

Kroos in de oude binnenstad van Delft

Analyse van oorzaak en oplossingsrichting

Onderzoeksrapport



Hoogheemraadschap van
Delfland



Kroos in de oude binnenstad van Delft

Analyse van oorzaak en oplossingsrichting



Auteur

E.P. Raaphorst

Betrokkenen

A. Boele

J. van Es

H. Hangelbroek

J. van der Hoeven

F. Keijzer

J. de Koning

N. van der Marel

F. Vogelaar

Status

Definitief

Datum

16-1-2017

Foto's omslag en titelpagina: J. van Es

Inhoud

1. Samenvatting.....	3
2. Inleiding	4
2.1 Achtergrond.....	4
2.2 Probleembeschrijving.....	4
2.3 Doel van deze rapportage	5
2.4 Kader	5
2.5 Leeswijzer	5
3. Verwijderingsproef met de waterkering van de binnenstad	6
3.1 Aanleiding.....	6
3.2 Doel	6
3.3 Methode.....	6
3.4 Resultaten.....	7
3.5 Conclusie	10
3.6 Discussie	10
3.7 Aanbevelingen.....	11
4. Data-analyse kroosbedekking routinemeetnet Delfland	13
4.1 Aanleiding.....	13
4.2 Doel	13
4.3 Methode.....	13
4.4 Resultaten.....	15
4.5 Conclusie	22
4.6 Discussie	23
4.7 Aanbevelingen.....	23
5. Kroos uit gemalen – een kort onderzoek.....	24
5.1 Aanleiding.....	24
5.2 Doel	24
5.3 Methode.....	24
5.4 Resultaten.....	25
5.5 Conclusie	27
5.6 Discussie	28
5.7 Aanbevelingen.....	28
6. Synthese van de analyses	30

6.1 Conclusie	30
6.2 Discussie	30
6.3 Oplossingsrichting	31
7. Literatuur	32
Bijlagen	33
Bijlage 1 – maalstaat verwijderingsproef binnenstad Delft	33
Bijlage 2 – maalstaten proef uit gemalen.....	34

1. Samenvatting

Dit rapport beschrijft een onderzoek waarin is gezocht naar de oorzaak van de kroosoverlast in de binnenstad van Delft, en kijkt op basis van die oorzaak naar mogelijke oplossingsrichtingen.

In de grachten van de binnenstad van Delft en het omliggende Rijn-Schiekanaal wordt al een aantal jaren overlast ondervonden van overmatige aanwezigheid van kroos. Dit levert jaarlijks klachten op, met een piek in de warme zomer van 2016. Om invulling te geven aan deze klachten is besloten om in de vorm van een proef met behulp van het gemaal van de binnenstad en de stuwen van de hoogwaterkering, het kroos naar één locatie te verplaatsen en daar te verwijderen. In de twee dagen tijd waarin deze proef heeft gedraaid is een hoeveelheid kroos verwijderd die, hoewel klein vergeleken met het totaal aanwezige kroos in de binnenstad, wel een zichtbaar resultaat gaf op enkele grachten. Kroos dat van elders over het Rijn-Schiekanaal naar Delft toe kwam leidde echter tot het besluit om op dat moment niet verder te gaan met de proef. Wel werd uit de proef duidelijk in hoeverre het inzetten van deze methode gebruikt kan worden voor het aanpakken van kroos in de binnenstad.

Waarnemingen gedaan bij de proef leidden weer tot de vraag hoe het kroosdek in de Delftse grachten zich precies ontwikkeld. Door middel van een gegevensanalyse zijn inzichten opgedaan over de opkomst van kroosdekken op verschillende watertypen, bij verschillende nutriëntengehaltes en in detail in en om de binnenstad van Delft. Hieruit is naar voren gekomen dat het kroos dat zich in Delft bevindt voor een groot deel is aangevoerd van elders. Aanvullend is gekeken naar de relatie tussen kroos en het zuurstofgehalte, en hieruit kwam naar voren dat onder een kroosdek het zuurstofgehalte gemiddeld ongeveer 3 mg/l is, terwijl dat bij afwezigheid van kroos ongeveer 7 mg/l is. Met 3 mg/l komt het zuurstofgehalte onder de norm van 5 mg/l en, en zodoende vormt het een bedreiging voor de ecologie.

Een mogelijke aanvoerweg van kroos is via gemalen die het kroos vanuit polders opmalen op de boezem, vanwaar het zich richting Delft verplaatst. Om dit te toetsen zijn enkele gemalen bezocht, en is met behulp van een krooscherm het kroos dat eventueel werd uitgemalen opgevangen. Op deze manier is vastgesteld dat in ieder geval 1 van de 3 bezochte gemalen kroos naar de boezem kan opmalen. Daarmee vormen gemalen zeker een potentiële aanvoerroute van kroos op de boezem.

Om het kroos in de binnenstad aan te pakken zijn zodoende verschillende oplossingsrichtingen gegeven, elk met hun eigen voor- en nadelen. De proef met het binnenstadsgemaal kan een meer structurele vorm krijgen, wat vooral de duur van de overmatige kroosbedekking in de binnenstad kan verkorten. Dit betekent dat er wel een grote hoeveelheid kroos moet worden afgevoerd. Kroos kan uit de binnenstad geweerd worden, bijvoorbeeld met drijfbalken, maar dit beperkt bijvoorbeeld weer scheepvaartbewegingen, en biedt geen oplossing voor het omliggende Rijn-Schiekanaal. Ook kan er een meer brongerichte aanpak worden ontwikkeld, door kroos bijvoorbeeld bij de gemalen aan te pakken, of door te voorkomen dat er groei in de polders ontstaat. De eerste is voor de korte termijn mogelijk een haalbare oplossing, maar vereist nog wel verder onderzoek. De tweede is wellicht geschikt als vergezicht, maar op korte termijn niet heel relevant voor de grachten van Delft.

2. Inleiding

2.1 Achtergrond

In ieder geval sinds een aantal jaar is de oude binnenstad van Delft het toneel van een overmatige aanwezigheid van kroosdekken. Ook in 2016 ontstond deze situatie weer, waarbij een groot deel van de grachten, en ook (een deel van) het Rijn-Schiekanaal rondom Delft bedekt raakte met een kroosdek. Meestal ontstaat deze situatie in augustus of september, en de situatie duurt een maand of twee.

2.2 Probleembeschrijving

Kroos blokkeert lichtinval en isoleert het water van zuurstofuitwisseling met de lucht. Daardoor kan, wanneer een kroosdek langere tijd het oppervlak afdekt, de waterkwaliteit sterk negatief beïnvloed worden. Bij gebrek aan zuurstofuitwisseling met de atmosfeer en zuurstofproductie door planten, neemt het zuurstofgehalte in het water sterk af waardoor waterdieren (zoals vis, allerlei insecten, kreeftachtigen en dergelijke) moeten vluchten of sterven. Zonder zonlicht kunnen planten geen voedingsstoffen aanmaken en sterven zelf af. Door het zuurstoftekort wordt de nalevering van voedingsstoffen uit de bodem groter en heeft het kroos nog meer voeding voor zijn groei. Wanneer een watergang jaarlijks bedekt raakt met kroos kan er geen ecologische vooruitgang plaatsvinden, doordat de ontwikkeling telkens wordt terug gezet naar vrijwel nul. Dit resulteert dan weer in 'dood' water waar nog maar weinig leeft.

Naast effecten op de waterkwaliteit leidt kroos ook vaak tot klachten bij inwoners. De beleving van het water neemt sterk af en er kan een stanklucht ontstaan. Boten ondervinden veel weerstand van het kroos, lokale uitbaters kunnen waterfietsen en roeiboten niet meer verhuren doordat er niet tegen het kroos in te fietsen en roeien valt, en de motor van boten kan beschadigd raken doordat het koelsysteem verstopt raakt. Voor kinderen en huisdieren kan het kroosdek zelfs gevaarlijk zijn, doordat het kroosdek wordt aangezien voor grasveld en betreden wordt, met alle gevolgen van dien (zie figuur 1).

Grote hoeveelheden kroos kan een effect hebben op het waterkwantiteitsbeheer, doordat het de afvoer van water kan hinderen. Een (indirect) voorbeeld daarvan heeft zich afgespeeld op de locatie in figuur 1 (eigen waarneming auteur). Doordat er een kroosdek op het water kwam te liggen, stierven waterplanten die er al groeiden af. Vervolgens verstopten de resten waterplanten massaal de afvoerende duiker.



Figuur 1: Waterpartij volledig bedekt door kroos; foto door P. Jol

De hier benoemde problemen van kroos spelen ook in en om centrum van Delft wanneer alles bedekt raakt met kroos. In 2016 zijn voor dit gebied alleen al tientallen meldingen binnengekomen bij het Klantcontactcentrum van Delfland. Daarbij kan gezegd worden dat veel burgers hun klachten over kroos niet laten horen vanuit een gevoel dat 'er toch niets aan gedaan wordt'. Hoewel er

algemeen bekende omstandigheden zijn die verantwoordelijk zijn voor het optreden van extreme kroosgroei, zoals hoge nutriëntenlast in het water, is de precieze achtergrond van de kroosoverlast in de grachten van Delft en het Rijn-Schiekanaal, en de mogelijkheden om hiervoor tot een oplossing te komen, niet eerder uitgebreid onderzocht. Het heersende denkbeeld onder waterbeheerders is dat kroos aanpakken niets meer is dan dweilen met de kraan open. Daarom wordt het veelal als niet zinvol beschouwd. De gemeente Den Haag en Delfland zijn sinds 2014 bezig met een pilot waarin kroos actief wordt bestreden, en waaruit blijkt dat het wel degelijk zinvol kan zijn om kroos actief aan te pakken. In het licht van dit nieuwe inzicht is het ook zinvol om de situatie op een boezemsysteem als in centrum Delft nader te bekijken.

2.3 Doel van deze rapportage

Om het kroosprobleem in de binnenstad van Delft in kaart te brengen, is een drietal onderzoeken uitgevoerd. Deze rapportage beschrijft de resultaten van deze onderzoeken, en zoekt in een synthese van de resultaten naar oorzaken en mogelijkheden voor een aanpak van dit kroosprobleem.

2.4 Kader

Deze onderzoeken, en het daaruit volgende rapport, vallen onder meerdere kaders. Allereerst was de actualiteit van het kroosprobleem, met als gevolg klachten van inwoners en vragen van bestuurders van Delfland, de aanleiding om het onderzoek te initiëren. Daarnaast vormt kroos een bedreiging voor een goede (ecologische) waterkwaliteit, en vanuit die optiek vervult deze rapportage een rol in het verbeteren van de waterkwaliteit onder het programma Stedelijk Water en Watersysteem. Tot slot is kroosbeleid genoemd als een (KRW)maatregel in de bestuursovereenkomst Schoon en Gezond Water 2016 – 2021, en de resultaten van dit onderzoek kunnen bij de uitwerking en besluitvorming hiervan een bijdrage vormen.

2.5 Leeswijzer

Hoofdstuk 1 geeft een korte samenvatting van de achtergronden, uitgevoerde onderzoeken en conclusies.

Hoofdstuk 2 schetst waarom de analyse in dit rapport is uitgevoerd, geeft het doel en de kaders, en voorziet in deze leeswijzer.

Hoofdstukken 3 tot en met 5 beschrijven, in de vorm van subrapporten, de onderzoeken die zijn uitgevoerd om de vraagstelling te beantwoorden. Deze subrapporten zijn beschreven in de vorm van een aanleiding, doel van het onderzoek, methode, de resultaten, een conclusie, discussie en aanbevelingen.

Hoofdstuk 6 pakt de conclusies en discussies van de onderzoeken samen in een overkoepelende conclusie en discussie, en geeft daar uit volgend oplossingsrichtingen aan.

In hoofdstuk 7 staan literatuurbronnen waarnaar verwezen wordt.

In de bijlagen zijn gegevens te vinden als aanvulling op wat in hoofdstuk 3 tot en met 5 beschreven is.

3. Verwijderingsproef met de waterkering van de binnenstad

3.1 Aanleiding

In augustus 2016 is net als in de jaren ervoor de situatie ontstaan dat de binnenstad van Delft vol is komen te liggen met kroos. Ongeveer de helft van de grachten was voor 75% tot 100% bedekt met kroos. Onder andere na het jaarlijks evenement 'Het Varend Corso' kwamen er klachten binnen waarin werd aangegeven dat het kroosdek als overlast gevend ervaren werd. Door de vele klachten ontstond er op bestuurlijk niveau binnen Delfland en gemeente Delft aandacht voor de situatie. Om te proberen de situatie te verbeteren is het besluit genomen om bij wijze van proef met behulp van de hoogwaterkering van de binnenstad van Delft het kroos te verzamelen en bij het gemaal af te voeren.

3.2 Doel

Het doel van de proef was het inzichtelijk maken of het mogelijk is met het gemaal Duyvelsgatbrug en het sluiten van verschillende stuwen en afsluiters het kroos dat zich in de binnenstad bevindt op één punt te verzamelen, zodat het daar verwijderd kan worden.

3.3 Methode

Om het kroos in beweging te brengen zijn alle stuwen van de hoogwaterkering van de binnenstad omhoog gezet/gesloten met uitzondering van de meest zuidelijke stuw (stuw Achterom). Met het gemaal Duyvelsgatbrug is het water in beweging gezet. Hierdoor ontstond stroming over een traject in de binnenstad van zuid naar noord. In figuur 3 is de situatie weergegeven. Bij het gemaal is het kroos door een kraan verwijderd.

De proef is uitgevoerd op donderdag 18 en vrijdag 19 augustus 2016. Omdat vooraf niet volledig te voorspellen was wat er zou gebeuren, is er enkel overdag gedraaid, tussen 9:00 en 16:00 uur. Na het weekend was er een evaluatiemoment om vast te stellen of het zinvol zou zijn om verder te gaan.

De conclusie op dinsdag 23 augustus was dat het op dat moment niet zinvol meer was om de proef te vervolgen omdat een grote hoeveelheid kroos zich over de Schie richting Delft verplaatst had, en zodoende is gestopt na 2 maaldagen.

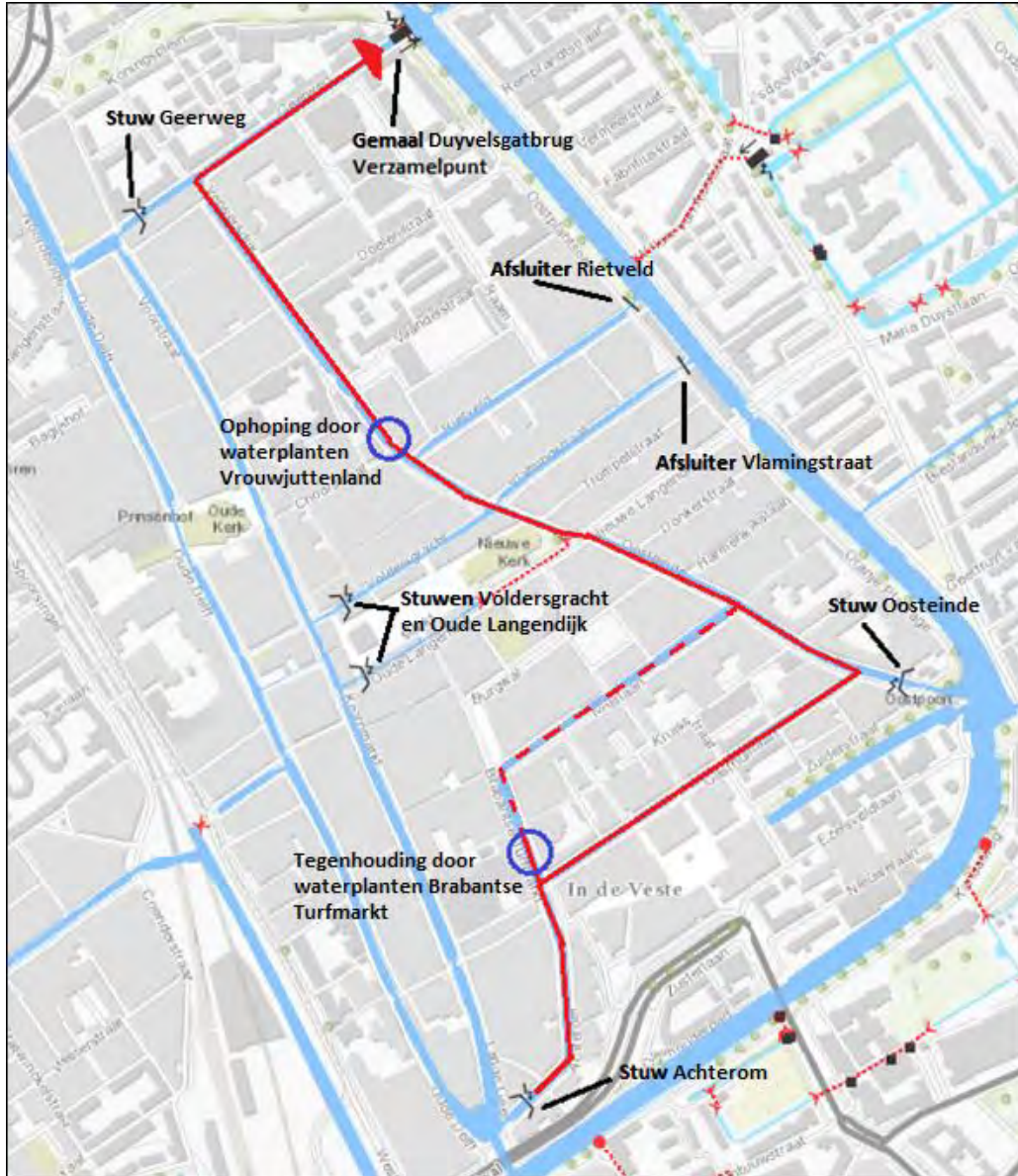
Tijdens de proef kwam naar voren dat er op enkele plekken kroos aan het oppervlak opstroomde en niet meer verder kon (zie figuur 2), doordat waterplanten de watergang blokkeerden. Dit is met 2 blauwe cirkels op de kaart aangegeven. De noordelijkste locatie is op de 18^e halverwege de draaidag opgeruimd door een aannemer. De zuidelijke is niet aangepakt omdat op het westelijk deeltraject net na de splitsing, dat hierdoor geblokkeerd werd, weinig kroos lag. Via het oostelijke traject kon kroos wel gewoon verder verplaatst worden.

Op het begin van de tweede dag is korte tijd de meest westelijke stuw (stuw Geerweg) in plaats van stuw Achterom open gezet, om een ander traject in beweging te brengen. Omdat dit niet direct het gewenste effect had is na korte tijd de situatie van de 1^e dag weer ingesteld.



Figuur 2: bij de nieuwe kerk, links op de foto stromend kroos, terwijl het rechts op de foto opgestroomt is; foto door J. van Es

Om te monitoren welk effect het doorspoelen precies heeft op het kroos, zijn er een aantal veldopnames gemaakt. De eerste opname is achteraf ingevuld op basis van foto's en is van de ochtend voordat het doorspoelen is gestart. De andere 3 opnames betreffen veldbezoeken en zijn gemaakt tegen het eind van de draaidag (opname 2 en 3) en 4 dagen na de proef (opname 4). Maalstaten van het gemaal zijn opgenomen in bijlage 1.

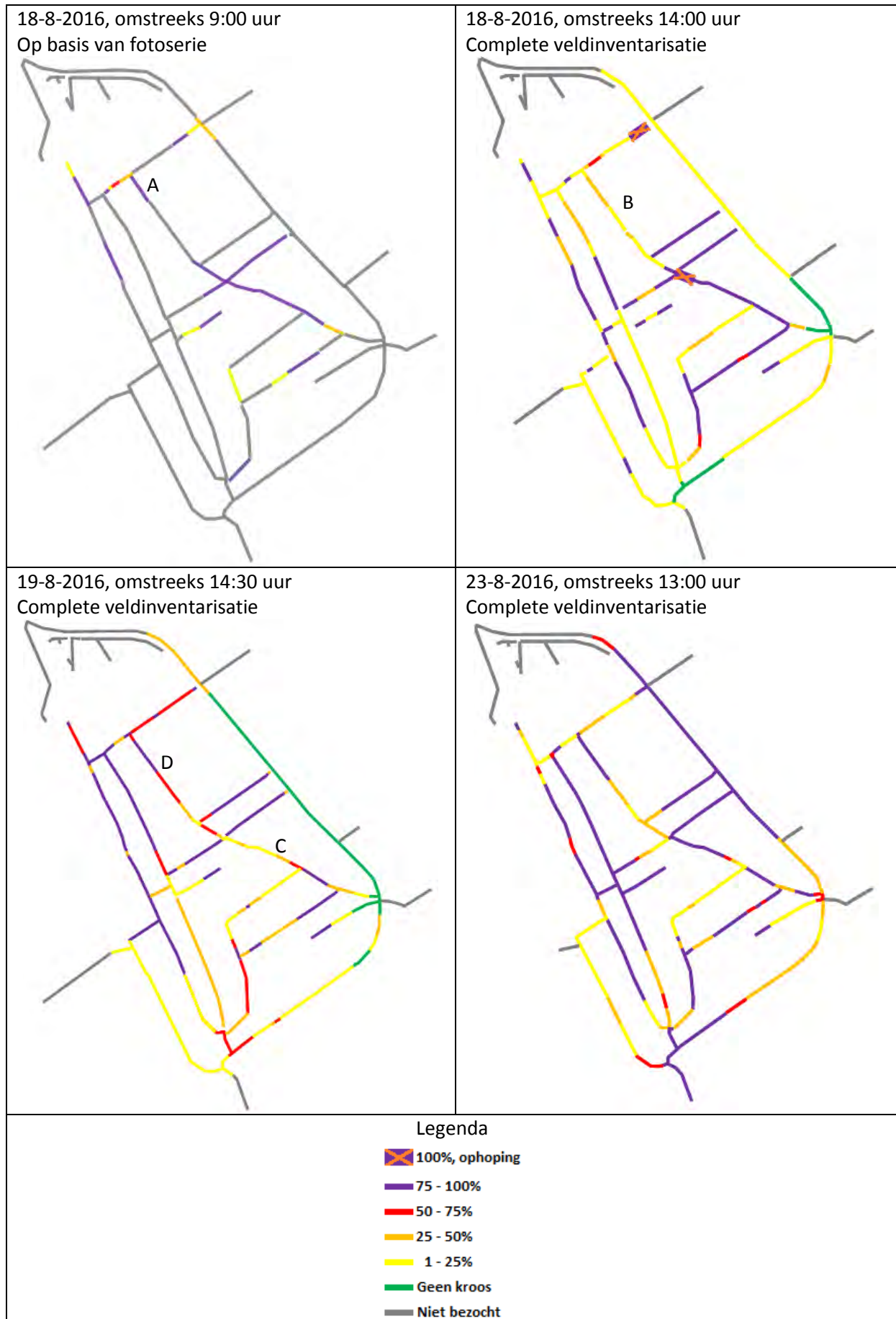


Figuur 3: situatie hoogwaterkering binnenstad Delft, met het gemaal als verzamelpunt, de rode lijn is het stromingstraject

3.4 Resultaten

Er was op het traject, in de draaitijd van het gemaal, duidelijk een gestage beweging van het kroos te zien richting het gemaal. In figuur 4 zijn de resultaten van de veldopnames van de kroosbedekking in de binnenstad weergegeven.

De eerste dag stroopte het kroos op vlak achter de oude kerk (zie dikke paarse lijn), doordat aan het Vrouwjutteland (aangegeven in figuur 3) een grote hoeveelheid waterplanten die tot aan de oppervlakte groeide, de verplaatsing van het kroos blokkeerde. Door een aannemer zijn de planten die dag verwijderd.



Figuur 4: opnames kroosbedekking Delft ten tijde van de doorspoelproef

Op het beïnvloede traject zijn veranderingen te zien in waar het kroos ligt, vooral tussen de opnames van 18-8 14:00 uur en 19-8 14:30. Op 18-8 9:00 is bij A een hoge kroosbedekking te zien, waar na enige tijd malen op 18-8 14:00 bij B deze flink is afgenomen. Op 19-8 14:30 ligt er bij C veel minder kroos, maar ligt het wel weer bij D, omdat het hierheen is verplaatst.

Bij de Brabantse Turfmarkt lagen ook veel waterplanten waar het kroos niet langs kon (zie figuur 3). Daar stroomde het water weliswaar langs zowel de Molslaan als Gasthuislaan, maar kon het langs de Molslaan (onderbroken rode streep in figuur 3) geen kroos meenemen.

Na het weekend op 23-8 13:00 ligt er in heel Delft en de Schie er omheen vele malen meer kroos dan er voor het weekend aanwezig was. Dit was de reden niet verder te gaan met de proef, er zou enkel maar meer kroos Delft in getrokken worden bij de zuidelijke stuw.

Er is bij het gemaal in 2 dagen in totaal 20 m³ kroos uit het water verwijderd. Ook kwam een klein deel van het kroos door het gemaal op de Schie terecht. In figuur 5 is het resultaat van enkele uren malen te zien, zoals dit op het Oosteinde zichtbaar was. Vooral op de plekken waar de kroosaanvoer van verder terug langs het tracé beperkt was, ontstonden zulke open plekken.

In de dagen na de proef is de hoeveelheid kroos in en om Delft enorm toegenomen, en was het effect van de proef niet meer zichtbaar. Omwille van deze toename is besloten de proef niet langer door te zetten.



Figuur 5: 's ochtends vlak voor het malen en 2 uur later, locatie C in figuur 4; foto's door J. van Es

Er zijn verder enkele veldwaarnemingen te benoemen:

- Het ingezette materiaal veroorzaakte, door blokkade van de weg en het geproduceerde (motor)geluid enige overlast voor de omgeving.
- Er zijn verschillende waterrecreanten (vooral kajakkers) gezien die niet op de door hun gewenste locatie de binnenstad konden verlaten doordat stuwen dicht waren.
- De exploitant van een drijvend terras aan het Vrouwjutteland heeft laten weten dat het verwijderen van de waterplanten storend was.

3.5 Conclusie

Met behulp van de kantelkering in de binnenstad is het mogelijk het kroos op in ieder geval een deel van de grachten in beweging te krijgen en te verzamelen bij het gemaal. Obstructies als waterplanten kunnen voor stagnatie in deze beweging zorgen.

De beste resultaten werden behaald in grachten waar de aanvoer van nieuw kroos werd geblokkeerd, omdat dit een limiet stelde aan het doorgevoerde kroos. Bijvoorbeeld bij B in figuur 4, doordat er geen kroos van de rest van het traject hier er weer bij kon komen, liep de hoeveelheid kroos redelijk snel terug. Over het gehele grachtenstelsel gezien is het gelukt om een klein, maar zichtbaar, deel van het totale kroospakket in de periode van twee dagen malen verwijderd te krijgen. Door aanvoer van grote hoeveelheden kroos van elders, was het effect van twee dagen malen op de dinsdag na de proef al teniet gedaan, en lag er zelfs nog meer kroos in de grachten.

3.6 Discussie

De inzet van het gemaal Duyvelsgatbrug draagt bij aan het verzamelen van het kroos op één punt, en het lukte ook om in de korte tijd waarin de proef gedraaid heeft op enkele van de grachten de kroosoverlast te verminderen. Om de grote hoeveelheid kroos in en rond de binnenstad te verwijderen is echter een veel langdurigere inzet nodig dan de twee dagen waarin de proef heeft plaats gevonden, en moet de aanpak structureel zijn. Daar komt bij dat de grote aanvoer van kroos van elders die in een kort tijdsbestek plaatsvindt, betekent dat er met een dergelijke aanpak ook periodes zijn dat er wel veel kroos ligt. De capaciteit van het gemaal is namelijk niet groot genoeg om zo veel kroos in korte tijd te kunnen verwijderen. Het uiteindelijke resultaat kan dus maximaal een verlichting van de overlast zijn.

Een aanvullende maatregel kan zijn het tegenhouden van het kroos voordat het op de grachten terecht kan komen. Hiermee wordt voorkomen dat de grote hoeveelheid kroos in het centrum terecht komt. Een belangrijk nadeel is wel dat vaarbewegingen hierdoor worden bemoeilijkt. Ook bestaat het risico dat het creëren van een afsluiting tussen binnenstad en Schie het water in de binnenstad juist meer geschikt maakt voor de groei van kroos ter plaatse. Kroos groeit het best op kleinere wateren, en compartimenteren verkleint feitelijk de waterpartijen.

Structurele inzet betekent ook dat de verwijderingsmethode bij het gemaal anders moet worden ingericht. Bij de proef is met een kraan het kroos uit het water geschept en in een vrachtwagen afgevoerd. Dit had echter een vrij grote impact op de omgeving, doordat de straat werd geblokkeerd. Ook produceerde het gebruikte materieel vrij veel geluid, en continue bezigheid met dergelijk materieel op een dergelijke locatie is dus niet wenselijk. Het kroos was daarnaast zeer nat, en er is dus ook veel water mee verplaatst in de vrachtwagen, wat de kosten hoger maakt.

Een geluidsarme, permanente installatie die kroos effectief uit het water kan verwijderen is dan een betere oplossing. Indien nodig kan er ook een ontwateringsstap worden ingebouwd. De verwijderingsmethode moet zo opgezet zijn dat er geen kroos door het gemaal heen de Schie op kan komen. Bij de proef was dit wel in enige mate het geval, en om inzet zo efficiënt mogelijk te maken moet dit zo veel mogelijk voorkomen worden.

Een langer durende en meer structurele aanpak betekent ook dat de grachten minder goed bereikbaar zijn vanaf de Schie. Tijdens de proef zijn kajakkers gezien die moesten omkeren om een andere route te nemen.

Bij de proef is 20 m³ kroos verwijderd. Gezien de hoeveelheid die er in de week volgend op de proef in en om de binnenstad van Delft lag, betekent een structurele inzet ook een veelvoud van deze hoeveelheid om te verwijderen.

De toename van de hoeveelheid kroos in en om de binnenstad die op 23 augustus is gezien duidt er op dat een belangrijk deel van het kroos dat hier aanwezig is, van elders wordt aangevoerd. Om goed inzicht te krijgen in de mogelijkheden van inzet van gemaal Duyvelsgat om de binnenstad kroosvrij te houden, is het belangrijk om ook beter inzicht te krijgen in de processen die spelen bij de aanwas van het kroosdek.

3.7 Aanbevelingen

Er zijn een aantal vragen benoemd in de discussie die nodig zijn om inzichtelijk te maken of inzet van gemaal Duyvelsgatbrug een bijdrage kan leveren aan oplossen of verminderen van het kroosprobleem. De primaire vraag die volgt uit de waarnemingen en resultaten, en die beantwoord moet worden voordat verder gekeken wordt naar de inzet van gemaal Duyvelsgatbrug als kroosbestrijder is: wat is precies de oorzaak van de hoge kroosbedekking in de grachten van de binnenstad en het Rijn-Schiekanaal? Op deze vraag wordt verder ingegaan in hoofdstukken 4 en 5.

Wanneer gekozen wordt voor actief verwijderen van kroos in de binnenstad is het aan te bevelen ook het maaibeheer hier op af te stemmen, zodat er altijd een middenbaan in de watergang aanwezig is waar de waterplanten niet tot aan het oppervlak groeien.

Kader – Swim to Fight Cancer Delft

Op 23 augustus zijn, zoals weergegeven in figuur 4, hoge kroosbedekkingen gesignaleerd op het Rijn-Schiekanaal rond Delft. Op 28 augustus stond er een zwemwedstrijd gepland ter ondersteuning van een goed doel, en ook het beoogde af te leggen traject lag val kroos. De hoge kroosbedekking vormde daarmee een probleem voor dit evenement.

Om het traject kroosvrij te krijgen is met olieschermen, opgehangen tussen twee bootjes, het traject vrij getrokken. Hierbij voeren de bootjes langs de beide oevers, met het scherm er tussenin. Hiermee werd een groot deel van het kroos verzameld, zoals te zien in figuur 6. Een deel van het kroos kwam door turbulentie in het water onder het scherm door. Om ook dit deel van het kroos zo veel mogelijk mee te nemen, is een tweede scherm aan de boten gehangen, zoals te zien in figuur 7. Met deze opzet werd vrijwel al het kroos verzameld.



Figuur 6: kroos verzamelen op het Rijn-schiekanaal met een oliescherm tussen twee boten



Figuur 7: kroos verzamelen op het Rijn-Schiekanaal met twee olieschermen tussen twee boten

4. Data-analyse kroosbedekking routinemeetnet Delfland

4.1 Aanleiding

Waarnemingen gedaan tijdens de verwijderingsproef zoals beschreven in hoofdstuk 3, en aanvullende waarnemingen door de auteur in eerdere jaren, duiden er op dat de toename van de kroosbedekking in de Delftse binnenstad en het omliggende deel van het Rijn-Schiekanaal veel groter is dan wat te verklaren valt door groei ter plaatse. De oorzaak van het probleem ligt dus mogelijk elders. Om een aanpak van het kroosprobleem in Delft mogelijk te maken, is het noodzakelijk beter in beeld te hebben welke processen hier precies een rol in spelen.

4.2 Doel

De uitgevoerde analyse zoekt in meetgegevens en waarnemingen uit het hele gebied van Delfland en specifiek de omgeving van Delft naar aanknopingspunten om beter te verklaren hoe de kroosoverlast in en rond de Delftse binnenstad ontstaat.

4.3 Methode

De analyse bestaat uit vier aspecten, namelijk de kroosbedekking:

- op verschillende watertypen;
- in relatie tot nutriënten;
- in relatie tot zuurstofgehalte;
- in de binnenstad van Delft en omliggend Rijn-Schiekanaal.

De gegevens die zijn gebruikt in deze analyse, zijn ingewonnen door het reguliere waterkwaliteits-monitoringsprogramma en enkele projectmatige monitoringsprogramma's. Daarnaast zijn luchtfoto's geraadpleegd, zijn eigen waarnemingen van de auteur meegenomen en is een interview afgenomen.

Kroosbedekking op verschillende watertypen

Dit aspect van de analyse moet inzichtelijk maken of er verschillen zijn in de ontwikkeling van de kroosbedekking op verschillende typen watergangen in Delfland. Voor dit aspect zijn van de jaren 2014, 2015 en 2016 gegevens gebruikt van alle monsterpunten in het meetnet van Delfland:

- waar van minstens van 5 maanden in de periode mei tot en met september gegevens beschikbaar waren;
- die liggen in de polder of boezem (geen duinwater, buitenwater of Brielse Meer);
- waar de kroosbedekking gemeten was bij de veldopname van de chemische monstername.

Alle op basis van deze randvoorwaarden geselecteerde meetpunten zijn ingedeeld op basis van watertype:

- Boezem of polder;
- Kanaal, sloot of plas.

Voor ieder jaar is, per maand, weergegeven wat de gemiddelde kroosbedekking is op alle monsterpunten die tot dat watertype behoren. Voor 2016 is uitgegaan van de meetwaarden die beschikbaar waren op het moment van de analyse (tot en met september).

Door de roulerende aard van de meetnetten ligt er in 2014 een nadruk op het gebied Midden-Delfland, in 2015 op Oostland en in 2016 op Den Haag/Westland. Door deze nadruk zaten er voor 2014 en 2015 respectievelijk slechts 1 en 2 boezemsloten (de haarvaten van de boezem) in de dataset, tegen minimaal 7 monsterpunten voor alle andere typen en jaren. Daarom zijn in deze 2 jaren de boezemsloten niet meegenomen.

Kroosbedekking in relatie tot nutriëntengehalte van het water

Een analyse van de relatie met nutriënten (stikstof en fosfor) kan inzicht geven in hoeverre de nutriëntenhuishouding in de grachten van de binnenstad en het omliggende kanaal een hoge groei van kroos kunnen faciliteren. Hiertoe zijn gegevens uit 2014, 2015 en 2016 gebruikt waar op

hetzelfde meetmoment zowel de kroosbedekking als nutriënten zijn gemeten. Er is gekeken naar de parameters:

- Stikstof totaal
- Stikstof Kjeldahl
- Ammonium
- Nitraat+nitriet
- Fosfor totaal
- Orthofosfaat
- Gebonden fosfor

Omdat kroosgroei in de winter door andere omstandigheden (temperatuur, daglicht) beperkt is, zijn alleen gegevens gebruikt van de periode mei tot en met oktober waarin het kroos daadwerkelijk groeit.

De meetwaarden van de nutriënten zijn afgerond op 1 decimaal, voor gebonden fosfor op 2 decimalen.

De kroosbedekkingen in de set gegevens zijn gegroepeerd in 4 klassen:

- >0 – 25% bedekking
- >25 – 50% bedekking
- >50 – 75% bedekking
- >75 – 100% bedekking

Voor iedere waarde van de nutriënten is vervolgens aangegeven hoe vaak iedere klasse kroosbedekking is gemeten bij die waarde, uitgedrukt als percentage van het totaal aantal metingen dat voor die waarde beschikbaar was. Als (fictief) voorbeeld: bij alle gemeten waardes van 2.1 mg/l van de parameter 'stikstof totaal' was er in 65% van de gevallen tussen de 0 en 25% kroosbedekking, in 20% van de gevallen 25-50%, in 5% van de gevallen 50-75% en in 10% van de gevallen 75 tot 100% kroosbedekking.

De hoogste waarde van de nutriënten waarbij geen dichte kroosdekken (75-100% bedekking) zijn gevonden in de set gegevens is vervolgens beschouwd als zijnde de 'nullijn'. Alleen bij hogere nutriëntenwaardes valt dus een kroosdek te verwachten onder de in Delfland aanwezige omstandigheden.

Daarnaast is vastgesteld bij welk gehalte aan fosfor en stikstof de meeste kroosdekken voorkomen en waarbij het aandeel kroosdekken ten opzichte van het totaal aantal meetlocaties bij nog hogere voedingsstofgehaltes dus niet meer toeneemt. Een eventuele losse piek in de set gegevens bij hoge nutriëntenwaardes is hierbij buiten beschouwing gelaten, omdat het beeld hier al snel vertekend wordt door het relatief lage aantal metingen. In de set gegevens is vervolgens gekeken bij welke gehalten voedingsstoffen het aandeel kroosdekken voor het eerst 1/10 bereikt van dit maximum aandeel kroosdekken. Bij deze waardes zijn kroosdekken dus nog steeds relatief zeldzaam, en zullen onder suboptimale omstandigheden niet snel voorkomen. Naar deze waarde wordt verder verwezen met de noemer '10% van hoogste'.

Kroosbedekking in relatie tot zuurstofgehalte van het water

In deze analyse zijn alle metingen gebruikt uit de maand september van 2014, 2015 en 2016, waar zowel de kroosbedekking als het zuurstofgehalte is gemeten. Er is gekozen om enkel metingen van september te gebruiken, omdat het zuurstofgehalte onder andere sterk onder invloed van de temperatuur staat. Op deze manier zijn de metingen, binnen een marge, allemaal onder (na)zomerse omstandigheden genomen en allemaal in het groeiseizoen. Wanneer er 2 of meer septembermetingen in 1 jaar op 1 locatie waren, is het gemiddelde gebruikt. De zuurstofmetingen zijn vervolgens direct uitgedrukt tegen de gemeten kroosbedekkingspercentages. Ook zijn de gemiddelde waardes bij iedere zuurstofbedekking te zien. Ter vergelijking is de door Delfland gehanteerde norm (gebaseerd op Van der Beesen et al., 1997) hierop geprojecteerd. Waarden boven 14 mg/l zijn niet weergegeven, dit waren een paar waarden die enkel voorkwamen bij kroosbedekkingen van maximaal 5%. Hoewel het zuurstofgehalte niet direct aanvullende informatie geeft over de oorzaak

van de kroosbedekking in Delft, is het wel een parameter waarvan de verwachting is dat het een snel gevolg laat zien van overmatige kroosbedekking. Omdat dit relevante informatie is over de aard van het probleem, is dit daarom meegenomen in de analyse.

Kroosbedekking in de binnenstad van Delft en omliggend Rijn-Schiekanaal

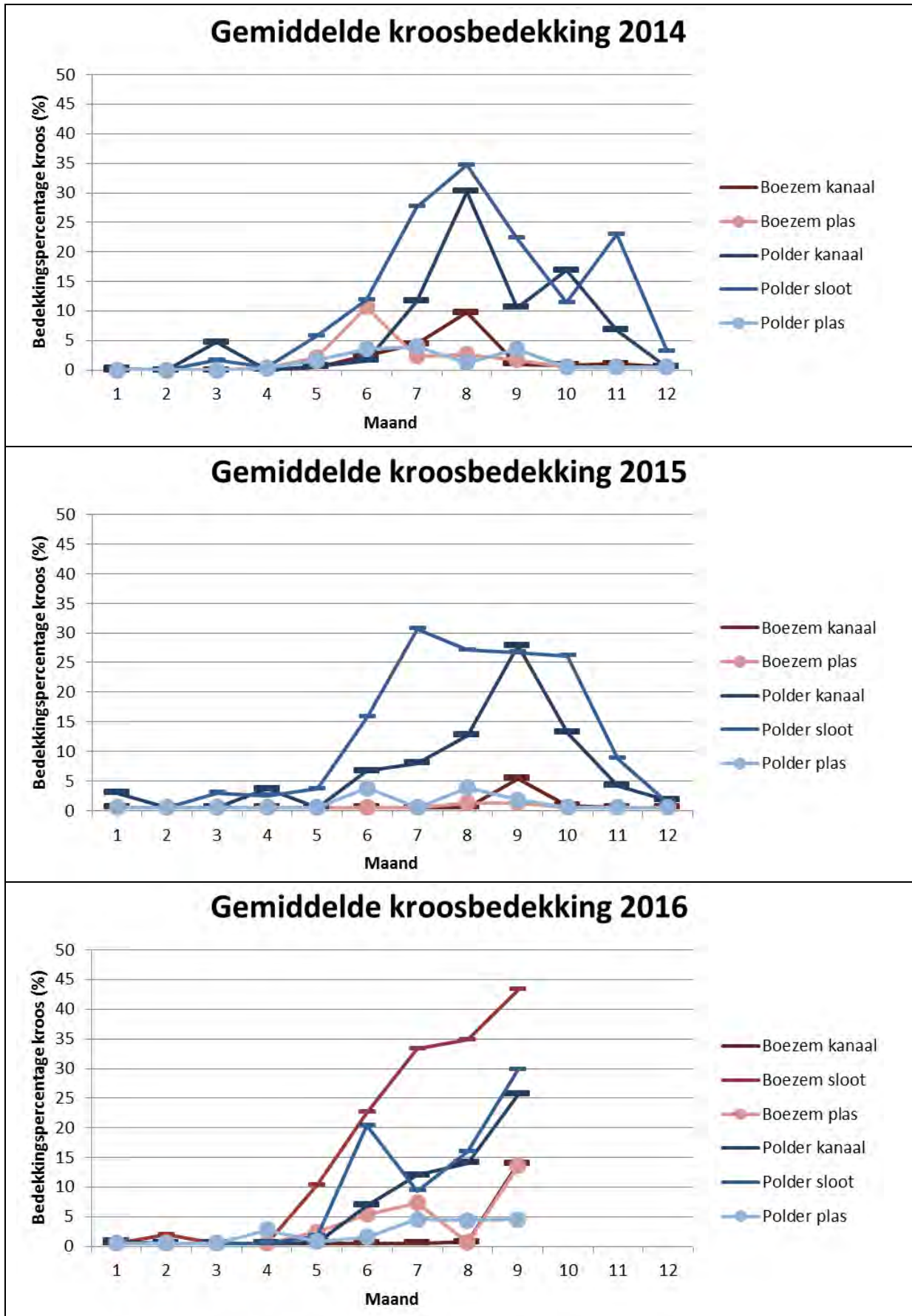
Om de specifieke situatie in en rond de binnenstad van Delft verder in kaart te brengen zijn enkele aanvullende bronnen gebruikt, naast de gegevens uit het meetprogramma. Deze bronnen zijn de veldopnames die gemaakt zijn zoals beschreven in hoofdstuk 3, zomerluchtfoto's en een interview met de eigenaar van Rondvaart Delft. Omdat het maandinterval waarmee de meetprogramma's werken te ruim bleek om dit nauwkeurig genoeg af te leiden en er relatief weinig meetpunten in de boezem in en rond Delft liggen, is deze aanvullende informatie gebruikt om een nauwkeuriger beeld te creëren over de snelheid en omvang waarmee de dichte kroosbedekking in en om het centrum ontstaat.

4.4 Resultaten

Kroosbedekking op verschillende watertypen

Figuur 8 laat de resultaten van deze analyse zien. In de grafieken is een aantal patronen waar te nemen:

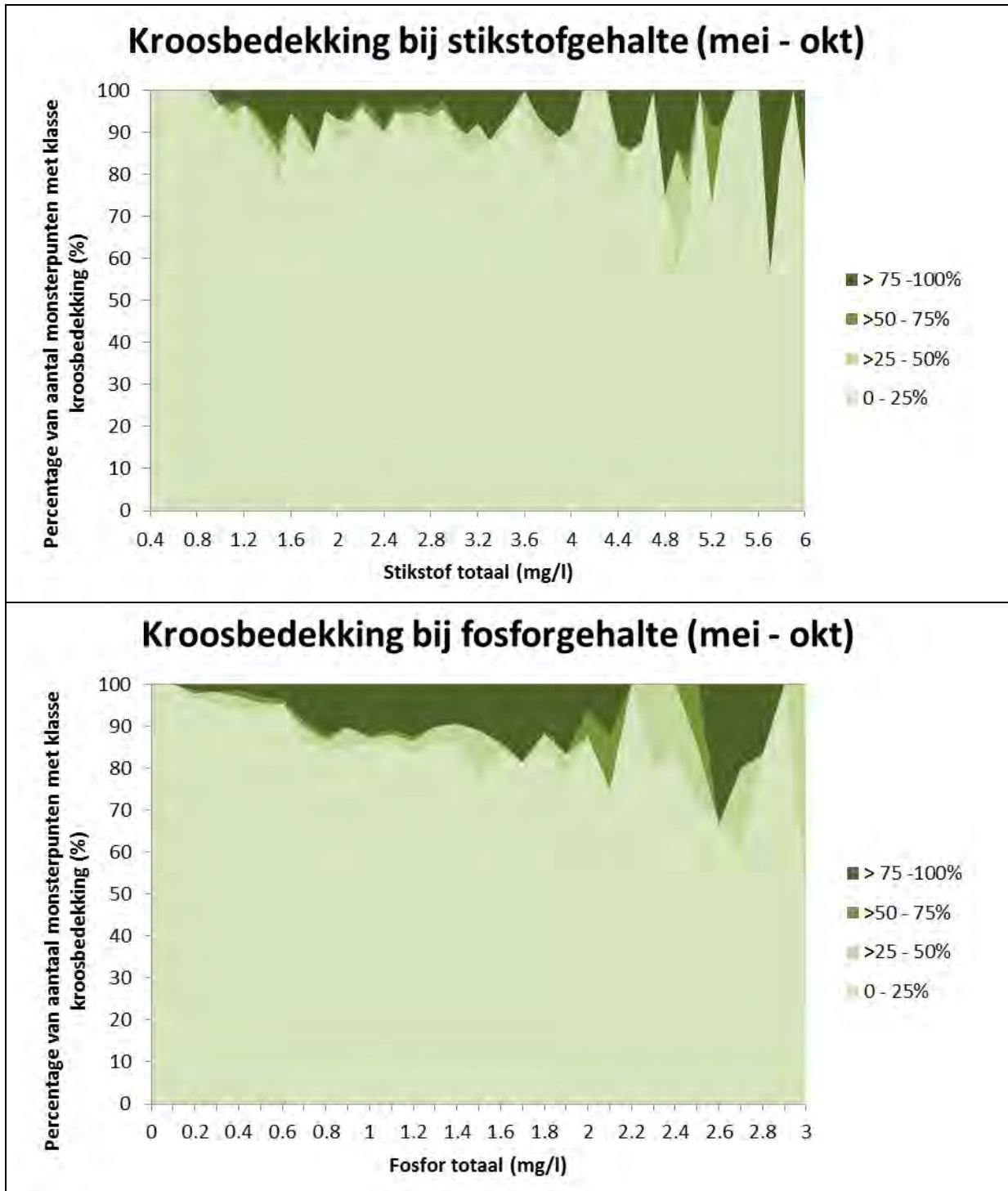
- De gemiddelde kroosbedekking in plassen, zowel op boezem- als polderniveau is laag, en komt niet boven de 15% uit, en als dit niveau al benaderd wordt, betreft het meestal een enkele piek, omdat een kroosvlek op de plas precies in de buurt van het monsterpunt lag. De piek in boezemplassen in juni van 2014 wordt veroorzaakt door een zeer hoge bedekking (80%) in één plasje.
- De kroosbedekking in poldersloten loopt vanaf april en mei gestaag op naar een piek rond augustus, om daarna weer af te nemen tot aan december wanneer het kroos weer grotendeels weg is.
- De bedekking in polderkanalen volgt kort op, of op enige afstand de poldersloten, en bereikt een piek van vergelijkbare hoogte. Uitzondering is 2015, het jaar waarin de nadruk ligt op het gebied Oostland.
- De boezemsloten (haarvaten) tonen een gestage stijging vanaf april, en bereiken van alle typen ook het hoogste niveau. Doordat enkel in 2016 er voldoende haarvaten in de gegevens vertegenwoordigd waren, is niet te zien wat de ontwikkeling na september is.
- In 2014 loopt de lijn vanaf juli op naar een piek in augustus. Dit wordt veroorzaakt doordat bij één monsterpunt vlakbij een gemaal een hoge bedekking is gemeten die het gemiddelde van de maand juli omhoog trekt, terwijl de piek in augustus door meerdere locaties wordt veroorzaakt. De boezemkanalen tonen in 2015 een vrij kort piekje in september. In 2016 ontstaat ook een piek in september. Uit waarnemingen van de auteur gedaan na de analyse ten tijde van het schrijven van dit rapport, blijkt dat deze piek ook in oktober 2016 voortduurt.
- Niet in de grafiek weergegeven, omdat in dat jaar maar 2 boezemsloten (haarvaten) zijn gemeten, is een monsterpunt in de Oude Delft in Delft waar in 2015 een bedekking van 100% is gemeten in september, waarmee het gemiddelde van dat type in dat jaar en in die maand dus ook 100% zou zijn.
- Er is in dit onderzoek niet specifiek gekeken naar het effect van temperatuur op de kroosgroei. Wel te zien in de grafieken is dat wanneer kroos in vooral de sloten zo rond mei begint te groeien, dat dit al gelijk met bijna de hoogste snelheid gaat, ondanks dat de watertemperatuur in augustus telkens nog ongeveer 5 graden hoger is (bron: chemisch meetnet Delfland). Dit sluit aan op een conclusie van Hasan en Chakrabarti (2009) die op basis van verschillende literatuurbronnen vaststellen dat het optimum van groeisnelheid van de meeste krozen tussen 17.5 en 30 °C ligt.



Figuur 8: Gemiddelde kroosbedekking per watertype in 2014, 2015 en 2016

Kroosbedekking in relatie tot nutriëntengehalte van het water

In figuur 9 en 10 zijn de resultaten van deze analyse te zien. Van alle parameters is enkel het totaal stikstof en het totaal fosfor weergegeven, omdat de fracties hiervan (stikstof Kjeldahl, nitriet, nitraat, ammonium, ortho-fosfaat en gebonden fosfaat) na beschouwing geen toegevoegde of juist minder informatie gaven dan de totaal waardes. Voor het totaal stikstof zijn twee bedekking van 100% kroos niet meegenomen, omdat de bijbehorende stikstofwaarde enkel als <1.0 genoteerd stond.

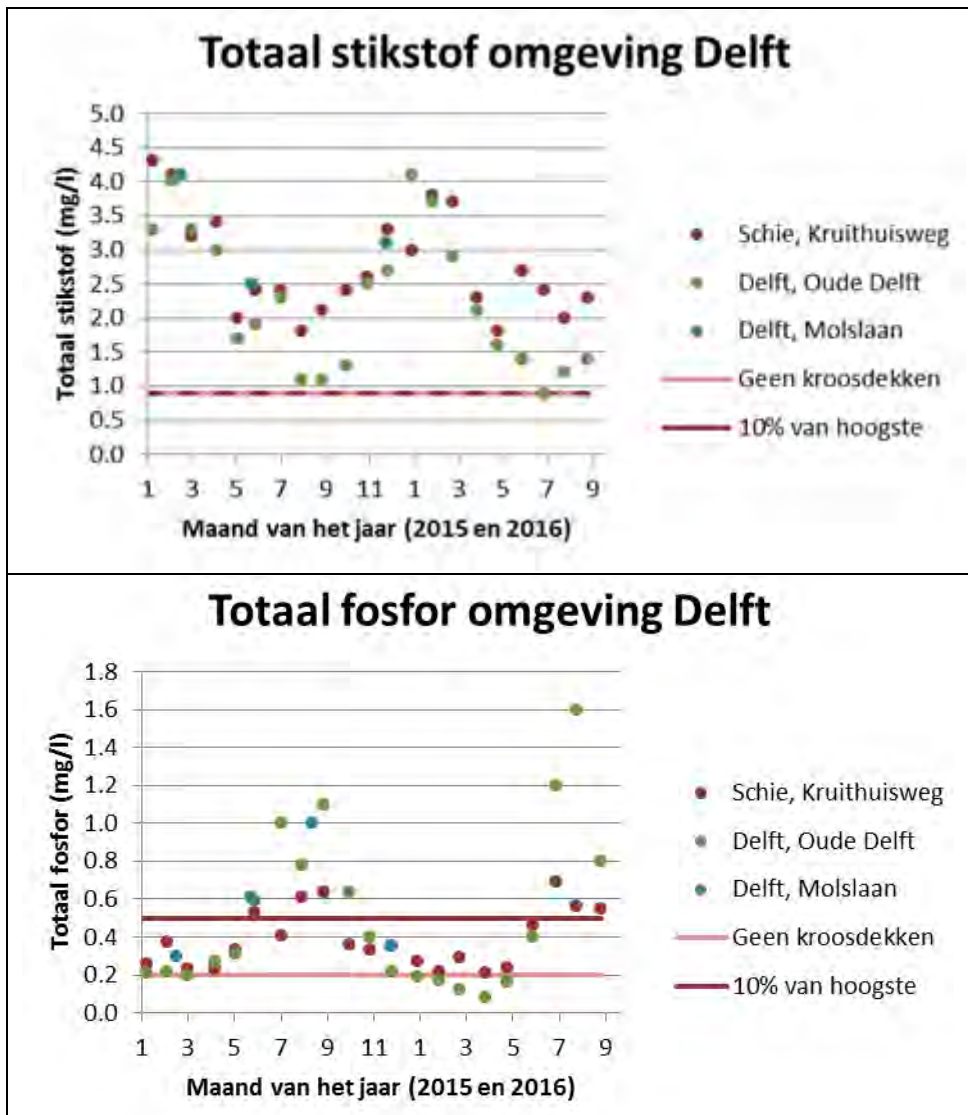


Figuur 9: Voorkomen van verschillende klassen kroosbedekking bij oplopende nutriëntengehaltes voor stikstof totaal en fosfor totaal

In figuur 9 is in de verdeling van kroosbedekking tegen de nutriëntenwaardes voor stikstof totaal te zien dat bij een waarde van 0.9 mg/l en lager geen kroosdekken (>75 – 100% bedekt) te zien zijn. Bij toenemende waarde neemt ook het aandeel kroosdekken toe, maar dit vlakt kort daarna af, en blijft schommelen ongeveer tussen de 2 en 10% van de locaties. De '10% van hoogste'-waarde is hier gelijk aan de nullijn, ook 0.9 mg/l. Dit komt omdat de grafiek boven 0.9 vrij snel oploopt maar ook vrij snel afvlakt.

Figuur 9 laat ook de verdeling zien van kroosbedekking tegen de nutriëntenwaardes voor fosfor totaal, en toont dat bij waardes van 0.2 mg/l of lager kroosdekken niet voorkomen. Vervolgens neemt het aandeel langzaam toe, tot ongeveer 15% van de locaties waarna schommeling optreedt. De schommeling ontstaat onder andere doordat bij deze hogere waarden er minder waarnemingen zijn. De '10% van hoogste'-waarde is hier 0.5 mg/l. Deze ligt hier wel hoger dan de nullijn, omdat de toename van kroosdekken geleidelijker oploopt met het fosforgehalte.

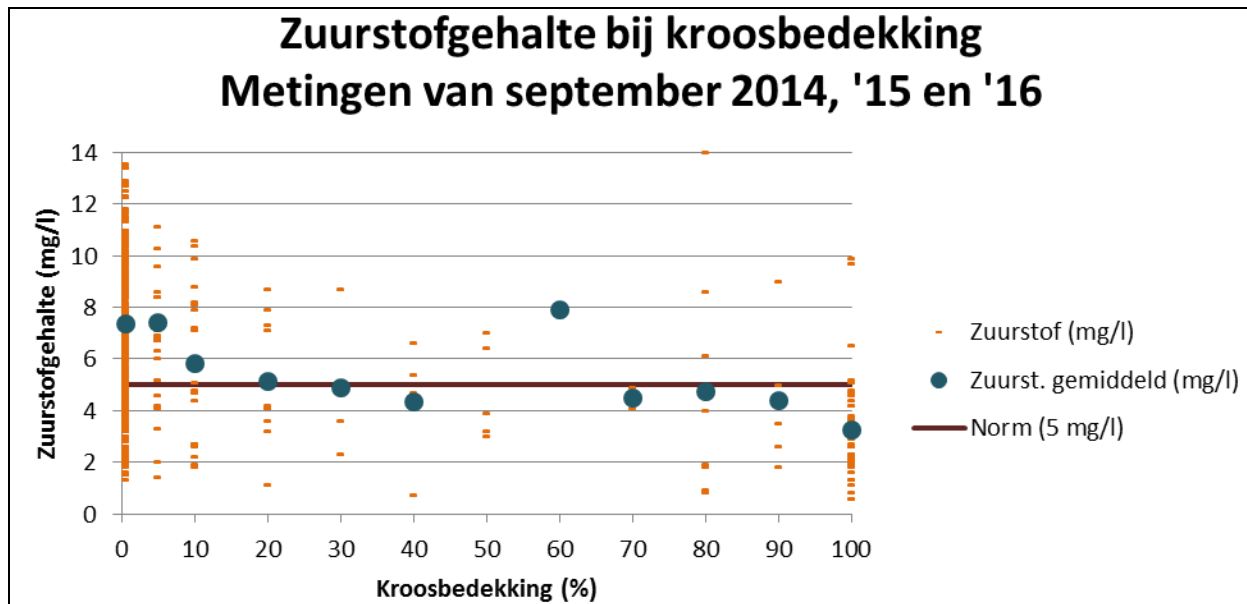
Vervolgens laat figuur 10 zien dat de waardes voor stikstof in en om Delft ruim boven zowel de nullijn als de 10% van hoogste lijn liggen. Voor fosfor schommelen de waardes op de Schie ongeveer tussen deze twee lijnen. In de binnenstad volgt het een vergelijkbaar patroon als op de Schie, maar liggen er in de zomerperiode een paar uitschieters naar boven.



Figuur 10: Meetwaardes stikstof en fosfor in de omgeving van Delft in 2015 en 2016

Kroosbedekking in relatie tot zuurstofgehalte van het water

De resultaten van de analyse van de relatie tussen het zuurstofpercentage en de kroosbedekking zijn te zien in figuur 11. In deze figuur is te zien dat, hoewel er een behoorlijke spreiding in de waarden zit, er bij een hogere kroosbedekking ook gemiddeld genomen een lager zuurstofgehalte is. Hoewel bij een lagere kroosbedekking zowel lagere als hogere zuurstofgehalten gemeten worden, komt bij een hoge kroosbedekking van 100% het zuurstofgehalte maar zelden boven de norm van 5 mg/l uit. Het verloop van de trendlijn laat dan ook zien dat bij afwezigheid van kroosbedekking het gemiddelde boven de 7 mg/l ligt, terwijl dit bij 100% kroosbedekking iets boven de 3 mg/l ligt en daarmee ruim onder die norm komt. Er zijn relatief weinig metingen voor 30 t/m 70% kroosbedekking zodat het gemiddelde daar op basis van één (bij 60%) of enkele metingen is bepaald.



Figuur 11: Zuurstofgehalten uitgezet tegen kroosbedekkingspercentage

Kroosbedekking in de binnenstad van Delft en omliggend Rijn-Schiekanaal

In figuur 4 is de kroosbedekking tijdens de proef met het binnenstadsgemaal te zien. Een waarneming uit deze opnames die in deze data-analyse interessant is, is de toename van het kroos in de dagen na de proef. In de binnenstad is de toename substantieel maar op de Schie, met een verandering van 0 – 25% naar grote delen met 75 – 100%, is de toename heel groot.

Een interview met de eigenaar van Rondvaart Delft heeft het volgende resultaat opgeleverd:

- Het opkomen van kroos in Delft is een vrij abrupte gebeurtenis. De bedekking in de grachten nam in 2016 in een tijdsbestek van 3 á 4 dagen toe van vrijwel 0% naar vrijwel 100%.
- De hoge kroosbedekking is al een aantal jaren een terugkerend probleem, en in snelheid van opkomst vergelijkbaar.

In figuur 12 is een uitsnede te zien van een infrarood luchtfoto van juli 2014. Op het moment van de luchtfoto is er in Delft, op enkele kleine plukjes na, vrijwel geen kroos te vinden, en ook de Schie en aangrenzende boezemwatergangen kennen geen enkele kroosbedekking. De foto's in figuur 13, anderhalve maand later, tonen een vrijwel sluitende bedekking van kroos op dezelfde wateren. Overigens was op het moment van deze foto's niet de volledige Schie en binnenstad bedekt, maar wel in hoge mate, blijkend uit eigen waarnemingen van de auteur destijds.

Uitsnede infrarood luchtfoto deel Rietveld en Schie, Delft, 4-7-2014



Op een infrarood luchtfoto springt vegetatie er goed uit. In rood zijn boomkruinen en andere vegetatie te zien. Kroos is te zien als een roze laag op het water. Het water op bovenstaande foto's is donkergrijs tot zwart, wat wil zeggen dat het onbegroeid wateroppervlak betreft.

Figuur 12: Uitsnede infrarood luchtfoto deel Rietveld en Schie, Delft, 4-7-2014

Rietveld, 20-8-2014



Schie (t.h.v. Rietveld), 20-8-2014



Figuur 13: Rietveld en de Schie, overeenkomende locatie van figuur 12, 1,5 maand later; foto's door E.P. Raaphorst



Figuur 14: Uitsnedes infrarood luchtfoto boven monsterpunten (wit met groene stippen) bij de Oude Delft, Delft en de Schie t.h.v. Kruithuisweg, Delft; op de bovenste foto wordt met pijlen aangegeven hoe kroos op dergelijke foto's er uit ziet

Figuur 14 toont infrarood luchtfoto's van de Oude Delft in Delft en de Schie ter hoogte van de Kruithuisweg in Delft op 3-8-2015. Op de Oude Delft is vrijwel geen kroos te zien tussen de bomen, op de parallelle gracht overigens wel, zoals aangeduid met pijlen. In Heel Delft is op deze luchtfoto op enkele plukjes na vrijwel geen kroos te zien. De Schie en aanliggende boezemwateren zijn op dat moment vrij. Een maand later, op 2-9-2015, laten de gegevens van de monsternamen zien dat op de Oude Delft de bedekking 100% is, en op de Schie ter hoogte van de Kruithuisweg 50%. Eigen

waarnemingen van de auteur destijds bevestigden dat deze hoge kroosbedekking zich in ieder geval voor de binnenstad ook in meerdere grachten zonder monsterpunt manifesteerde.

4.5 Conclusie

Kroosbedekking op verschillende watertypen

In zowel polder- als boezemplassen is de kroosbedekking vrij laag, en neemt dit ook niet toe gedurende het seizoen. Kroos groeit het best op kleiner water, zoals ook te zien in de resultaten van Maessen (2014), waar bij toenemende breedte van het water de kroosbedekking afneemt. Dit is dus een te verwachten resultaat.

In zowel poldersloten, polderkanalen als boezemsloten begint de kroosbedekking rond april en mei toe te nemen tot een maximum rond augustus en september. Dit komt overeen met hoe kroos groeit: een start in het voorjaar vanuit een kleine hoeveelheid blaadjes die door vermenigvuldiging gestaag de populatie vergroten.

Opmerkelijk zijn de boezemkanalen, waar de aanwezigheid van kroos relatief laat in het jaar optreedt, als deze al optreedt. In de meeste gevallen is er enkel later in het seizoen een korte piek, die wordt veroorzaakt door zeer hoge bedekkingen op enkele van de locaties. Dergelijke grote kanalen staan niet bekend als de meeste geschikte locatie voor kroos om te groeien. Het is dan ook niet de meest logische verklaring dat als het kroos eerst maandenlang niet wil groeien, er plots een enorm hoge kroosgroei plaats zou vinden. Een dergelijke korte piek die vooraf gegaan wordt door (vrijwel) geen kroosbedekking duidt daarom eerder op transport van kroos van elders (bijvoorbeeld door stroming of wind) naar deze locaties dan groei ter plaatse.

Kroosbedekking in relatie tot nutriëntengehalte van het water

Bij een waarde van 0.9 mg/l stikstof totaal komen kroosdekken in de beschikbare gegevens niet voor, zoals te zien in figuur 9. Bij hogere waarden wel, maar er is niet direct een stijgend patroon te zien, en ook schommelt de waarde bij stijgende nutriënten ongeveer rond een rechte lijn. Bij fosfor totaal komen kroosdekken in deze gegevens niet voor wanneer het gehalte 0.2 mg/l of minder is. Daarna is een gestaag stijgende lijn te zien, met minder schommeling. Dat kan er op duiden dat de kroosgroei in deze Delflandse dataset vooral wordt gelimiteerd door de aanwezigheid van fosfor. Figuur 10 laat zien dat er voldoende stikstof in het water zit voor een kroosdek om op te groeien. Aangezien fosfor echter de limiterende factor lijkt te zijn, is het interessanter om te zien dat fosfor weliswaar een toename laat zien in de zomer, maar dat deze vooral op de Schie niet heel erg hoog is, vergeleken met de kans waarop volgens figuur 9 bij deze concentratie een kroosdek kan ontstaan. In de grachten is de toename van fosfor in de zomer groter, en dit zou een reden kunnen zijn dat kroos harder gaat groeien, maar het ontstaan van het kroosdek vind dan nog meestal pas enkele maanden later plaats dan dat het fosfor toeneemt.

Kroosbedekking in relatie tot zuurstofgehalte van het water

De resultaten in figuur 11 laten zien dat er bij een hogere kroosbedekking gemiddeld genomen een hogere kans is op een lager zuurstofgehalte, en dat zuurstofgehaltenes boven de norm van 5 mg/l vrijwel niet voorkomen. Hoewel hier niet verder is gekeken of er relaties met andere stoffen of processen zijn, sluit de verklaring dat het lagere zuurstofgehalte een gevolg is van een sluitend kroosdek goed aan bij de literatuur zoals bijvoorbeeld Maessen (2014) omschrijft. Figuur 11 geeft dus vooral een inzicht in de omvang van dit proces in Delfland, waarbij het gemiddelde zuurstofgehalte onder een kroosdek ongeveer 4 mg/l lager is dan wanneer er geen kroosdek is, en dat het nuttig is de precieze invloed van het kroos op het zuurstofgehalte verder te verkennen.

Kroosbedekking in de binnenstad van Delft en omliggend Rijn-Schiekanaal

De luchtfoto's van 2014 en 2015 tonen dat respectievelijk begin juli en begin augustus in de gehele binnenstad en op het Rijn-Schiekanaal er omheen, en ook in een groter gebied van de verbonden boezemwateren, er vrijwel geen kroos aanwezig is. Dit laat zien dat de afwezigheid van kroos op de monsterpunten zoals de metingen laten zien representatief is voor alle grachten en de Schie, en dat

er op dat moment daadwerkelijk vrijwel geen kroos in de buurt is. De toename van de kroosbedekking vindt dus voor die hele omgeving plaats in de periode daarna, en voor 2015 is dit in maximaal 1 maand tijd gebeurd. Dat die toename in een groot deel van de binnenstad en op de Schie in ieder geval in de jaren 2014 en 2015 is opgetreden blijkt uit zowel het interview met de eigenaar van Rondvaart Delft als uit eigen waarnemingen van de auteur. Het interview verkleint de tijdsruimte waarin de hoge kroosbedekking zich manifesteert zelfs tot een dag of 4, al heeft dit de kanttekening dat dit niet op harde data getoetst kan worden. Wel sluit dit beeld ook weer aan bij de eigen waarnemingen van de auteur.

4.6 Discussie

De resultaten van 3 van de 4 analyses die hier zijn uitgevoerd wijzen er op dat minimaal een groot deel van het kroos dat zich in en om de binnenstad van Delft bevindt, hierheen is aangevoerd van elders. De tijd waarin het op komt is heel kort vergeleken met het tempo waarmee het zich in de polders ontwikkelt. Toename van het fosforgehalte in de zomer is vooral voor de Schie niet dusdanig hoog dat het een verklaring kan vormen voor een dusdanige toename van de groei in die periode. Voor de grachten is de fosfortoename wel hoger, maar dan duurt het nog enkele maanden voordat er kroos ligt. Delflandbreed zijn de boezemkanalen niet de meest geschikte plek voor kroosgroei. De boezemsloten (haarvaten) zijn overigens wel locaties met veel kroos dat zich gestaag in het groeiseizoen ontwikkelt, maar het groeipatroon specifiek in de binnenstad vertoont veel meer overeenkomsten met de categorie boezemkanalen. De uitwisseling tussen de Schie en de Delftse grachten kan ook vrijwel ongehinderd plaatsvinden. Hieruit kan dus worden afgeleid dat de oorzaak van het kroosprobleem in en om de binnenstad van Delft primair wordt veroorzaakt door kroos dat van elders wordt aangevoerd, bijvoorbeeld door wind en stroming, vanuit de delen van het gebied waar het kroos wel groeit.

Uit de analyse van kroosbedekkingen op verschillende watertypen kan worden gehaald dat de polders en de haarvaten van het boezemstelsel de bron vormen. In de omgeving van Delft liggen vooral polders, dus dit zou betekenen dat het verplaatsen van kroos met gemalen gebeurt. Om dit te toetsen is in de gegevensanalyse ook gekeken naar de relatie tussen natte en droge periodes en neerslagpieken, maar doordat de kroosbedekkingen slechts maandelijks gemeten werden, was hier geen duidelijke relatie in te vinden, en is dit nu niet verder behandeld.

4.7 Aanbevelingen

Een belangrijke hiaat in de beschikbare gegevens is dat er gebiedsbreed maximaal slechts 1 opname in de zomer is, namelijk de luchtfoto. Op monsterlocaties, waarvan er maar enkele zijn in en om de binnenstad, zijn de metingen maandelijks. Omdat de kroosbedekking in de Delftse binnenstad slechts relatief korte tijd optreedt, vaak slechts 1 piekmeting in augustus of september, is hier onvoldoende informatie uit te filteren om beter te analyseren met welke snelheid het kroos opkomt en welke bronnen er dan zijn. Enkele dekkende metingen per week van de binnenstad en de omliggende Schie, zoals deze ook voor de proef in hoofdstuk 3 is gedaan, kunnen hier veel inzicht in geven. Deze metingen zouden dan in juli tot en met september moeten worden uitgevoerd. Een analyse, waarin deze gegevens worden gekoppeld aan neerslaggegevens en maalstaten, kan veel meer inzicht verschaffen in wat zich precies afspeelt in die korte periode waarin het kroos opkomt.

Een ander aandachtspunt is dat bij rondvraag naar gemalen als mogelijke bron er geen eenduidig verhaal naar boven kwam. De informatie was anekdotisch en afhankelijk van de bron, tegengesteld. Zodoende is het nuttig om nader te kijken naar gemalen als potentiële doorvoermogelijkheid van kroos. In hoofdstuk 5 wordt nader op deze aanbeveling ingegaan.

5. Kroos uit gemalen – een kort onderzoek

5.1 Aanleiding

Delen van de boezem van Delfland, onder andere de Schie rond Delft en in de aangrenzende grachten van het oude centrum, liggen vaak rond augustus en september vol met kroos. Voor kroos is een kanaal als de Schie niet een type water dat volgens de literatuur (Maessen, 2014) en de eerder in dit rapport beschreven analyses, geschikt zou zijn voor de groei van kroos. Bijkomende curiositeit is dat de opkomst van kroos in deze wateren vaak vrij abrupt lijkt te zijn, en sneller gaat dan aan de hand van enkel groei kan worden verklaard. Dit kan veroorzaakt worden doordat het kroos niet zozeer op die plek groeit, maar doordat het wordt aangevoerd van elders. De vraag die dan ontstaat is: waarvandaan komt het dan wel?

Een logische verklaring is dat het zich verplaatst vanaf een locatie die wel geschikt is voor groei, en voor het boezemsysteem van Delfland kan dan worden gedacht aan het opmalen vanuit polders waar veel kroos groeit, zoals blijkt uit de analyse in hoofdstuk 4. Navraag bij verschillende medewerkers resulteert echter in net zo veel verschillende reacties, waar de één zeker weet dat gemalen (bijna) geen kroos verplaatsen, is de ander overtuigd dat ze dat wel doen.

In het kader 'smalle wolffia' in het rapport van Raaphorst (2015), op basis van vondsten van een nieuw voor Europa ontdekte kroossoort en het patroon van verspreiding vanaf de bronpopulaties, wordt al een vermoeden geuit over verplaatsing van kroos door gemalen en wordt geadviseerd dit nader te onderzoeken.

Om inzichtelijk te maken of het kroosprobleem rond centrum Delft wordt veroorzaakt door kroos dat uit polders is opgemalen, moet eerst onderzocht worden in hoeverre gemalen kroos opmalen. Dit onderzoek streeft naar het geven van een eerste inzicht hierin.

5.2 Doel

Dit onderzoek heeft tot doel het aantonen of gemalen van polders langs de Schie, als doorvoermiddel van kroos, een mogelijke bron zijn voor de kroosoverlast op de Schie rond Delft.

5.3 Methode

Op 16 september 2016 zijn er een aantal gemalen langs de Schie bezocht om vast te stellen waar op polderniveau een kroosdek aanwezig was, dat bij inzet van het gemaal opgepompt zou kunnen worden. Een randvoorwaarde hierbij was dat op boezemniveau ter hoogte van het gemaal (bijna) geen kroos lag of dat dit redelijk goed te verwijderen was. De gemalen die uiteindelijk geschikt bleken waren gemaal Lage Abtwoudsche polder, gemaal Noord-Kethelpolder en het hoofdgemaal van Berkel.

Bij de uitstroom van het gemaal is vervolgens een oliescherm, voor deze proef omgedoopt tot krooscherm, opgehangen. Er is een krooscherm van 20 meter gebruikt, om voldoende ruimte te bieden aan eventueel opgemalen kroos, en om te zorgen dat er voldoende ruimte is tussen de uitstroom van het gemaal en het scherm waarin het kroos weer boven kon drijven. In figuur 15 is een voorbeeld weergegeven. Op deze manier is getracht zoveel mogelijk van het eventueel uitgemalen kroos op te vangen.



Figuur 15: bij uitstroom geplaatst krooscherm bij gemaal Noord-Kethel; foto door E.P. Raaphorst

Vervolgens is contact opgenomen met de regelkamer van Peilbeheer, met het verzoek het gemaal aan te zetten. In overleg, afhankelijk van de situatie ter plekke, en wat er tijdens de proef gebeurde, is het volume en het aantal in te zetten pompen bepaald. De ingezette pompen en capaciteiten staan in tabel 1 beschreven. De gebruikte capaciteiten waren voor alle pompen ook de maximumcapaciteiten. De maalstaten voor de pompen zijn te vinden in bijlage 2.

Tabel 1: proeflocaties

Maal-activiteit	Gemaal	Type gemaal	Aantal pompen	Totale capaciteit	Maaltijd
1	Hoofdgemaal Lage Abtwoudsche pld.	Schroefcentrifugaalpomp	1	43 m ³ /min	8 minuten
2	Noord-Kethelpolder	Schroefcentrifugaalpomp	1	19.2 m ³ /min	9 minuten
3			2	38.4 m ³ /min	2.5 minuten
4			1	19.2 m ³ /min	4.5 minuten
5	Polder Berkel	Axiale propellerpomp (visvriendelijk)	1	105 m ³ /min	18 minuten
6			2	210 m ³ /min	14 minuten

5.4 Resultaten

Lage Abtwoudsche polder

Situatiebeschrijving voor malen: In de polder lag in de sloten en vaarten direct aan het gemaal een 100% dekkende krooslaag. Bovenstrooms ligt aan de overkant van de Schie een rand kroos van een meter of 2 a 3 breed. Aan de kant van het gemaal ligt een dun spoortje kroos langs de kant.

Maalactiviteit 1: Er verzamelde zich vrijwel geen kroos in het krooscherm. Wel ontstond er in de turbulentie voorbij het scherm een spoor kroos. Niet helemaal duidelijk is of dit kroos van het spoortje dat langs de kant dreef betrof dat door de turbulentie werd meegetrokken, of dat dit door het gemaal werd uitgemalen. Na 8 minuten kwamen er van beide kanten schepen aan op de Schie, en is besloten niet een pomp bij te zetten, maar op deze locatie te stoppen.

Noord-Kethelpolder

Situatiebeschrijving voor malen: Op polderniveau lag een kroosdek van 100% bij het gemaal. Op boezemniveau lag hier geen kroos.

Maalactiviteit 2: Tijdens het malen met 1 pomp verzamelde zich geen kroos in het scherm.

Maalactiviteit 3: De tweede pomp werd bijgeschakeld. Ook hierbij verzamelde zich geen kroos in het scherm. Door een technische storing viel pomp 2 na korte tijd weer stil.

Maalactiviteit 4: Na het stilvallen van de tweede pomp is nog enige tijd doorgegaan met malen. Uiteindelijk heeft dit geen kroos opgeleverd.

Polder Berkel

Situatiebeschrijving voor malen: Op polderniveau lag er direct voor het gemaal een dikke laag kroos met een bedekking van 100%, in het aanliggende kanaal lag verder geen kroos in het zicht. Op boezemniveau lag ongeveer 40% kroosbedekking. Met behulp van het scherm zelf is het deel tussen het gemaal en het scherm grotendeels vrij gemaakt, met uitzondering van enig kroos dat onder de roosters boven de pomp-uitgang lag. Daarnaast ligt er ook een natuurvriendelijke oever aan beide kanten die het juist plaatsen van het scherm in eerste instantie wat bemoeilijkte.

Maalactiviteit 5: Met 1 pomp leek er zich wat kroos te verzamelen bij het scherm. Er ontstond echter een kolkende werking in het water door de inzet van 1 pomp, waardoor kroos dat voorbij het scherm lag weer terug gezogen werd naar het deel voor het scherm (zie figuur 16 ter illustratie). Hierdoor was niet goed vast te stellen welk aandeel kroos nu door het gemaal omhoog was gebracht. Na 15

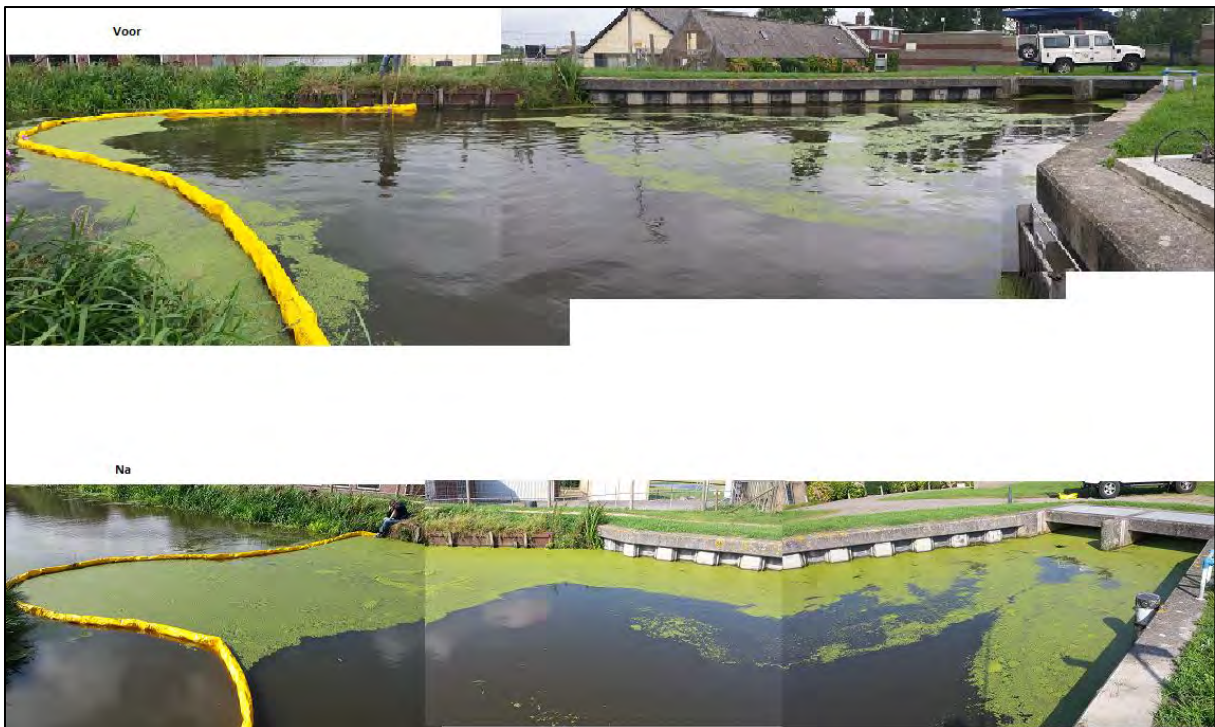
minuten is geprobeerd pomp 2 in te schakelen, maar door een technische storing lukte dit niet. Daarom is in totaal 18 minuten gepompt.



Figuur 16: situatie van de ontstane kolk bij inzet van 1 pomp; het krooscherm is de gele lijn, in blauwe pijlen de ontstane stroming voor wat betreft het wateroppervlak, en bij A werd door de stroming kroos langs het scherm geforceerd

Maalactiviteit 6: Er is 14 minuten met beide pompen gedraaid. Hierdoor ontstond niet het kolk-effect zoals bij maalactiviteit 5 beschreven. Er is ook gekozen om een aantal meter verder stroomafwaarts het scherm uit te leggen, zodat de invloed van de turbulentie minder groot was en de watergang beter afgesloten kon worden. Ondanks dat kwam een deel van het kroos door de turbulentie onder het scherm door, en ontstond er een spoor van kroos over het boezemwater achter het scherm. De vangst is dus niet volledig. Uiteindelijk is bij deze maalactiviteit wel kroos gevangen. De bedekking van het proefvlak tussen gemaal-uitgang en krooscherm ging van een kleine 20% naar een goede 60%. In figuur 17 is een impressie gegeven van de kroos bedekking voor en na deze maalactiviteit. Opvallend was dat er zichtbaar een grotere hoeveelheid kroos werd doorgepompt iedere keer direct nadat de krooshekreiniger in werking trad en het aangevoerde groen beroerde.

Aanvullende waarnemingen: Voor begonnen werd met pompen lag het kroos aan de polderkant enkel direct voor het gemaal, voor zover het zicht daar reikte was het kanaal verder vrijwel vrij van kroos. Na het pompen had het gemaal kroos van verderop naar het gemaal toe getrokken. In figuur 18 is deze situatie getoond. Hieruit valt op te maken dat het creëren van stroming door een gemaal met deze capaciteit te laten draaien, op een kanaal van een dergelijke breedte voldoende aan een kroosdek kan trekken om dit te verplaatsen.



Figuur 17: Voor en na malen met 2 pompen (210 m³/min) gedurende 14 minuten bij het hoofdgemaal van polder Berkel; foto's door E.P. Raaphorst



Figuur 18: kroos voor het gemaal, ongeveer gefotografeerd vanaf dezelfde positie, voor en na het pompen. Links is achteraan weinig kroos te zien, het kanaal was daar vrij. Rechts is het kanaal in de verte van kant tot kant volledig bedekt; foto's door E.P. Raaphorst

5.5 Conclusie

De voorlopige conclusie van het onderzoek is dat een deel van de gemalen van Delfland in staat is om kroos uit de polder op te malen en op de boezem te spuien. Wel zijn er verschillende aspecten die verder onderzocht dienen te worden, zoals in paragraaf 5.6 beschreven is.

Het hoofdgemaal van Berkel maalde op de maximumcapaciteit van het gemaal een hoeveelheid kroos de boezem op. De kroosbedekking op het oppervlak tussen de uitlaat van het gemaal en het scherm (hierna: het proefvlak) nam daardoor toe van een kleine 20% naar een goede 60%. Het proefvlak besloeg ongeveer 170 m². Voor het malen lag hier ongeveer 34 m² kroos, na het malen 102 m² kroos. Het gemaal heeft in 14 minuten dus ongeveer 68 m² kroos uitgeslagen in het proefvlak. Dit is uitgezonderd een onbekend aandeel dat met de turbulentie onder het scherm is door gekomen.

Daarnaast zijn als bijkomende resultaten uit gedane waarnemingen nog twee andere zaken te concluderen, die in ieder geval van toepassing zijn op de omstandigheden die op die dag aanwezig waren. Als eerste, activiteit van de krooshekreiniger kan, door het beroeren van het kroos voor het

gemaal, de hoeveelheid uitgeslagen kroos vergroten. Daarnaast, het gemaal kan voldoende trek creëren om kroos op de hoofdwatgang verderop in de polder naar zich toe te trekken.

5.6 Discussie

De poging kroos uit te malen bij het gemaal van de Lage Abtwoudsche polder is niet geslaagd. Er is met één pomp geprobeerd te malen, maar onduidelijk is of het beetje kroos dat zich voorbij het scherm verzamelde ook daadwerkelijk uit het gemaal kwam. Door verstoring van de proef door scheepvaart is hier de tweede pomp ook niet ingezet. Bij het gemaal van de Noord-Kethelpolder werd geen kroos uitgemalen op de maximumcapaciteit van het gemaal. Bij het hoofdgemaal van Berkel heeft in 14 minuten tijd op vol vermogen met twee pompen minimaal 68 m² kroos uitgeslagen.

De resultaten laten zien dat in ieder geval een deel van de gemalen in staat is kroos uit te malen. Wel is op te merken dat de omstandigheden die dag niet regulier waren: er was geen andere reden om te gaan malen dan deze proef. Het kan dus zijn dat de resultaten hierdoor beïnvloed zijn.

Ieder gemaal is anders aangelegd. Er bestaan bijvoorbeeld verschillen in hoe diep de inlaat in het water ligt, en ook in het type pomp. Gemaal Berkel heeft axiale propellerpompen, terwijl de andere twee zijn uitgerust met schroefcentrifugaalpompen. Dit is wellicht een verklaring, omdat maar 3 gemalen zijn bezocht is dat nu niet te zeggen. Door het lage aantal gemalen dat is bezocht en de grote verschillen tussen de gemalen, is ook nog niet een richting te geven over hoeveel een gemiddeld gemaal aan kroos op de boezem zet, en is het ook nog niet nuttig om te proberen dit verder te kwantificeren. Er kan dus nog niet worden afgeleid in hoeverre de gemalen precies bijdragen aan het kroosprobleem in Delft. Wel is duidelijk dat dit een richting is die verder moet worden onderzocht wanneer de wens bestaat om op een preventieve manier Delft kroosvrij te houden.

Kader - Andere bekende gevallen waarin kroos door gemalen is uitgemalen

Er zijn twee andere gevallen te noemen waarvan zeker is dat een gemaal kroos heeft uitgemalen. Bij de in hoofdstuk 3 beschreven proef is door de auteur waargenomen dat een deel van het kroos dat zich bij het gemaal verzamelde aan de andere kant de Schie op werd gepompt. Ook is bekend dat er eind van de zomer van sommige jaren enorm veel kroos in het (zoute) water van de haven van Scheveningen terecht is gekomen (pers. med. A. Hagen, gemeente Den Haag). De enige mogelijke bron van dit kroos is uitmalen door het gemaal Drs. P.H. Schoute. Deze gemalen malen beide niet van een polder op de Schie, en zijn daarom niet bezocht ter bevestiging in het onderzoek.

5.7 Aanbevelingen

Er zijn deze dag slechts 3 van de vele gemalen van Delfland bezocht. De omstandigheden waren ook niet gelijk aan die van een normaal moment waarop gemalen wordt. Het was namelijk een droge dag, en geen reden om vanuit een neerslagprotocol te malen of voor te malen. Op een droge dag wordt hooguit af en toe met een lage capaciteit gemalen, bijvoorbeeld ter compensatie van inlaatwater. De belangrijkste aanbeveling is daarom vervolgonderzoek zo op te zetten dat het resultaat onder zo reëel mogelijk omstandigheden wordt verkregen, om zo goed inzichtelijk te maken welke gemalen een bron van kroos voor de boezemkanalen kunnen zijn. Dit kan gedaan worden door monitoring uit te voeren op het moment dat het gemaal vanuit het reguliere werk wordt ingezet.

Er zijn langs de Schie meer gemalen dan de hier beschreven gemalen. Bij éézelfde type gemaal kan er verschil zijn in wat het doet met kroos, bijvoorbeeld doordat de inlaat van de pomp dieper of minder diep in het water is aangelegd. Ook zijn er typen die niet getest zijn, zoals een vijzelgemaal. Daarnaast kwam uit waarnemingen (persoonlijke mededeling Rob Hoefnagel, 22 september 2016) naar voren dat ook het boezemkanaal van Schipluiden naar Delft vol lag met kroos. Ook vanuit die richting kan kroos naar Delft komen. Het is aan te bevelen om de hier beschreven proef te herhalen bij meerdere gemalen, van verschillende typen en op verschillende locaties. Met deze gegevens kan

mogelijk een meer kwantitatief beeld geschetst worden in hoeverre de kroosdekking op de boezem rond Delft worden veroorzaakt door dit fenomeen. Informatie over welke gemalen kroos uitmalen vormt ook een basis waarop een eventuele aanpak kan worden uitgewerkt.

Met het oog op turbulentie die kroos onder het scherm trekt, is het nuttig om voldoende ruimte te nemen tussen het gemaal en het kroos scherm. Eventueel kan dit worden bereikt door inzet van een groter kroos scherm.

De bovenstroomse watergang voorafgaand aan de proef zo veel mogelijk vrij maken over een langere afstand, voorkomt ruis in de resultaten.

Een camera op een vast punt en op een hoog statief, of bijvoorbeeld een camera onder een drone boven de watergang, maakt de interpretatie van de resultaten achteraf eenduidiger. De bedekking in het proefvlak kan dan door de vaste, hogere positie exacter worden afgeleid.

6. Synthese van de analyses

6.1 Conclusie

Het creëren van stroming in een grachtenstelsel als dat van Delft, is een geschikte manier om kroos te verplaatsen naar 1 punt, om het daar te verwijderen. De toename van de kroosbedekking in Delft is, wanneer deze optreedt, echter veel te groot om met dit systeem te voorkomen dat de binnenstad dicht komt te liggen, en ook te groot om in kortere tijd dit allemaal te verwijderen.

Op de verschillende watertypen (polder- en boezemkanalen, -sloten en -plassen) is vooral voor de poldersloten en -kanalen en de boezemsloten een kroosaanwas te zien die goed te verklaren is door groei ter plaatse. In de grotere boezemkanalen, en de grachten van Delft die qua kroosgroei sterk lijken op het patroon van die boezemkanalen, begint de piek veel later in het jaar en is vrij kort. Dit duidt er op dat dit voor kroos helemaal niet zo'n geschikte groeiplaats is, maar dat het wordt aangevoerd door elders. Kroosdekken lijken in Delfland gelimiteerd door het fosforgehalte. Vooral op het Rijn-Schiekanaal rond Delft is het gehalte fosfor in de zomer niet zo groot dat dit een spontane piek in groeisnelheid kan verklaren, als de groei eerder al dusdanig laag is dat er vrijwel geen kroos wil groeien. Deze resultaten wijzen er op dat een zeer substantieel deel van de kroosdekken in Delft niet ter plaatse groeien, maar zijn aangevoerd van elders.

Een kroosdek en het zuurstofgehalte zijn aan elkaar gerelateerd, en bij een hoge kroosbedekking komt het zuurstofgehalte bijna nooit boven de (minimale) norm. Daarmee vormt het een belemmering voor de ecologische ontwikkeling.

Gemalen, afhankelijk van omstandigheden ter plaatse, kunnen kroos van de polder op de boezem malen, en daarmee een bron vormen voor kroosdekken op de boezem.

6.2 Discussie

De verzamelde data wijst in de richting dat het overgrote deel van het kroos dat zich vanaf augustus en september in om de oude binnenstad van Delft bevindt, daar terecht is gekomen doordat het van elders is aangevoerd. De omstandigheden ter plaatse zijn niet ideaal voor de groei van kroos, wat af te leiden is uit het feit dat er tot en met juli vrijwel niets ligt, terwijl elders kroos al hard groeit. Het moment waarop de piek in de binnenstad optreedt, is ook ongeveer het moment waarop in polders het hoogtepunt van de groei wordt bereikt, waarna de kroosbedekking weer snel afneemt vanwege de intredende herfst. Een aanpak van het kroosprobleem kan zodoende in 2 richtingen worden gezocht: voorkomen dat het de binnenstad in komt, en de grote hoeveelheid er uit halen wanneer deze de stad is binnen gekomen. Een preventieve aanpak waarbij kleinere hoeveelheden kroos vroeger in het seizoen worden weggehaald is voor de Delftse boezemgrachten en de Schie niet relevant. Een aanpak op gebied van nutriëntenreductie in de grachten, vooral fosfor, is ook niet relevant omdat uit de resultaten blijkt dat het kroosdek niet in Delft groeit en daar dus ook niet zijn nutriënten opneemt.

De precieze bron van de het kroos in de binnenstad is niet vast te stellen, en daar is nader onderzoek voor nodig. Volgens de resultaten van Koomen (2014) is de stroming op boezemkanalen van Den Haag en daarmee de verplaatsing van kroos sterk afhankelijk van omstandigheden die van jaar tot jaar kunnen verschillen. Het is niet meer dan logisch dat dergelijke situaties zich ook in Delft voordoen.

Er zijn enkele voorbeelden te noemen:

Voor de ontwikkeling van de spoorzone in centrum Delft is de Buitenwatersloot gestremd geweest. Daarmee kon eventueel kroos vanuit Midden-Delfland niet in de binnenstad terecht komen. Inmiddels is deze stremming voorbij.

Afhankelijk van omstandigheden wordt geschoven met de prioriteit van welk boezemgemaal boezemwater naar het buitenwater pompt. Deze prioriteit heeft invloed op de voornaamste richting waarin het water op de boezem rond Delft zich verplaatst. Onder specifieke omstandigheden kan er zelfs een soort dood punt rond Delft ontstaan (pers. med. R. Bakkum) waarbij het boezemwater in en

rond centrum Delft zich niet substantieel verplaatst. Mogelijk blijft kroos eenvoudig in dit dode punt liggen, wanneer het optreedt.

Al met al zijn er dus verschillende onzekerheden die het moeilijk maken om snel prioriteiten aan te kunnen wijzen in het aanpakken van bronnen van kroos. Daar valt tegenin te brengen dat Delft niet de enige stad met boezemwater is die last heeft van kroosoverlast. Onder andere Schiedam, Den Haag en Maassluis, als uitersten in het boezemsysteem, kennen ook terugkerende problemen met kroosoverlast. Een aanpak van bronnen van kroos die de boezemkanalen belasten, hebben dus altijd wel ergens een positief effect.

6.3 Oplossingsrichting

Er wordt structureel gewerkt aan verbetering van de waterkwaliteit door de nutriëntenlast te verminderen. Het is echter niet te verwachten dat dit op korte termijn de problemen met kroos gaat oplossen. Wanneer besloten wordt dat een oplossing voor de kroosoverlast in Delft gewenst is, kan daarom beter gedacht worden aan methodes die gericht zijn op een actieve aanpak van het kroos zelf.

Er zijn binnen de in de discussie genoemde richtingen een paar opties waaraan gedacht kan worden om het kroosprobleem in de Delftse binnenstad op een actieve manier aan te pakken:

1. Een curatieve methode is het inzetten van gemaal Duyvelsgatbrug, in combinatie met de stuwen en afsluiters van de binnenstadkering, om het kroos uit de grachten weg te halen wanneer het er ligt. Dit betekent een inzet over een langere periode in de maanden augustus en september, en wellicht nog daarna, met als voornaamste resultaat dat het dichte kroosdek er korter ligt dan wanneer een passieve houding wordt ingenomen. Voordeel van deze methode is dat een belangrijk deel van de installatie al aanwezig is. Nadeel van de methode is dat het kroosdek niet voorkomen kan worden en naar verwachting niet snel genoeg verwijderd kan worden om schade aan de ecologie te voorkomen. Ook betekent dit dat er een grote hoeveelheid kroos moet worden afgevoerd, en hier moet een betere oplossing voor worden gezocht dan de methode (kraan en vrachtwagen) die voor de maalproef is gebruikt.
2. Een preventieve methode voor de binnenstad van Delft, is het afschermen van de grachten, bijvoorbeeld met drijfbalken, van het buitenwater op het moment dat via het buitenwater kroosdekken de binnenstad in dreigen te drijven. Een voordeel is dat dit een relatief eenvoudige optie is. De nadelen zijn echter vrij groot te noemen. Het wordt bijvoorbeeld lastiger voor recreatievaart om de binnenstad in en uit te varen. Door de afscherming worden de grachten mogelijk (veel) geschikter als leefgebied voor kroos, aangezien kroos beter groeit op water met een kleiner oppervlak waar het niet is overgeleverd aan de wind en stroming. Het kan dan niet meer door wind en stroming op de Schie belanden. Dit kan eventueel weer worden tegen gegaan door preventieve inzet van gemaal Duyvelsgatburg. Tevens biedt dit geen oplossing voor problemen die scheepvaart op het Rijn-Schiekanaal ondervindt van kroosdekken.
3. Een andere preventieve methode voor een groter deel van de boezem is tegengaan dat kroos door gemalen vanuit de polder, of door stroming en wind vanuit de boezemhaarvaten, in de grote kanalen van het boezemsysteem terecht kan komen. Hiervoor kan bijvoorbeeld een installatie worden ontworpen die het kroos uit het water verwijderd nog voordat het bij het gemaal komt.
4. De laatste preventieve methode voor de binnenstad is een aanpak van kroos op de plek waar het groeit. In Den Haag wordt momenteel op een preventieve methode kroos aangepakt. Kroos dat daardoor niet in de polder ligt, kan ook niet op de boezem komen. De aanpak invoeren voor het hele achterland dat mogelijk Delft van kroos voorziet is echter niet realistisch op korte termijn haalbaar.

7. Literatuur

Hasan R., Chakrabarti R.; 2009; Use of algae and aquatic macrophytes as feed in small-scale aquaculture; Food and agriculture organization of the United Nations

Koomen A.; 2014; Analyse waterstroming Den Haag in het kader van de kroosproblematiek; Arcadis

Maessen M., Van Kruiningen M.; 2014; Kennis over kroos; STOWA

Raaphorst E.P.; 2015; Kroosbestrijding, resultaten van veldproeven en maatregelen in het kader van lokale knelpunten waterkwaliteit 2013 en 2014; Hoogheemraadschap van Delfland

Beesen A.H.G.C. van der, Devilee B.J.W.M., Nijhuis A.; 1997; Vierde Nota Waterhuishouding; Sdu Uitgevers; Rijkswaterstaat

Bijlagen

Bijlage 1 – maalstaten verwijderingsproef binnenstad Delft

Toelichting:

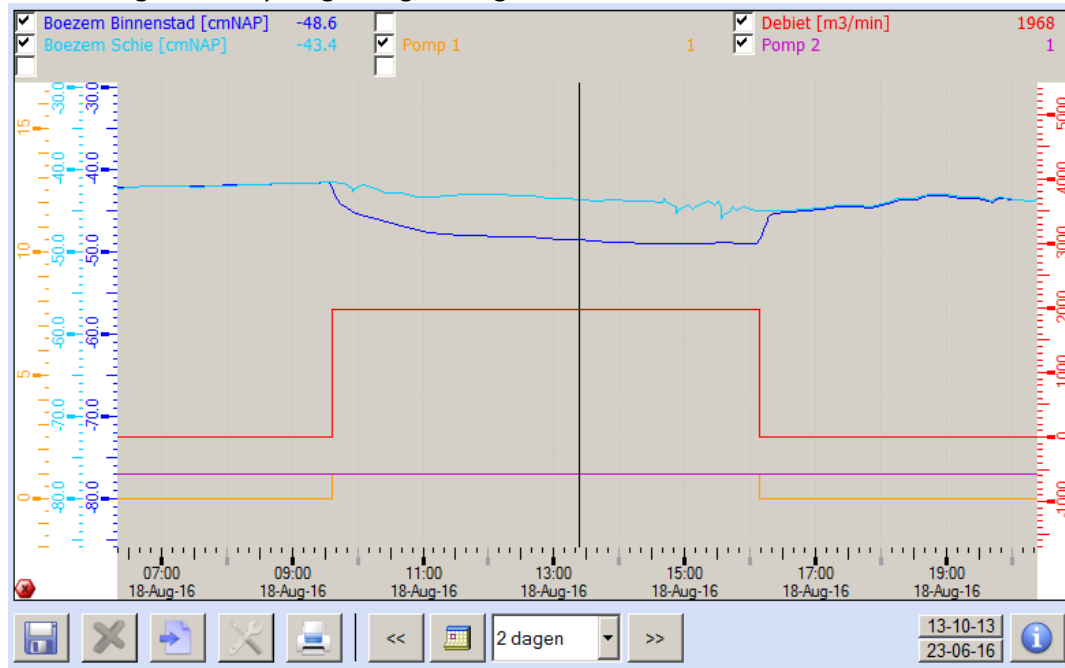
Paarse en gele lijnen – ingezette capaciteit pompen

Rode lijn – debiet pompen

Blauwe lijn – polderpeil

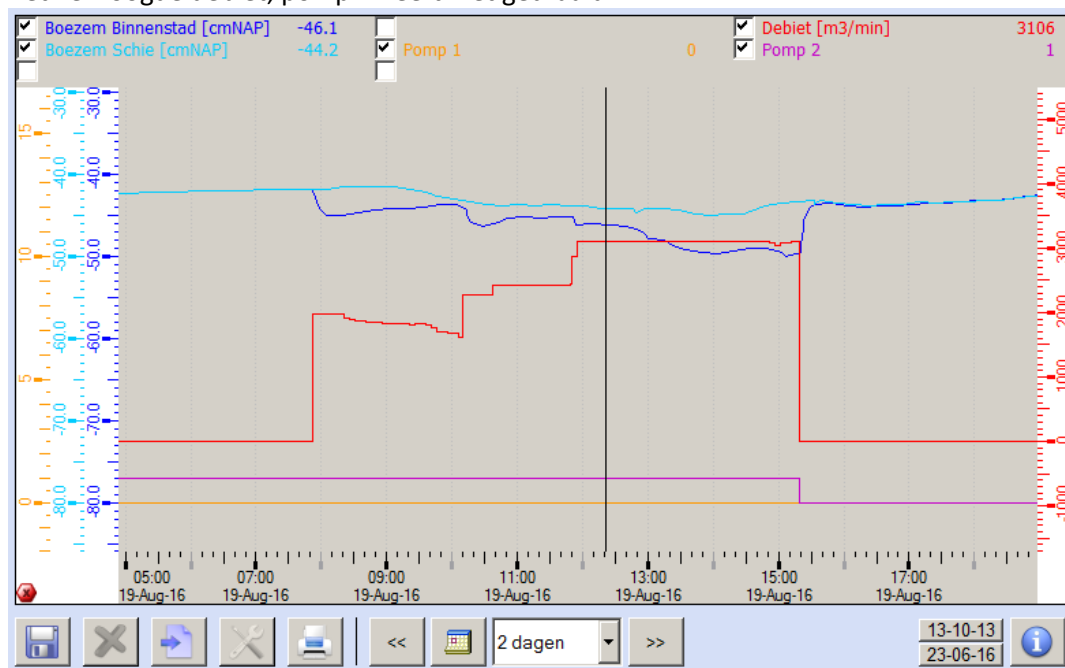
N.B. de eenheid van het debiet is niet correct, dit is in m³/uur.

Maalstaat gemaal Duyvelsgatbrug, 18 augustus 2016



Maalstaat gemaal Duyvelsgatbrug, 19 augustus 2016

N.B. de inzet van pompen is niet goed weergegeven, pomp 1 heeft gedraaid in dezelfde periode als het verhoogde debiet, pomp 2 heeft niet gedraaid.



Bijlage 2 – maalstaten proef kroos uit gemalen

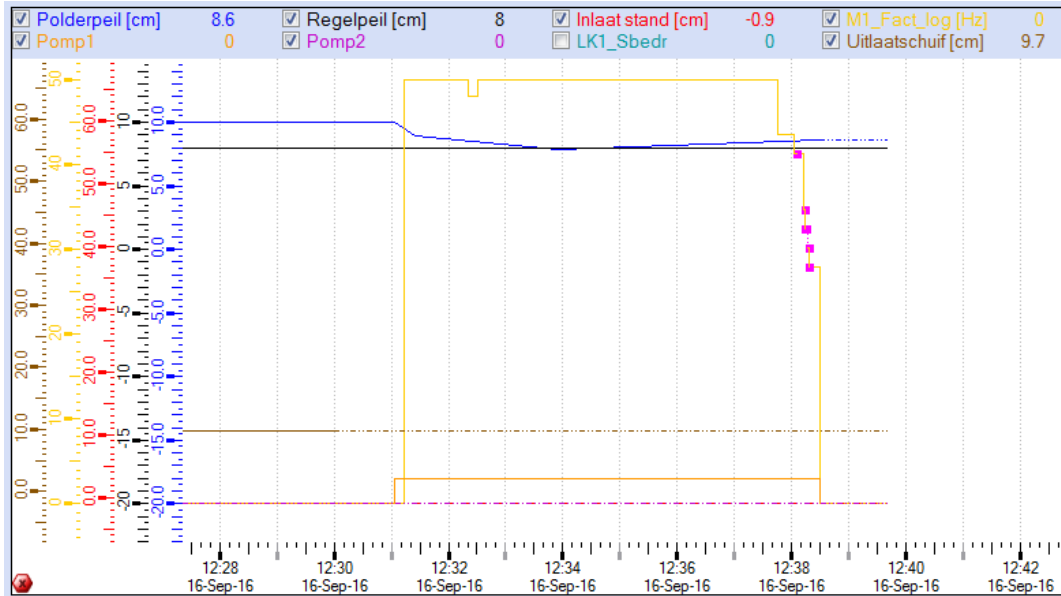
Toelichting:

Paarse en gele lijnen – ingezette capaciteit pompen

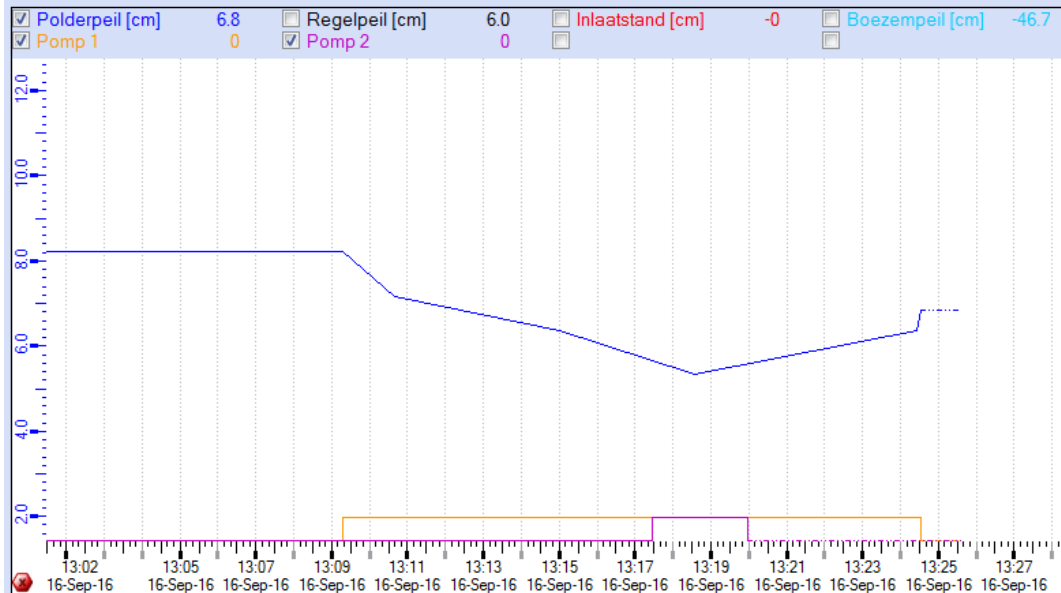
Blauwe lijn – polderpeil

Zwarte lijn – regelpeil, het peil waarop het gemaal is ingesteld t.o.v. het polderpeil om in werking te treden

Maalstaat gemaal Lage Abtwoudsche polder, 16 september 2016



Maalstaat gemaal Noord-Kethelpolder, 16 september 2016



Maalstaat hoofdgemaal polder Berkel, 16 september 2016

