



polder	bemalingsgebied (ha)	type gemaal	bouwjaar	capaciteit m <sup>3</sup> /minuut	polderpeil voor het gemaal	capaciteit m <sup>3</sup> per ha per uur
Flappevaart	1263	twee open schroefpompen	1973	1 x 45 1 x 51	-1,7 m NAP	4,56
Suawoude-Oost	196	gesloten schroefpomp	1985	16	-2,2 m NAP	4,89
Soest	130	gesloten schroefpomp	2008	20	-1,5 m NAP	9,23

Tabel 1. Enkele karakteristieken van de drie polders en de bijbehorende gemalen.

kanaal lozen een communale en industriële zuivering effluent en drie poldergemalen slaan er overtollig water op uit. De twee zwemlocaties in het Bergumermeer (dagrecreatieterrein Burgumer Mar aan de westkant en zwemwater Eastermar aan de zuidoostkant) kampen met enige regelmaat met kwaliteitsproblemen. Op afbeelding 1 is dit gebied met de twee zuiveringen en de drie polders weergegeven: de Soestpolder, polder Flappevaart en polder Suawoude-Oost. De bijbehorende gemalen liggen alle ten noorden van het Prinses Margrietkanaal. De Soestpolder en polder Flappevaart bestaan grotendeels uit zandgrond met een klein gedeelte veen; de laagst gelegen

polder Suawoude-Oost bestaat grotendeels uit veengrond met een klein gedeelte zand. Tabel 1 geeft enkele kentallen voor de polders en de gemalen. Het Soestgemaal is kort geleden vernieuwd en heeft ten opzicht van de grootte van de polder de meeste capaciteit (negen kubieke meter per uur per hectare). Gemaal Flappevaart heeft twee pompen. Gemaal Suawoude moet het water het meest omhoog pompen en bij boezemstreefpeil (-0,52 m NAP) een verschil van 1,68 m overbruggen.

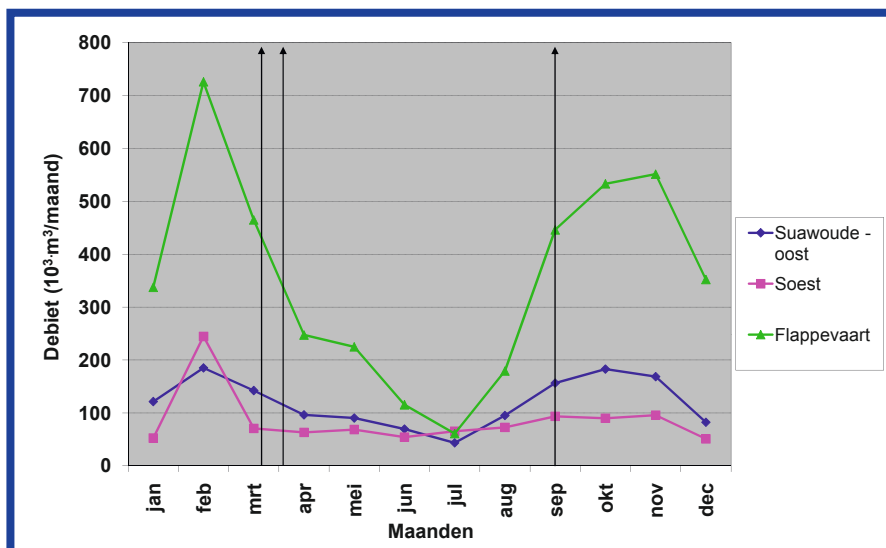
### Meetprogramma

In 2010 is een meetprogramma uitgevoerd bij de gemalen. Hierbij zijn nutriënten,

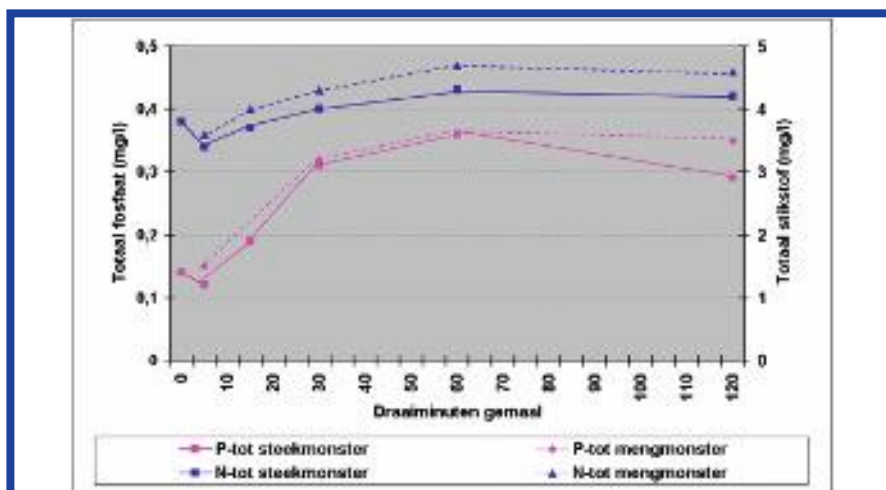
hormoonachtige stoffen en bacteriën (*E. coli*) in het uitgemalen polderwater bepaald. Bij de drie gemalen vond een wisselend pakket van bemonstering en analyse plaats. Allereerst zijn drie momenten voor bemonstering gekozen. Alle bemonsteringen vonden plaats aan de polderkant en in de hoofdaanvoer op korte afstand van het gemaal.

- Op 23 maart 2010 zijn alle drie polder-vaarten met steekmonsters onderzocht op veldparameters, nutriënten, hormonen, bacteriën en is de waterbodembemonsterd;
- Op 12 april beperkte het onderzoek zich tot de Flappevaart met bepaling van de veldparameters en nutriënten. Er zijn op zes achtereenvolgende momenten watermonsters genomen, eerst bij een niet werkend gemaal en daarna vijf keer bij een werkend gemaal. Dat levert watermonsters op voor 0, 5, 15, 30, 60 en 120 minuten na het starten van het gemaal;
- Op 23 september is het bemonsterings- en analyseprogramma van april op twee locaties herhaald. Tijdens deze bemonstering zijn bij de gemalen Flappevaart en Suawoude de watermonsters om 0, 10 en 20 minuten genomen na het starten van de gemalen. Daarna stonden de gemalen een uur stil. Deze serie is aansluitend drie maal herhaald. Dat leverde het volgende pomppatroon op van de werking van het gemaal in minuten na de eerste start: 0-20 aan, 20-80 uit, 80-100 aan, 100-160 uit, 160-180 aan, 180-240 uit, 240-260 aan.

Afb. 2: Debieten van de drie gemalen in 2010, uitgedrukt in kubieke meter per maand. De pijlen geven de datum aan van de bemonsteringen.



Afb. 3: Verloop van de gehalten totaalfosfaat en totaalstikstof, vanaf stilstand en tijdens werken van het gemaal Flappevaart gedurende twee uur (12 april 2010).



Voor de beoordeling van de metingen en voor de impact op het boezemwater is het zinvol om (naast de concentraties) ook de polder- en gemaalkarakteristieken (debieten) te beschouwen. Afbeelding 2 geeft daar een beeld van over 2010. De concentratie van nutriënten vermenigvuldigd met het debiet van uitgeslagen water bepaalt immers de vracht op het boezemwater.

### Kwaliteit uitgemalen polderwater

Bij de eerste bemonstering in maart is een analyse uitgevoerd van bacteriën (*E. coli*) en enkele hormoonachtige stoffen. Deze laatste zijn niet boven de detectiegrens aangetroffen. Ook de hoeveelheid bacteriën gaf geen aanleiding voor nader onderzoek. In april en september is het onderzoek daarom beperkt tot de nutriënten.

Van de Flappevaart zijn de resultaten van 12 april voor fosfaat en stikstof weergegeven in afbeelding 3. Bij deze bemonstering is het verloop van de nutriëntengehalten in de tijd gevolgd. De resultaten laten zien dat bij dit gemaal de fosfaat- en stikstofgehalten het

eerste half uur stijgen. Tijdens de volgende 90 minuten is er geen verdere stijging meer en blijven de nutriënten op hetzelfde hogere niveau, hoger dan bij een niet werkend gemaal.

In de watermonsters zijn naast totaalfosfaat en totaalstikstof ook de opgeloste, voor algen en planten gemakkelijk opneembare, fracties gemeten. Hoewel orthofosfaat en ammonium plus nitraat globaal het patroon volgen van respectievelijk totaalfosfaat en totaalstikstof, is er een aanzienlijk verschil tussen de totaal- en opgeloste concentratieniveaus. Dit betekent dat de fracties organisch, gebonden fosfaat en stikstof in het polderwater groot zijn. Met het uitmalen van polderwater worden blijkaar ook slibdeeltjes en organische stof uitgemalen en daarmee ook veel (aan die slibdeeltjes en organische stof gebonden) nutriënten. De resultaten voor september zijn samengevat in tabel 2.

Op basis van de bevindingen bij gemaal Flappevaart in april is besloten de metingen uit te breiden en het gemaal tussentijds uit te zetten om te zien of de nutriëntengehalten weer (snel) dalen naar het aanvangsniveau voordat het gemaal aanstond. Hiertoe is het gemaal drie keer een uur stil gezet. De afbeeldingen 4 en 5 geven de gevonden resultaten voor Flappevaart en Suawoude in september. Bij het aanzetten van de gemalen stijgen de nutriëntengehalten in korte tijd.

Voor fosfaat is die stijging duidelijk. Bij Suawoude is het verloop van stikstof in de eerste 20 minuten onduidelijk, waarschijnlijk omdat het gehalte al hoog was op moment 0. Na het stoppen van het bemalen dalen de nutriëntenconcentraties. Voor fosfaat is het patroon duidelijker dan voor stikstof. Bij Suawoude daalt het fosfaatgehalte tot beginwaarden. Stikstof vertoont een meer grillig verloop. Bij de Flappevaart dalen de waarden van de nutriënten minder; dit geldt vooral voor fosfaat.

In september zijn de fosfaatgehalten bij Flappevaart veel hoger dan bij Suawoude (vergelijk afbeeldingen 3 en 4). Bij het aanzetten van het gemaal stijgt ook het gehalte van het orthofosfaat; dit gebeurt niet bij het gemaal Suawoude. Bij Suawoude is het uitgeslagen fosfaat vrijwel geheel organisch gebonden; bij de Flappevaart vormt orthofosfaat ruim de helft van het gehalte totaalfosfaat, ook bij een werkend gemaal. Anders dan voor fosfaat liggen de stikstofgehalten vanuit beide polders dicht bij elkaar. Ruim de helft van het gehalte (totaal)stikstof lijkt organisch gebonden te zijn. Dit is in dezelfde orde van grootte als voor fosfaat.

### Vrachten

In tabel 3 zijn de fosfaat- en stikstofvrachten voor 23 september 2010 weergegeven, berekend voor de situatie bij het in werking zijn van het gemaal en bij een stilstaand gemaal (deze laatste vracht is uiteraard nul, doch theoretisch berekend relevant voor vrachtbepalingen en balansstudies, uitgaande van separaat gemeten nutriënten-

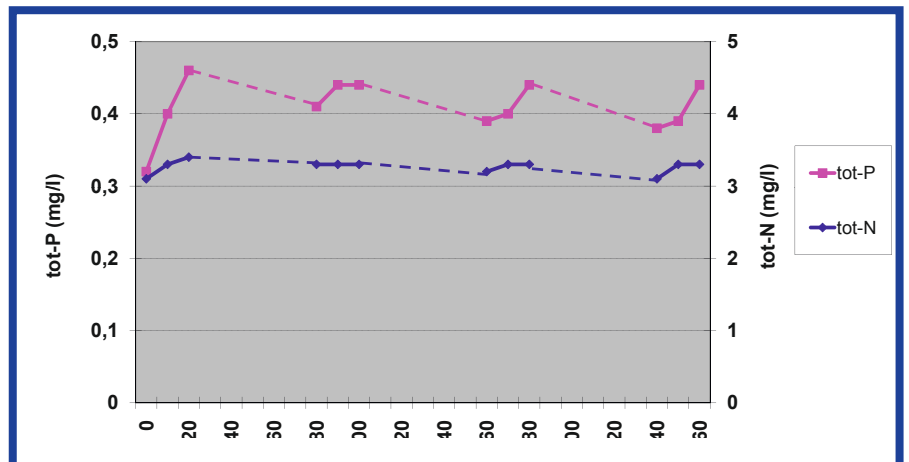
Poldervaart	Flappevaart		Suawoude-Oost	
	mg/l	%	mg/l	%
parameter				
totaalfosfaat	0,44	100	0,25	100
orthofosfaat	0,28	64	0,04	16
organisch gebonden fosfaat	0,16	36	0,13	84
totaalstikstof	3,30	100	3,30	100
NH <sub>4</sub> + NO <sub>3</sub> + NO <sub>2</sub>	1,39	42	1,32	40
organisch gebonden stikstof	1,91	58	1,98	60

Tabel 2. Gehalten en percentages totaalstikstof en totaalfosfaat en de opgeloste fracties (23 september 2010, na 260 minuten bemalen).

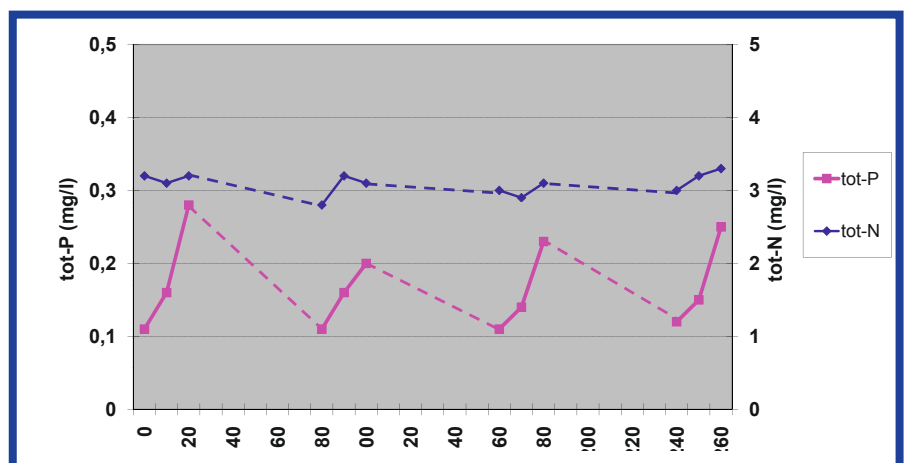
vracht	Flappevaart (1263 ha)		Suawoude-Oost (196 ha)	
	kg	g/ha	g	g/ha
fosfaat stilstaand	5,1	4	0,5	3
fosfaat werkend	6,0	5	1,1	6
stikstof stilstaand	42,9	34	13,7	70
stikstof werkend	44,9	36	14,5	74

Tabel 3. Nutriëntenvracht uit de polders Flappevaart en Suawoude-Oost op basis van de concentraties totaalfosfaat en totaalstikstof bij een stilstaand (theoretisch resultaat) en een werkend gemaal voor 23 september 2010.

Afb. 4: Verloop van de gehalten totaalfosfaat en totaalstikstof tijdens het werken en stilstaan van het gemaal Flappevaart (23 september 2010).



Afb. 5: Verloop van de gehalten totaalfosfaat en totaalstikstof tijdens het werken en stilstaan van het gemaal Suawoude (23 september 2010).





**Gemaal Flappevaart.**

concentraties en debieten). Voor de berekeningen zijn de gemiddelden genomen van de vier monsters bij stilstaand gemaal en van de vier monsters nadat het gemaal steeds 20 minuten draaide. Voor totaalstikstof zijn de verschillen beperkt. Voor totaalfosfaat echter worden grote verschillen waargenomen: bijna 20 procent meer voor polder Flappevaart en meer dan een verdubbeling voor polder Suawoude. Verder valt op dat de uitgemalen fosfaatvracht per hectare in beide polders orde van grootte gelijk is. Voor stikstof echter is die vracht in de veenpolder Suawoude-Oost twee keer zo groot als in de zandpolder Flappevaart. Dergelijke vrachtberekeningen kunnen - geëxtrapoleerd naar de hele maand september of bij meerdere fosfaat- en stikstofbemonsteringen naar het gehele jaar - worden uitgevoerd. Daarbij dienen dan ook de wisselende debieten (zie afbeelding 2) betrokken te worden.

### Conclusies

De resultaten van dit verkennend onderzoek duiden er op dat bemonstering van polderwater nabij gemalen in perioden van niet werkende pompen een (voor fosfaat aanzienlijke) onderschatting kan opleveren van de polderbijdrage aan nutriënten naar de boezem. De verschillen tussen de steekmonsters en de mengmonsters zijn niet groot; opmerkelijk is wel dat de mengmonsters steeds meer nutriënten bevatten dan de steekmonsters. De hiervoor genoemde onderschatting van de polderbijdrage bij bemonstering bij stilstaande gemalen treedt ook nog op indien bij werkende gemalen steekmonsters in plaats van mengmonsters worden genomen. Mengmonsters geven dan een realistisch beeld van de nutriëntenbelasting op de boezem.

Uit dit onderzoek kunnen enkele voorlopige conclusies worden getrokken:

- Er is een aanzienlijk verschil in fosfaatconcentraties bij een stilstaand of werkend gemaal (zie afbeeldingen 3, 4 en 5);
- Er is een aanzienlijk verschil tussen polders onderling (zie afbeeldingen 4 en 5), samenhangend met grondsoort en organisch gebonden fracties nutriënten;



**Gemaal Soest.**

- Er is een concentratieverschil tussen meetmomenten in het jaar (vergelijk Flappevaart in april en september, afbeeldingen 3 en 4);
- Die gemeten concentratieverschillen bij stilstaand of werkend gemaal vertalen zich in vrachten (zie tabel 3), die in een veenpolder voor fosfaat een factor 2 kunnen verschillen.

Het verdient aanbeveling dit verkennend onderzoek uitgebreider te herhalen en te verifiëren. De inrichting van het watersysteem (nabij het gemaal), grondsoort en het type en de werking van het gemaal zijn daarbij belangrijke aspecten.

### Nabeschuiving

Polders leveren een belangrijke, zo niet de belangrijkste bijdrage van nutriënten naar de Friese boezem. Verhinderen dat dit water op de boezem komt is onmogelijk. Binnen de polders kunnen maatregelen getroffen worden om die nutriëntenlast te beperken, zoals bemestingsvrije zones langs waterlopen. Ook retentie van nutriënten in de polders door zuivering in de haarvaten (anders dan verwijdering in de gemalen) lijkt perspectiefvol. Verruiming van de toevoertaar(en) naar de gemalen is gewenst om voldoende buffer te hebben vlak voor het gemaal. Met natuurvriendelijke oevers wordt meteen een aanvullende KRW-opgave gerealiseerd en met extra berging een NBW-opgave. Om de retentie van nutriënten in de polder verder te optimaliseren (vergroten), zou ook een nadere verkenning kunnen plaatsvinden of extra (automatische) stuwen of anderszins barrières in de watergangen (bijvoorbeeld in de vorm van onder-waterdrempels) zinvol zijn. Onduidelijk is of nutriënten zich dan (blijvend) ophopen in de poldervaarten.

Retentie van nutriënten in de gemalen lijkt nauwelijks haalbaar, gezien de grote hoeveelheden water die vaak in korte tijd onder hoge turbulentie moeten worden verwerkt.

Rest het zoeken naar aanpassingen van het bemalingsregime van de poldergemalen of naar aanpassingen van de gemalen, alsmede naar een optimale verhouding tussen capaciteit van het gemaal, grootte



**Gemaal Suawoude Oost.**

van de polder en dimensionering van de toevoertaar naar het gemaal. Theoretisch zou het voor de hier beschouwde problematiek gunstig zijn als er een gemaal is met kleine pompcapaciteit en een grote toevoertaar. Het vergroten van de toevoertaar naar het gemaal lijkt veelal wel mogelijk. Dit vergroot tevens de bergingscapaciteit in de polder en heeft een toegevoegde ecologische waarde. Een bemalingsregime met een kleinere amplitude tussen in- en uitslagpeil levert op dat het gemaal vaker aanslaat, maar tussentijds ook vaker stilstaat. Daarmee zou het fenomeen, zoals getoond in de afbeeldingen 4 en 5, bereikt kunnen worden. Als dat zo uitpakt, kan dat leiden tot een verlaagde nutriëntenuitslag naar de boezem.

### LITERATUUR

- 1) De Boorder N., J. Griffioen en W. Twisk (2010). Gemalen en zuivering: een logische combinatie? Deltares.
- 2) Gemeente Tytsjerksteradiel en Wetterskip Fryslân (2008). Projectvoorstel om te komen tot innovatieve en kosteneffectieve KRW-maatregelen.
- 3) Projectgroep Wetterlân (2011). Wetterlân, KRW-innovatieproject voor zuiverend gemaal en nazuivering afvalwater.
- 4) Voort J., D. Wind en J. Buma (2011). De haalbaarheid van waterzuivering bij poldergemalen. H<sub>2</sub>O nr. 1, pag. 14-16.