shall be considered as original. Organica shall have no liability for any translations of the English language Documents. All trademarks displayed are registered marks of Organica, protected by the relevant laws in force. All rights reserved. (c) Organica Water, Inc. 2017.

Organica Water, Inc.
61 Princeton-Hightstown Road, Suite 3A,
Princeton Junction, NJ 08550 USA
Tel: +16096518885
Fax: +16096518989
www.organicawater.com

Client: Aan de Stegge

Location: Netherlands

Project ID: NL01256L

Type of Design: Concept Design

Issued by: OT

Designed by: Anubhav Aggarwal

Checked by: Nicolás Rizo

Approved by: Nicolás Rizo

Project Name: STOWA Study - Plant 1 WWTP (2.8 MLD)

Drawing Title: Floor Plan - Upper Level

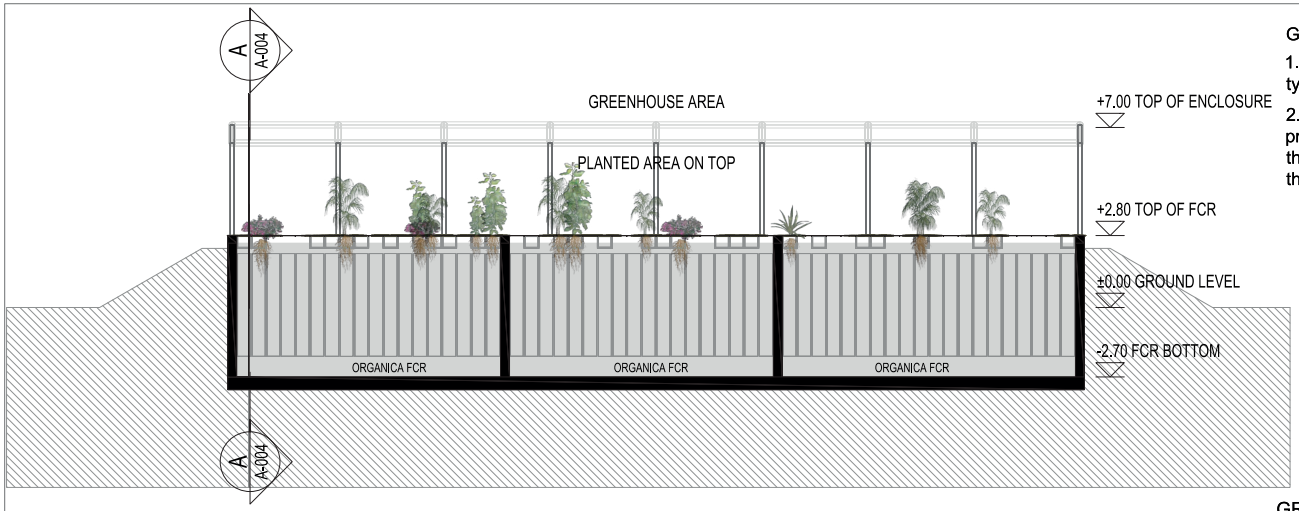
Drawing Number: NL01256L-A-011-003

Scale: 1:200

Drawing Size: A3

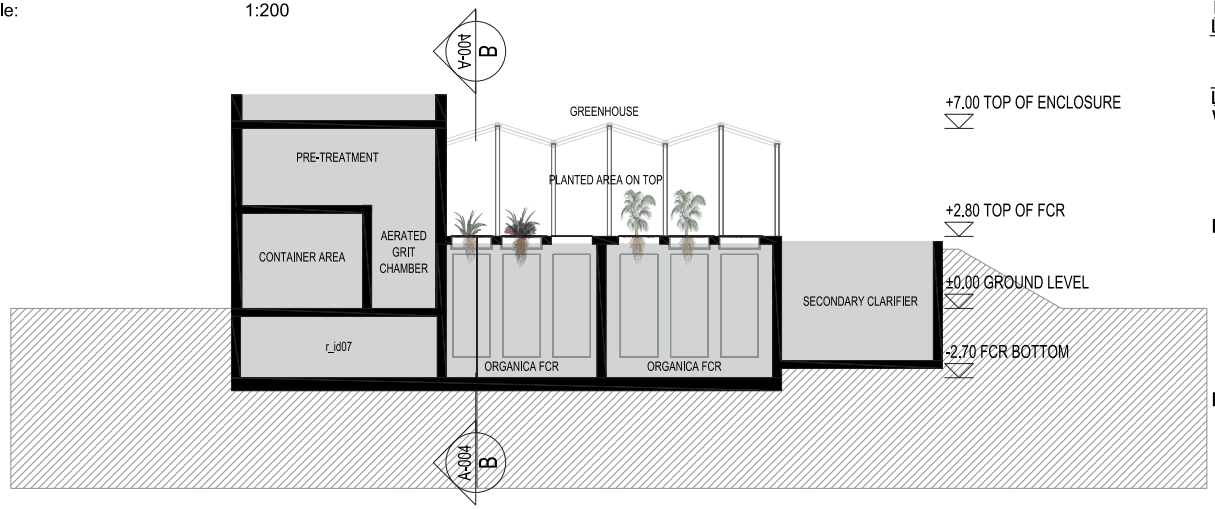
Date: 17.02.2017

Revision: 1



SECTION B-B

Scale: 1:200



SECTION A-A

Scale: 1:200

GENERAL NOTES:

1.External wall detail shall be typical for all building design.

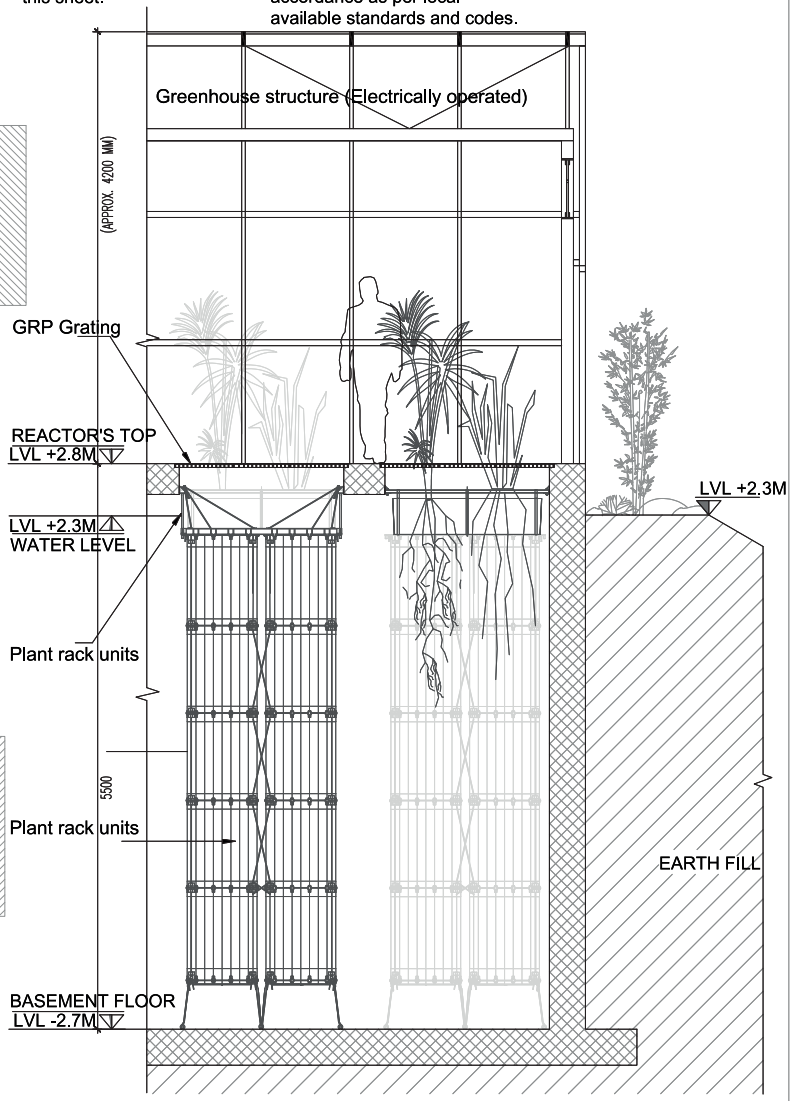
2. Coping profile shall be provided on building top as per the typical detail provided in this sheet.

3. Organica FCR typical Layout shall be applicable for all design.

4 . All concrete structure shall be considered as waterproof concrete and shall be in accordance as per local available standards and codes.

5. All dimesions are from the face of finished wall to face of finished wall U.N.O.

6. Greenhouse structure shall be of galvanised steel framework.



GREENHOUSE OVER BIO-MODULE DESIGN (SCALE 1:50)

REUSE OF DOCUMENTS: Present design document has been prepared by Organica Water, Inc. and/or its subsidiaries – including any controlled subsidiaries thereof (including, but not limited to Organica Technológiák Zrt. (OT)) - (Organica). This document including the ideas and design incorporated herein and any derivative documents created based on the aforementioned (Documents) are the sole property of Organica. Such Documents are not to be created, copied, transformed, shared, distributed, used or otherwise utilized (Use) in whole or in part without PRIOR WRITTEN AUTHORIZATION of Organica. In case Documents are transmitted both in native and PDF format, native formats are issued exclusively for design support purposes. Only Organica transmitted PDF versions shall be considered official Documents. Only the ENGLISH language version of the Documents shall be considered as original. Organica shall have no liability for any translations of the English language Documents. All trademarks displayed are registered marks of Organica, protected by the relevant laws in force. All rights reserved. (c) Organica Water, Inc. 2017.

Organica Water, Inc.
61 Princeton-Hightstown Road, Suite 3A,
Princeton Junction, NJ 08550 USA
Tel: +16096518885
Fax: +16096518989
www.organicawater.com

Client: Aan de Stegge

Location: Netherlands

Project ID: NL01256L

Type of Design: Concept Design

Issued by: OT

Designed by: Anubhav Aggarwal

Checked by: Nicolás Rizo

Approved by: Nicolás Rizo

Project Name: STOWA Study - Plant 1 WWTP (2.8 MLD)

Drawing Title: Sections

Drawing Number: NL01256L-A-013-001

Scale: 1:200

Drawing Size: A3

Date: 17.02.2017

Revision: 1

REUSE OF DOCUMENTS: Present design document has been prepared by Organica Water, Inc. and/or its subsidiaries - including any controlled subsidiaries thereof (including, but not limited to Organica Technológiák Zrt. (OT)) - (Organica). This document including the ideas and design incorporated herein and any derivative documents created based on the aforementioned (Documents) are the sole property of Organica. Such Documents are not to be created, copied, transformed, shared, distributed, used or otherwise utilized (Use) in whole or in part without PRIOR WRITTEN AUTHORIZATION of Organica. In case Documents are transmitted both in native and PDF format, native formats are issued exclusively for design support purposes. Only Organica transmitted PDF versions shall be considered official Documents. Only the ENGLISH language version of the Documents shall be considered as original. Organica shall have no liability for any translations of the English language Documents. All trademarks displayed are registered marks of Organica, protected by the relevant laws in force. All rights reserved. (c) Organica Water, Inc. 2017.

Organica Water, Inc.

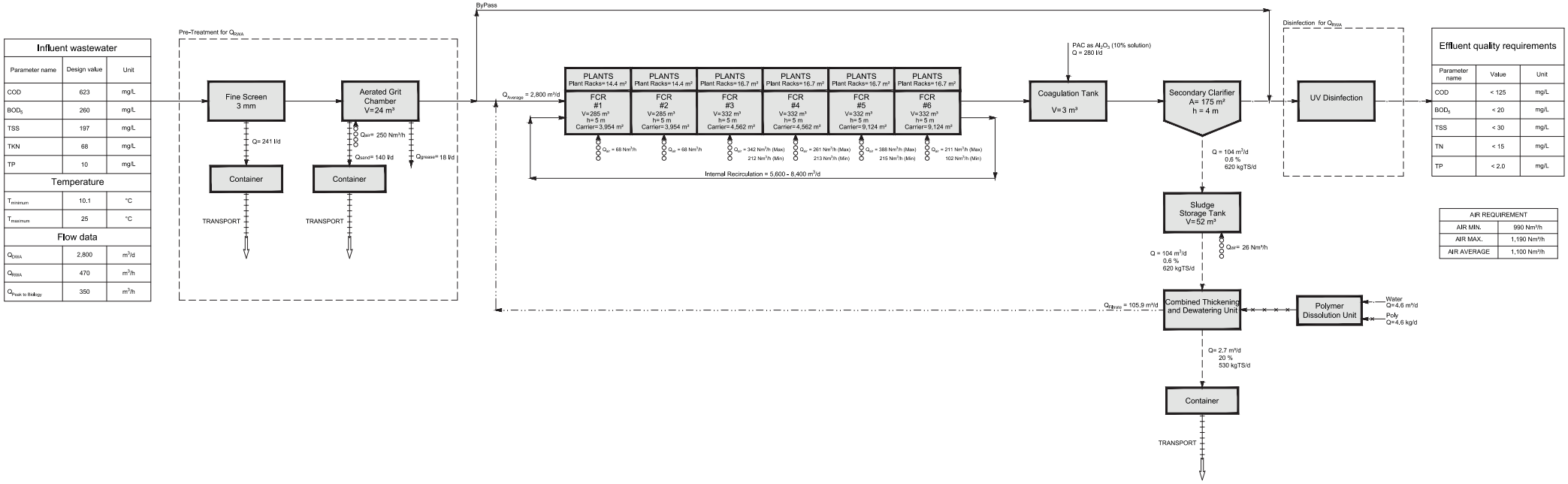
61 Princeton-Hightstown Road, Suite 3A,
Princeton Junction, NJ 08550 USA
Tel: +16096518885
Fax: +16096518989
www.organicawater.com

Client: Aan de Stegge

Location: Netherlands

Project ID: NL01256L			Project Name: STOWA Study - Plant 1 WWTP (2.8 MLD)
Type of Design: Concept Design		Issued by: OT	Drawing Title: Renders
Designed by: Anubhav Aggarwal	Checked by: Nicolás Rizo	Approved by: Nicolás Rizo	Drawing Number: NL01256L-A-019-001

Scale: N.T.S.	
Drawing Size: A3	
Date: 17.02.2017	Revision: 1



Revision Number	Revision Date	Revision Description	Issued by	Issued to
2	24.02.2017	Issued to Client	OT	AS
1	13.02.2017	Issued to Client	OT	AS

Organica Water, Inc.
01 Princeton-Hightstown Road, Suite 3A, Princeton Junction, NJ 08550 USA
+1 (609) 683-5889 fax: +1(609) 683-5889 www.organicawater.com

Project Name: STOWA Study - Plant 1 WWTP (2.8 MLD)
Client: Aan de Stegge
Drawing Title: Process Scheme

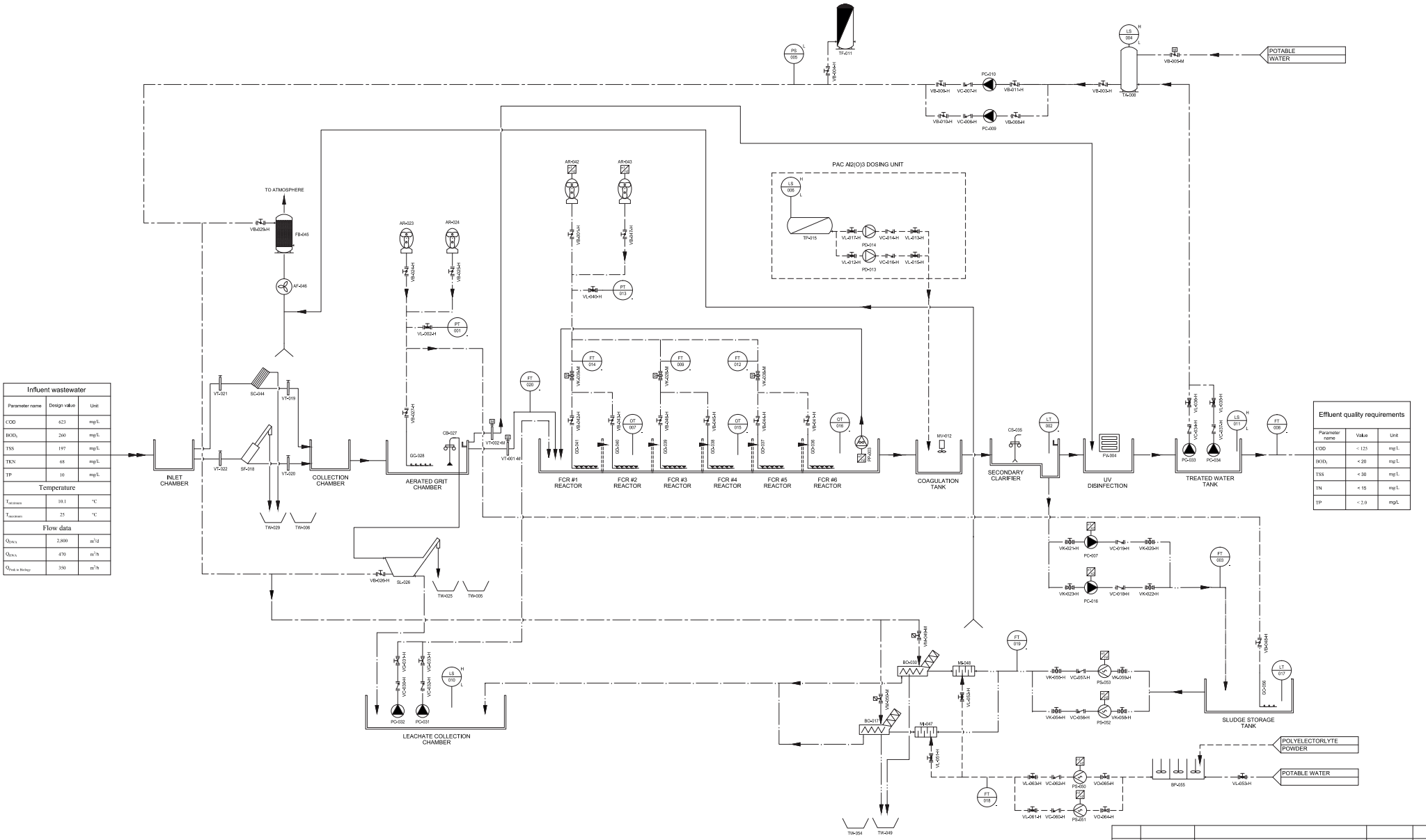
Designed by:	Checked by:	Approved by:	Project Number:	Drawing Size:	Date:
Adam Magyar	Jack Ryl	Jack Ryl	NL01256L	A1	13.02.2017

Type of Design:	Drawing Number:	Scale:	PCP Level:
Basic Design	P-011-001	n.t.s	1

REFERENCE DRAWINGS
dwg. no.

REUSE OF DOCUMENTS: Present design document has been prepared by Organica Water, Inc. and/or its subsidiaries - including any controlled subsidiaries thereof (including, but not limited to Organica Technologie ZrL (OTZ) - (Organica). This document including the ideas and design incorporated herein and any derivative documents created based on the aforementioned (Document(s) are the sole property of Organica. Such Documents are not to be created, copied, transformed, shared, distributed, used or otherwise utilized (Use) in whole or in part without PRIOR WRITTEN AUTHORIZATION of Organica. In case Documents are transmitted both in native and PDF format, native formats are issued exclusively for design support purposes. Only Organica transmitted PDF versions shall be considered official Documents.
Only the ENGLISH language version of the Documents shall be considered as original. Organica shall have no liability for any translations of the English language Documents.
All trademarks displayed are registered marks of Organica, protected by the relevant laws in force.
All rights reserved. (c) Organica Water, Inc 2017.

File Name and Path: O:\Technology\Process sizing\Projects\STOWA\STOWA Study - Plant 1\FCR\PS\NL01256L-P-011-001 - Process Scheme.dwg Printed: 2017.02.24. 16:42:41



Influent wastewater		
Parameter name	Design value	Unit
COD	623	mg/L
BOD_5	260	mg/L
TSS	197	mg/L
TKN	68	mg/L
TP	10	mg/L
Temperature		
$T_{minimum}$	10.1	°C
$T_{maximum}$	25	°C
Flow data		
Q_{DWA}	2,800	m^3/d
Q_{AWA}	470	m^3/h
$Q_{Peak\ to\ Biology}$	350	m^3/h

Effluent quality requirements		
Parameter name	Value	Unit
COD	< 125	mg/L
BOD_5	< 20	mg/L
TSS	< 30	mg/L
TN	< 15	mg/L
TP	< 2.0	mg/L

Revision Number	Revision:Date	Revision:Description	Issued by	Issued to
2	28.02.2017	Issued to Client	OT	AS
1	15.02.2017	Issued to Client	OT	AS

Organica Water, Inc.
51 Princeton-Hightstown Road, Suite 3A, Princeton Junction, NJ 08550 USA
t./f.: +1(609)3185855 fax: +1(609)3185859 www.organicawater.com

Client: Aan de Stegge

Project Name: STOWA Study - Plant 1 WWTP (2.8 MLD)

Drawing Title: Process and Instrumentation Diagram

Designed by:	Checked by:	Approved by:	Project Number: NL01256L	Drawing Size: A1	Date: 15.02.2017
Sameer Sharma	Pál Farkas	Pál Farkas	Type of Design: Basic Design	Drawing Number: P-013-001	Scale: n.t.s / PCP Level: 1

REFERENCE DRAWINGS
dwg. no.
NL01256L-P-011-001

REUSE OF DOCUMENTS: Present design document has been prepared by Organica Water Inc. and/or its subsidiaries - including any contributors (collectively hereof including, but not limited to Organica Technologies ZA (PTY) - Organica). This document including the ideas and designs incorporated herein and any derivative documents created based on the aforementioned (Documents) are the sole property of Organica. Such Documents are not to be sold, reused, copied, transformed, shared, distributed, used or otherwise utilized (fully or in whole or in part) without PRIOR WRITTEN AUTHORIZATION of Organica.
In case Documents are transmitted both in native and PDF format, native formats are issued exclusively for design support purposes. Only Organica transmitted PDF versions shall be considered official Documents. Only the ENGLISH language version of the Documents shall be considered original. Organica shall have no liability for any changes made to the Documents by any party other than Organica. All trademarks displayed herein are registered and unregistered trademarks of Organica. Copyright © Organica Water Inc. 2017.

Technical Description

Project Name: STOWA Study - Plant 1 WWTP (2.8 MLD)

Document Number: NL01256L-P-091-001

Revision: 2

Contents

1 Introduction 3

2 General Introduction to Organica FCR 3

2.1 Advantages of the FCR Solution 3

2.1.1 Lower suspended solids concentration (MLSS) offers phase separation alternatives 4

2.1.2 Lower suspended solids concentration (MLSS) improves energy efficiency 4

2.1.3 Increased biomass concentration 4

2.1.4 Eliminated requirement for sludge recirculation (RAS) 4

2.1.5 Longer effective solids retention time (SRT) 4

2.1.6 Elimination of sludge “bulking” and “washout” 4

2.1.7 Compact facility consumes less space 5

2.1.8 Plant roots provide are ideal biofilm carriers 5

3 Design Basis 5

4 Preliminary Design – Unit Operations 6

Process overview 6

4.1 Pre-Treatment Units 7

Fine Screen 7

Grit Removal 7

4.2 Secondary Biological Treatment – Organica FCR 7

FCR Reactors 7

Process Aeration 8

4.3 Phase Separation 8

Chemical Phosphorus Removal/Coagulation 8

Secondary Clarification 8

4.4 Disinfection 8

UV Disinfection 8

4.5 Solids Management 9

Sludge storage Tank 9

Combined Thickening/Dewatering Unit 9

Polymer System 9

5 Control system 10

5.1 Instrumentation and Control 10

5.2 Display Panel, Event Log 10
5.3 Control and Variables 10
5.4 Remote Access 10
5.5 Main Intervention Points 10

1 Introduction

This technical description outlines the proposed Organica solution for the **STOWA Study - Plant 1** wastewater treatment facility (WWTF) in **Amsterdam, the Netherlands**. As outlined below, average design capacity of the proposed facility is **2,800 m³/d**.

Organica solutions utilize a Food Chain Reactor (FCR) configuration, consisting of biological treatment in successive reactor zones utilizing fixed biomass on a combination of natural plant roots and Organica's engineered biofiber media, along with a limited amount of suspended biomass.

This document is structured as follows:

- Organica FCR general introduction
- Design basis - influent flow and characterization with treated effluent requirements
- Preliminary design information by unit process
- Description of the control system

2 General Introduction to Organica FCR

Organica FCR solutions consist of a series of biological treatment zones simultaneously utilizing both fixed biofilm and suspended biomass in the reactors. Biodegradation of influent contaminants is accomplished by the combination of fixed and suspended biological cultures. Biomass in the Organica FCR is primarily fixed-film, utilizing natural plant roots along with additional engineered (biofiber) media as biofilm carriers. As a standard feature of the solution, the basins may be covered by an attractive enclosure to protect the "botanical garden" as needed.

As influent travels through the FCR zones, the available organics and nutrients (various carbon, nitrogen, and phosphorus fractions) are consumed and/or transformed. As a result, the composition of the ecosystem fixed in the biofilm changes from zone to zone, gradually adapting to localized conditions as the organic and nutrient concentrations vary, as well as dissolved oxygen content. The end result is a specially-adapted ecosystem in each zone, acclimatized to the specific conditions to maximize treatment efficiency.

2.1 Advantages of the FCR Solution

A significant fraction of microorganisms responsible for biodegradation is in fixed-film form (attached growth). Benefits of fixed-film solutions include:

- Mixed liquor suspended solids (MLSS) concentrations significantly lower than conventional activated sludge systems; resulting in:
  - Improved aeration & mixing efficiency (reducing energy requirements)
  - Flexible phase-separation alternatives, including option of direct filtration (without clarifiers) to conserve space
- Increased concentration of active biomass in the treatment zones
- Eliminated requirement for sludge recirculation (RAS)
- Longer effective SRT (sludge age); resulting in more complex organisms with longer lifecycles (unicellular cilia, larvae, arthropods) establishing themselves on the biofilm
- Eliminated potential for biomass "washout"
- Significant reduction in biological reactor space requirements

These benefits are described in further detail below.

2.1.1 Lower suspended solids concentration (MLSS) offers phase separation alternatives

With the primary biomass in fixed-film form, solids concentration in suspended form (MLSS) is reduced. While conventional secondary clarification designs can also be utilized effectively, lower MLSS solids concentrations allow the option of direct filtration of the FCR effluent with a Disc Filter. Disc Filters offer drastically reduced space requirements, in addition to a positive barrier for solids capture and thus more reliable effluent quality.

2.1.2 Lower suspended solids concentration (MLSS) improves energy efficiency

Lower suspended solids concentrations (MLSS) reduce viscosity of the reactor liquid, requiring less mixing energy. Further, lower viscosity fluids have enhanced diffusion properties resulting in a higher oxygen mass transfer coefficient ("alpha" value), significantly improving aeration efficiency. The combination of reduced mixing demand and improved aeration efficiency results in significantly less energy consumption.

2.1.3 Increased biomass concentration

Due to the properties of the plant roots and the biofilm carrier arrangement, a special biofilm structure develops on both the natural and engineered media. This improved biofilm structure provides a higher concentration of biomass compared to other biofilm-based technologies. Depending upon project specifics, a total biomass concentration of 8 to15 kg/m^3 can be achieved, three to five times higher than conventional activated sludge systems. As a result, reactor volume can be drastically reduced.

2.1.4 Eliminated requirement for sludge recirculation (RAS)

Another advantage of Organica's fixed-film solution is elimination of the requirement for sludge recirculation (RAS). The excess biosolids removed in secondary phase separation are forwarded directly to the sludge handling system. Elimination of the RAS simplifies the process, while also eliminating the capital and operating costs of the pumping system and associated piping.

2.1.5 Longer effective solids retention time (SRT)

With the vast majority of the biomass in fixed form and without sludge (RAS) recirculation, the biomass can reach effectively higher sludge ages (SRT's) in a limited reactor volume. Higher SRT's provide significant advantages with respect to nitrification as they enable better retention of slow-growing autotrophic bacteria (nitrifiers) in the system, with reduced risk of "washout" in peak flow events. Additionally, higher SRT's enable complex organisms with longer lifecycles (unicellular cilia, worms, arthropods, etc.) to establish themselves in the biofilm. The more complex organisms are generally slower growing and also tend to be "predatory" (consuming more basic organisms resident in the system), resulting in lower net sludge production. Further, many of these species have demonstrated the ability to break down a wider range of substrates and more complex compounds (such as pharmaceuticals).

2.1.6 Elimination of sludge "bulking" and "washout"

Conventional activated sludge systems commonly see filamentous sludge "bulking" as a result of various specific operating conditions. Filamentous bacteria are the main cause of sludge bulking and proliferate mainly in suspended growth conditions. In FCR reactors, suspended growth accounts for only a small fraction of the total biomass, thus significantly reducing the growth opportunity for filamentous organisms and the potential for sludge bulking. Further, biomass "washout" from the system during high flow conditions is impossible with the majority of biomass attached to the carriers.

2.1.7 Compact facility consumes less space

Higher biomass concentrations result in significantly reduced reactor volumes and space requirements. In addition, the lower suspended solids concentration allows the potential of direct filtration for phase separation, without the use of clarifiers, thus providing further opportunity to reduce the overall space requirements for the facility.

2.1.8 Plant roots provide are ideal biofilm carriers

- Plant root specific surface area is an order of magnitude higher than most artificial carrier media, resulting in higher concentrations of active biomass.
- Plant roots are not susceptible to clogging, thus reducing operational risk.
- Plants excrete small amounts of organic acids from their root surfaces which act as a food source for the biofilm. This is of high importance when the influent organic load is low. This symbiotic relationship helps bacteria to survive starvation periods, resulting in a larger and more diverse population of bacteria in the system when the wastewater load is re-established. As a result, FCR facilities have far greater flexibility compared to conventional activated sludge systems.
- Utilization of marsh plants (reeds, sedges, bulrushes, etc.) transport oxygen to their roots and increase biofilm activity.
- Plant roots provide a better habitat for slow-growing species, such as nitrifiers and eukaryotic organisms, resulting in improved nutrient removal performance over conventional processes.

3 Design Basis

Based on the information provided to Organica and certain assumptions made by Organica, Table 1 below shows the influent characteristics and effluent limits used as the design basis.

Table 1. Influent characteristics and effluent limits used as design basis

Parameters	Influent Characteristics	Units	Effluent Limits	Units
Design average flow ($Q_{Average}$)	**2,800**	m^3/d	-	m^3/d
Design rainy weather peak flow (Q_{RWA})	**470**	m^3/h	-	m^3/h
Design peak to Biology ($Q_{Peak\ to\ Biology}$)	**350**	m^3/h	-	m^3/h
COD	**623**	mg/l	**< 125**	mg/l
BOD_5	**260**	mg/l	**< 20**	mg/l
Total Suspended Solids (TSS)	**197**	mg/l	**< 30**	mg/l
Total Kjeldahl Nitrogen (TKN)	**68**	mg/l	**-**	mg/l
Total Nitrogen (TN)	**-**	mg/l	**< 15**	mg/l
Total Phosphorus (TP)	**10**	mg/l	**< 2**	mg/l
Design minimum wastewater temperature (T_{min})	**10.1**	°C	-	°C
Design maximum wastewater temperature (T_{max})	**25**	°C	-	°C

For process design considerations, it is assumed that all effluent compliance requirements are absolute (not monthly or annual averages). If monthly or annual average/median are reported or other deviations are allowed, potential savings are possible. Please contact Organica for further refinement of the design if needed.

4 Preliminary Design – Unit Operations

This section provides preliminary design information for the proposed treatment unit processes.

The main unit processes are:

- Pre-Treatment
  - Fine screen and grit removal - designed to treat Q_{RWA} (470 m^3/h)
- Biological Treatment
  - FCR multi-zone reactor with 6 zones in each reactor train
- Secondary Phase Separation
  - Coagulation
  - Secondary clarifier
- Disinfection
  - UV disinfection - designed to treat Q_{RWA} (470 m^3/h)
- Solids Management
  - Sludge storage tank
  - Sludge thickening and dewatering

Process overview

The Process Scheme accompanying this document provides a schematic of the above unit processes as well as the flow connectivity between them.

As shown in the process scheme, influent flows to the fine screen and aerated grit chamber (pre-treatment) where solids removal takes place. After pre-treatment, flow is directed to the FCR reactors for biological treatment. The FCR is capable to treat flows up to 350 m^3/h. Peak flows above the limit will be bypassed.

A biological treatment facility with one FCR train is proposed.

To provide biological nitrogen removal, varying degrees of aeration are used through the reactor zones to create both anoxic and aerobic microbe environments. Anoxic zones are the primary location for denitrification where conversion of nitrate into nitrogen gas occurs – nitrate is used as the electron acceptor for organic matter degradation in this zone. Denitrification takes place both in the suspended phase and in the fixed-film, particularly the “deeper” layers of the biofilm where anoxic conditions are present.

Following the anoxic stages, aerobic zones provide organic matter degraders, nitrifiers and higher organisms in both suspended and attached phases to provide degradation of organic compounds and conversion of ammonia to nitrate. To complete the denitrification process, a recycle of aerobic zone fluids to the anoxic zones is required to provide nitrates to the anoxic zones. Throughout both the anoxic and aerobic zones, fine-bubble aeration is used to provide mass transfer (oxygen) and mixing to keep any free solids in suspension.

Wastewater flows from the FCR reactor zones to a coagulation tank, where polyaluminum-chloride (PAC) is added to achieve the required effluent phosphorus limit via solids removal.

Wastewater flows from the coagulation tank to the secondary clarifier unit which gravity-settles the suspended biomass and inert solids to achieve the required effluent TSS limits.

Elimination of pathogens by UV-radiation takes place before discharge. The UV chamber is designed to be able to handle 470 m^3/h peak flow.

The excess sludge from the clarifier is pumped to a sludge storage tank where air is introduced to avoid anaerobic, septic conditions. From the tank the sludge is directed to a combined thickening/dewatering unit where poly-electrolyte is introduced to improve dewatering processes. The dewatered sludge will be put in containers for further processing. The filtrate from the unit will be sent back to the biology.

4.1 Pre-Treatment Units

Fine Screen

Fine screening is utilized to remove objects prior to the treatment process. These objects are generally inert plastics and other debris that cannot be broken down in biological treatment.

Table 2.Technical Specification of Fine Screens

Item/Parameter	Value	Unit
Opening size	**3**	mm
Total screenings volume	**241**	l/d

Grit Removal

Grit removal captures sand, grit, and other fine material that is non-biodegradable prior to biological treatment.

Table 3.Technical Specification of Grit Removal

Item/Parameter	Value	Unit
Number of grit removal basins	**1**	-
Volume of one basin	**24**	m^3
Grit removal basin type	**Aerated**	-
Total air requirement	**250**	Nm^3/h
Total grit quantity	**140**	l/d
Total grease quantity	**18**	l/d

4.2 Secondary Biological Treatment – Organica FCR

As described above, biological treatment will occur through a series of FCR reactor zones.

FCR Reactors

To provide sufficient habitat for the fixed-film process utilized in FCR solutions, sufficient retention time and surface area will be provided.

Table 4.Technical Specification of Organica FCR reactors

Item/Parameter	Value	Unit
Total volume of reaction zones per train	1,898	m^3
Number of reaction zones per train	6	-
Numbers of trains	1	-
Total Biofiber Media area per train	35,280	m^2
Plant racks per train	95.6	m^2

Process Aeration

Aeration is provided in the FCR zones to maintain mixing and provide sufficient oxygen in the anoxic and aerobic process described previously.

Table 5.Process Aeration Technical Specification

Item/Parameter	Value	Unit
Process air demand (min)	990	Nm^3/h
Process air demand (average)	1,100	Nm^3/h
Process air demand (max)	1,190	Nm^3/h

4.3 Phase Separation

Chemical Phosphorus Removal/Coagulation

Prior to solids separation, chemical coagulation with PAC addition will be utilized for efficient removal of suspended particles, as well as phosphorus precipitation where required.

Table 6.Technical Specification of Chemical Phosphorus Removal/Coagulation

Item/Parameter	Value	Unit
Total PAC usage	280	l/d
Total volume of coagulation tank	3	m^3

Secondary Clarification

Clarification is provided to allow a quiescent settling zone where suspended solids are gravity-settled to the bottom of the clarifier. Settled solids are then pumped directly to the solids handling and dewatering processes.

Table 7. Basic Secondary Clarification Information

Item/Parameter	Value	Unit
Number of units	1	pcs
Side Water Depth	4	m
Surface of one clarifier	175	m^2

4.4 Disinfection

UV Disinfection

Through passage of UV light into the water, inactivation of bacteria, viruses, and protozoa is accomplished.

4.5 Solids Management

Sludge storage Tank

A sludge storage tank is provided as a buffer to allow intermittent operation of the downstream dewatering equipment.

Table 8. Technical Specification of sludge storage tank

Parameters	Value	Unit
Total Volume of Sludge storage tank	**52**	m^3
Mixing air requirement	**26**	Nm^3/h

Combined Thickening/Dewatering Unit

Sludge flow from the sludge storage tank is directed to the combined thickening and dewatering unit.

Table 9. Technical Specification of combined thickening and dewatering unit

Item/Parameter	Value	Unit
Sludge flow from thickening and dewatering	**2.7**	m^3/d
Dry solids content	**20**	%w/w

Polymer System

Polyelectrolyte is added through various unit processes to optimize solids separation performance.

Table 10. Minimum Design Capacities of Polymer Systems

Item/Parameter	Value	Unit
Sludge thickening and dewatering	**4.6**	kg/d

5 Control system

The wastewater treatment facility utilizes a PC-PLC based process control system with custom-engineered control software. It integrates the acquisition, display, and storage of operational data, as well as the input and application of operational variables.

5.1 Instrumentation and Control

The design provides appropriate instruments and sensors, as required, for proper operation and control of the system. In general, flow is measured by electromagnetic meters and/or derived from level sensors. Dissolved oxygen probes are provided for monitoring of dissolved oxygen at appropriate locations. Other additional sensors such as instrumentation for online measurement of ammonia, nitrate, or phosphorus may be included in the design as needed depending on the effluent requirements and operational needs. Variable Frequency Drives (VFDs) are provided for pump or blower speed control where necessary. Electromagnetic or pneumatic actuators are provided for valve operation or modulation where necessary. Key equipment is controlled by one or more PLCs, which monitor their status through feedback channels and display on the control application program.

5.2 Display Panel, Event Log

The application program that runs on the PC is adapted and customized to the technology. Its function is to gather, display, print and store information in addition to the implementation of operator commands and settings. The program provides all stored information in a processed and readable format, readily accessible to operators.

The real-time technical parameters (status of equipment, measured values) are displayed on the flowchart of the application program. These values are stored in a central database, which is accessible through charts and summary tables. Changes of technological settings, failures, alarms, and equipment status are stored in the event log.

5.3 Control and Variables

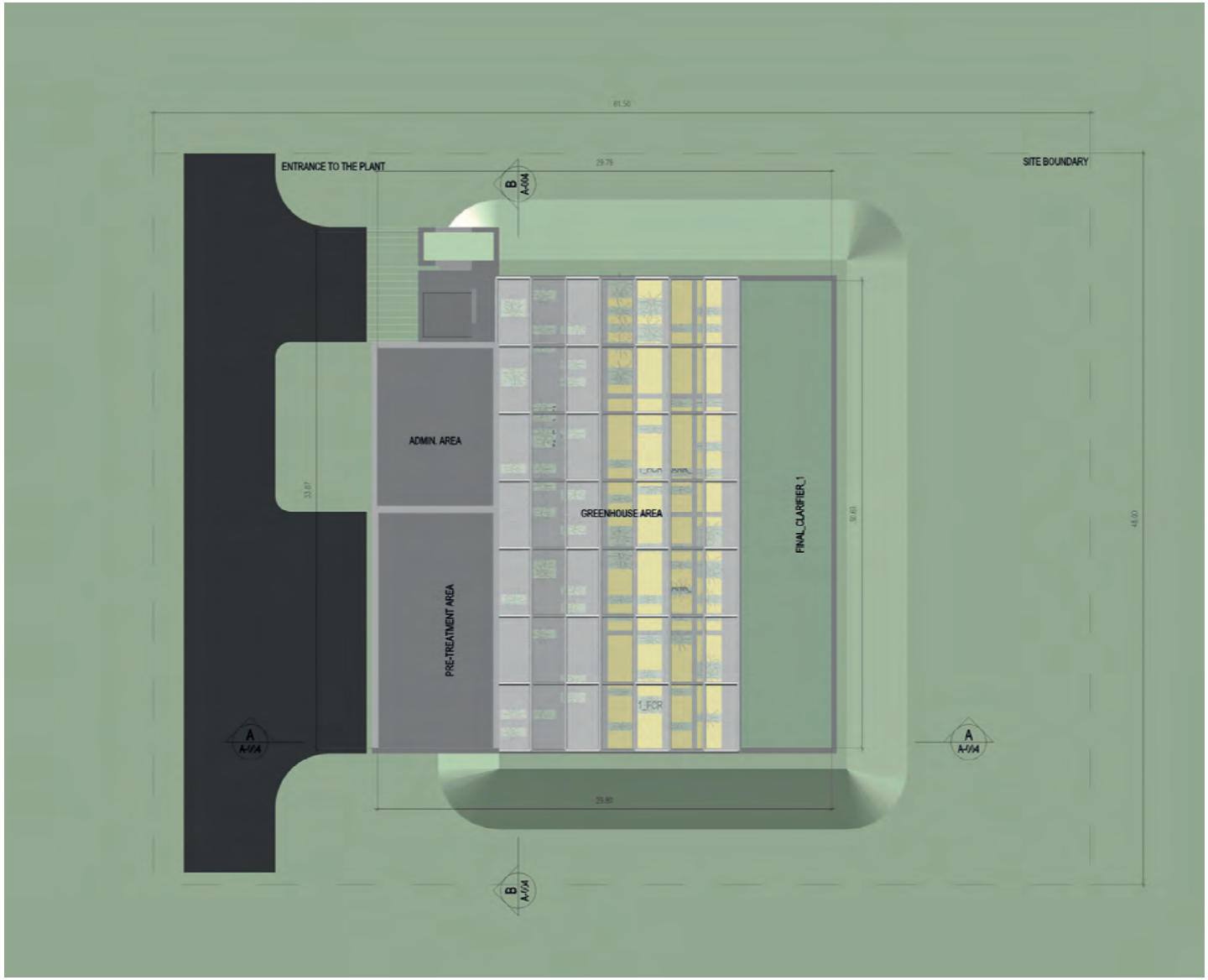
The PLC supervisory program controls the automatic operation of equipment. The automatic operation can be altered by using the commands of the application program or modifying the control parameters. Initial values for these parameters are set during the design of each facility. However, a high level of flexibility is provided for modification of these parameters in the event that actual operating conditions or the influent characteristics differ from those used in the original design.

5.4 Remote Access

Internet and mobile technologies play an essential role in the operation of the facility. Remote access to the control panel and logged data enables technologists to observe and intervene in the treatment process when necessary.

5.5 Main Intervention Points

The most important intervention point is aeration control in the cascade reactors - the PC-PLC system controls the blowers by variable frequency drives thus enabling it to maintain a range from 0.2 – 5 mg/L dissolved oxygen level in the FCR reactors to optimize kinetics of the biological process, while balancing energy consumption. This control logic is based upon measurement of dissolved oxygen through probes installed in the FCR reactors.



SITE PLAN

Scale: 1:200

GENERAL NOTES:

1.No proposed slope shall exceed three(3) horizontal to one (1) vertical. U.N.O.

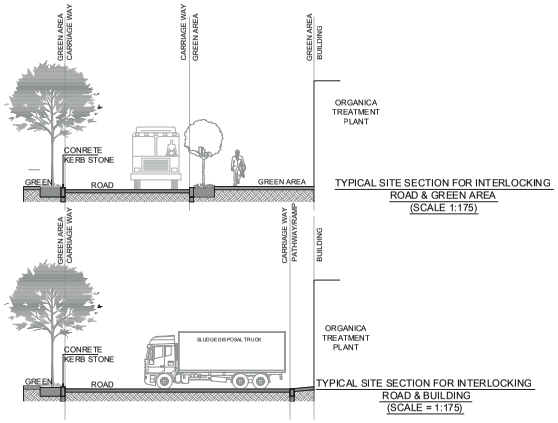
2. All utilities (manholes, valve covers etc) shall be adjusted to final grade prior to the final lift of asphalt.

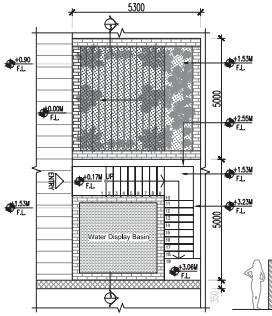
3. All landscape islands shall have a crown of clean native soils prior to landscaping.

4 . Construction shall comply with all applicable governing codes and be constructed to same.

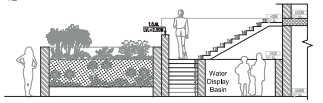
5. Traffic should be divided for trucks and cars/ pedestrians.

6. There should be proper location of pedestrian circulation facilities as required in the project.





TYPICAL SECTION THOUGH GREEN AREA (SCALE 1:150)



TYPICAL ENTRANCE AREA SECTION (SCALE 1:150)

ORGANICA

REUSE OF DOCUMENTS: Present design document has been prepared by Organica Water, Inc. and/or its subsidiaries - including any controlled subsidiaries thereof (including, but not limited to Organica Technologiak Zrt. (OT)) - (Organica). This document including the ideas and design incorporated herein and any derivative documents created based on the aforementioned (Documents) are the sole property of Organica. Such Documents are not to be created, copied, transformed, shared, distributed, used or otherwise utilized (Use) in whole or in part without PRIOR WRITTEN AUTHORIZATION of Organica. In case Documents are transmitted both in native and PDF format, native formats are issued exclusively for design support purposes. Only Organica transmitted PDF versions shall be considered official Documents. Only the ENGLISH language version of the Documents shall be considered as original. Organica shall have no liability for any translations of the English language Documents. All trademarks displayed are registered marks of Organica, protected by the relevant laws in force. All rights reserved. (c) Organica Water, Inc. 2017

Organica Water, Inc.
61 Princeton-Hightstown Road, Suite 3A,
Princeton Junction, NJ 08550 USA
Tel: +16096518885
Fax: +16096518989
www.organicawater.com

Client: Aan de Stegge

Location: Netherlands

Type of Design: Concept Design | Issued by: OT

Designed by: OCS | Checked by: Tamás Somsák | Approved by: Nicolás Rizo

Project Name: STOWA Study - Plant 1 WWTP (2.8 MLD)

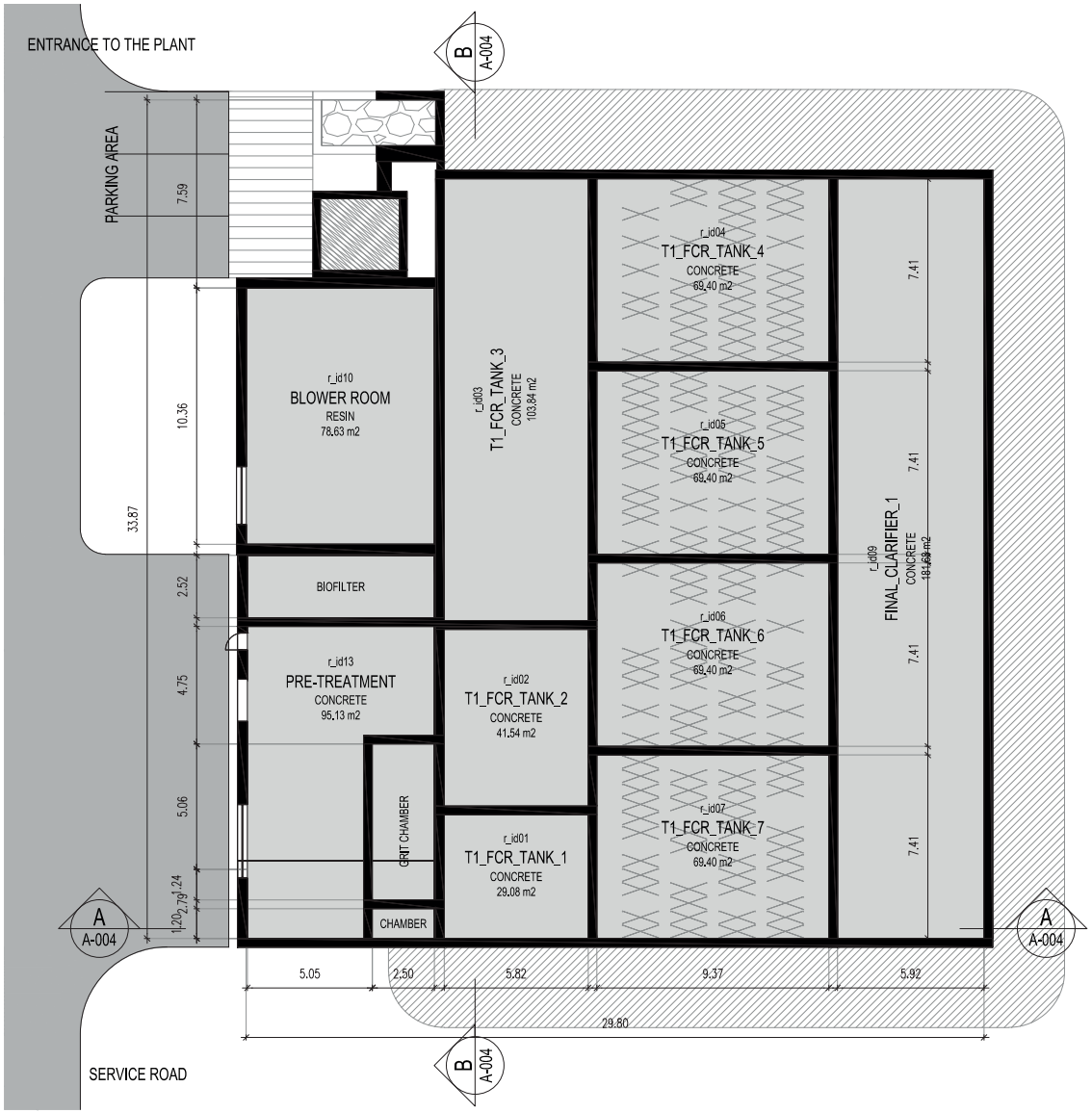
Drawing Title: Site Plan

Drawing Number: NL01256L-A-011-001

Scale: 1:200

Drawing Size: ISO full bleed A2

Date: 02/03/2017 | Revision: 1



LOWER LEVEL +1,00 m

Scale: 1:200

GENERAL NOTES:

1.Building position : considered to provide to the maximum extent possible a zero balance earthwork.

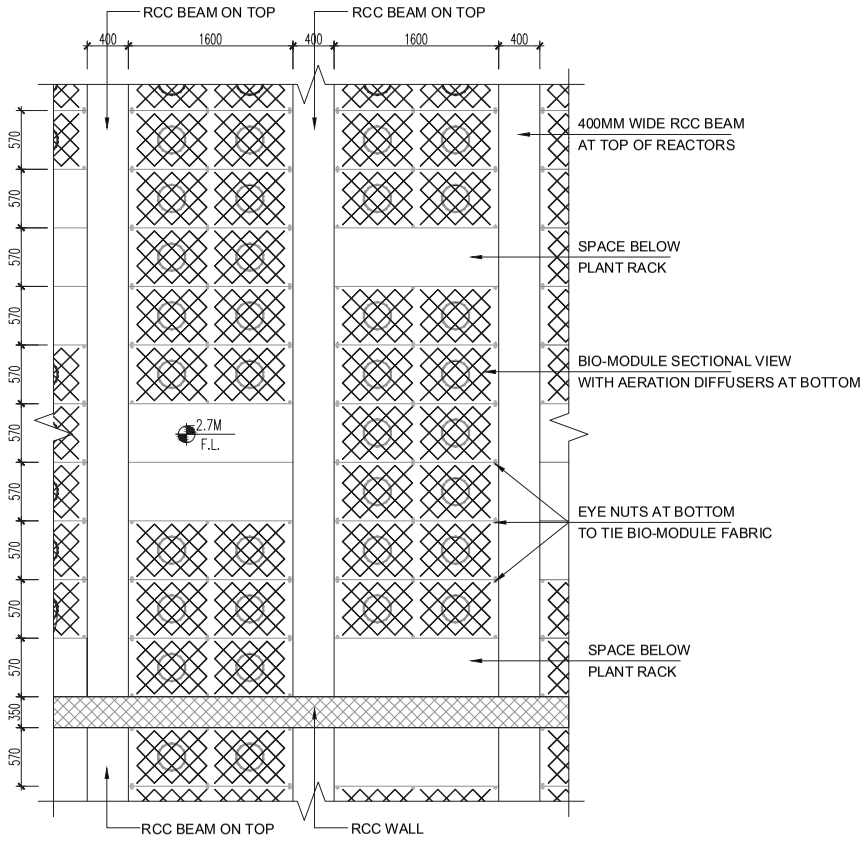
2. Scope of material shall be verified by contractor prior to the onset of work at site.

3. Organica FCR typical Layout shall be applicable for all design.

4 . All concrete structure shall be considered as waterproof concrete and shall be in accordance as per local available standards and codes

5. All dimesions are from the face of finished wall to face of finished wall U.N.O.

6. All equipments should be installed in accordance with the manufacturer's specifications.



TYPICAL PART PLAN OF FCR REACTOR'S BOTTOM SCALE 1:50

REUSE OF DOCUMENTS: Present design document has been prepared by Organica Water, Inc. and/or its subsidiaries - including any controlled subsidiaries there of (including, but not limited to Organica Technológiák Zrt. (OT)) - (Organica). This document including the ideas and design incorporated herein and any derivative documents created based on the aforementioned (Documents) are the sole property of Organica. Such Documents are not to be created, copied, transformed, shared, distributed, used or otherwise utilized (Use) in whole or in part without PRIOR WRITTEN AUTHORIZATION of Organica. In case Documents are transmitted both in native and PDF format, native formats are issued exclusively for design support purposes. Only Organica transmitted PDF versions shall be considered official Documents. Only the ENGLISH language version of the Documents shall be considered as original. Organica shall have no liability for any translations of the English language Documents. All trademarks displayed are registered marks of Organica, protected by the relevant laws in force. All rights reserved. (c) Organica Water, Inc. 2017.

Organica Water, Inc.
61 Princeton-Hightstown Road, Suite 3A,
Princeton Junction, NJ 08550 USA
Tel: +16096518885
Fax: +16096518989
www.organicawater.com

Client: Aan de Stegge

Location: Netherlands

Type of Design: Concept Design

Issued by: OT

Designed by: OCS

Checked by: Tamás Somsák

Approved by: Nicolás Rizo

Project Name: STOWA Study - Plant 1 WWTP (2,8 MLD)

Drawing Title: Floor Plan - Lower Level

Drawing Number: NL01256L-A-011-002

Scale: 1:200

Drawing Size: ISO full bleed A3

Date: 02/03/2017

Revision: 1

UPPER LEVEL +5,20 m

Scale: 1:200

GENERAL NOTES:

1.Building position : considered to provide to the maximum extent possible a zero balance earthwork.

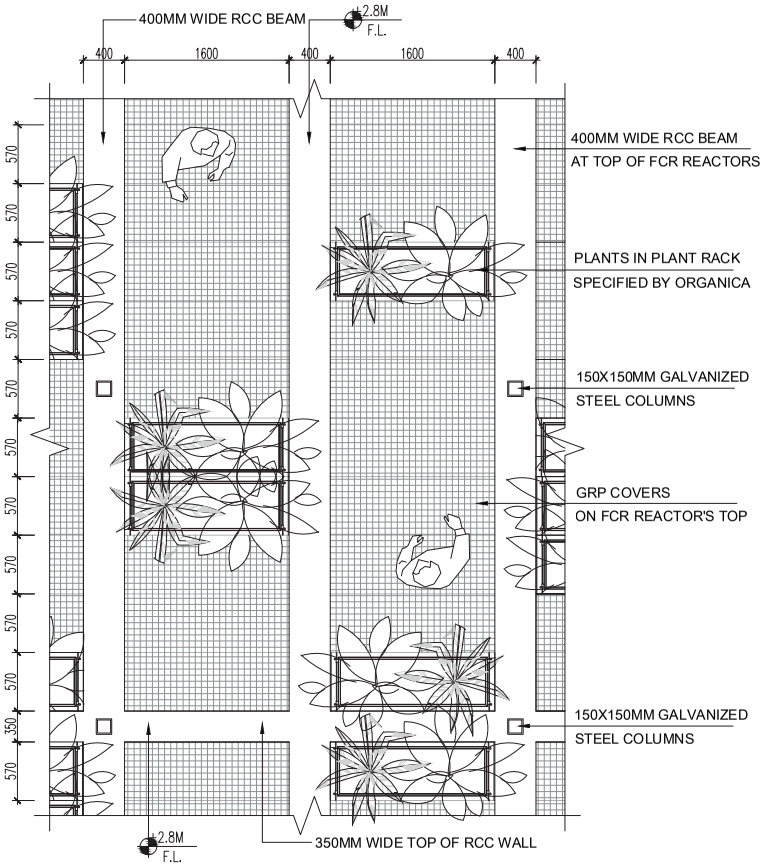
2. Scope of material shall be verified by contractor prior to the onset of work at site.

3. Exact location of walls, windows and doors shall be verified with project manager.

4 . Construction shall comply with all applicable governing codes and be constructed to same.

5. All dimesions are from the face of finished wall to face of finished wall U.N.O.

6. All equipments should be installed in accordance with the manufacturer's specifications.



TYPICAL PART PLAN OF FCR REACTOR'S TOP (SCALE 1:50)

REUSE OF DOCUMENTS: Present design document has been prepared by Organica Water, Inc. and/or its subsidiaries - including any controlled subsidiaries thereof (including, but not limited to Organica Technológiák Zrt. (OT)) - (Organica). This document including the ideas and design incorporated herein and any derivative documents created based on the aforementioned (Documents) are the sole property of Organica. Such Documents are not to be created, copied, transformed, shared, distributed, used or otherwise utilized (Use) in whole or in part without PRIOR WRITTEN AUTHORIZATION of Organica. In case Documents are transmitted both in native and PDF format, native formats are issued exclusively for design support purposes. Only Organica transmitted PDF versions shall be considered official Documents. Only the ENGLISH language version of the Documents shall be considered as original. Organica shall have no liability for any translations of the English language Documents. All trademarks displayed are registered marks of Organica, protected by the relevant laws in force. All rights reserved. (c) Organica Water, Inc. 2017.

Organica Water, Inc.
61 Princeton-Hightstown Road, Suite 3A,
Princeton Junction, NJ 08550 USA
Tel: +16096518885
Fax: +16096518989
www.organicawater.com

Client: Aan de Stegge

Location: Netherlands

Type of Design: Concept Design

Issued by: OT

Designed by: OCS

Checked by: Tamás Somsák

Approved by: Nicolás Rizo

Project Name: STOWA Study - Plant 1 WWTP (2,8 MLD)

Drawing Title: Floor Plan - Upper Level

Drawing Number: NL01256L-A-011-003

Scale: 1:200

Drawing Size: ISO full bleed A3

Date: 02/03/2017

Revision: 1

GENERAL NOTES:

1.External wall detail shall be typical for all building design.

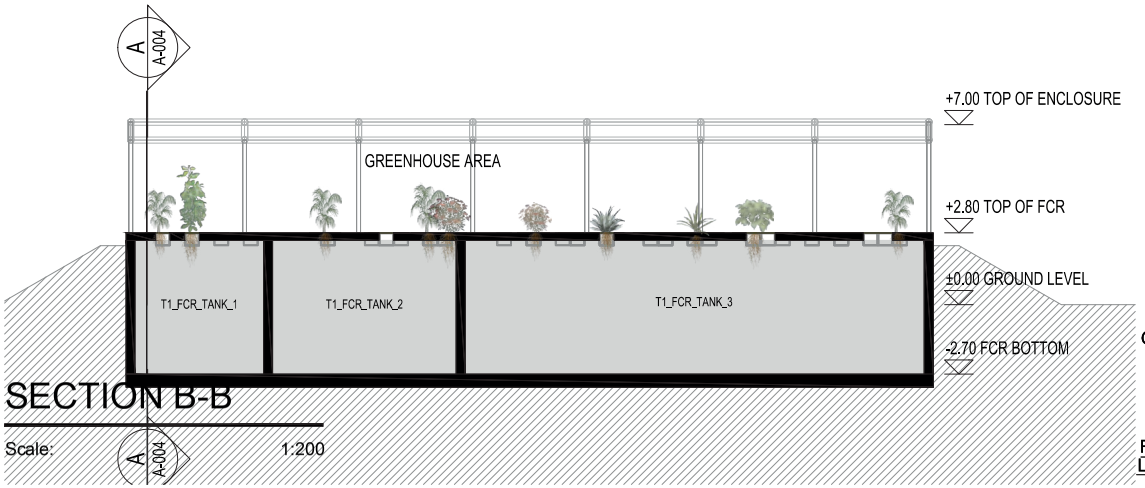
2. Coping profile shall be provided on building top as per the typical detail provided in this sheet.

3. Organica FCR typical Layout shall be applicable for all design.

4 . All concrete structure shall be considered as waterproof concrete and shall be in accordance as per local available standards and codes.

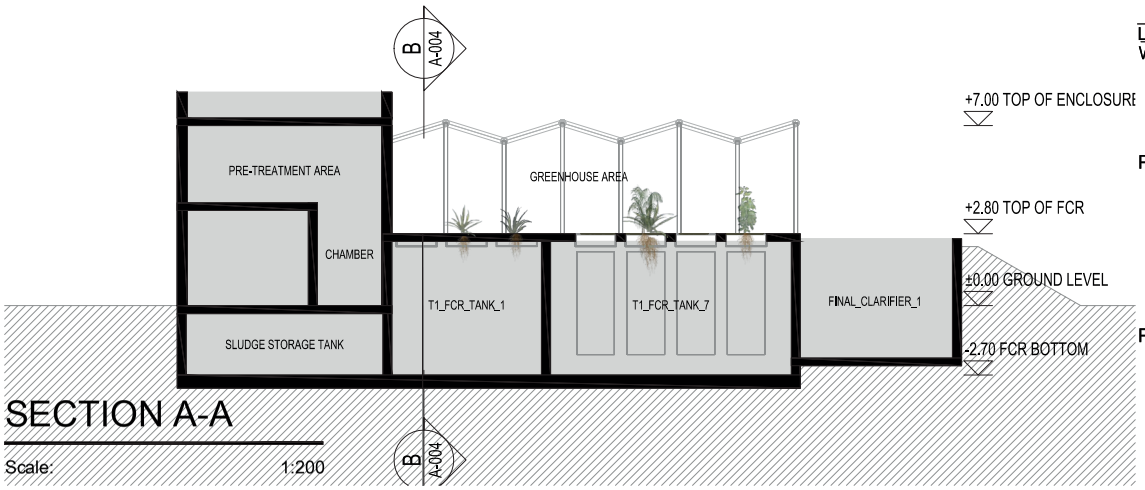
5. All dimesions are from the face of finished wall to face of finished wall U.N.O.

6. Greenhouse structure shall be of galvanised steel framework.



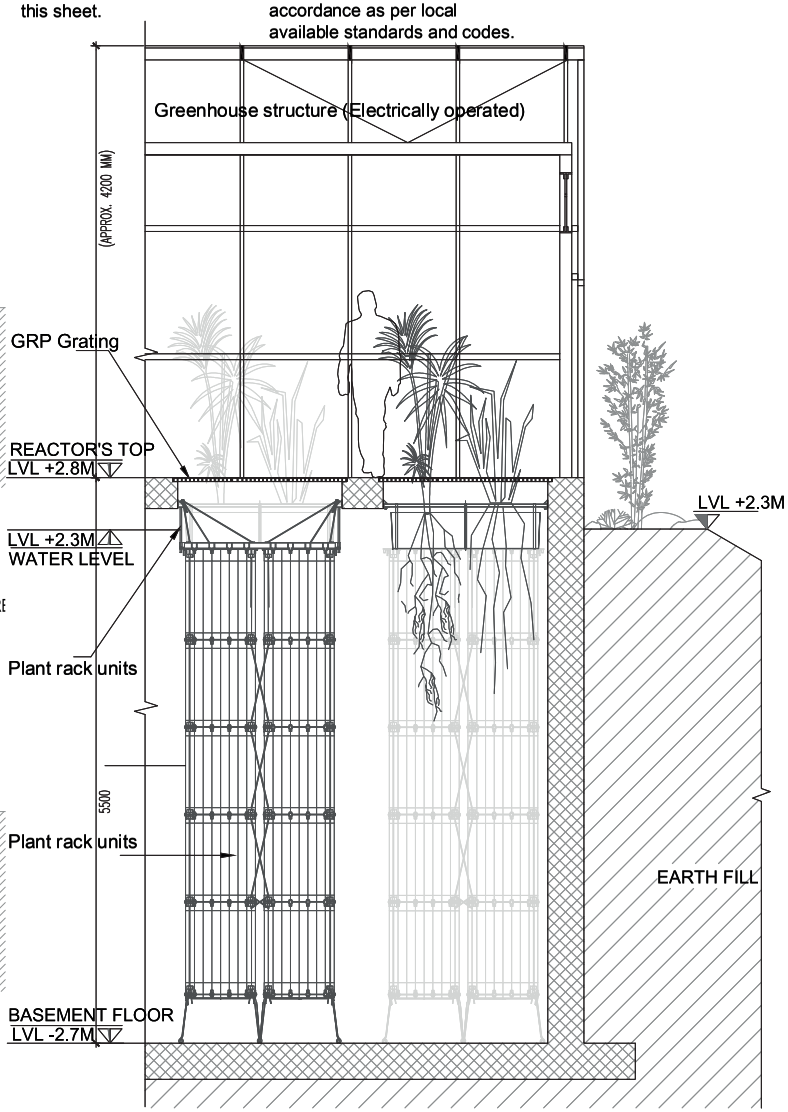
SECTION B-B

Scale: 1:200



SECTION A-A

Scale: 1:200



GREENHOUSE OVER BIO-MODULE DESIGN (SCALE 1:50)

REUSE OF DOCUMENTS: Present design document has been prepared by Organica Water, Inc. and/or its subsidiaries - including any controlled subsidiaries thereof (including, but not limited to Organica Technológiák Zrt. (OT)) - (Organica). This document including the ideas and design incorporated herein and any derivative documents created based on the aforementioned (Documents) are the sole property of Organica. Such Documents are not to be created, copied, transformed, shared, distributed, used or otherwise utilized (Use) in whole or in part without PRIOR WRITTEN AUTHORIZATION of Organica. In case Documents are transmitted both in native and PDF format, native formats are issued exclusively for design support purposes. Only Organica transmitted PDF versions shall be considered official Documents. Only the ENGLISH language version of the Documents shall be considered as original. Organica shall have no liability for any translations of the English language Documents. All trademarks displayed are registered marks of Organica, protected by the relevant laws in force. All rights reserved. (c) Organica Water, Inc. 2017.

Organica Water, Inc.
61 Princeton-Hightstown Road, Suite 3A,
Princeton Junction, NJ 08550 USA
Tel: +16096518885
Fax: +16096518989
www.organicawater.com

Client: Aan de Stegge

Location: Netherlands

Type of Design: Concept Design

Issued by: OT

Designed by: OCS

Checked by: Tamás Somsák

Approved by: Nicolás Rizo

Project Name: STOWA Study - Plant 1 WWTP (2,8 MLD)

Drawing Title: Sections

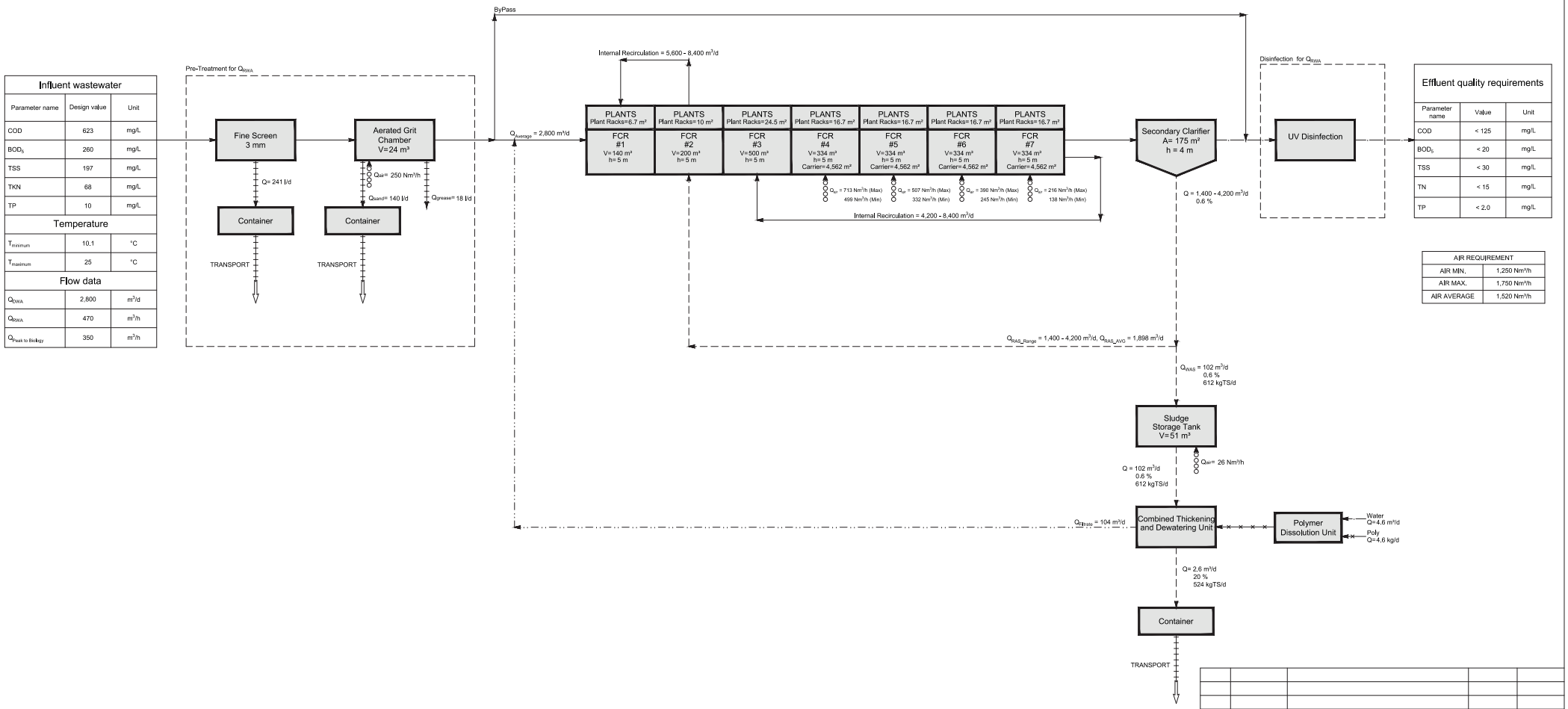
Drawing Number: NL01256L-A-013-001

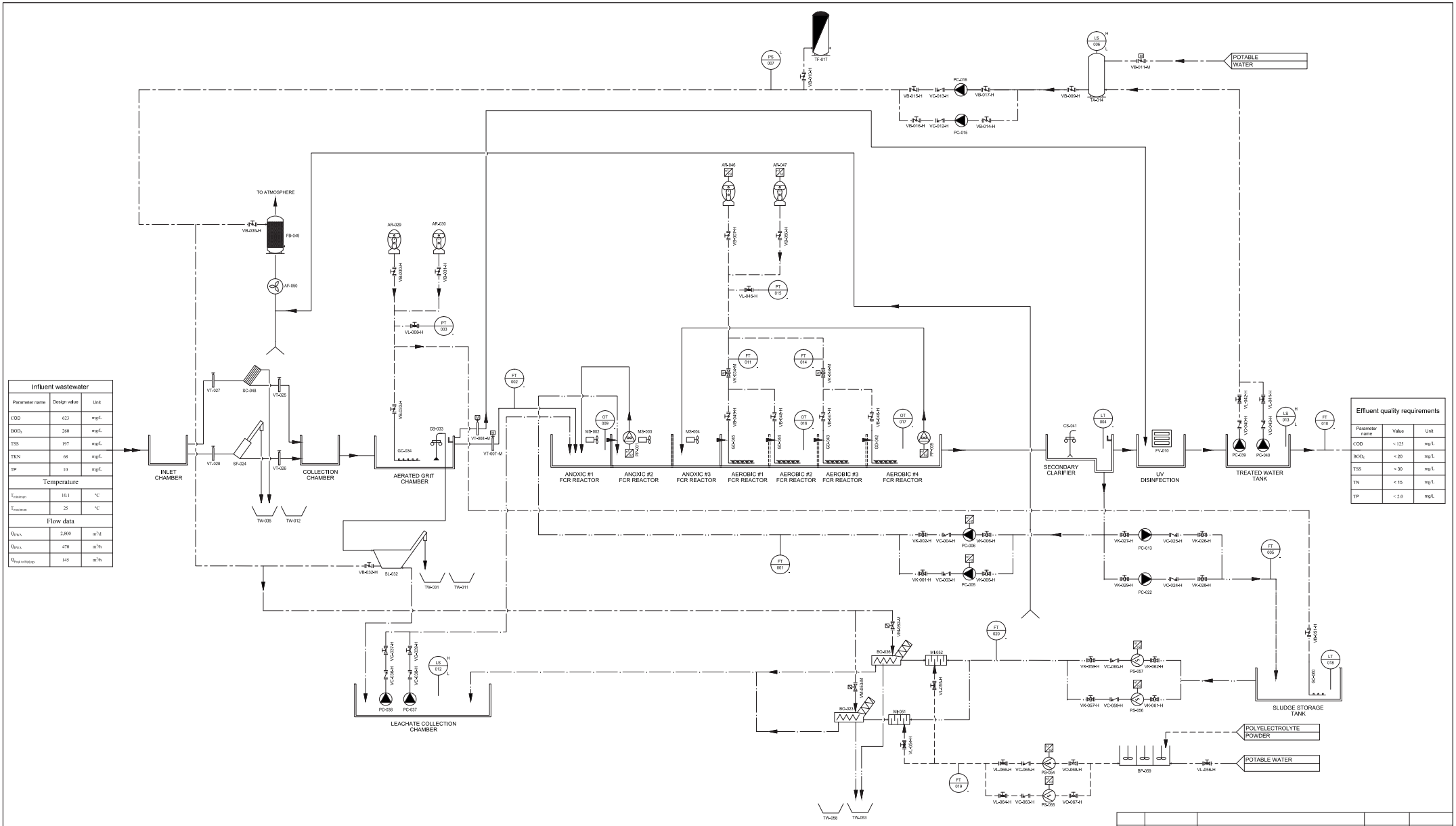
Scale: 1:200

Drawing Size: ISO full bleed A3

Date: 02/03/2017

Revision: 1


LEGEND
INFLUENT
SLUDGE
EFFLUENT, CLEAN WATER
FILTRATE
CHEMICALS
SOLID WASTE
GAS
AIR
PUMP
SLUDGE PUMP
Influent wastewater
Parameter name | Design value | Unit
COD | 623 | mg/L
BOD5 | 260 | mg/L
TSS | 197 | mg/L
TKN | 68 | mg/L
TP | 10 | mg/L
Temperature
Tminimum | 10.1 | °C
Tmaximum | 25 | °C
Flow data
QDWA | 2,800 | m³/d
QDWA | 470 | m³/h
QPeak to Biology | 350 | m³/h
Pre-Treatment for QRWA
Fine Screen 3 mm
Q= 241 l/d
Container
TRANSPORT
Aerated Grit Chamber V=24 m³
Qair= 250 Nm³/h
Qsand= 140 l/d
Qgrease= 18 l/d
Container
TRANSPORT
ByPass
QAverage = 2,800 m³/d
Internal Recirculation = 5,600 - 8,400 m³/d
PLANTS Plant Racks=6.7 m² FCR #1 V=140 m³ h=5 m
PLANTS Plant Racks=10 m² FCR #2 V=200 m³ h=5 m
PLANTS Plant Racks=24.5 m² FCR #3 V=500 m³ h=5 m
PLANTS Plant Racks=16.7 m² FCR #4 V=334 m³ h=5 m Carrier=4,562 m²
PLANTS Plant Racks=16.7 m² FCR #5 V=334 m³ h=5 m Carrier=4,562 m²
PLANTS Plant Racks=16.7 m² FCR #6 V=334 m³ h=5 m Carrier=4,562 m²
PLANTS Plant Racks=16.7 m² FCR #7 V=334 m³ h=5 m Carrier=4,562 m²
Qair = 713 Nm³/h (Max) 499 Nm³/h (Min)
Qair = 507 Nm³/h (Max) 332 Nm³/h (Min)
Qair = 390 Nm³/h (Max) 245 Nm³/h (Min)
Qair = 216 Nm³/h (Max) 138 Nm³/h (Min)
Internal Recirculation = 4,200 - 8,400 m³/d
Secondary Clarifier A= 175 m² h = 4 m
Q = 1,400 - 4,200 m³/d 0.6 %
Disinfection for QRWA
UV Disinfection
Effluent quality requirements
Parameter name | Value | Unit
COD | < 125 | mg/L
BOD5 | < 20 | mg/L
TSS | < 30 | mg/L
TN | < 15 | mg/L
TP | < 2.0 | mg/L
AIR REQUIREMENT
AIR MIN. | 1,250 Nm³/h
AIR MAX. | 1,750 Nm³/h
AIR AVERAGE | 1,520 Nm³/h
QRAS_Range = 1,400 - 4,200 m³/d, QRAS_AVG = 1,898 m³/d
QWAS = 102 m³/d 0.6 % 612 kgTS/d
Sludge Storage Tank V=51 m³
Qair= 26 Nm³/h
Q = 102 m³/d 0.6 % 612 kgTS/d
QFiltrate = 104 m³/d
Combined Thickening and Dewatering Unit
Polymer Dissolution Unit
Water Q=4.6 m³/d
Poly Q=4.6 kg/d
Q= 2.6 m³/d 20 % 524 kgTS/d
Container
TRANSPORT
1 | 27.02.2017 | Issued to Client | OT | AS
Revision Number | Revision Date | Revision Description | Issued by | Issued to
Organica Water, Inc.
Project Name: STOWA Study - Plant 1 WWTP (2.8 MLD)
Client: Aan de Stegge
Drawing Title: Process Scheme
Designed by: Adam Magyar
Checked by: Jack Ryl
Approved by: Jack Ryl
Project Number: NL01256L
Drawing Size: A1
Date: 27.02.2017
Type of Design: Basic Design
Drawing Number: P-011-002
Scale: n.t.s
PCP Level: 2
REFERENCE DRAWINGS
dwg. no.
REUSE OF DOCUMENTS: Present design document has been prepared by Organica Water, Inc. and/or its subsidiaries - including any controlled subsidiaries thereof (including, but not limited to Organica Technologie ZrL (OTI) - (Organica). This document including the ideas and design incorporated herein and any derivative documents created based on the aforementioned (Documents) are the sole property of Organica. Such Documents are not to be created, copied, transformed, shared, distributed, used or otherwise utilized (Use) in whole or in part without PRIOR WRITTEN AUTHORIZATION of Organica. In case Documents are transmitted both in native and PDF format, native formats are issued exclusively for design support purposes. Only Organica transmitted PDF versions shall be considered official Documents.
Only the ENGLISH language version of the Documents shall be considered as original. Organica shall have no liability for any translations of the English language Documents.
All trademarks displayed are registered marks of Organica, protected by the relevant laws in force.
All rights reserved. (c) Organica Water, Inc 2017.
File Name and Path: O:\Technology\Process sizing\Projects\STOWA\STOWA Study - Plant 1\BIO-P - Hybrid\PS\NL01256L\P-011-002 - Process Scheme.dwg
Printed: 2017.02.28. 10:47:43



Influent wastewater		
Parameter name	Design value	Unit
COD	623	mg/L
BOD_5	260	mg/L
TSS	197	mg/L
TKN	68	mg/L
TP	10	mg/L
Temperature		
$T_{minimum}$	10.1	°C
$T_{maximum}$	25	°C
Flow data		
Q_{DWA}	2,800	m^3/d
Q_{DWA}	470	m^3/h
$Q_{Peak\ to\ Biology}$	145	m^3/h

Effluent quality requirements		
Parameter name	Value	Unit
COD	< 125	mg/L
BOD_5	< 20	mg/L
TSS	< 30	mg/L
TN	< 15	mg/L
TP	< 2.0	mg/L

Revision Number	Revision:Date	Revision:Description	Issued by	Issued to
1	01.03.2017	Issued to Client	OT	AS

Organica Water, Inc.
51 Princeton-Hightstown Road, Suite 3A, Princeton Junction, NJ 08550 USA
tel. +19086318885 fax. +19086318889 www.organicawater.com

Project Name: STOWA Study - Plant 1 WWTP (2.8 MLD)
Drawing Title: Process and Instrumentation Diagram
Client: Aan de Stegge

Designed by:	Checked by:	Approved by:	Project Number:	Drawing Size:	Date:
Sameer Sharma	Pál Farkas	Pál Farkas	NL01256L	A1	01.03.2017

Type of Design:	Drawing Number:	Scale:	PCP Level:
Basic Design	P-013-002	n.t.s	1

REFERENCE DRAWINGS
dwg. no.
NL01256L-P-011-001

REUSE OF DOCUMENTS: Present design document has been prepared by Organica Water, Inc. and/or its subsidiaries - including any controlled subsidiaries thereof (including, but not limited to Organica Technologies ZA, OWS - Organica. This document including the ideas and design incorporated herein and any derivative documents created based on the aforementioned Documents) are the sole property of Organica. Such Documents are not to be created, copied, transformed, shared, distributed, used or otherwise utilized (User) in whole or in part without PRIOR WRITTEN AUTHORIZATION of Organica. In case Documents are transmitted both in native and PDF format, native formats are issued exclusively for design support purposes. Only Organica transmitted PDF versions shall be considered official Documents. Only the ENGLISH language version of the Documents shall be considered as original. Organica shall have no liability for any translations of the English language Documents. All trademarks displayed are registered marks of Organica, protected by the relevant laws in force. All rights reserved. (c) Organica Water, Inc. 2017.

Valve symbols

- Butterfly Valve
- Ball Valve
- Check Valve
- Needle Valve
- Diaphragm Valve
- Globe Valve
- Gate Valve
- Three-way Valve
- Magnetic Valve
- Solenoid Valve
- Pressure Relief Valve
- Air Release Valve
- Flow Meter
- Channel Gate

Actuator symbols

- Manual Actuator
- Control Actuator
- Motor Actuator
- Pneumatic Actuator

Pumps

- Centrifugal Pump
- Dosing Pump
- Screw Pump
- Propeller Pump

Air Handling

- Roots Blower
- Centrifugal Blower
- Fan
- Compressor
- Air Dryer

Mixers

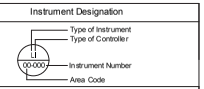
- Vertical Shaft Mixer
- Submerged Mixer
- Static Mixer

Equipment Designation

XX-00-000

- Equipment Number
- Area Code
- Type of Equipment

Instrument Designation



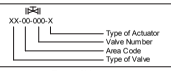
Type of Instrument

P	Pressure	TP	TP level
F	Flow	NH_4	NH_4 level
T	Temperature	ORP	ORP meter
L	Liquid level	Tb	Turbidity
O	Oxygen level	B	BOD level
H	pH level		
S	Solids concentration		
C	COD level		

Type of Controller

I	Indicator
T	Transmitter
S	Switch

Valve Designation



Type of Valve

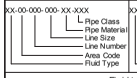
VB	Butterfly Valve	VM	Magnetic Valve
VC	Check Valve	VA	Air Release Valve
VD	Diaphragm Valve	VE	Three-way Valve
VG	Gate Valve	VP	Pressure Release Valve
VL	Ball Valve	VF	Flow Meter
VN	Needle Valve	VT	Channel Gate
VO	Globe Valve		
VS	Solenoid Valve		

Type of Actuator

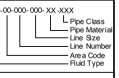
H	Manual Actuator	C	Control Actuator
M	Motor Actuator		
P	Pneumatic Actuator		

Line designation

Round Pipes



Rectangular Pipes



Fluid type

PW	Potable Water	HW	Hot Water
WA	Treated Water	BG	Biogas
WW	Waste Water	NG	Natural Gas
SL	Sludge	GR	Grease
AG	Air	VA	Vent Air
IA	Instrument Air		
CH	Chemical		

Pipe Material Identification

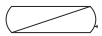
GP	Glass Reinforced Plastic
SS	Stainless Steel
CS	Carbon Steel
GS	Galvanized Carbon Steel
PE	Polyethylene
PP	Polypropylene
PU	Plasticizer-free polyvinyl chloride (PVC-U)
PC	Chlorinated polyvinyl chloride (PVC-C)
PV	KG PVC

Pipe Class

PN1	Nominal Pressure 0.01 bar
PN6	Nominal Pressure 6 bar
PN10	Nominal Pressure 10 bar
PN16	Nominal Pressure 16 bar

Tank/Vessel

Open/Atmospheric Tank


Pressurized Tank

Open/Atmospheric Tank Standing

Pressurized Tank Standing

Container

Hydrophore

Ozone Unit

Water Softener

Tank/Vessel

DosingTank

StorageTank

Aeration/Gas Transfer

Membrane Disc Diffuser

Membrane Tube Diffuser

Coarse Diffuser

Filtration

Drum Filter

Disk Filter

Cartridge Filter

Cartridge Filter

UV Disinfection

Media Filter

Reverse Osmosis Filter

Ultrafiltration

Biofilter

Screening

Sand Trap

Screening Press

Conveyor

Coarse Screen

Fine Screen

Sand Classifier

Sludge Dewatering

Pol Preparation Unit

Belt Press Dewatering Unit

Mechanical Prethickener

Centrifuge

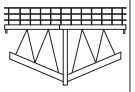
Clarifier

Suction Bridge Longitudinal

Scraper Longitudinal

Scraper Circular

Suction Bridge Circular


Bridge Gravity Thickener

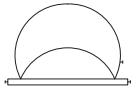
Heating Equipment

Gas Engine

Heat Exchanger

Boiler

Miscellaneous symbols


Gas Holder

Gas Flame

Hydraulic Separator

Digester Cap

Moister Trap

Drain

Crane

REFERENCE DRAWINGS

dwg. no.

NL01256L-P-011-001

Revision Number	Revision:Date	Revision:Description	Issued by	Issued to
1	01.03.2017	Issued to Client	OT	AS

Organica Water,Inc.

51 Princeton-Hightstown Road, Suite 3A, Princeton Junction, NJ 08550 USA

tel.:+19086318885 fax.:+19086318889 www.organicawater.com

Project Name: STOWA Study Plant 1 WWTP (2.8 MLD)

Client: Aan de Stegge

Drawing Title: Process and Instrumentation Diagram Legend

Designed by:	Checked by:	Approved by:	Project Number: NL01256L	Drawing Size: A1	Date: 01.03.2017
Sameer Sharma	Pál Farkas	Pál Farkas	Type of Design: Basic Design	Drawing Number: P-019-002	Scale: n.t.s / PCP Level: 1

REUSE OF DOCUMENTS: Present design document has been prepared by Organica Water, Inc. and/or its subsidiaries - including any controlled subsidiaries thereof (including, but not limited to Organica Technologies ZA, (OTI) - Organica). This document including the ideas and design incorporated herein and any derivative documents created based on the aforementioned Documents) are the sole property of Organica. Such Documents are not to be created, copied, transformed, shared, distributed, used or otherwise utilized (Use) in whole or in part without PRIOR WRITTEN AUTHORIZATION of Organica. In case Documents are transmitted both in native and PDF format, native formats are issued exclusively for design support purposes. Only Organica transmitted PDF versions shall be considered official Documents. Only the ENGLISH language version of the Documents shall be considered as original. Organica shall have no liability for any translations of the English language Documents. All trademarks displayed are registered marks of Organica, protected by the relevant laws in force. All rights reserved. (c) Organica Water, Inc. 2017.

Technical Description

Project Name: STOWA Study - Plant 1 WWTP (2.8 MLD)

Document Number: NL01256L-P-091-002

Revision: 1

Contents

1 Introduction 2

2 General Introduction to Organica FCR 2

2.1 General overview of the proposed solution 2

2.2 Advantages of Hybrid (Attached + Suspended Growth) Systems 3

2.3 Advantages of Plant Roots as Biofilm Carriers 3

3 Design Basis 4

4 Preliminary Design – Unit Operations 4

Process overview 5

4.1 Pre-Treatment Units 5

Fine Screen 5

Grit Removal 6

4.2 Secondary Biological Treatment – Organica FCR 6

FCR Reactors 6

Process Aeration 6

4.3 Phase Separation 7

Secondary Clarification 7

4.4 Disinfection 7

UV Disinfection 7

4.5 Solids Management 7

Sludge storage Tank 7

Combined Thickening/Dewatering Unit 7

Polymer System 7

5 Control system 8

5.1 Instrumentation and Control 8

5.2 Display Panel, Event Log 8

5.3 Control and Variables 8

5.4 Remote Access 8

5.5 Main Intervention Points 8

1 Introduction

This technical description outlines the proposed Organica solution for the **STOWA Study - Plant 1** wastewater treatment facility (WWTF) in **Amsterdam, the Netherlands**. As outlined below, average design capacity of the proposed facility is **2,800 m³/d**.

Organica solutions utilize a Food Chain Reactor (FCR) configuration, consisting of biological treatment in successive reactor zones utilizing fixed biomass on a combination of natural plant roots and Organica's engineered biofiber media, along with a limited amount of suspended biomass.

This document is structured as follows:

- Organica FCR general introduction
- Design basis - influent flow and characterization with treated effluent requirements
- Preliminary design information by unit process
- Description of the control system

2 General Introduction to Organica FCR

2.1 General overview of the proposed solution

The proposed system is an implementation of the Organica Food Chain Reactor (FCR) Solution in a hybrid arrangement (ie. suspended growth in coexistence with fixed film) which consists of biological wastewater treatment in successive reactors using both suspended biomass and fixed biomass on both natural (plant root) and artificial (patented biofibre media) root structures.

The system's main features are as follows:

- The solution provides organic matter and nutrient removal;
- The solution produces less excess sludge than conventional biological processes;
- The treatment plant extensively uses fixed biomass cultivated on both natural (plant root) and artificial (patented biofibre media) root structures i.e. it is a hybrid solution that exploits all the advantages of fixed film biomass and suspended growth.

In an Organica Hybrid FCR WWTP there is a series of biological reactors where suspended biomass is maintained in every stage of the process, fixed biofilm are used only in the aerated reactor zones. The suspended growth biomass is maintained by a RAS system (return activated sludge) from secondary clarifiers back to the FCRs.

Biodegradation of influent contaminants takes place mainly with the help of fixed and suspended biological cultures, where plant roots are used as biofilm carriers. Additional biofibre media is used in the reactors as artificial plant roots to provide more surface area for biofilm to form and grow on.

In a typical Organica FCR system, as the influent travels through the cascade, the available nutrient quantity is consumed and as a result, the composition of the ecosystem fixed in the biofilm changes from reactor to reactor, gradually adapting itself to the decreasing nutrient concentrations. In each cascade stage a specially adapted ecosystem will form, thus maximizing the decomposition of contaminants.

2.2 Advantages of Hybrid (Attached + Suspended Growth) Systems

- Attached growth in hybrid systems inherently have longer sludge ages than in purely suspended growth systems. Therefore, higher organisms with longer lifecycles (unicellular cilia, worms, arthropods) will establish themselves in hybrid systems. The formation of such a complex ecosystem enables a wider spectrum of organics to be broken down. This effect leads to the lower residual COD level in the effluent.
- Due to the multilevel food-chains that are present in complex ecosystems, the bacteria that process waste material are consumed by other organisms, which are in turn prey for higher predators within the food chain. As a final outcome the yield of the biomass, and consequently the amount of the waste sludge, is lower.
- Since in hybrid systems the majority of biomass responsible for treatment is in fixed form, the washout of microorganisms (e.g. in a snow melt) is only limited to the suspended portion of the biomass.

2.3 Advantages of Plant Roots as Biofilm Carriers

- The specific surface area of plant roots is higher by an order of magnitude when compared to most plastic carrier media. This results in higher equivalent biomass concentrations.
- Plant roots are not susceptible to clogging, thus operational safety is high.
- The plants naturally transport oxygen to their roots which increases biofilm activity.
- The plants excrete small amounts of organic acids on their root surfaces which act as a food source for the biofilm. This is of high importance when the influent load is low. In this case the plants help bacteria to survive starvation and results in a larger population of bacteria in the system when the wastewater load is re-established. As a result the Organica Hybrid FCR system has far greater flexibility and resiliency when compared to purely conventional activated sludge technologies.
- As plant roots are able to grow in the top 0.5 – 1 m of the water, in the lower depth artificial plant roots – Organica's patented biofibre media – are installed. This media is designed to provide very similar habitat for microorganisms as plant roots provide.
- One of the Organica Hybrid FCR Solution's advantages is providing an additional habitat (and a longer sludge age) for slow-growing species – e.g. the nitrifiers – in biofilms attached to plant roots and artificial biotextile media. Due to the significant mass of the biofilm and its biological diversity, higher degree of nutrient removal is possible in the hybrid system compared to purely suspended growth systems.

3 Design Basis

Based on the information provided to Organica and certain assumptions made by Organica, Table 1 below shows the influent characteristics and effluent limits used as the design basis.

Table 1. Influent characteristics and effluent limits used as design basis

Parameters	Influent Characteristics	Units	Effluent Limits	Units
Design average flow ($Q_{Average}$)	**2,800**	m^3/d	-	m^3/d
Design rainy weather peak flow (Q_{RWA})	**470**	m^3/h	-	m^3/h
Design peak to Biology ($Q_{Peak\ to\ Biology}$)	**350**	m^3/h	-	m^3/h
COD	**623**	mg/l	**< 125**	mg/l
BOD_5	**260**	mg/l	**< 20**	mg/l
Total Suspended Solids (TSS)	**197**	mg/l	**< 30**	mg/l
Total Kjeldahl Nitrogen (TKN)	**68**	mg/l	**-**	mg/l
Total Nitrogen (TN)	**-**	mg/l	**< 15**	mg/l
Total Phosphorus (TP)	**10**	mg/l	**< 2**	mg/l
Design minimum wastewater temperature (T_{min})	**10.1**	°C	-	°C
Design maximum wastewater temperature (T_{max})	**25**	°C	-	°C

4 Preliminary Design – Unit Operations

This section provides preliminary design information for the proposed treatment unit processes.

The main unit processes are:

- Pre-Treatment
  - Fine screen and grit removal - designed to treat Q_{RWA} (470 m^3/h)
- Biological Treatment
  - FCR multi-zone reactor with 7 zones in each reactor train
- Secondary Phase Separation
  - Secondary clarifier
- Disinfection
  - UV disinfection - designed to treat Q_{RWA} (470 m^3/h)
- Solids Management
  - Sludge storage tank
  - Sludge thickening and dewatering

Process overview

The proposed system is an implementation of the Organica Food Chain Reactor (FCR) Solution in a hybrid arrangement (ie. suspended growth in coexistence with fixed film) which consists of biological wastewater treatment in successive reactors using both suspended biomass and fixed biomass on both natural (plant root) and artificial (patented biofibre media) root structures.

In an Organica Hybrid FCR WWTP there is a series of biological reactors where suspended biomass is maintained in every stage of the process, fixed biofilm are used only in the aerated reactor zones. The suspended growth biomass is maintained by a RAS system (return activated sludge) from secondary clarifiers back to the FCRs.

The Process Scheme accompanying this document provides a schematic of the above unit processes as well as the flow connectivity between them.As shown in the process scheme, influent flows to the fine screen and aerated grit chamber (pre-treatment) where solids removal takes place. After pre-treatment, flow is directed to the FCR reactors for biological treatment. The FCR is capable to treat flows up to 350 m^3/h. Peak flows above the limit will be bypassed.

A biological treatment facility with one FCR train is proposed.

To provide biological nitrogen removal, varying degrees of aeration are used through the aerated reactor zones to create aerobic microbe environments for carbon removal and nitrification.

To complete the denitrification process, a recycle of aerobic zone fluids to the anoxic zones is required to provide nitrates to the anoxic zones. Biomass is maintained in suspension via mixers.

Anoxic zones are the primary location for denitrification where conversion of nitrate into nitrogen gas occurs – nitrate is used as the electron acceptor for organic matter degradation in this zone. Denitrification also takes place in the fixed-film of the aerobic zone, particularly the “deeper” layers of the biofilm where anoxic conditions are present.

Wastewater flows from the FCR to the secondary clarifier unit which gravity-settles the suspended biomass and inert solids to achieve the required effluent TSS limits.

Elimination of pathogens by UV-radiation takes place before discharge. The UV chamber is designed to be able to handle 470 m^3/h peak flow.

The excess sludge from the clarifier is pumped to a sludge storage tank where air is introduced to avoid anaerobic, septic conditions. From the tank the sludge is directed to a combined thickening/dewatering unit where poly-electrolyte is introduced to improve dewatering processes. The dewatered sludge will be put in containers for further processing. The filtrate from the unit will be sent back to the biology.

4.1 Pre-Treatment Units

Fine Screen

Fine screening is utilized to remove objects prior to the treatment process. These objects are generally inert plastics and other debris that cannot be broken down in biological treatment.

Table 2.Technical Specification of Fine Screens

Item/Parameter	Value	Unit
Opening size	3	mm
Total screenings volume	241	l/d

Grit Removal

Grit removal captures sand, grit, and other fine material that is non-biodegradable prior to biological treatment.

Table 3.Technical Specification of Grit Removal

Item/Parameter	Value	Unit
Number of grit removal basins	1	-
Volume of one basin	24	m^3
Grit removal basin type	Aerated	-
Total air requirement	250	Nm^3/h
Total grit quantity	140	l/d
Total grease quantity	18	l/d

4.2 Secondary Biological Treatment – Organica FCR

As described above, biological treatment will occur through a series of FCR reactor zones.

FCR Reactors

To provide sufficient habitat for the fixed-film process utilized in FCR solutions, sufficient retention time and surface area will be provided.

Table 4.Technical Specification of Organica FCR reactors

Item/Parameter	Value	Unit
Total volume of reaction zones per train	2,176	m^3
Number of reaction zones per train	6	-
Numbers of trains	1	-
Total Biofiber Media area per train	18,248	m^2
Plant racks per train	108	m^2

Process Aeration

Aeration is provided in the FCR zones to maintain mixing and provide sufficient oxygen in the anoxic and aerobic process described previously.

Table 5.Process Aeration Technical Specification

Item/Parameter	Value	Unit
Process air demand (min)	1,250	Nm^3/h
Process air demand (average)	1,520	Nm^3/h
Process air demand (max)	1,750	Nm^3/h

4.3 Phase Separation

Secondary Clarification

Clarification is provided to allow a quiescent settling zone where suspended solids are gravity-settled to the bottom of the clarifier. Settled solids are then pumped directly to the solids handling and dewatering processes.

Table 6. Basic Secondary Clarification Information

Item/Parameter	Value	Unit
Number of units	1	pcs
Side Water Depth	4	m
Surface of one clarifier	175	m^2
RAS flowrate	1,400 – 4,200	m^3/d

4.4 Disinfection

UV Disinfection

Through passage of UV light into the water, inactivation of bacteria, viruses, and protozoa is accomplished.

4.5 Solids Management

Sludge storage Tank

A sludge storage tank is provided as a buffer to allow intermittent operation of the downstream dewatering equipment.

Table 7. Technical Specification of sludge storage tank

Parameters	Value	Unit
Total Volume of Sludge storage tank	51	m^3
Mixing air requirement	26	Nm^3/h

Combined Thickening/Dewatering Unit

Sludge flow from the sludge storage tank is directed to the combined thickening and dewatering unit.

Table 8. Technical Specification of combined thickening and dewatering unit

Item/Parameter	Value	Unit
Sludge flow from thickening and dewatering	2.6	m^3/d
Dry solids content	20	%w/w

Polymer System

Polyelectrolyte is added through various unit processes to optimize solids separation performance.

Table 9. Minimum Design Capacities of Polymer Systems

Item/Parameter	Value	Unit
Sludge thickening and dewatering	4.6	kg/d

5 Control system

The wastewater treatment facility utilizes a PC-PLC based process control system with custom-engineered control software. It integrates the acquisition, display, and storage of operational data, as well as the input and application of operational variables.

5.1 Instrumentation and Control

The design provides appropriate instruments and sensors, as required, for proper operation and control of the system. In general, flow is measured by electromagnetic meters and/or derived from level sensors. Dissolved oxygen probes are provided for monitoring of dissolved oxygen at appropriate locations. Other additional sensors such as instrumentation for online measurement of ammonia, nitrate, or phosphorus may be included in the design as needed depending on the effluent requirements and operational needs. Variable Frequency Drives (VFDs) are provided for pump or blower speed control where necessary. Electromagnetic or pneumatic actuators are provided for valve operation or modulation where necessary. Key equipment is controlled by one or more PLCs, which monitor their status through feedback channels and display on the control application program.

5.2 Display Panel, Event Log

The application program that runs on the PC is adapted and customized to the technology. Its function is to gather, display, print and store information in addition to the implementation of operator commands and settings. The program provides all stored information in a processed and readable format, readily accessible to operators.

The real-time technical parameters (status of equipment, measured values) are displayed on the flowchart of the application program. These values are stored in a central database, which is accessible through charts and summary tables. Changes of technological settings, failures, alarms, and equipment status are stored in the event log.

5.3 Control and Variables

The PLC supervisory program controls the automatic operation of equipment. The automatic operation can be altered by using the commands of the application program or modifying the control parameters. Initial values for these parameters are set during the design of each facility. However, a high level of flexibility is provided for modification of these parameters in the event that actual operating conditions or the influent characteristics differ from those used in the original design.

5.4 Remote Access

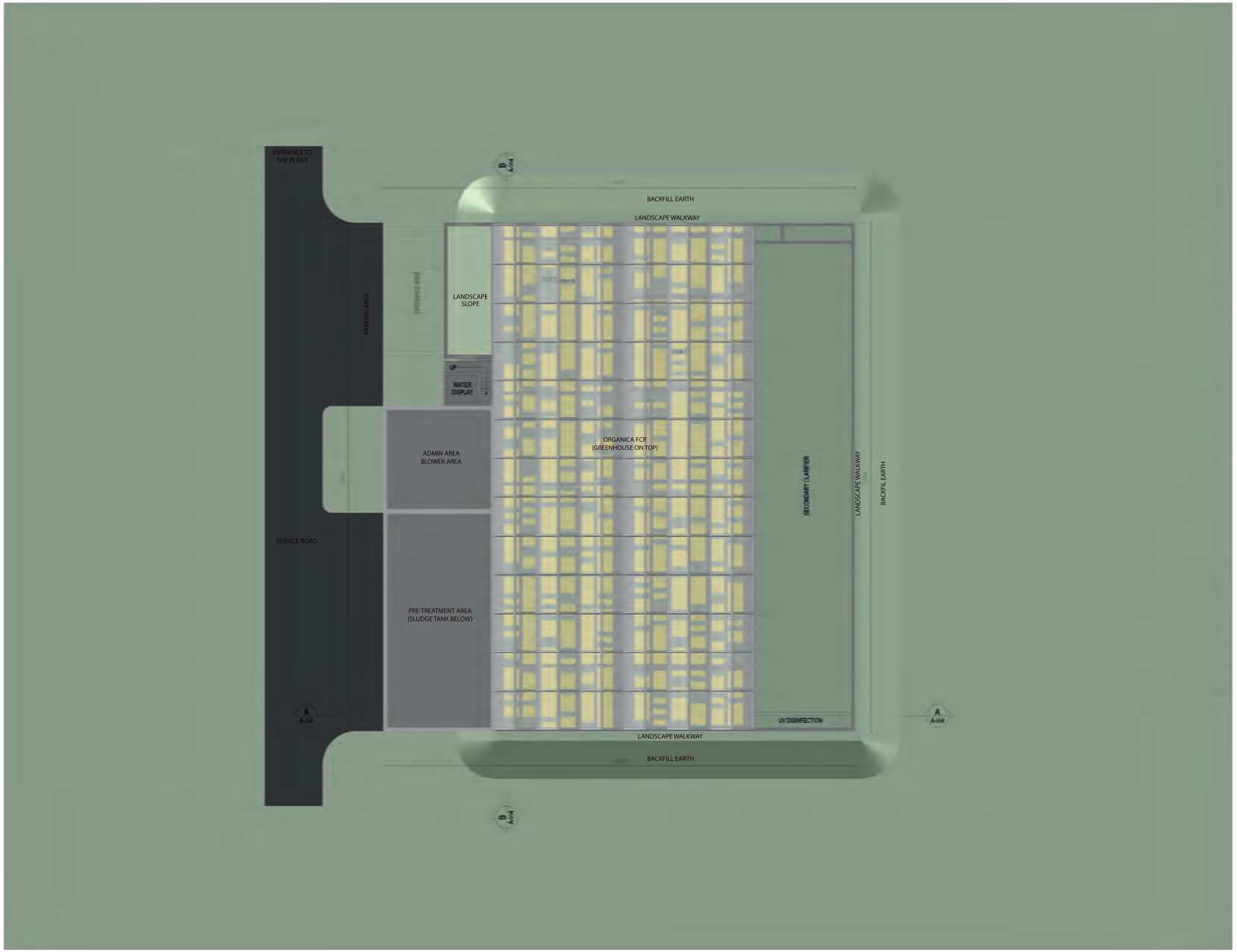
Internet and mobile technologies play an essential role in the operation of the facility. Remote access to the control panel and logged data enables technologists to observe and intervene in the treatment process when necessary.

5.5 Main Intervention Points

The most important intervention point is aeration control in the cascade reactors - the PC-PLC system controls the blowers by variable frequency drives thus enabling it to maintain a range from 2 – 4 mg/L dissolved oxygen level in the FCR reactors to optimize kinetics of the biological process, while balancing energy consumption. This control logic is based upon measurement of dissolved oxygen through probes installed in the FCR reactors.

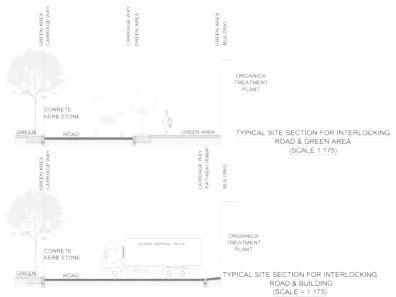
BIJLAGE 5

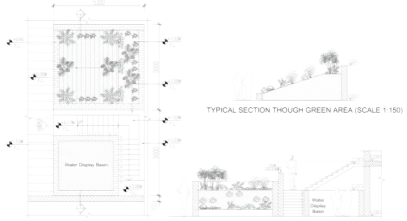
ONTWERPEN ORGANICA EPE



GENERAL NOTES:

1. No proposed slope shall exceed three(3) horizontal to one (1) vertical. U.N.O.
2. All utilities (manholes, valve covers etc) shall be adjusted to final grade prior to the final lift of asphalt.
3. All landscape islands shall have a crown of clean native soils prior to landscaping.
4. Construction shall comply with all applicable governing codes and be constructed to same.
5. Traffic should be divided for trucks and cars/ pedestrians.
6. There should be proper location of pedestrian circulation facilities as required in the project.





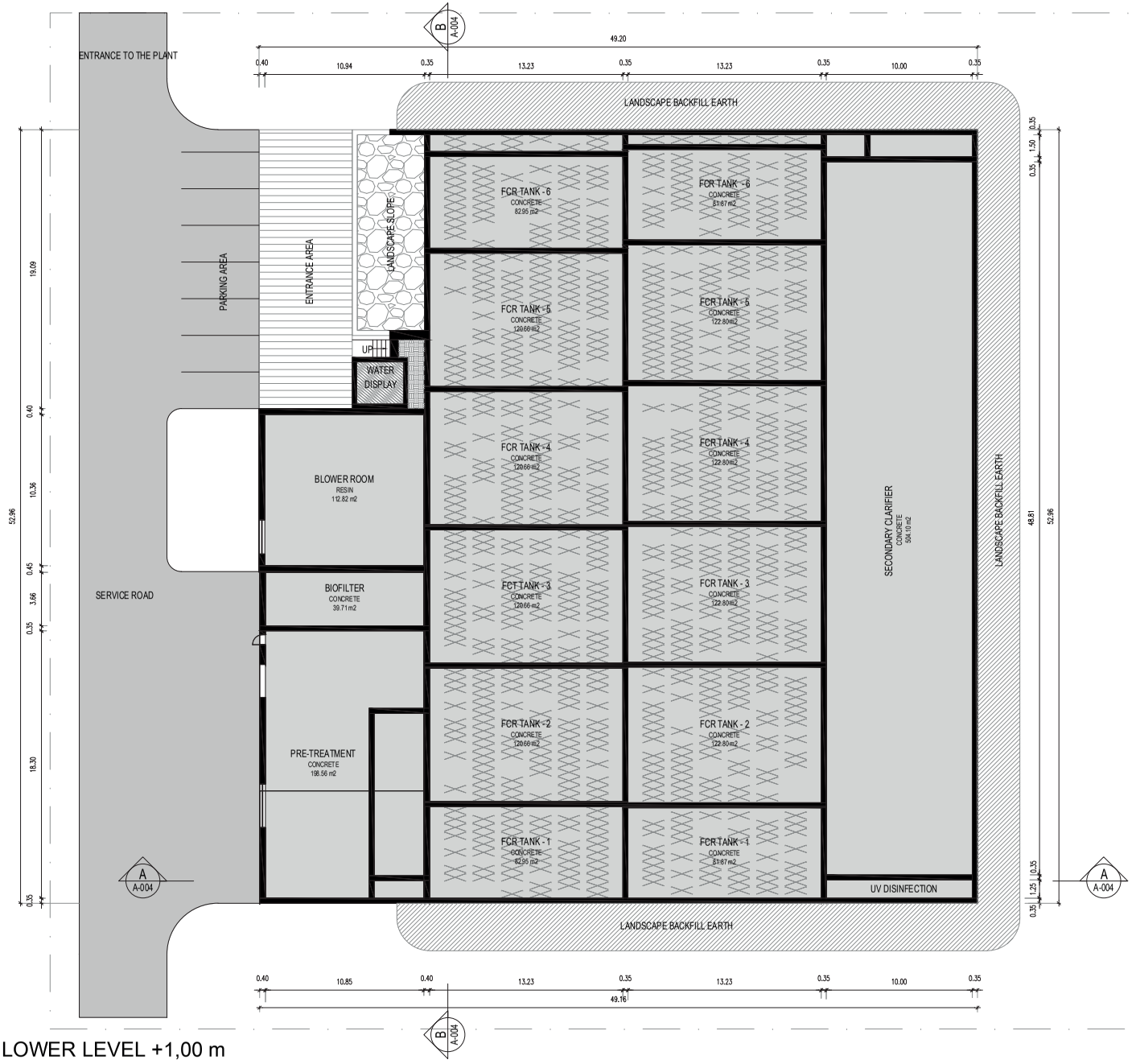
SITE PLAN

Scale: 1:200

NOTICE OF DOCUMENTS: Present design document has been prepared by Organica Water, Inc. and/or its subsidiaries, including any controlled subsidiaries thereof (hereafter), but not limited to Organica Technologies (N.), Organica Water (India) Pvt. Ltd., Organica Water (Europe) B.V. (collectively, "Organica"). The information in these documents created based on the aforementioned Organica(s) are the sole property of Organica. Such documents are not to be created, issued, transmitted, shared, distributed, used or otherwise utilized (Use) in whole or in part without PRIOR WRITTEN AUTHORIZATION of Organica. In case documents are transmitted both in native and PDF formats, native formats are issued exclusively for design support purposes. Only Organica transmitted PDF versions are to be relied upon. Organica reserves the right to remove all Use rights from any native files it has considered as original. Organica shall reserve its rights for any translations of the English language documents. All trademarks and patent are registered marks of Organica, protected by the maximum laws in force. All rights reserved. © Organica Water, Inc. 2017

Organica Water, Inc.
67 Princeton-Hightstown Road, Suite 2A
Princeton Junction, NJ 08550, USA
Tel: +1(609)5195881
Fax: +1(609)5195850
www.organicawater.com

Client: Aan de Stegge	Project ID: NL01257L	Project Name: STOWA Study - Plant 2 WWTP (8 MLD)	Scale: 1:200
Location: Netherlands	Type of Design: Concept Design	Issued by: OT	Drawing Title: Site Plan
	Designed by: Anubhav Aggarwal	Checked by: Nicolás Rizo	Approved by: Nicolás Rizo
	Drawing Number: NL01257L-A-011-001		Drawing Size: A1
			Date: 21.02.2017
			Revision: 1



LOWER LEVEL +1,00 m

Scale: 1:200

GENERAL NOTES:

1.Building position : considered to provide to the maximum extent possible a zero balance earthwork.

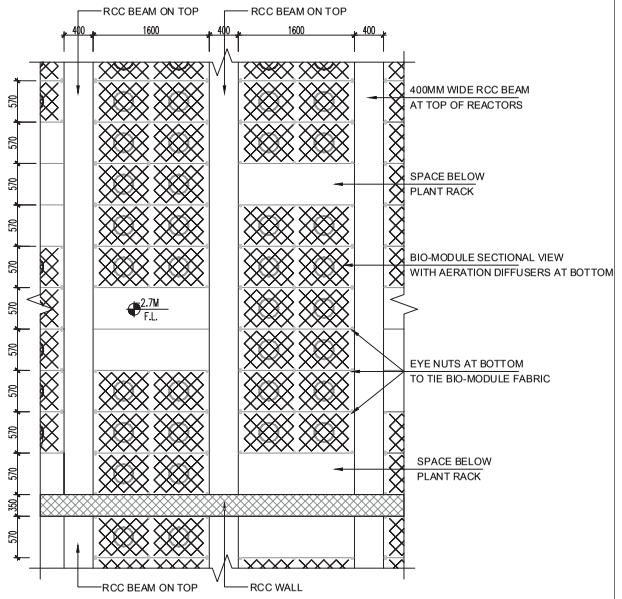
2. Scope of material shall be verified by contractor prior to the onset of work at site.

3. Organica FCR typical Layout shall be applicable for all design.

4 . All concrete structure shall be considered as waterproof concrete and shall be in accordance as per local available standards and codes

5. All dimesions are from the face of finished wall to face of finished wall U.N.O.

6. All equipments should be installed in accordance with the manufacturer's specifications.



TYPICAL PART PLAN OF FCR REACTOR'S BOTTOM SCALE 1:50

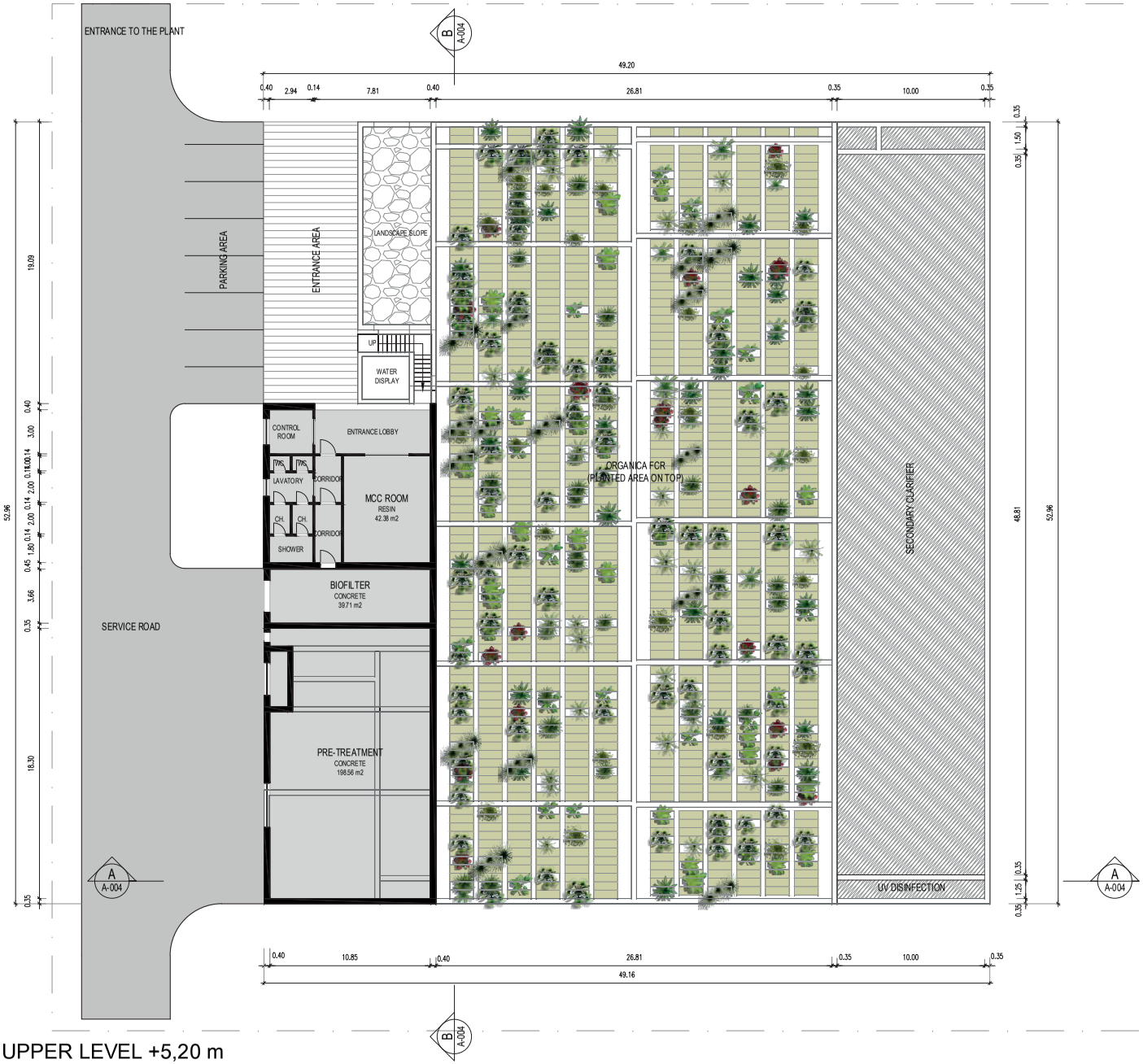
REUSE OF DOCUMENTS: Present design document has been prepared by Organica Water, Inc. and/or its subsidiaries - including any controlled subsidiaries thereof (including, but not limited to Organica Technologies Zrt. (OTI) - (Organica). This document including the ideas and design incorporated herein and any derivative documents or works based on the aforementioned (Documents) are the sole property of Organica. Such Documents are not to be created, copied, transformed, shared, distributed, used or otherwise utilized (Use) in whole or in part without PRIOR WRITTEN AUTHORIZATION of Organica. In case Documents are transmitted both in native and PDF format, native formats are issued exclusively for design support purposes. Only Organica transmitted PDF versions shall be considered official Documents. Only the ENGLISH language version of the Documents shall be considered as original. Organica shall have no liability for any translations of the English language Documents. All trademarks displayed are registered marks of Organica, protected by the relevant laws in force. All rights reserved. (c) Organica Water, Inc. 2017.

Organica Water, Inc.
61 Princeton-Hightstown Road, Suite 3A
Princeton Junction, NJ 08550 USA
Tel: +16096518885
Fax: +16096518989
www.organicawater.com

Client: Aan de Stegge

Location: Netherlands

Project ID: NL01257L		Project Name: STOWA Study - Plant 2 WWTP (8 MLD)	Scale: 1:200
Type of Design: Concept Design	Issued by: OT	Drawing Title: Floor Plan - Lower Level	Drawing Size: A2
Designed by: Anubhav Aggarwal	Checked by: Nicolás Rizo	Approved by: Nicolás Rizo	Drawing Number: NL01257L-A-011-002
			Date: 21.02.2017 Revision: 1



UPPER LEVEL +5,20 m

Scale: 1:200

GENERAL NOTES:

1.Building position : considered to provide to the maximum extent possible a zero balance earthwork.

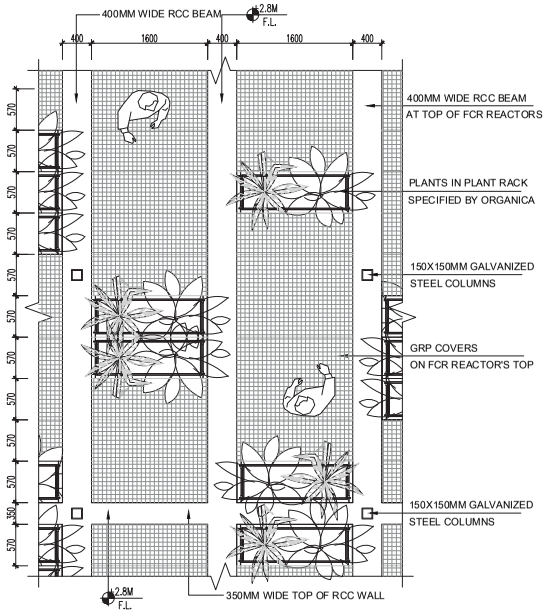
2. Scope of material shall be verified by contractor prior to the onset of work at site.

3. Exact location of walls, windows and doors shall be verified with project manager.

4 . Construction shall comply with all applicable governing codes and be constructed to same.

5. All dimesions are from the face of finished wall to face of finished wall U.N.O.

6. All equipments should be installed in accordance with the manufacturer's specifications.



TYPICAL PART PLAN OF FCR REACTOR'S TOP (SCALE 1:50)

REUSE OF DOCUMENTS: Present design document has been prepared by Organica Water, Inc. and/or its subsidiaries - including any controlled subsidiaries thereof (including, but not limited to Organica Technologies ZA (OT)) - (Organica). This document including the ideas and design incorporated herein and any derivative documents created based on the aforementioned (Documents) are the sole property of Organica. Such Documents are not to be created, copied, transformed, shared, distributed, used or otherwise utilized (Use) in whole or in part without PRIOR WRITTEN AUTHORIZATION of Organica. In case Documents are transmitted both in native and PDF format, native formats are issued exclusively for design support purposes. Only Organica transmitted PDF versions shall be considered official Documents. Only the ENGLISH language version of the Documents shall be considered as original. Organica shall have no liability for any translations of the English language Documents. All trademarks displayed are registered marks of Organica, protected by the relevant laws in force. All rights reserved. (c) Organica Water, Inc. 2017

Organica Water, Inc.
61 Princeton-Hightstown Road, Suite 3A
Princeton Junction, NJ 08550 USA
Tel: +16096518885
Fax: +16096518889
www.organicawater.com

Client: Aan de Stegge

Location: Netherlands

Project ID: NL01257L		Project Name: STOWA Study - Plant 2 WWTP (8 MLD)	Scale: 1:200
Type of Design: Concept Design	Issued by: OT	Drawing Title: Floor Plan - Upper Level	Drawing Size: A2
Designed by: Anubhav Aggarwal	Checked by: Nicolás Rizo	Approved by: Nicolás Rizo	Drawing Number: NL01257L-A-011-003
			Date: 21.02.2017 Revision: 1

GENERAL NOTES:

1.External wall detail shall be typical for all building design.

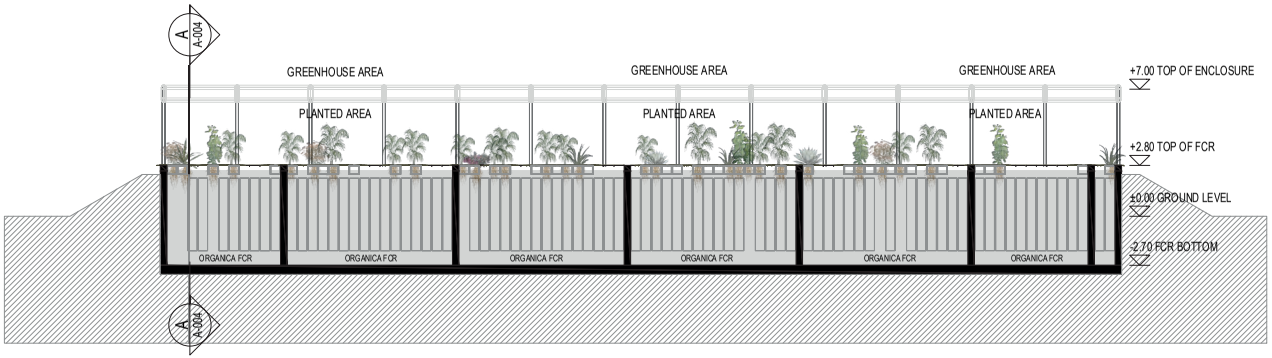
2. Coping profile shall be provided on building top as per the typical detail provided in this sheet.

3. Organica FCR typical Layout shall be applicable for all design.

4 . All concrete structure shall be considered as waterproof concrete and shall be in accordance as per local available standards and codes.

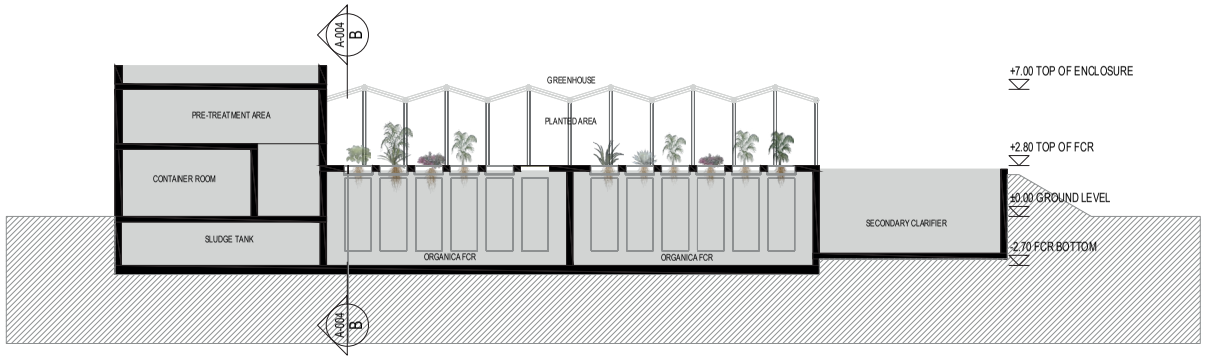
5. All dimesions are from the face of finished wall to face of finished wall U.N.O.

6. Greenhouse structure shall be of galvanised steel framework.



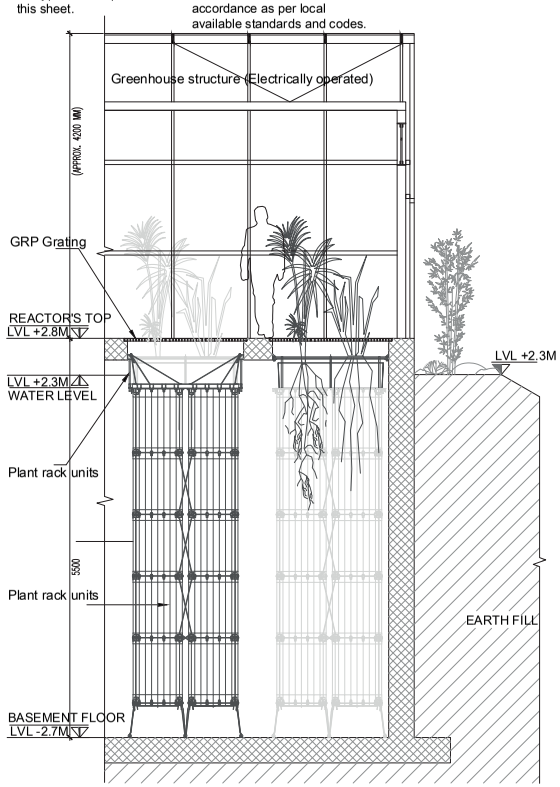
SECTION B-B

Scale: 1:200



SECTION A-A

Scale: 1:200



GREENHOUSE OVER BIO-MODULE DESIGN (SCALE 1:50)

Some of the benifits of designing and building Organica Greehouse:

1. Use of tempered glass covering that has the highest light transmission and comes in rigid panels that are especially made for greenhouse. The glass has better translucence UV characteristics.

2. Efficient rain water drainage system where the rainwater is collected in internal gutters, and internal downpipe system takes the rainwater besides the walls to external connection points.The internal gutters consist of additional gutter-heating to avoid winter-time freezing.

3. Hot-dip Galvanized steel framework is specified for its superior corrosion protection, especially in harsh environments and mainly used in most of Organica designs.Though corrosion resistance is inherent any time galvanizing is utilized, more and more specifiers select hot-dip galvanized steel for other reasons, including intial cost, durability, longevity, versatility, aesthetics, and sustainability.

4. Covertible window are provided to protect against overheating in the summer which are thereby controlled by temperature, light and wind velicity measurements.

5. The treated water which is generated from the Treatment plant can be utilized as the best source for watering plants kept in boxes or pots, because its costless, and its nutrient concentation is higher, negating the necessity of fertilizers.

ORGANICA

Organica Water, Inc.
61 Princeton-Hightstown Road, Suite 3A
Princeton Junction, NJ 08550 USA
Tel: +16096518885
Fax: +16096518889
www.organicawater.com

Client: Aan de Stegge

Location: Netherlands

Project ID: NL01257L		Project Name: STOWA Study - Plant 2 WWTP (8 MLD)	Scale: 1:200
Type of Design: Concept Design	Issued by: OT	Drawing Title: Sections	Drawing Size: A2
Designed by: Anubhav Aggarwal	Checked by: Nicolás Rizo	Approved by: Nicolás Rizo	Drawing Number: NL01257L-A-013-001
			Date: 21.02.2017 Revision: 1

Organica Water, Inc.
51 Princeton-Hightstown Road, Suite 3A,
Princeton Junction, NJ, 08550 USA
Tel: +19086516565
Fax: +19086519999
www.organicawater.com

Client: Aan de Stegge

Location: Netherlands

Project ID: NL01257L

Project Name: STOWA Study - Plant 2 WWTP (8 MLD)

Scale: 1:1

Type of Design: Concept Design

Issued for: OT

Drawing Title: Rendering

Drawing Size: A1

Designed by: Anubhav Aggarwal

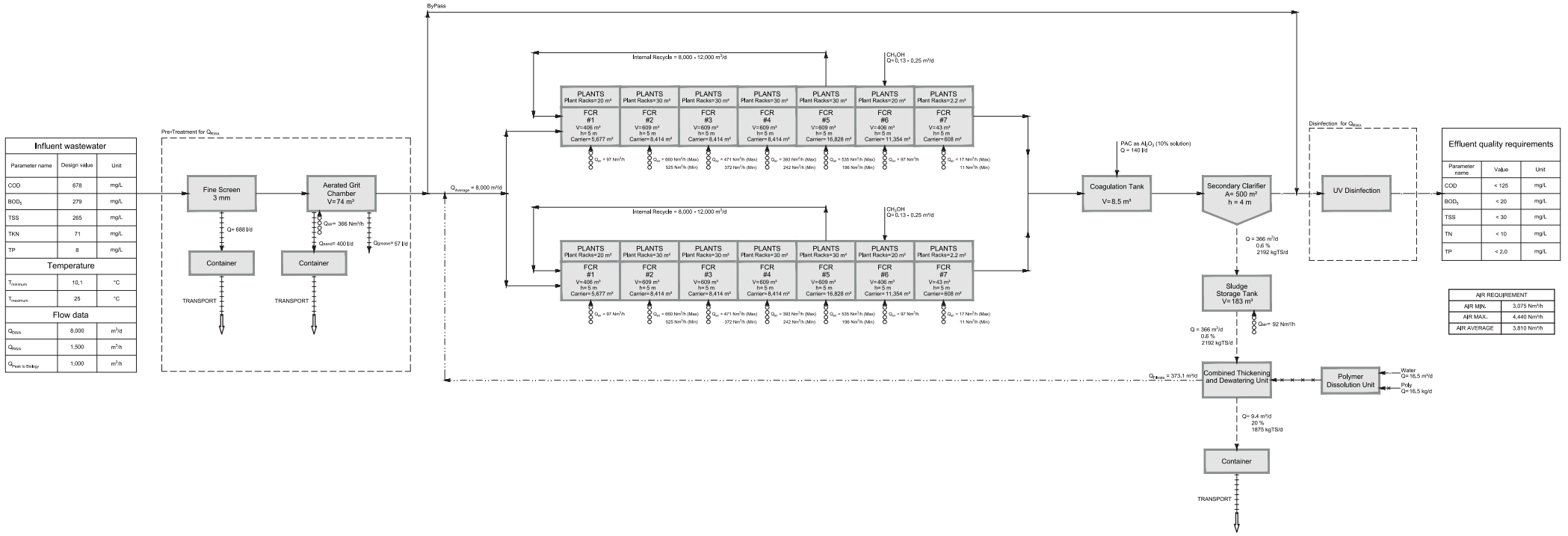
Checked by: Nicolás Rizo

Approved by: Nicolás Rizo

Drawing Number: NL01257L-A-019-001

Date: 21.02.2017

Revision: 1



Influent wastewater		
Parameter name	Design value	Unit
COD	678	mg/L
BOD_5	279	mg/L
TSS	265	mg/L
TKN	71	mg/L
TP	8	mg/L
Temperature		
$T_{minimum}$	10,1	°C
$T_{maximum}$	25	°C
Flow data		
Q_{DWA}	8,000	m³/d
Q_{MWA}	1,500	m³/h
$Q_{Peak\ to\ Biologi}$	1,000	m³/h

Effluent quality requirements		
Parameter name	Value	Unit
COD	< 125	mg/L
BOD_5	< 20	mg/L
TSS	< 30	mg/L
TN	< 10	mg/L
TP	< 2.0	mg/L

AIR REQUIREMENT	
AIR MIN.	3,075 Nm³/h
AIR MAX.	4,440 Nm³/h
AIR AVERAGE	3,810 Nm³/h

Revision Number	Revision Date	Revision Description	Issued by	Issued to
1	16.02.2017	Issued to Client	OT	AS

REFERENCE DRAWINGS
dwg. no.

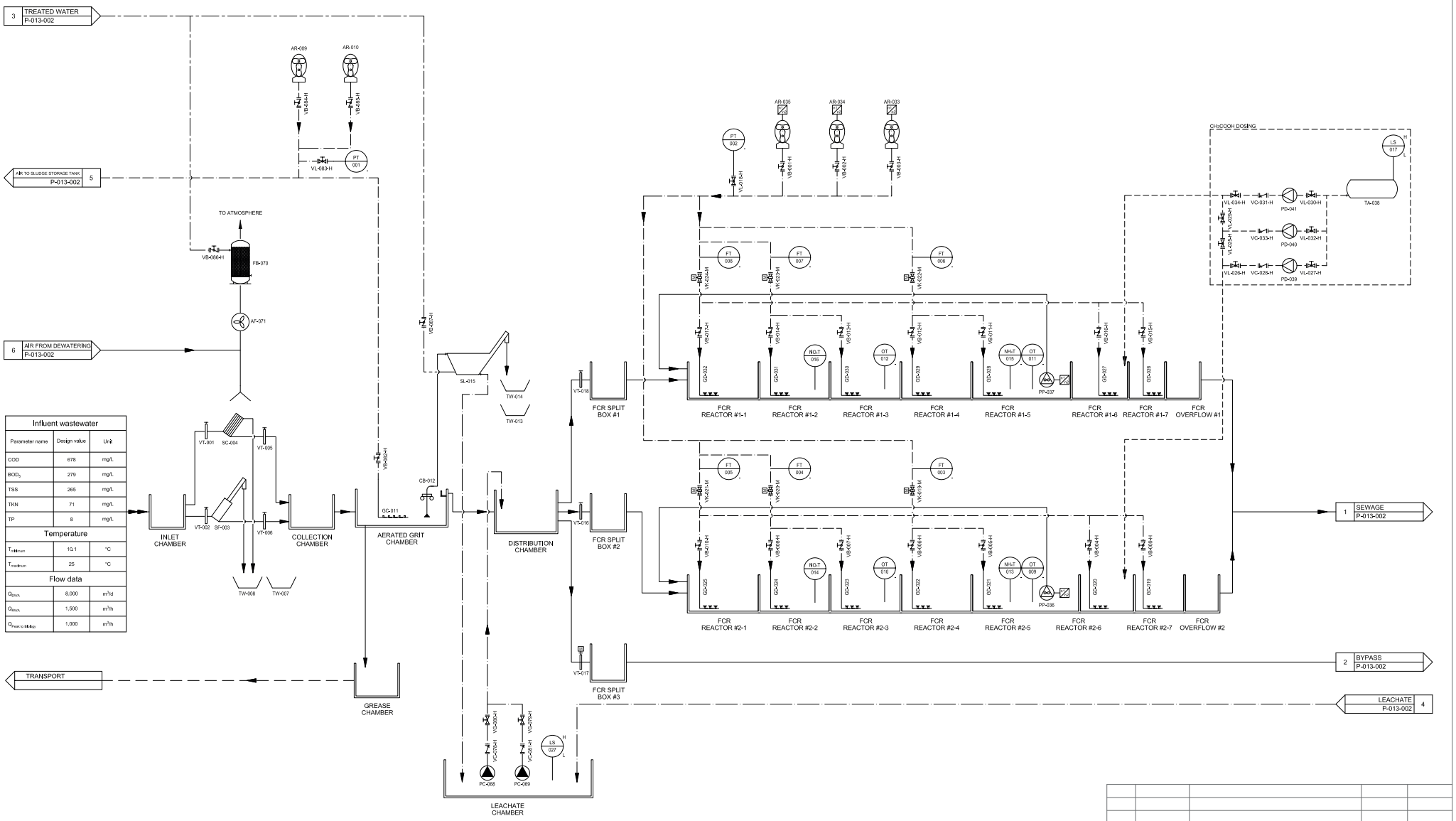
Organica Water, Inc.
R1 Princeton-Hightstown Road, Suite 3A, Pimeton Junction, NJ 08550 USA
tel. +1(609)716885 fax. +1(609)716899 www.organicawater.com

Project Name: STOWA Study - Plant 2 WWTP (8 MLD)
Client: Aan de Stegge
Drawing Title: Process Scheme

Designed by:	Checked by:	Approved by:	Project Number:	Drawing Size:	Date:	
Adém Magyar	Jack Rijt	Jack Rijt	NL01257L	A1	16.02.2017	
			Type of Design:	Drawing Number:	Scale:	PCP Level:
			Basic Design	P-011-001	n.t.s	1

REUSE OF DOCUMENTS. Present design document has been prepared by Organica Water, Inc. and/or its subsidiaries – including any controlled subsidiaries thereof (including, but not limited to Organica Technologiak Zrt. (OT)) - (Organica). This document incl ud ng the ideas and design i ncorporated herein and any derivative documents created based on the aforementioned (Documents) are the sole property of Organica. Such Documents are not to be created, copied, transformed, shared, distributed, used or otherwise utilized (Use) in whole or in part without PRIOR WRITTEN AUTHORIZATION of Organica. In case Documents are transmitted both in native and PDF format, native formats are issued exclusively for design support purposes. Only Organica transmitted PDF versions shall be considered official Documents.
Only the ENGLISH language version of the Documents shall be considered as original. Organica shall have no liability for any translations of the English language Documents.
All trademarks displayed are registered marks of Organica, protected by the relevant laws in force.
All rights reserved. (c) Organica Water, Inc. 2017.

File Name and Path: C:\Users\amagyar\Desktop\STOWA 2\PS\NL01256\LP-011-001 - Process Scheme.dwg
Printed: 2017.02.16. 15:05:03



Influent wastewater		
Parameter name	Design value	Unit
COD	678	mg/L
BOD_5	279	mg/L
TSS	265	mg/L
TKN	71	mg/L
TP	8	mg/L
Temperature		
$T_{minimum}$	10.1	°C
$T_{maximum}$	25	°C
Flow data		
Q_{design}	8,000	m^3/d
Q_{design}	1,500	m^3/h
$Q_{max\ to\ biology}$	1,000	m^3/h

Revision Number	Revision Date	Revision Description	Issued by	Issued to
1	21.02.2017	Issued to Client	OT	AS

Organica Water, Inc.
61 Princeton-Hightstown Road, Suite 3A, Princeton Junction, NJ 08550 USA
tele +1(609)918-9995 fax +1(609)918-9999 www.organicawater.com

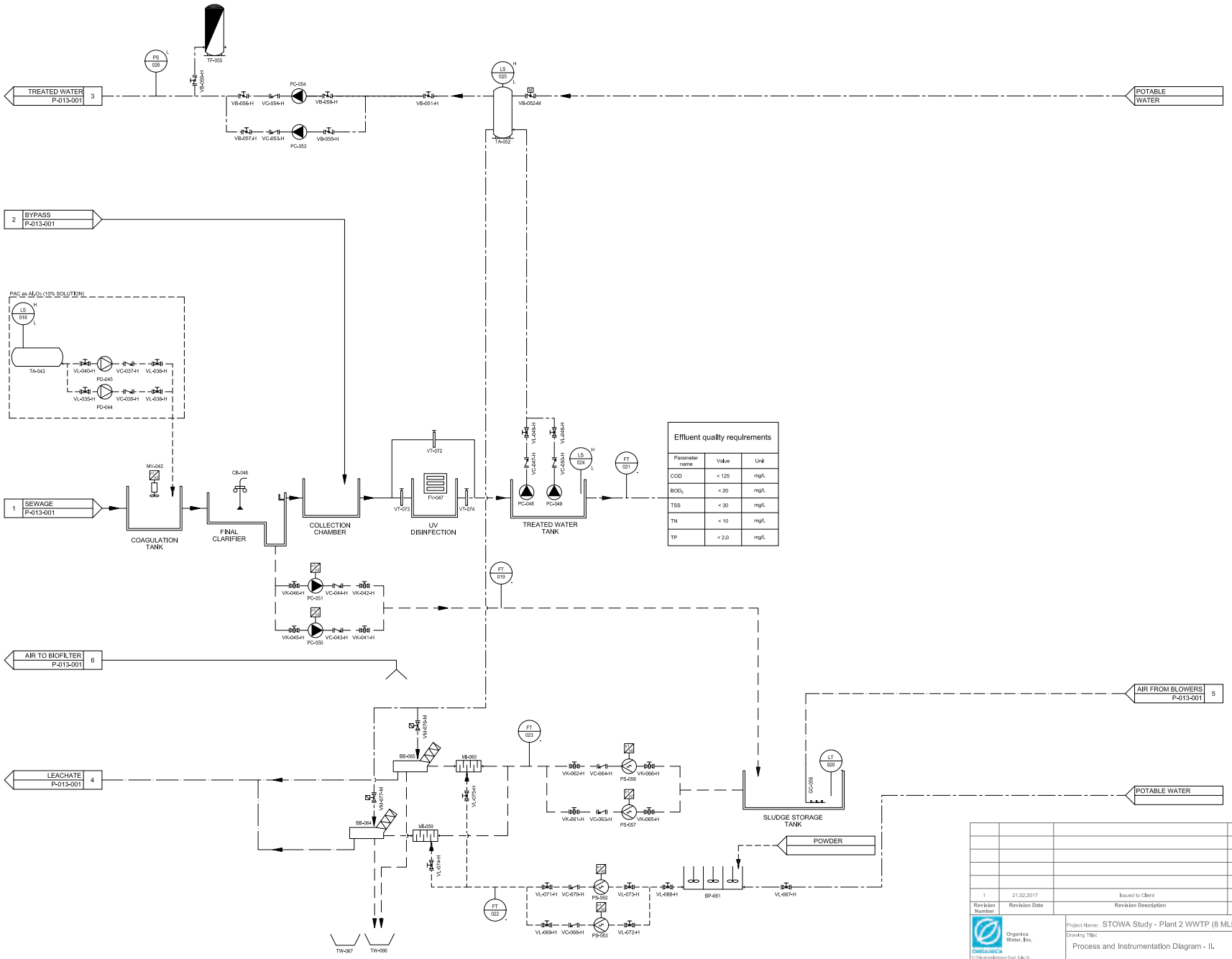
Project Name: STOWA Study - Plant 2 WWTP (8 MLD)
Drawing Title: Process and Instrumentation Diagram - I.
Client: Aan de Stegge

Designed by:	Checked by:	Approved by:	Project Number: NL01257L	Drawing Size: A1	Date: 21.02.2017
Gábor Vadász	Dimitri Kerkoerle	Pál Farkas	Type of Design: Basic Design	Drawing Number: P-013-001	Scale: n.t.s / PCP Level: 1

REFERENCE DRAWINGS
dwg. no.
-

ISSUE OF DOCUMENTS Present and/or document has been prepared by Organica Water, Inc. and/or its subsidiaries including any consultants and subsidiaries thereof (including, but not limited to Organica Technologies Zrt. OTZ – Organica Tisztítástechnológiai Zrt.) (collectively, the "Organica Entities") and contains information and documents created based on the aforementioned Documents) are the sole property of Organica. Such Documents are not to be created, copied, transformed, shared, distributed, used or otherwise utilized without the prior written permission of Organica.
Organica Documents are provided in both AutoCAD and PDF format, native formats are issued as default for design support purposes. Only Organica issued PDF versions shall be deemed official Organica Documents.
Organica, Organica Water, Organica Technologies, Organica Biotechnology and the Organica logo are trademarks or registered trademarks of Organica and/or its subsidiaries in the United States and/or other countries. All rights reserved. © Organica Water, Inc. 2017.

File Name and Path: O:\Engineering Services\Proposals\Europe\STOWA Study Plant 2 NL01257L\Documentation\Process\NL01257L-P-013-001 - Process and Instrumentation Drawing.dwg Printed: 22.02.2017 14:59:03



ISSUE OF DOCUMENTS Present design document has been prepared by Organica Water, Inc. and/or its subsidiaries including any consultants and affiliates thereof (including, but not limited to Organica Technologies Zrt. OTZ – Organica Tech document including the ideas and design incorporated herein and any derivative documents created based on the aforementioned Documents) are the sole property of Organica. Such Documents are not to be created, copied, transformed, shared, distributed, used or otherwise utilized without a valid and signed agreement with Organica Water, Inc. OTZ.
Native Documents are created in both AutoDesk and PDF format, native formats are issued individually for design support purposes. Only Organica sealed PDF versions shall be considered Official Documents.
Any unauthorized use of these Documents will be considered an attempt to misappropriate Organica's intellectual property and may be subject to civil and criminal penalties. All trademarks displayed are registered marks of Organica, protected by the relevant laws in force. All rights reserved. (c) Organica Water, Inc. 2017.

File Name and Path: O:\Engineering Services\Proposals\Europe\STOWA Study Plant 2 NL01257L\Documentation\Process\NL01257L-P-013-001 - Process and Instrumentation Drawing.dwg Printed: 22.02.2017 14:59:55

Valve symbols

- Butterfly Valve
- Ball Valve
- Check Valve
- Needle Valve
- Diaphragm Valve
- Globe Valve
- Gate Valve
- Three-way Valve
- Magnetic Valve
- Solenoid Valve
- Pressure Relief Valve
- Knife Gate Valve
- Flow Meter
- Air Release Valve
- Channel Gate

Actuator symbols

- Manual Actuator
- Control Actuator
- Motor Actuator
- Pneumatic Actuator

Pumps

- Centrifugal Pump
- Dosing Pump
- Screw Pump
- Propeller Pump
- VFD

Air Handling

- Roots Blower
- Centrifugal Blower
- Fan
- Compressor
- Air Dryer

Mixers

- Vertical Shaft Mixer
- Submerged Mixer
- Static Mixer

Equipment Designation

XX-000

- Equipment Number
- Type of Equipment

Instrument Designation

000

- Type of Instrument
- Type of Controller
- Instrument Number

Valve Designation

XX-000-X

- Type of Actuator
- Valve Number
- Type of Valve

Tank/Vessel

- Open/Atmospheric Tank
- Pressurized Tank
- Open/Atmospheric Tank Standing
- Pressurized Tank Standing
- Container
- Hydrophore
- Ozone Unit
- Water Softener

Tank/Vessel

- DosingTank
- StorageTank

Aeration/Gas Transfer

- Membrane Disc Diffuser
- Membrane Tube Diffuser
- Coarse Diffuser

Filtration

- Drum Filter
- Disk Filter
- Cartridge Filter
- Cartridge Filter
- UV Disinfection
- Media Filter
- Reverse Osmosis Filter
- Ultrafiltration
- Biofilter

Screening

- Sand Trap
- Screening Press
- Conveyor
- Coarse Screen
- Fine Screen
- Sand Classifier

Sludge Dewatering

- Pol Preparation Unit
- Belt Press Dewatering Unit
- Mechanical Prethickener
- Centrifuge

Clarifier

- Suction Bridge Longitudinal
- Scraper Longitudinal
- Scraper Circular
- Suction Bridge Circular
- Bridge Gravity Thickener

Heating Equipment

- Gas Engine
- Heat Exchanger
- Boiler

Miscellaneous symbols

- Gas Holder
- Gas Flame
- Hydraulic Separator
- Digester Cap
- Moister Trap
- Drain
- Crane

Type of Actuator

H	Manual Actuator	C	Control Actuator
M	Motor Actuator		
P	Pneumatic Actuator		

Type of Valve

VB	Butterfly Valve	VM	Magnetic Valve
VC	Check Valve	VA	Air Release Valve
VD	Diaphragm Valve	VE	Three-way Valve
VG	Gate Valve	VP	Pressure Release Valve
VL	Ball Valve	VF	Flow Meter
VN	Needle Valve	VT	Channel Gate
VO	Globe Valve	VK	Knife Gate Valve
VS	Solenoid Valve		

Type of Instrument

P	Pressure	TP	TP level
F	Flow	NH4	NH4 level
T	Temperature	ORP	ORP meter
L	Liquid level	Tb	Turbidity
O	Oxygen level	B	BOD level
H	pH level		
S	Solids concentration		
C	COD level		

Type of Controller

I	Indicator
T	Transmitter
S	Switch

Revision Number	Revision Date	Revision Description	Issued by	Issued to
1	21.02.2017	Issued to Client	OT	AS

Organica Water, Inc.
99 Princeton-Hightstown Road, Suite 3A,
Princeton Junction, NJ 08550 USA
tel: +1(609)716-8585 fax: +1(609)716-8589 www.organicawaterinc.com

Project Name: STOWA Study - Plant 2 WWTP (8 MLD)

Drawing Title:

Process and Instrumentation Diagram Legend

Client: Aan de Stegge

Designed by:	Checked by:	Approved by:	Project Number: NL01257L	Drawing Size: A1	Date: 21.02.2017
Gabor Vadasz	Dániel Kerkovits	Pál Farkas	Type of Design: Basic Design	Drawing Number: P-019-001	Scale: n.t.s / PCP Level: 1

REFERENCE DRAWINGS
dwg. no.
-

VALUE OF DOCUMENT © Present and/or document has been prepared by Organica Water, Inc. and/or its subsidiaries - including any consultants and subsidiaries thereof (collectively, but not limited to Organica Technologies (India) Pvt. Ltd.) (collectively, the Team) and/or (incorporated herein) and any deliverable documents created based on the aforementioned Documents) are the sole property of Organica. Such Documents are not to be created, copied, transformed, altered, distributed, used or otherwise utilized in whole or in part without PRIOR WRITTEN AUTHORIZATION of Organica.
Certain Documents are created both in native and PDF format, native formats are issued individually for design support purposes. Only Organica sanctioned PDF versions shall be deemed official Documents.
Organica Water, Inc. and its subsidiaries and affiliates are registered trademarks of Organica, protected by the relevant laws in force. © All rights reserved, Organica Water, Inc. 2017.

File Name and Path: O:\Engineering Services\Proposals\Europe\STOWA Study Plant 2 NL01257L\Documentation\Process\NL01257L-P-015-001 - Process and Instrumentation Drawing.dwg

Plotted: 22.02.2017 17:02:45

Technical Description

Project Name: STOWA Study - Plant 2 WWTP (8 MLD)

Document Number: NL01257L-P-091-001

Revision: 1

Contents

1 Introduction 3

2 General Introduction to Organica FCR 3

2.1 Advantages of the FCR Solution 3

2.1.1 Lower suspended solids concentration (MLSS) offers phase separation alternatives 4

2.1.2 Lower suspended solids concentration (MLSS) improves energy efficiency 4

2.1.3 Increased biomass concentration 4

2.1.4 Eliminated requirement for sludge recirculation (RAS) 4

2.1.5 Longer effective solids retention time (SRT) 4

2.1.6 Elimination of sludge “bulking” and “washout” 4

2.1.7 Compact facility consumes less space 4

3 Design Basis 5

4 Preliminary Design – Unit Operations 6

Process overview 6

4.1 Pre-Treatment Units 7

Fine Screen 7

Grit Removal 7

4.2 Secondary Biological Treatment – Organica FCR 7

FCR Reactors 7

Process Aeration 8

4.3 Phase Separation 8

Chemical Phosphorus Removal/Coagulation 8

Secondary Clarification 8

4.4 Disinfection 8

UV Disinfection 8

4.5 Solids Management 9

Sludge storage Tank 9

Combined Thickening/Dewatering Unit 9

Polymer System 9

5 Control system 10

5.1 Instrumentation and Control 10

5.2 Display Panel, Event Log 10

5.3 Control and Variables 10
5.4 Remote Access 10
5.5 Main Intervention Points 10

1 Introduction

This technical description outlines the proposed Organica solution for the **STOWA Study - Plant 2** wastewater treatment facility (WWTF) in **Amsterdam, the Netherlands**. As outlined below, average design capacity of the proposed facility is **8,000 m³/d**.

Organica solutions utilize a Food Chain Reactor (FCR) configuration, consisting of biological treatment in successive reactor zones utilizing fixed biomass on a combination of natural plant roots and Organica's engineered biofiber media, along with a limited amount of suspended biomass.

This document is structured as follows:

- Organica FCR general introduction
- Design basis - influent flow and characterization with treated effluent requirements
- Preliminary design information by unit process
- Description of the control system

2 General Introduction to Organica FCR

Organica FCR solutions consist of a series of biological treatment zones simultaneously utilizing both fixed biofilm and suspended biomass in the reactors. Biodegradation of influent contaminants is accomplished by the combination of fixed and suspended biological cultures. Biomass in the Organica FCR is primarily fixed-film, utilizing natural plant roots along with additional engineered (biofiber) media as biofilm carriers. As a standard feature of the solution, the basins may be covered by an attractive enclosure to protect the "botanical garden" as needed.

As influent travels through the FCR zones, the available organics and nutrients (various carbon, nitrogen, and phosphorus fractions) are consumed and/or transformed. As a result, the composition of the ecosystem fixed in the biofilm changes from zone to zone, gradually adapting to localized conditions as the organic and nutrient concentrations vary, as well as dissolved oxygen content. The end result is a specially-adapted ecosystem in each zone, acclimatized to the specific conditions to maximize treatment efficiency.

2.1 Advantages of the FCR Solution

A significant fraction of microorganisms responsible for biodegradation is in fixed-film form (attached growth). Benefits of fixed-film solutions include:

- Mixed liquor suspended solids (MLSS) concentrations significantly lower than conventional activated sludge systems; resulting in:
  - Improved aeration & mixing efficiency (reducing energy requirements)
  - Flexible phase-separation alternatives, including option of direct filtration (without clarifiers) to conserve space
- Increased concentration of active biomass in the treatment zones
- Eliminated requirement for sludge recirculation (RAS)
- Longer effective SRT (sludge age); resulting in more complex organisms with longer lifecycles (unicellular cilia, larvae, arthropods) establishing themselves on the biofilm
- Eliminated potential for biomass "washout"
- Significant reduction in biological reactor space requirements

These benefits are described in further detail below.

2.1.1 Lower suspended solids concentration (MLSS) offers phase separation alternatives

With the primary biomass in fixed-film form, solids concentration in suspended form (MLSS) is reduced. While conventional secondary clarification designs can also be utilized effectively, lower MLSS solids concentrations allow the option of direct filtration of the FCR effluent with a Disc Filter. Disc Filters offer drastically reduced space requirements, in addition to a positive barrier for solids capture and thus more reliable effluent quality.

2.1.2 Lower suspended solids concentration (MLSS) improves energy efficiency

Lower suspended solids concentrations (MLSS) reduce viscosity of the reactor liquid, requiring less mixing energy. Further, lower viscosity fluids have enhanced diffusion properties resulting in a higher oxygen mass transfer coefficient ("alpha" value), significantly improving aeration efficiency. The combination of reduced mixing demand and improved aeration efficiency results in significantly less energy consumption.

2.1.3 Increased biomass concentration

Due to the properties of the plant roots and the biofilm carrier arrangement, a special biofilm structure develops on both the natural and engineered media. This improved biofilm structure provides a higher concentration of biomass compared to other biofilm-based technologies. Depending upon project specifics, a total biomass concentration of 8 to15 kg/m^3 can be achieved, three to five times higher than conventional activated sludge systems. As a result, reactor volume can be drastically reduced.

2.1.4 Eliminated requirement for sludge recirculation (RAS)

Another advantage of Organica's fixed-film solution is elimination of the requirement for sludge recirculation (RAS). The excess biosolids removed in secondary phase separation are forwarded directly to the sludge handling system. Elimination of the RAS simplifies the process, while also eliminating the capital and operating costs of the pumping system and associated piping.

2.1.5 Longer effective solids retention time (SRT)

With the vast majority of the biomass in fixed form and without sludge (RAS) recirculation, the biomass can reach effectively higher sludge ages (SRT's) in a limited reactor volume. Higher SRT's provide significant advantages with respect to nitrification as they enable better retention of slow-growing autotrophic bacteria (nitrifiers) in the system, with reduced risk of "washout" in peak flow events. Additionally, higher SRT's enable complex organisms with longer lifecycles (unicellular cilia, worms, arthropods, etc.) to establish themselves in the biofilm. The more complex organisms are generally slower growing and also tend to be "predatory" (consuming more basic organisms resident in the system), resulting in lower net sludge production. Further, many of these species have demonstrated the ability to break down a wider range of substrates and more complex compounds (such as pharmaceuticals).

2.1.6 Elimination of sludge "bulking" and "washout"

Conventional activated sludge systems commonly see filamentous sludge "bulking" as a result of various specific operating conditions. Filamentous bacteria are the main cause of sludge bulking and proliferate mainly in suspended growth conditions. In FCR reactors, suspended growth accounts for only a small fraction of the total biomass, thus significantly reducing the growth opportunity for filamentous organisms and the potential for sludge bulking. Further, biomass "washout" from the system during high flow conditions is impossible with the majority of biomass attached to the carriers.

2.1.7 Compact facility consumes less space

Higher biomass concentrations result in significantly reduced reactor volumes and space requirements. In addition, the lower suspended solids concentration allows the potential of direct filtration for phase separation, without the use of

clarifiers, thus providing further opportunity to reduce the overall space requirements for the facility.Plant roots provide are ideal biofilm carriers

- Plant root specific surface area is an order of magnitude higher than most artificial carrier media, resulting in higher concentrations of active biomass.
- Plant roots are not susceptible to clogging, thus reducing operational risk.
- Plants excrete small amounts of organic acids from their root surfaces which act as a food source for the biofilm. This is of high importance when the influent organic load is low. This symbiotic relationship helps bacteria to survive starvation periods, resulting in a larger and more diverse population of bacteria in the system when the wastewater load is re-established. As a result, FCR facilities have far greater flexibility compared to conventional activated sludge systems.
- Utilization of marsh plants (reeds, sedges, bulrushes, etc.) transport oxygen to their roots and increase biofilm activity.
- Plant roots provide a better habitat for slow-growing species, such as nitrifiers and eukaryotic organisms, resulting in improved nutrient removal performance over conventional processes.

3 Design Basis

Based on the information provided to Organica and certain assumptions made by Organica, Table 1 below shows the influent characteristics and effluent limits used as the design basis.

Table 1. Influent characteristics and effluent limits used as design basis

Parameters	Influent Characteristics	Units	Effluent Limits	Units
Design average flow ($Q_{Average}$)	**8,000**	m^3/d	-	m^3/d
Design rainy weather peak flow (Q_{RWA})	**1,500**	m^3/h	-	m^3/h
Design peak to Biology ($Q_{Peak\ to\ Biology}$)	**1,000**	m^3/h	-	m^3/h
COD	**678**	mg/l	**< 125**	mg/l
BOD_5	**279**	mg/l	**< 20**	mg/l
Total Suspended Solids (TSS)	**265**	mg/l	**< 30**	mg/l
Total Kjeldahl Nitrogen (TKN)	**71**	mg/l	**-**	mg/l
Total Nitrogen (TN)	**-**	mg/l	**< 10**	mg/l
Total Phosphorus (TP)	**8**	mg/l	**< 2**	mg/l
Design minimum wastewater temperature (T_{min})	**10.1**	°C	-	°C
Design maximum wastewater temperature (T_{max})	**25**	°C	-	°C

4 Preliminary Design – Unit Operations

This section provides preliminary design information for the proposed treatment unit processes.

The main unit processes are:

- Pre-Treatment
  - Fine screen and grit removal - designed to treat Q_{RWA} (1,500 m^3/h)
- Biological Treatment
  - FCR multi-zone reactor with 7 zones in each reactor train
- Secondary Phase Separation
  - Coagulation
  - Secondary clarifier
- Disinfection
  - UV disinfection - designed to treat Q_{RWA} (1,500 m^3/h)
- Solids Management
  - Sludge storage tank
  - Sludge thickening and dewatering

Process overview

The Process Scheme accompanying this document provides a schematic of the above unit processes as well as the flow connectivity between them.

As shown in the process scheme, influent flows to the fine screen and aerated grit chamber (pre-treatment) where solids removal takes place. After pre-treatment, flow is directed to the FCR reactors for biological treatment. The FCR is capable to treat flows up to 1,000 m^3/h. Peak flows above the limit will be bypassed.

A biological treatment facility with two FCR trains is proposed.

To provide biological nitrogen removal, varying degrees of aeration are used through the reactor zones to create both anoxic and aerobic microbe environments. Anoxic zones are the primary location for denitrification where conversion of nitrate into nitrogen gas occurs – nitrate is used as the electron acceptor for organic matter degradation in this zone. Denitrification takes place both in the suspended phase and in the fixed-film, particularly the “deeper” layers of the biofilm where anoxic conditions are present.

Following the anoxic stages, aerobic zones provide organic matter degraders, nitrifiers and higher organisms in both suspended and attached phases to provide degradation of organic compounds and conversion of ammonia to nitrate. To complete the denitrification process, a recycle of aerobic zone fluids to the anoxic zones is required to provide nitrates to the anoxic zones. Throughout both the anoxic and aerobic zones, fine-bubble aeration is used to provide mass transfer (oxygen) and mixing to keep any free solids in suspension. After the aerobic zones post-anoxic zone is placed and methanol is added to ensure proper denitrification.

Wastewater flows from the FCR reactor zones to a coagulation tank, where polyaluminum-chloride (PAC) is added to achieve the required effluent phosphorus limit via solids removal.

Wastewater flows from the coagulation tank to the secondary clarifier unit which gravity-settles the suspended biomass and inert solids to achieve the required effluent TSS limits.

Elimination of pathogens by UV-radiation takes place before discharge. The UV chamber is designed to be able to handle 1,500 m^3/h peak flow.

The excess sludge from the clarifier is pumped to a sludge storage tank where air is introduced to avoid anaerobic, septic conditions. From the tank the sludge is directed to a combined thickening/dewatering unit where poly-electrolyte is introduced to improve dewatering processes. The dewatered sludge will be put in containers for further processing. The filtrate from the unit will be sent back to the biology.

4.1 Pre-Treatment Units

Fine Screen

Fine screening is utilized to remove objects prior to the treatment process. These objects are generally inert plastics and other debris that cannot be broken down in biological treatment.

Table 2.Technical Specification of Fine Screens

Item/Parameter	Value	Unit
Opening size	**3**	mm
Total screenings volume	**688**	l/d

Grit Removal

Grit removal captures sand, grit, and other fine material that is non-biodegradable prior to biological treatment.

Table 3.Technical Specification of Grit Removal

Item/Parameter	Value	Unit
Number of grit removal basins	**1**	-
Volume of one basin	**74**	m^3
Grit removal basin type	**Aerated**	-
Total air requirement	**366**	Nm^3/h
Total grit quantity	**400**	l/d
Total grease quantity	**57**	l/d

4.2 Secondary Biological Treatment – Organica FCR

As described above, biological treatment will occur through a series of FCR reactor zones.

FCR Reactors

To provide sufficient habitat for the fixed-film process utilized in FCR solutions, sufficient retention time and surface area will be provided.

Table 4.Technical Specification of Organica FCR reactors

Item/Parameter	Value	Unit
Total volume of reaction zones per train	**3,291**	m^3
Number of reaction zones per train	**6**	-
Numbers of trains	**2**	-
Total Biofiber Media area per train	**59,709**	m^2
Plant racks per train	**162.2**	m^2
Total Methanol usage	**0.26 – 0.5**	m^3/d

Process Aeration

Aeration is provided in the FCR zones to maintain mixing and provide sufficient oxygen in the anoxic and aerobic process described previously.

Table 5.Process Aeration Technical Specification

Item/Parameter	Value	Unit
Process air demand (min)	**3,075**	Nm^3/h
Process air demand (average)	**3,810**	Nm^3/h
Process air demand (max)	**4,440**	Nm^3/h

4.3 Phase Separation

Chemical Phosphorus Removal/Coagulation

Prior to solids separation, chemical coagulation with PAC addition will be utilized for efficient removal of suspended particles, as well as phosphorus precipitation where required.

Table 6.Technical Specification of Chemical Phosphorus Removal/Coagulation

Item/Parameter	Value	Unit
Total PAC usage	**140**	l/d
Total volume of coagulation tank	**8.5**	m^3

Secondary Clarification

Clarification is provided to allow a quiescent settling zone where suspended solids are gravity-settled to the bottom of the clarifier. Settled solids are then pumped directly to the solids handling and dewatering processes.

Table 7. Basic Secondary Clarification Information

Item/Parameter	Value	Unit
Number of units	**1**	pcs
Side Water Depth	**4**	m
Surface of one clarifier	**500**	m^2

4.4 Disinfection

UV Disinfection

Through passage of UV light into the water, inactivation of bacteria, viruses, and protozoa is accomplished.

4.5 Solids Management

Sludge storage Tank

A sludge storage tank is provided as a buffer to allow intermittent operation of the downstream dewatering equipment.

Table 8. Technical Specification of sludge storage tank

Parameters	Value	Unit
Total Volume of Sludge storage tank	**183**	m^3
Mixing air requirement	**92**	Nm^3/h

Combined Thickening/Dewatering Unit

Sludge flow from the sludge storage tank is directed to the combined thickening and dewatering unit.

Table 9. Technical Specification of combined thickening and dewatering unit

Item/Parameter	Value	Unit
Sludge flow from thickening and dewatering	**9.4**	m^3/d
Dry solids content	**20**	%w/w

Polymer System

Polyelectrolyte is added through various unit processes to optimize solids separation performance.

Table 10. Minimum Design Capacities of Polymer Systems

Item/Parameter	Value	Unit
Sludge thickening and dewatering	**16.5**	kg/d

5 Control system

The wastewater treatment facility utilizes a PC-PLC based process control system with custom-engineered control software. It integrates the acquisition, display, and storage of operational data, as well as the input and application of operational variables.

5.1 Instrumentation and Control

The design provides appropriate instruments and sensors, as required, for proper operation and control of the system. In general, flow is measured by electromagnetic meters and/or derived from level sensors. Dissolved oxygen probes are provided for monitoring of dissolved oxygen at appropriate locations. Other additional sensors such as instrumentation for online measurement of ammonia, nitrate, or phosphorus may be included in the design as needed depending on the effluent requirements and operational needs. Variable Frequency Drives (VFDs) are provided for pump or blower speed control where necessary. Electromagnetic or pneumatic actuators are provided for valve operation or modulation where necessary. Key equipment is controlled by one or more PLCs, which monitor their status through feedback channels and display on the control application program.

5.2 Display Panel, Event Log

The application program that runs on the PC is adapted and customized to the technology. Its function is to gather, display, print and store information in addition to the implementation of operator commands and settings. The program provides all stored information in a processed and readable format, readily accessible to operators.

The real-time technical parameters (status of equipment, measured values) are displayed on the flowchart of the application program. These values are stored in a central database, which is accessible through charts and summary tables. Changes of technological settings, failures, alarms, and equipment status are stored in the event log.

5.3 Control and Variables

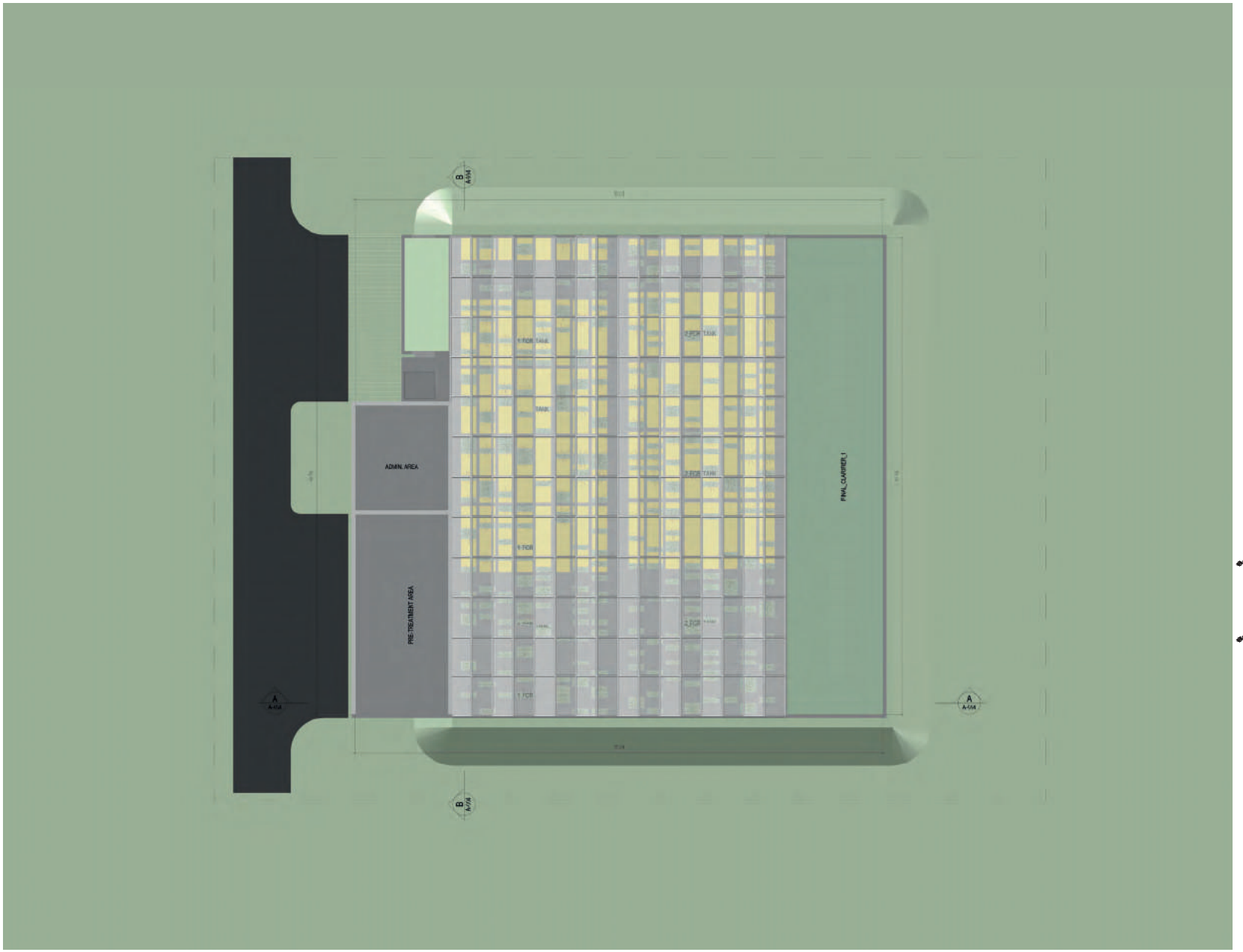
The PLC supervisory program controls the automatic operation of equipment. The automatic operation can be altered by using the commands of the application program or modifying the control parameters. Initial values for these parameters are set during the design of each facility. However, a high level of flexibility is provided for modification of these parameters in the event that actual operating conditions or the influent characteristics differ from those used in the original design.

5.4 Remote Access

Internet and mobile technologies play an essential role in the operation of the facility. Remote access to the control panel and logged data enables technologists to observe and intervene in the treatment process when necessary.

5.5 Main Intervention Points

The most important intervention point is aeration control in the cascade reactors - the PC-PLC system controls the blowers by variable frequency drives thus enabling it to maintain a range from 0.2 – 5 mg/L dissolved oxygen level in the FCR reactors to optimize kinetics of the biological process, while balancing energy consumption. This control logic is based upon measurement of dissolved oxygen through probes installed in the FCR reactors.



GENERAL NOTES:

1.No proposed slope shall exceed three(3) horizontal to one (1) vertical. U.N.O.

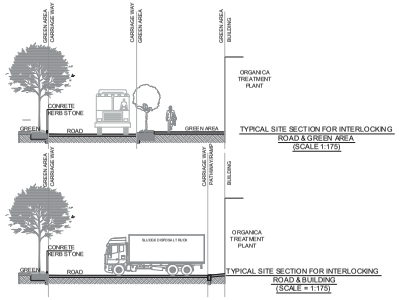
2. All utilities (manholes, valve covers etc) shall be adjusted to final grade prior to the final lift of asphalt.

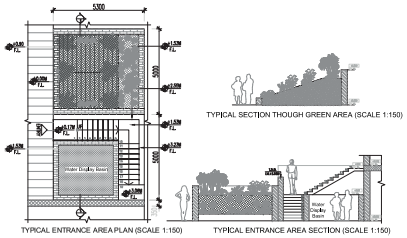
3. All landscape islands shall have a crown of clean native soils prior to landscaping.

4 . Construction shall comply with all applicable governing codes and be constructed to same.

5. Traffic should be divided for trucks and cars/ pedestrians.

6. There should be proper location of pedestrian circulation facilities as required in the project.





SITE PLAN

Scale: 1:200

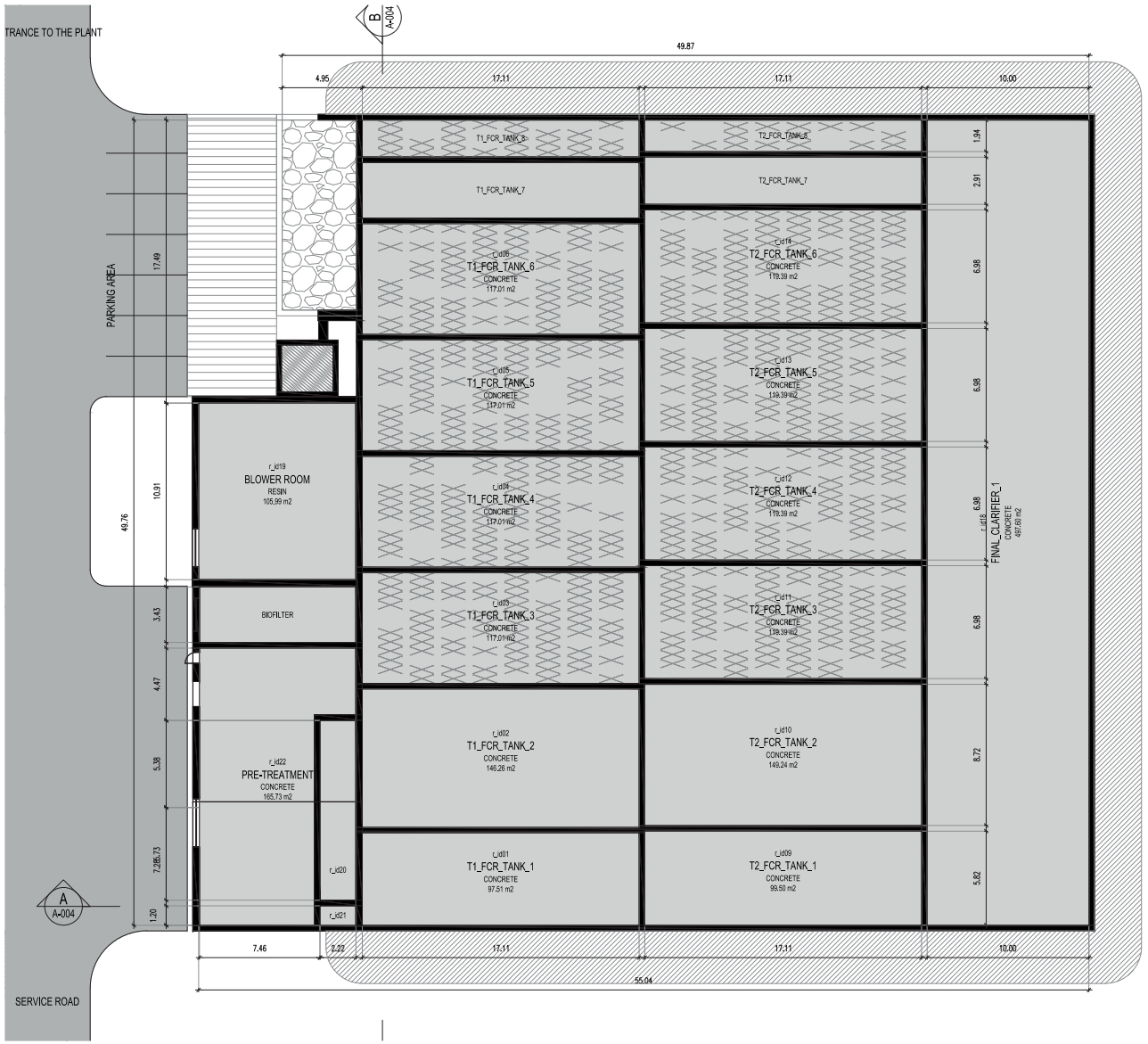
RELEASE OF DOCUMENTS: Present design document has been prepared by Organica Water, Inc. and/or its subsidiaries - including any contents and name thereof (including, but not limited to Organica Technologies Zrt. and Organica Water B.V.) (collectively, "Organica") solely for the benefit of the intended user. All such documents provided hereto or from Aannemersbedrijf Documents B.V. are the sole property of Organica. Such Documents are not to be created, copied, transferred, shared, distributed, used or otherwise utilized (but in whole or in part, without PRIOR WRITTEN AUTHORIZATION of Organica. In case Documents are transmitted to in native and PDF format, native formats are issued exclusively for design support purposes. Only Organica transmitted PDF-formatted documents are to be relied upon and considered as final. In case of any discrepancies between native and PDF documents considered as signed, Organica shall have no liability for any translations of the Graphic Image and Documents. All trademarks displayed are registered marks of Organica, protected by the international laws in force. All rights reserved. © Organica Water, Inc. 2017

Organica Water, Inc.
61 Princeton-Hightstown Road, Suite 3A,
Princeton Junction, NJ 08550 USA
Tel: + 1 609 65 16 865
Fax: + 1 609 65 18 089
www.organicawater.com

Client: Aan de Stegge

Location: Europe

Project ID: NL01257L		Project Name: STOWA Study - Plant 2 WWTP (8 MLD)	Scale: 1:200
Type of Design: Concept Design	Issued by: OT	Drawing Title: Site Plan	Drawing Size: ISO ful bleed A1
Designed by: Mónika Darida	Checked by: András Czibók	Approved by: Nicolás Rizo	Date: 20/03/2017
		Drawing Number: NL01257L-A-011-004	Revision: 1



LOWER LEVEL +1,00 m

Scale: 1:200

GENERAL NOTES:

1.Building position : considered to provide to the maximum extent possible a zero balance earthwork.

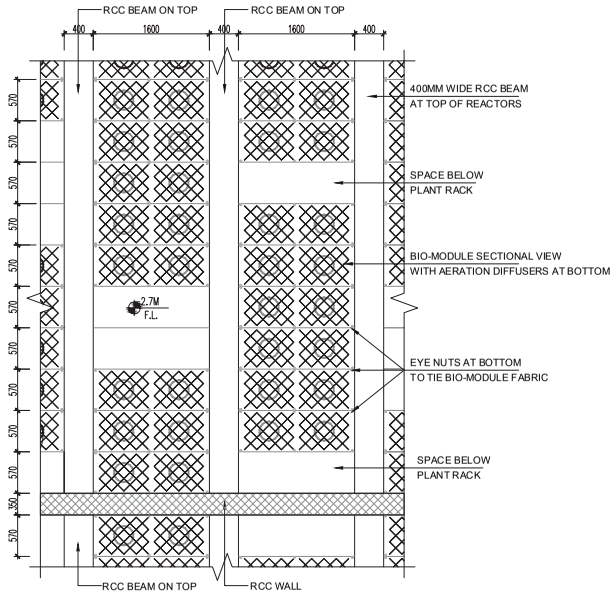
2. Scope of material shall be verified by contractor prior to the onset of work at site.

3. Organica FCR typical Layout shall be applicable for all design.

4 . All concrete structure shall be considered as waterproof concrete and shall be in accordance as per local available standards and codes

5. All dimesions are from the face of finished wall to face of finished wall U.N.O.

6. All equipments should be installed in accordance with the manufacturer's specifications.



TYPICAL PART PLAN OF FCR REACTOR'S BOTTOM SCALE 1:50

REUSE OF DOCUMENTS: Present design document has been prepared by Organica Water, Inc. and/or its subsidiaries - including any controlled subsidiaries thereof (including, but not limited to Organica Technologie Zrt. (OTI)) - (Organica). This document including the ideas and design incorporated herein and any derivative documents created based on the aforementioned (Documents) are the sole property of Organica. Such Documents are not to be created, copied, transformed, shared, distributed, used or otherwise utilized (Use) in whole or in part without PRIOR WRITTEN AUTHORIZATION of Organica. In case Documents are transmitted both in native and PDF format, native formats are issued exclusively for design support purposes. Only Organica transmitted PDF versions shall be considered official Documents. Only the ENGLISH language version of the Documents shall be considered as original. Organica shall have no liability for any translations of the English language Documents. All trademarks displayed are registered marks of Organica, protected by the relevant laws in force. All rights reserved. (c) Organica Water, Inc. 2017

Organica Water, Inc.
61 Princeton-Hightstown Road, Suite 3A,
Princeton Junction, NJ 08550 USA
Tel: +16096518885
Fax: +16096518989
www.organicawater.com

Client: Aan de Stegge

Location: Europe

Project ID: NL01257L		Project Name: STOWA Study - Plant 2 WWTP (8 MLD)
Type of Design: Concept Design	Issued by: OT	Drawing Title: Floor Plan - Lower Level
Designed by: Mónika Darida	Checked by: András Czibók	Approved by: Nicolás Rizo
		Drawing Number: NL01257L-A-011-005

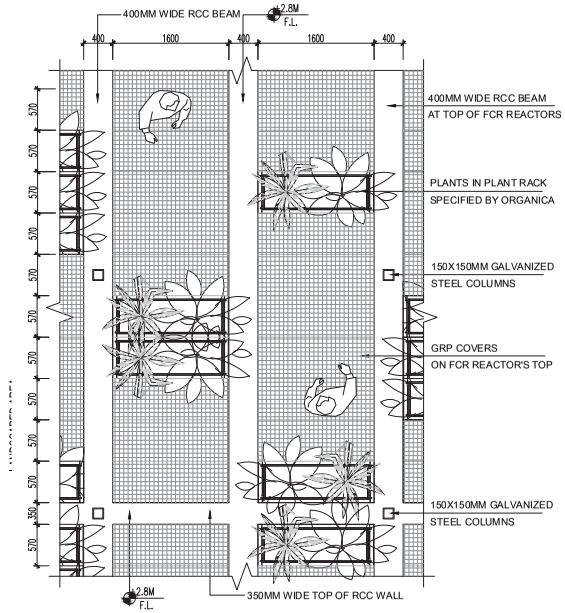
Scale:	1:200
Drawing Size:	ISO full bleed A2
Date:	20/03/2017
Revision:	1

UPPER LEVEL +5,20 m

Scale: 1:200

GENERAL NOTES:

1. Building position : considered to provide to the maximum extent possible a zero balance earthwork.
2. Scope of material shall be verified by contractor prior to the onset of work at site.
3. Exact location of walls, windows and doors shall be verified with project manager.
4. Construction shall comply with all applicable governing codes and be constructed to same.
5. All dimesions are from the face of finished wall to face of finished wall U.N.O.
6. All equipments should be installed in accordance with the manufacturer's specifications.



A
A-004

TYPICAL PART PLAN OF FCR REACTOR'S TOP (SCALE 1:50)

REUSE OF DOCUMENTS - Present design document has been prepared by Organica Water, Inc. and/or its subsidiaries - including any controlled subsidiaries thereof (including, but not limited to Organica Technologies Zrt. (OTI)) - (Organica). This document including the ideas and design incorporated herein and any derivative documents created based on the aforementioned (Documents) are the sole property of Organica. Such Documents are not to be created, copied, transformed, shared, distributed, used or otherwise utilized (Use) in whole or in part without PRIOR WRITTEN AUTHORIZATION of Organica. In case Documents are transmitted both in native and PDF format, native formats are issued exclusively for design support purposes. Only Organica transmitted PDF versions shall be considered official Documents. Only the ENGLISH language version of the Documents shall be considered as orginal. Organica shall have no liability for any translations of the English language Documents. All trademarks displayed are registered marks of Organica, protected by the relevant laws in force. All rights reserved. (c) Organica Water, Inc. 2017

Organica Water, Inc.
61 Princeton-Hightstown Road, Suite 3A,
Princeton Junction, NJ 08550 USA
Tel: +16096518885
Fax: +16096518889
www.organicawater.com

Client: Aan de Stegge
Location: Europe

Project ID: NL01257L			Project Name: STOWA Study - Plant 2 WWTP (8 MLD)
Type of Design: Concept Design		Issued by: OT	Drawing Title: Floor Plan - Upper Level
Designed by: Mónika Darida	Checked by: András Czibók	Approved by: Nicolás Rizo	Drawing Number: NL01257L-A-011-006

Scale: 1:200
Drawing Size: ISO full bleed A2
Date: 20/03/2017
Revision: 1

GENERAL NOTES:

1.External wall detail shall be typical for all building design.

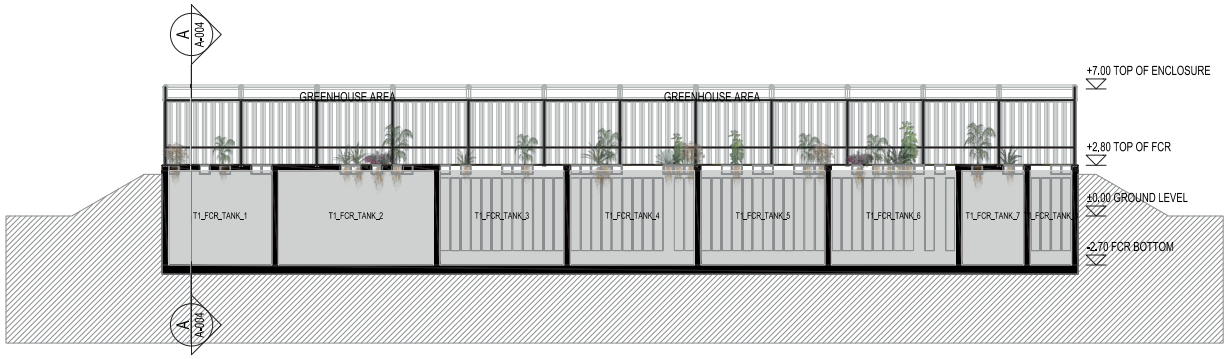
2. Coping profile shall be provided on building top as per the typical detail provided in this sheet.

3. Organica FCR typical Layout shall be applicable for all design.

4 . All concrete structure shall be considered as waterproof concrete and shall be in accordance as per local available standards and codes.

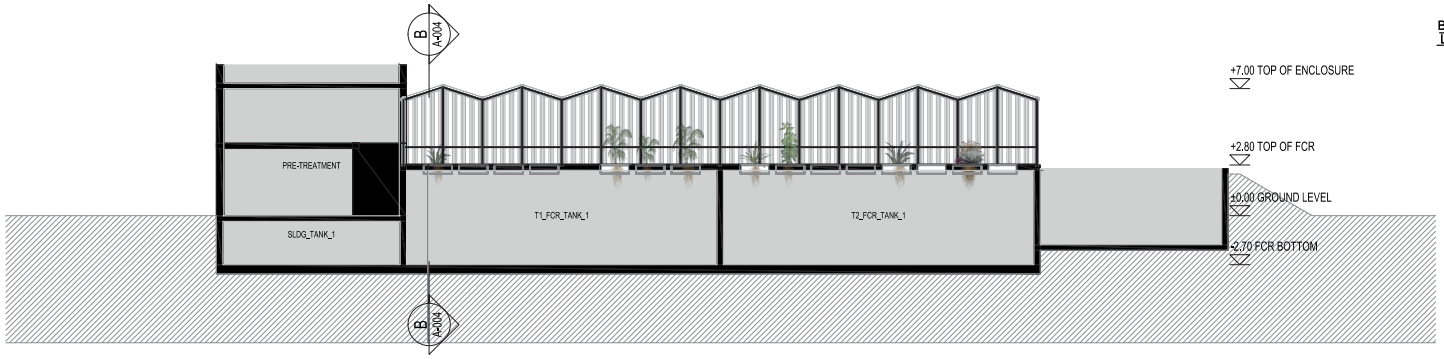
5. All dimesions are from the face of finished wall to face of finished wall U.N.O.

6. Greenhouse structure shall be of galvanised steel framework.



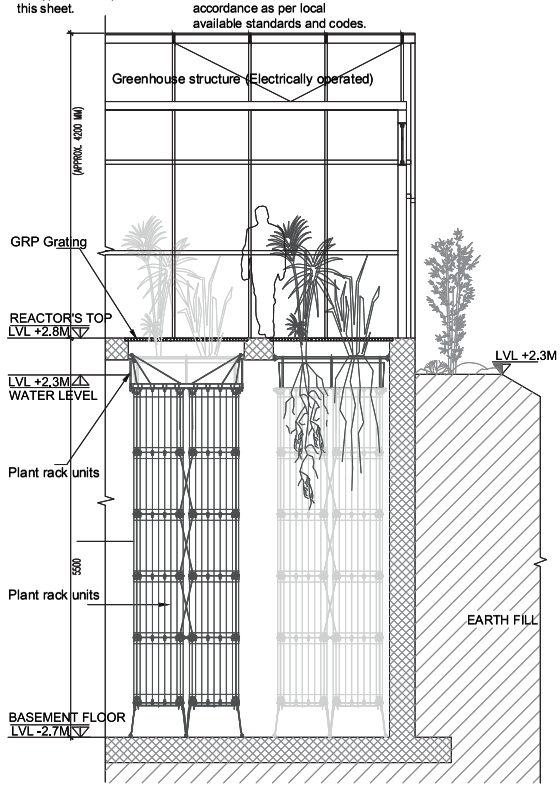
SECTION B-B

Scale: 1:200



SECTION A-A

Scale: 1:200



GREENHOUSE OVER BIO-MODULE DESIGN (SCALE 1:50)

Some of the benifits of designing and building Organica Greehouse:

1. Use of tempered glass covering that has the highest light transmission and comes in rigid panels that are especially made for greenhouse. The glass has better translucence UV characteristics.

2. Efficient rain water drainage system where the rainwater is collected in internal gutters, and internal downpipe system takes the rainwater besides the walls to external connection points.The internal gutters consist of additional gutter-heating to avoid winter-time freezing.

3. Hot-dip Galvanized steel framework is specified for its superior corrosion protection, especially in harsh environments and mainly used in most of Organica designs.Though corrosion resistance is inherent any time galvanizing is utilized, more and more specifiers select hot-dip galvanized steel for other reasons, including intial cost, durability, longevity, versatility, aesthetics, and sustainability.

4. Covertible window are provided to protect against overheating in the summer which are thereby controlled by temperature, light and wind velicity measurements.

5. The treated water which is generated from the Treatment plant can be utilized as the best source for watering plants kept in boxes or pots, because its costless, and its nutrient concentation is higher, negating the necessity of fertilizers.

ORGANICA

REUSE OF DOCUMENTS: Present design document has been prepared by Organica Water, Inc. and/or its subsidiaries - including any controlled subsidiaries thereof (including, but not limited to Organica Technologie Zrt. (OT)) - (Organica). This document including the ideas and design incorporated herein and any derivative documents created based on the aforementioned (Documents) are the sole property of Organica. Such Documents are not to be created, copied, transformed, shared, distributed, used or otherwise utilized (Use) in whole or in part without PRIOR WRITTEN AUTHORIZATION of Organica. In case Documents are transmitted both in native and PDF format, native formats are issued exclusively for design support purposes. Only Organica transmitted PDF versions shall be considered official Documents. Only the ENGLISH language version of the Documents shall be considered as original. Organica shall have no liability for any translations of the English language Documents. All trademarks displayed are registered marks of Organica, protected by the relevant laws in force. All rights reserved. (c) Organica Water, Inc. 2017.

Organica Water, Inc.
61 Princeton-Hightstown Road, Suite 3A,
Princeton Junction, NJ 08550 USA
Tel: +16096518885
Fax: +16096518989
www.organicawater.com

Client: Aan de Stegge

Location: Europe

Project ID: NL01257L		Project Name: STOWA Study - Plant 2 WWTP (8 MLD)
Type of Design: Concept Design	Issued by: OT	Drawing Title: Sections
Designed by: Mónika Darida	Checked by: András Czibók	Approved by: Nicolás Rizo
		Drawing Number: NL01257L-A-013-002

Scale: 1:200	
Drawing Size: ISO full bleed A2	
Date: 20/03/2017	Revision: 1

REUSE OF DOCUMENTS: Present design document has been prepared by Organica Water, Inc. and/or its subsidiaries - including any controlled subsidiaries thereof (including, but not limited to Organica Technológiák Zrt. (OT)) - (Organica). This document including the ideas and design incorporated herein and any derivative documents created based on the aforementioned (Documents) are the sole property of Organica. Such Documents are not to be created, copied, transformed, shared, distributed, used or otherwise utilized (Use) in whole or in part without PRIOR WRITTEN AUTHORIZATION of Organica.
In case Documents are transmitted both in native and PDF format, native formats are issued exclusively for design support purposes. Only Organica transmitted PDF versions shall be considered official Documents.
Only the ENGLISH language version of the Documents shall be considered as original. Organica shall have no liability for any translations of the English language Documents.
All trademarks displayed are registered marks of Organica, protected by the relevant laws in force.
All rights reserved. (c) Organica Water, Inc. 2017.

Organica Water, Inc.
61 Princeton-Hightstown Road, Suite 3A,
Princeton Junction, NJ 08550 USA
Tel: +16096518885 Fax: +16096518989
www.organicawater.com

ORGANICA

Client:
Aan de Stegge

Location:
Europe

Type of Design:	Issued by:
Concept Design	OT

Designed by:	Checked by:	Approved by:
Mónika Darida	András Czibók	Nicolas Rizo

Project Name: STOWA Study - Plant 2 WWTP (8 MLD)

Drawing Title:
Render

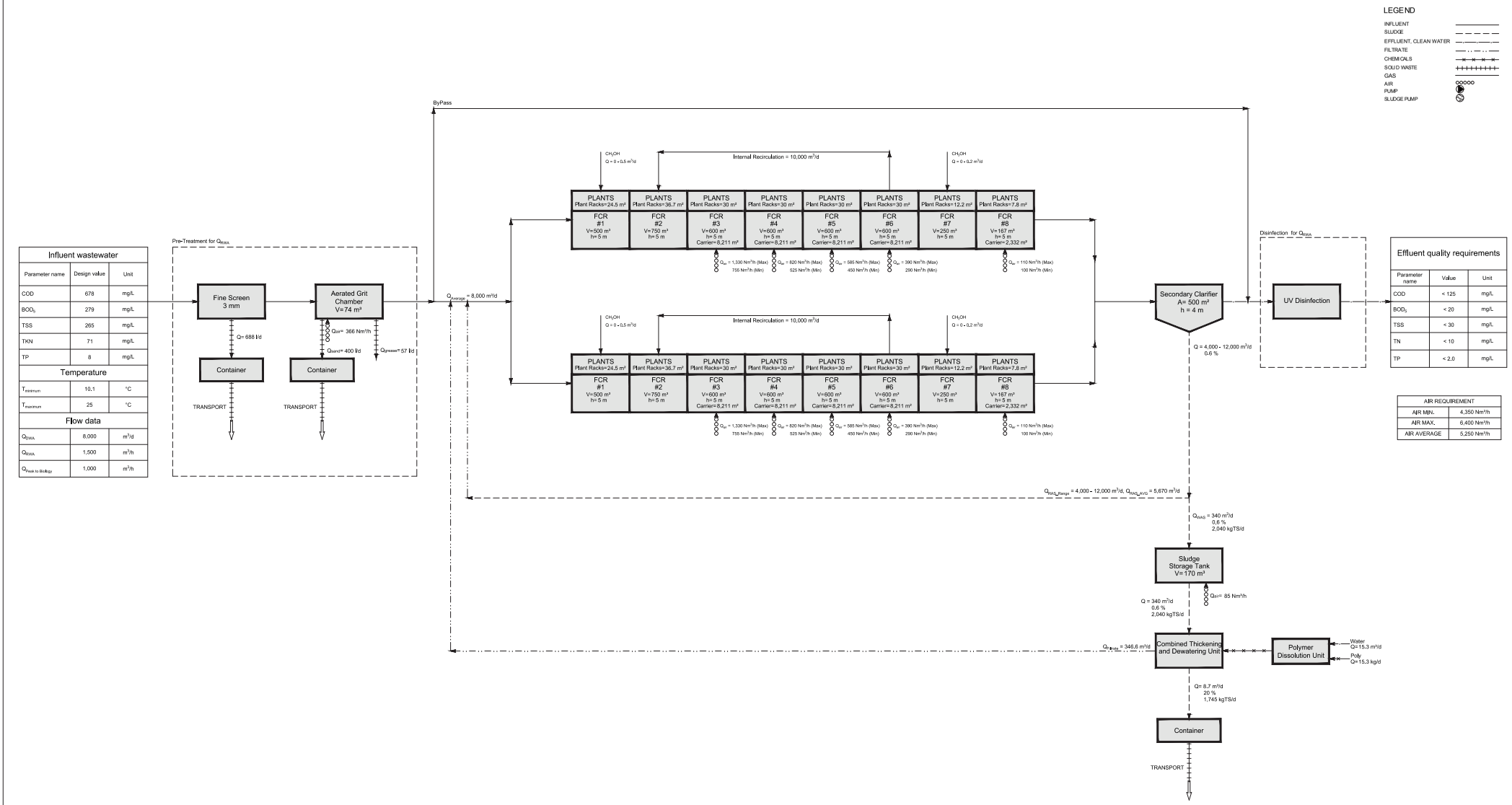
Drawing Number:
NL01257L-A-019-002

Scale: N.T.S.

Drawing Size:
A2

Date: 20/03/2017

Revision: 1



Revision Number	Revision Date	Revision Description	Issued by	Issued to
1	12.03.2017	Issued to Client	OT	AS

Organica Water, Inc.
01 Proctor-Hightstown Road, Suite 3A, Princeton Junction, NJ 08550 USA
+1 (609) 683-5889 fax: +1(609) 683-5889 www.organicawater.com

Project Name: STOWA Study - Plant 2 WWTP (8 MLD)
Client: Aan de Stegge
Drawing Title: Process Scheme

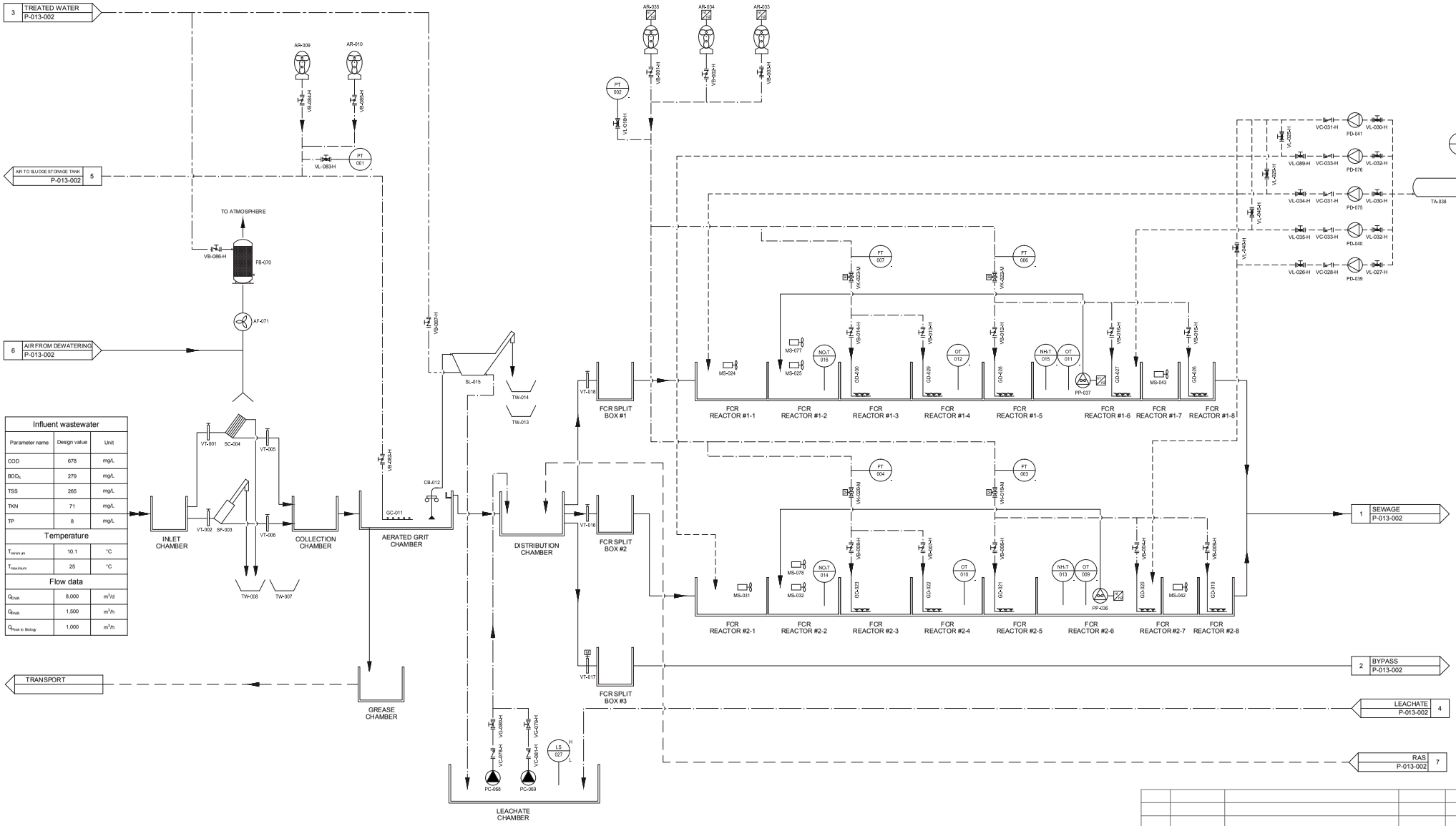
Designed by	Checked by	Approved by	Project Number	Drawing Size	Date
Adam Magyar	Jack Ryl	Jack Ryl	NL01257L	A1	12.03.2017

Type of Design	Drawing Number	Scale	PCP Level
Basic Design	P-011-002	n.t.s	2

REFERENCE DRAWINGS
dwg. no.

REUSE OF DOCUMENTS: Present design document has been prepared by Organica Water, Inc. and/or its subsidiaries - including any controlled subsidiaries thereof (including, but not limited to Organica Technologie ZK (OT)) - (Organica). This document including the ideas and design incorporated herein and any derivative documents created based on the aforementioned (Documents) are the sole property of Organica. Such Documents are not to be created, copied, transformed, shared, distributed, used or otherwise utilized (Use) in whole or in part without PRIOR WRITTEN AUTHORIZATION of Organica. In case Documents are transmitted both in native and PDF format, native formats are issued exclusively for design support purposes. Only Organica transmitted PDF versions shall be considered official Documents.
Only the ENGLISH language version of the Documents shall be considered as original. Organica shall have no liability for any translations of the English language Documents.
All trademarks displayed are registered marks of Organica, protected by the relevant laws in force.
All rights reserved. (c) Organica Water, Inc 2017.

File Name and Path: O:\Technology\Process sizing\Projects\STOWA\STOWA Study - Plant 2\BIO-P option\PS\NL01256L-P-011-002 - Process Scheme.dwg
Printed: 2017.03.12. 19:03:01



Influent wastewater		
Parameter name	Design value	Unit
COD	678	mg/L
BOD_5	279	mg/L
TSS	265	mg/L
TKN	71	mg/L
TP	8	mg/L
Temperature		
$T_{minimum}$	10.1	°C
$T_{maximum}$	25	°C
Flow data		
Q_{DWA}	8,000	m^3/d
Q_{hWA}	1,500	m^3/h
$Q_{Peak\ to\ Biolog}$	1,000	m^3/h

REFERENCE DRAWINGS
dwg. no.
-

Revision Number	Revision:Date	Revision:Description	Issued:by	Issued:to
1	24.03.2017	Issued to Client	OT	AS

Organica Water, Inc.
61 Princeton-Hightstown Road, Suite 3A, Princeton Junction, NJ 8550 USA
tel.: +1(609)1(888) fax: +1(609)1(699) www.organicawater.com

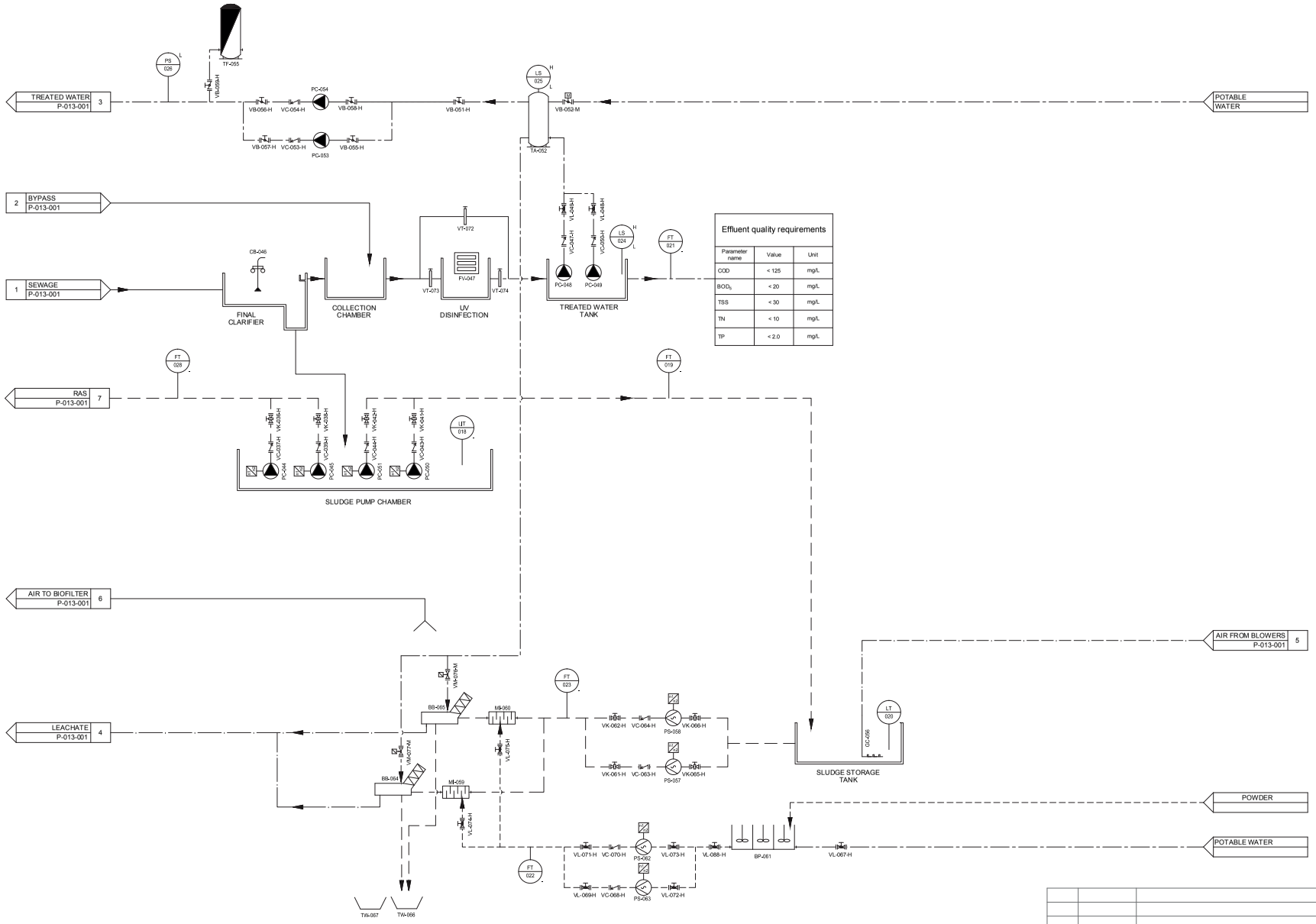
Project Name: STOWA Study - Plant 2 WWTP (8 MLD)
Drawing Title: Process and Instrumentation Diagram - I.
Client: Aan de Stegge

Designed by:	Checked by:	Approved by:	Project Number: NL01257L	Drawing Size: A1	Date: 24.03.2017
János Szomor	Pál Farkas	Pál Farkas	Type of Design: Basic Design	Drawing Number: P-013-003	Scale: n.t.s / PCP Level: 1

REUSE OF DOCUMENTS: This work design document has been prepared by Organica Water, Inc. and (or its sub-consultants) is being used at the present time for the purpose stated and should not be used for any other purposes without the specific written authorization of Organica Water, Inc. and (or its sub-consultants). Unauthorized use of this document for any purpose other than that for which it was prepared is prohibited. Due to the preliminary nature of this work design document, it may not be relied upon for final design, construction, or purchase. The contents of this work design document shall not be altered without the express written authorization of Organica Water, Inc. and (or its sub-consultants). Unauthorized use of this work design document for any purpose other than that for which it was prepared is prohibited. Due to the preliminary nature of this work design document, it may not be relied upon for final design, construction, or purchase. The contents of this work design document shall not be altered without the express written authorization of Organica Water, Inc. and (or its sub-consultants).
TRADEMARKS: Organica Water®, ORGANICA®, and ORGANICA WATER® are registered trademarks of Organica Water, Inc. and (or its sub-consultants). Other trademarks appearing in this document are the property of their respective entities. Due attribution is provided to the extent possible based on publicly available information. Unauthorized use or duplication of these trademarks is prohibited. Organica Water, Inc. and (or its sub-consultants) respects the intellectual property of others, and we ask our users to do the same. Organica Water, Inc. and (or its sub-consultants) software may contain trademarks of their respective owners. Patents: Organica Water, Inc. and (or its sub-consultants) products and services may be covered by one or more patents. For details, please refer to the patent info page on Organica Water, Inc. and (or its sub-consultants) website.
COPYRIGHT © 2001-2017 Organica Water, Inc. and (or its sub-consultants). All rights reserved worldwide.

File Name and Path: O:\Engineering Services\Proposals\Europe\STOWA Study Plant 2 NL01257L\Documentation\Process Hydrolic\NL01257L-P-013-003 - Process and Instrumentation Diagram.dwg

Printed: 27.03.2017 14:30:10



Effluent quality requirements		
Parameter name	Value	Unit
COD	< 125	mg/L
BOD_5	< 20	mg/L
TSS	< 30	mg/L
TN	< 10	mg/L
TP	< 2.0	mg/L

REFERENCE DRAWINGS
dwg. no.
-

Revision Number	Revision:Date	Revision:Description	Issued:by	Issued:to
1	24.03.2017	Issued to Client	OT	AS

Organica Water, Inc.
61 Princeton-Hightstown Road, Suite 3A
Princeton Junction, NJ 08550 USA
tel.: +1(609)1(888) fax: +1(609)(1)(888) www.organicawater.com

Project Name: STOWA Study - Plant 2 WWTP (8 MLD)
Drawing Title: Process and Instrumentation Diagram - II.
Client: Aan de Stegge

Designed by:	Checked by:	Approved by:	Project Number:	Drawing Size:	Date:
János Szomor	Pál Farkas	Pál Farkas	NL01257L	A1	24.03.2017

Type of Design:	Drawing Number:	Scale:	PCP Level:
Basic Design	P-013-004	n.t.s	1

REUSE OF DOCUMENTS: This work design document has been prepared by Organica Water, Inc. and its subsidiaries (Organica) for the sole benefit of its client (Client) and may not be used, in whole or in part, for any other purpose without the prior written consent of Organica. Ownership of Documents: All documents, drawings and written material prepared by Organica (Documents) are the sole property of Organica. Such Documents are not to be considered fixtures in any case. Documents are to remain the property of Organica and shall be returned promptly upon request. Only Organica has the right to amend such Documents. Unauthorized use of these Documents: Any unauthorized reuse, redistribution of, or reliance on, the Documents will be at the Client's sole risk and without liability to Organica. The Client shall indemnify and hold harmless Organica and its officers, employees, sub-consultants and agents against any and all claims, damages, losses, liabilities and expenses arising out of any unauthorized reuse, redistribution of, or reliance on, the Documents by the Client or any person or entity that acquires or obtains the Documents other than from Organica with the prior written consent of Organica. Alteration of Documents: The Documents shall not be altered in any way by anyone other than Organica without the prior written consent of Organica. In the event that any changes are made in the Documents by anyone other than Organica without Organica's prior written consent, Organica shall not be responsible for any errors or omissions which may appear in the Documents as a result of such changes. The Client also agrees to indemnify and hold harmless Organica from all claims, damages, losses and expenses including legal fees arising out of such changes made by persons other than Organica. Limitation of liability: Organica's liability with respect to any errors or omissions in the Documents which are discovered after the Documents have been delivered to the Client shall be limited to the cost of correcting the Documents. Organica shall have no liability for any consequential damages that may be incurred by the Client or any person or entity that acquires or obtains the Documents from Organica or the Client. Only the latest revision of any Document should be considered valid. Ownership of Intellectual Property: Any pre-existing proprietary information or intellectual property owned by Organica and provided to the Client as part of the Documents shall remain the exclusive property of Organica. Organica grants the Client a non-exclusive, royalty-free, non-transferable, perpetual license to use such pre-existing proprietary information or intellectual property solely for the purpose of using the Documents for the project. Organica shall retain all rights, including all copyrights and other intellectual property rights, in and to the Documents. The Client's use of the Documents does not grant the Client any rights of ownership in the Documents. Governing Law: These Terms and Conditions shall be governed by and construed in accordance with the laws of the State of New Jersey, USA, without regard to its conflict of law principles. Any dispute arising out of or relating to these Terms and Conditions shall be subject to the exclusive jurisdiction of the courts located in the State of New Jersey, USA. Severability: If any provision of these Terms and Conditions is held to be invalid or unenforceable, such provision shall be struck out and the remaining provisions shall remain in full force and effect. Entire Agreement: These Terms and Conditions constitute the entire agreement between Organica and the Client with respect to the subject matter hereof and supersede all prior agreements, understandings and negotiations, whether written or oral. All rights reserved. (c) Organica Water, Inc. 2017.

Valve symbols

- Butterfly Valve
- Ball Valve
- Check Valve
- Needle Valve
- Diaphragm Valve
- Globe Valve
- Gate Valve
- Three-way Valve
- Magnetic Valve
- Solenoid Valve
- Pressure Relief Valve
- Knife Gate Valve
- Flow Meter
- Air Release Valve
- Channel Gate

Actuator symbols

- Manual Actuator
- Control Actuator
- Motor Actuator
- Pneumatic Actuator

Pumps

- Centrifugal Pump
- Dosing Pump
- Screw Pump
- Propeller Pump
- VFD

Air Handling

- Roots Blower
- Centrifugal Blower
- Fan
- Compressor
- Air Dryer

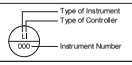
Mixers

- Vertical Shaft Mixer
- Submerged Mixer
- Static Mixer

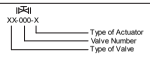
Equipment Designation

XX-000
- Equipment Number
- Type of Equipment

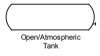
Instrument Designation

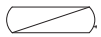


Valve Designation



Tank/Vessel





Tank/Vessel

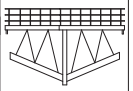
Aeration/Gas Transfer

Filtration

Screening

Sludge Dewatering

Clarifier



Heating Equipment

Miscellaneous symbols

Type of Actuator

H	Manual Actuator	C	Control Actuator
M	Motor Actuator		
P	Pneumatic Actuator		

Type of Valve

VB	Butterfly Valve	VM	Magnetic Valve
VC	Check Valve	VA	Air Release Valve
VD	Diaphragm Valve	VE	Three-way Valve
VG	Gate Valve	VP	Pressure Release Valve
VL	Ball Valve	VF	Flow Meter
VN	Needle Valve	VT	Channel Gate
VO	Globe Valve	VK	Knife Gate Valve
VS	Solenoid Valve		

Type of Instrument

P	Pressure	TP	TP level
F	Flow	NH4	NH4 level
T	Temperature	ORP	ORP meter
L	Liquid level	Tb	Turbidity
O	Oxygen level	B	BOD level
H	pH level		
S	Solids concentration		
C	COD level		

Type of Controller

I	Indicator
T	Transmitter
S	Switch

REFERENCE DRAWINGS
dwg. no.
-

Revision Number	Revision:Date	Revision:Description	Issued:by	Issued:to
1	24.03.2017	Issued to Client	OT	AS

Organica Water, Inc.
61 Princeton-Hightstown Road, Suite 3A
Princeton Junction, NJ 08550 USA
tel. +1(609)1(888) fax. +1(609)(1)(888) www.organicawater.com

Project Name: STOWA Study - Plant 2 WWTP (8 MLD)
Drawing Title: Process and Instrumentation Diagram Legend
Client: Aan de Stegge

Designed by:	Checked by:	Approved by:	Project Number: NL01257L	Drawing Size: A1	Date: 24.03.2017
János Szomor	Pál Farkas	Pál Farkas	Type of Design: Basic Design	Drawing Number: P-019-002	Scale: n.t.s / PCP Level: 1

REUSE OF DOCUMENTS: This work design document has been prepared by Organica Water, Inc. and/or its sub-consultants, including any electronic submittal submitted to the Client, and is intended for the specific purpose and client for which it was prepared. Reuse of and improper reliance on the aforementioned Documents, and the sole property of Organica Water, Inc. Unauthorized use of

Technical Description

Project Name: STOWA Study - Plant 2 WWTP (8 MLD)

Document Number: NL01257L-P-091-002

Revision: 1

Contents

1 Introduction 2

2 General Introduction to Organica FCR 2

2.1 General overview of the proposed solution 2

2.2 Advantages of Hybrid (Attached + Suspended Growth) Systems 3

2.3 Advantages of Plant Roots as Biofilm Carriers 3

3 Design Basis 4

4 Preliminary Design – Unit Operations 4

Process overview 5

4.1 Pre-Treatment Units 5

Fine Screen 5

Grit Removal 6

4.2 Secondary Biological Treatment – Organica FCR 6

FCR Reactors 6

Process Aeration 6

4.3 Phase Separation 6

Secondary Clarification 6

4.4 Disinfection 7

UV Disinfection 7

4.5 Solids Management 7

Sludge storage Tank 7

Combined Thickening/Dewatering Unit 7

Polymer System 7

5 Control system 8

5.1 Instrumentation and Control 8

5.2 Display Panel, Event Log 8

5.3 Control and Variables 8

5.4 Remote Access 8

5.5 Main Intervention Points 8

1 Introduction

This technical description outlines the proposed Organica solution for the **STOWA Study - Plant 2** wastewater treatment facility (WWTF) in **Amsterdam, the Netherlands**. As outlined below, average design capacity of the proposed facility is **8,000 m³/d**.

Organica solutions utilize a Food Chain Reactor (FCR) configuration, consisting of biological treatment in successive reactor zones utilizing fixed biomass on a combination of natural plant roots and Organica's engineered biofiber media, along with a limited amount of suspended biomass.

This document is structured as follows:

- Organica FCR general introduction
- Design basis - influent flow and characterization with treated effluent requirements
- Preliminary design information by unit process
- Description of the control system

2 General Introduction to Organica FCR

2.1 General overview of the proposed solution

The proposed system is an implementation of the Organica Food Chain Reactor (FCR) Solution in a hybrid arrangement (ie. suspended growth in coexistence with fixed film) which consists of biological wastewater treatment in successive reactors using both suspended biomass and fixed biomass on both natural (plant root) and artificial (patented biofibre media) root structures.

The system's main features are as follows:

- The solution provides organic matter and nutrient removal;
- The solution produces less excess sludge than conventional biological processes;
- The treatment plant extensively uses fixed biomass cultivated on both natural (plant root) and artificial (patented biofibre media) root structures i.e. it is a hybrid solution that exploits all the advantages of fixed film biomass and suspended growth.

In an Organica Hybrid FCR WWTP there is a series of biological reactors where suspended biomass is maintained in every stage of the process, fixed biofilm are used only in the aerated reactor zones. The suspended growth biomass is maintained by a RAS system (return activated sludge) from secondary clarifiers back to the FCRs.

Biodegradation of influent contaminants takes place mainly with the help of fixed and suspended biological cultures, where plant roots are used as biofilm carriers. Additional biofibre media is used in the reactors as artificial plant roots to provide more surface area for biofilm to form and grow on.

In a typical Organica FCR system, as the influent travels through the cascade, the available nutrient quantity is consumed and as a result, the composition of the ecosystem fixed in the biofilm changes from reactor to reactor, gradually adapting itself to the decreasing nutrient concentrations. In each cascade stage a specially adapted ecosystem will form, thus maximizing the decomposition of contaminants.

2.2 Advantages of Hybrid (Attached + Suspended Growth) Systems

- Attached growth in hybrid systems inherently have longer sludge ages than in purely suspended growth systems. Therefore, higher organisms with longer lifecycles (unicellular cilia, worms, arthropods) will establish themselves in hybrid systems. The formation of such a complex ecosystem enables a wider spectrum of organics to be broken down. This effect leads to the lower residual COD level in the effluent.
- Due to the multilevel food-chains that are present in complex ecosystems, the bacteria that process waste material are consumed by other organisms, which are in turn prey for higher predators within the food chain. As a final outcome the yield of the biomass, and consequently the amount of the waste sludge, is lower.
- Since in hybrid systems the majority of biomass responsible for treatment is in fixed form, the washout of microorganisms (e.g. in a snow melt) is only limited to the suspended portion of the biomass.

2.3 Advantages of Plant Roots as Biofilm Carriers

- The specific surface area of plant roots is higher by an order of magnitude when compared to most plastic carrier media. This results in higher equivalent biomass concentrations.
- Plant roots are not susceptible to clogging, thus operational safety is high.
- The plants naturally transport oxygen to their roots which increases biofilm activity.
- The plants excrete small amounts of organic acids on their root surfaces which act as a food source for the biofilm. This is of high importance when the influent load is low. In this case the plants help bacteria to survive starvation and results in a larger population of bacteria in the system when the wastewater load is re-established. As a result the Organica Hybrid FCR system has far greater flexibility and resiliency when compared to purely conventional activated sludge technologies.
- As plant roots are able to grow in the top 0.5 – 1 m of the water, in the lower depth artificial plant roots – Organica's patented biofibre media – are installed. This media is designed to provide very similar habitat for microorganisms as plant roots provide.
- One of the Organica Hybrid FCR Solution's advantages is providing an additional habitat (and a longer sludge age) for slow-growing species – e.g. the nitrifiers – in biofilms attached to plant roots and artificial biotextile media. Due to the significant mass of the biofilm and its biological diversity, higher degree of nutrient removal is possible in the hybrid system compared to purely suspended growth systems.

3 Design Basis

Based on the information provided to Organica and certain assumptions made by Organica, Table 1 below shows the influent characteristics and effluent limits used as the design basis.

Table 1. Influent characteristics and effluent limits used as design basis

Parameters	Influent Characteristics	Units	Effluent Limits	Units
Design average flow ($Q_{Average}$)	**8,000**	m^3/d	-	m^3/d
Design rainy weather peak flow (Q_{RWA})	**1,500**	m^3/h	-	m^3/h
Design peak to Biology ($Q_{Peak\ to\ Biology}$)	**1,000**	m^3/h	-	m^3/h
COD	**678**	mg/l	**< 125**	mg/l
BOD_5	**279**	mg/l	**< 20**	mg/l
Total Suspended Solids (TSS)	**265**	mg/l	**< 30**	mg/l
Total Kjeldahl Nitrogen (TKN)	**71**	mg/l	**-**	mg/l
Total Nitrogen (TN)	**-**	mg/l	**< 10**	mg/l
Total Phosphorus (TP)	**8**	mg/l	**< 2**	mg/l
Design minimum wastewater temperature (T_{min})	**10.1**	°C	-	°C
Design maximum wastewater temperature (T_{max})	**25**	°C	-	°C

4 Preliminary Design – Unit Operations

This section provides preliminary design information for the proposed treatment unit processes.

The main unit processes are:

- Pre-Treatment
  - Fine screen and grit removal - designed to treat Q_{RWA} (1,500 m^3/h)
- Biological Treatment
  - FCR multi-zone reactor with 8 zones in each reactor train
- Secondary Phase Separation
  - Secondary clarifier
- Disinfection
  - UV disinfection - designed to treat Q_{RWA} (1,500 m^3/h)
- Solids Management
  - Sludge storage tank
  - Sludge thickening and dewatering

Process overview

The proposed system is an implementation of the Organica Food Chain Reactor (FCR) Solution in a hybrid arrangement (ie. suspended growth in coexistence with fixed film) which consists of biological wastewater treatment in successive reactors using both suspended biomass and fixed biomass on both natural (plant root) and artificial (patented biofibre media) root structures.

In an Organica Hybrid FCR WWTP there is a series of biological reactors where suspended biomass is maintained in every stage of the process, fixed biofilm are used only in the aerated reactor zones. The suspended growth biomass is maintained by a RAS system (return activated sludge) from secondary clarifiers back to the FCRs.

The Process Scheme accompanying this document provides a schematic of the above unit processes as well as the flow connectivity between them. As shown in the process scheme, influent flows to the fine screen and aerated grit chamber (pre-treatment) where solids removal takes place. After pre-treatment, flow is directed to the FCR reactors for biological treatment. The FCR is capable to treat flows up to 1,000 m^3/h. Peak flows above the limit will be bypassed.

A biological treatment facility with one FCR train is proposed.

To provide biological nitrogen removal, varying degrees of aeration are used through the aerated reactor zones to create aerobic microbe environments for carbon removal and nitrification.

To complete the denitrification process, a recycle of aerobic zone fluids to the first anoxic zone is required to provide nitrates to the anoxic zone. Biomass is maintained in suspension via mixers. Methanol is dosed to second anoxic zone to improve the denitrification process.

Anoxic zones are the primary location for denitrification where conversion of nitrate into nitrogen gas occurs – nitrate is used as the electron acceptor for organic matter degradation in this zone. Denitrification also takes place in the fixed-film of the aerobic zone, particularly the “deeper” layers of the biofilm where anoxic conditions are present.

Wastewater flows from the FCR to the secondary clarifier unit which gravity-settles the suspended biomass and inert solids to achieve the required effluent TSS limits.

Elimination of pathogens by UV-radiation takes place before discharge. The UV chamber is designed to be able to handle 1,500 m^3/h peak flow.

The excess sludge from the clarifier is pumped to a sludge storage tank where air is introduced to avoid anaerobic, septic conditions. From the tank the sludge is directed to a combined thickening/dewatering unit where poly-electrolyte is introduced to improve dewatering processes. The dewatered sludge will be put in containers for further processing. The filtrate from the unit will be sent back to the biology.

4.1 Pre-Treatment Units

Fine Screen

Fine screening is utilized to remove objects prior to the treatment process. These objects are generally inert plastics and other debris that cannot be broken down in biological treatment.

Table 2.Technical Specification of Fine Screens

Item/Parameter	Value	Unit
Opening size	**3**	mm
Total screenings volume	**688**	l/d

Grit Removal

Grit removal captures sand, grit, and other fine material that is non-biodegradable prior to biological treatment.

Table 3.Technical Specification of Grit Removal

Item/Parameter	Value	Unit
Number of grit removal basins	1	-
Volume of one basin	74	m^3
Grit removal basin type	Aerated	-
Total air requirement	366	Nm^3/h
Total grit quantity	400	l/d
Total grease quantity	57	l/d

4.2 Secondary Biological Treatment – Organica FCR

As described above, biological treatment will occur through a series of FCR reactor zones.

FCR Reactors

To provide sufficient habitat for the fixed-film process utilized in FCR solutions, sufficient retention time and surface area will be provided.

Table 4.Technical Specification of Organica FCR reactors

Item/Parameter	Value	Unit
Total volume of reaction zones per train	4,067	m^3
Number of reaction zones per train	8	-
Numbers of trains	2	-
Total Biofiber Media area per train	35,176	m^2
Plant racks per train	201.2	m^2
Total methanol dosage	0 – 1.4	m^3/d

Process Aeration

Aeration is provided in the FCR zones to maintain mixing and provide sufficient oxygen in the anoxic and aerobic process described previously.

Table 5.Process Aeration Technical Specification

Item/Parameter	Value	Unit
Process air demand (min)	4,350	Nm^3/h
Process air demand (average)	5,250	Nm^3/h
Process air demand (max)	6,400	Nm^3/h

4.3 Phase Separation

Secondary Clarification

Clarification is provided to allow a quiescent settling zone where suspended solids are gravity-settled to the bottom of the clarifier. Settled solids are then pumped directly to the solids handling and dewatering processes.

Table 6. Basic Secondary Clarification Information

Item/Parameter	Value	Unit
Number of units	1	pcs
Side Water Depth	4	m
Surface of one clarifier	500	m^2
RAS flowrate	4,000 – 12,000	m^3/d

4.4 Disinfection

UV Disinfection

Through passage of UV light into the water, inactivation of bacteria, viruses, and protozoa is accomplished.

4.5 Solids Management

Sludge storage Tank

A sludge storage tank is provided as a buffer to allow intermittent operation of the downstream dewatering equipment.

Table 7. Technical Specification of sludge storage tank

Parameters	Value	Unit
Total Volume of Sludge storage tank	170	m^3
Mixing air requirement	85	Nm^3/h

Combined Thickening/Dewatering Unit

Sludge flow from the sludge storage tank is directed to the combined thickening and dewatering unit.

Table 8. Technical Specification of combined thickening and dewatering unit

Item/Parameter	Value	Unit
Sludge flow from thickening and dewatering	8.7	m^3/d
Dry solids content	20	%w/w

Polymer System

Polyelectrolyte is added through various unit processes to optimize solids separation performance.

Table 9. Minimum Design Capacities of Polymer Systems

Item/Parameter	Value	Unit
Sludge thickening and dewatering	15.3	kg/d

5 Control system

The wastewater treatment facility utilizes a PC-PLC based process control system with custom-engineered control software. It integrates the acquisition, display, and storage of operational data, as well as the input and application of operational variables.

5.1 Instrumentation and Control

The design provides appropriate instruments and sensors, as required, for proper operation and control of the system. In general, flow is measured by electromagnetic meters and/or derived from level sensors. Dissolved oxygen probes are provided for monitoring of dissolved oxygen at appropriate locations. Other additional sensors such as instrumentation for online measurement of ammonia, nitrate, or phosphorus may be included in the design as needed depending on the effluent requirements and operational needs. Variable Frequency Drives (VFDs) are provided for pump or blower speed control where necessary. Electromagnetic or pneumatic actuators are provided for valve operation or modulation where necessary. Key equipment is controlled by one or more PLCs, which monitor their status through feedback channels and display on the control application program.

5.2 Display Panel, Event Log

The application program that runs on the PC is adapted and customized to the technology. Its function is to gather, display, print and store information in addition to the implementation of operator commands and settings. The program provides all stored information in a processed and readable format, readily accessible to operators.

The real-time technical parameters (status of equipment, measured values) are displayed on the flowchart of the application program. These values are stored in a central database, which is accessible through charts and summary tables. Changes of technological settings, failures, alarms, and equipment status are stored in the event log.

5.3 Control and Variables

The PLC supervisory program controls the automatic operation of equipment. The automatic operation can be altered by using the commands of the application program or modifying the control parameters. Initial values for these parameters are set during the design of each facility. However, a high level of flexibility is provided for modification of these parameters in the event that actual operating conditions or the influent characteristics differ from those used in the original design.

5.4 Remote Access

Internet and mobile technologies play an essential role in the operation of the facility. Remote access to the control panel and logged data enables technologists to observe and intervene in the treatment process when necessary.

5.5 Main Intervention Points

The most important intervention point is aeration control in the cascade reactors - the PC-PLC system controls the blowers by variable frequency drives thus enabling it to maintain a range from 2 – 4 mg/L dissolved oxygen level in the FCR reactors to optimize kinetics of the biological process, while balancing energy consumption. This control logic is based upon measurement of dissolved oxygen through probes installed in the FCR reactors.