

Afvangen plastic zwerfafval

vergelijking resultaten pilots



Afvangen plastic zwerfafval vergelijking resultaten pilots

Auteur(s)

Anton de Fockert

Frans Buschman

Afvangen plastic zwerfafval
vergelijking resultaten pilots

Opdrachtgever	Rijkwaterstaat
Contactpersoon	Wijnand Koorling, Paul Vriend
Referenties	Referenties
Trefwoorden	Trefwoorden

Documentgegevens

Versie	0.2
Datum	03-09-2021
Projectnummer	11206803-011
Document ID	11206803-011-BGS-0001
Pagina's	28
Classificatie	
Status	definitief

Auteur(s)

	Anton de Fockert	

Doc. Versie	Auteur	Controle	Akkoord	Publicatie
0.2 - concept	Anton de Fockert Frans Buschman	Erik Ruijgh	Bas van Vossen	
0.2 - definitief	Anton de Fockert Frans Buschman	Erik Ruijgh	Bas van Vossen	

Samenvatting

Rijkswaterstaat heeft in opdracht van het ministerie van I&W drie pilots uitgezet voor het afvangen van plastic zwerfafval uit rivieren, zoals beschreven in de kamerbrief van 6 november 2018 over de gezamenlijke aanpak van zwerfafval. Rijkswaterstaat heeft daarvoor drie locaties bepaald. Drie bedrijven of consortia hebben in een innovatietraject ieder een pilot uitgevoerd op de daarvoor beschikbare locatie om te onderzoeken hoe effectief hun vangstelsel is. Dit rapport bevat een vergelijking van de effectiviteit van deze drie vangstelsels en in welke mate de resultaten representatief zijn voor plastic vangstelsels in Nederland. Naast de resultaten van de drie pilots is ook informatie opgenomen van twee vangstelsels die al langere tijd functioneren in de Rotterdamse havens (Tabel S.1).

Tabel S.1: Beschouwde pilots voor het afvangen van plastics.

	Locatie	Systeem (ontwikkelaar)	Periode
1	Kribvak Kampen	Bellenscherm (The Great Bubble Barrier)	3.5 weken, 2018
2	Sluis Borgharen	CirCleaner (Noria)	2 weken week 39 en week 44, 2019
3	Vijfsluizerhaven Rotterdam	Catchy (Allseas)	1 jaar aug 2020 – juli 2021
4	Lekhaven Rotterdam	Shoreliner (Tauw)	2 jaar dec 2016 – dec 2018
5	Coolhaven, Delfshaven en Keilehaven Rotterdam, Wilhelminahaven Schiedam	Litter Trap (Clear Rivers)	4 jaar Keilehaven sinds 2017

De verschillende vangstelsels zijn vergeleken op basis van criteria zoals opgesteld door Helinski et al. (2021) en enkele aanvullende criteria. Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat het lastig is om de verschillende pilots te vergelijken door het verschil in tijdsduur van de pilot, het verschil in locatie van de pilots en het ontwikkelstadium van de techniek. Bovendien bestaan er, naast de technieken zoals toegepast in de hier beschreven pilots, nog andere technieken (zoals bijvoorbeeld een varende opvangstelsel zonder drijfvarmen). Het rapport beperkt zich tot de pilots en is daarom niet volledig.

De pilots hebben aangetoond dat drijfvarmen in staat zijn om de plastics naar het afvangstelsel te geleiden. Drijfvarmen zijn toegepast bij de systemen de CirCleaner, Catchy, Shoreliner en de Litter Trap. Drijfvarmen kunnen niet worden toegepast in vaargeulen waar scheepvaart passeert. In de pilot bij Kampen werd het zwerfafval bijeen gebracht door een bellenscherm. Een bellenscherm heeft als voordeel dat het in potentie ook plastics dieper in de waterkolom mee omhoog kan voeren en dat de scheepvaart geen hinder ondervindt van een bellenscherm. Het nadeel van een bellenscherm is het energieverbruik van de compressor die nodig is om het bellenscherm te creëren. Doordat de pilot bij Kampen slechts van korte duur was, zijn de bovenstaande aspecten niet onderzocht in deze pilot. Daarnaast is niet onderzocht of trekvissen het bellenscherm kunnen passeren.

De opvangstelsels van de pilots die minimaal een jaar in het water hebben gelegen (Catchy, Shoreliner en de Litter Trap) hebben aangetoond dat deze opvangstelsels het zwerfafval vast kunnen houden totdat het verwijderd wordt.

De afgevangen hoeveelheid plastic op de voorgeschreven locaties bij de pilots in de havens die minimaal een jaar in het water hebben gelegen is zo'n 75-80 kg/jaar. Dit is grofweg ongeveer 1 promille van het transport van plastic zwerfafval in de Nederlandse rivieren (ref [12]). Dit relatief lage percentage heeft te maken met de locatie van de opvangsystemen achter in haven bekkens, terwijl het gros van de plastics zich in de vaargeul bevindt. Naast zwerfvuil verwijdering door de plastic vangsystemen, wordt bij opruim initiatieven op het strand door vrijwilligers van Stichting de Noordzee en op de oevers van de rivieren door vrijwilligers van Stichting Schone Rivieren grote hoeveelheden zwerfvuil opgeruimd. Deze hoeveelheden lopen op tot tientallen tonnen per jaar, maar hier dient wel de kanttekening te worden gemaakt, dat bij dit soort initiatieven vaak veel vrijwilligers mee helpen.

Hoewel de hoeveelheden afgevangen plastics nog klein zijn, hebben de verschillende pilots aangetoond dat de vangsystemen in staat zijn om plastics af te vangen en vast te houden. Hierbij worden zelfs ook kleine hoeveelheden microplastics (<5mm) afgevangen. De vangsystemen kunnen daarom ook een bijdrage leveren om plastics die in het water zijn beland eruit te halen. Het is daarom ook aan te raden om deze plastic vangsystemen toe te passen op locaties waar meer plastic uit het water gehaald kan worden, zodat de bijdrage van deze systemen groter wordt. Op basis van de analyse van de verschillende vangsystemen zijn de volgende aanbevelingen geformuleerd voor vervolgonderzoek en voor nieuwe pilots.

- De huidige pilots zijn toegepast op locaties waar ze de scheepvaart niet te veel hinderen. Om meer plastics uit het water te halen dan op de huidige pilot locaties, is het aan te raden om plastic vangsystemen ook toe te passen op alternatieve locaties.
 - Een interessante locatie hierbij is bovenstrooms van stuwen zoals in de Maas. De scheepvaart passeert de stuwen via een sluis, waardoor er geen scheepvaart bovenstrooms van de sluis is, terwijl de (meeste) afvoer via de stuwen passeert. Hierdoor is het mogelijk om opvangsystemen met drijfarmen toe te passen over de gehele breedte van de rivier, en daarmee een groot deel van het plastic af te vangen. Daarnaast kan worden gekwantificeerd hoeveel plastics er door de Nederlandse rivieren naar zee stromen.
 - Daarnaast zouden nieuwe pilots kunnen worden uitgevoerd in kribvakken in de rivier. Hierbij zijn kribvakken aan de noordoever interessant vanwege de heersende windrichting in Nederland en zijn kribvakken in de buitenbocht van een rivier interessant omdat hier waarschijnlijk het meeste drijvende plastic afgevangen kan worden, door de lokale stromingscondities. Systemen met drijfarmen zouden op deze locaties kunnen worden ingezet om plastics in te vangen.
- Omdat de geanalyseerde vangsystemen niet het volledige spectrum van vangsystemen afdekken, wordt geadviseerd om bij een nieuwe pilot meer verschillende vangsystemen mee te nemen. Het zou interessant zijn om ook een slim varend systeem (autonoom of bemand) zonder vangarmen in een nieuwe pilot te beschouwen. Dit type vangstelsel kan zich alleen op het plastic richten, waardoor er minder ander zwerfvuil en organisch materiaal wordt afgevangen. Dit soort systemen zouden ook kunnen worden toegepast in situaties waar weinig tot geen stroming is, zoals in meren
- Als laatste wordt aangeraden om plastic opruimacties zoals uitgevoerd door vrijwilligers van Stichting de Noordzee en Stichting Schone Rivieren te ondersteunen, omdat er bij deze opruimacties grote hoeveelheden plastics uit het milieu worden gehaald, die daardoor ook niet meer in de rivieren/zee zullen belanden.

Inhoud

	Samenvatting	4
1	Inleiding	7
1.1	Achtergrond	7
1.2	Onderzoeksvragen	8
1.3	Aanpak	8
2	Beschrijving systemen en bevindingen	10
2.1	Beschrijving systemen	10
2.2	Bevindingen	11
2.2.1	Locatie vangststelsel	12
2.2.2	Meetduur en bron plastics	13
2.2.3	Ingevangen plastics	14
2.2.4	Ontwikkelstadium (TRL niveau)	14
2.2.5	Kosten	15
2.2.6	Alternatieve vangststelsels	15
3	Conclusies	17
4	Aanbevelingen	19
5	Referenties	21
A	Overzicht per vangststelsel op basis van Helinski et al. (2021)	22

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Rijkswaterstaat heeft in opdracht van het ministerie van I&W drie pilots uitgezet voor het afvangen van plastic zwerfafval uit rivieren, zoals beschreven in de kamerbrief van 6 november 2018 over de gezamenlijke aanpak van zwerfafval (ref [10]). Rijkswaterstaat heeft daarvoor drie locaties aangewezen. Drie bedrijven of consortia hebben in een innovatietraject ieder een pilot uitgevoerd op de daarvoor beschikbare locatie om te onderzoeken hoe effectief hun vangstelsel is. Dit rapport bevat een vergelijking van de effectiviteit van deze drie vangsystemen en in welke mate de resultaten representatief zijn voor plastic vangsystemen in Nederland.

Naast de 3 vangsystemen uit de pilots (systeem 1, 2 en 3 in Tabel 1.1) zijn er 2 vangsystemen aan deze analyse toegevoegd die al voor langere tijd plastics afvangen (systeem 4 en 5 in Tabel 1.1). De meeste vangsystemen liggen in de Rotterdamse havens. Door de ervaring van deze systemen mee te nemen, ontstaat er een breder beeld van de mogelijkheid om plastic af te vangen uit het watersysteem.

Tabel 1.1: Geanalyseerde plastic vangsystemen

	Locatie	Systeem (ontwikkelaar)	Periode
1	Kribvak Kampen	Bellenscherm (The Great Bubble Barrier)	3.5 weken, 2018
2	Sluis Borgharen	CirCleaner (Noria)	2 weken week 39 en week 44, 2019
3	Vijfsluizerhaven Rotterdam	Catchy (Allseas)	1 jaar aug 2020 – juli 2021
4	Lekhaven Rotterdam	Shoreliner (Tauw)	2 jaar dec 2016 – dec 2018
5	Coolhaven, Delfshaven en Keilehaven Rotterdam, Wilhelminahaven Schiedam	Litter Trap (Clear Rivers)	4 jaar Keilehaven sinds 2017

In 2021 hebben Helinski et al. (ref [7]) een overzicht gemaakt van 40 verschillende plastic vangsystemen. Van de 5 vangsystemen die zijn beschouwd in de voorliggende analyse, is alleen Catchy niet door Helinski et al. (ref [7]) beschreven, omdat het een relatief nieuw systeem is. Helinski et al. (ref [7]) karakteriseert de systemen aan de hand van eigenschappen die zij hebben gedefinieerd. Zij geven aan of het systeem een opvangbak heeft, een vangarm heeft, of het een vaste of varende constructie is of een combinatie van deze. De meeste systemen in hun overzicht zijn varende systemen of combinaties. De combinatie van een varende constructie met alleen een vangarm komt niet veel voor en is blijkbaar niet efficiënt. Van de niet-varende systemen hebben de meeste zowel een opvangbak als een vangarm. Een belangrijk onderscheid tussen de systemen is of deze passief zijn of energie gebruiken. Van de 5 geanalyseerde systemen vallen de Shoreliner, Catchy en de Litter trap in de categorie passieve systemen met een vangarm en een vangstelsel.

In dit rapport zijn de systemen geanalyseerd zoals beschreven in Tabel 1.1. Sommige systemen worden inmiddels op meerdere locaties toegepast. De ervaringen uit de andere pilots is besproken tijdens interviews tussen Deltares en de ontwikkelaars van de vangsystemen. Deze ervaringen zijn (indien relevant) meegenomen in de voorliggende rapportage.

De geplande pilot met een bellenscherm over de volledige breedte van de IJssel bij Kampen van The Great Bubble Barrier (TGBB) is uiteindelijk niet uitgevoerd doordat er significant meer financiering nodig bleek dan dat er beschikbaar was¹. De analyse van het bellenscherm in dit rapport is dan ook gedaan op basis van de pilot van 3.5 weken in 2018, waarbij het bellenscherm over een gedeelte van de rivier was geplaatst.

In deze rapportage wordt een overall beeld gegeven van de effectiviteit van de verschillende vangsystemen gedurende de pilots waar ze zijn toegepast. Met deze informatie kunnen beleidsbepalers de strategie om plastics uit het water te halen aanscherpen. Bij de sommige pilots zijn ook metingen uitgevoerd om inzicht te krijgen in de stroming of de hoeveelheid plastic in het water. Omdat deze meetresultaten vaak project specifiek zijn, wordt op deze meetgegevens niet in detail ingegaan in dit rapport.

De plastic vangsystemen zijn vaak ontworpen om macroplastics (deeltjes groter dan 5mm) in te vangen. Bij sommige van deze systemen worden ook microplastics (kleiner dan 5 mm) ingevangen (voornamelijk halffabrikaat pellets, of *nurdles*²) indien deze met ander drijfafval worden meegevoerd. De systemen zijn echter niet ontworpen om microplastics op te vangen. Echter, door macroplastics te vangen, zal het transport van microplastics ook afnemen. Door degradatie en fragmentatie van een macroplastic onder invloed van onder andere zonlicht kunnen meerdere microplastics worden gegenereerd. Macroplastics zijn eenvoudiger uit het water te verwijderen dan microplastics.

1.2 Onderzoeksvragen

Om inzicht te kunnen geven in de effectiviteit van de verschillende vangsystemen zijn een aantal onderzoeksvragen geformuleerd.

- Geven de pilots een representatief beeld van de vangsystemen en de mogelijkheden om plastic af te vangen?
- Wat is de effectiviteit van het vangstelsel ten opzichte van alternatieve vormen van plasticverwijdering?
- In welk watertype en onder welke condities functioneert het vangstelsel zoals bedoeld?
- Wat is de ecologische impact van de verschillende systemen?

1.3 Aanpak

Om een overkoepelende analyse van de verschillende systemen uit te voeren, heeft Deltares de rapporten bestudeerd van de 3 pilot projecten: het Bellenscherm, Catchy en de CirCleaner. Daarnaast zijn er 2 extra opvangsystemen aan de analyse toegevoegd, omdat deze opvangsystemen al langer beschikbaar zijn en hier dus meer ervaring mee is opgedaan.

De lijst van Helinski et al. (2021), is gebruikt als basis voor de analyse van de opvangsystemen uit deze pilot projecten. Daarnaast zijn de Eunomia studie (ref [16]) en het Keuzemodel voor monitoring en afvangtechniek bij Borgharen (ref [4]) gebruikt ter ondersteuning voor het vergelijk. Alleen de relevante criteria uit de bovenstaande studies zijn meegenomen in de vergelijking. Daarnaast zijn er extra criteria toegevoegd die relevant kunnen zijn voor een selectie van vangsystemen per watertype. Hierbij is niet gekeken naar installatiebehoeften zoals aanleg van stroomvoorziening of de beschikbaarheid van infrastructuur voor het legen van de afvangsystemen.

¹ <https://zwerfafval.rijkswaterstaat.nl/actueel/nieuws/nieuws/2020/pilot-plastic-afvangen-verwerken-ijssel-stopt/>

² Plastic korrels die als halffabrikaat dienen voor plastic producten

De installaties en de testcampagnes van de verschillende plastic vangsystemen zijn niet bijgewoond door Deltares. De analyse zoals beschreven in dit rapport is daarom gebaseerd op basis van de beschikbare rapporten en informatie op de websites van de ontwikkelaars. Daarnaast heeft Deltares interviews van ongeveer 1 uur met de ontwikkelaars van de vangsystemen gehouden om de informatie nader te verifiëren (zie Tabel 1.2).

Tabel 1.2: Interviews met ontwikkelaars van vangsystemen

	Systeem (ontwikkelaar)	Contactpersoon	Datum interview
1	Bellenscherm (The Great Bubble Barrier)	Anne Marieke Eveleens	31 augustus 2021
2	CirCleaner (Noria)	Rinze de Vries	24 augustus 2021
3	Catchy (Allseas)	Elise Blondel	26 augustus 2021
4	Shoreliner (Tauf)	Harm Landman en Remco Pikaar	31 augustus 2021
5	Litter Trap (Clear Rivers)	Ramon Knoester	25 augustus 2021

Uiteindelijk zijn aanbevelingen gegeven op basis van de evaluatie van de uitgevoerde pilots voor de ontwikkeling van nieuw pilots om plastic zwerfafval uit de riviersystemen te verwijderen.

2 Beschrijving systemen en bevindingen

2.1 Beschrijving systemen

In deze paragraaf is een korte beschrijving te vinden van de werking van het systeem. Voor een uitgebreider overzicht wordt verwezen naar de beschikbare rapportages van de ontwikkelaars van deze systemen.






	Foto	Systeembeschrijving
1		<p><u>Catchy (Allseas) in Vijfsluizerhaven (ref [1])</u></p> <p>Het opvangsysteem vangt drijvend zwerfafval wat door de drijfvarmen bij het opvangsysteem wordt gebracht.</p> <p>Het opvangsysteem bestaat uit een drijvend frame met daarin een doorlatende opvangbak met een maaswijdte van 3mm die er door een kraan kan worden uitgetild om het afval te verwijderen. Het drijvend frame kan verticaal met het getij meebewegen. In het opvangsysteem zitten schotten zodat het ingevangen materiaal niet kan ontsnappen bij ongunstige stroming / windrichting.</p> <p>De drijfvarmen hebben een lengte van respectievelijk 200m en 12m. Onder de vangarmen zit een scherm wat tot 1m onder het wateroppervlak reikt.</p>
2		<p><u>CirCleaner (Noria) in de sluis bij Borgharen (ref [3])</u></p> <p>Het opvangsysteem de CirCleaner 1.0 is een waterrad met 5 schoepen die het vuil uit het water scheppen. De CirCleaner wordt aangedreven en draait tegen de stroomrichting van het water in met een snelheid van ongeveer 1 rotatie per minuut. De "schoepen" zijn waterdoorlatend met een maaswijdte van 3-5mm. Het vuil wat door de schep wordt opgevangen wordt naar het centrum van de schep getransporteerd waar het wordt verzameld.</p> <p>Om het plastic naar de CirCleaner te transporteren zijn drijfvarmen toegepast die een groot deel van de breedte van de sluis beslaan. Bij deze test zijn alleen drijvende plastics toegepast.</p>
3		<p><u>Bellenscherm (The Great Bubble Barrier) in de IJssel bij Kampen (ref [5])</u></p> <p>Door lucht in een geperforeerde buis te pompen die op de bodem van de rivier is geplaatst, ontstaat een bellenscherm. Het zwerfafval volgt het bellenscherm zodat het uiteindelijk in het opvangsysteem beland.</p> <p>Bij deze initiële test zijn alleen sinaasappels en vlaggen losgelaten en is geen opvangsysteem gebruikt.</p>

	Foto	Systeembeschrijving
4		<p><u>Shoreliner (Tauw) in de Lekhaven Rotterdam (ref [9])</u></p> <p>Het doel van de Shoreliner is om drijfvuil af te vangen op plaatsen waar het zich onder natuurlijke omstandigheden verzameld. Aan de Shoreliner is een drijfarm van 43m gemonteerd die tot een diepte van 50cm onder het wateroppervlak steekt. Door de invloed van wind (en waterstroming) wordt afval uit de rivier het havenbekken ingeduwd en richting het opvangsysteem getransporteerd. Als het plastic in het opvangsysteem belandt, wordt vast gehouden door middel van een afsluitende drijver. Als het opvangsysteem vol is, dan wordt deze geleegd door een vrachtauto met een grijparm. Het opvangsysteem heeft een oppervlakte van 27.5m².</p>
5		<p><u>Litter Trap (Clear Rivers) in de Keilehaven Rotterdam (ref [2])</u></p> <p>De Litter Trap is een systeem waar vuil met drijfarmen naar het opvangsysteem wordt gebracht, waar het wordt vast gehouden. Als het zwerfvuil in de Litter Trap terecht komt, komt het in een systeem met verticale platen terecht, waardoor het ingevangen plastic niet kan ontsnappen. De Litter Trap heeft een oppervlakte van zo'n 13m² en steekt zo'n 1.5m diep. Het plastic kan worden verwijderd van bovenaf en door de deur aan de achterzijde van het systeem.</p>

2.2 Bevindingen

De verschillende plastic vangsystemen zoals beschreven in paragraaf 2.1 zijn met elkaar vergeleken op basis van verschillende criteria, zoals beschreven bij de aanpak. Dit heeft geleid tot de volgende criteria:

1. Algemeen
 - a. Organisatie
 - b. Locatie pilots
 - c. Beschrijving werking
 - d. Benodigde energie
 - e. Capaciteit opvangsysteem
2. Omgevingscondities
 - a. Watertype
 - b. Condities
3. Massa gevangen plastic
 - a. Hoeveelheid
 - b. Effectiviteit
4. Kosten
 - a. Realisatie
 - b. Operatie en onderhoud
 - c. Kosten ten opzichte van plastic vangst

5. Ontwikkelstadium techniek (TRL level)
6. Robuustheid
7. Flexibiliteit legen
8. Omgevingshinder
9. Ecologische impact
10. Overige voor/nadelen

Het overzicht van deze vergelijking is te vinden in Bijlage A.

In de onderstaande paragrafen zijn de aspecten uitgelicht die belangrijk zijn voor de analyse of waar de systemen significant van elkaar verschillen. Deze aspecten zijn weergegeven in Tabel 2.1.

Tabel 2.1: Belangrijkste vergelijkingsaspecten

Vangststelsel	Watertype pilot	Vangst t.o.v kosten per jaar (kg/k€)	TRL (technological readiness level)	Overige voordelen	Overige beperkingen
Bubble Barrier	Rivier	Vangst is niet bepaald (Westerdok: nog onbekend)	6 (nog geen 7, want geen opvangstelsel en slechts gedeelte van breedte) (Westerdok: 7)	(1) Door de opwaartse stroming nabij het bellenscherm wordt (een deel van) het zwevend afval naar de oppervlakte gebracht, waar dit kan worden afgevangen (2) Toepasbaar in een vaargeul	Het systeem werkt tot een horizontale stroomsnelheid van 0.5 m/s (beproefd). Stroomsnelheden in vaargeulen van de grote rivieren kunnen oplopen tot 1 m/s
CirCleaner 1.0	Sluiskolk die geschikt is gemaakt voor tests	Niet bekend	4 (de pilot was een test van een onderdeel; in volgende versie nog te testen: opslag, legen, scheiding afval op locatie, optimalisatie motorgebruik, onderhoud)	Compact en kan ook ingezet bij hogere stroomsnelheid	Nog in teststadium (zie ook TRL 4), waardoor continuïteit vangst nog onzeker is
Catchy	haven met doorgang naar natuurgebied	0.4 tot 0.6	7 (er zijn nog aanpassingen doorgevoerd tijdens de pilot)	Trechtersvorm van drijfnet met 1 m geotextiel eronder gericht om in te vangen bij dominante windrichting	Relatief veel nieuw plastic nodig (voor de afleiders, drijvers voor het frame en geleiders)
Shoreliner	haven	1.6 tot 2	7 tot 8	Eenvoudig ontwerp en robuust	Gedurende de jaren waren meerdere reparaties/ upgrades nodig
Litter trap LT6	haven	0.2 tot 0.5	8	Ervaring opgebouwd op meerdere locaties in binnen- en buitenland; Eenvoudig ontwerp en robuust; plasticvangnet zelf is hoofdzakelijk gemaakt van gerecycled plastic	Het legen vindt vaker plaats dan bij andere systemen (misschien is dit niet nodig, maar is het vanwege de lage kosten van ledigen in Rotterdam kosteneffectiever dit vaker te doen)

2.2.1 Locatie vangststelsel

Voor de locatie van het vangststelsel kunnen 2 zaken worden onderscheiden: 1) de locatie van de pilot en 2) de mogelijke locaties van het vangststelsel. Beide zaken worden hieronder beschouwd.

Locatie pilot

Rijkswaterstaat heeft voor de pilots verschillende locaties bepaald om plastic vangsystemen in verschillende riviersystemen te onderzoeken. Hierbij gaat het om een gestuwde rivier, een ongestuwde rivier en een getijdenrivier/havengebied. Doordat de pilot met de CirCleaner in een sluis heeft plaatsgevonden en de pilot met het bellenscherm niet is uitgevoerd is voor deze systemen niet te bepalen hoe effectief deze systemen zijn in riviersystemen. De pilots in de havenbekkens hebben wel voldoende lang plastic ingevangen, alleen representeert de stroming in deze havenbekkens de stroming van een getijdenrivier maar ten dele. Bij deze pilots is naar verwachting de windrichting een belangrijkere factor voor de invang van plastics dan de omkering van de stroming, terwijl het omkeren van de stroming een belangrijke proces is voor het transport van plastics in typische getijdenrivier. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de havenbekkens zijn gekozen voor de pilotlocaties, zodat de systemen de scheepvaart niet hinderen.

Geen van de pilots heeft plastics ingevangen over de gehele breedte van een watergang. Terwijl het merendeel van het transport van plastics plaats vindt in de hoofdgeul. Hierdoor is de potentiële vangst langs de randen van de watergang ordes kleiner dan wanneer een systeem plastics uit de hoofdgeul zou kunnen afvangen.

Mogelijke locaties vangststelsel

Doordat de systemen Catchy, CirCleaner, Shoreliner en Litter Trap allemaal met drijfnetten werken, zijn deze systemen beperkt inzetbaar in rivieren met scheepvaart. Deze systemen kunnen alleen aan de oevers of in riviersystemen zonder scheepvaart worden geplaatst. Hierbij dient te worden opgemerkt dat de Shoreliner is ontworpen om plastics aan de oever af te vangen en niet over de breedte van de rivier. Gestuwde rivieren kunnen nabij de stuw wel geschikt zijn voor het afvangen van plastics met drijfnetten, aangezien er geen scheepvaart de stuw kan passeren.

Het systeem met een bellenscherm kan wel over de gehele breedte van de rivier worden toegepast. Echter bij diepe en brede rivieren moet de capaciteit van de compressor die zorgt voor de luchttoevoer wel voldoende hoog zijn om een bellenscherm over de breedte van de rivier te creëren.

2.2.2 Meetduur en bron plastics

De duur van de pilots verschilt significant. De CirCleaner heeft gedurende 2 weken de testopstelling af en toe beproefd, waarbij Noria drijvende plastics gevonden langs de oevers bovenstrooms van de CirCleaner in het water heeft gegooid. De duur van de pilot met het bellenscherm is net wat langer: zo'n 3.5 weken. Bij deze pilot zijn, net als bij de CirCleaner pilot, drijvende deeltjes (sinaasappels en vlaggen bij het bellenscherm) bovenstrooms in het water gegooid.

Doordat de testduur van deze beide pilots relatief kort was en doordat de plastics bovenstrooms zijn ingebracht is het niet mogelijk om te bepalen hoe het systeem zich gedraagt onder veranderende stromings- en weersomstandigheden. Om dit te kunnen bepalen moet langer gemeten worden. In beide pilots zijn drijvende plastics toegepast. Bij de pilot van het bellenscherm is niet bepaald of er ook plastics dieper uit de waterkolom naar het kribvak zijn getransporteerd.

De andere systemen projecten hebben minimaal een jaar gedraaid en bij deze pilots is het plastic niet bovenstrooms ingebracht. Bij deze testen is al het ingevangen plastic, plastic wat zich in de rivier (havenbekkens) bevond.

2.2.3 Ingevangen plastics

Bij zowel het bellenscherf als de CirCleaner is weinig tot geen plastic ingevangen onder natuurlijke omstandigheden. Bij de testen van de CirCleaner is vooral bepaald welk deel van het ingeworpen plastic wordt afgevangen ten opzichte van het voorbijkomende plastic. En bij de testen van het bellenscherf is wat plastic vanuit de rivier naar het kribvak geleid, maar is vooral bepaald hoe effectief het scherm is door bovenstrooms drijvende objecten in de rivier in te brengen.

De systemen Catchy, de Shoreliner en de Litter Trap hebben wel plastic ingevangen dat werd getransporteerd in de rivier. Bij deze systemen is het organisch drijfvuil gescheiden van het plastic, waarna het plastic is gedroogd. Catchy en de Shoreliner hebben gedurende de operationele periode zo'n 75-80 kg/jaar aan droog plastic ingevangen. Deze systemen liggen beide aan de noordoever van de Nieuwe Maas op zo'n 4km afstand. De geometrie en de lengte van de drijfnetten verschillen toch behoorlijk van elkaar, waardoor het toch opmerkelijk is dat een vergelijkbare hoeveelheid plastic is ingevangen.

De afgevangen hoeveelheid plastics is slechts een klein deel van de hoeveelheid plastics die per jaar door de grote rivieren naar zee worden getransporteerd. Dit komt doordat de opvangsystemen in havenbekkens hebben gelegen en niet over de gehele breedte van de rivier. Van Emmerik et al (ref [12]) schat op basis van visuele tellingen vanaf verschillende bruggen dat de jaarlijkse plastic afvoer door de Rijn en de Maas respectievelijk 59 en 73 ton is. Eerder heeft van der Wal et al. (2015) op basis van netmetingen in de Nieuwe Maas geschat dat jaarlijks 20-31 ton plastic door de Rijn wordt getransporteerd (ref [13]). Hoewel deze getallen extrapolaties zijn van korte monitoringsperioden en de methode verschilt, zijn ze qua orde vergelijkbaar.

Naast wegvangen door plastic vangsystemen wordt plastic ook handmatig verwijderd, zoals bij opruimacties door (vrijwilligers van) Schone Rivieren. In de periode 2013-2018 is er door gecoördineerde opruimacties zo'n 175 ton aan rivierafval opgeruimd op 1004 trajecten langs de Maas en de Waal (ref [14]). Dit geeft aan dat het opruimen van plastic zwerfafval langs rivieren een belangrijke bijdrage levert aan het verwijderen van plastic uit het riviersysteem. Daarnaast wordt er een grote hoeveelheid plastic zwerfafval jaarlijks ingezameld doordat Stichting de Noordzee een cleanup tour houdt. In 2019 is bij een inzameling op meerdere stranden aan de Nederlandse kust zo'n 10 ton (ref [17]) aan plastic afval verzameld door zo'n 2500 vrijwilligers. De hoeveelheid plastic die tijdens opruimacties van de stranden wordt gehaald is daarmee ordes groter dan hetgeen wordt ingevangen door de plastic vangsystemen uit de pilots die geplaatst waren in de havenbekkens. Hierbij dient wel de kanttekening te worden gemaakt, dat bij dit soort initiatieven vaak veel vrijwilligers mee helpen

2.2.4 Ontwikkelstadium (TRL niveau)

Om het ontwikkelstadium van de techniek te kunnen beoordelen is per vangstelsel het Technological Readiness Level (TRL) bepaald. Het TRL niveau geeft het ontwikkelstadium van de techniek weer. De TRL niveaus 1-3 beschrijven het onderzoekstraject, de niveaus 4-6 beschrijven het ontwikkeltraject, niveaus 7 en 8 beschrijven de demonstratie met pilots en niveau 9 is de eindfase waarin de innovatie marktklaar is.

De beschouwde systemen hebben TRL niveaus 4 tot en met 8. De CirCleaner heeft hierbij het laagste TRL niveau en zit nog in de ontwikkelfase om het plastic vangstelsel te optimaliseren. De Shoreliner en de Litter Trap zijn inmiddels al op TRL niveau 8, waarbij het concept is getest en het heeft bewezen aan de gestelde verwachtingen te kunnen voldoen. Vanwege het verschil in TRL niveau is het niet logisch om de verschillende systemen met elkaar te vergelijken, omdat

bij de systemen met een lager TRL niveau nog veranderingen kunnen plaatsvinden om het systeem verder te optimaliseren. Hierdoor kan het systeem nog aanzienlijk veranderen.

2.2.5 Kosten

Om kosten van de verschillende vangsystemen goed te kunnen vergelijken is getracht een prijs per eenheid (k€ / kg droog plastic) te bepalen. Voor de systemen Catchy en Shoreliner is dit in de orde van 0.4-2 k€/kg (zie Bijlage A). Omdat de constructiekosten een aanzienlijk deel van de kosten beslaan en het systeem niet na 1 jaar is afgeschreven, wordt deze verhouding hoger als het systeem langer in het water ligt.

Belangrijke kostenposten om tot een prijs per eenheid te komen zijn constructiekosten, installatiekosten, onderhoudskosten, verbruikskosten en exploitatiekosten. Omdat de verschillende vangsystemen in een andere ontwikkelfase zitten (zie paragraaf 2.2.4), en omdat de pilots op een andere locatie (en watertype) zijn uitgevoerd, is het lastig om de kosten met elkaar te vergelijken. Alleen de kosten van de vangsystemen in havenbekkens zijn realistisch met elkaar te vergelijken, alhoewel hierbij ook wordt opgemerkt dat de engineeringkosten voor nieuwere systemen zoals Catchy hoger liggen dan voor reeds bestaande systemen zoals de Shoreliner en de Litter Trap.

Tabel 2.2 geeft een kwalitatief overzicht van de kosten van de geteste vangsystemen. Hierbij is uitleg gegeven van de beoordeling van de grootste kostenpost. De kwalitatieve beoordeling is relatief ten opzichte van de andere vangsystemen. De systemen Catchy, Shoreliner en Litter Trap zijn volledig passieve systemen, die relatief goedkoop kunnen worden toegepast. Dit geldt ook voor de CirCleaner, maar omdat de CirCleaner aandrijving nodig heeft, zullen de kosten waarschijnlijk iets hoger zijn dan volledig passieve systemen. Het bellenscherm daarentegen is duur om toe te passen, in verband met de hoge installatiekosten en het hoge energieverbruik.

Tabel 2.2: kwalitatief vergelijk kosten van de plastic vangsystemen van de pilots. Uitleg tabel. "--": zeer laag, "-": laag, "0": gemiddeld, "+" hoog, "++": zeer hoog, "nvt": niet van toepassing.

kostenposten	Bellenscherm	CirCleaner	Catchy	Shoreliner	Litter Trap	Opmerkingen
constructie	+	0	-	-	-	bij het bellenscherm is een compressor met een gebouw nodig, wat niet nodig is bij de andere systemen
installatie	+	-	-	-	-	bellenscherm moet geplaatst worden, de andere systemen kunnen per schip worden vervoerd en geïnstalleerd
onderhoud	0	0	-	-	-	bij bellenscherm en de CirCleaner vanwege bewegende onderdelen iets hoger
verbruik	++	-	nvt	nvt	nvt	hoog energieverbruik compressor om bellenscherm te creëren
exploitatie	0	0	0	0	0	bij alle systemen moet een vrachtauto het vuil regelmatig komen verwijderen

Door het verschil in TRL niveaus (zie paragraaf 2.2.4) is er ook een verschil in constructiekosten van de verschillende systemen. De systemen Catchy, Shoreliner en Litter Trap zijn bijvoorbeeld verder in hun ontwikkeling dan de CirCleaner. De constructiekosten van de systemen met een hoger TRL niveau zijn vaak lager, dan voor systemen die minder ver zijn in hun ontwikkeling.

2.2.6 Alternatieve vangsystemen

Bij de pilots zoals beschreven in dit rapport wordt het plastic verzameld met behulp van drijfvarmen of bellenschermen waarna het wordt opgevangen en afgevoerd. Hierbij zijn

voornamelijk passieve systemen (Catchy, de Shoreliner, de Litter Trap) en actieve systemen (het bellenscherm en de CirCleaner) geanalyseerd. Varende systemen zijn niet beschouwd in dit overzicht. Hoewel varende systemen energie verbruiken, zullen deze systemen slechts in beperkte mate organisch materiaal afvangen. Hierdoor zouden dit type systemen ook van toegevoegde waarde kunnen zijn om plastics uit het water te halen in gebieden waar zich grote hoeveelheden organisch materiaal in het water bevinden.

Naast autonoom varende systemen, zouden ook bemande varende systemen kunnen worden toegepast. Een voorbeeld hiervan is het initiatief van de plasticsoup surfer. In het buitenland wordt bijvoorbeeld ook plastic ingevangen met kajaks.

Naast plastic vangsystemen wordt er bij water inname systemen zoals toegepast bij koelwater en drinkwaterinname en gemalen ook al veel vuil en plastics ingevangen. Op deze locaties wordt het water vaak gefilterd door een grof rek met eventueel mechanische reiniging en een fijnfilter met mechanische reiniging (beter bekend als: *drum screens* of *travelling band screens*). Deze systemen zouden ook kunnen worden toegepast om plastic uit het water te filteren. De bedrijven³ die deze systemen maken hebben veel ervaring met waterfiltering en deze kennis kan van meerwaarde zijn om plastic opvangsystemen door te ontwikkelen tot TRL niveau 9. Daarnaast kunnen deze inlaatsystemen gebruikt worden om te monitoren hoeveel plastics zich in de watergangen bevinden.

³ Een van de bedrijven die deze verschillende filtersystemen op grote schaal maakt is het bedrijf "Hubert" in Stavoren. Op hun website is veel achtergrondinformatie te vinden over verschillende filtersystemen.

3 Conclusies

In dit hoofdstuk zijn de conclusies geformuleerd aan de hand van de onderzoeksvragen zoals geformuleerd in hoofdstuk 1.

- Geven de pilots een representatief beeld van de vangsystemen en de mogelijkheden om plastic af te vangen.

Gezien de grote variatie in tijdsduur en ontwikkelstadium tussen de verschillende pilots, kunnen alleen conclusies worden getrokken aan de hand van de pilots die minstens een jaar in het water hebben gelegen. Dat is het Catchy systeem, de Shoreliner en de Litter Trap. De pilots in de sluis bij Borgharen en de pilot in de IJssel over een gedeelte van de breedte geven te weinig inzicht over het gedrag van het vangstelsel in de rivier.

De drie systemen die langer dan een jaar in het water hebben gelegen zijn vergelijkbare systemen, waar het plastic in een havenbekken met drijfvarmen naar een afvangstelsel wordt begeleid. De afvangstelsel hebben het grootste deel van het plastic zwerfafval vastgehouden totdat het werd verwijderd. Doordat de optie met drijfvarmen alleen toepasbaar is op plaatsen waar geen scheepvaart is, geven de pilots een beperkt beeld voor plastic vangstelsel die kunnen worden toegepast in de druk bevaars Nederlandse rivieren.

Andere systemen zoals een slim (on)bemand varend stelsel om plastic af te vangen zonder drijfvarmen zijn niet beschouwd. Tezamen met de korte pilots van de *CirCleaner* en het bellenscherm kan alleen een eenzijdig beeld van plastic vangstelsel worden gegeven.

- Wat is de effectiviteit van het vangstelsel ten opzichte van alternatieve vormen van plastic verwijdering

Bij het afvangen van plastics worden vaak ook grote hoeveelheden natuurlijk materiaal ingevangen. Het gewicht van het hieruit gedestilleerde plastics was voor de systemen Catchy en de Shoreliner ongeveer 75-80 kg/jaar aan droog plastic. Ter referentie, dit komt overeen met ongeveer 5 lege PET flessen met een inhoud van 1.5 liter per dag.

Als de opvang van plastics op de voorgeschreven locaties wordt vergeleken met de rivieroevermonitoring van Schone Rivieren en met plastic opruimacties op stranden van Stichting de Noordzee, dan zijn de opruimacties op oevers en stranden effectiever. Dit heeft onder andere te maken met het feit dat bij opruimacties alleen zwerfafval wordt opgeruimd en geen organisch materiaal. Bij deze opruimacties worden hoeveelheden van enkele tientallen tonnen per jaar ingezameld. Om deze hoeveelheden uit de rivier te halen met plastic vangstelsel, zijn veel vangstelsel nodig, of moeten de vangstelsel op andere locaties worden toegepast, zodat er meer plastics uit het water kunnen worden gehaald.

Naast het opruimen van plastics uit het water zijn bronmaatregelen belangrijk, zodat de plastics uiteindelijk niet in het water belanden.

- In welk watertype en onder welke condities werkt het vangstelsel

De systemen zoals geanalyseerd werken allemaal met een constructie van vangarmen die het plastic naar een opvangsysteem brengen. In het opvangsysteem wordt het zwerfafval vastgehouden. Alleen het systeem van The Great Bubble Barrier is gebaseerd op een ander principe, waarbij het luchtbellenscherm zorgt dat de plastics bij het opvangsysteem komt. Dit zorgt ervoor dat het systeem van TGBB het enige systeem is dat kan worden toegepast in de hoofdgeul van een rivier waar ook scheepvaart is. Indien systemen over de gehele breedte van de rivier worden toegepast is de potentiële vangst vele malen hoger (orde 100-1000), omdat er het meeste plastics in watergangen door de hoofdgeul wordt getransporteerd.

De systemen met vangarmen met een onderwaterschermbalk steken vaak een halve meter tot maximaal anderhalve meter in het water. Hierdoor kan het plastic dat dieper in de waterkolom zwevend wordt getransporteerd er onderdoor stromen. Met het bellenscherm zouden ook plastics dieper uit de waterkolom worden ingevangen. Bij alle systemen worden de plastics alleen ingevangen indien de windrichting en de stroomrichting naar het vangststelsel toe beweegt. Bij een wind- of stromingsrichting van het systeem af, werken de systemen niet. Doordat alle vangsystemen het plastic in het opvangsysteem kunnen vasthouden, zal er geen ingevangen plastic verloren gaan.

De ontwikkelaars van de vangsystemen hebben aangegeven dat de vangsystemen allemaal robuust genoeg zijn om een storm te kunnen doorstaan. De systemen worden daarom tijdens stormachtige omstandigheden niet uit het water gehaald.

- Wat is ecologische impact van de verschillende systemen

De generieke ecologische impact van alle vangsystemen is vergelijkbaar: doordat er plastics uit het oppervlaktewater worden verwijderd, zullen vissen en vogels minder plastics eten en minder vaak verstrikt raken in het zwerfafval.

De ecologische impact per vangststelsel is voor geen van de geanalyseerde afvangsystemen bepaald. Bij de meeste pilots is wel aangegeven dat er vis in het afvangsysteem is gevonden, maar dat het hierbij alleen om dode vissen ging. In het systeem van de Shoreliner is het voor vissen mogelijk om te ontsnappen als ze in het opvangsysteem zijn beland, omdat het afvangsysteem geen bodem heeft.

Bij alle systemen met drijfnetten is het voor vissen mogelijk om onder deze drijfnetten door te zwemmen. Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat het nog onduidelijk is of de vangarmen ook vissen hoog in de waterkolom (zoals smolts) hinderen bij het passeren. Dit geldt ook voor het bellenscherm. Het is niet duidelijk of trekvis door het bellenscherm heen zullen zwemmen. TGBB heeft echter aangegeven dat er geen bellenscherm onder de opvangbak aanwezig is, waardoor dit een locatie is waar vissen ongestoord het bellenscherm kunnen passeren.

4 Aanbevelingen

De hier genoemde aanbevelingen worden gedaan op basis van de geanalyseerde resultaten.

- Drijfarmen lijken een goede methode te vormen om plastics naar een opvangsysteem te brengen. Het nadeel van deze drijfarmen is dat ze de scheepvaart kunnen hinderen. Op locaties waar geen scheepvaart is, kunnen drijfarmen worden toegepast om het plastic naar het opvangsysteem te brengen.

Rijkswaterstaat gaat op de Maas 7 stuwen renoveren of vervangen vanwege groot onderhoud. Deze locaties zijn erg geschikt om plastics in te vangen, doordat er geen scheepvaart in de buurt van deze stuwen komt. Door bovenstrooms van deze stuwen een plastic vangstelsel met drijfarmen te plaatsen, kan er veel plastic worden ingevangen. Bovendien is dit een kans voor langdurige monitoring van plastics over de gehele breedte van een rivier.

Het is vaak niet is toegestaan om plastic vangsystemen toe te passen in vaargeulen. Echter door plastic vangsystemen met drijfarmen in meerdere kribvakken van de rivier te plaatsen, is het mogelijk om een deel van het drijvende rivierplastic in te vangen. In een pilot moet onderzocht worden of dit kostenefficiënt kan worden uitgevoerd, aangezien dit meerdere vangsystemen vereist. Hierbij zijn kribvakken aan de noord oever noordoever interessant vanwege de heersende windrichting in Nederland en zijn kribvakken in de buitenbocht van een rivier interessant omdat hier waarschijnlijk het meeste drijvende plastic afgevangen kan worden, door de lokale stromingscondities.

- Een alternatief voor de beschouwde systemen is een (on)bemand slim varende systeem zonder drijfarmen. Deze vangsystemen zouden wel specifiek moeten worden ontworpen waardoor ze alleen plastics invangen. Het voordeel is dat organisch drijfvuil beperkt wordt ingevangen, waardoor de capaciteit voornamelijk kan worden benut voor plastic zwerfafval waardoor het volume beperkt blijft. Het is raadzaam om ook een varende systeem (bemand of autonoom) te beschouwen bij nieuwe pilots. Dit soort systemen zouden ook kunnen worden toegepast in situaties waar weinig tot geen stroming is, zoals in meren.

Doordat de TRL niveaus van autonoom varende systemen nog relatief laag is, is het aan te raden om te onderzoeken of een bemand varende systeem toe te passen is in een nieuwe pilot.

- Met opruimacties om plastics van oevers en stranden te verzamelen, zoals uitgevoerd door de stichtingen Schone Rivieren en stichting de Noordzee, wordt veel plastics van de rivieroevers en van de stranden verwijderd. Het is daarom aan te raden om deze initiatieven te blijven stimuleren.

Naast het opruimen van plastics uit het water is het ook aan te raden om aandacht te geven aan bronmaatregelen, zodat de plastics uiteindelijk niet in het water belanden.

- Bij water inname systemen zoals toegepast voor koelwater, drinkwater, gemalen etc, wordt het water vaak voorgefilterd. Bij dit soort systemen wordt vaak een grof rek toegepast met eventueel mechanische reiniging en een fijnfilter met mechanische reiniging (beter bekend als: drum screens of travelling band screens). Deze systemen

zouden ook kunnen worden toegepast om plastic uit het water te filteren. De bedrijven die deze systemen maken hebben veel ervaring met waterfiltering en deze kennis kan van meerwaarde zijn om plastic opvangsystemen door te ontwikkelen tot TRL niveau 9. Daarnaast kunnen deze inlaatsystemen gebruikt worden om te monitoren hoeveel plastics zich in de watergangen bevinden.

5 Referenties

- [1] Allseas, 2021, “Rijkswaterstaat pilotproject -Zwerfafval afvangen in de Nieuwe Maas bij Vijfsluizerhaven”, rev 1, eindrapport, Allseas ref: 710339
- [2] Clear Rivers, 2021, “Litter Trap-Litter trap’s description and worldwide installations”, Clear Rivers brochure, Rotterdam
- [3] De Vries R., van der Vaart A., 2020, “Pilot vangstelsysteem voor plastic afval bij stuw Borgharen”, Noria rapport ref: 2019-CCC-RWS002, versie 3.0, datum: 02-04-2020
- [4] De Vries R., van der Vaart A., 2020, “Keuzemodel monitor- en afvangtechniek bij Stuw- en sluiscomplex Borgharen”, Noria rapport ref: 20191-CCC-RWS001, versie 3.0, datum: 06-02-2020
- [5] Deltares, 2018, “Leerruimte SSRS: Pilot afvangen plastic in rivieren en kanalen m.b.v. The Great Bubble Barrier (TGBB)”, Deltares presentation on pilot IJssel bij Kampen.
- [6] Dijkstra H., van Beukering P., Brouwer R., 2021, “In the business of dirty oceans: Overview of startups and entrepreneurs managing marine plastic”, Journal of Marine Pollution Bulletin 162, ref: 111880, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111880>
- [7] Helinski O.K., Poor C.J. Wolfand J.M., 2021, “Ridding our rivers of plastic: A framework for plastic pollution capture device selection”, Journal of Marine Pollution Bulletin 165, ref: 112095, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112095>
- [8] Hop J., 2020, “Monitoringsplan effecten plasticvangstelsysteem op vis en macrofauna”, ATKB rapport ref: 20191238/01, concept v1.
- [9] Landman, 2019, “Eindrapportage Shoreliner Lekhaven Rotterdam”, Tauw rapport ref: R002-1261397HLM-V02-nnc-NL
- [10] Nieuwenhuizen Wijbenga C., van Veldhoven – van der Meer S., 2018, “Gezamenlijke aanpak plastic zwerfafval”, kamerbrief kenmerk IENW/BSK-2018/232541
- [11] Van den Kieboom, M., Suesan-Regoort J., 2018, “Overzicht Vangsystemen afval in water: kenmerken en mogelijke inzet voor monitoring” Antea group rapport, ref: 412153
- [12] Van Emmerik T., de Lange S., 2021, “Pilot monitoring drijvend zwerfafval en macroplastics in rivieren”, Rapport Wageningen Universiteit & Research, <https://doi.org/10.18174/549319>
- [13] Van der Wal M., van der Meulen M., Tweehuijsen G., Peterlin M., Palatinus A., Virsek K., Coscia L. en Krzan A., 2015, Identification and Assessment of Riverine Input of (Marine) Litter. Final Report for the European Commission DG Environment under Framework Contract No ENV.D.2/FRA/2012/0025.
- [14] Schone Rivieren, 2019. Wat spoelt er aan op rivieroeveren? Resultaten van twee jaar afvalmonitoring aan de oevers van de Maas en de Waal, rapport 30 pp.
- [15] Vriend, P., Van Calcar, C., Kooi, M., Landman, H., Pikaar, R., & Van Emmerik, T., 2020, Rapid assessment of floating macroplastic transport in the Rhine. Frontiers in Marine Science, <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00010>
- [16] Sherington C., Darrah C., Horton I., Duffield L., Gillie H., Carhart J., Mason R., 2021, “Riverine Litter Capture Technology Review – final report for Marine Schotland”, Eunomia Research and Consulting Ltd report.
- [17] Boonstra M., van Galen E., van Hest F. (2021), “Goed op weg naar een schone Noordzee – resultaten van 20 jaar strandafvalonderzoek en 7 jaar Beach Cleanup Tour”, Stichting de Noordzee rapport

A Overzicht per vangstelsysteem op basis van Helinski et al. (2021)

Vangstelsysteem	Organisatie	Locaties van pilots (en overige geplaatste systemen)	Beschrijving werking	Benodigde energie (na realisatie)
Bubble Barrier	The Great Bubble Barrier	IJssel bij Kampen met een bellenscherm over een gedeelte van de breedte (Westerdok in Amsterdam over gehele breedte)	Samengedrukte lucht stroomt via een geperforeerde buis op de rivierbodem het water in, waardoor een bellenscherm ontstaat. Door het bellenscherm diagonaal over een watergang te plaatsen wordt drijvend zwerfafval door de natuurlijke stroming naar het opvangstelsysteem geleid.	Onbekend (Compressor Westerdok verbruikt ongeveer 10 kW (continu)) Daarnaast energie nodig voor legen systeem
CirCleaner 1.0	Noria	Oude stuiskolk in Maas bij Borgharen	Het systeem heeft vijf scheppen en een afvoer naar de interne opslagcontainer. Aanstromend drijvend en zwevend zwerfafval wordt uit het water gelift door de scheppen, welke elektrisch aangedreven draaien tegen de stroomrichting van het water in. De bedoeling is in de toekomst het systeem op waterkracht te laten draaien.	Maximaal 0.4 kW aan stroomverbruik voor het laten draaien (continu) Daarnaast voor het legen systeem
Catchy	Allseas	Vijfsluizerhaven aan Nieuwe Maas (Patje Plastic in haven van Antwerpen)	Een opvangbak vangt passief drijvend en zwevend zwerfafval tot 1 m diep in. De opvangbak heeft een maaswijdte van 3 mm en heeft een terugslagklep aan de voorkant die open en dicht kan. Daarbij geleiden een 200 m lange drijfarm en een 12 m drijfarm (van gerecycled EPS, geotextiel en PVC) afval naar de opvangbak.	Bij legen systeem
Shoreliner (permanent sinds 2016, de versie na update mei 2018 is beschreven)	Tauw	Lekhaven in Rotterdam tot 2018 (recent andere versies in het Haringvliet en in Stavoren)	Een 100 m lange drijver (styrofoam met daaromheen filterdoek) langs de oever geleid drijvend zwerfafval naar een opvangstelsysteem, met behulp van stroming en wind. Het opvangstelsysteem is open aan de onderzijde. Extra drijvers helpen uitwaaien voorkomen. De diepteligging van het geheel is 0.5 m.	Bij legen systeem
Plasticvanger (Litter trap LT6 toegepast in drie havens in Rotterdam)	Clear Rivers	Coolhaven, Delfshaven en Keilehaven in Rotterdam (in Brussel, LT5 systeem toegepast in de IJssel bij Zwolle en bij Schiedam)	De plasticvanger is een drijvend platform met een serie openingen waardoor zwerfafval wel naar binnen kan bij instroming of gunstige wind, maar niet (of moeilijk) naar buiten kan bij een omgekeerde stroomrichting. Met drijvers kan de aanvoer worden vergroot.	Bij legen systeem

Vangststelsel	Capaciteit in oppervlak (en inhoud)	Waterniveau pilot	Conditie pilot	Plastic vangst droog (kg/jaar)
Bubble Barrier	Geen opvangstelsel gebruikt bij Pilot Kampen (Westerdok: ongeveer 3 bij 1.5 m en diepgang 1 m)	Rivier (Westerdok: kanaal)	Gemiddelde IJsselafvoer, weinig wind (Westerdok: lage stroomsnelheid)	Niet bepaald wat er aan niet-ingevoerd afval is gevangen (Westerdok: analyse vangst volgt)
CirCleaner 1.0	Niet getest	Sluiskolk die geschikt is gemaakt voor tests: River Test Center (niet gestuwde rivier is vervolgd)	Getest bij stroomsnelheden tussen ongeveer 0.2-0.35 m/s	Niet bepaald wat er aan niet-ingevoerd afval is gevangen
Catchy	6.3 m ² (3.5 m lang en 1.8 breed; <i>Patje plastic</i> twee keer zo groot) en max 6.3 m ³ (diepgang 1 m; <i>Patje Plastic</i> 1.5 m)	haven met doorgang naar natuurgebied	Waterstandsvariatie door getij, wind en afvoervariatie over meerdere jaren inclusief storm	76
Shoreliner (permanent sinds 2016, de versie na update mei 2018 is beschreven)	27.5 m ² (Lengte en breedte zijn 5.25 m) en max 13.8 m ³ (diepte is 0.5 m)	haven	Waterstandsvariatie door getij, wind en afvoervariatie over meerdere jaren inclusief storm	ongeveer 80
Plasticvangst (Litter trap LT6 toegepast in drie havens in Rotterdam)	21 m ² (6 m lang en 3,5 m breed) en max 31.5 m ³ (diepgang plasticvangst 1.5 m)	haven	Waterstandsvariatie door getij, wind en afvoervariatie over meerdere jaren inclusief storm	24

Vangststelsel	Opmerking bij vangst	Wattype waar het systeem effectief toegepast kan worden	Efficiëntie (massa-% dat wordt ingevangen van het langskomende zwerfafval > 5 mm)
Bubble Barrier	Het zwerfafval kwam in een kribvak, waar het handmatig is verwijderd en deels bewaard, maar niet gesorteerd. Tijdens de test is handmatig testmateriaal (vlaggen en sinaasappels) toegevoegd	Technisch haalbaar tot diepte <10m en een breedte <250m; Meest hanteerbaar voor diepte <5m en breedte <100m en relatief lage stroomsnelheid	Van losgelaten vlaggen en sinaasappels bovenstrooms is ongeveer 80% ingevangen: lek trad op bij knik in dieper deel in scherm, welke was ontstaan door onnauwkeurige plaatsing
CirCleaner 1.0	Handmatig afval in het water toegevoegd.	Toepassing bijvoorbeeld in smal kanaal, waar vuil naar de schep wordt toegebracht	95% van het ingebrachte drijvende zwerfafval (10-700 mm lengte) werd gevangen
Catchy	Ongeveer 1/5 deel van de vangst, 68 kg, was plastic in het pilotjaar (Patje plastic ving 800 kg plastic over een jaar)	In een haven/zijarm noord-oostelijk van hoofdgeul	Er zijn enkele metingen uitgevoerd, maar daar is niet veel mee te zeggen.
Shoreliner (permanent sinds 2016, de versie na update mei 2018 is beschreven)	Over laatste jaar van oktober 2017 tot okt 2018, 7 ledigingen; bij maandelijks ledigen naar verwachting flink hoger	(noord)oostzijde dode zijarm, afhankelijk van de dominante windrichting	Zwevend plastic slaat waarschijnlijk voor Shoreliner neer in luwte, alle rest vang je af;
Plasticvanger (Litter trap LT6 toegepast in drie havens in Rotterdam)	Gebaseerd op een gemiddelde van de 3 systemen in Rotterdam over period nov 2020 tm feb 2021, uitgaande van 58 massa-% plastic, zoals NCTP vond	in buitenbocht en met oriëntatie gunstig voor ZW wind	De oever van de Keilehaven werd na plaatsing van het systeem duidelijk schoner (geen kwantitatieve uitspraak mogelijk)

Vangstysteem	Kosten realisatie pilot (k€)	Toelichting realisatiekosten (Capex)	Kosten operatie en onderhoud systeem tijdens pilot (k€ /jaar)	Toelichting kosten na installatie (Opex)	Vangst per totaalkosten voor een jaar (kg/k€)
Bubble Barrier	300 tot 800	Range is kostenindicatie TGBB voor gemiddelde Nederlandse rivier vanaf 50 m; (Pilot 2018 werd mede gefinancierd uit prijs van 100kEuro, TKI subsidie voor voorbereiding en labwerk, en vele in kind bijdragen ter waarde van tonnen)	10 tot 30	Per jaar zijn OPEX kosten in de lagere tienduizenden voor een gemiddelde Nederlandse rivier vanaf 50m breed. Deze bestaan uit stroomverbruik voor en onderhoud van de compressor en kosten voor de lediging	Vangst is niet bepaald (Westerdok: nog onbekend)
CirCleaner 1.0	20	Dit zijn de productiekosten (engineering+uren externe partij + materiaal + motor), maar niet de uren van Noria (gehele pilotproject: 50 k€)	Niet te bepalen	Duur was te kort en nog geen opvangbak gebruikt;	Niet bekend
Catchy	130 tot 200	Kostenindicatie Allseas voor een nieuwe Catchy; (Capex voor pilot was 350 k€, inclusief engineering, fabricage, installatie en optimalisaties)	7.5	Kosten die zijn gemaakt in pilotjaar: €2000 voor onderhoud en €500 per maandelijkse lediging incl transport en kraandiensten	0.4 tot 0.6
Shoreliner (permanent sinds 2016, de versie na update mei 2018 is beschreven)	35 tot 45	Met 100 m barrier van zeildoek (Buitingh doek)	5.4	450 euro per lediging, onderhoud nihil	1.6 tot 2
Plasticvanger (Litter trap LT6 toegepast in drie havens in Rotterdam)	40 tot 120	Kostenindicatie voor vergunning, ontwerp en plaatsing LT5 systeem: in de stad met 10 m keerscherm - buitenstedelijk met 265 m keerscherm	10	Kosten voor wekelijks 1 systeem ledigen voor een jaar (per lediging 150-250 euro, waarbij lage tarief door combinatie lediging 3 systemen in Rotterdam); Onderhoudskosten zijn nihil.	0.2 tot 0.5

Vangstelsysteem	TRL (technological readiness level)	Robuustheid bij storm of hoge afvoer	Flexibiliteit legen	Hinder voor omgeving
Bubble Barrier	6 (nog geen 7, want geen opvangstelsysteem en slechts gedeelte van breedte) (Westerdok: 7)	Verankering berekend op hoge afvoer (Westerdok: TGBB verwacht dat de buis en het vangstelsysteem bijvallen)	Niet getest (Westerdok: Vangstelsysteem kan vanaf het water of vanaf de kade gelegd worden mbv een kraan)	Compressor maakt lawaai, maar door geluidsisolatie van container is geluidsterkte voor de omgeving beperkt en binnen de geldende normen (Westerdok: er wordt geen hinder ervaren)
CirCleaner 1.0	4 (de pilot was een test van een onderdeel; in volgende versie nog te testen: opslag, legen, scheiding afval op locatie, optimalisatie motorgebruik, onderhoud)	(1) Plastic wordt uit het water gehaald: hierdoor vindt er geen opstuwing plaats. Dit kan een voordeel zijn bij hoge afvoer. (2) Het systeem is ontworpen zodat het voor een storm binnen binnen een halve dag te verwijderen is (maar dit hoeft pas bij zeer hoge windsnelheden).	Niet getest (in een volgende versie van het systeem zit opvangbak, waar plastics op elkaar vallen en eventueel op land worden opgeslagen)	Valt naar verwachting mee.
Catchy	7 (er zijn nog aanpassingen doorgevoerd tijdens de pilot)	Ontworpen om storm tot windkracht 10 te kunnen weerstaan. Geen schade door storm. (bij Patje plastic ook geen schade. Hier zijn kleine aanpassing gedaan na een storm om het robuust te maken)	Het legen is flexibel: er zijn twee uitwisselbare kooien beschikbaar. Kan vanaf land en vanaf het water gelegd. Nu met een kraan gelegd iedere 4 weken bij laag water.	Geen klachten
Shoreliner (permanent sinds 2016, de versie na update mei 2018 is beschreven)	7 tot 8	Bij storm blijft de Shoreliner liggen; systeem moet er alleen uit bij kruisend ijs. Schade door een schip komt vaker voor.	Kan ook met vrachtwagen met grijper	Geen klachten
Plasticvanger (Litter trap LT 6 toegepast in drie havens in Rotterdam)	8	Het systeem is niet uit het water gehaald met extreme condities. In 4 jaar is geen slijtage opgemerkt aan plasticvanger, wel aan drijfarmen (gaan jaar of 10 mee). Verankering is beperkend, maar geen ervaring met los raken door storm of hoge stroomsnelheid. Het systeem is wel eens aangevaren door een schip	De systemen in Rotterdam zijn vanaf land bereikbaar; Met schepnetten worden ze wekelijks gelegd en vangst afgevoerd met een busje/ bakfiets; In Brussel wordt geleid met een speciaal bootje	Geen klachten. Meeste mensen vinden het interessant. Ze krijgen regelmatig complimenten voor het afvangen. Vandalisme nog niet gezien gelukkig.

Vangststelsel	Ecologische impact	Overige voordelen	Overige beperkingen	Referenties
Bubble Barrier	Niet bepaald. In de pilot zat een plan van ATKB voor vismonitoring. Dit is niet uitgevoerd. het is onduidelijk of trekvisser het bellerscherm zullen passeren. Bij het ontwerp voor een locatie besteedt TGBB aandacht aan het minimaliseren van risico's voor (beschermde) vissen en vogels. (Westerdok: Waternet voert onderzoek uit i.s.m. RAVON)	(1) Door de opwaartse stroming nabij het bellerscherm wordt (een deel van) het zwevend afval naar de oppervlakte gebracht, waar dit kan worden afgevangen (2) Toepasbaar in een vaargeul	Het systeem werkt tot een horizontale stroomsnelheid van 0.5 m/s (beproefd). Stroomsnelheden in vaargeulen van de grote rivieren kunnen oplopen tot 1 m/s	Eindpresentatie TGBB IJssel (24 mei 2018); Monitoringsplan TGBB (2020); Monitoringsplan Deltares (2020); Lessons learned voorbereidend onderzoek bellerscherm IJssel (juni 2021)
CirCleaner 1.0	Niet bekend	Compact en kan ook ingezet bij hogere stroomsnelheid	Nog in teststadium (zie ook TRL 4), waardoor continuïteit vangst nog onzeker is	Noria (2020) Pilot vangststelsel voor plastic afval bij stuw Borgharen, versie 3.0, 2 april 2020
Catchy	Zwanen zwemmen om het systeem heen. Alleen gedeelten van vissen aangetroffen in Catchy. Zeehonden die gewenst zijn bij pilotlocatie, zijn niet gezien	Trechtersvorm van drijfham met 1 m geotextiel eronder gericht om in te vangen bij dominante windrichting	Relatief veel nieuw plastics nodig (voor de afleiders, drijvers voor het frame en geleiders)	concept eindrapport Vijfsluizerhaven (juli 2021)
Shoreliner (permanent sinds 2016, de versie na update mei 2018 is beschreven)	Nihil; een optie is om paaigrond te maken aan barrièr met drijvende eilanden	Simpel ontwerp en robuust	Gedurende de jaren waren meerdere reparaties/ upgrades nodig	Eindrapportage Shoreliner Lekhaven Rotterdam (2019); Rapportage 1 jaar Shoreliner (2017)
Plasticvanger (Litter trap LT6 toegepast in drie havens in Rotterdam)	Geen levende dieren ingevangen, alleen dode vissen en vogels.	Ervaring opgebouwd op meerdere locaties in binnen- en buitenland; Simpel ontwerp en robuust; plasticvanger zelf is hoofdzakelijk gemaakt van gerecycled plastic	Het legen vindt vaker plaats dan bij andere systemen (misschien is dit niet nodig, maar is het vanwege de lage kosten van ledigen in Rotterdam kosteneffectiever dit vaker te doen)	Litter trap manual 2021 (brochure); Monitoring verslag drijfvuil Rotterdam (2020); Presentatie NCTP over analyse van sample gevangen drijfvuil (Juni 2021)

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

Deltares

www.deltares.nl