

Compilatie onderzoek kroosproblematiek Delfland 2013-2021

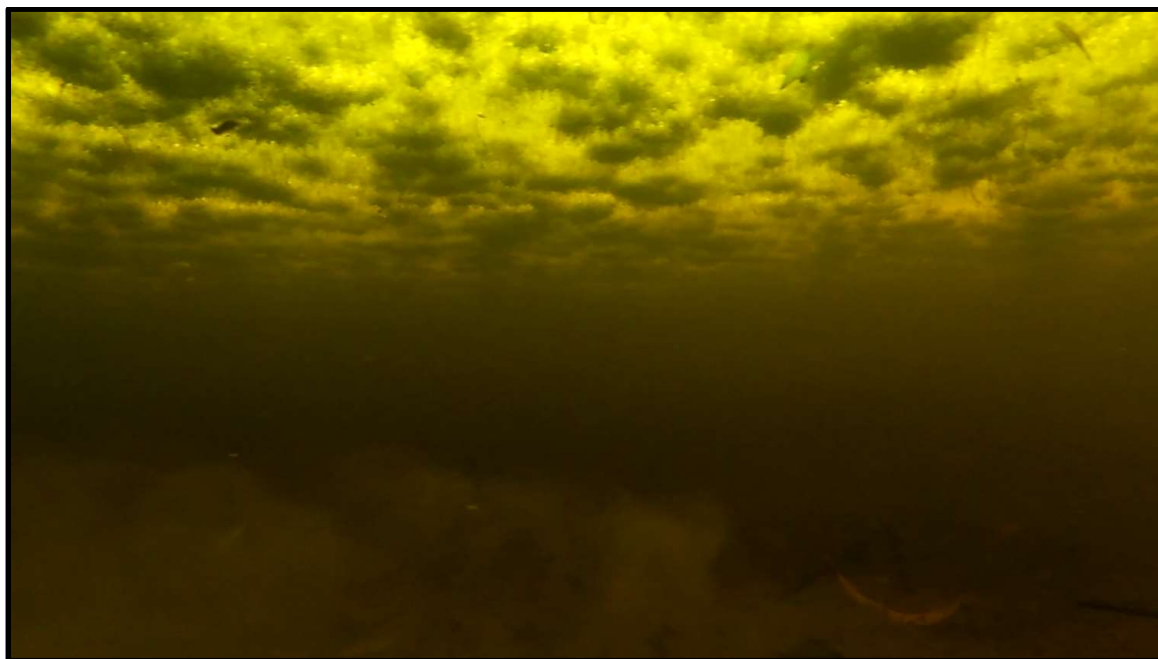
Overzicht van de in de afgelopen jaren
uitgevoerde onderzoeken naar oorzaken en
effecten van en maatregelen tegen kroos



Hoogheemraadschap van
Delfland

Compilatie onderzoek kroosproblematiek Delfland 2013-2021

Overzicht van de in de afgelopen jaren uitgevoerde onderzoeken naar oorzaken en effecten van en maatregelen tegen kroos
Hoogheemraadschap van Delfland



Colofon

Auteurs

Aiske Rijnks (HHD), Ernst Raaphorst (HHD), Jeroen Mandemakers (W+B), Marleen Ursem (W+B)

Opdrachtgever

Hoogheemraadschap van Delfland

Opdrachtnemer redactie eindrapport kroosonderzoek

Witteveen + Bos

Projectleider

Jeroen Mandemakers

Witteveen + Bos projectnummer

125966

Datum

14-2-2022

Foto omslag: Markus Trier (Muscat_Coach), pixabay.com; kroos

Foto titelpagina: E.P. Raaphorst; onder een kroosdek.

Inhoud

SAMENVATTING	3
1. INLEIDING	5
1.1. AANLEIDING VOOR KROOSONDERZOEK.....	5
1.2. KADER VAN HET ONDERZOEK.....	6
1.3. ACHTERGROND KROOSPROBLEMATIEK	6
1.4. DOEL RAPPORTAGE.....	9
1.5. LEESWIJZER	9
2. ONDERZOEKSSPOOR LEREN: KROOS EN WATERKWALITEIT	10
2.1. INLEIDING.....	10
2.2. VERSPREIDING KROOS BINNEN DELFLAND	13
2.3. ONDERZOEKSRÉSULTATEN INTERACTIE KROOS - WATERKWALITEIT	22
3. ONDERZOEKSSPOOR AANPAKKEN: KROOS VERWIJDERING	44
3.1. INLEIDING.....	44
3.2. ONDERZOEKSRÉSULTATEN REACTIEVE KROOSVERWIJDERING	46
3.3. ONDERZOEKSRÉSULTATEN CURATIEVE KROOSVERWIJDERING	48
3.4. ONDERZOEKSRÉSULTATEN PREVENTIEVE/PROACTIEVE KROOSVERWIJDERING	51
3.5. ONDERZOEKSRÉSULTATEN INNOVATIEF KROOSBEHEER.....	56
3.6. KROOS IN HET RIOOL.....	62
3.7. DISCUSSIE EN CONCLUSIE	63
4. ONDERZOEKSSPOOR KANSSEN: KROOSONDERZOEK BIEDT KANSSEN	65
4.1. INLEIDING.....	65
4.2. CREËREN WATERBEWUSTZIJN.....	68
4.3. SAMENWERKING MET BEWONERS	69
4.4. SAMENWERKINGSRELATIES GEMEENTEN/WATERSCHAP.....	70
4.5. CIRCULAIRE TOEPASSING VAN KROOS.....	72
5. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	74
5.1. BEVINDINGEN KROOSONDERZOEK DELFLAND.....	74
5.2. AANBEVELINGEN/IMPLICATIES VAN HET KROOSONDERZOEK	76
REFERENTIES	79
BIJLAGE	82

Samenvatting

De gebruikelijke aanpak van overmatige kroosgroei is het verwijderen van kroosdekken wanneer er zuurstoftekort, stankoverlast of vissterfte ontstaat. Deze aanpak is een reactieve aanpak en gebeurt aan de hand van het kroosprotocol dat het Hoogheemraadschap van Delfland hiervoor heeft ontwikkeld. In het kader van de plannen voor het verbeteren van de ecologische waterkwaliteit voor de Kaderrichtlijn Water (KRW) zijn in 2014 de volgende maatregelen voor kroos opgegeven: een meer actieve vorm van kroosbeheer onderzoeken en het kroosbeleid ecologisch optimaliseren. De afgelopen jaren is veel werk verzet om deze maatregelen verder te onderzoeken en vorm te geven. Bestaande kennis is gebundeld en aangevuld met nieuw onderzoek. Er is gekeken naar oorzaken, effecten van en maatregelen tegen kroos.

De oorzaak van overmatige kroosgroei is een teveel aan voedingsstoffen in het oppervlaktewater. Delfland werkt continu aan het terugdringen van die voedingsstoffen. Dat duurt lang en het kan ook niet overal. Samen met partners onderzoeken we daarom alternatieven. Er zijn verschillende onderzoeken uitgevoerd naar effecten van en maatregelen tegen kroos.

Zo is een tweejarige pilot met de gemeente Delft uitgevoerd in de (KRW) wateren in de binnenstad van Delft. Hierin is gekeken naar de oorzaken en het gedrag van kroos. Er zijn maatregelen onderzocht en er is onderzocht of de schade die kroos doet aan de ecologie te kwantificeren is. Daarnaast is er een studie uitgevoerd waarbij gekeken wordt naar de knelpunten die kroos oplevert in de Natte Ecologische Zones (het NEZ-netwerk) van Delfland.

De voorlopige resultaten wijzen erop dat kroos op KRW-water (vaak grotere wateren) met name voor overlast zorgt op plekken waar wind en stroming afwezig zijn of geen invloed hebben op het kroos. Of waar transport van kroos verhinderd wordt door obstakels aan het wateroppervlak zoals aanwezigheid van andere vegetatie over de breedte van de watergang. Met uitzondering van een aantal locaties op KRW-wateren, waar voorge-noemde situaties voorkomen, ziet Delfland kroos vooral als een probleem op de zogenaamde Overige wateren (vaak kleinere wateren, ook wel lokale wateren genoemd). Intensieve monitoring van kroosbedekking en waterkwaliteitsparameters heeft een aan-nemelijk verband aangetoond/uitgewezen tussen nalevering van nutriënten uit de bodem, lage zuurstofgehalten en explosieve kroosgroei. Hierbij lijkt een vicieus effect op te treden waarbij oorzaak en gevolg niet uit elkaar te halen zijn. Een laag zuurstofgehalte kan bijvoorbeeld zowel oorzaak als gevolg van een kroosdek kan zijn. Onder ecologen bestaat een brede consensus dat kroos bijdraagt aan verstoring van de ecologie en ecologische potenties. In de onderzoeken is bijvoorbeeld waargenomen dat een dicht kroosdek een negatieve invloed heeft op het onderwaterleven. Ook leidt het tot eerder afsterven van onderwaterplanten en een verminderd voorkomen van verstoring van de populatieopbouw van kleine waterdieren. Het kwantificeren van effecten van kroos op de ecologie in het veld blijkt vaak lastig te zijn omdat er teveel oncontroleerbare variabelen een rol spelen. De onderzoeken hebben geleid tot het definiëren van een kroosknelpunt: Wanneer een kroosdek de oorzaak is van een zuurstofconcentratie onder de 3 mg/L en/of wanneer een kroosbedekking ontstaat van boven de 75% bedekking gedurende één à twee weken kunnen sterke negatieve effecten op het onderwaterecosysteem verwacht worden.

Uit de verschillende onderzoeken naar maatregelen tegen kroos kwam steeds naar voren dat kroos en kroosaanpak niet los gezien kan worden van de rest van het ecologisch systeem en andere onderhoudstaken als maaien en baggeren. Zo lijkt een voedselrijke waterbodem kroosproblematiek te versterken en zijn veel maatregelen tegen kroos niet effectief als er ook andere woekerende waterplanten aan het wateroppervlak aanwezig zijn. Door de sterke interactie van kroos met andere waterplanten en waterbodem leidt dit tot de aanbeveling om een kroosaanpak onderdeel te maken van 'ecologisch onderhoud', en op basis van kennis en ervaring uit dit rapport de kroosaanpak in samenhang met maai-beheer en baggeren voor de waterkwaliteit verder uit te werken.

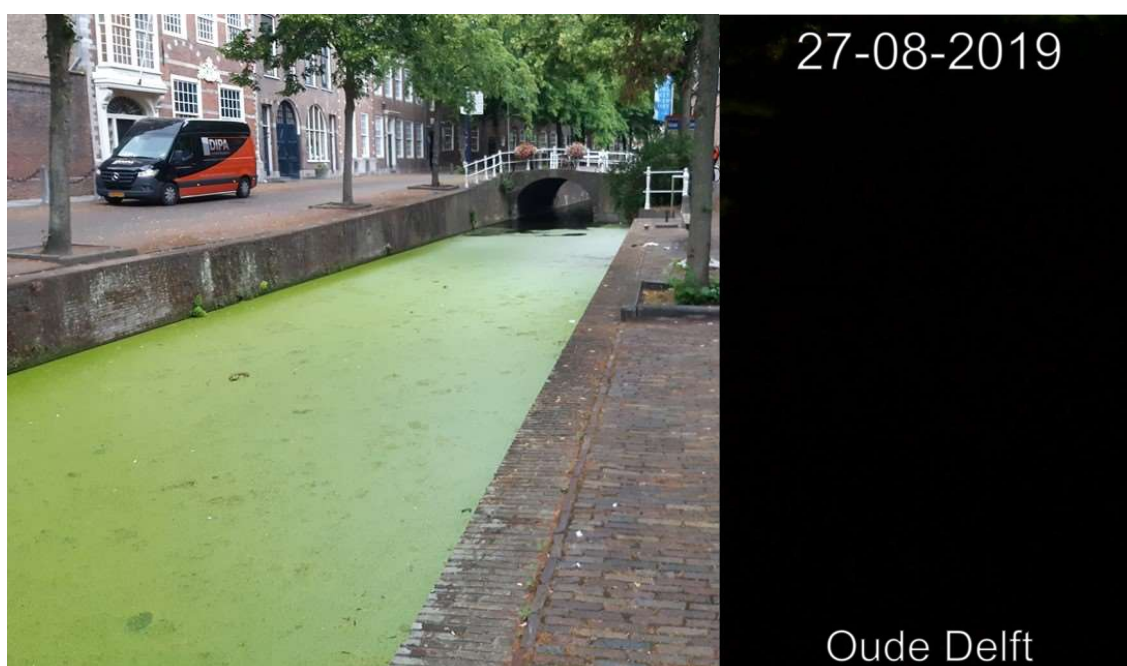
Voor overige (vaak kleinere) wateren, waar kroosoverlast een vaker voorkomend probleem vormt is maar waar de gemeente vaak verantwoordelijk is voor het onderhoud, is vanuit een gedeelde verantwoordelijkheid voor de maatschappelijk ervaren overlast, ingezet op samenwerkingen met bewoners en gemeenten.

In dit kader is er een pilot uitgevoerd met een natuurvereniging en gemeentes om in beeld te krijgen op welke schaal bewonersinitiatieven ingezet kunnen worden. De resultaten hiervan wijzen op beperkte mogelijkheden die bij voorkeur in combinatie met waterbewustzijn verder opgepakt kunnen worden. Uit een deelonderzoek naar de haalbaarheid van (innovatieve) manieren om kroos af te vangen komen een aantal veelbelovende ideeën, die met name op de overige wateren kunnen worden uitgetest. De aanbevelingen en de kennis die uit dit compilatierapport volgen vormen de basis om een kroosaanpak te laten landen in een gezamenlijke integrale aanpak voor overige wateren waar kroosmaatregelen onderdeel zijn van een breder pakket maatregelen.

1. Inleiding

1.1. Aanleiding voor kroosonderzoek

In 2016 en 2017 was er in het beheergebied van het Hoogheemraadschap van Delfland opvallend veel overmatige kroosgroei. Veel sloten, grachten en vijvers waren een groot deel van de zomer bedekt met een dikke laag kroos. In beide jaren kwamen er bij het klantcontactcentrum (KCC) van het Hoogheemraadschap meer dan gemiddeld veel kroosmeldingen binnen. De meldingen kwamen uit het hele beheergebied van het Hoogheemraadschap, maar in het bijzonder vanuit de binnenstad van Delft. "Delft, de hoofdstad van het kroos", kopte een artikel in het Algemeen Dagblad van 15 juli 2017. De foto's bij het artikel tonen grachten en sloten die volledig bedekt zijn met de kleine groene drijvende plantjes - welke samen een gesloten kroosdek vormen, Figuur 1. Van bovenaf is het water dan niet meer zichtbaar, niet meer beleefbaar. En onderwater... is het donker.



Figuur 1: Gracht in de binnenstad van Delft met een gesloten kroosdek, links het beeld boven water en rechts het beeld onderwater (de lichtuitdoving van het kroosdek was inderdaad zo sterk dat het beeld vrijwel zwart is, enkel linksboven is enige mate van groene doorschijn).

Vanuit het Hoogheemraadschap was er al langer aandacht voor kroos. De in 2011 opgestarte programmalijn Lokale Knelpunten Waterkwaliteit zou als startpunt kunnen worden aangemerkt voor de meest recente onderzoeken. Uit die programmalijn kwam naar voren dat overmatige kroosgroei een veelvoorkomend knelpunt is voor de lokale waterkwaliteit en door burgers als overlast gevend wordt ervaren [31]. In 2013 en 2014 is er in het kader van deze programmalijn geëxperimenteerd met verwijderingsmethoden voor kroos [22]. Door de aandacht voor kroos binnen deze programmalijn groeide bij het Hoogheemraadschap de behoefte om het kroosprobleem meer systematisch te gaan onderzoeken [6]. De overmatige kroosgroei in 2016 en 2017 en de vele meldingen en klachten waren vervolgens een belangrijke aanleiding om vanaf 2018 een meer systematisch onderzoek vorm te geven.

1.2. Kader van het onderzoek

Wat is kroos?

Kroos, ook wel eendenkroos genoemd, is de overkoepelende benaming van een groep van kleine, vrij op het water drijvende plantjes, waarvan meerdere soorten in Nederland voorkomen. Kroos heeft korte of geen wortels en is daardoor gevoelig voor stroming en wind waardoor het wegspoeld of niet goed kan groeien. Zodoende komt kroos vooral voor in stilstaande of langzaam stromende wateren zoals slootjes, vijvers en in kanalen met weinig stroming en veel beschutting tegen de wind. In grote, open wateren is kroos doorgaans veel minder dominant aanwezig. In voedselrijke omgevingen kan kroos zeer snel groeien en exponentieel in omvang toenemen, met als gevolg dat het hele wateroppervlak bedekt raakt met een dicht kroosdek. Dit gebeurt vooral in de zomer als de watertemperatuur hoog is. In de winter zinkt het kroos naar de bodem om daar als overwinteringsknop te overleven. Vanaf zo'n 5°C kan kroos weer gaan groeien. De optimale temperatuur voor kroosgroei ligt tussen 20°C en 31°C. Wanneer de omstandigheden optimaal zijn, kan de biomassa van kroos in 2 à 3 dagen verdubbelen. Nadere informatie over deze en andere relaties van kroos met zijn omgeving is verzameld in bijvoorbeeld [9].

Er zijn veel verschillende soorten kroos, Figuur 2. In Nederland zijn er zes inheemse eendenkroossoorten en meerdere 'exoten'. Daarnaast zijn er nog andere plantjes die vanwege uiterlijk en impact op de omgeving tot het kroosdek gerekend kunnen worden, zoals kroosvaren. In de uitgevoerde onderzoeken is niet expliciet onderscheid gemaakt tussen al deze verschillende soorten. Ook in dit rapport is verder geen onderscheid gemaakt tussen soorten, maar is simpelweg de term 'kroos' gebruikt voor alle soorten die onderdeel kunnen uitmaken van het kroosdek.



Figuur 2: Verschillende kroossoorten: (links) één van de wortelloze krozen (Wolffia sp.); (rechts): veelwortelig kroos (Spirodela polyrhiza), dwergkroos (Lemna minuta) en builkroos (Lemna gibba).

1.3. Achtergrond kroosproblematiek

Het probleem van kroos vanuit het perspectief van het Hoogheemraadschap

Het Hoogheemraadschap van Delfland draagt de verantwoordelijkheid voor de waterkwantiteit en de waterkwaliteit in haar beheergebied, Figuur 3. Bovendien speelt Delfland als belangrijke beheerende partij een rol in de maatschappelijke beleving van het water. Op het gebied van waterkwaliteit heeft het Hoogheemraadschap voor Kaderrichtlijn Water-waterlichamen (KRW-waterlichamen) een resultaatverplichting, wat wil zeggen dat de ecologische toestand van deze wateren aan de doelstelling van het Goed Ecologisch Potentieel (GEP) moet gaan voldoen. Voor de kwaliteit van het oppervlaktewater dat niet is

aangewezen als KRW-waterlichaam, het zogenaamde Overig- of Lokaal water, geldt een inspanningsverplichting waarbij de verantwoordelijkheid wordt gedeeld met gemeenten.



Figuur 3: Het beheergebied van het Hoogheemraadschap van Delfland, inclusief de inliggende gemeenten.

Kroos is van invloed op alle drie de hierboven genoemde verantwoordelijkheden van het Hoogheemraadschap. Binnen het Hoogheemraadschap van Delfland leeft bij deze drie aspecten het volgende beeld (dit beeld stamt uit begin 2018 [6]):

- **Waterkwantiteit:** bij goed onderhoud (bijvoorbeeld tijdig kroos verwijderen bij gemaaien) levert kroos zelden problemen op voor het waterkwantiteitsbeheer. Dit blijkt uit navraag bij de operationeel peilbeheerders van het Hoogheemraadschap. Wel worden de operationeel peilbeheerders incidenteel benaderd door omwonenden over waterbelevingsaspecten, zoals stankoverlast als gevolg van een dicht kroosdek.
- **Waterkwaliteit en ecologie:** er is veel theoretische kennis over de invloed van kroos op ecologie. Een van de belangrijkste effecten is de afscherming van licht, waardoor onder het kroosdek de groei van ondergedoken waterplanten stagneert en de zuurstofproductie afneemt. Er is echter weinig data beschikbaar over wanneer (bij welke omstandigheden precies en na welke tijdsduur) hierdoor schade optreedt aan vissen, andere waterdieren of de onderwatervegetatie. Er wordt verwacht dat het reduceren van kroosbedekking een positief effect zal hebben op de ecologische waterkwaliteit.
- **Maatschappelijk:** de kroosproblematiek wordt door het Hoogheemraadschap herkend als een maatschappelijk probleem, in het bijzonder door de stankoverlast maar ook door de slechte uitstraling van kroos voor de waterkwaliteit in het algemeen. Het Hoogheemraadschap trekt samen met de gemeenten op bij het oplossen van kroosoverlast. Recreatiewateren en het water in binnensteden hebben daarbij prioriteit, gevolgd door overige woonwijken.

Strategie kroosproblematiek en -onderzoek

Op basis van de hierboven beschreven verantwoordelijkheden van het Hoogheemraadschap is in 2018 de strategie met betrekking tot de kroosproblematiek en het kroosonderzoek opgesteld [6]. Het uitgangspunt daarbij is dat de ontwikkeling van kroosoverlast voorkomen moet worden door in te zetten op een afname van de voedselrijkdom van het water. Het terugdringen van de voedselrijkdom duurt echter lang en is niet altijd mogelijk en vindt al plaats binnen het bestaande programma waterkwaliteit, waarover meer informatie te vinden is in de jaarlijkse waterkwaliteitsrapportages van Delfland. In de tussentijd neemt het Hoogheemraadschap maatregelen voor het tegengaan van de kroosgroei en de aanpak van kroos bij overlast. De leden van de Verenigde Vergadering (VV; het algemeen bestuur van het Hoogheemraadschap) hebben in 2018 uitgesproken dat daarom de nadruk van het specifiek op kroos gerichte onderzoek en een eventuele aanpak moet liggen op kroosverwijdering als maatregel voor het verbeteren van de ecologische waterkwaliteit op KRW-water. Voor aanpak in het Overige/Lokale Water en voor de aanpak van kroos als maatschappelijk ervaren probleem wordt aansluiting gezocht met de gemeenten.

De gebruikelijke aanpak van kroos is het verwijderen van kroosdekken wanneer er zuurstoftekort, stankoverlast of vissterfte ontstaat. Dit gebeurt volgens het kroosprotocol (protocol uit april 2015; het protocol wordt in het hoofdstuk 3 'Aanpakken' toegelicht). Het kroosprotocol treedt in werking na een melding van overlast. Als dat gebeurt, is de ecologie van het water echter al sterk aangetast en hebben omwonenden al een tijd niet van het water kunnen genieten omdat het schuil gaat onder een groen dek. Dit is een onwenselijke situatie en daarom is Delfland samen met partners op zoek naar andere mogelijke insteken voor de aanpak van kroos. Hier is in Nederland echter weinig ervaring mee; er moest zodoende veel onderzocht worden om over voldoende basiskennis te beschikken om het nut en kosteneffectiviteit van alternatieve aanpakken af te kunnen wegen.

Er ontbrak dus nog veel kennis wanneer het gaat om de kroosproblematiek. Zo was onvoldoende in beeld wat de precieze omvang is van het probleem in het beheergebied van Delfland: hoe vaak komen dichte kroosdekken voor, hoe groot zijn deze en waar treedt dit op? Daarnaast waren er vragen over de effecten van kroos op de ecologische waterkwaliteit. Algemeen bekend is dat een langdurig gesloten kroosdek kan leiden tot zuurstofloosheid, stankoverlast en het verdwijnen van het onderwaterleven. Maar onbekend is na hoe lang dergelijke effecten optreden. Ook was meer inzicht gewenst in de interactie van kroos met andere chemische en ecologische waterkwaliteitsparameters als nutriënten, waterdiertjes en vegetatie. Een andere categorie vragen ging over de verwijdering van kroos: welke maatregelen werken wel, en welke niet of minder goed? Naast het nemen van bronmaatregelen en het volgen van het kroosprotocol, bestond de kroosstrategie daarom uit een drietal onderzoekssporen (Leren, Aanpakken en Kansen).

Binnen deze drie onderzoekssporen is in de achterliggende jaren een groot aantal onderzoeken, pilots en experimenten uitgevoerd. De resultaten van al deze onderzoeken moeten de hiaten in de kennisbasis vullen, zodat daarmee een eenduidig en goed onderbouwd beleid ten aanzien van kroos kan worden ontwikkeld. De onderzoeken zijn veelal in samenwerking met gemeenten en/of burgers uitgevoerd. Sinds 2011 is er al gezamenlijke aandacht voor kroos, initieel via het Lokale knelpuntenprogramma, en later via andere samenwerkingsverbanden. Met de provincie Zuid-Holland is afgesproken dat er in 2021 een voorstel komt voor ecologische doelen voor het Overige/Lokale water, met bijbehorende strategie hoe deze doelen te halen. Ook hierin zal de aanpak van kroos een plaats krijgen, waarbij lering getrokken kan worden uit de verrichtte onderzoeken.

Kroosstrategie van het Hoogheemraadschap van Delfland, opgesteld in 2018:

- Bronaankpak: Het uitgangspunt is dat kroos aangepakt moet worden bij de bron. Dat wil zeggen: sturen op minder voedselrijk water. Dit wordt overkoepelend uitgevoerd via het programma aanpak waterkwaliteit en is daarom geen onderdeel van het specifiek op kroos gerichte onderzoek;
- Kroosprotocol: Indien er kroos aanwezig is, wordt dat verwijderd zodra er sprake is van waterkwantiteits- of waterkwaliteitsproblemen. Hiervoor wordt het bestaande kroosprotocol gevolgd in reactie op meldingen;
- Onderzoeksspoor: 'leren': De kennis vergroten van de ecologie van kroos en de relatie met de algehele waterkwaliteit;
- Onderzoeksspoor: 'aankpakken' omvat de resultaten van de onderzoeken naar de verwijdering van kroos volgens drie strategieën; reactief, preventief en innovatief.
- Onderzoeksspoor 'kansen': Maatschappelijke overlast aankpakken in samenwerking met gemeenten en vrijwilligersorganisaties, wat mogelijk kansen biedt voor waterbewustzijn, samenwerking en burgerparticipatie.



1.4. Doel rapportage

Het doel van dit rapport is om de belangrijkste uitkomsten van de drie onderzoekssporen, 'leren', 'aankpakken' en 'kansen', te bundelen. Er zijn een groot aantal rapporten, verslagen en presentaties gemaakt waarin de resultaten van de afzonderlijke onderzoeken uitvoerig staan beschreven. Waar nodig wordt er in dit rapport naar die documenten verwezen. Dit rapport beoogt dus geen volledige beschrijving te geven van alle uitgevoerde onderzoeken, maar juist om de algemene lijn die daar uit volgt te beschrijven.

1.5. Leeswijzer

Dit rapport is opgebouwd uit drie onderzoekssporen: leren, aankpakken en kansen:

- 'Leren' omvat de inhoudelijke onderzoeken gericht op het vergroten van kennis over kroos; zoals het ontstaan, de verspreiding in het beheergebied en factoren die van invloed zijn op kroos, maar ook het effect van kroos op andere factoren in relatie tot waterkwaliteit.
- 'Aankpakken', : Onderzoek en pilots gericht op actief kroosbeheer op KRW-water, preventief verwijderen, doorspoelen en innovatie op het gebied van kroosverwijdering;
- 'Kansen', bespreekt de kansen in relatie tot kroos, waaronder het creëren van meer waterbewustzijn, het ondersteunen van bewonersinitiatieven in samenwerking met gemeenten en bewonersorganisaties, onderzoek naar toepassingen van kroos en communicatie over kroos.



De verschillende onderzoeken die zijn uitgevoerd kunnen componenten van verschillende onderzoekssporen bevatten, en kunnen daardoor in meerdere hoofdstukken worden aangehaald.



2. Onderzoeksspoor Leren: kroos en waterkwaliteit

2.1. Inleiding

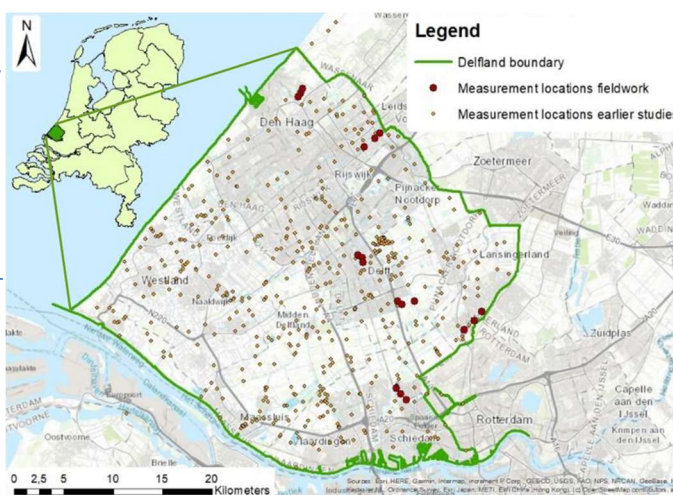
In het onderzoeksspoor 'leren' is een groot aantal onderzoeken en experimenten uitgevoerd om meer praktijkkennis op te doen over de invloed van kroos op de waterkwaliteit en het ecosysteem onder water. Het is bekend dat er door kroosgroei minder zonlicht doorgelaten wordt tot dieper in het water, met als gevolg dat er minder zuurstof geproduceerd wordt door de onderwatervegetatie. Dit kan grote invloed hebben op het onderwaterecosysteem, maar bijvoorbeeld waarden over de hoeveelheid licht die nog doordringt onder een kroosdek konden destijds in de literatuur niet gevonden worden. In welke mate dergelijke effecten als gevolg van kroos optreden in Delfland, welke negatieve gevolgen dit heeft en welke impact dit heeft op bijvoorbeeld de doelen van de Kaderrichtlijn Water (KRW), is binnen dit onderzoeksspoor dus nader onderzocht.

In de komende paragrafen worden de resultaten van de onderzoeken besproken die gedaan zijn om meer data en kennis te vergaren over de relatie tussen waterkwaliteit en kroos. Hierbij wordt eerst ingegaan op de verspreiding van kroos binnen Delfland, waarna de onderzoeksresultaten besproken worden in relatie tot de thema's nutriënten, zuurstof, lichtklimaat, vegetatie en fauna. Hieronder volgt allereerst een overzicht van alle uitgevoerde deelonderzoeken binnen dit onderzoeksspoor. In het vervolg van dit hoofdstuk wordt waar nodig naar het onderzoeksnummer [#] verwezen.

Uitgevoerde deelonderzoeken binnen het onderzoeksspoor Leren:

[9] Duckweed in the High Ecological Value zones of Delfland. Wildenburg, 2020.

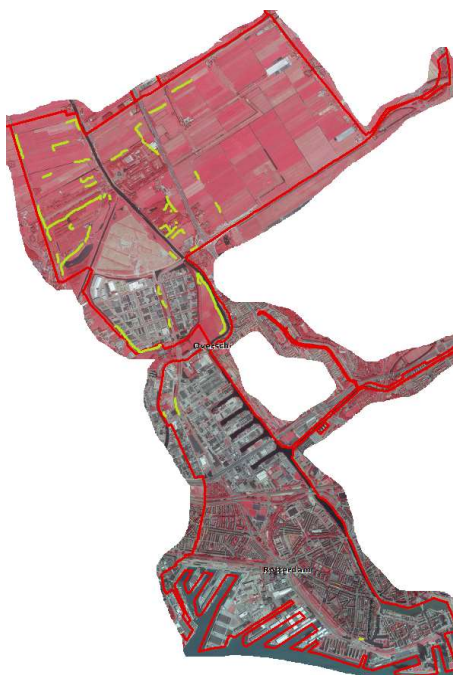
Een onderzoek naar gebieden met een kroosprobleem in het netwerk van ecologisch belangrijke watergangen (NEZ-netwerk) van Delfland. In dit onderzoek wordt inzicht gecreëerd in de verbanden tussen kroosbedekking, een aantal natuurlijke parameters en de ecologische waterkwaliteit. Daarnaast is er beoordeeld hoe kroos de ecologische waterkwaliteit vermindert. Er is veldwerk, literatuurstudie en data-analyse uitgevoerd, *Figuur 4*.



Figuur 4: Kaart van het gebied van het Hoogheemraadschap van Delfland (groen omrand), met daarin de 18 veldwerklocaties (grote rode stippen) en de locaties afgeleid uit de Aquon dataset (alle overige kleine stippen (oranje)).

[12] Evaluatie kroospilots Rotterdam 2017. Raaphorst, 2018.

In 2017 is er een tweetal pilots uitgevoerd waarbij bij een hoge kroosbedekking (>50% bedekking) als aanvulling op de twee reguliere onderhoudsrondes een extra onderhoudsronde uitgevoerd zou worden. Tegen de verwachting in ontstond er geen hoge kroosbedekking op de twee pilotlocaties in het onderzoekjaar 2017. Uit luchtfoto's van het Delflandse deel van Rotterdam (Figuur 5) bleek dat (m.u.v. woonkern Hoek van Holland) de kroosoverlast in het stedelijk deel beperkt was. In het landelijk gelegen deel waren wel kroosdekken gevonden, maar omdat het project was afgebakend tot het stedelijk deel, is hier niet nader naar gekeken.



Figuur 5: Luchtfoto infrarood augustus 2015, van het Delflandse deel van Rotterdam. Rood-tinten betreffen vegetatie; grijs-tinten betreffen bebouwing, water en andere 'harde' structuren; groene markeringen geven het gesignaleerde kroos aan, vooral te zien in de noord-west-hoek.

[17] Kroos en de waterkwaliteit: een enquête onder ecologen, om de effecten en relaties in kaart te brengen. Raaphorst & Rijnks, 2019 (revisie 2021).

Er is een enquête uitgezet om een beeld te vormen over hoe ecologen de ecologische effecten van kroos inschatten. De enquête is door 11 medewerkers van Delfland en door 5 ecologen van andere waterschappen ingevuld.

[18] Kroos in de oude binnenstad van Delft. Raaphorst, 2017 (revisie 2021).

Er is onderzoek gedaan naar de kroosbedekking in de binnenstad van Delft. Waarbij is gezocht naar de oorzaak van de kroosoverlast in de binnenstad van Delft (gemalen als aanvoerroute en de relatie met zuurstof). Er is ook gekeken naar mogelijke oplossingsrichtingen, zoals het verzamelen en daarna verwijderen van kroos, Figuur 6.



Figuur 6: Kroos in de oude binnenstad van Delft wordt met een kraan uit het water geschept.

[24] Kroospilot binnenstad Delft 2018-2020. Raaphorst & Rijnks, 2021.

Er is in vier onderzoeken in de binnenstad van Delft gekeken naar de groei en verplaatsing van kroos, overige vegetatie, zuurstofhuishouding en andere kwaliteitsparameters (bodem en water). In vier pilots is gekeken naar de mogelijkheden om kroos aan te pakken.

[26] Onderzoek naar effect van kroos op waterleven. Stichting milieu dichterbij, 2019.

Er is onderzoek gedaan naar het effect van kroos op het waterleven in de sloot bij het Natuur- en milieucentrum Harre Wegh in Schiedam. Daarbij is onderzocht welke waterplanten en -dieren aanwezig waren in twee verschillende slootgedeelten. Beide slootdelen zijn doorgaans bedekt met kroos, één van de twee delen is voor dit onderzoek kroosvrij gehouden door wekelijks het kroos te verwijderen, Figuur 7.



Figuur 7: Planken in de sloot vormen de afscheiding tussen het slootdeel dat wekelijks wordt vrijgemaakt van kroos (aan de linkerkant) van het slootdeel dat volledig bedekt is met kroos (rechts).

[30] Veldonderzoek lichtinval en zuurstof onder kroosdekken. Raaphorst & Bezemer, 2021.

Er zijn zes sloten met kroos bemonsterd (in Delft, Vlaardingen en Maasland), waarbij lichtmetingen en zuurstofmetingen gedaan zijn en het doorzicht bepaald is. Als referentie zijn vijf locaties bezocht zonder kroos (in Schiedam, Delft, Vlaardingen en Schipluiden). Er zijn daarnaast enkele aanvullende variabelen gemeten.

[32] Zuurstof onder een kroosdek. Raaphorst, 2021.

In een experiment in emmers (onder gecontroleerde omstandigheden) is de relatie tussen kroosbedekking en de zuurstofconcentratie onderzocht. Na het opzetten van het experiment is over een periode van 20 dagen de zuurstofconcentratie, zuurstofverzadiging, temperatuur en EC (geleidbaarheid) gemeten. Ook zijn er onderwateropnames gemaakt.

[33] Zuurstofhuishouding in het water van het centrum van Delft: eindverslag leerlingen Christelijk Lyceum Delft, 2020.

In dit onderzoek zijn op vier locaties in de grachten van Delft op verschillende momenten de zuurstofverzadiging, watertemperatuur en waterdruk gemeten. Ook het weer en de kroosbedekking is genoteerd.

[57] Pilot kroosverwijdering Leidschendam-Voorburg. Raaphorst, 2021. Er is onderzoek uitgevoerd in 2020 naar de macrofaunagemeenschap in sloten die wel of niet van kroos ontdaan waren. De uitgevoerde quickscan van de macrofauna populatie, de zuurstofconcentratie van het water en enkele andere parameters, was een vervolg op onderzoek in 2018. Het onderzoek is uitgevoerd om verschillen tussen schone en met kroos bedekte sloten te onderzoeken, Figuur 8.



Figuur 8: Twee van de locaties waar onderzoek gedaan is naar het verschil in macrofaunagemeenschap tussen sloten die wel en niet geschoond zijn. Links: Arentsburgpark (geschoond) en rechts: Nieuweveensepad (niet geschoond: onder water is het erg donker vanwege een dicht kroosdek). Het Arentsburgpark scoorde qua aantal waterdiertjes en zuurstofconcentratie in het water beter dan de ongeschoonde sloot bij het Nieuweveensepad.

[23] Kroosmonitoring door middel van zeer hoge resolutie satellietbeelden. Water Insight, 2017.

Er is een onderzoek gedaan op basis van een hoge resolutie satellietfoto van een deel van Delfland, waarbij is gekeken of er door middel van algoritmes een automatische analyse kan worden uitgevoerd op de aanwezigheid van kroos. Op deze manier kan kroos vlakdekkend en objectief in kaart gebracht worden.

2.2. Verspreiding kroos binnen Delfland

Het is van belang om de verspreiding van kroos goed in beeld te krijgen, om zo de feitelijke ernst en omvang van het kroosprobleem in het beheergebied van Delfland te kennen. Hiervoor zijn in het kader van het kroosonderzoek meerdere onderzoeken gedaan.

Kroosmeldingen

Het KCC (klantcontactcentrum) van het Hoogheemraadschap van Delfland krijgt jaarlijks honderden klachten en meldingen over vele onderwerpen. Ook meldingen van kroosoverlast komen hier binnen. Het aantal meldingen per jaar varieert van enkele tientallen tot zo'n honderd (Tabel 1). Op de kaarten, die te vinden zijn in de bijlage, Figuur A, is de locatie van de meldingen terug te zien. Doorgaans komen de meldingen vanuit het hele beheergebied binnen, wat suggereert dat kroosgroei overal in het beheergebied optreedt. Wel zijn er soms opvallende clusters van meldingen, zoals in 2016 en 2017 in de binnenstad van Delft en Maassluis, en in 2019 in de gemeente Lansingerland. De oorzaak voor laatstgenoemde clustering van kroosmeldingen is niet duidelijk; maar schijnbaar kampten de sloten in Berkel en Rodenrijs in 2019 met opvallend veel kroos.

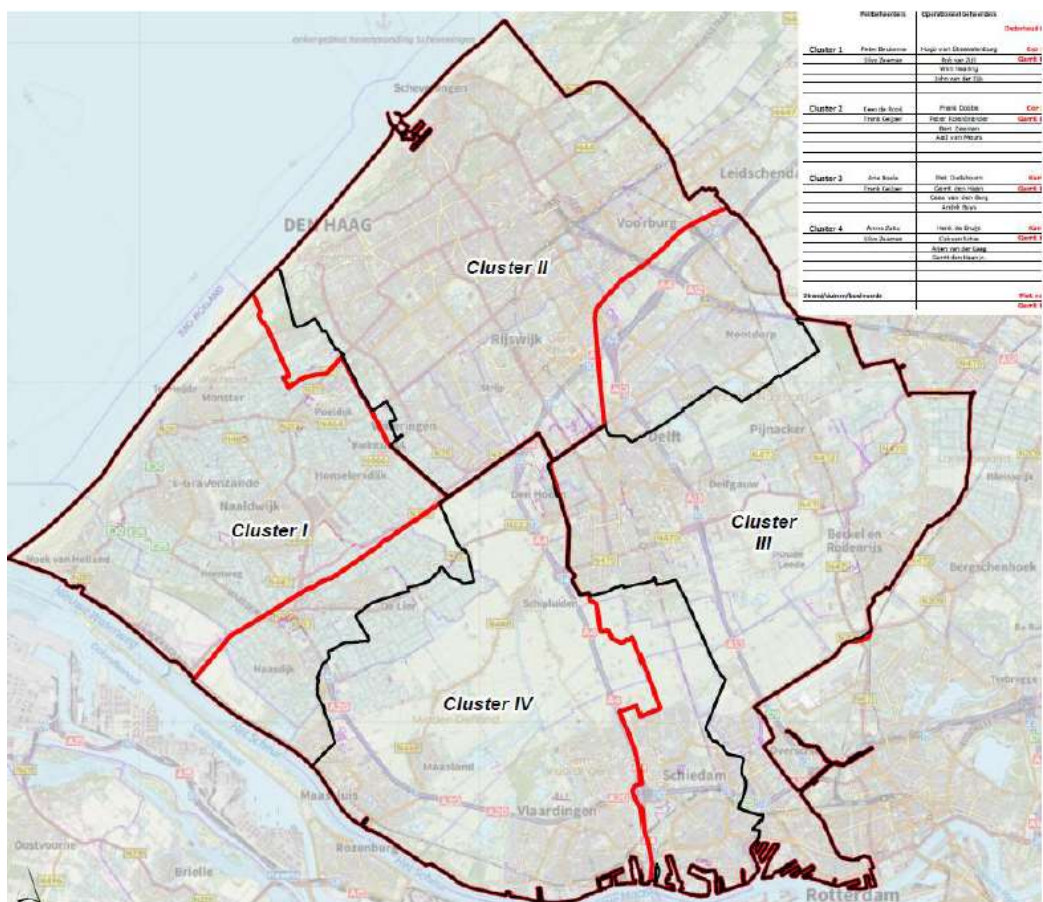
Tabel 1: Aantal binnengekomen meldingen van kroosoverlast bij het KCC van Delfland door de jaren heen.

jaar	2016	2017	2018	2019	2020
#meldingen	99	103	38	61	50

Reguliere metingen

The map shows the Rotterdam region, including the city of Rotterdam, the Scheldt river, and surrounding areas like Delft and Vlissingen. The 15 monitoring stations are marked with black triangles. The stations are distributed across the region, with a higher concentration in the central and eastern parts of the map. The map also shows major roads and water bodies.

14 | 82 Onderzoeksrapport kroos – Hoogheemraadschap van Delfland



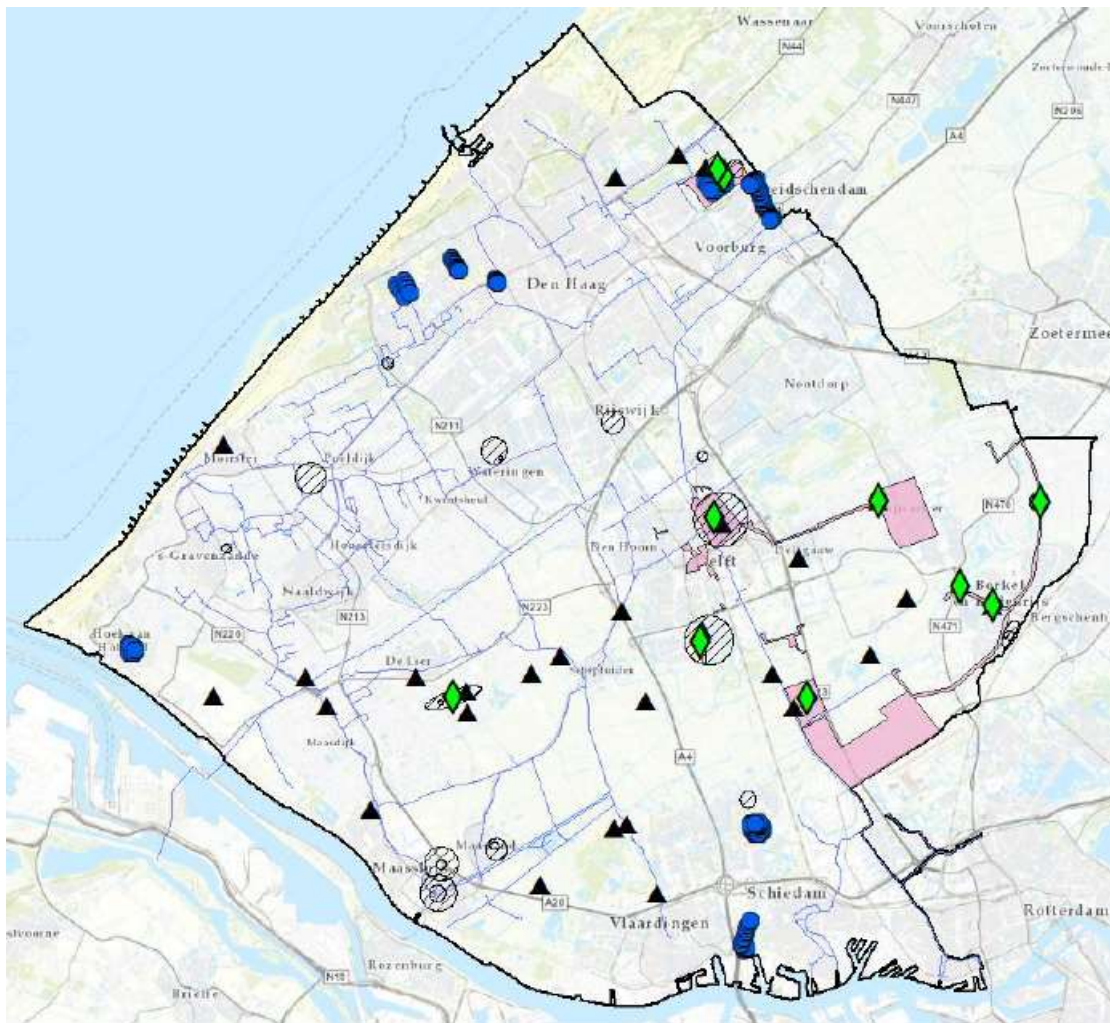
Figuur 10: Clusterindeling Peilbeheer en Onderhoud [29] (rode begrenzungen).

Indruk van operationeel peilbeheerders

De operationeel peilbeheerders van het Hoogheemraadschap is gevraagd naar hun indruk van de aanwezigheid van kroos binnen hun cluster (clusterindeling, zie Figuur 10 [29]). In clusters I en II geven de peilbeheerders aan dat kroos bij hun weten zelden structureel met hoge bedekking aanwezig is, of alleen lokaal. Voor cluster III zijn een aantal gebieden aangewezen waar kroos vaak in hoge bedekking wordt waargenomen, al merken de peilbeheerders op dat de aanwezigheid van kroos onvoorspelbaar is. Hetzelfde werd benoemd door de peilbeheerders van cluster IV, die verder aangaven dat kroos in alle grasvelden aanwezig is, maar vanuit hun oogpunt (onderhoud en peilbeheer) niet tot problemen leidt.

Kroos probleemzones

Navraag bij operationeel peilbeheerders van het Hoogheemraadschap, de meldingen, de metingen en literatuuronderzoek leidt tot een kaart (Figuur 11) van het beheergebied met specifieke aandachtsgebieden welke bekend staan om kroosoverlast [29]. De roze vlakken op de kaart zijn door de peilbeheerders van het Hoogheemraadschap aangewezen als probleemgebieden waar jaarlijks zeer veel kroos wordt waargenomen. Dit is vooral voor het oostelijke deel van het beheergebied goed aan te wijzen (beheercluster III). Het zwaartepunt van de meldingen van het KCC zijn weergegeven met de zwart gearceerde cirkels. De zwarte driehoekjes geven de locaties weer waar op basis van de reguliere metingen vaak sprake is van een dichte kroosbedekking. De blauwe cirkels geven tenslotte weer waar pilots en onderzoeken zijn uitgevoerd op locaties die bekend staan om een dicht kroosdek.



Figuur 11: Waarnemingen van overmatige kroosgroei uit verschillende bronnen: navraag bij operationeel peilbeheerders van het Hoogheemraadschap (roze vlakken), meldingen (gearceerde cirkels), metingen (zwarte driehoekjes), en literatuur (blauwe cirkels) geven een impressie van zones waar veel kroos wordt waargenomen. De groene ruiten geven aan waar veel meldingen en waarnemingen samenlopen, en waar een grote kans op de ervaring van overlast is [29].

Daar waar twee of meerdere van deze gegevensbronnen met elkaar overlappen, is dat in de kaart aangegeven met een groen ruitje. Dergelijke gebieden liggen vooral tussen Delft en Berkel en Rodenrijs. Maar ook in de noordwestelijke helft van het beheergebied zijn locaties met veel kroos. Wat verder opvalt is dat de verschillende bronnen lang niet altijd op dezelfde gebieden wijzen. Dit zal er mee samenhangen dat de kaart deels gebaseerd is op subjectieve informatie van peilbeheerders en bewoners, en dat de objectieve informatie wordt gewonnen op verspreid liggende meetpunten en dus niet vlakdekkend is. De boodschap van deze kaart is dat kroos in sommige delen van het beheergebied vaker als probleem tot uiting komt dan in andere delen, maar eigenlijk wel overal aanwezig kan zijn en lastig voorspelbaar is.

Kroos in NEZ-netwerk en KRW-waterlichamen

Belangrijke wateren met ecologische doelstellingen in het beheergebied van Delfland zijn de watergangen die zijn aangewezen als KRW-waterlichaam en/of tot het netwerk van natte ecologische zones (NEZ-netwerk) behoren. Vanwege de doelstellingen die gelden voor deze wateren, zijn specifiek deze nader geanalyseerd voor kroosoverlast. De KRW-waterlichamen zijn de hoofdwatergangen van de boezems Westland, Haagland, Midden-

Delfland en Schie, de hoofdwatgangen van de polders Zuidpolder van Delfgauw, Holierhoekse en Zouteveense polder en polder Berkel, en de drinkwaterplassen van Meijndel & Berkheide en Solleveld. Het NEZ-netwerk dient om de ecologische kwaliteit van de boezemwaterlichamen te verbeteren, en ligt in en om de KRW-waterlichamen.

Over het geheel gezien ondervindt het NEZ-netwerk weinig overlast van kroos [9]. Er wordt wel kroos waargenomen, maar gezien over langere periodes is dit vaak tijdelijk en ruimtelijk beschouwd niet omvangrijk van aard. Er zijn een aantal locaties in het NEZ-netwerk waar kroos soms wel een knelpunt vormt, namelijk: de Kwekerijweg in Den Haag, de grachten in centrum Delft, de Polderwatering in Schiedam en de Broeksloot in Leidschendam-Voorburg. Al deze locaties zijn daadwerkelijk (deels) onderdeel van een KRW-waterlichaam.

Ook in de KRW-waterlichamen in de polders lijkt kroos geen groot knelpunt te vormen [35]. In de waterlichamen Zuidpolder van Delfgauw en binnenboezem Berkel komen wel kroosdekken voor, maar deze zijn beperkt van omvang en verplaatsen zich redelijk vaak waardoor het niet de verwachting is dat deze een significante impact op de kwaliteit hebben. Op het waterlichaam Holierhoekse en Zouteveense polder komt in recente jaren weinig kroos voor. Belangrijk is om hierbij in gedachten te houden, dat deze analyse zich enkel richtte op de waterlichamen van de Kaderrichtlijn Water en de daarbij aangewezen natte ecologische zones. Dit heeft dus geen betrekking op het overig water van de boezems of de polders.

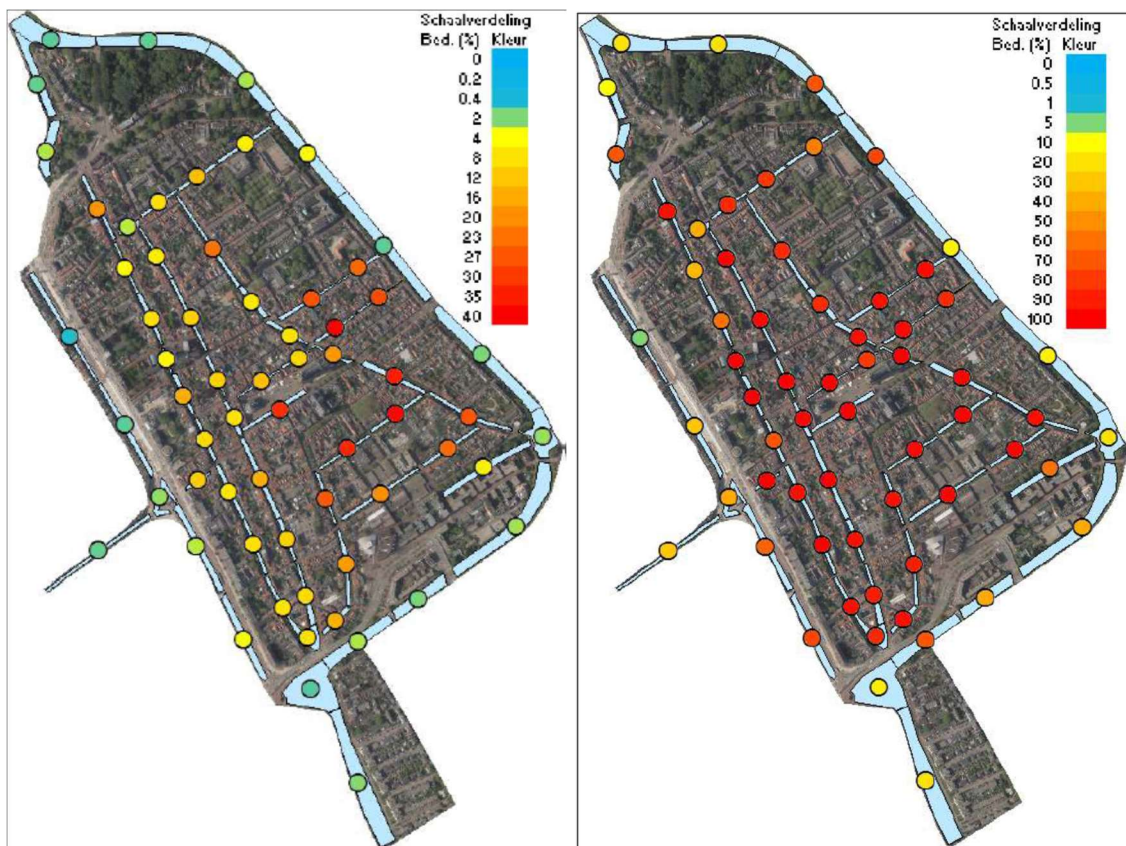
In de duinwaterlichamen is kroos niet dominant aanwezig.

Kroos in het centrum van Delft

In het centrum van Delft is gedurende de zomers van 2018 en 2019 wekelijks de kroosbedekking op ruim 60 locaties gemeten. Dit levert een zeer rijke dataset op met een nauwkeurig beeld van de kroosbedekking en het gedrag van kroos gedurende de hele zomer, Figuur 12 [24].

In de grachten van de binnenstad liep in beide jaren de totale kroosbedekking op tot circa 50% van het wateroppervlak. In beide jaren trad in augustus de sterkste groei op, en bleef de bedekking tot eind september hoog.

De westelijke grachten zoals de Oude Delft (aan de gelijknamige straat) en Nieuwe Delft (de gracht aan de Voorstraat en Koornmarkt) hebben doorgaans een lagere kroosbedekking dan de grachten aan de oostkant van het centrum. Dit hangt samen met de aanwezigheid van veel ondergedoken waterplanten en drijfbladplanten in de oostelijke grachten, waarin het kroos blijft 'hangen'. De westelijke grachten zijn minder begroeid en worden meer bevaren (de rondvaartroute), waardoor het kroos hier minder goed kan blijven hangen. Op de kanalen rondom het centrum, Rijn-Schiekanaal, Westvest en Buitenwatersloot, was de kroosbedekking in 2018 en 2019 doorgaans laag. Slechts incidenteel was op deze kanalen sprake van een kortdurende hoge kroosbedekking. De momenten waarop dit het geval was, vielen vaak samen met heftige neerslag in de dagen voorafgaand aan de monitoring: dit suggereert dat het kroos op deze boezemkanalen werd aangevoerd vanuit afwaterende polders, en ook vrij snel weer verdween.

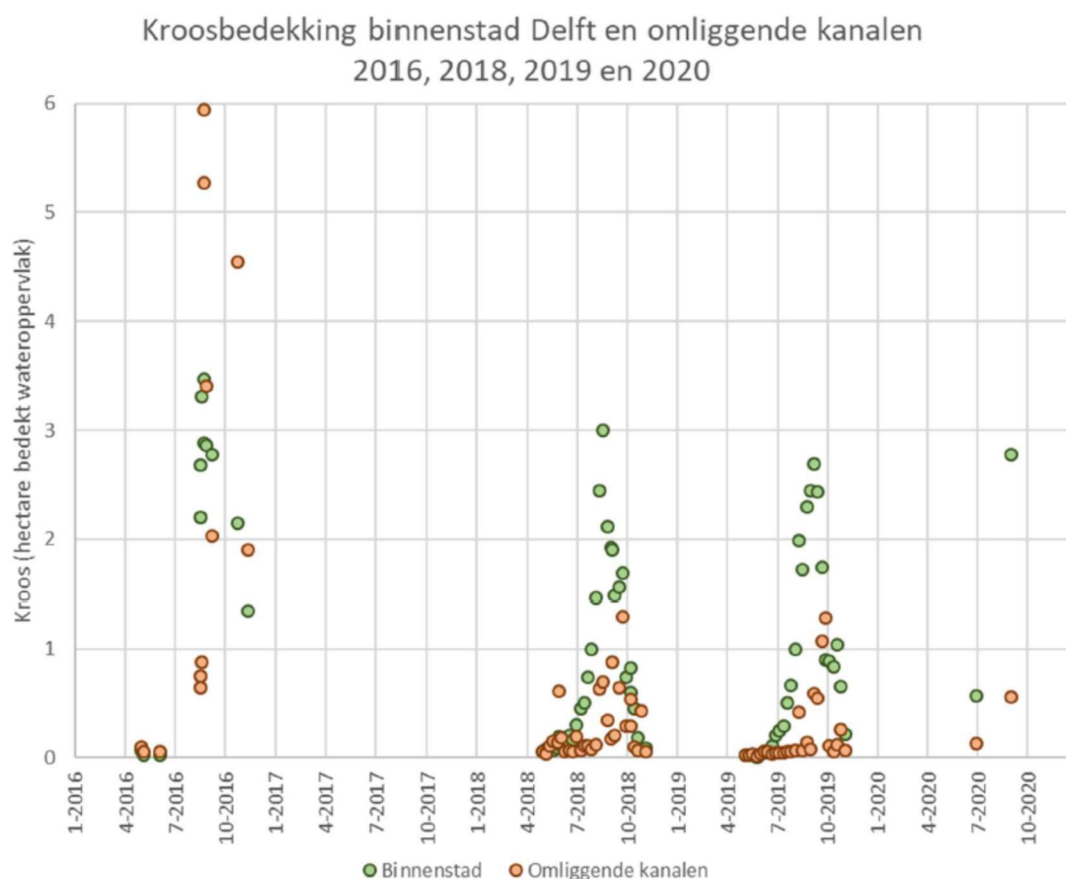


Figuur 12: Gemiddelde kroosbedekking (links) en de maximale kroosbedekking (rechts) per punt in de het centrum van Delft, gebaseerd op de wekelijkse metingen in de zomerperiode van 2018 en 2019 [24]. Let wel, met name voor de maximale bedekking, dit is dus niet een momentopname, maar per meetpunt de maximale bedekking die gedurende het deze 2 groei-seizoenen op dat punt is opgetreden. De linker figuur toont waar het meeste kroos ligt, de rechter figuur toont de hoogste bedekking die in die periode op dat punt is gemeten. Dit laat zien dat met name de oostelijke kant van het centrum de hoogste en langdurigste bedekkingen aanwezig zijn, maar dat feitelijk overal een kroosdek voor kan komen.

De doorgaans lage kroosbedekking op de kanalen suggereert dat de hoge kroosbedekking in de grachten van de binnenstad het resultaat is van lokale groei, en niet zozeer van aanvoer vanaf de kanalen. In de jaren met overmatige kroosgroei in Delft, 2016 en 2017, speelde de aanvoer vanaf de omliggende kanalen zeer waarschijnlijk wel een rol van betekenis. De kanalen rondom het centrum van Delft kenden in 2016 een uitzonderlijk hoge kroosbedekking, zie de metingen in Figuur 13. Als gevolg van het waterkwantiteitsbeheer bleef het water rondom Delft bovendien lang hangen, waardoor de kroosbedekking vooral rond de binnenstad buitengewoon snel en sterk opliep en zowel in als rond de binnenstad tot laat in het najaar aanwezig bleef.

Kroos in overig water

Hoge kroosbedekkingen komen vooral voor in sloten in stadswijken en polders (Overig Water, ook wel Lokaal Water). Een eerdere analyse laat zien dat kroosdekken op ongeveer 10% van de monsterpunten van Delflandse meetnetten voorkomen. Dit geeft een indruk, maar geen zuiver kwantitatief beeld omdat geen vertaalslag is gemaakt naar het oppervlak sloten, kanalen en plassen waarvoor deze punten representatief zijn.



Figuur 13: Grafiek met de kroosbedekking in de binnenstad van Delft (groene bolletjes; totaal wateroppervlak van dit deel: 5,5 ha) en omliggende kanalen (oranje bolletjes; totaal wateroppervlak van dit deel: 12,1 ha) in 2018 en 2019 (intensieve monitoring) uitgebreid met de beschikbare, maar minder intensieve monitoringsdata uit 2016 en 2020. Ieder bolletje vertegenwoordigd een datum waarop een (bijna) vlakdekkende opname van de stad beschikbaar is.

De bestaande meetpunten in Overig Water zijn gekozen voor bepaalde meetdoelen, en liggen daardoor ook niet voldoende random verspreid door het beheergebied om de omvang van de kroosproblematiek goed te bepalen. Idealiter zouden daar vlakdekkende gegevens voor gebruikt moeten worden: misschien geven satellietbeelden de mogelijkheid om kroosbedekking vlakdekkend in beeld te brengen. In de volgende paragraaf wordt daar verder op ingegaan.

Er zijn uit eerdere analyses van meldingen en veldbezoeken ook specifieke gebieden bekend waar kroosoverlast veel als probleem wordt ervaren, zoals Tanthof in Delft, delen van Den Haag en sloten in Maasland en Berkel, waar veel kroosdekken in woonomgevingen te vinden zijn. Dit is echter zeker geen uitputtende lijst van plekken met veel kroos, maar betreft enkele gebieden waar overlast wordt ervaren en vervolgens ook wordt gemeld aan het Hoogheemraadschap.

Satellietbeeld monitoring

In 2017 is in het kader van het innovatieprogramma van Delfland een (bestaande) satellietfoto (uit 2014) aangekocht van een deel van het beheergebied van Delfland (Westland en Den Haag, maar niet Oostland en Midden-Delfland) waarop door Water Insight [23] een analyse van verschillende typen vegetatie en kroos is uitgevoerd. Hieruit kwam een bruikbaar beeld van de kroosbedekking op dat moment; welke geverifieerd is met een in situ spectrummeter. Verdere automatisering van het analyse proces zou dit een efficiënte

manier van monitoring kunnen maken. Echter waren de kosten voor de hoge resolutie satelliet data dusdanig hoog dat reguliere monitoring voor alleen kroos geen optie is. Er wordt daarom aansluiting gezocht met andere toepassingen voor deze analysemethode (zoals schouw, vegetatiemonitoring).

In 2019 is in het kader van een pilot rond 'big data', open source satellietdata gebruikt voor een vergelijkbare analyse. De resolutie van deze data was niet hoog genoeg voor een bruikbaar beeld van de kroosbedekking.

Op 15 september 2019 is wederom vanuit een innovatieproject voor het eerst van heel Delfland een satellietfoto genomen. Deze keer specifiek op aanvraag voor dit project, met voldoende resolutie en spectrale informatie om op verschillende waterkwaliteitsparameters (zoals kroos, drijfbladvegetaties en chlorofyl-a) met behulp van algoritmes die automatisch patronen herkennen een analyse uit te voeren. Een voorbeeld van het resultaat, in dit geval voor de parameter kroos, is gegeven in Figuur 14. De algoritmes werken nog niet vlekkeloos, maar een groot deel van de bedekking met kroos wordt goed meegenomen. In deze analyse bedekt kroos ongeveer 1,57% van het wateroppervlak van Delfland: 47 hectare kroosoppervlak van in totaal 2986 hectare wateroppervlak. Dit is wel een ongenueanceerd percentage, want grote waterpartijen waar kroos zelden voorkomt, wegen door hun omvang zwaar mee in dit percentage, terwijl al eerder is gesignaleerd dat kroos juist vooral een probleem vormt in kleine wateren. Ook is deze ene foto slechts een momentopname, die weinig vertelt over hoe lang het kroos er ligt, en zich gedraagt door het seizoen heen.



Figuur 14: Op kroos (geel) geanalyseerd satellietbeeld, in polder Noord-Kethel.

Satellietmonitoring wordt in 2021/2022 verder ontwikkeld, waarbij het zwaartepunt vooral ligt op de implementatie en het ontwikkelen van een business case. Kroos wordt in deze fase niet nader meegenomen wat betreft doorontwikkeling van de algoritmes, aangezien dit aspect voor nu al goed genoeg werkt.

Er is in het kader van het kroosonderzoek (studies in [9], [17], [18], [19], [24], [29]) ook gewerkt met het gebruik van open source luchtfoto's zoals Google Maps beelden, streetview, en beelden in beheer van Delfland. Dergelijke beelden zijn vaak goed bruikbaar, kroos is goed te herkennen en de resolutie van recente beelden is goed. De analyse hiervan berust echter nog op handmatige arbeid en is erg tijdrovend, daarnaast zijn de

tijdstippen van de opnames niet te sturen en erg onregelmatig waardoor dat een vertekend beeld kan geven.

Conclusie

Kroos is een vrij algemeen verschijnsel in het beheergebied van Delfland, en dan vooral in de kleinere wateren met minder stroming en weinig windinvloed. De exacte aanwezigheid van kroos in het beheergebied van Delfland, of omvang van de kroosproblematiek, is echter lastig te vatten, aangezien geen van de monitoringsmethodes een volledig dekend beeld in tijd en ruimte geeft. Wel is duidelijk dat op de grotere KRW-waterlichamen zelden sprake is van langdurige dichte kroosdekken, en dat kroos hier dus geen knelpunt vormt voor de waterkwaliteit of voor het ecosysteem onderwater. De problematiek ligt dus vooral op klein, lokaal water, waar het ook vaak een jaarlijks terugkerend probleem vormt.

Een deel van de krooswaarnemingen is sterk subjectief, zoals de waarnemingen door peilbeheerders of de meldingen die binnenkomen bij het KCC; iemand die jaar in jaar uit op een kroosloot kijkt, is mogelijk minder geneigd een melding te doen dan iemand die voor het eerst in zijn leven de sloot voor zijn huis bedekt ziet met kroos. De mate van kroosgroei varieert op basis van de meldingen van kroosoverlast sterk van jaar tot jaar. Vooral 2016 en 2017 werden gekenmerkt door veel meldingen; in 2018, 2019 en 2020 lag het aantal meldingen veel lager. De vermoedde oorzaak daarvan ligt in stromingspatronen op de boezemkanalen, met name rond Delft. In 2016 en 2017 stond het water rond de binnenstad vrijwel stil, waardoor veel kroos zich rond Delft ophoopte, en er veel mensen melding maakten van deze bijzondere situatie. In de jaren daarna was er een redelijk constante stroming, waardoor kroos weg kon drijven. Ook momenten van veel neerslag in de zomer kunnen een rol gespeeld hebben: in een natte zomer pompen meer gemalen water met kroos vanuit de polders op de boezem, waardoor er sprake kan zijn van (kortdurende) kroosoverlast op de boezem terwijl het daar niet ter plekke massaal groeit.

Binnen het beheergebied zijn probleemgebieden aan te wijzen als het gaat om kroos, maar eigenlijk kan kroosgroei en kroosoverlast door het hele gebied voorkomen en van jaar tot jaar verschillen. Als de belangrijkste ingrediënten aanwezig zijn, zoals voldoende voedingsstoffen, een hoge watertemperatuur en beschutting tegen wind en stroming kan kroos tot sterke groei komen. Hoewel het vaak notoire locaties betreft waar kroosdekken liggen, kan het ook van jaar op jaar verschillen, afhankelijk van omstandigheden, waarbij onder bepaalde omstandigheden mobiliteit van het kroos ook een grote rol kan spelen. In de volgende paragraaf wordt nader ingegaan op de wederzijdse relatie tussen kroos en de waterkwaliteit.

Er zijn verschillende methoden onderzocht om de kroosknelpunten kwalitatief in beeld te krijgen. In de binnenstad van Delft zijn wekelijks door vrijwilligers vaste monitoringspunten bezocht. Dit geeft ten opzichte van de eerder beschikbare data een uitzonderlijk goed beeld van de bedekking en het gedrag van kroos. De methode is echter ook bewerkelijk: verschillende waarnemers schatten bedekkingen verschillend in, het verzamelen en verwerken van de gegevens is ook tijdrovend. Mogelijk zou een app voor beheerders eventueel in combinatie met citizen science mogelijkheden bieden. Satellietmonitoring via hoge resolutie data is ook veelbelovend, maar nu nog niet voor enkel dit doel inzetbaar.

2.3. Onderzoeksresultaten interactie kroos - waterkwaliteit

De interactie tussen kroos en de (ecologische) waterkwaliteit is tot op heden beperkt onderzocht. Er is weliswaar theoretische kennis over het effect van kroos op de waterkwaliteit: namelijk dat een langdurig kroosdek leidt tot minder licht onder water waardoor de zuurstofproductie en zuurstofconcentratie afneemt met allerlei negatieve effecten tot gevolg. Echter wordt deze kennis in de literatuur zelden proefondervindelijk onderbouwd. Een belangrijk doel van dit kroosonderzoek door het Hoogheemraadschap van Delfland was om de veelal theoretische kennis te structureren en te onderbouwen met empirische data met als uiteindelijk doel beleid voor kroos op te stellen. Dat een langdurig kroosdek leidt tot minder licht onder water en een afname van de zuurstofconcentratie is dus algemeen bekend. Maar na hoe lang treden deze effecten op? En vanaf welke zuurstofconcentratie komt het waterleven echt in de problemen? Wat is de wisselwerking tussen kroos en andere waterplanten, zoals door schaduwwerking? Welke factoren dragen bij aan kroosgroei? En, wanneer leidt kroos tot een vermindering van de algehele waterkwaliteit? In een groot aantal praktijkonderzoeken, experimenten en een enquête zijn verschillende van deze vragen onderzocht. De uitkomsten worden hieronder, geordend per thema, besproken.

Onderzoeksresultaten zuurstof

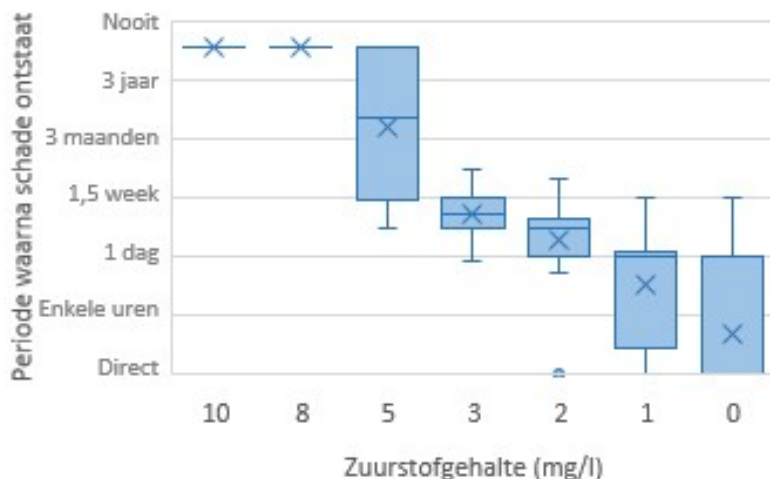
Vissen en kleine waterdiertjes hebben zuurstof nodig om te leven. Zuurstof moet daarom in voldoende mate aanwezig zijn om een gezond ecosysteem te ondersteunen. In het water zit zuurstof dankzij uitwisseling met de atmosfeer én doordat er onder water zuurstof geproduceerd wordt door algen en ondergedoken waterplanten. In de (wetenschappelijke) literatuur wordt de relatie tussen een kroosdek en een slechte zuurstofhuishouding regelmatig genoemd. Er is aangetoond dat een kroosmat het doorlaten van atmosferisch zuurstof naar het onderliggende water hindert. De kroosmat raakt daarnaast de meeste (zelf) geproduceerde zuurstof kwijt aan de atmosfeer en geeft de zuurstof niet af aan het water (bronnen in [32]). Anderzijds remt een kroosdek de zuurstofproductie door algen en ondergedoken waterplanten onder water door het verminderen van lichtinval.

In het kroosonderzoek is de relatie tussen kroos en zuurstof in de context van de wateren van het beheergebied van Delfland onderzocht. Er zijn verschillende analyses gedaan met de reguliere monitoringsdata (waterkwaliteit database), er is door ecologen een inschatting gemaakt van schade door kroos en er zijn aanvullende veldonderzoeken uitgevoerd. De gevolgen van een lage zuurstofconcentratie, op bijvoorbeeld de in het water levende fauna en de interactie met nutriënten, worden verderop in dit hoofdstuk besproken.

Zuurstofnorm

Er bestaat geen eenduidige normering voor de zuurstofconcentratie in het oppervlaktewater. Een veel gebruikte norm is de MTR-waarde, het maximaal toelaatbaar risico, welke uitgaat van een zomergemiddelde zuurstofconcentratie van 5 mg/L als ondergrens. De KRW gaat daarentegen niet uit van een concentratie, maar van de zuurstofverzadiging: in kleine slootjes (watertype M1a/b) dient de zomergemiddelde zuurstofverzadiging 35 à 120 % te bedragen. Dit is een brede range, welke deels onder de MTR-waarde ligt (de MTR-waarde van 5 mg/L komt bij een watertemperatuur van 25°C overeen met een verzadiging van 60%). Het huidige kroosprotocol van Delfland hanteert een nog lagere zuurstofconcentratie van 2 mg/L als ondergrens, echter voor een veel kortere waarnemingsperiode (2-3 weken).

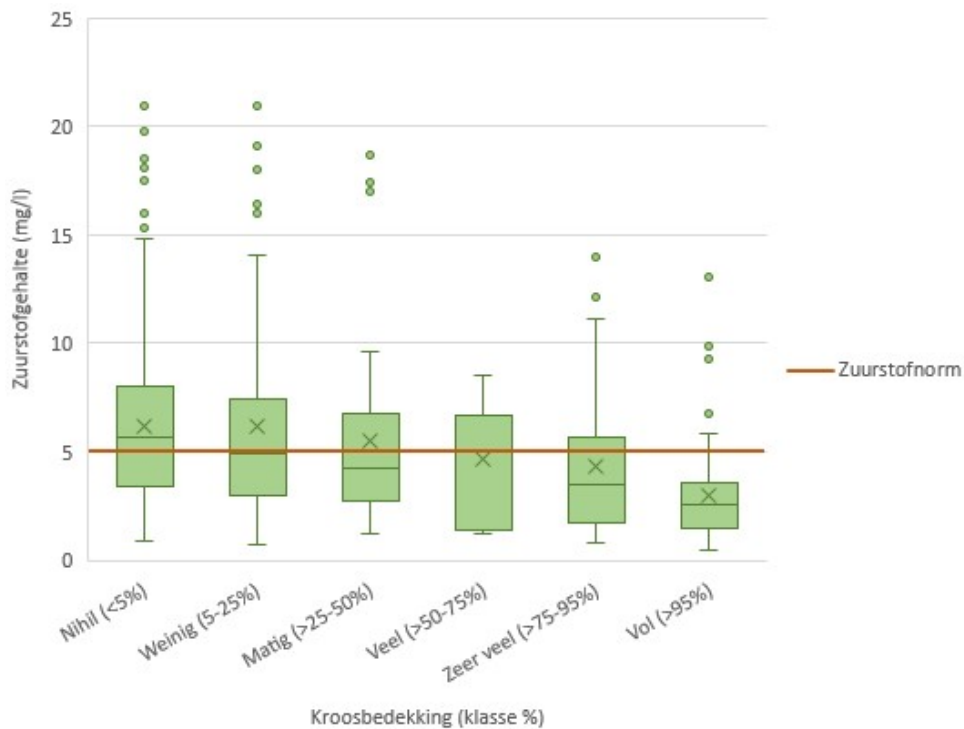
Uit de enquête onder ecologen [17] blijkt dat de zij onverdeeld van mening zijn dat bij een zuurstofconcentratie van 3 mg/L of lager binnen 1 à 10 dagen meetbare achteruitgang zal optreden van de ecologie (Figuur 15). Over de waarde van 5 mg/L zijn de meningen in deze enquête sterk verdeeld: sommige ecologen verwachten hierbij al (meetbare) achteruitgang na enkele dagen, andere ecologen pas na enkele maanden of praktisch nooit.



Figuur 15: Uitkomst enquête onder 16 ecologen. Vraag: Na hoeveel dagen verwacht u meetbare achteruitgang van de ecologie bij zuurstofconcentraties van 10, 8, 5, 3, 2, 1 en 0 mg/L? Per zuurstofconcentratie is door de ecologen aangegeven na hoeveel tijd ecologische schade verwacht wordt. Bij een concentratie van 8 of 10 mg/L wordt praktisch geen achteruitgang verwacht. Bij een concentratie van 5 mg/L zijn de meningen verdeeld: sommige ecologen verwachten al (meetbare) achteruitgang na enkele dagen, andere ecologen pas na enkele maanden of praktisch nooit. Bij een concentratie van 2 of 3 mg/L wordt door iedereen achteruitgang verwacht binnen 1 à 10 dagen. Bij nog lagere concentraties (<1 mg/L) wordt door vrijwel alle respondenten binnen een dag meetbare achteruitgang verwacht [17].

Waterkwaliteitsdatabase Delfland

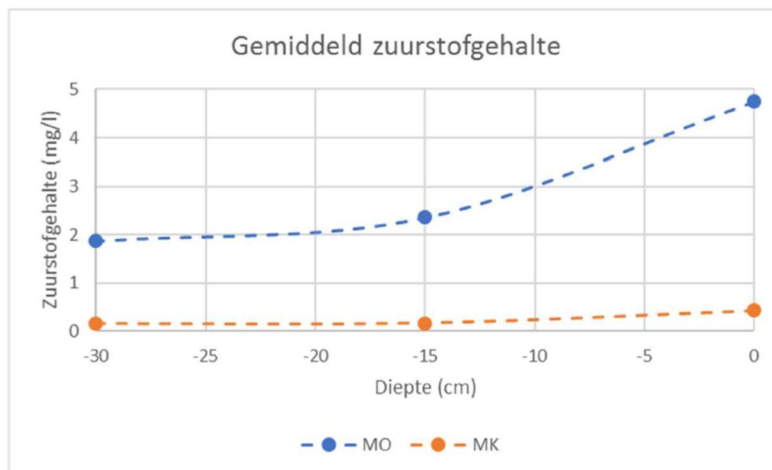
Sinds 2014 wordt bij de reguliere maandelijkse waterkwaliteitsmetingen ook de kroosbedekking geregistreerd. Dit geeft de mogelijkheid om de kroosbedekking van een groot aantal meetpunten en op een groot aantal momenten te relateren aan de zuurstofconcentratie (en andere parameters). Er is een analyse gedaan naar kroosbedekking in sloten in de zomerperiode. Kanalen en plassen zijn buiten beschouwing gelaten, omdat hier normaal geen tot weinig kroos aanwezig is, en als het er wel is groei niet altijd de voornaamste bron is (versus aanvoer). Daarnaast is er enkel naar de zomerperiode gekeken omdat in de andere periodes de kroosbedekking veelal niet op zijn maximum is door seizoensomstandigheden. In Figuur 16 is op basis van deze analyse de zuurstofconcentratie uitgezet tegen de kroosbedekking. Hierin is te zien dat bij een dicht kroosdek (vanaf >50% bedekking) de zuurstofconcentratie in veel gevallen onder de 5 mg/L ligt. Bij waarnemingen met minder kroos (<50% bedekking) ligt de zuurstofconcentratie vaak hoger, maar in ongeveer de helft van de gevallen alsnog onder de 5 mg/L. Kortom, de metingen tonen voor de sloten in het beheergebied van Delfland dat een dicht kroosdek vrijwel altijd samen gaat met een lage zuurstofconcentratie, maar dat in sloten zonder kroos de zuurstofconcentratie ook vaak laag is. Theorieën over oorzaak en gevolg worden verderop in dit rapport besproken.



Figuur 16: Zuurstofconcentraties uitgezet tegen de kroosbedekking, voor sloten, met gegevens uit de zomer (juli t/m september). Dataset Delfland 2014-2017; Op basis van 573 meetwaarden; individuele metingen waarbij zowel de parameters kroosbedekking (%) als zuurstofconcentratie (mg/L) beschikbaar was. De weergegeven zuurstofnorm betreft de MTR-waarde van 5 mg/L.

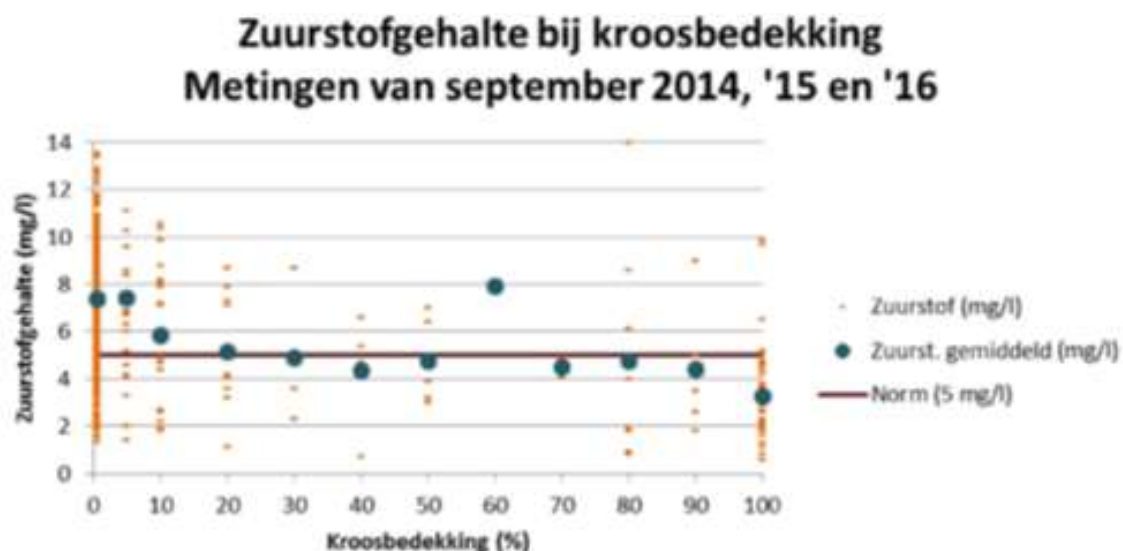
Experimenten en veldanalyses

Uit de verschillende veldproeven en experimenten blijkt dat bij het toenemen van de kroosbedekking, de zuurstofconcentratie onder water lager is. Zo blijkt uit het onderzoek bij het natuur- en milieucentrum Harre Wegh in Schiedam dat de zuurstofconcentratie onder een kroosdek gemiddeld lager is dan in het slootgedeelte zonder kroos [26], Figuur 17. Onder het kroosdek is de zuurstofconcentratie op elke diepte nihil (zelfs bij het wateroppervlak), terwijl in het slootdeel zonder kroos de zuurstofconcentratie bovenin de waterlaag 5 mg/L bedraagt. In dit experiment zijn de slootdelen zonder (MO) en met (MK) kroos verder praktisch aan elkaar gelijk: het enige verschil is dat in de MO sloten het kroos wekelijks wordt verwijderd. De aan- of afwezigheid van kroos is dus de enige verklaring voor het verschil in zuurstofconcentratie.



Figuur 17: Gemiddelde zuurstofconcentratie (mg/L) over de waterkolomdiepte (t.o.v. het wateroppervlak) in sloten zonder kroos (MO: blauw) en sloten met kroosdek (MK: oranje), metingen uitgevoerd in de sloten nabij het natuur- en milieucentrum Harre Wegh in Schiedam.

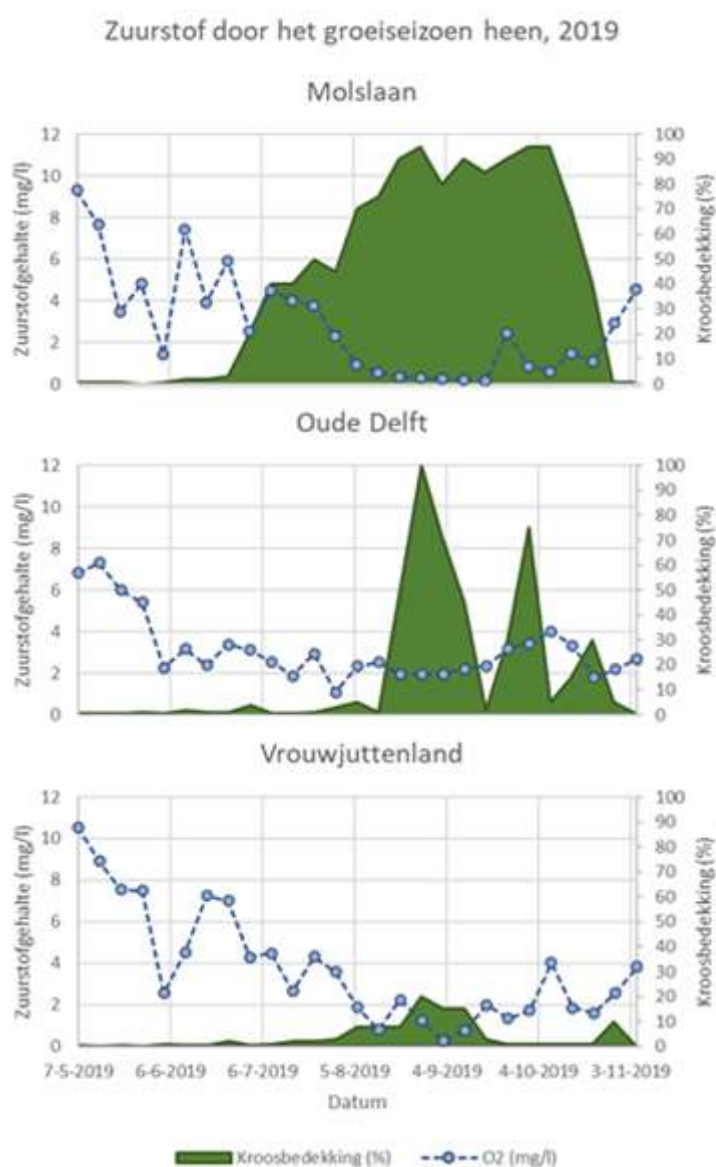
In een groot aantal metingen in de binnenstad van Delft in de septembermaanden van 2014, 2015 en 2016 is te zien dat op locaties zonder kroos (<10% bedekking) de zuurstofconcentratie gemiddeld 7 mg/L bedroeg, tegen 3 mg/L bij een zeer dicht kroosdek (100% bedekking) [18], Figuur 18.



Figuur 18: De gemeten zuurstofconcentratie op 0.5 meter diep, uitgezet tegen de kroosbedekking in de septembermaanden van 2014, 2015 en 2016 in de binnenstad van Delft. NB. er zijn relatief veel waarnemingen bij 0 of 100% kroos: de gemiddelde zuurstofconcentratie bij andere bedekkingen is gebaseerd op veel minder metingen.

In de zomer van 2019 is er op drie locaties in Delft (Molslaan, Oude Delft en Vrouwjutenland) de zuurstofconcentratie én kroosbedekking gemeten, Figuur 19 [24]. Op de Molslaan is in juli en augustus geleidelijk een dicht kroosdek tot ontwikkeling gekomen. In de Oude Delft was er in augustus en september periodiek een dichte kroosbedekking en in Vrouwjutenland was er nauwelijks sprake van kroos. Op alle drie de locaties daalde de zuurstofconcentratie tussen juni en juli en werd in augustus het dieptepunt bereikt. Bij de Oude Delft en het Vrouwjutenland blijft de zuurstofconcentratie rond 2 mg/L schommelen, terwijl er weinig kroos of hooguit tijdelijke piekbedekkingen voorkomen. Op de Molslaan daalt de zuurstofconcentratie tot bijna 0 mg/L, hier is de watergang bijna volledig bedekt door kroos.

Deze metingen maken twee dingen duidelijk. Ten eerste kan de zuurstofconcentratie onder een dicht kroosdek zo goed als nul worden. Ten tweede valt op dat ook in de grachten met weinig kroos, de zuurstofconcentraties gedurende de zomer erg laag worden. Deze twee waarnemingen kwamen ook naar voren uit de hierboven genoemde onderzoeken, zoals het experiment bij het natuur- en milieucentrum Harre Wegh in Schiedam en de data-analyse voor sloten in het beheergebied van Delfland. Het is dus duidelijk dat een dicht en lang liggend kroosdek samengaat met een zeer lage zuurstofconcentratie, maar dat er ook nog andere oorzaken zijn waardoor de zuurstofconcentratie in de zomer fors kan dalen. Bovendien kan het dalen van de zuurstofconcentratie, via diverse chemische processen, de kroosgroei verder doen aanwakkeren door bijvoorbeeld de mobilisatie van fosfor uit de bodem. Hier wordt in de paragraaf over nutriënten verder op ingegaan. Tot slot kan door verplaatsing van zuurstofrijk water door stroming, ook onder een kroosdek een hoger zuurstofgehalte worden gevonden.



Figuur 19: Gemeten zuurstofconcentratie op 0.5 meter diep, en kroosbedekking in de zomer van 2019 op drie locaties in Delft. In de Molslaan ontwikkelt zich een zeer dicht kroosdek, met daaronder praktisch geen zuurstof. Op de andere locaties is het kroos niet of minder aanwezig, maar zijn de zuurstofconcentraties alsnog erg laag [24].

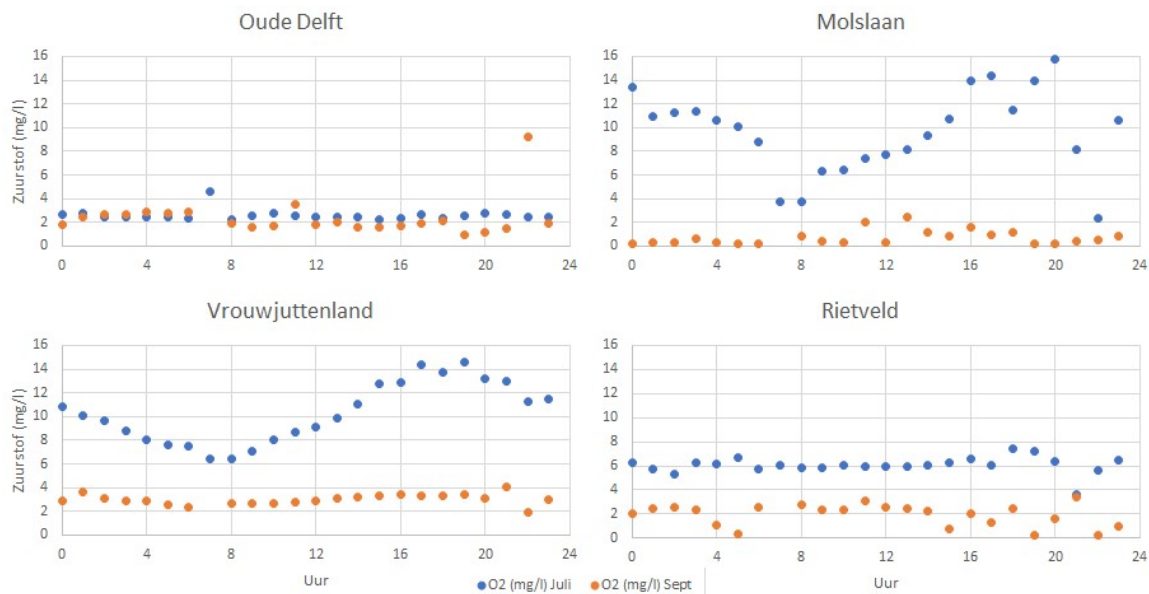
24-uurs zuurstofmeting

De 24-uurs zuurstofmetingen in de binnenstad van Delft (Figuur 20) laten in juli op de Molslaan en Vrouwjuttenland een dag- en nachtritme zien; de ondergedoken waterplanten op deze locaties produceren overdag zuurstof waardoor een zuurstofpiek ontstaat [24]. Dit is de normale situatie in een watersysteem dat begroeid is met ondergedoken waterplanten. In de Oude Delft groeien bijna geen ondergedoken waterplanten en is de zuurstofconcentratie onder het dichte kroosdek (75%) dag en nacht laag. Aan het Rietveld groeien wel wat ondergedoken waterplanten, maar deze locatie lag al redelijk vol met drijfbladplanten en kroos. Daardoor worden de ondergedoken waterplanten beschaduwd, met een lage zuurstofproductie tot gevolg (waardoor een zuurstofpiek afwezig is). In september is er op geen enkele locatie nog een dag- en nachtritme gezien en was de zuurstofconcentratie overal erg laag. Op drie van de vier meetlocaties lag op dit moment veel kroos, terwijl de bedekking met ondergedoken waterplanten veel lager was dan in juli. De bedekkingspercentages met de verschillende vegetatietypen staan in tabel 2.

Deze metingen laten opnieuw zien dat onder een kroosdek de zuurstofconcentratie doorgaans lager is dan in grachten zonder kroosdek. Maar ook blijkt wederom dat kroosbedekking niet de enige oorzaak is van de lage zuurstofconcentratie: ook het Vrouwjuttenland kende in september een lage zuurstofconcentratie, terwijl daar toen weinig kroos lag.

Tabel 2: Bedekking vegetatie op de locaties van de 24-uurs zuurstofmeting. De bedekking betreft de procentuele bedekking van die groeivorm t.o.v. het hele proefvlak. Omdat de groeivormen boven elkaar kunnen liggen kan bij optelling een hoeveelheid hoger dan 100% bereikt worden. Submerse planten en draadalg zijn als één geheel opgenomen.

Locatie	1-2 juli			3-4 september		
	Kroos (%)	Drijfblad (%)	Submers + draadalg (%)	Kroos (%)	Drijfblad (%)	Submers + draadalg (%)
Oude Delft	75	2	1.5	95	0	<1
Molslaan	18	5	90	97	5	40
Vrouwjuttenland	1	15	95	15	10	40
Rietveld	10	75	32	60	40	5

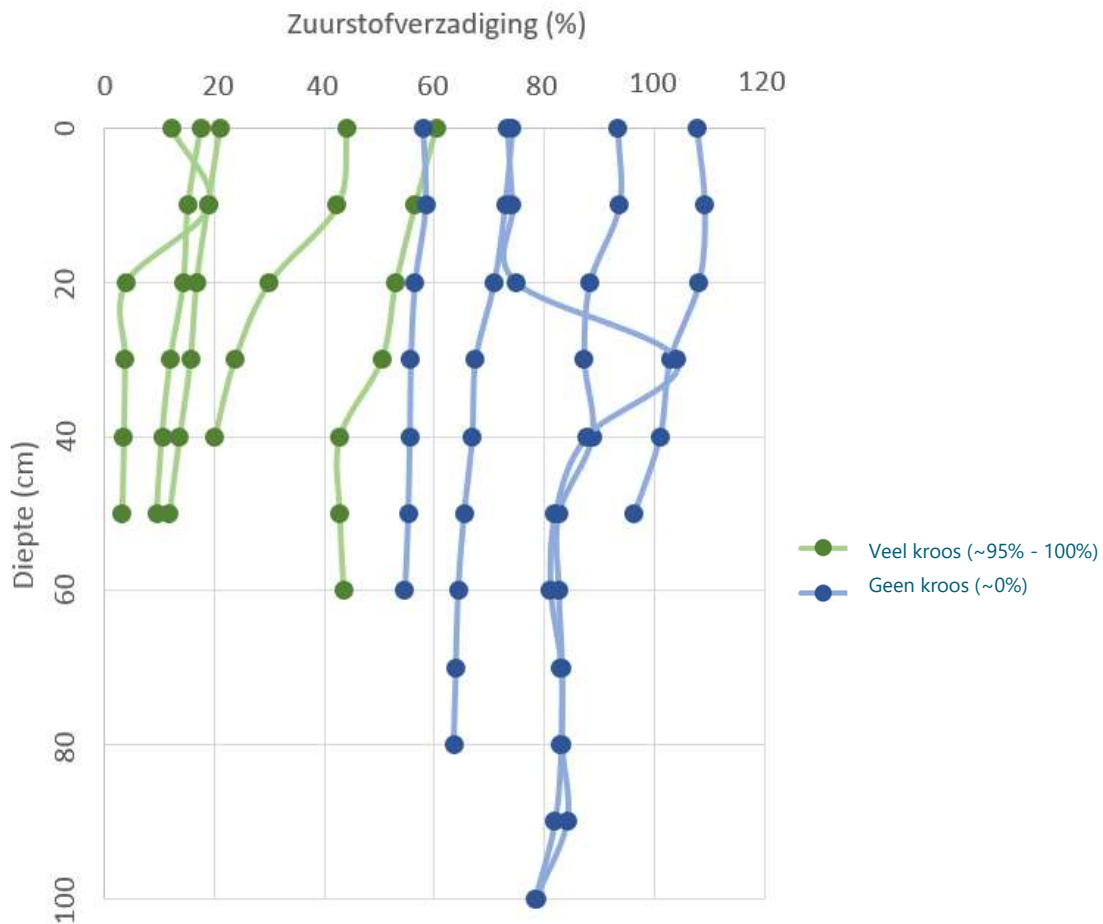


Figuur 20: Resultaat van 24-uurs zuurstofmetingen in juli (blauw) en september (oranje) 2020 in vier grachten in de binnenstad van Delft. In juli is het dag- en nachtritme nog te zien op de Molslaan en Vrouwjutenland, in september is dit ritme niet meer te zien en daalt de zuurstofconcentratie op de Molslaan op enkele momenten zelfs tot 0 mg/L [24].

Zuurstofverzadiging over de diepte

Bovenop de waterbodem ligt een laag van dood organisch materiaal zoals afgestorven waterplanten en algen. In de waterbodem zijn bacteriën actief die dit organisch materiaal afbreken, en daarbij wordt zuurstof geconsumeerd. In de toplaag van de waterbodem wordt daarom in de zomer veel zuurstof verbruikt. De zuurstofvraag neemt toe naarmate het water warmer wordt, doordat de bacteriën dan actiever worden. Hierdoor kan in de onderste waterlaag, op het grensvlak met de waterbodem, zuurstofloosheid ontstaan. Op die waterbodem kunnen ook weer algen leven, die het zuurstofgehalte aanvullen. In de waterkolom kunnen planten en algen aanwezig zijn die ook zuurstof produceren en verbruiken. Aan het wateroppervlak is een bron van zuurstof te vinden: uitwisseling met de atmosfeer. Tezamen vormt dit een complexe interactie.

In 2019 is in tien sloten de zuurstofverzadiging over de diepte bepaald: vijf sloten waren bedekt met kroos en vijf sloten hadden geen kroosdek [30]. Er is gemeten vanaf het wateroppervlak tot aan de bodem (elke 10 cm een meting). In Figuur 21 zijn de profielen te zien, met in blauw de sloten zonder kroosdek en in groen met kroosdek. Gemiddeld genomen hebben alle profielen op locaties zonder kroos een hogere zuurstofverzadiging dan de locaties met een kroosdek. Bovendien neemt de zuurstofverzadiging sneller af met de diepte onder een kroosdek dan op de locaties zonder kroos. Ook uit een onderzoek in Leidschendam [57] blijkt dat de zuurstofconcentratie sterker afneemt met de diepte in watergangen met een kroosdek dan in watergangen zonder kroosdek. De verbruikte zuurstof in de toplaag van de waterbodem wordt in sloten zonder kroos dus sneller van bovenaf 'aangevuld' dan in sloten met een kroosdek, door diffusie via het water of productie door algen en ondergedoken waterplanten bij de bodem.



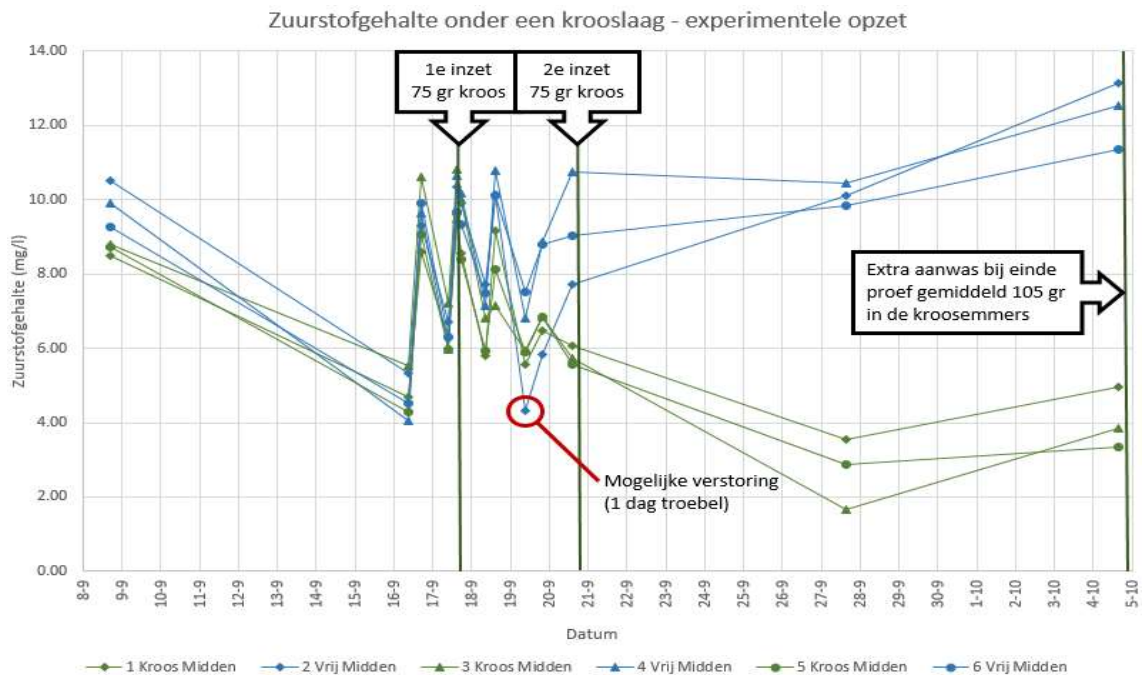
Figuur 21: Zuurstofgehalte over de diepte, in watergangen onder kroosdekken en zonder kroosdek (in Delft, Vlaardingen, Maasland, Schiedam en Schipluiden). De zuurstofverzadiging is lager in de sloten met een kroosdek en neemt daarbij ook sneller af met de diepte [30]. De metingen zijn uit praktische overwegingen over één dag gespreid uitgevoerd. Om patronen over de dag te mijden zijn sloten met veel en zonder kroos afgewisseld.

Gecontroleerd emmer experiment

Om invloed van andere omgevingsvariabelen uit te sluiten is er een gecontroleerde proef in emmers uitgevoerd [32], met de aanwezigheid of afwezigheid van een kroosdek als enige variabele, Figuur 22. Na 10 dagen acclimatiseren in emmers met kleiige bodem, een plantje grof hoornblad en gevuld met slootwater is aan drie van de zes emmers kroos toegevoegd. In Figuur 23 is te zien dat dit een sterk effect heeft op de zuurstofconcentratie. De emmers met kroos zijn weergegeven in groen, de emmers zonder kroos in blauw. In de emmers zonder kroos lag de zuurstofconcentratie rond de 10 mg/L, terwijl dit 5 mg/L of lager was in de emmers met kroos. Dit onderzoek bevestigt dat een kroosdek kan leiden tot fors lagere zuurstofconcentraties onderwater.



Figuur 22: Opzet van het experiment in emmers om (onder gecontroleerde omstandigheden) de relatie tussen kroosbedekking en de zuurstofconcentratie te onderzoeken [32].



Figuur 23: Zuurstofconcentratie in de verschillende bakken (blauw zonder kroos, groen met kroos) in de tijd. De inzet van het kroos op twee momenten is terug te zien in het figuur. Daarnaast is te zien dat de zuurstofconcentratie in de bakken met kroos (groene lijnen) lager ligt dan in de bakken zonder kroos (blauwe lijnen) [32]. Deze metingen zijn midden in de emmer gedaan.

Daarnaast nam ook in deze emmerproef de zuurstofconcentratie opnieuw sneller af met de diepte onder een kroosdek dan zonder kroosdek [32]. In de emmerproef was de zuurstofverzadiging in de emmers zonder kroos overdag regelmatig boven de 100%, wat erop wijst dat er veel zuurstofproductie plaatsvond (door o.a. de ondergedoken waterplanten en algen). In de bakken met kroos was de zuurstofverzadiging lager, de productie van zuurstof en de diffusie vanuit de atmosfeer naar het water was waarschijnlijk te laag om het water zuurstofverzadigd te houden [32]. Er vond ondanks de verminderde lichtinval door het kroos echter wel enige zuurstofproductie plaats; mogelijk door het kroos, algen, cyanobacteriën en ondergedoken waterplanten [32, 57]. Kroos dempt ook de windinvloed en de menging van het water, hierdoor kan er een grotere zuurstofgradiënt ontstaan [32].

Conclusie zuurstof

Er bestaat een correlatie tussen hoge kroosbedekkingen en lage zuurstofconcentraties. De gemiddelde zuurstofconcentraties in de watergangen uit de onderzoeken is onder een

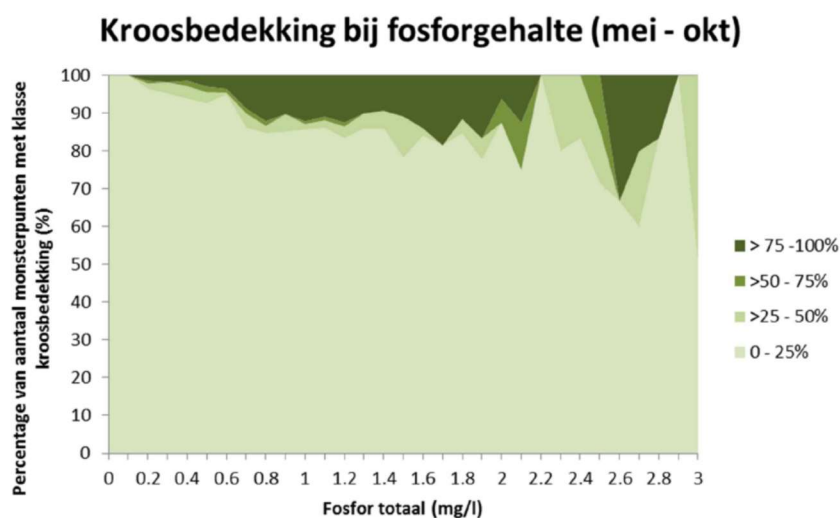
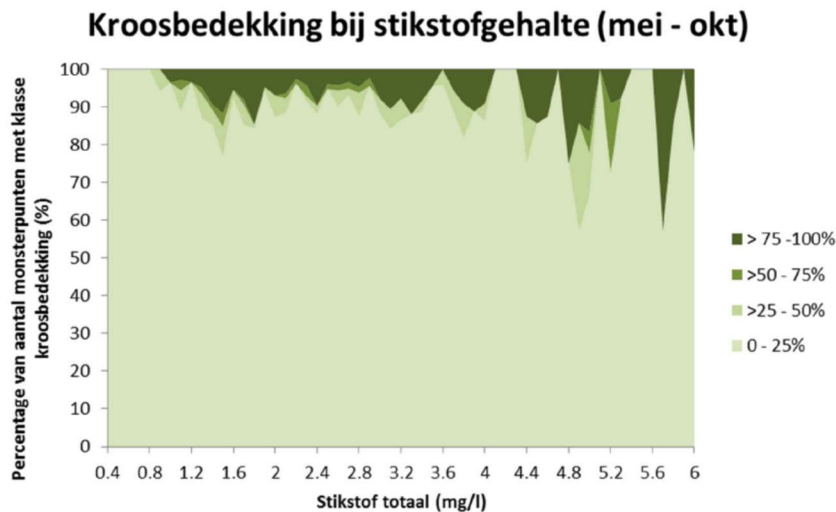
kroosdek lager dan zonder kroosdek. Daarnaast neemt de zuurstofconcentratie sneller af met de diepte bij hoge kroosbedekking dan wanneer er geen kroos aanwezig is. Dit is volgens verwachting, omdat er zonder licht geen fotosynthese plaatsvindt, en er dan ook geen zuurstof geproduceerd wordt. (Vrijwel) alle zuurstof onder een kroosdek moet dus worden aangevoerd via diffusie vanaf het wateroppervlak of door stroming, daarbij hindert een kroosdek de reëratie.

In alle onderzoeken komt naar voren dat een kroosdek niet de enige oorzaak is voor lage zuurstofconcentraties. Integendeel: ook in sloten of grachten zonder kroos worden geregeld lage zuurstofconcentraties gemeten. Belangrijke factoren die de zuurstofconcentratie bepalen zijn de zuurstofproductie (door ondergedoken waterplanten en algen) en de zuurstofconsumptie (door fauna en door bacteriën bij de afbraak van organisch materiaal in de toplaag van de waterbodem, en chemische processen). Wanneer de consumptie van zuurstof hoger is dan de productie (plus de aanvoer van zuurstof vanuit de atmosfeer), zal de concentratie dalen. Dit kan, via diverse chemische processen, de kroosgroei verder doen aanwakkeren. Hier wordt in de volgende paragraaf over nutriënten verder op ingegaan.

Onderzoeksresultaten nutriënten

De groei van kroos wordt sterk beïnvloed door de aanwezigheid van nutriënten. Zolang het water en de waterbodem een beperkte hoeveelheid nutriënten bevatten, worden deze opgenomen door submerse en drijvende waterplanten. Er zijn dan onvoldoende voedingsstoffen beschikbaar voor een sterke groei van kroos. Uit- en afspoeling van landbouwgronden, lozingen uit de industrie en riolering, uitwerpselen van watervogels en honden etc. leiden tot een toename van de nutriëntenbelasting. Hierdoor neemt de hoeveelheid voedingsstoffen in het water en in de waterbodem toe. De genoemde waterplanten kunnen niet al deze voedingsstoffen opnemen, waardoor nutriënten in overmaat aanwezig blijven. Op dat moment kan kroos (of algen) sterk gaan groeien en zelfs dominant worden. Doordat de andere waterplanten dan geen licht meer ontvangen, zullen deze zelfs verdwijnen. In voedselrijke wateren zijn algen of kroos daarom vaak dominant.

Uit de waterkwaliteitsdataset van het Hoogheemraadschap blijkt dat de dichte kroosdekken, met meer dan 75% bedekking, afwezig zijn bij stikstofconcentraties onder de 0,9 mg N/l en fosforconcentraties onder de 0,2 mg P/l, Figuur 24. De meeste dichte kroosdekken komen echter pas voor bij fosforconcentraties van meer dan 0,5 mg P/l. De KRW-norm ligt voor de meeste wateren ruim onder de 0,5 mg P/l, maar dit wordt in veel delen van Delfland niet gehaald: in veel polders en boezemwateren ligt de zomergemiddelde concentratie van fosfor rond of boven de 0,5 mg P/l. Hier is fosfor dus in overmaat aanwezig en hetzelfde geldt voor stikstof.

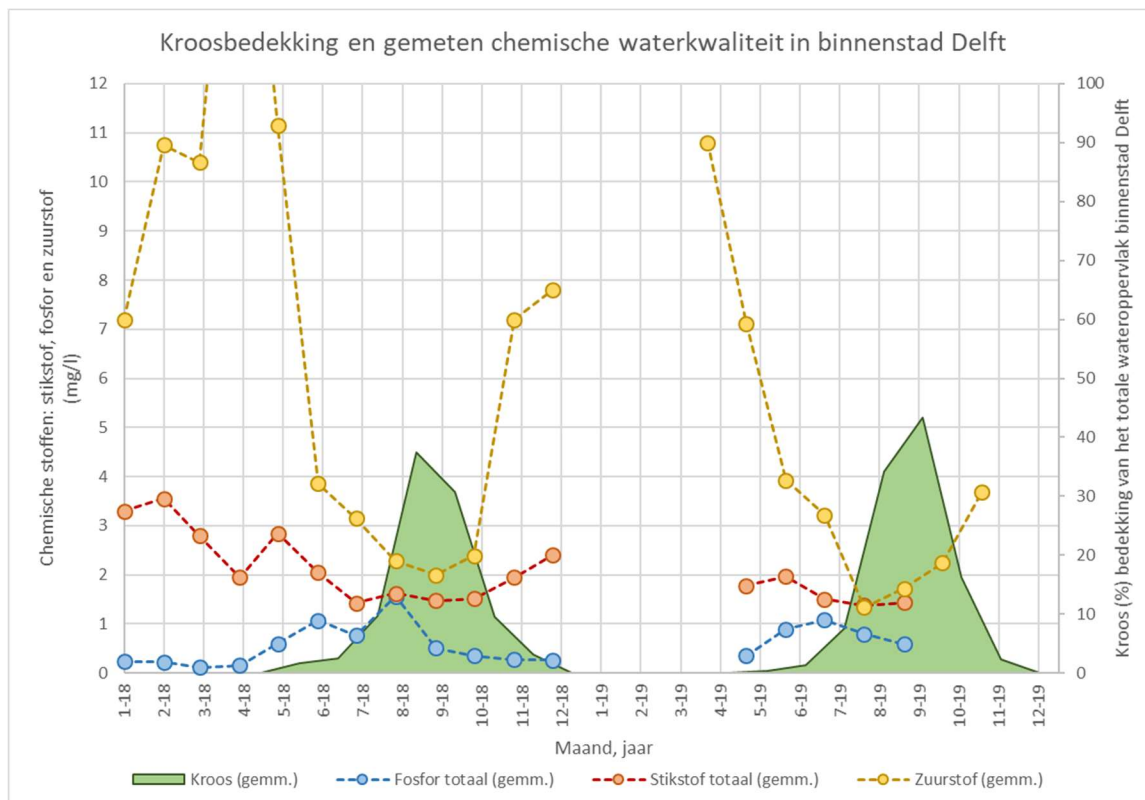


Figuur 24: De aanwezigheid van kroos (0-25%, 26-50%, 51-75% en >75%) in relatie tot de concentratie stikstof- (links) en fosfortotaal (rechts). Bron data: waterkwaliteitsdataset Delfland; alle metingen dateren van mei t/m oktober 2014, 2015 en 2016 [18].

De waterbodem kan een belangrijke bron van nutriënten zijn als gevolg van hoge nutriëntenbelastingen in het verleden. Ook wanneer de huidige nutriëntenbelasting laag is, kan de hoge voorraad in de waterbodem nog opspelen en leiden tot een sterke kroosgroei. Dit is voor veel wateren in Delfland het geval. Metingen van waterbodems in bijvoorbeeld de grachten van Delft wijzen op zeer hoge fosforgehalten.

Fosfor zit in de waterbodem vaak gebonden aan ijzer. Zolang de toplaag van de waterbodem zuurstof bevat, is dit een sterke binding. Echter, zodra er in de toplaag zuurstofloosheid ontstaat, wat in de zomer vaak het geval is als gevolg van de hoge zuurstofconsumptie bij de afbraak van organisch materiaal in de toplaag, verslapt de binding tussen fosfor en ijzer. Het fosfor uit de waterbodem kan daardoor beschikbaar komen in de waterlaag, en daar worden opgenomen door kroos. Kroos op zijn beurt leidt tot een verdere verlaging van de zuurstofproductie onderwater, waardoor de zuurstofloosheid van de waterbodem in stand wordt gehouden. Hierdoor komt er weer extra fosfor vrij uit de bodem, wat de kroosgroei verder doet aanwakkeren. Op deze manier 'helpt' kroos zichzelf aan voedingsstoffen en blijft er een cyclus in stand van fosfornalevering uit de bodem en kroosgroei.

Bovenstaand proces is bij de metingen in de binnenstad van Delft waargenomen, Figuur 25: gedurende de zomer daalt de zuurstofconcentratie (van het oppervlaktewater, aan de waterbodem kan dan reeds zuurstofloosheid zijn) en stijgt de fosforconcentratie. Dit wordt met enige vertraging gevolgd door een groei van kroos. De zuurstofconcentratie is vaak in juni al ver gedaald en de sterkste kroosgroei doet zich pas in juli of augustus voor.



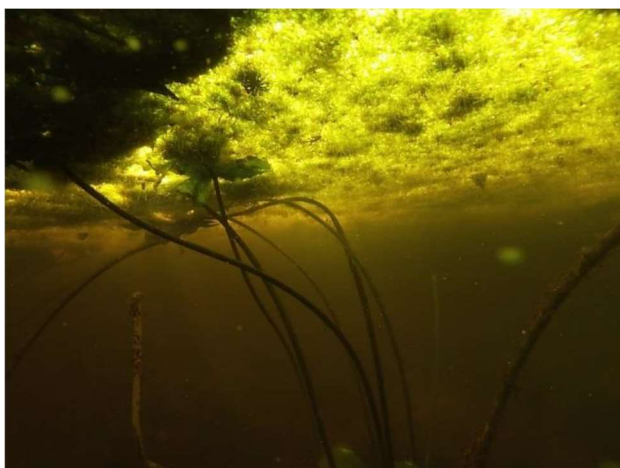
Figuur 25: Gemiddelde kroosbedekking en chemische waterkwaliteit (zuurstof en nutriënten (P en N)) van vijf meetlocaties in de binnenstad van Delft, gemiddelde meetwaarden van vijf meetpunten, 2018 en 2019. In de winter is niet gemeten, de monitoring stopte in december wanneer er vrijwel geen kroos meer werd gezien, en startte weer wanneer de eerste kroosgroei werd gezien. Uit deze metingen is af te leiden dat de zuurstofconcentratie vanaf mei al sterk daalt. Op het moment dat de kroosbedekking sterk oploopt, in juli/augustus, ligt de zuurstofconcentratie al ruim onder 5 mg/L. Tijdens de piek van de kroosbedekking blijft de zuurstofconcentratie laag [35].

Onderzoeksresultaten lichtklimaat

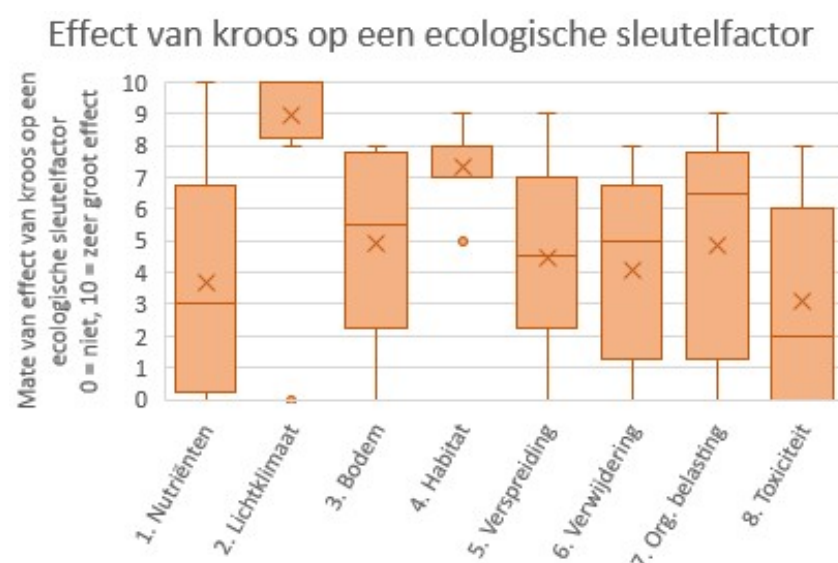
Voor een gezond werkend onderwaterecosysteem is het essentieel dat er voldoende zonlicht in het water schijnt. Ondergedoken waterplanten kunnen niet groeien zonder licht: net als landplanten zetten waterplanten koolstof en water, onder invloed van zonlicht, om in organisch materiaal en zuurstof (fotosynthese). Voor de groei en ontwikkeling van een vitale onderwatervegetatie is voldoende lichtinval daarom een vereiste. De onderwatervegetatie is op haar beurt cruciaal voor een rijk onderwaterleven met een hoge biodiversiteit: de planten produceren immers zuurstof, maar voorzien ook in leef- en schuilmogelijkheden voor vissen en talloze andere waterdiertjes. Kortom, bij onvoldoende lichtinval kan geen 'gezond' onderwaterecosysteem tot ontwikkeling komen of blijven bestaan. De mate van lichtinval wordt veelal gerelateerd aan de troebelheid, dat normaliter wordt gemeten door met een Secchi-schijf de mate van doorzicht vast te stellen (de diepte t.o.v. het wateroppervlak waarop de schijf nog net zichtbaar is). Bij deze meting

wordt eventueel aanwezig kroos opzij geschoven om de schijf te kunnen zien. Doordat het water onder kroos vaak helder is, doordat algen bij gebrek aan licht onder het kroosdek niet kunnen groeien, geeft enkel het doorzicht geen juist beeld van het daadwerkelijk lichtklimaat wanneer kroos in het spel is.

Het is dus duidelijk dat kroos van grote invloed is op de lichtinval onder water. Een volledig gesloten kroosdek laat immers nauwelijks licht door, Figuur 26. Dit is bijvoorbeeld mooi te zien op onderwaterbeelden, en bovendien met metingen aangetoond (dit onderzoek wordt hieronder besproken). In de enquête onder de ecologen [17] werd het negatieve effect van een kroosdek op de lichtinval (Ecologische Sleutelfactor 2: lichtklimaat) als zeer groot geschat (Figuur 27).



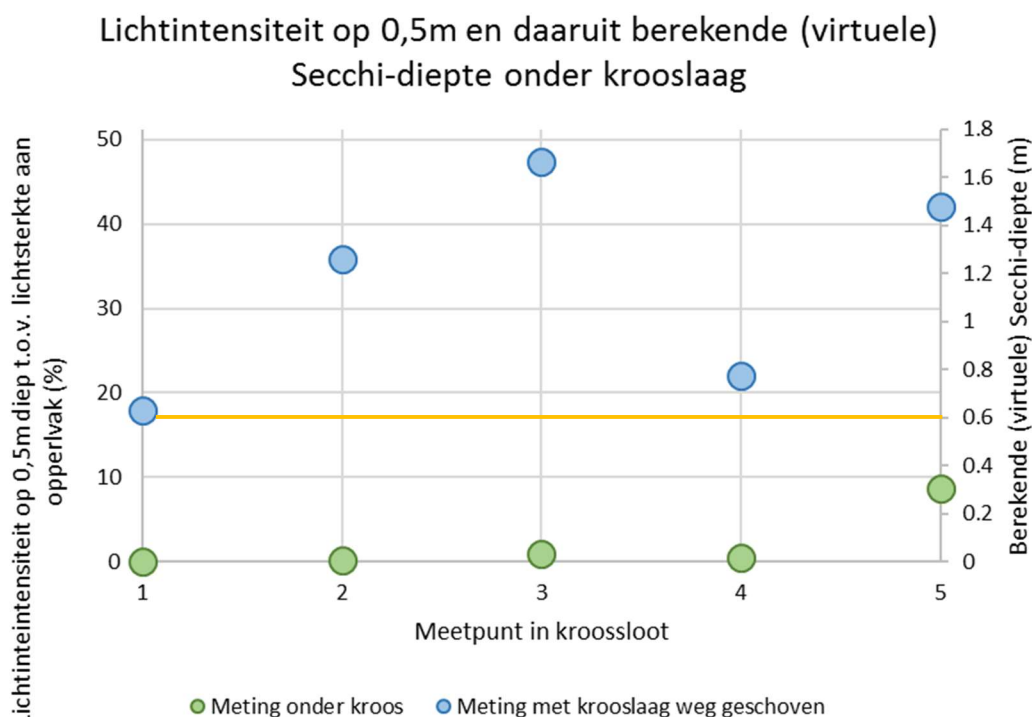
Figuur 26: Afname invallend (zon)licht vanwege een kroosdek (GoPro beeld, Raaphorst).



Figuur 27: Uitkomst enquête vraag 4: Hoe groot schat u het effect van kroos op de 8 Ecologische Sleutelfactoren (ESF's) op een schaal van 0 (geen effect) tot 10 (zeer groot effect)? Vrijwel alle respondenten verwachten een groot tot zeer groot effect van kroos op het lichtklimaat, ESF2 [17].

De impact van een dicht kroosdek op de lichtinval is in een veldonderzoek nader onderzocht en onderbouwd [30]. In Figuur 28 staat voor vijf sloten de lichtbeschikbaarheid onder een dicht kroosdek (de groene stippen): in de meeste gevallen was het percentage zonlicht dat doordringt nihil. Wanneer het kroos opzij geschoven werd (de blauwe stippen), was de lichtinval gelijk veel groter en was er een doorzicht van 60 tot ruim 160 cm:

in alle gevallen ruim boven de norm voor voldoende lichtinval (60 cm). Dit verifieert dat het zeer minimale (berekende) doorzicht onder het kroosdek daadwerkelijk door het kroos werd veroorzaakt (en niet door troebel water). De methode waarmee bepaald is wat het lichtklimaat onder een kroosdek is, staat beschreven in Kader 1.



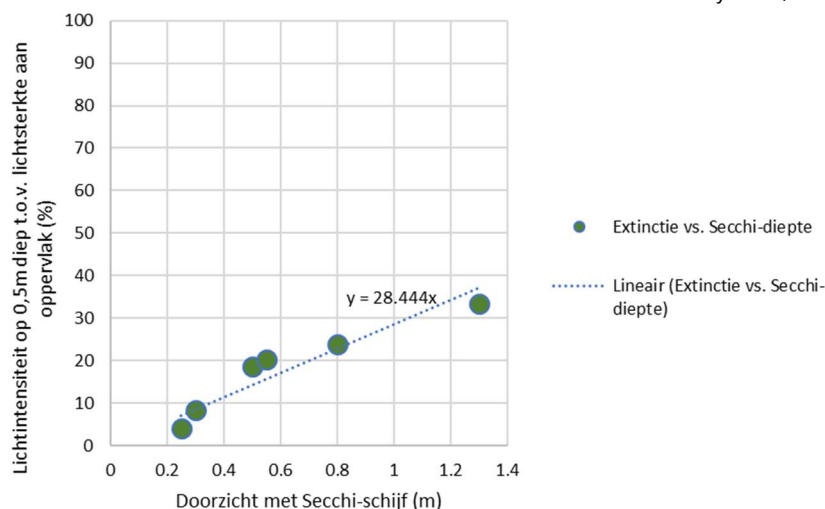
Figuur 28: Berekende (virtuele) doorzichtwaarde onder een vijftal dichte krooslagen (groen) ter indicatie van het lichtklimaat, en op dezelfde punten nadat de krooslaag opzijgeschoven was (blauw). Op de linker y-as de lichtintensiteit op 0,5 meter, op de rechter y-as de corresponderende berekende Secchi-waarde. De oranje lijn geeft de norm van 0,6 meter doorzicht aan [30]. De achterliggende berekeningsmethode staat in kader 1.

Om de ontkieming en het uitlopen van de propagulen (zaden, wortelstokken, e.d.) van waterplanten mogelijk te maken, moet minimaal 4% van het zonlicht de waterbodem bereiken. Voor het gebied van Delfland is dit praktisch vertaald naar een doorzicht van 60 cm. Bij een doorzicht van 0,6 meter is op een diepte van 1 meter (het gewenste begroeibare areaal) nog voldoende licht aanwezig voor de fotosynthese door ondergedoken waterplanten. Onder alle onderzochte kroosdekken lag het berekende doorzicht lager (vaak vele malen) dan die norm van 0,6 meter (Figuur 28) [30]. Dit onderzoek bevestigt dat de effecten van een kroosdek op het lichtklimaat zeer groot zijn, en dat er onder een gesloten kroosdek vrijwel geen fotosynthese kan plaatsvinden.

Er is in bestaande literatuur weinig precieze informatie gevonden over hoe lang ondergedoken waterplanten kunnen overleven onder de schaduw van een kroosdek om nadien weer uit te kunnen lopen. Enkel over zeegras zijn daar gegevens van gevonden, en gericht onderzoek hiernaar paste niet in de resterende tijd van dit project. Dat kan zodoende nog een relevante richting voor nader onderzoek zijn, bijvoorbeeld voor aanscherping van kroosprotocollen met het oog op hoelang een kroosdek aanwezig mag zijn voordat ingegrepen wordt.

Kader 1: Methode bepalen lichtklimaat onder kroos

Normaal wordt het lichtklimaat vastgesteld met de Secchi-schijf, echter deze methode, met het gebruik van een zwart-witte schijf, kan niet worden toegepast onder een kroosdek: met het opzij vegen van het kroosdek om de schijf te kunnen zien, wordt direct het lichtklimaat sterk beïnvloed. Door op referentielocaties zowel het doorzicht met een Secchi-schijf als de lichtinval met een lichtmeter te bepalen is de lichtval gekoppeld aan een doorzicht-waarde. Deze relatie is gebruikt om de lichtval onder een kroosdek te onderzoeken, door lichtmetingen onder een kroosdek om te rekenen naar een virtuele doorzicht-waarde die vergeleken kan worden met een Secchi-diepte meting, en zodoende met de gehanteerde normen voor het lichtklimaat. De gevonden relatie tussen de lichtintensiteit en het doorzicht wordt beschreven door de formule $y = 28,444 \cdot x$ [30].



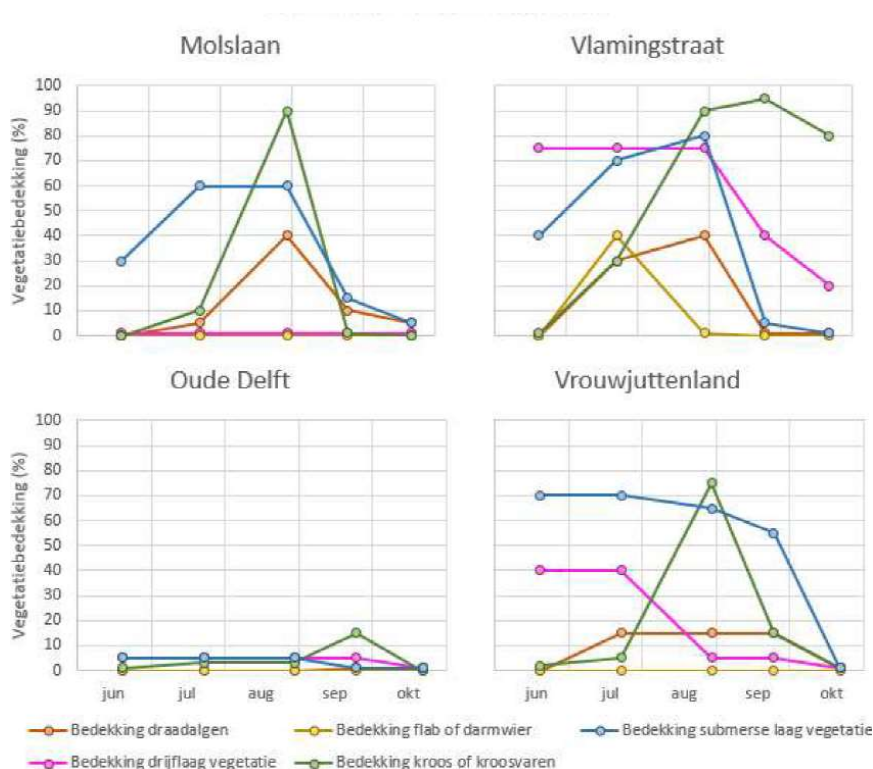
Figuur 29: Relatie lichtintensiteit op 50 cm diepte en het doorzicht bepaald met een Secchi-schijf.

Onderzoeksresultaten vegetatie

De planten die in en om het water groeien hebben een sterke verbinding met dat water. De verschillende soorten hebben allerlei eigenschappen die bepalen onder welke omstandigheden zij kunnen gedijen dan wel geen kans tot ontwikkeling hebben. Dankzij hun wortels hebben ondergedoken waterplanten een veel hoger potentieel om te groeien dan kroos. In water met weinig nutriënten kunnen ondergedoken waterplanten groeien door opname van nutriënten uit de bodem. Doordat kroos enkel de nutriënten uit de waterkolom ter beschikking heeft, heeft kroos in dergelijke wateren een achterstand ten opzichte van wortelende planten. Bij toename van nutriënten in het water zal het voordeel van ondergedoken waterplanten afnemen en krijgt kroos meer mogelijkheden om te groeien. Kortom, kroos is gebaad en eigenlijk zelfs afhankelijk van hoge nutriëntconcentraties, in het bijzonder fosfor en stikstof.

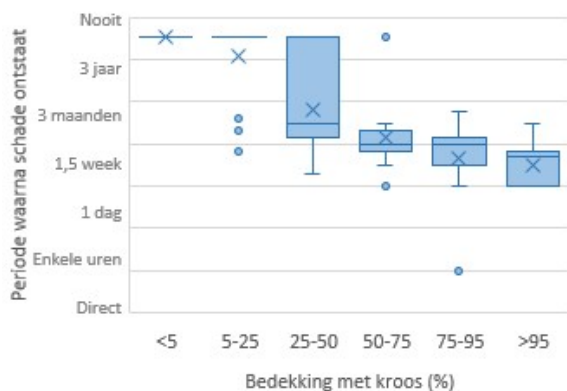
Uit onderzoeken blijkt dat de kroosgroei in de grachten van Delft vaak pas relatief laat in de zomer (juli) op gang komt, in tegenstelling tot het meer gebruikelijke patroon op de kleinere Delflandse sloten waarbij kroosgroei al rond april start. In het begin van het groeiseizoen (april) komen in de grachten vaak eerst de ondergedoken waterplanten en drijfbladplanten tot ontwikkeling. Mogelijk komt dit door de dan nog lagere gehalten aan fosfor in het water, en doordat de onvolgroeide waterplanten de grachten nog niet blokkeren en kroos vrij weg kan drijven. Ook kan temperatuur een rol spelen, doordat de grachten groter zijn dan veel slootjes en minder snel opwarmen. De groei van kroos volgt dan later in de zomer, als fosforgehaltes hoger zijn en de andere waterplanten het kroos vasthouden. Deze kroosgroei kan weer op zijn beurt leiden tot het (vervroegd) verdwijnen van de andere waterplanten.

Zo blijkt uit de vegetatieopnames gedaan in 2018 in de binnenstad van Delft, dat kroos later opkomt dan overige vegetatie, zie Figuur 30. De ondergedoken waterplanten (submerse vegetatie) zijn in juni-juli al volop ontwikkeld. Tussen half juli en half augustus is vervolgens sprake van een sterke kroosgroei (op drie van de vier locaties). In de Vlamingstraat blijft het kroos vervolgens lang aanwezig, tot in oktober, en zijn de andere waterplanten in september volledig verdwenen. In Vrouwjuttenland verdwijnt juist het kroosdek al snel, en blijven de ondergedoken waterplanten langer in stand.



Figuur 30: Vegetatie opname (percentage bedekking) in de binnenstad van Delft in 2018 [24].

Het verdwijnen van de andere waterplanten in de Vlamingstraat is vermoedelijk (mede) het gevolg van een zeer dicht kroosdek, waardoor deze waterplanten geen zonlicht en dus geen energie meer ontvangen. Dit vermoeden wordt bevestigd door de waarneming aan Vrouwjuttenland, waar het grof hoornblad langer vitaal bleef in de afwezigheid van kroos. In meerdere onderzoeken zijn aanwijzingen gevonden voor vroegtijdig afsterven van onderwatervegetatie onder een kroosdek. Deze afstervende planten zorgen daarnaast voor lagere zuurstofconcentraties door afbraakprocessen en dientengevolge een verdere toename van de nutriënten in het water, waardoor kroosgroei weer verder versterkt kan worden.



Figuur 31: Periode waarna er middels enquête door 16 ecologen verwacht wordt dat er schade ontstaat aan de andere waterplanten door kroosbedekking. Er is te zien dat er bij een bedekking onder 25% geen effect verwacht wordt. Bij de klasse 25-50% zijn de meningen verdeeld, maar vanaf een bedekking van 50-75% wordt er na ongeveer twee weken schade verwacht aan de andere waterplanten [17].

Uit de enquête onder ecologen volgt dat er door de meesten bij een kroosbedekking in de klasse 50-75% na ongeveer 2 weken schade verwacht wordt aan de andere waterplanten (Figuur 31) [17]. Bij een lagere bedekking van kroos (25-50%) wordt schade verwacht na enkele maanden. Bij een hogere bedekking (75% en groter) verwacht men al schade na een kleine week.

Gebaseerd op deze gemiddelde beoordeling van ecologen wordt een knelpunt voor de ondergedoken waterplanten en drijfbladplanten gedefinieerd bij een bedekking van 75% of meer gedurende twee weken of langer.

Behalve dat kroos door beschaduwing een negatief effect kan hebben op de ondergedoken waterplanten, spelen er nog meer interacties tussen kroos en de andere waterplanten die zijn waargenomen:

- Kroos blijft hangen in de vegetatie, zoals ondergedoken waterplanten die tot aan het wateroppervlak reiken, en drijfbladplanten. Hierdoor hebben maatregelen om kroos te verwijderen vaak minder effect, als er geen rekening gehouden wordt met dit effect van waterplanten.
- Bij de pilot in Den Haag [22] is op enkele locaties na het verwijderen van kroos een massale groei van onderwatervegetatie en flab geobserveerd. Dit kan onwenselijk zijn, waardoor het profijt van de verwijderings actie niet optimaal is.
- Er is bij de pilot in Delft [24] geobserveerd dat submerse planten door het kroos vroeger afsterven. Het vermoeden is dat de nutriënten die deze planten uit de bodem hebben opgenomen, dan weer beschikbaar komen voor het kroos.
- De laagste zuurstofgehalten zijn geobserveerd bij de combinatie dik kroosdek met daaronder dik pakket (afstervende) submerse waterplanten [24]. De theorie is dat deze lage zuurstofgehalten tot verhoogde nalevering van fosfor uit de bodem leiden.

Conclusie vegetatie

Uit de onderzoeken naar kroos en vegetatie komt naar voren dat er een relatie is tussen het ontstaan van kroos en het afsterven van de onderwatervegetatie. Door afdekking met kroos sterven ondergedoken waterplanten eerder af. Bij het afbreken van de planten wordt weer zuurstof verbruikt, en komen er extra nutriënten beschikbaar, waardoor kroos weer harder kan groeien.

Daarnaast kunnen woekerende ondergedoken waterplanten over de gehele breedte van het wateroppervlak kroos op zijn plek houden, doordat kroos dan niet afgevoerd kan

worden door wind en stroming. Deze isolerende werking zorgt er voor dat op doorgaande watergangen kroos ook de kans krijgt om hard te groeien.

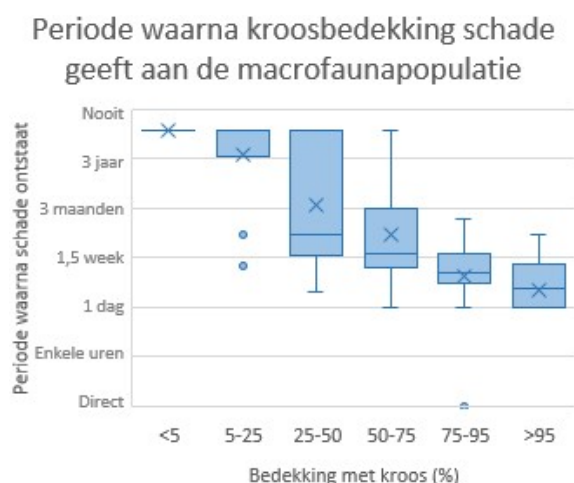
Onderzoeksresultaten fauna

Macrofauna

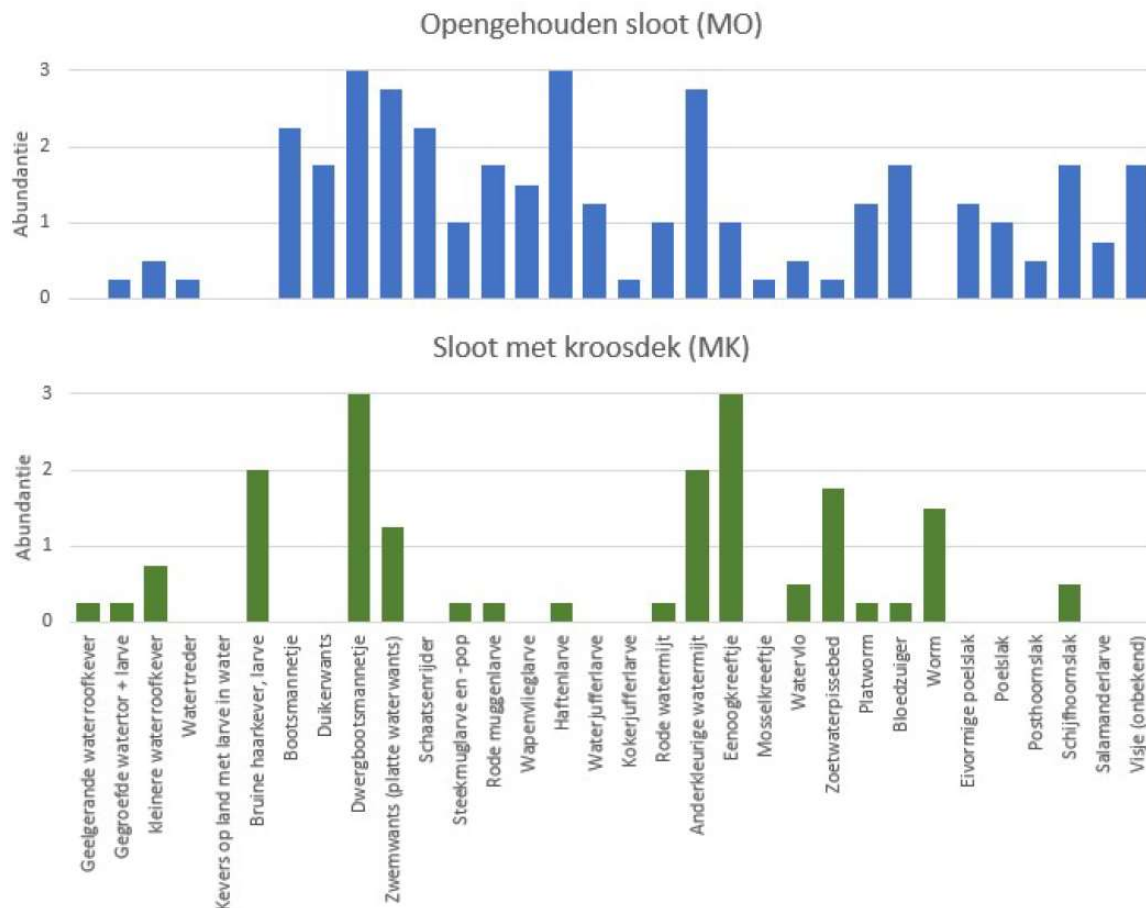
Uit de enquête onder ecologen komt naar voren dat er vanaf een kroosbedekking in de klasse 50-75% binnen zo'n twee weken schade verwacht wordt aan de macrofaunapopulatie (Figuur 32) [17]. Hoewel niet is ingegaan op de achterliggende gedachte van de ecologen hierop, is goed voor te stellen dat bij gebrek aan licht en daarmee plantengroei, en een tekort aan zuurstof, er een grote beperking is op aanwezig habitat en dat aanwezig habitat minder goed gebruikt kan worden door organismen.

Bij een lagere bedekking van kroos (25-50%) wordt schade verwacht na enkele maanden. Bij een hogere bedekking (groter dan 75%) verwacht men de schade al na ongeveer een week.

Gebaseerd op deze gemiddelde beoordeling van ecologen wordt een knelpunt voor macrofauna gedefinieerd bij een bedekking van 75% of meer gedurende twee weken of langer.



Figuur 32: Periode waarna er door ecologen verwacht wordt dat er schade optreedt aan de macrofaunapopulatie, bij een bepaalde bedekking door kroos. Er is te zien dat er vanaf 50-75% bedekking verwacht wordt dat er na zo'n 1,5 week kroosbedekking schade ontstaat aan de macrofaunapopulatie [17].



Figuur 33: Aangetroffen waterdieren in de opgehouden sloot (blauw) en in de sloot met een kroosdek (groen) bij het Natuur- en Milieu Educatie Centrum in Schiedam. Er is te zien dat in de opgehouden sloot meer verschillende en grotere aantallen waterdieren aangetroffen zijn [26].

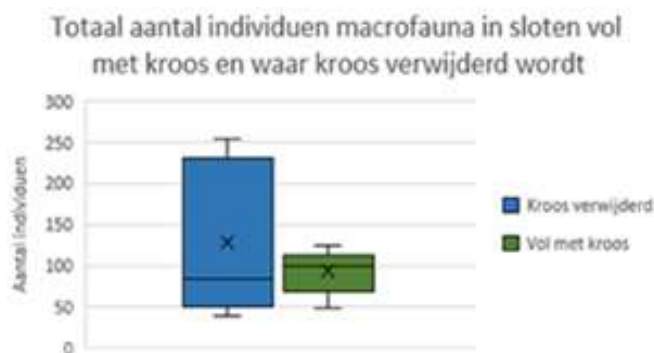
In het onderzoek van het Natuur- en Milieu Educatie Centrum in Schiedam [26] is in 2019 gekeken naar de verschillen in abundantie van waterdieren en naar de verschillen in het aantal soorten waterdieren (biodiversiteit). In een opgehouden slootgedeelte zijn 28 verschillende waterdiersoorten aangetroffen, tegenover 18 verschillende waterdiersoorten in een met kroos bedekt slootgedeelte. Zowel de abundantie als de biodiversiteit is groter in het slootgedeelte waar periodiek het kroos werd verwijderd, zie Figuur 33 [26].

Diverse soorten waterdiertjes zoals bootsmannetjes, duikerwantsen, schaatsenrijders, larven van waterjuffers en kokerjuffers, poelslakken, posthoornslakken, salamanderlarven en visjes zijn alleen gevangen in de opgehouden sloot. Schaatsenrijders, als voorbeeld, 'schaatsen' op de waterspiegel dankzij de oppervlaktespanning van het water. Deze wantsen hebben een groot wateroppervlak nodig om te jagen. Hun voedsel bestaat hoofdzakelijk uit levende of dode insecten die op het water zijn gevallen. Een kroosdek is erg hinderlijk voor deze waterdieren, vandaar dat deze enkel op de opgehouden sloot aangetroffen zijn. Waterdieren die onder water ademen, zoals libellenlarven, kokerjuffers en haftenlarven, zijn indicatorsoorten voor water dat voldoende opgelost zuurstof bevat. In de opgehouden sloot zijn in elk schepnetmonster haftenlarven gevangen. Dat is een indicatie dat het zuurstofgehalte in dit slootgedeelte goed was ten tijde van het onderzoek, in augustus [26].

De eenoogkreeftjes en zoetwaterpissebedden waren juist minder talrijk in open sloot dan in de sloot met kroos: dit is mogelijk het gevolg van predatie door andere aanwezige

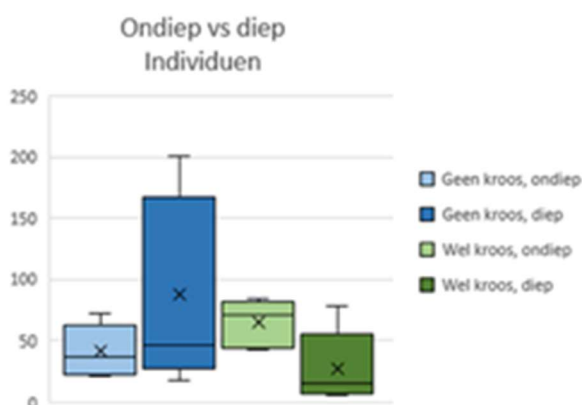
soorten. In de sloten mét kroos ondervinden deze twee soorten minder predatiedruk, terwijl ze zelf minder last hebben van het lage zuurstofgehalte.

Ook in Leidschendam-Voorburg is in 2018 verkennend onderzoek uitgevoerd naar de verschillen in de aanwezigheid van macrofauna tussen sloten die vrijgehouden zijn van kroos en sloten met een kroosdek [57]. Hieruit kwam de suggestie naar voren dat er verschillen aanwezig waren tussen de sloten, maar de opzet van het onderzoek was niet scherp genoeg. In 2020 is daarom een hernieuwd onderzoek opgezet, waarbij naast de verdeling van de macrofaunagemeenschap over micro-habitatten in sloten ook gekeken is naar het zuurstofgehalte onder het kroos en enkele ondersteunende parameters [57]. Het valt op dat in een deel van de sloten die vrij van kroos zijn gehouden veel meer individuen gevonden zijn (Figuur 34), maar het verschil tussen de geschoonde sloten en de sloten met kroos is niet statistisch significant doordat zij met elkaar overlappen.



Figuur 34: Totaal aantal individuen macrofauna in sloten waar kroos verwijderd is en sloten met kroosdek [57].

Een uitsplitsing van de data op bovenin de waterkolom (de bovenste 10 centimeter) en dieper in de waterkolom (delen dieper dan 10 cm) geeft het resultaat in Figuur 35. Opmerkelijk hier is dat de mediaan (de middenlijn in de boxplots) van de diepere delen van de met kroos bedekte waterpartijen, hier duidelijk onder de beide boxen van de kroosvrij gehouden sloten, en de ondiepe delen van de kroossloten ligt. Het lijkt er dus op dat de macrofauna de nog zuurstof- (zie eerdere paragraaf) en licht bevattende bovenste laag onder het kroos opzoekt. Op de bodem van de kroossloten leeft dan weinig, terwijl daar in de geschoonde sloten juist het meeste leven zit.



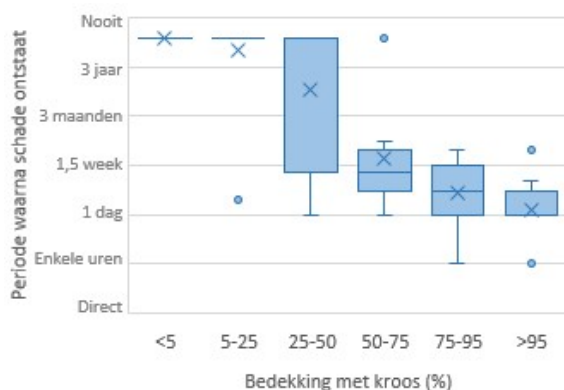
Figuur 35: Aantal individuen in de sloten waar kroos is verwijderd en sloten met kroosdek, uitgesplitst naar bovenste waterlagen (bovenste 10 cm van de sloten) en diepere waterlagen (dieper dan 10 cm) [57].

Hoewel over het algemeen de kroosloten zich weinig onderscheiden van de geschoonde sloten wanneer enkel naar het geheel wordt gekeken, vind er dus wel een verstoring plaats die zichtbaar wordt wanneer de splitsing naar de ondiepe en diepe zones wordt gemaakt. Aanvullend opvallend is dat dansmuggen vrijwel compleet verdwijnen zodra er kroosdekken aanwezig waren [57]. Sommige soorten dansmuggen kunnen goed overweg met zuurstofarme omstandigheden, dus dit is opmerkelijk. Mogelijk is de zuurstofloosheid te extreem, of worden zij op een andere manier in hun levenscyclus gehinderd.

Vis

Ook voor vis wordt er schade verwacht door een kroosdek. Uit de enquête onder ecologen volgt dat er door de meesten bij een kroosbedekking in de klasse 50-75% na ongeveer 1,5 week schade verwacht wordt aan de visstand (Figuur 36). Bij een lagere bedekking (25-50%) wordt schade verwacht pas na een periode van meerdere maanden of langer. Bij een hogere bedekking (>75%) verwacht men de schade al na ongeveer een kleine anderhalve week.

Gebaseerd op deze gemiddelde beoordeling van ecologen wordt een knelpunt voor vis gedefinieerd als bij een bedekking van 75% of meer gedurende een week of langer.



Figuur 36: Periode waarna er door ecologen verwacht wordt dat er schade optreedt aan de vispopulatie, bij een bepaalde bedekking door kroos. Er is te zien dat er vanaf 50% bedekking verwacht wordt dat er binnen 1,5 week kroosbedekking schade ontstaat aan de vispopulatie [17].

Omdat visstandonderzoek relatief kostbaar is, is dit niet meegenomen in de verschillende praktische kroosonderzoeken. De verwachting is wel dat kroosdekken een rol van belang spelen voor vissen. Een signaal wordt gegeven door [59]. Bij visstandonderzoek in een vispaaiplaats, verdeelt in drie trajecten, zijn verschillen in visstand gesignaleerd binnen die trajecten. Traject 1 had de beste visstand, en de aanwezigheid van visbroed duidde erop dat de vispaaiplaats ook daadwerkelijk goed functioneerde. Traject 2 en 3 daarentegen hadden veel minder vis, en aangegeven is dat deze niet de functie van paaiplaats waar maken. De verklaring die werd gegeven was de slechte vegetatieontwikkeling in trajecten 2 en 3 vanwege de dikke kroosdekken die daar lagen. Voor wat betreft de relatie vis en kroosdekken valt er dus echter nog veel te ontdekken, en dat vormt dus een aanbeveling voor eventueel toekomstig onderzoek.

Definitie kroosknelpunt

Op basis van observaties in het veld in de hierboven besproken onderzoeken en expertise van ecologen is een 'kroosknelpunt' gedefinieerd als een kroosdek van 75% bedekking of meer van een waterpartij dat gedurende langere tijd (1 a 2 weken) stationair op een plek aanwezig is.

Dit sluit aan bij de huidige criteria in het kroosprotocol, dat uitgaat van 75% of meer bedekt. Naar aanleiding van de enquête onder 11 ecologen wordt voorgesteld om in het protocol de zuurstofconcentratielimiet van 2 mg/L naar 3 mg/L te verhogen [6]. Het protocol wordt verder besproken in het volgende hoofdstuk over Aanpakken.



3. Onderzoeksspoor Aanpakken: kroos verwijdering

3.1. Inleiding

Overmatig kroos is een symptoom van een teveel aan nutriënten in het water. Uitgangspunt bij de kroosaanpak is in te zetten op een afname van de voedselrijkdom. Hier zet Delfland middels diverse maatregelen binnen het Programma Waterkwaliteit vol op in. Het terugdringen van de voedselrijkdom duurt echter lang en is niet altijd mogelijk. Ondertussen is de gebruikelijke aanpak van kroos het verwijderen van kroosdekken wanneer er zuurstoftekort, stankoverlast of vissterfte ontstaat. Sinds 2013 hanteert Delfland hiervoor een kroosprotocol: na een melding wordt ter plaatse gekeken of aan een aantal criteria voor opruiming wordt voldaan. Dit is een reactieve aanpak; als het protocol in werking treedt, is de ecologie van het water echter al aangetast. Daarom heeft Delfland onderzocht of kroos op een andere, meer proactieve manier kan worden aangepakt om aantasting van de ecologische waarden te beperken. Hier is in Nederland weinig ervaring mee. In het kader van dit onderzoek is gekeken of dit op een effectieve en efficiënte manier mogelijk is.

Dit hoofdstuk beschrijft de verschillende manieren van kroosaanpak en maakt daarin een verdeling tussen reactieve-, proactieve en innovatieve maatregelen tegen kroos.

[11] Evaluatie kroosverwijdering 2014-2018 gemeente Den Haag. Sanitas Water, 2018. Den Haag werkt al sinds 2014 met een actiever kroosbeleid, en behaalt daar successen mee (Figuur 37), al zijn er ook zeker nog verbeteringen aan te brengen. Binnen dit kroosbeleid zijn verschillende samenwerkingen met Delfland opgetuigd, waarin Den Haag vooral de praktische kant voor zijn rekening nam en Delfland de theoretische kant. Deze samenwerkingen hebben veel kennis opgeleverd.



Figuur 37: Carnegieplein in augustus 2014 (links) en in juli 2016 (rechts), sinds 2014 voert gemeente Den Haag een actief kroosbeleid.

[13] Grachtenschoonmaakrobot Kroboot. Studenten TU Delft, 2017. Studenten van de TU Delft hebben een robot ontworpen en gebouwd die kanalen schoon kan maken, met de focus op het verwijderen van kroos. De Kroboot heeft uiteindelijk twee prototypes gekend, waarbij die verschillende aspecten tot op zekere hoogte waren uitgewerkt, en in de basis konden opereren, Figuur 38. Een volledig operationeel exemplaar is niet tot stand gekomen. Een doorstart vanuit de prototypes naar een operationeel exemplaar kon niet gemaakt worden bij gebrek aan een partij hiervoor de financiering wilde bieden.



Figuur 38: Twee foto's van de Kroboot van de studenten van de TU Delft

[14] Haalbaarheidsstudie kroos afvangen. Tauw, 2020.

In een brede studie naar het verwijderen van kroos uit watergangen, is gekeken naar allerlei (innovatieve) manieren om kroos te verzamelen en uit een watergang te halen. Enkele kansrijke richtingen zijn in een beknopt ontwerp verder beschreven. Er is ook ingegaan op het aspect vervoer van kroos via de riolering naar de AWZI. Bij gebrek aan bestaand onderzoek naar dit specifieke onderwerp, zijn hiervoor deskundigen geraadpleegd. Door belemmeringen op het gebied van verwerking op de AWZI en wettelijke beperkingen is het niet wenselijk of duurzamer om kroos via het riool af te voeren, tegenover de huidige praktijk van transport per as.

[22] Kroosbestrijding, resultaten van veldproeven 2013 en 2014. Raaphorst, 2015.

Dit rapport beschrijft resultaten van o.a. de eerste samenwerking met Den Haag, waarbij voor het verwijderen van kroos onder andere gebruik gemaakt is van een kroosslurper en een lopende band, Figuur 39.



Figuur 39: Onderdeel van de test met een kroosslurper bij Chrysantplein, waarbij de lopende band is ingezet om het kroos naar een stortzak af te voeren, augustus 2013.

[24] Kroospilot binnenstad Delft 2018-2020. Raaphorst & Rijnks, 2021.

Er is in vier onderzoeken in de binnenstad van Delft gekeken naar de groei en verplaatsing van kroos, overige vegetatie, zuurstofhuishouding en andere kwaliteitsparameters (bodem en water). In vier pilots is gekeken naar de mogelijkheden om kroos aan te pakken.

[28] Rapport uitvoering proeven kroosruimen Delft. FORU-Solution en BDS Harlingen, 2017.

FORU Solution is actief in het verwijderen van olie na een lekkage op zee, en hun materieel is zodoende ontworpen om olie van het wateroppervlak af te skimmen. BDS Harlingen heeft een beproefde technologie voor het opruimen van kroos. Er is in samenwerking met Hoogheemraadschap van Delfland een proef gedaan om beide methoden (FORU 70 skimmer en BDS Belt skimmer) te testen bij het opruimen aan de van der Dussenweg in Delft.

[57] Pilot kroosverwijdering Leidschendam-Voorburg. Raaphorst, 2021.

Dit onderzoek is het resultaat van een samenwerking tussen gemeente Leidschendam-Voorburg en Delfland. Er is onderzoek uitgevoerd in 2020 naar macrofaunagemeenschappen in sloten die wel of niet geschoond waren. De uitgevoerde quick-scan van de macrofaunapopulatie, de zuurstofconcentratie van het water en enkele andere parameters was een vervolg op onderzoek in 2018. Het onderzoek is uitgevoerd om verschillen tussen sloten die zijn vrijgehouden van kroos en met kroos bedekte sloten te onderzoeken, Figuur 40.



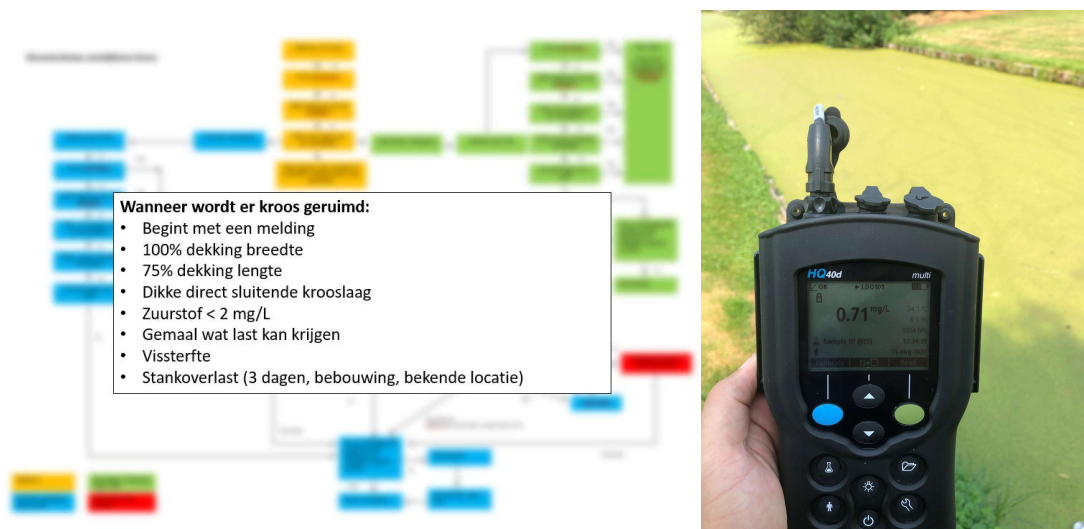
Figuur 40: Twee van de locaties in Leidschendam-Voorburg waar onderzoek gedaan is naar het verschil in macrofaunagemeenschap tussen sloten die wel en niet geschoond zijn. Links: Arentsburgpark (geschoond) en rechts: Nieuweveensepad (niet geschoond). Het Arentsburgpark scoorde qua aantal waterdiertjes en zuurstofconcentratie in het water beter dan de ongeschoonde sloot bij het Nieuweveensepad.

3.2. Onderzoekresultaten reactieve kroosverwijdering

Werking kroosprotocol

Het huidige kroosprotocol treedt in werking na melding door een inwoner of bij overlast bij een kunstwerk (gemaal en dergelijke). Het protocol toetst eerst aan enkele omgevingsfactoren of kroos verwijderd dient te worden. Belangrijkste aspecten daarin zijn mate van bedekking ($>75\%$), zuurstofgehalte (momenteel <2 mg/L, uit dit onderzoek komt een suggestie om aan te passen naar 3 mg/L) en eventuele stank en vissterfte. De verschillende criteria staan in Figuur 41 weergegeven.

Het verwijderen van kroos wordt meestal uitgevoerd met een drijfscherm en zwaar materieel (zoals een kraan) en het kroos wordt per as afgevoerd en gestort als groenafval. Deze methode van kroos verwijderen is vrij efficiënt, maar het resultaat is niet altijd van lange duur: door aanvoer van elders kan er snel een nieuw kroosdek liggen, of door (her)groei en/of dunner uitspreiden van het aanwezige kroos na onvoldoende verwijdering kan er snel weer een nieuw kroosdek liggen. Figuur 42 illustreert dit middels een praktijkvoorbeeld. Een ander nadeel is dat als pas wordt opgetreden wanneer dat volgens het protocol nodig is er al veel schade aan het ecosysteem is opgetreden. Een zuurstofconcentratie van minder dan 2 mg/L heeft namelijk al binnen een dag, of zelfs binnen enkele uren, negatieve effecten op diverse organismen (zie hoofdstuk "Onderzoekresultaten interactie kroos-waterkwaliteit"). Voordat een kroosdek is gemeld en verwijderd, zijn vaak al enkele dagen verstreken. Veel waterdieren zullen de sloot dan ontvlucht zijn, doodgegaan zijn, of hebben hun toevlucht gezocht in de krooslaag zelf en worden met de verwijderingsactie ook uit het water gehaald (zie paragraaf "Onderzoekresultaten fauna").



Figuur 41: Het kroosprotocol (wazig op de achtergrond) met de belangrijkste afwegingen. Daarnaast een foto van een zuurstofmeting in een sloot met een dicht kroosdek: het zuurstofgehalte is met 0,71 mg/L te laag.



Figuur 42 (A t/m C): Kroosruimte na melding en protocol. Een week na verwijdering is de sloot echter alweer volledig bedekt met kroos.

Kosten reactieve kroosverwijdering

Uitgaande van een aantal kroosruimacties in de jaren 2017-2020 is er een grove schatting gemaakt van de kosten van het verwijderen van kroos middels de 'traditionele' methode (drijfscherm of gemaal om bijeen te drijven en kraan met maaikorf en tractor met kipper om af te voeren, inclusief storkkosten en arbeidskosten). De verdeling van de kosten over de verschillende onderdelen van het kroos verwijderen is te zien in Figuur 43.

Prijs per kg verwijderd kroos: gemiddeld € 0.55 (€ 0.20 – € 0.90)

Prijs per m² verwijderd kroos: gemiddeld € 0.89 (€ 0.23 – € 2.54)

De uiteindelijke prijs per kg of m² hangt af van:

- De totale hoeveelheid geruimd kroos in dikte en oppervlakte (waarbij het voordeliger is om een grote hoeveelheid in 1 keer op te ruimen. NB: de schade die het kroos dan veroorzaakt heeft is dan meestal al wel groter, dus niet alleen de hoeveelheid kroos maar vooral ook het bereikte effect (oftewel: de vermeden schade) is belangrijk in de afwegingen).
- De bereikbaarheid voor materieel (smalle straatjes) en noodzaak voor verkeersregelaar.

Hoewel over het algemeen de kroosloten zich weinig onderscheiden van de geschoonde sloten wanneer enkel naar het geheel wordt gekeken, vind er dus wel een verstoring plaats die zichtbaar wordt wanneer de splitsing naar de ondiepe en diepe zones wordt gemaakt. Aanvullend opvallend is dat dansmuggen vrijwel compleet verdwijnen zodra er kroosdekken aanwezig waren [57]. Sommige soorten dansmuggen kunnen goed overweg met zuurstofarme omstandigheden, dus dit is opmerkelijk. Mogelijk is de zuurstofloosheid te extreem, of worden zij op een andere manier in hun levenscyclus gehinderd.



Figuur 43: Kostenverdeling van het verwijderen van kroos via de 'traditionele' methode door een externe partij (2017-2020) (inclusief personele kosten waar relevant)

3.3. Onderzoeksresultaten curatieve kroosverwijdering

Onderdeel van de pilot in de binnenstad van Delft was het bekijken en testen van verschillende manieren van kroosverwijdering waaronder een aantal curatieve methoden [24]. Curatief wil zeggen: kroos verwijderen zodra het kroosdek te dicht wordt en een probleem voor de waterkwaliteit gaat worden (curatief betekent 'genezend').

In 2018 is een ronde door de binnenstad Delft gemaakt met een aannemer die vaak onderhoud voor Delfland uitvoert. De gangbare methode om kroos te verwijderen is het bijeendrijven van kroos met behulp van een drijfscherm/olieboom naar een verzamelpunt waarna het kroos met een fijnmazige shovel verwijderd wordt. De aannemer gaf aan dat op de grachten waar veelvuldig drijfbladvegetatie aanwezig was, kroos niet verwijderd zou kunnen worden zonder de drijfbladvegetatie eerst te verwijderen. Daarnaast zijn er zeer weinig locaties in de binnenstad geschikt voor het verwijderen met groot materieel als een shovel, vanwege de historische aard van de binnenstad met veel smalle straatjes en zou er dus gezocht moeten worden naar behendiger materieel.

Daarom is onderzocht of het incidenteel inzetten van een gemaal om kroos bijeen te drijven en aldaar te verwijderen een effectieve maatregel is tegen kroos (curatief

doorspoelen). Ook is gekeken of handmatig kroos verwijderen met schepnetten een geschikte maatregel is.

Curatief doorspoelen

In de late zomer van 2018 is in de binnenstad van Delft geëxperimenteerd met een bewuste watersturing om het kroos naar een centrale plek te loodsen om daar efficiënt te kunnen verwijderen. Dit is gedaan op het moment dat al verscheidene grachten bedekt waren met kroos. De proef is uitgevoerd met behulp van gemaal Duyvelsgatbrug en de stuwen in het centrum. Met het gemaal en stuwen is getracht om het kroosdek van bepaalde watergangen naar één punt te trekken en aldaar op te ruimen.

Deze maatregel leek een tijdelijk positief effect te hebben op de kroosbedekking: het kroos kwam in beweging, het dek werd op delen minder dik, en elders hoopte het juist op. Echter vergden deze incidentele doorstroomacties veel coördinatie met peilbeheerders, havenmeester en aannemer en was het succes zeer afhankelijk van weersomstandigheden en afwezigheid van kroos op omliggende wateren (het Schie-kanaal). Een passerende hoeveelheid kroos op de Schie werd namelijk ook weer door de gecreëerde stroming de binnenstad in getrokken. Ook zorgden drijfbladplanten en dichte ondergedoken vegetaties voor obstakels waar het kroos zich ophoopte (Figuur 44, links). Tot slot bleek de locatie van gemaal Duyvelsgatbrug, waar het kroos zich verzamelde, geen goede locatie om het kroos uit het water te verwijderen en af te voeren. De weg diende hiervoor te worden afgesloten en het opruimen ging gepaard met overlast voor de directe omgeving (Figuur 44, rechts).

Al met al wegen de effecten niet op tegen de inspanningen en wordt deze maatregel in deze vorm (met de bestaande infrastructuur en de aanwezigheid van de vele ondergedoken waterplanten en drijfbladplanten) niet als veelbelovend gezien.



Figuur 44: Links: kroos hoopt op aan het Oosteinde door drijfbladvegetatie en drijflagen; Rechts: kroos dat bij gemaal Duyvelsgatbrug is verzameld wordt in een truck geladen.

Handmatig kroos verwijderen

Handmatig kroos verwijderen kan in het geval van aanwezige vegetatie aan het wateroppervlak meer flexibiliteit bieden dan mechanische methodes. Curatieve handmatige kroosverwijdering is in 2018 en 2019 getest in een gracht in de binnenstad van Delft. Deze test is gecombineerd met een publieksactie om de zichtbaarheid van het onderzoek naar kroos te vergroten (zie ook het Onderzoeksspoor Kansen). Beide jaren is er een dagdeel door aspirant-leden van de Delftse studentenvereniging KSV Sanctus Virgilius met schepnetten en oliebooms kroos verwijderd uit de Molslaangracht in Delft (Figuur

45). Delfland en de gemeente Delft hebben deze actie mede georganiseerd en ondersteund.

In beide jaren is een substantieel deel van het kroos op de behandelde vakken verwijderd. Met name in het 1^e jaar bleef dit effect ook lang zichtbaar. In het eerste jaar bleek dat drijfbladen ook een obstakel vormen voor het handmatig verwijderen van kroos. Het is erg lastig kroos hier tussenuit te krijgen. In 2019 heeft de gemeente Delft daarom geëxperimenteerd met het inzetten van een bladblazer om het kroos tussen aanwezige drijfbladen uit te blazen. Helaas was dit zonder succes; de blaaskracht was niet toereikend. In 2018 bleek ook dat de schepnetten niet lang genoeg waren om kroos wat in het midden van de watergang lag te verwijderen. Het tweede jaar hebben de studenten vooraf verschillende materialen gekregen om extra gereedschappen te maken om dit probleem te tackelen. Met behulp van oliebooms is een lang drijfscherm gemaakt wat de efficiëntie en de hoeveelheid verwijderd kroos zeer heeft vergroot.

Doordat in 2019 aan één kant van de gracht de drijfbalk die de sectie af moest sluiten voor kroos van elders in de binnenstad defect was, bleef er echter nieuw kroos richting de verwijderingszone drijven. Dit maakte dat het effect van deze schepactie werd verminderd. Omdat de afsluitende drijfbalken in 2018 wel aanwezig waren hield het resultaat toen langer stand (van ongeveer 83% bedekking voor de actie naar ongeveer 55% erna, en dat seizoen kwam het niet meer hoger dan zo'n 63%).

Het handmatig krooscheppen met een grote groep mensen heeft effect, zelfs als dit eenmalig is. Voor een duurzaam resultaat moet wel met hogere regelmaat en in beter geïsoleerde vakken geschept worden.

Naast kroos zijn ook grote hoeveelheden drijvend grof hoornblad mee geschept. Dit bevond zich al in een vergevorderde staat van afsterving, en dreef daardoor vlak onder het oppervlak (zie ook paragraaf "Onderzoeksresultaten vegetatie"). Eerder schonen kan wellicht deze afsterving voorkomen, wat kan betekenen dat er minder groenafval hoeft te worden afgevoerd en dat deze ondergedoken waterplanten juist waardevol kunnen zijn voor het onderwaterleven.



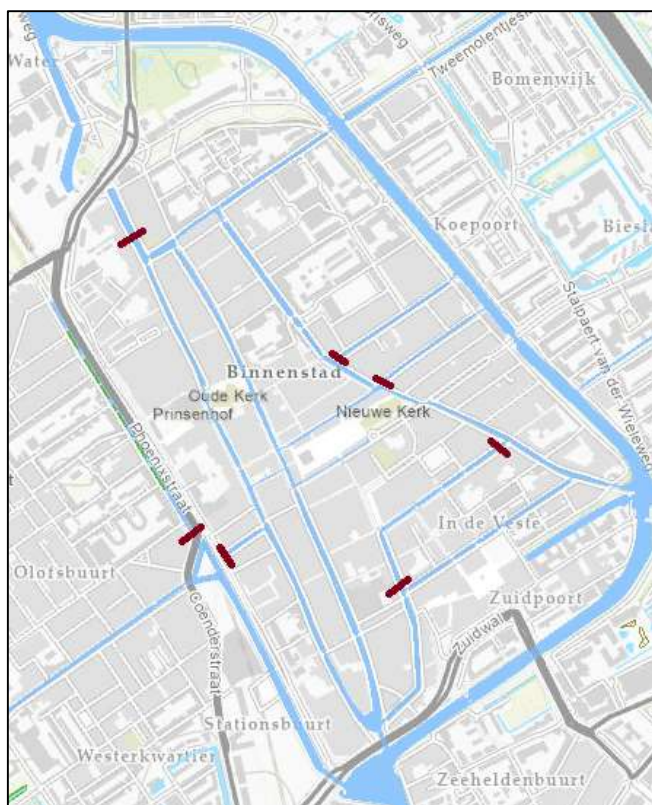
Figuur 45: Aspirant-leden van de Delftse studentenvereniging KSV Sanctus Virgilius hebben met schepnetten en oliebooms kroos verwijderd uit de Molslaangracht in Delft. De inzet van een zelfgemaakt drijfscherm vergroot de efficiëntie van het scheppen aanzienlijk.

3.4. Onderzoeksresultaten preventieve/proactieve kroosverwijdering

Naast verschillende methoden om kroos op een reactieve dan wel curatieve manier te verwijderen, is ook gekeken naar verschillende manieren om kroos preventief aan te pakken. In het kader van de pilot in de binnenstad van Delft [24] is er gekeken naar het verbeteren van het watersysteem middels het plaatsen van afsluitende drijfbalken. Daarnaast is gekeken of door middel van continue doorspoeling de kroosproblematiek vermindert kan worden. In de gemeente Den Haag [11] en Leidschendam-Voorburg [57] is ervaring opgedaan met het wekelijks inzetten van kroosploegen om gedurende het seizoen een aantal watergangen schoon te houden.

Kroos weren met drijfbalken

Na de kroospiekjaren 2016 en 2017 ontstond het idee dat de kroosoverlast in de binnenstad van Delft (deels) veroorzaakt werd door aanvoer van buitenaf. Om dit kroos van buitenaf te weren, en te onderzoeken welk aandeel wordt veroorzaakt door aanvoer van elders versus lokale groei en de rol van isolatie van het wateroppervlak, heeft de gemeente Delft in 2018 in de binnenstad drijfbalken geplaatst (Figuur 46). Het was vanwege de aanwezigheid van vaarroutes echter niet mogelijk de gehele binnenstad af te sluiten.



Figuur 46: Locaties van krooswerende drijfbalken in 2018 in de binnenstad van Delft.

Het was moeilijk om de effectiviteit van de geplaatste drijfbalken te beoordelen. Waar in eerdere jaren (2016, 2017) rondom Delft een 'dood' punt ontstond qua waterstroming, was er in 2018 een vrij continue zuidelijke stroming op de Schie (dit als gevolg van inzet van de Parksluizen in verband met de droogte van 2018). Vanwege de continue stroming op de Schie, was de kroosbedekking op de Schie laag. En was er dus weinig aanvoer van buitenaf de grachten op, los van de geplaatste drijfbalken.

Het bleek wel dat in een aantal zones die door de drijfbalken geïsoleerd waren, kroos juist uitstekend groeide, zoals in Figuur 47 te zien is. Ook op plekken waar andere

waterplanten (zoals witte waterlelie en gele plomp) aan het oppervlak de invloed van wind en stroming belemmerden leek kroos een groter probleem, terwijl op grachten met beperkte vegetatie de totale kroosbedekking gedurende het groeiseizoen veel lager was.

De sterk verminderde invloed van wind en stroming in de geïsoleerde zones bleek zeer gunstig voor de groei van kroos. Het eigenlijke doel van deze pilot, het tegengaan van kroosaanvoer vanaf de Schie, bleek in 2018 niet aan de orde.

In 2019 is besloten het grootste deel van de drijfbalken weer open te leggen, en in 2020 zijn de meeste drijfbalken verwijderd. Alleen de drijfbalken die aanvoer vanaf de buitenwatersloot richting het centrum en de Nieuwe Gracht succesvol lijken tegen te houden zijn behouden. Deze balken liggen namelijk op de aanvoerkant van de heersende windrichting. Indien deze balken een permanente maatregel worden, wordt aangeraden ze robuuster, esthetisch aantrekkelijker en passeerbaar voor jonge watervogels te maken.



Figuur 47: Een drijfbalk houdt kroos tegen aan het Noordeinde in 2018, links. Bij wind of stroming treedt sporadisch kroosverlies/-lekkage op, rechts. De isolatie van een deel van een watertgang resulteert in uitstekende omstandigheden voor kroos om naar 100% bedekking te groeien.

Preventief doorspoelen

Tijdens een ideeëninzamelingssessie voor kroosaanpak met de betrokken partijen van de pilot in Delft, kwam de maatregel 'doorspoelen' meerdere malen ter sprake. In het kader van de pilot binnenstad Delft is onderzocht of dit een effectieve maatregel is en op welke manier zo'n maatregel vorm zou kunnen krijgen.

Dit is in principe geen nieuwe idee. In het verleden zijn er verschillende periodes geweest waarbij stroming werd gecreëerd in de binnenstad (zie onderstaand; Kader 2). Tot 2012 is nabij het terrein van DSM en de watertoren op de locatie Kalverbos een circulatiegeemaal geweest wat water door de binnenstad circuleerde, en waarbij kroos en vuilnis naar de Noordkant van de stad werden getrokken. Er heerst de indruk dat er voor die tijd minder kroosoverlast in de binnenstad was. Dit is echter niet bewezen.

Computermodellering wijst uit dat in de huidige situatie het water in de binnenstad van Delft nagenoeg stilstaat. Door het water continu in beweging te houden worden gunstige groeiomstandigheden voor kroos verminderd. Kroos dat ter plaatse groeit wordt in de

beoogde situatie sneller afgevoerd dan het kan groeien, en door de continue uitwisseling van water met de omliggende wateren wordt ook de zuurstofhuishouding mogelijk verbeterd.

Verschillende scenario's voor doorspoelen zijn gemodelleerd en overwogen [24], zoals het gebruik van het bestaande gemaal of installatie van een nieuw gemaal op de locatie Kalverbos. Uiteindelijk is gekozen voor een kleinschalige pilot op locatie Rietveld.

Jaarlijks is veel kroos aanwezig op de grachten van het Rietveld en de Vlamingstraat. Beide grachten zijn sterk vergelijkbaar. Aan het Rietveld is in 2019 een tijdelijke pomp geplaatst om te zorgen voor continue stroming in het water (Figuur 49). De pomp is geplaatst aan de Schie-kant van de klepstuw. De klepstuwen aan Rietveld en Vlamingstraat zijn voor de duur van de pilot gesloten: aan het Rietveld om het ingepompte water de binnenstad in te forceren en aan de Vlamingstraat om de situatie zo veel mogelijk vergelijkbaar te houden (op beide locaties kan kroos hierdoor niet wegdrijven de Schie op en is er geen invloed van trek aan het water door passerende schepen).

Kader 2: Doorspoelen is niet alleen van deze tijd

Op de plek waar nu het gemaaltje bij de Duyvelsgatbrug staat, stond lang geleden een molen: de Duyvelsgatmolen of Quademolen (Figuur 48). Dit was een torenmolen met de functie 'vuilwatermolen'. Molens met een dergelijke functie waren vrij uniek.

Op 13 juli 1450 kreeg Delft toestemming tot het maken van een molen op deze plek. Deze molen moest het water uit de binnenstad trekken "omdattet water nu ter tijdt aldaer stille blijvet leggen ende daerom lichtelijck stincke".



Figuur 48: Duyvelsgatmolen te Delft, onbekende auteur, ca. 1573, Stadsarchief Delft

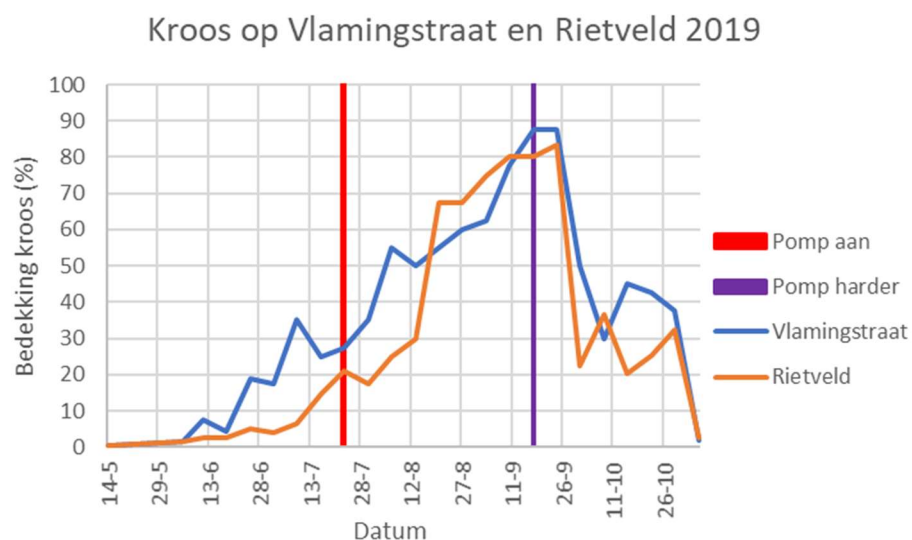
O.a. vanwege de bierbrouwerijen in Delft werd toen al prijs gesteld op een betere waterkwaliteit. Op een kaart uit 1678 staat de molen afgebeeld zonder wieken, en was dus niet meer in gebruik. Enkele decennia later is de molen ter afbraak verkocht.

Bron: Molendatabase verdwenen molens



Figuur 49: Locatie tijdelijke pomp Rietveld. Het water werd hier vanaf aanliggende Schie de binnenstad ingepompt. De Vlammingstraat, die qua gracht veel lijkt op het Rietveld, werd als referentielocatie beschouwd. Rode cirkel: pomp; rode blokjes: afsluitbare schotten tussen grachten en Schie; groen: bruggen; oranje ster: linker fotolocatie in figuur 51; groene ster: rechter fotolocatie in figuur 51.

De kroosbedekking op het Rietveld gedurende de pilot is in Figuur 50 vergeleken met de kroosbedekking op de Vlammingstraat. Er blijkt echter geen substantieel verschil te zijn tussen de proef en de referentiesituatie. Het kroos kwam wel in beweging (Figuur 51), maar bleef gevangen tussen de drijfbladvegetatie. Daarnaast is de windrichting vaak in tegengestelde richting van de pomprichting. Op deze locatie heeft wind een groter effect op de verplaatsing van kroos dan de opgewekte stroming. De pomp leidde dus niet tot meetbare vermindering van kroosbedekking, ook niet door verminderde groei. Dit blijkt ook uit het feit dat de kroosbedekking op het Rietveld tijdens de pilot sterk vergelijkbaar was met de bedekking een jaar eerder (Figuur 52). In september is het debiet nog verhoogd, in een poging het kroos alsnog langs de drijfbladvegetatie te krijgen, maar ook dit had weinig effect.



Figuur 50: Bedekking met kroos op de referentielocatie Vlammingstraat (blauwe lijn) en pomplocatie het Rietveld (oranje lijn). De rode streep markeert het moment dat de pomp ter verplaatsing van kroos aanging (start van de ingreep), de paarse streep het moment dat het pompvolume werd verhoogd met als beoogd doel een verbeterde kroosverplaatsing te realiseren. Het pompen is gestopt op het moment dat de meetreeks ook stop.



Figuur 51: Foto's van de grachten van het Rietveld. Links blijft, op het verre uiteinde van de gracht het kroos hangen achter de drijfbladvegetatie waarbij het allerlaatste deel wel vrij kwam van kroos, en rechts kon de pomp bij windstilte het kroos wel opduwen (pomp onder de brug vanwaar de foto is genomen, net uit beeld) maar het kroos kon niet weg. Deze locaties zijn gemarkeerd in figuur 49.

In de Rietveldgracht, Vlamingstraat en een locatie in de Schie is een aantal keer op verschillende parameters de waterkwaliteit bemeaten. Het zuurstofrijkere water wat vanuit de Schie werd ingelaten lijkt aan het begin van de proef de zuurstofgehaltes in het Rietveld positief te beïnvloeden, maar deze trend zet zich niet door gedurende het seizoen. Het lukt met het doorspoelen niet om het zuurstofgehalte halverwege het Rietveld in augustus hoog te houden. Doorspoelen helpt dus niet om het zuurstofniveau op peil te houden (althans niet in deze pilot). Vermoedelijk hangt dit samen met de hoge zuurstofconsumptie in de grachten door afbraak van (dood) organisch materiaal zoals plantenresten.

Kroos op Rietveld, 2018 versus 2019



Figuur 52: Bedekking met kroos op het Rietveld in 2018 en 2019. De hoeveelheid kroos op het Rietveld in 2019 is niet substantieel lager dan in 2018. Het beeld op de referentielocatie is in beide jaren ook vergelijkbaar met deze. De pomp ging aan op 23 juli 2019, en harder op 27 september 2019, verdere info bij figuur 50.

Doorspoelen op deze locatie met het toegepaste debiet heeft geen meetbaar effect gehad op de kroosbedekking en zuurstofhuishouding. De grootste knelpunten zijn blokkades voor afvoer van kroos door (drijfblad)vegetatie en de overwegend tegengestelde windrichting. Een belangrijke les uit deze pilot is om te zorgen voor een onbegroeid wateroppervlak zodat het kroos gemakkelijk weg kan spoelen. Ook dient bij een eventueel vervolg van preventief doorspoelen een oplossing te worden gevonden voor het blokkeren

van de pomp door zwerfafval en dient rekening gehouden te worden met de windrichting. In het geval van Rietveld en Vlamingstraat verwachten we een positiever effect bij een omgekeerde stroomrichting waarbij klepstuwen open kunnen blijven en water en kroos de stad uitgeduwd worden door zowel stroming als wind, in plaats van dat stroming en wind elkaar tegenwerken. Bij een eventueel uitwerking van deze maatregel op locatie Kalverbos dient de pomp voldoende debiet te hebben om voldoende doorstroming te creëren in de meest met kroos bedekte delen van de binnenstad.

Kroosaanpak Den Haag en Leidschendam-Voorburg

De gemeente Den Haag voert al sinds 2014 een actieve kroosaanpak [11]. Ploegen van een groenbeheerder gaan gedurende het groeiseizoen op pad en scheppen actief kroos uit watergangen, met als doel kroosdekken te voorkomen. Een belangrijk aspect van dit project is het inzetten van mensen met een afstand tot de arbeidsmarkt.

Het verwijderen van kroos start jaarlijks in april: aan het begin van het seizoen lukt het de werknemers goed om dagelijks de dan kleine aanwezige hoeveelheden kroos op verschillende locaties te verwijderen. Bij hogere temperaturen (vanaf medio mei) begint het kroos echter explosief te groeien en is het succes wisselend. Een deel van de sloten kan goed vrijgehouden worden, een ander deel groeit alsnog dicht. Het is met de huidige inzet dus niet mogelijk om alle sloten kroosvrij te houden. Een effectievere manier van verwijderen is dus noodzakelijk om alle sloten kroosvrij te kunnen houden. Desalniettemin is er voldoende succes om voor tevredenheid te zorgen en de aanpak vooralsnog voort te blijven zetten.

De gemeente Leidschendam-Voorburg is in navolging van Den Haag in 2018 begonnen met een pilot om dezelfde aanpak te toetsen. Het resultaat is vergelijkbaar met de ervaringen van Den Haag. Specifiek is aangegeven dat waar de kroosgroei toch op gang kwam het kroosdek niet zo dik was als in het verleden. De gemeente heeft aangegeven dat de aanpak door inwoners op prijs wordt gesteld. Zie hoofdstuk 2, onderdeel onderzoeksresultaten fauna, voor meer resultaten van deze pilot.

3.5. Onderzoeksresultaten innovatief kroosbeheer

Omdat proactief kroosbeheer maar op weinig plekken wordt uitgevoerd, zijn er ook maar beperkt technische middelen beschikbaar die specifiek hierop gericht zijn. Toch zijn er een aantal interessante innovaties die in het kader van het Delflands kroosonderzoek getest zijn.

Krooswiel

Een pionier op het gebied van innovatief materieel specifiek om kroos te verwijderen, is het Krooswiel. Dit apparaat is ontwikkeld door Bom Aqua BV (Figuur 53) in samenwerking met Delfland. Het krooswiel verwijdert via een door zonne-energie aangedreven band het kroos uit het water, en deponeert het in een bak. De techniek werkte in principe goed. Echter doordat het krooswiel niet actief kroos naar zich toetrok, lukte het enkel om kroos in de directe omgeving te verwijderen. Inzet van een dergelijk passief systeem lijkt dus vooral zinvol bij bijvoorbeeld een gemaal, of op een locatie waar op een andere manier water met kroos er naartoe beweegt. Het project is niet voortgezet. De ervaringen zijn op een later moment wel gebruikt bij nieuwe projecten.

Delfland wint innovatieprijs met Krooswiël

0 7807 15 januari 2009



Bron: hhdelfland.nl. DELFT - Het Hoogheemraadschap van Delfland heeft de InfraTech Innovatieprijs 2009, thema water, gewonnen met het Krooswiël. Het Krooswiël is een klein drijvend gemaaltje dat kroos verwijdert met een schoepenrad.

Het verwijderen van kroos is normaal gesproken bewerkelijk en kostbaar, dit krooswiël werkt geleidelijk en volledig op zonne-energie. Delfland heeft deze vinding ontwikkeld in samenwerking met Bom Aqua BV.

Vooraf in stedelijk gebied geeft kroos op de sloot overlast. Het zorgt ervoor dat er geen zuurstof in het water komt, waardoor [vissterfte](#) en stank ontstaat.

Op dit moment wordt het Krooswiël nog volop doorontwikkeld. Het project heeft ook de aandacht van de Animal Sciences Groep van de Wageningen Universiteit. Hier loopt een project om eendekroos te verwerken tot veevoer. Omdat nu een goedkope, milieuvriendelijke manier is gevonden om kroos te verzamelen, worden de mogelijkheden voor samenwerking verkend.

Figuur 53: Artikel over het winnen van de InfraTech Innovatieprijs in 2009 met het Krooswiël, (bron: Sportvisserij Nederland, 15-1-2009).

Kroosslurper

Het Chrysantplein in Den Haag was een notoire locatie met veel kroosoverlast. Het water wordt aan één kant ingelaten via een pijp, en verdwijnt via een volledig onder water liggende duiker aan de andere kant weer richting de rest van het watersysteem. Kroos kan hierdoor niet weg.

De kroosslurper, Figuur 54, is zo ontworpen dat deze precies in de duiker past, en het water enigszins opstuwt. Daardoor wordt het oppervlak afgeroomd waardoor kroos mee geslurpt wordt. Initieel is een lopende band in het systeem geplaatst om de grote hoeveelheid kroos af te voeren en niet in de volgende sloot te laten komen, maar nadat de grote hoeveelheid kroos via het systeem verwijderd was, kon de slurper het kroos zelfstandig onder controle houden [22].

Doordat o.a. ondergedoken waterplanten en flab gingen groeien, waarvan resten in de slurper terecht kwamen, samen met drijfvuil, vereiste dit wel enig onderhoud. Bij gebrek aan structureel beleid voor dit type materieel is de kroosslurper ondanks het succes uiteindelijk verwijderd. Het Chrysantplein wordt nu behandeld in de proactieve aanpak van Den Haag.



Figuur 54: Kroosslurper aan het Chrysantplein in Den Haag.

Beheer met drones: de Kroboot en andere ontwikkelingen

Een nieuwe tak van sport die voor allerlei toepassingen doorontwikkeld wordt, is het uitvoeren van werkzaamheden met al dan niet autonoom opererende robots. In de agrarische wereld wordt al geëxperimenteerd met vliegende drones die zeer gericht onkruiden verwijderen. Ook in de waterwereld zijn ontwikkelingen gaande, zoals autonoom varende robots om waterdieptes in te peilen. Op het gebied van kroos zijn daarin projecten geweest die een verschillende mate van ontwikkeling hebben bereikt. Delfland is hierin betrokken geweest bij het Kroboot project. Daarnaast worden ook andere, externe projecten kort benoemd om een beeld te schetsen van dit soort technologie.

Studenten van de TU Delft hebben, in samenwerking met Delfland, gewerkt aan de ontwikkeling van de Kroboot (Figuur 55, [13]). In twee iteraties is gewerkt aan de verschillende technieken die nodig zijn om een autonoom varende en kroos bestrijdende robot te bouwen. De achtergrondgedachte hierbij is dat de robot gedurende het hele seizoen rondvaart, het kroos zelfstandig herkent, en aanpakt lang voordat het de kans krijgt om tot een kroosdek uit te groeien. Zo dient het probleem van een kroosdek vroegtijdig in de kiem gesmoord te worden. Aspecten die hiervoor uitgewerkt dienden te worden zijn o.a. autonoom navigeren, zelfstandig varen, automatische kroosherkenning en verwerking van het kroos.

De Kroboot heeft uiteindelijk twee prototypes gekend, waarbij die verschillende aspecten tot op zekere hoogte waren uitgewerkt, en in de basis konden opereren. Een volledig operationeel exemplaar is niet tot stand gekomen. Hoewel er vanuit veel hoeken (zoals pers, gemeenten) interesse is geuit in het project, was er onvoldoende ontwikkelkracht bij gebrek aan een slagkrachtige investeerder. De belangrijkste conclusie aan dit project bezien vanaf de kant van Delfland is dan ook dat er zeker potentie zit in dit soort techniek, maar dat het voor een dergelijke high-tech ontwikkeling nodig is dat er ook een potentiële producent betrokken is die bereid is aan de voorkant te investeren in het systeem. En waarbij Delfland dan juist in de rol van potentiële afnemer zit.

Kroboot in de strijd tegen kroos

Delft heeft veel last van kroos op het water in de grachten. Maar er gloort hoop: de Kroboot.

Joyce Hoogland
Delft

Zes jonge studenten van de TU Delft hebben mogelijk de oplossing gevonden voor het probleem van overmatig kroos in Delftse sloten: de volautomatische Kroboot.

Bram Harleman, Robert Wenink, Detmer Bosma, Rutger Ham, Cas Bilsma en Film Lindeman zijn verantwoordelijk voor de uitvinding van de schoonmaakrobot. De boot moet kroos detecteren waardoor het vroegtijdig weggehaald kan worden.

Afgelopen week, tijdens Delft Winter Podium, werd de Kroboot gepresenteerd. „Het was de bedoeling dat de boot voor het eerst zou varen. Maar ondanks onze inspanning bleek de boot te lekken. De oorzaak was, zo bleek, dat de epoxylaag meer tijd nodig had om te drogen”, schetst de 21-jarige Robert Wenink. Gelukkig hebben de zes nog even de tijd, want dinsdag 24 januari is de deadline van het



DELFLAND

Het Hoogheemraadschap van Delfland heeft zich deze zomer en in het najaar enige tijd intensief beziggehouden met het kroos op Delftse wateren. Zo werd er in augustus nog een test gedaan door het kroos met een soort heftruck uit het water te scheppen. In totaal werd er twintig kubieke meter kroos uit de wateren gehaald. Die ingreep bleek later echter niet voldoende te werken. Een woordvoerder van Delfland noemde het een hardnekkig probleem dat niet zo maar is op te lossen. Belangrijkste oorzaken van het deze zomer overvloedige kroos op het water van grachten in de binnenstad zijn volgens Delfland niet te veel aan voedingsstoffen in het water en het feit dat het water stilstaat. Hierdoor kan het kroos goed groeien en breidt het zich snel uit. Met als resultaat dat de waterkwaliteit achteruit gaat. Ook kan er vissterfte optreden. Naast de Delftse grachten heeft ook rivier de Schie, die rond Delft loopt, te maken gehad met veel kroos, dat vanuit de polders in de Schie belandde. Delfland gaat volgend jaar in ieder geval proberen eerder kroos te verwijderen.

Figuur 55: Artikel over de Kroboot in het AD, 12-1-2017.

Onder de hoede van waterschap Rivierenland is gewerkt aan de Kroosrobot. Dit is een bootje met een lopende band dat continu kroos kan verzamelen. Dit project is stopgezet.

Door RanMarine wordt de WasteShark gemaakt. Dit apparaat is toegespitst op het verzamelen van drijvende ongewenste materialen, zoals plastic afval, maar ook ondergedoken waterplanten en kroos (www.ranmarine.io). Dit apparaat wordt nog steeds doorontwikkeld.

FORU 70 skimmer & BDS belt skimmer

Door FORU Solution en BDS Harlingen is in samenwerking met Delfland een proef gedaan, om te onderzoeken of hun materieel wellicht ook geschikt is voor de verwijdering van kroos. FORU Solution en BDS Harlingen zijn actief in het verwijderen van olie na een lekkage op zee, en hun materieel is zodoende ontworpen om olie van het wateroppervlak af te skimmen. De stap naar kroos is dus wellicht klein.

In de wijk Ecodus in Delft zijn beide apparaten aan een proef onderworpen [28]. De FORU 70 skimmer, Figuur 56 (links), is een grote oppervlakteskimmer die, door water aan de onderkant af te voeren, water met het af te voeren materiaal afroemt. Dit bleek echter niet goed te werken. Het kroos bleef bovenin de FORU hangen. Dit bleek te worden veroorzaakt door een specifiek aspect in het ontwerp waardoor olie heel goed kan worden geskimd, maar dat bij kroos juist averechts bleek te werken. Een herontwerp van de kap van het apparaat kan dit wellicht oplossen.

De BDS belt skimmer, Figuur 56 (rechts), is een variant op het bekende lopende band principe, echter met aanpassingen op de reguliere variant. Door een schroefstelsel wordt actief water met kroos aangezogen, waardoor het bereik van een stilstaand apparaat wordt vergroot. De band zelf is een zeef, waardoor veel water wordt kwijtgeraakt zonder dat kroos er tussendoor glipt. De keus voor verschillende maaswijdtes kan worden afgestemd op het te verwijderen materiaal. De hoeveelheid opgescheept kroos was substantieel, zoals op de foto te zien. Dit type kan ook, in een brede vorm, in een catamaran worden gehangen. Zeker in die laatste vorm, is dit een systeem met veel potentie.



Figuur 56: FORU 70 Skimmer (links) & BDS belt skimmer (rechts).

Innovatief kroos afvangen op strategische plekken in het gebied

Gedurende de jaren zijn er verschillende andere innovatieve ideeën geopperd en onderzocht. Zo is het idee om bij gemalen waar door de opgewekte stroming kroos zich verzameld vanuit kroosrijke polders, een afvangsysteem te installeren. Om op een systematische manier in beeld te krijgen welke strategische locaties hiervoor in aanmerking komen en welke combinaties hiermee met afvangsystemen te maken zijn, is door adviesbureau Tauw een haalbaarheidsstudie uitgevoerd [14].

Na een brede inventarisatie en expertsessie zijn als meest kansrijke locaties voor kroosafvang bestempeld:

- 1 Kroosafvang bij half-verzonken duiker met een kroosband (of krooskimmer of kettingreiniger) (Figuur 57)
- 2 Kroosafvang in aanvoerwatergang gemaal met kroosband (of kroosskimmer), Figuur 58
- 3 Kroosafvang bij/in gemaal met kroosskimmer (of kroosband) (Figuur 59)

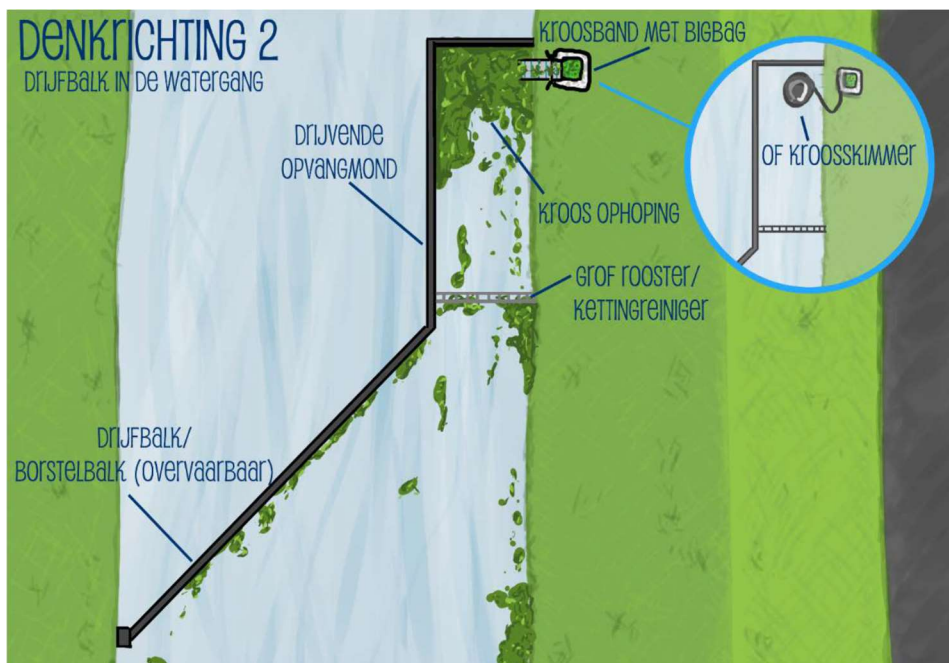
Deze drie locaties of denkrichtingen staan hieronder schetsmatig uitgewerkt. Denkrichtingen 2 en 3 zijn een stap verder uitgewerkt in een beknopte ontwerptitatie.

Tot nu toe is nog niet overgegaan naar een testfase van bovenstaande denkrichtingen. Voor de situatie op de boezemwateren (de voornaamste KRW-waterlichamen) is uit de deelonderzoeken gebleken dat een op zichzelf staande kroosaanpak niet als kosteneffectieve maatregel wordt gezien om de ecologische waterkwaliteit te verbeteren. Maatregelen dichterbij de bron verdienen de voorkeur, zoals baggeren voor de waterkwaliteit en kroos als integraal onderdeel van de beheerpraktijk.

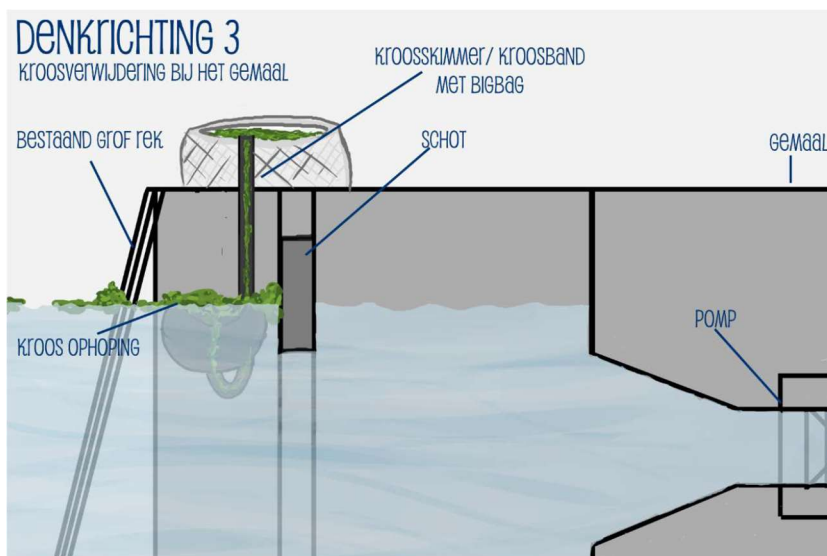
Voor het overig water biedt deze studie een uitstekend uitgangspunt, met voorbeelden om kroos op een innovatieve manier aan te pakken.



Figuur 57: Schematische weergave van Denkrichting 1: Kroosafvang bij een half-verzonken dijk in de buurt van een gemaal of stuw.



Figuur 58: Schematische weergave Denkrichting 2: Kroosafvang met drijfbalk in de watergang.



Figuur 59: Schematische weergave van Denkrichting 3: Kroosverwijdering bij/in het gemaal.

Aanpak kroos Overig water

Het kroosonderzoek heeft aangetoond dat kroos met name een probleem is in Overig water (ook Lokaal water genoemd) en in mindere mate in (grotere) KRW waterlichamen. In 2017 hebben gemeenten en Delfland ambtelijk hun ambitie voor Overig water in beeld gebracht. De aanpak van het kroosprobleem nam daarin een belangrijke plaats in. Inmiddels heeft Delfland, in afstemming met gemeenten, ecologische doelen voor overig water afgeleid. Deze worden, zoals op het moment van schrijven gepland, in maart 2022 vastgesteld door de Provincie Zuid-Holland en hebben een inspanningsverplichting. Op basis van de nu geformuleerde doelen stelt Delfland (ten tijde van het schrijven van dit rapport) een uitvoeringsstrategie op met een afwegingskader en een investeringsplan. Uitgangspunt hierbij is dat alle partijen in het beheergebied van Delfland, die betrokken zijn bij het waterbeheer, vanuit hun eigen taken en verantwoordelijkheden maatregelen nemen. De uitvoeringsstrategie geeft de kaders weer waarbinnen Delfland verantwoordelijkheid neemt voor de opgave en de samenwerking met andere waterpartners. In 2017 zijn de volgende maatregelen tegen kroos in samenwerking met gemeenten beschreven:

- Inrichtingsmaatregelen: voorkomen bladinvall, aanpak riooloverstorten, duikers vervangen door bruggen.
- Beheermaatregelen: baggeren, verbeteren doorstroming, kroos verwijderen, terugdringen emissies hondenuitwerpselen en eendjes voeren.

De ervaringen van de afgelopen jaren onderschrijven deze voorstellen. Daarnaast bevat het rapport van Tauw (Haalbaarheidsstudie kroosafvangen [24]) vele suggesties voor afvangsystemen die op de overige wateren getest en ingezet kunnen worden. Welke rol en ambitie Delfland hierbij heeft is nog in ontwikkeling. Delfland stelt in ieder geval, via dit rapport, alle tot nu toe opgedane kennis ter beschikking.

3.6. Kroos in het riool

Een beetje een zijspoor voor dit hoofdstuk, omdat het niet een manier van verwijderen is maar een transportmogelijkheid, maar wel relevant omdat het een onderdeel van die keten kan vormen, is het idee om kroos af te voeren via het riool naar de AWZI. Door Koomen (2014) [58] is in opdracht van Den Haag onderzoek gedaan naar de rol van waterstromingen op kroos, naar aanleiding van een incident met heel veel uitgemalen, wegtrend kroos in de haven van Scheveningen. Een mogelijk onderzoekspoor dat destijds is

bovengekomen in de nasleep van dat onderzoek, is de mogelijkheid om verwijderd kroos via het riool af te voeren. Een voordeel hiervan is dat het niet meer in vrachtwagens hoeft te worden afgevoerd en op de AWZI mogelijk verwerkt kan worden tot biogas, maar er is ook verder weinig duidelijk over de mogelijkheden en verdere kansen. [31] benoemd deze optie ook, maar er zijn dan nog geen bronnen met informatie beschikbaar. Zodoende is een eerste onderzoek hiernaar gedaan als onderdeel van [14]. In eerste instantie zijn experts geraadpleegd om te bepalen of dit een valide onderzoeksrichting kan vormen.

Afgezien van het veel hogere watergehalte, is kroos vergelijkbaar in samenstelling met GFT. In Nederland is momenteel het lozen van GFT op het riool niet toegestaan. Dit vormt een belemmering voor deze oplossingsrichting.

De verwachting is dat kroos, door zijn grote drijfvermogen, moet worden voorbehandeld voor het op het riool gezet wordt, om verstoppingen te voorkomen. Gedacht kan worden aan vermalen of persen, om de luchtzakjes in het kroos kapot te maken. Om verder verstoppingen en stank te voorkomen, is de inschatting dat kroos enkel via gemengde rioleeringen vervoerd kan worden, om zeker te zijn van voldoende waterstroming om het kroos in beweging te houden. Voor rioolgemalen en persleidingen wordt niet verwacht dat kroos een probleem vormt, onder dezelfde voorwaarde dat het drijfvermogen wordt vermindert. Binnen de juiste randvoorwaarden is de verwachting dat kroos dus niet de werking van het riool benadeeld, mits het drijfvermogen kan worden verminderd.

Bij aankomst op de AWZI moet het kroos direct naar de vergisting, bij voorkeur naar een speciale toegewijde variant voor dit doel, gezien de grote hoeveelheden, en dit vereist een aanzienlijke investering. Gezien de aard en beoogde hoeveelheid kan het niet mee in de afvalwaterstroom door de AWZI, om het zuiveringsproces niet te verstoren. Doordat het kroos enkel gedurende een deel van het jaar aanwezig is, is de verwachting echter dat dit niet rendabel is.

De conclusie van [14] is zodoende dat het op voorhand duurzamer lijkt om kroos op de gebruikelijke manier, per as, te blijven vervoeren, en niet verder te investeren in onderzoek in deze richting.

3.7. Discussie en conclusie

Verschillende methoden en maatregelen zijn de afgelopen jaren getest door Delfland en partners. Bronaanpak door middel van het terugdringen van nutriënten is op lange termijn de beste maatregel tegen kroos. Afhankelijk van locatie en omstandigheden kan er naar andere oplossingsrichtingen gekeken worden. Het vergoten van de invloeden van wind en stroming zodat eventueel gevormd kroos 'vanzelf' wordt afgevoerd is een potentieel kansrijke maatregel in systemen die een open connectie hebben met groter oppervlaktewater dat ongeschikt is voor kroosgroei, zoals de binnenstad van Delft. De belangrijkste concrete maatregel hierbij is het vrijhouden van (een deel van) het wateroppervlak van andere waterplanten (zoals drijfbladplanten of ondergedoken waterplanten) zodat kroos kan wegdrijven naar het Schie-kanaal. Hiervoor is een aangepast maairegime nodig, waarbij de bovenste delen van de vegetatie (op en net onder het oppervlak) worden gemaaid. Daarnaast is gebleken dat op een aantal plekken de waterbodem zeer voedselrijk is en wanneer de temperatuur stijgt, deze fosfor gaat naleveren. Baggeren voor de waterkwaliteit is hier een potentieel kansrijke maatregel. Bij beide voorgestelde maatregelen moet onderzocht worden of deze de ecologische systemen uiteindelijk niet zodanig verstoren dat de voordelen niet opwegen tegen de nadelen. Onderzoek naar deze maatregelen wordt in het Derde Stroomgebiedbeheerplan (SGBP3) onder de bouwsteen ecologische optimalisatie beheerpraktijk als volgt vormgegeven:

- Kroosverwijdering wordt als integraal onderdeel van de beheermaatregel ecologisch maaien opgenomen.
- Kroosaanpak door middel van ecologisch baggeren wordt onder dit spoor verder uitgewerkt.

Uit de resultaten van de onderzoeken rond doorspoelen voor curatieve kroosverwijdering blijkt dat doorspoelen niet succesvol is als incidentele maatregel. De zichtbare kroosverwijdering is van korte duur, daarbij is er erg veel coördinatie nodig en kan de doorstroming ook weer leiden tot nieuwe aanvoer van elders. Structureel doorspoelen heeft in de uitgevoerde pilot in de gracht van het Rietveld weinig effect gehad, maar uit die pilot zijn wel belangrijke lessen getrokken. Structureel doorspoelen kan waarschijnlijk wel een positief resultaat geven. Hierbij moet afgewogen worden of het een duurzame maatregel betreft, gezien de energievraag van de benodigde pomp(en). Ook moet er voor voldoende effect goed gekeken worden naar de overheersende windrichting en het verwijderen van obstakels om opstropen tegen te gaan. Mogelijk dat een meer structurele doorspoelmaatregel gecombineerd kan worden met een zwerfvuilaanpak.

Het curatief verwijderen (verwijderen als de watergang al vol ligt) heeft vooral effect als er verwijderd wordt uit een afgesloten watergang en al het kroos verwijderd wordt. Hiervoor zijn ook verscheidene innovatieve methoden die met name op kleinere Overige/Lokale wateren getest kunnen worden.

Een preventieve aanpak (verwijderen voordat/voorkomen dat de watergang vol groeit) op kleine wateren kan succesvol zijn, mits er consequent en dus met voldoende en efficiënte middelen op wordt ingezet. Daarnaast kan het in de praktijk brengen van innovaties op kleinere wateren leiden tot regulier beschikbaar en handzaam materieel, waarmee kroosbestrijding behapbaar kan worden.

Het kroosprotocol van Delfland zoals het nu wordt toegepast bevat criteria voor verwijdering die goed aansluiten op de grenzen die zijn gevonden in de onderzoeken naar de relatie ecologie en kroos. Het protocol gaat over tot kroosruimen bij een bedekking van 75% of meer en een zuurstofgehalte van 2 mg/L. Het is een reactieve (curatieve) methode en treedt pas in werking bij een melding. Een meer daadkrachtige aanpak zou zijn om elke 2 weken kroos te verwijderen zoals de gemeente Den Haag op sommige locaties al doet. Een aanpak die vergelijkbaar is met bijvoorbeeld grasmaaien. Dit zou echter met de huidige methoden een significant beslag leggen op middelen van waterschap en gebiedspartners. Hiervoor zal eerst een duidelijke ambitie opgesteld moeten worden. Uiteindelijk is het wel de verwachting dat dit zal leiden tot het operationeel krijgen van een aantal innovatieve methoden. Het blijft ook dan de aanbeveling om een kroosaanpak niet op zichzelfstaand te zien maar op te nemen in een breder ecologisch onderhoudsprotocol. Voor een dergelijk ecologisch onderhoudsprotocol kan het interessant zijn om te werken met waterkwaliteitsbeelden van de gewenste ecologische situatie van verschillende typen watergangen.

Kroos is een hardnekkig probleem: doordat het geen wortels heeft, verspreidt het erg makkelijk, en daarnaast verdubbeld het onder de juiste omstandigheden zeer snel. Uiteindelijk hangt het succes van een kroosaanpak af van de ambitie en de middelen die ervoor beschikbaar worden gesteld. Hiermee kan ook de ontwikkeling van het juiste materieel worden bevorderd.

4. Onderzoeksspoor Kansen: kroosonderzoek biedt kansen



4.1. Inleiding

In het spoor Kansen is gekeken naar aanvullende winst die behaald kan worden rond een kroosaanpak. Gedacht kan worden aan het gelijktijdig creëren van bewustzijn voor het waterschapswerk, aspecten van circulaire toepassing bij het uitvoeren van werkzaamheden, en het creëren van samenwerkingen en synergie. De volgende onderzoeksresultaten uit het kroosonderzoek worden hier beschreven:

- Bewustwording creëren over oorzaken, gevolgen en handelingsperspectieven rond kroosoverlast, over waterkwaliteit en het waterschapswerk in het algemeen;
- Samenwerking met bewoners, inclusief spontane initiatieven;
- Samenwerking met gemeenten en andere gebiedspartijen;
- Circulaire toepassingen.

In de hierna volgende paragrafen komen deze punten één voor één aan de orde.

Uitgevoerde deelonderzoeken binnen het onderzoeksspoor Kansen:

[20] Kroos in Loosduinen. Purmer, 2015.

In zijn afstudeerscriptie kijkt Purmer onder andere naar het aspect beleving door inwoners. Via een enquête onder een groep van 50 bewoners in een waterrijke wijk in Den Haag polst hij de ervaringen. 82% geeft hierin aan kroos als een probleem te zien. Stank, ziet er niet mooi uit, water is niet zichtbaar en verstikking van waterdieren worden breed als probleem ervaren, en ook gevaar voor kinderen wordt genoemd. 48% geeft aan bereid te zijn om zelf actie te ondernemen tegen kroos.

[31] Verkenning kroosbeleving en -verwijdering in het stedelijk gebied. ORG-ID, 2016. In deze verkenning wordt gesignaleerd dat kroos als overlast wordt ervaren, door alle partijen die zijn geïnterviewd. Burgerparticipatie wordt daarbij niet gezien als de hoofdmoot van de oplossing, dat is te omvangrijk, maar wel wordt de nuancering gegeven dat het lokaal van betekenis kan zijn. Voor succes in een dergelijke samenwerking moet er onderling vertrouwen zijn, en het motiveren van de betrokkenen speelt een belangrijke rol. Andere relevante aspecten worden nader besproken bij het onderliggende rapport [10].

[25] Kroos scheppen in Tanthof. KNNV afdeling Delfland, 2018.

Met een groep vrijwilligers is kroos uit een sloot in de wijk Tanthof in Delft geschept (Figuur 60). Er zijn substantiële hoeveelheden kroos verwijderd, echter door de lastige ligging van de sloot tussen struiken, lukt het niet deze helemaal vrij te maken. In een enquête achteraf gaven de vrijwilligers aan bewuster te zijn van de problematiek rond kroos. Naast het participatieve aspect vormde dit project ook een eerste samenwerking tussen Delfland en natuurvereniging KNNV afdeling Delfland (later: Natuurlijk Delfland).



Figuur 60: Op 14 en 28 september 2017 is er met ongeveer 15 deelnemers kroos geschept in Tanthof.

[21] Kroos scheppen in Pijnacker. Natuurlijk Delfland, 2020.

In 2 sloten in Pijnacker is door inzet van vrijwilligers kroos geruimd. De resultaten waren wisselend: 1x veel succes, 1 keer matig resultaat. De conclusie daaruit is dat omstandigheden ter plekke een grote rol spelen in wat haalbaar is. De inwoners die op de actie afkwamen, waren erg enthousiast over zowel het nut als de sociale interactie bij het kroosscheppen; ze zijn bereid terug te komen mits zij geen rol hoeven te spelen in de organisatie. Het werd ook als leerzaam ervaren, doordat direct gekeken werd naar wat er aan waterdieren gevangen werd (Figuur 61). Naast het aspect van participatie met inwoners, versterkte dit project ook de banden met Natuurlijk Delfland en vormde het een eerste samenwerking met gemeente Pijnacker-Nootdorp.



Figuur 61: Naast het scheppen van kroos in Pijnacker was er ook aandacht voor educatie door het bekijken van de gevangen waterdieren.

[24] Kroospilot binnenstad Delft 2018-2020. Raaphorst & Rijnks, 2021.

Een onderdeel van deze pilot was een kroosschepactie in samenwerking met studentenvereniging K.S.V. Virgiel. Een groep aspirant-leden heeft hierbij een grote hoeveelheid kroos verwijderd van de Molslaangracht in Delft (Figuur 62). Deze activiteit liet zien dat het goed mogelijk is via deze weg veel kroos te verwijderen, maar dat het heel belangrijk is alle randvoorwaarden op orde te hebben. Met deze activiteit werden de groepen direct van kennis voorzien over kroos, waterkwaliteit en waterschap. Daarnaast vormt de pilot als geheel een samenwerking tussen gemeente Delft en Delfland, waarin veel ervaring met kroos is opgedaan.



Figuur 62: kroosschepactie in samenwerking met studentenvereniging K.S.V. Virgiel.

[16] Kroosinterview Oranjevijver 4-1-2018. Raaphorst, 2018.

Inwoners van Den Hoorn ruimden zelf met provisorische materialen het kroos weg van een vijver in hun buurt. Dit was een geslaagde actie, al werd wel ervaren dat een ondersteuning vanuit bijvoorbeeld een lokale overheid in de toekomst wenselijk was.

[11] Evaluatie kroosverwijdering 2014-2018 gemeente Den Haag. Sanitas Water, 2018. Den Haag werkt sinds 2014 met een actiever kroosbeleid en behaalt daar successen mee (Figuur 63), al zijn er ook zeker nog verbeteringen te maken. Binnen dit kroosbeleid zijn verschillende samenwerkingen met Delfland opgetuigd, waarin Den Haag vooral de praktische kant voor zijn rekening nam en Delfland de theoretische kant. Deze samenwerkingen hebben veel kennis opgeleverd.



Figuur 63: Carnegieplein in augustus 2014 (links) en in juli 2016 (rechts), sinds 2014 voert gemeente Den Haag een actief kroosbeleid.

[19] Kroos in Den Haag. Blom, 2016.

Op basis van het beleid dat Den Haag op dat moment al voerde voor kroos, inventarisaties van gebieden die nog niet daarin werden meegenomen en aanvullende methodes van kroosverwijdering, gaf Blom een eerste inschatting van de inspanning die nodig is om Den Haag volledig te ontdoen van kroosoverlast. Dit project vormde een belangrijke invulling van de kennisrol die Delfland in de samenwerking met Den Haag invulde, en heeft geleid tot o.a. een officiële overhandiging van dit rapport door de hoogheemraad aan de wethouder.

[12] Evaluatie kroospilots Rotterdam 2017. Raaphorst, 2018.

Met de gemeente Rotterdam is een pilot gestart. Tijdens de pilot kwam er op de beoogde locaties echter tegen de verwachting in geen kroos tot ontwikkeling.

[26] Onderzoek naar effect van kroos op waterleven sloten bij NME-centrum Harre Wegh in Park Kethel. Stichting Milieu Dichterbij, 2019.

Dit onderzoek is het resultaat van een samenwerking tussen Stichting Milieu Dichterbij, gemeente Schiedam en Delfland.

[57] Pilot kroosverwijdering Leischendam-Voorburg. Raaphorst, 2021.

Dit onderzoek is het resultaat van een samenwerking tussen Leidschendam-Voorburg en Delfland. Er is onderzoek uitgevoerd in 2020 naar de macrofaunagemeenschap in sloten die wel of niet geschoond waren, om het verschil tussen deze te onderzoeken, Figuur 64. De uitgevoerde quick-scan van de macrofaunapopulatie, de zuurstofconcentratie van het water en enkele andere parameters was een vervolg op onderzoek in 2018



Figuur 64: Twee van de locaties waarin onderzoek gedaan is naar het verschil in macrofaunagemeenschap tussen sloten die wel en niet geschoond zijn. Links: Arentsburgpark (geschoond) en rechts: Nieuweveensepad (niet geschoond). Het Arentsburgpark scoorde qua aantal waterdiertjes en zuurstofconcentratie in het water beter dan de ongeschoonde sloot bij het Nieuweveensepad.

[22] Kroosbestrijding, resultaten van veldproeven 2013 en 2014. Raaphorst, 2015.

Dit rapport beschrijft resultaten van o.a. de eerste samenwerking met Den Haag, waarbij voor het verwijderen van kroos onder andere gebruik gemaakt is van een kroosslurper en een lopende band, Figuur 65, en andere maatregelen tegen kroos die zijn uitgevoerd in het kader van het programma Lokale Knelpunten en Kansen.



Figuur 65: Onderdeel van de test met een kroosslurper bij Chrysantplein, waarbij de lopende band is ingezet om het kroos naar een stortzak af te voeren, augustus 2013.

[10] Duckweed, a tiny aquatic plant with growing potential. Verslag van studenten van de Universiteit van Utrecht, 2015.

In dit onderzoek, dat een onderliggend document is van [31], is een verkennende literatuuranalyse gedaan naar de mogelijkheden om van kroos uit oppervlaktewater een nuttig product te maken. Hier blijkt met name de mate van vervuiling van kroos uit oppervlaktewater met bijvoorbeeld (micro)plastics problematisch. De meest voor de hand liggende optie voor nuttig hergebruik, gaat daarom richting maken van biogas.

4.2. Creëren waterbewustzijn

Kroos ligt vanwege de hoge zichtbaarheid dicht bij de beleving van de inwoners van het gebied, met name wanneer het in hoge mate kroosdekken vormt. De uitkomsten van een enquête laten zien dat in een waterrijke wijk, waar beleving van het water voor veel mensen dagelijks aan de orde is, een groot deel van de bewoners (82%) kroosdekken als een probleem ervaart [20]. Dat het wordt ervaren als probleem is natuurlijk vervelend, maar het betekent ook dat er een relatief grote betrokkenheid is. Via die betrokkenheid bestaan kansen om het hoe en waarom van de problematiek, en meer in algemeenheid het waterschapswerk, onder de aandacht te brengen, en daarover het gesprek aan te gaan. Dat is o.a. gedaan via een aantal van de projecten die voor kroosonderzoek zijn uitgevoerd [21, 24 & 25]. Doordat bewoners actief zijn betrokken en worden ontmoet in het veld, ontstaat eenvoudig een open dialoog. Er valt ook veel te leren, doordat bijvoorbeeld de kleine waterdiertjes die zijn gevangen voor veel mensen een onbekende maar interessante wereld vormen.

Bij de communicatie rond deze en ook andere kroosprojecten, is ook aandacht gegeven aan wanneer dit wel en niet onder de (wettelijke) taak van o.a. het waterschap valt, om duidelijkheid te scheppen in de verantwoordelijkheden.

Om in te haken op de beleving en aan de hand daarvan toegankelijk en bondig informatie te bieden over waterkwaliteit en het werk van het waterschap, is er over dit onderwerp een aflevering gemaakt in de serie Ernst's OnderWaterWereld (Figuur 66). Deze is te vinden op het gelijknamige YouTube kanaal en uitgezonden op TV West, om zo een breed publiek te bereiken.



Figuur 66: Screenshot uit de aflevering van Ernst's OnderWaterWereld over kroos.

4.3. Samenwerking met bewoners

Kroos groeit onder de juiste omstandigheden exponentieel. Wanneer veel wordt weggehaald, maar bijvoorbeeld 10% blijft liggen, kan dat binnen enkele weken weer een volledig kroosdek zijn. Nog even het laatste beetje weghalen kan daardoor van best grote betekenis zijn. Voor een aannemer met groot materieel wellicht lastig, maar voor betrokken inwoners met de juiste materialen mogelijk een betrekkelijk eenvoudig klusje. Ook een stukje verbondenheid met het water in eigen buurt kan betekenen dat bij een opruimactie de extra aandacht wordt gegeven om net wat zorgvuldiger met de waterkwaliteit om te gaan. Dat betekent naast vergroten van bewustzijn ook concrete kansen bij het behalen van doelen bij een samenwerking met inwoners.

Uit het onderzoek in Loosduinen, Den Haag, bleek al dat er onder inwoners best veel bereidheid is om ook een rol te spelen [20]. Zodoende zijn er enkele projecten opgezet om op dit vlak zagezegd de handen in de klei te steken, om zo ervaringen op te doen. Andere studies leren echter dat participatie niet de hoofdmoot van een kroosaanpak kan zijn, want daarvoor is de klus te groot, maar dat er met de juiste randvoorwaarden wel mogelijkheden zijn [31]. Om dit verder te verkennen zijn een paar projecten opgezet.

In Delft [25] en Pijnacker [21] (Figuur 67) zijn een aantal sloten geschoond. Dit gebeurde in samenwerking met Natuurlijk Delfland (voorheen KNNV afdeling Delfland). Hieruit kwam naar voren dat een oproep tot helpen met schonen op best wat animo uit de buurt kan rekenen, en dat men ook bereid is er mee door te gaan. Voorwaarde is wel dat alles is georganiseerd, zodat men eenvoudig aan de slag kan en de focus ligt op het aspect van samen aan de slag voor een mooiere buurt. De activiteiten werden ook als leerzaam bestempeld, doordat er ruimte was voor direct contact tussen experts en buurtbewoners. Wat ook bleek is dat lokale omstandigheden een grote rol spelen. Een goede bereikbaarheid van de sloot, en behapbaarheid in omvang van het werk zijn cruciaal voor succes. Kroos heeft bijvoorbeeld de neiging bij uitdunning bij windstil weer zich steeds meer uit te spreiden, waardoor het lang kan duren voor resultaat goed zichtbaar is. Die zichtbaarheid van het resultaat als het werk er op zit, is erg belangrijk voor de motivatie van de deelnemers. Materiaal om het kroos bij elkaar te drijven bleek een enorme opsteker voor de efficiëntie.

Om het ook over een heel andere boeg te gooien, is samen met studentenvereniging Virgiel [24] tweemaal een opruimactie gedaan in een gracht in Delft. Dit is een groter water dan een gemiddelde sloot, maar door de vele gewenste witte waterlelies en gele plompen aan het wateroppervlak is het moeilijk om hier mechanisch kroos te verwijderen. Enkele tientallen studenten hebben hier geschept. In het tweede jaar is, op basis van de eerdere

ervaringen, ook met de studenten gewerkt aan verbeterd materiaal om het kroos te verzamelen en op te scheppen. Er is een substantiële hoeveelheid kroos verwijderd, al is het niet gelukt om alles te verwijderen. Het belang van goed materiaal om het kroos bij elkaar te drijven bleek ook hier weer.

Dat ook inwoners zelf gemotiveerd kunnen raken bleek uit een initiatief bij de Oranjevijver in Den Hoorn [16], waar enkele burensamen de handen uit de mouwen staken om een notoire kroosvijver met succes leeg te scheppen en ook leeg te houden. Bij deze actie werden provisorische materialen gebruikt. De vijver was goed bereikbaar rondom, en van een behapbaar formaat. Om het middendeel te bereiken is een surfplank gebruikt, om het kroos te verzamelen een hordeur. Het hoeft dus niet moeilijk te zijn, als de capaciteit en materialen maar afdoende en goed toegespitst zijn om het te schonen water maar daadwerkelijk vrij van kroos te krijgen.



Figuur 67: Kroosscheppen in Pijnacker.

4.4. Samenwerkingsrelaties gemeenten/waterschap

Over het beheer en onderhoud van watergangen zijn afspraken gemaakt tussen waterschap en gemeenten. Taken zijn daarbij verdeeld, en het verschilt vaak per gemeente wie welke verantwoordelijkheid op zich heeft genomen. Omdat kroosoverlast over het algemeen werd gezien als een probleem waar niet veel tegen te doen valt (vanwege de hoge groeisnelheid), zijn hier maar beperkte regelingen voor. Delfland grijpt in bij kroos wanneer er overlast is in water in eigen beheer (primaire watergangen), en als er een klacht binnenkomt en de situatie voldoet aan eisen in het kroosprotocol. Dit komt er veelal op neer dat het water met meer dan 75% kroos bedekt moet zijn, en er zuurstofloosheid, vissterfte of stank optreedt. Er wordt dan eerst gekeken of eventueel doorspoeien kan helpen, en als dat niet zinvol is, wordt er overgegaan op verwijdering (mits dat met het oog op bijvoorbeeld hoe ver het seizoen is gevorderd nog zinvol wordt geacht). In de praktijk wordt zodoende kroos zelden verwijderd.

Een uitdaging voor een effectieve kroosaanpak is dat kroos makkelijk heen en weer drijft tussen verschillende watergangen, die weer bij verschillende partijen in beheer zijn. Dat kan een waterschap, gemeente, bedrijf of particulier zijn. Een structurele aanpak is dus pas haalbaar als er een samenwerking is, of als één partij zich als eerste verantwoordelijke opwerpt. Er waren in het verleden geen samenwerkingen betreffende kroosaanpak, maar vanwege het uitgangspunt dat gezamenlijkheid in aanpak belangrijk is, zijn pilots gestart in samenwerking met gemeentes waar ook een urgentie werd gevoeld om de kroosoverlast aan te pakken.

Met dit uitgangspunt zijn verschillende onderzoeken en pilots in samenspraak met gemeentes en derde partijen opgezet.

- De eerste samenwerking was met de gemeente Den Haag. Daar werd een actievare aanpak uitgerold waarbij kroos gedurende het seizoen zoveel mogelijk werd verwijderd [22]. Den Haag pakte hierin vooral de uitvoerende rol. Ploegjes onderhoudsmedewerkers gingen hierbij sloten af en maakten deze zo veel mogelijk vrij van kroos. Het resultaat was wisselend, maar wel dusdanig positief dat de aanpak tot het moment van schrijven van dit rapport wordt doorgezet [11].
- Vanuit de ervaring in Den Haag heeft de Gemeente Leidschendam-Voorburg inmiddels ook deze pilot opgepakt. Delfland heeft hier een kennisrol op zich genomen door een verkenning te doen naar de totale omvang van kroos in Den Haag [19] en wat de verwijdering van kroos voor de ecologie oplevert [57]. In deze pilots was er sprake van een natuurlijke rolverdeling tussen de verschillende partijen, nog zonder een concrete beleidsrichting. Kleinschalige verkenningen van samenwerking speelden ook een rol in de projecten waar Natuurlijk Delfland voor de organisatie was ingeschakeld [21, 25]. Het Hoogheemraadschap van Delfland speelde hier een aanbestedende rol en leverde expertise in het veld, terwijl de gemeentes zorgden voor afvoer van het geschepte kroos.
- Met Rotterdam is ook een pilot opgestart, waarin Rotterdam een uitvoerende rol op zich nam, en Delfland expertise over kroos inbracht [12].
- Met de Gemeente Delft is de pilot rond de kroossituatie in de binnenstad opgestart. Ook hierin nam Delfland vooral de inhoudelijke en waterbeheer-rol (monitoring, data-analyse, doorspoeling) terwijl de gemeente juist op praktisch niveau actie ondernam (plaatsen drijfbalken, materiaal en afvoer kroos bij schepacties) [24].
- Het onderzoek in samenwerking met de Gemeente Schiedam is via gelijke kostendeling uitbesteed aan Stichting Milieu Dichterbij [26], aangezien de stichting in een positie zat waar het alle aspecten van het onderzoek kon verzorgen.
- In 2018 is een kroosymposium georganiseerd om de binding tussen Delfland, de betrokken gemeenten, andere gemeenten in het gebied en betrokken marktpartijen te versterken, tussentijds resultaten te delen en om de dialoog gaande te houden (Figuur 68).

Over het geheel gezien, omdat er gedurende de looptijd van deze onderzoeken geen concrete beheerovereenkomsten of -afspraken tussen Delfland en de gemeenten voor een actieve kroosaanpak waren, werd veelal gezocht naar een zo natuurlijk mogelijk passende rol. Daarbij past Delfland het beste de specialistische rol, met veel expertise in huis op het gebied van waterkwaliteit en de ecologie van kroos. De gemeenten past beter de praktische rol; dicht bij de proeflocaties en daar makkelijk in kunnen schakelen. Met deze invulling waren de projecten goed vorm te geven.



Figuur 68: Kroosymposium bij Delfland in 2018

4.5. Circulaire toepassing van kroos

Het aspect (her)gebruik van kroos na het verwijderen heeft binnen de 3 onderzoeksporen betrekkelijk weinig aandacht gehad. Onder andere omdat het doel van actieve verwijdering zou moeten zijn dat er relatief weinig kroos wordt verwijderd. Wanneer kroos in een vroeg stadium wordt verwijderd, ligt er nog maar heel weinig en de af te voeren hoeveelheid dus ook klein, in tegenstelling tot curatief verwijderen wanneer dikke kroosdekken moeten worden weggehaald. De kroosploegen van Den Haag kunnen de beperkte hoeveelheden verwijderd kroos zodoende regelmatig in plantsoenen verspreiden. De focus van het kroosonderzoek lag daarnaast op de ecologische aspecten en manieren om kroos te verwijderen omdat dit de basis vormt van het wel of niet willen/kunnen vormen van actief kroosbeleid. Desondanks zijn er wel een aantal zaken te benoemen die naar voren zijn gekomen met betrekking tot de benutting van verwijderd kroos, en die verder verkend kunnen worden mocht er daadwerkelijk breed een actief kroosbeleid gevoerd gaan worden:

- De Haalbaarheidsstudie kroos afvangen [14] benoemd één bekende toepassing van kroos uit oppervlaktewater: composteren. Andere toepassingen zijn bekend, maar dan gaat het over kroos dat gekweekt is in een gecontroleerde omgeving.
- Voor een praktische benutting van verwijderd kroos is recent een initiatief ontplooid door Flip the City (www.letsflipthecity.nl), met de ontwikkeling van het kroostuintje. Dit is een organische 'stoeptegels' van geperst kroos met bloemzaden, waarbij de kroostegel nutriënten levert voor de bloemen.
- De Verkenning kroosbeleving en -verwijdering in het stedelijk gebied [31] (zie ook [10] voor de onderliggende literatuur) noemt mogelijkheden voor het invullen van een kroos-keten inclusief verwerking, Hierin worden verschillende mogelijke richtingen verkend om kroos te (her)gebruiken. Veel opties vallen af vanwege de (potentiële) vervuiling van kroos met bijvoorbeeld (micro)plastics. Vergisting voor biogas lijkt één van de meest kansrijke toepassingen te zijn, maar ook hier geldt een vergelijkbaar probleem als bij vergisting op een AWZI: er is een specifiek aan deze taak toegewijde vergister nodig en niet een vergister voor allerlei organisch materiaal, door het lage gehalte van droge stof en het hoge aandeel water in kroos, en zodoende is de verwachting dat dit geen rendabele investering is.

Pas wanneer het kroosbeleid van Delfland en gemeenten verder uitgewerkt wordt en verwijdering een grotere rol gaat spelen, kan een circulaire toepassing een serieuze optie worden. Een aanbeveling daarbij is wel om het verzamelde kroos waar mogelijk mee te nemen in andere groenstromen (zoals maaiafval) omdat kroos een zeer sterk piek-karakter kent (vooral beschikbaar in juli, augustus en september, de piek van het kroosseizoen).

5. Conclusies en Aanbevelingen

5.1. Bevindingen kroosonderzoek Delfland

De afgelopen jaren is er door het Hoogheemraadschap veel onderzoek verricht omtrent de kroosproblematiek in het beheergebied van Delfland. De zomers van 2016 en 2017 werden gekenmerkt door overmatig veel kroos in het centrum Delft, wat tot veel publieke en bestuurlijke aandacht leidde, en een drijfveer voor extra onderzoek betekende.

Omvang van het kroosprobleem

Voor het uitvoeren van het waterkwantiteitsbeheer, zoals het peilbeheer en het functioneren van gemalen, stuwen en duikers vormt kroos zelden een knelpunt. Kroosoverlast gaat dus vooral om de negatieve invloed op de waterkwaliteit (ecologie) en om de maatschappelijk ervaren overlast.

Wanneer de locaties van maatschappelijk ervaren kroosoverlast op kaart worden gezet, dan is te zien dat de meldingen uit vrijwel het hele beheergebied komen. Het is echter wel duidelijk dat de kroosproblematiek veel groter is dan het aantal meldingen suggereert. Er zal lang niet altijd melding gemaakt worden van kroos, zeker niet wanneer dat in een slootje of vijver een 'normaal' verschijnsel is omdat het elke zomer optreedt.

De negatieve invloed van kroos op de waterkwaliteit doet zich vooral voor in het Overige Water. In watergangen die behoren tot het NEZ-netwerk (een netwerk van 'natte ecologische zones'; een belangrijke waternatuurverbinding voor de biodiversiteit in het gebied) en in de KRW-waterlichamen (de wateren die vanuit de Kaderrichtlijn Water strikte doelen hebben ten aanzien van de ecologische waterkwaliteit) vormt kroos zelden een knelpunt. Door de stroming en golfslag kunnen in deze wateren meestal geen dichte kroosdekken ontstaan. Alleen in de luwe zones van die wateren, waar wind en stroming geen effect hebben, kan kroos uitgroeien tot een lokaal kroosdek, en daar ook een regulier probleem vormen.



Kortom, kroosoverlast treedt vooral op in de relatief kleine sloten, plasjes, vijvers etc.: het Overige water. Kroos vormt hier overlast voor de omgeving alsook voor de waterkwaliteit. Kroos vormt zelden een probleem voor het waterkwantiteitsbeheer. In het onderzoeksspoor '**Leren**' zijn allerlei onderzoeken uitgevoerd om de invloed van kroos op de waterkwaliteit, en vice versa, beter in beeld te brengen.



Het daadwerkelijk verwijderen van een kroosdek door Delfland gebeurt relatief weinig. Het kroosprotocol voor verwijdering van een kroosdek treedt in werking bij een melding. Wanneer sprake is van een dicht kroosdek over een groot gedeelte van de sloot, én de zuurstofconcentratie is er erg laag, dan kan worden overgegaan op verwijdering. Overigens is het Hoogheemraadschap alleen onderhoudsplichtig voor het primaire water, zoals de boezemwateren en de grotere polderwatergangen. Voor het secundaire water ligt de onderhoudsplicht niet bij het hoogheemraadschap, maar bijvoorbeeld bij de gemeente. In het onderzoeksspoor '**Aanpakken**' zijn allerlei onderzoeken en pilots uitgevoerd om de manieren van kroosverwijdering te onderzoeken.



In het kroosonderzoek is veel aandacht geweest voor '**Kansen**': Maatschappelijke overlast aanpakken in samenwerking met gemeenten en vrijwilligersorganisaties, wat kansen biedt voor waterbewustzijn, samenwerking en burgerparticipatie.

Opgedane kennis over kroos

In 2018 t/m 2021 is een breed scala aan onderzoeken uitgevoerd om de schadelijk effecten van kroos op de (ecologische) waterkwaliteit te kwantificeren.

- Een dicht kroosdek (> 75% van de watergang is bedekt met kroos) heeft significante impact op het lichtklimaat onderwater: uit veldmetingen is afgeleid dat het effect van een dik kroosdek te vergelijken is met een doorzicht van slechts enkele centimeters. Dit is onvoldoende licht voor de groei en ontwikkeling van ondergedoken waterplanten.
- Een hoge kroosbedekking hangt samen met een lagere zuurstofconcentratie. Dit blijkt uit vrijwel alle veldmetingen en is aangetoond in een klein experiment met emmers mét en zonder kroos. Het mechanisme is duidelijk: door het ontbreken van fotosynthese bij gebrek aan licht, stopt de zuurstofproductie door ondergedoken waterplanten. Daarnaast is er nog minimale uitwisseling met de atmosfeer en geeft het kroos zelf zijn geproduceerde zuurstof vooral af aan de lucht.
- In de velddata valt echter op dat veel watergangen in het beheergebied van Delfland kampen met lage zuurstofconcentraties in de zomer, ook als er géén sprake is van een kroosdek. Een kroosdek is dus niet per definitie de oorzaak van zuurstoftekorten. Consumptie van zuurstof (bijvoorbeeld door bacteriële processen in de waterbodem) is in die situaties groter is dan de productie van zuurstof en het ontstaan van die situatie kan ook andere oorzaken hebben. Onder dergelijke omstandigheden kan de waterbodem geheel zuurstofloos worden, waardoor fosfor vanuit de waterbodem vrijkomt. Het vrijgekomen fosfor stimuleert vervolgens de kroosgroei, waardoor de zuurstofconcentratie nog weer verder terug kan lopen. Zo wordt een proces in gang gezet dat een samenspel is tussen voedingsstoffen (met name fosfor), ondergedoken waterplanten, kroos en zuurstof. Het 'begin' van dit proces is moeilijk aan te wijzen, maar versterkt de kansen op een dicht kroosdek.
- Verkennende onderzoeken duiden op het vroegtijdig afsterven van onderwatervegetatie onder een kroosdek.
- Verkennende onderzoeken wijzen erop dat een kroosdek leidt tot afname van diversiteit van kleine waterbeestjes. Er is ook waargenomen dat bij de locaties met kroosdek de wel aanwezige beestjes met name in de bovenste waterlagen of in het kroosdek leven; vermoedelijk doen ze dat omdat daar nog enige zuurstof beschikbaar is en in de diepere waterlagen niet. Dit vormt een risico wanneer wordt besloten het kroosdek in dat stadium alsnog te verwijderen: veel waterdierpjes worden dan met het kroos mee uit het water geschept.

Bij een zuurstofconcentratie onder de 3 mg/L en/of een kroosbedekking boven de 75% gedurende één à twee weken kunnen sterke negatieve effecten op het onderwaterecosysteem verwacht worden. Het kroos vormt dan een knelpunt voor de (ecologische) waterkwaliteit. Het huidige kroosprotocol gaat uit van een knelpunt (dat verwijderd moet worden) bij 100% bedekking over de breedte van de watergang en 75% over de lengte, én een zuurstofconcentratie van minder dan 2 mg/L. Gegeven de uitkomsten van de verschillende in dit rapport beschreven onderzoeken zou het kroosprotocol betreft deze criteria aangescherpt kunnen worden naar 75 totale bedekking en minimaal 3 mg/L zuurstof.

Aanpak van kroosverwijdering

De afgelopen jaren zijn verschillende maatregelen getest: het systeem aanpassen door het plaatsen van drijfbalken, preventief en curatief doorspoelen en curatief verwijderen (zowel handmatig als met drijfschermen).

- Drijfbalken zorgen voor beperking van de invloed van wind en stroming en in veel gevallen bevordert dit de kroosgroei. Een belangrijke les uit de onderzoeken in de binnenstad van Delft is dat een dicht kroosdek zowel het gevolg kan zijn van lokale groei als van de aanvoer van kroos van elders. Door drijfbalken te plaatsen wordt de aanvoer van kroos weliswaar beperkt, maar kan de lokale groei juist gestimuleerd worden. Alleen op zeer specifiek plekken waar kroos ook via een andere richting weg kan, kan het weren met drijfbalken zinvol zijn. Een voorbeeld is de Binnenwatersloot in Delft: kroos vanaf de Buitenwatersloot kan door de drijfbalk niet via de Binnenwatersloot de binnenstad in, maar het kroos op de Binnenwatersloot zelf kan via de binnenstad wel gewoon weg.
- Er zijn verschillende tests uitgevoerd met continu en incidenteel doorspoelen. De efficiëntie van deze maatregelen wordt in grote mate beperkt door ophoping van kroos in de vegetatie aan het wateroppervlak, zoals drijfbladplanten of ondergedoken waterplanten die tot aan de waterspiegel zijn gegroeid. Ook moet bij het inzetten van deze maatregel met de windrichting rekening gehouden worden (welke de effecten van doorspoelen kan verminderen of zelfs tenietdoen) en is er risico dat de maatregel kan leiden tot kroosaanvoer of aanvoer van water met andere (soms slechtere) kwaliteit.
- Curatief verwijderen (handmatig of met drijfschermen en groot materieel) lijkt nog steeds de meest effectieve manier van kroosverwijdering. Het handmatig kroosscheppen (al dan niet met behulp van drijfschermen) met een grote groep mensen of verwijderen door een aannemer heeft effect, zelfs als dit eenmalig is. Voor een blijvend resultaat moet de verwijdering echter wel herhaald worden. Het beste succes wordt geboekt in relatief kleinschalige waterpartijen, of wateren waarvan delen geïsoleerd kunnen worden. Succesvolle kroosverwijdering wordt sterk bemoeilijkt door de aanwezigheid van andere vegetatie aan het wateroppervlak.

Kansen

In verschillende onderzoeken en pilots is ingezet op samenwerking met bewoners en gemeenten. Kroosoverlast doet zich vooral voor in het Overige water, waarvan Delfland doorgaans niet de onderhoudsplichtige is. Vanuit de verantwoordelijkheid van het Hoogheemraadschap voor de maatschappelijk ervaren overlast is voor dit type wateren ingezet op samenwerking met regionale partners als gemeenten en natuurverenigingen. Delfland kan hierbij een rol vervullen door expertise op het gebied van waterkwaliteit, onderhoud en kroos beschikbaar te stellen en uitwisseling van kennis en ervaring te faciliteren. De regionale partners past beter de praktische/uitvoerende rol met daarnaast de voordelen van hun specifieke regionale kennis.

Uit verschillende pilots blijkt dat er onder inwoners best veel bereidheid is om ook een rol te spelen in de verwijdering van kroos. Wanneer aan de juiste randvoorwaarden voldaan wordt, kan het handmatig kroos verwijderen door vrijwilligers ook daadwerkelijk bijdragen aan een vermindering van de overlast (zoals hierboven onder het kopje Aanpak van kroosverwijdering is besproken). Bovendien wordt het waterbewustzijn van burgers sterk vergroot wanneer zij actief worden betrokken. Voorwaarde is wel dat alles is georganiseerd door bijvoorbeeld een gemeente, waterschap of andere trekkende partij, zodat men eenvoudig aan de slag kan en de focus ligt op het aspect van samen aan de slag voor een mooiere buurt.

5.2. Aanbevelingen/implicaties van het kroosonderzoek

Dit rapport bundelt de belangrijkste uitkomsten van circa acht jaar kroosonderzoek door het Hoogheemraadschap van Delfland. Dit is gedaan aan de hand van de drie gevolgte

onderzoekssporen, 'Leren', 'Aanpakken' en 'Kansen'. In de voorgaande paragraaf zijn de belangrijkste conclusies van al dit kroosonderzoek samengevat. Wat zijn nu de implicaties van al deze resultaten voor de wijze waarop het Hoogheemraadschap om wil gaan met kroos? Daar wordt in deze paragraaf bij stilgestaan.

Voor Delfland ligt de primaire focus voor ecologische waterkwaliteit op de KRW-waterlichamen, omdat Delfland daar resultaatsverplichtingen heeft. Uit het kroosonderzoek blijkt echter dat kroos zelden een knelpunt vormt in de KRW-waterlichamen. In sommige gevallen is er wel sprake van een kroosknelpunt in de KRW-waterlichamen; bijvoorbeeld wanneer het wateroppervlak begroeid is geraakt met ondergedoken waterplanten en drijfbladplanten, wat van belang is voor de KRW-waterkwaliteit, maar waarin het kroos 'blijft hangen'. De verwijdering van het kroos wordt bovendien ook bemoeilijkt door die waterplanten. Daarnaast kan een kroosdek ontstaan in de luwe delen waar wind en stroming weinig invloed hebben. Voor deze KRW-waterlichamen zijn de volgende aanbevelingen relevant om de ontwikkeling van kroos tegen te gaan:

- Het onderhoud van de watergangen integraal oppakken. Dat wil zeggen dat er één onderhoudsplan wordt opgesteld voor maaien van andere waterplanten, baggeren én kroosverwijdering. Deze aspecten (bagger, andere waterplanten en kroos) zijn immers onderling aan elkaar gerelateerd. Er zou onderzocht kunnen worden of op plaatsen waar kroos en planten het hele wateroppervlak bedekken een deel van het wateroppervlak vrijgehouden kan worden van vegetatie. Een voorbeeld is het oostelijke deel van de binnenstad van Delft: het nadeel hiervan is dat hiermee ook een deel van de (wenselijke) waterplanten wordt verwijderd. Onderzocht zou moeten worden of dit opweegt tegen de voordelen van het voorkomen van een dicht kroosdek.
- Een voedingsrijke waterbodem wordt ook gelinkt aan een kroosknelpunt. Het verwijderen van de waterbodem is dan een veelbelovende maatregel voor het aanpakken van de kroosproblematiek. Ook hier moet onderzocht worden of dit technisch mogelijk is en of de voordelen opwegen tegen de nadelen.
- Doorstroming en windinvloeden moeten zoveel mogelijk vrij spel hebben. Dat betekent zoveel mogelijk vrije uitwisseling met aangrenzende waterlichamen. Continue stroming op de hoofdboezemwateren (bijvoorbeeld zoals in 2018 en 2019 op de Schie het geval was) lijkt een zeer gunstig effect te hebben voor de afvoer van kroos en voorkomt 'dode zones' in het watersysteem waar het kroos blijft hangen (zoals gebeurde rond het centrum van Delft in 2016 en 2017).

Het uitgangspunt van de kroosstrategie van Delfland is en blijft echter het aanpakken van de bron: dat wil zeggen het verlagen van de nutriëntenbelastingen op het oppervlaktewater. Uit het kroosonderzoek komt duidelijk naar voren dat niet alleen de hoge nutriëntconcentraties in het water zelf een belangrijke rol spelen, maar dat ook nalevering uit de waterbodem een belangrijke rol heeft, in het bijzonder nalevering van fosfor. Onder invloed van lage zuurstofconcentraties kan het fosfor vanuit de bodem vrijkomen; en daarmee beschikbaar komen voor kroosgroei. Zowel het nog verder verlagen van de actuele nutriëntenbelastingen vanuit stedelijk gebied, glastuinbouw en overige landbouw, als het verwijderen van 'historische' nutriëntenbelastingen die liggen opgeslagen in de waterbodems, zijn belangrijke stappen die gezet moeten worden om de kroosproblematiek bij de bron aan te pakken. Hierbij moet wel stilgestaan worden bij een ecologische verantwoordelijke methode, om de ecologie niet dusdanig te verstoren dat eventueel reeds aanwezige ondergedoken waterplanten en drijfbladplanten door het baggeren verdwijnen, en kroos daardoor juist weer kansen krijgt.

Het kroosprotocol van Delfland kan worden aangescherpt. De belangrijkste punten die heroverwogen kunnen worden zijn:

- Bedekkingspercentage criterium vereenvoudigen naar 75% bedekking zodat het niet meer windrichting-afhankelijk is.
- Het zuurstofgehalte van 2 mg/L verhogen naar 3 mg/L.

Indien de ambitie voor een kroosaanpak hoger wordt gesteld dan de huidige, verdient het de aanbeveling het kroosprotocol te vervangen voor een reguliere aanpak (zoals bijvoorbeeld bij grasmaaien wordt gedaan). Hier zijn aanzienlijke kosten aan verbonden maar kan ook leiden tot het doorontwikkelen van verwijderingsmethoden.

Ook is het de aanbeveling om kroosaanpak een integraal onderdeel van het onderhoudsprotocol te maken. Hiervoor kan het interessant zijn om te werken met waterkwaliteitsbeelden van de gewenste ecologische situatie van verschillende typen watergangen.

Kroos is vooral een probleem in de kleinere watergangen, het Overige Water, en hier liggen dan ook kansen op het gebied van aanpak. Kroosverwijdering is een interessante maatregel om de waterkwaliteit en beleving van lokale wateren te verbeteren. Kennis van de situatie ter plekke is hierin belangrijk. Kroosverwijdering kan leiden tot verbetering van de ecologische waterkwaliteit, maar andere onderliggende problemen kunnen een belemmering blijven vormen. Delfland werkt hierin binnen de kaders van o.a. deze onderzoeken al lange tijd samen met gemeenten die, ook vanuit maatschappelijk oogpunt, maatregelen tegen kroos willen treffen. Een vervolg van het kroosonderzoek moet dus vooral liggen op het kleinere, Overige Water. Resultaten van de gedane onderzoeken kunnen bijdragen aan de kroosaanpak en -beleid van waterschappen en gemeenten. De voor de KRW-wateren benoemde maatregelen (integrale aanpak, oplossen onderliggende oorzaken, verbeteren invloeden wind en stroming) zijn ook hier van toepassing, maar deze kunnen worden aangevuld met de in deze onderzoeken opgedane kennis over preventieve en curatieve aanpakken van kroos. Zo zijn in de aanpakken door Den Haag en Leidschendam-Voorburg successen behaald, geeft de haalbaarheidsstudie naar kroosverwijderingsmethoden suggesties die in het veld uitgetest dienen te worden en zijn er allerhande lessen benoemd die tot optimalisatie en nieuwe mogelijkheden kunnen worden uitgewerkt.

Met dit rapport is veel kennis gebundeld, maar er zijn zeker nog onderzoeksrichtingen die openstaan. Deze zijn bij de betreffende hoofdstukken benoemd. Er is echter een belangrijke behoefte wanneer reguliere kroosverwijdering in Overig water mogelijk moet worden, namelijk mobiel materieel voor kroosverwijdering, wat voldoet aan o.a. deze eisen:

- Geschikt voor deze kleinere wateren;
- Specifiek ontworpen voor het verwijderen van grote hoeveelheden kroos;
- Getoetst, en direct en eenvoudig inzetbaar door aannemers;
- Weinig invasief voor het watersysteem en het overige waterleven.

Er zijn verschillende mogelijke richtingen gevonden die potentie hebben, zoals lopende bandsystemen op boten. De nu beschikbare boten zijn behoorlijk invasief op een kleine watergang. Ook zijn er innovatieve systemen als slurpers en skimmers, maar die zijn nog ongetoetst en niet direct grootschalig inzetbaar. Bijvoorbeeld de haalbaarheidsstudie kroos afvangen [14] geeft meerdere suggesties die op overig water getest kunnen worden.

Referenties

Voor dit onderzoek zijn veel bronnen gebruikt. Rapporten zijn in de referentielijst benoemd. Interne memo's, databestanden en dergelijke ontbreken zodoende in de nummering.

Behandelde onderzoeksrapporten van Delfland en partners, bijgevoegd

In het kader van dit onderzoeksspoor is een serie onderzoeken uitgevoerd door Delfland en de betrokken partners.

- [9] Wildenburg H.; Duckweed in the Wet Ecological Zones of Delfland; 2020; Afstudeerrapport; Hoogheemraadschap van Delfland
- [10] Berg H. van den, Lidth de Jeude E. van, Hak A., Mooren C., Uijl R.L. den, Giomi T., Kraaijeveld S.; Duckweed, a tiny aquatic plant with growing potential; 2015; studentenonderzoek Universiteit van Utrecht
- [11] Man H.; 2018; Evaluatie kroosverwijdering 2014-2018, gemeente Den Haag; Sanitas Water
- [14] Boonstra M., Korterink E., Stoop C. van der, Nix T.; 2020 Haalbaarheidsstudie kroos afvangen; TAUW rapportnummer 1267615
- [17] Raaphorst E.P., Rijnks A.; 2019 (herziene versie 2021); Kroos en waterkwaliteit: een enquête onder ecologen, om de effecten in kaart te brengen; Hoogheemraadschap van Delfland
- [18] Raaphorst E.P.; 2017 (herziene versie 2021); Kroos in de oude binnenstad van Delft; Hoogheemraadschap van Delfland
- [19] Blom R.M.; 2016; Kroos in Den Haag, een inventarisatie van het kroosprobleem in de gemeente Den Haag; stageonderzoek; Hoogheemraadschap van Delfland
- [20] Purmer C.K.; 2015; Kroos in Loosduinen, waterkwaliteit, beleving en oplossingen; stageonderzoek; Gemeente Den Haag
- [21] Poelgeest G. van; 2020; Kroos scheppen in Pijnacker; Natuurlijk Delfland
- [22] Raaphorst E.P.; 2015; Kroosbestrijding, resultaten van veldproeven 2013 en 2014; Hoogheemraadschap van Delfland
- [23] Ghibrehiwot S., Peters S., Hommersom A.; 2017; Kroosmonitoring door middel van zeer hoge resolutie satellietbeeld; Water Insight
- [24] Raaphorst E.P., Rijnks A.; 2021; Kroospilot binnenstad Delft 2018-2020; Hoogheemraadschap van Delfland
- [25] Poelgeest G. van; 2018; Kroosscheppen in Tanthof; KNNV Afdeling Delfland
- [26] Overbeek I.; 2019; Onderzoek naar effect kroos op waterleven in sloten bij NME-centrum Harre Wegh in Park Kethel; Stichting Milieu Dichterbij
- [29] Bezemer L.; 2019; Stage bij het kroosteam van Delfland, eindrapport stage; Hoogheemraadschap van Delfland

[30] Raaphorst E.P., Bezemer L.; 2019; Veldonderzoek inval en zuurstof onder kroosdekken; Hoogheemraadschap van Delfland

[31] Elshof A.; 2016; Verkenning kroosbeleving en -verwijdering in het stedelijk gebied; ORG-ID

[32] Raaphorst E.P.; 2021; Zuurstofgehalte onder een kroosdek; Hoogheemraadschap van Delfland

[57] Raaphorst E.P.; 2021; Pilot kroosverwijdering Leidschendam-Voorburg, onderzoek naar macrofaunapopulatie en zuurstof; onderzoeksrapport; Hoogheemraadschap van Delfland

Verdere behandelde interne documenten, niet bijgevoegd

Ter referentie worden verschillende interne (tussen)documenten aangehaald, die niet zijn bijgevoegd bij deze rapportage.

[6] Rijnks A.; 2018; Memo onderzoeksplan kroos 2018; Hoogheemraadschap van Delfland

[12] Raaphorst E.P.; 2018; Evaluatie pilots kroos in Rotterdam; Hoogheemraadschap van Delfland

[13] Bilstra C., Ham R., Wenink R., Bosma D., Lindeman P., Harleman B.; 2017; Grachtenschoonmaakrobot Kroboot; technische rapportage; Studentenonderzoek TU Delft

[16] Raaphorst E.P.; 2018; Interview bewonersinitiatief kroosverwijdering Oranjevijver; Hoogheemraadschap van Delfland

[28] Tamminga T.; 2017; Rapport uitvoering proeven kroosruimen Delft; FORU-Solution

[33] Houwing B., Smakman T., Tekke J., Urban D.; 2020; Zuurstofhuishouding in het water in het centrum van Delft; Christelijk Lyceum Delft, eindverslag meesterproef Technasium

[35] Rijnks A.; 2020; Kroosonderzoek Hoogheemraadschap van Delfland evaluatie periode 2019-2020; Hoogheemraadschap van Delfland

Externe literatuur in dit rapport

Externe bronnen die specifiek in dit rapport zijn aangehaald.

[58] Koomen A.; 2014; Analyse waterstroming Den Haag in het kader van de kroosproblematiek; Arcadis, 077321314:0.1

[59] Tromp K.; 2019; Effectmonitoring vrij-inzwembare vispaaiplaatsen 2014-2018; Hoogheemraadschap van Delfland

Verder lezen: externe literatuur

Voor alle onderzoeken is waar beschikbaar allerlei bestaande literatuur gebruikt, die ook in de betreffende rapporten benoemd is. Een aantal relevante literatuurbronnen wordt daarnaast hier benoemd ter verdere lering:

Maessen M.; 2014; Kennis over kroos; Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA)

Morris P.F., Barker W.G.; 1977; Oxygen transport rates through mats of *Lemna minor* and *Wolffia* sp. and oxygen tension within and below the mat; Canadian Journal of Botany, volume 55, number 14

Nieuwenhuis R., Maring L.; 2009; Naar nieuwe ketens voor het benutten van eendenkroos; Deltares, ISBN 978-90-5059-386-1

Subramanian S.K., Turcotte M.M.; 2020; Preference, performance, and impact of the water-lily aphid on multiple species of duckweed; Ecological Entomology, Vol 45, p 1466-1475

Veraart, A. J., de Bruijne, W. J., de Klein, J. J., Peeters, E. T., & Scheffer, M.; 2011; Effects of aquatic vegetation type on denitrification. *Biogeochemistry*, 104(1), 267-274.

Verma, R., & Suthar, S.; 2015; Utility of Duckweeds as Source of Biomass Energy: a Review. *BioEnergy Research*. 1-9.

Bijlage

Figuur A; In onderstaande kaarten is een overzicht gegeven van de aan overmatige kroosgroei gerelateerde meldingen die binnen zijn gekomen bij het klantcontactcentrum van Hoogheemraadschap van Delfland (kaarten door Raaphorst, 2021).

