

**BAGGERNUT WATERSYSTEEMANALYSE  
ALDE FEANEN**

WETTERSKIP FRYSLÂN

29 oktober 2012  
076311807:C Definitief  
C01012.100066





# Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b> .....	<b>3</b>
1.1	Baggernut .....	3
1.2	Watersysteemanalyse .....	4
1.3	Leeswijzer .....	5
<b>2</b>	<b>Systeembeschrijving</b> .....	<b>7</b>
2.1	Watersysteem .....	7
2.1.1	Friese Boezem .....	7
2.1.2	Alde Feanen .....	9
2.2	Toestand (KRW) en KRW doelstelling .....	13
2.3	Functies Alde Feanen .....	15
2.4	Maatregelen en werkzaamheden .....	15
<b>3</b>	<b>Analyse</b> .....	<b>17</b>
3.1	Inleiding .....	17
3.2	Waterbalans .....	17
3.2.1	Gegevens .....	17
3.2.2	Aan- en afvoerprocessen .....	17
3.2.3	Methode en uitgangspunten .....	18
3.2.4	Resultaten en discussie .....	21
3.3	Stoffenbalans .....	23
3.3.1	Gegevens .....	23
3.3.2	Aan- en afvoerprocessen .....	23
3.3.3	Methode en uitgangspunten .....	23
3.3.4	Resultaten en discussie .....	27
3.4	Interne en externe belasting .....	29
3.5	Waterkwaliteitsbeelden .....	29
<b>4</b>	<b>Slibdiagnose</b> .....	<b>35</b>
4.1	Inleiding .....	35
4.2	Boezem .....	36
4.3	Izakswiid .....	39
4.4	8-mêd-IJverlân .....	43
<b>5</b>	<b>Conclusie: effect waterbodem</b> .....	<b>47</b>
5.1	Boezem .....	47
5.2	Minder doorstroomde en geïsoleerde delen .....	48
5.3	Aanbevelingen .....	49
<b>Bijlage 1</b>	<b>Literatuur</b> .....	<b>51</b>
<b>Bijlage 2</b>	<b>Correctiemethode</b> .....	<b>53</b>
<b>Bijlage 3</b>	<b>Effect doorstroming petgaten Alde Feanen</b> .....	<b>55</b>

<b>Bijlage 4</b>	<b>Slibdiagnose boezem.....</b>	<b>57</b>
Bijlage 4.1	Invoer .....	57
Bijlage 4.2	Resultaten .....	61
<b>Bijlage 5</b>	<b>Slibdiagnose IZakswiid.....</b>	<b>65</b>
Bijlage 5.1	Invoer .....	65
Bijlage 5.2	Resultaten .....	71
<b>Bijlage 6</b>	<b>Slibdiagnose 8-mêd-IJverlân.....</b>	<b>75</b>
Bijlage 6.1	Invoer .....	75
Bijlage 6.2	Resultaten .....	81
<b>Colofon</b>		<b>85</b>

# 1 Inleiding

## 1.1 BAGGERNUT

De belasting van het oppervlaktewater met nutriënten is één van de belangrijkste oorzaken voor het niet halen van de KRW-doelen in 2015. De maatregelen om de nutriëntenbelasting terug te dringen zijn veelal gericht op de beperking van de externe bronnen. Ook interne eutrofiëring wordt als oorzaak gezien; vanuit bodem en bagger (slib) kunnen grote hoeveelheden nutriënten vrijkomen. Deze interne eutrofiëring kan zo sterk zijn dat herstel van de natuurkwaliteit met meer dan tien jaar wordt vertraagd of zelfs geheel verhinderd.

We weten nog amper genoeg over de werking van interne eutrofiëring en het is moeilijk te meten. In de meeste wateren is nog niet bekend of er sprake is van ernstige interne eutrofiëring en welke processen deze veroorzaken. Bovendien is nog niet bekend welke maatregelen effectief zijn om het effect van interne eutrofiëring op te heffen of te neutraliseren.

Dit is aanleiding geweest voor het opzetten van het project BaggerNut. In het project BaggerNut wordt onderzocht wat de rol van de waterbodem is bij het niet halen van de KRW-doelen. Centraal hierbij staat de vraag van de waterbeheerder of het nut heeft om te baggeren om de nutriëntenbelasting te verlagen.

### *Doelstelling BaggerNut*

BaggerNut heeft een tweeledige doelstelling:

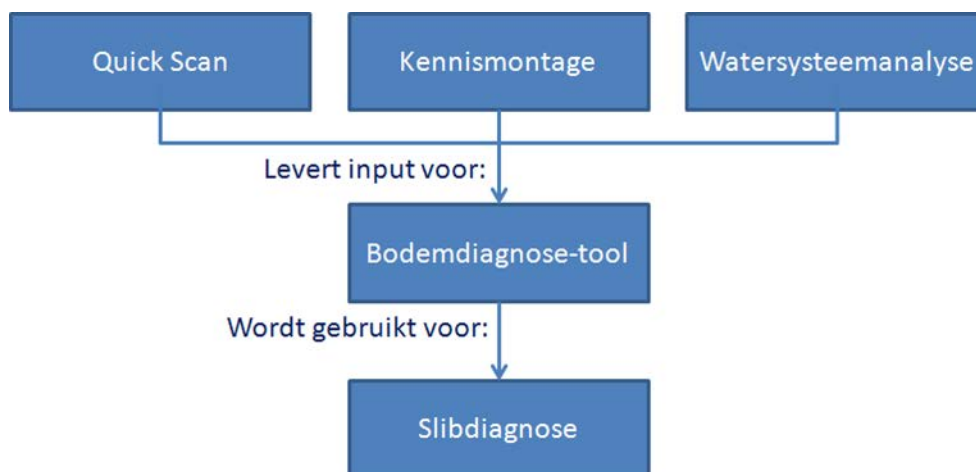
1. Processen die samenhangen met interne mobilisatie van nutriënten en baggerproductie inzichtelijk maken en op een eenvoudige wijze kwantificeren
2. Waterbeheerders handvaten aanreiken om een oordeel te geven over of en hoe effectief de waterbodem aan te pakken is (o.a. baggeren)

### *Onderdelen van BaggerNut*

Om bovengenoemde doelstelling te halen zijn er vier deelprojecten binnen BaggerNut:

1. Communicatie;
2. Quick Scan (inclusief kennismontage);
3. Bodemdiagnose;
4. Watersysteemanalyse & Slibdiagnose.

De Quicksan en de watersysteemanalyse leveren input voor het ontwikkelen van de bodemdiagnose-tool. Deze tool wordt vervolgens toegepast om de slibdiagnose uit te voeren. Onderstaande figuur geeft de verschillende onderdelen weer.



Figuur 1 Samenhang van de verschillende deelprojecten binnen BaggerNut

## 1.2 WATERSYSTEEMANALYSE

De watersysteemanalyse richt zich op het beschrijven van het watersysteem en het kwantificeren van de stofstromen in het gehele watersysteem. Dit levert kennis op over de relatie tussen systeem- en bodemeigenschappen en interne eutrofiering. Hieruit worden systeemparameters afgeleid die als input dienen voor de bodemdiagnose-tool

### Doelstelling

Het doel van de watersysteemanalyse is tweeledig:

1. Inzicht geven in het functioneren van het watersysteem en de rol van de waterbodem hierin;
2. Input leveren voor de (ontwikkeling van) de bodemdiagnose-tool.

### Watersysteemanalyses voor 10 waterschappen

Voor het project zijn door 10 waterschappen locaties aangewezen waarvoor een watersysteemanalyse wordt uitgevoerd. Dit zijn locaties die niet, of deels, voldoen aan de KRW door een te hoge nutriëntenbelasting. Deze locaties zijn zeer verschillend, zowel in ligging, vorm, bodemtype als beheer en onderhoud.

Tabel 1 Locaties uitgekozen door de waterschappen voor de watersysteemanalyses. In geel de locaties die in dit rapport wordt onderzocht.

Locatie	Waterschap/ hoogheemraadschap
Hoefsven	Brabantse Delta
Haarvaten Westboezem, Vlaardingervaart, Slinksloot, Karitaat Molensloot, Akerdijkse plassen	Delfland
De Leijen, <b>Alde Feanen</b> , Slotermeer	Fryslân
Kanalensysteem Westerwolde, kanalensysteem Veenkoloniën, Oldambtmeer, Zuidlaardermeer	Hunze en Aa's
Schutsloterwilde	Reest en Wieden
Klein Vogelenzang (onderdeel Reeuwijkse Plassen)	Rijnland
Twaalf vergelijkbare A-watgangen (sloten) in de Alblasserwaard	Rivierenland
Bleiswijkse Zoom	Schieland en Krimpenerwaard
De Keulevaart, Meijepolder en Zegveld, de Pleijt, Honswijk	Stichtse Rijnlanden
Terwoldse Wetering, Grote Wetering	Veluwe

Van deze locaties zijn wel waterkwaliteitgegevens beschikbaar van de locatie en, in een aantal gevallen, ook van het aanvoerwater. Echter, de oorzaak van de hoge nutriëntenconcentraties is veelal niet goed bekend en wordt gezocht in interne eutrofiëring vanuit de bodem. Met een watersysteemanalyse wordt inzichtelijk wat de oorzaak van de hoge concentraties is.

#### *Watersysteemanalyse voor Wetterskip Fryslân*

Stoffenbalansen voor N en P van de Friese Boezem laten zien dat de nalevering vanuit de waterbodem op jaarbasis een belangrijke restpost kan zijn, die mogelijk het halen van de KRW-doelen in de weg staat. Voor N geldt dat er meer in komt dan er uitgaat (denitrificatie niet meegerekend). Voor P is het beeld wisselend: soms is er op jaarbasis sprake van accumulatie, soms van nalevering.

De situatie kan echter sterk verschillen tussen zomer- en winterhalfjaar (seizoenen) en tussen meren binnen de Friese Boezem (ligging). Om het nut van aanvullende maatregelen ter verbetering van de waterkwaliteit te beoordelen is meer inzicht in de rol van de waterbodem nodig. Binnen BaggerNut worden drie watersystemen onderzocht: Slotermeer, de Leijen, en de Alde Feanen. Deze drie watersystemen worden bemeaten in de Quick Scan en er wordt een watersysteemanalyse uitgevoerd. Voor de Alde Feanen is in eerste instantie gekeken naar het boezem gedeelte. Hiervoor is een watersysteemanalyse gedaan. Later zijn daar nog twee deelsystemen (Izakswiid en 8-mêd-IJverlân) bijgekomen. Daarvoor zijn indicatieve balansen opgesteld om te gebruiken in de slibdiagnose, maar deze zijn niet echt meegenomen in de watersysteemanalyse.

#### *Slibdiagnose*

Op basis van kennisregels en de beschikbare informatie uit watersysteemanalyses en Quick Scan is een bodemdiagnose-tool ontwikkeld. In het onderdeel slibdiagnose wordt deze tool toegepast op het boezem deel van de Alde Feanen. Op basis van de kennis en uitkomsten van de verschillende onderdelen doen we een uitspraak of baggeren een zinvolle maatregel is en of er andere maatregelen zinvol zijn in dit systeem om de groei van waterplanten te verbeteren. Vervolgens wordt deze stap nogmaals gezet om ook een uitspraak te doen over Izakswiid en 8-mêd-IJverlân.

#### *Screeningsmodel*

Een aantal systemen binnen BaggerNut is aanvullend op de watersysteemanalyse en de slibdiagnose ook doorgerekend met het screeningsmodel. Dit is een eutrofiëringmodel op basis van Delft3D-ECO, bedoeld om inzicht te verwerven in de bijdrage van de bodem aan de waterkwaliteit van het bovenstaande water. Voor Wetterskip Fryslân is dit alleen gedaan voor De Leijen en niet voor de Alde Feanen en het Slotermeer.

### **1.3 LEESWIJZER**

Dit rapport bevat de resultaten van de watersysteemanalyse van de Alde Feanen voor Wetterskip Fryslân. Hoofdstuk 2 geeft een beschrijving van de watersysteem. In hoofdstuk 3 volgt de analyse waarin de waterbalans en de stofbalans besproken worden en de rol van de waterbodem in het functioneren van het systeem. Met behulp van deze watersysteemanalyses en die van de andere waterschappen is een bodemdiagnose-tool ontwikkeld. In hoofdstuk 4 wordt deze tool toegepast op de Alde Feanen. Op basis van de kennis en uitkomsten van de verschillende onderdelen doen we een uitspraak over welke maatregelen zinvol zijn in het systeem. Dit beschrijven we in hoofdstuk 5.





# 2

## Systeembeschrijving

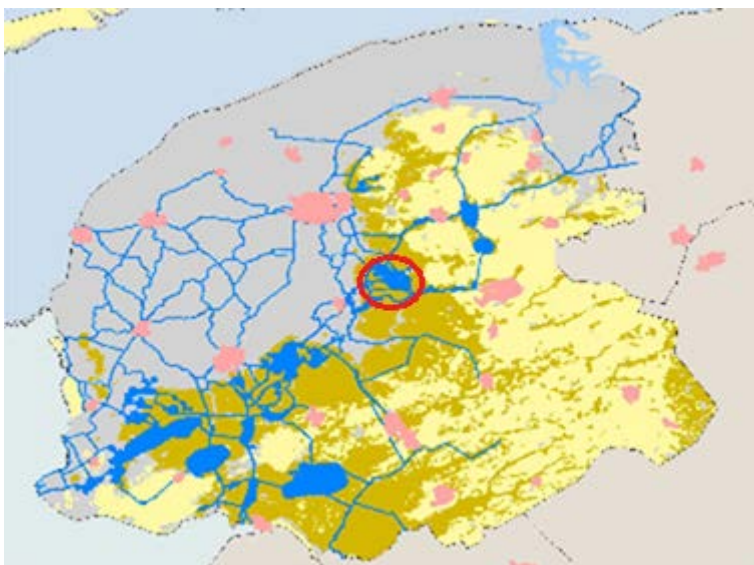
### 2.1 WATERSYSTEEM

#### 2.1.1 FRIESE BOEZEM

De Friese boezem is het centrale netwerk van onderling verbonden vaarten, kanalen en meren met een totale wateroppervlakte van ruim 15.000 ha. Hiervan beslaan de meren tweederde deel. De oeverlengte bedraagt ongeveer 6000 km. Het gebied dat afwatert op de Friese boezem bedraagt ca. 302.220 ha en komt daarmee grotendeels overeen met het vaste land van de provincie Friesland. In het noorden liggen enkele afgescheiden gebieden (Dongerdielen, Ropta en Zwarte Haan), die rechtstreeks afwateren richting Lauwersmeer en Waddenzee. Die delen zijn, evenals grote delen van Groningen en Drenthe, voor hun wateraanvoer overigens wel afhankelijk van Fries boezemwater. Dat water wordt 's zomers aangevuld met IJsselmeerwater.

Om het streefpeil van -0,52 m NAP zo goed mogelijk te handhaven wordt bij watertekort IJsselmeerwater ingelaten, en bij een wateroverschot overtollig water onder vrij verval geloosd naar Lauwersmeer (bij Dokkumer Nieuwe Zijlen en Zoutkamp) en Waddenzee (bij Harlingen), en bij Lemmer en Stavoren zonodig uitgemalen naar het IJsselmeer. Met uitzondering van kortdurende perioden van overschrijdingen van het streefpeil lukt het goed het streefpeil te handhaven. De jaarlijkse hoeveelheid ingelaten IJsselmeerwater komt ongeveer overeen met 1 à 2 maal de inhoud van het boezemstelsel. De jaarlijkse af- en doorvoer van water is ongeveer een factor 5 groter (Maasdam & Claassen, 1998), immers inliggende poldergebieden (bijna 200.000 ha) en vrij afstromende hogere gebieden (ruim 64.000 ha) brengen 's winters hun overtollig water op de boezem.

(Bron: Claassen, 2008)



Figuur 2 De Friese Boezem met de Alde Feanen rood omcirkeld.

### *Hoe komt er water op de Friese boezem?*

De hoeveelheid water wordt beïnvloed door de neerslag (regen, sneeuw, hagel) en de verdamping. Als de neerslag groter is dan de verdamping, wordt gesproken over een neerslagoverschot. Dit is voornamelijk het geval in de herfst, de winter en in het voorjaar. Het teveel aan neerslag komt via drainage, oppervlakkige afstroming en kwel in poldersloten, beken en kanalen. Dit leidt tot een stijging van de waterstand in de poldersloten. Poldergemalen zullen vervolgens het te veel aan water uitslaan op de Friese boezem. Vanaf de hellende gebieden zal het teveel aan water over stuwen heen stromen. Ook dit water komt op de Friese boezem. Door de aanvoer van dit water zal de waterstand op de Friese boezem stijgen.

In geval van een neerslagtekort stroomt het water in omgekeerde richting uit de Friese boezem via inlaatwerken en opmalingen naar het landelijk gebied. Dit water dient voor het op peil houden van de watergangen in de polder en in het vrij afstromend gebied (compensatie verdamping en gebruik voor beregening). Hierdoor zal de waterstand op de Friese boezem dalen. Het tekort aan water wordt aangevuld vanuit het IJsselmeer door water in te laten. Doordat de waterstand op het IJsselmeer hoger is dan het streefpeil op de Friese boezem gebeurt de waterinlaat door middel van zwaartekracht. In extreem droge situaties is niet al het IJsselmeerwater vrij beschikbaar. Het IJsselmeerwater wordt dan door het Rijk verdeeld. Mogelijk dalen dan de waterstanden op de Friese boezem en in de overige sloten.

(bron: website [www.wetterskipfryslan.nl](http://www.wetterskipfryslan.nl))

Tabel 2 Enkele kentallen van de Friese Boezem

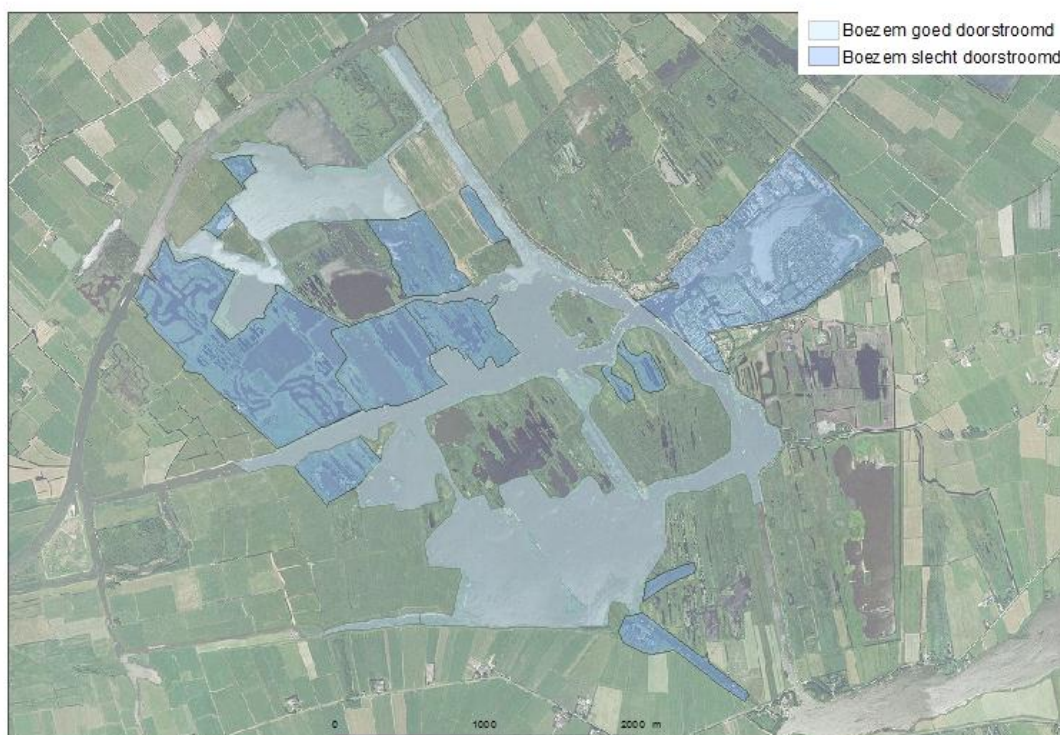
Wateroppervlak	15.000 ha
Oeverlengte	6.000 km
Afwaterend oppervlak op boezem	302.220 ha
Streefpeil	-0,52 m NAP
Jaarlijkse waterafvoer	900 tot 1500 miljoen m <sup>3</sup>
Jaarlijkse waterinlaat	100 tot 450 miljoen m <sup>3</sup>
Jaarlijkse afvoer via sluizen	70%
Jaarlijkse afvoer via gemalen	30%

## 2.1.2 ALDE FEANEN

De Alde Feanen ligt in de driehoek van de steden Heerenveen, Drachten en Leeuwarden. Het is een laagveengebied en een Nationaal Park. Daarnaast is de Alde Feanen ook een KRW-waterlichaam. De wateren in de Alde Feanen zijn onder te verdelen in drie categorieën:

- Friese Boezem, de goed doorstroomde delen
- Semi boezem, wateren die wel in contact staan met de boezem, maar niet goed doorstroomd zijn en
- Geïsoleerde plassen en moerassen, die niet in open verbinding staan met de boezem.

In Figuur 3 is het gebied van de boezem in de Alde Feanen te zien onderverdeeld in goed doorstroomd en slecht doorstroomd (semi-boezem). De niet gemarkeerde gebieden zijn geen onderdeel van de boezem in de Alde Feanen. Deze onderverdeling is gebaseerd op informatie van mensen die het gebied goed kennen.



Figuur 3 Het boezemgedeelte van de Alde Feanen verdeeld naar de mate van isolatie.

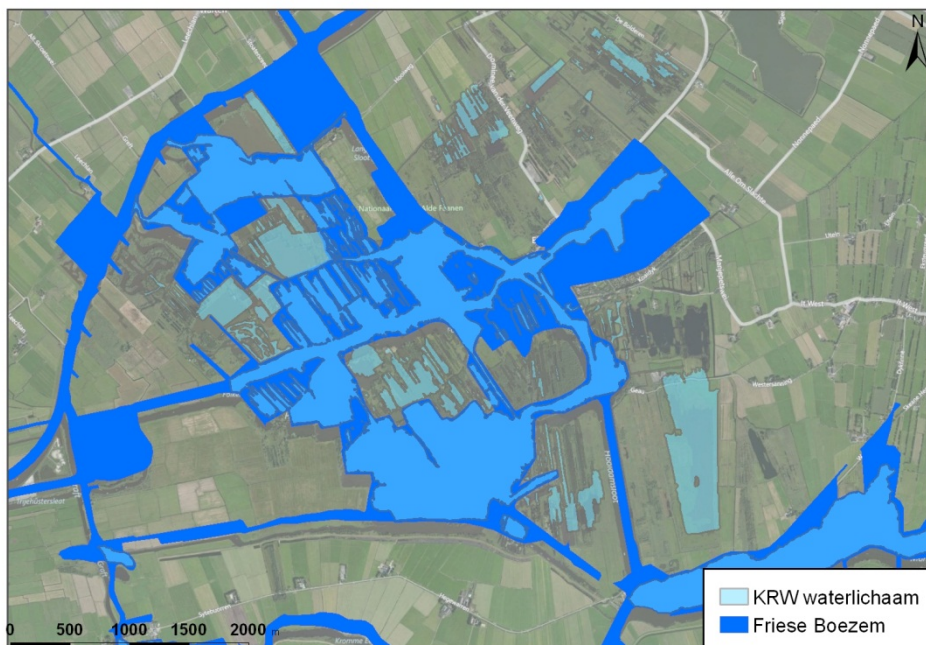
### *Statische kenmerken van het systeem*

#### *Oppervlakte*

Voor het gebied van de Alde Feanen zijn verschillende oppervlakte-kenmerken te geven.

- Het KRW-waterlichaam Alde Feanen heeft een oppervlakte van 494 ha (water).
- Het Nationaal Park Alde Feanen heeft een oppervlakte van 2142 ha (water en land).
- Het Friese Boezem deel beslaat 386 ha (water)
- Het semi boezem deel 330 ha (water en land)
- Het geïsoleerde deel beslaat circa 460 ha (water en land)

Het oppervlak boezem en semiboezem is vastgesteld op basis van Figuur 3 wat is opgesteld met informatie van verschillende mensen die het gebied goed kennen. Dit zijn de oppervlakken waar in dit rapport van uitgegaan wordt. Het oppervlak van het geïsoleerde deel is een grove indicatie en hangt onder andere af van welk deel je nog wel en welk deel je niet meer bij de Alde Feanen rekent.



Figuur 4 Alde Feanen, begrenzing van Alde Feanen als KRW-waterlichaam en Alde Feanen als onderdeel van de Friese Boezem.

#### *Afwateringseenheden*

Er zijn vijf afwateringseenheden die direct op de Alde Feanen afstromen. Vier van de vijf afwateringseenheden zijn klein en beslaan één enkel peilgebied. Daarnaast is er één afwateringseenheid welke bestaat uit vele peilgebieden (PG= peilgebied van Wetterskip Fryslân).

1. Afwateringseenheid PG6078 met een oppervlak van 36 ha;
2. Afwateringseenheid PG6499 met een oppervlak van 41 ha;
3. Afwateringseenheid PG6500 met een oppervlak van 65 ha;
4. Afwateringseenheid PG6501 met een oppervlak van 53 ha;
5. Afwateringseenheid PG 6510 met een oppervlak van 3372 ha. Deze bestaat uit 78 verschillende –kleine– peilgebieden en heet polder Eernewoude.

#### *Geologie*

Alde Feanen maakt onderdeel uit van een langgerekte band met laagveengebieden. Het wordt omsloten door een zeekleigebied aan de westkant en het Drents Plateau aan de oostkant. Dit Plateau bestaat voornamelijk uit zanggronden. Het centrale deel van de Alde Feanen bestaat uit petgaten en legakkers. In de petgaten zijn ook jonge veenbodems aanwezig die ontstaan zijn door vervening. Het gebied van de Alde Feanen heeft een maaiveldhoogte van tussen de 0 en 2 m –NAP [Kiwa, 2007].

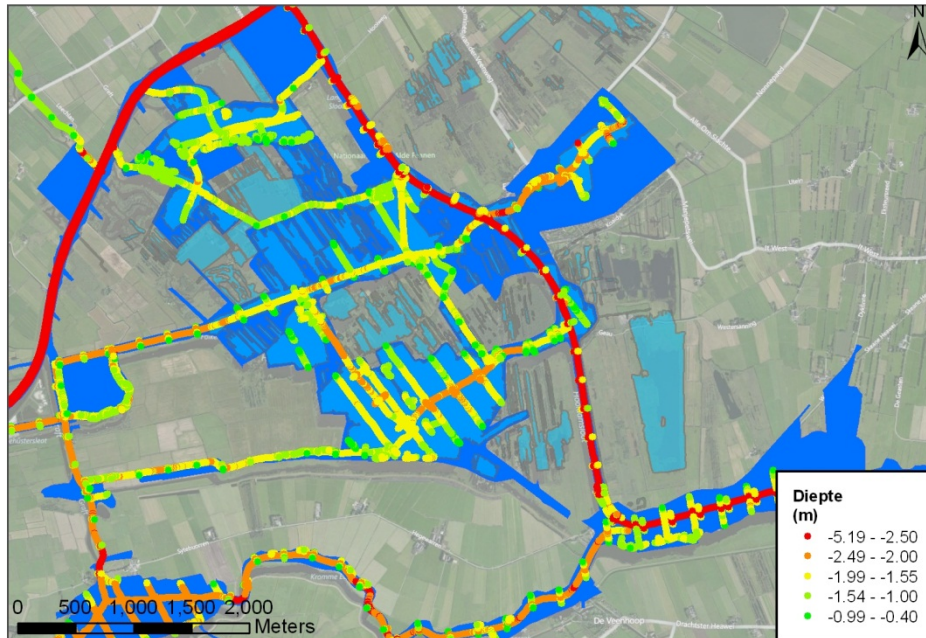
#### *Geohydrologie*

De Alde Feanen is een waterrijk gebied. Het ligt relatief hoog in het landschap en heeft daardoor nauwelijks kwelwater. Wel vindt er wegzijging plaats. Deze wegzijging vindt voornamelijk plaats naar de diepere polders en het zuidelijk gelegen gebied rond Nijbeets. Daarnaast stroomt er ook een deel weg naar de naastgelegen polders en de Hege Warren [Buro Hemmen, 2006]



### Waterdiepte

In Figuur 5 zie je dieptemetingen uit 2009. De waterdiepte binnen de Alde Feanen varieert van 4,73 meter in de vaargeul tot een waterdiepte van enkele centimeters. De gemiddelde diepte van het boezem deel van de Alde Feanen is 1,73 meter.



Figuur 5 Alde Feanen, waterdiepte gebaseerd op metingen 2009.

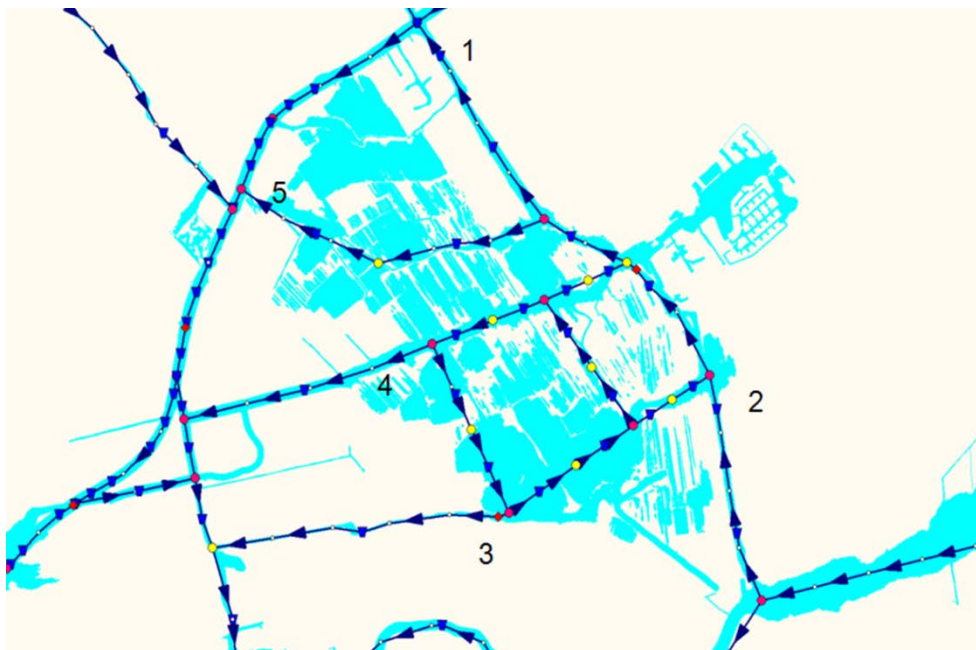
### Strijklengte

Het gebied bestaat uit vele verschillende wateren; zowel plassen, kanalen als petgaten. Er is daardoor geen spraken van een strijklengte voor het gehele gebied. De Grutte Krite en het Zandmeer zijn de grotere plassen in het gebied. De strijklengte bij deze meren is circa 1200 m voor de Grutte Krite en ca. 400 meter voor het Zandmeer.

### Dynamische kenmerken van het systeem

#### Debiet

Het jaardebiet in de Alde Feanen is 257,5 miljoen m<sup>3</sup>. Dit debiet stroomt door 5 (hoofd)watergangen het gebied in en uit. De belangrijkste inlaatpunten zijn bij nummer 2 en 4 (zie Figuur 6). De belangrijkste uitstroomrichting is bij punt 1.



Figuur 6 Alde Feanen, de hoofdstromen in het gebied (afkomstig uit Sobek-model Friese Boezem). De pijlen zijn een weergave van de schematisatierichting in Sobek en zeggen niets over de stroomrichting.

#### *Verblijftijd*

Op basis van een gemiddelde diepte van 1,73 meter en een wateroppervlak van 386 ha, is het watervolume in de Alde Feanen circa 6,7 miljoen m<sup>3</sup>. Het totale jaardebiet in de Alde Feanen is 257 miljoen m<sup>3</sup> water. Dit debiet levert een (gemiddelde) verblijftijd op van 9,5 dagen; wat langer in de zomer en wat korter in de winter. Deze verblijftijd geldt alleen voor de goed doorstroomde wateren van de Friese Boezem. In de geïsoleerde plassen (bijvoorbeeld Izakswiid) lopen de verblijftijden op tot anderhalf jaar. In de semi boezem delen zijn de verblijftijden erg afhankelijk van de mate van doorstroming. De verblijftijden kunnen hier variëren tussen de 10 dagen zoals in de boezem en anderhalf jaar zoals in de geïsoleerde gebieden.

#### *Stratificatie*

De waterdiepte in de meren in de Alde Feanen is beperkt. Hierdoor treedt er geen stratificatie op in het water.

#### *Landgebruik*

Alde Feanen is een natuurgebied. De omgeving rond het water bestaat uit laagveen en moerasgebieden. Er is sprake van verlandingsprocessen waarbij we verschillende verlandingsstadia aantreffen. In de Alde Feanen zijn graslanden, rietlanden en een kleiner deel bos en struweel.

#### *Kwel en infiltratie*

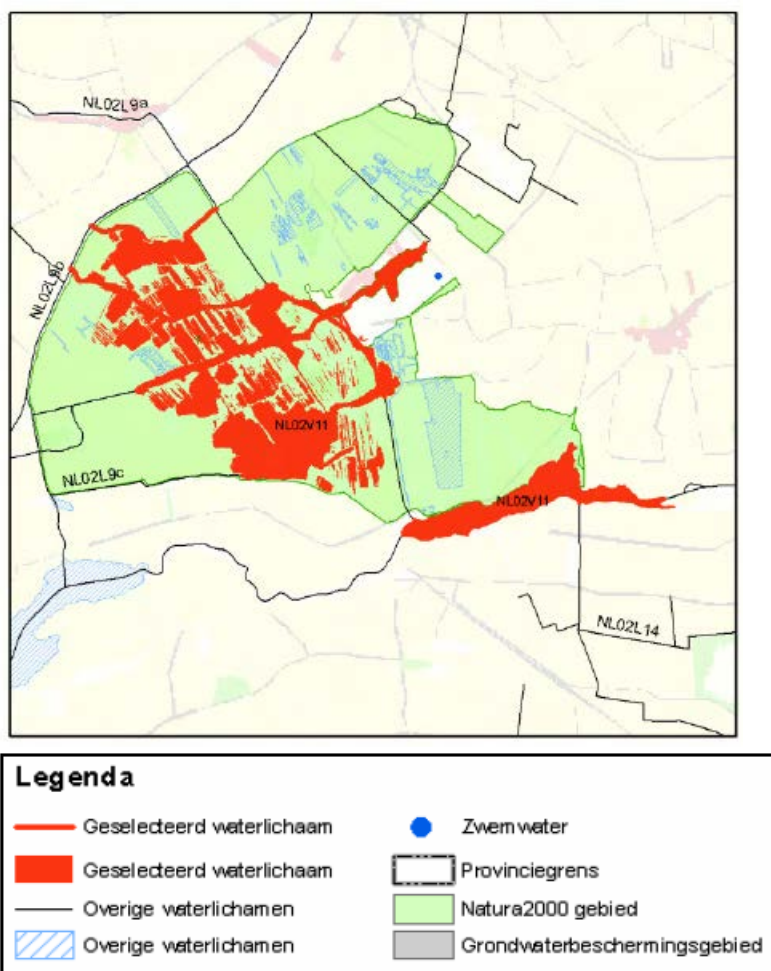
Uit het Beheer- en Inrichtingsplan Nationaal Park Alde Feanen 2005 [Buro Hemmen, 2006] blijkt dat de Alde Feanen hoger ligt dan het omliggende veengebied. Hierdoor is er in het gebied alleen sprake van wegzijging naar diepere polders. Heel lokaal komt wel kwel voor, maar er is geen aanvoer van diep kwelwater.

## 2.2 TOESTAND (KRW) EN KRW DOELSTELLING

De Alde Feanen vormt het KRW-waterlichaam "Alde Feanen". Dit waterlichaam is van type M14 – ondiepe gebufferde plassen. In Figuur 7 is het waterlichaam te zien. Het waterlichaam ligt in stroomgebied Rijn-Noord en heeft de status sterk veranderd. In de KRW-factsheet van het waterschap wordt het type waterlichaam als volgt omschreven:

*Middelgrote gebufferde plassen in laagveen- of zeekleigebied, maar ook in de duinen en in de vorm van afgesloten zeearmen. Het water wordt gevoed door regen, grondwater, en/of instromend oppervlaktewater. De waterstand kan tot wel 1 meter fluctueren, waardoor er (grote) vloedzones ontstaan. De bodem bestaat uit zand, veen, en/of klei, met kale oevers in de golfslagzone. [Wetterskip Fryslân, 2009]*























De beoordeling van de huidige toestand en de doelstelling vanuit de KRW zijn vastgelegd op het niveau van waterlichaam. In Tabel 3 zijn de gegevens over de biologische en chemische toestand van het KRW-waterlichaam "Alde Feanen" weergegeven.



Figuur 7 Overzichtskaart KRW-waterlichaam Alde Feanen (bron: Wetterskip Fryslân, 2009).

Tabel 3 Biologische en algemeen fysisch chemische toestand Alde Feanen (bron: Wetterskip Fryslân, 2009).

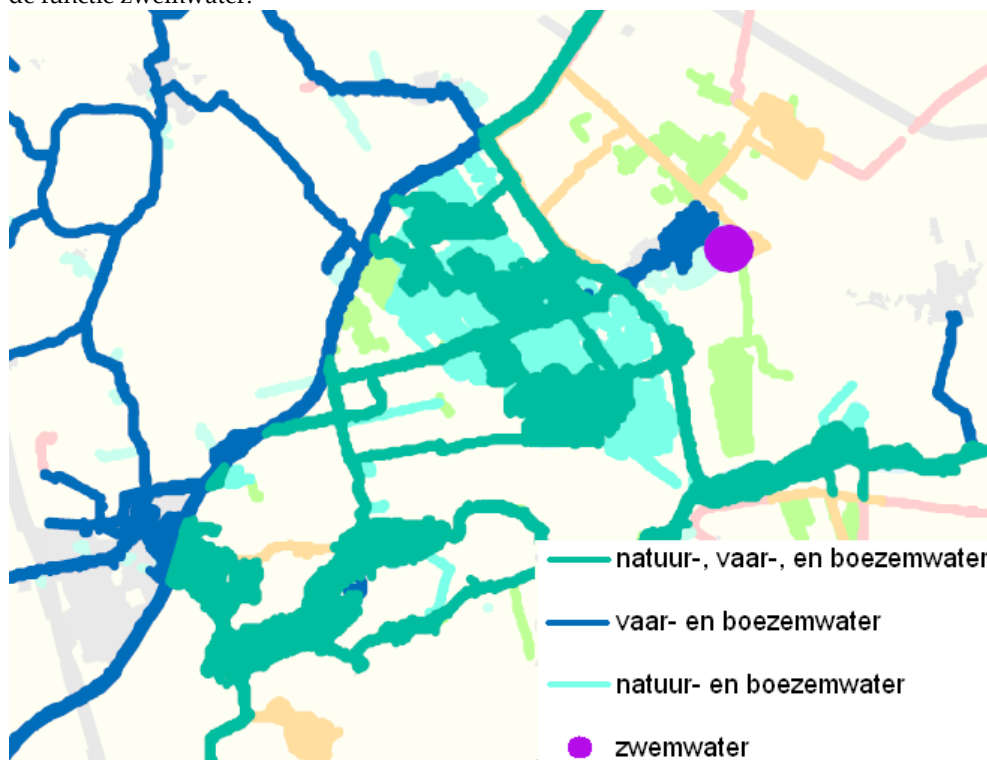
	Slecht		Goed
	Ontoereikend		Zeer goed
	Matig		

Maatlat	Huidige situatie (2008)	Verwachting 2015	GEP
Macrofauna (EKR)			0,5
Overige waterflora (EKR)			0,4
Fytoplankton (EKR)			0,5
Vis (EKR)			0,3
Totaal fosfaat (zomergemiddelde) (mgP/l)			0,09
Totaal stikstof (zomergemiddelde) (mgN/l)			1,3
Chloride (zomergemiddelde) (mgCl/l)			200
Temperatuur (maximum) (°C)			25
Doorzicht (zomergemiddelde) (m)			0,65
Zuurgraad (zomergemiddelde) (-)			5,5-8,5
Zuurstofverzadiging (zomergemiddelde) (%)			60-120



### 2.3 FUNCTIES ALDE FEANEN

De functiekaart bij het waterbeheerplan 2010-2015 [Wetterskip Fryslân, 2009] laat zien dat er voor de Alde Feanen drie functies worden onderscheiden: vaarwater, natuurwater, en boezemwater. In een groot deel van de Alde Feanen zijn de drie functies gezamenlijk aangewezen. Daarnaast is een groot deel natuur- en boezemwater, en een deel hoort niet bij de boezem. In de Alde Feanen ligt in de oostpunt een locatie met de functie zwemwater.



Figuur 8 Detail functiekaart Alde Feanen uit waterbeheerplan 2010-2015.

### 2.4 MAATREGELLEN EN WERKZAAMHEDEN

In de afgelopen 20 jaar genomen maatregelen in verschillende deelgebieden van de Alde Feanen. In het verleden zijn verschillende maatregelen in het gebied uitgevoerd. Deze zijn voor de afgelopen 20 jaar per deelgebied opgenomen in Tabel 4. Het gaat vooral om maatregelen als ontpolderen en baggeren. Op het moment wordt er voor het Natura 2000-gebied Alde Feanen een integraal plan opgesteld. Dit plan houdt rekening met de opgaven die er voor het gebied liggen vanuit Natura 2000, Kader Richtlijn Water, Landinrichting Alde Feanen en het Friese Merenproject. Voor de nabije toekomst is het dus nog niet precies duidelijk welke maatregelen er uitgevoerd gaan, maar er is wel een pakket in ontwikkeling.

Tabel 4 Maatregelen in de verschillende deelgebieden (bron: Wetterskip Fryslân).

Werknaam	Historie	Uitgevoerde maatregelen
Polder Jelle de Wal	In 1989 ontpolderd en geïsoleerd van de boezem	ontpolderd
3-mêd	Oud petgat	-
Keimpelân	Oud petgat	-
Grote plas Izakswiid	Oude petgaten waarvan de zetwallen verdwenen zijn	1989 baggeren 1990, 1996: actief visstandbeheer, rondom deels stortsteen aangebracht
Tusken Sleatten	Oud petgat	Isolatie van boezem
Headams Kampen	voor 1989 ontpolderd	Ontpolderd met erin gegraven slenk-
Bysitters Ūnlân	Oud petgat	-
It Bil	In 1989 vergraven polder (grasland)	-
Neeltsje Muois-gat	Oud petgat	-
18-mêd	In de jaren '60 ontpolderd	Gebaggerd in 1989/90
De Koai	In 1989 vergraven polder	-
8-mêd - IJverlân	Oud petgat	-
Holstmar	Al lange tijd open boezemwater	-
Saiterpetten	Al lange tijd open boezemwater	-
Sânemar	Al lange tijd open boezemwater	-
Moddermar	Al lange tijd open boezemwater	-
Grutte Krite	Al lange tijd open boezemwater	-
Polder Jelle de Wal	In 1989 ontpolderd en geïsoleerd van de boezem	ontpolderd

# 3

## Analyse

### 3.1 INLEIDING

Dit hoofdstuk beschrijft de uitgevoerde analyses voor de Alde Feanen. Dit bestaat uit vier onderdelen:

1. Waterbalans
2. Stoffenbalans
3. Interne en externe belasting
4. Waterkwaliteitsbeelden

De water- en stoffenbalans richten zich op een globale balans voor de gehele Alde Feanen. Hierbij wordt de Alde Feanen als black box gezien, en worden alle in- en uitgaande posten beschouwd. De Alde Feanen is echter een watersysteem welke bestaat uit vele verschillende kleinere watersystemen met specifieke eigenschappen. In paragraaf 3.4 wordt aan de hand van ruimtelijker beelden de waterkwaliteit in de Alde Feanen geschetst en worden ruimtelijke verschillen in beeld gebracht.

### 3.2 WATERBALANS

#### 3.2.1 GEGEVENS

Voor het opstellen van de waterbalans is gebruik gemaakt van de volgende gegevens:

- Waterkwantiteitsmodel van de Friese Boezem in SOBEK voor het jaar 2008;
- oppervlakten van afwateringseenheden die uitstromen op de Alde Feanen;
- KNMI-gegevens station 270 Leeuwarden voor het jaar 2008: neerslag en verdamping
- GIS kaart kwel- en infiltratie obv 3e waterhuishoudingsplan (bron: Wetterskip Fryslân)

#### 3.2.2 AAN- EN AFVOERPROCESSEN

Om de bronnen op de waterbalans te bepalen, zijn de volgende gegevens gebruikt bij het bepalen van de bronnen:

- Neerslag : KNMI-neerslaggegevens van station 270 Leeuwarden, voor het jaar 2008 (bron: KNMI);
- Verdamping : KNMI-gegevens referentiegewasverdamping van station 270 Leeuwarden, voor het jaar 2008 (bron: KNMI), en de correctiefactor voor Pennman;
- Kwel: GIS kaart kwel- en infiltratie obv 3e waterhuishoudingsplan (bron: Wetterskip Fryslân);
- Infiltratie: GIS kaart kwel- en infiltratie obv 3e waterhuishoudingsplan (bron: Wetterskip Fryslân);
- Inlaat: SOBEK-model waterkwantiteit Friese Boezem 2008;
- Uitlaat: SOBEK-model waterkwantiteit Friese Boezem 2008

### 3.2.3 METHODE EN UITGANGSPUNTEN

In voorgaande paragraaf zijn de gegevens benoemd die gebruikt zijn voor het kwantificeren van de bronnen op de waterbalans. Om te komen tot de waterbalans, zijn er verschillende bewerkingen uitgevoerd op de gegevens. Deze paragraaf beschrijft de gehanteerde uitgangspunten en de gebruikte methode voor het opstellen van de waterbalans.

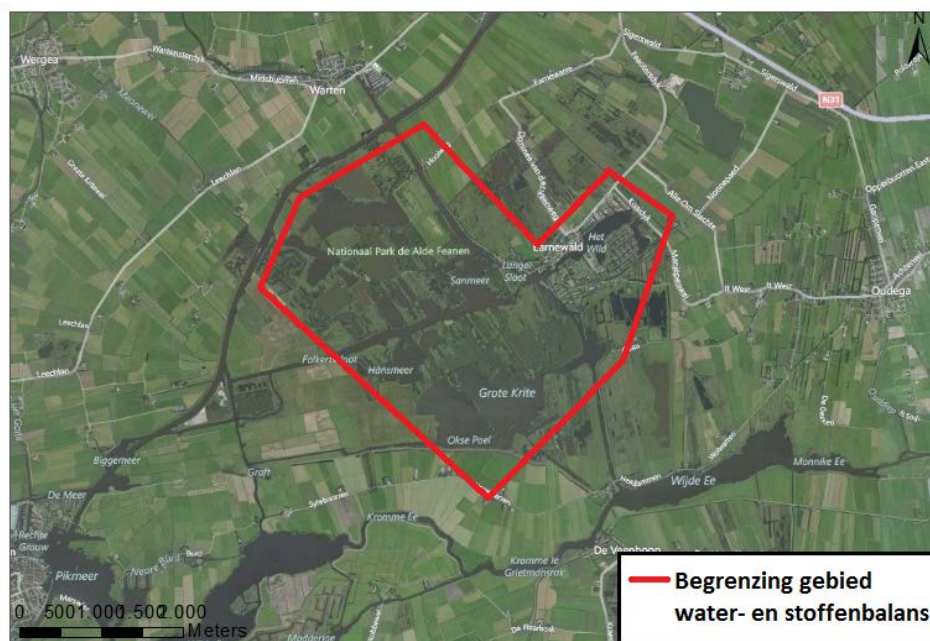
#### *Periode: interval en jaar*

Bij de waterbalans is onderscheid gemaakt in kwartalen. Het gaat hierbij om jaarkwartalen, dus K1 = januari, februari, maart; K2=april, mei, juni; K3=juli, augustus, september; K4= oktober, november, december. Aan de basis voor de balansen staan dagwaarden voor neerslag en verdamping en de in- en uitlaten. Kwel en wegzijging is een jaargemiddelde. Op basis van de gegevens is een jaarbalans bepaald en zijn vier balansen per kwartaal gemaakt.

De waterbalans is opgesteld voor het jaar 2008. De gegevens van neerslag en verdamping en de in- en uitlaten zijn specifiek voor het jaar 2008. Kwel en wegzijging zijn gemiddelde waarden. Een gemiddeld weerjaar was niet beschikbaar. Het jaar 2008 is vervolgens gekozen omdat dit een recent jaar is en we hier alle gegevens van het SOBEK model hebben.

#### *Begrenzing*

De waterbalans is opgesteld voor het 386 ha wateroppervlak van de Friese Boezem binnen de Alde Feanen.



Figuur 9 Alde Feanen, begrenzing van het gebied voor opstellen water- en stoffenbalans.

#### *Eenheden*

De waterbalans is opgesteld in zowel mm als in m<sup>3</sup> per jaar en kwartaal. Daarbij is ook per post op de balans aangegeven wat het aandeel van deze post is op de waterbalans. In eerste instantie is een volledige balans opgesteld in watervolumes in m<sup>3</sup>. Deze is vervolgens omgezet in een waterbalans in mm.

## Aan- en afvoer posten

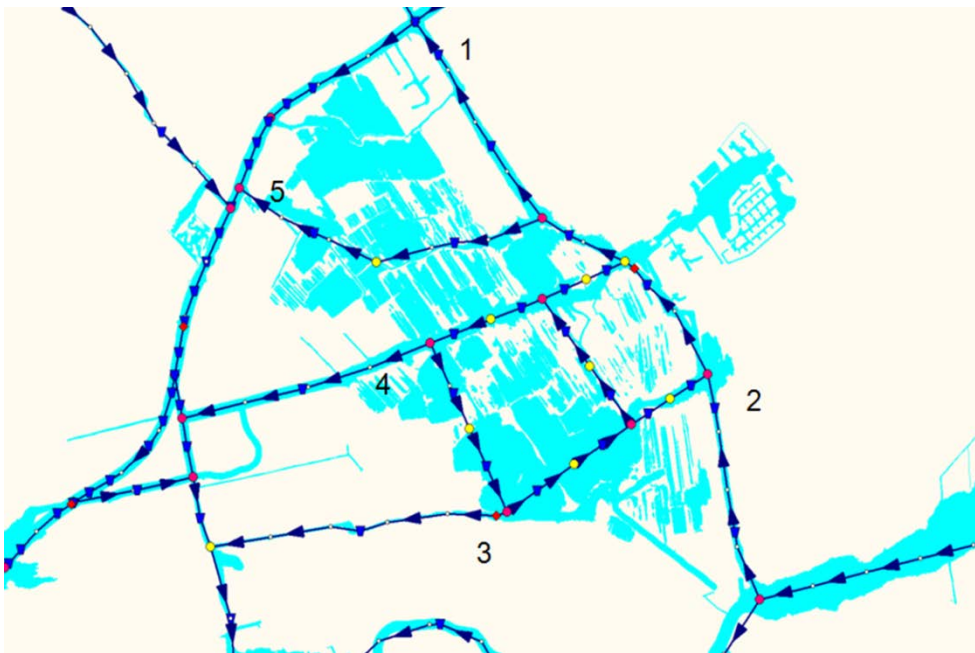
### In- en uitlaat

Bij het bepalen van de aan- en afvoerposten op de waterbalans is het SOBEM-model van de Friese Boezem als basis genomen. Het model bevat een schematische weergave van de waterstromen in de Friese Boezem. Er is ingezoomd op de Alde Feanen en de aan- en afvoerende debieten zijn uit het model geëxporteerd om als basis te dienen voor de waterbalans. De opzet van de model is echter niet geschikt om, zonder bewerkingen, in te zoomen op 1 meer en om direct te gebruiken voor een waterbalans. Daarom hebben wij een aantal bewerkingen uitgevoerd.

In het model zijn alle aanvoerposten naar de boezem samengevoegd. Hierdoor is geen onderscheid te maken in verschillende bronnen op het watersysteem, zoals bijvoorbeeld neerslag, kwel/wegzijging, en water uit polders. Het water van deze bronnen is bij elkaar opgeteld en komt gezamenlijk op de Friese boezem. Dit gebeurt op een x-aantal locaties in de Friese Boezem. De locaties waar water in het model de Friese Boezem inkomt, hoeft niet overeen te komen met bijvoorbeeld een poldergemaal. De inputlocaties in het model zijn daarmee een vereenvoudiging van de werkelijkheid.

Om op de balans toch neerslag, verdamping, kwel en infiltratie als aparte posten te kunnen opnemen, zijn correcties op de gegevens uitgevoerd. In Bijlage 2 staat beschreven hoe deze correcties zijn gedaan. De in- en uitlaten op de balans zijn dus gecorrigeerde modeluitkomsten.

Daarnaast komen er ook twee polders uit op de Alde Feanen. Deze gegevens komen uit het model en zijn niet gecorrigeerd.



Figuur 10 Modelschematisatie in Sobek van de Alde Feanen met de nummers van in- en uitlaten.

### Neerslag

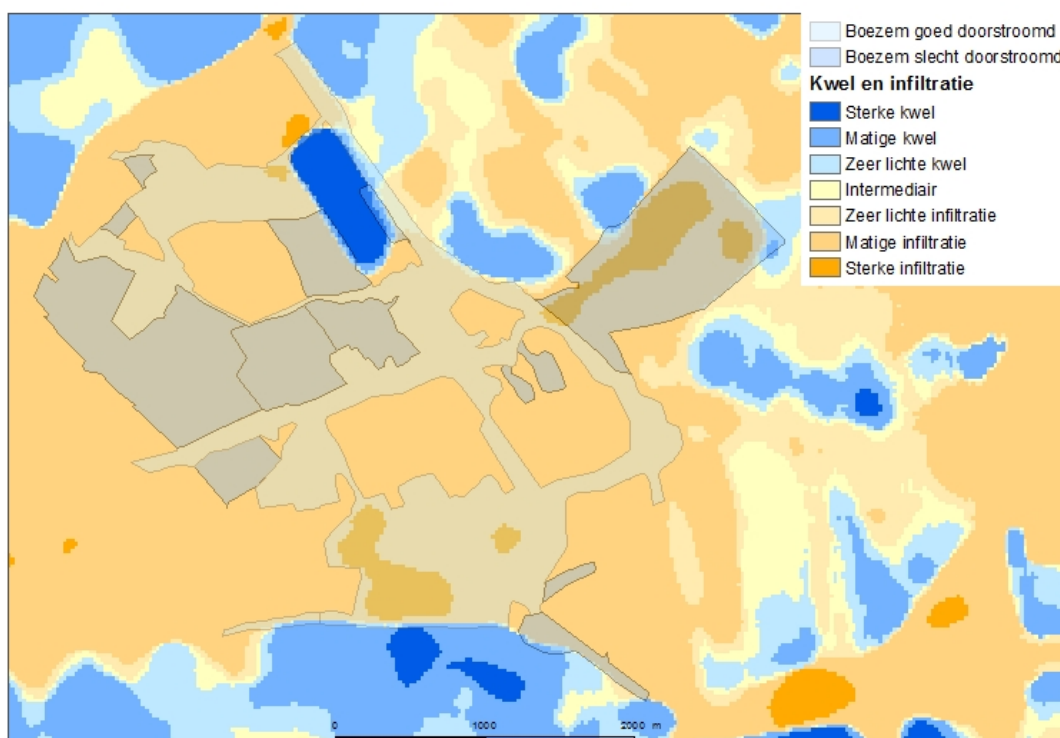
De neerslaggegevens komen van KNMI-station 270 Leeuwarden. De gegevens zijn van het jaar 2008 en geven de gevallen neerslag in mm per 24 uur. Deze gegevens (in mm) zijn vermenigvuldigd met het wateroppervlak van de Friese Boezem binnen de Alde Feanen (386 ha). Hiermee is een reeks gemaakt met hoeveelheid neerslag per dag op de Alde Feanen.

### Verdamping

Voor het bepalen van de verdamping op het wateroppervlak van de Alde Feanen is gebruik gemaakt van de verdampinggegevens van KNMI-station 270 Leeuwarden van het jaar 2008. Het KNMI heeft gegevens over de referentiegewasverdamping van Makkink. Dit is een referentieverdamping vanaf grasland onder ideale omstandigheden. De referentiegewasverdamping is met behulp van Penman omgezet naar verdamping vanaf open water. Deze gegevens (in mm) zijn vervolgens omgezet naar watervolumes in m<sup>3</sup> door te vermenigvuldigen met het wateroppervlak van de Friese Boezem binnen de Alde Feanen.

### Kwel/infiltratie

Kwel en infiltratie is bepaald aan de hand van de GIS kaart kwel- en infiltratie obv 3e waterhuishoudingsplan van Wetterskip Fryslân. Voor het gebied van de Friese Boezem en de semi-boezem is de gemiddelde hoeveelheid kwel en wegzijging bepaald (zie Figuur 11) en dat is als uitgangspunt genomen voor de waterbalans. Dit resulteert in 0,69 mm infiltratie per dag.



Figuur 11 Kwel in de Alde Feanen.

### Drainage

Er zijn geen gegevens bekend over drainage in de Alde Feanen. Deze post is niet opgenomen op de balans.

### Semi boezem

De waterbalans is opgesteld voor het wateroppervlak van de Friese Boezem binnen de Alde Feanen. Echter de boezem staat ook in contact met de semi boezem, de minder doorstroomde delen (zie §2.1.2). De uitwisseling met deze delen is af te leiden door de kwel, neerslag, belasting door vogels en nalevering op de gebieden op te tellen en als inpost op te voeren. De som van de verdamping en de infiltratie vormt de uitpost van semi boezem.

In de praktijk zal er meer uitwisseling zijn tussen de boezem en de semi boezem, maar omdat het water steeds vanuit de boezem, via de semi boezem weer in de boezem terechtkomt, is dit buiten beschouwing gelaten.



**Sluiten balans**

Nadat alle posten op de balans ingevuld waren, was er een klein tekort op de balans. Om de balans sluitend te maken is er een sluitpost toegevoegd. Er is geen duidelijke bron voor deze post aanwijsbaar. Een mogelijke oorzaak is een bergingsverandering in het gebied doordat het peil door het jaar heen licht fluctueert. Het is echter niet zeker of dit de verklaring is voor het gevonden gat in de balans, daarom is het als sluitpost op de balans opgenomen.

**3.2.4 RESULTATEN EN DISCUSSIE**

In de vorige paragraaf zijn de methoden en uitgangspunten besproken die gebruikt zijn bij het opstellen van de waterbalans. In Tabel 5 is de waterbalans weergegeven. De belangrijkste posten op de balans zijn de inlaten 2 en 4 en de uitlaat 1. De dominante stroomrichting is noordwestwaarts, richting uitlaat 1. Hierin zie je de dominante stromingsrichting in de Friese Boezem terug zoals beschreven in §2.1.1. De vaargeul die van zuid (inlaat 2) naar noord (uitlaat 1) door het gebied loopt, zorgt voor minder belemmerde stroming van zuid naar noord die je ook goed terugziet in de balans.

Tabel 5 Waterbalans (zie Figuur 10 voor locaties in- en uitlaten).

In/Uit	Posten	mm/jaar	m <sup>3</sup> /jaar	Aandeel (%)	Betrouwbaarheid
In	inlaat 1	3206	12386574	4,8	C
In	inlaat 2	28141	108708470	42,1	C
In	inlaat 3	6330	24453686	9,5	C
In	inlaat 4	15449	59679777	23,1	C
In	inlaat 5	6947	26834818	10,4	C
In	polder 112	330	1273715	0,5	C
In	polder 113	4542	17544796	6,8	C
In	semi boezem	864	3338562	1,3	C
In	neerslag	999	3859137	1,5	B
In	kwel	0	0	0,0	C
Uit	uitlaat 1	-58683	-226691284	-87,8	C
Uit	uitlaat 2	-671	-2593769	-1,0	C
Uit	uitlaat 3	-836	-3228397	-1,3	C
Uit	uitlaat 4	-2073	-8007978	-3,1	C
Uit	uitlaat 5	-2475	-9562103	-3,7	C
Uit	polder 112	-20	-79005	0,0	C
Uit	polder 113	-261	-1006331	-0,4	C
Uit	semi boezem	-851	-3287759	-1,3	C
Uit	verdamping	-732	-2827048	-1,1	B
Uit	infiltratie	-252	-973365	-0,4	C
In	sluitpost	46	177504	0,1	-

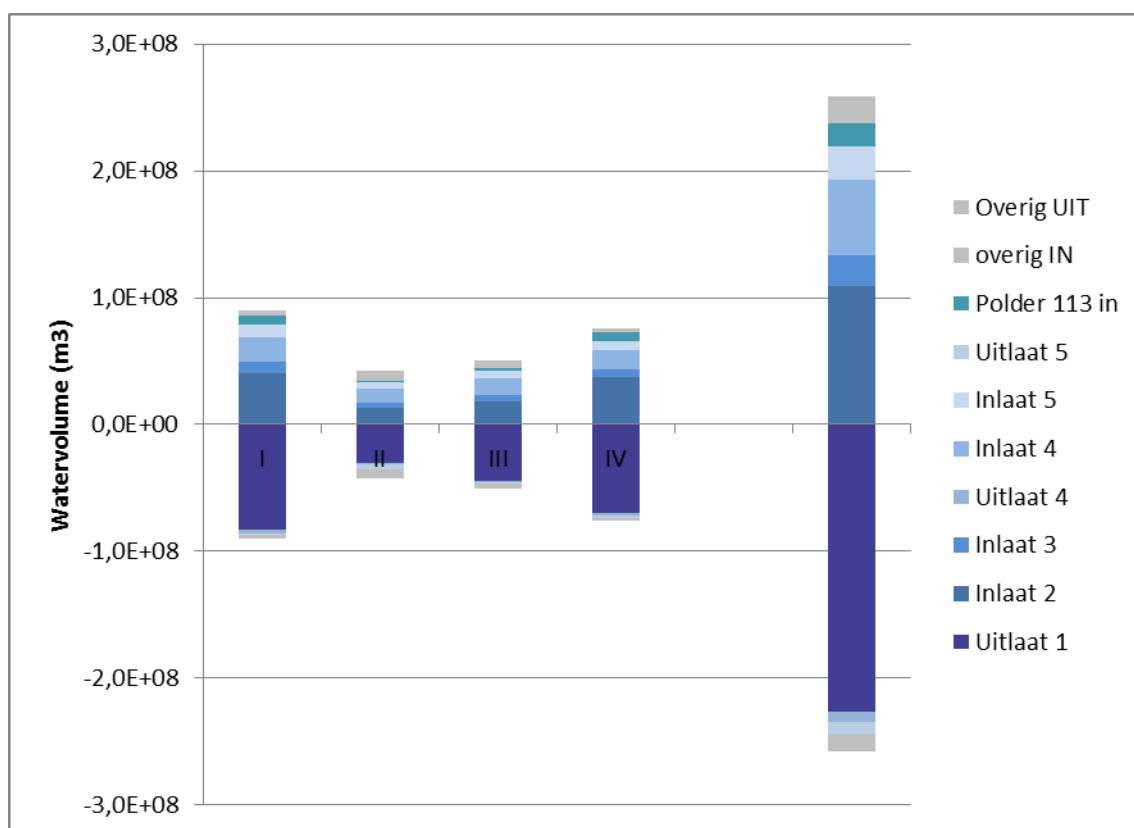
In de rechter kolom in Tabel 5 is de betrouwbaarheid aangegeven met een lettercodering. Bij de classificatie van de kwaliteit van de informatie is aangesloten bij de werkwijze die in de publicatiereeks Emissieregistratie wordt aangehouden [Van de Most, 1998]. Deze werkwijze is gebaseerd op de methodiek van CORINAIR (CORe emission Inventories AIR). Hierbij worden de volgende kwaliteitsclassificaties aangehouden:

- A: een getal gebaseerd op een groot aantal metingen aan representatieve locaties;
- B: een getal gebaseerd op een aantal metingen aan een deel van de voor de sector representatieve locaties;
- C: een getal gebaseerd op een beperkt aantal metingen, aangevuld met schattingen op basis van de technische kennis van het proces;
- D: een getal gebaseerd op een gering aantal metingen, aangevuld met schattingen op basis van aannames;
- E: een getal gebaseerd op een technische berekening op basis van een aantal aannames.

### Waterbalans per kwartaal

Om meer inzicht te krijgen in de waterbalans en het verloop door het jaar heen, is een uitsplitsing gemaakt per kwartaal (zie Figuur 12). Dit is van belang omdat wij de waterbalans gebruiken voor het opstellen van een fosfaatbalans. Fosfaat is een nutriënt met een duidelijke seizoensinvloed.

In de figuur is te zien dat door het jaar heen wel de totale hoeveelheden veranderen, en dat er geen grote verschuiving zit in het aandeel van de bronnen. Inlaten 2 en 4 zijn de belangrijkste inposten en uitlaat 1 is steeds de belangrijkste uitpost.



Figuur 12 Waterbalans van de Alde Feanen per kwartaal



### 3.3 STOFFENBALANS

#### 3.3.1 GEGEVENS

Voor het opstellen van de stoffenbalans is gebruik gemaakt van de volgende gegevens:

- Waterkwaliteitsgegevens (meetwaarden) van het waterschap;
- Emissieregistratie;
- Stolk, AP, 2001, Landelijk meetnet regenwatersamenstelling, meetresultaten 2000, RIVM rapport 723101 057/2001;
- Waterbeheerplan 2010-2015, Wetterksip Fryslân;
- Waterkwaliteitsgegevens uit SOBEKmodel voor het berekenen van de waterkwaliteit in de Friese Boezem 2008;
- Metingen waterbodem B-ware 2010 ihkv project Baggernut in Alde Feanen;
- Waterbirds v1.1, NIOO-KNAW
- Vogeltelling Alde Feanen door Netwerk Ecologische Monitoring (SOVON, RWS, CBS)

#### 3.3.2 AAN- EN AFVOERPROCESSEN

Om de bronnen op de waterbalans te bepalen, zijn de volgende gegevens gebruikt bij het bepalen van de bronnen:

- In- en uitlaten: voor het bepalen van de kwaliteit van het inlaat- en uitlaatwater is gebruik gemaakt van meetgegevens (meetpunten 51,56, 551, 406 en 753) en gegevens uit het Sobek-model voor de waterkwaliteit in de Friese Boezem voor het jaar 2008.
- Neerslag: Fosfaatvrucht in neerslag is bepaald met behulp van RIVM rapport.
- Verdamping: Bij verdamping verdwijnt er geen fosfaat uit het systeem. Dit is geen post op de stofbalans.
- Infiltratie: het gemiddelde van meetpunten 51, 551, 406 en 753
- Nalevering vanuit waterbodem: metingen waterbodem B-ware, naleveringsexperimenten B-ware.
- Recreatievaart en binnenvaart: kentallen uit Emissieregistratie, afwateringseenheden zoals gebruikt bij de Emissieregistratie.
- Vogels: de aantallen vogels komen uit de vogeltelling. De belasting die ze veroorzaken zijn berekend met Waterbirds v1.1

#### 3.3.3 METHODE EN UITGANGSPUNTEN

In voorgaande paragraaf zijn de gegevens benoemd die gebruikt zijn voor het kwantificeren van de bronnen op de stofbalans. Om te komen tot de waterbalans, zijn er verschillende bewerkingen uitgevoerd op de gegevens. Deze paragraaf beschrijft de gehanteerde uitgangspunten en de gebruikte methode voor het opstellen van de stofbalans.

##### *Eenheden*

Voor de balans zijn alle gegevens omgerekend naar kilogrammen P. Hiervan is een jaarbalans gemaakt met een uitsplitsing in vier kwartalen. Nadat de balans opgesteld is in kilogrammen P is deze ook omgerekend naar gram per vierkante meter om te zien hoe groot de belasting vanuit de verschillende bronnen is. Hierbij is vervolgens onderscheid gemaakt tussen interne en externe belasting. Dit laatste staat beschreven in paragraaf 3.4.

### ***Inlaat & uitlaat***

Inlaat en uitlaat van water vindt in de Alde Feanen plaats op verschillende locaties (zie ook Tabel 5). Voor het bepalen van de fosfaatlast op de locaties is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van meetgegevens zie Tabel 6). Wanneer dit niet mogelijk was, is er gebruik gemaakt van gegevens uit het Sobek-model.

Tabel 6 Gebruikte gegevens voor waterkwaliteit in- en uitlaten Alde Feanen.

Post	Gebruikte gegevens
Inlaat 1	Sobek-model
Inlaat 2	Meetpunt 56
Inlaat 3	Meetpunt 551
Inlaat 4	Sobek-model
Inlaat 5	Sobek-model
Uitlaat 1	Meetpunt 51
Uitlaat 2	Meetpunt 551
Uitlaat 3	Meetpunt 551
Uitlaat 4	Meetpunt 51
Uitlaat 5	Meetpunt 406
Polder 112 – in	Sobek-model
Polder 112 – uit	Meetpunt 551
Polder 113 - in	Sobek-model
Polder 113 – uit	Meetpunt 753

- Gegevens uit het Sobek-model komen uit het model voor de waterkwaliteit van de Friese Boezem voor het jaar 2008
- Meetgegevens zijn van de jaren 2005-2009. Voor 51 zijn voor alle jaren gegevens beschikbaar en zijn de meetwaarden gemiddeld. Voor de overige locaties zijn metingen van slechts 1 jaar beschikbaar. Hierbij zijn de waarden als block-functie gebruikt: een meetwaarde geldt tot de volgende datum waarop gemeten is.
- Voor de ligging van de meetpunten zie Figuur 13

### ***Neerslag***

Regenwater heeft een hele lage concentratie fosfaat. Voor de stofbalans hanteren we de concentratie van 0,01 mgP/l, gebaseerd op meetresultaten van het landelijk meetnet regenwatersamenstelling (v/d Swaluw et al, 2010). Deze zeer lage concentratie zorgt ervoor dat de invloed van neerslag op de stofbalans zeer klein is.

### ***Kwel/infiltratie***

Bij het opstellen van de waterbalans is gebleken dat er in de Alde Feanen alleen sprake is van infiltratie. De (bruto) posten door het jaar heen zijn niet bekend, het gaat om een gemiddelde waarden voor het gehele jaar.

Voor de kwaliteit van het infiltratiewater wordt per maand het gemiddelde aangenomen over de gebruikte meetpunten. De aanname is dat het water dat infiltreert bij benadering dezelfde concentratie heeft als het oppervlaktewater.



Figuur 13 meetlocaties die gebruikt zijn voor het opstellen van de stofbalans: 0051 – Zandmeer (Oude Venen), midden; 56 - WIJDE EE, midden; 0551 – Oude Venen, Grote Kritte; 0406 – Saiterpette, Greate Krite, Oude Venen; 0753 – Oude Venen, gemaal Offerhaus

### **Recreatievaart en binnenvaart**

De recreatievaart en binnenvaart lozen afvalwater op het oppervlaktewater. Het gaat hier om lozingen van huishoudelijk afvalwater. De hoeveelheid fosfaat wat vanuit deze lozingen op het oppervlaktewater komt is bepaald met behulp van gegevens uit de Emissieregistratie (zie kader). De Emissieregistratie bevat ook factsheets over verschillende bronnen die in de Emissieregistratie opgenomen zijn. Een van deze bronnen is 'Huishoudelijk afvalwater scheepvaart'.

#### **EMISSIEREGISTRATIE**

De Emissieregistratie beslaat het gehele proces van dataverzameling, databewerking, het registreren en rapporteren van emissiegegevens in Nederland. In de emissieregistratie worden de emissies naar bodem, water en lucht van circa 350 beleidsrelevante stoffen en stofgroepen vastgesteld. De emissiegegevens worden per emissiebron en per locatie opgeslagen in de centrale database van de Emissieregistratie. Dit omvat gegevens van individueel geregistreerde puntbronnen (op basis van o.a. Milieujaarverslagen) en diffuse bronnen (emissies berekend door taakgroepen). (bron: website Emissieregistratie)

De database van de Emissieregistratie met emissies naar oppervlaktewater geeft de emissies per bron per afwateringseenheid. De lozingen van huishoudelijk afvalwater van de scheepvaart is onderverdeeld in 2 categorieën:

1. Lozingen huishoudelijk afvalwater binnenvaart
2. Lozingen huishoudelijk afvalwater recreatievaart

De Alde Feanen maakt onderdeel uit van afwateringseenheid GAF 673: 'boezem van het noordelijk merengebied'. Het totale oppervlakte van deze afwateringseenheid is 108 km<sup>2</sup> en de Alde Feanen is (land + water) 21 km<sup>2</sup>. We zijn er van uit gegaan dat de lozingen redelijk gelijk verdeeld zijn over het gehele

gebied. Daarom is de aanname gedaan dat 19% van de totale vracht op de afwateringseenheid op de Alde Feanen terecht komt.

De meest recente gegevens die via de Emissieregistratie beschikbaar zijn, zijn van het jaar 2008 (zie Tabel 7). Deze getallen zijn opgenomen in de balans. De totale belasting op de Alde Feanen vanuit de scheepvaart is 157,6 kg.

Tabel 7 Fosfaatvracht vanuit de scheepvaart

Bron	Vracht (kg/jaar)
Binnenvaart	8,6
Recreatievaart	149

### Vogels

Voor de belasting door de vogels is een inschatting gemaakt met behulp van een vogeltelling in de Alde Feanen en Waterbirds. Hiervoor zijn de meest voorkomende soorten (>200 exemplaren) uit de vogeltelling gebruikt. De kuifeend is buiten beschouwing gelaten omdat dit niet in de soortenlijst van Waterbirds voorkomt. Voor de broedvogels is alleen gekeken naar lente en zomer. Voor de andere vogels is de belasting het hele jaar rond berekend. Dat resulteert in een belasting van 836 kg/j voor het hele gebied (Tabel 8). Deze totale belasting is op basis van oppervlakteverhouding opgedeeld tussen boezem en semi boezem.

Waternet heeft samen met NIOO en Witteveen+Bos gekeken naar de invloed van vogels op landelijk schaal. Zij stellen dat op landelijke schaal de gemiddelde P belasting van vogels op meren en rivieren 0,063 mgP/m<sup>2</sup>/dag is (Rip en Schep, 2010). Voor de Alde Feanen (boezem en semi boezem, 720ha) zou dat neerkomen op 165 kg/jaar. Dat is dus fors minder dan berekend jaarsom uit Tabel 8. Dit kan deels verklaard worden doordat het gebied waarvoor de vogeltelling gedaan is waarschijnlijk groter is dan het voor de balans gebruikte gebied. Misschien is de vogelstand in de Alde Feanen ook hoger dan het landelijk gemiddelde. Voor de balans zijn we uitgegaan van het berekende getal. Dit is 1,2% van de totale belasting.

We gaan er hierbij vanuit dat de belasting van buiten het systeem komt. Het zou ook kunnen dat een deel vanuit het systeem zelf komt (kringloop).

Tabel 8 Belasting door vogels in kg/jaar voor de hele Alde Feanen en opgesplitst naar boezem en semi boezem.

Seizoen	Vracht (kg/jaar)	Vracht voor boezem	Vracht voor semi boezem
Lente	364	195	169
Zomer	379	189	163
Herfst & winter	89	63	54
Jaarsom	832	447	386

### Semi boezem

Voor de semi boezem gedeelten zijn neerslag, verdamping, infiltratie en belasting door vogels bepaald op dezelfde manier als hierboven beschreven alleen uitgaande van het oppervlak van het semi boezem gedeelte (334 ha). Nalevering is ook als inpost meegenomen, zie §3.4. Voor het semi boezem deel zijn al deze punten opgeteld en onder één inpost en één uitpost bij elkaar gezet

### 3.3.4 RESULTATEN EN DISCUSSIE

In de vorige paragraaf zijn de methoden en uitgangspunten besproken die gebruikt zijn bij het opstellen van de stofbalans. In deze paragraaf bespreken we eerst de resultaten. Vervolgens gaan we in op de onzekerheden op de balans en de invloed hiervan. Tenslotte bespreken wij in de discussie wat de stofbalans ons vertelt over het watersysteem van de Alde Feanen

#### Resultaten

In Tabel 9 is de stofbalans voor fosfaat in de Alde Feanen weergegeven. De belangrijkste posten op de balans zijn inlaat 2 en uitlaat 1. Het valt op dat er meer fosfaat het systeem in komt dan er uit gaat. Dit resulteert in een grote sluitpost. De sluitpost is de verzamelterm voor de onbekende en niet beschouwde termen die zorgen voor verdwijning van P uit het systeem (bijvoorbeeld sedimentatie) die de balans kloppend moet maken.

Tabel 9 Stofbalans voor fosfaat in Alde Feanen.

In/uit	Posten	Vrachten (kg/jaar) Ptot	Belasting (g/m <sup>2</sup> ) Ptot	Aandeel bron (%) Ptot	Betrouw-baarheid
In	inlaat 1	1589	0,41	4,3	C
In	inlaat 2	18161	4,70	49,5	D
In	inlaat 3	2642	0,68	7,2	D
In	inlaat 4	7640	1,98	20,8	C
In	inlaat 5	3230	0,84	8,8	C
In	polder 112	135	0,03	0,4	C
In	polder 113	1855	0,48	5,1	C
In	semi boezem	578	0,15	1,6	D
In	neerslag	220	0,06	0,6	C
In	kwel	0	0,00	0,0	C
In	vogels	837	0,12	1,2	D
In	recreatievaart	149	0,04	0,4	C
In	binnenvaart	8,6	0,00	0,0	C
Uit	uitlaat 1	-26069	-6,75	-71,1	D
Uit	uitlaat 2	-255	-0,07	-0,7	D
Uit	uitlaat 3	-320	-0,08	-0,9	D
Uit	uitlaat 4	-839	-0,22	-2,3	D
Uit	uitlaat 5	-625	-0,16	-1,7	D
Uit	polder 112	-7	0,00	0,0	D
Uit	polder 113	-142	-0,04	-0,4	D
Uit	semi boezem	-93	-0,02	-0,3	D
Uit	infiltratie	-108	-0,03	-0,3	D
Uit	verdamping	0	0,00	0,0	A
Uit	sluitpost	-8200	-2,12	-22,4	-

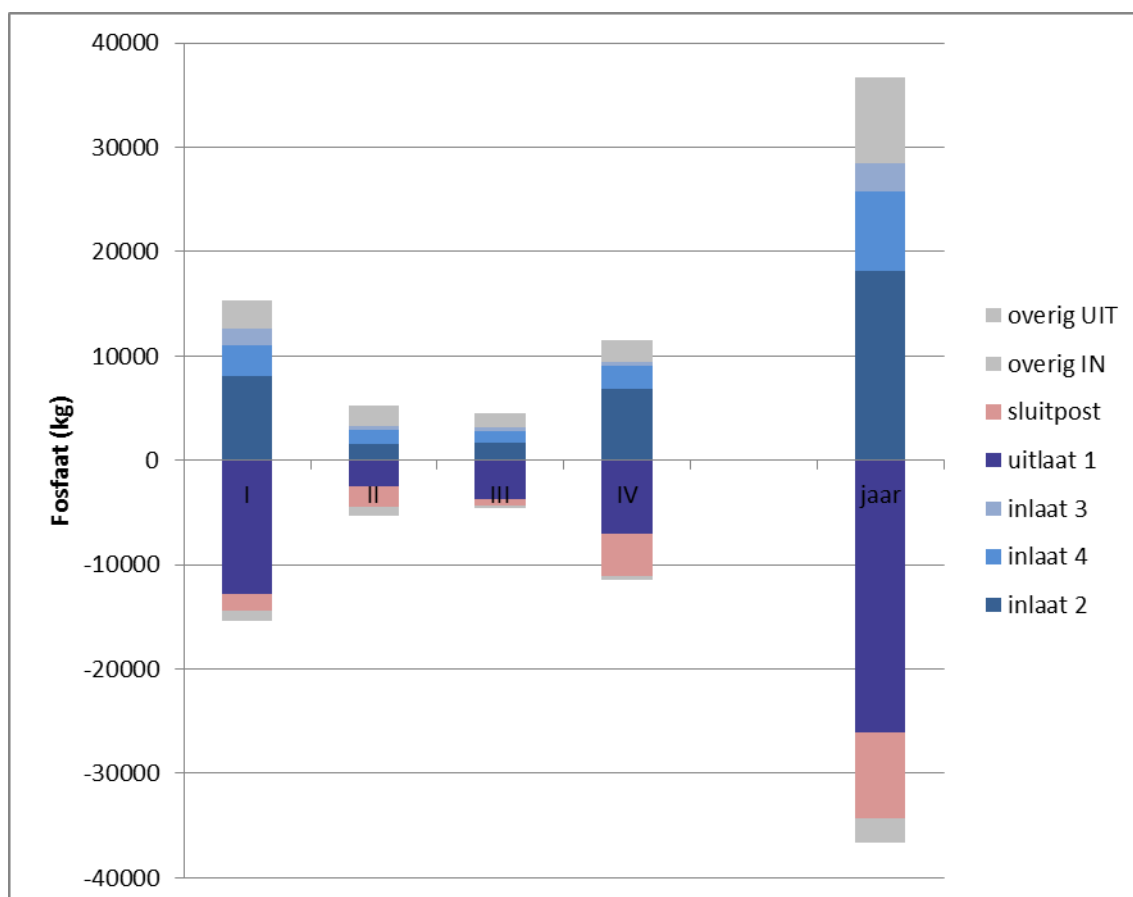
In de rechter kolom in bovenstaande tabel is de betrouwbaarheid aangegeven met een lettercodering. Bij de classificatie van de kwaliteit van de informatie is aangesloten bij de werkwijze die in de publicatiereeks Emissieregistratie wordt aangehouden [Van de Most, 1998]. Deze werkwijze is gebaseerd op de methodiek

van CORINAIR (CORe emission Inventories AIR). Hierbij worden de volgende kwaliteitsclassificaties aangehouden:

- A: een getal gebaseerd op een groot aantal metingen aan representatieve locaties;
- B: een getal gebaseerd op een aantal metingen aan een deel van de voor de sector representatieve locaties;
- C: een getal gebaseerd op een beperkt aantal metingen, aangevuld met schattingen op basis van de technische kennis van het proces;
- D: een getal gebaseerd op een gering aantal metingen, aangevuld met schattingen op basis van aannames;
- E: een getal gebaseerd op een technische berekening op basis van een aantal aannames.

### Verloop door het jaar

Het verloop van de fosfaatbalans volgt het verloop van de waterbalans. Het valt wel op dat in de fosfaatbalans de sluitpost veel groter is. Deze bestaat uit niet meegenomen posten en een eventuele fout. Posten die niet in de balans meegenomen zijn, zijn nalevering, veenaafbraak en sedimentatie. Omdat de sluitpost negatief is, is er waarschijnlijk netto sedimentatie in het systeem, maar het kan ook door een fout komen. Er zijn resultaten vanuit het Sobekmodel gebruikt voor de inlaatposten, maar niet voor uitlaat. Omdat het model meestal de P concentraties overschat, zou het dus kunnen dat er te veel fosfaat de balans inkomt.



Figuur 14 Fosfaatbalans Alde Feanen

### 3.4 INTERNE EN EXTERNE BELASTING

Met het opstellen van de fosfaatbalans is in beeld gebracht hoe groot de externe fosfaatbelasting van het watersysteem is. Voor een watersysteem is het heel bepalend waar het fosfaat vandaan komt. Hierbij wordt de volgende onderverdeling gemaakt:

- Interne belasting: de belasting vanuit de waterbodem
- Externe belasting: de belasting die van buiten het systeem komt. Dit is bijvoorbeeld de belasting vanuit wateraanvoer, lozingen, en vogels.

#### *Interne belasting*

De nalevering van fosfaat uit de waterbodem is bepaald aan de hand van naleveringsexperimenten binnen het project BaggerNut, uitgevoerd door de Radboud Universiteit Nijmegen. Op basis van de uitkomsten van deze experimenten blijkt de nalevering  $5 \text{ mgP/m}^2/\text{dag}$ . Dit komt neer op een interne belasting van  $1,8 \text{ gP/m}^2/\text{jaar}$ . De interne belasting is klein ten opzichte van de externe belasting, maar voor nalevering is het wel een hoge waarde.

#### *Externe belasting*

De externe belasting is de belasting die van buiten het systeem komt. Dit betekent alle bronnen op de fosfaatbalans behalve nalevering. In Tabel 9 is te zien dat vooral de inlaat belangrijk is. De (totale) externe belasting is circa vijf keer groter dan de interne belasting.

De externe belasting is  $9,49 \text{ gP/m}^2/\text{jaar}$ . Op basis van het wateroppervlak van de Friese Boezem binnen de Alde Feanen waar de balans op gebaseerd is.

Voor de systemen die aanvullend met de bodemdiagnosetool geanalyseerd zijn, is informatie over de in- en externe belasting te zien in de figuren in het betreffende hoofdstuk (Figuur 27 en Figuur 32).

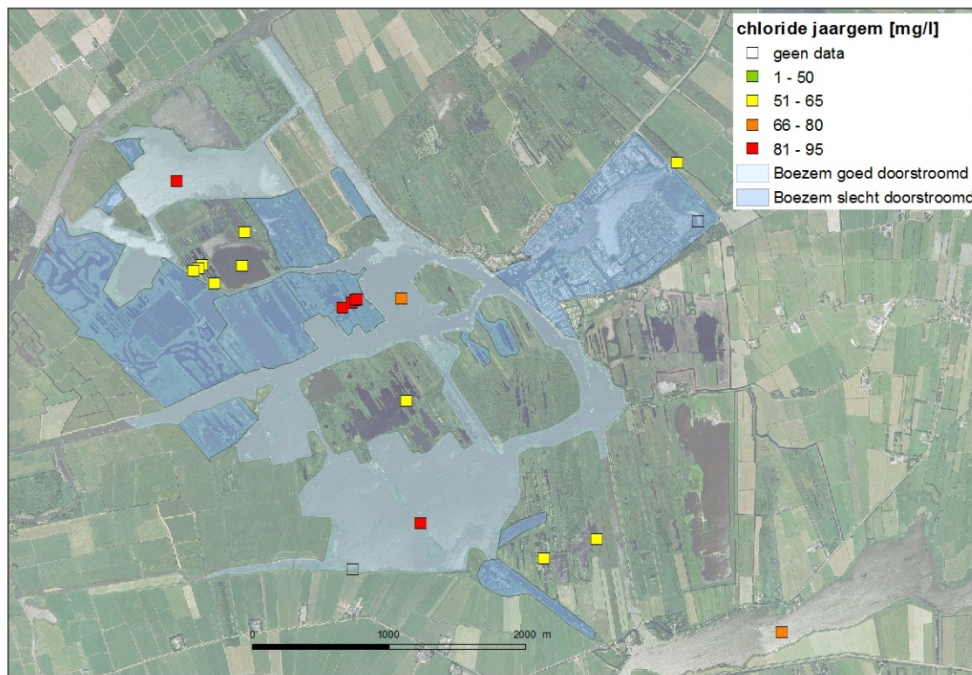
### 3.5 WATERKWALITEITSBELDEN

Voor de balansen is het boezem gedeelte van de Alde Feanen bekeken. Omdat de verwachting is dat er als gevolg van de verschillen in doorstroming en de uiteenlopende verblijftijden (zie §2.1.2) verschillen op zullen treden in de waterkwaliteit, bekijken we in deze paragraaf de verschillen in het gebied aan de hand van waterkwaliteitsmetingen van het waterschap.

#### *Chloride*

De Alde Feanen hoort voor een deel bij de Friese Boezem. In de waterkwaliteit is dit terug te zien in de chloride gehalten. In Figuur 15 is te zien dat op locaties met water wat niet bij de Friese Boezem ligt de concentraties chloride onder de  $65 \text{ mg/l}$  liggen. Op de locaties in de Friese Boezem liggen de concentraties boven de  $65 \text{ mg/l}$ .

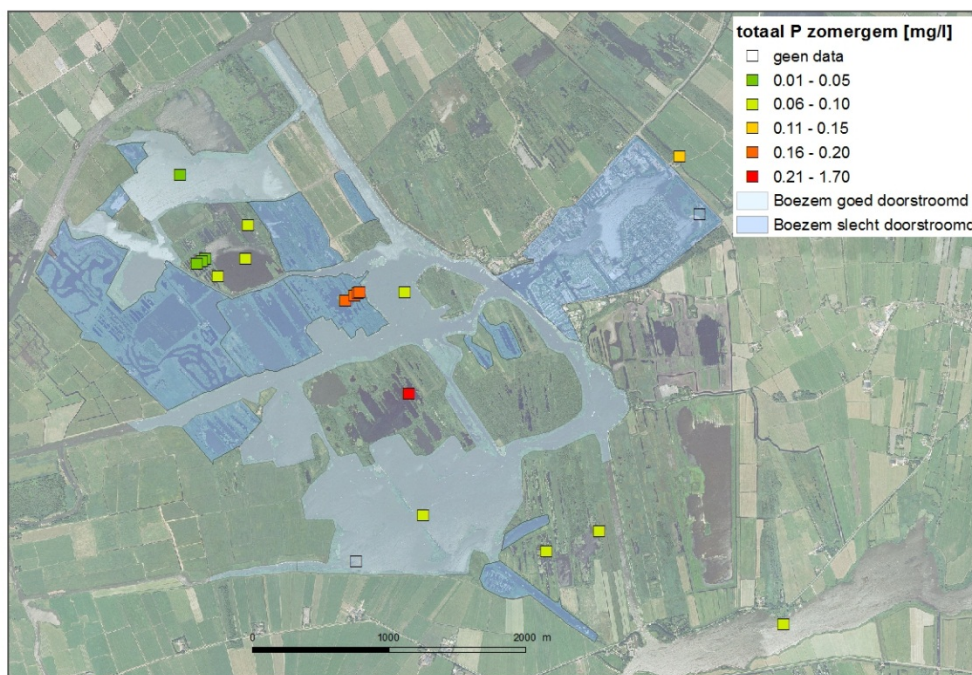




Figuur 15 Chloride concentraties (mg/l)

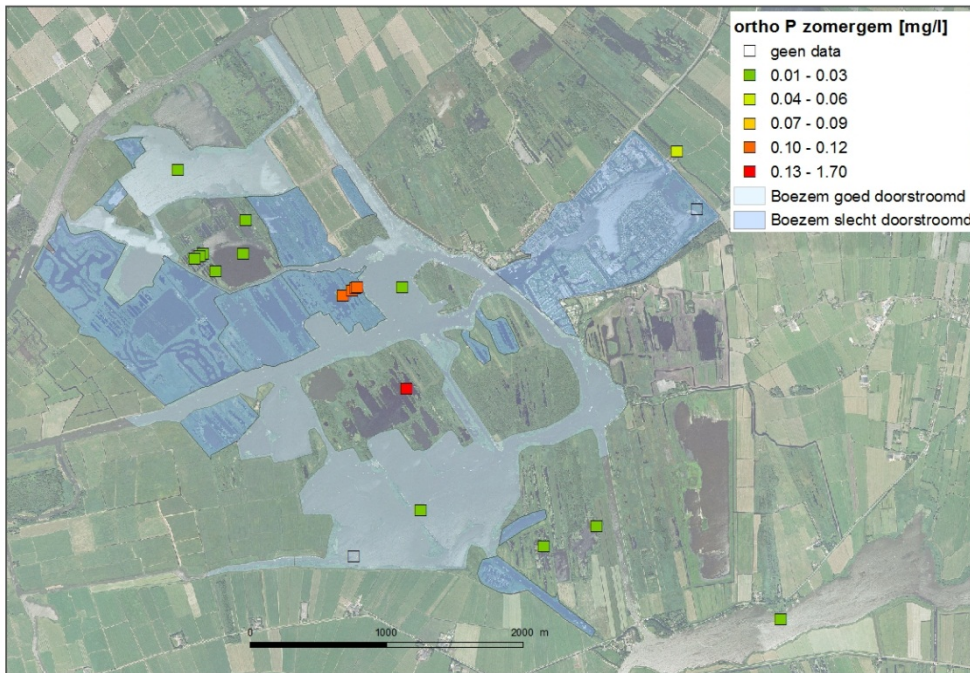
### Fosfaat

De fosfaatconcentraties in de Alde Feanen verschillen sterk (zie Figuur 16). De zomergemiddelde concentraties totaal fosfaat lopen uiteen van onder de 0,05 mgP/l tot de hoge waarden van 1,70 mgP/l voor locatie Princehof (meetpunt 213). Deze locatie ligt in een afgesloten deel van de Alde Feanen. Het fosfaat bestaat hier voor een groot deel uit orthofosfaat; met een zomergemiddelde van 1,35 mgP-PO<sub>4</sub>/l. Mogelijk is hier sprake van mobilisatie of nalevering vanuit de veenondergrond.



Figuur 16 Zomergemiddelde concentraties Totaal-fosfaat (mg/l)

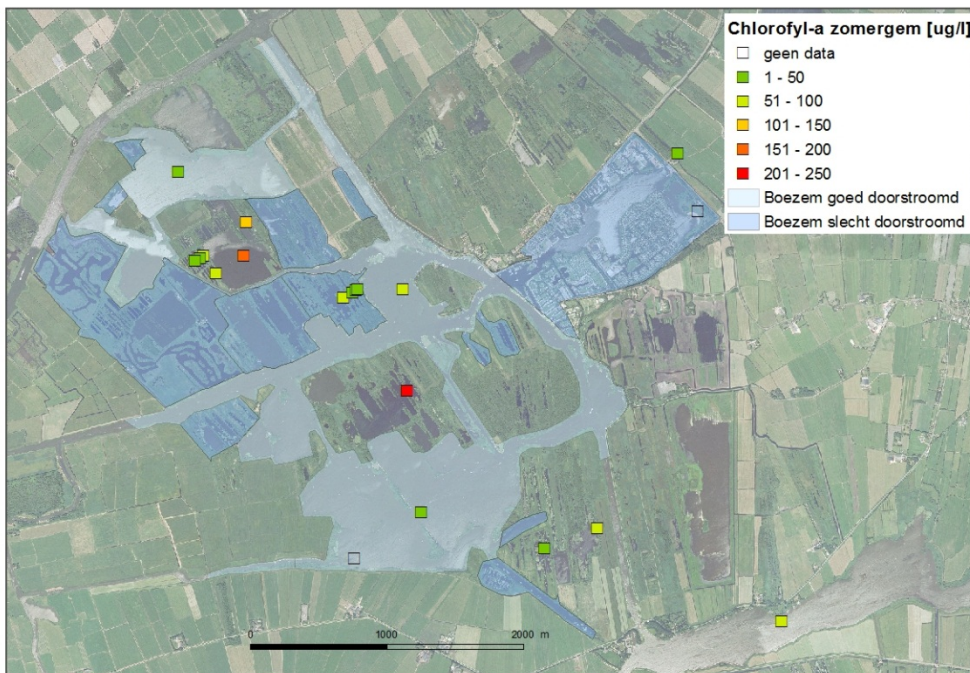




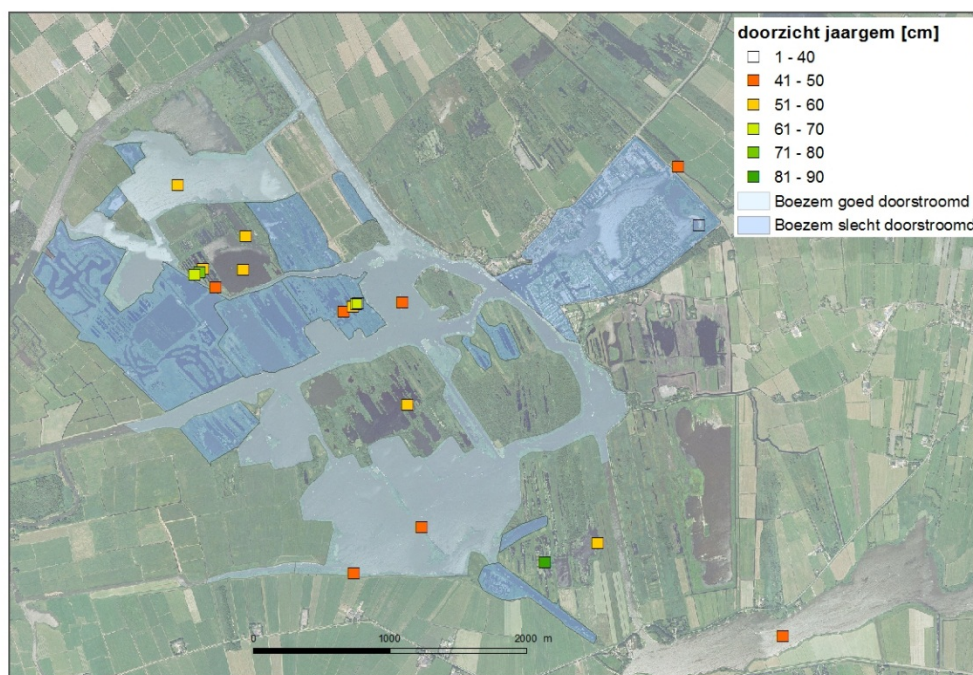
Figuur 17 Zomergemiddelde concentraties orthofosfaat (mg/l).

### Chlorofyl-a

Chlorofyl-a geeft een beeld van de ontwikkeling van algen in het water. Hoge concentraties chlorofyl-a zijn een slecht teken voor de waterkwaliteit. Prinçehof (meetpunt 213) heeft hoge concentraties chlorofyl-a, en op dit punt zijn ook hoge fosfaatwaarden aangetroffen (zie Figuur 18). Dit duidt erop dat er op deze locatie problemen spelen met eutrofiering en waterkwaliteit.



Figuur 18 Zomergemiddelde concentraties chlorofyl-a (ug/l)



Figuur 19 Gemiddeld doorzicht (cm).

### *Doorzicht*

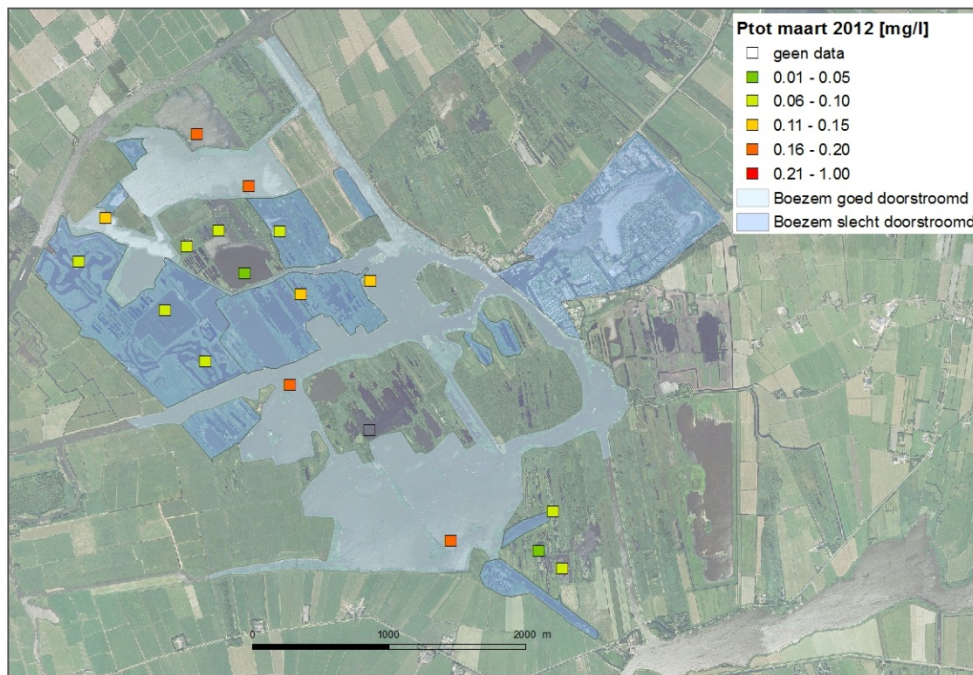
De doelstelling voor het doorzicht in Alde Feanen is een doorzicht van 65 cm. In Figuur 19 is te zien dat op de meeste locaties deze doelstelling niet gehaald wordt. Op locaties die onderdeel uitmaken van de Friese Boezem is het doorzicht in de meeste gevallen slechter dan in de geïsoleerde delen van het watersysteem; vaak minder dan 45 cm. Locatie Princehof (meetpunt 213) heeft erg hoge concentraties fosfaat en ook het chlorofylgehalte is hier hoog. Het (gemiddelde) doorzicht is hier 55 cm en daarmee is het niet een van de slechtste locaties voor doorzicht. Echter, wanneer we kijken naar het verloop door het jaar heen, zien we in augustus en september dat het doorzicht snel afneemt en slechts 15 cm is. Dit valt samen met de piek in chlorofyl-a. Dit duidt op een algenbloeiperiode.

Doorzicht wordt bepaald door verschillende factoren: algen (chlorofyl, humuszuren en zwevend stof). Door Figuur 18 en Figuur 19 naast elkaar te bekijken, wordt de oorzaak van beperkt doorzicht (deels) inzichtelijk. In het centrale deel van de Alde Feanen, bij het Zandmeer, is het doorzicht laag, maar zijn geen hoge chlorofylconcentraties waargenomen. Dit geldt voor de meeste meetlocaties in de Friese Boezem binnen de Alde Feanen.

### *Waterbodemonderzoek 2012*

Voorjaar 2012 is er een onderzoek uitgevoerd naar de waterkwaliteit en waterbodem in de Alde Feanen. Hierin wordt ook uitgebreid ingegaan op de verschillen tussen boezem, semi-boezem en geïsoleerde delen. Niet alleen in de ruimtelijke spreiding van concentraties, maar ook de variatie van de concentraties in de tijd in de verschillende delen. Uitgebreide informatie hierover is te vinden in het bijbehorende rapport (Arcadis, 2012). Hieronder wel één plaatje van de totaal fosfaat in het water. Hier is duidelijk te zien dat de concentraties in de boezemwateren in de winter hoger ligt dan in de geïsoleerde delen en de semi-boezem. Analyse van waterkwaliteitsreeksen leert dat dit in de zomer niet het geval is (Arcadis, 2012).





Figuur 20 Totaal fosfaat in oppervlaktewater gemeten in maart 2012 (mg/l).



# 4

## Slibdiagnose

### 4.1 INLEDING

In de Alde Feanen is op drie locaties een slibdiagnose uitgevoerd.

- Het goed doorstroomde boezemgedeelte.
- De geïsoleerde plas Izakswiid en
- Het deels doorstroomde petgat 8-mêd-IJverlân

De locaties zijn aangegeven in Figuur 21. In het vervolg van dit hoofdstuk worden deze locaties in deze volgorde besproken elk in een eigen paragraaf.

De verblijftijden in de systemen zijn heel verschillend. In de boezem liggen ze rond 9,5 dag. De geïsoleerde plas Izakswiid heeft een verblijftijd van ongeveer 1,5 jaar en voor de petgaten 8-mêd-IJverlân is een verblijftijd aangenomen van twee keer die van de boezem. De waterbalans is zodanig gemaakt dat de aan en afvoer van en naar de boezem zo groot zijn dat de verblijftijd 20 dagen is.



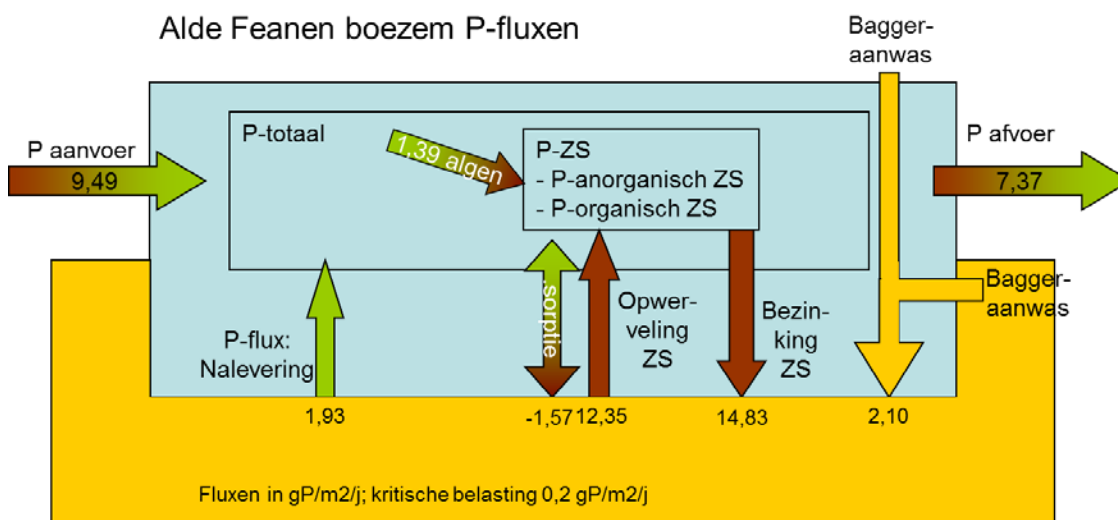
Figuur 21 Locaties slibdiagnose

## 4.2 BOEZEM

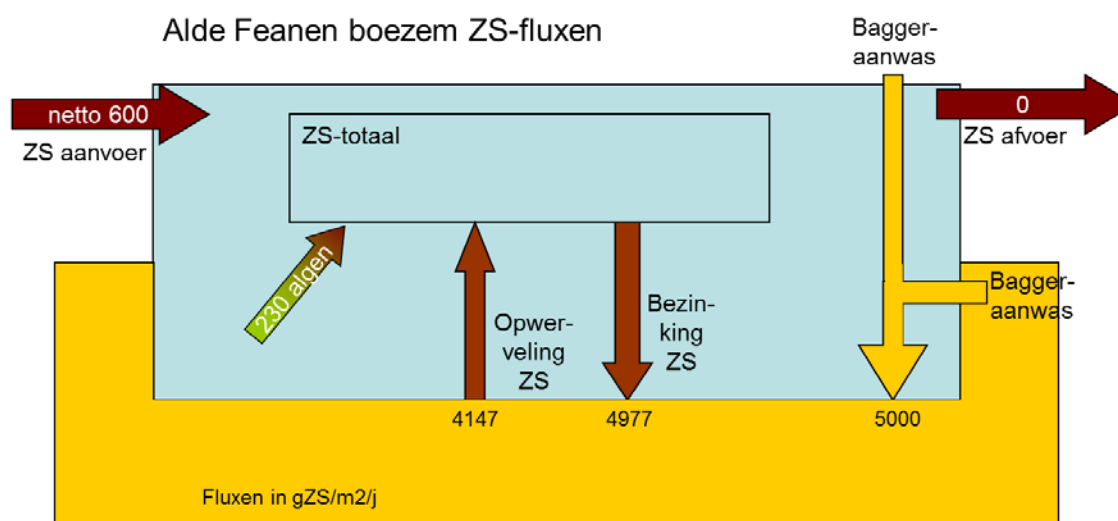
De sluitpost op de eerder opgestelde waterbalans van het boezemsysteem is zo klein, dat deze één op één overgenomen kan worden in de slibdiagnose. Het complete overzicht van invoergegevens en resultaten is te vinden in Bijlage 4. Meer informatie over de bodemdiagnose tool is te vinden in en Osté en Van de Weerd (2012 I en II).

Uitvoering van de bodemdiagnose levert voor de Alde Feanen het P-flux plaatje dat te zien is in Figuur 22. Figuur 23 laat de zwevendstof fluxen zien. Omdat geen zwevendstof balans opgesteld is, is alleen de netto aanvoer weergegeven en is de afvoer 0. Wat verder opvalt is dat de baggeraanwas als gevolg van afkalving een belangrijke post is. Kanttekening hierbij is dat deze post aangenomen is. Het kan dus goed dat de baggeraanwas in werkelijkheid groter of kleiner is.

Er is voor het systeem geen zwevend stof balans opgesteld, maar we gaan er vanuit dat in de boezem sedimentatie optreedt. Daarom nemen we aan dat er meer zwevend stof aangevoerd dan afgevoerd wordt. Hiervoor hebben we een netto aanvoer van 600 g ZS/m<sup>2</sup>/jaar aangenomen.



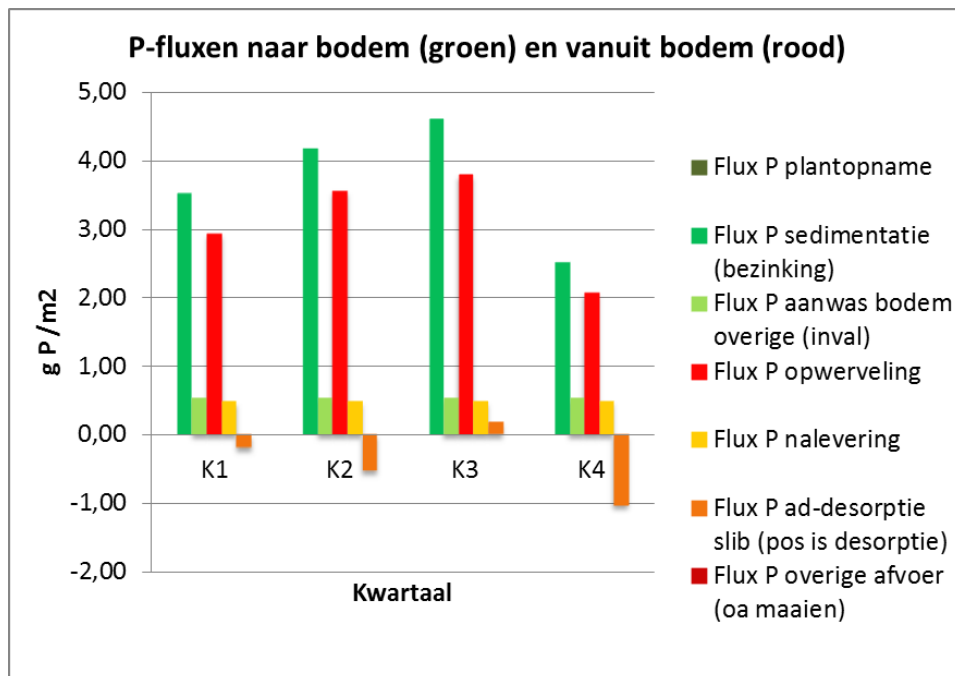
Figuur 22 P-fluxen in g P/m<sup>2</sup>/jaar in de Alde Feanen, boezem locatie.



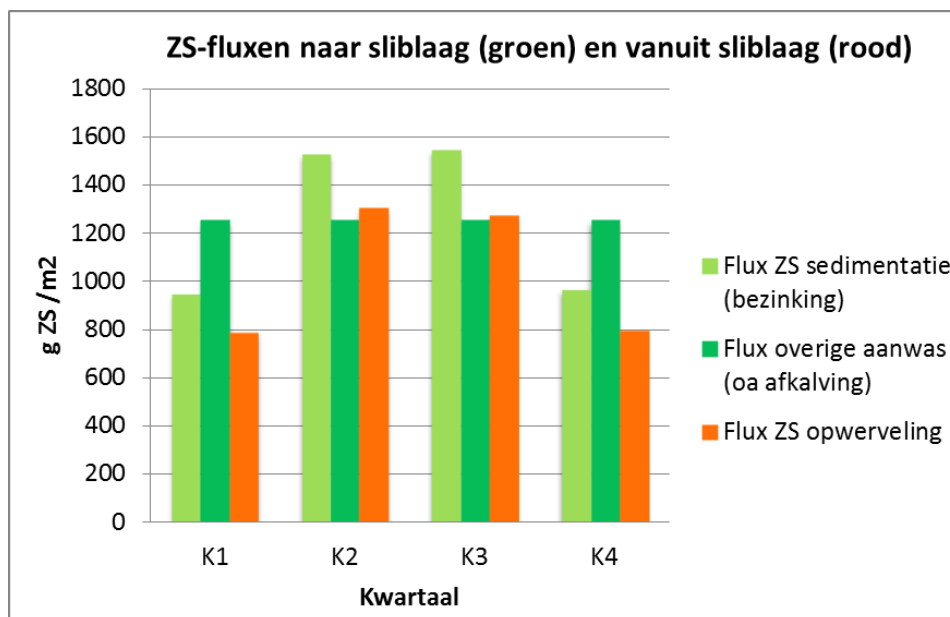
Figuur 23 Zwevendstof fluxen in g ZS/ m<sup>2</sup>/jaar in de Alde Feanen, boezem locatie.

Uit de flux-figures blijkt dat er netto ophoping van fosfor en zwevend stof optreedt als gevolg van bezinking. Vanwege de aangenomen baggeraanwas, leidt dit toch tot een afname van de bodemconcentratie door de jaren heen. (zie Bijlage 4). De externe belasting van het systeem ligt ruim boven de kritische belasting. De nalevering vanuit de bodem wordt niet alleen gestuurd door nalevering als gevolg van diffusie (de naleveringspijl). Beroering gevolgd door adsorptie/desorptie is ook mede verantwoordelijk voor een groot deel van de bodem-water uitwisseling. Deze termen samen resulteren in een nalevering van 0,36 g P/m<sup>2</sup>/j op jaarbasis. In de winter (vooral K4) berekenen we accumulatie en in de zomer nalevering (vooral K3) (zie Figuur 24)

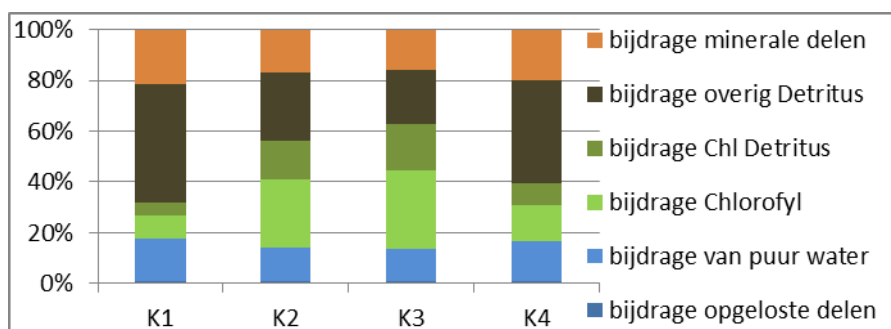
In Figuur 24 en Figuur 25 zijn de fluxen in een grafiek per kwartaal weergegeven en Figuur 26 laat de bijdrage van de verschillende componenten aan de lichtuitdoving zien. Het berekende zomergemiddelde doorzicht (0,46m) komt vrij goed overeen met de gemeten waarden (0,41m). In de zomer leveren algen en chlorofyl de belangrijkste bijdrage aan het verminderen van het doorzicht. In de winter is dat voornamelijk overig zwevend stof.



Figuur 24 P-fluxen naar en vanuit de bodem in de Alde Feanen, boezem locatie (gP/ m<sup>2</sup>/kwartaal).



Figuur 25 ZS-fluxen naar en vanuit de sliblaag in de Alde Feanen, boezem locatie (gZS/ m²/kwartaal).



Figuur 26 Bijdrage van de verschillende componenten aan de lichtuitdoving (Alde Feanen, boezem locatie).

Maatregelen die vanuit de bodemdiagnose aangeraden worden voor dit systeem zijn:

- Opwerveling beperkende maatregelen;
- Baggeren; vanwege de dikke sliblaag heeft baggeren vooral effect wanneer ook de waterbodem afgedekt wordt.
- Contact waterbodem en oppervlaktewater afsnijden (evt. in combinatie met baggeren)
- Externe belasting omlaag, dit betekent aanpak van de hele boezem
- Vergroten P-bindingscapaciteit

We verwachten dat opwerveling beperkende maatregelen het meeste effect zullen hebben. Omdat opwerveling deels het doorzicht bepaalt en daarnaast zorgt voor het makkelijker beschikbaar komen van P uit de waterbodem. Baggeren kan hier invloed op hebben. In boezem is het effect naar verwachting niet heel groot omdat de externe aanvoer hier blijft. Maatregelen als afdekken en P binding zijn in boezem ook moeilijk te realiseren net als visbeheer. Deze maatregelen moet niet zomaar genomen worden maar eventueel alleen goed overdacht

Omdat baggeren een maatregel is die Provincie Friesland in Het Friese Merenproject in dit systeem wil gaan uitvoeren vanwege de vaardiepte, stellen we voor om deze ingreep in de bodemdiagnose in te voeren. Wat er in de bodemdiagnose ingevoerd moet worden, hangt af van de diepte die je wil baggeren.



Voor de bodemeigenschappen in de huidige situatie zijn de gegevens van 0-10 cm diepte uit Tabel 10 ingevoerd. Voor de bodem onder de sliblaag zijn de gegevens van 30-60 cm gebruikt. Wanneer de uitgegaan wordt van een gemiddelde baggerdikte van een halve meter zou je in de nieuwe situatie de gegevens van 30-60 cm kunnen gebruiken. Omdat er bij baggeren altijd nog oud slib blijft liggen, wordt geadviseerd om bij het invoeren 20% van de oude waarden plus 80% van de nieuwe waarde gebruiken (Osté & Van de Weerd, 2012 II).

Diepte	P <sub>sed</sub>	F <sub>sed</sub>	P <sub>bodemvocht</sub>	P:Fe ratio	Aantal locaties
[cm]	[gP/kg ds]	[gFe/kg ds]	[mgP/l]	[-]	[-]
0-10	2,14	30	6,0	0,071	5
30-60	1,5	31,8	4,5*	0,046	5
95-105	1,1	18	2,9	0,061	1

\*Bodemvocht is niet gemeten op 30-60cm, daarom hier de waarde genomen van de locatie die het meest vergelijkbaar was wat betreft P in het sediment.

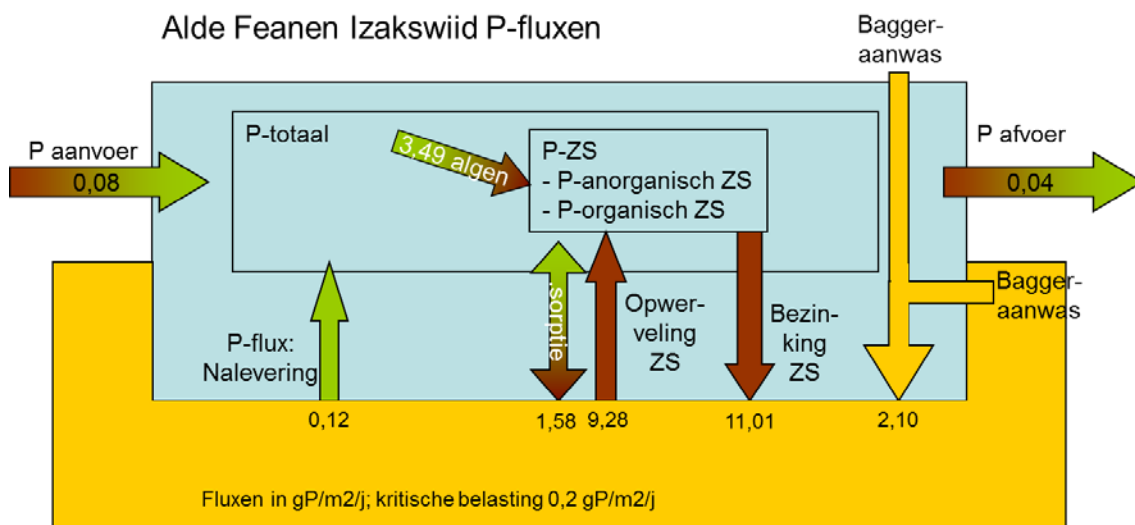
Tabel 10 Meetgegevens vanuit het bodemonderzoek in de Alde Feanen voorjaar 2012. Dit zijn de gemiddelde van de boezemlocaties.

Het effect van baggeren zoals berekend met de bodemdiagnosetool na invoering van de , is een verlaging van de zomergemiddelde totaal-P concentratie van 0,070 naar 0,057 mgP/l. Dit is vooral een effect van verlaging van de nalevering door vermindering van de concentratie P in bodemvocht.

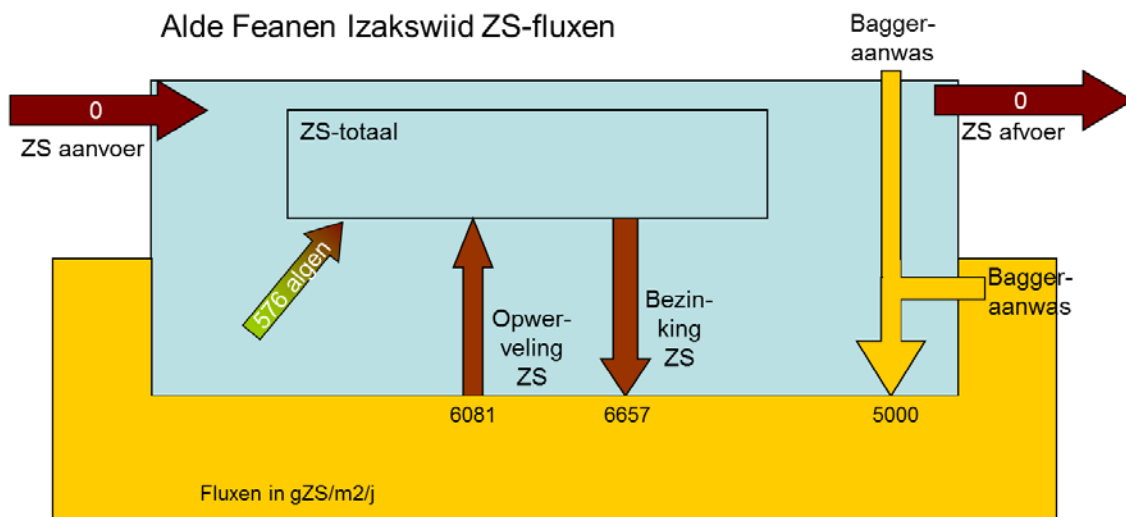
### 4.3 IZAKSWIID

Om de balansen voor Izakswiid op te stellen is uitgegaan van een oppervlakte van 151.400 m<sup>2</sup>. En de neerslag, verdamping en gemiddelde infiltratieflux zoals ook gebruikt voor de boezem (zie §3.2.3). Daarnaast is op de waterbalans een post bergingsverandering opgenomen zodat aan het einde van de winter het peil 5 cm hoger staat en aan het einde van de zomer 5 cm lager dan gemiddeld. Er is vanuit gegaan dat de restterm bestaat uit water dat diffuus vanuit of naar de boezem stroomt. Aan het water wat het Izakswiid verlaat (excl. verdamping) is de kwaliteit toegekend van het meetpunt in het Izakswiid (214). Voor het inkomende water vanuit de boezem is het gemiddelde genomen van meetpunten 56 en 51 (zie Figuur 13). In Bijlage 5 worden de invoergegevens en de complete resultaten van de slibdiagnose gegeven.

In Figuur 27 staan de jaarlijkse P-fluxen voor Izakswiid. Omdat het een geïsoleerde locatie betreft is er vrijwel geen aan en afvoer van fosfor. Opwerveling en sedimentatie zijn belangrijke processen in dit meer. Dit geldt ook voor de ZS-fluxen (Figuur 28). In Izakswiid ligt de externe belasting onder de kritische belasting. Dit betekent dat dit systeem potentieel om kan slaan naar een helder plantenrijk systeem. Als gevolg van interne belasting kan de belasting in dit systeem mogelijk nog te hoog uitvallen. Hierbij kan ook desorptie een belangrijke rol spelen. Beroering zorgt er voor dat bodemdeeltjes omgeven door een laagje bodemvocht gemengd worden met het bovenstaande water. Gevolgd door desorptie. De grootte van de post die hier berekend is, is onzeker. Ook is de baggeraanwas als gevolg van afkalving belangrijke flux.



Figuur 27 P-fluxen in g P/ m<sup>2</sup>/jaar in de Alde Feanen, geïsoleerde plas Izakswiid.



Figuur 28 ZS-fluxen in g ZS/ m<sup>2</sup>/jaar in de Alde Feanen geïsoleerde plas Izakswiid.

In Figuur 29 en Figuur 30 zijn de fluxen per kwartaal weergegeven. In Figuur 30 is er in het derde kwartaal een vrij groot verschil tussen opwerveling en sedimentatie. Dit wordt veroorzaakt door detritusproductie. De chlorofyl gehalten in Izakswiid lopen sterk uiteen (zie Bijlage 5) tot 300ug/l in het derde kwartaal. In Figuur 29 wordt het verschil in P-flux vooral bepaald door het P gehalte van het zwevendstof als gevolg van detritusproductie. Het verschil is dus het grootste in het derde kwartaal. De bezinksnelheid levert ook een verschil op in de P-fluxen. Deze is in de winter en zomer verschillend gekozen vanwege veronderstelde verschillen in zwevend stof samenstelling (winter: 0,5 en zomer 0,8 m/s). Figuur 31 laat de bijdrage van de verschillende componenten aan de lichtuitdoving zien. Opvallend is dat er in het derde kwartaal een grote bijdrage geleverd wordt door algen detritus en chlorofyl. Dit is het gevolg van algenbloei. De rest van het jaar is overig zwevend stof de belangrijkste factor. Het berekende doorzicht verschilt hier sterk van de gemeten waarde. Berekend wordt 0,44-0,17m en gemeten 0,97-0,27m.

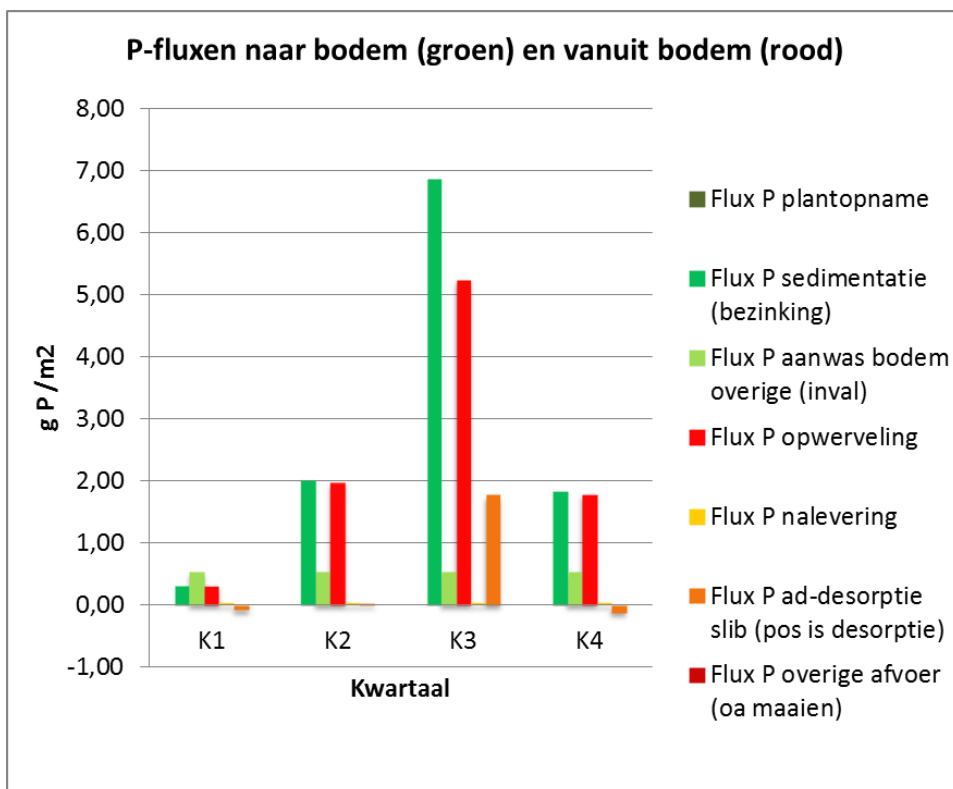
Maatregelen die vanuit de bodemdiagnose voorgesteld worden om in dit systeem te nemen zijn:

- Baggeren; vanwege de dikke sliblaag heeft baggeren alleen effect wanneer ook de waterbodem afgedekt wordt.
- Contact waterbodem en oppervlaktewater afsnijden (evt. in combinatie met baggeren)
- Opwerveling beperkende maatregelen;
- Vergroten P-bindingscapaciteit

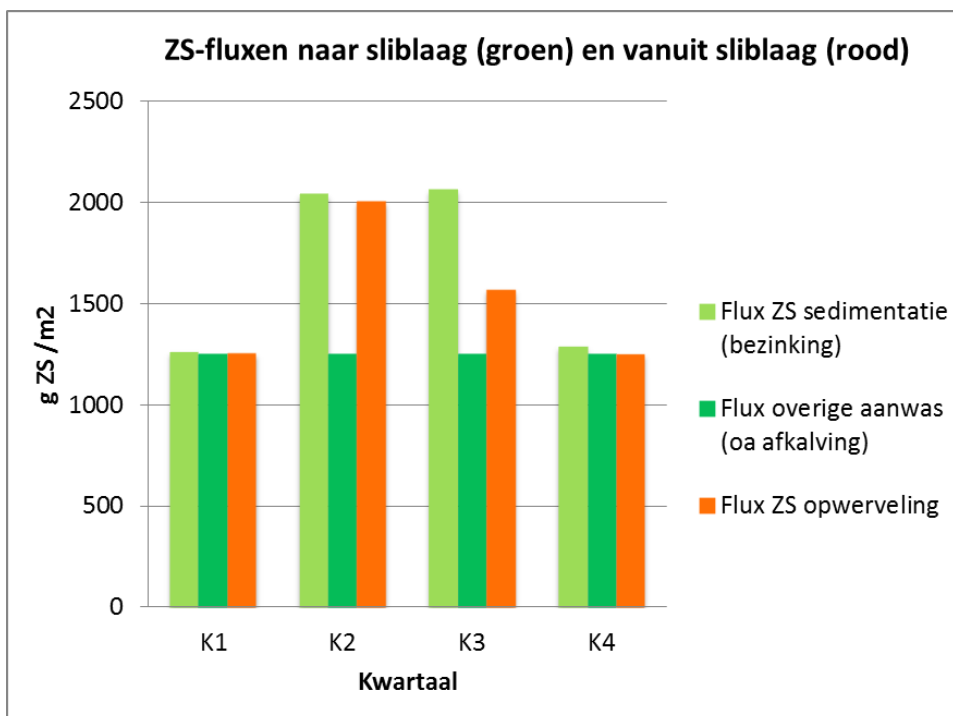
Omdat de externe belasting in Izakswiid laag is en het aandeel van de bodem groot, is de verwachting dat het effect van baggeren groter is dan in de boezem. Opwerveling beperkende maatregelen zullen hier ook effectief zijn.

Een maatregel die niet in de diagnose voorkomt, maar welke wel door het waterschap wordt overwogen, is het in verbinding stellen van Izakswiid met de boezem. In Izakswiid is de externe belasting zo laag dat de potentie van het systeem groot is, maar door de grote verblijftijden neemt de invloed van de bodem sterk toe. Zonder doorstroming treedt in dit systeem gemakkelijker algenbloei op en lijkt de waterbodem het benodigde P hiervoor moeiteloos te leveren. Wanneer er meer doorstroomd wordt, wordt de externe belasting een stuk hoger, maar zal de kans op extreme algenbloei mogelijk wel verminderen, wat gunstig uit kan werken voor het voorkomen van waterplanten.

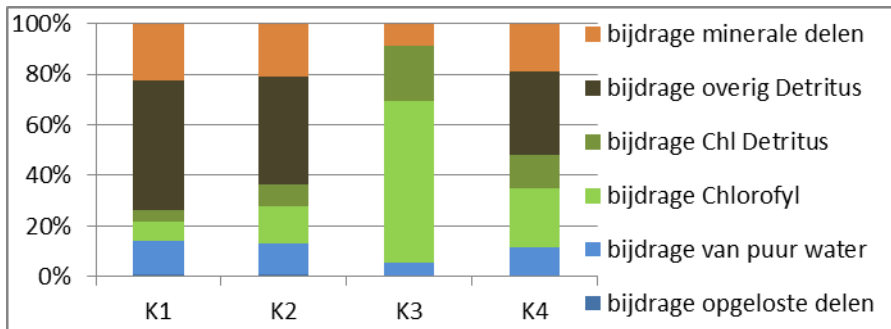
Er zijn indicatieve berekeningen uitgevoerd voor verschillende scenario's m.b.t. openstelling (zie Bijlage 3). Hieruit blijkt openstellen van de geïsoleerde delen niet zonder meer wenselijk is. Vanwege een toename van de externe belasting en de slechtere waterkwaliteit in de boezem in de winter zal er goed nagedacht moeten worden over hoe deze maatregel door te voeren. De indicatieve berekeningen laten zien dat openstellen voor Izakswiid een positief effect heeft op de zomergemiddelde concentratie van P. De externe belasting neemt echter wel toe. Wanneer de waterkwaliteit in een petgat door interne mobilisatie of inspoeling van P een slechtere waterkwaliteit heeft dan het boezemwater, is opening mogelijk een goede optie. Mogelijk kan ook gekozen worden voor gedeeltelijk afsluiten. 's Zomers open en 's winters dicht.



Figuur 29 P-fluxen naar en vanuit de bodem in de Alde Feanen, geïsoleerde plas Izakswiid (gP/ m²/kwartaal).



Figuur 30 ZS-fluxen naar en vanuit de sliblaag in de Alde Feanen, geïsoleerde plas Izakswiid (gZS/ m²/kwartaal).



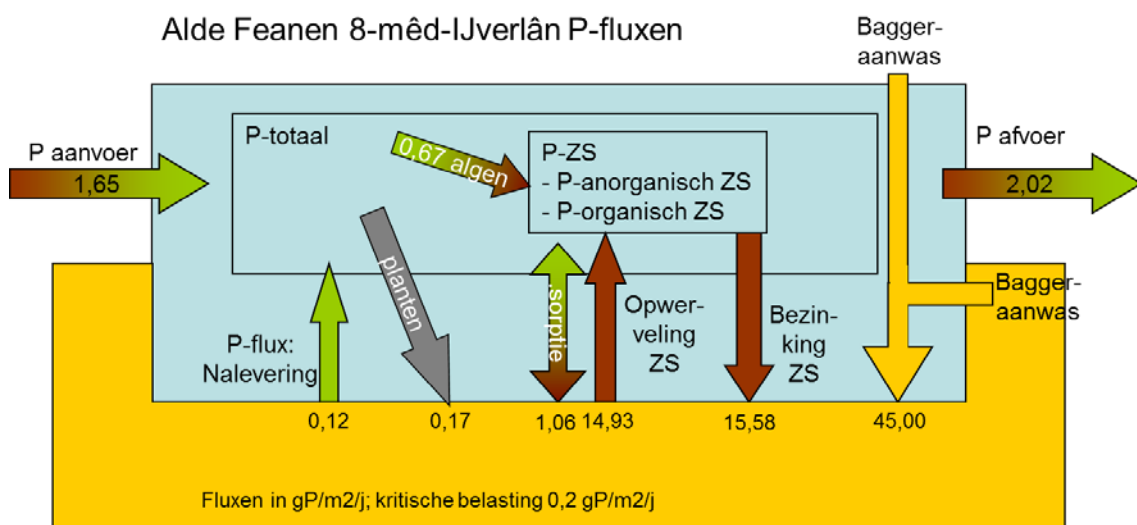
Figuur 31 Bijdrage van de verschillende componenten aan de lichtuitdoving (Alde Feanen, Izakswiid).

#### 4.4 8-MÊD-IJVERLÂN

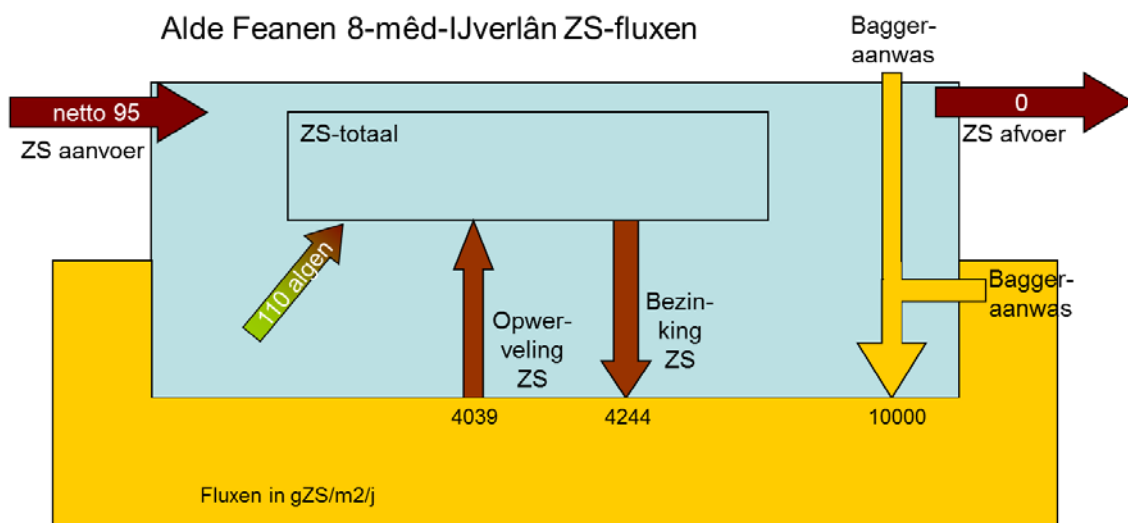
Het opstellen van de balans voor 8-mêd-IJverlân is hetzelfde gegaan als voor Izakswiid, maar omdat er open contact is met de boezem treedt hier geen bergingsverandering op. Aangenomen is dat de doorstroming zodanig groot is, dat de verblijftijd in de petgaten twee maal zo groot is als in de boezem. Voor de waterkwaliteit van het inkomen water is uitgegaan van meetpunt 51 en voor het uitgaan de water in de zomer van meetpunt 407 (zie Figuur 13). Omdat voor 8-mêd-IJverlân geen winterwaarden beschikbaar zijn, is voor de winterwaarden meetpunt 406 gebruikt. De balansen die dit oplevert zijn te zien in Bijlage 6. Hier worden de invoergegevens en de complete resultaten van de slibdiagnose gegeven.

In Figuur 32 staan de jaarlijkse P-fluxen voor 8-mêd-IJverlân. De baggeraanwas is de belangrijkste aanvoerpost voor fosfaat naar de bodem. De grootte van deze post is aangenomen op basis van de grote platengroei in 8-mêd-IJverlân en de dikke sliblaag. Opwerveling en sedimentatie zijn daarna de belangrijke processen. Dit geldt ook voor de ZS-fluxen (Figuur 33). De naleveringsflux is zodanig klein dat deze geen relevante fosforbron is voor dit systeem.

De externe belasting is in dit systeem veel groter dan de kritische belasting. Maar er geldt bij deze aannames ook dat er meer afvoer dan aanvoer van fosfor is. De netto bezinking en de plantopname in het systeem worden opgeheven door de bodemfluxen. De plantopname flux in het plaatje is alleen de flux van het water naar de planten toe. De plantopname vanuit de bodem is vele malen groter. Deze is echter niet in de figuur te zien omdat de planten in de Bodemdiagnose onderdeel uitmaken van de bodem.



Figuur 32 P-fluxen in g P/ m<sup>2</sup>/jaar in de Alde Feanen, petgat 8-mêd-IJverlân.



Figuur 33 ZS-fluxen in g ZS/ m<sup>2</sup>/jaar in de Alde Feanen, petgat 8-mêd-IJverlân.

In 8-mêd-IJverlân is de detritusproductie en de opname van P in zwevend stof het minste in vergelijking met de andere beschouwde systemen in de Alde Feanen.

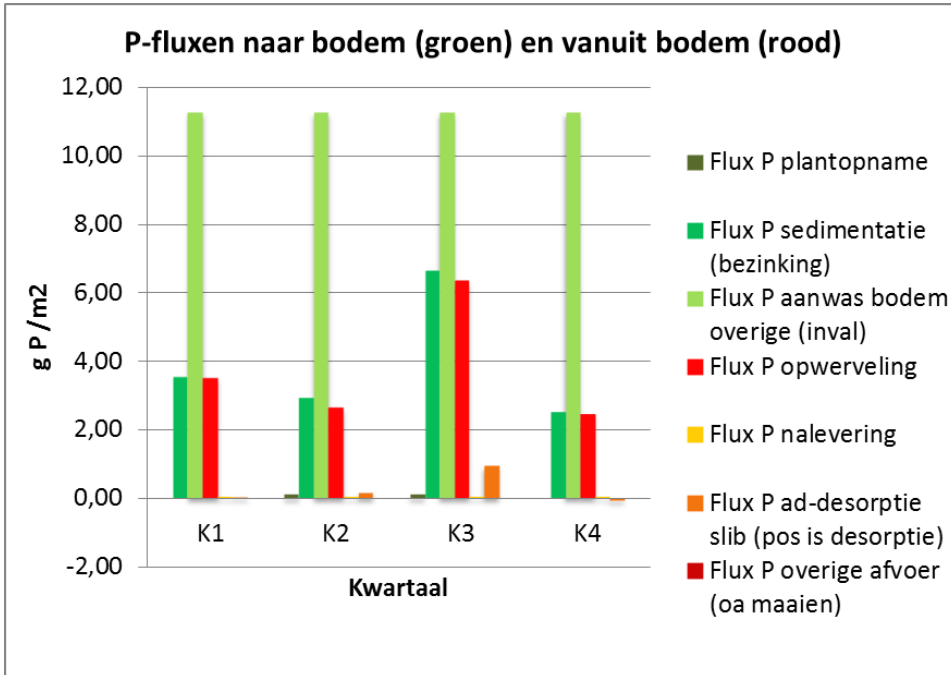
Figuur 34 en Figuur 35 zijn de fluxen in een grafiek per kwartaal weergegeven. De fluxen zijn steeds vrij goed in evenwicht. Wel valt op dat de “overige aanwas” in beide figuren een grote post is. Dat is het gevolg van de eerder benoemde plantengroei. Figuur 36 laat zien hoeveel de verschillende componenten bijdragen aan de lichtuitdoving. In de zomer zijn chlorofyl en chlorofyl detritus de belangrijkste uitdovende componenten. In de winter is het overige zwevend stof (mineraal en detritus) het belangrijkste.

Maatregelen die in vanuit de bodemdiagnose voor dit systeem voorgesteld worden zijn:

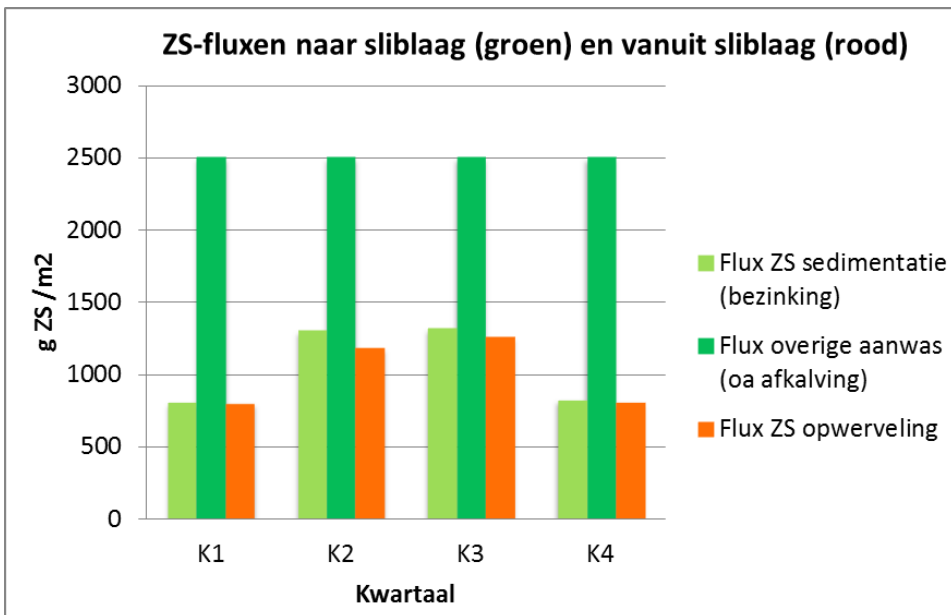
- Opwerveling beperkende maatregelen;
- Externe belasting omlaag.

Deze maatregelen zouden tot uiting kunnen komen wanneer de verbinding met de boezem vermindert of opgeheven wordt. Uit indicatieve berekeningen voor Izakswiid waarmee het effect bekeken is van meer of minder doorstroming vanuit de boezem (zie Bijlage 3). Blijkt dat vergroten van de doorstroming lagere gemiddelde zomerconcentraties oplevert en verminderen van de doorstroming levert hogere concentraties op. Het lijkt erop dat een keuze gemaakt moet worden tussen minder opwerveling, lagere externe belasting en meer invloed van de bodem, of lagere P-concentraties maar veel aanvoer van P naar het systeem via aanvoer van extern water.

Er is nu voor 8-mêd-IJverlân uitgegaan van een verblijftijd van 2x de boezem (circa 20 dagen). Dat betekent dat er al heel veel doorspoeling zou zijn en volgens de berekeningen in Bijlage 3 boezemwater het systeem domineert. De vraag is of dit de werkelijke situatie goed weergeeft en of de aannames wat betreft waterkwaliteit die nu voor 8-mêd-IJverlân gedaan zijn daarmee in overeenstemming zijn. Kijkend naar het voorkomen van waterplanten lijkt het erop dat in 8-mêd-IJverlân nu een vrij goede balans is. Het zou interessant zijn om na te gaan wat in de huidige situatie precies de uitwisseling met de boezem is en de waterkwaliteit in het petgat zodat op basis daarvan een evenwicht gezocht kan worden voor andere open te stellen gebieden.

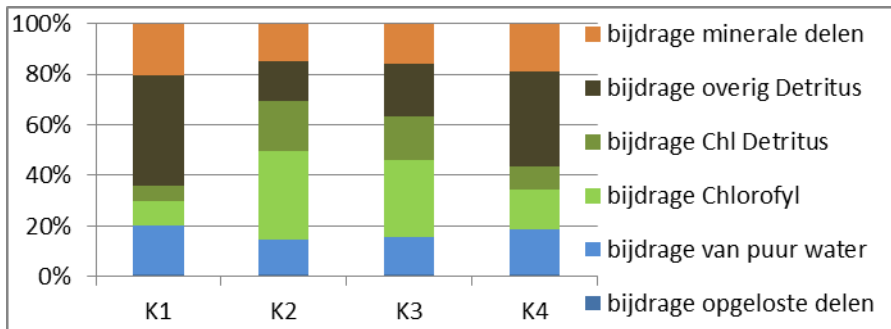


Figuur 34 P-fluxen naar en vanuit de bodem in de Alde Feanen, petgat 8-mêd-IJverlân (gP/ m²/kwartaal).



Figuur 35 ZS-fluxen naar en vanuit de sliblaag in de Alde Feanen, petgat 8-mêd-IJverlân (gZS/ m²/kwartaal).





Figuur 36 Bijdrage van de verschillende componenten aan de lichtuitdoving (Alde Feanen, 8-mêd-IJverlân).

# 5

## Conclusie: effect waterbodem

Het doel van de watersysteemanalyse is tweeledig:

1. Inzicht geven in het functioneren van het watersysteem en de rol van de waterbodem hierin.
2. Input leveren voor de (ontwikkeling van de) bodemdiagnose-tool;

De conclusies voor Alde Feanen zijn gebaseerd op modelresultaten uit 2008 en meetgegevens uit de periode 2005 tot en met 2009. Omdat het boezem gedeelte van de Alde Feanen het meest uitgebreid geanalyseerd is, hier is een water- en stoffenbalans voor opgesteld, worden eerst de conclusies voor de boezem gegeven. Uit de waterkwaliteitsbeelden en de slibdiagnose blijkt dat de situatie in de minder doorstroomde en geïsoleerde delen van Alde Feanen afwijkt van de situatie in de boezem. Deze systemen, met Izakswiid en 8-mêd-IJverlân als voorbeeld, worden daarna besproken. Daarna worden nog een aantal aanbevelingen gegeven.

### 5.1 BOEZEM

De belangrijkste posten op de waterbalans zijn inlaten 2 en 4 en uitlaat 1. Het boezem deel van de Alde Feanen wordt dus vooral gedomineerd door extern water dat door het gebied heen stroomt. De verdeling tussen inlaten 2 en 4 is in de zomer min of meer gelijk, terwijl in de winter ongeveer twee keer zo veel water het gebied binnenkomt via inlaat 2 dan via inlaat 4. De verblijftijd in de boezem is circa 9,5 dagen. Wat langer in de zomer en wat korter in de winter.

Op de fosfaatbalans zijn de belangrijkste bronnen gelijk aan de waterbalans. 70% van het fosfaat komt binnen via inlaten 2 en 4 en verlaat het gebied weer via uitlaat 1. In de zomer is de bijdrage van inlaten 2 en 4 min of meer gelijk. In de winter is de bijdrage van inlaat 2 drie keer zo groot als van inlaat 4. In de winter zijn de P concentraties van het water dat via inlaat 2 binnenkomt dus hoger dan de concentraties die binnenkomen via inlaat 4. De externe belasting, berekend uit de fosfaatbalans is 9,49 gP/m<sup>2</sup>/j. Deze waarde ligt ruim boven de kritische belasting (0,2 gP/m<sup>2</sup>/j, een indicatieve waarde voor laagveengebieden). Op basis van de naleveringsproeven die er gedaan zijn in de Alde Feanen is de nalevering circa 1,8 gP/m<sup>2</sup>/j. Dit ligt ruim boven de kritische belasting, maar is veel lager dan de externe belasting van het systeem.

In de Alde Feanen lag de gemiddelde zomerconcentratie van fosfaat in de boezem in de periode 2005-2009 op 0,08 mg/l. Waarvan een klein deel orthoP (0,02 mg/l) en de rest gebonden aan zwevend stof. De chlorofyl concentraties in het boezemwater liggen in de zomerkwartalen gemiddeld op 60 µg/l en het doorzicht is gemiddelde 41 cm. In de slibdiagnose is gedetailleerder ingegaan op het functioneren van het systeem en het blijkt dat de P concentraties voor 83% bepaald worden door externe aanvoer en dat de interne belasting 17% bijdraagt. Daarnaast speelt de zwevend stof huishouding een belangrijke rol. In de boezem wordt in de winter netto accumulatie en in de zomer netto nalevering berekend. De waterbodem

veroorzaakt in de boezem naar verwachting een lichte verhoging van concentratie in de zomer en een verlaging van de fosfaatconcentratie in de winter.

Maatregelen die vanuit de bodemdiagnose voor de boezem aangeraden worden zijn baggeren, het beperken van opwerveling, meer fosfor vastleggen door het vergroten van de bindingscapaciteit en het afsnijden van het contact tussen waterbodem en oppervlaktewater. Uit het doorrekenen van een scenario dat het effect van baggeren beschrijft, blijkt dat baggeren mits goed uitgevoerd een verlaging van de P-concentratie van circa 0,01 mg/l kan veroorzaken. De externe belasting blijft echter steeds een aandachtspunt.

## 5.2 MINDER DOORSTROOMDE EN GEÏSOLEERDE DELEN

Om het effect van verblijftijden en doorstroming te bekijken zijn de geïsoleerde plas Izakswiid en het deels doorstroomde petgat 8-mêd-IJverlân ook met de bodemdiagnose geanalyseerd. Met name voor de analyse van petgat 8-mêd-IJverlân moesten wel een aantal aannames gedaan worden.

Bij Izakswiid zijn in de zomer en vooral in het derde kwartaal de P, ZS en chlorofyl concentraties erg hoog. Voor 8-mêd-IJverlân zijn in de winter boezemconcentraties aangenomen en in de zomer concentraties uit een vergelijkbaar petgat (meetpunt 407). Hier zijn de chlorofylconcentraties in de zomer vergelijkbaar met de boezem, de zwevend stof concentraties liggen wat lager en de totaal P is zomergemiddeld hoog, nog hoger dan in Izakswiid. In de boezem zijn ZS en chlorofyl wel iets verhoogd in de zomer. Opvallend verschil is de tegengestelde nutriënt concentraties in de boezem ten opzichte van geïsoleerde delen. In de zomer zijn deze in de boezem juist laag en in de winter hoog. Dit beeld zie je ook in het waterkwaliteitsbeeld geschetst in §3.5 (zie bijvoorbeeld Figuur 18, Figuur 16, Figuur 20). De externe belasting verschilt sterk tussen de systemen. In de boezem is deze 9,49 mgP/m<sup>2</sup>/j en in Izakswiid 0,08 mgP/m<sup>2</sup>/j. Voor 8-mêd-IJverlân is de externe belasting van 1,65 mgP/m<sup>2</sup>/j een direct gevolg van de aanname van een verblijftijd van 2x de boezem.

Het effect van de waterbodem is in de minder doorstroomde gebieden anders dan in de boezem:

- Het semi-boezem systeem 8-mêd-IJverlân is een systeem wat fosfaat levert (zie Figuur 34). De nalevering is niet heel groot maar mogelijk zorgt het effect van desorptie, als gevolg van beroering er voor dat de waterbodem het systeem toch verrijkt.
- In het geïsoleerde Izakswiid overschrijdt de invloed van de bodem de kritische belasting. De bodem is in staat fosfor te leveren voor een extreme algenbloei in het derde kwartaal.

In tegenstelling tot in het boezemsysteem lijkt in de niet-boezemsystemen nalevering als gevolg van diffusie de bijdrage vanuit de waterbodem te onderschatten. In de bodemdiagnose kan de verwachte bijdrage van de waterbodem wel berekend worden op basis van de balansen. De onderschatting kan het gevolg zijn van de wintermetingen van bodemvocht in het niet-boezemgedeelte, welke mogelijk lager uitvallen dan zomermetingen. Ook kan mogelijk extra nalevering plaatsvinden als gevolg van beroering van de waterbodem in combinatie met sorptie/desorptie.

Maatregelen die vanuit de slibdiagnose aangegeven worden voor Izakswiid zijn baggeren, het beperken van opwerveling, meer fosfor vastleggen door het vergroten van de bindingscapaciteit en het afsnijden van het contact tussen waterbodem en oppervlaktewater. Voor 8-mêd-IJverlân zouden opwerveling beperken en het omlaag brengen van de externe belasting maatregelen kunnen zijn.

Voor de geïsoleerde en semi-boezem systemen binnen de Alde Feanen is het de vraag hoe om te gaan met de verbinding met de boezem. In Izakswiid is de externe belasting zo laag dat de potentie van het systeem groot is, maar door de grote verblijftijden neemt de invloed van de bodem sterk toe. Zonder doorstroming

treedt in dit systeem gemakkelijker algenbloei op en lijkt de waterbodem het benodigde P hiervoor moeiteloos te leveren. Wanneer er meer doorstroomd wordt zoals in de situatie van 8-mêd-IJverlân wordt de externe belasting een stuk hoger, maar zal de kans op extreme algenbloei mogelijk wel verminderen, wat gunstig uit kan werken voor het voorkomen van waterplanten. In 8-mêd-IJverlân vindt plantengroei plaats.

### 5.3 AANBEVELINGEN

- De waterbalans voor het boezemgedeelte is nu opgesteld op basis van modelberekeningen. Het zou goed zijn om deze te controleren op oppervlaktes. Deze komen in grote lijnen wel overeen met de vastgestelde oppervlaktes voor boezem en semi-boezem, maar het verbeteren hiervan levert wel een betere waterbalans op.
- Voor de waterbalans zijn modelgegevens gebruikt uit 2008 en voor de P-balans deels modelresultaten en deels metingen uit 2005 t/m 2009. Het zou de P-balans betrouwbaarder maken als er kwaliteits- en kwantiteitsgegevens uit het zelfde jaar gebruikt zouden worden. Daarnaast is het een verbetering voor de P-balans als er in de aan- en afvoerkanalen gemeten wordt zodat er een beter beeld ontstaat van de vrachten die het systeem in en uit gaan.
- Er is meer inzicht nodig in P mobilisatie in zomer/winter, reversibiliteit van de binding en het verloop van bodemvochtgehalten door de seizoenen heen om de invloed van de waterbodem onafhankelijk van stoffenbalansen te kunnen inschatten.
- Zwevend stof speelt een belangrijke rol in de Alde Feanen. Meer inzicht in zwevend stof huishouding geeft meer inzicht in het functioneren van het systeem. Daarom zou het goed zijn om de zwevend stof dynamiek beter in beeld te krijgen door het meten van aanvoer en afvoer van verschillende zwevend stof fracties onder verschillende condities. Daarnaast is informatie over de baggeraanwas interessant.
- In 8-mêd-IJverlân lijkt een goed evenwicht te zijn. In dit petgat is kennelijk precies genoeg invloed van de boezem om algengroei te voorkomen en groei van waterplanten te faciliteren. Om een gefundeerde beslissing te nemen over de mate van openstelling van andere deelsystemen, is het aan te bevelen om de situatie in 8-mêd-IJverlân goed in kaart te brengen. Hierbij zijn de huidige uitwisseling van water met de boezem en de water- en bodemkwaliteit in het petgat van belang.



# Bijlage 1      Literatuur

Arcadis, 2012. Waterkwaliteit en waterbodemonderzoek Alde Feanen.

Buro Hemmen, 2006, Nationaal Park De Alde Feanen Beheer- en inrichtingsplan 2005 In Nije Faze.

KIWA, 2007; Knelpunten- en kansenanalyse Natura 2000-gebied 13 - Alde Feanen. Kiwa Water Research/EGG-consult

Most, Drs. P.F.J. van der, 1998; Methoden voor de bepaling van emissies naar lucht en water. Publicatierreeks Emissieregistratie Nr. 44 juli 1998.

Osté, L & Van de Weerd, R, 2012 I. Kennisregels in de Bodemdiagnose BaggerNut.

Osté, L & Van de Weerd, R, 2012 II. Waterbodemmaatregelen tegen eutrofiëring.

Swaluw, E. van der, Asman, W.A.H. en Hoogerbrugge 2010. The Dutch National Precipitation Chemistry Monitoring Network over the period 1992-2004. RIVM Report 680704009/2010.

Rip en Schep, 2010, Spelen watervogels een rol in de fosfaat belasting van meren? Lezing door Winnie Rip en Sebastiaan Schep gebaseerd op werk van Steffen Hahn en Marcel Klaassen (2008)

Stolk, AP, 2001, Landelijk meetnet regenwatersamenstelling, meetresultaten 2000, RIVM rapport 723101 057/2001.

Wetterskip Fryslân, 2009; Status, toestand, waterkwaliteitsdoelen en maatregelen KRW-waterlichamen. Provinciale Staten van Fryslân en Algemeen Bestuur van Wetterskip Fryslân.

Wetterskip Fryslân , 2009; Waterbeheerplan 2010-2015 'Wetter jout de romte kwaliteit'. Algemeen Bestuur van Wetterskip Fryslân november 2009.

Wetterskip Fryslân, 2011; Watergebiedsplan Alde Feanen e.o.





## Bijlage 2 Correctiemethode

### Alde Feanen in het Friese Boezem model

Zoals opgemerkt in §3.2.3 kunnen door de opzet van het model alleen de in- en uitlaten naar het gebied uit het model gehaald worden. In de in- en uitlaten zijn neerslag, verdamping, kwel en wegzijging al opgenomen. Om deze bronnen als losse posten op de balans op te kunnen nemen, moeten de in- en uitlaten dus verminderd worden met het aandeel van deze posten. Hierbij is de volgende methode gevolgd:

Als eerste is het oppervlak van de Alde Feanen bepaald zoals dat in het model zit. Dat is enerzijds te vinden in bergingsknopen (5191220 m<sup>2</sup>) en anderzijds in de watergangen. Om het oppervlak van de watergangen binnen de Alde Feanen in het model te bepalen is van alle segmenten de lengte vermenigvuldigd met de breedte van de watergang bij een peil van circa 50cm-NAP. Dat levert een oppervlak van 1337391 m<sup>2</sup>. Het totale oppervlak van de Alde Feanen in het model bedraagt dus 6528611 m<sup>2</sup>.

De tweede stap was het bepalen van de dagwaarden voor neerslag, verdamping, kwel en wegzijging zoals beschreven in §3.2.3. Om de hoeveelheden te verkrijgen zoals ze in het model zijn opgenomen is hierbij uitgaande van het oppervlak van de Alde Feanen zoals dat in het model opgenomen is (6528611 m<sup>2</sup>).

De uiteindelijk correctie is als volgt gedaan:

#### *Neerslag*

Er is berekend hoe veel procent de neerslag is van de totale inlaat het gebied in volgens het Sobek-model. Vervolgens zijn alle inlaten verminderd met het berekende percentage.

#### *Verdamping*

Er is berekend hoe veel procent de verdamping is van de totale uitlaat het gebied uit volgens het Sobek-model. Vervolgens zijn alle uitlaten verminderd met het berekende percentage.

#### *Kwel*

Er treedt gemiddeld genomen geen kwel op in het gebied, dus correctie was niet nodig

#### *Infiltratie*

De infiltratie correctie is gedaan op de voor verdamping gecorrigeerde uitlaten. Van elke uitlaat is gekeken hoe veel procent hij bijdraagt aan de totale uitlaat. Vervolgens is van alle uitlaten het berekende percentage van de infiltratie genomen en die is van de waarde afgetrokken. Bijvoorbeeld Uitlaat 2 bedraagt 40% van de som van de uitposten, dan is de Uitlaat 2 verminderd met 40% van de kwel op die dag.



## Bijlage 3

# Effect doorstroming petgaten Alde Feanen



## MEMO

Onderwerp:  
Effect doorstroming petgaten Alde Feanen

Apeldoorn,  
2 juli 2012

Projectnummer:  
C01012.100102.0500

Van:  
dr.ir. H. van de Weerd

Opgesteld door:  
ir. E. Tietema

DIVISIE WATER

Afdeling:  
Divisie Water Apeldoorn

Ons kenmerk:  
076508123:0.1

Aan:  
Erik Lourens  
Theo Claassen  
Wibe Altenburg

Kopieën aan:  
Marcel Bastiaanssen  
Wilco de Bruijne

---

## Inleiding

Deze memo is een aanvulling op de rapportage waterbodempkwaliteit en waterplanten in de Alde Feanen in opdracht van Dienst Landelijk Gebied. Naar aanleiding van de conceptrapportage kwam de vraag boven naar de wenselijkheid van openstelling van een aantal van de geïsoleerde petgaten en meren in het Alde Feanen gebied. Op basis van meetgegevens kan geconcludeerd worden dat in geïsoleerde delen vooral in de zomer de nutriënt concentraties hoger liggen dan in de boezem. Om deze reden ontstond het idee dat doorstroming van deze petgaten vooral in de zomer een positieve bijdrage zou kunnen leveren aan de waterkwaliteit. Doorstroming zorgt echter ook voor een verhoogde externe belasting.

Om meer inzicht in het effect van doorstroming te krijgen heeft de projectgroep Alde Feanen ARCADIS gevraagd om indicatieve berekeningen uit te voeren naar het effect van doorstroming met de Bodemdiagnose tool. Om zo dicht mogelijk bij de praktijk en de wensen van de opdrachtgever te blijven hebben we besloten berekeningen uit te voeren voor het petgat Izakswiid (nav vraag van Wibe Altenburg). Omdat het hier om een bestaand systeem gaat zijn een aantal van de invoerparameters goed bekend. Deze zijn eerder doorgesproken in een gesprek met Theo Claassen (WS Fryslan).

Om het effect van de verschillende mate van doorstroming te berekenen worden 6 scenario berekeningen uitgevoerd met verschillende verblijftijden. Deze verblijftijden komen overeen met een geïsoleerde variant (gemiddelde verblijftijd in de huidige situatie) een goed doorstroomde variant (gemiddelde verblijftijd van de boezem), en vier tussenliggende varianten.

Voor de huidige situatie zijn voldoende gegevens beschikbaar voor het uitvoeren van de berekening met de Bodemdiagnose. Voor de overige varianten zullen er echter aannames gedaan moeten worden voor verschillende parameters. Een goede inschatting van deze parameters is van groot belang voor het berekende resultaat. De resultaten van de berekeningen worden namelijk gedeeltelijk ook gestuurd



door de aannames die gedaan worden. Waar mogelijk zullen we onafhankelijke gegevens uit het gebied gebruiken om de situatie in te schatten. Wanneer geen gegevens beschikbaar zijn zal op basis van expertkennis een zo goed mogelijke onafhankelijke schatting gedaan worden. Meer informatie over kennisregels en aannames in de bodemdiagnose is te vinden in Oste & van de Weerd (2012)<sup>1</sup>.

Vanwege de noodzaak van deze aannames moeten de resultaten van de berekeningen beschouwd worden als indicatief en moeten ze altijd beschouwd worden in samenhang met de aannames. De uitkomsten van de berekeningen worden, wanneer mogelijk, getoetst aan de situaties zoals die nu voorkomen bij verschillende verblijftijden in het Alde Feanen gebied. In Tabel 2, Tabel 3 en Tabel 4 worden de belangrijkste invoerparameters weergegeven voor Izakswiid in de huidige, geïsoleerde situatie in Alde Feanen. Ook wordt hier aangegeven wat de bron van deze parameters is (metingen, aannames).

We tonen de volgende resultaten van de indicatieve berekeningen:

Per scenario (gemiddelde verblijftijd) tonen we de volgende resultaten:

- Verwachte P concentratie per kwartaal, zomergemiddelde P concentratie en externe belasting
- We bediscussiëren de verwachte ontwikkeling in het gehalte P in de bodem op basis van berekende fluxen

Daarnaast vergelijken we voor verschillende scenario's (verblijftijden):

- Aanvoer- afvoer en combinatie van verschillende fluxen van fosfor in de huidige situatie

## Invoerparameters en aannames

De 6 scenario's zijn bepaald door de verblijftijd. Als uitgangspunt zijn genomen de huidige, geïsoleerde situatie en de situatie dat Izakswiid helemaal opengesteld wordt en een verblijftijd krijgt gelijk aan de boezem. Om deze verblijftijd te realiseren wordt gestuurd met de hoeveelheid in- en uitlaatwater. Dit is weergegeven in Tabel 1.

Scenario	Verblijftijd [d]	Q in m <sup>3</sup> /j	Q uit m <sup>3</sup> /j	
geïsoleerd	S1	964*	47074	26013
	S2	725**	77904	56843
	S3	487**	138805	117744
	S4	248**	315316	294255
	S5	105**	1450162	1429101
helemaal open	S6	10***	7689193	7668132

\*Berekend o.b.v. waterbalans met neerslag, verdamping, infiltratie en aangenomen dat peil constant gehouden wordt door aan-/afvoer door de bodem (=sluitpost)  
 \*\*Verblijftijd is gewogen gemiddelde tussen geïsoleerd en volledig opengesteld.  
 \*\*\*Verblijftijd o.b.v. waterbalans Alde Feanen boezem

**Tabel 1 De 6 scenario's met verblijftijd, in- en uitlaat.**

<sup>1</sup> Oste & van de Weerd (2012) Kennisregels in de bodemdiagnose – Baggernut. Deltares rapport 1201327-000.

In Tabel 2 zijn de invoerparameters op een rijtje gezet die voor alle scenario's gelijk blijven. Er zijn ook parameters die per scenario anders zijn, namelijk de concentraties in het water, en de hoeveelheid aan- en afvoerwater. De concentraties voor de huidige situatie staan in Tabel 3 en Tabel 4. Voor de inlaat is in alle scenario's de concentratie van boezemwater gebruikt (Tabel 4). Omdat de waterkwaliteit in Izakswiid zal veranderen als gevolg van doorspoeling is deze per scenario berekend. Dit is gedaan door te berekenen welk percentage van het water in Izakswiid er in dat kwartaal ingelaten wordt. Vervolgens is die verhouding gebruikt om een gewogen gemiddelde te berekenen tussen de concentraties in het Izakswiid (Tabel 3) en het boezemwater (Tabel 4). Deze berekende concentraties zijn in de scenario's gebruikt voor de concentraties in Izakswiid. Voor zwevend stof is in alle scenario's het jaargemiddelde van de boezemlocaties gebruikt (22,88 mg/l) dit is in dezelfde orde van grootte als het jaargemiddelde van locatie 214 in Izakswiid (22,03 mg/l).

Parameter	Waarde	Herkomst
Neerslag/verdamping	-	langjarig gemiddelde over periode 1981-2010, KNMI
Infiltratie	0,69 mm/d	Gisanalyse kwelkaart WHP3
Oppervlak	151400 m <sup>2</sup>	Gisanalyse Izakswiid
Diepte	1,38 m	Altenburg & Wymenga
P sediment	1,3 g/kg ds	meetpunt 4, ARCADIS 2012 <sup>2</sup>
P bodemvocht	0,41 mg/l	meetpunt 4, ARCADIS 2012
P/Fe	0,048 g/g	meetpunt 4, ARCADIS 2012
P neerslag	0,01 mg/l	v/d Swaluw et al, 2010 <sup>3</sup>
Baggeraanwas	5 mm/j; 0,42 gP/kg ds	De hoeveelheid is een inschatting (Theo Claassen 12-4-2012). Het gehalte is gemiddelde van landlocaties (19&20) in ARCADIS 2012.

**Tabel 2 Parameters die door het jaar heen en over de scenario's constant blijven.**

Parameter	K1	K2	K3	K4	Eenheid
Ptotaal	0,02	0,06	0,16	0,06	mg/l
Portho	0,02	0,01	0,02	0,02	mg/l
Pzs*	0,01	0,04	0,14	0,04	mg/l
ZS**	5,63	12,86	46,45	13,50	mg/l
Chlorofyl	15,63	32,29	333,94	56,22	µg/l
* Pzs is de P concentratie in zwevend stof					
** ZS is de zwevend stof concentratie					

**Tabel 3 Gegevens Izakswiid, locatie 214. Kwartaalgemiddelden over 2000-2011.**

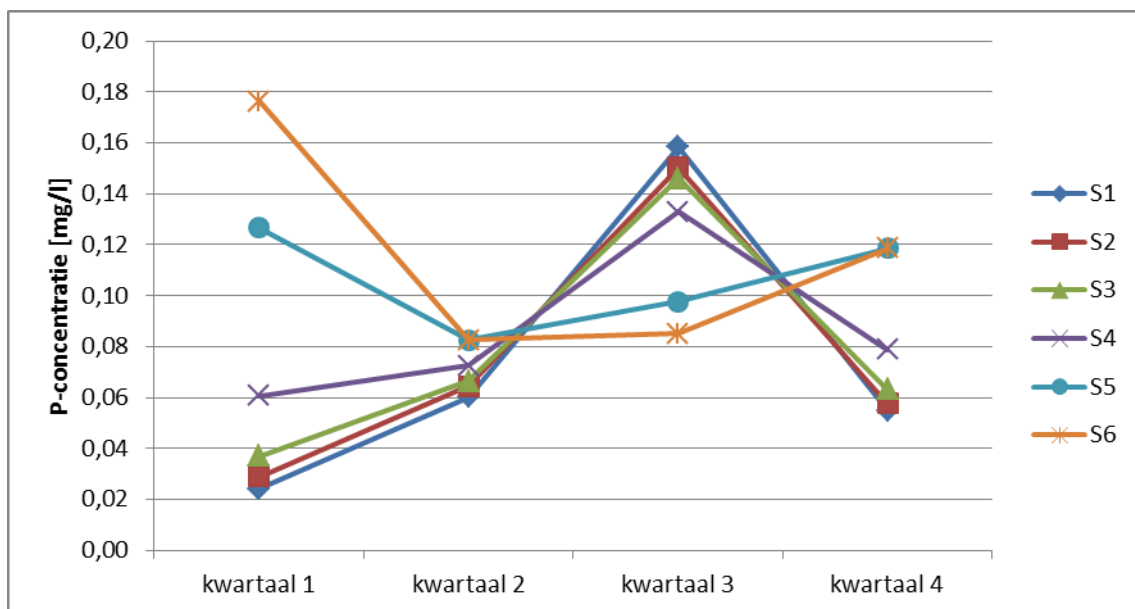
<sup>2</sup> ARCADIS 2012; Waterbodemkwaliteit- en waterplantenonderzoek. Rapportnummer 076391582:0.4

<sup>3</sup> Swaluw, E. van der, Asman, W.A.H. en Hoogerbrugge 2010. The Dutch National Precipitation Chemistry Monitoring Network over the period 1992-2004. RIVM Report 680704009/2010.

Parameter	K1	K2	K3	K4	Eenheid
Ptotaal	0,17	0,08	0,09	0,12	mg/l
Portho	0,09	0,02	0,02	0,06	mg/l
Pzs	0,09	0,06	0,06	0,06	mg/l
ZS	23,50	22,48	22,79	20,20	mg/l
Chlorofyl	13,78	48,55	54,22	17,06	µg/l

Tabel 4 Gegevens boezem locaties 51&406. Kwartaalgemiddelde over 2000-2011 (voor locatie 406 zijn alleen gegevens in 2009).

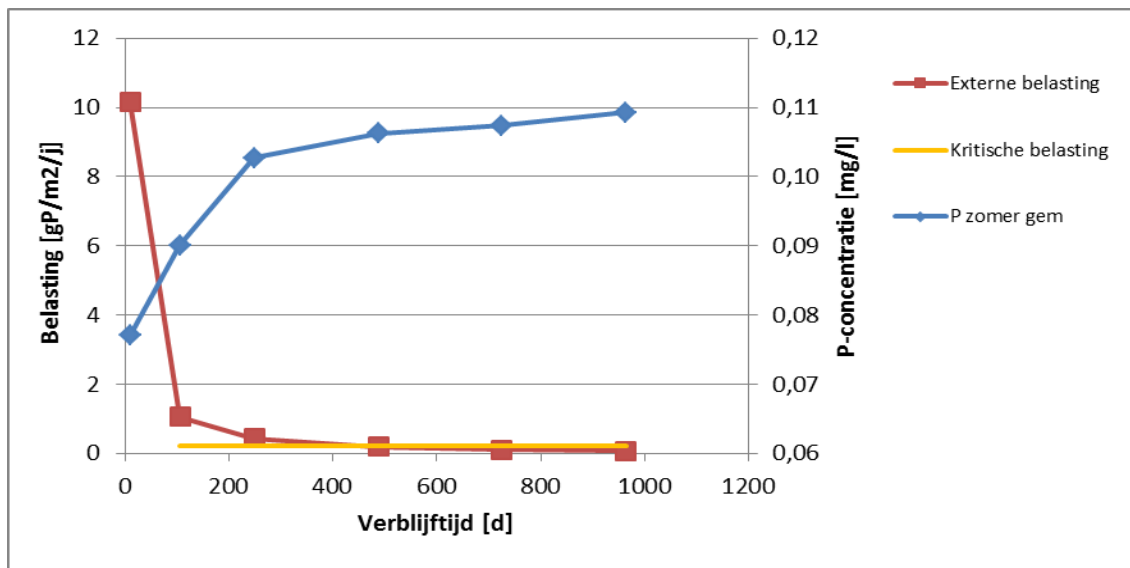
## Resultaten



Figuur 1 P-concentratie in elk kwartaal per scenario.

### *P concentraties en doorspoelen*

In Figuur 1 zie je de P-concentratie zoals berekend voor de verschillende scenario's. In deze figuur zie je de toename van de invloed van het boezemwater doordat bij kortere verblijftijd de winterconcentraties hoger en de zomerconcentraties lager worden. De berekende waarden zijn een direct gevolg van de aanname die we gedaan hebben, maar het is wel realistisch dat deze verschuiving op gaat treden bij het openstellen van Izakswiid. Afgaande op de concentraties zou het logisch zijn om alleen in de zomer door te spoelen omdat dan de verschuiving van geïsoleerd (S1) naar boezem gedomineerd (S6) een positief effect heeft. Echter, het effect is pas echt duidelijk zichtbaar vanaf scenario 5. Om een verblijftijd van rond de 100 dagen te krijgen moet wel een aanzienlijke hoeveelheid water ingelaten worden (ca 1,5 miljoen m<sup>3</sup>/jaar). Of en hoe dit is te realiseren, zeker ook wanneer in de winter afsluiten gewenst is, is een interessant onderwerp voor nader onderzoek.



**Figuur 2** Externe belasting en zomergemiddelde P-concentratie uitgezet tegen de verblijftijd.

*Externe belasting en zomergemiddelde concentratie*

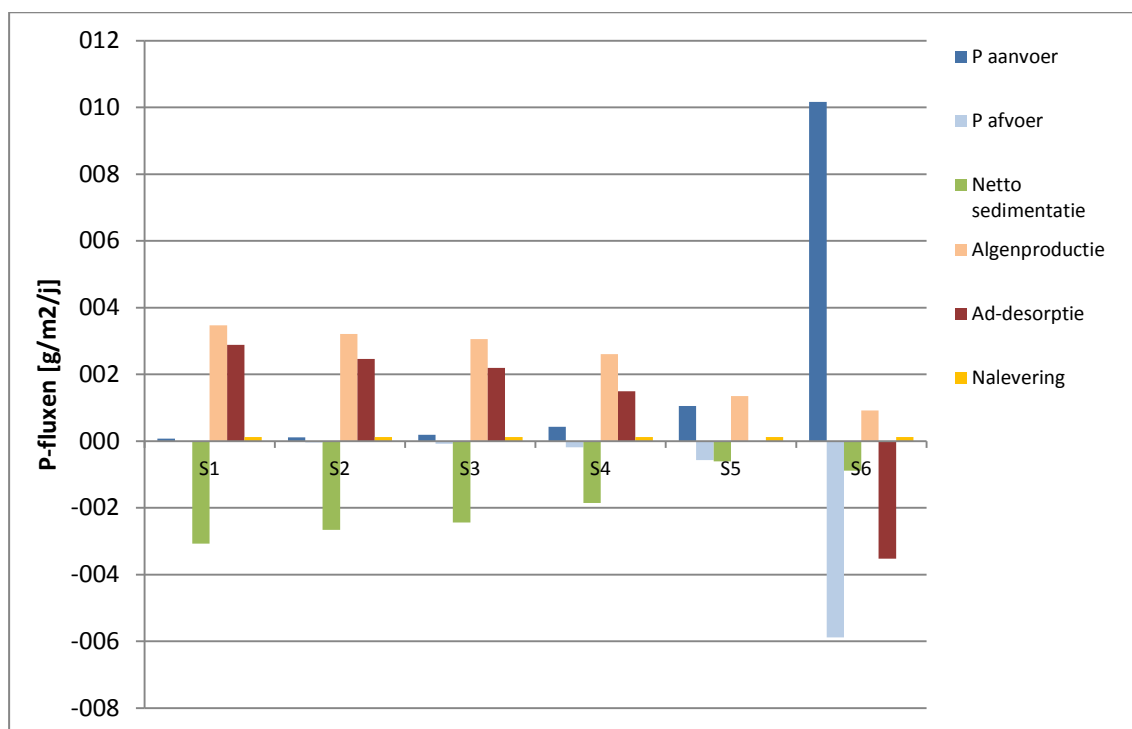
In Figuur 2 is de zomergemiddelde concentratie uitgezet samen met de externe belasting en de kritische belasting zoals afgeleid voor laagveen wateren (Janse, 2008<sup>4</sup>; troebel -> helder). Belangrijk is om aan te geven dat deze waarde indicatief is. Omslag naar heldere toestand lijkt in laagveenwateren ook al bij hogere waarden op te kunnen treden (mond. mededeling Theo Claassen). In Figuur 2 is duidelijk zichtbaar dat voor de Alde Feanen een keus gemaakt moet worden. Kiezen voor een lage externe belasting betekent een hogere zomergemiddelde concentratie. Naar alle waarschijnlijk zal dit de vegetatieontwikkeling negatief beïnvloeden. Wanneer er geen zwaarwegende redenen zijn om voor de lage externe belasting te kiezen lijkt de keus voor doorstroming met als gevolg een meer optimale zomergemiddelde concentratie de meest logische optie. De bijdrage op jaarbasis van de nalevering (agv desorptie + diffusie) aan de totale belasting (=intern + extern) neemt toe met de verblijftijd van 1 tot 96% (niet getoond).

*Invoer/uitvoer en fluxen*

Figuur 3 geeft de P-fluxen per scenario weer op jaarbasis. Voor vier van de 6 scenario's zijn ook de fluxen op kwartaalbasis opgenomen (zie Figuur 4). De fluxen zijn weergegeven per oppervlakte eenheid om een goede vergelijking met de belasting te kunnen maken. Per proces zijn de bijbehorende fluxen weergegeven. Sedimentatie en opwerveling zijn niet afzonderlijk weergegeven (fluxen tot wel 15 g/m<sup>2</sup>/j) maar als netto sedimentatie. De grootste verschillen in fluxen zijn te zien bij algenproductie, aan- en afvoer en ad/desorptie. Ad/desorptie omvat samen met de nalevering de bodem/wateruitwisseling anders dan als gevolg van opwerveling en sedimentatie. Wanneer het systeem meer doorstroomd is neemt deze aanvoer vanuit de bodem af en slaat deze om in een flux richting de bodem. De flux als gevolg van algenproductie stelt de flux voor welke hoort bij

<sup>4</sup> Janse J.H., Domis, L., Scheffer, M., Lijklema, L., Van Liere, L., Klinge, M. & Mooij, W.M., 2008. Critical phosphorus loading of different types of shallow lakes and the consequences for management estimated with the ecosystem model PCLake. *Limnologia* 38(3-4): 203-219.

detritusvorming in het water als gevolg van de algenproductie. Deze flux speelt in de geïsoleerde situatie (S1) een veel belangrijkere rol dan in de doorstroomde situatie (S6). Wat opvalt, is dat van scenario S1 naar S5 de fluxen wel veranderen, maar dat het grote verschil optreedt tussen S5 en S6. Dit is ook te zien bij de fluxen op kwartaalbasis (Figuur 4). Er is maar een gering verschil tussen S1 en S4. In deze scenario's is opvallend dat in het derde kwartaal de grootste fluxen optreden. In S5 wordt de aanvoer belangrijker en worden de fluxen meer gelijk getrokken over het jaar. Algengroei, sedimentatie en desorptie zijn nog wel het grootst in de zomer. In S6 zijn aan en afvoer het belangrijkste. In de zomer treedt algengroei op en is de desorptieflux omgeslagen naar adsorptie. De adsorptie die al in het vierde kwartaal optrad is groter geworden.

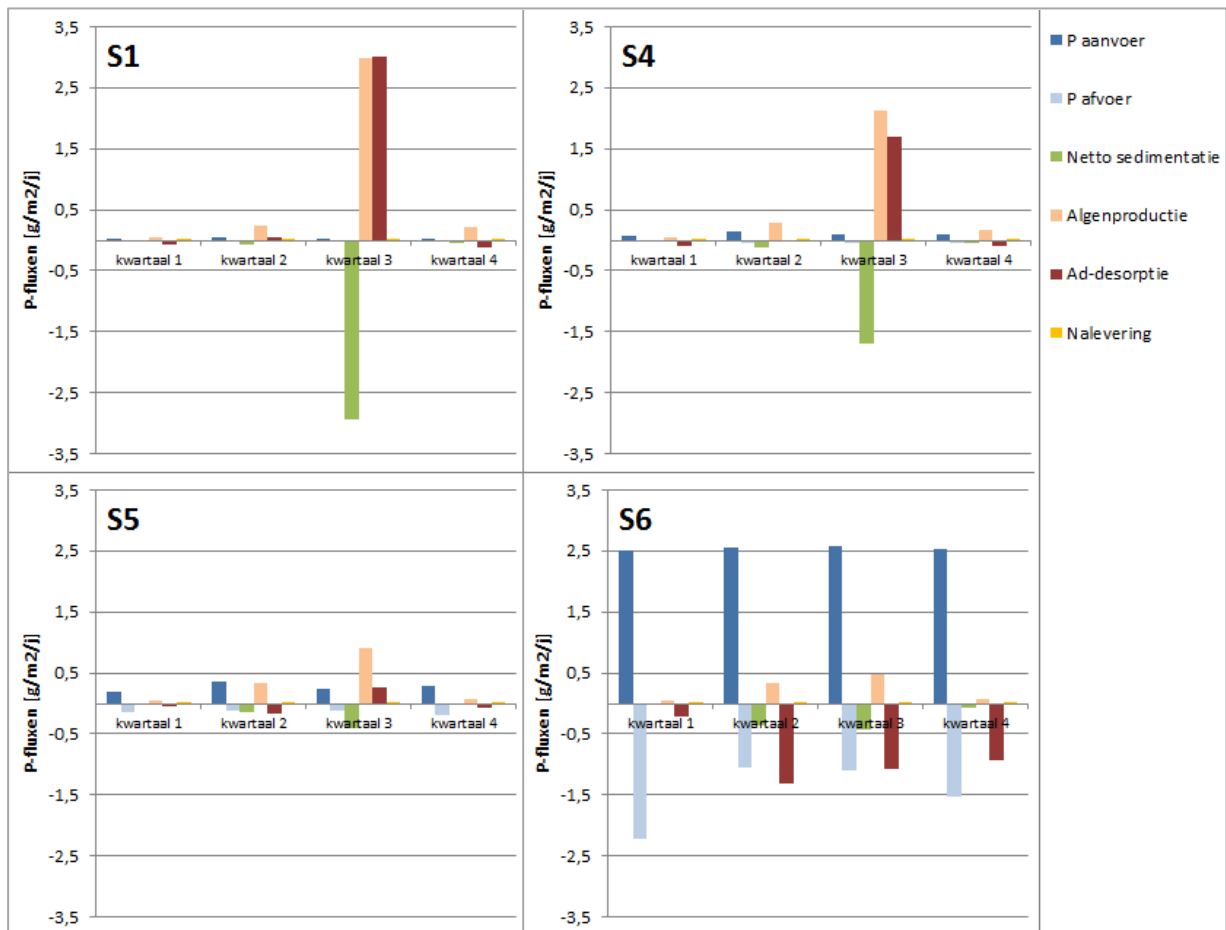


**Figuur 3 P-fluxen per scenario op jaarbasis.**

*Gehalte P in de bodem en autonome ontwikkeling.*

Op basis van de in- en uitgaande fluxen wordt in alle scenario's netto aanvoer van P berekend. Deze is het grootst in S6 (4,29 g/m2/j) en het kleinst in S1 (0,06 g/m2/j). Deze flux zal uiteindelijk in de bodem terecht komen. Afhankelijk van overige aanvoer van slib, de kwaliteit hiervan en eventuele veenafbraak zal het P-gehalte van de bodem gelijk blijven of toenemen. Wanneer we naar de gemeten P-gehalten in het bovenste slib kijken (Afbeelding 5, hoofdrapport) liggen deze het laagst in de semi-doorstroomde delen. Dit wijst op de minst P-rijke slibaanwas en mogelijk op de laagste totale belasting van P.

Mogelijk ligt in deze delen de P afvoer in de zomer wat hoger dan berekend als gevolg van de lagere concentraties dan in geïsoleerde delen en daardoor een grotere P afvoer vanuit de bodem.



Figuur 4 P-fluxen op kwartaalbasis voor scenario's S1, S4, S5 en S6.

## Conclusies

Op basis van de indicatieve berekeningen voor IZAKSWIJD in combinaties met observaties in het veld (ontwikkeling waterplanten, gemeten P concentraties in het bovenste slib) concluderen we dat het gunstig kan zijn om geïsoleerde petgaten in het Alde Feanen gebied open te stellen. De zomergemiddelde fosfaatconcentratie neemt hierdoor af. De externe belasting neemt hierbij echter wel toe. De zomergemiddelde concentratie wordt gestuurd door (onder andere) de verblijftijd van het water. Om een verblijftijd van 100 dagen te bereiken is in IZAKSWIJD ca. 1,5 miljoen m<sup>3</sup>/jaar nodig. Per situatie zal bekeken moeten worden welke doorstroming optimaal is en hoe deze gerealiseerd kan worden. Wanneer het lukt om de gewenste doorstroming alleen in de zomer te realiseren zal een nog beter resultaat bereikt worden.





# Bijlage 4      Slibdiagnose boezem

## Bijlage 4.1      Invoer

1. Algemeen		Huidige situatie			
Naam systeem		Boezem Alde Feanen			
Fosfaatbalans		ja			
Nitraatbalans		nee			
KRW type		M14	tbv berekenen EKR		
Water systeem type		meer	tbv type watersysteem analyse		
Specificatie		plassen	tbv bepalen risico zuurstofloosheid		
Kwartaal		K1	K2	K3	K4
Oppervlakte watersysteem (opp. water)	m2	3863000	3863000	3863000	3863000
Dominante leggerdiepte	m	2,27			
gemiddelde waterdiepte	m	1,73			
KRW norm P (tbv nalevering)	mg/l	0,09	Indien je hier niks invoert wordt uitgegaan van een default norm (0.15 mg/l MTR)		
Norm doorzicht	m	0,45			
kritische belasting	g P/m2/j	0,20			
2. Bodem					
P-sed	g P /kg ds	2,14			
Fe-sed	g Fe /kg ds	30			
Of: P-sed / Fe-sed					
P-sed onder de sliblaag	g P /kg ds	1,36			
Kwartaal		K1	K2	K3	K4
Bodemvocht	mg P / l	6	6	6	6

Methode nalevering		Bodemvocht								
Dikte sliblaag	m	0,54								
organische externe belasting										
Type		bodem met slib	tbv bepalen risico							
stevigheid waterbodem		slap	zuurstofloosheid							
stevigheid waterbodem onder sliblaag		slap	tbv balans en maatregelen							
Matrix		veen	tbv balans en maatregelen							
Matrix waterbodem onder sliblaag		veen	tbv balans en maatregelen							
<b>3. Balansposten naamgeving</b>										
<b>Inposten</b>		posten invullen	suggestie							
inpost 1	IN1:	inlaat 2	Inlaat							
inpost 2	IN2:	inlaat 4	Inlaat							
inpost 3	IN3:	inlaat 5	Inlaat							
inpost 4	IN4:	neerslag	Inlaat							
inpost 5	IN5:	polders	Neerslag							
inpost 6	IN6:	overig in								
<b>uitposten</b>		posten invullen	suggestie							
uitpost1	UIT1:	uitlaat 1	Inlaat							
uitpost2	UIT2:	uitlaat 4	Inlaat							
uitpost3	UIT3:	uitlaat 5	Inlaat							
uitpost4	UIT4:	polders	Inlaat							
uitpost5	UIT5:	overig uit								
uitpost6	UIT6:		Verdamping							
<b>4. Balansposten</b>										
In- en uitvoer concentratie of vracht		K1	K2	K3	K4					
		vracht								
Posten waterbalans		debiet (m3/kwartaal)					P-vracht (kg/kwartaal)			
		K1	K2	K3	K4	K1	K2	K3	K4	
IN1: inlaat 2		40.151.873	12.730.008	18.212.218	37.614.370	8.021	1.556	1.675	6.909	
IN2: inlaat 4		19.363.088	12.047.234	13.241.486	15.027.969	3.060	1.318	1.153	2.108	

IN3: inlaat 5		10.076.503	4.707.594	5.793.445	6.257.276	1.538	435	451	807
IN4: neerslag		1.049.191	322.174	1.529.362	958.410	60	18	87	55
IN5: polders		7.733.832	803.269	2.445.000	7.836.410	853	48	107	982
IN6: overig in		11.295.231	12.063.190	9.038.978	7.781.422	1.815	1.892	1.067	643
UIT1: uitlaat 1		83.126.653	29.934.799	44.272.497	69.357.336	12.862	2.439	3.681	7.088
UIT2: uitlaat 4		2.468.468	1.948.835	966.551	2.624.125	392	144	73	230
UIT3: uitlaat 5		1.775.118	3.942.850	1.767.159	2.076.976	246	220	67	91
UIT4: polders		0	902.911	182.424	0	0	125	23	0
UIT5: overig uit		2.142.466	5.863.542	3.345.342	1.558.988	291	281	98	107
UIT6: restterm / sluitfout (pos = meer in dan uit) <b>(check)</b>	controle	157.015	80.533	-273.484	-141.567	1.557	2.058	598	3.987
<b>5. Watersamenstelling (bij voorkeur kwartaalgegevens invullen)</b>		JAAR GEM	K1	K2	K3	K4			
Doorzicht (indien bekend)	m		0,38	0,44	0,38	0,54			
Chlorofyl	µg/l		14,42	53,47	67	24,6			
Anorganische zwevende deeltjes	mg/l								
Detritus	mg/l								
Concentratie zwevende stof	mg/l	20,96							
Concentratie P totaal	mg/l		0,15	0,08	0,08	0,10			
Concentratie P zwevend stof	mg/l		0,08	0,06	0,06	0,05			
Ortho P	mg/l		0,08	0,02	0,02	0,05			
Concentratie N totaal	mg/l								
Concentratie sulfaat in systeem	mg/l								
<b>6. Kenmerken systeem</b>		Welke parameters invullen? Nb het is mogelijk beruken in te voeren (bijv onderhoud = 1.2)							
BZV	mg O <sub>2</sub> /l	3,9	nee	zomergemiddelde					
Chloride	mg Cl/l	82,9	nee	zomergemiddelde					
Peildynamiek		2	ja	1=tegenatuurlijk 2=stabiel 3=natuurlijk					
Connectiviteit		3	nee	1=geisoleerd 2=periodiek geisoleerd 3=open verbinding					

Meandering		2	nee		
Beschaduwing		1,5	nee		
Verstuwing		3	nee		
Oeverinrichting		2	ja		
Scheepvaart		2	nee		
Onderhoud		2	nee		
Aanwezigheid benthivore vis	kg/ha	188,6	->		
Aantal schepen beroepsvaart	schepen/d	0			
Percentage van water wat wordt beïnvloed door beroepsvaart	fractie	0			
Aantal schepen recreatievaart	schepen/d	0			
Percentage van water wat wordt beïnvloed door recreatievaart	fractie	0			
Netto plant opname P obv kritische belasting of defaultwaarde)	g P/m <sup>2</sup> /jaar				
Afvoer P (dmv maaien, schonen)	g P/m <sup>2</sup> /jaar	0			
baggeraanwas (agv afkalving, erosie, bladval of veenafbraak)	g ds/m <sup>2</sup> /jaar	5.000			
P gehalte baggeraanwas(obv bladval, veen afbraak, erosie oevers)	g/kg ds	0,42			
<b>7. Huidige situatie</b>					
		KRW sheet	Meetdata	GEP	
Macrofauna	EKR	0,34		0,35	
Macrofyten	EKR	0,1		0,35	
Vis	EKR	0,51		0,25	
Fytoplankton	EKR	0,39		0,3	
Totaal fosfaat (zomergemiddelde)	mg/l	0,07		0,09	
Totaal stikstof (zomergemiddelde)	mg/l	2		1,7	
Doorzicht (zomergemiddelde)	m	0,46		0,45	

1=recht+normprofiel 2=gestrekt+natuurlijker dwarsprofiel 3=zwak slingerend 4 =slingerend 5=vrij meanderend  
1=onbeschaduwd zonder ruigte op oevers 2=gedeeltelijk beschaduwd of ruigte op oever 3=grotendeels of geheel beschaduwd  
1=sterk gestuwd zonder vistrappen 2=gestuwd met vistrappen 3=ongestuwd  
1=beschoeid 2=steil 3=flauw/moerassig (NVO)  
1=intensief bevaren 2 = niet of nauwelijks bevaren  
1=intensief 2=extensief

--> zie ook maatregeleninvoer -

## Bijlage 4.2 Resultaten

1e oordeel						
Boezem Alde Feanen	Diagnose					
Potentie nalevering?	mogelijk relevant					
doorzicht?	matig					
Chlorofyl	hoog					
1e oordeel	BD voor nutriënten en zwevend stof					
Interne en externe P belasting		jaargemiddeld/totaal	K1	K2	K3	K4
Interne belasting (% van totale belasting)		16,9	10,7	26,0	29,2	14,0
Externe belasting (% van totale belasting)		83,1	89,3	74,0	70,8	86,0
Interne belasting (absoluut in g P/m <sup>2</sup> )		1,93	0,47	0,48	0,49	0,49
Externe belasting (absoluut in g P/m <sup>2</sup> )		9,5	4,0	1,4	1,2	3,0
Kritische belasting (absoluut in g P/m <sup>2</sup> )		0,20				
Verblijftijd (dagen)		9,60	6,79	14,36	12,62	8,25
Maatregelen						
Maatregel	Zinvol?					
Contact nutriënten waterbodem en oppervlaktewater afsnijden	ja in combinatie met baggeren					
Externe belasting omlaag	ja					
Vergroten P-bindingscapaciteit	ja					
Bron weghalen (baggeren)	ja in combinatie met afdekken					
Opwerveling beperkende maatregelen	ja					
Beijzering	PM					
Reductie sulfaat / bicarbonaat	nee					

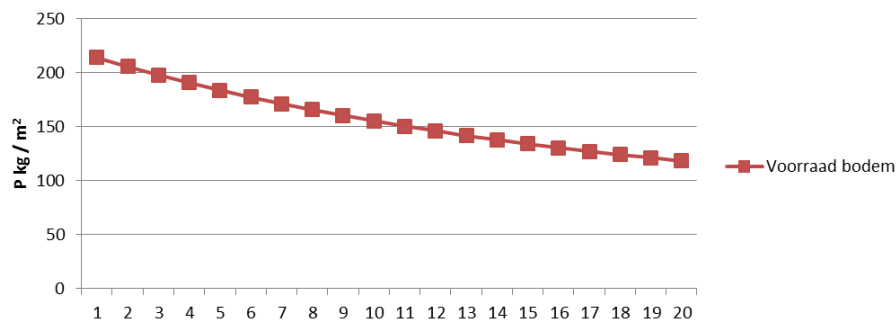
		K1	K2	K3	K4
Berekend	P (mg/l)	0,16	0,06	0,08	0,10
Gemeten	P (mg/l)	0,15	0,08	0,08	0,10
Berekend	N (mg/l)	#DEEL/0!	#DEEL/0!	#DEEL/0!	#DEEL/0!
Gemeten	N (mg/l)	0	0	0	0
Berekend	Zwevend stof (mg/l)	20,96	20,96	20,96	20,96
Gemeten	Zwevend stof (mg/l)	20,9625	20,9625	20,9625	20,9625

### Resultaten

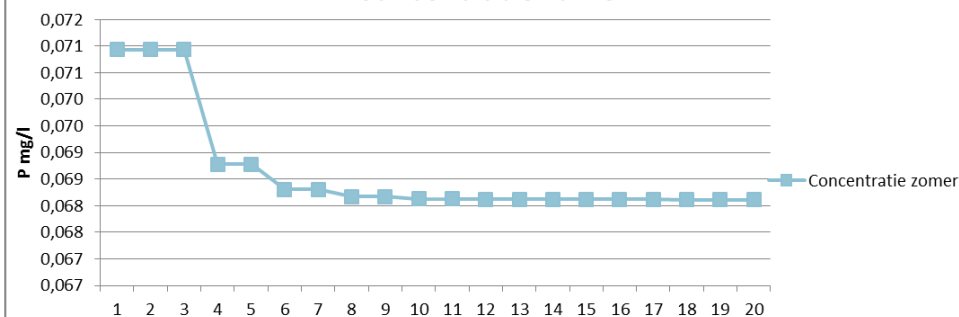
Maatlat	Huidige situatie KRW-sheet gemeten	Data gemeten	Bodemdiagnose berekend	Autonome ontwikkeling		GEP
				na 2 jaar	na 10 jaar	
Macrofauna	0,34		0,56	0,56	0,56	0,35
Macrofyten	0,1		0,48	0,48		0,35
Vis	0,51		0,42	0,42		0,25
Fytoplankton	0,39		0,49	0,49		0,3
Totaal fosfaat (zomergemiddelde) mg/l	0,07		0,07	0,07	0,07	0,09
Totaal stikstof (zomergemiddelde) mg/l	2		2,00	2,00	2,00	1,7
Doorzicht (zomergemiddeld) m	0,46		0,43	0,45	0,43	0,45
Risicozuurstofloosheid door slib	-	-	zeer hoog risico			

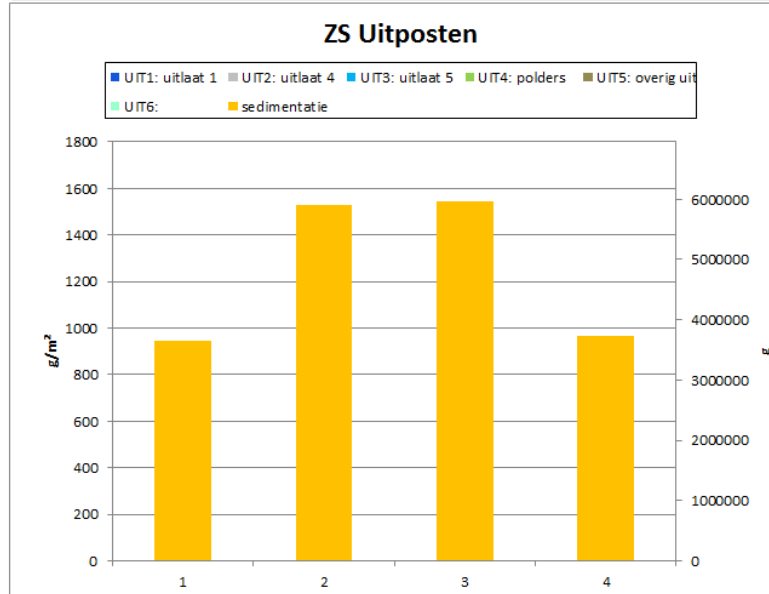
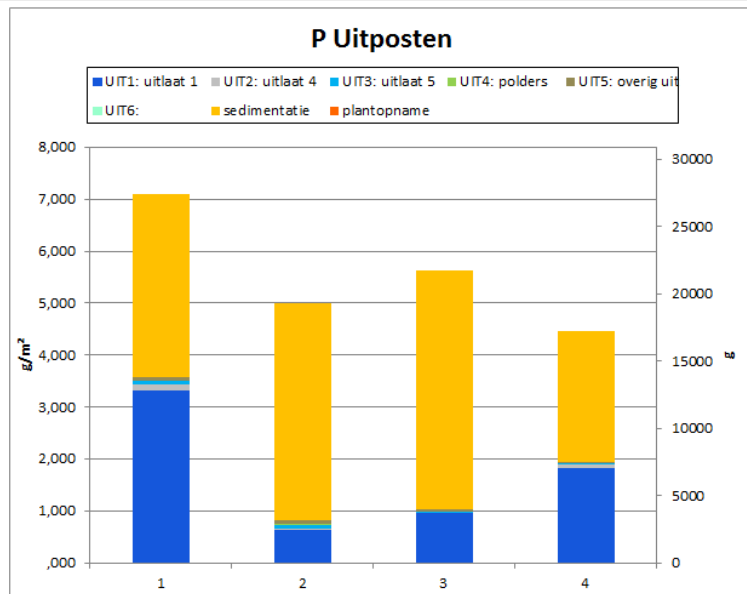
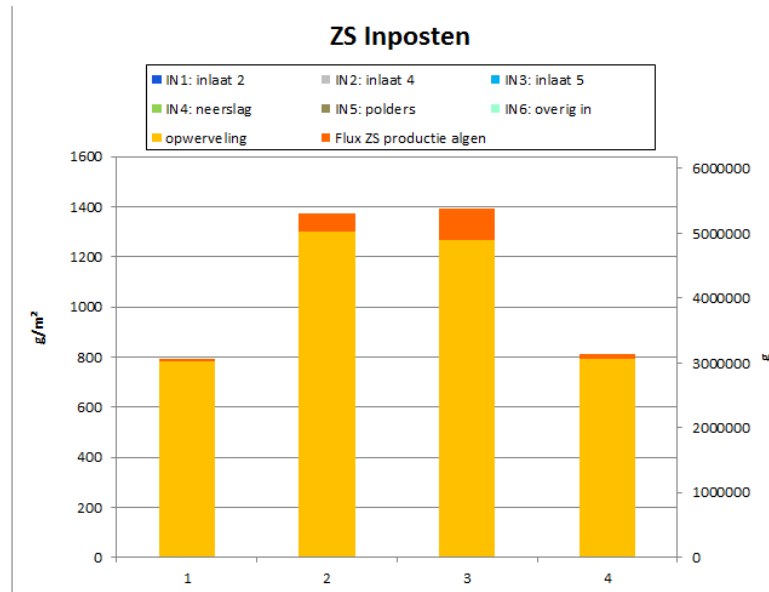
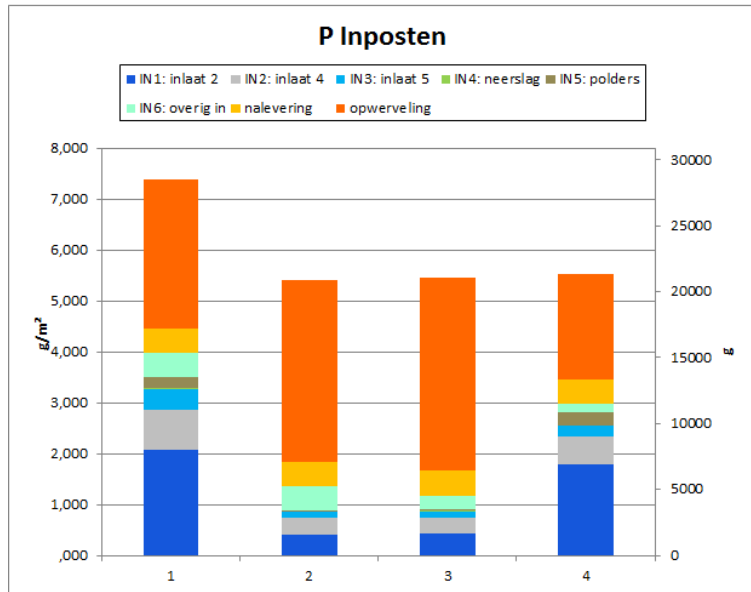
### Autonome ontwikkelingen

Voorraad bodem

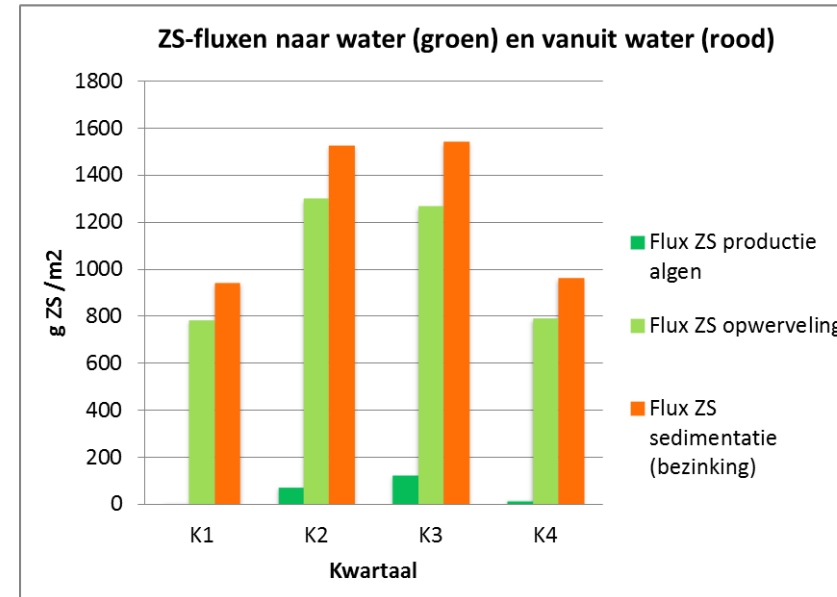
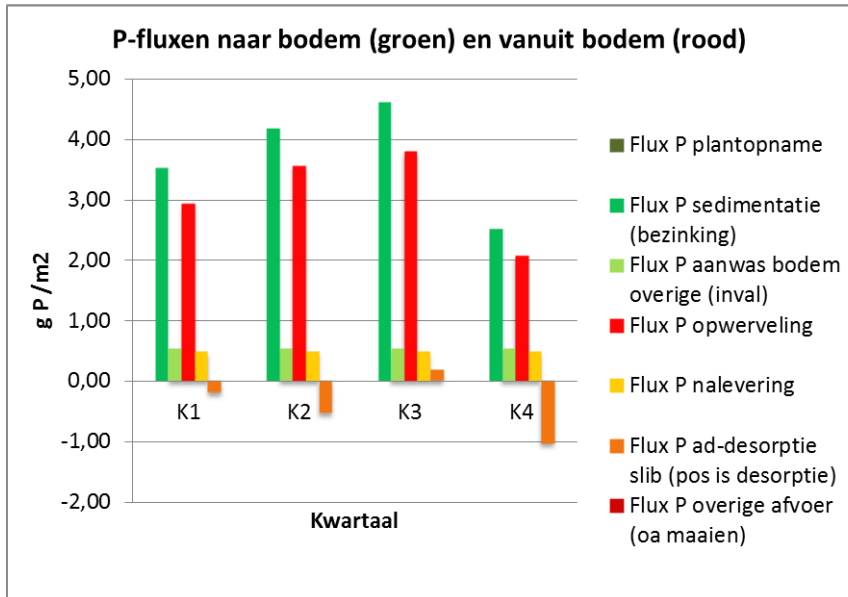
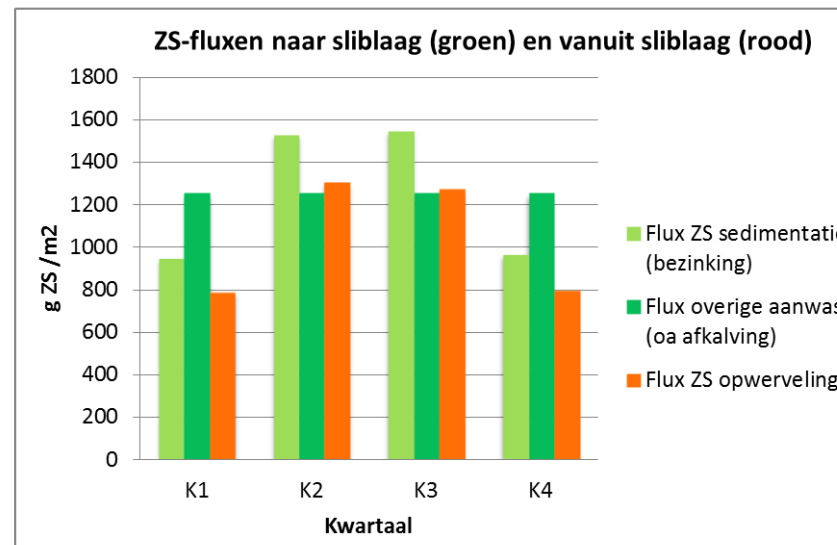
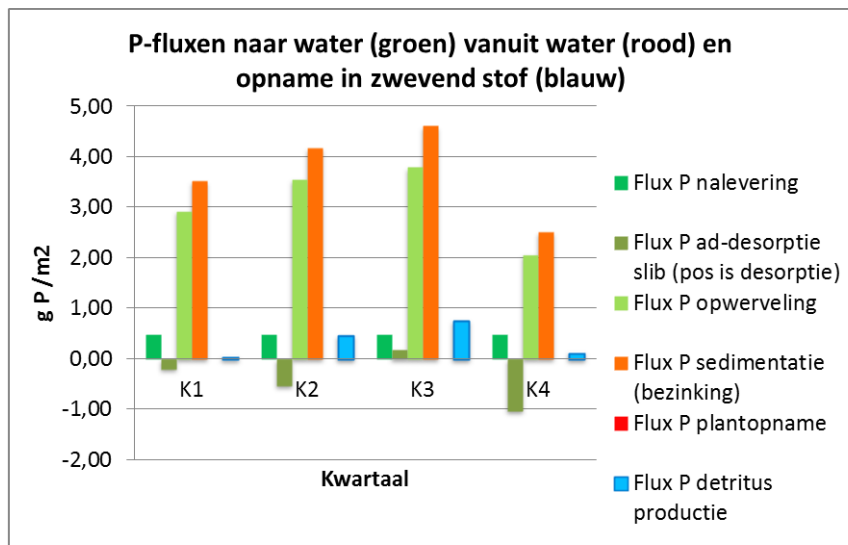


Concentratie zomer









## Bijlage 5 Slibdiagnose Izakswiid

### Bijlage 5.1 Invoer

			Huidige situatie			
<b>1. Algemeen</b>						
Naam systeem			Izakswiid			
Fosfaatbalans			ja			
Nitraatbalans			neerslag			
KRW type			M27	tbv berekenen		
Water systeem type			meer	EKR	tbv type watersysteem	
Specificatie			plassen		analyse	
Kwartaal			K1	K2	K3	K4
Oppervlakte watersysteem (opp. water)	m2		151400	151400	151400	151400
Dominante leggerdiepte	m		1,76			
gemiddelde waterdiepte	m		1,38			
KRW norm P (tbv nalevering)	mg/l		0,09	Indien je hier niks invoert wordt uitgegaan van een default norm (0.15 mg/l MTR)		
Norm doorzicht	m		0,60			
kritische belasting	g P/m2/j		0,20			
<b>2. Bodem</b>						
P-sed	g P /kg ds		1,3			
Fe-sed	g Fe /kg ds		27			
Of: P-sed / Fe-sed						
P-sed onder de sliblaag	g P /kg ds		0,71			
Kwartaal			K1	K2	K3	K4
Bodemvocht	mg P / l		0,41	0,41	0,41	0,41

Methode nalevering		Bodemvocht	
Dikte sliblaag	m	0,375	
organische externe belasting			
Type		bodem met slib	tbv bepalen risico zuurstofloosheid
stevigheid waterbodem		slap	tbv balans en maatregelen
stevigheid waterbodem onder sliblaag		slap	tbv balans en maatregelen
Matrix		veen	tbv balans en maatregelen
Matrix waterbodem onder sliblaag		veen	tbv balans en maatregelen
<b>3. Balansposten naamgeving</b>			
<b>Inposten</b>		posten invullen	suggestie
inpost 1	IN1:	neerslag	Inlaat
inpost 2	IN2:	kwel	Inlaat
inpost 3	IN3:	diffuus uit boezem	Inlaat
inpost 4	IN4:	berginsafname	Inlaat
inpost 5	IN5:		Neerslag
inpost 6	IN6:		
<b>uitposten</b>		posten invullen	suggestie
uitpost1	UIT1:	infiltratie	Inlaat
		diffuus naar	
uitpost2	UIT2:	boezem	Inlaat
uitpost3	UIT3:	bergingstoename	Inlaat
uitpost4	UIT4:		Inlaat
uitpost5	UIT5:		
uitpost6	UIT6:	verdamping	Verdamping

4. Balansposten		K1	K2	K3	K4				
In- en uitvoer concentratie of vracht	mg/l of kg/ kwartaal	vracht							
Posten waterbalans		debit (m3/kwartaal)				P-vracht (kg/kwartaal)			
		K1	K2	K3	K4	K1	K2	K3	K4
IN1: neerslag		41.120	12.627	59.939	37.562	2	1	3	2
IN2: kwel		0	0	0	0	0	0	0	0
IN3: diffuus uit boezem		0	42.960	0	0	0	3	0	0
IN4: berginsafname		0	7.570	7.570	0	0	0	0	0
IN5:									
IN6:									
UIT1: verdamping		9.485	9.485	9.589	9.589	0	1	2	1
UIT2: infiltratie		14.071	0	16.737	14.454	0	0	3	1
UIT3: diffuus naar boezem		7.570	0	0	7.570	0	0	0	0
UIT4: bergingstoename									
UIT5:									
UIT6:		9.995	53.672	41.184	5.949	0	0	0	0
restterm / sluitfout (pos = meer in dan uit) (check)	controle	0	0	0	0	2	3	-1	1
<b>5. Watersamenstelling (bij voorkeur kwartaalgegevens invullen)</b>		JAAR GEM	K1	K2	K3	K4			
Doorzicht (indien bekend)	m		0,96	0,74	0,27	0,62			
Chlorofyl	µg/l		15,63	32,29	333,94	56,22			
Anorganische zwevende deeltjes	mg/l								
Detritus	mg/l								
Concentratie zwevende stof	mg/l	28,04							
Concentratie P totaal	mg/l		0,02	0,06	0,16	0,06			
Concentratie P zwevend stof	mg/l		0,01	0,03	0,09	0,04			
Ortho P	mg/l		0,02	0,01	0,02	0,02			
Concentratie N totaal	mg/l								
Concentratie sulfaat in systeem	mg/l								

6. Kenmerken systeem		Welke parameters invullen? Nb het is mogelijk beruken in te voeren (bijv onderhoud = 1.2)		
BZV	mg O <sub>2</sub> /l	6,7	nee	zomergemiddelde
Chloride	mg Cl/l	58,9	nee	zomergemiddelde
Peildynamiek		2	ja	1=tegennatuurlijk 2=stabiel 3=natuurlijk
Connectiviteit		1	nee	1=geïsoleerd 2=periodiek geïsoleerd 3=open verbinding
Meandering		2	nee	1=recht+normprofiel 2=gestrekt+natuurlijker dwarsprofiel 3=zwak slingerend 4 =slingerend 5=vrij meanderend
Beschaduwing		1	nee	1=onbeschaduwd zonder ruigte op oevers 2=gedeeltelijk beschaduwd of ruigte op oever 3=grotendeels of geheel beschaduwd
Verstuwing		3	nee	1=sterk gestuwd zonder vistrappen 2=gestuwd met vistrappen 3=ongestuwd
Oeverinrichting		2	ja	1=beschoeid 2=steil 3=flauw/moerassig (NVO)
Scheepvaart		3	nee	1=intensief bevaren 2 = niet of nauwelijks bevaren
Onderhoud		2	nee	1=intensief 2=extensief
Aanwezigheid benthivore vis	kg/ha	140,5		--> zie ook maatregeleninvoer -->
Aantal schepen beroepsvaart	schepen/d	0		
Percentage van water wat wordt beïnvloed door beroepsvaart	fractie	0		
Aantal schepen recreatievaart	schepen/d	0		
Percentage van water wat wordt beïnvloed door recreatievaart	fractie	0		
Netto plant opname P obv kritische belasting of defaultwaarde)	g P/m <sup>2</sup> /jaar	0		
Afvoer P (dmv maaien, schonen)	g P/m <sup>2</sup> /jaar	0		
baggeraanwas (agv afkalving, erosie, bladval of veenafbraak)	g ds /m <sup>2</sup> /jaar	5.000		
P gehalte baggeraanwas(obv bladval, veen afbraak,	g/kg ds	0,42		

erosie oevers)

**7. Huidige situatie**

		KRW sheet	Meetdata	GEP
Macrofauna	EKR	0,46		0,6
Macrofyten	EKR	0,25		0,3
Vis	EKR	0,47		0,45
Fytoplankton	EKR	0,37		0,5
Totaal fosfaat (zomergemiddelde)	mg/l	0,15		0,09
Totaal stikstof (zomergemiddelde)	mg/l	2,1		1,8
Doorzicht (zomergemiddelde)	m	0,43		0,6



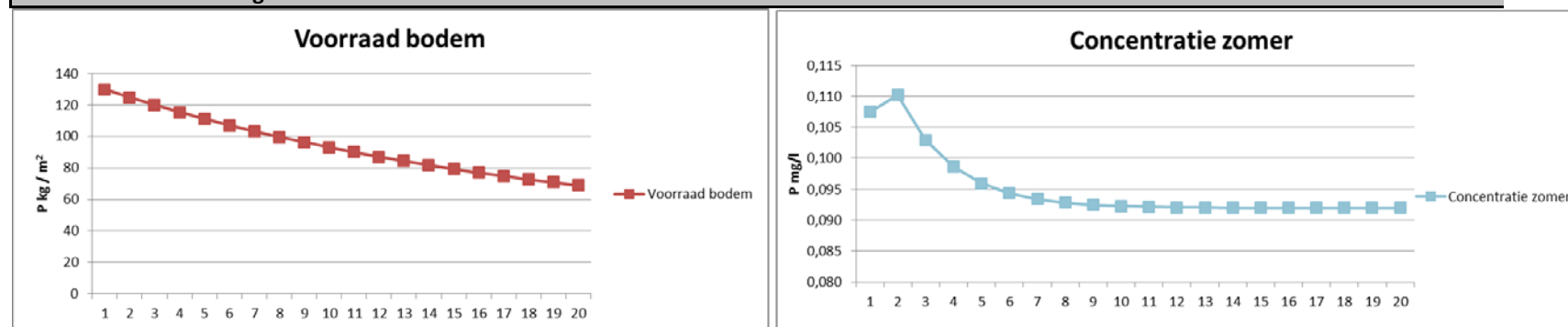


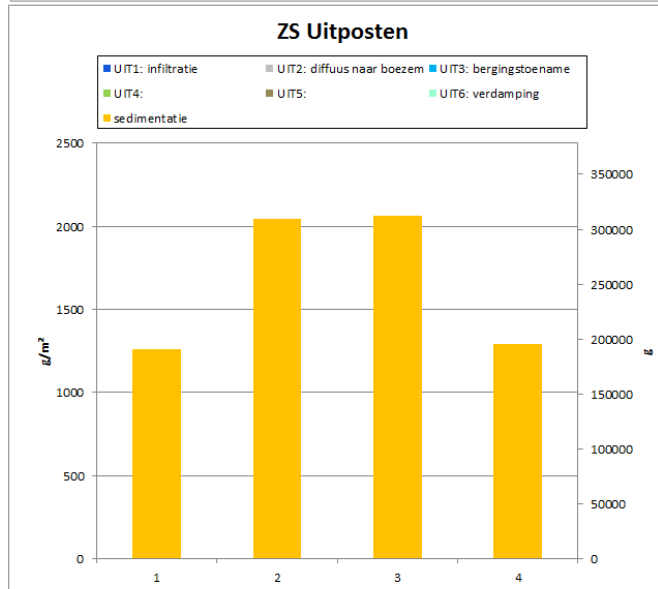
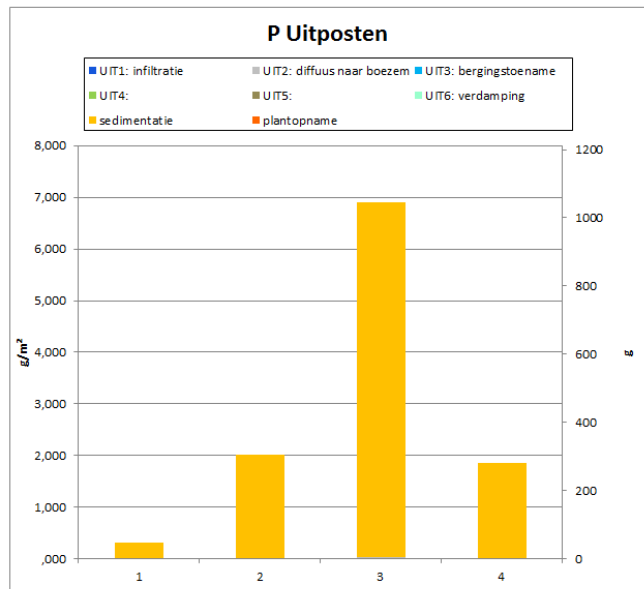
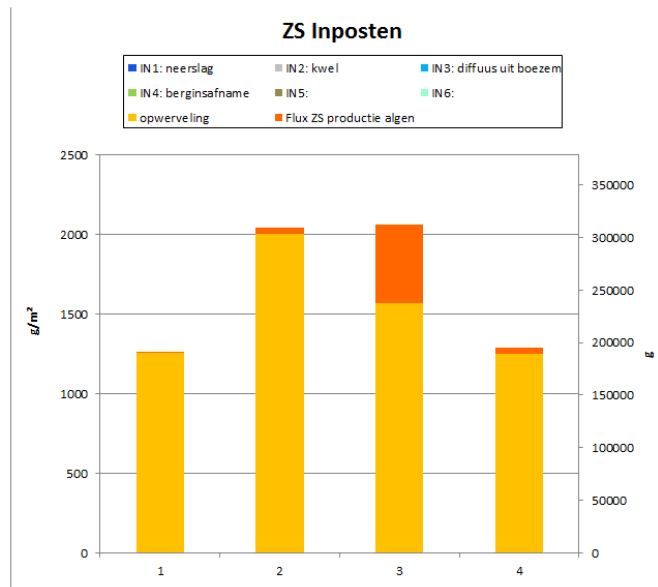
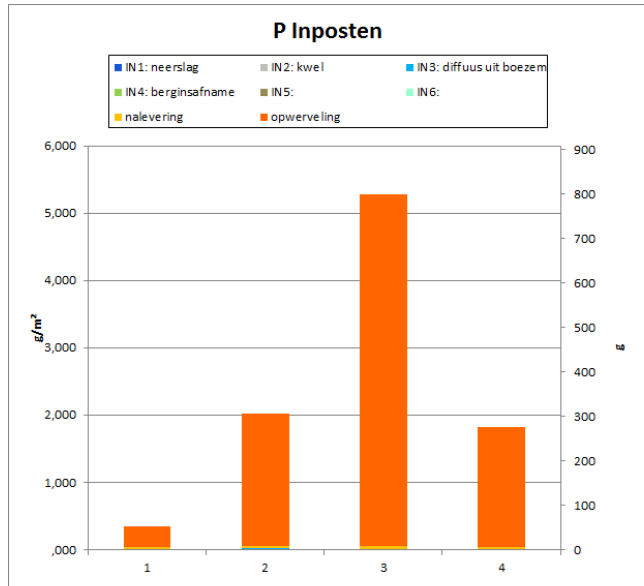
## Bijlage 5.2 Resultaten

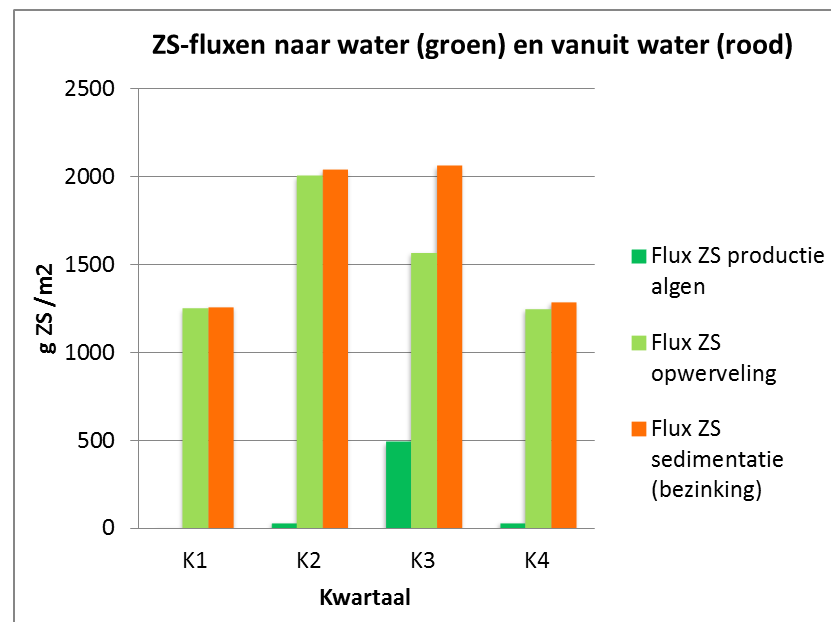
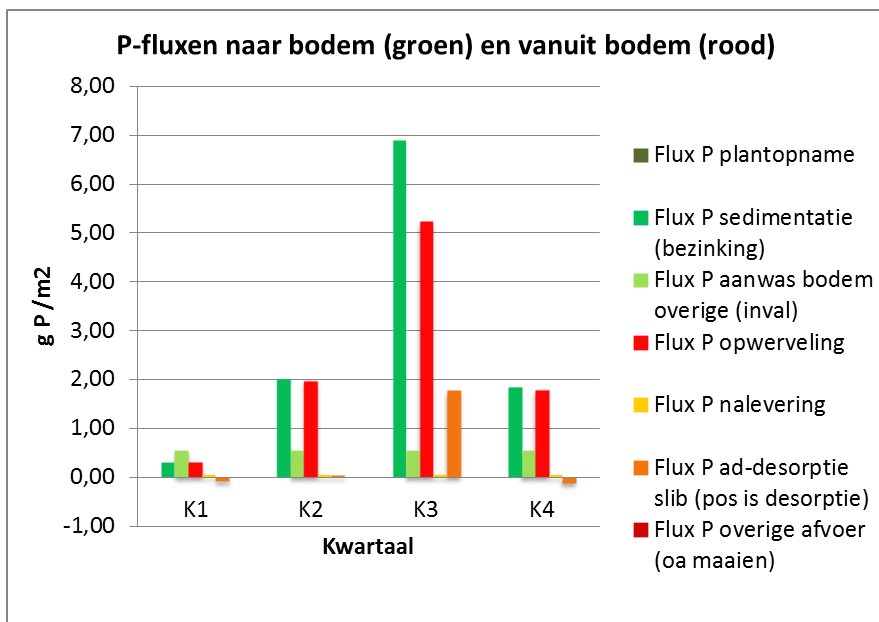
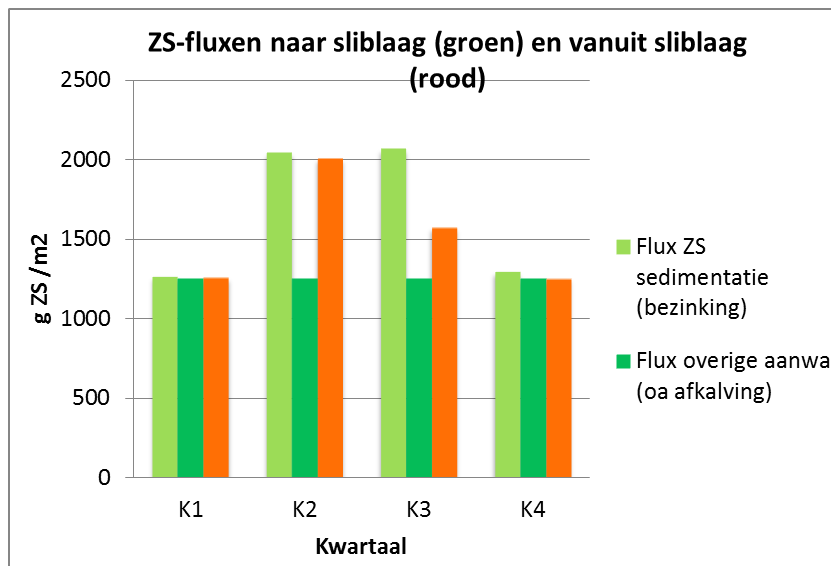
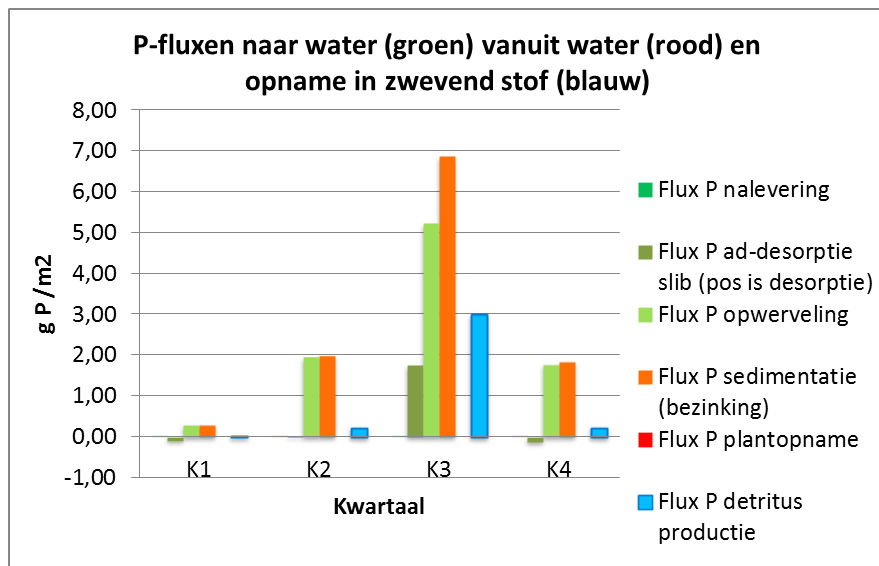
1e oordeel					
Izakswiid	Diagnose				
Potentie nalevering?	verwaarloosbaar				
doorzicht?	matig				
Chlorofyl	hoog				
1e oordeel	Geen BD: reduceer de externe belasting				
Interne en externe P belasting	jaargemiddeld/totaal	K1	K2	K3	K4
Interne belasting (% van totale belasting)	62,0	66,4	56,3	58,1	68,9
Externe belasting (% van totale belasting)	38,0	33,6	43,7	41,9	31,1
Interne belasting (absoluut in g P/m <sup>2</sup> )	0,12	0,03	0,03	0,03	0,03
Externe belasting (absoluut in g P/m <sup>2</sup> )	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Kritische belasting (absoluut in g P/m <sup>2</sup> )	0,20				
Verblijftijd (dagen)	546,30	604,13	376,27	730,15	608,02
Maatregelen					
Maatregel	Zinvol?				
Contact nutriënten waterbodem en oppervlaktewater afsnijden	ja in combinatie met baggeren				
Externe belasting omlaag	ja				
Vergroten P-bindingscapaciteit	ja				
Bron weghalen (baggeren)	ja in combinatie met afdekken				
Opwerveling beperkende maatregelen	ja				
Beijzering	PM				
Reductie sulfaat / bicarbonaat	nee				

Check concentraties		K1	K2	K3	K4
Berekend	P (mg/l)	0,02	0,06	0,16	0,06
Gemeten	P (mg/l)	0,02	0,06	0,16	0,06
Berekend	N (mg/l)	#DEEL/0!	#DEEL/0!	#DEEL/0!	#DEEL/0!
Gemeten	N (mg/l)	0	0	0	0
Berekend	Zwevend stof (mg/l)	28,04	28,04	28,04	28,04
Gemeten	Zwevend stof (mg/l)	28,04	28,04	28,04	28,04

Resultaten						
Maatlat	Huidige situatie KRW-sheet gemeten	Data gemeten	Bodemdiagnose berekend	Autonome ontwikkeling		GEP
				na 2 jaar	na 10 jaar	
Macrofauna	0,46		0,40	0,40	0,40	0,6
Macrofyten	0,25		0,41	0,41		0,3
Vis	0,47		0,42	0,42		0,45
Fytoplankton	0,37		0,49	0,49		0,5
Totaal fosfaat (zomergemiddelde) mg/l	0,15		0,11	0,09	0,08	0,09
Totaal stikstof (zomergemiddelde) mg/l	2,1		2,10	2,10	2,10	1,8
Doorzicht (zomergemiddeld) m	0,43		0,29	0,29	0,29	0,6
Risicozuurstofloosheid door slib	-	-	zeer hoog risico			







## Bijlage 6 Slibdiagnose 8-mêd-IJverlân

### Bijlage 6.1 Invoer

1. Algemeen		Huidige situatie			
Naam systeem		8 mêd-IJverlân			
Fosfaatbalans		ja			
Nitraatbalans		nee			
KRW type		M27	tbv berekenen EKR		
Water systeem type		meer	tbv type watersysteem analyse		
Specificatie		plassen	tbv bepalen risico zuurstofloosheid		
Kwartaal		K1	K2	K3	K4
Oppervlakte watersysteem (opp. water)	m2	26496,03645	26496,03645	26496,03645	26496,03645
Dominante leggerdiepte	m	1,56			
gemiddelde waterdiepte	m	0,81			
KRW norm P (tbv nalevering)	mg/l	0,09	Indien je hier niks invoert wordt uitgegaan van een default norm (0.15 mg/l MTR)		
Norm doorzicht	m	0,60			
kritische belasting	g P/m2/j	0,20			
2. Bodem					
P-sed	g P /kg ds	1,5			
Fe-sed	g Fe /kg ds	35			
Of: P-sed / Fe-sed					
P-sed onder de sliblaag	g P /kg ds	1,3			
Kwartaal		K1	K2	K3	K4
Bodemvocht	mg P / l	0,39	0,39	0,39	0,39
Methode nalevering		Bodemvocht			

Dikte sliblaag organische externe belasting	m	0,75	
Type		bodem met slib	tbv bepalen risico zuurstofloosheid
stevigheid waterbodem		slap	tbv balans en maatregelen
stevigheid waterbodem onder sliblaag		slap	tbv balans en maatregelen
Matrix		veen	tbv balans en maatregelen
Matrix waterbodem onder sliblaag		veen	tbv balans en maatregelen
<b>3. Balansposten naamgeving</b>			
<b>Inposten</b>		posten invullen	suggestie
inpost 1	IN1:	kwel	
inpost 2	IN2:	neerslag in vanuit boezem	
inpost 3	IN3:		
inpost 4	IN4:		
inpost 5	IN5:		
inpost 6	IN6:		
<b>uitposten</b>		posten invullen	suggestie
uitpost1	UIT1:	infiltratie	
uitpost2	UIT2:	verdamping uit naar boezem	
uitpost3	UIT3:		
uitpost4	UIT4:		
uitpost5	UIT5:		
uitpost6	UIT6:		

4. Balansposten		K1	K2	K3	K4				
In- en uitvoer concentratie of vracht	mg/l of kg/ kwartaal	vracht							
Posten waterbalans		debit (m3/kwartaal)				P-vracht (kg/kwartaal)			
		K1	K2	K3	K4	K1	K2	K3	K4
IN1: kwel		7.196	2.210	10.490	6.574	0	0	1	0
IN2: neerslag		0	0	0	0	0	0	0	0
IN3: in vanuit boezem		119.483	70.179	74.904	121.510	18	5	6	12
IN4:									
IN5:									
IN6:									
UIT1: infiltratie		1.749	9.393	7.207	1.041	0	0	0	0
UIT2: verdamping		1.678	1.660	1.678	1.678	0	0	0	0
UIT3: uit naar boezem		123.252	61.336	76.509	125.365	19	3	18	13
UIT4:									
UIT5:									
UIT6:									
restterm / sluitfout (pos = meer in dan uit) (check)	controle	0	0	0	0	0	2	-11	0
<b>5. Watersamenstelling (bij voorkeur kwartaalgegevens invullen)</b>		JAAR GEM	K1	K2	K3	K4			
Doorzicht (indien bekend)	m		0,38	0,40	0,43	0,54			
Chlorofyl	µg/l		14,42	70,00	57,00	24,60			
Anorganische zwevende deeltjes	mg/l								
Detritus	mg/l								
Concentratie zwevende stof	mg/l	17,88							
Concentratie P totaal	mg/l		0,15	0,05	0,23	0,10			
Concentratie P zwevend stof	mg/l		0,08	0,04	0,09	0,05			
Ortho P	mg/l		0,08	0,01	0,14	0,05			
Concentratie N totaal	mg/l								
Concentratie sulfaat in systeem	mg/l								



6. Kenmerken systeem		Welke parameters invullen? Nb het is mogelijk beruken in te voeren (bijv onderhoud = 1.2)		
BZV	mg O <sub>2</sub> /l	4,3	nee	zomergemiddelde
Chloride	mg Cl/l	85,0	nee	zomergemiddelde
Peildynamiek		2	ja	1=tegennatuurlijk 2=stabiel 3=natuurlijk
Connectiviteit		3	nee	1=geïsoleerd 2=periodiek geïsoleerd 3=open verbinding
Meandering		2	nee	1=recht+normprofiel 2=gestrekt+natuurlijker dwarsprofiel 3=zwak slingerend 4 =slingerend 5=vrij meanderend
Beschaduwing		1,5	nee	1=onbeschadwd zonder ruigte op oevers 2=gedeeltelijk beschadwd of ruigte op oever 3=grotendeels of geheel beschadwd
Verstuwing		3	nee	1=sterk gestuwd zonder vistrappen 2=gestuwd met vistrappen 3=ongestuwd
Oeverinrichting		2	ja	1=beschoeid 2=steil 3=flauw/moerassig (NVO)
Scheepvaart		2	nee	1=intensief bevaren 2 = niet of nauwelijks bevaren
Onderhoud		2	nee	1=intensief 2=extensief
Aanwezigheid benthivore vis	kg/ha	140,5		--> zie ook maatregeleninvoer -->
Aantal schepen beroepsvaart	schepen/d	0		
Percentage van water wat wordt beïnvloed door beroepsvaart	fractie	0		
Aantal schepen recreatievaart	schepen/d	0		
Percentage van water wat wordt beïnvloed door recreatievaart	fractie	0		
Netto plant opname P obv kritische belasting of defaultwaarde)	g P/m <sup>2</sup> /jaar	0,17		
Afvoer P (dmv maaien, schonen)	g P/m <sup>2</sup> /jaar g ds	0		
baggeraanwas (agv afkalving, erosie, bladval of veenafbraak)	/m <sup>2</sup> /jaar	10.000		
P gehalte baggeraanwas(obv bladval, veen afbraak, erosie oevers)	g/kg ds	4,50		

7. Huidige situatie			KRW sheet	Meetdata	GEP
Macrofauna	EKR		0,46		0,6
Macrofyten	EKR		0,25		0,3
Vis	EKR		0,47		0,45
Fytoplankton	EKR		0,37		0,5
Totaal fosfaat (zomergemiddelde)	mg/l		0,15		0,09
Totaal stikstof (zomergemiddelde)	mg/l		2,1		1,8
Doorzicht (zomergemiddelde)	m		0,43		0,6

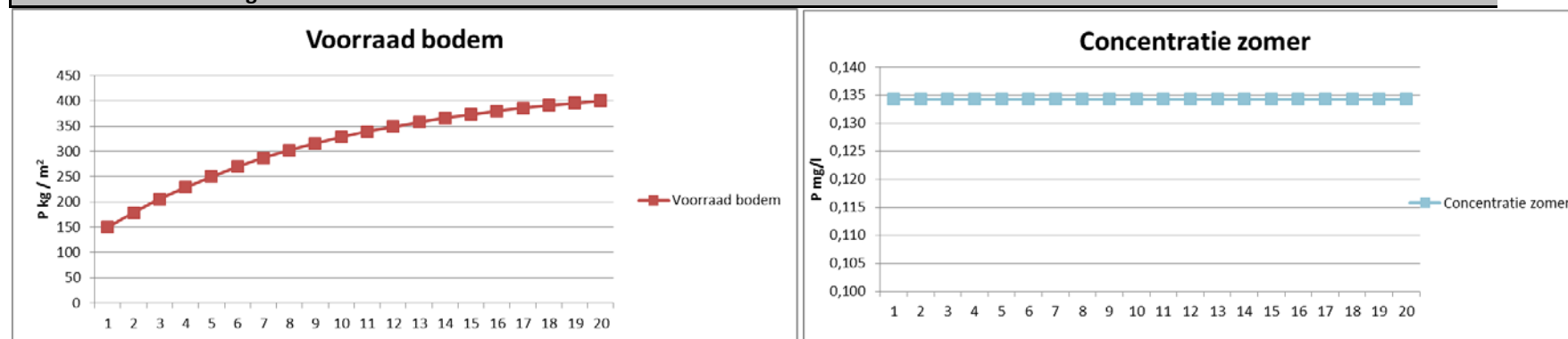


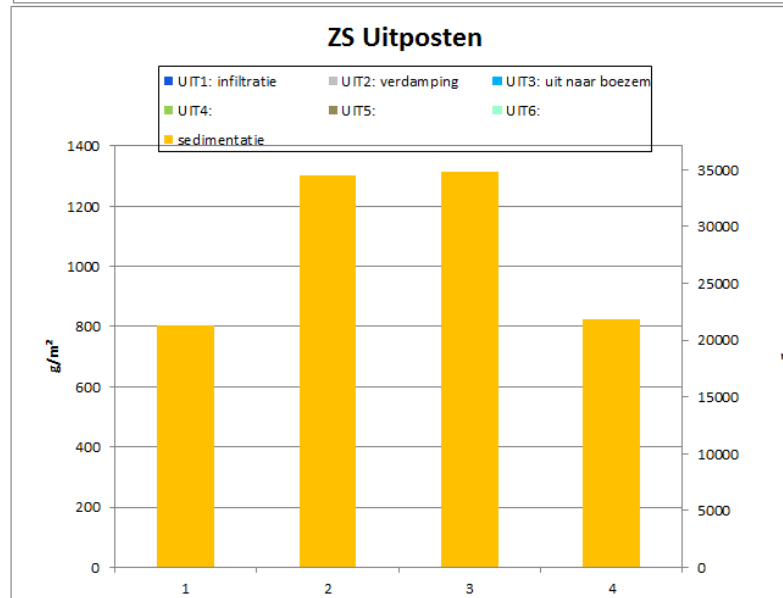
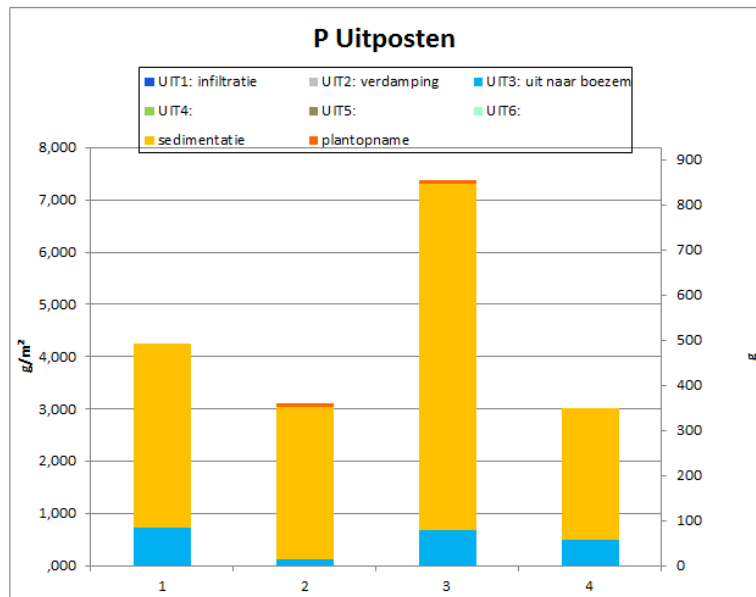
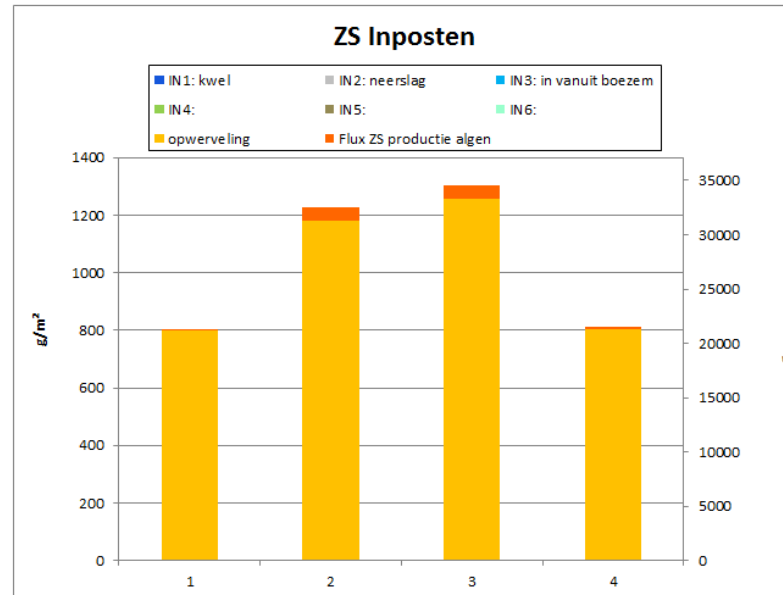
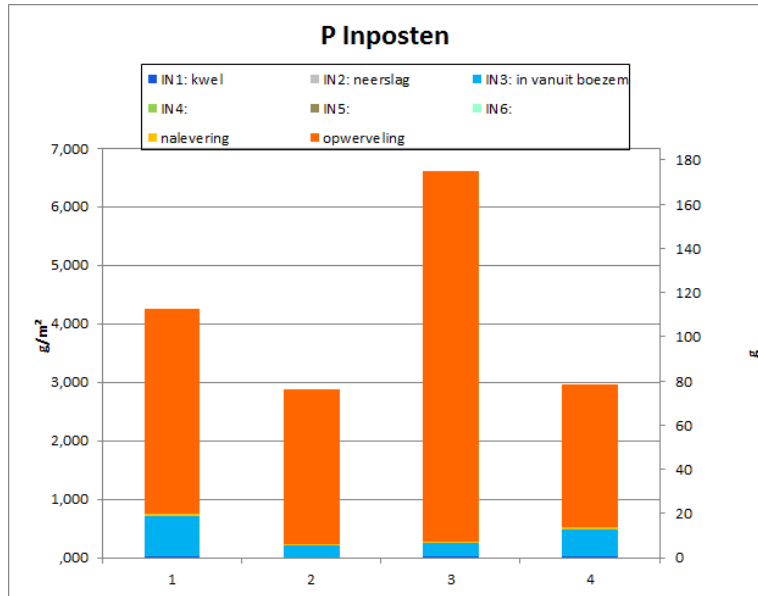
## Bijlage 6.2 Resultaten

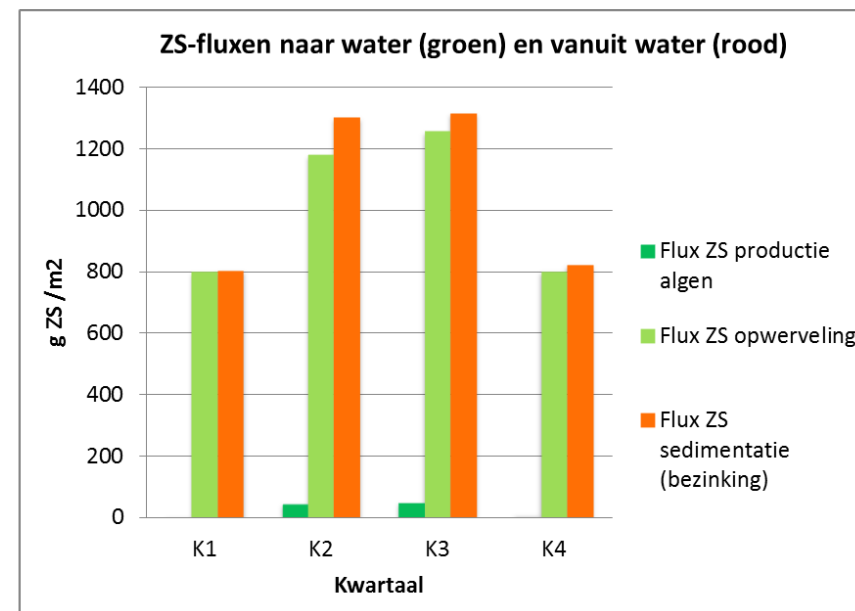
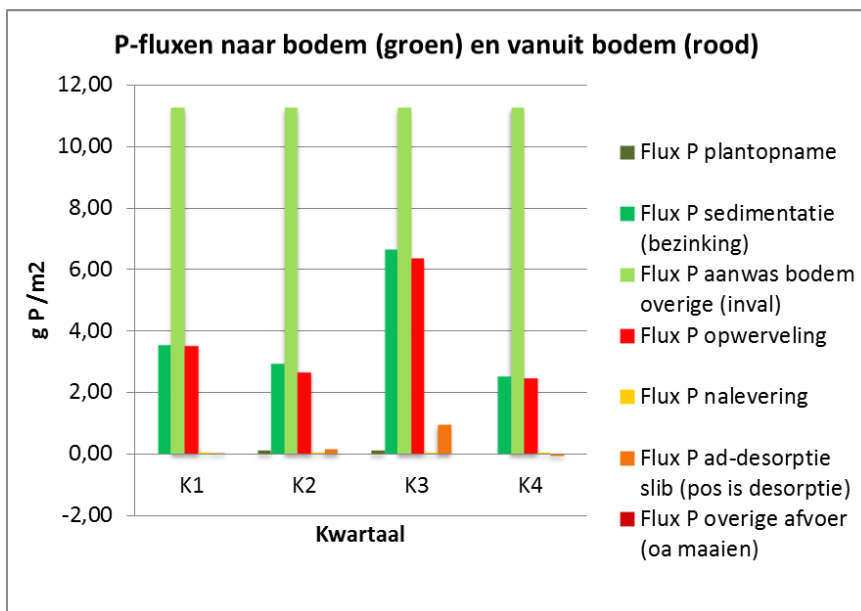
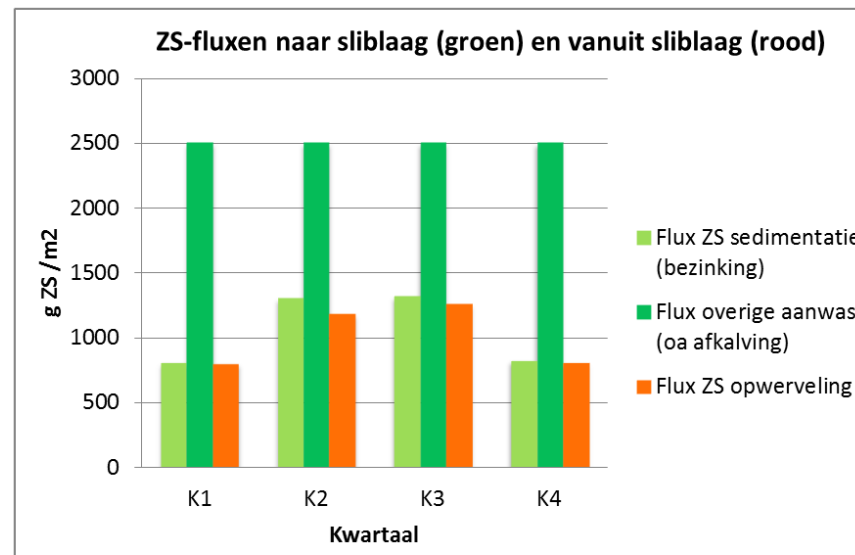
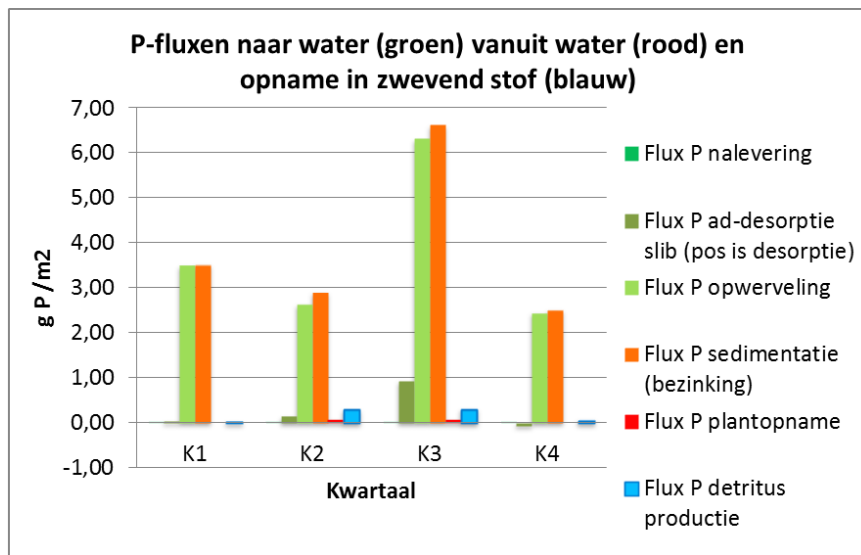
1e oordeel					
Med-Ijverlân	Diagnose				
Potentie nalevering?	verwaarloosbaar				
doorzicht?	troebel				
Chlorofyl	hoog				
1e oordeel	Geen BD: waterbodem is niet de oorzaak eutrofiering				
Interne en externe P belasting	jaargemiddeld/totaal	K1	K2	K3	K4
Interne belasting (% van totale belasting)	6,8	4,0	12,7	10,9	5,9
Externe belasting (% van totale belasting)	93,2	96,0	87,3	89,1	94,1
Interne belasting (absoluut in g P/m <sup>2</sup> )	0,12	0,03	0,03	0,03	0,03
Externe belasting (absoluut in g P/m <sup>2</sup> )	1,6	0,7	0,2	0,2	0,5
Kritische belasting (absoluut in g P/m <sup>2</sup> )	0,20				
Verblijftijd (dagen)	19,30	15,45	27,61	23,59	15,62
Maatregelen					
Maatregel	Zinvol?				
Contact nutriënten waterbodem en oppervlaktewater afsnijden	nee				
Externe belasting omlaag	ja				
Vergroten P-bindingscapaciteit	nee				
Bron weghalen (baggeren)	nee				
Opwerveling beperkende maatregelen	ja				
Beijzering	PM				
Reductie sulfaat / bicarbonaat	nee				

Check concentraties		K1	K2	K3	K4
Berekend	P (mg/l)	0,16	0,01	0,26	0,08
Gemeten	P (mg/l)	0,15	0,05	0,23	0,10
Berekend	N (mg/l)	#DEEL/0!	#DEEL/0!	#DEEL/0!	#DEEL/0!
Gemeten	N (mg/l)	0	0	0	0
Berekend	Zwevend stof (mg/l)	17,88	17,88	17,88	17,88
Gemeten	Zwevend stof (mg/l)	17,875	17,875	17,875	17,875

Resultaten						
Maatlat	Huidige situatie KRW-sheet gemeten	Data gemeten	Bodemdiagnose berekend	Autonome ontwikkeling		GEP
				na 2 jaar	na 10 jaar	
Macrofauna	0,46		0,40	0,40	0,40	0,6
Macrofyten	0,25		0,41	0,41		0,3
Vis	0,47		0,42	0,42		0,45
Fytoplankton	0,37		0,35	0,35	0,35	0,5
Totaal fosfaat (zomergemiddelde) mg/l	0,15		0,13	0,13	0,13	0,09
Totaal stikstof (zomergemiddelde) mg/l	2,1		2,10	2,10	2,10	1,8
Doorzicht (zomergemiddeld) m	0,43		0,47	0,47	0,47	0,6
Risicozuurstofloosheid door slib	-	-	zeer hoog risico			







## Colofon

# BAGGERNUT

## Watersysteemanalyse

### **OPDRACHTGEVER:**

Wetterskip Fryslân

### **STATUS:**

Vrijgegeven

### **AUTEUR:**

M. Bloemerts  
E. Tietema  
H. van de Weerd

### **GECONTROLEERD DOOR:**

H. van de Weerd

### **VRIJGEGEVEN DOOR:**

S. Boland

29 oktober 2012  
076311807:C

ARCADIS NEDERLAND BV  
Beaulieustraat 22  
Postbus 264  
6800 AG Arnhem  
Tel 026 3778 911  
Fax 026 3515 235  
www.arcadis.nl  
Handelsregister 9036504

©ARCADIS. Alle rechten voorbehouden. Behoudens uitzonderingen door de wet gesteld, mag zonder schriftelijke toestemming van de rechthebbenden niets uit dit document worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, digitale reproductie of anderszins.