



Ontwerp zuiveringssysteem voor percolaatwateroverschot te Nij Beets



Gijsbert Knol

Deeltijd Milieukunde

Van Hall Larenstein

*Ontwerp zuiveringssysteem voor
percolaatwateroverschot op
Composteerterrein Nij Beets*

Afstudeeronderzoek: In het kader van de opleiding deeltijd Milieukunde

In opdracht van: Enviso Ingenieursbureau
De Meerpaal 11
9200 AM DRACHTEN

Contactpersoon: dhr. A. Sollie

Onderzoek uitgevoerd door: Gijsbert Knol
840722003
Deeltijd Milieukunde
Van Hall Larenstein
Leeuwarden

Begeleiders: dhr. L. Bentvelzen & dhr. J. Theunissen

Datum: 1-07-2013
Status: definitief, versie 1

Voorwoord

In het kader van de opleiding Milieukunde aan het Van Hall Larenstein is dit afstudeeronderzoek uitgevoerd. Envisio Ingenieursbureau heeft mij de mogelijkheid gegeven om bij hen af te studeren aan de hand van een interessant onderzoek naar de mogelijkheden om percolaatwater te zuiveren op een composteerterrein. Het onderzoek heeft betrekking op de locatie Nij Beets en enigszins op andere composteerterreinen.

Door aan dit onderzoek te werken heb ik getracht een bijdrage te leveren aan het verkrijgen van inzicht over toepassingsmogelijkheden van zuiveringstechnieken. De kwaliteit van geloosd water en de benutting van duurzame energie is de laatste jaren een veel besproken onderwerp. Dit omdat het bewust omgaan met het milieu en milieuvriendelijke energiewinning belangrijker gevonden wordt. Daarnaast kan dit onderzoek een meerwaarde zijn naar de vraag hoe bedrijven in deze tijd van financiële crisis kosten kunnen besparen.

Ik heb een hoop geleerd over alles wat met waterzuivering te maken heeft en wil daarom een paar mensen bedanken. Om te beginnen Envisio Ingenieursbureau, in het bijzonder dhr. A. Sollie, voor het begeleiden van mijn afstudeeronderzoek om tot goede resultaten te komen. Vanuit de opleiding wil ik dhr. L. Bentvelzen en dhr. J. Theunissen bedanken voor feedback en beoordeling van het plan van aanpak en het afstudeeronderzoek. Voor adviezen en informatie bij de dimensionering van het zuiveringssysteem ben ik dhr. G. Truijzen zeer dankbaar. Tot slot wil ik dhr. S. Dijkstra en S. Miedema (Wetterskip Fryslân), dhr. A. van der Werf (Econvert), dhr. R. van Gestel (Den Ouden Groep), dhr. E. Sietzema (Grootegast), dhr. D. Langerak (Gemeente Tytsjerksteradiel), dhr. K. Brinkman (Orgawold) en alle andere personen die bereid zijn geweest om mij te helpen en te voorzien van relevante informatie bedanken.

Met dit rapport sluit ik mijn studie af. De afgelopen periode heeft veel doorzettingsvermogen, planning en uitdagingen gevraagd. Hierdoor is het een leerzame en leuke ervaring geweest.

Abstract

For Envisio Ingenieursbureau research has been carried out for the treatment of leachate at Composting Nij Beets. Preliminary research has shown that rainwater and leachate at many compostings is collected in a waterbasin and then partially be reused for moistening the compost. This allows the excess water to be reduced, but not always be avoided. The excess water contains high concentration of difficult biodegradable compounds (COD, N-org, and ortho-P). This excludes the direct discharge of untreated excess leachate to surface water.

Goal

On Composting Nij Beets the excess leachate is discharged to an external treatment plant by tanktrucks. The total disposal costs of the excess leachate to the treatment plant are approximately € 2.500,- per year. This research was aimed to develop an on-site installation to treat the excess leachate on Composting Nij Beets so cost reduction can be realized. The effluent must be suitable in order to discharge to surface water.

The extent to which a on-site treatment plant can be applied and how this installation would look like, was unknown. A on-site treatment plant should be a cheap, low-maintenance and easy to handle installation, because of the small amounts of leachate at Nij Beets. The findings in this study show that an average of around 14,500 m³ of rainwater lands on the entire site of Nij Beets. Because of back spraying and evaporation the excess water of what should be discharged is approximately 450 m³ per year.

Implementation

Random samples are taken to obtain insight of the composition of the leachate on Composting Nij Beets. In addition, information is obtained of other compostings from Wetterskip Fryslân and five composting has been contacted. The results obtained from the analysis of the leachate on both Nij Beets and other compostings shows that concentrations of substances can differ considerably. Concentrations of substances in the leachate fluctuate by location as well.

A conducted biodegradation test shows that the leachate of Nij Beets can be categorized as difficult biodegradable. It was also found that a higher temperature is not causing a strong increase of efficiency of biodegradation in a treatment plant. Comparing the composition of the leachate with the discharge requirements, shows that the components COD, BOD, nitrogen and suspended solids has to be reduced in the leachate of Nij Beets. The pollution load of the excess leachate is between about 10 p.e. and approximately 30 p.e.

With the characteristics of the location and the leachate a choice has been made between conventional treatment plants based on criteria and preconditions. The choice assessment shows a constructed wetland as most suitable treatment system for the excess leachate on Composting Nij Beets. There is space available on the location to place the installation. Plant systems achieve high efficiency for reducing the critical parameters in the leachate. All this, with the least effort of staff, lower energy costs and lower maintenance costs compared to other systems. Because an installation not necessarily needs to be 'Turnkey' delivered onsite by another company, the Composting Nij Beets can built the installation by themselves.

Because the purpose of the leachate treatment and the findings of the research a vertically constructed wetland has been chosen for Nij Beets. It is the most suitable system because of the efficiency of reducing components in the water, it has the smallest volume and because of the least smell and pests nuisance of the plant systems. It is the most technical system, but also the most reliable of all plant systems.

Conclusion

A vertical-flow constructed wetland of 60 m² is required in order to purify the excess leachate. The bed is in total 1 meter thick and consists the following layers: 10 cm large gravel with feeding tubes, 80 cm medium fine sand with reed plants and at the bottom of the filterbed 10 cm large gravel and

drainage pipes for drainage to the inspection pit. The influentwater to the treatment system is diluted with effluentwater from the inspection pit, to decrease the concentrations of COD, N and P.

For the construction of the treatment plant, the overall total cost are estimated at € 12.500, -. Because the sand and gravel is available at Nij Beets itself, these costs will probably be lower. It is anticipated that the excavation of the soil is carried out by Composting Nij Beets itself, making the total cost of the installation remaining low.

In what extent a vertical-flow constructed wetland reduces the components in the leachate is unknown. This can be determined by collection data in a pilot studie, so the sizing can be calculated more precise. It is recommended to carry further research on this subject.

Samenvatting

In opdracht van Enviso Ingenieursbureau is onderzoek gedaan naar zuiveringstechnieken om het percolaatwateroverschot te behandelen op Composteerterein Nij Beets. Uit vooronderzoek blijkt dat het hemel- en percolaatwater bij veel composteertereinen wordt opgevangen in een percolaatbassin om vervolgens gedeeltelijk te worden hergebruikt voor het bevochtigen van het composterende groenafval. Hierdoor kan een percolaatwateroverschot worden verminderd, maar niet altijd vermeden worden. Het percolaatwateroverschot is in hoge mate belast met biologische moeilijk afbreekbare componenten (o.a. CZV, N-org, en P-ortho). Hierdoor is direct ongezuiverd lozen van het overtollige percolaatwater op oppervlaktewater uitgesloten.

Doel

Op Composteerterein Nij Beets wordt het percolaatwateroverschot per tankauto afgevoerd naar een externe verwerker. De totale stort- en afvoerkosten van het percolaatwateroverschot naar de waterzuivering zijn circa € 2.500,- per jaar. Dit onderzoek is erop gericht om een installatie te ontwikkelen die het percolaatwateroverschot van Composteerterein Nij Beets zuivert, zodat er kostenreductie kan worden gerealiseerd. Het effluent moet geschikt zijn om na zuivering op het oppervlaktewater te lozen.

In hoeverre een zuivering toepasbaar is en hoe deze installatie er uit zou komen te zien was onbekend. Een zuiveringssysteem dient een goedkope, onderhoudsarme en -vriendelijke installatie te zijn, aangezien het op Composteerterein Nij Beets veelal om kleine hoeveelheden percolaatwater gaat. Uit de bevindingen in het onderzoek blijkt dat er jaarlijks gemiddeld circa 14.500 m³ aan hemelwater terechtkomt op het gehele terrein te Nij Beets. Hiervan blijft door terugspuiten en verdamping nog circa 450 m³ per jaar aan overschot over wat afgevoerd moet worden.

Uitwerking

Om inzicht te verkrijgen in de samenstelling van het percolaatwater zijn op Composteerterein Nij Beets steekmonsters genomen. Daarnaast is informatie over andere composteertereinen verkregen van Wetterskip Fryslân en is contact opgenomen met een vijftal composteerbedrijven. Uit de analyseresultaten van het percolaatwater van Composteerterein Nij Beets en de andere composteertereinen, blijkt dat de concentraties van de componenten sterk kunnen verschillen. Daarnaast fluctueren per locatie de concentraties aan componenten in het percolaatwater.

De vuilvracht van het percolaatwaterschot is, gemiddeld jaarlijks tussen circa 10 v.e. en 30 v.e. Door de samenstelling van het percolaatwater te vergelijken met de lozingseisen uit het Activiteitenbesluit blijkt dat het percolaatwater gezuiverd dient te worden op de componenten CZV, BZV, stikstof en zwevende stof. Door deze concentraties in het percolaatwater voldoende te verlagen kan worden voldaan aan de lozingsnormen. Er is een biodegradatietest uitgevoerd waaruit blijkt dat het percolaatwater van Composteerterein Nij Beets te categoriseren is als biologisch moeilijk afbreekbaar. Daarnaast is gebleken dat temperatuurverhoging niet voor een sterke toename zorgt aan efficiëntie van een biologische zuiveringssysteem.

Met de kenmerken van de locatie en het percolaatwater is op basis van gestelde criteria en randvoorwaarden een keuze uit conventionele zuiveringssystemen gemaakt. Uit de keuzeafweging blijkt een plantensysteem een meest geschikte zuiveringssysteem voor het biologische zuiveringsproces op Composteerterein Nij Beets te zijn. Op de locatie is ruimte aanwezig om een dergelijke zuiveringssysteem te plaatsen. Plantensystemen behalen hoge zuiveringsrendementen op de kritische parameters in het percolaatwateroverschot. Dit met de minste inspanning van personeel, laagste energiekosten en laagste onderhoudskosten in vergelijking met andere zuiveringssystemen. Omdat een installatie niet per se door een ander bedrijf 'Turn key' afgeleverd hoeft te worden, kan op locatie Nij Beets zelf de installatie worden opgebouwd.

Vanwege het zuiveringsdoel van het percolaatwateroverschot en de bevindingen in het onderzoek wordt voor Composteerterein Nij Beets gekozen voor een verticaal doorstoomde helofytenfilter. Het is het meest geschikt vanwege het zuiveringsrendement, de kleinste omvang en omdat het minste

stank/ongedierte overlast heeft van de plantensystemen. Het is wel het meest technische systeem, maar ook het meest betrouwbare van alle plantensystemen.

Conclusie

Een verticaal doorstroomde helofytenfilter van 60 m² is nodig om het percolaatwateroverschot te zuiveren. Het bed is in totaal 1 meter dik en uit de volgende lagen opgebouwd: 10 cm grof grind met toevoerbuizen, 80 cm matig fijn zand met helofytenbeplanting en daaronder 10 cm grof grind en drainagebuizen voor afvoer naar de controleput. Het influent van het zuiveringssysteem wordt verdunt met effluentwater uit de controleput, om de concentraties aan CZV, N en P te doen verlagen.

Voor de aanleg van de totale zuiveringsinstallatie zijn de totale kosten geschat op circa € 12.500,-. Doordat het zand en grind te verkrijgen is bij Composteerterrein Nij Beets zelf zullen deze kosten naar alle waarschijnlijk lager uitvallen. Er is rekening mee gehouden dat voor de aanleg van de installatie het uitgraven van de grond door Composteerterrein Nij Beets zelf wordt uitgevoerd, waardoor de totale kosten voor de installatie laag blijft.

In hoeverre een verticaal doorstroomde helofytenfilter het percolaatwater zuivert is vooralsnog onbekend. In een proefopstelling kunnen gegevens verzameld worden om de dimensionering nader te bepalen. Aanbevolen wordt om hier nader onderzoek naar te verrichten.

Inhoud

1	Inleiding	8
1.1	Algemeen.....	8
1.2	Probleemstelling.....	8
1.3	Doelstelling.....	9
1.4	Onderzoeksvraag.....	9
2	Methodiek van het onderzoek	10
2.1	Hoeveelheden en samenstelling percolaatwater te Nij Beets	10
2.2	Biodegradatietest van het percolaatwater	12
2.3	Percolaatwater op vergelijkbare composteerterreinen.....	12
2.4	Normen en heffingen in Friesland.....	12
2.5	Afweging zuiveringstechnieken.....	12
2.6	Dimensionering geschikte zuiveringstechniek te Nij Beets.....	13
3	Hoeveelheden en samenstelling percolaatwater	14
3.1	Bestaande inrichting van Composteerterrein Nij Beets	14
3.2	Debieten en fluctuaties	14
3.3	Steekmonsters Nij Beets	15
3.4	Analysegegevens Nij Beets door RWZI.....	18
3.5	Vergelijking andere composteerterreinen	18
3.6	Biodegradatietest	21
4	Normen en heffingen in Friesland.....	26
4.1	De verontreinigingsheffing.....	26
4.2	De normen uit de wetgeving.....	27
4.3	Benodigd rendement zuivering.....	27
4.4	Huidige kosten van het afvoeren naar RWZI.....	28
5	Zuiveringstechnieken	30
5.1	Uitgangspunten	30
5.2	Conventionele technieken voor kleinschalige zuivering	31
5.3	Selectie van technieken op basis van criteria.....	35
5.4	Conclusie keuze zuiveringssystemen	41
5.5	Keuze type plantensysteem	41
6	Dimensionering van zuiveringssysteem te Nij Beets.....	47
6.1	Voorwaarden van verticaal doorstroomde helofytenfilters	47
6.2	Bepaling benodigde oppervlakte helofytenfilter	48
6.3	Onderdelen en opbouw zuiveringsinstallatie.....	54
6.4	Onderhoud zuiveringssysteem.....	59
6.5	Indicatieve kosten-batenanalyse van totale installatie.....	59
7	Discussie	62
8	Eindconclusie en aanbevelingen	64
	Bronnen	66

Bijlagen

I	Stroomschema Composteerterein Nij Beets
II	Bepaling hoeveelheid hemelwater Nij Beets
III	Analysresultaten percolaatwater Nij Beets
IV	Biodegradatietest van percolaatwater Composteerterein Nij Beets
V	Informatie percolaatwater verkregen bij Wetterskip Fryslân
VI	Informatie van andere composteertereinen
VII	Regelgeving lozing afvalwater
VIII	Aanvullende beschrijving van een aantal zuiveringstechnieken
IX	Kruistabel zuiveringstechnieken en parameters
X	Situering zuiveringssysteem op locatie Composteerterein Nij Beets

Tabel Afkortingen en bepalingen

<i>Installatie</i>	
RWZI	Rioolwaterzuiveringsinstallatie
KWZI	Kleinschalige waterzuiveringsinstallatie
IBA	Individuele behandeling van afvalwater (zuiveringssysteem)
<i>Componenten</i>	
CZV	Chemische zuurstof vraag
BZV	Biologische zuurstof vraag
CO₂	Koolstofdioxide
H₂O	Water
N-Kj	Stikstof Kjeldahl
N-org	Organisch gebonden stikstof
NH₃	Ammoniak
NH₄⁺	Ammonium
NO₃⁻	Nitraat
P-totaal	Totaal aan fosfaat
P-ortho / O-PO₄	Ortho-fosfaat
<i>Meetwaarden</i>	
v.e.	Vervuilingseenheid
pH	Zuurgraad
Ec	Electrische geleidbaarheid

1 Inleiding

1.1 Algemeen

Langs de autosnelweg A7 bij Nij Beets is een composteerterrein gevestigd. Composteren is omzetting van plantaardige materialen door micro-organismen in een (min of meer) stabiele humusachtige stof (compost). Compost is een goede bodemverbeteraar en geschikt voor het op peil brengen van het organisch stofgehalte van de bodem. Bij bedrijfsmatig composteren van organisch materiaal verloopt het afbraakproces grondiger en sneller dan zonder menselijk handelen. Dat komt omdat in een composteerinrichting idealere omstandigheden voor micro-organismen gecreëerd worden, dan wanneer het groenafval op de bodem blijft liggen. Bijkomend voordeel is dat door grote hoeveelheden tegelijk te composteren hogere temperaturen worden bereikt, waardoor ziektekiemen en onkruidzaden worden gedood. Bedrijfsmatig composteren kan in de open lucht plaatsvinden, er zijn geen grote gebouwen en installaties nodig. Het verwerken van groenafval middels composteren geeft een lage, maar wel een zekere milieubelasting.

Het composteren bij Composteerterrein Nij Beets (hierna: Nij Beets) gebeurt in de open lucht. Hemelwater kan door de composthoppen percoleren en lekwater opleveren. Daarnaast lekt water uit de composthoppen bij de afbraak van het organisch materiaal en door het gewicht van de hoop.¹

Uit vooronderzoek blijkt dat het hemel- en percolaatwater bij veel composteerterreinen wordt opgevangen in een percolaatbassin om vervolgens gedeeltelijk te worden hergebruikt voor het bevochtigen van het composterende groenafval. Hierdoor kan het percolaatwateroverschot worden verminderd, doch niet altijd vermeden worden (tenzij in droge periodes). Een percolaatwateroverschot moet worden geloosd, of eventueel worden afgevoerd naar een externe verwerker, en dat brengt kosten met zich mee. In opdracht van Enviso Ingenieursbureau is onderzoek gedaan naar geschikte zuiveringstechnieken om het percolaatwateroverschot te behandelen op Nij Beets.

1.2 Probleemstelling

Composteerbaar afval bevat een organische fractie en over het algemeen een veel grotere fractie water. Bij het composteerproces wordt onder andere water verwijderd uit het basismateriaal (groente-, fruit- en tuinafval, snoeiafval etc.). Dit basismateriaal wordt in andere organische componenten omgezet. Het vrijkomende water (percolaatwater) is echter in hoge mate belast met biologische moeilijk afbreekbare componenten (o.a. CZV, N-org, en P-ortho). Hierdoor is direct ongezuiverd lozen van het overvloedige percolaatwater op oppervlaktewater uitgesloten. De verdere afbraak van organische componenten in het percolaatwater vergen veel zuurstof tot de onschadelijke componenten CO₂ en H₂O.

Op Nij Beets wordt het percolaatwateroverschot per tankauto afgevoerd naar een externe verwerker. De totale stort- en afvoerkosten van het percolaatwateroverschot naar de waterzuivering zijn circa € 2.500,- per jaar.

Om de verontreinigingsheffing op het percolaatwateroverschot te verminderen dient een zuivering te worden toegepast. De concentraties aan componenten welke bepalend zijn voor de mate van verontreiniging van het percolaatwater, zijn met zuiveringstechnieken te verlagen. Door een installatie te ontwikkelen die het percolaatwateroverschot van Nij Beets bewerkt, hoeft (veel) minder verontreinigingsheffing te worden betaald.

In hoeverre een zuivering toepasbaar is en hoe deze installatie er uit komt te zien is vooralsnog onbekend. Een ontwerp voor een geschikt zuiveringssysteem voor het percolaatwateroverschot van Nij Beets ontbreekt. Een zuiveringssysteem dient een meest goedkope, onderhoudsarme en -

¹ Landelijk Milieuoverleg Bloembollenteelt (2005), *Handreiking composteringsplaats 2005*, pp 3-4

vriendelijke installatie te zijn, aangezien het op Nij Beets veelal om kleine hoeveelheden percolaatwater gaat. In de jaren 2008 t/m 2012 namelijk gemiddeld een totaal van 448 m³ per jaar.²

Het is onbekend of verwarmen nodig is bij het zuiveringsproces. Daarnaast is het onbekend of de vrijkomende warmte bij het composteerproces eventueel gebruikt kan worden voor het opwarmen van het percolaatwateroverschot, waardoor mogelijk een constante temperatuur kan worden aangehouden in alle jaargetijden. Hierdoor wordt mogelijk de afbraak van de organische componenten bevorderd en kan het water schoner geloosd worden.³

1.3 Doelstelling

Dit onderzoek is erop gericht om een installatie te ontwikkelen die het percolaatwateroverschot van Composteerterrein Nij Beets zuivert, zodat er kostenreductie kan worden gerealiseerd. Het effluent moet geschikt zijn om na zuivering op het oppervlaktewater te lozen.

1.4 Onderzoeksvraag

Om tot een geschikte zuivering te komen is het nodig om te weten:

Wat is een geschikte installatie/techniek om het percolaatwateroverschot te zuiveren van Composteerterrein Nij Beets, zodat het water onder lagere kosten (verontreinigingsheffing / stortkosten) geloosd kan worden?

Om deze onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden zijn de volgende deelvragen opgesteld:

1. Wat is de samenstelling van het percolaatwater en wat zijn de gangbare hoeveelheden percolaatwater en fluctuaties in hoeveelheden en concentraties die vrijkomen op Composteerterrein Nij Beets en vergelijkbare composteerterreinen in Nederland?
2. Wat zijn de normen en de heffingen voor de lozing van percolaatwateroverschot op oppervlaktewater in Friesland en wat betekent dit voor de huidige kosten op Composteerterrein Nij Beets?
3. Welke financieel haalbare technieken zijn er om het percolaatwateroverschot te zuiveren op Composteerterrein Nij Beets uitgaande van een maximaal debiet van twee kubieke meter per dag?
4. Welke technieken zijn geschikt voor het installatieontwerp om op een efficiënte wijze het benodigde rendement te behalen?
5. Wat is de dimensionering van het installatieontwerp?

² Wetterskip Fryslân, geraadpleegde afrekeningen 2008-2012 van Composteerterrein Nij Beets

³ STOWA (2006), Rapport 15, *Communaal afvalwater op temperatuur houden voor actiever slib in rwzi's*

2 Methodiek van het onderzoek

Om het juiste installatieontwerp en de juiste condities waarbij een stabiel proces plaatsvindt te kunnen bepalen is onderzoek verricht naar de samenstelling van het percolaatwater en zuiveringstechnieken om de concentraties van kritische componenten in het percolaatwateroverschot te reduceren.

2.1 Hoeveelheden en samenstelling percolaatwater te Nij Beets

De samenstelling van het percolaatwater, de gangbare debieten en de fluctuaties daarin die vrijkomen op Nij Beets is als volgt bepaald:

- door het afwateringssysteem op te meten;
- neerslaggegevens te raadplegen;
- de administratie van het afgevoerde percolaatwateroverschot te raadplegen;
- twee steekmonsters te nemen voor analyse.

De inhoud van het huidige percolaatbassin en de afmetingen van de overige onderdelen, zoals de vloestofdichte vloer en de containers, zijn met een meetlint opgemeten. Daarnaast is het vermogen van de aanwezige pompen van de labels afgelezen. De bestaande afwateringsinstallatie en de grootte van de onderdelen is in een schema weergegeven. Het schema is opgenomen als bijlage I.

Om het debiet van het hemelwater te berekenen zijn de neerslaggegevens van de jaren 2008 tot en met 2012 geraadpleegd uit de jaarlijkse rapporten: *Jaaroverzicht neerslag en verdamping in Nederland van het KNMI, Klimaatdata en –advies, De Bilt*. Daarnaast is de administratie van Nij Beets geraadpleegd om de debieten afgevoerd percolaatwater te bepalen in de jaren 2008 t/m 2012.

Welke componenten in het percolaatwater kritisch zijn voor het zuiveren van percolaatwater is bepaald uit de volgende bronnen: het waterschap, de terreinbeheerder, deskundigen bij Enviso en literatuur. Op deze lijst van componenten zijn twee steekmonsters van het percolaatwater op Nij Beets geanalyseerd.

De parameters zijn:

- | | |
|------------------|--|
| • CZV | |
| • BZV | |
| • N-Kj | som: $\text{N-org} + \text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$ |
| • Nitraat | NO_3^- |
| • Ammonium | NH_4^+ |
| • Fosfaat totaal | P_{tot} |
| • Ortho-fosfaat | O-PO_4 |
| • pH | pH-KCl |
| • Metalen | cadmium, chroom, koper, kwik, lood, nikkel, zink, arseen |
| • Zoutgehalte | chloride, geleidbaarheid (20°C) |
| • Nutriënten | tot. kalium, tot. magnesium, calciumcarbonaat, zwavel |
| • IJzer | |
| • Zwevende stof | |

In het afwateringssysteem van Nij Beets zijn op twee punten het percolaatwater bemonsterd. Hieruit zal blijken of er verschil is in de samenstelling van het percolaatwater direct afkomstig van het terrein en het percolaatwater aanwezig in het bassin.

De monsterpunten zijn weergegeven in het schema opgenomen als bijlage I. Steekmonster M1 is genomen van het terreinwater wat direct in de ondergrondse put terechtkomt. Steekmonster M2 is genomen vlak boven de bodem van het percolaatwaterbassin. Het percolaatwater is verzameld in een emmer (bevestigd aan een stok), waarna de monsterflessen mee gevuld zijn. Voor de analyses van parameters is gebruik gemaakt van een extern laboratorium welke is geaccrediteerd onder AS3000. De analyseresultaten zijn opgenomen in bijlage III en worden besproken in paragraaf 3.4.

De keuze van de te analyseren parameters

- CZV
- N-Kj som: $\text{N-org} + \text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$
- P-totaal

De kosten van het zuiveren van afvalwater wordt door het waterschap berekend op basis van het aantal vervuilingseenheden. Met de parameters CZV en N-Kj wordt het aantal v.e. berekend en de zuiveringskosten bepaald. Voor de concentraties aan de parameters P-totaal en pH wordt een norm aangehouden. Indien de parameter de norm overschrijdt zullen extra zuiveringskosten in rekening worden gebracht.

- Metalen cadmium, chroom, koper, kwik, lood, nikkel, zink, arseen
- Zoutgehalte chloride, geleidbaarheid (20°C)
- pH pH-KCl
- Nutriënten tot. kalium, tot. magnesium, calciumcarbonaat, zwavel

De compost op het terrein van Nij Beets wordt frequent geanalyseerd op het keurcompost pakket. Uit deze analyse kan worden bepaald of de compost voldoet aan de gestelde normen voor compost. Aangenomen wordt dat veel van deze componenten door uitspoeling in het percolaatwater aanwezig zijn. Dit zijn voornamelijk de componenten chloride en zink. Het is onbekend of deze componenten kritisch zijn voor het percolaatwater.

- BZV

Om een indruk te krijgen van het gehalte aan organische koolstofverbindingen is naast CZV ook het BZV bepaald. Naarmate de BZV/CZV verhouding groter is, is het afvalwater beter biologisch afbreekbaar.

- Nitraat NO_3^-
- Ammonium NH_4^+

Door de bepaling van nitraat wordt gemeten of bij de nitrificatie in de compost er uitspoeling plaatsvindt met het percolaatwater. De hoeveelheid te oxideren stikstof is te bepalen door te analyseren op ammonium. Voor het (in het later stadium van dit onderzoek) dimensioneren van de nitrificatie en denitrificatie zones in een systeem is het bepalen van deze componenten van belang.

- Ortho-fosfaat O-PO_4

Ortho-fosfaat is opgelost fosfaat (PO_4), ofwel biologisch direct beschikbaar fosfaat. Dit component heeft ook invloed op het dimensioneren en de keuze van een zuiveringstechniek.

- IJzer

IJzer kan oxideren met zuurstof. Wanneer ijzer met zuurstof in contact komt, wordt het omgezet in ijzeroxide. De ijzeroxide vlokt dan uit (roest). Deze ijzerroestvlokken verstoren in belangrijke mate de mogelijkheden om het percolaatwater te reinigen. Er kan een ijzeraanslag in de installatie komen, waardoor pompen en dergelijke kunnen vastlopen. Bij een hoge ijzerconcentratie bestaat het risico van verstopping van de installatie en kan hierdoor het hele reinigingssysteem worden uitgeschakeld.⁴ Daarnaast heeft ijzer invloed op de kleur en troebelheid van het water.

- Zwevende stof

Om een installatie te dimensioneren, de grootte van de (bezinkings)tanks en dergelijke te bepalen, is de zwevende stof bepaald. Zwevende stoffen (ZS) zijn alle niet-opgeloste componenten in een bepaald volume afvalwater. In principe zijn het die deeltjes die door filtratie, bezinking of centrifugering kunnen afgescheiden worden.⁵

⁴ Van Velzen, T. Grondboorteknik & Bronbemaling, geraadpleegd dd 12-11-2012 op:
<http://www.theovanvelzen.nl/grondwaterzuivering.html>

⁵ Vlaamse overheid, Landbouw en Visserij, geraadpleegd dd 12-11-2012 op:
<http://lv.vlaanderen.be/nlapps/docs/default.asp?fid=388#wat>

2.2 Biodegradatietest van het percolaatwater

Vervolgens is een biodegradatietest uitgevoerd om inzicht te verkrijgen in de afbreekbaarheid van het percolaatwater te Nij Beets. De verkregen gegevens uit de test zijn gebruikt in de afweging van de zuiveringstechnieken. De biodegradatietest is beschreven in bijlage IV. Door de biodegradatietest uit te voeren op twee verschillende temperaturen is indicatief bepaald of een verhoging van temperatuur nodig is voor de zuivering van de kritische parameters in het percolaatwater. Met name in de koudere seizoenen kan mogelijk door het verhogen van de temperatuur de afbraak van biologische en andere componenten bevorderd worden en kan het water schoner geloosd worden.

Tevens is onderzocht in hoeverre het zinvol en praktisch is om de vrijkomende warmte bij het composteerproces te gebruiken voor het opwarmen van het percolaatwater en dit bij de dimensionering van de zuiveringsinstallatie toe te passen.

2.3 Percolaatwater op vergelijkbare composteerterreinen

Er is een inventarisatie gemaakt van andere (grote) composteerterreinen in het noorden van Nederland. Met deze composteerterreinen is contact opgenomen per email in de vorm van een enquête om gericht informatie te verzamelen met betrekking tot de onderzoeksvraag. Bij een aantal composteerterreinen is een bezoek gebracht om deze vragen af te nemen. In bijlage VI zijn de uitwerkingen van deze interviews opgenomen.

Daarnaast is middels een interview met een medewerker op de afdeling Handhaving is informatie opgevraagd bij Wetterskip Fryslân. Daarbij is informatie verkregen van de samenstelling van het percolaatwater bij verschillende ‘anonieme’ locaties. Een tabel met analyses van de concentraties aan CZV en N-Kj in percolaatwater is aangereikt. De tabel is opgenomen als bijlage V.

2.4 Normen en heffingen in Friesland

Bij Nij Beets worden de normen en heffingen bepaald door het waterschap. Om informatie te verzamelen zijn middels het interview bij Wetterskip Fryslân gegevens over de normen en heffingen opgevraagd (zie paragraaf 4.2). Daarnaast is de verordening verontreinigingheffing 2012, Wet milieubeheer en het Activiteitenbesluit geraadpleegd. De heffingen en normen zijn op deze wijze in kaart gebracht.

2.5 Afweging zuiveringstechnieken

Met een literatuurstudie is een inventarisatie gemaakt van kleinschalige waterzuiveringinstallaties (KWZI's). In bijlage IX is een kruistabel opgenomen. De kruistabel linkt de afvalwaterzuiveringstechnieken aan de (groepen van) verwijderbare parameters. Deze tabel is gebaseerd op de informatie die door het BBT-kenniscentrum van het Vlaams Gewest werd ingezameld. De tabel is enkel bedoeld als hulpmiddel bij het zoeken naar mogelijke technieken voor het verwijderen van bepaalde (groepen van) parameter(s) uit afvalwater. Of (een) bepaalde parameter(s) in het percolaatwater van Nij Beets effectief en efficiënt verwijderd kan/kunnen worden met een bepaalde afvalwaterzuiveringstechniek is nader bepaald op de specifieke situatie van Nij Beets.⁶

Uit deze selectie is een vergelijking op een meer gedetailleerd niveau gemaakt. Hieruit is uiteindelijk bepaald welke zuiveringstechniek(en) het meest geschikt is/zijn. Met een criteriaset en bijbehorende randvoorwaarden in tabel 2.5.1 is een nadere selectie uit de geschikte afvalwaterzuiveringstechnieken gemaakt. Deze zouden in gebruik kunnen worden genomen op het composteerterrein.

De voor- en nadelen van de beschikbare zuiveringstechnieken worden afgewogen per criterium van de locatie Nij Beets. De randvoorwaarden voor de criteria zijn in dit onderzoek bepaald. Bijvoorbeeld met behulp van resultaten van de degradatietest van het percolaatwater is de randvoorwaarde efficiëntie bepaald voor de zuiveringstechnieken. Een geschikte zuiveringstechniek dient het moeilijk biologisch afbreekbare percolaatwateroverschot te kunnen behandelen.

⁶ Vlaams Gewest, Energie en milieu-informatiesysteem, geraadpleegd dd 24-2-2013 op:
<http://www.emis.vito.be/wass-technieken>

Tabel 2.5.1: Criteria zuiveringstechniek op Composteerterein Nij Beets

Criteria voor Nij Beets	Randvoorwaarden
1. Rendement/resultaten	- Effluent van zuivering moet voldoen aan de lozingseisen - Efficiëntie (biologisch moeilijk afbreekbaar afvalwater) - Betrouwbaarheid - Flexibiliteit (fluctuaties in concentraties)
2. Veiligheid	- Geen risico's voor personeel - Geen risico's voor de biologie/ecologie
3. Financieel realiseerbaar	- Aanschafprijs onder € 15.000,- (financiële optelsom) - Zuiveringskosten zo laag mogelijk
4. Inpasbaar op locatie	- Compact (systeem moet passen op het terrein) - Aan te schakelen in huidig afwateringssysteem - Optimaal verwerken van het influentdebiet (1,5 m³/dag)
5. Energie	- Lage kosten energie input (< € 100,- per jaar)
6. Onderhoud	- Onderhoudsarm (1 a 2 dagen per jaar) - Deskundigheid (geen gediplomeerd personeel beschikbaar) - Slibproductie (weinig slib geeft minder verwerkingstijd en-kosten)

Tabel 2.5.1 geeft de prioritering weer van de criteria waaraan de zuiveringstechnieken worden afgewogen. Van het grootste belang bij de afvalwaterbehandeling is dat het effluent dat wordt geloosd, voldoet aan de lozingseisen. De zuiveringstechniek moet betrouwbaar zijn, daarbij speelt enig flexibiliteit van de techniek mee op de wisselende debieten en concentraties. Een andere belangrijke criterium is de veiligheid voor zowel het personeel als de biologie/ecologie in de nabije omgeving. Hierna worden de zuiveringstechnieken afgewogen op basis van de financiële randvoorwaarden. Hieruit komen de financieel realiseerbare zuiveringstechnieken naar voren voor de locatie Nij Beets. De technieken zijn vervolgens vergeleken op de criteria inpasbaarheid, energie en onderhoud.

Door deze keuzemethode te volgen is gestreefd naar een realiseerbaar en milieuvriendelijk of duurzaam ontwerp met bedrijfsvoering tegen de laagste maatschappelijke kosten. Uit deze selectie komt de meest geschikte conventionele zuiveringssystemen naar voren, waaruit een nadere afweging kan volgen naar het type zuiveringssysteem.

2.6 Dimensionering geschikte zuiveringstechniek te Nij Beets

Middels literatuuronderzoek en de bevindingen in dit onderzoek is uitgezocht welk type uit de geselecteerde conventionele zuiveringssystemen op Nij Beets het beste toepasbaar is. Het meest geschikte type conventioneel zuiveringssysteem is gekozen voor het ontwerp op basis van de benodigde omvang, de beschikbare ruimte en de aanwezige hulpbronnen op de inrichting.

Uiteindelijk is voor Nij Beets het meest geschikte type conventioneel zuiveringssysteem met voorgeschreven berekeningen uit de literatuur (Spoelstra & Truijen, 2011)⁷ gedimensioneerd. Op basis van de vastgestelde kenmerken en bepalingen van deze specifieke locatie zijn de onderdelen, grootte, bouw en situering voorgesteld van de geschikte installatie voor de zuivering van het percolaatwateroverschot.

Om te bepalen of realisatie van de zuiveringsinstallatie van percolaatwater voor Nij Beets op financieel gebied mogelijk/zinvol is, is een indicatieve kosten-batenanalyse gemaakt van de huidige situatie met de lozing met verontreinigingsheffing en een nieuwe situatie met een zuiveringsinstallatie.

⁷ Spoelstra J. & Truijen G. (maart 2011), *Handboek groene waterzuivering*

3 Hoeveelheden en samenstelling percolaatwater

In dit hoofdstuk zijn de gangbare hoeveelheden percolaatwater en fluctuaties in hoeveelheden en concentraties die vrijkomen op Nij Beets weergegeven. Welke componenten in het percolaatwater belangrijk zijn om te meten, is bepaald uit verschillende bronnen: het waterschap, de terreinbeheerder, deskundigen bij Envisio en literatuur. Uit geanalyseerde steekmonsters en een vergelijking met andere composteerterrinen is bepaald welke parameters kritisch zijn voor het dimensioneren van een zuiveringsinstallatie.

3.1 Bestaande inrichting van Composteerterein Nij Beets

In bijlage I is een stroomschema opgenomen, waarin is te zien hoe het afwateringssysteem van Nij Beets is opgebouwd. Ter plaatse van de composteerinrichting komt het overtollige (hemel-) water op de vloestofdichte vloer, ook via de composthoppen, in de ondergrondse put terecht. Dit percolaatwater wordt automatisch bij een bepaalde inhoud van de put overgepompt in het percolaatbassin. Wanneer het bassin te vol raakt, wordt een pomp handmatig aangezet en het percolaatwater in een aantal zeecontainers overgepompt. Wanneer het gehele afwateringssysteem te vol raakt met percolaatwater wordt het overtollige percolaatwater overgepompt in een tankauto en afgevoerd worden naar een RWZI.

3.2 Debieten en fluctuaties

De debieten en fluctuaties van het percolaatwater op Nij Beets zijn afhankelijk van de hoeveelheid aan neerslag. In tabel 3.2.1 is op basis van de oppervlakte van de vloestofdichte vloer en de neerslaghoeveelheden de maximale hoeveelheid hemelwater (= percolaatwater) wat in het afwateringssysteem stroomt bepaald. De verdamping en het vasthouden van het water in de composthoppen zijn in deze berekening niet meegenomen. De debieten zijn afhankelijk van de hoeveelheid aanwezig materiaal op het terrein en weersomstandigheden, welke constant fluctueren en daarom zeer moeilijk te bepalen zijn. Daarnaast wordt het percolaatwater ook terug op de composthoppen gespoten om een goede vochtgehalte te behouden. Het ideale vochtgehalte ligt tussen de 40 en 70%. Bij te weinig vocht zal de compost gaan schimmelen, bij een overdaad aan vocht wordt de hoop te koud en kan er gebrek aan zuurstof ontstaan. Door het terugspuiten is het overtollige percolaatwater dat wordt afgevoerd lager.

Debiet volgens neerslaggegevens KNMI

De gemiddelde hoeveelheid hemelwater in de jaren 2008 t/m 2012 ter plaatse van Nij Beets is bepaald met gegevens uit de jaarlijkse rapporten: *Jaaroverzicht neerslag en verdamping in Nederland van het KNMI, Klimaatdata en –advies, De Bilt*. Deze gegevens zijn opgenomen in bijlage II.

Tabel 3.2.1 Maximale hoeveelheden hemelwater per jaar op Composteerterein Nij Beets

Jaar	neerslag mm/jaar (KNMI)	hemelwater op vloestofdichte vloer 15.525 m ² (m ³ /dag)	Totaal hoeveelheid hemelwater (m ³ /jaar) *
2012	1091,1	46,41	16.965
2011	834,6	35,55	12.957
2010	880,6	37,46	13.776
2009	876,3	37,27	13.697
2008	957,2	40,71	14.901
Gem.	928,0	39,48	14.459

* uitgaande van geen verdamping/vasthouden in composthoppen e.d.

Uit tabel 3.2.1 blijkt dat gemiddeld per jaar circa 14.500 m³ aan hemelwater op Nij Beets terechtkomt. Een deel van dit hemelwater wordt opgenomen in de composthoppen en een deel verdampt. Aangenomen wordt dat het grootste deel van het hemelwater via het afwateringssysteem in het percolaatwaterbassin terechtkomt. Per jaar valt in de maanden februari, maart, april en mei gemiddeld de minste neerslag. In de overige maanden zijn de hoeveelheden aan hemelwater per jaar wisselend.

Debiet volgens de automatische pomp

De automatische pomp, pompt het percolaatwater uit de ondergrondse put het percolaatwaterbassin in. De pomp heeft een maximaal debiet van 30 m³ per uur. In de periode van 27 november 2012 tot 13 maart 2013 (106 dagen) heeft de pomp 192 uur gedraaid. Dit betekent dat er maximaal 5.760 m³ in het percolaatwaterbassin gepompt is. Dit is een debiet van 54,4 m³ per dag. Deze hoeveelheid komt overeen met de berekende hoeveelheden aan hemelwater op Nij Beets in deze maanden in de jaren 2008 t/m 2012. Doordat het debiet van de automatische pomp en de bepaling uit de KNMI neerslaggegevens overeenkomen wordt aangenomen dat de neerslagbepaling in tabel 3.2.1 representatief is voor het debiet aan percolaatwater dat in afgelopen jaren het afwateringssysteem terecht is gekomen.

Hoeveelheden aan percolaatwateroverschot

Op Nij Beets wordt het percolaatwater uit het bassin teruggespoten op de composthopen. Het percolaatwater in het afwateringssysteem kan echter niet volledig worden teruggespoten. In de periode van 2008 t/m 2012 is percolaatwateroverschot afgevoerd naar de RWZI.

Tabel 3.2.2 Percolaatwater afgevoerd naar RWZI

Jaar	Pecolaatwateroverschot (m ³ /jaar)
2012	624
2011	208
2010	368
2009	398
2008	642
Gem.	448

In tabel 3.2.2 zijn de totale hoeveelheden aan percolaatwateroverschot per jaar weergegeven. In 2008 is het meeste en in 2011 het minste aan hoeveelheid afgevoerd. Mogelijk is aan het eind van 2010 en aan het begin van 2012 percolaatwateroverschot afgevoerd. Er wordt bij het afvoeren niet rekening gehouden per kalenderjaar, waardoor er afwijkende hoeveelheden zijn. Gemiddeld over deze periode van 5 jaar is 448 m³ aan percolaatwateroverschot per jaar afgevoerd naar de RWZI.

Uit de tabellen 3.2.1 en 3.2.2 blijkt dat de hoeveelheid aan percolaatwateroverschot gemiddeld 30 maal minder is dan de hoeveelheid aan hemelwater dat in het percolaatwaterbassin terechtkomt. Omdat op Nij Beets het percolaatwater uit het bassin teruggespoten wordt op de composthopen, wordt het percolaatwateroverschot sterk verminderd. Zowel door het vasthouden in de composthopen als door verdamping wordt de grootste hoeveelheid aan percolaatwater verwijderd wordt uit het huidige afwateringssysteem. Het teveel aan percolaatwater wat overblijft wordt naar de RWZI gebracht. Per jaar wordt minstens 95% van al het hemelwater weer verdampt en/of vastgehouden in de composthopen en afgevoerd met het compost. Het meeste hemelwater valt in het najaar, in deze periode wordt circa 50% van het percolaatwateroverschot bij de RWZI geloosd. Door de bufferende werking van het percolaatwaterbassin is op ongeveer 4 dagen verspreidt over het jaar percolaatwater geloosd.

Resumé

Uit bovenstaande bevindingen komt naar voren dat er jaarlijks gemiddeld circa 14.500 m³ aan hemelwater terechtkomt op het gehele terrein te Nij Beets. Hiervan blijft door terugspuiten en verdamping nog circa 450 m³ per jaar aan overschot over wat afgevoerd moet worden.

3.3 Steekmonsters Nij Beets

Om de samenstelling van het percolaatwater te bepalen zijn twee steekmonsters genomen in het huidige afwateringssysteem te Nij Beets, welke door AL-West zijn geanalyseerd. In tabel 3.3.1 zijn de analyseresultaten weergegeven. Het analysecertificaat is opgenomen in bijlage III.

Tabel 3.3.1 Analyseresultaten steekmonsters

Stof	Eenheid	Steekmonster M1 (ondergrondse put)	Steekmonster M2 (percolaatbassin)
pH		6,9	7,5
Geleidbaarheid	µS/cm	4869	3530
Stikstof Kjeldahl (N-Kj)	mg/l	210	160
Ammonium (NH ₄ ⁺)	mg/l	110	71
Chloride (Cl)	mg/l	590	470
Nitraat (NO ₃ ⁻)	mg/l	<0,05	<0,05
Ortho-fosfaat (O-PO ₄)	mg/l	30	15
Totaal fosfor (P-tot)	mg/l	44	22
CZV	mg/l	5110	2650
BZV ₂₀	mg/l	2170	823
Zwevende stof	mg/l	210	260
Arseen (As)	mg/l	0,017	0,014
Cadmium (Cd)	mg/l	<0,0002	0,0006
Calcium (Ca)	mg/l	300	150
Chroom (Cr)	mg/l	<0,004	0,009
Ijzer (Fe)	mg/l	4,3	16
Kalium (K)	mg/l	690	480
Koper (Cu)	mg/l	0,008	0,031
Kwik (Hg)	mg/l	<0,10	<0,10
Lood (Pb)	mg/l	0,012	0,039
Magnesium (Mg)	mg/l	100	50
Nikkel (Ni)	mg/l	0,026	0,019
Zink (Zn)	mg/l	0,10	0,41
Zwavel (S)	mg/l	33	17

Uit de analyseresultaten zijn een aantal componenten welke opvallen, ook in vergelijking van de steekmonsters met elkaar. Het steekmonster M1 is uit de ondergrondse put genomen, waar het percolaatwater van het terrein in terecht komt. Het percolaatwater wordt hierna overgepompt en opgeslagen in het percolaatwaterbassin, waar steekmonster M2 uit genomen is. De bevindingen uit de analyses worden navolgend besproken.

CZV en BZV

Uit tabel 3.3.1 blijkt dat in het steekmonster M1 een CZV van 5.110 mg/l gemeten is. Dit is bijna tweemaal hoger als in het steekmonster M2 met een CZV 2.650 mg/l. Dit verschil wordt veroorzaakt doordat het percolaatwater langdurig anaeroob in het percolaatwaterbassin aanwezig is met weinig stroming. Het zou kunnen dat hierdoor organisch materiaal wordt afgebroken. Er zijn ook andere mogelijkheden waardoor de waarden lager uitvallen in steekmonster M2 zoals verdunning in het bassin.

In steekmonster M1 is de verhouding BZV : CZV = 1 : 2,35 en in steekmonster M2 is de verhouding BZV : CZV = 1 : 3,21. Dit betekent dat de BZV : CZV verhouding van het percolaatwater in steekmonster M1 bijna vergelijkbaar is met ruw huishoudelijk afvalwater. Deze heeft namelijk een verhouding van 1 : 2,5. Voor huishoudelijk afvalwater zijn de afgelopen jaren vele zuiveringssystemen ontwikkeld. Omdat de verhoudingsfactor BZV:CZV in de steekmonsters lager dan 0,5 (1:2,35 en 1:3,21) is, betekent dat het percolaatwater van Nij Beets moeilijk te behandelen is met een biologische zuivering.⁸ De verhouding BZV : CZV is in steekmonster M1 lager dan steekmonster M2, dit betekent dat het beter biologisch afbreekbaar is. Dit duidt erop dat er afbraak plaatsvindt in het percolaatbassin.

De bacteriën hebben voor het afbreken/verwijderen van de organische vervuiling naast zuurstof, bijvoeding nodig o.a. in de vorm van stikstof en fosfor. De optimale verhouding voor aerobe afbraak is [BZV : N : P = 100 : 5 : 1] en de optimale verhouding [C : N : P] voor aerobe afbraak is tussen [100 : 10 : 1] en [100 : 5 : 1].⁹

⁸ Metcalf-eddy (2003), Vierde editie deel I, *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*, p 96

⁹ Winkler, M. (2012), BIOSERVE Mainz, *Optimale nutriëntenverhoudingen voor afvalwaterzuivering*

De verhouding [BZV : N : P] in M1 = [100 : 9,74 : 2,03] en de verhouding in M2 = [100 : 19,52 : 2,67]. De [C : N : P] verhoudingen in de geanalyseerde steekmonsters zijn in M1 = [100 : 10,96 : 2,30] en in steekmonster M2 = [100 : 16,10 : 2,21]. Uit deze verhoudingen blijkt dat er een overmaat aan stikstof en fosfaten in het percolaatwater aanwezig is voor het afbraakproces. Er is geen bijvoeding van deze componenten nodig voor biologische zuivering van het percolaatwater. Voor de overmaat aan stikstof en fosfaten dient ook een zuiveringstechniek te worden toegepast, om deze concentraties te verlagen.

Stikstof

De concentraties aan N-Kj in steekmonster M1 en steekmonster M2 is redelijk hoog vergeleken met huishoudelijk afvalwater met respectievelijk 210 mg/l en 160 mg/l. De concentratie aan nitraat is echter zeer laag (onder de detectiegrens). Het is met een conventioneel zuiveringssysteem goed mogelijk om de concentratie aan N-Kj te verlagen.

Metalen

Metalen zijn voor de werking van een zuiveringsinstallatie geen kritische parameter, indien de concentraties niet uiterst hoog zijn. Een aantal metalen kunnen ook positief van invloed zijn op het zuiveringsproces. Metalen worden op rioolwaterzuiveringen gebruikt om beter bezinkbaar slib te krijgen. In het percolaatwater zijn geen zware metalen in hoge concentraties aanwezig. De gestelde norm voor de uiteindelijke lozing op oppervlaktewater voor concentraties aan zware metalen, dit de som van arseen, chroom, koper, lood, nikkel en zink, bedraagt <1 mg/l. Beide steekmonsters van het percolaatwater (M1 en M2) voldoen aan deze norm. De metalen in het percolaatwater dienen daarmee niet specifiek gezuiverd te worden. De parameter zink is niet kritisch, wat soms wel het geval is bij de compostanalyses.

Chloride

De concentratie aan chloride is, net als de genoemde metalen, voor de werking van een zuiveringsinstallatie geen kritische parameter, indien de concentraties niet uiterst hoog zijn. Uit de analyses blijkt dat de concentratie aan chloride circa 500 mg/l is in het percolaatwater, wat niet uiterst hoog is met betrekking tot het lozen op oppervlaktewater. Chloride is goed oplosbaar in water en komt daardoor na uitloging uit de composthopen in het percolaatwater voor.¹⁰

Zwevende stof

Het gehalte aan zwevende stof in de steekmonsters M1 en M2 is respectievelijk 210 mg/l en 260 mg/l. Deze concentraties zijn lager dan de gestelde norm uit het Activiteitenbesluit van 300 mg/l. Er hoeft daarmee niet specifiek op deze parameter te worden gezuiverd.

pH

De pH in de analyses van beide steekmonsters ligt dicht bij pH-neutraal (7). Dit is een gunstige procesconditie van het percolaatwater als influent voor een zuiveringssysteem.

Fosfaten

Vergeleken met huishoudelijk afvalwater is de concentratie aan fosfaten hoog. Zoals eerder genoemd is bijvoeding daardoor niet nodig bij biologische zuivering. Indien fosfaten na de zuiveringbehandeling nog in hoge concentraties aanwezig zijn in het percolaatwater kan er mogelijk gekozen worden voor het terugwinnen van fosfaat.

Resumé

In het algemeen valt uit de analyseresultaten op dat de parameters CZV, zwevende stoffen, stikstof en fosfaat in hoge concentraties in het percolaatwater aanwezig zijn. De overige componenten zijn niet opvallend hoog. Wat dit betekent voor de benodigde zuiveringsrendement om te voldoen aan de lozingseisen wordt in hoofdstuk 4 behandelt.

¹⁰ Verbruggen E.M.J., Moermond C.T.A., Janus J.A. & Lijzen J.P.A. (2008), RIVM, *Afleiding van milieurisicogrenzen voor chloride in oppervlaktewater, grondwater, bodem en waterbodem*, p 11

3.4 Analysegegevens Nij Beets door RWZI

Uit het bassin wordt het percolaatwateroverschot afgevoerd naar de RWZI indien het bassin te vol raakt. Hiervan zijn analyseresultaten bekend. Ter vergelijking is steekmonster M2 opgenomen, welke uit het percolaatbassin is genomen.

Tabel 3.4.1 Samenstelling afgevoerd percolaatwater naar RWZI

Jaar	Hoeveelheid (m ³)	CZV (mg/l)	N-Kj (mg/l)	P (totaal) (mg/l)
2008	642			
periode 1	203,2	329	71,1	7,2
periode 2	63,36	937	64,1	8,1
periode 3	268,6	2690	142	21
periode 4	106,84	1720	88,4	7,5
2009	398,38			
periode 1	98,92	-	-	-
periode 3	207,72	1000	66,2	13
periode 4	91,74	1620	72,7	22
2010	368,12			
periode 1	164,48	1840	108	37
periode 3	203,64	770	51,4	11
2011	208,4			
periode 3	208,4	1270	71,9	17
2012	624,14			
periode 1	104,04	1100	96,5	31
periode 3	313,96	540	42,4	11
Gem.	448	1256	79,52	16,89
M2	-	2650	160	22

In tabel 3.4.1 zijn analysegegevens van het afgevoerde percolaatwateroverschot naar de RWZI in de jaren 2008 t/m 2012 weergegeven. Hieruit blijkt dat eenmaal (in 2008) de CZV nagenoeg hetzelfde is als in steekmonster M2. De concentraties bij de overige analyses vallen lager uit. Gemiddeld over alle verrichte analyses is de concentratie aan CZV 1.256 mg/l. De concentraties fluctueren sterk tussen de metingen, met een range van 329 mg/l tot 2690 mg/l.

De concentratie aan N-Kj is in 2008 het hoogst gemeten met een concentratie van 140 mg/l. De gemeten concentratie aan N-Kj in steekmonster M2 met 160 mg/l is hoger. Het gemiddelde van de concentraties aan N-Kj van alle steekmonsters in 2008 t/m 2012 is de helft lager. Gemiddeld in 2008 t/m 2012 is de concentratie N-Kj 79,5 mg/l. De gemeten concentraties aan N-Kj variëren sterk. Opvallend zijn de fluctuaties in concentraties N-Kj tussen 42 mg/l en 142 mg/l. Dit betekent dat, bij aanname dat de bemonstering en meetmethode hetzelfde en correct zijn uitgevoerd, het bufferen in het huidige percolaatbassin niet kan zorgen voor een constante concentratie in het percolaatwateroverschot.

In steekmonster M2 is het gehalte aan fosfaat (totaal) 22 mg/l. Dit is hoger het gemiddelde aan concentraties van 16,9 mg/l fosfaat in de jaren 2008 t/m 2012. Echter tweemaal, in 2010 en 2012, is de concentratie aan fosfaten hoger gemeten met respectievelijk 37 mg/l en 31 mg/l. De concentratie aan fosfaten is altijd boven de 7 mg/l gemeten. Dit betekent dat voor biologische zuivering geen bijvoeding van fosfaat nodig is. Om te voldoen aan de lozings eis is een zuiveringbehandeling nodig om de concentratie aan fosfaat te verlagen. Hier wordt in hoofdstuk 5 verder op ingegaan.

3.5 Vergelijking andere composteerterreinen

Om te onderzoeken of een gemiddelde samenstelling percolaatwater kan worden bepaald is het percolaatwater van verschillende andere composteerterreinen vergeleken.

Informatie van Wetterskip Fryslân

Tijdens een interview met de heer S. Dijkstra is informatie verkregen bij Wetterskip Fryslân van verschillende composteerterreinen. Deze zijn echter wel anoniem gehouden. De gegevens van de concentraties aan CZV en N-Kj in percolaatwater zijn verwerkt in boxplots om een voorstelling van de verdeling van de data te verkrijgen. Deze boxplots zijn opgenomen als bijlage V.

Uit de boxplot van de CZV concentraties, blijkt dat gemiddeld een concentratie van 870 mg/l aan CZV in percolaatwater op de anonieme locaties aanwezig is. Van de 31 steekmonsters zijn er 5 die daar ruim boven uitschieten. Deze hoge waarden komen echter meer overeen met de gemeten waarden in het percolaatwaterbassin te Nij Beets. De concentratie aan CZV was namelijk 2.650 mg/l in steekmonster M2. Voor N-Kj blijkt een gemiddelde concentratie van 46 mg/l in percolaatwater aanwezig. Ook hier zijn de uitschieters van 170 en 150 mg/l, welke meer overeenkomen met de concentraties gemeten in het percolaatwater te Nij Beets. De concentratie aan N-Kj was in steekmonster M1 210 mg/l en in steekmonster M2 160 mg/l.

De gemiddelde concentraties aan CZV en N-Kj van het afgevoerde percolaatwateroverschot in de periode 2008 t/m 2012 van Nij Beets zijn vergeleken met de gemiddelde concentraties in het percolaatwater van de andere composteerterreinen hoger. Voor de concentratie aan CZV is dat een factor 1,7 en voor concentratie aan N-Kj een factor 1,4.

Uit de aangeleverde data van andere composteerterreinen kan worden geconcludeerd dat in het percolaatwater van veel andere composteerterreinen tenminste tweemaal lagere concentraties aan zowel CZV als N-Kj aanwezig zijn, wanneer dit vergeleken wordt met de analyse van het steekmonster uit het percolaatbassin (M2). Vergeleken met de gemiddelde concentraties in de periode 2008 t/m 2012 van het percolaatwateroverschot van Nij Beets zijn de gemiddelde concentraties in het percolaatwater van andere composteerterreinen circa anderhalf maal lager.

Mogelijke oorzaken van de hogere gemiddelde concentraties aan CZV en N-Kj in het percolaatwater van Nij Beets in vergelijking met andere composteerterreinen zijn onder andere het soort compost, meer verdunning met hemelwater en/of de hoeveelheid compost op het terrein.

Informatie uit enquête/interviews

Van vijf andere (grote) composteerterreinen in noord Nederland is informatie verzameld over de omvang van de inrichting en de installatie voor het opvangen van het percolaatwater. Bij drie van deze composteerterreinen is een bezoek gebracht om vragen af te nemen. De verzamelde informatie is opgenomen als bijlage VI.

Tabel 3.5.1 vergelijking omvang composteerterreinen (gegevens jaar 2012)

Locatie	Opp. Terrein (m ²)	compost /jaar* (m ³)	Compost aanwezig* (m ³)	Volume bassin (m ³)	Terug spuiten	percolaatwater /jaar → RWZI (m ³)
Nij Beets	15.525	20.000	3.000	1.200	Ja	624
Grootegast	5.000	5.000	3.500	300	Ja	40.000**
Sumar	25.000	4.200	3.200	300	nee	Niet bekend
Orgaworld	7.500 (buitenterrein)	24.000	6.000	500	nee	5.000
Den Ouden	60.000	40.000	13.500	4600	Ja	20.000
Friesland te LWD	7.500	Niet bekend	64.000	750	Ja, alles	geen

* gerekend met soortelijk gewicht van 0.8 ton per m³

** inclusief percolaatwater van naastgelegen stortplaats

In tabel 3.5.1 is een vergelijking gemaakt van de ondervraagde composteerterreinen. Vergeleken met de omvang van het terrein Nij Beets zijn er van de andere vijf composteerterreinen er drie tweemaal kleiner. Het composteerterrein te Sumar is bijna tweemaal groter en in Den Ouden is het terrein viermaal groter. Alle gevraagde composteerterreinen hebben geen zuiveringinstallatie voor het percolaatwateroverschot. Het percolaatwateroverschot wordt geloosd naar de RWZI. Dit geeft aan dat er mogelijk ook op andere locaties vraag is naar een eigen zuiveringssysteem. Door twee

composteerterrinen is aanzienlijk meer percolaatwateroverschot geloosd naar RWZI dan door Nij Beets. Bij het composteertrein te Grootegast is het afgevoerde percolaatwater van naastgelegen stort inbegrepen. Orgaworld heeft een kleinere terreinomvang maar wel een groter percolaatoverschot. Een oorzaak is dat er niet wordt teruggespoten op de composthoven. Bij Groenrecycling Friesland te Leeuwarden kan door terugspuiten op de composthoven ervoor gezorgd worden dat er geen overschot aan percolaatwater ontstaat.

Tabel 3.5.2 vergelijking vuilvracht percolaatwateroverschot in 2012

Locatie	CZV (mg/l)	N-Kj (mg/l)	Debiet (m ³ /dag)	V.E. Q x (CZV + 4,57 N-Kj) 150
Nij Beets (M2)	2.650	160	1,7	38,3
Grootegast	184	78	107,8	388,4
Sumar	2.270	170	onbekend	onbekend
Orgaworld (31-03-2006*)	1.510	364	13,7	289,8
Den Ouden	5.920	500	54,8	2.998
Friesland te LWD	-	-	-	-

* meest recente meting in ontvangen gegevens

Uit tabel 3.5.2 is op te maken dat de concentraties aan CZV en N-Kj wisselend zijn per analyse van het percolaatwateroverschot van verschillende composteerterrinen. Uit de verkregen analyses van locatie Orgaworld blijkt dat op verschillende data ook wisselende concentraties zijn gemeten. De vuilvracht in het percolaatwateroverschot van de andere composteerterrinen zijn in 2012 veel hoger dan van Nij Beets, dit komt door het hogere debiet van het percolaatwateroverschot. Bij Composteertrein Den Ouden is daarnaast ook de hoge concentraties aan CZV en N-Kj in het percolaatwater de oorzaak.

Wanneer alle gemeten concentraties aan CZV uit de analysegegevens van alle bovengenoemde locaties bij elkaar worden genomen is de range tussen 500 en 6.000 mg/l waar de meeste meetwaarden binnen vallen. Voor de concentraties aan N-Kj is de range tussen 20 en 500 mg/l. De ranges van beide parameters zijn dus zeer ruim te noemen.

Percolaatwater op composteerterrinen heeft veel raakvlakken met het erfafspoelwater bij melkveehouderijen. Er kan verontreiniging in erfafspoelwater ontstaan wanneer hemelwater op het verharde erf in contact komt met voer, perssappen en mest en rechtstreeks naar het oppervlaktewater stroomt. De grote verschillen in concentraties aan componenten in de verschillende steekmonsters is overeenkomstig met bevindingen in onderzoeken naar erfafspoelwater. Door Agrotransfer Dronten is onderzoek gedaan naar de vervuiling van het erfafspoelwater. Het verontreinigde afvalwater afkomstig van de erfverharding van een melkveehouderij kan 12 tot 98 v.e. per jaar bedragen. Bij verscheidene projecten zijn op melkveehouderijen bemonsteringen uitgevoerd van het erfafspoelwater. Hier kwam duidelijk naar voren dat concentraties van verschillende componenten sterk variëren. Er was grote spreiding aan concentraties in steekmonsters van erfafspoelwater bij verschillende melkveehouderijen. De grote spreiding wordt o.a. veroorzaakt door: droogte perioden, vullen of legen van de voeder silo's, staldagen.¹¹

Resumé

Uit de analyseresultaten van percolaatwater op zowel Nij Beets als de verkregen analyseresultaten van percolaatwater op andere composteerterrinen blijkt dat de concentraties van de componenten sterk kunnen verschillen en fluctueren. Deze bevindingen zijn overeenkomstig met de bevindingen in onderzoeken naar erfafspoelwater bij melkveehouderijen. Er is geen sprake van gelijke en constante samenstelling van het percolaatwater op composteerterrinen. Een zuiveringssysteem voor percolaatwater dient daardoor per locatie te worden gedimensioneerd. Dit onderzoek richt zich op het ontwerpen van een zuiveringssysteem op de locatie Nij Beets.

¹¹ Kingma, P. (2005), *Studie naar sanering erfafspoelwater op Biologische melkveehouderij 't Oerset De Leijen*, p 7

3.6 Biodegradatietest

Om afvalwater efficiënt te kunnen zuiveren is het belangrijk om inzicht te krijgen wat de afbreekbaarheid is van het organisch materiaal. Deze gegevens zijn belangrijk in de afweging van geschikte zuiveringstechnieken voor het percolaatwateroverschot op Nij Beets. De afbreekbaarheid van het percolaatwater op Nij Beets is bepaald in een biodegradatietest. De uitgevoerde biodegradatietestmethode is afgeleid van een aangepaste 7-dagen versie (een verkorte) Zahn-Wellens biodegradatietest. In bijlage IV is de beschrijving van de uitgevoerde proef opgenomen.

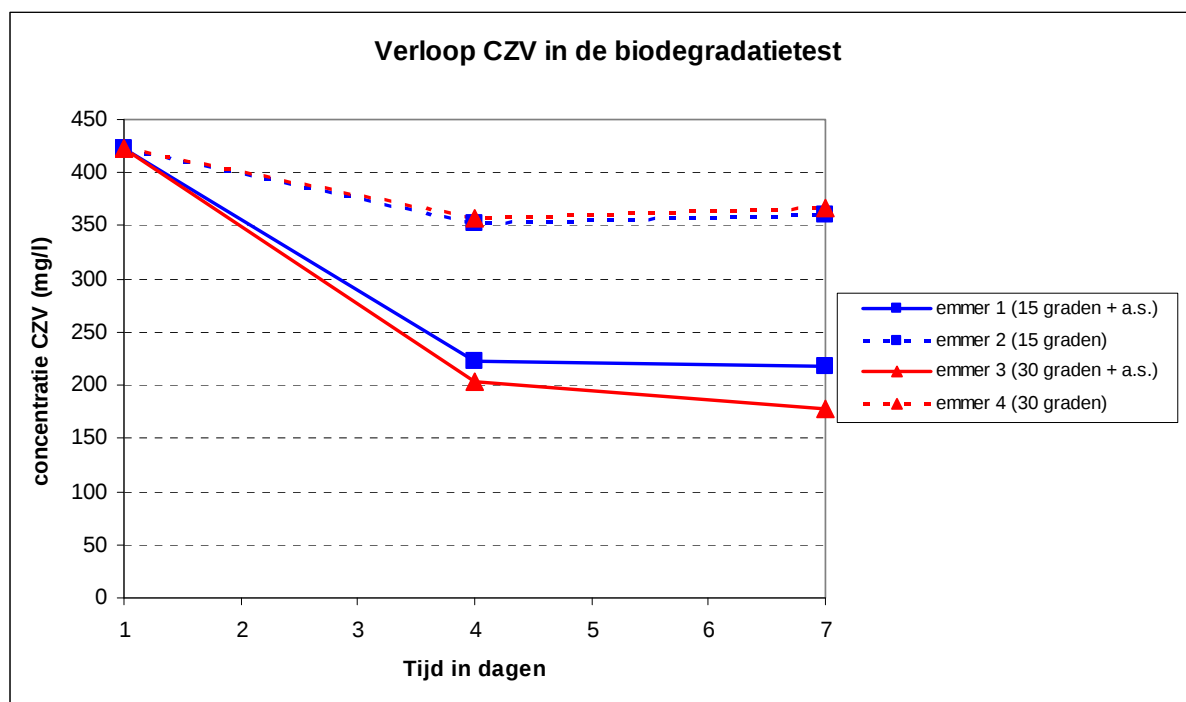


Figuur 3.6.1 Opstelling biodegradatietest (emmers 1 en 2 op 15°C en emmers 3 en 4 in speciekuip op 30°C)

De proef is op 23 april 2013 opgestart. Voorafgaande aan de proef is actief slib verkregen van de RWZI te Bolsward. Vervolgens is percolaatwater opgehaald uit het percolaatwaterbassin te Nij Beets. Hierna is direct gestart met het opstellen van de biodegradatietest, dit vanwege de beperkte levensduur van het actief slib in anaerobe omstandigheden (in het transportvat zonder beluchting).

Tijdens de test zijn metingen verricht op pH waarden, temperatuur en opgelost zuurstof. Deze metingen zijn opgenomen in bijlage IV. Alle meetwaarden voldeden aan de vooraf gestelde testvoorwaarden. De pH werd gemeten tussen 6,5 en 8. De O₂ opgelost was > 5 mg/l en de testtemperaturen voldeden per testopzet aan 15 °C ± 4 °C en 30 °C ± 4 °C.

De concentratie aan CZV



Figuur 3.6.2 Verloop van concentratie CZV in de biodegradatietest

(a.s. = actief slib)

Door 3 uur na de opstart de concentratie aan CZV opnieuw te meten is het C-verlies door adsorptie aan slib bepaald op 3%. Dit is de hoeveelheid aan organische materiaal wat niet is afgebroken door het actief slib, maar door adsorptie uit het percolaatwater is verwijderd. Het biodegradatierendement is bepaald door de CZV daling na 7 dagen beluchten ten opzichte van deze 3-uur waarde te berekenen. Uit figuur 3.6.2 blijkt dat na 7 dagen beluchten de concentratie CZV bijna is gehalveerd bij 15 °C en meer dan gehalveerd bij 30 °C. Bij de testcondities zonder actief slib zijn de concentraties aan CZV niet sterk afgenomen.

De verwijdering van het CZV heeft voornamelijk in de eerste 4 dagen plaatsgevonden. Vergeleken met de meting op dag 4 is op dag 7 zeer weinig afname in de emmers 1 en 3 gemeten. In de emmers 2 en 4 is een hogere concentratie aan CZV gemeten dan op dag 4. Biologische afbraak heeft na vier dagen in de testcondities zonder actief slib niet meer plaatsgevonden, in de testcondities met actief slib (emmers 1 en 3) zeer weinig.

Tabel 3.6.3 Rendement CZV verwijdering

	Dag 1 (CZV mg/l)	Dag 4 (CZV mg/l)	Dag 7 (CZV mg/l)	Rendement na 7 dagen
emmer 1 (15°C + actief slib)	422	222	218	48% is verwijderd
emmer 2 (15°C)	422	352	360	15% is verwijderd
emmer 3 (30°C + actief slib)	422	203	178	58% is verwijderd
emmer 4 (30°C)	422	35	366	13% is verwijderd

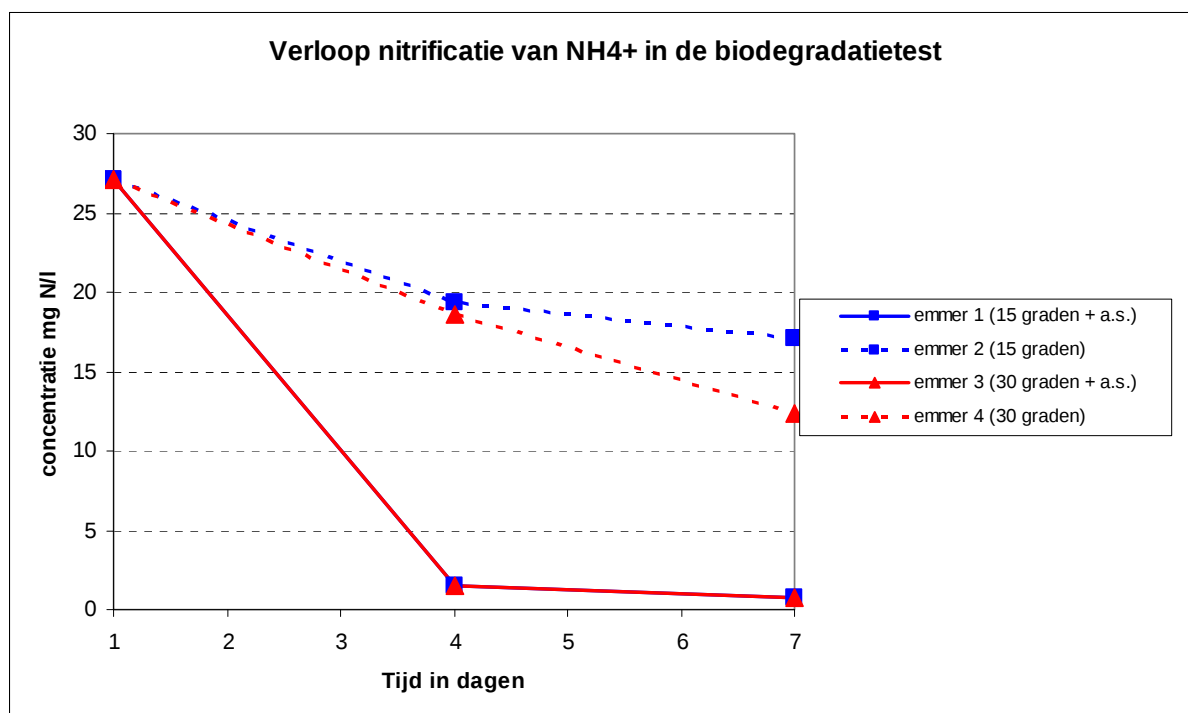
Bij afname met 80% van de CZV concentratie is afvalwater goed behandelbaar.¹² Uit tabel 3.6.3 blijkt dat het percolaatwater in testconditie emmer 3, waarbij het percolaatwater is geënt met actief slib en op een temperatuur van 30 °C is gehouden, de maximale afbraak heeft plaatsgevonden. De afname van de concentratie aan CZV is 58%. Het percolaatwater op Nij Beets is daardoor te categoriseren als biologisch moeilijk afbreekbaar. In de testconditie in emmer 1, met actief slib op 15°C, is de afbraak van CZV 48%. Dit is 10% lager dan de afbraak op een hogere temperatuur.

¹² WAC/V/B/005 (Versie januari 2013), Verkorte ZAHN- WELLENS test voor afvalwaters

Uit de biodegradatietest blijkt dat een temperatuurverhoging weinig verschil maakt. Bij spontane afbraak in emmers 2 en 4, de testcondities zonder actief slib, is zelfs minder afbraak gemeten in de testconditie op 30 °C dan op 15 °C.

Het enten van actief slib (biomassa) is wel nodig voor aanwezigheid van biologische afbraak. Het rendement van CZV verwijdering is bij spontane afbraak beduidend lager (emmer 2 en 4) dan onder de testcondities met toevoeging van actief slib (emmers 1 en 3).

De concentratie aan ammonium (NH_4^+)



Figuur 3.6.4 Verloop van concentratie NH_4^+ in de biodegradatietest

(a.s. = actief slib)

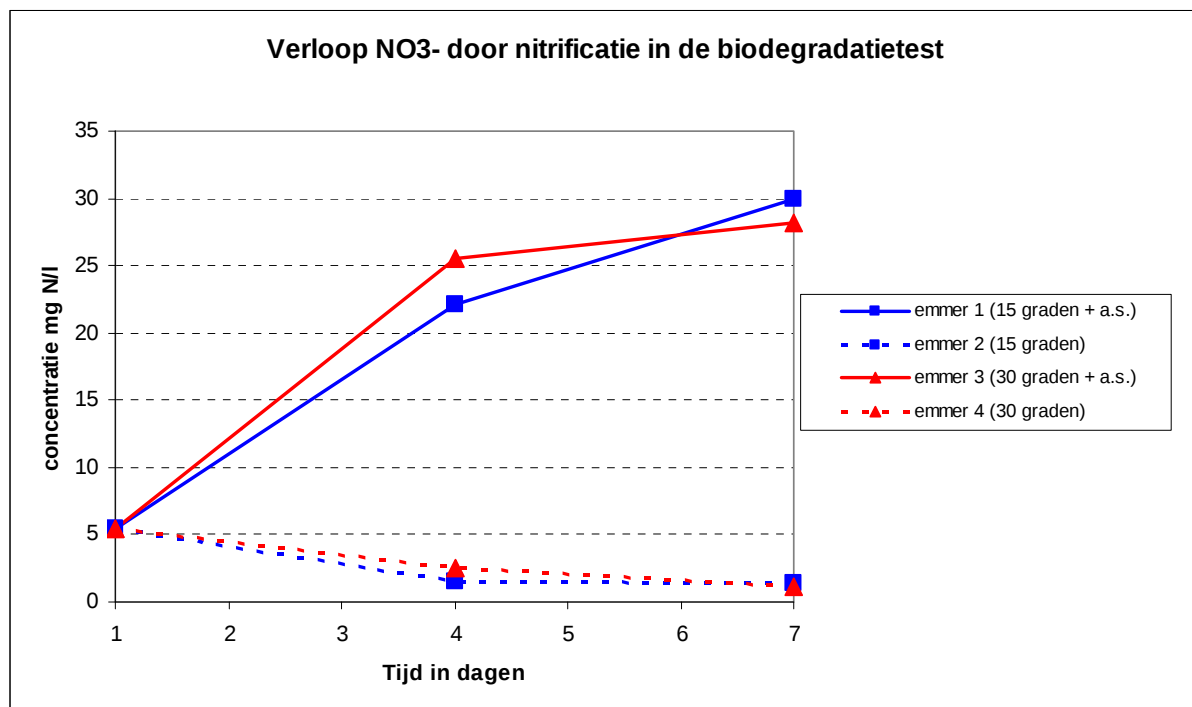
Uit figuur 3.6.4 blijkt dat na 7 dagen beluchten bij de testcondities met actief slib de concentratie aan ammonium sterk is afgenomen. Na 4 dagen beluchten was dit resultaat al bijna behaald. De verwijdering van ammonium heeft voornamelijk in de eerste 4 dagen plaatsgevonden. Op dag 7 is in testconditie 1, 2 en 3 ten opzichte van dag 4 weinig afname gemeten net als het verloop van de concentraties aan CZV. In testconditie 4, op 30°C zonder actief slib, is wel een afname gemeten op dag 7.

Tabel 3.6.5 Rendement Ammonium omzetting

	Dag 1 (NH_4^+ mg/l)	Dag 4 (NH_4^+ mg/l)	Dag 7 (NH_4^+ mg/l)	Rendement na 7 dagen
emmer 1 (15°C + actief slib)	35 mg/l	2 mg/l	1 mg/l	97% is verwijderd
emmer 2 (15°C)	35 mg/l	25 mg/l	22 mg/l	37% is verwijderd
emmer 3 (30°C + actief slib)	35 mg/l	2 mg/l	1 mg/l	97% is verwijderd
emmer 4 (30°C)	35 mg/l	24 mg/l	16 mg/l	54% is verwijderd

Uit tabel 3.6.5 blijkt dat in de testcondities geënt met actief slib (emmers 1 en 3) de verwijdering door nitrificatie van ammonium 97% is. Er is geen verschil met de nitrificatie op de verschillende temperaturen. In de testcondities zonder actief slib (emmer 2 en 4) is de NH_4^+ verwijdering met 37% en 54% beduidend lager. De nitrificatie op een hogere temperatuur (30°C) is hier wel groter dan in de testconditie op een lagere temperatuur (15°C).

De concentratie aan nitraat (NO_3^-)



Figuur 3.6.6 Verloop van concentratie NO_3^- in Biodegradatietest

(a.s. = actief slib)

Uit figuur 3.6.6 blijkt dat de concentraties aan NO_3^- in de testcondities met spontane afbraak (emmer 2 en 4) afneemt. In de testcondities geënt met actief slib (emmer 1 en 3) neemt de concentratie aan NO_3^- toe met een factor 5. In de testconditie op een lagere temperatuur (emmer 1) is de concentratie aan NO_3^- hoger gemeten dan de in de testconditie op een hogere temperatuur (emmer 3). Er is in beide testcondities duidelijk sprake van nitrificatie door het actief slib. Hierdoor wordt nitraat gevormd.

In de testcondities zonder actief slib (emmers 2 en 4) neem de concentraties aan nitraat af. Er is hier duidelijk geen sprake van nitrificatie. Wanneer het percolaatwater alleen belucht wordt kan het nitrificatie-denitrificatie proces niet plaatsvinden door het ontbreken van de biomassa.

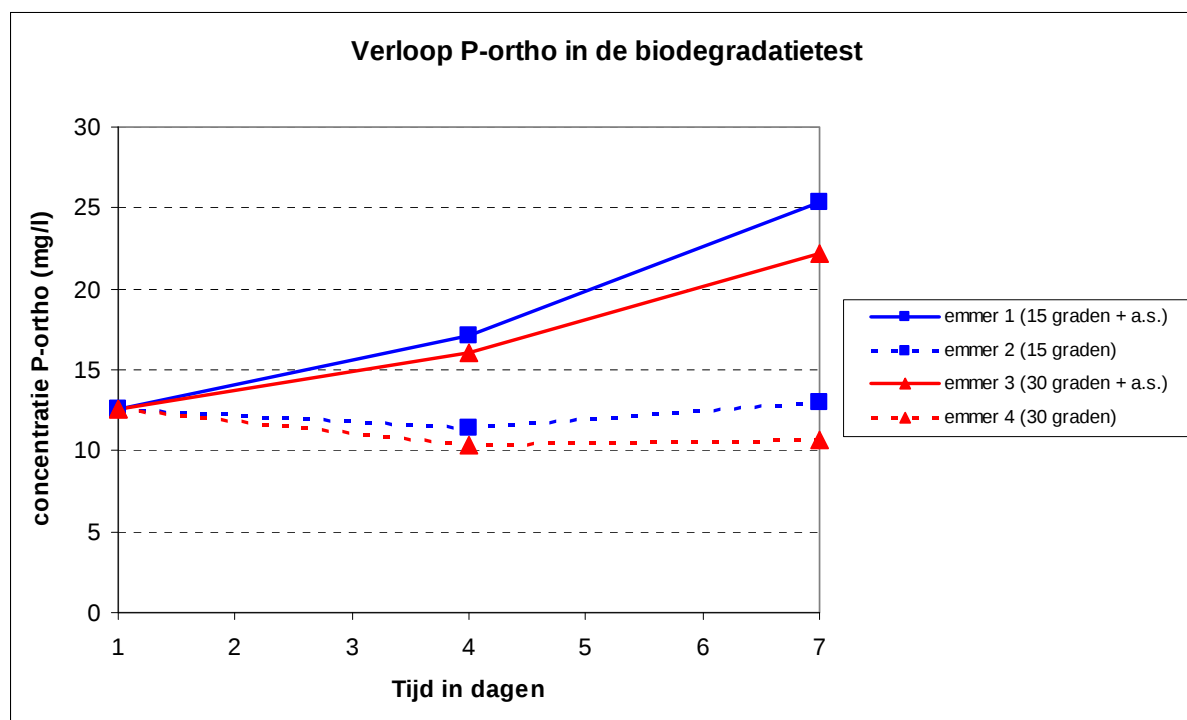
Inschatting betrouwbaarheid metingen met nitrificatie

De toe- en afname in concentratie aan stikstof is voor ammonium en nitraat is als volgt bepaald:

NH_4^+	Dag 1:	35 mg/l	=	27 mg N/l	
NH_4^+	Dag 7:	1 mg/l	=	0,78 mg N/l	<u>afname van 26,22 mg N/l</u>
NO_3^-	Dag 1:	24 mg/l	=	5,4 mg N/l	
NO_3^-	Dag 7:	132,8 mg/l	=	30,0 mg N/l	<u>toename van 24,6 mg N/l</u>

Door nitrificatie is ammonium omgezet in nitraat. Er is een directe relatie tussen de afname van ammonium en de toename van nitraat. De hoeveelheden aan N/l van beide componenten verschillen niet veel, dus de uitgevoerde metingen kunnen als betrouwbaar worden beschouwd.

De concentratie aan ortho-fosfaat (P-ortho)



Figuur 3.6.7 Verloop van concentratie P-ortho in Biodegradatietest

(a.s. = actief slib)

Uit figuur 3.6.7 blijkt dat de concentraties aan P-ortho in de testcondities met spontane afbraak (emmer 2 en 4) na 7 dagen beluchten nagenoeg niet veranderen. In de testcondities met actief slib (emmer 1 en 3) zijn de concentraties aan P-ortho na een week beluchten hoger dan aan de start van de degradatietest. Bij biologische afbraak door het actief slib komen gebonden fosfaten vrij in de oplossing. Dit is een oorzaak van de stijging in concentratie.

Conclusie biodegradatietest van percolaatwater te Nij Beets

Het afvalwater wordt als goed behandelbaar beschouwd wanneer CZV met 80% afneemt tijdens 7 dagen.¹³ Uit de meting in de biodegradatietest blijkt dat het CZV maximaal met 58% is afgenomen. Het percolaatwater van Nij Beets is daardoor te categoriseren als biologisch moeilijk afbreekbaar. Noodzakelijk voor biologische zuivering is de aanwezigheid van een goede biomassa. Bij nitrificatie wordt NO_3^- (nitraat) gevormd en is ook een stijging van P-ortho (ortho fosfaat) gemeten. Voor het ontwerpen van een zuiveringssysteem is het belangrijk dat het gevormde nitraat voldoende kan worden verwijderd door denitrificatie.

Daarnaast is gebleken dat een verhoogde temperatuur het rendement van de biologische afbraak 10% doet toenemen. Een temperatuurverhoging zorgt dus niet voor een sterke toename van de efficiëntie. Bij de metingen van NO_3^- onder de testcondities met actief slib blijkt er zelfs minder NO_3^- gevormd door nitrificatie in de testconditie op 30 °C dan op 15 °C.

Vooraf aan de uitvoering van de biodegradatietest is geen uitgebreide bezinkingstap uitgevoerd met het percolaatwater. De mogelijkheid bestaat dat de concentratie aan zwevende stoffen invloed heeft gehad op de concentraties aan gemeten componenten. In dit onderzoek wordt aangenomen dat de invloed van zwevende stoffen op de mate van afbreekbaarheid klein is geweest. De resultaten geven een globaal beeld van de afbreekbaarheid van het percolaatwater.

¹³ WAC/V/B/005 (Versie januari 2013), Verkorte ZAHN- WELLENS test voor afvalwaters

4 Normen en heffingen in Friesland

Bij de locatie van Nij Beets worden de normen en heffingen bepaald door Wetterskip Fryslân. Deze heffingen en normen zijn in kaart gebracht.

4.1 De verontreinigingsheffing

In de waterwet is bepaald dat een verontreinigingsheffing betaald moet worden voor het lozen van afvalwater. Om de hoeveelheid water en verontreinigingen te bepalen wordt afvalwater regelmatig gemeten en geanalyseerd. Op basis van de hoeveelheid water, de concentratie aan CZV en de concentratie aan N-Kj, wordt de vervuilingseenheid berekend. Het tarief bedraagt € 53,81 per vervuilingseenheid bij Wetterskip Fryslân. Wetterskip Fryslân berekent geen heffing voor de componenten zilver, chroom, koper, lood, nikkel, zink, arseen, cadmium, kwik, chloride, fosfor en sulfaat. Het gaat hier dus alleen om het lozen van zuurstofbindende componenten.¹⁴ De verontreinigingsheffing is van toepassing wanneer afvalwater rechtstreeks wordt geloost op oppervlaktewater (eventueel via een IBA). De zuiveringsheffing is ook van toepassing wanneer vanuit een woon- of bedrijfsruimte afvalwater wordt geloost via de riolering of via een IBA die bij het waterschap in beheer is. Voor de wetteksten en verordening wordt verwezen naar bijlage VII.

Op basis van de hoeveelheid geloosde water, de concentratie aan CZV en de concentratie aan N-Kj, wordt de vervuilingseenheid berekend volgens de volgende formule:

$$v.e. = Q \times \frac{CZV + 4,57 \times N-Kj}{150}$$

hierbij is:

v.e.	= vervuilingseenheid
Q	= debiet (m ³ /dag)
CZV	= chemisch zuurstof verbruik (g/m ³)
N-Kj	= stikstof Kjeldahl (g/m ³)
150	= aantal gr. O ₂ per pers. per dag

Met behulp van de berekeningen van de gemiddelde hoeveelheid percolaatwater wat per dag in het afwateringssysteem komt en de samenstelling (paragraaf 3.2 en 3.3) is een gemiddeld dagelijkse vuilvracht bepaald. Gemiddeld genomen van de jaren 2008 t/m 2012 komt circa 14.459 m³ per jaar (39,48 m³/dag) aan hemelwater terecht in het percolaatbassin via het gehele terrein te Nij Beets. Het aantal v.e. van het percolaatwater wat in het bassin terechtkomt is (op basis van analyse M1):

$$39,48 \text{ m}^3/\text{dag} \times \frac{5110 \text{ g/m}^3 + 4,57 \times 210 \text{ g/m}^3}{150 \text{ g/dag}} = 1.597,5 \text{ v.e.}$$

Door de verdamping, terugspuiten en opname in de composthopen van het percolaatwater blijft er echter een klein overschot, circa 448 m³ per jaar, over wat per tankauto afgevoerd wordt naar de RWZI. Het aantal v.e. van de van het afgevoerde percolaatwater is (op basis van analyse M2):

$$1,23 \text{ m}^3/\text{dag} \times \frac{2650 \text{ g/m}^3 + 4,57 \times 160 \text{ g/m}^3}{150 \text{ g/dag}} = 27,7 \text{ v.e.}$$

Gemiddeld genomen uit de analysegegevens van het percolaatwateroverschot in de jaren 2008 t/m 2012 is de vuilvracht van het afgevoerde percolaatwater per jaar:

$$1,23 \text{ m}^3/\text{dag} \times \frac{1256 \text{ g/m}^3 + 4,57 \times 79,52 \text{ g/m}^3}{150 \text{ g/dag}} = 13,3 \text{ v.e.}$$

De vuilvracht van het percolaatwateroverschot is tussen circa 10 v.e. á 30 v.e. per jaar.

¹⁴ Wetterskip Fryslân (2012), *Verordening zuiveringsheffing 2012*

4.2 De normen uit de wetgeving

Verreweg de meeste lozingen worden geregeld met drie amvb's, het Activiteitenbesluit voor inrichtingen, het Besluit lozing afvalwater huishoudens voor particuliere huishoudens en het Besluit lozen buiten inrichtingen voor de rest. Composteerterreinen vallen onder het Activiteitenbesluit als een inrichting type C.

In artikelen van het Activiteitenbesluit met betrekking tot opslag van bulkmaterialen op inrichtingen zoals het compost op composteerterreinen is het volgende vastgelegd. Indien opgeslagen goederen worden bevochtigd, wordt afvalwater dat met die goederen in contact is geweest, zoveel mogelijk voor dit bevochtigen gebruikt. Het in een aangewezen oppervlaktewaterlichaam lozen van afvalwater dat in contact is geweest met goederen waaruit geen vloeibare bodembedreigende componenten kunnen lekken, is toegestaan indien in enig steekmonster de emissiegrenswaarden niet worden overschreden (Artikel 3.34, Activiteitenbesluit). Uit de samenstelling van het percolaatwater van Nij Beets (hoofdstuk 3) blijkt dat deze emissiegrenswaarden worden overschreden, waardoor direct lozen op oppervlaktewater is uitgesloten.

Directe lozingen op het oppervlaktewater zijn in beginsel vergunningplichtig op grond van de Waterwet (artikel 6.2). De watervergunning voor Nij Beets wordt afgegeven door Wetterskip Fryslân. Voor lozingen groter dan 6 v.e. gelden alleen lozingsgrenswaarden. Deze grenswaarden zijn gebaseerd op het CIW-rapport 'Individuele Behandeling van Afvalwater IBA-systemen (1999). De regelgeving geeft in deze gevallen alleen lozingsgrenswaarden aan en schrijft geen IBA voor (en stelt daar dus ook geen eisen aan). Het is vanuit de vangnetbepaling niet toegestaan om via een septictank te lozen op de riolering. Het afvalwater afkomstig van een zuiveringsinstallatie waarin anaerobe afbraak heeft plaatsgevonden, kan de doelmatige werking van de rioolwaterzuiveringsinstallatie nadelig beïnvloeden.¹⁵ Nij Beets mag het percolaatwater na een zuiveringsbehandeling niet lozen op het riool.

De Kaderrichtlijn Water (KRW) geeft de norm aan die gesteld is aan het lozen op oppervlaktewater. De eisen ten aanzien van de IBA's, welke huishoudelijk afvalwater behandelen, zijn afhankelijk van de klasse die wordt voorgeschreven. Een IBA kan vallen onder klasse 1 (verwijdering van zwevende stoffen en gedeeltelijk BZV) tot klasse 3B met vergaande stikstof- en fosfaatverwijdering. De eisen die aan andere systemen gesteld worden, worden nader bepaald in de verleende vergunningen die per zuiveringssysteem verschillen.

4.3 Benodigd rendement zuivering

Door de analyseresultaten van het percolaatwater op Nij Beets (gemiddelde van 2008-2012 en steekmonster M2) te vergelijken met de lozingseisen voor huishoudelijk afvalwater binnen inrichtingen (art. 3.5 Activiteitenbesluit) is het benodigde rendement bepaald voor de zuivering van het percolaatwater, indien er geloosd wordt op niet aangewezen oppervlaktewater.

Tabel 4.3.1 Benodigd rendement van de zuivering te Nij Beets

Parameter	Lozen in niet aangewezen oppervlaktelichaam steekmonster (mg/l)	Percolaatwater overschot (mg/l)	Benodigd rendement
Chemisch zuurstof verbruik	200	1.256* 2.650**	84% 93%
Biochemisch zuurstof verbruik	40	823**	95%
Zwevende stoffen	60	260**	77%
Som zware metalen (som van arseen, chroom, koper, lood, nikkel en zink)	1	<1**	n.v.t.
Totaal stikstof	60	160**	63%
Fosfor	6	17* 22**	65% 73%

*gemiddelde 2008-2012 **M2 (Nij Beets)

¹⁵ Rijkswaterstaat, Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Kenniscentrum Infomil, geraadpleegd 12-1-2013 op: <http://www.infomil.nl/handboek-water/activiteiten/lozen-per-activiteit/technische/iba>

Uit de rendementsbepaling in tabel 4.3.1 blijkt dat voor het voldoen aan de emissiegrenswaarde een rendement van boven 95% nodig is voor het biologische zuurstof verbruik (BZV). Voor de overige kritische componenten CZV, zwevende stoffen, totaal stikstof en fosfor zijn lagere rendementen voldoende van een zuiveringssysteem op Nij Beets. Bij het dimensioneren van een zuiveringssysteem wordt gekeken of het nodig is om de hoogst gemeten concentraties te nemen voor de 'worst-case' situatie.

Uit tabel 4.3.1 blijkt dat het percolaatwater van Nij Beets gezuiverd dient te worden op de componenten CZV, BZV, stikstof, fosfaat en zwevende stof.

4.4 Huidige kosten van het afvoeren naar RWZI

De kosten voor zuiveren en verwerken van een percolaatwateroverschot wordt berekend aan de hand van de gevonden concentraties en het tarief per vervuilingseenheid dat jaar. De heffing wordt op verschillende manieren bepaald.

Op een aantal composteerterreinen wordt gedurende een periode (meestal een week) door de handhaver een monsterkar op het terrein gezet en worden steekmonsters genomen van het geloosde water. Aan de hand van deze gegevens wordt een heffing berekend per m³ geloosd water. De eigenaar moet zelf voor een debietmeter zorgen (verzegeld). Dit is een ruwe schatting van het aantal v.e.'s wat op het riool wordt geloosd. Het aantal v.e.'s wordt vermenigvuldigd met het bedrag van € 53,81.

Op andere composteerterreinen, zoals Nij Beets, wordt het percolaatwater-overschot per tankauto afgevoerd naar de RWZI te Drachten. Van de aangeleverde vrachten wordt door de klaarmeester steekproefsgewijs een monster genomen en worden analyses uitgevoerd. De steekmonsters worden geanalyseerd op pH, CZV, N-Kj en P-tot, (minerale olie alleen als tijdens lossen oliegeur wordt waargenomen). De analysekosten worden separaat berekend en vermeld op de nota. Op basis van deze analyse en het totaal aantal m³ geloosde wordt het aantal v.e. bepaald. Deze wijze is meer representatief voor de bepaling van de kosten, omdat van elke geloosde vracht een steekmonster wordt genomen en daar de v.e.'s wordt uit berekend.

Wanneer percolaatwater wat direct van het terrein af komt gelijk wordt geloosd in een RWZI, dan zou dit voor Nij Beets per jaar circa € 86.000,- kosten (zie paragraaf 4.1). Dit zou het geval zijn wanneer het percolaatwater niet zou worden opgeslagen in een bassin. Het bassin zorgt voor een grote kostenreductie door het mogelijk maken van opslag en het terugspuiten van percolaatwater. Door de verdamping, terugspuiten en opname in de composthopen van het percolaatwater blijft er echter een klein overschot over. Op basis van de hoogst gemeten concentratie, steekmonster M2, zou het lozen circa € 1500,- kosten. Gemiddeld genomen uit de analysegegevens van het percolaatwateroverschot in de jaren 2008 t/m 2012 zijn de lozingskosten van het afgevoerde percolaatwater gemiddeld per jaar circa € 700,-.

De werkelijke totale lozingskosten van het percolaatwateroverschot in de periode 2008 t/m 2012 zijn uit de administratie geraadpleegd en in tabel 4.4.1 weergegeven.

Tabel 4.4.1 Kosten afvoeren percolaatwateroverschot van Nij Beets naar RWZI

Jaar	Hoeveelheid totaal	Kosten RWZI (incl. analyses)	Ritten (Per rit = ca. 34 m ³)	transportkosten	Totale kosten	Kosten per m ³
2008	642 m ³	€ 1.611,-	19	€ 2.153,-	€ 3.764,-	€ 5,90
2009	398 m ³	€ 827,-	12	€ 1.360,-	€ 2.187,-	€ 5,50
2010	368 m ³	€ 756,-	11	€ 1.247,-	€ 2.003,-	€ 5,40
2011	208 m ³	€ 410,-	6	€ 745,-	€ 1.155,-	€ 2,80
2012	624 m ³	€ 549,-	18	€ 2.040,-	€ 2.589,-	€ 4,10
Gem. per jaar	448 m³	€ 831,-	13	€ 1.509,-	€ 2.340,-	€ 5,20

Tabel 4.4.1 geeft de kosten uit de afgelopen vijf jaren weer van het afgevoerde percolaatwateroverschot te Nij Beets naar de RWZI te Drachten. De kosten RWZI is het totaal van de

analysekosten en de zuiveringsheffing door Wetterskip Fryslân gefactureerd. De transportkosten is het totaal van het aantal ritten en de arbeidskosten. Hierin is voor alle jaren een aanname gedaan dat voor 3 ritten 4 arbeidsuren a € 85,- wordt gerekend. Overige administratiekosten en kosten voor afschrijving van het materiaal en energiekosten etc. zijn verder niet meegenomen in kostenbepaling. Gemiddeld over de afgelopen vijf jaar kostte het lozen van het percolaatwateroverschot naar de RWZI elk jaar € 2.340,-. Dit is gemiddeld € 5,20 per m³ aan percolaatwateroverschot.

5 Zuiveringstechnieken

De selectie van specifieke zuiveringsprocessen voor de behandeling van het percolaatwateroverschot op Nij Beets hangt niet alleen af van de aard van het afvalwater, waaronder afbreekbaarheid en behandelbaarheid van geselecteerde processen zoals is onderzocht in hoofdstuk 3, maar ook van de gestelde normen voor effluent, weergegeven in hoofdstuk 4. Andere belangrijke factoren zijn de milieueffecten, de beschikbaarheid van grond (ruimte), verwachte levensduur van de installatie en de kosten. Tijdens de selectie moeten alle relevante factoren mee worden gewogen. Het belang per zuiveringssysteem varieert als gevolg van sociale, milieu- en politieke verschillen maar ook de technologische beschikbaarheid en deskundigheid.¹⁶

Van het grootste belang bij de afvalwaterbehandeling is dat het effluent dat wordt geloosd, voldoet aan de lozingseisen. Daarbij wordt gestreefd naar een milieuvriendelijk of duurzaam ontwerp en bedrijfsvoering tegen de laagste maatschappelijke kosten. Het kan bijvoorbeeld een optie zijn om het gezuiverde percolaatwater te hergebruiken voor andere doeleinden als bijvoorbeeld spoelwater voor het toilet.

In dit hoofdstuk worden de geschikte zuiveringstechnieken/mogelijkheden beschreven. De voor- en nadelen worden genoemd. Ook wordt gekeken of met een techniek meerdere componenten verwijderd/gereduceerd kunnen worden. Het doel is om met zo min mogelijk middelen een zo goed mogelijk resultaat te verkrijgen. Dit heeft als voordeel dat de complexiteit van de zuiveringssysteem zo klein mogelijk blijft, tevens heeft dit een financieel voordeel omdat elke zuiveringsstap extra investeringen kost.

5.1 Uitgangspunten

Uit bevindingen in hoofdstuk 3 en 4 blijkt dat het percolaatwater gezuiverd dient te worden op de componenten CZV, BZV, zwevende stof, stikstof en fosfaat. Door deze concentraties in het percolaatwater voldoende te verlagen kan worden voldaan aan de lozingseisen.

In dit onderzoek is gebleken dat er jaarlijks gemiddeld circa 450 m³ aan percolaatwateroverschot is afgevoerd. Dit betekent dat er minimaal gemiddeld 1,3 m³ per dag gezuiverd dient te worden om een percolaatwateroverschot te vermijden op Nij Beets. De vuilvracht van het percolaatwater bedraagt tussen circa 10 v.e. á 30 v.e. De huidige kosten van het afvoeren van het percolaatwateroverschot naar de RWZI is gemiddeld € 2340,- per jaar. Uitgaande van 5 jaar terugverdientijd wordt de aanschafprijs voor de gehele installatie indicatief bepaald op maximaal € 15.000,-, wat realistisch is voor Nij Beets. Dit geldt als een financiële randvoorwaarde. Op basis van deze gegevens wordt er gezocht naar een kleinschalige waterzuivering, dat goedkoop en onderhoudsarm is.

Zuiveringstechnieken zijn onder te verdelen in fysische, chemische, fysisch-chemische, en biologische (aerobe en anaerobe) zuiveringstechnieken. De benodigdheden van de behandeling zijn het percolaatwater zelf, bacterieculturen, en zuiveringschemicaliën. Er zijn verschillende combinaties om het percolaatwater te behandelen. Hierbij maakt het zuiveringsconcept (configuratie van de verschillende zuiveringstechnieken) het onderscheid. De behandeling van afvalwater in zuiveringssystemen gebeurt in drie stappen: de voorbehandeling met voorbezinking, de biologische zuivering en een nabehandeling. Bij bepaalde systemen zijn verschillende stappen gecombineerd in één proces. Een toelichting van een aantal zuiveringssystemen is weergegeven in bijlage VIII.

Om CZV, BZV en stikstof te zuiveren zijn biologische zuiveringstechnieken nodig. De biologische zuivering zorgt voor de afbraak van de opgeloste en zwevende organische vuilvracht en eventueel de verwijdering van nutriënten door micro-organismen. Uit de biodegradatietest is gebleken dat verhoging van de temperatuur weinig invloed heeft op de afbraaksnelheid van het percolaatwater. Daarom is in de keuzeafweging van zuiveringstechnieken voor Nij Beets de mogelijkheid om het gebruik van compostwarmte toe te passen niet meegenomen.

¹⁶ Gray N.F. (Mei 2005), *Water Technology*, p 390

Tabel 5.1.1 Voorwaarden stikstofverwijdering

	Nitrificatie	Denitrificatie
Soort bacteriën	Nitrificeerders	Denitrificeerders
Voedselbron (1)	Ammonium	Nitriet of nitraat
Voedselbron (2)	--	Organische stof (BZV)
Zuurstof	Er moet voldoende aanwezig zijn (aeroob)	Geen opgelost zuurstof (anoxisch)
Overige omstandigheden	Neutraal pH: > 6,5 en < 8,5	Neutraal pH: > 6,5 en < 8,5

De stikstofverwijdering kan plaats vinden door afvoer van stikstof via slib of door nitrificatie en denitrificatie. In tabel 5.1.1 is weergegeven aan welke voorwaarden de nitrificatie en denitrificatie moet voldoen. Dit betekent dat voor totale stikstofverwijdering een aerobe zone en een anaerobe (of anoxische) zone aanwezig moeten zijn.

In een nabehandeling worden de gevormde bacteriële massa, nutriënten en mogelijke pathogenen (voor zover het nodig is om de effluentkwaliteit voor lozing of hergebruik te bereiken) verder verwijderd. Bij een aantal systemen zijn de biologische zuivering en de nabehandeling geheel of gedeeltelijk in de secundaire zuivering geïntegreerd.

Fosfor kan verwijderd worden door de toevoeging van ijzer- of aluminiumzouten vlak voor de nabezinking of door toevoeging van ijzer en kalk in de percolatie(riet)velden. De fosfaten slaan neer en kunnen worden vastgelegd in het slib of in het filterbed van een plantensysteem.

5.2 Conventionele technieken voor kleinschalige zuivering

Mogelijk geschikte afvalwaterzuiveringstechnieken voor de (groepen van) verwijderbare componenten uit het percolaatwateroverschot te Nij Beets zijn uit een kruistabel overgenomen en worden hier beschreven. Het kruistabel is overgenomen van het Vlaams Gewest¹⁷ en in bijlage IX opgenomen. In de kruistabel zijn de te reduceren componenten in het percolaatwater groen gearceerd, te weten CZV, BZV, ZS, N en P. De geschikte zuiveringstechnieken voor het zuiveren van deze componenten zijn geel gearceerd.

Of (een) bepaalde component(en) effectief en efficiënt verwijderd kan/kunnen worden met een genoemde afvalwaterzuiveringstechniek is echter afhankelijk van de specifieke situatie. Er dient onder andere te worden voldaan aan de randvoorwaarden van de locatie, op financieel gebied en van de zuiveringstechniek. Uit de kruistabel zijn een aantal geschikte zuiveringstechnieken voor de te reduceren componenten rood gearceerd, deze zijn vooraf ongeschikt voor Nij Beets. Dit is onder de kruistabel in bijlage IX nader toegelicht.

Navolgend worden de mogelijk geschikte zuiveringstechnieken beschreven welke uit de kruistabel naar voren komen en een of meerdere van de componenten zwevende stof, CZV, BZV, stikstof en fosfaten kunnen verwijderen uit het te behandelen percolaatwater.

De bezinker

Een bezinker wordt bij een zuiveringssysteem als een voorbehandelingsstap toegepast. Het is een fysische zuiveringstechniek om de concentratie bezinkbare en zwevende stoffen te verlagen welke de verdere zuivering van het percolaatwater kunnen verstoren.

Omdat de dichtheid van deeltjes groter is dan die van water, bewegen zij zich onder invloed van de zwaartekracht naar de bodem (sedimentatie). Een werkingsschema is weergegeven in figuur 5.2.1.



Figuur 5.2.1 Werkingsschema bezinker (www.emis.vito.be)

¹⁷ Vlaams Gewest, Energie en milieu-informatiesysteem, geraadpleegd dd. 26-2-2013 op: <http://www.emis.vito.be/wass-technieken>

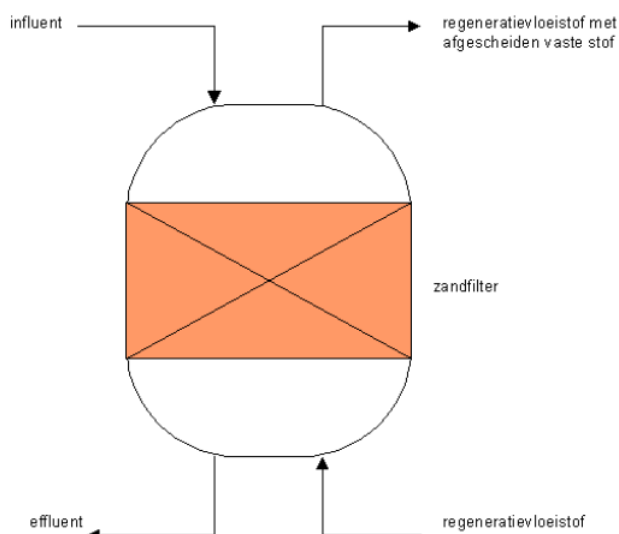
Het is belangrijk dat het water langzaam door de bezinker stroomt, zodat de onopgeloste deeltjes tijd hebben om te bezinken en daardoor het gewenste effect bereikt wordt. De voorbehandeling op Nij Beets gebeurt al (deels) door middel van bezinken in de ondergrondse put en het percolaatbassin.

Een bezinker is een zeer eenvoudige en relatief goedkope installatie, maar het neemt wel veel ruimte in. Het ontwerpen van een bezinker gebeurt altijd op maximaal debiet. Want er zijn weinig mogelijkheden om na het ontwerp van de installatie de werking aan passen. Door aanpassingen (plaatsen van schotten) kan het huidige percolaatwaterbassin op Nij Beets fungeren als een bezinker. Ook kan een zeecontainer worden omgebouwd tot een bezinktank. Deze aanpassingen zijn goedkoper dan het plaatsen van een nieuwe installatie. De investeringskosten voor een nieuwe bezinker valt binnen de randvoorwaarde van € 15.000,-. De werkingskosten van een bezinker zijn zeer laag. Voor het reduceren van de overige kritische parameters in het percolaatwater zijn andere zuiveringstechnieken nodig met aanvullende kosten.

De zandfilter

Door zandfiltratie worden zwevende en bezinkbare stoffen verwijderd, doordat het afvalwater door een bed van fijn zand en/of grind heen stroomt. De deeltjes in het afvalwater worden verwijderd door middel van adsorptie of fysische inkapseling in het filterbed.

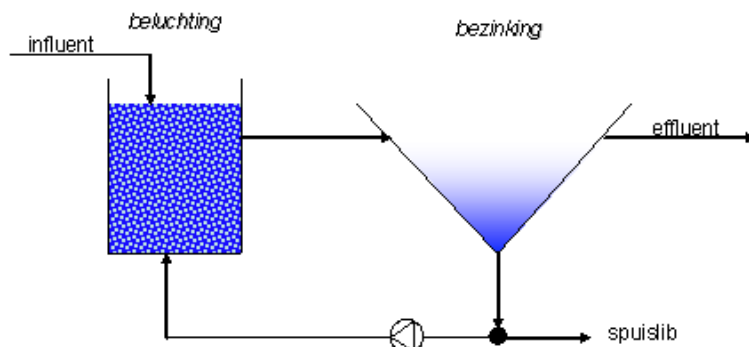
Er wordt onderscheid gemaakt tussen continue en discontinue filters. Bij continue filters (opwaarts stromende filters) wordt voortdurend het vervuild zand verwijderd, gewassen en hergebruikt zonder dat het filtratieproces wordt onderbroken. Discontinue filters (vaak neerwaarts stromende filters) onderbreken het filterproces en voeren dan een tegenstroomspoeling uit. De vervuiling komen dan vrij en stromen met het spoelwater mee. Het filtratieproces kan daarna weer hervatten. In figuur 5.2.2 is dit schematisch weergegeven.



Figuur 5.2.2 Werkingsschema zandfiltratie (www.emis.vito.be)

Actief slib systemen

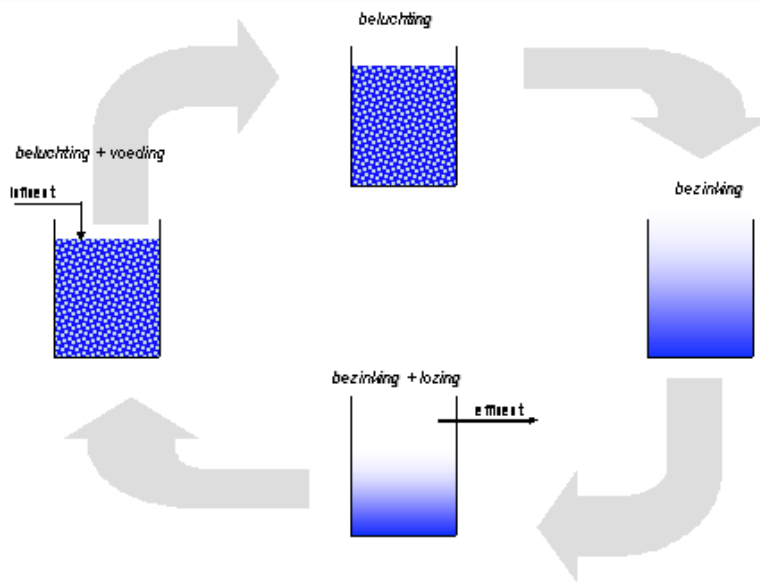
Actief slib systemen verwijderen hoofdzakelijk de organische fractie (CZV/BZV) uit het afvalwater. Op basis van biologische oxidatie met actief slib (biomassa) worden de organische componenten afgebroken. Door verschillende configuraties van opbouw van de aerobe, anoxische en anaerobe zones is nutriëntverwijdering ook mogelijk. De extra beluchtingscapaciteit voor nitrificatie, roerders en automatische kleppen zorgen wel voor meer investerings- en onderhoudskosten.



Figuur 5.2.3 Werkingsschema Actief slib systeem (www.emis.vito.be)

Conventioneel actief slib systeem

Een conventioneel actief slib systeem bestaat uit een beluchtingstank waarin de biologische afbraak plaatsvindt en een nabezinktank, waarin het slib wordt gescheiden van het behandelde afvalwater (zie figuur 5.2.3). Soms wordt een mengtank (selector) voor de beluchtingstank geplaatst, waarin het influent intensief gemengd wordt met slib. Op deze wijze kan men de groei van draadvormende bacteriën verminderen. Een conventioneel actief slib systeem heeft over het algemeen een betere werking van de bezinking in vergelijking met een SBR vanwege van de specifieke werking van de nabezinktank.



Figuur 5.2.4 Werkingsschema SBR systeem (www.emis.vito.be)

SBR (Sequencing Batch Reactor)

In een SBR (zie figuur 5.2.4) worden alle zuiveringsprocessen uitgevoerd in één tank. De standaard cyclus in de tank bestaat uit het vullen, beluchten, bezinken en afdalen van het effluent. Een SBR is daarom geschikt voor afvalwaterstromen die batchgewijs zijn. Bij continue afvalwaterstromen moet een buffertank worden toegepast. In een SBR kunnen verschillende de biologische processen zoals nitrificatie en denitrificatie na elkaar uitgevoerd worden. De procestijden zijn flexibel en kunnen eenvoudig worden aangepast (bv. langere bezinkingstijd bij slecht bezinkend slib). Een SBR-systeem is gunstig voor het vermijden van draadvormende bacteriën omdat het systeem tijdens de voedingsfase al werkt als een selector.

Membraanbioreactoren

Bij membraanbioreactoren wordt de bezinkingsstap vervangen door een membraanscheiding. De overige onderdelen zijn dezelfde als een conventioneel actief slib systeem.

Slib op drager systemen

Bij slib op drager systemen zijn de micro-organismen geïmmobiliseerd op een dragersysteem. De biologische processen voor CZV en BZV verwijdering zijn gelijk aan deze van actief slib systemen maar de uitvoeringsvormen zijn verschillend. Aangezien de micro-organismen geïmmobiliseerd zijn als een biofilm op een drager is geen of een beperkte nabezinkingsstap nodig.

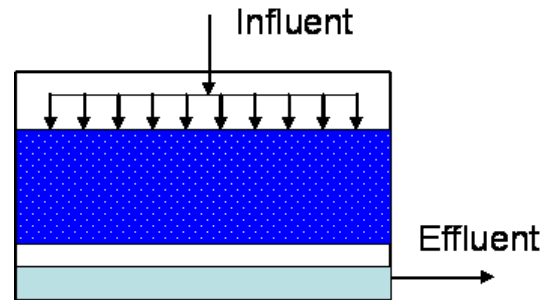
Biofilter

De zuiverende werking van een biofilter is dat het afvalwater langs de biofilm op een dragermateriaal stroomt, die de organische componenten omzet. Als dragermateriaal kan zand, klei, lava of kunststof (bv. PUR) gebruikt worden.

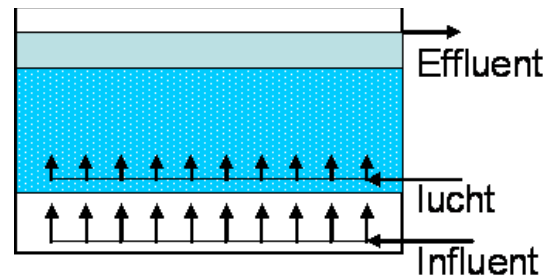
Er zijn statische en dynamische biofilters (zie figuren 5.2.5 en 5.2.6). In een statische biofilter bevindt het dragermateriaal zich in een tank of vat.

Het afvalwater loopt er opwaarts of neerwaarts doorheen. Voorbeelden zijn de statische zandfilter en de 'trickling filter'. Bij de trickling filter wordt een tank vol dragermateriaal (kunststofringen of lavastenen) gestopt en het water bovenaan de filter verdeeld. Het beluchten gebeurt door het sijpelen van het water zodat er contact is tussen afvalwater en omgevingslucht.

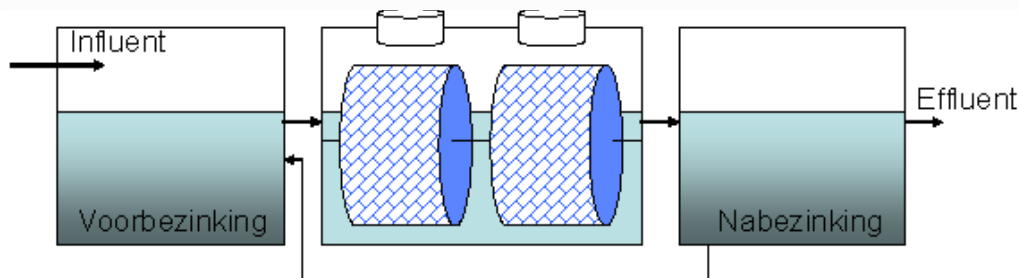
Bij ondergedompelde biofilters wordt het water van beneden naar boven gepompt. Bij een dynamische biofilter is het filterbed continu in beweging. Een voorbeeld hiervan is de continue zandfilter, waarbij het zand continu geregenereerd wordt. Er bestaan ook verschillende gefluidiseerde biofilters, waarbij zand, inert materiaal of actieve kool als dragermateriaal worden toegepast en door de opstroomsnelheid een gefluidiseerd bed vormen.



Figuur 5.2.5 Werkingsschema Trickling filter (www.emis.vito.be)



Figuur 5.2.6 Werkingsschema Fluidised bed (www.emis.vito.be)



Figuur 5.2.7 Werkingsschema Biorotor (www.emis.vito.be)

Biorotor

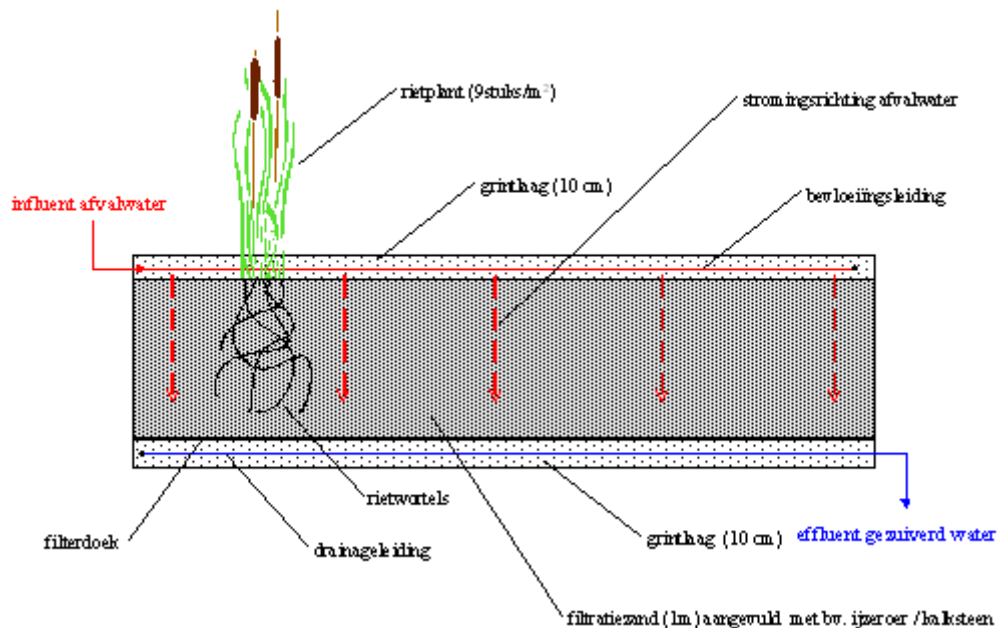
De biorotor in figuur 5.2.7 bestaat uit een trommel met binnenin een honingraatstructuur of vulmateriaal waarop de biofilm aanwezig is. Dit om een zo groot mogelijk oppervlak voor de biofilm te creëren. De trommel wordt gedeeltelijk ondergedompeld in een bak met afvalwater, waarbij de organische componenten geabsorbeerd en omgezet worden door de biofilm. Door middel van rotatie en contact met de open lucht vindt beluchting plaats. Vervolgens stroomt het afvalwater in een nabezinker waar het slib bezinkt. Biorotoren zijn ook geschikt voor nitrificatie. Nitrificerende micro-organismen groeien namelijk langzaam en door de immobilisatie in een biorotor kunnen deze micro-organismen goed standhouden. Voor volledige stikstofverwijdering is een extra denitrificatiestap noodzakelijk.

Plantensystemen

Plantensystemen bestaan voornamelijk uit natuurlijke producten gebaseerd op de zelfzuiverende processen van water, bodem en planten. Deze zuiveringssystemen maken geen gebruik van extra kunstmatige toevoer van energie of andere noodzakelijke stoffen. Plantensystemen worden opgedeeld in macrofytenbedden en helofytenfilters.

In het macrofytenbed gebeurt de zuivering door waterplanten (bv. waterhyacint, eendenkroos, etc.). Doordat meestal drijvende planten gebruikt worden, zijn de bekken ondiep. Om het afdrijven van de

planten door wind te voorkomen worden de bedden vaak gecompartmenteerd. Deze systemen worden eerder toegepast in warmere landen, omdat ze zeer seizoensgevoelig zijn.



Figuur 5.2.8 Principeschema Helofytenfilter (www.emis.vito.be)

Helofyten zijn planten die ingeworteld zijn in de bodem maar met een relatief groot deel boven de wateroppervlakte uitsteken, zoals in figuur 5.2.8 is weergegeven. Mattenbies, lisdodde en riet zijn de meest gebruikte planten voor deze filters. Riet heeft de voorkeur vanwege zijn gunstige eigenschappen voor waterzuivering. Door het uitgebreide wortelstelsel en de grote hoeveelheid biomassa heeft riet een groot leefoppervlak voor bacteriën en andere micro-organismen. Voor effectieve zuivering wordt een voorbezinker geplaatst om de zwevende stoffen te verwijderen. Dit voorkomt ophoping en eventueel verstopping van het systeem.

5.3 Selectie van technieken op basis van criteria

Uit de genoemde mogelijk geschikte zuiveringstechnieken in paragraaf 5.2 is met een criteriaset een vergelijking op een meer gedetailleerd niveau gemaakt. Hieruit is bepaald welke zuiveringstechniek(en) het meest geschikt is/zijn.

Er bestaan meer zuiveringstechnieken dan er in dit rapport genoemd zijn. De keuze voor de beschreven technieken is gemaakt op de complexiteit van de techniek, het bedieningsgemak en eenvoud. Bij Nij Beets zijn geen medewerkers beschikbaar die de tijd en/of de kennis hebben om ingewikkelde, eventueel storingsgevoelige, zuiveringstechnieken te bedienen en/of te onderhouden. Daarom moet een techniek bij voorkeur zo eenvoudig mogelijk, te automatiseren en betrouwbaar zijn. Zuiveringstechnieken die veel sensoren, pompen en computers bevatten, wat meer specialisme vraagt, zijn uit praktisch oogpunt minder geschikt. De beschreven technieken zijn met die achtergrond gekozen.

De voor- en nadelen van de beschikbare biologische zuiveringstechnieken zijn afgewogen per criteria van de locatie Nij Beets. De randvoorwaarden voor de criteria zijn in de voorgaande hoofdstukken bepaald. Een zuiveringstechniek dient te voldoen aan de meeste gestelde criteria en randvoorwaarden.

In paragraaf 5.2 zijn de volgende mogelijk geschikte conventionele zuiveringssystemen beschreven:

- bezinker
- Filtratiesysteem: zandfilter
- Actief slibsystemen: conventioneel actief slib systeem / SBR systeem / MBR systeem
- Slib op drager systemen: Trickling filter / fluidised bed / biorotor
- Plantensystemen: macrofytenfilter / helofytenfilter

Een bezinker is bij alle zuiveringssystemen noodzakelijk voor een goede werking van het zuiveringssysteem. Deze zuiveringstechniek wordt in het ontwerp toegepast. De overige technieken worden vervolgens afgewogen aan criteria en randvoorwaarden.

Tabel 5.3.1: Criteria zuiveringstechniek op Composteerterein Nij Beets

Criteria voor Nij Beets	Randvoorwaarden
1. Rendement/resultaten	- Effluent van zuivering moet voldoen aan de lozingseisen - Efficiëntie (biologisch moeilijk afbreekbaar afvalwater) - Betrouwbaarheid - Flexibiliteit (fluctuaties in concentraties)
2. Veiligheid	- Geen risico's voor personeel - Geen risico's voor de biologie/ecologie
3. Financieel realiseerbaar	- Aanschafprijs onder € 15.000,- (financiële optelsom) - Zuiveringskosten zo laag mogelijk
4. Inpasbaar op locatie	- Compact (systeem moet passen op het terrein) - Aan te schakelen in huidig afwateringssysteem - Optimaal verwerken van het influentdebiet (1,5 m ³ /dag)
5. Energie	- Lage kosten energie input (< € 100,- per jaar)
6. Onderhoud	- Onderhoudsarm (1 a 2 dagen per jaar) - Deskundigheid (geen gediplomeerd personeel beschikbaar) - Slibproductie (weinig slib geeft minder verwerkingstijd en-kosten)

* Uit de degradatietest blijkt dat het percolaatwater moeilijk afbreekbaar is

Tabel 5.3.1 geeft de prioritering weer van de criteria waaraan de zuiveringstechnieken worden afgewogen. Per criterium wordt nagegaan in welke mate deze zuiveringstechnieken voldoet aan de gestelde criterium en randvoorwaarden van de locatie Nij Beets.

Criterium 1 Rendementen van de zuiveringstechnieken

Uit de resultaten van de degradatietest bleek de organische componenten in het percolaatwater biologisch moeilijk afbreekbaar. Voor de randvoorwaarde efficiëntie dient een geschikte zuiveringstechniek de moeilijk biologisch afbreekbare componenten te kunnen behandelen.

Met individuele behandeling afvalwater systemen (IBA) voor huishoudelijk afvalwater zijn vanaf de jaren '90 vele ervaringen opgedaan. Tabel 5.3.2 geeft een indicatie van rendementen van een aantal IBA systemen weer. De IBA systemen behalen een gelijke rendement op het reduceren van CZV en BZV in huishoudelijk afvalwater. Voor de verwijdering van de nutriënten stikstof en fosfaten uit het huishoudelijk afvalwater verschillen de zuiveringstechnieken in effectiviteit en efficiëntie.

De gegevens geven een globale indicatie van verschillen in de rendementen tussen de systemen. Deze waarden zijn namelijk bepaald in 1999. In deze tijd was er nog maar weinig ervaring opgedaan met IBA-systemen.

Tabel 5.3.2 Rendement metingen IBA systemen in 1999

Parameters IBA-systeem	CZV (%)	BZV (%)	Kj-N (%)	N tot (%)	P tot (%)
septic tank		40	15		15
Filtratievoorziening	85-90	90-95	60-90	15-30	40-45
vloeiveld (helofyten)	90	90	10-15		10-15
vertikaal helofyten	80-95	90-99	70-90	40-90	80-95
biorotor	85-90	90-95	80-90	10-70	
submerged bed	90-95	95-98	80-90	20-70	
oxidatiebed	80-90	90-95	60-75	30-60	5-10
actiefslibsysteem	80-95	90-98	75-90	20-90	

Bron: Commissie Integraal Waterbeheer, CUWVO (januari 1999), *Individuele Behandeling van Afvalwater*

Wat opvalt uit tabel 5.3.2 is dat een verticaal doorstroomd helofytensysteem een zeer hoge rendement behaalt op het verwijderen van Stikstof-totaal en fosfaten in vergelijking met de overige IBA systemen. Dit systeem zou de nutriënten uit het percolaatwateroverschot van Nij Beets voldoende verwijderen om aan de lozingseisen te kunnen voldoen. De overige genoemde conventionele zuiveringssystemen dienen te worden aangevuld met andere techniek(en) voor voldoende verwijdering van nutriënten, waardoor kosten hoger zullen uitvallen. Ook uit het rapport 'Rapportage Effluentkwaliteit IBA systemen gemeente De Wolden' (maart 2012) blijken helofytenfilters in vergelijking met compactsystemen hogere rendementen te behalen.¹⁸

Rendement zandfilters

Belangrijk voordeel van een zandfilter (filtratievoorziening) is de eenvoudige installatie waarmee in vele gevallen een aanzienlijk rendement kan worden verkregen in de verwijdering van zwevende stof. Naast zwevende stoffen worden o.a. CZV, BZV, organisch gebonden stikstof en fosfaat uit het afvalwater verwijderd, echter niet in voldoende mate om te voldoen aan de lozingseisen voor Composteerterrein Nij Beets (zie hoofdstuk 4). Uit tabel 5.3.2 is de gestelde rendement van stikstofverwijdering ten hoogste 30% voor een IBA filtratievoorziening. Soms moeten metaalzouten worden toegevoegd om het rendement van de zandfilter op te drijven. Een zandfilter op Nij Beets voldoet niet aan de gestelde randvoorwaarden voor het criterium rendement.

Rendement actief slib systemen

Actief slib systemen worden in de geraadpleegde literatuur¹⁹ gezien als robuust, flexibel en kosteneffectief. Een brede range van influent concentraties aan organische componenten kan worden behandeld. Een actief slib systeem is flexibel en kan een goed zuiveringsresultaat behalen bij een beperkt wisselende samenstelling en/of aanvoer van het influent. Uit hoofdstuk 3 blijkt echter dat de samenstelling van het percolaatwater kan fluctueren. Voor de toepassing van een actief slibstelsel is goed biologisch afbreekbaar afvalwater vereist. Uit de biodegradatietest bleek het percolaatwater echter moeilijk afbreekbaar. Het is daardoor niet zeker of een actief slib systeem kan voldoen aan de randvoorwaarden van het criterium rendement.

Rendement slib op drager systemen

Slib op drager systemen zijn geschikt voor de behandeling van afvalwater met relatief lage concentraties CZV en stikstof (N).²⁰ De verwijdering van BZV en stikstof uit huishoudelijk afvalwater is gemiddeld meer dan 85%, afhankelijk van de verhouding BZV/N in het afvalwater en de verblijftijd in het slib op drager systeem.

Trickling filter systemen worden ook toegepast als eerste stap in de biologische zuivering voor de afbraak van goed afbreekbare componenten. Hydraulische pieken en hoge concentraties leiden tot vermindering van de effluentkwaliteit in biofilters. Aan de randvoorwaarde flexibiliteit wordt daarom niet voldaan. Bij nitrificatie in slib op drager systemen is meestal verdere behandeling van nitraten nodig met andere zuiveringstechnieken. Slib op drager systemen voldoen slechts aan enkele randvoorwaarden van het criterium rendement.

Rendement plantensystemen

Plantensystemen zijn in eerste instantie bedoeld voor de verwijdering van zwevende stoffen en organische belasting (CZV en BZV). Het is mogelijk om plantensystemen als tertiaire zuivering te dimensioneren op verregaande verwijdering van zwevende stoffen, rest-BZV en fosfaat. Bijvoorbeeld verticaal doorstroomde helofytenfilters, genoemd in tabel 5.3.2, kunnen toegepast worden voor de verwijdering van de componenten. De indicatief genoemde rendementen bij zuiveren van huishoudelijk afvalwater zijn met CZV 80-95%, BZV 90-99%, ZS 70-90%, N >50% en P 80-95% voldoende om aan de lozingseisen te voldoen wanneer dit bij het zuiveren van het percolaatwater wordt behaald. Het zuiveringsrendement is sterk afhankelijk van de dimensionering, bij hoge belasting van een plantensysteem is het rendement lager.

¹⁸ Waterschap Reest en Wieden (maart 2012). *Rapportage Effluentkwaliteit IBA systemen gemeente De Wolden*

¹⁹ STOWA (2007). *Het actief slibproces de mogelijkheden en grenzen*

²⁰ Vlaams Gewest, Energie en milieu-informatiesysteem, geraadpleegd dd. 12-3-2013 op:
<http://www.emis.vito.be/techniekfiche/slib-op-drager-systemen>

De zuiveringsefficiëntie van plantensystemen kennen een seizoensgebonden verloop. In de zomer en herfst is een maximale bacteriële en vegetatieve activiteit. Tijdens de wintermaanden en de lente kan het rendement verlagen met 40-50%. Er kan kalk, Fe- of Al-krullen worden toegevoegd aan het filterbed om fosfaten te verwijderen.²¹ Een plantensysteem gedimensioneerd op verregaande verwijdering van CZV, zwevende stoffen en nutriënten zal waarschijnlijk voldoen aan de lozingseisen en daarmee ook aan alle randvoorwaarden van het criterium rendement. De rendementsbepalingen in tabel 5.3.2 zijn op basis van huishoudelijk afvalwater. Het rendement voor het moeilijk afbreekbare percolaatwater (3.6 biodegradatietest) zal naar alle waarschijnlijkheid afwijken. In welke mate dit het geval is zal onderzocht moeten worden. In de wintermaanden kan op Nij Beets het percolaatwater gebufferd worden in het bassin, als blijkt dat in deze periode niet wordt voldaan aan de lozingseisen.

Criterium 2 Veiligheid

De in paragraaf 5.2 genoemde conventionele zuiveringstechnieken zijn veilig voor zowel personeel als de biologie en ecologie van het oppervlaktewater. Alle geselecteerde zuiveringstechnieken voldoen aan de randvoorwaarden van het criterium veiligheid voor Nij Beets. Een zuiveringstechniek met een groter risico voor de biologie/ecologie, welke in de kruistabel in bijlage IX is genoemd, is chemische oxidatie. In de voorselectie in paragraaf 5.2 is de techniek al ongeschikt bevonden door risico op overdosering.

Criterium 3 Financieel realiseerbaar

Naast de aanschaf van een zuiveringssysteem kost ook de aanleg enkele honderden tot duizenden euro's. Dit bedrag is sterk afhankelijk van de hoeveelheden leidingwerk en graafwerk die moeten worden verricht.²² Een groot deel van de grondwerkzaamheden kan door Nij Beets zelf uitgevoerd worden, waardoor de aanlegkosten lager uitvallen.

Inschatting kosten zandfilter

De investeringskosten voor een zandfilter is (indicatief) tussen € 5.000,- en € 15.000,-²³, dit valt binnen de randvoorwaarde. Echter zal voor stikstofverwijdering aanvullende zuiveringstechnieken nodig zijn, zoals beluchtingstanks en ruimtes met anaerobe zones voor nitrificatie en denitrificatie, waardoor extra kosten gemaakt moeten worden om te voldoen aan de lozingseisen.

Inschatting kosten actief slibsystemen

Het actief slib proces is een relatief eenvoudig proces dat in veel gevallen automatisch wordt gestuurd. Er is echter wel frequent toezicht noodzakelijk om het zuiveringsproces te evalueren en bij te sturen. Een IBA-systeem dat voldoet aan klasse II of III met een capaciteit van 4- 6 v.e. kost tussen de € 2.000,- en € 6.000,-²⁴. De kosten voor een actief slib systeem voor de benodigde 30 v.e. op Nij Beets zal naar schatting minimaal tweemaal hoger zijn. De investeringskosten kunnen binnen de financiële randvoorwaarde vallen. De onderhoudskosten zijn vergeleken met de andere geselecteerde zuiveringstechnieken het hoogst door de vele onderdelen welke slijtage, verstoppingen en technische storingen kunnen ondervinden. Daarnaast moet een deskundig persoon frequent het systeem nalopen, waardoor hoge arbeidskosten ontstaan. Voor een debiet van 1,5 m³ per dag op Nij Beets zijn de onderhoudskosten van een actief slib systeem hoog. Het zal in vergelijking met de andere genoemde zuiveringstechnieken niet voldoen aan de randvoorwaarde van onderhoudskosten.

Inschatting kosten slib op drager systemen

De investeringskosten voor de meeste slib op drager systemen zijn voor de toepassing op Nij Beets te hoog. Bijvoorbeeld een biorotor met een bezinker voor behandeling van 10 m³/dag met een CZV van 2500 mg/l bedraagt de investering ongeveer € 65.000,-.²⁵ Naar schatting zal een biorotor voor een kleiner debiet, zoals voor Nij Beets, minimaal € 20.000,- kosten. Voor een trickling filter als een IBA-

²¹ STOWA (aug. 2005), 2005-19 *Vergaande verwijdering van fosfaat met helofytenfilters*

²² Debets F. (update juli 2012), geraadpleegd dd 12-5-2-13 op <http://ibahelpdesk.nl>

²³ NAHB Research Center, Sand Filters, geraadpleegd dd 23-5-2013 op: www.toolbase.org

²⁴ Debets F. (2009), *Individuele behandeling van afvalwater : handboek 2009/2010*, p 64

²⁵ Vlaams Gewest (2006), *Case industrieel afvalwater van grafische sector*

systeem zijn de aanschaffkosten ongeveer € 10.000,-.²⁶ Alleen een trickling filter kan voldoen aan de financiële randvoorwaarden van Nij Beets.

Inschatting kosten plantensystemen

De investeringskosten voor een plantensysteem van 4-5 v.e. voor huishoudelijk afvalwater liggen meestal tussen de € 10.000,- en € 20.000,-.²⁷ Voor Nij Beets is een groot plantensysteem vereist, welke naar schatting meer zal bedragen. Op deze kosten is overigens aanzienlijk te besparen, door een deel van de aanleg van het systeem zelf ter hand te nemen.²⁸ Op Nij Beets beschikt men over graafmachines en systeemonderdelen als zand en grind. Door zelf de aanleg van een plantensysteem uit te voeren zal ruim worden voldaan aan de financiële randvoorwaarden. Eens per jaar dient een grondig onderhoud te gebeuren aan het plantensysteem.²⁹ Deze onderhoudswerkzaamheden kosten niet veel omdat het door een werknemer van Nij Beets zelf kan worden uitgevoerd.

Criterium 4 Inpasbaar op locatie Nij Beets

Op Nij Beets is voldoende ruimte aanwezig om een van de genoemde biologische zuiveringstechnieken te plaatsen. De zuiveringstechnieken met de grootste inname van oppervlakte zijn de plantensystemen. Bij sterke variatie van het afvalwater in concentratie of debiet is een buffertank noodzakelijk om deze pieken af te vlakken.

Inpasbaarheid zandfilter

Om de belasting op de filter te beperken, wordt voor zwaar beladen afvalwater (veel zwevende en bezinkbare stoffen) een voorafgaande bezinkingsstap toegepast. Hierdoor wordt veelvuldig terugspoelen van de zandfilter vermeden. Bij een zandfilter is voorafgaand een bezinker nodig, daarna is een overige zuiveringstechniek nodig voor stikstofverwijdering. De volledige installatie is aan te schakelen in het huidige afwateringssysteem en voldoet ook aan de overige randvoorwaarden voor omvang, debiet en continu proces.

Inpasbaarheid actief slibsystemen

Alle actief slib systemen zijn in vergelijking met de overige zuiveringssystemen zeer compact. Het is direct aan te schakelen in het huidige afwateringssysteem. Echter kan de efficiëntie van de actief slib systemen sterk worden beïnvloed door de fluctuaties in concentraties van de componenten in het percolaatwater. Een extra bezinker als voorgaande stap zal de fluctuaties doen afnemen. Actief slib systemen voldoen wel aan de overige gestelde randvoorwaarden voor het criterium inpasbaarheid in tabel 5.3.1.

Inpasbaarheid slib op drager systemen

Slib op drager systemen voldoen net als de voorgaande zuiveringssystemen aan de meeste randvoorwaarden van het criterium inpasbaarheid op Nij Beets. Dit voornamelijk omdat voldoende ruimte op de locatie aanwezig is.

Inpasbaarheid plantensystemen

In het algemeen zijn de nadelen van plantensystemen de langere startfase voordat een volwaardig wortelstelsel is opgebouwd en de benodigde vrije ruimte. Dit is relatief groot, bijvoorbeeld 5 m²/v.e. voor een horizontaal doorstroomde rietveld. Daarnaast is de zuiverende werking seizoensafhankelijk. Echter voor Nij Beets is voldoende ruimte aanwezig voor het aanleggen van een plantensysteem. Er is een percolaatwaterbassin aanwezig en het percolaatwater wordt op de composthopen gespoten. Een langere startfase van de zuiveringssysteem hoeft daardoor geen beperkende factor te zijn omdat het percolaatwateroverschot opgevangen kan worden. Plantensystemen voldoen aan de gestelde randvoorwaarden voor het criterium inpasbaarheid. Er zijn geen aanvullende zuiveringstechnieken nodig en een plantensysteem ziet er natuurlijk uit. Daardoor is de inpasbaarheid niet alleen praktisch

²⁶ Obropta C. (jan. 2005), RUTGERS COOPERATIVE RESEARCH & EXTENSION, *Factsheet, OWTS*

²⁷ Debets F. (2009), *Individuele behandeling van afvalwater : handboek 2009/2010*

²⁸ Dien, F. van, geraadpleegd dd 24-4-2013 op: <http://ecofyt.nl/>

²⁹ Vlaams Gewest, energie en milieu-informatiesysteem, geraadpleegd dd 3-4-2-2013 op: <http://www.emis.vito.be/techniekfiche/kleinschalige-biologische-zuivering#ftn1>

geschikt, maar ziet het er ook 'natuurlijk' uit. Dit kan een positief 'imago' effect opleveren voor Nij Beets, omdat composteerterreinen met uitsluitend natuurlijke/organische stromen werken.

Criterium 5 Energie

Nadelen van actief slibsystemen zijn de hoge kosten voor energie en de verwerking en afvoer van het slib. De randvoorwaarde van € 100,- per jaar zal met een actief slib systeem ruim worden overschreden. De zandfilter en het slib op drager systeem hebben minder hoge energiekosten, maar het is niet zeker of de energiekosten aan de randvoorwaarde kunnen voldoen. Vanwege het geringe energieverbruik (alleen verpompen) is een plantensysteem een aantrekkelijke techniek voor kleinschalige afvalwaterzuivering op Nij Beets.

Criterium 6 Onderhoud

In de praktijk blijkt dat opvolging van onderhoud zeer belangrijk is om goede zuiveringsresultaten te bereiken en blijken gebruikers van een IBA voor de behandeling van huishoudelijk afvalwater daar vaak onvoldoende mee bezig te zijn. Een autonome werking (een goede werking zonder veel tussenkomst van de gebruiker of leverancier) is dan ook een zeer belangrijk punt bij de keuze van een zuiveringssysteem op Nij Beets.³⁰

Onderhoud aan zandfilter

Een zandfilter heeft enig onderhoud nodig. Een nadeel van zandfiltratie is het spoelwater dat ontstaat bij het reinigen van de zandfilter. Dit zwaar vervuild water moet verder behandeld of afgevoerd worden. Enige deskundigheid van personeel is ook nodig voor goede werking en onderhoud van het zuiveringssysteem. De zuiveringstechniek voldoet daardoor niet aan de randvoorwaarden van het criterium onderhoud.

Onderhoud aan actief slib systemen

Een actief slib systeem is een vrij eenvoudige technologie maar vereist toch regelmatig toezicht en opvolging van de belangrijkste procesparameters (bezinking, belasting, enz.). Een verregaande optimalisatie van de procesregeling kan in de meeste gevallen worden bereikt. Onderhoud aan de installatie is beperkt vergeleken met een RWZI, mede omdat mechanische onderdelen zoals slibschrapers of ruimers niet nodig zijn in kleine installaties. Toch zijn er onderdelen die aan slijtage onderhevig zijn. Enige deskundigheid van het personeel is ook vereist voor een goede werking van de systemen. Deze zal niet in voldoende mate aanwezig zijn op Nij Beets. Inhuren van deskundigen is niet gewenst. Deze systemen voldoen niet aan de gestelde randvoorwaarden voor het criterium onderhoud, omdat bij toepassing van het systeem extra investering nodig is voor opleiding of inhuren van deskundig personeel.

Onderhoud aan slib op drager systemen

Bij slib op drager systemen dient men verstopping van het dragermateriaal te voorkomen. Dit kan vermeden worden door voorbezinken of een gepaste reinigingscyclus van de filter toe te passen (bv. net als het terugspoelen van statische zandfilters). Er is nagenoeg geen bediening noodzakelijk. Een slib op drager systeem is een eenvoudige zuiveringstechniek en is volledig automatiseerbaar. Het voldoet daardoor aan de meeste gestelde randvoorwaarden van de criterium onderhoud voor Nij Beets.

Onderhoud aan plantensystemen

Plantensystemen zijn aantrekkelijk voor kleinschalige afvalwaterzuivering op Nij Beets. Het systeem vergt namelijk in vergelijking met de andere systemen zeer weinig onderhoud of controle. Er is geen slibproductie.³¹ Het onderhoud is vrij simpel, wat door de het personeel op Nij Beets zelf uitgevoerd kan worden. Het voldoet aan alle randvoorwaarden van het criterium onderhoud.

³⁰ Vlaamse Overheid, Landbouw en Visserij, geraadpleegd dd 25-5-2013 op:
<http://lv.vlaanderen.be/nlapps/docs/default.asp?fid=388>

³¹ Vlaams Gewest, energie en milieu-informatiesysteem, geraadpleegd dd 8-4-2-2013 op:
<http://www.emis.vito.be/techniekfiche/kleinschalige-biologische-zuivering>

Samenvatting afweging zuiveringstechnieken

Tabel 5.3.3: Samenvatting afweging zuiveringstechniek voor Composteerterein Nij Beets

<i>Zuiveringstechniek</i>				
<i>Criteria</i>	Zandfilter	Actief slib systemen	Slib op drager systemen	Planten systemen
1. Rendement	O	+	+	+
2. Veiligheid	+	+	+	+
3. Financieel realiseerbaar	O	+	O	++
4. Inpasbaar op de locatie	+	+	+	++
5. Energie	+	-	+	++
6. Onderhoud	-	--	+	++

Met betrekking tot het betreffende criterium: ++ voldoet aan alle randvoorwaarden
+ voldoet aan meeste randvoorwaarden
O voldoet aan enkele randvoorwaarden
- voldoet niet aan randvoorwaarden
-- voldoet negatief aan randvoorwaarden

In tabel 5.3.3 is een samenvatting van beschreven zuiveringstechnieken en criteria. Uit de vergelijking is op te maken dat een plantensysteem het meest voldoet aan de gestelde criteria. Dit is van de genoemde zuiveringssystemen de meest geschikte zuiveringssysteem voor Nij Beets. Een slib op drager systeem voldoet aan een aantal gestelde criteria en randvoorwaarden. De zandfilter en actief slib systemen blijken minder geschikt voor Nij Beets. Zij voldoen niet of nauwelijks aan enkele gestelde criteria. Deze systemen zijn met name niet realiseerbaar doordat ze niet voldoen aan een aantal financiële randvoorwaarden. Ook kosten deze systemen veel onderhoud.

5.4 Conclusie keuze zuiveringssystemen

De aanschafprijs van slechts enkele kleinschalige zuiveringstechnieken vallen binnen het budget. Het uitgangspunt voor de maximale aanschafprijs is in dit onderzoek bepaald op € 15.000,-. Omdat een zandfilter en slib op drager systeem niet alle kritische componenten uit het percolaatwater kunnen verwijderen, zijn aanvullende zuiveringstechnieken nodig waardoor zowel aanschaf- als onderhoudskosten hoger uitvallen. Een actief slib systeem kan zo gedimensioneerd worden dat alle kritische componenten in het percolaatwater kunnen worden verwijderd. Echter zijn hier hoge installatiekosten en energiekosten mee gemoeid. Alleen een plantensysteem kan zo gedimensioneerd worden dat de aanschaf en onderhoudskosten laag blijven en het gewenste resultaat kan worden behaald.

Een geschikte zuiveringsysteem voor het percolaatwateroverschot op Nij Beets is een plantensysteem. Op de locatie is ruimte aanwezig om een dergelijke zuiveringssysteem te plaatsen. Een plantensysteem kan hoge rendementen op de kritische parameters in het percolaatwateroverschot behalen. Dit met de minste inspanning van personeel, laagste energiekosten en laagste onderhoudskosten in vergelijking met andere zuiveringssystemen. Omdat een installatie niet per se door een ander bedrijf 'Turn key' (volledig geïnstalleerd) afgeleverd hoeft te worden, kan op locatie Nij Beets zelf de installatie worden opgebouwd. Er bestaat namelijk de mogelijkheid dat een extern bedrijf het ontwerp maakt en begeleiding verzorgt tijdens de aanleg. Specifieke onderdelen van het systeem (vulling van het filterbed, elektronica voor de pomp, of het bevoeiingsysteem) kunnen worden geplaatst door een extern bedrijf, waarbij de rest van het werk door Nij Beets wordt verricht.³²

De plantensystemen zijn in paragraaf 5.5 verder uitgewerkt om te bepalen welke plantensysteem de meest efficiënte biologische zuivering zal zijn onder de laagste kosten. Het meest efficiënte plantensysteem is in hoofdstuk 6 gedimensioneerd voor de locatie Nij Beets.

5.5 Keuze type plantensysteem

Natuurlijke waterzuiveringen worden opgedeeld in macrofytenbedden en helofytenfilters. In het macrofytenbed gebeurt de zuivering door waterplanten (bv. waterhyacint, eendenkroos, etc.). Uit de

³² Dien, F. van, geraadpleegd dd 25-4-2013 op: www.ecofyt.nl

theorie zijn hiervan geen rendementen bekend. Tot nu toe worden macrofytenbedden vooral in combinatie met helofytenfilters gebruikt, en dan vooral als er sprake is van “dood” water, zoals bij effluënten van rwzi.³³

Helofyten zijn planten die ingeworteld zijn in de bodem maar met een relatief groot deel boven de wateroppervlakte uitsteken. Riet heeft een groot leefoppervlak voor bacteriën en andere micro-organismen. Deze zorgen voor een aanzienlijk deel van de zuiverende werking.

De verwijdering van verontreinigingen is een combinatie van de volgende processen:

- opname in de planten (o.a. stikstof en fosfaat);
- bacterie omzettingen in de wortelzone (BZV, CZV en ammoniumstikstof en nitraatstikstof);
- filtratie (onopgeloste bestanddelen) en chemische vastlegging (fosfaat).

Voor de effectieve zuivering wordt een voorbezinker geplaatst om de zwevende stoffen te verwijderen. Dit voorkomt ophoping en eventueel verstopping van het systeem.

Er bestaan drie types van helofytenfilters:

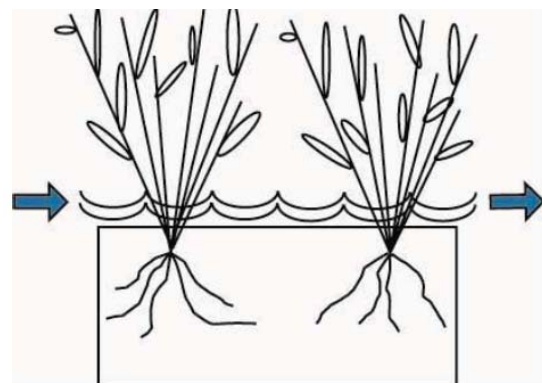
- vloeivelden: helofytenfilters met oppervlaktestroming;
- wortelzone-velden: helofytenfilters met horizontale stroming;
- percolatievelden of infiltratievelden: helofytenfilters met verticale stroming.

De drie typen filters onderscheiden zich van elkaar door het verschil in de weg van het afvalwater door het filter. Het water in een vloeiveld is meer zichtbaar dan bij een verticaal doorstroomde helofytenfilter of horizontaal doorstroomde helofytenfilter. Het water in een vloeiveld staat namelijk permanent 20 tot 50 cm boven maaiveld, zoals weergegeven in figuur 5.5.1. Bij een verticaal doorstroomde helofytenfilter en horizontaal doorstroomde helofytenfilter wordt het water periodiek onder de grond ingebracht. Het verschil tussen een verticaal doorstroomde helofytenfilter en een horizontaal doorstroomde helofytenfilter is de weg die het water in de grond aflegt. Bij een verticaal doorstroomde helofytenfilter wordt het water net onder maaiveld in de grond gebracht waarna het verticaal in de grond zakt en het onderaan weer wordt opgevangen. Het horizontaal doorstroomde helofytenfilter daarentegen werkt horizontaal. Het water stroomt via de holten die door afstervende wortels van de helofyten zijn gevormd.

Een belangrijk verschil tussen de drie typen ligt in de benodigde ruimte van de systemen. In de praktijk is gebleken dat de verhouding van de benodigde ruimte 1:2:10 te gebruiken is voor verticaal doorstroomde helofytenfilter : horizontaal doorstroomde helofytenfilter : vloeiveld.³⁴ Verticaal doorstroomde helofytenfilters vereisen minder grond in vergelijking met horizontale doorstroomde helofytenfilters, maar vereisen wel meer onderhoud.

Vloeiveld

Bij een vloeiveld wordt het influent vertraagd en verspreid over het vloeiveld waarin helofyten aanwezig zijn. Zwevende stof wordt verwijderd door bezinking en filtratie. Microbiële groei aan de helofyten of zwevende bacteriën zijn verantwoordelijk voor de verwijdering van oplosbare organische componenten. Door deze wijze zijn de onderhoudskosten zeer laag en kunnen schommelingen in debieten en piekbelastingen worden opgevangen. Een nadeel tegenover de andere typen plantensystemen is het lagere zuiveringsrendement. De zuurstof-inbreng is beperkt vergeleken met een verticaal helofytenfilter.

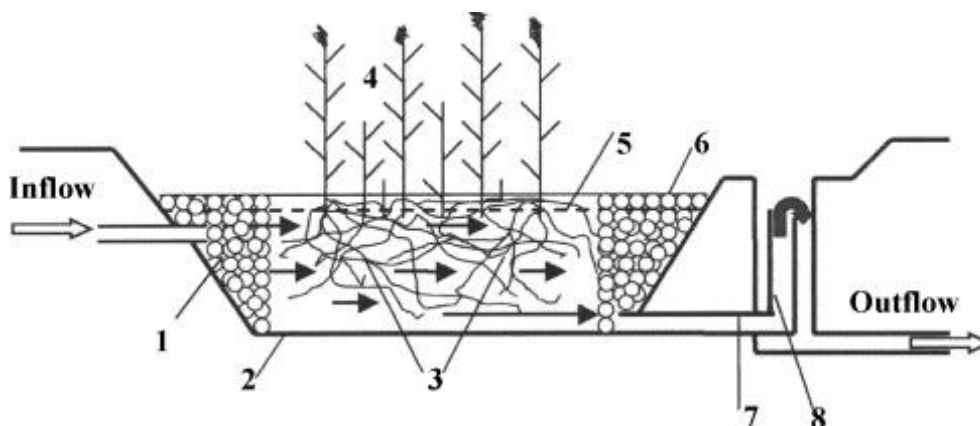


Figuur 5.5.1 Schema van een vloeiveld

³³ Spoelstra J. & Truijten G. (maart 2011), *Handboek groene waterzuivering*

³⁴ Berns J. en Bruinenberg J. (juni 2002), *Handboek ruimtelijke inrichting helofytenfilters*, p 16

Horizontaal doorstroomde helofytenfilter



Figuur 5.5.2 Schema van een horizontaal doorstroomde helofytenfilter (Vymazal, 2005)

1, de distributie-zone gevuld met grote stenen, 2, ondoordringbare ondergrond, 3, filtratie medium (grind, zand), 4, vegetatie, 5, waterpeil in het bed, 6, verzamelpunt gevuld met grote stenen, 7, inzameling drainage pijp; 8, uitlaat structuur voor de handhaving van het waterpeil in het bed.

Een veel gebruikte concept van helofytenfilters in Europa is de horizontaal doorstroomde helofytenfilter (fig 5.5.2). Het ontwerp bestaat meestal uit een rechthoekig bed beplant met de riet (*P. australis*) en bekleed met een ondoordringbare folie. Voorbehandelde (voorbezonden) afvalwater wordt toegevoerd bij de inlaat en gaat langzaam door de filtratiebed. Het water blijft onder het oppervlak van het bed in een min of meer horizontale baan tot het einde van het bed. Hier bereikt het water het verzamelpunt waarna het richting drainage gaat. In een horizontaal doorstroomde filter (vloeiveld) stroomt het water continu door het filter heen, waardoor de zuurstofinbreng in het zandbed beperkt is. Hierdoor verloopt de nitrificatie minder goed dan in een verticaal doorstroomde filter.

Verticaal doorstroomde helofytenfilter

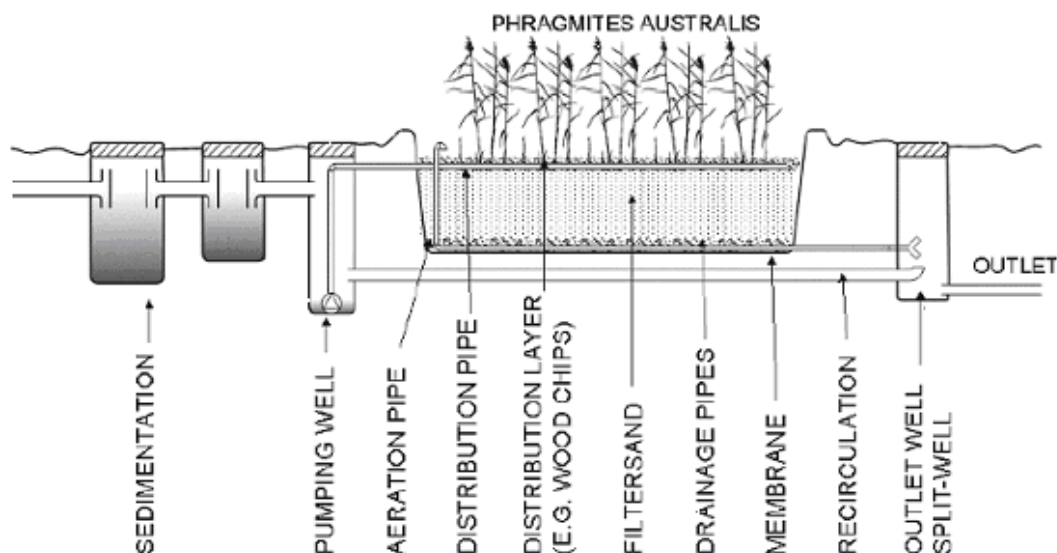


Fig. 5.5.3 Principe verticaal doorstroomde helofytenfilter (Verhoeven, 2006)

In figuur 5.5.3 is de werking van een verticaal doorstroomde helofytenfilter weergegeven. Het is een systeem waarbij het afvalwater via aan- en afvoerdraains verticaal door een filterpakket wordt geleid. Hierdoor werkt het systeem als een fysisch filter en komt het afvalwater beter in contact met het bodemmateriaal met daarin de bacteriën. De afvalwatertoevoer aan het systeem vindt slechts enkele keren per dag plaats, waardoor aërobe en enigszins anaërobe bodemcondities ontstaan. Het gezuiverde water wordt aan de onderzijde afgevoerd naar een pompput. De wegzakkende waterlaag

trekt verse lucht achter zich aan en verdringt de aanwezige 'verbruikte' lucht. Hierdoor verloopt de nitrificatie relatief goed.³⁵ Verticaal doorstroomde helofytenfilters zorgen bij huishoudelijk afvalwater voor een goede verwijdering van organische en zwevende stoffen. Verwijdering van fosfaat is laag tenzij er een speciale filter materiaal met sterke sorptie capaciteit wordt gebruikt.³⁶ Het zandbed kan worden verrijkt met hulpstoffen als zeoliet, ijzervijzel, schelpengrit of stro. Een ander medium is bijvoorbeeld Leca (licht kleikorrels) die met succes gebruikt zijn in Noorwegen, Estland en Portugal.³⁷ Wanneer het helofytenfilter verzadigd raakt met fosfaat, moet het zandbed afgevoerd worden.

Voorbeelden verticaal doorstroomd helofytenfilters

In het 'Handboek groene waterzuivering' zijn twee voorbeelden genoemd van verticale helofytenfilters op melkveebedrijven. Het te behandelen afvalwater uit percolatie, perssappen en erfafspoeling heeft enige overeenkomsten in kritische componenten en debieten met het percolaatwater van Nij Beets. Deze voorbeelden zijn overgenomen en hieronder beschreven.

Woning en rundveestal melkveehouderij Maatschap van Oirschot te Boxtel³⁸

In 1994 is het allereerste verticaal doorstroomde helofytenfilter van Nederland aangelegd. Het betrof een pilot met het afvalwater van een melkveebedrijf met 87 melkkoeien en een woonhuis met 5 personen. De grootte van het filter is 45 m² en het dagdebiet aan afvalwater bedraagt circa 1,5 m³/dag. Het helofytenfilter is gestoeld op een Duits model (het is gevuld met fijn zand) maar daaraan zijn diverse wijzigingen toegevoegd, waarmee het wel het Nederlandse type genoemd zou mogen worden. Bijvoorbeeld: bovenop een infiltratielaag met grind en injectie per m², onderin een drainagelaag met grind en worteldoek als afscheiding: het was allemaal nog niet eerder toegepast. Veel van de nieuwe ideeën van dit filter zijn later opgenomen in de richtlijnen m.b.t. de aanleg en certificering van helofytenfilters.

Het Waterschap de Dommel financierde de realisatie en was meteen na de eerste analyses zeer enthousiast. H. Hartjes introduceerde als eerste de term "bewezen techniek", met betrekking tot de resultaten van dit helofytenfilter en de resultaten die in deze periode internationaal vrijkwamen.

Woning en melkveehouderij Maatschap Duiven-Spijkerman, Wapserveen³⁹

In 1995 is in Wapserveen een helofytenfilter pilot gedaan, een samenwerkingsverband van de provincie Drenthe, de gemeenste Wapserveen, ECOFYT en Bureau Witteveen en Bos. Het ging over twee projecten, dit tweede betreft huishoudelijk afvalwater (zwart en grijs) en melkspoelwater (bedrijfs grootte: 70 stuks melkvee en 50 stuks jongvee). De voorbezinking gebeurt in septic tank, vetafscheider en een bezinkput voor de melkstal, het filter is wederom van het verticaal doorstroomde type. Ook dit filter is, na zestien jaar, nog steeds in gebruik en heeft, ondanks de zeer open ligging, een Elfstedentocht winter probleemloos doorstaan. Het filter wordt door de gebruikers zelf beheerd en zij zeggen: "Het kost niet veel werk, is eenvoudig te doen en het kost ook niet veel geld. Natuurlijk zijn de pompen in die zestien jaar niet meer dezelfde maar: we gebruiken nog steeds het gezuiverde water om het loopgedeelte van de stallen te spoelen en we zijn er zeer tevreden mee. Wel hebben we wat last van Haagwinde als onkruid in het filter en daar is niet veel tegen te doen, op biologische wijze".

Nadat dit filter drie jaar gemonitord was, heeft Bureau Witteveen en Bos een evaluatie geschreven. De verwijderingspercentages waren uitstekend echter de fosfaatbinding liep terug in die tijd. Later is men ijzerdeeltjes gaan gebruiken om die fosfaatvastlegging duurzamer te maken, maar zo iets kon hier niet achteraf worden toegepast, het zou een te grondige ingreep zijn. In een tweede

³⁵ Cooper P.F. et al. (1996), *Reed beds and Constructed Wetlands for Wastewater Treatment*

³⁶ Mæhlum en Jenssen (1998), *Leachate treatment in extended aeration lagoons and constructed wetland in Norway*. In *Constructed Wetlands for the treatment of landfill leachate*, pp 151-163

³⁷ Spoelstra J. & Truijten G. (maart 2011), *Handboek groene waterzuivering*, p 76

³⁸ Hartjes H. en M.S.M. Geurts van Kessel (1997), *"Een verticaal helofytenfilter voor afvalwater afkomstig van woning en rundveemelkstal"*

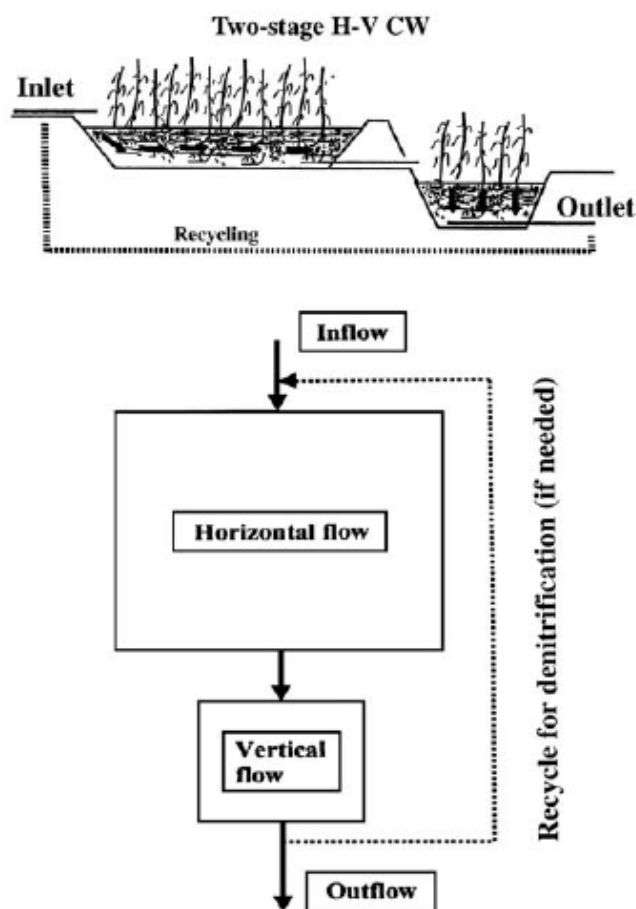
³⁹ Bron: de gebruikers en F.v.Dien, ECOFYT

bemonsteringscyclus, twee jaar later (het project “IBA’s in beeld”) bleek dat de stikstofomzetting nog verder toenomen was, naar mate het filter meer volwassen werd.

Beide voorbeelden zijn verticaal doorstroomde helofytenfilters op locaties met gelijksoortige kenmerken van het ontstaan van het afvalwater als op locatie Nij Beets. Het debiet van het influent op de locatie van Maatschap van Oirschot te Boxtel is bijna dezelfde als Nij Beets. Naar verwachting zijn de kritische componenten in het afvalwater op de bovengenoemde locaties dezelfde als in het percolaatwateroverschot op Nij Beets. Daarentegen is het percolaatwater biologisch slechter afbreekbaar dan huishoudelijk afvalwater. Er kan niet worden aangenomen dat deze voorbeelden representatief zijn voor de situatie op Nij Beets. Op de locatie van Maatschap Duiven-Spijkerman te Waperveen blijkt uit de evaluatie het verticaal doorstroomde helofytenfilter goed te werken, mits aan het filter ijzerdeeltjes wordt toegevoegd om de fosfaatvastlegging duurzamer te maken. Dit zal voor de dimensionering van het zuiveringsstelsel op Nij Beets moeten worden meegenomen.

Hybride helofytenfilters

Afzonderlijke geconstrueerde typen van helofytenfilters kunnen meestal geen hoge verwijdering van stikstof-totaal bereiken vanwege de beperking om zowel aërobe als anaërobe zones in het systeem te op te nemen. Het grootste verschil tussen een verticaal en een horizontaal doorstroomde helofytenfilter is niet de richting van de stroming, maar de aërobe omstandigheden. De hoeveelheid zuurstof is veel groter in een verticaal doorstroomde helofytenfilter.⁴⁰ Verticaal doorstroomde helofytenfilters verwijderen goed ammonium, maar de denitrificatie is beperkt. Horizontaal doorstroomde helofytenfilters bieden goede voorwaarden voor denitrificatie, maar het nitrificeren is beperkt. Daarom kunnen de verschillende soorten helofytenfilters worden gecombineerd, zoals weergegeven in figuur 5.5.3 (hybride systemen) met elkaar om de specifieke voordelen van de individuele systemen te benutten.



Figuur 5.5.3 Werkingsschema hybride doorstroomde helofytenfilter (J. Vymazal, 2005)

Conclusie

Vanwege het zuiveringsdoel van het percolaatwateroverschot en uit de bevindingen in hoofdstuk 3 en hoofdstuk 4 wordt voor Nij Beets gekozen voor een verticaal doorstroomde helofytenfilter. Het is het meest geschikt, omdat het zuiveringsrendement voor Nij Beets naar alle waarschijnlijk voldoende is met betrekking tot de lozingseisen. Daarnaast is het de meest compacte plantensysteem en heeft dit systeem door direct inbrengen in het filter onder maaiveld het minste stank/ongedierte van de plantensystemen. Het is wel het meest technische systeem, maar ook het meest betrouwbare van de afzonderlijk geconstrueerde plantensystemen. Met dit systeem kan mogelijk ook de

⁴⁰ Tilley, Lüthi, Morel, en Zurbrügg (2008), Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology. *Publications, Compendium of sanitation systems and technologies*

stikstofverwijdering uit het percolaatwateroverschot voldoende zal zijn. Een hybride helofytenfilter is voor stikstofverwijdering nog beter, maar door extra benodigde techniek van de installatie, meer ruimte inname en hogere kosten wordt dit voor Nij Beets niet praktisch geacht. Een kanttekening is dat het percolaatwater slecht afbreekbaar is (3.6 Biodegradatietest). Of het benodigd rendement in de praktijk behaalt wordt is nog maar de vraag.

6 Dimensionering van zuiveringssysteem te Nij Beets

Uit de voorgaande overwegingen is naar voren gekomen dat een verticaal doorstroomde helofytenfilter het meest geschikt is als zuiveringssysteem op Nij Beets. In dit hoofdstuk is dit type plantensysteem gedimensioneerd. De materialen, omvang en hoeveelheden zijn aangegeven om de zuiveringssysteem te realiseren. Het percolaatwater is slecht biologisch afbreekbaar (3.6 Biodegradatietest). De berekeningen in dit hoofdstuk zijn alle gebaseerd op ervaringen en meetgegevens verkregen bij zuivering van voornamelijk huishoudelijk afvalwater. Dit afvalwater is beter biologisch afbreekbaar dan het percolaatwater op Nij Beets. Hierna is kort aangegeven wat de totale kosten zijn voor Nij Beets.

6.1 Voorwaarden van verticaal doorstroomde helofytenfilters

In hoofdstuk 3 is gebleken dat het moeilijk is om exacte concentraties van verontreinigende componenten in het percolaatwater te bepalen. De concentraties aan componenten gemeten in percolaatwater varieerden sterk zowel op Nij Beets als op andere composteerterreinen. Om te allen tijde te voldoen aan de lozingseisen wordt het zuiveringssysteem 'over-gedimensioneerd'. Dit kan ook gezien worden als rekening houden met een 'worst-case' scenario. Een te grote overdimensionering brengt onnodige kosten met zich mee, dit dient minimaal gehouden te worden. In dit onderzoek zijn de hoogst gemeten waarden in het percolaatwater op Nij Beets bepalend voor de dimensionering van het systeem. De gemeten concentraties in steekmonster M2 zijn gebruikt voor de dimensionering van het zuiveringssysteem. Door de grote bufferende werking van het percolaatwaterbassin is het gemiddelde debiet van het percolaatwateroverschot aangehouden. De uitgangsgegevens zijn in tabel 6.1.1 weergegeven.

Tabel 6.1.1 Uitgangsgegevens percolaatwateroverschot Composteerterrein Nij Beets

Gem. debiet	:	450 m ³ /jaar	(= 1,3 m ³ /dag)	
CZV	:	2650 mg/l	(= 2,65 kg/m ³)	<i>gem. 1256 mg/l (=1,65 kg/m³)</i>
BZV	:	823 mg/l	(= 0,823 kg/m ³)	
N-Kj	:	160 mg/l	(= 0,16 kg/m ³)	<i>gem. 80 mg/l (= 0,08 kg/m³)</i>
P	:	22 mg/l	(= 0,022 kg/m ³)	<i>gem. 16 mg/l (= 0,016 kg/m³)</i>
Zwevende stof	:	260 mg/l	(= 0,26 kg/m ³)	

Bij het ontwerpen van het verticaal doorstroomde helofytenfilter is het doel om het contact tussen het vervuilde water en verschillende onderdelen te maximaliseren, zoals de biofilm, helofyten, de sedimentlaag enzovoort. De werkzaamheid van het contact heeft verband met de stromingswijze van het water in het systeem, dat op zijn beurt verband houdt met de fysieke afmetingen en de verblijftijd. Veel specialisten waarschuwen voor het gebruik van standaard richtlijnen, zuiveringssystemen moeten namelijk individueel worden ontworpen voor de specifieke doelstellingen en beperkingen per locatie.

Een gemeenschappelijke werkwijze voor het dimensioneren van verticaal doorstroomde rietvelden voor huishoudelijk afvalwater (IBA's) is om een oppervlakte per vervuilingseenheid (m²/v.e.) te berekenen. Er zijn richtlijnen beschikbaar in verschillende landen. Ze werken met theoretische inlaat, concentraties, belastingen en zuiveringsdoelen die zijn gedefinieerd door de specifieke nationale eisen. Meestal werken ze goed voor kleine zuiveringssystemen met huishoudelijk afvalwater. Voor de locatie Nij Beets kunnen nauwkeuriger berekeningen worden gedaan door de bevindingen in dit onderzoek.

Bij de uitvoering van verticale doorstroomde helofytenfilters moet de vorming van verstoppingen op het oppervlak van het filter minimaal worden gehouden. Bodemverstopping treedt op wanneer de doorstroming van het filtermedium wordt verminderd. Er treedt dan toename van biomassa (biofilmvorming en micro-organismen) wat leidt tot een sterke vermindering van zuurstof in de onderlaag. Het gevolg hiervan is afname van de efficiëntie van oxiderende processen (nitrificatie en

koolstof oxidatie). Er zijn empirische waarden voor de bovenste inlaat concentraties en ladingen gevonden die kunnen worden gebruikt als hulpmiddel voor dimensionering. Ervaringen in Duitse onderzoeken⁴¹ hebben aangetoond dat op een lange termijn goede prestaties van verticaal doorstroomde helofytenfilters kunnen worden bereikt wanneer wordt gedimensioneerd volgens de Duitse richtlijnen (ATV 262):

- Biologische belasting = 20 g COD/m²·d met een maximum TSS concentratie van 100 mg/l
- Zwevende stof belasting = 5 g/m² · d
- Hydraulische belasting = <80 mm/d in de winter en 120 mm/d in de zomer⁴²

Uit de bepaling met de Duitse richtlijnen komt voor Nij Beets een oppervlakte van het verticaal doorstroomde helofytenfilter op 110 m² voor de gemiddelde biologische belasting (gem. CZV 1256 mg/l en debiet 1,3 m³/dag) om op lange termijn goede prestaties te bereiken.

Verwijdering van P gaat het beste onder zuurstofrijke omstandigheden met toevoeging van ijzer. Voor verwijdering van N is eerst een zuurstofrijk milieu nodig (N-verbindingen worden nitraat), en daarna een zuurstofarm milieu (nitraat wordt stikstof). Dat betekent voor de nutriënten verwijdering dat het percolaatwateroverschot door een verticaal doorstroomde helofytenfilter moet worden geleid (zuurstofrijk), waaraan 0,5% ijzer aan het zand is toegevoegd.

In tabel 6.1.2 zijn de zuiveringsrendementen voor huishoudelijk afvalwater van een verticaal doorstroomde helofytenfilter samengevat. Wanneer deze rendementen ook op Nij Beets worden behaald, wordt voldaan aan de gestelde lozingseisen. Doordat het percolaatwater biologisch slechter afbreekbaar is dan huishoudelijk afvalwater, is dit echter niet met zekerheid te bepalen.

6.1.2 Zuiveringsrendement verticaal doorstroomde helofytenfilter (CIW, 1999; Boogaard, 2007)

BOD	COD	Zwevende stof	P-tot	N-tot	bacteriën
90-99 %	80-95 %	90-99 %	40-95 % *	40-90 %	99,9 %

* Verschil in P-tot % worden veroorzaakt door toevoeging van ijzer; dit verhoogt de reductie van fosfaat. Geadviseerd wordt 2-3 massa% ijzer toe te voegen. Met 0,5% zijn ook goede resultaten behaald, maar raakt eerder verzadigd; > 5% Fe levert geen goede resultaten op omdat zuurstofloze omstandigheden optreden.⁴³

Om de genoemde rendementen in tabel 6.1.2 te behalen kan op Nij Beets het influent worden verdund met het effluent van het zuiveringssysteem. De CZV, N en P zijn namelijk aan de hoge kant als influent voor het verticaal doorstroomde helofytenfilter. Wanneer het te behandelen percolaatwater wordt verdund met het effluentwater, kan er worden uitgegaan van een influentdebiet van 3 m³/dag. Hierdoor komt de bevoeiing per keer op 1 m³. Er zijn dan 3 bevoeiingen per dag. Door de verdunning wordt het rendement versterkt, kan het gevormde nitraat worden gereduceerd (denitrificatie) en wordt de kans op verstoppingen in het filter sterk verlaagd.

Het ontwerpen voor de behandeling van het percolaatwateroverschot omvat:

- Vaststellen van het debiet, samenstelling/belasting en de gewenste verwijdering van een bepaalde verontreinigende componenten;
- benodigde oppervlakte bepalen van het helofytenfilter
- aan- en afvoer leidingwerken, recirculatie, stroomsplitsing en distributie;
- plantensoorten, plantdichtheid, laagopbouw filter;
- een werkings- en onderhoudsplan.

6.2 Bepaling benodigde oppervlakte helofytenfilter

Het proces van het ontwerpen en het voorspellen van de prestaties van de plantensystemen is in sterke ontwikkeling, omdat er meer ervaring is opgedaan met de werking van deze systemen. Er zijn

⁴¹ Geller, G. & G. Höner (2003), *Anwenderhandbuch Pflanzenkläranlagen*. 221 S. Springer Verlag.

⁴² Masi F (2011), Associazione Ambiente e Lavoro Toscana. *Constructed wetlands for wastewater treatment*

⁴³ Taakgroep Watersysteem Leidsche Rijn (2003). *Voorbereiding praktijkonderzoek verticaal doorstroomde helofytenfilter*. Zie gemeente Utrecht, 2009

verschillende benaderingen om de benodigde omvang van het helofytenfilter te bepalen. In dit onderzoek is de bepaling uitgevoerd met twee verschillende benaderingen:

1. Benadering volgens Kiss (1999)
2. Benadering volgens Metcalf-eddy (1991)

Deze benaderingen zijn gericht op de zuivering van huishoudelijk afvalwater. In dit onderzoek wordt met deze benadering een inschatting gemaakt van de benodigde omvang van het verticaal doorstroomde helofytenfilter. Om de berekeningen uit te kunnen voeren is geen rekening gehouden met het feit dat het percolaatwater biologisch slechter afbreekbaar is dan huishoudelijk afvalwater. Door het uitvoeren van pilots kunnen ingevulde waarden, welke zijn aangenomen voor huishoudelijk afvalwater, worden bepaald. In dit onderzoek zijn geen pilots uitgevoerd. De reactiesnelheidsconstanten (k-waarden) worden in de berekeningen aangenomen van huishoudelijk afvalwater.

Ad 1) Benadering volgens Kiss (1999)

De eerste benadering is een omvang bepaling d.m.v. onderstaande formule.⁴⁴ De k-waarden van de componenten BZV, N-totaal en P-totaal zijn aangenomen uit diverse onderzoeken naar huishoudelijk afvalwater.

$$A = \left(\frac{Q}{k} \right) \times \ln \frac{(C_i - C^*)}{(C_e - C^*)}$$

A= Benodigd oppervlak (m²)
 Q= debiet (m³/jaar)
 k= eerste orde constante voor de opname van BOD resp. P resp. N (m/jaar)
 C_i= inlaatconcentratie (mg/l)
 C_e= uitlaatconcentratie volgens de norm (mg/l)
 C* = achtergrondconcentratie (mg/l; voor BOD₅ = 5 mg/l)

De k-waarden (m/jaar) zijn: BOD₅ = 180
 (Bron: Kiss, 1999) Totaal-N 15.1
 Totaal-P 12

Op basis van de bovengenoemde uitgangsgegevens op Nij Beets van BZV, N-totaal en P-totaal in het percolaatwateroverschot is de omvang bepaald. Daarbij is gerekend met een debiet van 1,3 m³/dag bestaande uit onverdund percolaatwater en met een debiet van 3 m³/dag bestaande uit met het effluent (recirculatie) verdund percolaatwater.

Onverdund influent

BZV
$$A = \left(\frac{450 \text{ m}^3/\text{jaar}}{180 \text{ m/jaar}} \right) \times \ln \frac{(823 \text{ mg/l} - 5 \text{ mg/l})}{(40 \text{ mg/l} - 5 \text{ mg/l})} = 7,8 \text{ m}^2$$

N-totaal
$$A = \left(\frac{450 \text{ m}^3/\text{jaar}}{15,1 \text{ m/jaar}} \right) \times \ln \frac{(160 \text{ mg/l} - 0 \text{ mg/l})}{(60 \text{ mg/l} - 0 \text{ mg/l})} = 29,2 \text{ m}^2$$

P-totaal
$$A = \left(\frac{450 \text{ m}^3/\text{jaar}}{12 \text{ m/jaar}} \right) \times \ln \frac{(22 \text{ mg/l} - 0 \text{ mg/l})}{(6 \text{ mg/l} - 0 \text{ mg/l})} = 48,7 \text{ m}^2$$

⁴⁴ Groenweb Eco Engineering (Kiss, 1999), geraadpleegd dd 10-5-2013 op:
<http://ecoengineering.groenweb.nl/content/doorstroomende-systemen>

Verdund influent

$$\text{BZV} \quad A = \left(\frac{1095 \text{ m}^3/\text{jaar}}{180 \text{ m}/\text{jaar}} \right) \times \ln \frac{(410 \text{ mg/l} - 5 \text{ mg/l})}{(40 \text{ mg/l} - 5 \text{ mg/l})} = 14,9 \text{ m}^2$$

$$\text{N-totaal} \quad A = \left(\frac{1095 \text{ m}^3/\text{jaar}}{15,1 \text{ m}/\text{jaar}} \right) \times \ln \frac{(80 \text{ mg/l} - 0 \text{ mg/l})}{(60 \text{ mg/l} - 0 \text{ mg/l})} = 20,9 \text{ m}^2$$

$$\text{P-totaal} \quad A = \left(\frac{1095 \text{ m}^3/\text{jaar}}{12 \text{ m}/\text{jaar}} \right) \times \ln \frac{(11 \text{ mg/l} - 0 \text{ mg/l})}{(6 \text{ mg/l} - 0 \text{ mg/l})} = 55,3 \text{ m}^2$$

Uit de bovenstaande berekeningen blijkt dat een verticaal doorstroomde helofytenfilter van 60 m² nodig is voor verwijdering van fosfaat. Het fosfaat kan sterk gereduceerd worden uit het percolaatwater wanneer ijzer wordt toegevoegd in het zandbed. Als er 0,5% ijzer aan het zandbed is toegevoegd is de fosfaatverwijdering 95%. Het helofytenfilter dient daarom hoofdzakelijk te worden gedimensioneerd op de stikstofverwijdering. Een verticaal doorstroomde helofytenfilter van minimaal 30 m² is nodig op Nij Beets om te voldoen aan lozingseisen voor de genoemde componenten in het percolaatwater.

Ad2) Benadering volgens Metcalf-eddy (1991)

De tweede benadering is volgens Metcalf-eddy (1991). Biologische afbraak (BZV, CZV, TOC), nitrificatie en adsorptie in biologisch gedreven processen volgen over het algemeen de eerste-orde kinetiek.⁴⁵ Eerste orde reacties zouden optreden wanneer de snelheid van de reactie direct evenredig is aan de eerste macht van de concentratie aan reactanten (de verontreinigingen).

Het oppervlak van het verticaal doorstroomde helofytenfilter kan worden bepaald met:

$$(\ln C_e - \ln C_0) = -k_T \frac{LWD\eta}{Q}$$

(Dit is een eerste-orde reactie zoals bijvoorbeeld $A \rightarrow B + C$)

De formule kan worden herschreven om de oppervlakte te verkrijgen:

$$A_s = \frac{Q (\ln C_0 - \ln C_e)}{k_T D \eta}$$

Hierbij is:	C ₀	= gemiddelde concentratie influent, mg.L ⁻¹ ;
	C _e	= gemiddelde concentratie effluent, mg.L ⁻¹ ;
	A _s	= oppervlakte m ² ;
	k _T	= temperatuur afhankelijk eerste-orde reactiesnelheidsconstante, dag ⁻¹ ;
	D	= diepte van waterkolom, meter;
	η	= porositeit van het filter (percentage uitgedrukt als fractie);
	Q	= gemiddeld debiet, m ³ .dag ⁻¹ .

De waarde van de reactiesnelheidsconstante k_T kan worden geschat met de volgende formule:

$$k_T = k_{20} \times \theta_{20}^{(T-20)}$$

Hierbij is θ₂₀ de temperatuurcoëfficiënt voor de reactiesnelheidsconstante. De waarden θ₂₀ en k₂₀ zijn afhankelijk per component in het afvalwater, wat behandeld moet worden in een verticaal

⁴⁵ Metcalf-eddy (1991), *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*

doorstroomde helofytenfilter. De waarden voor algemeen voorkomende componenten in afvalwater zijn weergegeven in tabel 6.2.1.

Tabel 6.2.1 Temperatuurcoëfficiënten en reactiesnelheidsconstanten (Reed et al. 1995)

Component/proces	θ_{20}	k_{20} /dag
BZV	1.060	0.678
Nitrificatie	1.048	0.2187
Denitrificatie	1.150	1.000

De porositeit van de verschillende zandfracties, welke in helofytenfilters gebruikt worden, is in tabel 6.2.2 weergegeven. Ook is de doorlatendheid (k_s) van het medium in de tabel weergegeven.

Tabel 6.2.2 Physical characteristics of sands and artificial media tested for P-sorption properties

Material	Porosity (%)	Bulk density (g cm ⁻³)	d_{10} (mm)	d_{60} (mm)	d_{60}/d_{10}	K_s (m day ⁻¹)
<i>Natural sands:</i>						
Birkesig	31	1.83	0.32	1.4	4.4	67 ± 10
Vestergård	36	1.70	0.45	1.2	2.7	202 ± 18
Almind	43	1.46	1.40	3.7	2.6	770 ± 180
Bedsted 1	32	1.79	0.28	1.1	3.9	143 ± 6
Bedsted 2	36	1.72	0.22	0.7	3.1	74 ± 7
Bedsted 3	38	1.66	0.25	0.9	3.7	77 ± 4
Nymølle	44	1.40	0.80	3.2	4.0	1130 ± 64
Aunsegård	30	1.86	0.24	1.0	4.2	22 ± 1
Løgtved	36	1.67	0.21	0.6	3.0	69 ± 10
Sorø	35	1.66	0.23	0.7	3.1	40 ± 4
Darup	36	1.71	0.61	3.4	5.6	360 ± 40
Farum	33	1.70	0.20	0.7	3.5	30 ± 6
Quartz sand	32	1.74	0.29	0.9	3.1	111 ± 12
<i>Artificial media:</i>						
Calcite	42	0.83	0.80	3.3	4.1	349 ± 29
Marble	39	1.53	0.70	1.7	2.4	1760 ± 210
Diatomaceous earth	32	0.54	0.74	2.4	2.4	1460 ± 280
LECA	56	0.47	0.66	2.6	3.9	1310 ± 60
Vermiculite	42	0.14	0.88	3.3	4.1	1540 ± 40

De tabel is overgenomen uit het rapport *Media selection for sustainable phosphorus removal in subsurface flow constructed wetlands*⁴⁶.

Aannames voor de berekeningen

Om de benodigde omvang van het helofytenfilter te kunnen bepalen worden een aantal aannames gedaan voor de berekeningen. Deze zijn als volgt:

- een filterdiepte van 1 meter;
- temperatuur van 20 °C, waarna een overdimensioning wordt toegepast om te compenseren voor de lagere temperatuur in werkelijkheid;
- het verhang (S) wordt op 0,005 gesteld (volgens Cooper 1990⁴⁷, niet hoger dan 1%) ;
- de gemiddelde korrelfractie voor het zand wordt gesteld op 0,25 mm;
- bij nitrificatie en denitrificatie wordt voor elke de helft van het filterdikte gerekend als zone.

⁴⁶ Brix H., Arias C.A. en Bubba M. del (2001), *Media selection for sustainable phosphorus removal in subsurface flow constructed wetlands*, p 4

⁴⁷ Cooper P.F. (1990), Water Research Center Swindon, *European Design and Operations Guidelines for Reed Bed Treatment Systems*

Omvang bepaling op basis van BZV

Het benodigde filteroppervlak voor het verwijdering van BZV uit het percolaatwater kan bepaald worden.

Met de volgende waarden worden de beschreven formules vervolgens ingevuld:

BZV: Co	= 823 mg/l	bij verdunning 410 mg/l
BZV: Ce	= 40 mg/l	
Q	= 1,3 m ³ /dag	bij verdunning 3 m ³ /dag
η	= 38%	
Bij 20 °C is kT	= 0,678	

$$\text{Bij direct influent:} \quad \frac{1,3 \text{ m}^3 (\ln 823 \text{ mg/l} - \ln 40 \text{ mg/l})}{0,678 \times 1 \text{ m} \times 38\%} = 15,3 \text{ m}^2$$

$$\text{Bij verdunning van influent:} \quad \frac{3 \text{ m}^3 (\ln 410 \text{ mg/l} - \ln 40 \text{ mg/l})}{0,678 \times 1 \text{ m} \times 38\%} = 27,1 \text{ m}^2$$

Het oppervlak van het verticaal doorstroomde helofytenfilter op basis van de concentratie aan BZV is wanneer recirculatie wordt ingesteld circa 30 m².

Omvang bepaling op basis van nitrificatie

Voor het bepalen van het benodigde filteroppervlak voor de nitrificatie van het ammonium in het percolaatwater kunnen stap 3 tot en met 5 worden ingevuld.

De volgende waarden voor stikstof zijn aangenomen:

N-Kj: Co	= 160 mg/l	bij verdunning 80 mg/l
N-Kj: Ce	= 60 mg/l	
Bij 20 °C kT	= 0,2187	

$$\text{Bij direct influent:} \quad \frac{1,3 \text{ m}^3 (\ln 160 \text{ mg/l} - \ln 60 \text{ mg/l})}{0,2187 \times 0,5 \text{ m} \times 38\%} = 30,7 \text{ m}^2$$

$$\text{Bij verdunning van influent:} \quad \frac{3 \text{ m}^3 (\ln 80 \text{ mg/l} - \ln 60 \text{ mg/l})}{0,2187 \times 0,5 \text{ m} \times 38\%} = 20,8 \text{ m}^2$$

Het benodigde oppervlak van het verticaal doorstroomde helofytenfilter op basis van de nitrificatie is 31 m², als recirculatie wordt ingesteld kan een oppervlak worden aangehouden van circa 21 m².

Omvang bepaling op basis van denitrificatie

Voor het bepalen van het benodigde filteroppervlak voor denitrificatie van het gevormde nitraat in het percolaatwater kunnen stap 3 tot en met 5 ook worden ingevuld.

De aangenomen waarden voor stikstof zijn dezelfde als bij nitrificatie.

Bij 20 °C is kT = 1,00

$$\text{Bij direct influent:} \quad \frac{1,3 \text{ m}^3 (\ln 160 \text{ mg/l} - \ln 60 \text{ mg/l})}{1,00 \times 0,5 \text{ m} \times 38\%} = 6,7 \text{ m}^2$$

$$\text{Bij verdunning van influent:} \quad \frac{3 \text{ m}^3 (\ln 80 \text{ mg/l} - \ln 60 \text{ mg/l})}{1,00 \times 0,5 \text{ m} \times 38\%} = 4,5 \text{ m}^2$$

Het oppervlak van het verticaal doorstroomde helofytenfilter voor denitrificatie is klein met 7 m² zonder recirculatie.

Conclusie omvang helofytenfilter

Uit de verschillende oppervlaktebepalingen komen na elke berekening een andere afmeting. Uit beide benaderingen komen op basis van de concentratie aan BZV kleine oppervlakten om het verticaal doorstroomde helofytenfilter te dimensioneren. Om het component fosfaat in het percolaatwater te reduceren, zal ijzer toegevoegd worden in het filter. Het verticaal doorstroomde helofytenfilter wordt voornamelijk gedimensioneerd op basis van de stikstofverwijdering. Voor het dimensioneren op basis van de nitrificatie van stikstof komen uit beide benaderingen een oppervlakte van circa 30 m² voor het verticaal doorstroomde helofytenfilter. Deze omvang lijkt aannemelijk. Uit hoofdstuk 3 is gebleken dat de samenstelling en debieten van het percolaatwater kunnen fluctueren. Om een betrouwbaar systeem te dimensioneren is het verstandig om de filter op te schalen. Met een veiligheidsfactor van 2 wordt het filter over-gedimensioneerd. Een filteroppervlak van 60 m² wordt geadviseerd voor het ontwerp van het verticaal doorstroomde helofytenfilter op Nij Beets.

Bij het verticaal doorstroomde helofytenfilter is van het grootste belang in hoeverre het gevormde nitraat door nitrificatie van ammonium kan worden gedenitrificeerd naar stikstofgas. Door te recirculeren naar een buffer-/bezinktank kan het nitraat mogelijk voldoende worden verwijderd. Of er op deze wijze voldoende denitrificatie kan plaatsvinden in het zuiveringssysteem moet worden bepaald met een pilot. Dit is een proefopstelling met een schaalmodel van de verticaal doorstroomde helofytenfilter, waar percolaatwater van Nij Beets mee wordt behandeld. Als nitraat in hoge concentratie in het effluent aanwezig is, dient te worden onderzocht of recirculatie voldoende is voor de denitrificatie. De omvang van het verticaal doorstroomd helofytenfilter kan daarop nader bepaald worden.

6.3 Onderdelen en opbouw zuiveringsinstallatie

Het ontwerp van de verticaal doorstroomde helofytenfilter wordt noordelijk van het huidige percolaatwaterbassin op Nij Beets gesitueerd. Er is hier minimaal 150 m² beschikbaar aan ruimte. In bijlage X is de situering op de locatie weergegeven. Er wordt getracht aan te sluiten bij de aard van de oever van de naastgelegen zandput om mogelijk enige waarde te geven voor de ecologische zone. Hoogteverschillen met de omgeving en binnen het zuiveringsfilter zijn minimaal.

Ontwerp voorbezinker

Wat belangrijk is bij helofytenfilters is de voorbehandeling. Bij voorkeur dient er nauwelijks zwevende stof op het filter te komen. Een voorbezinker is noodzakelijk om de concentratie aan zwevende stof te doen verlagen. De meest praktische oplossing voor Nij Beets is een voorbezinkingstank aan te schaffen en te plaatsen op de locatie. Een van de aanwezige zeecontainers kan ook worden omgebouwd tot een bezinktank. Wanneer in de container schotten worden gelast kan het bezinkingsproces worden bevorderd. Het gebruik van deze reeds aanwezige materialen op Nij Beets is een zeer kostenbesparende oplossing op het onderdeel voorbezinken. De container als bezinktank heeft een totale inhoud van circa 70 m³. Als de bezinktank een werkvolume van 60 m³ heeft met een aanvoer debiet van 1,3 m³/dag, dan is de bezinktijd 46 dagen. Dat moet voldoende zijn om de concentratie aan zwevende stoffen te reduceren.

Opbouw helofytenfilter

Het verticaal doorstroomde helofytenfilter wordt opgebouwd uit de volgende lagen:

- helofyten
- grind
- zand
- worteldoek
- grind
- folie

Deze lagen hebben elk hun eigen zuiveringdoel. Dit is in tabel 6.3.1 weergegeven.

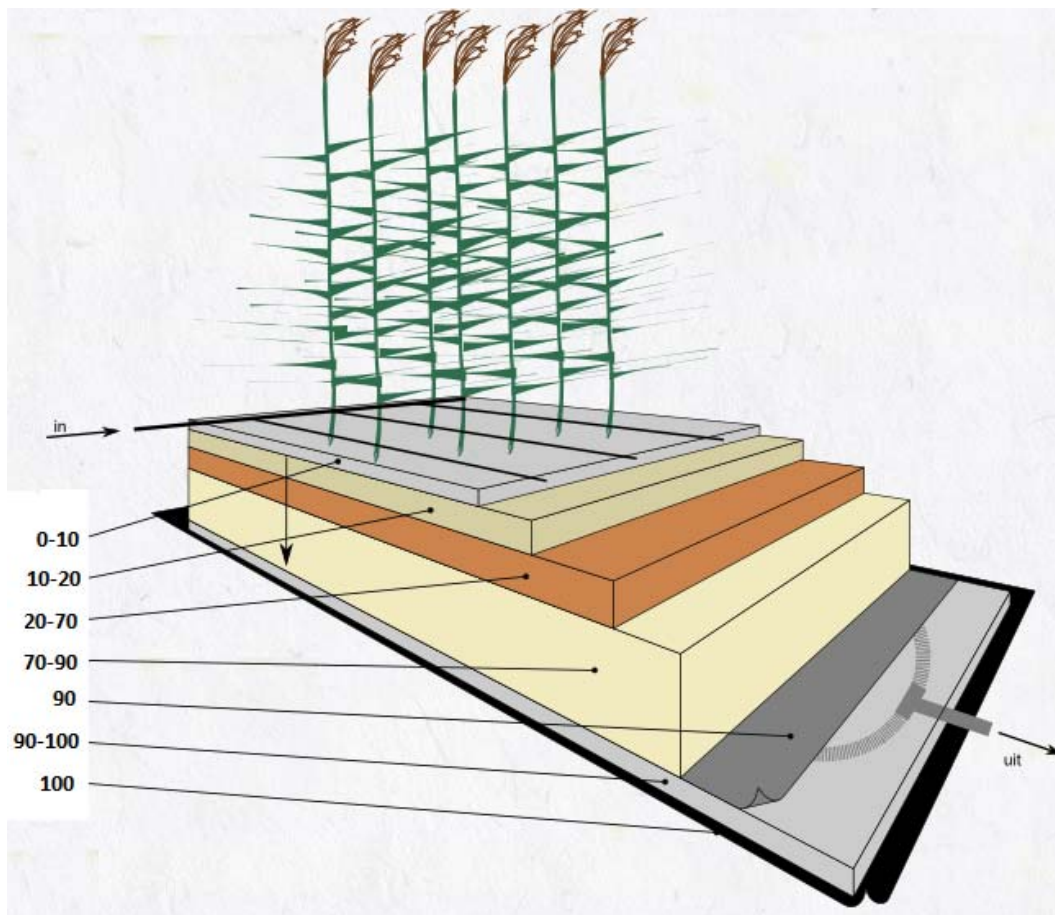
Tabel 6.3.1 Opbouw verticaal doorstroomde helofytenfilter*

Laagdiepte	Globale opbouw	Doel
0-10 cm-mv	grind met wateraanvoersysteem	verdeling van het water
10-90 cm-mv	helofyten	Leefoppervlak micro-organismen, zuurstof inbreng filter en opname van componenten
10-20 cm-mv	fijn zand	Verwijdering van zwevende stoffen
20-70 cm-mv	fijn zand met 2,5% ijzer en 5% kalk	verwijdering van componenten door adsorbens
70-90 cm-mv	fijn zand met 5% kalk	veiligheid (opvangen uitspoelen van ijzer)
90 cm-mv	worteldoek	voorkomen van uitspoelen van zand en tegenhouden rietwortels
90-100 cm-mv	grind met waterafvoersysteem	afvoer van water
100 cm-mv	Onderafdichting (PE-folie)	voorkomen van interactie met omgeving

* op basis van literatuur en Nederlandse praktijkervaring (Royal Haskoning, 2003)⁴⁸

De laagopbouw in tabel 6.3.1 is weergegeven op een afbeelding in figuur 6.3.2.

⁴⁸ Royal Haskoning (20 nov 2003), *Vorbereiding praktijkonderzoek verticaal doorstroomde helofytenfilter*



Figuur 6.3.2 Schets opbouw verticaal doorstroomd helofytenfilter (Rietland.com, 2013)

Helofyten (Riet)

Bij het inrichten van het filter wordt uitgegaan van het beplanten van het verticaal doorstroomde helofytenfilter met zaailingen van tenminste 1 jaar oud van Riet (*Phragmites Australis*). Deze rietsoort is inheems en wordt veelvuldig ingezet voor het beplanten van verticaal doorstroomde helofytenfilters en vloeivelden. Het helofytenfilter wordt geplant met 6 planten per m². Daarmee zijn in totaal 360 rietplanten nodig op Nij Beets.

Zand

In een verticaal doorstroomd helofytenfilter wordt internationaal een variëteit aan zandfracties toegepast. De verschillende lagen hebben elk hun eigen doel (zie tabel 6.4.2). Voor het zuiveringssysteem op Nij Beets moet voldaan worden aan twee technologische hoofdvoorwaarden:

- filtratie: het zand moet zoveel mogelijk zwevende stof verwijderen om een goede verwijdering van het hieraan gebonden fosfaat en stikstof te bewerkstelligen;
- doorlatendheid: het filter moet voldoende water kunnen doorlaten, maar mag het water niet te snel afvoeren.

Op Composteerterein Nij Beets wordt gebruik gemaakt van fijn filterzand/industriezand (0-0,5 mm) met een D₅₀ (zandmediaan) van circa 0,250 mm. Deze fijne fractie wordt ook gebruikt voor langzame zandfiltratie (bijvoorbeeld drinkwaterbereiding). Voor de zandlagen bij elkaar (totaal laagdikte 80cm) is circa 48 m³ zand nodig.

Worteldoek en folielaag

Om te zorgen voor afscheidende lagen in het helofytenfilter wordt op een diepte van 90 cm-mv een worteldoek en op 100 cm-mv folie geplaatst. Het worteldoek zorgt ervoor dat het zand niet wordt uitgespoeld en de rietwortels worden gekeerd. Het folie zorgt voor de onderafdichting. Het is belangrijk dat beide materialen van goede kwaliteit zijn om te zorgen voor een duurzaam systeem. Voor het worteldoek wordt geotextiel gebruikt met een hoge waterdoorlaatbaarheid (O₉₀ waarde,

>300 μm)⁴⁹. Voor de afdichtende folielaag wordt HDPE (hoge dichtheid polyetheen) gebruikt. Voor het filteroppervlak van 60 m² is naar schatting 95 m² aan worteldoek en 140 m² aan HDPE folie nodig voor de bouw van het zuiveringssysteem.

Grindlaag met water toe- en afvoer

De grindlaag heeft een korrelgrootte van 8/16 mm waarop een systeem van distributieleidingen is ingebouwd. De buizen worden op een afstand van 1 meter van elkaar over het gehele filterbed verdeeld. De leidingen zijn aan de onderzijde doorboord met 6 mm gaten op elke meter. Op deze wijze wordt een matrix van gaten op elke vierkante meter gevormd. De diameter van de distributieleidingen wordt nader berekend om het drukverlies over de lengte van de leidingen te verwaarlozen zodat een gelijkmatige verdeling van afvalwater plaatsvindt over de oppervlakte van het rietfilter.

Door de batch-gewijze aanvoer van water worden zuurstofrijke condities in het filter mogelijk gemaakt. Het influent wordt verdeelt in de grindlaag door een netwerk van aanvoerbuizen. Een voorbeeld is weergegeven in figuur 6.3.3. Er zal naar schatting 50 meter aan aanvoerbuizen nodig zijn.

Het water zal worden afgevoerd middels drainagebuizen. De drainagebuizen worden gelegd in een laag relatief grof grind die voortdurend onder water zal staan. Voor het handhaven van het juiste milieu in het filter is van belang dat ieder vak ten minste 4 uur wordt gedraineerd voordat opnieuw water wordt aangevoerd. De afvoerleiding wordt voorzien van een afsluiter. Naar schatting wordt 50 meter aan drainagebuizen in het filter geplaatst.



Figuur 6.3.3 Waterdistributie verticaal doorstroomd helofytenfilter Bexhill, NSW, Australië (J. Vymazal, 2010)

Naast het helofytenfilter zijn er nog de volgende onderdelen te onderscheiden voor de gehele installatie op Nij Beets:

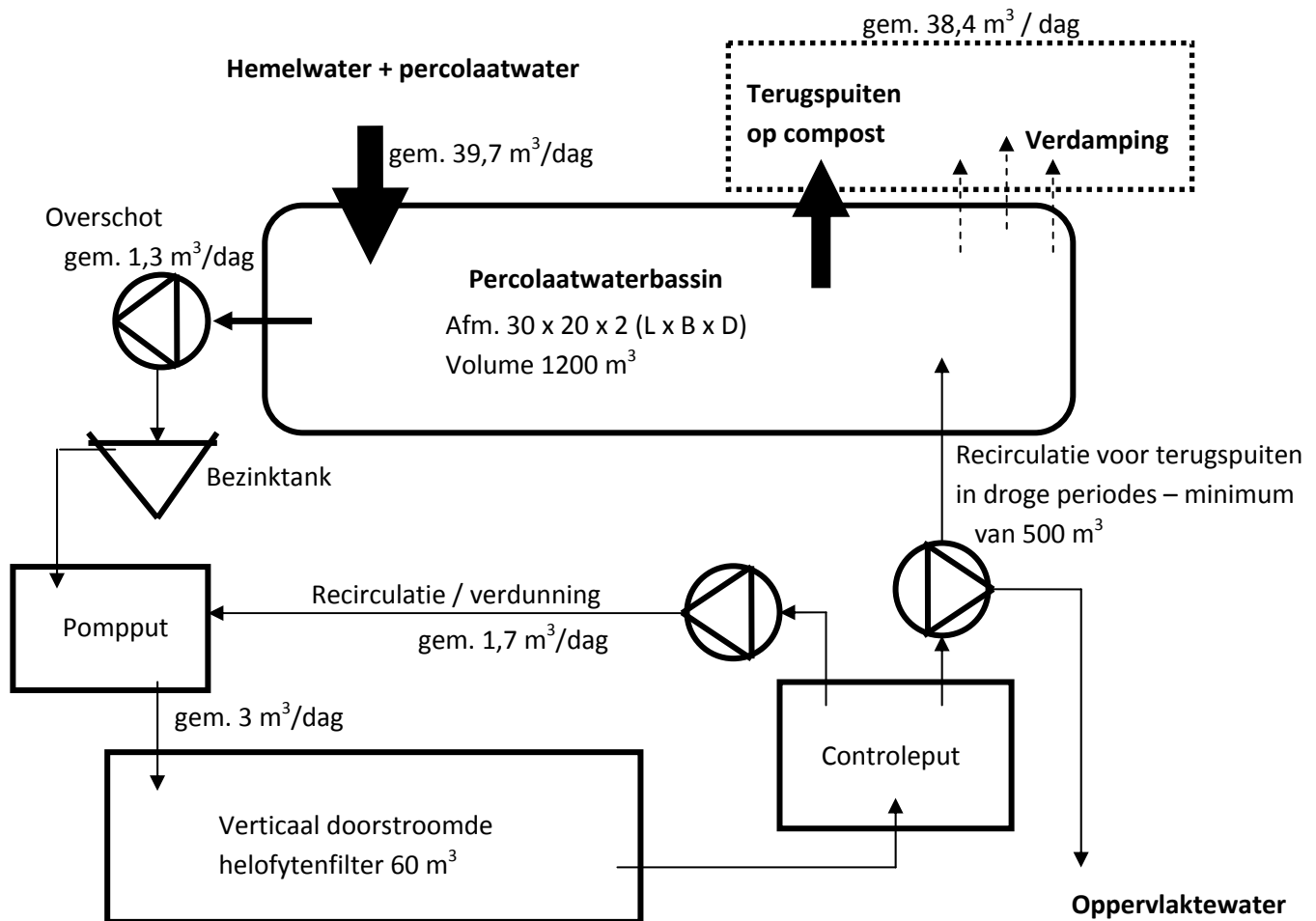
- pompinstallatie;
- pompput;
- aanvoerleidingen;
- afvoerleidingen;
- controleput.

De pompinstallatie bestaat uit 3 pompen. Een pompput van 5 m³ is nodig om het percolaatwater uit de bezinktank op te mengen met het effluent van het zuiveringssysteem. Na het helofytenfilter wordt het effluent opgevangen in een controleput van 5 m³. Van hieruit wordt middels een pomp effluent gerecirculeerd voor verdunning naar de pompput. Het overig effluent wordt geloosd op het oppervlaktewater. In droge tijden kan dit effluent terug worden gebracht in het percolaatwaterbassin. Voor zowel de aanvoerleidingen als afvoerleidingen zal naar schatting in totaal 30 meter aan buizen nodig zijn.

⁴⁹ Waterschap de Dommel (juni 2009), *Factsheets, Onderzoeksrapport Afkoppelvoorziening, Zuiver beschreven tot de laatste druppel*

Regelen van de debieten

In figuur 6.3.4 is een schema met debieten weergegeven met de inpassing van de zuiveringssysteem op Nij Beets. Uit de controleput na de zuiveringssysteem wordt het effluent geloosd op het oppervlaktewater. Het verticaal doorstroomde helofytenfilter kan het gehele jaar door in werking worden gehouden door via een bezinktank elke dag $1,3 \text{ m}^3$ percolaatwater uit het percolaatwaterbassin in het zuiveringssysteem te pompen. Dit wordt met $1,7 \text{ m}^3$ aan effluent van het zuiveringssysteem aangevuld. Op het oppervlaktewater wordt circa $1,3 \text{ m}^3$ aan effluent geloosd. Wanneer in droge perioden het percolaatwaterbassin leeg dreigt te raken kan het worden aangevuld met dit effluent van het zuiveringssysteem. De afvoerpomp van de controleput kan dan handmatig worden omgezet zodat het effluent niet naar het oppervlaktewater wordt geloosd maar naar het percolaatwaterbassin wordt gevoerd.



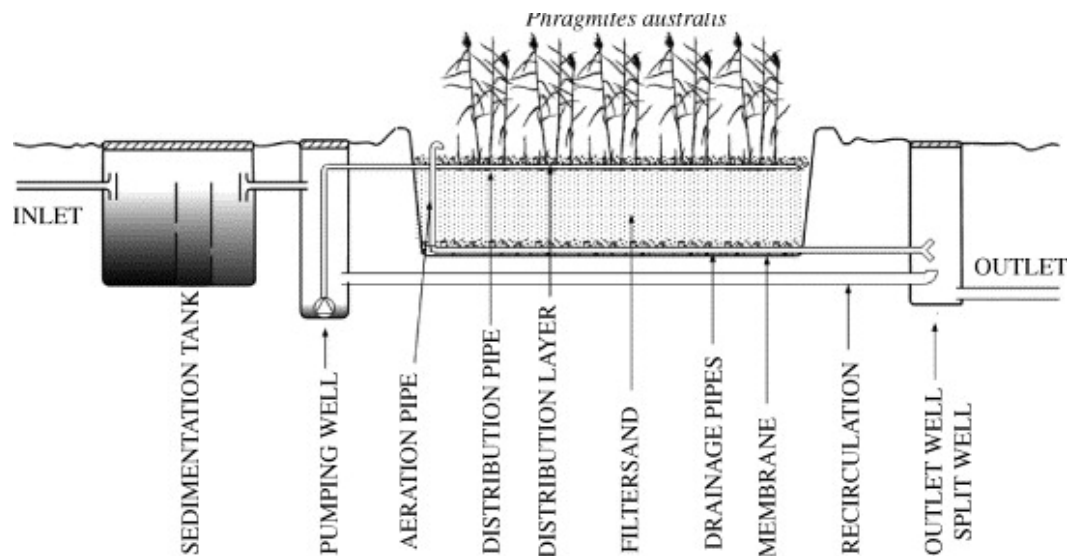
Figuur 6.3.4 debieten schema zuiveringssysteem op Composteerterein Nij Beets

Het totale zuiveringssysteem beslaat circa 150 m^2 . Dit bruto ruimtebeslag omvat een netto filteroppervlak van 60 m^2 . Het oppervlak wordt driemaal per dag bevoeid gedurende ongeveer 5 minuten. In deze tijd wordt ongeveer 1 m^3 water in het filter gebracht. Deze hoeveelheid is voldoende om de vrije ruimte in een nat filter te vullen. Er zal gebruik gemaakt worden van niveaumeting om het aanvoerdebiet te sturen.

Er wordt uitgegaan van de volgende cyclus:

- 4.00 uur tot 4.05 uur vullen van helofytenfilter;
- 4.05 uur tot 5.00 uur contacttijd;
- 5.00 uur tot 6.00 uur openen afsluiter en aflaten van water;
- 6.00 uur tot 12.00 uur draineren.

Bovenstaande wordt herhaald op 12.00 uur en 20.00 uur.

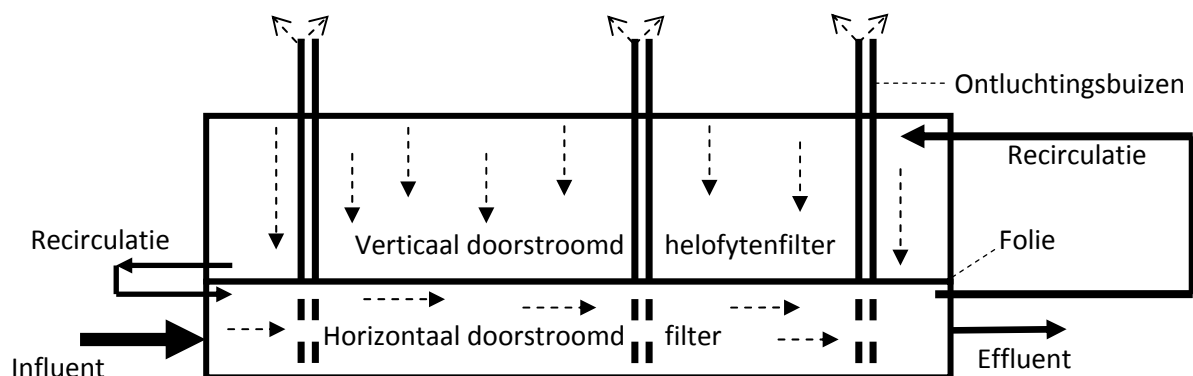


Figuur 6.3.5 Doorsnede ontwerp totale installatie zuivering percolaatwateroverschot te Nij Beets (gebaseerd op Akvo, Avcopedia, 2009⁵⁰)

In figuur 6.3.5 is een doorsnede van het uiteindelijke ontwerp voor de installatie op Nij Beets weergegeven. Op de bezinktank na worden de onderdelen onder het maaiveld verwerkt.

Mogelijke systeemontwerp voor verregaande stikstofverwijdering

Onzeker is of het verticaal doorstroomde helofytenfilter voldoende nitraat uit het percolaatwater reduceert. Denitrificatie dient genoeg plaats te vinden om aan de lozingseisen te voldoen. Dit kan worden bewezen met experimenten. Er moet dat worden gezocht naar aanpassingen aan het systeem om te zorgen voor meer denitrificatie. Een mogelijkheid, welke voor zover bekend nog niet eerder is toegepast, is een denitrificatiezone onder het helofytenfilter bouwen. Dit kan door de grond 0,5 meter dieper in te graven en onder het verticaal doorstroomd helofytenfilter een horizontaal doorstroomd filtersysteem te plaatsen. Omdat voor denitrificatie een koolstofbron (BZV) nodig is, wordt het influent eerst in deze anaerobe zone ingebracht. De denitrificatiezone en de rest van het verticaal doorstroomd helofytenfilter wordt gescheiden met een folie. Het percolaatwater uit de denitrificatiezone wordt vervolgens op het bovenliggende helofytenfilter ingebracht. In deze aerobe zone vindt de nitrificatie plaats, waarbij nitraat wordt gevormd. Dit water uit het verticaal doorstroomd helofytenfilter dient vervolgens weer te worden gerecirculeerd naar de onderliggende anaerobe (denitrificatiezone) zandfiltersysteem om de concentratie aan nitraat te verlagen. Door denitrificatie wordt stikstofgas gevormd. Dit kan door het plaatsen van ontluchtingsbuizen uit het filter ontsnappen.



Figuur 6.3.6 Schema gecombineerde filtersysteem (eigen ontwerp)

⁵⁰ Akvo, Avcopedia (2009), Vertical subsurface flow CW geraadpleegd dd 1-6-2013 op: http://akvopedia.org/wiki/Vertical_Flow_Constructed_Wetland

Figuur 6.3.6 is een vorm van een hybride filtersysteem, maar hierbij zijn de enkelvoudige typen zuiveringssystemen op elkaar gesitueerd. Het gedeelte van de verticaal doorstroomd helofytenfilter wordt opgebouwd als in dit rapport is beschreven. Het horizontaal doorstroomd zandfiltersysteem bestaat uit grof zand welke dragermateriaal vormt voor denitrificerende micro-organismen. De dimensionering, werking en de te behalen rendementen zijn onbekend. Hierop wordt in dit onderzoek niet verder ingegaan.

6.4 Onderhoud zuiveringssysteem

Het onderhoud van het zuiveringssysteem heeft twee aspecten:

- Technisch onderhoud
- Groen onderhoud

Het technisch onderhoud houd ik dat er van tijd tot tijd gecontroleerd dient te worden op de werking van de pompen en de drukleidingen in het filter. Daarnaast moet soms het de niveauregelaar schoongemaakt worden en op slib- en drijfslagen in de putten gecontroleerd worden. Dit kan door middel van een jaarlijkse onderhoudsbeurt worden uitgevoerd. Voor het zuiveringssysteem op Nij Beets is naar schatting vier uur arbeid gemoeid.

Het beheer is passief, vergt weinig tussenkomst van de beheerder en omvat eenvoudige procedures. Er moet op gelet worden dat de juiste maatregelen worden genomen wanneer zich problemen ontwikkelen. Monitoring en controle is noodzakelijk.⁵¹ De meest kritische aandachtspunten waarin tussenkomst van een beheerder noodzakelijk is zijn:

- Onderhoud van gelijkmatige flow (inlaat en uitlaat structuren)
- Beheer van de vegetatie
- Controle van overlast ongedierte en insecten
- Onderhoud van bermen en dijken

Flow control is meestal de enige operationele variabele die een significante invloed heeft op de prestaties. De inlaat en uitlaat moeten routinematig en regelmatig worden geïnspecteerd aangepast en ontdaan van vaste deeltjes en slib dat de inlaten en uitlaatpunten kan verstoppert. De aan- en afvoerbuizen moeten periodiek worden gespoeld. Daarnaast dient de pomp en de drukleidingen en de aan- en afvoerbuizen te worden gecontroleerd en eventueel worden hersteld. Ook de voorbezinker moet worden leeggezogen, ongeveer eens in de zeven tot tien jaar. De monitoring moet regelmatig worden uitgevoerd, zeker in het begin tamelijk vaak (1x per maand) later kan dit minder gebeuren (1 x per jaar).

Wat betreft het groene onderhoud voor het zuiveringssysteem op Nij Beets dient tijdens de opstart er af en toe gewied worden om de jonge rietplantjes de kans te geven zich zo snel mogelijk te ontwikkelen. Het maaien van het rietbed hoeft niet vaker dan eens in de twee jaar te gebeuren. De juiste periode van maaien is in het vroege voorjaar. Dit voordat de jonge scheuten van de rietplanten weer opkomen, maar ook niet zo vroeg dat zware nachtvorst nog kan optreden. In de regel is half maart tot begin april de juiste periode.

Er dient te worden voorkomen dat een helofytenfilter kapot vriest. Het filter kan gewoon doordraaien bij niet te strenge winters ($T > -10^{\circ}\text{C}$). Bij strenge winters moet men het filter bedekken met stro/rietmaaisel en met een worteldoek het wegwaaien voorkomen, en toch lucht door te laten.

6.5 Indicatieve kosten-batenanalyse van totale installatie

De aanlegkosten zijn volgens de theorie verzameld door Spoelstra & Truijten (2011)⁵² ongeveer € 50,- á € 60,- per m² veld, excl. voorbezinking. Voor Nij Beets zijn de aanlegkosten op basis van deze bron € 3600,- , waarbij de geen rekening gehouden is met de mogelijkheden van eigen inbreng aan systeemonderdelen en uitvoering. De kosten voor de helofytenfilter lijken onwaarschijnlijk laag uit deze berekening.

⁵¹ Ecodorp (2010) geraadpleegd dd 12-4-2013 op www.ecodorp.nl

⁵² Spoelstra J. & Truijten G. (maart 2011), *Handboek groene waterzuivering*

Voor een nauwkeuriger kostenbepaling voor de installatie op Nij Beets zijn voor de benodigde onderdelen de kosten op internet geraadpleegd bij verschillende bedrijven. Een nieuwe voorbezinktank kost ongeveer € 1.500,-. De beheerkosten zijn € 0,20 per m² veld, voor alleen het maaien van het riet. Voor het technische onderhoud van alle onderdelen van het helofytenfilter wordt 4 uur (uurtarief á 45,-)⁵³ = € 180,- per jaar gerekend. Het gemaaide riet kan worden verwerkt in de composthopen op het terrein.

Tabel 6.5.1 Kostenberekening ontwerp zuiveringsinstallatie

Onderdeel	Kosten (indicatief) 30 m ² filter	Kosten (indicatief) 60 m ² filter
1. Helofytenfilter		
Helofyten (riet) (6 per m ²)	180 rietplanten 1 a € 0,25 = € 45,-	360 rietplanten 1 a € 0,25 = € 90,-
toplaag bestaande uit open materiaal (grind etc.) (opp. m ² * 0,1 m)	1 m ³ a € 90,- = € 270,-	opp. m ² * 0,1 m 1 m ³ a € 90,- = € 540,-
aanvoer drainageleidingen (gelegen in de toplaag)	Circa 25 m nodig 1 m a € 10,- = € 250,-	Circa 50 m nodig 1 m a € 10,- = € 500,-
zandfilter	Circa 24 m ³ nodig 1 m ³ a € 8,- = € 192,-	Circa 48 m ³ nodig 1 m ³ a € 8,- = € 384,-
IJzer toevoeging	Circa 250 kilogram nodig 1 kg a € 1,50 = € 375,-	Circa 500 kilogram nodig 1 kg a € 1,50 = € 750,-
Kalk toevoeging (calcium-carbonaat)	Circa 500 kilogram nodig 1 kg a € 1,25 = € 625,-	Circa 1.000 kilogram nodig 1 kg a € 1,25 = € 1.250,-
worteldoek	Circa 50 m ² nodig 1 m ² a € 2,- = € 100,-	Circa 95 m ² nodig 1 m ² a € 2,- = € 190,-
ondergrindlaag (opp m ² * 0,1 m)	Circa 3 m ³ nodig 1 m ³ a € 90,- = € 270,-	Circa 6 m ³ nodig 1 m ³ a € 90,- = € 540,-
afvoer drainageleidingen (gelegen in de grindlaag)	Totaal circa 25 m nodig 1 m a € 3,- = € 75,-	Totaal circa 50 m nodig 1 m a € 3,- = € 150,-
vloeistofdichte afdichting (HDPE folie)	Circa 70 m ² nodig 1 m ² a € 4,- = € 280,-	Circa 140 m ² nodig 1 m ² a € 4,- = € 560,-
2 Overige onderdelen		
pompinstallatie	3 pompen 1 a € 800,- = € 2.400,-	3 pompen 1 a € 800,- = € 2.400,-
Pompput van 5 m ³	€ 1.000,-	€ 1.000,-
aanvoerleidingen	Circa 15 m 1 m a € 16,- = € 240,-	Circa 15 m 1 m a € 16,- = € 240,-
afvoerleidingen	Circa 15 m 1 m a € 16,- = € 240,-	Circa 15 m 1 m a € 16,- = € 240,-
Controleput van 5 m ³	€ 1.000,-	€ 1.000,-
Diversen (koppelstukken, etc..)	€ 2.000,-	€ 2.000,-
3. Arbeid en energie		
Begeleiding plaatsen kritische onderdelen	3 uren extern bedrijf 1 uur a € 65,- = € 195,-	3 uren extern bedrijf 1 uur a € 65,- = € 195,-
Onderhoud en energie kosten	4 uren 1 uur a € 45,- + € 70,- = € 250,-	4 uren 1 uur a € 45,- + € 70,- = € 250,-
	Totaal: € 9.807,-	Totaal: € 12.279,-

In tabel 6.5.1 genoemde kosten zijn op het internet geraadpleegd en daarbij is een gemiddelde prijs per product ingeschat uit adviesprijzen van diverse bedrijven. Voor de aanleg van de totale zuiveringsinstallatie worden de totale kosten geraamd op € 10.000,- met een filteroppervlak van 30 m² en € 12.500,- voor een filteroppervlak van 60 m². De samenstelling van het percolaatwater en de debieten kunnen fluctueren, door een veiligheidsfactor van 2 aan te houden bij het bepalen van het

⁵³ Marinus L., Envisio Ingenieursbureau, 2013, geraadpleegde administratie Composteerterrein Nij Beets

benodigde oppervlak (6.2 Bepaling benodigde oppervlakte helofytenfilter) wordt hier rekening mee gehouden. De kosten voor over-dimensionering bedragen € 2.500,- meer. Deze extra investering is in 1,5 jaar terugverdiend.

Doordat het zand en grind te verkrijgen is bij Van der Wiel Holding BV, waar Nij Beets een werkmaatschappij van is, zullen deze kosten waarschijnlijk lager uitvallen. Er is rekening mee gehouden dat de graafwerkzaamheden door Nij Beets zelf worden uitgevoerd, waardoor de totale kosten voor de installatie laag blijft.

Na het plaatsen van het zuiveringssysteem zullen de onderhouds- en energiekosten gezamenlijk circa € 250,- per jaar bedragen. De analysekosten voor monitoren en bemonstering van het effluent van het zuiveringssysteem zullen ongeveer € 500,- per jaar bedragen. Gemiddeld waren de kosten van het afvoeren van het percolaatwateroverschot € 2.340,- per jaar. Het plaatsen van het zuiveringssysteem zal een besparing van circa € 1.600,- per jaar opleveren. Na circa 8 jaar zullen de investeringskosten terugverdiend zijn.

7 Discussie

Samenstelling percolaatwater

Zowel voor het percolaatwater op Nij Beets als op andere composteerterreinen zijn de kritische parameters CZV, BZV, N, P en zwevende stof. Uit dit onderzoek is naar voren gekomen dat de concentraties van deze componenten fluctueren. In hoeverre dit in relatie met het hemelwater is niet nader onderzocht. Bij veel neerslag zou het namelijk kunnen zijn dat het percolaatwater sterk verdund wordt en daarom de concentraties sterk verlaagd worden. Daarnaast is het onbekend wat het soort compost betekent voor de concentraties aan componenten in het percolaatwater. Er zijn namelijk diverse soorten compost, als groencompost, GFT-compost en natuurcompost. Op Nij Beets en op de composteerterreinen waarvan informatie is verkregen werd voornamelijk groencompost verwerkt. Groencompost kan uit meerdere materialen bestaan. Echter een relatie tussen de samenstelling van het percolaatwater en de hoeveelheid en soorten compost is niet onderzocht. Hierover is ook geen informatie gevonden tijdens de uitgevoerde literatuurstudie.

Uit het biodegradatietest is naar voren gekomen dat een temperatuurverhoging van het percolaatwater bij een biologisch zuiveringssysteem de biologische afbraak niet sterk versnelt. Deze test is uitgevoerd op de temperaturen 15°C en 30°C. Het kan zijn dat op andere temperaturen een optimum aanwezig is voor de biologische zuivering. Echter de twee temperaturen in de test hebben wel een goed beeld gegeven in de inzicht van de werking van de temperatuur op de afbraaksnelheid van het percolaatwater op Nij Beets. Vooraf aan de uitvoering van de biodegradatietest is geen uitgebreide bezinkingstap uitgevoerd met het percolaatwater. De mogelijkheid bestaat dat de concentratie aan zwevende stoffen invloed heeft gehad op het verloop van de biologische afbraak. In hoeverre dit afwijkt zou met nieuwe biodegradatietest, waarbij een uitgebreide bezinkingsstap vooraf wordt uitgevoerd, kunnen worden aangetoond. In geval van reproductie van dit onderzoek is dit een belangrijk punt om mee te nemen in de uitvoering.

In dit onderzoek is niet onderzocht of de kleuring van het percolaatwater wordt gereduceerd. De gele kleur van het percolaatwater wordt veroorzaakt door de humuszuren in het water. Humuszuren zijn niet gemakkelijk biologisch afbreekbaar en niet wenselijk in het effluent van het zuiveringssysteem. Het is niet bekend in welke mate de humuszuren in het percolaatwater worden gereduceerd door biologische afbraak. Dit onderzoek heeft zich alleen gericht op de te reduceren componenten welke genoemd zijn in de lozingseisen.

Zuiveringstechnieken

Er bestaan meer zuiveringstechnieken dan in dit rapport genoemd zijn. De keuze voor de beschreven technieken is gemaakt op de complexiteit van de techniek, het bedieningsgemak en eenvoud. Bij Nij Beets zijn geen medewerkers beschikbaar die de tijd en/of de kennis hebben om ingewikkelde, eventueel storingsgevoelige, zuiveringstechnieken te bedienen en/of te onderhouden. Daarom moet een techniek liefst zo eenvoudig mogelijk zijn, te automatiseren en betrouwbaar zijn. Zuiveringstechnieken die veel sensoren, pompen en computers bevatten, wat meer specialisme vraagt, zijn uit praktisch oogpunt minder geschikt. De beschreven technieken zijn met die achtergrond gekozen.

Uitwerking verticaal doorstroomde helofytenfilter

Na verloop van tijd zal het filter verzadigd zijn met fosfaat. Op basis van de beschikbare gegevens en uitgaande van het huidige ontwerp wordt dit na 20 jaar verwacht. Na deze periode kan opnieuw adsorbens in het filter worden gebracht, maar op een gegeven moment zal de inhoud van het filter vervangen moeten worden. Omdat het een relatief groot oppervlak en restmateriaal betreft kan te zijner tijd sprake zijn van eenmalige hoge kosten. Wanneer dit moment komt is moeilijk te bepalen voor Nij Beets.

Verschillende richtlijnen voor het ontwerp van helofytenfilters zijn ontwikkeld. Kadlec en Knight (1996)⁵⁴ wezen op de exponentiële groei van nieuwe informatie op het gebied van rietvelden en

⁵⁴ Kadlec R. & Knight R. (1996), Lewis Publishers, *Treatment Wetlands*

waarschuwden tegen ‘algemeen gebruik’ van simplistische ontwerprichtlijnen voor alle situaties. De aanpak die momenteel wordt gebruikt om rietvelden ontwerpen zijn niet significant verschillend in de benaderingen zoals wordt gebruikt in de conventionele biologische zuiveringssystemen.

In dit rapport is een inschatting van het oppervlak van het verticaal doorstroomde helofytenfilter gemaakt door bij de twee benaderingen aannames te doen van verschillende waarden in de formules. De uitkomsten voor de oppervlaktebepaling voor stikstofverwijdering kwamen overeen. Echter, om het oppervlak beter te bepalen dienen deze aannames zoveel als mogelijk worden bepaald in pilots met het percolaatwater en het filtermateriaal. Alleen op deze manier kan een nauwkeuriger berekening van het benodigde oppervlak uitgevoerd worden. Uitgangspunt voor de berekeningen in dit rapport was om tot een inschatting te komen van het oppervlak van het helofytenfilter.

Het aanleggen van een helofytenfilter luistert zeer precies. De praktijk omstandigheden sluiten niet volledig aan op de omstandigheden uit de literatuur. Het is onbekend of de benodigde rendementen behaald zullen worden.

Het verkrijgen van een goede denitrificatie van het gevormde nitraat in het helofytenfilter is prioriteit van de zuivering. Met pilot-studies moet bepaald worden of het verticaal doorstroomde helofytenfilter dit rendement heeft om te voldoen aan de lozingseisen. Indien dit niet het geval is kan naar het voorgestelde systeemontwerp onderzoek worden gedaan. Een ander systeemontwerp om te zorgen voor voldoende denitrificatie is de hybride-helofytenfilter, waarbij een horizontaal en een verticaal doorstroomde helofytenfilter aan elkaar geschakeld zijn.

8 Eindconclusie en aanbevelingen

Een geschikte installatie om het percolaatwateroverschot te zuiveren van Nij Beets, zodat het water onder lagere kosten geloosd kan worden, is uiteindelijk gedimensioneerd door de onderzoeksvragen te beantwoorden.

Uit de bevindingen in het onderzoek blijkt dat er jaarlijks gemiddeld circa 14.500 m³ aan hemelwater terechtkomt op het gehele terrein te Nij Beets. Hiervan blijft door terugspuiten en verdamping nog circa 450 m³ per jaar aan overschot over wat afgevoerd moet worden. Uit de verkregen analyseresultaten van percolaatwater op zowel Nij Beets als op andere composteerterreinen blijkt dat de concentraties van de componenten sterk kunnen verschillen. Daarnaast fluctueren de concentraties aan componenten in het percolaatwater per locatie. Een zuiveringsinstallatie wordt daarom alleen voor de locatie Nij Beets gedimensioneerd.

De vuilvracht van het percolaatwateroverschot is tussen circa 10 v.e. á 30 v.e. Door de samenstelling van het percolaatwater te vergelijken met de lozingseisen blijkt dat het percolaatwater van Nij Beets gezuiverd dient te worden op de componenten CZV, BZV, stikstof, fosfaat en zwevende stof. Door deze concentraties in het percolaatwater voldoende te verlagen kan worden voldaan aan de lozingsnormen. Uit de meting in de biodegradatietest blijkt dat het percolaatwater van Nij Beets te categoriseren is als biologisch moeilijk afbreekbaar. Daarnaast is gebleken dat een temperatuurverhoging niet zorgt voor een sterke toename aan efficiëntie van een biologische zuiveringssysteem.

Uit de keuzeafweging blijkt een plantensysteem een meest geschikte zuiveringsstelsel voor het biologische zuiveringsproces op Nij Beets te zijn. Op de locatie is ruimte aanwezig om een dergelijke zuiveringssysteem te plaatsen. Plantensystemen behalen goede rendementen op de kritische parameters in het percolaatwateroverschot. Dit met de minste inspanning van personeel, laagste energiekosten en laagste onderhoudskosten in vergelijking met andere zuiveringssystemen. Omdat een installatie niet per se door een ander bedrijf 'Turn key' afgeleverd hoeft te worden, kan op Nij Beets grotendeels zelf de installatie worden opgebouwd.

Vanwege het zuiveringsdoel van het percolaatwateroverschot en de bevindingen in het onderzoek wordt voor Nij Beets gekozen voor een verticaal doorstroomde helofytenfilter. Het is het meest geschikt vanwege het zuiveringsrendement, de omvang en omdat het minste stank/ongedierde overlast heeft van de plantensystemen. Het is wel het meest technische systeem, maar ook het meest betrouwbare van alle plantensystemen.

Een verticaal doorstroomde helofytenfilter van 60 m² is nodig om het percolaatwateroverschot te zuiveren. Het bed is in totaal 1 meter dik en uit de volgende lagen opgebouwd: 10 cm grof grind met toevoerbuizen, 80 cm matig fijn zand met helofytenbeplanting en daaronder 10 cm grof grind en drainagebuizen voor afvoer naar de controleput. Het influent van het zuiveringssysteem wordt verdund met effluentwater uit de controleput, om de concentraties aan CZV, N en P te doen verlagen.

Voor de aanleg van de totale zuiveringsinstallatie zijn de totale kosten geschat op circa € 12.500,-. Doordat het zand en grind te verkrijgen is bij Nij Beets zelf zullen deze kosten naar alle waarschijnlijk lager uitvallen. Er is rekening mee gehouden dat het uitgraven van de grond door Nij Beets zelf wordt uitgevoerd, waardoor de totale kosten voor het aanleggen van de installatie laag blijft. Door de lage onderhoudskosten is de gehele installatie na circa 8 jaar terugverdiend.

Aanbevelingen

Het percolaatwater op Nij Beets fluctueert zowel in debieten als in concentraties aan componenten. In hoeverre een verticaal doorstroomde helofytenfilter het percolaatwater zuivert is voornamelijk onbekend. In proefopstellingen op kleine schaal, bijvoorbeeld een filter met inhoud van 1 m³, kunnen gegevens verzameld worden over de zuiverende werking van het helofytenfilter op het percolaatwater van een composteerterrein. Het is onbekend of de concentratie aan zwevende stof

voldoende wordt gereduceerd door een bezinktank zodat verstoppingen van het helofytenfilter wordt voorkomen. Aanbevolen wordt om hier nader onderzoek naar te verrichten. In dit onderzoek is niet onderzocht of de kleuring van het percolaatwater wordt gereduceerd. Of humuszuren nog in het effluent aanwezig zijn na zuivering met een verticaal doorstroomd helofytenfilter, zal in de proefopstelling ook nader onderzocht moeten worden.

Met een biodegradatietest is de temperatuurverhoging in een biologisch zuiveringssysteem onderzocht. Of een temperatuurverhoging voor andere zuiveringstechnieken positief kan werken dan wel nodig is, zal nader onderzoek uitgevoerd moeten worden. Daarnaast wordt aanbevolen om onderzoek uit te voeren naar geschikte methoden en technieken om de warmte in de composthopen te gebruiken voor bepaalde doeleinden. Het gebruik van de warmte in de composthopen kan invloed hebben op het composteerproces. Vooralsnog is het onbekend of er bij bedrijfsmatig composteren technieken toepasbaar zijn om de warmte te gebruiken voor duurzame oplossingen.

Uit het rapport blijkt dat na 8 jaar de investering is terugverdient. Dit is echter wel een ruwe indicatie. Voordat plannen gemaakt worden om de installatie te bouwen dient de werkelijke kosten eerst goed in kaart te worden gebracht met de dan actuele prijzen van de onderdelen.

Aanbevolen wordt om, met inachtneming van bovenstaande, een vervolg onderzoek naar het verticaal doorstroomde helofytenfilter voor het percolaatwateroverschot op Composteerterrein Nij Beets uit te voeren. Zodat uiteindelijk een zuiveringsinstallatie gerealiseerd kan worden en daardoor de kosten voor het verwerken van het percolaatwateroverschot in de toekomst lager zullen uitvallen voor Composteerterrein Nij Beets.

Bronnen

Rapporten / artikelen

1. Berns J. en Bruinenberg J. (juni 2002), *Handboek ruimtelijke inrichting helofytenfilters*, p 16
2. Brix H., Arias C.A. en Bubba M. del (2001), *Media selection for sustainable phosphorus removal in subsurface flow constructed wetlands*, p 4
3. Cooper P.F. et al. (1996) *Reed beds and Constructed Wetlands for Wastewater Treatment*
4. Debets F. (2009), *Individuele behandeling van afvalwater : handboek 2009/2010*
5. Geller, G. & G. Höner (2003), *Anwenderhandbuch Pflanzenkläranlagen*, 221 S. Springer Verlag
6. Gray N.F., Pub. (Date May 2005), *Water Technology*, p 390
7. Hartjes H. en M.S.M. Geurts van Kessel (1997), *Een verticaal helofytenfilter voor afvalwater afkomstig van woning en rundveemelkstal*
8. Kingma, P. (2005), *Studie naar sanering erfafspoelwater op Biologische melkveehouderij 't Oerset De Leijen*, p 7
9. Landelijk Milieuoverleg Bloembollenteelt (2005), *Handreiking composteringsplaats 2005*, pp 3-4
10. Mæhlum en Jenssen (1998), *Leachate treatment in extended aeration lagoons and constructed wetland in Norway*, In 'Constructed Wetlands for the treatment of landfill leachate', pp 151-163
11. Masi F (2011), Associazione Ambiente e Lavoro Toscana, *Constructed wetlands for wastewater treatment*
12. Metcalf-eddy (2003), Vierde editie, deel I, *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*, p 96
13. Obropta C. (jan 2005), Rutgers Cooperative Research & Extension, *Factsheet, OWTS*
14. Royal Haskoning (20 nov 2003), *Voorbereiding praktijkonderzoek verticaal doorstroomd helofytenfilter*
15. STOWA (2006), Rapport 15, *Communaal afvalwater op temperatuur houden voor actiever slib in rwzi's*
16. STOWA (2007), *Het actief slibproces de mogelijkheden en grenzen*
17. STOWA (aug 2005), *2005-19 Vergaande verwijdering van fosfaat met helofytenfilters*
18. Taakgroep Watersysteem Leidsche Rijn (2003), *Voorbereiding praktijkonderzoek verticaal doorstroomd helofytenfilter*, Zie gemeente Utrecht, 2009
19. Tilley, Lüthi, Morel, en Zurbrügg (2008), Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Publications, *Compendium of sanitation systems and technologies*

20. Spoelstra J. & Truijten G. , (maart 2011), *Handboek groene waterzuivering*
21. Verbruggen E.M.J., Moermond C.T.A., Janus J.A. & Lijzen J.P.A. (2008) RIVM, *Afleiding van milieurisicogrenzen voor chloride in oppervlaktewater, grondwater, bodem en waterbodem*, p 11
22. Vlaams Gewest (2006), *Case industrieel afvalwater van grafische sector*
23. WAC/V/B/005 (Versie januari 2013), *Verkorte ZAHN- WELLENS test voor afvalwaters*
24. Waterschap de Dommel (juni 2009), Factsheets, *Onderzoeksrapport Afkoppelvoorziening, Zuiver beschreven tot de laatste druppel*
25. Waterschap Reest en Wieden (maart 2012), *Rapportage Effluentkwaliteit IBA systemen gemeente De Wolden*
26. Wetterskip Fryslân (2012), *Verordening zuiveringsheffing 2012*
27. Winkler, M. (2012), BIOSERVE Mainz, *Optimale nutriëntenverhoudingen voor afvalwaterzuivering*

Websites

1. Akvo, Avcopedia (2009), Vertical subsurface flow CW geraadpleegd dd 1-6-2013 op: http://akvopedia.org/wiki/Vertical_Flow_Constructed_Wetland
2. Debets F. (update juli 2012), geraadpleegd dd 12-5-2-13 op <http://ibahelpdesk.nl>
3. Dien, F. van, geraadpleegd dd 25-4-2013 op: www.ecofyt.nl
4. Ecodorp (2010), geraadpleegd dd 12-4-2013 op www.ecodorp.nl
5. Groenweb Eco Engineering (Kiss, 1999), geraadpleegd dd 10-5-2013 op: <http://ecoengineering.groenweb.nl/content/doorstromende-systemen>
6. NAHB Research Center, Sand Filters, geraadpleegd dd 23-5-2013 op: www.toolbase.org
7. Rijkswaterstaat, Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Kenniscentrum Infomil, geraadpleegd 12-1-2013 op: <http://www.infomil.nl/handboek-water/activiteiten/lozen-per-activiteit/technische/iba>
8. Van Velzen, T. Grondboorteknik & Bronbemaling, geraadpleegd dd 12-11-2012 op: <http://www.theovanvelzen.nl/grondwaterzuivering.html>
9. Vlaams Gewest, Energie en milieu-informatiesysteem, geraadpleegd dd. 24-2-2013 op: <http://www.emis.vito.be/wass-technieken>
<http://www.emis.vito.be/techniekfiche/slib-op-drager-systemen>
<http://www.emis.vito.be/techniekfiche/kleinschalige-biologische-zuivering#ftn1>
<http://www.emis.vito.be/techniekfiche/kleinschalige-biologische-zuivering>
10. Vlaamse overheid, Landbouw en Visserij, geraadpleegd dd 12-11-2012 op: <http://lv.vlaanderen.be/nlapps/docs/default.asp?fid=388#wat>

Bijlagen

Bijlage II Bepaling hoeveelheid neerslag Nij Beets

Oppervlakte vloeistofdichte vloer: 15.525 m²
Maximaal hoeveelheid percolaatwater: 12957,17 m³ / jaar

De volgende berekeningen zijn de maximale hoeveelheid hemelwater wat van het terrein en uit de composthopen als percolaatwater in het huidige afwateringssysteem terechtgekomen in de jaren 2012, 2011, 2010, 2009 en 2008.

De gemiddelde hoeveelheid neerslag in 2012 ter plaatse van Nij Beets was:
(bron: Jaaroverzicht neerslag en verdamping in Nederland 2012, KNMI, Klimaatdata en –advies, De Bilt)

Maand	mm neerslag	Gem. Per dag	vloeistofdichte vloer 15.525 m ² hoeveelheid hemelwater (m ³ /dag)	Totaal maximaal percolaatwater (m ³) *
Januari	105	3,39	52,58	1630,13
Februari	23,7	0,82	12,69	393,32
Maart	18,3	0,59	9,16	284,11
April	56,9	1,90	29,45	883,37
Mei	44,7	1,44	22,39	693,97
Juni	109,4	3,65	56,61	1698,44
Juli	161,6	5,21	80,93	2508,84
Augustus	165	5,32	82,63	2561,63
September	61,9	2,06	32,03	961,00
Oktober	147,4	4,75	73,82	2288,39
November	62,6	2,09	32,40	971,87
December	134,6	4,34	67,41	2089,67
Jaar	1091,1	2,99	46,41	16964,70

* uitgaande van geen verdamping/vasthouden in composthopen e.d.

De gemiddelde hoeveelheid neerslag in 2011 ter plaatse van Nij Beets was:
(bron: Jaaroverzicht neerslag en verdamping in Nederland 2011, KNMI, Klimaatdata en –advies, De Bilt)

Maand	mm neerslag	Gem. Per dag	vloeistofdichte vloer 15.525 m ² hoeveelheid hemelwater (m ³ /dag)	Totaal maximaal percolaatwater (m ³) *
Januari	53,1	1,71	26,55	822,98
Februari	36,6	1,31	20,34	630,47
Maart	8,2	0,26	4,04	125,13
April	10,4	0,35	5,43	163,01
Mei	47,5	1,53	23,75	736,35
Juni	112,7	3,76	58,37	1751,22
Juli	121,3	3,91	60,70	1881,79
Augustus	102,6	3,31	51,39	1593,02
September	71,7	2,39	37,10	1113,14
Oktober	100,6	3,25	50,46	1564,14
November	9,9	0,33	5,12	153,70
December	160,0	5,16	80,11	2483,38
Jaar	834,6	2,29	35,55	13018,33

* uitgaande van geen verdamping/vasthouden in composthopen e.d.

De gemiddelde hoeveelheid neerslag in 2010 ter plaatse van Nij Beets was:
(bron: Jaaroverzicht neerslag en verdamping in Nederland 2010, KNMI, Klimaatdata en –advies, De Bilt)

Maand	mm neerslag	Gem. Per dag	vloeistofdichte vloer 15.525 m ² hoeveelheid hemelwater (m ³ /dag)	Totaal maximaal percolaatwater (m ³) *
Januari	36,7	1,18	18,38	569,77
Februari	62,7	2,24	34,76	1077,71
Maart	50,6	1,63	25,34	785,57
April	40,2	1,34	20,80	624,11
Mei	61,4	1,98	30,75	953,24
Juni	22,8	0,76	11,80	353,97
Juli	90,4	2,92	45,27	1403,46
Augustus	185,4	5,98	92,85	2878,34
September	125,9	4,20	65,15	1954,60
Oktober	79,8	2,57	39,96	1238,90
November	74,6	2,49	38,61	1158,17
December	50,1	1,62	25,09	777,80
Jaar	880,6	2,41	37,46	13775,61

* uitgaande van geen verdamping/vasthouden in composthopen e.d.

De gemiddelde hoeveelheid neerslag in 2009 ter plaatse van Nij Beets was:
(bron: Jaaroverzicht neerslag en verdamping in Nederland 2009, KNMI, Klimaatdata en –advies, De Bilt)

Maand	mm neerslag	Gem. Per dag	vloeistofdichte vloer 15.525 m ² hoeveelheid hemelwater (m ³ /dag)	Totaal maximaal percolaatwater (m ³) *
Januari	57,2	1,85	28,65	888,03
Februari	55,7	1,99	30,88	957,39
Maart	73,7	2,38	36,91	1144,19
April	23,6	0,79	12,21	366,39
Mei	86,4	2,79	43,27	1341,36
Juni	58,2	1,94	30,12	903,56
Juli	112,9	3,64	56,54	1752,77
Augustus	62,6	2,02	31,35	971,87
September	37,6	1,25	19,46	583,74
Oktober	61,9	2,00	31,00	961,00
November	137,0	4,57	70,90	2126,93
December	109,5	3,53	54,84	1699,99
Jaar	876,3	2,40	37,27	13697,21

* uitgaande van geen verdamping/vasthouden in composthopen e.d.

De gemiddelde hoeveelheid neerslag in 2008 ter plaatse van Nij Beets was:
(bron: Jaaroverzicht neerslag en verdamping in Nederland 2008, KNMI, Klimaatdata en –advies, De Bilt)

Maand	mm neerslag	Gem. Per dag	vloeistofdichte vloer 15.525 m ² hoeveelheid hemelwater (m ³ /dag)	Totaal maximaal percolaatwater (m ³) *
Januari	117,2	3,78	58,69	1819,53
Februari	37,8	1,30	20,24	627,32
Maart	99,3	3,20	49,73	1541,63
April	26,2	0,87	13,56	406,76
Mei	12,1	0,39	6,06	187,85
Juni	42,4	1,41	21,94	658,26
Juli	161,7	5,22	80,98	2510,39
Augustus	134,8	4,35	67,51	2092,77
September	54,4	1,81	28,15	844,56
Oktober	131,7	4,25	65,96	2044,64
November	102,4	3,41	52,99	1589,76
December	37,2	1,20	18,63	577,53
Jaar	957,2	2,62	40,71	14901,00

Bijlage III Analyseresultaten percolaatwater Nij Beets

De twee steekmonsters die zijn genomen in het huidige afwateringssysteem te Nij Beets is door AL-West geanalyseerd. Uit de analyses kwamen de volgende resultaten:

	Eenheid	50276 M1	50277 M2
Klassiek Chemische Analyses			
Geleidbaarheid 25 °C	µS/cm	4869	3530
pH		6,9	7,5
Temperatuur	°C	19,0	19,1
Stikstof volgens Kjeldahl (N)	mg/l	210	160
Ammonium (als N)	mg/l	110	71
Chloride [Cl]	mg/l	590	470
Nitraat (als N)	mg/l	<0,05	<0,05
Ortho-fosfaat (P)	mg/l	30	15
totaal fosfor (P)	mg/l	44	22
CZV	mg/l	5110	2650
BZV 5 dgn	mg/l	2170	823
Onopgeloste bestanddelen / Zwevende Stof	mg/l	210	260
Voorbehandeling metalen analyse			
Koningswater ontsluiting		++	++
Metalen			
Arseen (As)	mg/l	0,017	0,014
Cadmium (Cd)	mg/l	<0,0002	0,0006
Calcium (Ca)	mg/l	300	150
Chroom (Cr)	mg/l	<0,004	0,009
IJzer (Fe)	mg/l	4,3	16
Kalium (K)	mg/l	690	480
Koper (Cu)	mg/l	0,008	0,031
Kwik (Hg)	µg/l	<0,10	<0,10
Lood (Pb)	mg/l	0,012	0,039
Magnesium (Mg)	mg/l	100	50
Nikkel (Ni)	mg/l	0,026	0,019
Zink (Zn)	mg/l	0,10	0,41
Zwavel, totaal [S]	mg/l	33	17

Verklaring: "<" of na betekent dat het gehalte van de component lager is dan de rapportagegrens.

Begin van de analyses: 30.11.12

Einde van de analyses: 10.12.12

Biodegradatietest van het percolaatwater te Composteerterrein Nij Beets



Proef ter ondersteuning keuze in zuiveringstechnieken

Gijsbert Knol
Milieukunde
Van Hall Larenstein te Leeuwarden
Afstudeeropdracht
Start - 23 April 2013

Inhoud

1 INLEIDING	2
2 PRINCIPE	2
2.1 Het doel van de testopstelling	2
2.2 Testvoorwaarden	2
3 MATERIAAL	3
3.1 Monstermateriaal en actief slib	3
3.2 Onderdelen en meettoestellen	3
3.5 Berekenen rendement biodegradatie	3
4 DE PROEF UITVOEREN	4
4.1 Voorbereidingen	4
4.2 Opstelling	4
4.3 Uitvoering	4
4.4 Resultaten verwerking	5
4.5 De bepaling t.b.v. keuze in zuiveringstechnieken	5
5 Bronnen en overige info	6
6 Meetrapport	7

1 INLEIDING

Om afvalwater te gaan zuiveren is het belangrijk om inzicht te krijgen wat de afbreekbaarheid is van het organisch materiaal. Deze gegevens zullen bijdragen in de keuze in zuiveringstechnieken voor het percolaatwater op Composteerterein Nij Beets. De afbreekbaarheid van het afvalwater kan bepaald worden in een biodegradatietest. De beschreven biodegradatietestmethode is afgeleid van een aangepaste 7-dagen versie van de Zahn-Wellens biodegradatietest. De methode is gebaseerd op de door de ISO beschreven methode 9888 versie 1999 (Water Quality – Evaluation of ultimate aerobic biodegradability of organic compounds in aqueous medium – Static test (Zahn-wellens method)), OECD 302B Zahn-Wellens/EMPA Test (17/07/1992) en EN 29888 deel 408. Het doel is om de afbraak van het percolaatwater in een kleine zuiveringsinstallatie na te bootsen.

De hier beschreven methode wordt gebruikt om de biologische afbreekbaarheid van het percolaatwater van Nij Beets in te schatten.

2 PRINCIPE

De 7-dagen Zahn-Wellens test simuleert de biodegradatie van een afvalwater wanneer dat geloosd wordt op een waterzuivering. In de 7-dagen test wordt gebruik gemaakt van het actief slib afkomstig van een RWZI waarop afvalwater geloosd wordt met gelijksoortige samenstelling als het te testen afvalwater. De adaptatie van actief slib aan het percolaatwater vooraf aan deze proef wordt buiten beschouwing gelaten in verband met praktische en tijdgerelateerde redenen. Met deze proef wordt voldoende inzicht verkregen in de afbreekbaarheid van het afvalwater in 7 dagen tijd. In deze periode zal namelijk al adaptatie plaatsvinden van het actief slib. Het aan RWZI geadapteerde actief slib wordt met een concentratie van 1 g d.s./l toegevoegd aan het afvalwater. De biodegradatie wordt regelmatig opgevolgd door de meting van DOC (Dissolved Organic Carbon) of CZV (Chemical Oxygen Demand), vertrekkende van dag 0 = opstartdatum. Na het opstarten wordt 3 uur later een CZV meting uitgevoerd om C-verlies door adsorptie aan slib in te schatten. Het biodegradatierendement wordt bepaald door de CZV daling t.o.v. deze 3-uur waarde te berekenen.

De toxiciteitsafname welke in de Zahn-Wellens test wordt gemeten, wordt in deze test buiten beschouwing gelaten. Uit de analyses van het percolaatwater en analyses van het compost te Nij Beets blijkt dat er geen toxische stoffen in het percolaatwater zijn te verwachten. Er dient enkel de afbreekbaarheid van de concentraties aan CZV, stikstof en fosfaat te worden bepaald. Dit zijn de componenten welke in te hoge concentraties aanwezig zijn in het afvalwater van Nij Beets.

2.1 Het doel van de testopstelling

De test wordt opgezet om de biologische afbraak van de afvalwatermonsters afzonderlijk te bepalen. In de test wordt de afbreekbaarheid van het percolaatwater van de composteerterein met en zonder toevoeging van bacteriën gemeten. Door deze test kan beter inzicht worden verkregen voor de keuze van een zuiveringstechniek voor het percolaatwater van een composteerterein. De testopzet is in paragraaf 4.2 weergegeven.

Het afvalwater wordt als goed behandelbaar beschouwd wanneer CZV met 80% afneemt tijdens 7 dagen.

2.2 Testvoorwaarden

- pH tussen 6.5 en 8 (indien nodig de pH aanpassen)
- O₂ opgelost > 5 mg/l
- Testtemperatuur 15 °C ± 4 °C en 30 °C ± 4 °C
- Test uitvoeren in een verduisterd of diffuus verlichte ruimte.

3 MATERIAAL

3.1 Monstermateriaal en actief slib

- Het percolaatwater te Nij Beets, uit het bassin. 8 liter per testwater, is 32 liter voor de gehele testuitvoering
- Actief slib afkomstig van een RWZI waar huishoudelijk afvalwater wordt gezuiverd (geadapteerd actief slib). Het volume is afhankelijk van het te meten percolaatwater volume⁵⁵.

3.2 Onderdelen en meettoestellen

- Bekerglas van 500 ml en maatscilinders
- Emmers: 10 l. 1 emmer per gewenste testconditie (zie onder)
- Balans (om zowel g als mg te kunnen afwegen)
- pH en O₂ meter
- CZV metingen
- Voor bepaling concentraties CZV, NH₃, NO₃⁻ en P. Filters (0.45µm) + spuiten
- Beluchtingssysteem met perslucht, siliconeslangen en bruisstenen (vijver luchtpomp, capaciteit is 200 liter per uur per bruissteen)
- Verwarmingselement (100 watt)

3.5 Berekenen rendement biodegradatie

Adsorptie : $[CZV_{t=0\ t} - CZV_{t=3\ uur}] / CZV_{t=0\ t} * 100$

Biodegradatierendement = $[1 - (CZV_{\text{tijdstip=dag t}} / CZV_{\text{dag 1, 3 uur}})] * 100$

⁵⁵ Een volume van 2.5 l actief slib afkomstig van een RWZI, geeft 5 à 6 g DS actief slib (er is 1 g/l per testconditie met actief slib standaard nodig)

4 DE PROEF UITVOEREN

4.1 Voorbereidingen

Actief slib.

- Afhalen slib bij RWZI:
 - Laten bezinken – vloeistof van bezinksel scheiden – 1 à 2*wassen met kraanwater (tot helder) – laten bezinken
 - Decanteren tot enkele cm bovenstaand water
 - Mengen en een monster nemen voor het bepalen van het droge stofgehalte. (meting op RWZI)
 - Voor gebruik tot gewenst volume brengen en minstens 2 uur beluchten

4.2 Opstelling

In tabel 2 is een opstelling van de test weergegeven. Er worden twee testen (A en B) uitgevoerd op verschillende temperaturen. Per test zijn 2 emmers nodig, welke tijdens de test 7 dagen lang continu belucht worden. Hierdoor zal de inhoud ook geroerd worden. Omdat het gaat om kleinere volumes wordt aangenomen dat een goede beluchting zorgt voor voldoende vermenging. Op elke temperatuurconditie wordt een emmer met actief slib toegevoegd, de andere emmer zonder deze toevoeging.

Tabel 2 : testopzet

Opstelling	Percolaatwater	Toevoegen actief slib	testconditie
A-1 (emmer 8 liter)	op 15 °C	+	belucht
A-2 (emmer 8 liter)	op 15 °C	-	belucht
B-1 (emmer 8 liter)	op 30 °C	+	belucht
B-2 (emmer 8 liter)	op 30 °C	-	belucht

Voor een impressie van de opstelling zie figuur 1 op volgende pagina.

4.3 Uitvoering

Proef A Opstarten

- Het testvolume bepalen (een volle emmer is 8 liter per conditie)
- Het drooggewicht van het slib en benodigde volume actief slib per emmer (1g DS/l) bepalen.
- De emmers op ongeveer hetzelfde moment vullen. Er wordt (indien van toepassing) aan de abiotische conditie (zonder actief slib) eenzelfde volume water toegevoegd als het volume slib dat aan de biotische condities wordt toegevoegd.
- Op elke emmer wordt met markeerstift het eindvolume aangeduid, om later de hoeveelheden die door verdamping verloren zijn gegaan aan te vullen (met kraanwater).
- Beluchting wordt hierna opgestart. De zuurstofgehalte wordt boven de 5 mg/l gehouden. Dit wordt dagelijks gemeten.
- Uit elke emmer wordt een monster genomen (meetpunt t=0) - filteren over 0.45 µm, en de CZV, NH_4^+ , NO_3^- en P metingen uitvoeren.
- De emmers afdekken.
- Na 3 uur wordt opnieuw een monster genomen uit elke conditie (t=3h), filteren over 0.45 µm, en de CZV metingen uitvoeren.
- de pH, eC en temperatuur worden dagelijks gemeten in elke emmer.

Uitvoering dag 2-7

- de CZV, N-Kj, NO_3^- en P worden eenmaal op dag 4 en 7 bepaald per emmer (filteren over 0.45 µm).
- de emmers worden elke dag op het oorspronkelijke volume gebracht met kraanwater
- de pH, eC en temperatuur worden dagelijks gemeten in elke emmer.

Proef B

Bovenstaande wordt tegelijk uitgevoerd dezelfde testopzet bij een hogere temperatuur (30°C) middels een elektrische verwarmingselement. (zie speciekuip op foto)

4.4 Resultaten verwerking

Op basis van zowel de CZV-, Stikstof Kjeldahl- en Fosfaat-gegevens kan het biodegradatierendement per emmer worden bepaald. De meetgegevens worden in grafieken verwerkt. De conditie zonder actief slib geeft de spontane afbraak van het afvalwater weer, de conditie met toevoeging van actief slib geeft de biologische afbraak in RWZI condities. Dit alles op de twee verschillende temperaturen.

4.5 De bepaling t.b.v. keuze in zuiveringstechnieken

Door zowel de met actief slib geënte als de spontane afbraak van het afvalwatermonsters afzonderlijk te bepalen wordt inzicht verkregen in de afbreekbaarheid van het percolaatwater. Door deze test kan beter inzicht worden verkregen voor de keuze van een zuiveringstechniek voor het percolaatwater van een composteerterrein. Uit de test zal blijken dat enten van actief slib nodig is of dat er voldoende biomassa in het percolaatwater aanwezig is voor biologische afbraak.

Met deze proef kan bewezen worden of een actief slibstelsel nodig is voor de biologische zuivering. Of dat een andere zuiveringstechniek ook mogelijk is. Ook kan worden bepaald of het zinvol kan zijn om te zorgen voor verhoging van de temperatuur in een zuiveringsinstallatie (benutten vrijkomende warmte van composthoopen).



Fig. 1: Opstelling emmers, (speciekuip met thermostaat voor warm water) en luchtpomp

5 Bronnen en overige info

Links naar de bronnen

Verwarming aquarium berekenen:

<http://www.eclecticsite.be/calc/aquarium.htm>

http://www.meetjesland.be/Sterk_met_melk/Afvalwater%20en%20zuivering.pdf

NENs

<http://www.intertek.nl/vgm/toxiciteit-afvalwaters/>

Zahn Wellens Methode

<http://www.docstoc.com/docs/97282961/Test-for-Inherent-Biodegradability-OECD302-Zahn-WellensEMPA-Method>

Kosten bepalen van de parameters

De analyseprijzen (prijzen per analyse) bij Econvert:

NO₃⁻: € 5,00,-
NH₄⁺: € 7,00,-
CZV: € 5,00,-
PO₄: € 5,00,-
Totaal stikstof: *geen kit aanwezig*
Filters: € 0,50,- per stuk

Op basis van zelfstandig uitvoeren metingen.

Aantal metingen proefopzet:

	Tijdstip				Totaal	
Parameter	0 (start)	3 uur	Dag 4	Dag 7	Vials	Kosten
CZV	1 + 1 blanco	1	4 emmers	4 emmers	11	55,-
Ammonium (NH ₄ ⁺)	1		4 „ .	4 „ .	9	63,-
Nitraat (NO ₃ ⁻)	1		4 „ .	4 „ .	9	45,-
Fosfaat (P)	1		4 „ .	4 „ .	9	45,-
					38	€ 208,-
+ aantal filters					10 x 0,50	€ 213,-

6 Meetrapport

Dag 1 (22-4-2013)

		Tijdstip	
Parameter	verduunning	0 (start)	3 uur
CZV	- 1:5	435 mg/l 320 mg/l	422 mg/l 310 mg/l
Ammonium (NH ₄ ⁺) NH ₃ -N NH ₃	1:5	30 mg/l 35 mg/l	- -
Nitraat (NO ₃ ⁻) NO ₃ -N NO ₃ ⁻	1:5	5,5 mg/l 24 mg/l	-
Fosfaat (P) P PO ₄ ³⁻ P ₂ O ₅	1:10	4,1 mg/l 12,6 mg/l 9,4 mg/l	-

Dag 4 (26-4-2013)

	Emmer	+ A.S. 15°C	- 15°C	+ A.S. 30°C	- 30°C
Parameter	verduunning	1	2	3	4
CZV	-	222 mg/l	352 mg/l	203 mg/l	357 mg/l
Ammonium (NH ₄ ⁺) NH ₃ -N NH ₃	-	1 mg/l 2 mg/l	21 mg/l 25 mg/l	2 mg/l 2 mg/l	20 mg/l 24 mg/l
Nitraat (NO ₃ ⁻) NO ₃ -N NO ₃ ⁻	-	22,2 mg/l 98,1 mg/l	1,5 mg/l 6,7 mg/l	25,5 mg/l 113,0 mg/l	2,5 mg/l 11,0 mg/l
Fosfaat (P) P PO ₄ ³⁻ P ₂ O ₅	1:10	5,6 mg/l 17,1 mg/l 12,8 mg/l	3,7 mg/l 11,4 mg/l 8,5 mg/l	5,3 mg/l 16,1 mg/l 12,0 mg/l	3,4 mg/l 10,3 mg/l 7,7 mg/l

Dag 7 (29-4-2013)

	Emmer	+ A.S. 15°C	- 15°C	+ A.S. 30°C	- 30°C
Parameter	verduunning	1	2	3	4
CZV	-	218 mg/l	360 mg/l	178 mg/l	366 mg/l
Ammonium (NH ₄ ⁺) NH ₃ -N NH ₃	-	1 mg/l 1 mg/l	18 mg/l 22 mg/l	1 mg/l 1 mg/l	13 mg/l 16 mg/l
Nitraat (NO ₃ ⁻) NO ₃ -N NO ₃ ⁻	-	46,3 mg/l 132,8 mg/l	1,4 mg/l 6,0 mg/l	28,2 mg/l 124,8 mg/l	1,1 mg/l 5,0 mg/l
Fosfaat (P) P PO ₄ ³⁻ P ₂ O ₅	1:10	8,2 mg/l 25,3 mg/l 18,9 mg/l	4,2 mg/l 13,0 mg/l 9,7 mg/l	7,2 mg/l 22,2 mg/l 16,6 mg/l	3,5 mg/l 10,7 mg/l 8,0 mg/l

Overige metingen

	Emmer	+ A.S. 15°C	- 15°C	+ A.S. 30°C	- 30°C
Parameter		1	2	3	4
pH	Dag 1 Dag 2 Dag 3 Dag 4 Dag 7	6,89 6,94 7,26 7,31 7,42	6,74 7,04 7,13 7,32 7,49	6,68 6,84 6,91 7,43 7,52	6,81 7,12 7,18 7,56 7,88
eC (μS)	Dag 1 Dag 2 Dag 3 Dag 4 Dag 7	1600 1243 1080 1210 1180	840 756 935 727 702	845 768 598 684 630	856 1287 907 1478 1600
Temp. (°C)	Dag 1 Dag 2 Dag 3 Dag 4 Dag 7	14,6 14,8 15,2 14,8 16,2	14,7 15,0 15,1 14,7 16,2	24,4 27,4 28,8 27,4 28,2	26,3 28,7 27,8 29,4 28,9
DOC (mg/l)	Dag 1 Dag 2 Dag 3 Dag 4 Dag 7	6,2 7,5 6,4 5,7 5,8	6,4 7,1 6,8 6,4 5,2	5,8 6,4 7,8 6,7 6,2	6,4 7,4 6,9 7,2 6,3

Bijlage V Informatie percolaatwater verkregen bij Wetterskip Fryslân.

Samenstelling percolaatwater 'anonieme' locaties composteerterreinen.

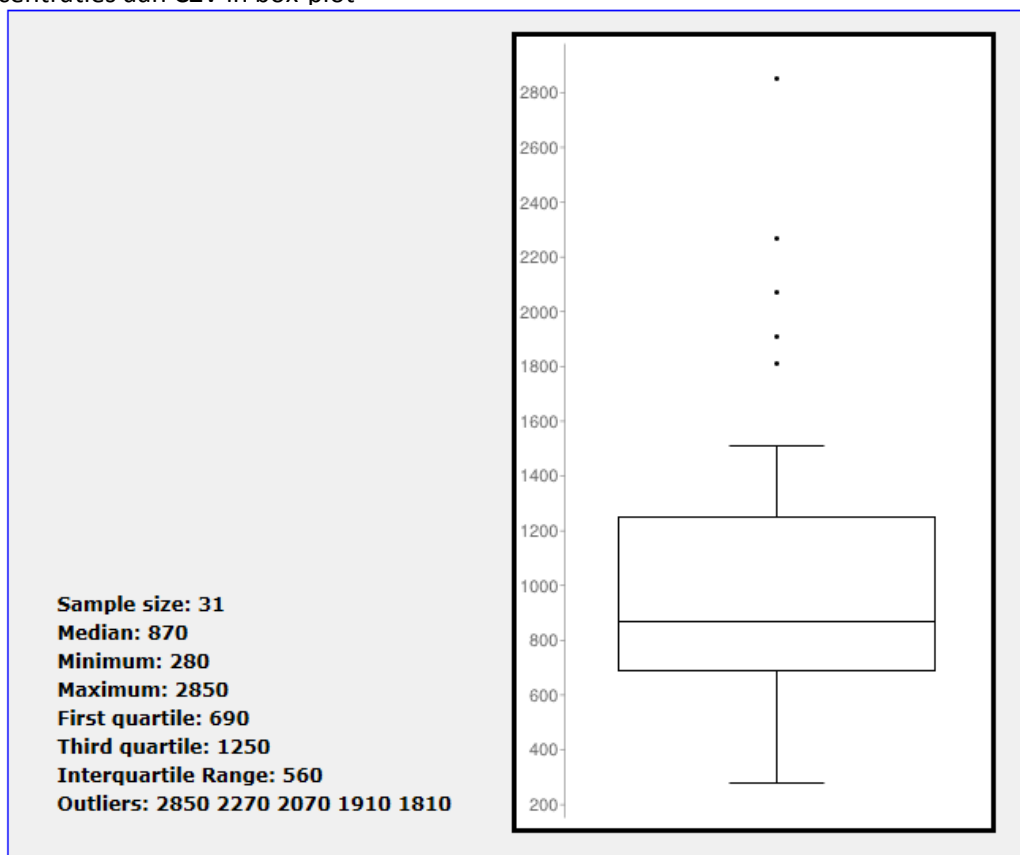
Zuurstofbindende stoffen, percolaat composteerinstallaties					
normaal' percolaat					
Steekmonster / locatie	CZV	Kj/N	Steekmonster / locatie	CZV	Kj/N
	mg/l	mg/l		mg/l	mg/l
1	1020	61,0	17	1180	65,0
2	450	30,0	18	2070	89,0
3	870	62,0	19	2850	150,0
4	360	24,0	20	910	56,0
5	630	29,0	21	870	72,0
6	280	11,0	22	1320	86,0
7	790	32,0	23	2270	170,0
8	740	40,0	24	1810	98,0
9	690	37,0	25	1020	42,0
10	1250	68,0	26	1010	46,0
11	900	57,0	27	490	24,0
12	1910	100,0	28	920	47,0
13	840	44,0	29	740	37,0
14	330	15,0	30	740	39,0
15	520	25,0	31	1510	78,0
16	770	35,0			

Om een goed beeld te krijgen van de spreiden worden de concentraties weergegeven in box-plot grafieken.

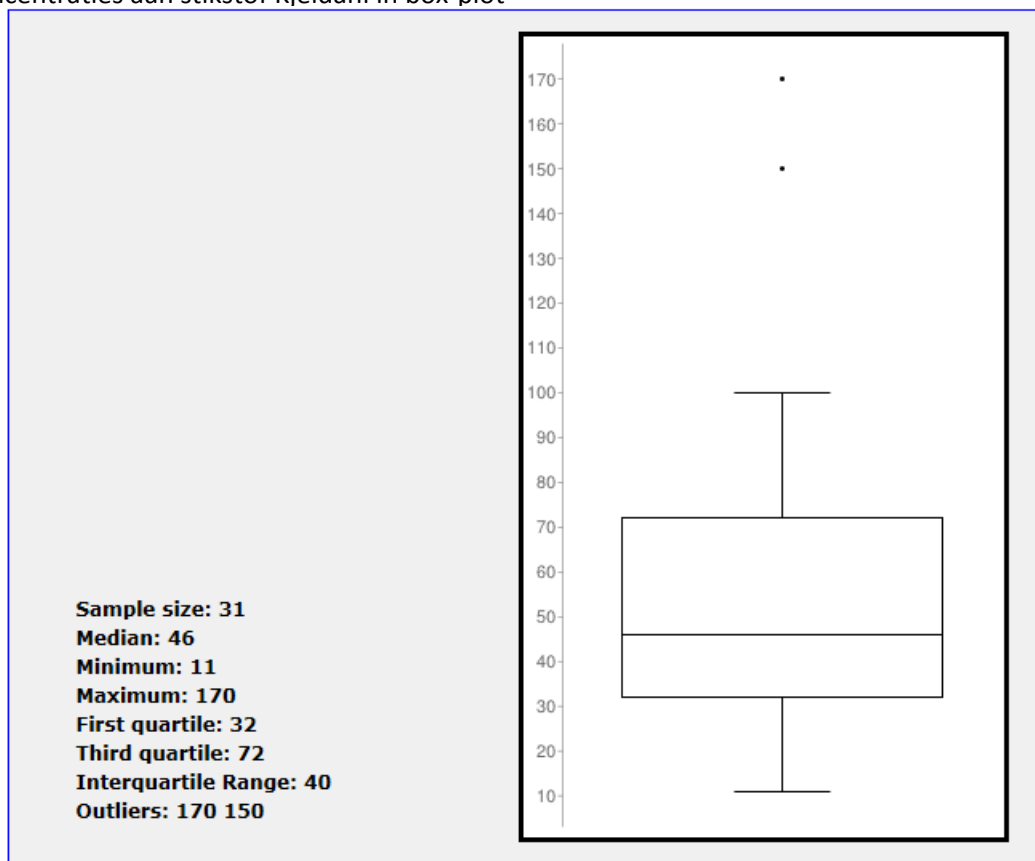
Boxplots gemaakt online op de volgende website:

<http://www.alcula.com/calculators/statistics/box-plot/>

De concentraties aan CZV in box-plot



De concentraties aan stikstof Kjeldahl in box-plot



Bijlage VI Informatie van andere composteerterreinen

Door een inventarisatie te maken bij een aantal composteerterreinen kan o.a. de omvang van de compostering in relatie met de gangbare hoeveelheden, fluctuaties en concentraties van het percolaatwater wat vrijkomt worden vergeleken.

Grootegast

- Oppervlakte terrein: 0,5 ha.
- Aantal composthopen aanwezig op terrein: 1
- Hoeveelheden compost verwerkt per jaar: circa 5000 m³
- Zuiveringssysteem aanwezig? neen
- opvanginstallatie / buffer aanwezig? ja
- omvang / het volume? 15*10 * 2=300 m³
- afgevoerd percolaatwater hoeveelheden per jaar? ca. 40.000 m³ per jaar, gem. 107,8 m³ per etmaal; hierbij zij aangetekend, ook uit de onder de compostering gelegen vuilstort.
- Heeft u analyses van het percolaatwater? De analyses worden maandelijks verricht door WLN (Water Laboratorium Noord)

Sumar

- Oppervlakte terrein: 2,5 ha
- Hoeveelheden composthopen aanwezig op terrein: 3000 m³ + 200 m³
- Hoeveelheden compost verwerkt per jaar: 3.000 m³ aan traditioneel en 1.200 m³ aan CMC compost
- zuiveringssysteem aanwezig? Nee, wel directe afvoerleiding naar naastgelegen RWZI
- een opvanginstallatie / buffer aanwezig? ja
- Wat is de omvang / het volume? 1x bassin van 300m³
- afgevoerd percolaatwater per jaar? N.n.b., er wordt niet terug gespoten → compost te nat
- Heeft u analyses van het percolaatwater? Ja moet aanwezig zijn bij Doede. Is opgestuurd op 19-03-2013 via mail.

Orgaworld

- Oppervlakte terrein: 150 bij 50 meter
- Hoeveelheden composthopen aanwezig op terrein: 5.000 – 10.000 ton
- Hoeveelheden compost verwerkt per jaar: 75.000ton gft / 30.000 ton compost (daaruit)
- zuiveringssysteem aanwezig? Nee, en er wordt niet terug gespoten
- een opvanginstallatie / buffer aanwezig? ja
- Wat is de omvang / het volume? 1x bassin van 500 m³ voor buitenterrein, voor de hal zijn kelders aanwezig van 150 m³, dit percolaatwater gaat met tankauto naar Limburg hoogstwaarschijnlijk voor vergisting.
- afgevoerd percolaatwater per jaar? Gem. 5000 ton per jaar (1 ton = 1m³)
- Heeft u analyses van het percolaatwater? Zie onderstaande.

ANALYSES AFVALWATER Orgaworld						
DATUM	Onopgeloste bestanddelen max 50 mg/l	CZV Max 1000 mg/l	Kjeldahl-N max 400 mg/l	Sulfaat Max 300 mg/l	pH 6,5-10,0	Opmerkingen
27-2-2002	550	2630	573			Wetterskip
21-3-2002	65770	4800	1000		8,1	Wetterskip
31-8-2004		644	86			Analytico
11-10-2004	7,5	626	150			Analytico
17-11-2005		800	130	69	7,8	Milfac
21-12-2005	150	1240	220			Milfac
12-1-2005		1220	180	190	8,1	Milfac
24-2-2005		2060	250			Milfac
9-3-2005		1770	220			Milfac
12-4-2005		1430	180			Analytico
28-4-2005		1210	280			Milfac
25-5-2005		829	210			Milfac
2-12-2005		313	240			Condensaat P=<0.05 P04=<0,15 P205=<0,12
22-3-2005		4760	580			Kelder biofilter
22-3-2005		3090	620			Plenumruimte
19-1-2006		889	210			Analytico bacteriën toegevoegd
19-jan-06		1000	210			Analytico geen bacteriën toegevoegd

Afvalwater naar Wetterskip Fryslân

DATUM	Onopgeloste bestanddelen mg/l	CZV mg/l	Kjeldahl-N	Fosfaat als P	Gloeirest %
14-feb-06	700	1470	300	21	25
17-feb-06	350	1240	280	13	30
21-feb-06	220	1060	270	9	40
24-feb-06	740	1070	257	11	33
28-feb-06	260	1970	300	8,5	28
3-mrt-06	300	1500	314	12	27
7-mrt-06	210	1660	321	13	30
10-mrt-06	310	1530	328	14	27
14-mrt-06	310	1530	328	14	27
24-mrt-06	300	1410	342	10	21
31-mrt-06	180	1510	364	10	22

Den Ouden

- Oppervlakte terrein: 6 ha
- Hoeveelheden composthopen aanwezig op terrein: (gemiddeld over hele jaar) 1/3 van het terrein
- Hoeveelheden compost verwerkt per jaar: 50.000ton
- zuiveringssysteem aanwezig? nee
- een opvanginstallatie / buffer aanwezig? ja
- Wat is de omvang / het volume? bassin van 1600m3 & bassin van 3000m3
- afgevoerd percolaatwater per jaar? +/- 20000m3
- Heeft u analyses van het percolaatwater? Ja meegeleverd, analyses door AL-West

Tabel: analyse van het percolaatwater te Den Ouden

De concentratie aan CZV is hoger dan de concentratie in steekmonster M1. De concentratie aan stikstof Kjeldahl is factor 2,5 hoger. De concentratie aan totaal fosfor is vergeleken met de steekmonsters op Composteertterrein Nij Beets vele malen kleiner.

	Eenheid	86597 14/15-1-2013 Vlagheide
Klassiek Chemische Analyses		
Stikstof volgens Kjeldahl (N)	mg/l	500
totaal fosfor (P)	mg/l	0,5
CZV	mg/l	5920
Voorbehandeling metalen analyse		
Koningswater ontsluiting		++
Metalen		
Chroom (Cr)	mg/l	0,048
Koper (Cu)	mg/l	0,13
Kwik (Hg)	µg/l	0,29
Lood (Pb)	mg/l	0,097
Nikkel (Ni)	mg/l	0,13
Tin (Sn)	mg/l	<0,030
Zink (Zn)	mg/l	0,93
PAK		
Acenafteen	µg/l	0,19
Acenafteleen	µg/l	<0,050
Anthraceen	µg/l	0,20
Benzo(a)anthraceen	µg/l	0,23
Benzo(b)fluorantheen	µg/l	0,30
Benzo(ghi)peryleen	µg/l	0,17
Benzo(k)fluorantheen	µg/l	0,13
Benzo-(a)-Pyreen	µg/l	0,22
Chryseen	µg/l	0,34
Dibenzo(ah)anthraceen	µg/l	0,041
Fenanthreen	µg/l	0,81
Fluorantheen	µg/l	1,3
Fluoreen	µg/l	0,34
Indeno-(1,2,3-c,d)pyreen	µg/l	0,12
Naftaleen	µg/l	0,16
Pyreen	µg/l	0,67
Som PAK (EPA)	µg/l	5,2 ^{xj}
Som PAK (VROM)	µg/l	3,7 ^{xj}
Totaal 6 Borneff	µg/l	2,2 ^{xj}
Aromaten		
Benzeen	µg/l	2,3
Tolueen	µg/l	13
Ethylbenzeen	µg/l	<0,6 ^{m)}
m,p-Xyleen	µg/l	<0,60 ^{m)}
o-Xyleen	µg/l	<0,60 ^{m)}
Naftaleen	µg/l	<0,6 ^{m)}
Som Xylenen	µg/l	n.a.
Organohalogeenvverbindingen		
EOX-AW	mg/l	0,12

Begin van de analyses: 15.01.13

Bijlage VII Regelgeving lozing afvalwater

Systematiek algemene regels voor lozen

Verreweg de meeste lozingen worden geregeld met drie amvb's, die qua systematiek naadloos op elkaar aansluiten, maar een eigen doelgroep hebben:

- het Activiteitenbesluit voor inrichtingen
- het Besluit lozing afvalwater huishoudens voor particuliere huishoudens en
- het Besluit lozen buiten inrichtingen voor de rest.

In de drie besluiten is een onderscheid gemaakt in lozen in het vuilwaterriool en overig lozen: in het oppervlaktewater, in het schoonwaterriool, in en op de bodem.

Lozen in vuilwaterriool is toegestaan, mits wordt voldaan aan de voorschriften per activiteit en de zorgplicht. Overig lozen is verboden, tenzij expliciet toegestaan onder de voorwaarden van een besluit, of toegestaan bij maatwerkvoorschrift volgens artikel 2.2 (bodemlozingen en lozingen op een schoonwaterriool), of toegestaan met watervergunning (direct lozen in het oppervlaktewater).

De voorschriften in de besluiten zijn ingedeeld naar activiteiten. Vooral bij lozen in het vuilwaterriool worden bij veel activiteiten geen uitgewerkte voorschriften gesteld, waardoor alleen de zorgplicht als voorwaarde geldt. Voor huishoudelijk afvalwater en afvalwater, dat daar qua biologische afbreekbaarheid mee overeenkomt, ligt dat voor de hand, want daar is het vuilwaterriool met achterliggende RWZI voor bedoeld. Als in een afvalwaterstroom een bepaalde kritische verontreiniging te verwachten is worden er ook voorschriften gesteld.

Zorgplicht

De zorgplicht voor de lozer staat in:

- artikel 2.1 van het Activiteitenbesluit,
- artikel 2.1 van het Besluit lozen buiten inrichtingen en,
- artikel 4 van het Besluit lozing afvalwater huishoudens.

Bij de opzet van deze besluiten is er doelbewust voor gekozen de milieuaspecten niet tot in detail te regelen. Dit heeft tot gevolg dat voor verschillende milieuaspecten geen concrete voorschriften zijn uitgewerkt. Voor deze situaties dient de zorgplicht. Hiermee wordt een belangrijke verantwoordelijkheid bij de lozer gelegd. Van hem wordt verwacht dat hij alles doet wat in redelijkheid van hem kan worden gevergd om nadelige gevolgen voor het milieu ten gevolge van de lozing te voorkomen. Daarnaast biedt dit artikel de mogelijkheid tot het stellen van een maatwerkvoorschrift voor alle zaken die niet concreet zijn geregeld.

Concreet betekent de zorgplicht bijvoorbeeld dat het lozen in het vuilwaterriool aan de volgende voorwaarden voldoet:

- de temperatuur niet hoger is dan 30°C
- de zuurgraad: $6,5 < \text{pH} < 10$
- de sulfaatconcentratie lager dan 300 milligram per liter
- geen brand- of explosiegevaar kan veroorzaken, of
- niet door een beerput, rottingsput of septic tank is geleid.

Deze voorwaarden zijn niet als concrete voorschriften in de besluiten opgenomen, omdat er vele situaties denkbaar zijn waar deze eisen sterk overdreven zijn. Bij de meeste activiteiten worden geen expliciete eisen gesteld aan potentieel schadelijke stoffen als Cd, Hg, PCB, etc., waarvoor eigenlijk een nullozing aan de orde is. Dit vanuit de overweging dat deze componenten normaal niet bij deze activiteiten zullen voorkomen. Indien het afvalwater componenten bevat, die niet expliciet geregeld zijn, biedt de zorgplicht de mogelijkheid deze stoffen alsnog aan te pakken. Afhankelijk van de bezwaarlijkheid van die componenten kan direct op grond van de zorgplicht handhavend worden opgetreden of kunnen bij maatwerkvoorschrift concrete voorschriften gesteld worden, die beter handhaafbaar zijn. Overigens geldt dit voor elke lozingsroute.

Lozen in het Activiteitenbesluit

Met het Activiteitenbesluit is de regulering van afvalwaterlozingen samengebracht met de regulering van de andere milieuaspecten. Het Activiteitenbesluit is dan ook een AMvB gebaseerd op de Wet

milieubeheer (Wm) en Waterwet. In beginsel worden alle milieuaspecten bij inrichtingen geregeld met het Activiteitenbesluit, ook bij IPPC-inrichtingen. Het besluit maakt een onderscheid in Wm/Wabo-vergunningplichtige inrichtingen (type C) en inrichtingen waarvoor de vergunningplicht is opgeheven (type A en B). Bij type C inrichtingen staat een deel van de voorschriften in de vergunning en voor een deel in het Activiteitenbesluit. Voor type A en B inrichtingen staan alle voorschriften in het Activiteitenbesluit. Soms kan nog wel een watervergunning aan de orde zijn.

Voor lozen in het oppervlaktewater geldt een iets afwijkende systematiek. Voor een aantal activiteiten zijn de lozingen in het oppervlaktewater geregeld in het besluit. Daarvoor geldt bovenstaande systematiek onverkort. Als voor een activiteit de lozing in het oppervlaktewater niet is geregeld in het Activiteitenbesluit geldt de vergunningplicht op grond van artikel 6.2 van de Waterwet, tenzij de vergunningplicht in een ander besluit is opgeheven. Veelal kan dit met een reguliere watervergunning.

Verordening zuiveringsheffing 2012

De verordening zuiveringsheffing Wetterskip Fryslân 2012 verstaat onder andere het afvoeren van afvalwater, het brengen van stoffen op een riolering of op een zuiveringstechnisch werk in beheer bij het waterschap.

Voor de heffing geldt als heffingsmaatstaf de vervuilingswaarde van de stoffen die in een kalenderjaar worden afgevoerd. Wetterskip Fryslân heeft besloten om de stoffen zilver, chroom, koper, lood, nikkel, zink, arseen, cadmium, kwik, chloride, fosfor en sulfaat niet aan de heffing te onderwerpen. Het gaat hier dus alleen om het lozen van zuurstofbindende stoffen.

Het aantal vervuilingseenheden van zuurstofbindende en andere stoffen wordt berekend met behulp van door meting, bemonstering en analyse verkregen gegevens. De meting, bemonstering, analyse en berekening geschieden met in achtname van de in Bijlage I opgenomen voorschriften.

Op aanvraag van de heffingsplichtige, die aannemelijk maakt dat voor de berekening van het aantal vervuilingseenheden kan worden volstaan met gegevens welke met behulp van meting, bemonstering en analyse in een beperkt aantal etmalen zijn verkregen, besluit de ambtenaar belast met de heffing dat meting en bemonstering geschieden in afwijking van het bepaalde in artikel 8, tweede lid. Het besluit op aanvraag wordt genomen bij een voor bezwaar vatbare beschikking.

Meting, bemonstering en analyse van afvalwater kan dus onder voorwaarden achterwege blijven. Bij verreweg de meeste bedrijven gebeurt dit ook en daar wordt het aantal vervuilingseenheden van het zuurstofverbruik berekend met behulp van de tabel afvalwatercoëfficiënten. Deze tabel is ontleend aan artikel 122k, derde lid, van de Waterschapswet. Deze tabel is opgenomen in Bijlage II en kent vijftien klassen met elk een afvalwatercoëfficiënt.

Hoedanigheidscorrectie

Indien de uitkomst van de methode tot bepaling van het chemisch zuurstofverbruik in belangrijke mate is beïnvloed door biologisch niet of nagenoeg niet afbreekbare stoffen, wordt op aanvraag van de heffingsplichtige op die uitkomst een correctie toegepast. Een beperking van de analyse voor de het berekenen van de verontreinigingsheffing is echter dat biologisch slecht afbreekbare stoffen ook bijdragen aan het CZV-gehalte. Als de CZV-waarde voor meer dan een kwart wordt bepaald door biologisch niet of nagenoeg niet afbreekbare stoffen, mag daarom een zogenoemde T-correctie worden toegepast.

Bij het bepalen van het chemisch zuurstofverbruik (CZV) kan in de uitkomst ook zuurstofverbruik tot uitdrukking komen van stoffen die in het natuurlijk milieu niet of nagenoeg niet afbreekbaar zijn. Op grond van jurisprudentie komt “nagenoeg niet” overeen met een percentage van niet meer dan 10%. Wanneer het gevonden zuurstofverbruik van dergelijke stoffen het totale chemisch zuurstofverbruik in belangrijke mate beïnvloedt, dan wordt de gevonden CZV gecorrigeerd. In de jurisprudentie staat “in belangrijke mate” voor tenminste 25%. De correctie die dan plaatsvindt, wordt veelal als T-correctie aangeduid. Voor de wijze van aanvraag, onderzoeksmethode en frequentie voor aantonen

van het percentage T wordt verwezen naar de beleidsregel "Handreiking toepassing hoedanigheidscorrectie afvalwater Wetterskip Fryslân.

Artikel 10 voorziet erin dat de voorschriften die het waterschap betreffende de T-correctie stelt, kenbaar zijn voor de heffingsplichtige (zie ook Bijlage I). Daarnaast is in het artikel bepaald dat de heffingsplichtige voor toepassing van de T-correctie een aanvraag moet indienen. De ambtenaar belast met de heffing beslist hier op in een voor bezwaar vatbare beschikking. Dit opent voor de heffingsplichtige in voorkomende gevallen de volledige fiscale rechtsgang. Tevens is voorgeschreven welke elementen de bedoelde beschikking dient te bevatten. Hiermee is deze procedure uit het oogpunt van de rechtsbescherming van de heffingsplichtige met voldoende waarborgen omkleed.

Het tarief bedraagt € 53,81 per vervuilingseenheid.

De financiering van de behartiging van de taak inzake het zuiveren van afvalwater gebeurt uit de opbrengst van de zuiveringsheffing, waarvoor de bepalingen zijn opgenomen in de artikelen 122c tot en met 122k van de Waterschapswet. De zuiveringsheffing is dus een bestemmingsheffing (dekkingsmiddel van kosten).

Schatting van vervuilingswaarde

In artikel 122j van de Waterschapswet is expliciet bepaald dat onder bepaalde omstandigheden de vervuilingswaarde kan worden vastgesteld door middel van schatting. Bijvoorbeeld indien een bedrijf niet voldoet aan zijn verplichting tot meting, bemonstering en analyse of indien het bedrijf dat doet op een wijze die niet in overeenstemming is met de in de verordening of meetbeschikking opgenomen voorschriften. De bepaling is tevens een vangnetbepaling voor het afvoeren ter zake van stoffen vanuit objecten waarvoor in de verordening geen bijzondere regelingen zijn opgenomen en waarvoor de hoofdregel van artikel 8 (meting, bemonstering en analyse) niet kan worden toegepast. Overigens sluit dit artikel niet uit dat er ook andere omstandigheden kunnen zijn op grond waarvan schatting kan plaatsvinden.

Tabel afvalwatercoëfficiënten

Niet alle bedrijven hoeven te meten en te bemonsteren. Er zijn (fiscaal gezien) ook zogenoemde tabelbedrijven. Dit zijn grote bedrijven waarvan de vervuilingswaarde kleiner is dan 1.000 vervuilingseenheden zuurstofverbruik. Tabelbedrijven worden in een klasse ingedeeld die overeenkomt met de vervuilingswaarde van het bedrijf. De aanslag wordt berekend door het totaal aantal m³ ingenomen water (grondwater, drinkwater, grijs water of bijvoorbeeld hemel- en oppervlaktewater) in het kalenderjaar te vermenigvuldigen met de bij de klasse behorende afvalwatercoëfficiënt.

De berekening van de vervuilingswaarde van deze bedrijven op basis van de ingenomen hoeveelheid water gebeurt aan de hand van de tabel zoals die is opgenomen in artikel 2 van het Besluit Vervuilingswaarde ingenomen water. Meting, bemonstering en analyse van afvalwater kan voor deze bedrijven achterwege blijven, maar dan zal de heffingsplichtige aannemelijk moeten maken dat toepassing van de tabel niet leidt tot een vervuilingswaarde die hoger is dan 1.000 vervuilingseenheden en dat er een (min of meer constante relatie) bestaat tussen de hoeveelheid ingenomen water en de vervuilingswaarde van de geloosde stoffen.

Eventueel kan ook aan de hand van een nader onderzoek door de belastingplichtige of de ambtenaar belast met de heffing naar de werkelijke vervuilingswaarde per m³ ingenomen water worden uitgevoerd en de daarbij behorende klasse worden bepaald.

Composteerterreinen in Activiteitenbesluit milieubeheer

In artikelen van het activiteitenbesluit met betrekking tot opslag van bulkmaterialen op inrichtingen zoals het compost op composteerterreinen is het volgende vastgelegd.

Goederen worden in de buitenlucht zodanig op- of overgeslagen (Artikel 3.32, Activiteitenbesluit) dat zoveel mogelijk wordt voorkomen dat stofverspreiding plaatsvindt, verontreiniging van de omgeving optreedt, goederen in een oppervlaktewaterlichaam geraken en goederen in een voorziening voor het beheer van afvalwater geraken. Het in een oppervlaktewaterlichaam, op of in de bodem of in een voorziening voor de inzameling en het transport van afvalwater, niet zijnde een vuilwaterriool, lozen

van afvalwater dat in contact is geweest met inerte goederen, is toegestaan indien het gehalte aan zwevende stoffen in enig steekmonster niet meer bedraagt dan 300 milligram per liter.

Het in een vuilwaterriool lozen van afvalwater dat in contact is geweest met inerte goederen vindt slechts dan in een vuilwaterriool plaats indien het lozen redelijkerwijs niet mogelijk is en het gehalte aan zwevende stoffen niet meer bedraagt dan 300 milligram per liter. Het bevoegd gezag kan in het belang van de bescherming van het milieu met betrekking tot het lozen, bij maatwerkvoorschrift voor zwevende stoffen lagere emissiegrenswaarden vaststellen. Indien de opgeslagen inerte goederen worden bevochtigd, wordt afvalwater dat met opgeslagen goederen in contact is geweest, zoveel mogelijk voor dit bevochtigen gebruikt (Artikel 3.33, Activiteitenbesluit).

Indien opgeslagen goederen worden bevochtigd, wordt afvalwater dat met die goederen in contact is geweest, zoveel mogelijk voor dit bevochtigen gebruikt. Het in een aangewezen oppervlaktewaterlichaam lozen van afvalwater dat in contact is geweest met goederen waaruit geen vloeibare bodembedreigende stoffen kunnen lekken, is toegestaan indien in enig steekmonster de emissiegrenswaarden, vermeld in tabel 3.34, niet worden overschreden (Artikel 3.34, Activiteitenbesluit).

Tabel 3.34

Parameter	Emissiegrenswaarde
Chemisch zuurstof verbruik	200 milligram per liter
Zwevende stoffen	300 milligram per liter
Som zware metalen (som van arseen, chroom, koper, lood, nikkel en zink)	1 milligram per liter
Minerale olie	20 milligram per liter
PAK's	50 microgram per liter
Extraheerbaar organisch chloor	5 microgram per liter
Totaal stikstof	10 milligram per liter
Fosfor	2 milligram per liter

Het bevoegd gezag kan met betrekking tot het lozen, bedoeld in het derde lid, bij maatwerkvoorschrift hogere emissiegrenswaarden vaststellen, voor zover het belang van de bescherming van het milieu zich daartegen niet verzet.

Het bevoegd gezag kan in belang van bescherming van het milieu met betrekking tot het lozen, bedoeld in het derde lid, bij maatwerkvoorschrift voor zwevende stoffen lagere emissiegrenswaarden vaststellen.

Bijlage VIII Aanvullende beschrijving van een aantal zuiveringstechnieken

VOORBEHANDELINGSSYSTEMEN

Onder voorbehandelingssystemen worden alle procesonderdelen verstaan die voorafgaan aan de eigenlijke biologische zuivering en waarbij grof materiaal en bezinkbare stoffen uit het afvalwater verwijderd worden.

Voorbehandelings-systeem	Principe
<i>Rooster</i>	Om te vermijden dat grof vuil zich opstapelt in de rest van de installatie of om de toevoerpompen te beschermen kan het nuttig zijn om een rooster te voorzien. Omwille van de kostprijs en de eenvoud wordt voor dergelijke kleinschalige installaties best een manueel rooster (staafafstand 20 - 60 mm) voorzien i.p.v. automatische fijnroosters zoals gebruikelijk bij RWZI's met grotere ontwerpcapaciteit. Het rooster dient zo ontworpen te zijn dat in geval van verstopping van het rooster de toevoer naar de rest van de installatie niet belemmerd wordt.
<i>Voorbezinktank met slibstockage</i>	De werking berust op bezinking van de zwevende deeltjes in het influent (verwijderingsrendement SS bedraagt ongeveer 50%). Tevens wordt het bezonken slib in de tank opgeslagen vooraleer het afgevoerd wordt. In tegenstelling tot een septische put is het niet de bedoeling om anaërobe afbraak van het slib te verkrijgen. Hierdoor kan het volume van de tank beperkt blijven.
<i>Bezinkput met twee verdiepingen of decantatieput of Emscher- of Imhoff-tank</i>	De werking berust op bezinking van de zwevende deeltjes in het influent (verwijderingsrendement SS bedraagt ongeveer 50%). Het slib bezinkt en wordt via schuine wanden afgevoerd naar het onderste compartiment van de tank, waar het slib nog een anaërobe gisting ondergaat. Het voordeel van dit concept is dat opdrijvend slib niet in de bezinkingszone terechtkomt. Het effluent van deze tank dient verder gezuiverd te worden in een zuiveringsinstallatie vooraleer het kan geloosd worden.
<i>Voorbezinkingsvijver</i>	In een voorbezinkingsvijver worden de bezinkbare stoffen uit het afvalwater verwijderd en wordt een vergisting van het bezonken slib verkregen.

BIOLOGISCHE ZUIVERINGSSYSTEMEN

<i>Plantensystemen</i>	<u>Infiltratierietveld (verticaal doorstroomde)</u> Het voorbezonken afvalwater stroomt verticaal doorheen een filterbed van zand en/of grind dat beplant is met riet. Op het filtermateriaal hechten zich micro-organismen. Voor een goede biologische zuivering is een voldoende zuurstofvoorziening noodzakelijk. Het riet vervult een functie als O₂-toevoer via de wortels, de wortels vormen een hechttingsplaats voor micro-organismen en voorkomen het dichtslibben van het filtermateriaal. Naast deze biologische werking heeft het rietveld ook een fysisch-chemische werking door filtratie en adsorptie. <u>Wortelzone rietveld (horizontaal doorstroomde)</u> Het voorbezonken afvalwater wordt aan één zijde van het rietveld toegevoerd en doorstroomt het filterbed horizontaal onder het oppervlak. Aan de andere zijde wordt het effluent afgevoerd via een drainageleiding op de bodem van het rietveld. Op het filtermateriaal en op de rietwortels hechten zich micro-organismen. Naast deze biologische werking heeft het rietveld ook een fysisch-chemische werking door filtratie en adsorptie. Het riet vervult een functie als O₂-toevoer via de wortels, de wortels vormen een hechttingsplaats voor micro-organismen en voorkomen het dichtslibben van het filtermateriaal. Oppervlaktestroming dient te allen tijde vermeden te worden. <u>Vloeirietvelden</u> Het voorbezonken afvalwater stroomt over het oppervlak van het
------------------------	---

	rietveld, dit in tegenstelling tot de overige types van rietvelden waarbij het afvalwater doorheen het filterbedmateriaal stroomt in horizontale of verticale richting. Voor een vloerrietveld kan dan ook gebruik gemaakt worden van de lokale bodem, aangezien een goede hydraulische conductiviteit geen vereiste is. De werking van het vloerrietveld berust enerzijds op bezinking van onopgelost materiaal dat vervolgens een gedeeltelijke anaërobe/aërobe afbraak ondergaat. Anderzijds zal de colloïdale en opgeloste organische vuilvracht aëroob afgebroken worden in de bovenste waterlaag van het rietveld. In de onderste waterlagen zal de afbraak voornamelijk anaëroob gebeuren.
<i>Lagunering</i>	<u>natuurlijke lagunering</u> De afbraak van het organisch materiaal gebeurt door anaërobe fermentatie in de onderste lagen van de lagune. De bovenste laag is aëroob door photosynthetiserende algen en door zuurstoftransfer uit de lucht. Dank zij de aanwezigheid van zuurstof is er aërobe afbraak in de bovenste laag. Alhoewel algen hierbij een belangrijke rol spelen, kunnen ze een probleem vormen voor de effluentkwaliteit indien ze mee uitspoelen. Tijdens de lente en de herfst kan door temperatuursinversie een resuspensie van bezonken materiaal optreden, met hoge ZS-gehalten in het effluent tot gevolg. <u>kunstmatig beluchte lagune</u> De nodige zuurstof wordt ingebracht door een beluchtingssysteem (bellenbeluchting of oppervlaktebeluchting). De beluchting wordt niet ontworpen om alles in suspensie te houden, maar zorgt enkel voor een gedeeltelijke menging van de lagune. Om voldoende afscheiding van zwevende stoffen te verkrijgen is een naklaringsvijver noodzakelijk.
<i>Oxydatiebedden</i>	Het oxydatiebed bestaat uit een bed van dragermateriaal waarop het voorbezonken afvalwater gelijkmatig wordt verdeeld. Door kunstmatige of natuurlijke ventilatie wordt een luchtstroom door het bed gevoerd waardoor zich een aërobe biomassa kan ontwikkelen. Teveel aan biomassa komt periodiek los van het dragermateriaal en wordt in de nabezinktank verwijderd.
<i>Gedraineerde zandfilter / Filtratiedbedsysteem</i>	Het voorbezonken afvalwater stroomt verticaal doorheen een filterbed van zand en/of grind dat ingegraven is in de bodem en afgedekt met aarde. Op dit filtermateriaal hechten zich microorganismen. Voor een goede biologische zuivering is een voldoende zuurstofvoorziening noodzakelijk. Naast deze biologische werking heeft de filter ook een fysisch-chemische werking door filtratie en adsorptie.
<i>Ondergedompelde beluchte biofilter ("Submerged Aerated Filter"; SAF)</i>	Het voorbezonken afvalwater doorstroomt een reactor waarin dragermateriaal is ondergedompeld. De zuiverende micro-organismen groeien op het dragermateriaal, voeden zich met de in het afvalwater aanwezige organische componenten en vormen een zogenaamde biofilm. Deze film wordt progressief dikker tot deze te dik wordt om een efficiënte zuurstofvoorziening in het binnenste van de film mogelijk te maken. Dit creëert een anaërobe conditie welke de micro-organismen lokaal afdoodt en het afschuiven van een stuk biofilm veroorzaakt. Een continue grove beluchting voorziet in de zuurstofvoorziening en in voldoende turbulentie om verstoppingen door te sterk aangroeiende biomassa te verhinderen. Een nabezinking voorziet in de afscheiding van de afgeschoven biomassa en het gezuiverde water.
<i>Actief slibsystemen*</i> <i>* Bv:</i> - carroussel - IBA - SBR - MBR	Het systeem bestaat uit een beluchte ruimte waarin al dan niet voorbehandeld afvalwater en slibvlokken (bestaande uit micro-organismen) met elkaar in contact gebracht worden. Onder deze omstandigheden kan het actief slib de organische verontreinigingen uit het afvalwater verwijderen. In de nabezinktank vindt de scheiding plaats tussen het gezuiverde water en het actief slib. Een deel wordt als retourslib terug in het beluchtingsbekken geleid. Omdat bij het

	zuiveringsproces de hoeveelheid slib toeneemt, moet spuislib uit het systeem worden afgelaten, teneinde het slibgehalte in de beluchtingstank op het gewenste niveau te houden. In geval van discontinue (batch) systemen vindt beluchting en nabezinking plaats in hetzelfde bekken. Per dag worden één of meerder cycli van beluchting/bezinking doorlopen.
<i>Biorotoren</i>	Een biorotor bestaat uit een roterende as waarop (gegolfde) schijven met een hoog specifiek oppervlak gemonteerd zijn. Deze schijven worden ondersteund door een rigiede dragerstructuur. Een andere uitvoeringsvorm is deze waarbij de rotor bestaat uit een trommel die gevuld is met pakkingsmateriaal met een hoog specifiek oppervlak. De rotor wordt voor 40 % ondergedompeld in voorbezonden afvalwater en draait continu rond aan een lage snelheid. Hierdoor wordt de biofilm afwisselend blootgesteld aan het afvalwater en aan de zuurstof in de lucht. Wanneer de biofilm te sterk is aangegroeid, komt deze los van het pakkingsmateriaal door de wrijvingskrachten, waardoor slibvlokken in het afvalwater terecht komen. Deze slibvlokken worden vervolgens verwijderd in een nabezinktank. Dit slib wordt vervolgens verpompt naar een slibstockage.
<i>Anaërobe biologische zuivering</i>	Bij biologische waterzuivering denkt men in de eerste plaats aan aërobe waterzuivering (d.m.v. beluchting). Als voorbehandeling wordt ook vaak anaërobe zuivering toegepast: hier wordt dus geen zuurstof toegevoegd, maar wordt de organische vuilvracht via een fermentatieproces omgezet in biogas (CO ₂ en methaan). Anaërobie is een goede techniek om het afvalwater zonder veel energieverbruik voor te zuiveren. Het effluent is echter slechts voor 80 à 90% gezuiverd, zodat aërobe nabehandeling noodzakelijk blijft of eventueel een behandeling door een biomembraanreactor om het water te kunnen hergebruiken. Om energie te besparen kan men het biogas dat bij de anaërobe reactie vrijkomt, opvangen om een gasmotor aan te drijven. Een deel van de energie die zo geproduceerd wordt, kan dan gebruikt worden om de temperatuur van het afvalwater in de anaërobe fase voldoende hoog te houden (30 tot 35°C). (http://www.enprotech.be/assets/3e06ba7b-23be-42bc-bee8-bd092a1fd9c6.afvalwaterzuivering.pdf)

NABEHANDELINGSSYSTEMEN

<i>Nabezinktank</i>	In een nabezinktank worden door bezinking slib en gezuiverd afvalwater van elkaar gescheiden. Het bezonden slib wordt ofwel terug in het zuiveringssysteem gebracht ofwel afgevoerd naar de slibstockage.
<i>Naklaringsvijver</i>	In een naklaringsvijver wordt een polishing van het effluent van de secundaire zuivering verkregen door een verdere verwijdering van zwevende stoffen. Een naklaringsvijver wordt vooral toegepast als nabehandeling bij beluchte lagunes. Een naklaringsvijver mag niet toegepast worden ter vervanging van de nabezinktank voor actief slib systemen, biorotoren of oxydatiebedden.
<i>Wortelzone rietveld</i>	Een wortelzone rietveld kan gebruikt worden om het effluent van het zuiveringssysteem verder te zuiveren van kleinere hoeveelheden zwevende stoffen en organische restvervuiling.

Bijlage IX Kruistabel zuiveringstechnieken en parameters

De onderstaande kruistabel linkt de afvalwaterzuiveringstechnieken aan de (groepen van) verwijderbare parameters. Deze tabel is gebaseerd op de informatie die door het BBT-kenniscentrum werd ingezameld bij het opstellen van de technische fiches rond waterzuivering (WASS), en is mogelijk niet volledig. De tabel is alleen bedoeld als hulpmiddel bij het zoeken naar mogelijke technieken voor het verwijderen van bepaalde (groepen van) parameter(s) uit afvalwater. Of (een) bepaalde parameter(s) effectief en efficiënt verwijderd kan/kunnen worden met een bepaalde afvalwaterzuiveringstechniek is echter afhankelijk van de specifieke situatie.

Legenda:

- 'x': - de zuiveringstechniek is specifiek bedoeld voor het verwijderen van deze parameter uit afvalwater.
- '(x)': - in bepaalde gevallen kan de zuiveringstechniek deze parameter uit het afvalwater (mee)verwijderen, maar deze techniek is er niet op gericht of ontworpen.
- 'niet': - de parameter wordt door toepassing van deze zuiveringstechniek niet uit het afvalwater verwijderd.

Parametergroep / parameter	Techniek																																			
	actief slib systemen	biologische nutriëntverwijdering	membraanbioreactor	anaerobe biologische afvalwaterzuivering	slib op drager systemen	kleinschalige biologische zuivering	hydrocycloon	coagulatie en flocculatie	elektrocoagulatie	chemische precipitatie	emulsiebrekers	elektrolyse	ontgiften	chemische oxidatietechnieken	pelletkristallisatie /korrelreactor	bufferbekken	bezinken	zandvang	olie/waterafscheider	zandfiltratie	microfiltratie / ultrafiltratie / nanofiltratie	omgekeerde osmose	pervaporatie	elektrodialyse	pertractie	extractie	stoomstrippen / luchtstrippen	ionenuitwisseling	adsorptietechnieken	powered activated carbon treatment	desinfectie	indampen	pyrolyse	membraandistillatie	wet air oxidation	
groep 1: algemeen																																				
schommelingen in debiet en/of samenstelling																x	(x)	(x)																		
hoge temperatuur																																				
bezinkbare stoffen	(x)	(x)		(x)	(x)	x	x										x	x	(x)																	
zwevende stoffen	x	x	x	(x)	x	x	x	x	x								(x)		(x)	x	x															(x)
gesuspendeerde stoffen	x	x	(x)		x		(x)	x	x												(x)															x
opgeloste stoffen	x	x	(x)		x	(x)			x													x		x	(x)	x									x	x
schadelijke organismen	(x)	(x)	(x)		(x)		(x)		x												x	(x)										x			(x)	
groep 2: storende stoffen																																				
grove delen	(x)	(x)			(x)	(x)																														
zand	(x)	(x)			(x)	x	x										x	x	(x)	(x)																
emulsie	(x)	(x)			(x)			x	x		x											x														(x)
oliën en vetten	(x)	(x)			(x)	(x)	(x)	x	x					niet			(x)		x		niet									x						(x)
minerale olie, KWS	(x)	(x)			(x)	(x)	(x)	x	x					niet					x		niet									x	niet					(x)

	actief slib systemen	biologische nutriëntverwijdering	membraanbioreactor	anaerobe biologische afvalwaterzuivering	slib op drager systemen	kleinschalige biologische zuivering	hydrocycloon	coagulatie en flocculatie	elektrocoagulatie	chemische precipitatie	emulsiebrekers	elektrolyse	ontgiften	chemische oxidatietechnieken	pelletkristallisatie /korrelreactor	bufferbekken	bezinken	zandvanger	olie/waterafscheider	zandfiltratie	microfiltratie / ultrafiltratie / nanofiltratie	omgekeerde osmose	pervaporatie	elektrodialyse	pertractie	extractie	stoomstrippen / luchtstrippen	ionenuitwisseling	adsorptietechnieken	powered activated carbon treatment	desinfectie	indampen	pyrolyse	membraandestillatie	wet air oxidation		
groep 3: persistente organische stoffen																						x															
pesticiden	(x)	(x)	(x)		(x)									x											x	(x)				x	x		(x)			x	
biociden	(x)	(x)			(x)									x											x	(x)				x	x		(x)			x	
detergenten	(x)	(x)			(x)									(x)															(x)		(x)	(x)				x	
PCB's (polychloorbifenyyl)	(x)	(x)			(x)									(x)								niet				(x)					(x)	(x)				x	
groep 4: organische verbindingen																							x														
BZV	x	x	x	x	x	x		x	x			(x)		x							(x)			(x)		(x)								(x)		(x)	
CZV	x	x	x	x	x	x		x	x			(x)		x							(x)	(x)		(x)		(x)					x	(x)		(x)	(x)		x
AOX	(x)	(x)	(x)		(x)	(x)								x								niet		(x)		(x)				x	x		(x)			x	x
EOX	(x)	(x)	(x)		(x)	(x)								x								niet		(x)		(x)				(x)						x	x
organische koolstof (totaal) (TOC)	x	x	(x)	x	x	x		x				(x)		x							(x)			(x)		(x)				(x)	(x)			(x)			x
organohalogenen (totaal) (TOX)	(x)	(x)	(x)		(x)	(x)								x										(x)		(x)	x			x	(x)		(x)		(x)		x
VOX (vluchtige halogenen)	(x)	(x)	(x)		(x)	(x)								(x)								niet		x		(x)		x		x	(x)					x	(x)
Benzeen / toluen / ethylbenzeen / xyleen	(x)	(x)	(x)		(x)	(x)								x								niet		x		(x)	x	x		x	x					x	x
monocyclische aromatische KWS	(x)	(x)	(x)		(x)	(x)					(x)			x										x		x	x	(x)		x	x				(x)		x
methyl tert-butyl ether	(x)	(x)	(x)		(x)	(x)								x										x				(x)		x					(x)		x
fenolen	(x)	(x)	(x)		(x)	(x)								x										x			x	(x)		x	(x)					x	x
methanol	(x)	(x)	(x)		(x)	(x)								(x)														(x)									
styreen	(x)	(x)	(x)		(x)	(x)								(x)										x			x	(x)									x
PAK's	(x)	(x)	(x)		(x)	(x)		x				(x)		x					(x)		x		x		x		(x)			x	x						x
apolaire KWS	(x)	(x)	(x)		(x)	(x)					x			(x)					x					x		(x)	x				x	(x)					

	actief slib systemen	biologische nutriëntverwijdering	membraanbioreactor	anaerobe biologische afvalwaterzuivering	slib op drager systemen	kleinschalige biologische zuivering	hydrocycloon	coagulatie en flocculatie	elektrocoagulatie	chemische precipitatie	emulsiebrekers	elektrolyse	ontgiften	chemische oxidatietechnieken	pelletkristallisatie /korrelreactor	bufferbekken	bezinken	zandvanger	olie/waterafscheider	zandfiltratie	microfiltratie / ultrafiltratie / nanofiltratie	omgekeerde osmose	pervaporatie	elektrodialyse	pertractie	extractie	stoomstrippen / luchtstrippen	ionenuitwisseling	adsorptietechnieken	powered activated carbon treatment	desinfectie	indampen	pyrolyse	membraandestillatie	wet air oxidation
groep 5: nutriënten				(x)																		x													
stikstof (N-totaal)	(x)	x	x		(x)	x																													
Kjeldahlstikstof (Kj.N)	(x)	x	x		(x)	x								(x)																					(x)
ammonium (NH4+)	(x)	x	x		(x)	x								x	x								niet	x	niet	x	x	x					x		
nitriet (NO2-)	(x)	x	(x)		(x)	x						x	x	x								(x)		x	niet	x	x	x					x		
nitraat (NO3-)	(x)	x	x		(x)	x																(x)		x	niet	x	x	x					x		
fosfor (P-totaal)	(x)	x	x		(x)	x															(x)														
fosfaten (PO4-3)	(x)	x	x		(x)	x		x	x	x				niet	x							x		x		x	x								
orthofosfaat	(x)	x	x		(x)	x		x	x	x					x									x											
organofosforverbindingen	(x)	x	(x)		(x)	(x)								x						(x)															
groep 6: metalen				(x)		(x)		x						niet								x					x		x						(x)
zilver (Ag)			(x)						(x)	x		x			x									x									(x)		
arseen (As)			(x)						x	x														x										(x)	
barium (Ba)			(x)							(x)											(x)			x										(x)	
cadmium (Cd)			(x)			(x)			x	x		x			x									x	(x)									(x)	
kobalt (Co)			(x)						x	x		x			x									x	(x)									(x)	
chroom (Cr) (totaal)			(x)			(x)			(x)	x		x	x		(x)									x	(x)									(x)	
koper (Cu)			(x)			(x)			x	x		x			x									x	(x)										(x)
ijzer (Fe)			(x)			(x)			(x)	x		x			x					x	(x)			x	(x)										(x)
kwik (Hg)			(x)			(x)			x	x					x									x	(x)										
mangaan (Mn)			(x)						(x)	(x)		x								x				x	(x)										(x)
molybdeen (Mo)									x	(x)					(x)									x											(x)
nikkel (Ni)			(x)						x	x		x			x									x	(x)										(x)
lood (Pb)			(x)			(x)			x	x		x			x									x	(x)										(x)
zink (Zn)			(x)						x	x		x			x									x	(x)										(x)

	actief slib systemen	biologische nutriëntverwijdering	membraanbioreactor	anaerobe biologische afvalwaterzuivering	slib op drager systemen	kleinschalige biologische zuivering	hydrocycloon	coagulatie en flocculatie	elektrocoagulatie	chemische precipitatie	emulsiebrekers	elektrolyse	ontgiffen	chemische oxidatietechnieken	pelletkristallisatie /korrelreactor	bufferbekken	bezinken	zandvanger	olie/waterafscheider	zandfiltratie	microfiltratie / ultrafiltratie / nanofiltratie	omgekeerde osmose	pervaporatie	elektrodialyse	pertractie	extractie	stoomstrippen / luchtstrippen	ionenuitwisseling	adsorptietechnieken	powered activated carbon treatment	desinfectie	indampen	pyrolyse	membraandestillatie	wet air oxidation
groep 7: anorganische zouten																																			
bromide (Br ⁻)																					(x)		x											x	
chloride (Cl ⁻)														x							niet	x	x	niet				x	x	niet		x	x	x	
cyanide (Cn ⁻)									x				x	x								x	x	niet					x	x			x	x	
fluoride (F ⁻)										x				niet	x							x	x	niet	x		x	x	x			x	x		
fosfide (P ⁻)																					(x)		x				x								
sulfide (S ⁻²)										x			x	x								x	x	niet	x	x	x	x	x			x	x		
sulfaat (SO ₄ ⁻²)				(x)						x				niet	x							x	x	niet	x		x	x	x			x	x	(x)	
sulfiet (SO ₃ ⁻²)												x	x									(x)		x							(x)		(x)		

Arceringen:



Parameters waarop gezuiverd dient te worden



Geschikte zuiveringstechnieken voor locatie Nij Beets



Financieel ongeschikt voor locatie Nij Beets (voor uitleg zie volgende pagina)

In de kruistabel zijn een aantal geschikte zuiveringstechnieken voor Composteerterein Nij Beets niet geschikt vanwege de hoge kostprijs (> € 50.000,-), de hoge onderhoudskosten, de hoge energiekosten en/of omdat het zich beperkt tot enkel de verwijdering van een enkele parameter. Er zijn voor de volledige zuivering van het percolaatwater nog andere technieken nodig, wat hoge kosten met zich mee brengt. In onderstaande tabel worden de ongeschikte zuiveringstechnieken genoemd.

Tabel IX.2 Financieel ongeschikte zuiveringstechnieken voor Composteerterein Nij Beets

Parameter	Zuiveringstechnieken
<i>Zwevende stoffen:</i>	drukgedreven membraanprocessen, hydrocycloon, electrocoagulatie
<i>CZV/BZV:</i>	chemische oxidatietechnieken, adsorptietechnieken, wet air oxidation
<i>Nutriënten: (N- en P- verbindingen)</i>	chemische precipitatie, electrolyse, chemische oxidatietechnieken, coagulatie en flocculatie, pelletkristallisatie, ontgiften, electrodialyse, bufferbekken, indampen, ionuitwisseling, extractie, omgekeerd osmose, stoomstrippen, luchtstrippen
<i>CZV + N + P:</i>	Anaerobe biologische afvalwaterzuivering

Zwevende stoffen

Microfiltratie en andere drukgedreven membraanprocessen, hydrocycloon en electrocoagulatie zijn zeer kostbare technieken voor slecht enkel de parameter zwevende stof. Naast deze technieken zijn andere technieken nodig om de overige componenten te zuiveren uit het percolaatwater.

CZV/BZV

Chemische oxidatietechnieken, adsorptietechnieken en wet air oxidation zijn ongeschikte zuiveringstechnieken voor Nij Beets. Niet alleen voldoen ze niet aan de financiële randvoorwaarden door de hoge aanschaf en/of gebruikskosten. Ook wordt de effectiviteit van deze technieken teveel beïnvloed door fluctuaties in de concentratie aan de te verwijderen stof. Daarnaast zijn er bij chemische oxidatietechnieken mogelijke gevaren van overdosering (bv. afdoden van een nageschakelde biologische zuivering).

Nutriënten

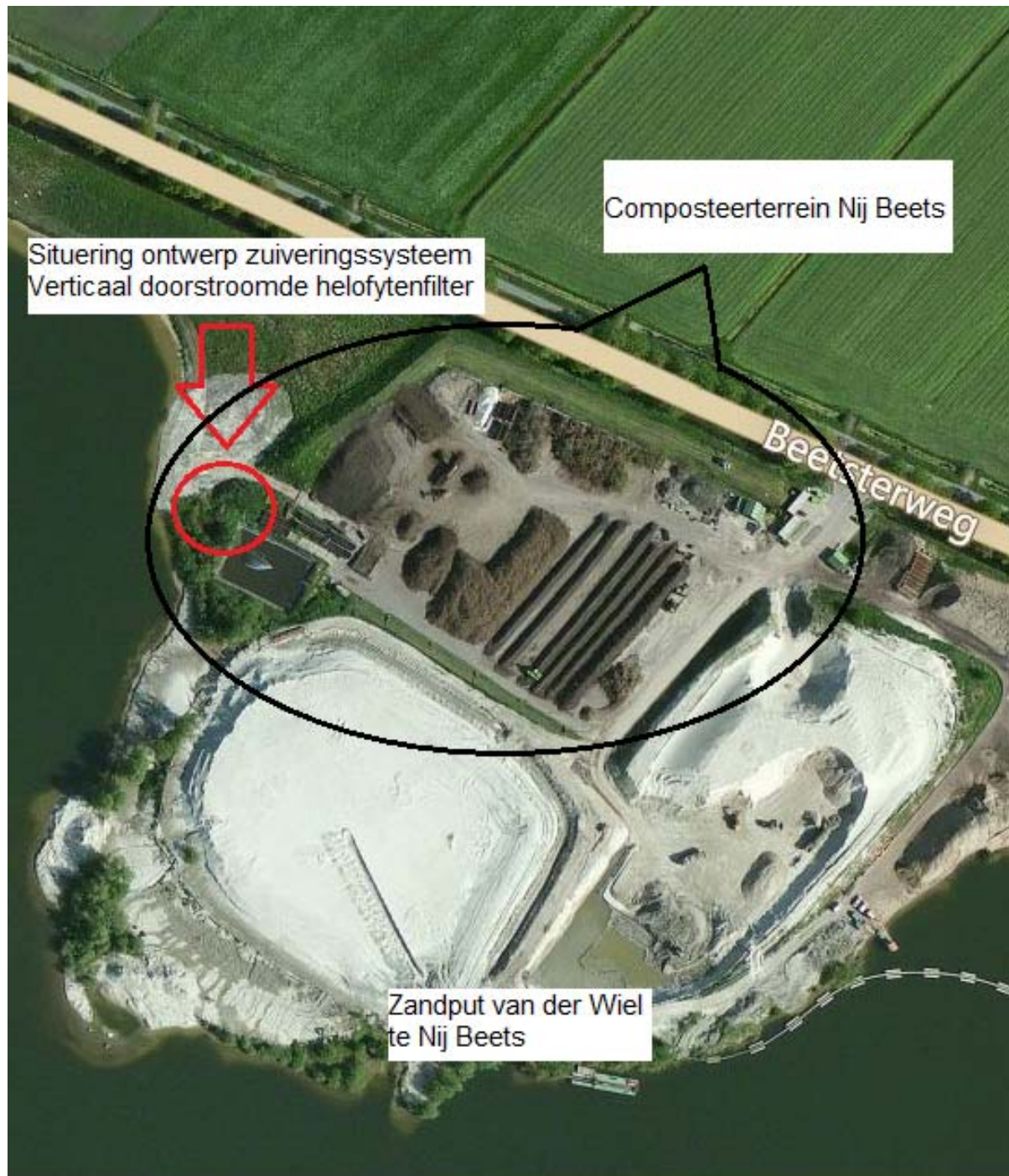
De genoemde zuiveringstechnieken in tabel 5.2.1 voor zuiveren van bepaalde nutriënten uit het percolaatwater zijn alle te kostbaar voor slechts de zuivering van een enkel(e) parameter(s) aan nutriënten. Naast deze technieken zijn nog andere technieken nodig voor de zuivering van de overige componenten in het percolaatwater.

Anaerobe biologische afvalwaterzuivering

Anaerobe behandeling van afvalwater wordt meestal toegepast voor de behandeling van meer geconcentreerd afvalwater. Het anaerobe slib bevat verschillende groepen van micro-organismen die samenwerken om organisch materiaal via hydrolyse en verzuring uiteindelijk tot biogas om te zetten. Biogas bestaat uit 70% methaan (CH₄) en 30% koolstofdioxide (CO₂) met restfracties van andere gassen (bv. H₂ en H₂S). Het methaan kan als energiebron gebruikt worden. Er bestaan verschillende uitvoeringsvormen van anaerobe reactoren. Naast de contactreactor en opstroomreactor zijn er Conventionele vergister, Anaerobe gepakte filter (slib op drager), UASB (upflow anaerobic sludge blanket) of EGSB (expanded granular sludge bed), anaerobe membraanbioreactor. Na anaerobe zuivering dient vaak nog een nazuivering te worden toegepast, bv. voor het verwijderen van de restfractie CZV en nutriënten N en P. Hiertoe past men meestal een aerobe nazuivering toe. De aanschafprijs van een anaerobe biologische afvalwaterzuivering is minimaal boven € 150.000,-⁵⁶, daarnaast is nazuivering met andere technieken nodig en er is energie nodig voor opwarming van het influent. Door het lage influentdebiet op Nij Beets is de methaanproductie zeer laag. Dit is financieel niet aantrekkelijk om te gebruiken als energiebron.

⁵⁶ Ecovert, indicatieve prijsom op basis van kennis en ervaring, A. van der Werf

Bijlage X Situering zuiveringssysteem op locatie Composteerteerrein Nij Beets



Figuur X.1 Bovenaanzicht locatie met situering ontwerp zuiveringssysteem op Nij Beets (bing.maps.com)

Op afbeelding X.1 is Composteerteerrein Nij Beets omcirkeld. De rillen en composthopen zijn zichtbaar. Het overig terrein, zuidelijk en oostelijk op de locatie, is voor opslag van het zand uit de zandput. Noordelijk van het percolaatwaterbassin is voldoende ruimte aanwezig om een verticaal doorstroomde helofytenfilter te realiseren. De locatie is aangegeven in de afbeelding.