

GROENBLAUWE OPLOSSINGEN

KANSEN EN RISICO'S

ONDERZOEKSRAPPORT

COLOFON

Auteurs: Floris Boogaard, Joey Koning (Hanzehogeschool Groningen), Thomas Klomp (Scherpgesteld)

Foto's: Alle afbeeldingen die gebruikt zijn in dit onderzoeksrapport zijn afkomstig van betrokken onderzoekers met enkele uitzonderingen, aangeduid door bronverwijzing.

Dit onderzoek en rapport zijn mogelijk gemaakt door de volgende partijen:

- De betrokken hogescholen die ondersteunden in het voorbereiden, uitvoeren en verwerken van het veldwerk, het werven en begeleiden van studenten en het uitvoeren van analyses. Specifiek de volgende onderzoekers voor hun ondersteuning in het organiseren van de ClimateCafé's: Ted Veldkamp en Nick van der Lee (Hogeschool van Amsterdam), Teun Terpstra, Jasper van den Heuvel en Jean-Marie Buijs (Hogeschool Zeeland), Rick Heikoop (Hogeschool Rotterdam) en Ake Nauta (HAS Hogeschool).
- De betrokken waterschappen en overheden voor het inbrengen van lokale vraagstukken en een diverse verzameling aan wadi's. Maar ook voor het meenemen van collega's, het meedoen in het onderzoek met de voeten in de klei en het enthousiasme om groenblauwe oplossingen te verbeteren.
- De bedrijven van grote tot zzp'ers die op allerlei manieren hebben bijgedragen aan het onderzoek. Van het uitvoeren van metingen met specifieke instrumenten tot het ontwikkelen van tools en het verspreiden van leerlessen.
- Bewoners rond de onderzochte wadi's voor het warme welkom in hun 'voortuin' en het delen van ervaringen over hun wadi.
- Alle geïnteresseerden die elke week meededen in het online ClimateCafé of dit later terugkeken, wat ons het enthousiasme over dit onderwerp liet ervaren.
- Maar bovenal alle studenten en docenten die vanuit het hele land meededen in het veldwerk. We leerden samen veel over groenblauwe oplossingen en zonder hen was dit onderzoek niet mogelijk geweest.

Hanzehogeschool Groningen, Kenniscentrum NoorderRuimte, Juni 2023

WOORD VOORAF

We leven in een tijdperk van veranderingen. Van de manier waarop we energie produceren en gebruiken, hoe we spullen maken en hergebruiken tot de opkomst van kunstmatige intelligentie. Dit onderzoek gaat over één van die transities: die naar groenblauwe steden. Om de opkomende klimaatveranderingen op te vangen, om leefbaarheid en veiligheid van steden te behouden, maar ook om de biodiversiteit een kans te geven. Er zit haast bij die transitie, want we moeten het sneller en beter doen. Maar naast versnellen vraagt deze transitie ook om samenhang met andere thema's, want de schop moet op heel veel plekken de grond in, en dan kun je het maar beter in één keer goed doen. In ons onderzoek zijn we twee groepen tegengekomen die we met dit eindrapport en het aankomende inspiratieboek een handje hopen te helpen met deze transitie: zij die al met de groenblauwe transitie bezig zijn en vooral willen weten hoe ze dat beter aanpakken. En zij die eigenlijk ook in de al rijdende groenblauwe trein moeten stappen, maar nu nog langs het spoor staan te kijken.

Veel leesplezier!

Floris Boogaard, Thomas Klomp & Joey Koning

INHOUDSOPGAVE

SAMENVATTING.....	1
1 AANLEIDING.....	3
ACHTERGROND	3
PROBLEEMSTELLING	6
VRAGEN.....	6
RAAK PUBLIEK	7
LEESWIJZER	7
2 THEORIE.....	9
GROENBLAUWE OPLOSSINGEN	9
DE WADI.....	10
WADIDIENSTEN	12
3 METHODES.....	18
PARTICIPATIEF ONDERZOEK.....	18
CASUSSEN	18
METHODES.....	20
DISSEMINATIE	25
4 UITKOMSTEN.....	29
DATABASE	29
INFILTRATIECAPACITEIT	31
RUIMTELIJKE ANALYSES.....	37
MAATSCHAPPELIJKE KOSTEN EN BATEN VAN WADI'S.....	40
5 INSPIRATIEBOEK	44
DE GOEDE WADI.....	44
WATER	45
VERONTREINIGING.....	48
BIODIVERSITEIT	50
BELEVING	51
PROCES.....	53
SYNTHESE	55
6 TERUGBLIK	58
SAMENVATTING	58
CONCLUSIES	60

AANBEVELINGEN PRAKTIJK	62
REFLECTIEPUNTEN	62
TOEKOMSTIG ONDERZOEK.....	63
7 BIBLIOGRAFIE	65
8 BIJLAGEN.....	69
BIJLAGE 1 – NOTITIE DELIVERABLES.....	69
BIJLAGE 2 – PUBLICATIE- & MEDIAOVERZICHT	76
BIJLAGE 3 – MEETPROTOCOLLEN.....	80
BIJLAGE 4 – CLIMATESCAN DATABASE.....	92
BIJLAGE 5 – MKBA RAPPORTAGE	94
BIJLAGE 6 – PROCES DATAVERWERKING	110
BIJLAGE 7 – INTERVIEW WADI 2.0 FIELDLAB BUILDING.....	112
BIJLAGE 8 – ONDERZOEKSVERSLAG CLIMATECAFÉ VLAARDINGEN	114

SAMENVATTING

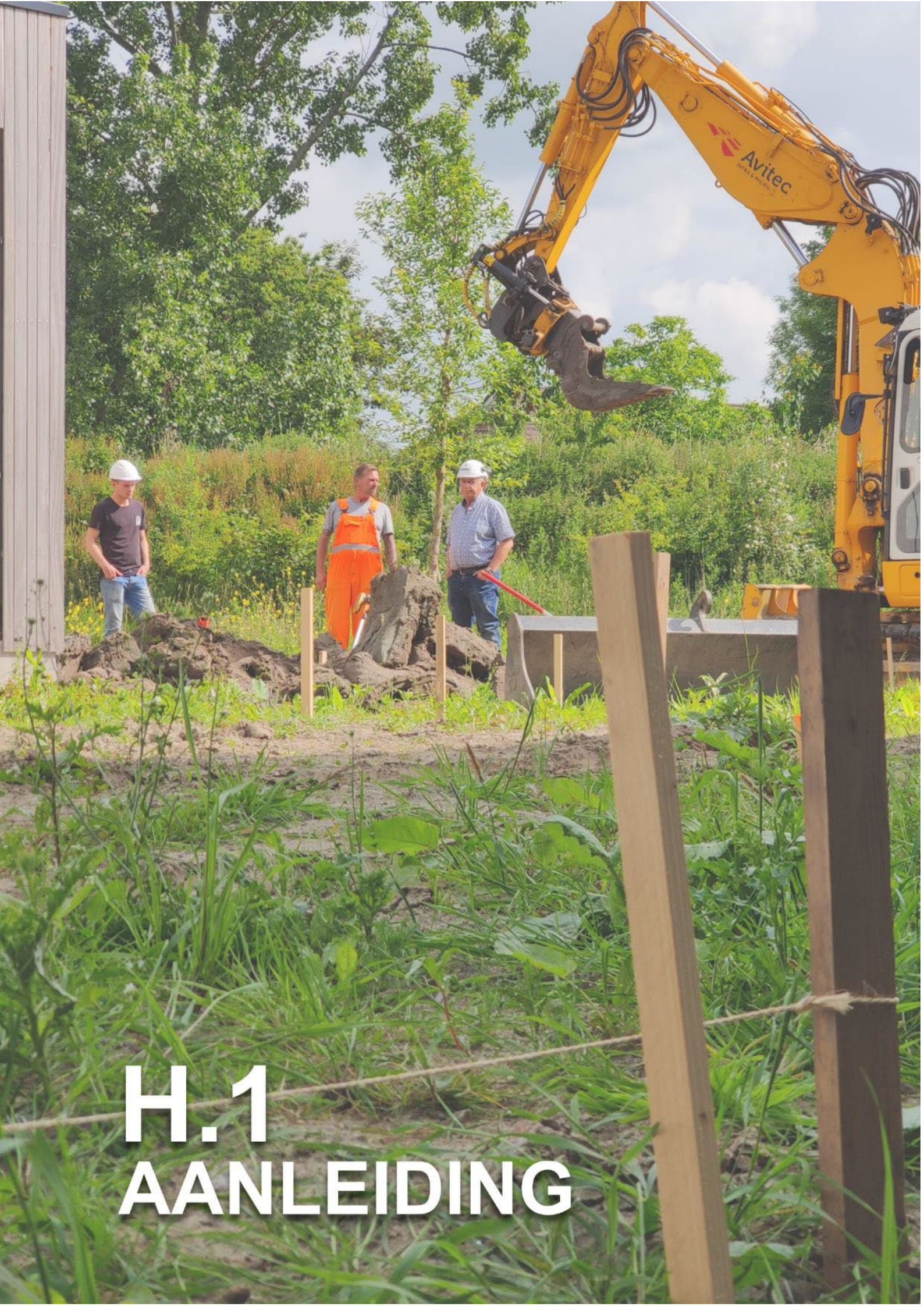
AANLEIDING- Gemeenten en waterschappen hebben de taak om te zorgen voor een klimaatbestendige inrichting van de gebouwde omgeving om schade door hevige neerslag, hitte en droogte zoveel mogelijk te voorkomen. Om die reden zijn en worden zogenaamde groenblauwe oplossingen aangelegd, zoals infiltrerende stadsparken, wadi's en raingardens. Er zijn echter veel vragen over het functioneren en de risico's van deze maatregelen. Inzicht in de kansen en risico's ontbreekt om het adequaat lange termijn functioneren van groenblauwe oplossingen te garanderen.

DOELEN - Professionals van gemeenten en waterschappen hebben behoefte aan meer inzicht in groenblauwe oplossingen, zoals: 1. kansen en risico's 2. kennis over het lange termijn functioneren; 3. interdisciplinaire samenwerking van organisaties binnen de disciplines water, bodem en groen en 4. actuele richtlijnen voor ontwerp, aanleg en beheer. Op basis hiervan is de volgende onderzoeksvraag geformuleerd voor dit onderzoek: wat zijn de kansen en risico's bij het lange termijn functioneren van groenblauwe klimaatadaptieve oplossingen?

AANPAK- Om dit te onderzoeken hebben we op meer dan zestig locaties metingen gedaan naar het functioneren van groenblauwe oplossingen. Om te voorkomen dat appels met peren werden vergeleken is daarin de focus aangebracht op de wadi als de meest populaire en langst lopende groenblauwe oplossing in Nederland. Deze werden onderzocht op hydraulisch en milieutechnisch functioneren, maar ook op eigenschappen, beleving door omwonenden en beplanting. In zogenaamde ClimateCafés werden verschillende onderzoeksinstrumenten en-methodes samen met studenten, onderzoekers en professionals toegepast. De data die daarin werd opgehaald wordt vertaald naar praktische richtlijnen, gevoed met ervaringen en lessen uit interviews met professionals van publieke en private partijen (met verschillende disciplines als water, bodem, groen en stedenbouw).

SAMENWERKING- Het consortium dat aan dit onderzoek werkte bestond uit een multidisciplinaire samenwerking tussen hogescholen, gemeenten, waterschappen en provincies met diverse organisaties en bedrijven vanuit het hele land. Het consortium is ontstaan uit het Lectorenplatform Delta en Water en versterkt de strategische samenwerking tussen praktijk professionals, onderzoek en onderwijs.

UITKOMSTEN- In dit onderzoek is naar een aantal eindproducten toegewerkt. Allereerst een open source database op over groenblauwe oplossingen voor inspiratie en onderzoek: Climatescan. Hierin zijn voor alle groenblauwe oplossingen die onderdeel waren van dit onderzoek de belangrijkste eigenschappen en meetresultaten gedeeld ter terugkoppeling aan de praktijk. Ten tweede een open-source database met alle onderzochte locaties en de belangrijkste analyses. Tot slot is naar een inspiratieboek toegewerkt met illustraties van goede en slechte voorbeelden uit de praktijk.



H.1 AANLEIDING

1 AANLEIDING

ACHTERGROND

Nederland waterland

Water is een essentieel onderdeel van ons land. Het vormt onze geschiedenis waarin we jarenlang worstelden om de opkomende zee te overwinnen, waarin we het water wegwerkten om zo onze landsgrenzen te verleggen en waarin we elk gesprek startten over het weer en meer dan honderd woorden voor regen kennen. En nog steeds vormt het water een altijd aanwezige dreiging in ons achterhoofd. Of dat nou om een teveel aan water gaat zoals in steden, om een tekort aan water zoals in de Achterhoek of om de onvermijdelijk opkruipende zeespiegel. In de delta komen water en bodem eerst.

Met die jarenlange ervaring hebben we veel technieken en kennis ontwikkeld om het water de baas te kunnen en dit zelfs tot één van onze exportproducten gemaakt. Zo liggen onze steden ondergronds vol met enorme rioleringsystemen, terwijl bovengronds toeristen elkaar verdringen rond de kanalen. Allebei technieken om overtalig water snel af te voeren, waarmee we het water steeds een stapje voor waren. Maar met het veranderende klimaat worden de wateropgaven extremer en onvoorspelbaarder (IPCC, 2021; KNMI, 2021). De bestaande systemen kunnen het water lang niet altijd snel genoeg afvoeren en bovendien wordt het nu steeds belangrijker om ook juist water vast te houden voor drogere tijden. Deze veranderingen op dezelfde manier opvangen als in het verleden op nationale schaal zou enorm kostbaar en soms zelfs maladaptief zijn (Schipper, 2020). Klimaatadaptatie anno 2023 vraagt dus om een ander soort oplossingen.

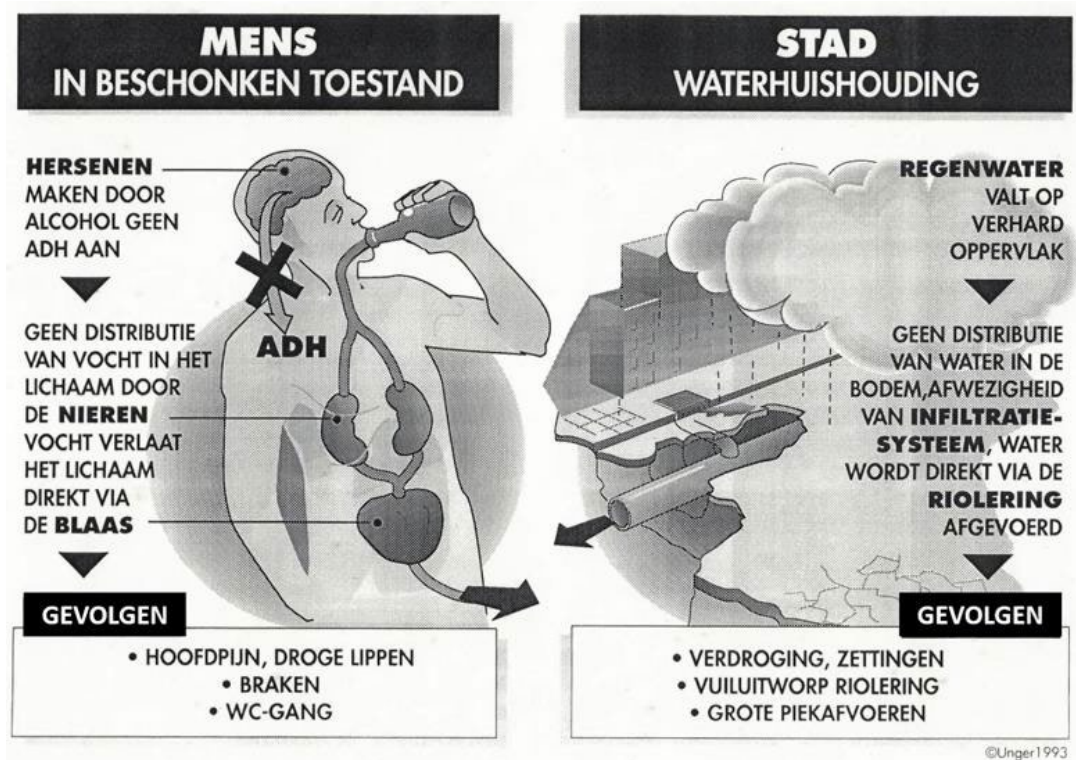
Daarnaast neemt de druk op de openbare ruimte in Nederland en met name in Nederlandse steden snel toe. Vanwege de hoge mate van verstedelijking zijn steden extra vatbaar voor hittestress en wateroverlast (Bornstein, 1968; Kleerekoper et al., 2012). Tegelijk ontwikkelt de woningbouw gestaag, neemt de druk op het groen toe, vraagt de energietransitie om ruimte en zijn er nog veel meer ontwikkelingen die op hetzelfde moment afspelen. De belangen hierbij staan soms haaks op elkaar en kunnen elkaar zelfs tegenwerken. Het wordt daarom belangrijker om functies te combineren en klimaatadaptatie in verbinding met andere thema's te zien.

Van Grijs naar Groenblauwe steden

Nog voordat klimaatverandering op de voorpagina's stond was in Nederland de introductie van groenblauwe oplossingen al begonnen (Wentink et al., 2003 ; Boogaard et al., 2006). Waar water lange tijd zo snel mogelijk de stad uit moest worden de barsten en beperkingen van deze denkwijze zichtbaar. Zo zorgden extreme buien regelmatig voor overstromingen in steden of rond het oppervlaktewater waar deze steden op afvoeren. Het kwam ook geregeld voor dat rioolwater omhoogkwam bij grote hoeveelheden neerslag en mengde met oppervlaktewater. En waar het grondwaterniveau door de droogte in zomers te laag was, was deze tijdens natte winters juist te hoog met alle gevolgen van dien. Deze problemen zouden alleen maar groter worden met de effecten van klimaatverandering.

Waar rioleringsstelsels en afwatersystemen lange tijd als robuuste oplossingen dienden en voor droge voeten hebben gezorgd, werden hun beperkingen met betrekking tot de snelheid en schaal van klimateffecten duidelijk (Voskamp & Van de Ven, 2015). Govert Geldof verbeelde het op een gegeven moment als de stad die gebukt ging onder een constante kater met last van uitdrogingsverschijnselen, net als bij een 'beschonken mens' (zie figuur 1). Nederland startte daarom net als veel andere landen in

de jaren '90 een transitie naar afgekoppelde afvoersystemen (Ministerie van Transport en Watermanagement, 1998). Het werd landelijk beleid dat in elke nieuwbouwwijk regenwater niet langer in een buis het riool in verdween, maar dat het lokaal werd opgevangen. De intrede van groenblauwe oplossingen was daarin een onmisbaar onderdeel.

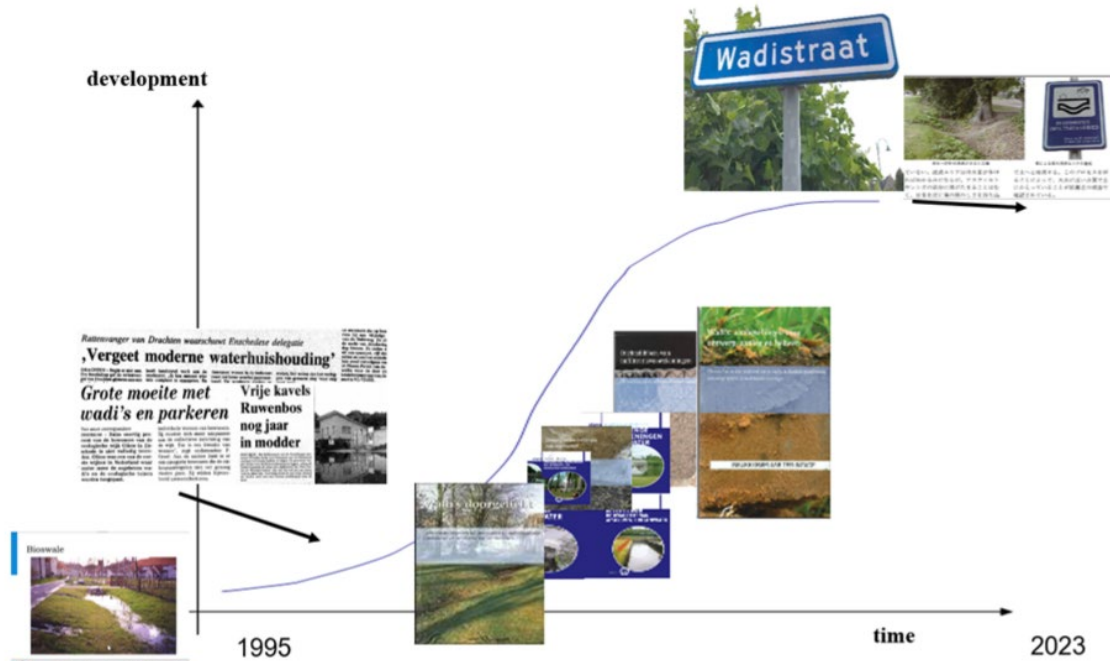


Figuur 1: De waterhuishouding in de stad als de mens in beschonken toestand. Bron: Geldof et al. (1994)

Eén van de eerste groenblauwe oplossingen in Nederland was de in 1997 geplaatste wadi in de Enschedese Enschedese wijk Ruwenbosch. Na het succes van deze pilot verliep de ontwikkeling van groenblauwe oplossingen in Nederland door een aantal fases (zie figuur 2). Ze beloofden in eerste instantie veel als integrale oplossing voor het afvoeren, bergen en infiltreren van regenwater. Maar net als veel andere innovaties waren er in eerste instantie ook zorgen en mythes. Niet iedereen was even blij met de komst van de wadi. Zo zouden er moerassen naar de stad worden gehaald waardoor malariamuggen hierheen zouden komen (Boogaard, 2016). Kinderen zouden verdrinken in het water dat bleef staan en er zouden tekenplagen ontstaan in wadi's. Maar ook vanuit de rioleringswereld was veel kritiek, omdat de wadi bestaande business in de rioleringswereld bedreigde. Na de eerste succesverhalen en door mythes over de jaren heen te ontcrachten verdween dit soort weerstand geleidelijk. Wadi's werden al snel een populaire maatregel in gemeenten omdat ze bijna overal konden worden geplaatst, kosteneffectief bleken te zijn en weinig onderhoud te vragen (Boogaard et al., 2006; Ekka et al., 2021). Met de groeiende druk op steden boden ze bovendien uitkomst als maatregel waar meerdere functies kunnen worden gecombineerd. Groenblauwe oplossingen verschijnen als paddenstoelen uit de grond.

Na de eerste golf van groenblauwe oplossingen onder het afkoppelbeleid van eind jaren '90 en aan het begin van de 21^e eeuw, maakten deze maatregelen de afgelopen jaren een nieuwe populariteitsgolf door onder de noemer van klimaatverandering en alle gerelateerd water- en droogtevraagstukken. Daar wordt vanuit nationaal beleid zoals het Deltaprogramma ook steeds meer

op gestuurd, zodat ook kleinere gemeenten hiermee aan de slag gaan. En ook in het tegengaan van biodiversiteitsverlies spelen groenblauwe oplossingen een steeds belangrijkere rol.



Figuur 2: De ontwikkelfases van de wadi vanaf oprichting (1995) tot heden. Bron: eigen werk.

Stroomversnelling

Wereldwijd zit klimaatadaptatie in een stroomversnelling. De afgelopen jaren stonden vooral in het teken van de problemen die door klimaatverandering ontstonden te definiëren, te discussiëren over welke risico's we wel en niet accepteren en dit uit te stippelen in (ruimtelijk) beleid (Klein et al., 2017). Nu zitten we in een vierde fase waarin we van praten naar doen overstappen en op hoog tempo maatregelen aanleggen. Hoewel de noodzaak van grootschalige adaptatie duidelijk is en de effecten zichtbaar verder toenemen komt deze vierde fase nog langzaam van de grond (United Nations Environment Programme, 2022). Internationaal is er dan ook veel aandacht voor het versnellen van de ontwikkeling van adaptieve maatregelen (Global Centre on Adaptation, 2021; Europese Commissie, 2021).

Ook in Nederland zijn de pijlen gericht op de versnelling van klimaatadaptatie. Terwijl het vorige credo van het Nationale Deltaprogramma ('Iedere schop in de grond klimaatbestendig') nog vooral gericht was op het versterken van de rol van klimaatadaptatie in ruimtelijke beslissingen is het nieuwe vanaf 2023 ('Versnellen, verbinden en verbouwen') meer gericht op de noodzaak om op hoger tempo concrete stappen te maken in het klimaatbestendig maken van Nederland (Ministerie van Infrastructuur & Waterstaat et al., 2022). Daarvoor moeten besluit- en realisatiefases worden versneld, moet klimaatadaptatie beter aan andere transitie en ontwikkelingen worden verbonden, en moeten we nu alvast ruimte inbouwen of reserveren voor klimaatadaptatie in de toekomst. In het Nationaal Deltaprogramma 2023 wordt verder nog genoemd dat deze opgaves veel capaciteit vragen van vooral gemeenten en dat het des te belangrijker is om ervaringen en expertise te gaan delen, waar we met dit onderzoek een rol in proberen te spelen.

PROBLEEMSTELLING

Groenblauwe oplossingen en andere klimaatadaptieve maatregelen zijn niet nieuw. Zo worden wadi's in Nederland al meer dan 25 jaar aangelegd en zijn er meer dan genoeg ervaringen en lessen geleerd om te weten wat daarin wel en niet moet. Toch zijn er barrières en gaten in de kennis over dit soort maatregelen die een versnelling in hun verdere uitrol in de weg staan (Boogaard, 2019). Dat gaat bijvoorbeeld over:

- **Kennisdeling:** Die lessen over wat goed en minder goed gaat worden nog weinig gedeeld. In veel gemeenten wordt niet of beperkt bijgehouden waar en door wie groenblauwe oplossingen worden ontwikkeld, laat staan hoe ze functioneren en welke lessen anderen hiervan kunnen leren. Er is tegelijk veel behoefte aan deze lessen, omdat iedere gemeente het wiel voor zichzelf moet uitvinden. Een goed platform hiervoor ontbreekt. Deze kennisdeling is ook hard nodig om prestatiecriteria voor het evalueren van groenblauwe oplossingen up to date te houden en te kunnen toetsen.
- **Richtlijnen:** Er zijn een nog beperkt richtlijnen aanwezig voor hoe groenblauwe oplossingen ingericht moeten worden en voor het beoordelen van hun functioneren. De bestaande richtlijnen zijn vaak incompleet of verouderd en bieden daardoor nog te weinig houvast voor ontwikkelaars van groenblauwe oplossingen in de praktijk. Zo zijn richtlijnen omtrent veiligheid (verdrinkingsgevaar, verontreiniging, ziekteverwekkers en leeglooptijd) van groenblauwe oplossingen vaak verder ontwikkeld, maar missen richtlijnen omtrent onderwerpen als beplanting en beheer van deze maatregelen.
- **Lange termijn functioneren:** Ook is er nog weinig inzicht in het functioneren van groenblauwe oplossingen op de langere termijn, en of deze vermindert naarmate ze ouder worden. Meer gegevens zijn nodig over de omstandigheden waarin groenblauwe oplossingen wel of niet functioneren, aandachtspunten met betrekking tot beheer en onderhoud die over tijd opspelen en afwegingskaders voor ingrijpen.
- **Links met andere functies:** Tot slot is er vooral veel bekend over de functionaliteit van groenblauwe oplossingen met betrekking tot waterbeheer, maar nog nauwelijks over de bijdrage ten opzichte van biodiversiteit en leefbaarheid of hoe je deze functies koppelt.

VRAGEN

Verspreid over 2019 en 2020 zijn met praktijkpartners vanuit het hele land een aantal onderzoeksvragen opgesteld die we met dit onderzoek willen beantwoorden. De hoofdvraag die centraal staat in dit onderzoek luidt:

Wat zijn de kansen en risico's bij het lange termijn functioneren van groenblauwe klimaatadaptieve oplossingen?

Om deze hoofdvraag te kunnen beantwoorden zijn de volgende deelvragen geformuleerd:

1. *Wat zijn mogelijke groenblauwe klimaatadaptieve oplossingen?*
2. *Wat zijn de hydraulische prestaties van groenblauwe oplossingen op de lange termijn?*
3. *Wat zijn de milieutechnische prestaties en risico's van groenblauwe oplossingen op de lange termijn?*

4. Hoe kunnen de antwoorden op de deelvragen leiden tot nieuwe richtlijnen?

RAAK PUBLIEK

RAAK Publiek is een onderzoekssubsidie van Regieoraan SIA waarin vraagstukken van organisaties uit de publieke sector centraal staan. De subsidie is in het leven geroepen om via praktijkgericht onderzoek kennis en oplossingen te ontwikkelen die impact op de praktijk en het onderwijs hebben. De zoektocht naar antwoorden op gezamenlijke vragen leidt tot sterkere samenwerking en kennisdeling tussen hogescholen en publieke partijen. Onderzoeken met RAAK Publiek subsidie hebben een looptijd van twee jaar.

LEESWIJZER

Dit onderzoeksrapport volgt een traditionele opbouw. Daarin wordt eerst in het theoretisch kader een state-of-the-art gegeven van groenblauwe oplossingen en hun verschillende functies aan de hand van het concept ecosysteemdiensten. Vervolgens wordt in de methodologie uitgebreid stilgestaan bij de overkoepelende en participatieve ClimateCafé aanpak, alle veldwerkmethodes die daar onderdeel van maakten en de verschillende manieren waarop kennis hieruit is gedeeld. In de uitkomsten wordt op de resultaten van alle ClimateCafé's ingegaan, om van daaruit de overstap te maken naar lessen voor landelijke richtlijnen. Ook wordt een inkijk gegeven in de opzet voor het inspiratieboek, met lessen voor professionals over hoe je een perfecte wadi ontwikkeld op een specifieke plek. In het slot worden de verschillende onderzoeksvragen beantwoord, aanbevelingen voor de praktijk gedeeld en een aantal voorstellen voor toekomstig onderzoek gegeven. In een reeks bijlagen worden de belangrijkste rapportages, meetprotocollen en links naar de database gedeeld.



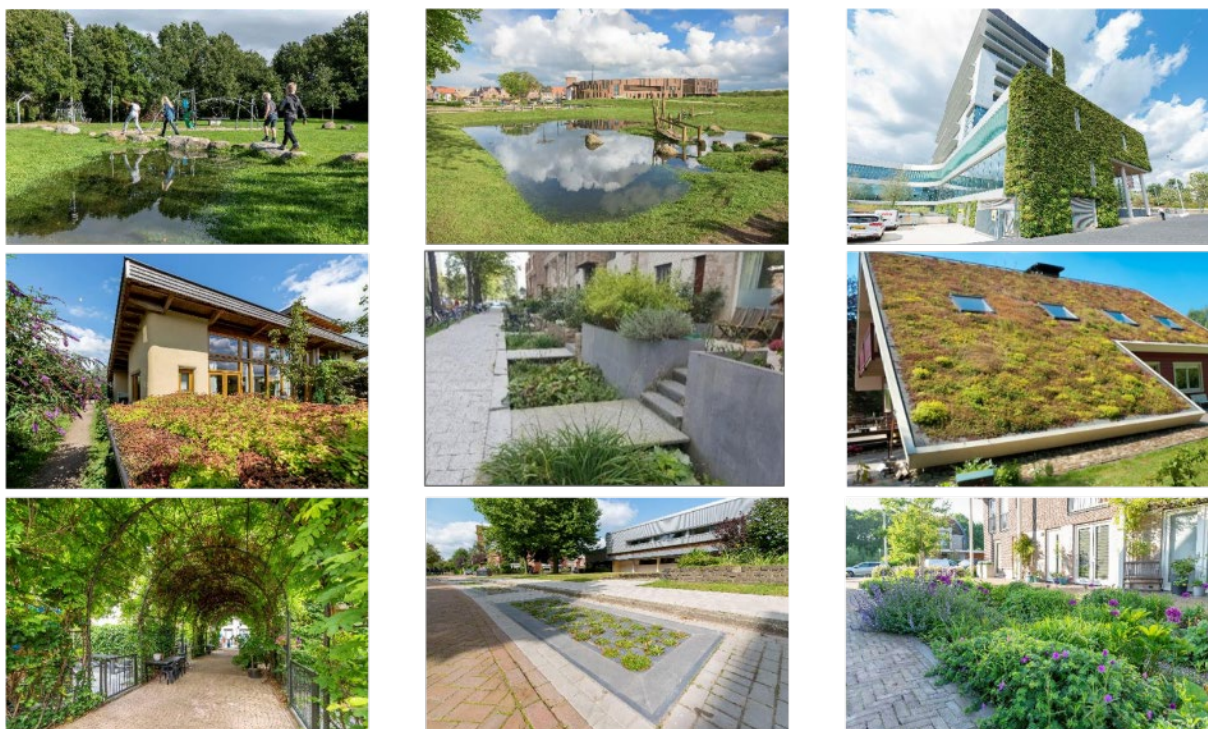
H.2 GROENBLAUWE DIENSTEN

2 THEORIE

GROENBLAUWE OPLOSSINGEN

Groenblauwe oplossingen is een verzamelterm voor een aantal klimaatadaptieve maatregelen waarin de functies van groen (beplanting, flora) en blauw (water) worden gecombineerd om wateroverlast, verdroging en hittestress tegen te gaan (zie ook figuur 3). De term is gebaseerd op het Engelse 'nature-based solutions'. Zoals deze naam al doet vermoeden versterken groenblauwe oplossingen het natuurlijke vermogen van gebieden om klimaatgerelateerde risico's te verminderen. Groenblauwe oplossingen zijn vaak goedkoper dan technische oplossingen, maar ook makkelijker aan te passen en daarmee beter geschikt voor onverwachte omstandigheden. Groenblauwe oplossingen worden daarom vaak 'no-regret' maatregelen genoemd (Lin et al., 2021). Bovendien bieden bijna alle groenblauwe oplossingen meerdere functies, uiteenlopend van verkoeling, zuivering of het bufferen van water tot biodiversiteit en positieve effecten op gezondheid en welzijn (OECD, 2021). Naast het versterken van de weerbaarheid van gebieden op langere termijn hebben ze daarmee ook een positieve impact op dagelijkse basis.

De verzameling groenblauwe oplossingen is inmiddels wijdverspreid in Nederland en wordt nog steeds uitgebreid met innovaties. Voorbeelden van dit soort maatregelen zijn groene daken, groene wanden, raingardens en wadi's in stedelijke gebieden, en retentiegebieden, natuurlijke oevers en helofytenvelden in het buitengebied.

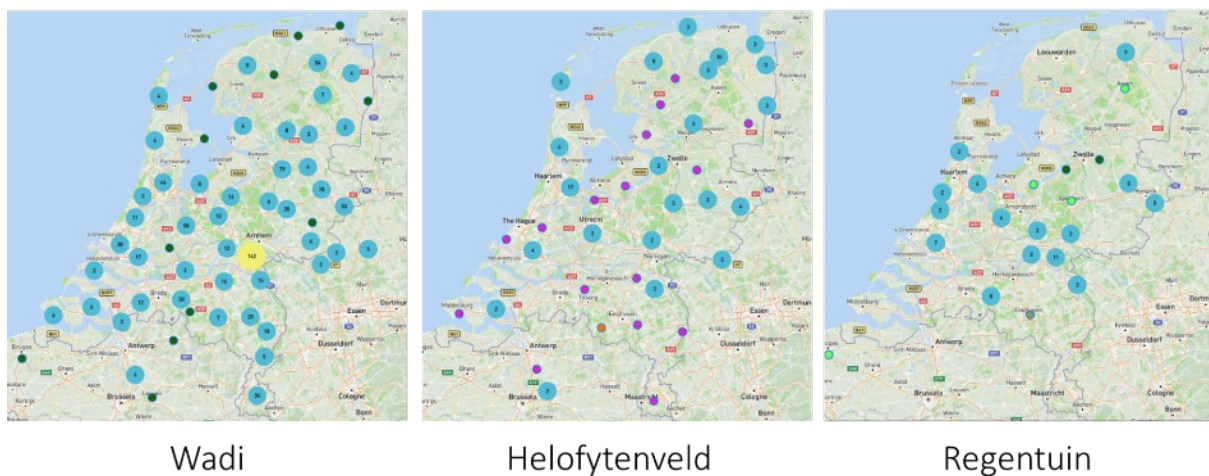


Figuur 3: overzicht van verschillende groenblauwe oplossingen. Bron: eigen werk

Appels met peren

Omdat groenblauwe oplossingen een verzamelnaam is voor verschillende maatregelen is het lastig om richtlijnen, metingen en uitkomsten van al deze oplossingen te vergelijken. Om die reden is in dit onderzoek besloten om een focus op de wadi als groenblauwe oplossing te leggen om een aantal

redenen. Zo is de wadi de meest populaire groenblauwe oplossing in Nederland (Boogaard, 2019), met meer dan 1500 vastgelegde varianten verspreid over het hele land (zie figuur 4). Dit aantal zegt iets over het belang van kennis omtrent aanleg en beheer van wadi's als populaire maatregel, en garandeert ook de benodigde kennis en ervaringen hierover onder ontwikkelaars en beheerders in de praktijk. Naast de populairste is het ook één van de oudste groenblauwe oplossingen in Nederland, waarvan de eerste varianten in de jaren '90 ontstonden. Met een focus op het lange termijn functioneren van groenblauwe oplossingen is de aanwezigheid van oudere maatregelen een pré van de wadi. Bovendien is de wadi bij uitstek geschikt als oplossing waarin meerdere functies worden geïntegreerd. Als bovengronds oplossing is er naast ruimte voor wateropvang, -zuivering en -infiltratie ook ruimte voor culturele en recreatieve functies, wat bij veel groenblauwe oplossingen niet het geval is. Dit is van belang om iets te zeggen over de kansen en risico's van deze oplossingen. Tot slot is de wadi door zijn populariteit en leeftijd relatief ver in de ontwikkeling van richtlijnen. Dit maakt het mogelijk om bestaande oplossingen te toetsen en de relevantie en geschiktheid van deze richtlijnen te evalueren.



***Figuur 4:** overzicht van het aantal vastgelegde voorbeelden van drie groenblauwe oplossingen op de online database Climatescan.*

DE WADI

De Nederlandse wadi is geen unicum, maar komt als term oorspronkelijk uit het Arabisch. Daar komen ze-net als in verschillende Noord-Afrikaanse landen- al eeuwenlang voor. Niet als de groene grassige greppel zoals hij bekend staat in Nederland, maar als droge rivierbedding. Omdat regen sporadisch valt in deze landen stroomt er het grootste deel van het jaar geen water door deze rivieren. Als het wel regent verzamelt dat regenwater zich in de wadi's en ontstaan grote stromingen. In Nederland regent het vaker, waardoor de wadi's hier groener zijn. Maar het principe is hetzelfde: de wadi staat het grootste deel van het jaar leeg, en stroomt vooral vol als het flink regent. Op dat moment vangt de wadi als een badkuip een grote hoeveelheid van die regen op, waarna het langzaam in de bodem infiltreert.

WADI vormt in het Nederlands ook een afkorting: Water Afvoer Drainage en Infiltratie, een samenvatting van de functies van de wadi, die vooral betrekking hebben op de waterhuishouding in de gebouwde omgeving. Als afvoerputje van de wijk vormen wadi's door een speciale bodemopbouw en het gebruik van vegetatie een natuurlijke verzamel- en zuiveringsplek voor afvalstoffen die in het regenwater terecht komen. Daarmee wordt voorkomen dat deze in het oppervlakte- of grondwater terecht komen (Fardel et al., 2018). Zo helpen wadi's als buffer voor te grote hoeveelheden regen en

versterken ze het grondwaterpeil voor periodes met te kleine hoeveelheden regen (Boogaard et al., 2006).

Wadi's komen in allerlei vormen en maten voor, wat ze een flexibele maatregel maakt voor uiteenlopende omstandigheden. Omdat wadi's doorgaans veel ruimte innemen als buffergebied worden ze vooral toegepast in gebouwde omgevingen met een lagere dichtheid, zoals buitenwijken van de stad. De ene wadi bestaat uit verschillende compartiment, de andere uit één grote. Wadi's hebben verschillende bodemsamenstellingen, types en hoeveelheden beplanting, en uiteenlopende dimensies. Bovendien zijn er verschillende technische snufjes die je naar keuze toe kunt voegen aan een wadi: een instroompunt, een infiltratiekrat, een geotextiel, een drainagesysteem en een overstort. Met dit soort toevoegingen kunnen de natuurlijke functies van een wadi worden versterkt als de situatie daarom vraagt.

Niet één wadi

Waar in het Nederlands over de wadi wordt gesproken alsof het om één oplossing bestaat kent de Engelse taal de term 'swale'. Zo'n swale is eigenlijk niks anders dan een groene greppel. Over de jaren is dat concept uitgegroeid en inmiddels zijn er allerlei soorten wadis te onderscheiden. Die hebben verschillende functies en worden anders ingericht, afhankelijk van of er bijvoorbeeld veel of weinig ruimte is, een hoog of laag grondwaterniveau aanwezig is, er behoefte is aan versneld of juist vertraagd afvoeren van water en de mate van vervuiling in het afvoerende water. Hieronder wat voorbeelden van verschillende soorten swales (van linksboven naar rechtsonder in figuur 5) (Ekka et al., 2021):

- De 'grass swale' of '**graswadi**'. De simpelste variant, die zoals de naam doet vermoeden grotendeels uit gras bestaat, vaak zonder systeem dat eronder ligt. Vooral een kosteffectieve variant om water tijdelijk te bergen en langzaam te laten infiltreren.
- De 'infiltration swale' of '**infiltratiewadi**'. Lijkt veel op de gras wadi, maar dan ingericht op infiltratie. Is vaak wat ondieper en bevat dammetjes om het water langer vast te houden in een bassin om het zo beter te laten infiltreren in de ondergrond.
- De 'bioswale' of '**biowadi**' **natuurvriendelijk wadi (stowa 2006)**. De variant die het meest op het wadisysteem lijkt. Bevat (natuurlijke of kunstmatige) elementen die helpen met infiltratie en bioretentie: het filteren van water. Bijvoorbeeld door beplanting of geotextiel.
- De 'wet swale' of '**natte wadi**'. Gericht op het langere tijd vasthouden van water onder moerassige omstandigheden met veel natte beplanting. Heeft daardoor een sterkere focus op het filteren van water, bijvoorbeeld naast drukke wegen.



***Figuur 5:** vier soorten wadi's ('swales'). Van linksboven naar rechtsonder: een graswadi in Vlaardingen, een infiltratiewadi in Cuijk, een biowadi in Amsterdam en een natte wadi in Berkel-Enschot. Bron: eigen werk.*

WADIDIENSTEN

Ecosysteemdiensten

In Nederland ligt alles dicht op elkaar. Stad en platteland, bebouwde omgeving en natuur. Daardoor hebben maatschappij en natuur veel invloed op elkaar. De mens is van oudsher heel goed in de natuur zo inrichten er optimaal gebruik van kan worden maken. Niet gek dus dat er over elke vierkante meter van het landschap is nagedacht en dat alles een functie heeft. De verschillende manieren waarop de natuur nuttig is voor de mens worden ook wel 'ecosysteemdiensten' genoemd: diensten van een ecosysteem. Daar zijn een aantal soorten diensten in te onderscheiden (Wang et al., 2021; Westerink et al., 2017; Wickenberg et al., 2021): zo kan de natuur van alles produceren waar mensen iets aan hebben, van voedsel en drinkwater tot bouwmaterialen. Maar de natuur kan ook het leefklimaat reguleren, bijvoorbeeld door afkoeling, luchtzuivering, of het bufferen van grondwater. De natuur biedt bovendien allerlei positieve culturele diensten als plek om te recreëren, als plek om op te laden en gelukkig te zijn, waar gespeeld kan worden of een frisse neus kan worden gehaald. En tot slot is de natuur heel goed in zichzelf te ondersteunen, door allerlei cyclussen in waterhuishouding, voeding, filtering, etc.

Met klimaatadaptatie anno 2023 is het van belang om dit soort ecosysteemdiensten weer terug naar de stad te halen. Dat kan op allerlei manieren, omdat er zoveel soorten groenblauwe oplossingen zijn. Groene daken kunnen afkoelen, regentuinen een grote plensbui opvangen, etc. Ook met de wadi wordt een stukje natuur en daarmee verschillende ecosysteemdiensten teruggehaald naar de bebouwde omgeving (Miller & Montalto, 2019; García & Santamarta, 2022; Boogaard et al., 2006). In eerste instantie vooral als maatregel voor het beheersen van het water in een stad of dorp, en het

tegengaan van klimaateffecten. Maar de stad is te klein voor alleen dit soort technische functies van de wadi. Daarom worden ze steeds vaker ingericht om meerdere diensten tegelijk aan te bieden. Zo verschijnen er wandelpaden en speelplaatsen voor omwonenden of speciale kruiden en planten om de biodiversiteit op te krikken.

Tabel 1: overzicht van ecosysteemdiensten die een wadi kan leveren. Gebaseerd op Miller & Montalto (2019), García & Santamarta (2022) en Boogaard et al., 2006.

REGULEREND		ONDERSTEUNEND		LEVEREN		CULTUREEL	
Luchtkwaliteit	+	Habitat	+	Voedsel	-	Esthetische waarde	+
Geluidsvermindering	?	Biodiversiteit	+	Water	-	Recreatie / toerisme	+
Waterzuivering	+	Grondwater	+	Materialen	-	Kennis & onderwijs	+
Erosie tegengaan	+	Bodemkwaliteit	?			Sociaal, cultureel	+
Plagen tegengaan	-	Nutriënten	?			Milieubewustzijn	+
Lokaal klimaat	+	Bestuiving	+			Fysiek welzijn	+
Wereldwijd klimaat	+						
Extreem weer	?						
Waterregulatie	+						

Naast diensten kunnen wadi's ook risico's voor gezondheid, ruimtelijke kwaliteit of het ecosysteem veroorzaken (Von Döhren & Haase, 2015). Vaak gebeurt dat bij een verkeerde aanleg of gebrekkig onderhoud aan een wadi. Zo kunnen ze bepaalde insecten of ongedierte aantrekken, schade opleveren aan gebouwen of infrastructuur, de grondwaterkwaliteit aantasten of gentrificatie in een wijk veroorzaken. Om dit soort risico's te voorkomen zijn er landelijke richtlijnen om de aanleg en het beheer van wadi's goed in te richten.

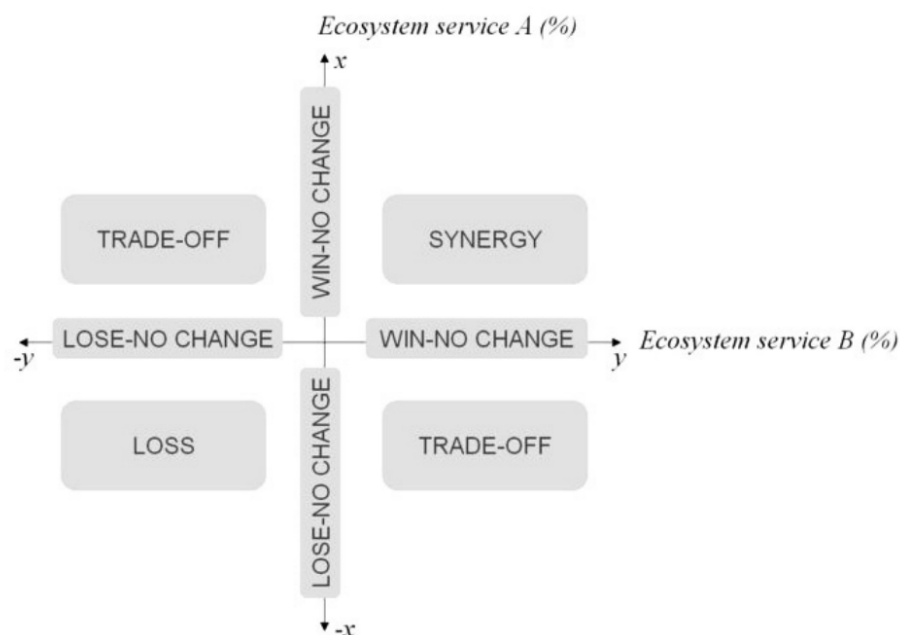
Draaien aan de knoppen

Hoewel ecosysteemdiensten vaak een natuurlijk verschijnsel zijn kun je ze beïnvloeden via ontwerp, aanleg en beheer. Daarin kunnen allerlei keuzes gemaakt worden: behouden van natuurlijke functies die al goed werken (bijvoorbeeld als koele uitrustplek); functies terughalen die er van oudsher waren maar over tijd zijn veranderd (bijvoorbeeld een gedempt diep); of nieuwe functies introduceren die er eerder nog niet waren (bijvoorbeeld een waterbuffer, zie figuur 6) (Ahern, 2007; Almenar et al., 2021). Zo zijn er verschillende knoppen waar aan gedraaid kan worden om invloed te hebben op het functioneren van een wadi. Die knoppen variëren van keuzes in de kwantiteit en types beplanting, de samenstelling van de bodem, de ruimtelijke indeling en de aanwezigheid van speeltoestellen, tot de toepassing van civiele technieken of kunstinstallaties (Hansen & Pauleit, 2014).



Figuur 6: Wadi in Limmen tijdens droge situatie (links) en als bergingsvoorziening (rechts). Bron: eigen werk

Het nemen van de beste keuze is complex, en hangt van veel lokale factoren af: van de hoeveelheid beschikbare ruimte, tijd en geld (Ekka et al., 2021), tot het aanwezige water- en bodemsysteem en de samenstelling en wensen vanuit bewoners. Waar bepaalde keuzes voor de ene locatie goed uit kunnen pakken kunnen ze op een andere weer niet werken. Bovendien hangen keuzes in een wadi nauw samen en is het ontwerpen en beheren een constante worsteling vol compromissen en prioriteren (Haase et al., 2012; zie ook figuur 7). Waar één keuze goed kan zijn voor het infiltratievermogen van een wadi, kan het bijvoorbeeld tegelijkertijd een risico vormen voor de biodiversiteit, en vice versa.



Figuur 7: De verschillende manieren waarop ecosysteemdiensten elkaar kunnen versterken ('synergies') of kunnen afzwakken ('trade-offs' of 'losses'). Bron: Haase et al., 2012.

Ondanks dat een goed ontwerp voor een wadi afhankelijk is van de lokale context zijn er over de jaren heen een aantal richtlijnen vastgelegd met daarin standaard ontwerpadviezen en prestatie-indicatoren die voor de doorsnee wadi gelden. Die richtlijnen zijn kaders waarmee ontwerpers een bepaald basisniveau voor het functioneren van een wadi kunnen garanderen en voorkomt dat iedere gemeente het wiel voor zichzelf hoeft uit te vinden (Wentink et al., 2003). Ze hebben onder andere betrekking op veiligheid (bijvoorbeeld een maximale hoogte om te voorkomen dat kinderen verdrinken), functioneren (bijvoorbeeld een maximale leeglooptijd zodat de wadi een volgende bui kan opvangen) of het voorkomen van risico's (bijvoorbeeld een maximaal toegestane concentratie van metaaldeeltjes). Verschillende landen hebben hun eigen set aan richtlijnen ontwikkeld die het beste passen bij de stedelijke landschappen in die landen. Een overzicht hiervan is terug te zien in tabel 2.

Tabel 2: Vergelijking van verschillende nationale ontwerprichtlijnen voor wadi's, gebaseerd op Boogaard et al. (2006). Getallen in het geel zijn geüpdatet sinds de originele tabel.

Organisatie / literatuur	Eenheid	Nederland	Duitsland	VK	België
		RIONED, 2006	DWA, 2005	CIRIA, 2015 (GEEL)	VLARIO, 2005; VLARIO, 2018 (GEEL)
Wadi opp/stroomgebied opp	m2/m2	5 – 10	> 7	-	4 per 100
Afstand tot bebouwing	m	> 1	> 1.5	> 5	-
Diepte tot overstroming	m	< 0.3	< 0.3	0,4 – 0,6	< 0.3
Breedte van de bodem	m	> 0,5	0.6	0,5 – 2	0.5 - 1
Verloop lengterichting	%	-	-	0,5 – 6	-
Helling zijdes	V:H	< 1:3	< 1:4	< 1:4	1:10 – 1:12
Maximale stroomsnelheid	m/s	-	-	0,3	-
Dikte van filterlaag	m	0.3 – 0.5	>0.1	0,3	0.3 – 0.5
Infiltratiecapaciteit	m/day	> 0.5	0.86 < Kd < 86.4	-	0.0086 < Kd < 0,043
Overstroomfrequentie	x/yr	1 to 2	0.2	1	0.2 – 0.5
Leeglooptijd	hour	< 24	< 24	< 48	< 72

Waar veel landen al verder zijn met het ontwikkelen van ontwerprichtlijnen is er vanuit gemeenten ook steeds meer vraag naar richtlijnen voor het beheer en onderhoud van een wadi. Hoewel die nog niet landelijk zijn vastgelegd in Nederland zijn er wel een aantal suggesties op basis van Boogaard (2022). Daarin worden drie typen onderhoudsactiviteiten onderscheiden. De eerste heeft betrekking op doorlopende monitoring- en onderhoudsactiviteiten, bijvoorbeeld door een contactpunt te maken waar bewoners problemen in de wadi kunnen signaleren. Een tweede type onderhoudsactiviteit wordt regelmatig herhaald, bijvoorbeeld het maaien en schoonmaken van een wadi en periodieke controles. Tot slot wordt een derde soort onderhoudsactiviteit alleen uitgevoerd als er problemen zijn gesignaleerd in een wadi, bijvoorbeeld als de afvoer verstopt zit of er zware werkzaamheden zijn uitgevoerd op de bovenlaag. Een overzicht van activiteiten wordt in tabel 3 hieronder gegeven.

Tabel 3: Overzicht van monitoring en onderhoudsactiviteiten die op dit moment worden onderzocht voor gebruik in Nederlandse richtlijnen. Gebaseerd op Boogaard (2022).

#	MONITOREN	Frequentie
1	Visuele inspectie	1/j
2	Leeglooptijd meting	1/j
3	Doorlatendheid bodem meten	n.t.b.
4	Bodemonderzoek	1/5j
5	Grondwatermonsters nemen	1/5j
6	Bodemmonsters nemen	1/5j
7	Buurtenuitdagingen	n.t.b.
Onderhoud		
1	Maaien	2-26/j
2	Gemaaid gras verwijderen	2-26/j
3	Afval verwijderen	2-52/j
4	Blad verwijderen	2-4/j
5	Straat schoonmaken	4-12/j
6	Zaaien	n.t.b.
7	Fertiliseren	n.t.b.
8	Luchten	n.t.b.
9	Laaggelegen punten verhogen	n.t.b.
10	Slib verwijderen	n.t.b.
11	Zijkanten verlagen	n.t.b.
12	Toplaag vervangen	n.t.b.
13	Instroompunten schoonmaken	n.t.b.



H.3
CLIMATECAFÉ'S

3 METHODES

PARTICIPATIEF ONDERZOEK

Om het functioneren van wadi's in Nederland in beeld te brengen is in dit onderzoek vooral gebruik gemaakt van empirisch veldonderzoek. In dit kader is een groot deel van het onderzoek participatief ingestoken via de ClimateCafé aanpak. Deze 'learning by doing' aanpak is gericht op het doen van veldwerk via een quadruple helix aanpak met onderzoekers, studenten, professionals en bewoners (Boogaard & De Jong, 2020). Door gezamenlijk onderzoek te doen wordt er beter gebruik gemaakt van lokale kennis, kan het wel of niet functioneren van wadi's beter begrepen worden en leren deelnemers van elkaar en het onderzoek. Een ClimateCafé bestaat uit verschillende methodes en workshops met ruimte voor aanpassingen aan lokale vraagstukken en belangen. Deelnemers worden intensief begeleid, vooraf door middel van een reeks workshops waarin de methodes worden uitgelegd, tijdens het uitvoeren van de metingen en achteraf in het analyseren van de gegevens. Na afloop van een ClimateCafé worden bevindingen en oplossingen gedeeld met lokale partijen om zo de opgehaalde kennis terug te geven.

Deze ClimateCafé aanpak sluit aan bij de complexiteit van vraagstukken rondom klimaatadaptatie, omdat het multidisciplinair samenwerken en gezamenlijk leren aanmoedigt. Zoals eerder genoemd is klimaatadaptatie één van de grote transities van deze tijd. Daarvoor is niet alleen technische kennis nodig, maar komt ook kennis van ecologie, ruimtelijke ordening, psychologie en andere vakgebieden om de hoek kijken. Andere (groenblauwe) oplossingen vragen ook om een andere aanpak, waarbij samenwerken en een integrale aanpak erg belangrijk worden. Door studenten direct te betrekken in het onderzoek en veldwerk, en deze lessen en inzichten te verwerken in het onderwijs leren studenten tijdens hun studie al om te gaan met dit soort maatregelen zodat ze dat later in de praktijk meenemen als zogenaamde 'agents of change'. Daarbij leren ze over het belang van goed functionerende klimaatadaptatieve voorzieningen, maar ook over kansen en risico's met betrekking tot de ruimtelijke kwaliteit van wijken waar wadi's in liggen. Ze leren via het veldwerk samen te werken met de praktijk en door meerdere hogescholen met verschillende disciplines te betrekken wisselen ze kennis en ervaringen uit: kruisbestuiving. Het onderwijs betrokken we dan ook sterk bij het veldwerk om studenten zo uit eerste hand ervaringen met groenblauwe voorzieningen mee te geven. Elke keer dat we veldwerk deden in een bepaalde regio in het land deden we dat samen met onderzoekers en studenten van nabijgelegen hogescholen. Hierdoor hebben bijna 250 studenten deelgenomen aan de 7 ClimateCafé's.

CASUSSEN

Om met ons onderzoek aanbevelingen te kunnen doen voor landelijke richtlijnen was het van belang om wadi's te onderzoeken die verspreid door het land liggen, om zo het ontwerpen, beheren en functioneren van wadi's in verschillende contexten te kunnen vergelijken. De locaties waar we metingen hebben uitgevoerd waren afhankelijk van de partijen die zich bij het consortium hadden aangesloten en werden verder aangevuld met locaties waarmee we de geografische verspreiding konden verbeteren (zie ook figuur 8). Een belangrijke voorwaarde voor selectie was de aanwezigheid van een hogeschool

in de regio waarmee we het veldwerk samen konden oppakken. In totaal zijn er 7 ClimateCafé's georganiseerd over twee jaar tijd, waarin ruim 50 wadi's zijn onderzocht. De locaties waarin metingen zijn uitgevoerd varieerden van kleine dorpen als het Noord-Brabantse Gemert tot grote steden als Rotterdam. De wadi's die in elk ClimateCafé zijn onderzocht werden gekozen door de gemeente, afhankelijk van lokale vraagstukken waar ze tegenaan liepen. Bij de ene gemeente ging dat om wadi's waar zorgen waren om het functioneren van de wadi en bij een andere weer om het testen van de effectiviteit van een gemeentelijk maaibeleid. Van alle ClimateCafé's zijn videoverslagen gemaakt. Die zijn terug te vinden in [de bijlagen](#) van dit rapport. We geven hieronder een kort overzicht van de 6 regio's waarin onderzoek is gedaan:

- **Groningen:** Het noordelijkste ClimateCafé had locaties verspreid over de stad Groningen en het iets zuidelijker gelegen Haren. Omdat een groot deel van de stad op klei ligt was een lokale vraag van de gemeente hoe het functioneren van de wadi's in verhouding tot de grondwaterstand stond.
- **Drents-Overijsselse Delta:** In het tweede ClimateCafé werd samengewerkt met een waterschap die betrokken was bij de aanleg van wadi's in verschillende provincies in het oosten van het land. Vanwege de diversiteit in landschappen en omgevingen was het waterschap vooral nieuwsgierig naar het functioneren van wadi's in verschillende types omgevingen.
- **BUCH:** Het derde ClimateCafé speelde af in de werkorganisatie 'De BUCH', die uit vier gemeenten bestaat: Bergen, Uitgeest, Castricum en Heiloo. In elke gemeente werden twee wadi's onderzocht, waarvoor in elke gemeente andere zoekcriteria werden gebruikt.
- **Zeeland:** Na de kleigronden in het hoge noorden zakten we in het vierde ClimateCafé af naar de kleigronden in het zuidelijke Zeeland. In de gemeenten Vlissingen en Middelburg richtten we ons onderzoek niet alleen op het functioneren van de verschillende wadi's, maar ook op de beleving en het bewustzijn van bewoners hierover.
- **Rotterdam & Vlaardingen:** Zowel het vijfde als zevende ClimateCafé bevond zich in dezelfde metropool, waarin we eerst Rotterdam en een half jaar later Vlaardingen bezochten. De focus van dit ClimateCafé lag in het onderzoeken van de effectiviteit van verschillende soorten maaibeleid op het functioneren van de wadi's.
- **Noord-Brabant:** Tot slot klommen we in het zesde ClimateCafé naar de heuvile zandgronden van Noord-Brabant, waar we samenwerkten met de provincie en de gemeenten Tilburg, Eindhoven en Gemert-Bakel. Vanwege de aanwezigheid van drinkwatergebieden in de regio was de provincie in het bijzonder nieuwsgierig naar de doorloop van vervuiling in de wadi's naar de diepere ondergrond. Hiervoor werden wadi's gekozen die in de buurt van drinkwaterwingebieden lagen en werden bij de metingen door de provincie ook peilbuizen aangelegd om de effecten in de diepere ondergrond te meten.



Figuur 8: overzicht van de georganiseerde ClimateCafé's en onderzochte wadi's. Bron: eigen werk.

METHODES

In de opstartfase van het onderzoek hebben we verschillende methodes geïnventariseerd voor het meten van het functioneren van wadi's, gericht op infiltratievermogen, vervuiling en bewustzijn. Hiervan werden de meest effectieve en praktische methodes verder uitgewerkt in meetprotocollen die tijdens de ClimateCafé's met studenten werden opgepakt. Deze uitwerking van meetprotocollen ging samen met het ontwikkelen van een datamanagementplan waarin is nagedacht over het zo transparant en legitiem mogelijk verzamelen, verwerken en delen van data. De ontwikkeling van de methodes deden we samen met partners in het consortium die expertise in bepaalde instrumenten hebben, zoals ingenieursbureau Tauw, de Hogeschool van Amsterdam en Deltares. De verschillende methodes die zijn gebruikt worden hieronder toegelicht.

Infiltratietest

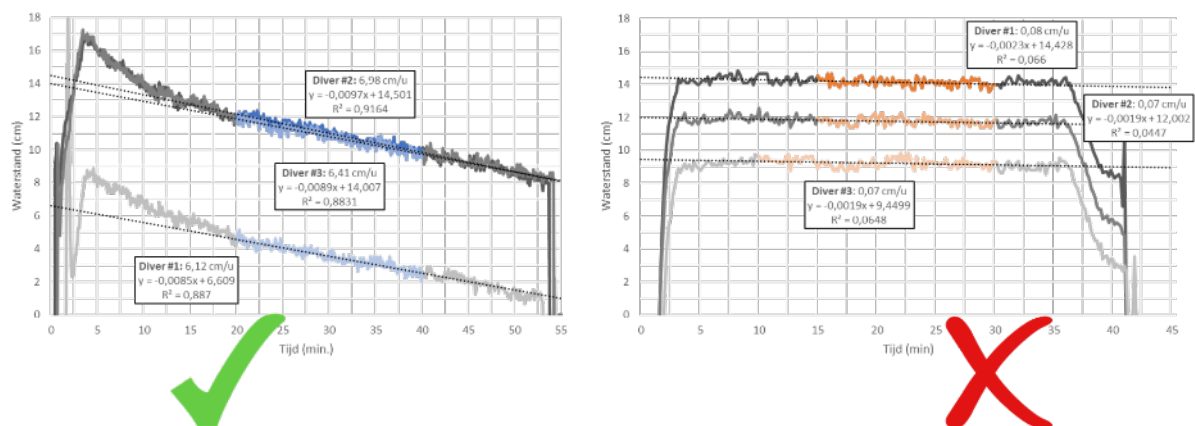
De 'I' van Infiltratie is één van de kernfuncties van de wadi. De definitie van infiltratie is de langzame doordringing van regenwater in de bodem. Daarin is het sleutelwoord 'langzaam'. Wanneer de infiltratie niet op orde is en het water te lang blijft staan in een wadi gaan er allerlei zaken mis en kan er veel negativiteit ontstaan rondom een voorziening. Regenwater kan bijvoorbeeld meteen bovenop de bodem al worden tegen worden gehouden. Of er faalt iets in de techniek, zoals in een drainagebuis of afvoerput. Als het water te langzaam infiltreert gaan de water- en bodemkwaliteit achteruit: muggen gaan eitjes leggen, etc. Maar te snelle infiltratie is soms juist ook weer niet goed, omdat het regenwater dan alsnog te veel op één plek concentreert. Bovendien heeft de bodem dan geen tijd om dat water te filteren. Balans tussen niet te snel en niet te langzaam is dus van belang in een wadi.

Om deze infiltratie in beeld te brengen hebben we gebruik gemaakt van de zogenaamde full-scale infiltratietest. Om niet afhankelijk te zijn van het weer bootsen we daarbij een zware regenbui na met een met water gevulde tankwagen. Afhankelijk van de omvang van een wadi dammen we een deel

in met zandzakken en storten we deze daarna in korte tijd vol met behulp van een watertank. Door vervolgens met een logger, handmetingen en timelapse video's te meten hoe snel de druk zakt is het mogelijk om de infiltratiesnelheid te berekenen. Vaak herhalen we deze test om ook de infiltratiesnelheid met een verzadigde bodem vast te leggen (de zogenaamde falling-head methode).

De methodiek van Full scale testen is ontwikkeld in 'RAAK Infiltrerende Stad' voor doorlatende verharding. Het bouwt voort op andere methoden voor infiltratiemetingen, zoals infiltrometertesten of metingen in peilbuizen. Die zijn een stuk kleiner in oppervlakte wat vaak een relatief grote onnauwkeurigheid oplevert door de tijdsafhankelijke en ruimtelijke variatie in infiltratiegedrag. Dat wordt bij de full-scale test opgevangen door het grotere meetvlak en daarmee de grotere hoeveelheid water die in korte tijd infiltreert (Venwik & Boogaard, 2020b). Bovendien biedt de full-scale test ook meer participatieve waarde voor omwonenden en bezoekers, wat helpt bij het ophalen van ervaringen en het delen van uitkomsten.

Met de infiltratietest wilden we te weten komen in hoeverre de verschillende wadi's functioneren en waar dat vanaf hangt. Met de gegevens uit de infiltratietesten kunnen we iets zeggen over het presteren van individuele wadi's, maar kunnen we ook de vergelijking maken tussen verschillende wadi's. Om daar een idee van te geven delen we hieronder in figuur 9 de verlopen van twee wadi's. De eerste laat een 'normaal' verloop zien, waarbij de curve eerst iets sneller zakt en daarna stabiel wordt. Die eerste fase is het vullen van alle gaten en kanalen in de bovenste laag van de wadi die door wortels van planten en bodemleven worden gemaakt. Zodra die zijn verzadigd begint het echte infiltreren van water in de ondergrond, wat vaak langzamer verloopt. In het tweede voorbeeld is deze curve niet terug te zien en stabiliseert het infiltreren eigenlijk meteen al. Dat kan een indicatie zijn dat de bovenste bodem nauwelijks doorlatend is en het water daarom slecht kan infiltreren.



Figuur 9: Twee voorbeelden van infiltratiecurves, waarbij de linker variant het gewenste beeld van een 'normaal' verloop laat zien en de rechtervariant niet. Bron: eigen werk.

Verontreiniging

Er zijn meerdere soorten verontreiniging te onderscheiden. Blikjes, bladeren en afval aan de oppervlakte zijn een voorbeeld en kunnen veel impact op uitstraling en functioneren van een wadi hebben. Maar verontreiniging van een wadi is niet altijd zichtbaar. Uit metingen blijkt bijvoorbeeld dat groenblauwe voorzieningen ook regelmatig concentraties van zware metaaldeeltjes bevatten (Ekka et al., 2021). Die logen uit in water bij regenval en worden dan meegevoerd naar de wadi waar ze verzamelen. Ze lossen niet op in het water, maar hechten zich aan deeltjes die in dat water zitten. Voordeel daarvan is dat ze daardoor ook uit het water te filteren zijn in de toplaag van de wadi.

Alhoewel concentraties van veel verschillende soorten metalen en andere stoffen terug te vinden zijn in wadi's wordt er voornamelijk naar lood, koper en zink gekeken. Deze komen veel terug in de gebouwde omgeving en vormen al snel een gezondheidsrisico bij contact. Zink is bijvoorbeeld terug te vinden in EPDM dakbedekking, of in de banden van auto's. Vaak zijn zinkconcentraties dan ook terug te herleiden naar parkeerplaatsen of drukke wegen. Lood wordt soms gebruikt in afvoerbuizen en koper in ornamenten of dakkapellen op woningen. Via regenwater komen deze deeltjes in een wadi terecht. Soms geconcentreerd op één plek in het geval van een enkel instroompunt, maar soms ook diffuus als het water op meerdere plekken binnen kan treden. Voor zowel koper, lood als zink zijn landelijke richtlijnen ontwikkeld voor concentraties in de bodem. Zijn concentraties hoger dan de zogenaamde interventiewaarde, dan vormen ze een gezondheidsrisico. Mocht een kind of hond bijvoorbeeld een hapje zand binnenkrijgen bij het spelen, dan kan dat gevaarlijk zijn. Zo zijn er studies waarin naar voren kwam dat hoge innames van deze stoffen impact op de hersenen hebben en zelfs IQ punten kan kosten.

Om te bepalen of de wadi's in dit onderzoek voldoen aan de richtlijnen of dat ze gezondheidsrisico's vormen is in dit onderzoek gebruik gemaakt van een XRF (X-Ray Fluorescence) scanner (zie figuur 10). Een XRF-scanner schiet stralen de grond in en meet zo diverse chemische elementen. Elk materiaal reageert verschillend op deze bestraling en kaatst verschillende hoeveelheden straling terug, waarmee kan worden bepaald wat voor elementen er in een wadi zitten en hoeveel. Waar van oudsher bodemvervuiling met laboratorium onderzoek werd gedaan kan dit erg tijdrovend en kostbaar zijn in vergelijking met de XRF-handscanner. Bovendien is een groot voordeel van de handscanner dat de resultaten direct zichtbaar zijn in het veld, wat het mogelijk maakt om ter plekke op zoek te gaan naar mogelijke oorzaken. Uit eerdere onderzoeken is de effectiviteit van deze handscanner gebleken (Boogaard & Venvik, 2020a). De XRF-scanner wordt gebruikt door op een aantal punten langs dwarsdoorsneden van de wadi te meten en deze te vergelijken met de bodem buiten de wadi.

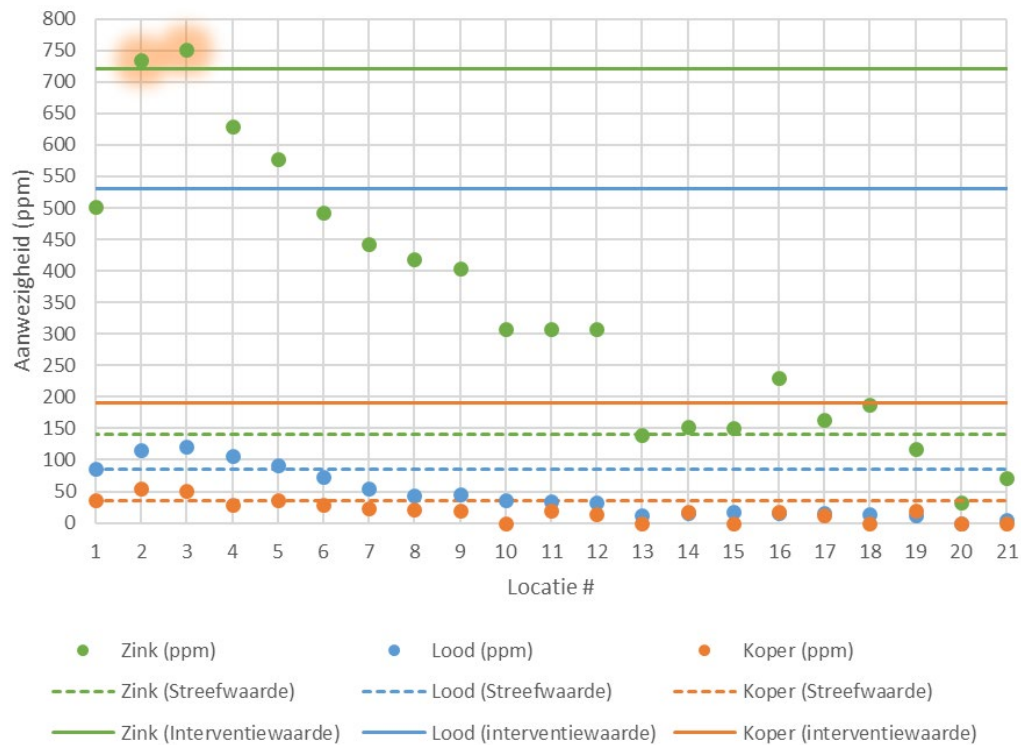


***Figuur 10:** gebruik van de XRF-handscanner tijdens ClimateCafé Vlaardingen. Bron: eigen beelden.*

Met behulp van deze XRF-scanner methode kunnen we vaststellen of en in welke concentratie metaaldeeltjes aanwezig zijn in een wadi ten opzichte van de bodem buiten de wadi. Daarmee kunnen

we bepalen of nationale normeringen worden overschreden en of er sprake is van gezondheidsrisico's (zie tabel 4). Bovendien kunnen we met de XRF scanner achterhalen wat bronnen voor deze vervuiling zijn en welke oplossingen het beste passen.

Tabel 4: voorbeeldgrafiek waarin de gevonden concentraties van koper, lood en zink tegen landelijke streef- en interventiewaarden worden gehouden. Bron: eigen werk.



Bewonerservaringen

Met de voorgaande methodes zijn vooral objectieve gegevens over het functioneren van de maatregelen verzameld. Voor een volledig beeld van kansen en risico's van groenblauwe maatregelen is het ook van belang om te weten hoe deze maatregelen worden ervaren door omwonenden en bezoekers, in wat voor soort omgeving ze liggen en hoe ze in de praktijk worden gebruikt. Dat maten we door in gesprek te gaan met bewoners via een semi-gestructureerde vragenlijst en door in en om de maatregelen omgevingsfactoren in beeld te brengen (zie figuur 11). De methode bestaat dan ook uit twee stappen: 1) het vaststellen van karakteristieken in en om een maatregel en 2) de ervaringen en beleving van de maatregel door omwonenden. De vragenlijsten waren bovendien een aanknopingspunt om anekdotes over een wadi, diens functies en verbeterpunten op te halen. Hier werden vaak foto's gedeeld door bewoners van momenten dat de wadi bijvoorbeeld vol water stond (zie figuur 12). Daarmee konden we naast de waardering en beleving van de wadi ook informatie ophalen over de ecosysteemdiensten die deze levert. De omgevingsfactoren hadden betrekking op zichtbare indicatoren zoals dimensies, oppervlaktevervuiling, beplanting en toegevoegde (publieke) functies. Daarmee kunnen we iets zeggen over de relatie tussen het ontwerp van de wadi en diens functionaliteit. Deze achtergrondgegevens uit observaties zijn aangevuld met informatie over bijvoorbeeld beheer- en onderhoudsbeleid, verkregen via een uitvraagronde langs de deelnemende gemeenten in de ClimateCafé's.

VRAGEN	Resp. #1	Resp. #2	Resp. #3
Hoe tevreden bent u over de maatregel? (1 = zeer ontevreden; 5 = zeer tevreden)	4	4	5
Hoe wordt de maatregel door de buurt gebruikt? (open vraag)	Natuur en speelplek	Speelplek	Spelen & schaatsen
Hoe goed past de maatregel in deze buurt? (1 = zeer slecht; 5 = zeer goed)	4	4	5
Wat zou u willen veranderen aan de maatregel? (open vraag)	Spelen voor oudere jeugd	Vaker maaien tegen onkruid en zichtb.	Minder maaien, meer wildgroei
Aan welke effecten draagt de maatregel bij in de buurt? (open vraag)	Kinderen natuur leren kennen	Wateropvang	Ruimtelijke kwaliteit en biod.
Ervaart u negatieve gevolgen van de maatregel? (open vraag)	Water blijft staan - verstopte putten	X	X



Figuur 11: vragenlijst en demonstratie van de bewonersenquête over de beleving van de wadi. Bron: eigen werk.



Figuur 12: ingestuurde foto's van bewoners van wadi's vol water.

Interviews

Buiten de ClimateCafé's om is ook kwalitatieve informatie opgehaald over het functioneren van de wadi en de belangrijkste ontwerp- en beheeraspecten die daar een rol in spelen. Die zijn opgehaald aan de hand van semi-gestructureerde interviews met meer dan 20 experts op verschillende vakgebieden, uiteenlopend van watermanagement, ecologie en stedenbouw tot milieukunde. Deze experts waren afkomstig van bijvoorbeeld gemeenten, adviesbureaus, aannemers of hoveniersbedrijven en komen daarbij op verschillende manieren in aanraking met de wadi in de praktijk. Er is bewust gekozen voor deze brede selectie om de complexiteit en het integrale karakter van de wadi beter te kunnen begrijpen. Aan de hand van de vragenlijst zijn een aantal terugkerende vragen in alle gesprekken gesteld (zoals "hoe heb jij de opkomst van groenblauwe maatregelen als de wadi ervaren?", "wat zijn voor jou positieve aspecten van een wadi?" en "wanneer functioneert een wadi volgens jou goed?") om de verschillende perspectieven op wat er essentieel in een wadi is te kunnen vergelijken, maar was er in de gesprekken ook ruimte om dieper in te gaan op specifieke onderwerpen. Zo ging het bij deelnemers uit gemeenten meer over het beheer en onderhoud van wadi's, en bij adviesbureaus meer over het belang en ontwerpen van wadi's, en wisselden thema's van gesprekken ook aan de hand van de expertise van de deelnemer(s). De aantekeningen van de gesprekken zijn gestructureerd op thema's en worden als anekdotes, ervaringen en leerlessen gebruikt in het inspiratieboek. De deelnemers van de interviews zijn opgenomen in een overzicht in tabel 5.

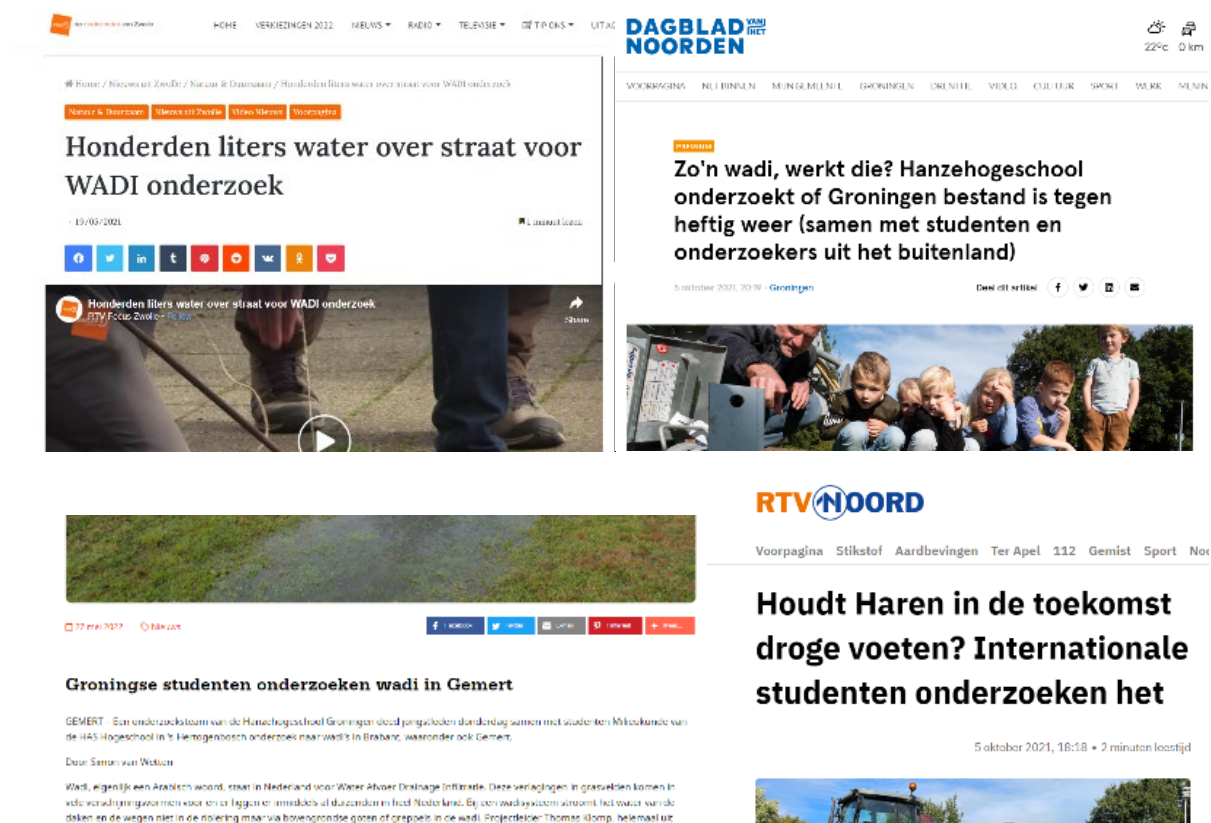
Tabel 5: overzicht van deelnemers aan de interviews. Bron: eigen werk.

WIE	ORGANISATIE	SPECIALISATIE	WANNEER
Antal Zuurman	Roelofs	Water	4, 8 & 10 nov 2022
Arnout Linckens	Ambient	Water	16 jan 2023
Ella van der Hout	Gemeente Rotterdam	Water	11 jan 2023
Govert Geldof	Geldof c.s.	Water	3 feb 2023
Marthijn Manenschijn	Waterschap Drents Overijsselse Delta	Water	20 jan 2023
Martijn Timmermans	Gemeente West Maas en Waal	Water	8 feb 2023
Nanda Sluijsmans	Sluijsmans Stedenbouw & Landschap	Stedenbouw	2 nov 2022
Piet Zijlstra, Tjerk Klinker & Nick Beekman	BuildinG	Water & ecologie	18 okt 2022
Richard Walters	Gemeente Groningen	Water	31 okt 2022
Ronald Wentink	Syntraal	Water	27 jan 2023
Ruben Roelofs	Royal Haskoning DHV	Water	14 nov 2022
Sidney Stax	Gemeente Nijmegen	Water	28 okt 2022
Vera Brinkman	IMOSS	Ecologie & stedenbouw	11 nov 2022
Yvonne Vijn & Sam Hagens	HAS Hogeschool	Milieukunde	14 nov 2022
Erwin Stamsnijder	Tauw	Water	16 dec 2022
Gerdrik Bruijns	Gepensioneerd	Water	6 januari 2023
Erwin Goutbeek	Goutbeek Flora & Fauna	Ecologie	20 maart 2023

DISSEMINATIE

De lessen die we hebben geleerd over groenblauwe maatregelen zijn op verschillende manieren doorgegeven aan de praktijk. In de eerste plaats werden publieke organisaties, kennisinstellingen, ondernemers en adviseurs rechtstreeks betrokken bij het veldwerk en koppelden we de data hieruit terug aan de betrokken organisaties via speciale sessies. In de tweede plaats deelden we kennis over de verschillende voorzieningen door het land heen via verschillende evenementen en kanalen. Zo organiseren we een speciale HanzePro cursus, waarin we professionals inzichten meegeven vanuit het onderzoek, delen we de kennis op (inter)nationale evenementen zoals RIONED dag, Ecocity Summit Rotterdam en SMARkT Zwolle, en verspreiden we kennis via landelijke adaptatieplatforms als Climate Adaptation Services (CAS), Samen Klimaatbestendig en Wateropleidingen. Tot slot werken we aan de lange termijn doorwerking van dit onderzoek door de resultaten te verwerken in landelijke richtlijnen voor wadi's en verzamelen we de opgehaalde informatie en ideeën in een inspiratieboek.

De disseminatie gebeurde door het onderzoek heen, en is vooral gericht geweest op het delen van bevindingen en activiteiten. Ook hebben we al een aantal publicaties in vakbladen en aandacht in lokale media gehad (zie figuur 13). Daarnaast hebben we aanzetten gemaakt voor de uiteindelijke output van het onderzoek, door bijvoorbeeld gesprekken te voeren over landelijke richtlijnen met o.a. RIONED, onze open source database (Climatescan) door te ontwikkelen voor gebruik tijdens en na het onderzoek en de mogelijkheden voor een inspiratieboek te verkennen.



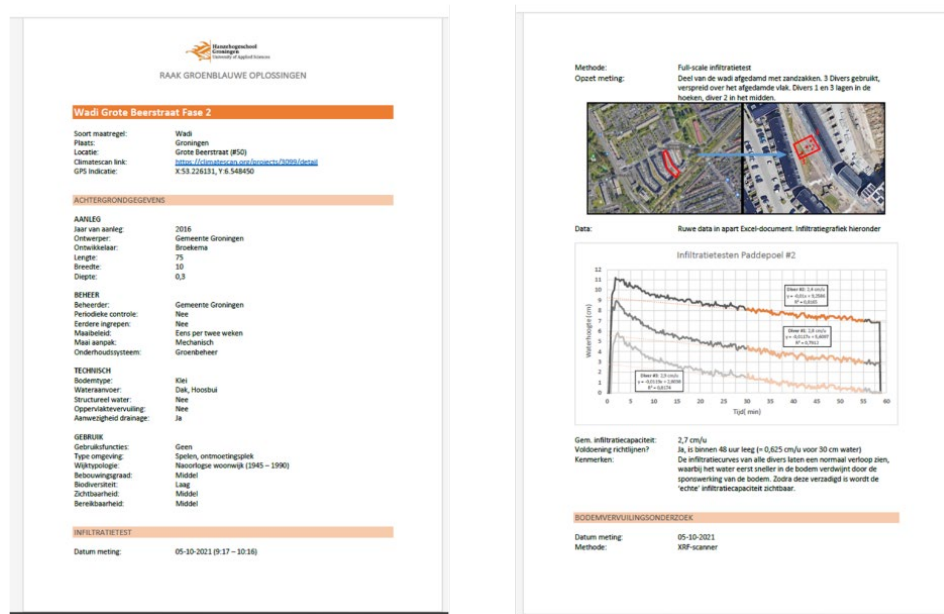
Figuur 13: enkele uittreksels van mediaberichten over de ClimateCafé's. Zie voor deze en andere artikelen de media- en publicatielijst in bijlage 2.

Climatescan

Zoals eerder genoemd is één van de redenen dat groenblauwe oplossingen en meer richtlijnen en handvatten nog moeilijk van de grond komen het gebrek aan openbare data over deze maatregelen (Ekka et al., 2021). Centrale informatie over de soorten, kenmerken en locaties van eerder ontwikkelde wadi's is heel beperkt wat het lastig maakt om lessen te delen, waardoor iedereen het wiel voor zichzelf uitvindt. Veel gemeenten en waterschappen houden bijvoorbeeld nog nauwelijks bij waar hun wadi's en andere groenblauwe oplossingen liggen en hoe deze presteren, wat het ook lastig maakt om te beoordelen of beleid omtrent deze maatregelen effectief is.

Eén van de doelen van dit onderzoek was daarom om groenblauwe oplossingen, hun kenmerken en functioneren vast te leggen in een openbare online database: Climatescan. In deze tool kunnen exacte locaties van onder andere wadi's worden vastgelegd, waarmee kansen en risico's van groenblauwe maatregelen op wijktypologie of straatniveau kunnen worden geïdentificeerd. Deze tool is in dit project doorontwikkeld en uitgegroeid tot de grootste Nederlandse database van groenblauwe maatregelen. De insteek van Climatescan is dat iedereen er aan bij kan dragen met kennis en beelden over maatregelen, waarmee het concept van citizen science wordt nagestreefd (Restemeyer & Boogaard, 2021). Met meer dan 1500 wadi's is het ook een methode voor gemeenten geworden om de maatregelen in hun gemeenten bij te houden. Voor dit onderzoek vormde Climatescan een plek waar we data en lessen over maatregelen konden opslaan en delen met de buitenwereld, om zo meer bewustwording en participatie aan te moedigen. Dat is gedaan aan de hand van datapakketten per maatregel waar metingen op zijn uitgevoerd (zie figuur 14). Op die manier kan deze data makkelijk

worden gebruikt voor vervolgonderzoek. Alle uitkomsten van dit onderzoek zijn per wadi terug te vinden op Climatescan.



Figuur 14: voorbeeld van een datapakket waarin de karakteristieken en uitkomsten van de metingen van de wadi's worden teruggekoppeld op de openbare database Climatescan.

Online ClimateCafé's

In een vroeg stadium van het onderzoek kwamen we de omvang en veelzijdigheid van ervaringsverhalen en (student)projecten rondom groenblauwe oplossingen tegen. Omdat een podium om deze verhalen te delen miste en er veel terugkerende vragen waren van geïnteresseerden is daarom het Online ClimateCafé als concept uitgetest en doorontwikkeld. Dit zijn wekelijkse online bijeenkomsten waar studenten, onderzoekers en professionals bij elkaar komen om het een uur lang te hebben over groenblauwe oplossingen. De focus ligt elke week op een ander thema, wat wordt vormgegeven door gastsprekers uit te nodigen. De ClimateCafé's zijn voor iedereen open toegankelijk en bieden studenten en professionals een platform om nieuwe kennis op te doen en met elkaar uit te wisselen. Hier zijn de afgelopen anderhalf jaar meer dan 500 unieke deelnemers bij betrokken geweest en sommige afleveringen zijn honderden keren teruggekeken.

Wetenschappelijke disseminatie

Tot slot deelden we de lessen en resultaten ook met de onderzoekswereld via de daar traditionele middelen. We hebben verschillende publicaties in journals en vakbladen omtrent groenblauwe oplossingen uitgezet en deelden onze kennis ook op wetenschappelijke evenementen (de publicatielijst volgt in [bijlage 2](#)). Tot slot wilden we de lessen en resultaten onderstrepen door ze te verwerken in 3 nieuwe experimentele wadi's op de Klimaatproeftuin in Groningen die in juli geopend zijn met aandacht van deltacommissaris, gedeputeerden en wethouders. Waar ons onderzoek vooral bestaand functioneren in beeld brengt wilden we namelijk ook innovatieve handelsperspectieven bieden. Met dat doel hebben we met een aantal partners en een studentengroep 3 wadi's met verschillende filtersystemen ontwikkeld die we onder gecontroleerde omstandigheden bewust vervuilen om onderzoek te kunnen doen naar de effectiviteit van dit soort oplossingen.

A photograph of two men in work attire. The man on the left is wearing a grey jacket with a white logo and black gloves with 'BULDER 14-04' and 'CE' markings. The man on the right is wearing a dark grey jacket and orange safety pants. They are both smiling and looking at a device held by the man on the right. The device has a clear plastic bag inside and a metal plate with a 'thermo-scientific' label. The background shows a brick wall and some greenery.

H.4 UITKOMSTEN

4 UITKOMSTEN

DATABASE

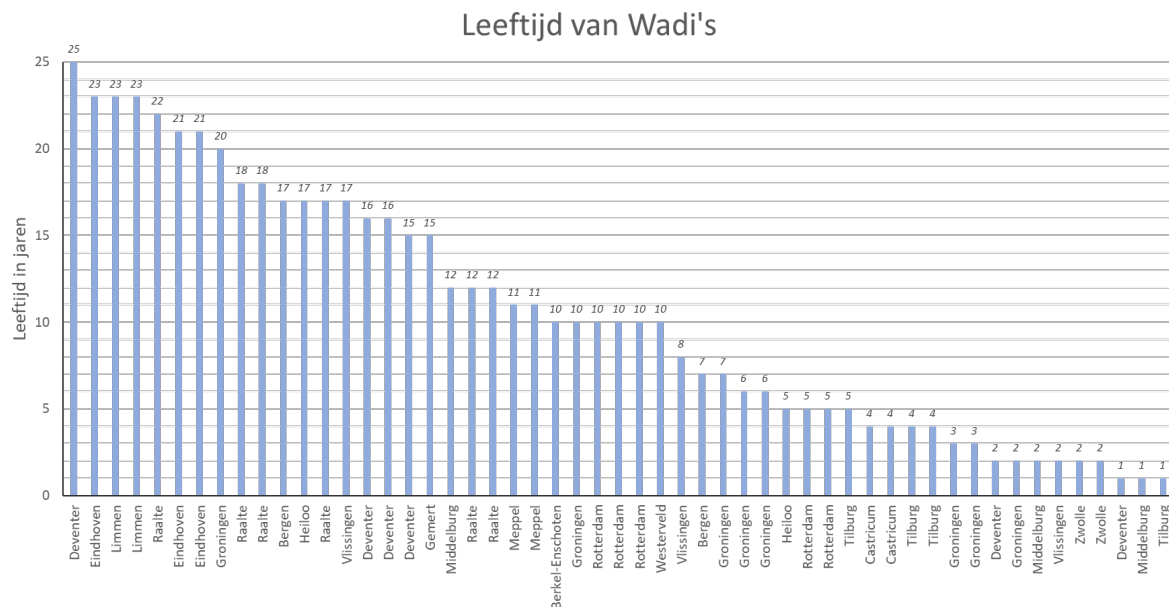
In totaal zijn tussen 2021 en 2022 verspreid over 7 ClimateCafé's 56 wadi's onderzocht. Via de verschillende veldwerkmethodes zijn van elke wadi gegevens opgehaald over de infiltratiecapaciteit, de verontreiniging en de beleving van de wadi. Daarnaast zijn aan de hand van observaties in het veld en een nagestuurde vragenlijst metagegevens opgehaald die 32 karakteristieken van elke wadi beschrijven. Dit maakt het mogelijk om het functioneren van wadi's te vergelijken en te relateren aan ontwerp- en beheerkeuzes. Bovendien kunnen aan de hand van deze karakteristieken verklaringen worden gevonden voor het wel of niet functioneren van een wadi. Deze karakteristieken verschillen van fysieke afmetingen van een wadi tot eigenschappen van de buurt waar ze in liggen en verschillende soorten beleid in (groen)onderhoud. Tabel 6 hieronder laat een uittrek zien van de database die op basis van dit onderzoek is gemaakt. De volledige database is openbaar beschikbaar via Climatescan voor toekomstig gebruik in onderzoek en ter terugkoppeling aan de deelnemende gemeenten. Een kortere versie met hyperlinks is opgenomen in [92](#).

Tabel 6: Uittreksel van de landelijke wadi database die tijdens dit onderzoek is ontwikkeld. De tabel laat 12 van de 56 onderzochte wadi's zien en 12 van de 32 karakteristieken.

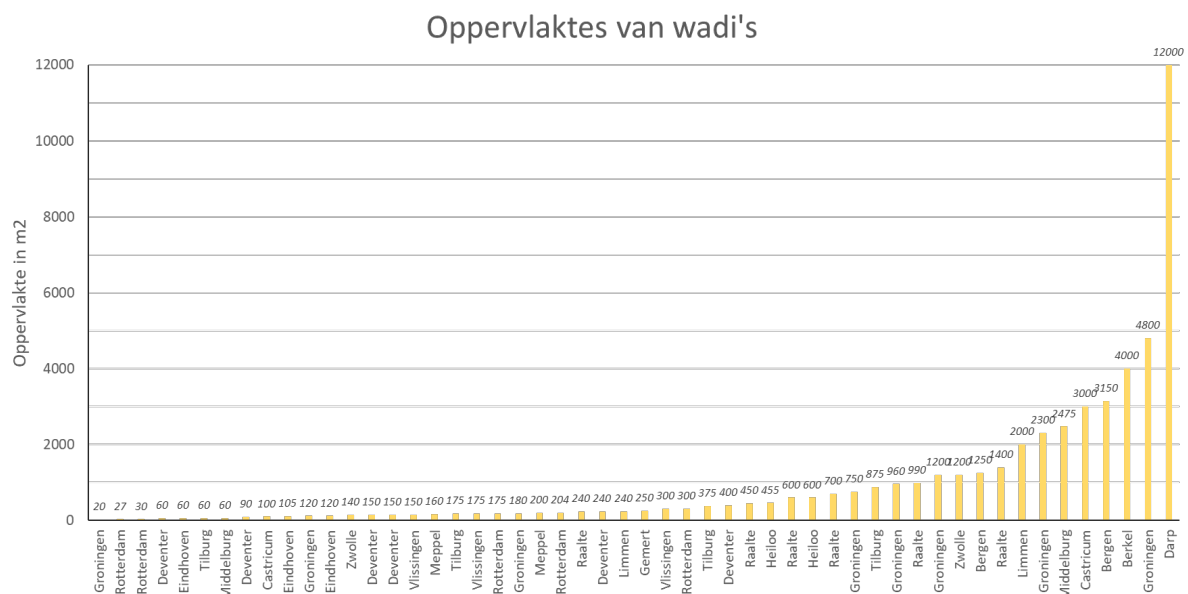
Plaats	Locatie	CS LINK	GPS	JAAR AAN-LEG	LEN GTE	BREE DTE	IN-LAAT	MAAI-BELEID	BOD EM	TYPE OMG.	FUNCT-IES
Groningen	Grote Beerstraat Fase 2	/3099	X:53.226131, Y:6.548450	2016	75	10	Yes	26 x pj	Klei	Naoorlogs (1945-1990)	Speeltuin
Meppel	Leghorn	/6047	X:52.683246, Y:6.185789	2011	20	8	No	2x pj	Leem	Bloem-koolwijk (1970-1990)	Speeltuin
Zwolle	Veldbiezenweg -2	/6165	X:52.513014, Y:6.072507	2020	35	4	No	2x pj	Zand	Bedrijven-terrein	X
Raalte	Bellinckhof	/6179	X:52.399083, Y:6.281971	2000	70	10	Yes	4x pj	Zand	Vinex (1990 - heden)	Speeltuin
Deventer	Rietveldstraat	/5988	X:52.256864, Y:6.227561	1997	18	5	No	Flexibel	Zand	Vinex (1990 - heden)	X
Eindhoven	Zandvliegje	/8102	X:51.446978, Y:5.403993	1999	30	2	Yes	2x pj	Zand	Vinex (1990 - heden)	X
Tilburg	Reitse Hoevenstraat	/8591	X:51.573392, Y:5.062764	2017	25	35	Yes	1x pj	Zand	Naoorlogs (1945-1990)	X
Limmen	Eikepage 6	/6547	X:52.575867, Y:4.688248	2005	50	40	Yes	10x pj	Zand	Bloem-koolwijk (1970 - 1990)	Speeltuin
Bergen	Wikkeweg	/8013	X:52.660798, Y:4.713072	2015	70	45	No	26 x pj	Zand	Naoorlogs (1945-1990)	X
Vlissingen	Kershage	/8063	X:51.468755, Y:3.587500	2020	100	3	No	Flexibel	Klei	Vinex (1990 - heden)	X
Middelburg	Prinsenhove	/8007	X:51.483352, Y:3.621450	2021	55	45	Yes	2x pj	Klei	Bloem-koolwijk (1970 - 1990)	Voetpaden
Rotterdam	Homerusstraat	/5235	X:51.874069, Y:4.530797	2012	25	7	No	2x pj	Klei	Naoorlogs (1945-1990)	Voetpaden

Op basis van de informatie over karakteristieken van wadi's die is verzameld kan iets worden gezegd over de representatie van de database en trends in Nederlandse wadi's. Omdat de selectie van wadi's is vrijgelaten aan de deelnemende gemeenten, deze verschillende criteria hebben gebruikt zonder invloed vanuit de onderzoekers en een geografische verspreiding over alle windrichtingen van Nederland hebben kan de selectie als willekeurig worden gezien. Van de 56 wadi's die zijn onderzocht is de mediaan omvang 245 m², waarbij de kleinste wadi 20 m² groot is en de grootste een uitschieter van 12.000 m² (zie ook figuur 15). De leeftijden van de wadi's lopen erg uiteen en zijn verrassend

evenredig verdeeld (zie figuur 16). De gemiddelde leeftijd is 10 jaar oud, waarbij de jongste slechts één jaar oud was en de oudste met 25 jaar tot de eerste generatie wadi's behoort.

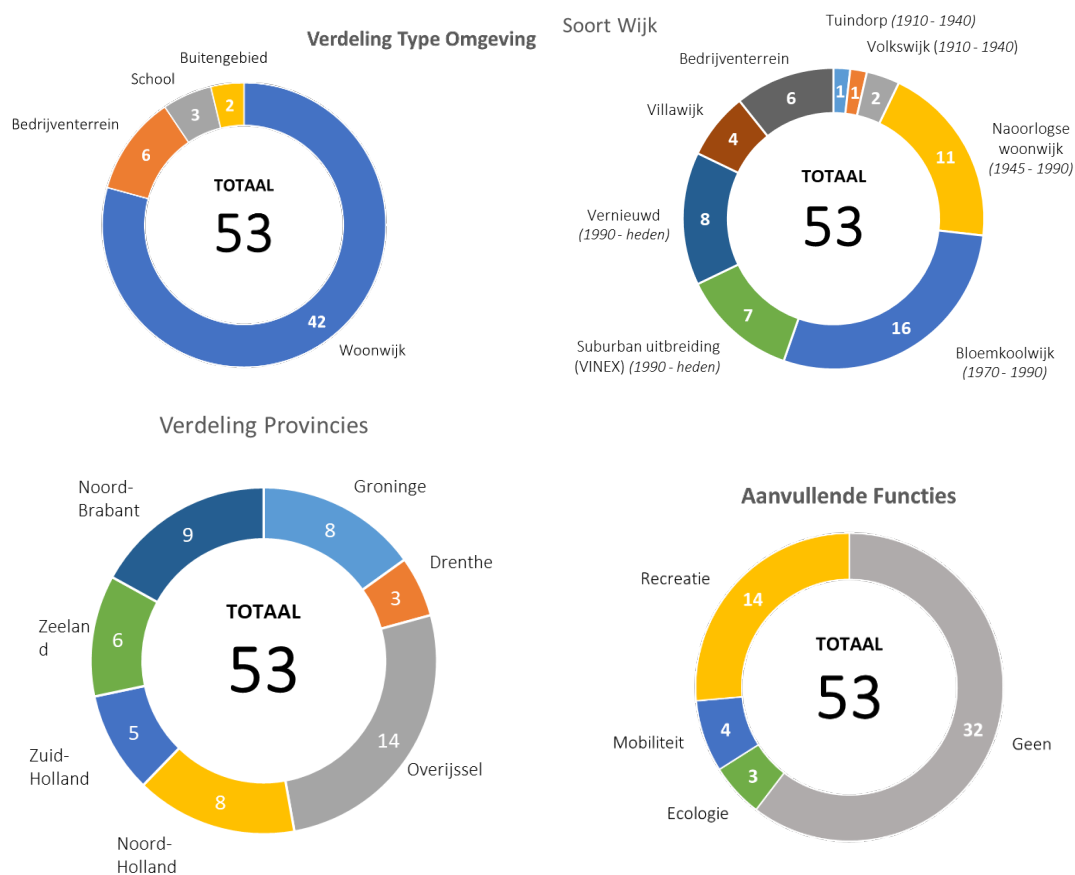


Figuur 15: overzicht van de leeftijd van de 56 onderzochte wadi's.



Figuur 16: Overzicht van de oppervlaktes van de 56 onderzochte wadi's.

Verder ligt het gros van de wadi's in de bebouwde kom en voornamelijk in woonwijken (zie figuur 17). Binnen de categorie woonwijken zijn wadi's vooral te vinden in wijken die na 1945 zijn gebouwd met een piek in de bloemkoolwijken die tussen 1970 en 1990 zijn gebouwd. Een verklaring hiervoor is dat straten in die periodes breder werden opgezet en er in de openbare ruimte meer plek ontstond waar in latere periodes voorzieningen als wadi's konden worden geplaatst. Verder valt op dat de meeste wadi's buiten de primaire functie van infiltratievoorziening om geen aanvullende functies hebben. Het stigma van de wadi als groene greppel klinkt daarin erg door. Wadi's waar wel aanvullende functies zijn te vinden zijn vaak gericht op speelvoorzieningen voor kinderen.



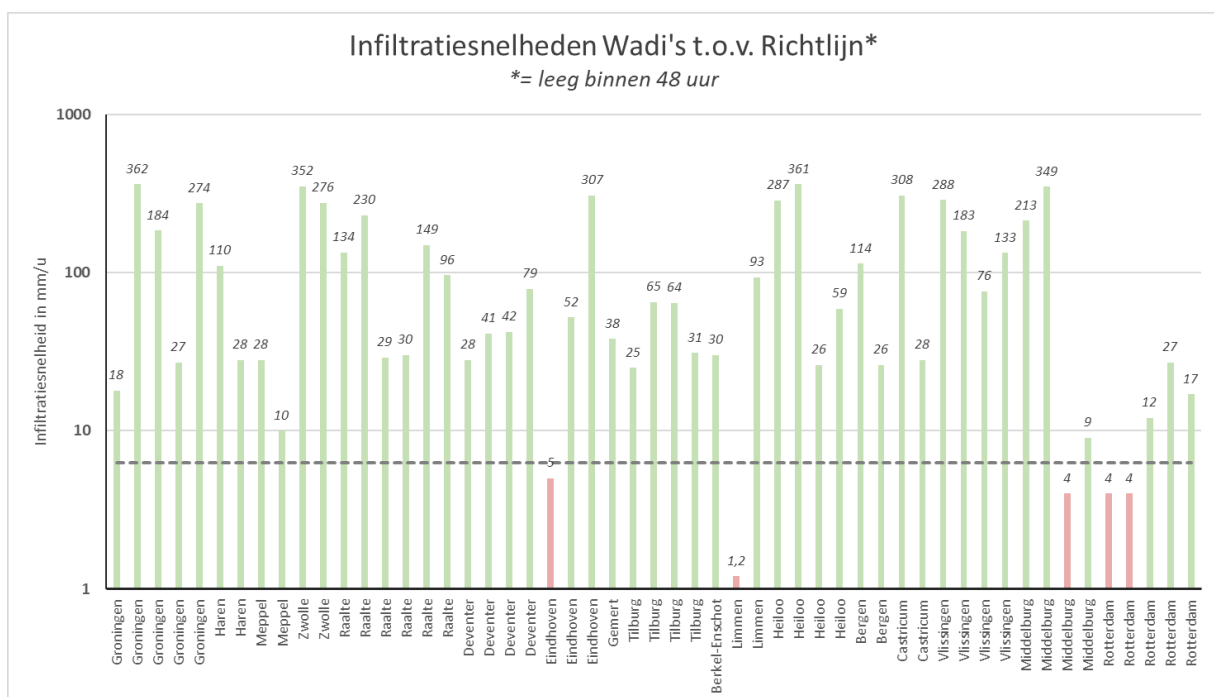
Figuur 17: visualisatie van enkele karakteristieken van de 56 onderzochte wadi's.

INFILTRATIECAPACITEIT

De belangrijkste proef om het functioneren van de 56 wadi's in beeld te brengen was de full-scale test, waarin wadi's een aantal keren werden gevuld met water om vervolgens hun infiltratiecapaciteit te kunnen meten. Die capaciteit werd bepaald aan de hand van zogenaamde dataloggers die op de bodem van de wadi werden gelegd en de waterdruk in de wadi maten. Door hier de luchtdruk van af te trekken kan vervolgens de waterstand met een interval worden vastgesteld en uiteindelijk de snelheid worden berekend waarmee het water in de bodem trekt. Dit werd in elke wadi gedaan met enkele uitzonderingen waar omstandigheden een full-scale test niet mogelijk maakten (denk aan een wegafzetting).

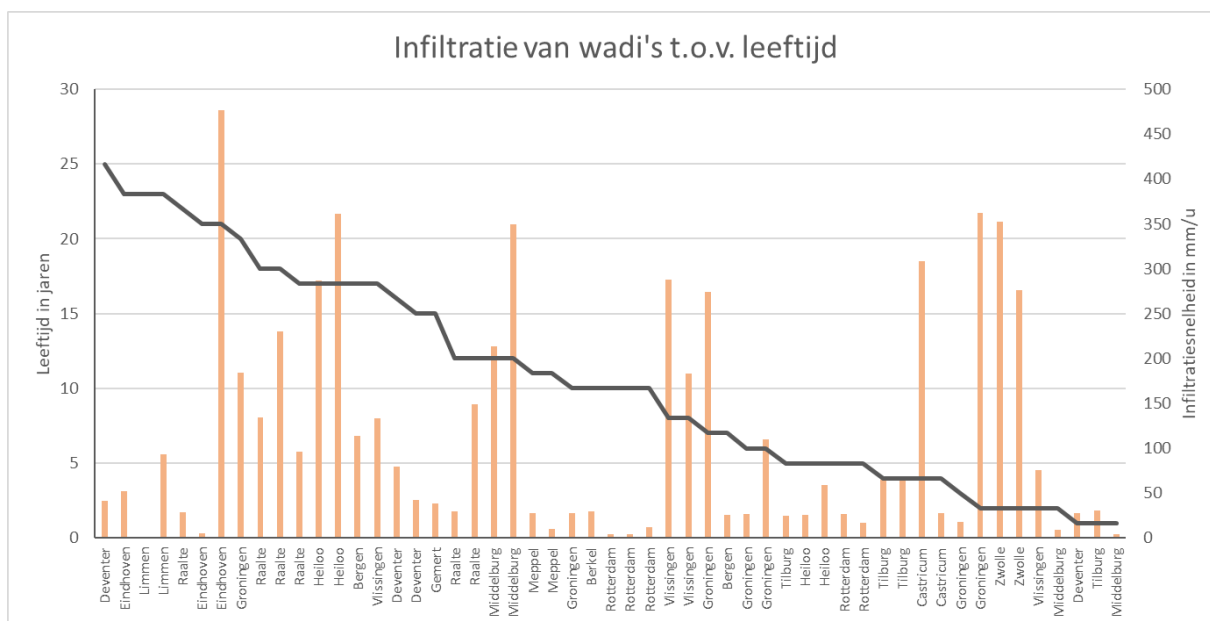
In figuur 18 zijn de infiltratiesnelheden van de 53 wadi's waar een full-scale test mogelijk was terug te vinden. De grijze stippellijn in de grafiek representeert de landelijke richtlijn van STOWA (Wentink et al., 2003) die zegt dat wadi's binnen 48 uur leeg moeten zijn. Dit om te voorkomen dat insecten eitjes leggen in het water in de wadi en daarmee veiligheidsrisico's creëren. We gebruiken deze richtlijn hier als een gedeelde meetlat om het functioneren van de wadi's te vergelijken, rekening houdende met een doorsnee wadi die maximaal 30 cm hoog is (Boogaard et al., 2006). Daarbij wordt opgemerkt dat een universele maatlat niet voor elke wadi representatief is voor het functioneren, omdat het infiltratievermogen ook afhangt van de omvang van de wadi. Bovendien is het van belang om een trend over tijd in beeld te hebben om een definitief oordeel te kunnen geven over het wel of niet functioneren van een wadi, terwijl er met deze ClimateCafé aanpak maar op één moment is gemeten in elke wadi. Toch geven de tests een eerste indicatie van het functioneren van de wadi's en kunnen daar voldoende lessen uit getrokken worden.

Van de 53 wadi's voldeden er 5 niet aan de landelijke richtlijn, waarvan er vier wel dichtbij zitten. In deze wadi's kunnen er problemen ontstaan rondom de water- en bodemkwaliteit doordat het water te lang in de wadi blijft staan. Tegelijk voldoen ruim 90% van de onderzochte wadi's wel aan de richtlijnen. Deze zijn binnen 48 uur leeg en kunnen daarna een tweede piekbui ook nog aan. Hoewel voor de vijf gevallen waarin wadi's een te lage infiltratiesnelheid lieten zien vaak verzachtende omstandigheden waren zoals regen in de 24 uur voorafgaand aan de metingen, helpen de resultaten om lessen te leren over wat beter kan in het ontwerpen en beheren van wadi's. Veel wadi's waar een lagere infiltratiesnelheid werd gevonden lagen in een gebied met een klei ondergrond en hadden geen grondverbetering gehad voorafgaand aan de aanleg van de wadi's. In andere gevallen was de bovenste laag van de wadi dichtgeslibd door een combinatie van een gebrek aan onderhoud en naastgelegen bomen die veel blad verloren. Dit zijn aandachtspunten waar nog weinig over wordt gezegd in landelijke richtlijnen, maar die goed zijn om mee te nemen in de aanleg van wadi's.

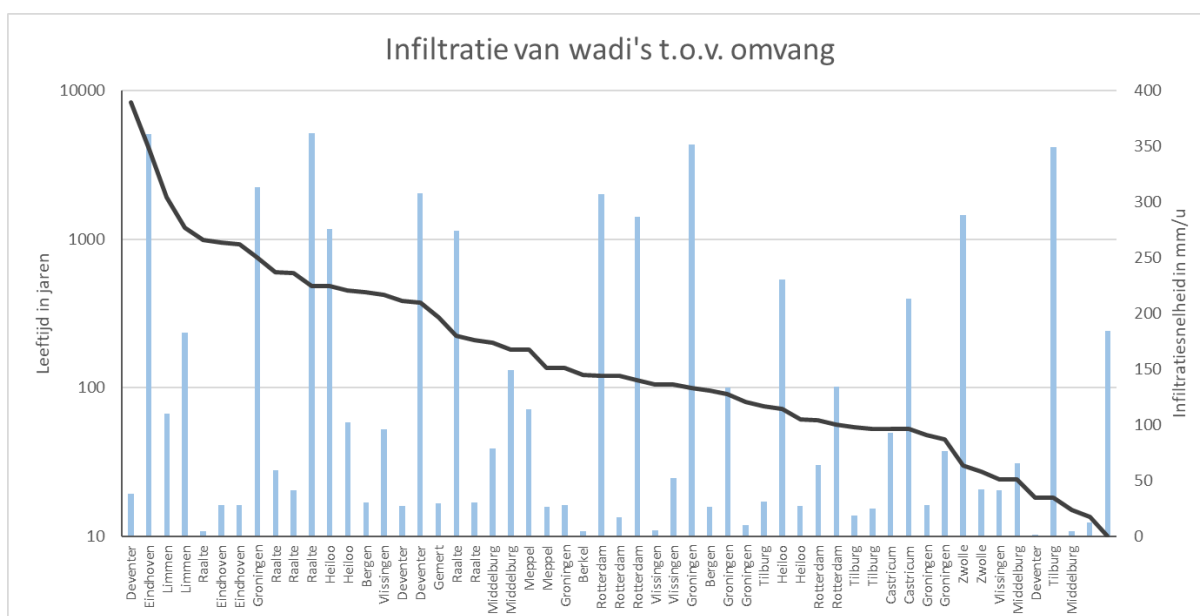


Figuur 18: overzicht van de gemeten infiltratiesnelheden, vergeleken met de benodigde infiltratiesnelheid volgens landelijke richtlijnen.

Door de opgehaalde metagegevens konden we ook zoeken naar relaties tussen karakteristieken van wadi's en hun hydraulisch functioneren. Dit om uit te sluiten of er terugkerende karakteristieken zijn die het wel of niet functioneren van een wadi bepalen. We hebben verschillende karakteristieken over de data van de infiltratietesten gelegd, waarvan twee voorbeelden hieronder (zie figuren 19 en 20). De eerste grafiek laat de relatie tussen leeftijd en infiltratievermogen zien, omdat vaak wordt gedacht dat wadi's over tijd minder gaan functioneren. Dit blijkt niet het geval te zijn: er zijn zowel jonge als oude wadi's die goed en minder goed functioneren en er lijkt geen relatie tussen de twee te zijn. Datzelfde geldt bijvoorbeeld voor de omvang van wadi's: zowel grote als kleine wadi's infiltreren boven- en ondermaats. Dit was een terugkerende bevinding in meerdere karakteristieken, wat tot de conclusie leidt dat er geen universele karakteristieken of ontwerp- en beheerkeuzes zijn die in alle wadi's tot een gegarandeerd functioneren leidt. Die is afhankelijk van meerdere keuzes, afhankelijk van wat lokaal past, die samenvallen in een ontwerp.



Figuur 19: de infiltratiesnelheid van de onderzochte wadi's in relatie tot hun leeftijd.



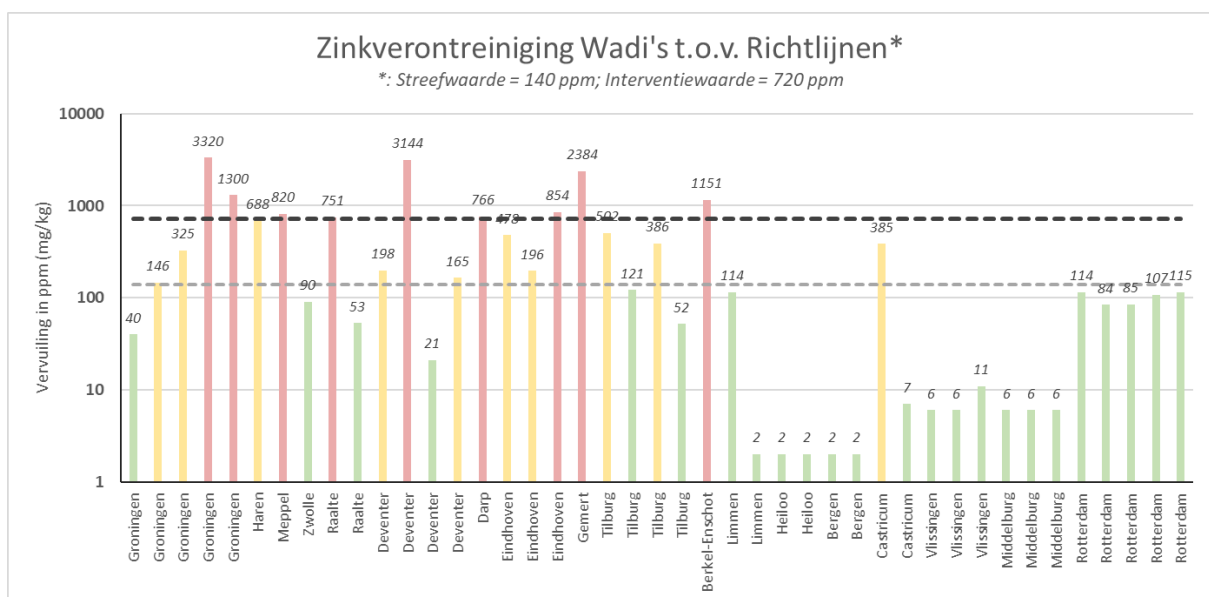
Figuur 20: de infiltratiesnelheid van de onderzochte wadi's in relatie tot hun omvang.

Verontreiniging

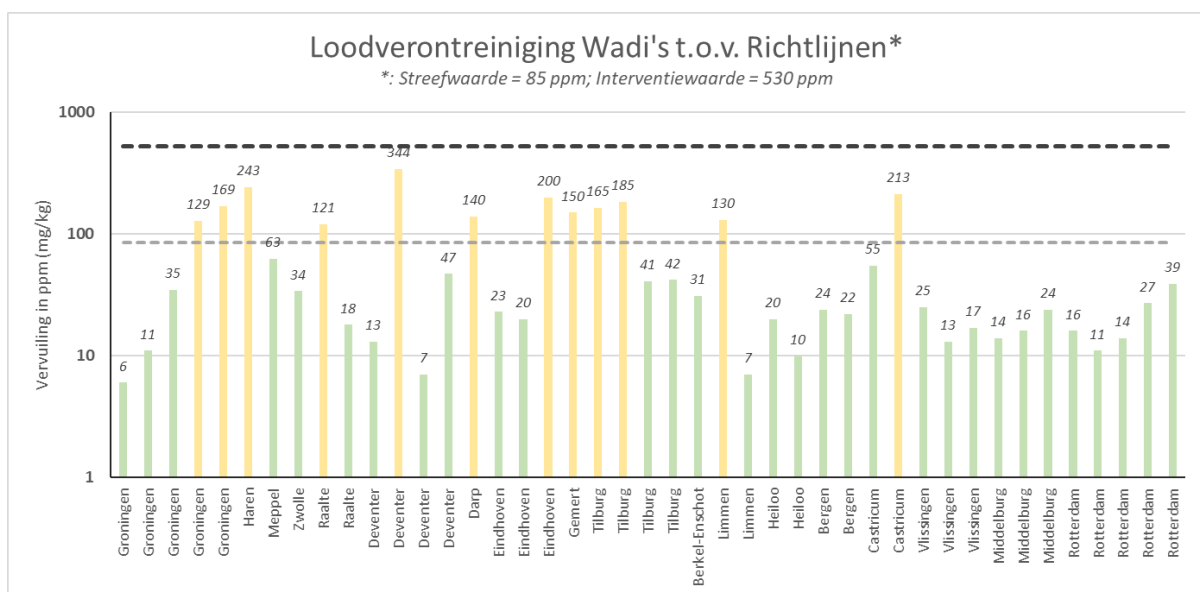
Een tweede grote pijler van dit onderzoek zijn de onderzoeken naar bodemverontreiniging in wadi's. Hoewel er meer soorten vervuiling voorkomen en er middelen zijn om die te vinden is specifiek gezocht naar verontreiniging met de metaaldeeltjes koper, lood en zink, omdat deze vaak voorkomen in de gebouwde omgeving en in hogere concentraties gezondheidsrisico's kunnen opleveren. Hierom is in bijna 50 wadi's met behulp van de XRF-handscanner onderzoek gedaan. Niet alle 56 wadi's in het onderzoek konden gescand worden vanwege uiteenlopende organisatorische en technische redenen. De figuren 21 tot en met 23 hieronder laten per metaalsoort de uitkomsten zien, vergeleken met de landelijke streef- en interventiewaarden zoals vastgesteld in de Regeling bodemkwaliteit (Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 2007).

Deze grafieken laten zien dat lood nog nauwelijks voorkomt in wadi's, waar in geen enkel geval de interventiewaarde werd bereikt. Er zijn wel een aantal wadi's waar de concentraties van lood boven

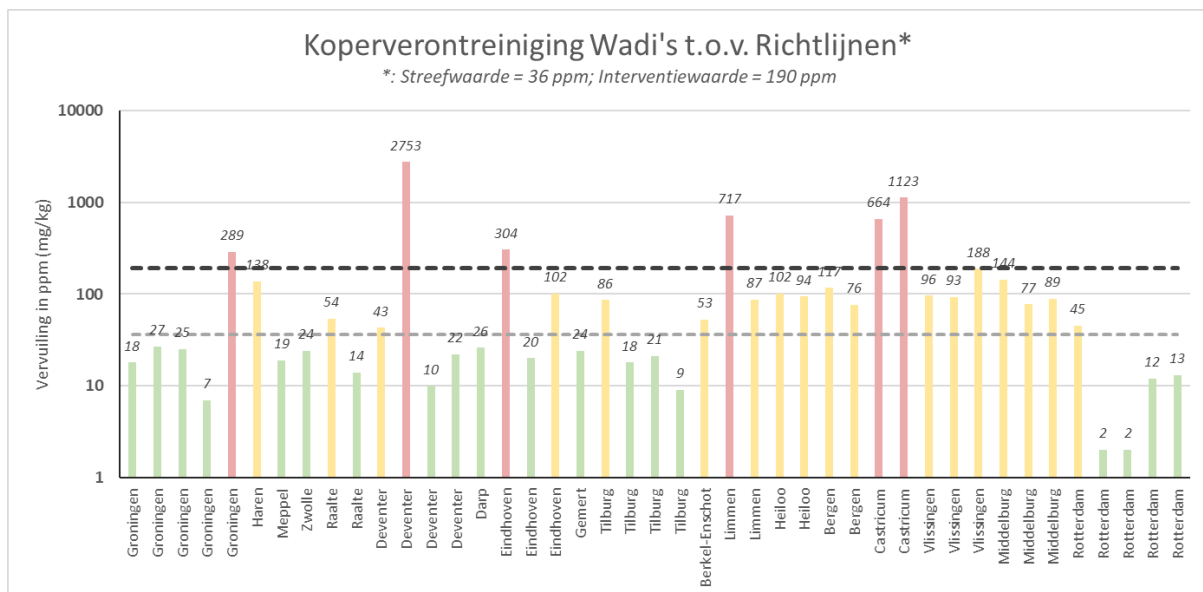
de streefwaarde liggen, maar dat zijn ook vaak oudere wadi's waar looddeeltjes over langere tijd heeft op kunnen stapelen. Overschrijdingen van interventiewaarden voor koper en vooral zink komen wel vaker voor, waarbij uitschieters zijn gevonden die bijna een factor 15 boven de interventiewaarde liggen. De meest terugkerende bronnen van koper en zink zijn onder andere voertuigen (zink komt voor in het productieproces van autobanden) en dakkapellen. Wadi's die naast parkeerplaatsen en drukke wegen liggen of directe aansluiting hebben op woningen met koperen of zinken dakkapellen laten dan ook vaker hogere concentraties van deze deeltjes zien. Maar er zijn ook veel plekken waar de bronnen minder duidelijk te herleiden zijn. Mogelijk verdachten zijn onder andere zonnepanelen, afvoerbuizen en kunstwerken. De Spreiding van vervuiling in wadi's is afhankelijk van de aanwezigheid van een centraal instroompunt. In dat geval is de vervuiling meestal (in grotere mate) geconcentreerd rond het instroompunt, wat sanering gemakkelijker maakt. In wadi's zonder centraal instroompunt is de vervuiling veel meer verspreid over de hele wadi, wat saneren kostbaar maakt.



Figuur 21: de gevonden zinkconcentraties in wadi's in verhouding tot de landelijke streef- en interventiewaarden.



Figuur 22: de gevonden loodconcentraties in wadi's in verhouding tot de landelijke streef- en interventiewaarden.



Figuur 22: de gevonden koperconcentraties in wadi's in verhouding tot landelijke streef- en interventiewaarden.

Het optellen van alle overtredingen van streef- en interventiewaarden levert onderstaande tabel 7 op. Daaruit is te herleiden dat in ongeveer een derde van de 50 wadi's waar metingen zijn uitgevoerd concentraties van metaaldeeltjes boven de interventiewaarde uitkomen en dus een gezondheidsrisico vormen. In de meeste gevallen gaat dat om zinkconcentraties, en in sommige gevallen om koper. Of deze overschrijdingen daadwerkelijk een risico vormen hangt af van het gebruik van de wadi. Van de 16 wadi's waar de interventiewaarde is overschreden zijn er 5 (~ 1/3^e) ingericht als speelvoorziening, wat voor een groter gezondheidsrisico zorgt.

In deze wadi's wordt geadviseerd om de bovenste laag te vervangen (afhankelijk van de verspreiding) om de bestaande vervuiling op te lossen en om maatregelen te nemen om vervuiling in de toekomst te voorkomen. Dat kan ofwel door het wegnemen van de bron of het toepassen van een filter in of voor de wadi. Het grote aantal overschrijdingen laat zien dat er meer aandacht en bewustzijn nodig is over bodemverontreiniging en de effecten daarvan onder ontwerpers en beheerders van wadi's, en dat er vaker maatregelen moeten worden getroffen. Bovendien is het van belang om meer (proactief) te monitoren naar vervuiling om concentraties op tijd te spotten. Tot slot is het van belang om na te denken over (on)acceptabele risico's voor de vervuiling van de toplaag in wadi's en scenario's op te stellen waarin (en op welke wijze) ingegrepen moet worden.

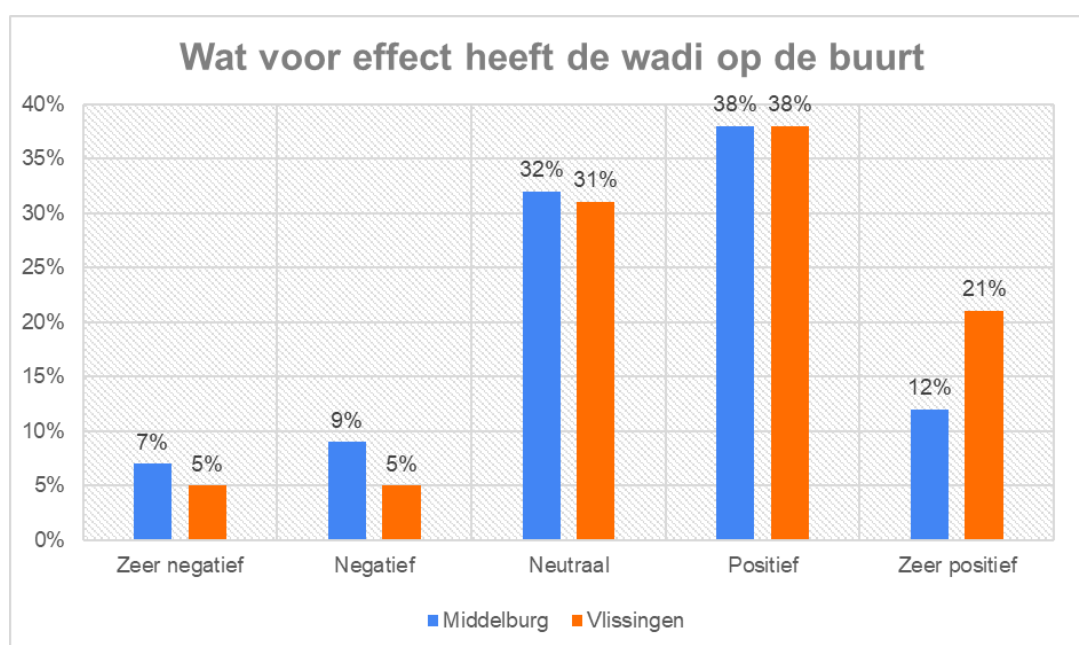
Tabel 7: Aantal overschrijdingen van interventiewaarden voor zink-, koper- en loodconcentraties in bijna 50 wadi's verspreid over Nederland.

ClimateCafé # Wadi's		# Overtreding van interventiewaarde		# Overtreding van zink		# Overtreding van koper		# Overtreding van lood	
			%		%		%		%
Groningen	6	2	33,3	2	33,3	1	16,7	0	0,0
WDOD	10	4	40,0	4	40,0	1	10,0	0	0,0
Noord-Brabant	9	4	44,4	3	33,3	1	11,1	0	0,0
Noord-Holland	8	3	37,5	0	0,0	3	37,5	0	0,0
Zeeland	6	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Zuid-Holland	8	3	37,5	0	0,0	3	37,5	0	0,0
TOTAL	47	16	34,0	9	19,1	9	19,1	0	0,0

Bewonerservaringen

Hoewel de belevingswaarde van wadi's geen hoofdrol in dit onderzoek speelde en niet van primair belang is in het functioneren van een wadi, vonden we het toch van belang om een eerste verkenning te maken van het bewustzijn van bewoners over het nut en functioneren van een wadi en hun beleving van de wadi als onderdeel van de openbare ruimte. De vragenlijst die we hiervoor gebruikten werd pas gaandeweg de uitvoering van de ClimateCafé's ontwikkeld, waardoor deze niet in elke wadi mee is genomen. Bovendien verschilde het aantal gesprekken die met bewoners zijn gevoerd sterk per ClimateCafé. Zo zijn er bij sommige wadi's nauwelijks mensen gesproken en zijn bij de 6 wadi's in Zeeland bijna 100 personen gesproken (zie figuur 24).

Voor de meeste wadi's geldt dat hun effect op de buurt als overwegend positief wordt ervaren door omwonenden. Zie ook de tabel hieronder die de resultaten van de enquêtes in ClimateCafé Zeeland weergeven. Alhoewel bewoners vaak niet weten wat de functie van een wadi is of de wadi niet eens als wadi herkennen, wordt deze als groene publieke ruimte positief ervaren. Bewoners waarderen onder andere de biodiversiteit en groene uitstraling van de wadi, maar ook de gebruiksfunctie ervan voor spelen en ontmoetingen voor buurtbewoners.



Figuur 24: Resultaten van een bewonersenquête in Middelburg (N = 56) en Vlissingen (N = 42) naar de beleefde effecten op de buurt. Bron: Velagic et al., 2022.

De belangrijkste redenen voor onvrede over wadi's zijn omwille van overlast. Veelvoorkomende soorten zijn hondenpoep, muggen, modder, uitstraling (zichtbare vervuiling) of geur. In het ClimateCafé Zeeland bestond de top drie van verbeterpunten uit de volgende opmerkingen:

1. De wadi's beter onderhouden (meer maaien, meer begroeiing en vuilnisvrij houden).
2. De buurt beter toegankelijk maken door eventueel meer voetpaden aan te leggen door de wadi heen.
3. Door gebruik van grote keien wadi's ontoegankelijk maken voor zwaardere voertuigen die over de wadi heen willen rijden.

Ervaringen van bewoners lopen erg uiteen en zijn sterk lokaal en persoonsgebonden. Sommige kenmerken van een wadi werden zowel positief als negatief gewaardeerd door verschillende bewoners,

wat het lastig maakt om hier duidelijk beleid op te voeren. Bijvoorbeeld over de lengte van het gras en de frequentie van het maaien.

Uit deze eerste verkenning van de beleving van wadi's door omwonenden zijn een aantal lessen te leren. Zo is het van belang om bewoners vaker en beter mee te nemen in de functies van een wadi en signalen dat een wadi niet zo goed functioneert. Goed onderhoud is belangrijk voor de uitstraling van een wadi en voor het tegengaan van overlast in de wadi om beleving van bewoners te vergroten. Tot slot is het van belang om vaker na te denken over beleving van de wadi door bewoners en de multifunctionele inrichting van wadi's om deze te vergroten.

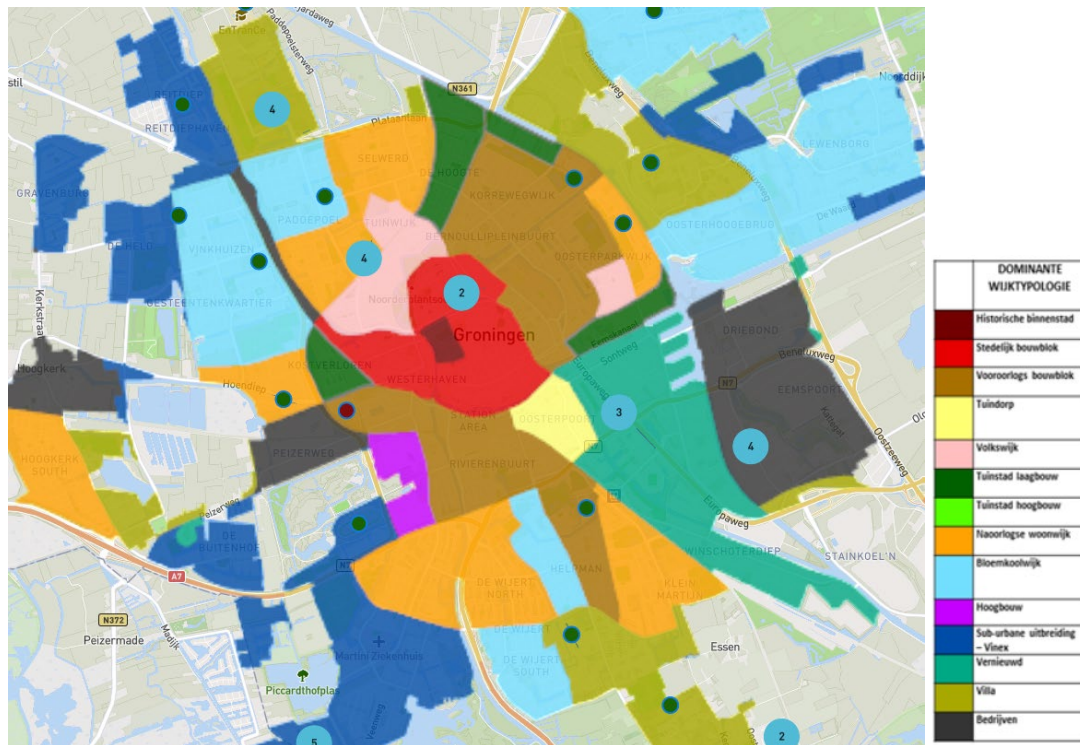
RUIMTELIJKE ANALYSES

Naast analyses van de meetresultaten kunnen op basis van de geografische verspreiding van groenblauwe oplossingen ook ruimtelijke analyses worden gemaakt met behulp van GIS methodes. Specifiek is binnen dit onderzoek gekeken naar stedelijke kansen voor groenblauwe oplossingen op basis van hun verspreiding over verschillende wijktypologieën. Hiervoor zijn bijna 1000 groenblauwe oplossingen in Nederland gebruikt, verzameld op Climatescan. Voor het identificeren van wijktypes is gebruik gemaakt van de typologie van Kleerekoper (2016), zie tabel 8.

Tabel 8: typologie van Nederlandse stadswijken. Gebaseerd op Kleerekoper (2016).

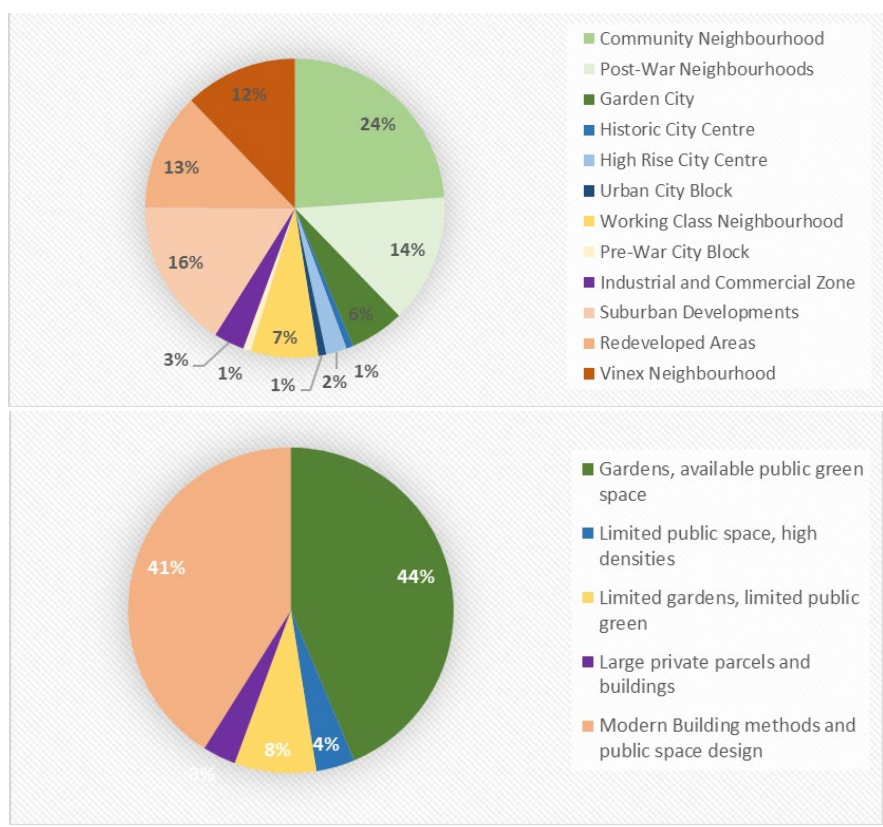
Wijktype	Periode	Karakteristieken
Historisch Stadsblok	Voor 1930	Geen voortuin, vier tot vijf woonlagen.
Vooroorlogs stadsblok	1900-1940	Soms een voortuin, drie tot vier woonlagen, straten zijn breder dan bouwblokken.
Tuindorp	1910-1930	Ruimte tuin, twee tot drie woonlagen, veel parkeerplek, beperkt openbaar groen en nauwelijks bomen in de straat
Woonwijk	1930-1940	Geen voortuin, weinig openbaar groen, gezinswoningen van twee tot drie woonlagen
Naoorlogse wijk	1940-1990	Voor- en achtertuin, twee tot drie woonlagen, gezinswoningen, geschakeld, twee-onder-één-kap of vrijstaand
Bloemkoolwijk	1975-1980	Gezinswoningen met voor- en achtertuin, kronkelende straatpatronen met veel hofjes
Hoogstedelijke binnenstad	1960-heden	Meer dan tien woonlagen in blokkenpatroon
Suburbanisatie (vinex)	1990-2005	Gezinswoningen, geschakeld, twee-onder-één-kap of vrijstaand
Industrieel & commercieel	n.v.t.	Grote panden, brede straten, hoge versteningsgraad.

Deze wijktypologie van Kleerekoper is een veelgebruikte, en is beschikbaar als openbare GIS dataset. Op de online database Climatescan worden al jaren klimaatadaptieve en dus ook groenblauwe oplossingen gemonitord, met onder andere informatie over coördinaten van deze maatregelen. Door deze punten van Climatescan te halen en op te schonen konden ze als data laag bovenop de wijktypologie dataset worden gelegd (zie figuur 25). Op basis daarvan kon de geografische verspreiding van groenblauwe oplossingen en specifieke maatregelen als wadi's worden afgelezen.



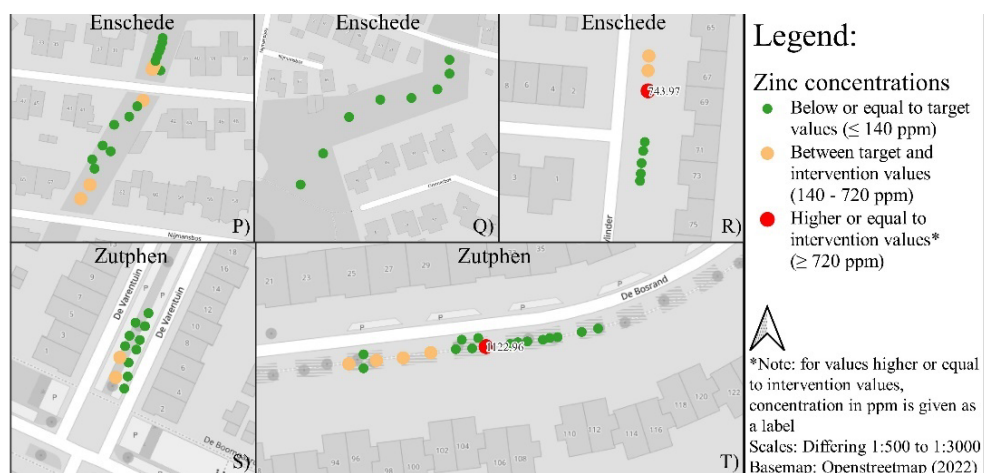
Figuur 25: koppeling van wadi's aan wijktypologieën in Groningen. Afkomstig van [Climatescan.nl](http://climatescan.nl).

Destijds stonden bijna 1000 bruikbare groenblauwe oplossingen op [Climatescan](http://climatescan.nl). Deze zijn in onderstaand figuur 26 gekoppeld aan de verschillende wijktypologieën. Daarin vallen twee categorieën van wijken op waar een meerderheid van de maatregelen liggen. Aan de ene kant gaat dat om de al groen opgezette wijken waar veel aandacht is voor openbaar groen en tuinen (denk aan bloemkoolwijken, tuinsteden en-dorpen). De andere grote categorie bestaat uit modernere, ruimer opgezette wijken (zoals de VINEX wijken, herontwikkelingswijken en suburbanisatiewijken). In binnensteden en historische stadsdelen zijn veel minder groenblauwe oplossingen te vinden, maar is ook minder ruimte in de openbare ruimte voor dit soort maatregelen. Ook op bedrijventerreinen zijn nog weinig maatregelen te vinden, terwijl hier wel de nodige ruimte voor is. Op basis van deze korte analyse is dus op te maken dat op bedrijventerreinen nog grote kansen liggen voor de doorontwikkeling van groenblauwe oplossingen.



Figuur 26: Resultaten van ruimtelijke koppeling van groenblauwe oplossingen aan wijktypologieën. Van de 935 groenblauwe oplossingen waren 865 wadi's.

Ook konden we GIS gebruiken om de verspreiding van bodemverontreiniging in beeld te brengen. Hiervoor werden de gegevens uit de XRF-handscanners gebruikt en gekoppeld aan GPS locaties. Door deze aan de landelijke streef- en interventiewaarden te koppelen konden patronen worden gezocht in plekken waar sprake was van verontreiniging (zie figuur 27 voor een illustratie).



Figuur 27: GIS analyse van de verspreiding van bodemverontreiniging in wadi's. Bron: Boogaard et al. (2023)

Introductie

Groenblauwe voorzieningen leveren een bijdrage aan een klimaatrobuuste inrichting van het stedelijk gebied (Boogaard & Roest, 2020). Ter ondersteuning van het besluitvormingsproces ten aanzien van de keuze voor, het ontwerp van en de inrichting van groenblauwe voorzieningen in de praktijk is het wenselijk de mogelijke kosten en baten zo goed mogelijk in beeld te krijgen. Een Maatschappelijke Kosten Baten Analyse (MKBA-analyse) biedt hiertoe handvatten (Kluck et al., 2016, 2017a,b, Veldkamp et al., 2020). Alhoewel er al sinds enkele decennia met groenblauwe voorzieningen wordt geëxperimenteerd ontbreekt tot dusver een consistent overzicht van bijbehorende kosten en baten – waar mogelijk in monetaire eenheden uitgedrukt.

Het project 'GroenBlauwe Voorzieningen: Kansen en Risico's voor groenblauwe voorzieningen in de praktijk', werkpakket 4 in het bijzonder, heeft aan dit hiaat invulling gegeven middels doorontwikkeling van de HvA MKBA-toolbox en toetsing van de MKBA-toolbox aan de praktijk. Vraag die daarbij centraal staat is: "Hoe verhouden groenblauwe voorzieningen zich – in termen van brede maatschappelijke kosten en baten – tot een reguliere inrichting van de weg en/of klimaatadaptieve alternatieve inrichtingsvormen". Het volledige verslag van de uitgevoerde MKBA analyses is terug te vinden in [94](#).

Doorontwikkeling van de HvA MKBA-toolbox voor GroenBlauwe Voorzieningen

De HvA MKBA-toolbox 'Klimaatbestendig ontwerp' is in 2017 ontwikkeld als onderdeel van het project 'De Klimaatbestendige Stad' (Kluck et al., 2017a,b). Focus lag daarbij op het inzichtelijk maken van kosten en baten behorend bij een klimaatadaptieve inrichting van een straat. De mogelijkheid om diverse groenblauwe voorzieningen te toetsen ontbrak. De HvA MKBA-toolbox is daarna onder meer toegepast in het project 'De Infiltrerende Stad' (Veldkamp et al., 2020). Tot dusver zijn groenbaten slechts beperkt meegenomen in de MKBA-analyse en de set-up van de MKBA-toolbox is vrij stringent toegespitst op klimaatadaptieve maatregelen in een straat. Inrichtingselementen op pleinen of in buurten, zoals bij wadi's vaak het geval is, kunnen hierdoor niet geëvalueerd worden. Kosten specifiek voor het beheer en onderhoud van groenblauwe voorzieningen, zoals inspectie, maaien, verticuteren van de top laag en in het bijzonder verbeteren van de bodem en top laag zijn vooralsnog slechts in beperkte mate meegenomen.

Als onderdeel van het SIA RAAK Publiek project 'Groenblauwe voorzieningen' is de HvA MKBA-toolbox in ruimtelijke zin beter geschikt gemaakt voor het beoordelen van groenblauwe voorzieningen zoals wadi's. De representatie van kosten gelieerd aan groenblauwe voorzieningen en groenbaten is verbeterd en er is een post 'infiltratiebaten' toegevoegd, welke de aanvulling van neerslag op het lokale grondwater kwantificeert. De gebruikte klimaatdataset in het MKBA-tool, welke gebruikt worden om potentiële situaties van wateroverlast en bijbehorende schade door te rekenen, heeft een update gekregen naar de meest recente KNMI scenario's en de tool is – middels een geüpdatet handleiding – toegankelijker gemaakt voor extern gebruik. Door doorontwikkeling kan er middels de HvA MKBA-toolbox een heel scala aan klimaatadaptieve maatregelen op kosten en baten vergeleken worden.

Toetsing aan de praktijk

Als onderdeel van deze rapportage zijn voor vijf groenblauwe casussen de maatschappelijke kosten en baten vastgesteld met behulp van de HvA MKBA-toolbox (Kluck et al., 2017a,b). In elk van deze gevallen

is een vergelijking gemaakt tussen de originele situatie in de straat (V0, gemengd riool, geen afgekoppelde situatie), de aanleg van een centrale wadi (V1, zoals deze daadwerkelijk is ingericht op locatie) en de aanleg van een relatief simpele waterbergende weg (V2, aangelegd met kolken voor de toevoer van het systeem en een zandig wegcunet als bergend medium). Resultaten zijn vergeleken op: kosten (aanleg, beheer en onderhoud, waterschade) en baten (groenbaten, infiltratiebaten). Daarnaast is gekeken naar de verdeling van kosten en baten over de verschillende stakeholders.

In drie van de bestudeerde casussen leverde aanleg van een wadi als klimaatadaptieve oplossing in de wijk een (significante) bijdrage aan het verminderen van potentiële waterschade als gevolg van hevige neerslag. In vier van de vijf bestudeerde casussen droeg aanleg van de wadi bij aan het verhogen van het infiltrerend vermogen van de wijk. Tot 99% van de netto jaarneerslag kon – na aanleg van een wadi in de wijk – worden geïnfiltreerd. Aanleg van een wadi leidt in vier van de vijf bestudeerde casussen tot een verhoging van de gemeten groenbaten, veelal door vermindering van de afvoerkosten als gevolg van afkoppelen. In de bestudeerde casussen was al sprake van aanwezigheid van een groenstrook. Door aanleg van de wadi wordt er in de wijk dus effectief niet meer groen gecreëerd en worden er op dat front dus geen additionele groenbaten gerealiseerd. Potentiële waardevermeerdering door het geven van een upgrade van het aanwezige groen in de vorm van recreatief vermogen, potentieel tot samenkomst, aantrekkelijkheid, en/of effecten op biodiversiteit zijn niet meegenomen in deze MKBA-analyse. Kosten voor aanleg, beheer en onderhoud van een wadi in de wijk liggen altijd hoger dan het doorlopen van een regulier vervang- en herstelprocedé. In twee van de bestudeerde casussen kunnen deze hogere kosten worden gecompenseerd door vermeden waterschade. In wijken waarin geen tot nauwelijks sprake is van kans op waterschade door hevige neerslag vormt dit geen argument. In deze gevallen moet de afweging voor aanleg van een wadi komen uit de te kwantificeren groen- en infiltratiebaten.

Uit elk van de bestudeerde casussen valt op te maken dat kosten en baten van klimaatadaptieve voorzieningen zoals een wadi of waterbergende weg bij verschillende stakeholders terecht komt. Waar de gemeente in de meeste gevallen de kosten voor aanleg, beheer en onderhoud draagt komen baten terecht bij verzekeraars (vermeden waterschade en/of zorgkosten), bewoners (verhoging woonwaarde en woongenot) en het waterschap (verlaging van de afvoer en zuiveringskosten).

Discussie

Als onderdeel van het SIA RAAK Publiek project Groenblauw hebben we een aantal stappen gemaakt in de doorontwikkeling van de HVA MKBA-toolbox en deze getoetst aan de hand van een vijftal casussen. Hierbij hebben we (nog) niet alle (groen)baten kunnen monetariseren ofwel op een andere manier een plek gegeven in de MKBA-toolbox. Denk bijvoorbeeld aan: vermeden schade als gevolg van hitte en droogte, de reinigingsfunctie van een wadi ten aanzien van het infiltrerende hemelwater, de waarde van biodiversiteit of de aanwezigheid van een plek voor samenkomst en recreatie, en ook het informatieve karakter rondom het belang van klimaatadaptatie t.a.v. klimaatverandering en toenemende extremen. Vervolgonderzoek zou zich moeten richten op het waarderen van bovengenoemde aspecten op monetaire danwel non-monetaire wijze en het opnemen van deze onderdelen in de MKBA-toolbox.

Ook hebben nog niet alle groenblauwe voorzieningen een plek gekregen in de MKBA-toolbox. Pergola's en blauwgroene daken worden al veel toegepast in de praktijk maar kunnen nog niet aan de hand van hun maatschappelijke kosten en baten worden beoordeeld in deze toolbox. Vervolgonderzoek zou zich moeten richten op inclusie van deze maatregelen in het portfolio.

In verband met de instabiele economische periode 2020-2023 (COVID, Oekraïne oorlog) en bijbehorende schommelingen in grondstoffen en bouw prijzen is er voor gekozen om de bestaande

kosten-kengetallen zoals die bekend waren in de MKBA-toolbox niet te updaten. Enkel voor nieuwe voorzieningen zijn bijbehorende kostenkentallen opgezocht. Voor sommige onderdelen van maatregelen stammen beschikbare kostenkentallen nog uit 2015-2018. Vervolgonderzoek zich toe moeten spitsen om de bestaande kostenkentallen van een update te voorzien.

Alhoewel er verschillende stappen ondernomen zijn om de MKBA-toolbox gebruiksvriendelijke te maken voor het algemene publiek is het invullen en doorrekenen van de toolbox nog geen sinecure. Heel wat gegevens zijn nodig om de toolbox van de juiste informatie te voorzien en om verschillende ontwerpvarianten met elkaar te kunnen vergelijken binnen de juiste context. Ook is een goed begrip van de hydraulische werking van de buurt en wadi een vereiste. Vervolgonderzoek dient zich erop te richten hier een versimpelingslag in te slaan om de MKBA-toolbox toegankelijker te maken voor gebruik zonder in te boeten aan betrouwbaarheid en validiteit.

Conclusie

Analyse aan de hand van een vijftal casussen laat zien dat implementatie van groenblauwe voorzieningen zoals wadi's in de praktijk in veel gevallen loont. In vergelijking met een traditionele inrichting van de weg alsmede in verhouding tot een alternatieve klimaatadaptieve oplossing. Kosten voor aanleg en beheer en onderhoud zijn voor een wadi weliswaar wat hoger liggen dan de kosten die gepaard gaan bij een traditionele herinrichting van de straat. Vermeden waterschade, groen- en infiltratiebaten – waar monetair uit te drukken – compenseren in veel gevallen voor dit verschil zo laat de uitgevoerde analyse zien. In aanvulling daarop brengt de implementatie van wadi's verschillende additionele baten met zich mee die zich (nog) niet makkelijk laten uit te drukken in monetaire waarden maar wel een belangrijke rol (kunnen) spelen in de keuze voor implementatie van een wadi in de praktijk. Bijvoorbeeld de positieve impact die het heeft op biodiversiteit, het verhogen van het recreatieve vermogen van de buitenruimte, en het bieden van plek voor samenkomst en bewustwording.

Aanleg, beheer en onderhoud van groenblauwe voorzieningen gaat ook gepaard met een verdelingsvraag. De MKBA-analyse zoals in deze studie uitgevoerd onderstreept – in aanvulling op eerdere studies – dat kosten van klimaatadaptatie in veel gevallen bij gemeenten terecht komen terwijl de baten elders landen. Het inzichtelijk maken van deze (verdeling) van kosten en baten kan een bijdrage leveren aan het gesprek om te komen tot een eerlijkere (her)verdeling.



H.5 INSPIRATIEBOEK

5 INSPIRATIEBOEK

DE GOEDE WADI

Het laatste handboek rondom wadi's (Boogaard et al., 2006) dateert van bijna 20 jaar terug. Inmiddels is er veel veranderd en blijkt ook uit onze bevindingen dat stedelijk waterbeheer anno 2023 niet meer los gezien kan worden van thema's als biodiversiteit, mobiliteit, recreatie en gezondheid. De wadi is geen louter technische maatregel, maar ook een sociale, ruimtelijke, gezonde en ecologische maatregel. Dat kan niet zoals vanouds door de rioleur alleen worden opgepakt, maar vraagt om meer samenwerking. De groenblauwe transitie gaat niet alleen over maatregelen anders inrichten en optimaliseren, waar we in eerste instantie met dit onderzoek op focusten. Het gaat ook over aanpassingen in hoe maatregelen worden ontworpen, aangelegd en beheerd. Dat is best ingewikkeld en er is geen one-size-fits-all oplossing hiervoor.

Met het inspiratieboek willen we los van de technische aanbevelingen uit de metingen door het land heen ook handvaten bieden voor hoe je als gemeente of adviesbureau een goede wadi ontwikkeld. Welke keuzes je dan tegenkomt, wat de consequenties van verschillende keuzes zijn en hoe je lokaal passende keuzes maakt. Op basis van onze eigen ervaringen en de input uit interviews met 20 experts (zie figuur 28) laten we voorbeelden zien van waar het goed gaat en waar niet en vooral waarom. We delen wijze lessen van ervaringsdeskundigen, raken thema's aan die vaak nog te weinig aandacht krijgen en dat op een luchtige toon met vooral veel beelden.



Figuur 28: belangrijkste uitspraken en thema's uit de gesprekken met ervaringsdeskundigen van de wadi.

Het boek grijpt terug op een centrale vraag in dit onderzoek: *wanneer functioneert een wadi?* *Wat maakt een wadi een goede wadi?* Is dat alleen de wadi die prima functioneert als watervoorziening? Of is dat ook de wadi die onderdeel is van een ecologisch netwerk, en de wadi die geliefd is door de buurt als speel- en ontmoetingsplek? De wadi is zoals *Govert Geldof* in zijn interview noemde een 'èn-èn-èn oplossing': een verhaal waarin allerlei lokale thema's worden verbonden door het water (zie figuur 29). Dat is de reden dat we met dit inspiratieboek niet alleen willen verrijken, maar ook verleiden. Om zo met bewoners, ecologen, stedenbouwkundigen en rioleurs samen tot integrale oplossingen te komen. In dit hoofdstuk laten we niet het hele inspiratieboek zien, maar geven we vooral een beeld van de insteek, toon en bouwstenen die in het boek voorbijkomen. Het hoofdstuk is opgebouwd volgens drie centrale functies van de wadi: als watervoorziening, als openbare ruimte en als onderdeel van een ecosysteem. Tot slot duikt een vierde thema in op het proces achter de ontwikkeling van wadi's.



Figuur 29: de centrale vraag en verschillende thema's die in het inspiratieboek voorbijkomen

WATER

Het hoofdstuk over water is op te splitsen in twee delen, waarbij het eerste over infiltratie gaat en het tweede over zuivering. Zonder de I, was een wadi gewoon een wad. Infiltratie is dus simpelweg een onmisbaar basisprincipe van de groenblauwe oplossingen. Of er nu een drain onder je voorziening ligt of dat je gewoon een grofzandige bodem hebt, wanneer de infiltratie niet op orde is, gaan er allerlei zaken mis. Als er te lang water stilstaat in je voorziening krijg je hoe dan ook boze gezichten. Soms van aanwonenden, misschien wel van een groenbeheerder of van een bestuurder. Hoe dan ook, een voorziening die niet infiltreert kan een smet zijn in je landschap en een drager van allerlei negativiteit. Dat werkt contra productief en het is ook niet nodig.

In een groenblauwe voorziening komen allerlei zaken samen. Zaken die goed op elkaar afgestemd moeten zijn. Zaken die door natuurlijke processen en andere omgevingsfactoren continu aan verandering onderhevig zijn. Anders dan een weg of een stuk riool is een wadi geen dag hetzelfde. Zie het als een soort levende badkuip. De seizoenen zijn bijvoorbeeld van grote invloed op je bodem, je beplanting, het gebruik, de beleving en de techniek. Zie daar met elkaar maar eens de juiste afstemming over te krijgen! De grote vraag is dus: "Wanneer is het dan wèl goed gesteld met je infiltratie?"

De Dikke Van Dale zegt het volgende over infiltratie: "Infiltratie is de langzame doordringing van een vloeistof in iets anders". Voor de wadi is infiltratie dus de langzame doordringing van regenwater in

de bodem. De sleutel zit 'm in het woord 'langzaam'. Want wanneer is langzaam snel genoeg en wanneer is langzaam te traag? En bestaat er ook zo iets als te snelle infiltratie?

Te langzaam: Infiltratie gaat te langzaam als er na 48 uur na de laatste bui nog steeds water in de wadi staat. We hebben met elkaar in NEN richtlijnen afgesproken dat dit te lang is. Ergens onderweg naar beneden wordt het water geblokkeerd. Dat kan meteen bovenop de bodem zijn. Maar het water kan ook om uiteenlopende redenen blokkeren in de bodemlaag daaronder (zie figuur 30). Of er faalt iets in de techniek, zoals in een drainagebuis of afvoerput. Te langzaam wil je niet, want dan gaan de water- en bodemkwaliteit achteruit: muggen gaan eitjes leggen, etc.

Te snel: We weten dat de wadi in de eerste plaats bedoeld is om regenwater tijdelijk te 'parkeren'. Zo blijft regenwater in de buurt van waar het gevallen is en zorgt het niet meteen voor overlast in sloten of vijvers. 48u is dus de maximale verblijftijd van het water, maar wanneer is een wadi nu te snel leeg? Dat hangt ervan af. Wanneer een wadi géén drain heeft en het water direct de bodem in zou stromen (veelal in zandige bodem) dan hoeft een hoge infiltratiesnelheid niet persé een groot probleem te zijn. Zolang de bodem en het grondwatersysteem het aankunnen, kan het water vlot infiltreren. Heb je wel een drain, dan wil je voorkomen dat een te snelle infiltratie alsnog ergens overlast veroorzaakt. Je drain voert immers af op de nabijgelegen sloot of vijver. Wanneer het water te snel in dit systeem komt, kan het alsnog misgaan.

Langzaam genoeg: Geen enkele bui is hetzelfde. Maar het principe dat je wateroverlast op andere plekken wilt voorkomen blijft overeind. Je kunt cijfermatig allerlei regels aan de water verblijftijd hangen, maar uiteindelijk wil je toe naar een balans in je systeem. In Nederland kennen we geen richtlijnen voor wanneer een wadi te snel leeg is. Duitsland kent dat wel. De belangrijkste reden (naast het parkeren van water) is het vasthouden van verontreiniging in de leeflaag en de verdere bodem. Als water te snel wordt afgevoerd, dan heeft de bodem geen tijd om te filteren.



Figuur 30: Verschillende redenen waarom de infiltratie van wadi's niet goed werkte. Linksboven: wadi in Bergen, waar de bodem was dichtgeslibd. Rechtsboven is een wadi in Haren die door een aanlegfout eerder een sloot is. Linksonder een blok klei uit de bodem van een wadi in Rotterdam en rechtsonder een verstopte toevoer naar een wadi door gebrek aan onderhoud.

In het ontwerpen en beheren van wadi's zijn allerlei maatregelen die je kunt nemen om de infiltratie te versterken. Een rijtje van opties:

- **Dimensies:** De vorm van een wadi bepaalt hoe snel het water er doorheen stroomt en kan infiltreren. Wel of geen hoogteverschil, een rechte of meanderende vorm, één of meer bakken en steil of vlak zijn allemaal keuzes die daardoor grote invloed hebben op het infiltratievermogen van een wadi (Ekka et al., 2021).
- **Gebruik:** Een zware belasting van de bodem in je wadi heeft vanzelfsprekend gevolgen voor de infiltratie. Je kunt je voorstellen dat het regelmatig maaien van een wadi met groot materieel er op den duur voor zorgt dat je bodem samengedrukt wordt. Daar komt geen druppel meer door. Er zijn wadi's die zo groot zijn dat er zelfs evenementen in gehouden worden. Ook dat heeft effect. Rijplaten, stempels van attracties, veel mensens, enz. Drukken je bodem dicht. Soms is de wadi al stuk voordat de eerste druppel er in valt. Tijdens de bouwfase van bijvoorbeeld een nieuwbouwwijk ligt een wadi er vaak al. Het komt te vaak voor dat bouwketen, pallets met materiaal en zware machines hier geparkeerd worden.
- **Beplanting:** zonder direct in te gaan op het biodiversiteitsbelang van beplanting is de beplanting an sich erg belangrijk voor de infiltratie in een wadi. Planten kunnen via hun wortels een groot effect hebben op het infiltrerend vermogen van de bodem. Door planten met verschillende wortellengtes te gebruiken vergroot je het infiltratievermogen op meerdere dieptes. Planten trekken bovendien allerlei insecten aan en zorgen voor een beter bodemleven wat weer voor sterkere infiltratie zorgt.
- **Technische toevoegingen:** Naast de natuurlijke diensten kan een wadi worden versterkt met allerlei technieken. Zo kan onder de wadi een drainagesysteem worden aangelegd om het water versneld af te voeren naar oppervlaktewater; er kan een slokop worden geïnstalleerd die overtollig water bij een te hoge waterstand in de wadi kan wegsluizen; en het is mogelijk om dammetjes in een wadi in te bouwen om water langzamer te laten stromen en meer te laten infiltreren.
- **Beheer:** De wadi is een natuurlijke oplossing, wat betekent dat je het beheer ervan ook natuurlijk moet oppakken. Oftewel: de boel de boel laten (figuur 31). Ervan uitgaan dat de natuur de wadi wel reguleert. Niet alles plat willen maaien, niet overal controle over willen hebben. Wadi's zijn geen standaard grasveld en vragen dus ook niet om een standaard beheer. In een wadi staan bijvoorbeeld allerlei kruiden- en plantsoorten die om een ander maaibeleid vragen, en in een wadi kun je niet altijd met je zware maaimachines terecht. Je moet er misschien wat vaker bladblazen en wat vaker nieuw gras inzaaien.



Figuur 31: Wadi in Berkel-Enschot waar door de permanente aanwezigheid van water veel unieke biodiversiteit voorkwam

Deze andere manier van beheren vraagt ook om geduld. De doorlatendheid van de voorziening gaat altijd achteruit in de eerste jaren. Dat komt omdat de wadi meteen al begint met dichtslibben, terwijl de vegetatie nog op gang moet komen en de bodem in moet duiken. Hierdoor lijkt het dan alsof een wadi het niet goed doet, maar vaak heeft hij alleen wat tijd nodig. Ingrijpen in deze fase kan onnodig, kostbaar en zelfs verkeerd zijn. Pas na een jaar of twee zou er een evenwicht tussen dichtslibben en de groei van vegetatie moeten ontstaan en zou de wadi beter moeten gaan functioneren. Als in de wadi dan nog steeds verslechterd kan er worden bijgestuurd. Maar dat vraagt wel om geduld en begrip.

VERONTREINIGING

Bij vervuiling kun je aan meerdere soorten vervuiling denken. Blikjes, bladeren en afval aan de oppervlakte bijvoorbeeld. Als die opstapelen kunnen ze de instroom of uitstroom van water in een wadi verstoppen en daarmee het functioneren verminderen. Ze hebben ook impact op de uitstraling van een wadi en daarmee draagvlak vanuit bewoners. Maar verontreiniging van een wadi is niet altijd zichtbaar. Uit metingen blijkt bijvoorbeeld dat groenblauwe voorzieningen ook regelmatig concentraties van zware metaaldeeltjes bevatten. Die logen uit in water bij regenval en worden dan meegevoerd naar de wadi waar ze verzamelen. Ze lossen niet op in het water, maar hechten zich aan deeltjes die in dat water zitten. Voordeel daarvan is dat ze daardoor ook uit het water te filteren zijn in de toplaag van de wadi.

Alhoewel concentraties van veel verschillende soorten metalen en andere stoffen terug te vinden zijn in wadi's wordt er voornamelijk naar lood, koper en zink gekeken. Deze komen veel terug in de gebouwde omgeving en vormen al snel een gezondheidsrisico bij contact. Zink vind je terug in bijvoorbeeld sommige dakbedekkingen of in de banden van auto's. Vaak zijn zinkconcentraties dan ook terug te herleiden naar parkeerplaatsen of drukke wegen. Lood zit bijvoorbeeld nog wel eens in afvoerbuizen, alhoewel de risico's daarvan al langer bekend zijn. En koper wordt soms gebruikt in ornamenten of dakkapellen op woningen. Via regenwater komen deze deeltjes in een wadi terecht. Soms heel geconcentreerd op één plek in het geval van een enkel instroompunt, maar soms ook heel diffuus als het water op meerdere plekken binnen kan treden. Het is dan ook belangrijk om deze afweging in het ontwerpen van een wadi mee te nemen en potentiële bronnen van vervuiling in de omgeving in beeld te krijgen.

Voor zowel koper, lood als zink zijn landelijke richtlijnen ontwikkeld voor concentraties in de bodem. Zijn concentraties hoger dan de zogenaamde interventiewaarde, dan vormen ze een gezondheidsrisico. Mocht een kind of hond bijvoorbeeld een hapje zand binnenkrijgen bij het spelen, dan kan dat gevaarlijk zijn. Zo zijn er studies waarin naar voren kwam dat hoge innames van deze stoffen impact op de hersenen hebben en zelfs IQ punten kan kosten. Omdat de ophoping van metalen moeilijk te zien is, is er nog weinig naar gemeten en is het probleem ook weinig bekend. Een eerste stap voorafgaand aan het nemen van oplossingen is daarom om te monitoren hoe deze vervuiling speelt in wadi's. Geadviseerd wordt om hier periodiek en proactief naar te monitoren. Dit soort verontreiniging van wadi's hoeft geen probleem te zijn, en het zal op heel veel plekken in Nederland ongemerkt voorkomen. Denk aan bermten langs de weg, of oppervlaktewateren. Omdat veel wadi's echter ook een openbare functie als speel- of ontmoetingsplek hebben ontstaan er echter risico's bij dit soort ophopingen. Daarom een aantal mogelijke oplossingen op een rijtje.

Een eerste oplossing is spelen met reliëf in de wadi (voorbeeld in Dalfsen). Daarmee kun je meerdere functies met elkaar in één wadi laten bestaan. Eén compartiment vangt dan de vervuiling op en de rest functioneert als back-up buffers. Deze worden in zeldzame gevallen gebruikt en kunnen doorgaans gebruikt worden als bijvoorbeeld speelplek.

Een tweede oplossing is gericht op fyto-remediatie. Fyto = plantaardig, en remediatie = het tegengaan van een schadelijk proces, bijvoorbeeld de vervuiling van een wadi. Combineer je die twee, dan komt fyto-remediatie neer op het tegengaan van vervuiling door middel van planten. Dat is nog een relatief onderontwikkeld onderdeel van wadi's, maar biedt in theorie veel mogelijkheden. Fyto-remediatie kan op 4 manieren plaatsvinden: 1) Fyto-stabilisatie: vastzetten van (verontreinigende) stoffen in de ondergrond door wortels van planten; 2) Fyto-degradatie: afbreken of omzetten van vervuilende stoffen door de plant en het bodemleven; 3) Fyto-extractie: het opnemen van stoffen uit de ondergrond in de plant boven de grond; 4) Fyto-verluchting: afvangen van verontreinigende stoffen uit de lucht. Voor het tegengaan van verontreiniging in wadi's wordt vooral gefocust op fyto-extractie voor de opname en verwijdering van koper en zink uit de bodem en fyto-stabilisatie voor het vastzetten van lood. Om fyto-remediatie toe te passen kun je samenstellingen van grassen, planten en bomen gebruiken, afhankelijk van vochtigheid, zoutgehalte, ondergrond, aanwezigheid van infiltratiesysteem, etc. Een tip: de wilg is heel goed in het opnemen van metalen uit de ondergrond, maar moet wel regelmatig (met blad) gesnoeid en geoogst worden om vervuiling te verwijderen.

Een derde, meer technische, maatregel voor het tegengaan van bodemverontreiniging is de inzet van voorfilters. Een voorfilter is een duurdere maatregel en werkt vooral in wadi's waar het water op één punt de wadi instroomt. Het filter houdt metalen tegen en kan geregeld worden vervangen om zo te voorkomen dat vervuiling in de toplaag van de wadi terecht komt.

Tot slot is laatste redmiddel het saneren van de bodem. Mocht er al vervuiling hebben plaatsgevonden in de wadi, dan is het naast het aanpakken van de bron en toevoer van nieuwe vervuiling ook van belang om de bestaande vervuiling te verwijderen. Dat kan door de toplaag van de wadi af te graven en te vervangen door schone grond. Welke delen van de toplaag moeten worden vervangen hangt af van de watertoevoer en instroompunten van de wadi en de verspreiding van de vervuiling

Omdat het tegengaan van bodemverontreiniging nog een relatief nieuw thema is zijn er nog veel vragen en weinig bewijs over de effectiviteit van de verschillende oplossingen. Op de Klimaatproeftuin van BuildinG is in dat kader gewerkt aan een proefopstelling met 3 identieke wadi's. Deze 3 wadi's krijgen via dezelfde buis verontreinigd water toegevoerd, afkomstig van platen van koper, lood en zink op omliggende gebouwen. Daarmee kan in de eerste plaats worden onderzocht met welke snelheid en omvang de verspreiding van verontreiniging plaatsvindt. Bovendien kan hierdoor worden geëxperimenteerd met oplossingen. Elke wadi maakt namelijk gebruik van een andere maatregel waarmee we over tijd meer inzicht willen krijgen in effectieve manieren om metalen deeltjes uit de bodem te filteren. De eerste is gericht op speciale beplanting, waarmee volgende fyto-remediatie principes metaaldeeltjes uit de bodem worden gefilterd. De tweede moet voorkomen dat die deeltjes in de wadi terecht komen door een speciaal filtersysteem met kool en zand. De derde wadi is een testcasus zonder interventies, om de achtergrondwaardes van de vervuiling te bepalen. De wadi's zullen over tijd worden gemonitord om zo te achterhalen wat effectieve manieren zijn om verontreiniging in de praktijk tegen te gaan.

BIODIVERSITEIT

Biodiversiteit in wadi's is een complex thema. Niet elke soort groeit namelijk even goed in de wadi. Je hebt er met hele wisselende omstandigheden te maken en planten moeten goed tegen die variatie kunnen. In je keuze voor planten moet je op een aantal factoren letten: de hoogte van de plant, of ze een- of meerjarig zijn, abiotische factoren (licht/schaduw, vochtminnend of-vrezend, voedselrijkheid) en of ze inheems of uitheems zijn en dus aansluiten op het lokale ecosysteem. Verschillende onderdelen van de wadi worden in verschillende maten blootgesteld aan vochtigheid. Je kunt bijvoorbeeld waterminnende planten gebruiken onderin de wadi en juist soorten die van droogte houden aan de randen.

De biodiversiteit is enerzijds van belang om bepaalde ecosysteemdiensten te introduceren (bv. tegengaan van verzuring in de bodem via specifieke plantjes, of planten die in staat zijn tot fytoremediatie), maar anderzijds ook in het weerbaar maken van een ecosysteem tegen versturende effecten als bosbranden of extreme droogte. De biodiversiteit kan op verschillende manieren dat aanbieden van ecosysteemdiensten beïnvloeden. Hoe meer diversiteit in beplanting, hoe meer diversiteit in ecosysteemdiensten (en andersom, zie figuur 32). Meestal zit daar wel een max aan. Vanaf dat punt is meer biodiversiteit niet persé nuttig meer. Een ander interessante link zijn zogenaamde 'keystone' soorten. Dat zijn sleutelsoorten die heel effectief zijn om bepaalde diensten aan te kunnen bieden. Of soorten die zorgen voor het in standhouden van een ecosysteem.

Die ecosysteemdiensten van biodiversiteit variëren. Zo helpt beplanting met het vergroten van het waterbergend vermogen van een wadi. Planten en vooral bomen kunnen honderden liters op een dag opnemen en daarmee helpen om het waterbergend niveau van een wadi te vergroten. Ze zorgen ook voor soortenrijkdom. Vanwege de natte ondergrond kunnen in wadi's unieke plantensoorten worden gebruikt die leiden tot meer soortenrijkdom en daarmee een sterker ecosysteem. Het is daarbij wel van belang dat biodiversiteit ook echt divers is, en verder gaat dan 'vergroening'. Het toevoegen van beplanting zorgt bovendien voor meer schaduw en verdamping, wat zorgt voor verkoeling. Tot slot voegen planten toe aan de ruimtelijke kwaliteit van een wadi en het straatbeeld. In ons onderzoek werden wadi's vaker gewaardeerd als er beplanting in stond.



Figuur 32: wadi in Tilburg waar beplanting weelderig leek, maar weinig variatie bleek te hebben.

Als je een wadi in een woonwijk ontwikkelt kun je niet om de bewoner als gebruiker heen. En wel om twee redenen. Ten eerste omdat de wadi vaak in de openbare ruimte komt te liggen en het impact heeft op de uitstraling, het gebruik en beleving van de buurt. Een wadi is meestal niet van, maar wel VOOR bewoners. Een tweede reden is omdat ontwerpen en beheren van wadi's MET bewoners het proces en de uitkomsten veel sterker kan maken.

Wadi **VOOR** bewoners gaat over de nevenfuncties van een wadi als openbare ruimte voor omwonenden. Doorgaans denken bewoners weinig na over waar het regenwater vanaf hun dak naartoe loopt en hebben ze niet veel interesse om mee te denken over een maatregel als een wadi. Wat ze wel belangrijk vinden is een plek waar hun kinderen kunnen spelen, waar ze een rondje met de hond kunnen lopen, het uitzicht vanuit hun woonkamer en een groene buurt vol tjlpende vogels en zoemende bijen. Gelukkig kan een wadi veel meer dan water bergen en infiltreren en biedt het als bovengrondse maatregel mogelijkheden voor een multifunctionele inrichting.

Je ziet daarom steeds vaker dat het ontwikkelen van wadi's over meer dan de techniek gaat, en dat er ook wordt gekeken naar hoe de wadi als middel kan worden ingezet om andere problemen in de straat aan te pakken. Ronald Wentink beschrijft dat als de transitie van techniek als doel naar techniek als middel. En ook Govert Geldof beaamt dit "Als je waterproblemen wilt oplossen moet je vooral geen waterproblemen willen oplossen". Daarmee bedoelt hij dat als je bewoners wilt betrekken bij het ontwikkelen van een wadi, je deze moet koppelen aan thema's die voor deze bewoners belangrijk zijn. Dat kan bijvoorbeeld over verkeersveiligheid gaan, leefkwaliteit of recreatieve voorzieningen.

Maar die werelden van aan de ene kant watertechnisch functioneren en aan de andere kant maatschappelijk functioneren botsen nog wel eens. Als je meerdere functies op één plek stopt kunnen ze elkaar in de weg gaan zitten. Intensief gebruikt kan bijvoorbeeld voor een compactere bodem zorgen die minder goed infiltreert, en de filterfunctie van de wadi kan juist weer gezondheidsrisico voor gebruikers opleveren. Eén van de manieren om hiermee om te gaan is om te compartimenteren en gebruikers naar bepaalde plekken te nudgen om zo dit soort risico's uit te sluiten. Bijvoorbeeld door beplanting in het diepste gedeelte te clusteren of juist bij de instroom waar de meeste vervuiling zit.

Een wadi ligt na aanleg soms tientallen jaren in een wijk. Het is belangrijk om na te denken over hoe hij gebruikt kan worden, maar ook om open te staan voor ander gebruik door de buurt dan oorspronkelijk bedoeld. Net zoals de buurt verandert veranderen ook de behoeftes aan en het gebruik van een wadi. Daar komen allerlei voorbeelden van voorbij, waarin wadi's als sleebaan werden gebruikt, of als BMX-crossbaan.

Tot slot doet voor bewoners vooral het stuk van de wadi wat ze kunnen zien ertoe (zie figuur 33). Je ziet onder stedenbouwers dan ook steeds vaker het belang van uitstraling van de wadi en de bijdrage ervan aan ruimtelijke kwaliteit en beleving in de wijk. Nanda Sluijsmans beschrijft de wadi voor de buurt als 'de ramen van je huis'. Neem bijvoorbeeld de 'oerwadi'. Dat is een variant waarin grote zwerfkeien en hoog gras worden gebruikt om een soort oerhollandse versie van de wadi te maken waarin het cultuurlandschap sterk terugkomt.



Figuur 33: verschillende wadi's in Vlaardingen en Rotterdam met verschillende uitstralingen.

Wadi **MET** bewoners gaat over het duidelijk maken dat er iets moet, maar openstaan voor ho. Het betrekken van bewoners in het ontwikkel- en beheerproces van wadi's heeft meerdere voordelen. Zo kunnen bewoners een signaalfunctie hebben en zijn er in veel gemeenten kanalen waarmee ze aan beheerders door kunnen geven dat een wadi niet functioneert. Met het oog op het groeiende aantal wadi's kan dat veel kosten besparen in de monitoring van wadi's. Het is dan wel belangrijk dat bewoners weten wat een wadi is, wat hij doet en wat signalen zijn van een niet-functionerende wadi. Daarnaast moet het duidelijk zijn waar bewoners dit kunnen melden aan de gemeente.

Bewoners betrekken in een vroeg stadium helpt ook om cruciale informatie op te halen over de wijk, behoeften van bewoners en kansen en uitdagingen in het gebied. Dat kan helpen om belangrijke afwegingen in beeld te brengen die anders onzichtbaar voor ontwerpers waren. Het kan ook helpen om de wadi beter in de buurt te laten passen en koppelkansen met andere thema's in de wijk te vinden. Meerdere doelen = meerdere potjes. Makkelijker voor elkaar te krijgen als het samen met andere vraagstukken wordt opgelost. Bewoners betrekken zorgt vaak voor meer draagvlak en enthousiasme voor wadi's en daarmee indirect voor politiek draagvlak. Het zorgt bovendien voor meer bewustzijn vanuit bewoners over watermanagement in de wijk en het functioneren van de wadi. Dat kan bewoners enerzijds aanmoedigen om in hun eigen tuin hier meer mee te doen, maar kan ook zorgen voor een stukje stewardship vanuit de buurt. Daarbij weten bewoners beter wat je wel en niet moet doen in de wadi en wat de gevolgen ervoor kunnen zijn en zullen ze anderen er ook sneller op aanspreken.

Bewustwording & enthousiasmeren:

Om bewoners mee te krijgen is een eerste stap een stukje bewustwording. Omdat klimaatverandering en ook klimaatadaptatie steeds meer aandacht krijgen in media, het werkveld en ook in opleidingen heeft de wadi best de wind in de rug. Het is mainstream aan het worden: steeds meer mensen hebben het wel eens voorbij horen komen. Bovendien is het een bewezen maatregel die door de weerstand heen is die bij elke innovatie komen kijken. Desondanks komen we in ons eigen onderzoek nog veel bewoners tegen die niet weten dat de groene greppel voor hun huis een wadi is of wat hij doet. Die denken weinig na over het functioneren van de wadi en zijn er blij mee zolang er wat voorzieningen zijn, het uitstraling heeft en het geen overlast veroorzaakt. Een aantal tips om bewustwording een zetje te geven.

Een eerste is het belang van een wadi als verhaal zien in plaats van als rekensommetje. Dit heeft te maken met de verschuiving van technische naar integrale blik op wadi in een buurt. Verhalen zijn een

belangrijk middel om allerlei processen in de wijk aan elkaar te verbinden en zijn vaak makkelijk te delen. Zonder verhaal heeft een wadi geen ziel. Met een verhaal vertellen buurtkinderen over de wadi en weten mensen zelfs 25 jaar later wat een wadi is en wat ie doet. Een goed verhaal maak je door een wadi te koppelen aan de historie en cultuur in de wijk.

Een tweede punt is het ontwikkelen van succesvolle pilots. Waar in sommige wijken al een dozijn wadi's liggen zijn er ook volop buurten waar bewoners voor het eerst met een wadi te maken krijgen. En die eerste wadi bepaalt hun beeld van deze maatregel. Om blijvend enthousiasme te ontwikkelen moeten dat soort eerste voorbeelden groots worden aangepakt om te laten zien hoe het kan en bewoners te verleiden. Enthousiasmeren van politiek en omgeving is sleutelrol van de stedenbouwkundige.

Verder moet bewustwording niet als een eenmalige actie voorafgaand aan het plaatsen van een wadi worden gezien. Zo'n wadi ligt er voor langere tijd, en bewoners vergeten dat soort acties of verhuizen waarna de nieuwe bewoners er niks van afweten. Het is van belang om doorlopend bewustwording te ontwikkelen, bijvoorbeeld door bordjes naast de wadi of het zichtbaar maken van het watersysteem in de wadi.

PROCES

Rollen

Tenzij je in je tuin aan de slag gaat met een wadi worden de meeste wadi's ontworpen door een samenwerking van meerdere personen. In elke wadi komen in ieder geval vijf rollen terug: de initiatiefnemer, de ontwerper, de uitvoerder, de beheerder en de gebruiker. Wie welke rol oppakt verschilt wel sterk. Soms zijn er ook partijen bij die meerdere rollen oppakken. Hieronder een aantal voorbeelden:

- De initiatiefnemer bestaat meestal uit de gemeente als eigenaar van de publieke ruimte in een stad of dorp. Maar het initiatief voor een wadi kan ook worden genomen door een bewonerscollectief, een ondernemer of woningcorporatie. Alhoewel waterschappen veel belang hebben bij wadi's en ze ook regelmatig adviseren op specifieke locaties, ligt het initiatief in deze gevallen meestal bij de gemeente.
- De ontwerper is soms één iemand, bijvoorbeeld een rioleur of waterbeheerder in een gemeente. Maar we zien steeds meer dat er meer vakgebieden in de ontwerpersrol meedenken. Denk bijvoorbeeld aan de ecooloog, de stedenbouwkundige, de planoloog, landschapontwerper en ook steeds vaker de uitvoerders en beheerders.
- De uitvoerder is vaak een aannemer of hovenier. Afhankelijk van lokale specialisten kan dit 1 bedrijf of een combinatie van groen en bodemexperts zijn.
- De beheerder wordt vaak gesplitst in een deel groenbeheer en een deel techniekbeheer. Soms worden beide ondergebracht binnen de gemeente, maar het groenbeheer wordt ook nog wel eens uitbesteed aan een externe hovenier.
- De gebruiker bestaat tot slot uit omwonenden en bezoekers die een rol hebben in het verantwoordelijk gebruiken en behouden van de functionaliteit van de wadi.

Samenwerking

Een wadi ontwikkelen is een hele klus, juist omdat er zoveel thema's en expertises bij samenkomen. De watermanager vindt er iets van, net als de planoloog, de ecooloog, de bewoner, de verkeerskundige en

ga zo maar door. Bij het ontwerpen passeert het ontwerp van een wadi heel wat potloden en iedereen probeert zijn eigen stukje erin kwijt te raken. Dat pakt niet altijd goed uit, soms maakt de stedenbouwer of de ecooloog keuzes die het functioneren voor de watermanager in de weg zitten, of juist andersom. En na het ontwerpen gaat een aannemer ermee aan de slag, daarna een team van uitvoerders en vervolgens komen er de jongens van beheer bij. Allemaal experts die heel goed zijn in hun pizzapunt van de wadi, maar die ook in eigen vakgebieden zitten waar ze andere talen spreken, andere gebruiken en protocollen hebben. En dat alles moet samenkomen in één wadi. Niet zo gek dus dat veel ontwerpers van wadi's weinig terugzien van hun ontwerp als de wadi er eenmaal ligt. Wat dat betreft lijkt het ontwikkelen van een wadi soms net op het doorfluisterspel dat je vroeger als kind vast wel eens gespeeld hebt. Het eerste kind verzint een leus, geeft dat door aan het kindje naast hem en tegen de tijd dat je de kring rond bent is er weinig van je zin overgebleven. Gieren en lachen als je klein bent, niet zo handig als je wadi's maakt.

Dit verschijnsel zie je vaak terug in projecten, waarbij eerst volop gedroomd en groots gedacht wordt en er uiteindelijk door allerlei reality checks weinig van die dromen overblijven. Dat proces noemen we de 'Wet van verlies van ambitie'. Veel gemeenten zijn zo georganiseerd dat verschillende mensen met het ontwerp, aanleg en beheer van een wadi bezig zijn. Dat werkt vaak goed en vooral efficiënt, want iedereen kan zich daarbij specialiseren. Maar het kan ook in de weg staan, vooral bij multidisciplinaire projecten waar iedereen zijn plasje over een ontwerp doet. Elke keer dat het stokje daarin wordt overgegeven aan de volgende ploeg loop je het risico dat een ontwerp of idee niet goed wordt begrepen of dat de ideeën op papier helemaal niet zo handig zijn voor het aanleggen ervan. In India bestaat een oude metafoer die hier goed bij past: de blinden en de olifant. Moet je je voorstellen dat je als blinde een olifant voelt en je geen idee hebt dat een olifant bestaat. Degene die zijn tanden voelt denkt een speer aan te raken, degene die aan zijn staart trekt denkt een stuk touw vast te hebben en degene die aan zijn poot voelt denkt een boom te knuffelen. Als de blinden niet met elkaar kunnen communiceren zullen ze allemaal denken gelijk te hebben en er niet achter komen wat een olifant is. Niet om te zeggen dat betrokken bij het ontwikkelen van een wadi blinden zijn, maar ze handelen vaak vanuit hun eigen beleefwereld en hebben daarbij niet altijd de beelden en ervaringen van andere vakgebieden of bewoners scherp. En vaak leidt dat tot door elkaar heen praten, een tekort aan verbinding, en aanpassingen in plannen zonder dat hier goed overleg over is. Aan het eind van de rit heb je dan vaak wel een wadi, maar doet hij lang niet altijd wat er vanuit bewoners of de gemeente gewenst was.

Dat proces van een wadi ontwikkelen moet dus anders. Daarin moeten die verschillende ploegen veel meer met elkaar in contact zijn. Dat kan bijvoorbeeld door uitvoerders en beheerders al aan te laten sluiten voordat de eerste potloodstreep op papier staat, en door ontwerpers mee te laten denken over de uitvoering en het beheer van de wadi. Dit kan ook helpen om een stuk gezamenlijk eigenaarschap over het ontwikkelen van de wadi te creëren. Vaak weten uitvoerders en beheerders bijvoorbeeld nog weinig af van een wadi of waarom de ondergrond daar nou zo belangrijk voor is. Voor je het weet rijden ze er dan met zware machines overheen en kun je de wadi net zo goed een groene greppel noemen (zie figuur 34). Dat is een beetje als roken tijdens je zwangerschap: als je niet weet dat het niet goed is pas je je normale gang van zaken ook niet aan. Dat geldt voor direct betrokkenen, maar ook voor bewoners die de wadi jarenlang als voortuin gebruiken. Groenblauwe oplossingen vragen om andere manieren van aanpakken en meer samenwerken.



Figuur 34: voorbeelden van wadi's in Groningen waar ontwerpers, uitvoerders en beheerders beter op één lijn moeten zitten.

SYNTHESE

Een wadi kan dus op veel verschillende manieren iets voor de buurt betekenen. Gelukkig is dat geen kwestie van graven en duimen, maar kun je daar als ontwerper of beheerder actief op sturen. Met het inspiratieboek bouwen we toe naar een overzicht van keuzes (bouwstenen), waar je samen met lokale partijen mee kunt bouwen aan de perfecte wadi (zie figuur 35). Hieronder wat van die bouwstenen op een rij:

ONTWERP

- De samenstelling van de bodem: een bodemsoort die water snel doorlaat, of die het juist een tijd lang kan bergen? Een voedselrijke bodemsoort of juist niet?
- Toevoegen van technische elementen: wel of geen drain, geotextiel, voorfilter, inlaat, slokop of andere toevoegingen?
- Beplanting: hoge of lage planten, inheems of uitheems, water minnend of water vrezend, prioriteiten op de biodiversiteit, het hydraulisch functioneren of de beleving?
- Dimensies: Groot voor extra bergingsvermogen of klein zodat er nog een wandelpad naast kan? Zet je hem onder een hoek om water sneller af te laten stromen of zo vlak mogelijk zodat het beter kan infiltreren? Meanderend of recht? Standaard profiel of juist uniek ontwerp?
- Toevoegen van voorzieningen: Bankjes, wandelpaden of juist waterspeelvoorzieningen? En wat als ze het functioneren van de wadi belemmeren?
- Locatiekeuze: bestaande wijk of een nieuwbouwwijk, in een risicogebied of juist daarvoor?
- Participatie: met bewoners of zonder bewoners, en in welke fase?

ONDERHOUD

- Monitoring: op regelmatige basis of op basis van signalen? Waar monitor je op en hoe vaak? En wat doe je als je tijdens metingen risico's tegenkomt?
- Periodiek onderhoud: wel of niet bladblazen, wanneer en hoe vaak? Het onderhoud meenemen in het groenbeheer of in het rioleringsbeheer? Snoeien of de boel laten? Allemaal geen verplichting, maar wel keuzes die invloed kunnen hebben op het functioneren van je wadi.

- Interventies: ingrijpen als een wadi niet functioneert of juist de natuur zijn gang laten gaan?
Middelen voor ingrepen van tevoren reserveren of niet?



Figuur 35: bouwstenen waarmee je samen aan de perfecte wadi werkt.



H.6 TERUGBLIK

6 TERUGBLIK

SAMENVATTING

Klimaatverandering is één van de grootste uitdagingen van deze tijd. Als antwoord op de toenemende wateroverlast, droogte en hittestress worden op steeds meer plekken groenblauwe oplossingen zoals groene daken, wadi's en raingardens toegepast. Veel gemeenten en beheerders vinden daarbij meestal nog het wiel voor zichzelf uit, waardoor de inmiddels duizenden maatregelen in allerlei vormen en maten voorkomen. Vooral de wadi is in Nederland een populaire maatregel die al sinds de jaren '90 wordt toegepast. Om te voorkomen dat we appels met peren vergelijken hebben we al in een vroeg stadium gekozen voor een focus op de wadi. Met bijna 1500 geregistreerde wadi's zijn er veel diversiteit en creatieve toepassingen te vinden, maar deze variatie zorgt ook regelmatig voor vragen over in hoeverre die wadi's veilig zijn en goed werken. Met dit project trokken we daar een lijn in en zochten we met publieke en private partijen uit hoe de wadi's in Nederland functioneren: wat werkt wel en wat juist niet? Daarmee leggen we de basis voor richtlijnen voor ontwerp, aanleg en beheer van deze wadi's en bieden we inspiratie voor ontwerpers, beheerders, beleidsmakers, bestuurders en anderen die aan klimaatbestendigheid in de praktijk werken. Dit deden we samen met nationale koepelorganisaties als STOWA, CAS en RIONED om de geleerde lessen en richtlijnen ook op de lange termijn te borgen.

Het grootste gedeelte van het onderzoek vond plaats via veldwerk. Daarvoor is gebruik gemaakt van het ClimateCafé concept, waarin participatie en leren door te doen centraal staan. De ClimateCafé's werken volgens een zogenaamde quadruple helix methode, waarin het werkveld, onderzoekers, studenten en bewoners samen onderzoek doen en zo van elkaar leren. Essentieel hierin was dat lokale beheerders in het veld actief meededen aan het onderzoek, dat ze hun kennis over de maatregelen deelden en vervolgens weer nieuwe kennis opdeden via de metingen die we uitvoerden. We koppelden daarmee alles wat we ophaalden meteen terug. Het onderzoek is verspreid door het land uitgevoerd, zodat we konden leren over hoe wadi's in verschillende contexten functioneren. Binnen de verschillende ClimateCafé's konden deelnemende gemeenten eigen casussen inbrengen op basis van een vraag of probleem waar ze tegenaan liepen. Hierdoor lag de focus van elk ClimateCafé op een ander aspect van de wadi. In totaal zijn over twee jaar tijd 56 wadi's onderzocht, verspreid over 7 ClimateCafé's in 8 provincies. Op die manier hebben we 22 publieke instellingen en 11 ondernemingen betrokken bij het onderzoek.

In de ClimateCafé's zijn verschillende meetmethodes toegepast om het functioneren van wadi's te onderzoeken en vergelijken. Hiervoor zijn gestandaardiseerde meetprotocollen ontwikkeld. Centraal stond de full-scale infiltratietest waarbij met een giertank een grote regenbui wordt nagebootst. Met behulp van dataloggers kon de infiltratiesnelheid worden bijgehouden om vervolgens aan de hand van nationale richtlijnen te kunnen concluderen of een wadi wel of niet snel genoeg leegloopt. Een tweede methode was het in beeld brengen van bodemverontreiniging met behulp van een XRF-handscanner. Door verspreid binnen en buiten elke wadi metingen uit te voeren kon worden vastgesteld of er concentraties van koper, zink of lood aanwezig waren en of deze nationale richtlijnen overschreden. Tot slot is de beleving en waardering van wadi's door omwonenden in beeld gebracht via een korte vragenlijst, waarmee we een beeld konden krijgen van wat bewoners wel en niet waarderen aan de wadi in hun buurt, en of er overlast van wadi's is door het jaar heen.

Met al deze data konden we verschillende analyses uitvoeren. Per wadi is een datapakket opgesteld waarin karakteristieken van de wadi naast de infiltratiegegevens, XRF-resultaten en enquêtes werden gelegd om een aantal sterke punten en verbeterpunten te bespreken. Deze datapakketten zijn via de online database Climatescan openbaar toegankelijk en werden zo teruggekoppeld aan de deelnemende gemeenten. Naast deze individuele analyses konden we de data ook gebruiken om landelijke trends en patronen te proberen te onderscheiden. Voor de infiltratietests geldt dat bijna alle wadi's voldeden aan de landelijke richtlijnen. Van de wadi's waar dat niet zo was liepen de verklaringen uiteen van gebrek aan beheer tot aanlegfouten. Voor de bodemverontreiniging was dat beeld minder positief: in bijna een derde van alle wadi's is een te hoge hoeveelheid van zink of koper gevonden, wat gezondheidsrisico's met zich meebrengt. Ook hier lopen bronnen erg uiteen van verkeerd materiaalgebruik in dakkappen tot naastgelegen autowegen of parkeerplaatsen. Verder konden met de opgehaalde data GIS analyses worden uitgevoerd om de geografische verspreiding van wadi's te onderzoeken en kansen voor ontwikkelingen in beeld te brengen. Hieruit blijkt dat de wadi's in Nederland vooral in groene en/of ruim opgezette wijken worden ontwikkeld, en nog weinig in hoogstedelijke omgevingen en op bedrijventerreinen. Vooral die laatste biedt kansen voor toekomstige ontwikkelingen omdat hier wel voldoende ruimte is voor het plaatsen van wadi's. Tot slot is de data gebruikt om een kosten-baten analyse uit te voeren. Hiervoor is gebruik gemaakt van de MKBA tool van de Hogeschool van Amsterdam. De conclusie van deze analyse is dat de aanleg- en beheerkosten voor straten met wadi's vaak hoger zijn dan die met een traditioneel systeem. Dat wordt echter ruim gecompenseerd door baten zoals vermeden waterschade en de aanwezigheid van de wadi als groenvoorziening. In veel gevallen is de wadi daarom financieel gezien over langere termijn voordeliger.

Tot slot zijn ook de ervaringen, lessen en perspectieven van 20 experts en innovators rondom Nederlandse wadi's in beeld gebracht aan de hand van interviews. De input hieruit is gebundeld in het inspiratieboek, waar het samen met de resultaten van het veldwerk een beeld geeft van de keuzes waar je als gemeente of adviesbureau tegen aanloopt bij het ontwikkelen van een wadi. Het uitgangspunt van de gesprekken met de experts is dat de wadi geen standaardoplossing is, maar sterk aangepast moet worden aan de omstandigheden en wensen in een buurt en daarmee context-afhankelijk is. Door verschillende bouwstenen te beschrijven biedt het inspiratieboek een soort handleiding voor wat je wel en niet moet doen en wat de consequenties van verschillende keuzes kunnen zijn, onderbouwd door voorbeelden uit de praktijk.

Met het onderzoek hebben we naar meerdere uitkomsten toegewerkt. Het inspiratieboek is daar onderdeel van, maar ook de openbare database met de karakteristieken en meetgegevens uit het veldwerk. Maar het onderzoek was ook een middel om verschillende on-site methoden voor het beoordelen van hoe wadi's functioneren uit te werken en te testen. Vanwege het participatieve karakter van de ClimateCafé aanpak waren veel van die methoden niet alleen in staat om data op te halen, maar ook om dit ter plekke te laten zien, waarmee ze het mogelijk maakten om direct op zoek te gaan naar verklaringen voor het wel of niet functioneren van een wadi. Met het aanvullen van de landelijke richtlijnen en het laten zien van wat wel en niet werken hopen we zo meer gemeenten enthousiast te maken over al het moois dat de wadi kan bieden, en om zo de groenblauwe transitie in Nederland een handje vooruit te helpen.

CONCLUSIES

Dit onderzoek draaide om het beantwoorden van een aantal onderzoeksvragen. Deze worden hieronder herhaald en vervolgens met de belangrijkste uitkomsten besproken:

1. Wat zijn mogelijke groenblauwe klimaatadaptieve oplossingen?

Groenblauwe oplossingen is een verzamelterm voor maatregelen waarin de kracht van groen (vegetatie) en blauw (water) wordt gecombineerd. Groenblauwe hebben veel uiteenlopende functies, ook wel ecosysteemdiensten genoemd. Aan de ene kant zijn dat klimaatgerelateerde functies variërend van verkoeling tot de opvang en zuivering van regenwater en het tegengaan van droogte. Aan de andere kant bieden ze voordelen voor het lokale ecosysteem en voor recreatie, welzijn en de gezondheid van mensen. Er zijn meerdere soorten groenblauwe oplossingen. In Nederland gaat het dan om bijvoorbeeld groene wanden, groene daken, regentuinen, helofytenvelden en retentiegebieden. In totaal zijn er de afgelopen 10 jaar meer dan 2500 van dit soort maatregelen geregistreerd op de online database Climatescan. Van die groenblauwe oplossingen is de wadi de meest populaire in de openbare ruimte in Nederland, met ruim 1500 geregistreerde voorbeelden. In dit onderzoek is om deze reden de focus gelegd op de wadi om geen appels met peren te vergelijken.

2. Wat zijn de hydraulische prestaties van groenblauwe oplossingen op de lange termijn?

Om een beeld te krijgen van het hydraulisch presteren van wadi's is op 56 locaties in Nederland gebruik gemaakt van de full-scale test, waarbij een wadi gedeeltelijk onder water wordt gezet om zo de snelheid van infiltratie in de ondergrond te meten. In 5 van de 56 wadi's was een infiltratievermogen te zien dat niet aan landelijke richtlijnen voldeed. Van die 5 lagen 4 dichtbij de grenswaarde en waren er soms ook verzachtende omstandigheden. In het onderzoek is het infiltratievermogen naast de leeftijd van de wadi's gelegd, waaruit bleek dat er geen directe relatie is tussen beide. De ouderdom van een wadi en problemen die daaraan zijn gekoppeld zoals bijvoorbeeld dichtslibben zijn geen op zichzelf staande oorzaken voor het achteruitgaan van het functioneren van een wadi, omdat dit ook werd teruggezien bij jongere wadi's. De conclusie is dan ook dat de hydraulische prestaties van bijna alle onderzochte wadi's goed is. Omdat de gevallen die niet voldeden aan de richtlijnen vaak met kleine ingrepen te verbeteren zijn zou er meer aandacht moet komen voor goed beheer van wadi's.

3. Wat zijn de milieutechnische prestaties en risico's van groenblauwe oplossingen op de lange termijn?

Het milieutechnisch presteren van de wadi's werd beoordeeld door via een XRF-handscanner te zoeken naar de aanwezigheid van koper, lood of zink in de bodem. In 16 van de 47 wadi's was een overschrijding van de interventiewaarde voor koper- of zinkconcentraties te zien en was er sprake van potentiële gezondheidsrisico's. Van die 16 wadi's zijn er 5 ingericht als speelvoorziening en is er dus een groter risico op inname van die verontreinigde bodem. 10 van de 16 wadi's waar verhoogde waarden zijn gevonden zijn boven de 10 jaar oud en daarmee bovengemiddeld binnen de selectie wadi's in dit onderzoek. Daarmee lijkt er een relatie te liggen tussen de leeftijd van een wadi en de mate van bodemverontreiniging, wat logisch te verklaren is door een opeenhoping van metaaldeeltjes over langere tijd. Hoewel dit aanleiding is om bij ouder wordende wadi's te sturen op periodieke monitoring zijn hogere koper- en zinkconcentraties ook bij jonge wadi's gevonden en is het niet uitsluitend een leeftijdsgebonden verschijnsel.

4. *Hoe kunnen de antwoorden op de deelvragen leiden tot nieuwe richtlijnen?*

In ons onderzoek kwamen we hele uiteenlopende verklaringen tegen voor het wel of niet functioneren van wadi's. Ondanks het opbouwen van een grote database was het moeilijk om dat functioneren te relateren aan specifieke eigenschappen of behandelingen van wadi's. Oude en jonge wadi's, grote en kleine, allen functioneren ze beter of slechter, zonder duidelijke verbanden. Het functioneren van een wadi wordt door allerlei lokale factoren bepaald, waar voor elke nieuwe voorziening goed naar moet worden gekeken en waar elke keer andere afwegingen in het ontwerpen en beheren spelen. Deze context-afhankelijkheid maakt het lastig om landelijke richtlijnen ontwikkelen die voor alle wadi's gelden. In dit onderzoek waren deze richtlijnen vooral heel effectief als indicator voor het presteren van een wadi. In de gehouden interviews kwam naar voren dat landelijke richtlijnen meer losse kaders moeten zijn die je als gemeente laten nadenken over verschillende keuzes, maar geen universele oplossingen geven. Voor deze kaders worden in het inspiratieboek allerlei voorzetten gemaakt.

HOOFDVRAAG: *Wat zijn de kansen en risico's bij het lange termijn functioneren van groenblauwe klimaatadaptieve oplossingen?*

Een wadi is een multifunctionele voorziening en biedt verschillende soorten baten, waarvan een deel moeilijk meetbaar is. In ons onderzoek zagen we terug dat wadi's niet alleen technische functies bieden (infiltratievoorziening en opvang van verontreiniging), maar ook om uiteenlopende redenen door bewoners worden gewaardeerd. Voor sommigen zat dat in de ruimtelijke kwaliteit die wadi's bieden, voor anderen als speelgelegenheid. Uit de interviews kwam bovendien naar voren dat wadi's veel onvervulde potentie bieden voor biodiversiteit, waar nog relatief weinig aandacht voor is. Bovendien kwam uit de MKBA analyse dat wadi's in veel gevallen over lagere termijn financieel voordeliger zijn dan traditionele systemen. Verbeterpunten: Toch worden deze functies nog niet altijd volledig benut. Uit de onderzoeken komt naar voren dat er meer aandacht voor het bodem- en watersysteem moet zijn tijdens de aanleg van een wadi en dat er meer richtlijnen en aandacht voor periodiek beheer moet zijn om een wadi over langere termijn goed te laten functioneren. Bovendien kwam uit de interviews naar voren dat wadi's nog te veel als louter een technische voorziening worden gezien en ontworpen. Om de potentie van wadi's voor het ecosysteem, de buurt en ook het functioneren te versterken zou er meer moeten worden samengewerkt om zo de belangen van bewoners, ecologen, stedenbouwkundigen en anderen in het ontwerpen en beheren van de wadi te integreren.

Tegelijk met deze potentie hangt de wadi als groenblauwe oplossing nu nog een beetje tussen wal en schip en is het ontwerp en beheer vaak niet goed afgestemd op de unieke eigenschappen van deze maatregelen. In veel gemeenten wordt de wadi nog te veel als groene greppel gezien en aan het lot overgelaten. Vaak krijgen wadi's dan hetzelfde onderhoudsbeleid als een grasveld en zie je het functioneren over tijd verslechteren door dichtslibben of verstoren van de onderlaag door zware machines. Bovendien wordt er nauwelijks gemonitord naar wadi's, weten veel overheden in veel gevallen niet eens waar deze maatregelen liggen in hun regio, laat staan hoe ze functioneren. Als een wadi niet functioneert op hydraulisch gebied is dat vaak snel zichtbaar doordat het water blijft staan, maar voor gezondheidsrisico's door verontreiniging van de bodem in wadi's is dat niet het geval. Waar rondom riolering en afwatersystemen monitorings- en onderhoudsverplichtingen bestaan geldt dat voor de wadi niet en levert dit risico's op. Juist omdat de wadi en vele andere groenblauwe oplossingen zoveel potentie hebben om steden klimaatadaptief en tegelijk leefbaar en *biodivers* te maken verdienen ze meer aandacht en aanzien.

AANBEVELINGEN PRAKTIJK

Op basis van het onderzoek en de conclusies die we daaruit trokken hebben we een aantal aanbevelingen voor gemeenten en bedrijven die met wadi's werken. Een eerste aanbeveling daarin is om wadi niet als kant en klare maatregel in te zetten, maar als flexibele maatregel die ingepast moet worden in wat lokaal mogelijk en wenselijk is. Een wadi is niet een standaard oplossing en waar een bepaalde opbouw en samenstelling van een wadi in de ene situatie goed werkt kan het dat op een andere locatie niet doen. Door de wadi meer als maatwerk te zien voorkom je latere ingrepen en onnodige elementen. Daaraan gekoppeld is een tweede aanbeveling om de wadi meer als multifunctionele en integrale oplossing te zien. Met de toenemende druk op de openbare ruimte kan en hoeft de wadi niet alleen als watervoorziening te functioneren. Door de waterfuncties te combineren met toepassingen voor de buurt en biodiversiteit vergroot je het draagvlak en vaak ook het functioneren van wadi's. Daarvoor is het wel nodig om de perspectieven en inzichten van bewoners, waterbeheerders, ecologen en stedenbouwkundigen te combineren. Daar hoort als derde aanbeveling ook bij dat er meer aandacht moet komen voor beheer en onderhoud van de wadi naast het ontwerp. Het beheer van dit soort maatregelen zijn vaak niet passend. Om het (lange termijn) functioneren te verbeteren en risico's te voorkomen is het van belang om beheer en onderhoud van te voren vast te leggen, om periodiek te monitoren en op tijd in te grijpen. Een ingreep die daarin kan helpen is om van het proces van stokjes overgeven af te stappen, en de uitvoerders en beheerders al aan de voorkant in het ontwerpproces te betrekken. Een laatste aanbeveling is om informatie rondom wadi's als onderdeel van je watersysteem goed bij te gaan houden. Daarbij gaat het om kerngegevens als locatie, bouwjaar en bouwtekeningen, maar ook inzicht in functioneren is van belang. Gemeenten en waterschappen zijn hiervan afhankelijk om kansen en problemen in hun regio beter te begrijpen en ook om te meten of hun beleid effectief is. Daarmee kan beter worden aangetoond wat de bijdragen en impact van groenblauwe oplossingen is.

REFLECTIEPUNTEN

Zoals in elk onderzoek zijn er gaandeweg keuzes gemaakt die impact hebben op de uitkomsten van het project. We bespreken een aantal met betrekking tot de overkoepelende aanpak, de methodes en de selectie van wadi's.

Aanpak: Een eerste reflectiepunt rondom de aanpak is dat de ClimateCafé's iets anders zijn ingestoken dan in het projectvoorstel was beschreven. In plaats van dat een ClimateCafé als afsluiting van een werkpakket wordt gebruikt zoals in het plan van aanpak wordt beschreven werden nu in elk ClimateCafé alle meetmethodes tegelijk toegepast. Hiervoor is gekozen om zo meer vergelijkbare gegevens te verzamelen van een grotere groep wadi's, wat gezien de onderzoeksvraag beter paste. Bovendien paste deze aanpak beter voor de spreiding van ClimateCafé's door het jaar. In verband met het weer en de beschikbaarheid van studenten moesten deze steeds in korte tijd achter elkaar worden georganiseerd in het voorjaar, waardoor de oorspronkelijke insteek van onderzoeken in blokken met een afsluitend ClimateCafé niet goed paste. Verder hebben we op basis van vragen uit de praktijk een aantal thema's toegevoegd aan de werkpakketten die we uitvoeren, die niet in het oorspronkelijke plan beschreven stonden. Dit zijn thema's die in de eerste ClimateCafé's naar boven kwamen, waar grote vraag naar bleek te zijn en die naar voortschrijdend inzicht dicht bij het functioneren van de groenblauwe oplossingen lagen. Het gaat dan om thema's als ecologie (de invloed van vegetatie op het functioneren

van groenblauwe oplossingen en andersom: de invloed van groenblauwe oplossingen op de biodiversiteit) en beleving onder bewoners (gebruik en ervaringen van omwonenden). Beide thema's zijn in ieder geval meegenomen in de interviews en voor een deel ook in de veldwerkmethodes. Deze toevoegingen hebben geen invloed op de onderzoeksvraag, maar kunnen wel helpen met het verklaren van verschillen in functioneren van groenblauwe oplossingen en zijn een verrijking op de kennis over deze maatregelen.

Methodes: De focus van het onderzoek lag op de infiltratiemetingen en de XRF-metingen, waarvoor we een aantal reflectiepunten hebben. Zo moeten metingen naar de infiltratiesnelheid van wadi's als indicatief worden gezien. Het werken in de openbare ruimte en niet in het vacuüm van een laboratorium brengt allerlei omstandigheden mee die de puurheid van de gemeten waardes kunnen verstoren. Denk bijvoorbeeld aan regen of juist lange periodes van droogte voor of tijdens de metingen, reliëf in een wadi waardoor er stroming in het water zit, of lekverlies dat ontstond door onenigheden in de afdamming. Alhoewel dit soort metingen wel een beeld geven van of een wadi goed of slecht functioneert en daarmee passen in het exploratieve karakter van dit onderzoek moeten deze marges wel meegenomen worden bij het interpreteren van de infiltratiesnelheden. Voor de XRF-metingen geldt dat we conclusies trokken aan de hand van de aanwezigheid van grensoverschrijdende waarden, niet over de omvang van die overschrijdingen. Er was een grote variatie in de mate van verspreiding van deze overschrijdende waarden, waarbij in sommige gevallen maar één of twee meetpunten een verhoogde waarde aangaven en andere gevallen elk meetpunt in de wadi. Toch is ook de aanwezigheid van één of twee meetpunten reden voor alertheid en ingrijpen.

Selectie: we besloten in een vroeg stadium voor een aanpak waarbij gemeenten zelf met casussen konden komen en zo de meetlocaties bepaalden, op basis van eigen vragen of behoeften. Dit leverde hele uiteenlopende wadi's op, evenals verschillen in focusgebieden per ClimateCafé. Ook hier was deze keuze geschikt voor het verkennende karakter van dit onderzoek en leidde het er toe dat we de ene keer mee keken naar het maaibeleid en het effect daarvan op het functioneren van wadi's en de andere keer naar de doorwerking van vervuiling naar de diepere lagen onder een wadi. Echter, het zorgde er ook voor dat we weinig controle hadden op selectiecriteria, dat er een vrij willekeurige selectie van wadi's voorbij kwam en dat het daardoor lastiger is om iets over de relaties tussen karakteristieken en functioneren van wadi's te zeggen. Om hardere uitspraken te kunnen doen over dit soort relaties zou een selectie van meetlocaties moeten plaatsvinden op basis van eigenschappen van wadi's.

TOEKOMSTIG ONDERZOEK

In dit onderzoek hebben we veel nieuwe inzichten rondom het functioneren van groenblauwe oplossingen als wadi's gekregen, maar zijn er meer nieuwe vragen ontstaan dan we konden beantwoorden. Daarom doen we een aantal aanbevelingen voor vervolgonderzoek. Een eerste aanbeveling is om andere soorten groenblauwe oplossingen in een vergelijkbare opzet te onderzoeken, en om te kijken of de geleerde lessen met betrekking tot ontwerp- en beheerkeuzes ook voor deze maatregelen gelden. Er zijn veel vergelijkbare soorten groenblauwe oplossingen zoals regentuinen, wetlands of groene verharding waarvoor onderzoek lessen kan opleveren die ook voor de aanleg en het onderhoud van wadi's nuttig kunnen zijn en vice versa.

Waar dit onderzoek vooral op de ‘blauwe’ kant van groenblauwe oplossingen focuste, kwamen we overal tegen wat ook juist het belang van het groen is voor het functioneren van deze maatregelen. In toekomstig onderzoek zou daarom meer duidelijk moeten worden over de effecten van verschillende soorten en kwantiteiten van beplanting op wadi’s en andersom: het effect van wadi’s op ecosystemen. Hiervoor zouden methoden moeten worden ontwikkeld om bijvoorbeeld de biodiversiteit in en om een wadi in beeld te brengen.

Een derde aanbeveling is om ook naar groenblauwe oplossingen op grotere schaal te kijken. Waar we nu op wadi’s als geïsoleerde maatregelen focusten, komt het steeds vaker voor dat deze maatregelen in groenblauwe structuren worden verbonden. Er staan nog veel vraagtekens bij de effecten en toegevoegde waarde van deze schaalvergrotingen en verbindingen.

Een vierde en laatste aanbeveling is om meer inzicht te krijgen in de trends van het functioneren van wadi’s over tijd, waar de metingen in dit onderzoek niet werden herhaald. De eenmalige metingen van verontreiniging en infiltratievermogen geven weliswaar een indicatie van het functioneren op dat moment, maar moeten over langere tijd gemeten worden om iets te kunnen zeggen over de trend en daarmee of er wel of geen ingrijpen nodig is. Een wadi kan bijvoorbeeld nog maar net aangelegd zijn en in een stijgende trend zitten qua infiltratievermogen op het moment dat er gemeten wordt. Op het moment dat hij tijdens de meting nog onvoldoende infiltreert kan dat mogelijk één of twee jaar later al opgelost zijn. En een wadi met lichte verontreiniging kan een probleem zijn als hij nog maar net is aangelegd en een hoge vervuilingsgraad heeft, of juist geen probleem zijn als die vervuiling over 20 jaar is geaccumuleerd. In dit onderzoek is gekozen voor een verkennende insteek door een groter aantal casussen eenmalig te meten en zo te leren over de diversiteit aan ontwerp-, aanleg- en beheerkeuzes en de effecten daarvan op het functioneren van wadi’s. In een toekomstig onderzoek zou het goed zijn om op een kleiner aantal casussen vaker over tijd te meten om het functioneren in trends vast te leggen. Samen kunnen de stappen die we hier aanbevelen voor toekomstig onderzoek helpen om het beoordelen en verbeteren van wadi’s en andere soorten groenblauwe oplossingen te verbeteren om zo de transitie naar klimaatbestendige steden te versnellen.

7 BIBLIOGRAFIE

- Boogaard, F.C. (2016). *Inaugural speech on Spatial Transformations – Water: Climate adaptation from Groningen to Mae Phaem*. Groningen: Hanzehogeschool Groningen.
- Boogaard, F.C. (2019). Bodemvervuiling in wadi's onderzocht met nieuwe methode. *H2O Waternetwerk*. Beschikbaar via: https://www.h2owaternetwerk.nl/images/2019/mei/Bodemvervuiling_in_wadis Onderzocht_met_nieuwe_methode.pdf [Geraadpleegd op 07-03-2023].
- Boogaard, F.C., Bruins, G. & Wentink, R. (2006). *Wadi's: aanbevelingen voor ontwerp, aanleg en beheer. Gebaseerd op zes jaar onderzoek van de wadi's in Enschede gecombineerd met overige binnen- en buitenlandse ervaringen*. Bennekom: Stichting RIONED.
- Boogaard, F.C. & De Jong, C.E.(. (2020). Climate Adaptation by International Multidisciplinary Knowledge Exchange: Sharing Challenges and Solutions in ClimateCafés in the Philippines and Peru. In: Leal Filho, W., Luetz, J. & Ayal, D. (eds) *Handbook of Climate Change Management*. Springer: Cham.
- Boogaard, F.C. & Roest, A.H. (2020). *Leren van twintig jaar wadi's in Nederland*. Land en Water.
- Bornstein, R.D. (1968). Observations of the Urban Heat Island Effect in New York City. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*: 7(4), pp. 575-582.
- CIRIA (2015). *The SuDS Manual*. London: CIRIA.
- DWA (2005). *Arbeitsblatt DWA-A 138: Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser*. Hennef: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft.
- Ekka, S., Rujner, H., Leonhardt, G., Blecken, G. Viklander, M. & Hunt, W.F. (2021). Next generation swale design for stormwater runoff treatment: A comprehensive approach. *Journal of Environmental Management*: 279(1), 111756.
- Europese Commissie (2021). *Forging a climate-resilient Europe - the new EU Strategy on Adaptation to Climate Change*. Brussel: Europese Commissie.
- Fardel, A., Peyneau, P.E., Béchet, B., Lakel, A. & Rodriguez, F. (2019). Analysis of swale factors implicated in pollutant removal efficiency using a swale database. *Environ Science and Pollution Research*: 26(1), pp. 1287–1302.
- García, A.I.A. & Santamarta, J.C. (2022). Scientific Evidence behind the Ecosystem Services Provided by Sustainable Urban Drainage Systems. *Land*: 11(7): 1040.
- Geldof, G., Jacobsen, P. & Fujita, S. (1994). Urban Stormwater Infiltration Perspectives. *Water Science & Technology*: 29(1-2), pp. 245-254.
- Global Center on Adaptation (2022). *State and Trends in Adaptation Reports 2021 and 2022: Executive Summaries and Syntheses*. Rotterdam: Global Center on Adaptation.

- Haase, D., Schwarz, N., Strohbach, M., Kroll, F. & Seppelt, R. (2012). Synergies, trade-offs, and losses of ecosystem services in urban regions: an integrated multiscale framework applied to the Leipzig-Halle region, Germany. *Ecology and Society*: 17(3): 22.
- IPCC (2021) *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kleerekoper, L., Esch, M. van & Salcedo, T.B. (2012). How to make a city climate-proof, addressing the urban heat island effect. *Resources, Conservation and Recycling*: 64(1), pp. 30-38.
- Kleerekoper, L. (2016). *Urban Climate Design: Improving thermal comfort in Dutch neighbourhoods*. Delft: Delft University of Technology.
- Klein, R.J.T., Adams, K.M., Dzebo, A., Davis, M. and Siebert, C.K. (2017). *Advancing climate adaptation practices and solutions: emerging research priorities*. Stockholm: Stockholm Environment Institute.
- Kluck, J., Bakker, W.J., Kleerekoper, L., Rouvoet, M.M., Wentink, R., Klok, E.J. & Loeve, R. (2016). *Voor hetzelfde geld klimaatbestendig: Voorbeelden klimaatbestendige inrichting*. Amsterdam: Hogeschool van Amsterdam.
- Kluck, J., Klok, E.J., Kleerekoper, L., Loeve, R., Bakker, W. & Boogaard, F.C. (2017a). *De Klimaatbestendige wijk: onderzoek voor de praktijk*. Amsterdam: Hogeschool van Amsterdam.
- Kluck, J., Loeve, R., Bakker, W.J., Kleerekoper, L., Rouvoet, M.M., Wentink, R., Viscaal, J.H., Klok, E.J. & Boogaard, F.C. (2017b). *Het klimaat past ook in uw straatje: De waarde van klimaatbestendig inrichten*. Amsterdam: Hogeschool van Amsterdam.
- KNMI (2021). *KNMI Klimaatsignaal'21: hoe het klimaat in Nederland snel verandert*. De Bilt: KNMI.
- Lin, B.B., Ossola, A., Alberti, M., Andersson, E., Bai, X., Dobbs, C., Elmqvist, T., Evans, K.L., Frantzeskaki, N., Fuller, R.A., Gaston, K.J., Haase, D., Jim, C.Y., Konijnendijk, C., Nagendra, H., Niemelä, J., McPhearson, T., Moomaw, W.R., Parnell, S., Pataki, D., Ripple, W.J. & Tan, P.Y. (2021). Integrating solutions to adapt cities for climate change. *Lancet Planet Health*: 5(1), pp. 479-486.
- Miller, S.M. & Montalto, F.A. (2019). Stakeholder perceptions of the ecosystem services provided by Green Infrastructure in New York City. *Ecosystem Services*: 37(1), 100928.
- Ministerie van Infrastructuur & Waterstaat, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (2022). *Deltaprogramma 2023: Verbinden, versnellen, verbouwen*. Beschikbaar via: <https://open.overheid.nl/repository/ronl-a954a5faa91b731686234ace619df41e62bb0410/1/pdf/bijlage-deltaprogramma-2023.pdf> [Geraadpleegd op 08-05-2023].

- Ministerie van Transport & Watermanagement (1998). *Vierde Nota waterhuishouding: Regeringsbeslissing*. Den Haag: Ministerie van Transport & Watermanagement.
- Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (2007). Regeling bodemkwaliteit. Beschikbaar via: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0023085/2022-10-01#BijlageG> [Geraadpleegd op 13-05-2023].
- OECD. (2021). *Strengthening adaptation-mitigation linkages for a low-carbon, climate-resilient future*. Paris: OECD Publishing.
- Restemeyer, B. & Boogaard, F.C. (2021). Potentials and Pitfalls of Mapping Nature-Based Solutions with the Online Citizen Science Platform ClimateScan. *Land*: 10(1), pp. 1-17.
- Schipper, L. (2020). Maladaptation: When Adaptation to Climate Change Goes Very Wrong. *One Earth*: 3(4), pp. 409-414.
- United Nations Environment Programme (2022). *UNEP in 2022*. Nairobi: United Nations Environment Programme.
- Velagic, R., De Vriend, Y., Willems, T. & Souha, N. (2022). *Onderzoeksrapport Groenblauwe Oplossingen: Kansen en Risico's*. Vlissingen: Hogeschool Zeeland.
- Veldkamp, T.I.E. De Graaf, R. & Kluck, J. (2020). *Infiltrerende Stad – WP4 Analyse en marktstrategie*. Amsterdam: Hogeschool van Amsterdam.
- Venvik, G. & Boogaard, F.C. (2020a). Portable XRF Quick-Scan Mapping for Potential Toxic Elements Pollutants in Sustainable Urban Drainage Systems: A Methodological Approach. *Sci*: 2(64), pp. 1-13.
- Venvik, G. & Boogaard, F.C. (2020b). Infiltration Capacity of Rain Gardens Using Full-Scale Test Method: Effect of Infiltration System on Groundwater Levels in Bergen, Norway. *Land*: 9(520), pp. 1-17.
- Vlario (2005). *Katern afkoppelen, bufferen en infiltreren: Versie 2*. Genk: Vlario.
- Vlario (2018). *Richtlijnen bovengrondse infiltratievoorzieningen (RBI)*. Genk: Vlario.
- Von Dohren, P. & Haase, D. (2015). Ecosystem Disservices Research: A Review of the State of the Art with a Focus on Cities. *Ecological Indicators*: 52(1), pp. 490-497.
- Voskamp, I.M. & Ven, F.H.M. van de, (2015). Planning support system for climate adaptation: Composing effective sets of blue-green measures to reduce urban vulnerability to extreme weather events. *Building and Environment*: 83(1), pp.159-167.
- Wang, Y., Chang, Q. & Fan, P. (2021). A framework to integrate multifunctionality analyses into green infrastructure planning. *Landscape Ecology*: 36(1), pp. 1951-1969.
- Wentink, R., Boogaard, F.C., Bruins, G. & Bode, P. (2003). *Wadi's doorgelicht: Tussenrapportage over het hydraulisch en milieuhygiënisch functioneren en de waardering van bewoners*. Ede: Stichting RIONED.

- Westerink, J., Opdam, P., Rooij, S. van & Steingröver, E. (2017). Landscape services as boundary concept in landscape governance: Building social capital in collaboration and adapting the landscape. *Land Use Policy*: 60(1), pp. 408-418.
- Wickenberg, B., McCormick, K. & Olsson, J.A. (2021). Advancing the implementation of nature-based solutions in cities: A review of frameworks. *Environmental Science & Policy*: 125(1), pp. 44-53.

8 BIJLAGEN

BIJLAGE 1 – NOTITIE DELIVERABLES

In het projectvoorstel van Groenblauwe Oplossingen zijn verschillende onderzoekstappen en uitkomsten beloofd. In deze notitie wordt per deliverable besproken hoe deze is aangepakt, welke uitkomsten er uit zijn gevolgd en waar deze zijn te vinden.

§	Taak	Output
1.1	1. (inter)nationale literatuurstudie (aanvulling op de in dit voorstel geschetste state-of-the-art) omtrent kenmerken en ervaringen groenblauwe oplossingen. 2. Inventarisatie meetresultaten en ontwerp- en beheer richtlijnen.	Literatuurstudie en inventarisatie van ontwerp- en beheer richtlijnen waren onderdeel van het ingediende hoofdstuk voor <i>Handbook for Nature-Based Solutions</i> en het wetenschappelijke artikel in <i>Water</i> (zie publicatielijst in bijlage 2). Een deel van deze informatie is aangehaald in het theoretische kader van deze eindrapportage
1.2	1. Interviews met professionals (inventarisatie locaties en kenmerken groenblauwe oplossingen alsmede (negatieve en positieve) ervaringen. Hiermee krijgen we de mogelijkheden, beperkingen, kansen, en knelpunten in kaart van groenblauwe klimaatadaptatie.	In totaal is met 20 experts en innovators gesproken op verschillende vakgebieden rondom wadi's. Hiervan zijn opnames en notities opgeslagen. Omdat met hen is afgesproken dat hun input voor het inspiratieboek is, worden de volledige notities niet in dit eindrapport bijgevoegd en worden de opnames niet openbaar gemaakt.
1.3	Inrichting en invoering overzichten in database inclusief algemene eigenschappen (specifieke locatie, leeftijd, afstromend oppervlak, dimensies, monitoringsgegevens) op basis van literatuurstudie en interviews ten behoeve van keuze monitoringslocaties in WP2.2 en WP3.2	De online database voor groenblauwe oplossingen Climatescan is verder doorontwikkeld en bevat nu de optie om karakteristieken van maatregelen toe te voegen. Van alle 56 wadi's die in dit onderzoek zijn meegenomen zijn deze gegevens toegevoegd (zie bijlage 4 voor het overzicht).
1.4	Keuze 50 monitoringslocaties ten behoeve van monitoringsplan 1.5 en uitvoering metingen WP2, 3 en 5 op basis van analyse database (analyse beschikbaarheid gegevens, landelijke spreiding en verdeling over categorieën en wijktypologieën WP4,4) Tevens input uit literatuuronderzoek en wensen van professionals uit interviews.	Voor de 56 locaties waar onderzoek is gedaan is gekozen om met gemeenten samen te werken die geografisch over het land verspreid liggen. Elke van de deelnemende gemeentes konden met eigen voorstellen komen voor meetlocaties, op basis van wensen en vragen.
1.5	Opstellen monitoringsplan voor hydraulische en milieutechnische functioneren en inrichtingsplan voorfieldlabs Delft en Groningen De hydraulische testen (WP2.2) en milieutechnische testen (WP 3.2) zijn op de fieldlabs uitgebreid aanvullende bodemvochtmetingen, redox metingen en natte voeten sensor die worden ingezet bij de 2 proeftuinen. Deze meetplannen vragen afstemming met MKB's (meetplan is innovatie specifiek) en de fieldlabs Building en Waterstraat. De testen vinden plaats bij ClimateCafés en	Op het fieldlab Waterstraat liggen helaas nog geen groenblauwe voorzieningen. Op fieldlab BuildinG is gekozen om samen met studenten onderzoek te doen naar een innovatief wadisysteem waarin wordt geëxperimenteerd met mogelijkheden om bodemverontreiniging tegen te gaan. Het uitgewerkte interview met de studenten die hieraan meewerken en de projectleider van BuildinG is opgenomen in bijlage 7. De meetresultaten volgen zodra de verontreiniging in de wadi's meetbaar worden.

	evenementen op de fieldlabs en worden vastgelegd op video (Timelapse).	
1.6	Workshop ClimateCafé1 eerste resultaten: ClimateCafé 1 Groningen klimaatweek.	Het ClimateCafé Groningen vond plaats in mei 2021 en is verder aangevuld met een meetdag in oktober 2021. Een sfeerimpressie is terug te vinden via deze link . Er is media-aandacht voor dit ClimateCafé geweest via de Hanze , Dagblad van het Noorden en RTV Noord . Ook zijn van dit ClimateCafé een studentenhandleiding en verschillende verslagen gemaakt. Deze zijn ivm hun omvang niet opgenomen in de bijlage maar wel op te vragen.
2.1	Interviews waterexperts voor inventarisatie kennis en ervaringen met hydraulische functioneren en kenmerken maatregelen (beheer, dichtslibbing)	Deze onderwerpen zijn meegenomen in de serie interviews zoals beschreven in 1.2
2.2	Meetplan metingen met exacte locatie en kenmerken (database): dimensies alsmede bodem- en geohydrologische data en wijktypologie informatie voor het opstellen van de kanskaart stedelijke opschaling in WP4. In het meetplan wordt in detail omschreven welke materialen benodigd zijn (specificatie) en hoe deze wordt gebruikt (instructieboek en instructie video's voor WP5). In het instructieboek wordt beschreven hoe we de testen uitvoeren en herhalen om tijdsafhankelijke infiltratie vast te leggen. De tijdsafhankelijke en ruimtelijke spreiding van het functioneren van infiltratie wordt onderzocht (verzadiging en dichtslibbing). Dit is essentiële input voor het detailleren van richtlijnen en input modellen die hier momenteel geen invulling aan geven.	Voor het uitvoeren van de verschillende methodes is voorafgaand aan het eerste ClimateCafé in 2021 een meetprotocol gemaakt dat in de verschillende ClimateCafé's daaropvolgend (met aanpassingen) is gebruikt. Dit protocol is te vinden in bijlage 3. Voorafgaand aan het ClimateCafé Zeeland hebben we een crashcourse ter voorbereiding van het veldwerk gegeven aan de deelnemende studenten. Deze crashcourse is opgenomen en later gebruikt in de voorbereiding op volgende veldwerkdagen.
2.3	Uitvoering 50 praktijkmetingen in veld en proeftuin. Bilaterale terugkoppeling resultaten en verslaglegging rapportage en in database. Uitvoering hydraulisch functioneren raingardens (Hanze meet samen met HaskoningDHV in raingardens). Van het hydraulisch functioneren van full scale testen worden video's gemaakt en geüpload op YouTube kanaal van ClimateScan, hier is veel vraag naar (WP 5.2).	De uitkomsten van de 56 onderzochte wadi's, de hieraan gekoppelde verslagen en rapportages en waar van toepassing de opgenomen timelapses zijn terug te vinden in de online database Climatescan. Zie hiervoor bijlage 4.
2.4	Opzetten rekenmodule hydraulisch AST (Deltares) in samenwerking met IHE Delft (incl. redox en bodemvocht gegevens van fieldlabs) en voorspelling ruimtelijk en tijdsafhankelijk functioneren (met data van herhaaldelijk toepassen full scale test op voorzieningen).	Wordt gepubliceerd (gepland eind 2023) 'Feikai Yang, Dafang Fu, Chris Zevenbergen and Floris C. Boogaard, Time-varying Characteristics in Hydrological Process of Grassed Swales Based on the Ensemble Kalman Filter Algorithm — A case study of two long-running swales in Netherlands, to be published 2023.

2.5	ClimateCafé2 met WOD inclusief workshop: terugkoppeling en bespreken resultaten WP2.	Het ClimateCafé WDOD vond plaats in mei 2021. Sfeerimpressies zijn terug te vinden via deze link , deze link en deze link . Er is media-aandacht voor dit ClimateCafé geweest via het Waterschap Drents Overijsselse Delta , RTV Focus Zwolle en De Stentor . Ook zijn van dit ClimateCafé een studentenhandleiding en verschillende verslagen gemaakt. Deze zijn ivm hun omvang niet opgenomen in de bijlage maar wel op te vragen.
2.6	Rapportage van de hierboven beschreven activiteiten	De genomen stappen en uitkomsten in dit werkpakket zijn verwerkt in deze eindrapportage, de verschillende (student)rapportages die in Climatescan zijn opgenomen en in het nog uit te brengen inspiratieboek.
3.1	interviews water experts voor inventarisatie kennis en ervaringen milieutechnische functioneren en kenmerken maatregelen in regionale context (incl. afstromend regenwater kwaliteit en zuiverende voorzieningen).	Deze onderwerpen zijn meegenomen in de serie interviews zoals beschreven in 1.2
3.2	meetplan metingen met exacte locatie en kenmerken (database). Omschrijving materiaal benodigdheden en raaien voor xrf testen inclusief aanvullende gegevens bodemsamenstelling. Inclusief herhalen van de testen om vervuiling snelheid vast te leggen. Het meetplan moet vragen beantwoorden uit vraagarticulatie als: <i>is er verontreiniging? Houdt de voorziening voldoende verontreinigingen tegen om grond- en drinkwater niet te vervuilen?</i>	De bodemverontreiniging en bijbehorende onderzoeksmethodes waren onderdeel van de meetprotocollen zoals beschreven in 2.2 en zijn te vinden in bijlage 3.
3.3	uitvoering 50 praktijkmetingen in veld en proeftuin. Bilaterale terugkoppeling resultaten en verslaglegging rapportage en in database. Uitvoering XRF testen met Tauw. WP 3.3 metingen in de proeftuin zal gebruik worden gemaakt van bodemvocht en redox potentiaal metingen.	De uitkomsten van de 56 onderzochte wadi's, de hieraan gekoppelde verslagen en rapportages zijn terug te vinden in de online database Climatescan. Zie hiervoor bijlage 4.
3.4	Analyse na koppeling (locaties en resultaten) hemelwaterkwaliteit database en overige metingen, hydraulisch functioneren (WP2), en resultaten WP3.3 met kenmerken uit ClimateScan database (WP1.3). Hieruit volgen de belangrijkste correlatie tussen kenmerken en vervuiling (bv. leeftijd, locatie, verblijftijd, bodemsamenstelling, kwaliteit afstromend regenwater, dimensies etc.). Dit is belangrijke input voor richtlijnen en modellen alsmede aanbevelingen voor vervolgonderzoek.	De genomen stappen en uitkomsten in dit werkpakket zijn verwerkt in deze eindrapportage, de verschillende (student)rapportages die in Climatescan zijn opgenomen en in het nog uit te brengen inspiratieboek.
3.5	de onderzoeksresultaten uit 3.4 dienen als input voor project 'healthy green and blue spaces' met	Hanze heeft deelgenomen aan RIVM eindcongres van WATCHURG. RIVM is uitgenodigd voor

	model WATCHURG (RIVM), en beschrijving model AST (Deltares) en input voor ClimateCafés.	Climatecafe online waar in eerdere afleveringen bv AST – KBS tool is besproken.
3.6	Workshop: terugkoppeling en bespreken resultaten WP3 en derde ClimateCafé Brabant met grondwater beschermingsgebieden.	Het ClimateCafé Noord-Brabant vond plaats in mei 2022. De sfeerimpressie hiervan is terug te vinden via deze link . Er is media-aandacht voor dit ClimateCafé geweest via Omroep Centraal TV en het Gemerts Nieuwsblad . Ook zijn van dit ClimateCafé een studentenhandleiding en verschillende verslagen gemaakt. Deze zijn ivm hun omvang niet opgenomen in de bijlage maar wel op te vragen.
3.7	Rapportage STOWA/RIONED van kansen en risico's groenblauw oplossingen (opgesteld met Begeleidingscommissie, van concept en definitief).	We zijn aangesloten in overleggen met OSKA waarin nationale richtlijnen worden ontwikkeld: RIONED en STOWA zijn onderdeel van OSKA en er komen nieuwe richtlijnen uit in 2023 (zie ook actie richtlijnen 4.5). Hier worden de uitkomsten van dit onderzoek gebruikt als discussiepunt voor aanpassingen in de richtlijnen. Een deel van deze discussiepunten worden aangestipt in het nog uit te brengen inspiratieboek.
4.1	Notitie state-of-the-art richtlijnen en standaarden groenblauwe oplossingen (OSKA) met literatuur en Interviews	Literatuurstudie en inventarisatie van ontwerp- en beheer richtlijnen waren onderdeel van het ingediende hoofdstuk voor <i>Handbook for Nature-Based Solutions</i> en het wetenschappelijke artikel in <i>Water</i> (zie publicatielijst in bijlage 2). Een deel van deze informatie is aangehaald in het theoretische kader van deze eindrapportage
4.2	Interviews kosten en baten met experts Notitie state-of-the-art kosten en baten aanleg en beheer groenblauwe oplossingen (HvA).	Deze onderwerpen zijn meegenomen in de serie interviews zoals beschreven in 1.2
4.3	Gebruik en doorontwikkeling van de MKBA toolbox groenblauwe oplossingen (HvA)	Met de opgehaalde karakteristieken en onderzoeksgegevens konden we een maatschappelijke kosten/baten analyse maken. Dit is aan de hand van de MKBA tool van de Hogeschool van Amsterdam gedaan voor een vijftal wadi's. Hiervoor is de MKBA tool eerst verder doorontwikkeld om wadi's als maatregel in te kunnen voeren. Deze doorontwikkeling en de uitkomsten staan uitgebreid beschreven in de rapportage in bijlage 5.
4.4	Analyse kansen (zie handelsperspectief bij vraagarticulatie): Wijk typologieën GIS analyse (In relatie tot klimaatadaptatie kunnen acht wijktypen onderscheiden worden) en kansen voor stedelijke opschaalbaarheid . Kans: 'natuurvriendelijk groenblauwe oplossingen en biodiversiteit' en hydraulische regelfunctie (handelingsperspectief zoals genoemd bij vraagarticulatie)	Op basis van de meer dan 1500 verzamelde wadi's op Climatescan konden we een GIS analyse uitvoeren naar stedelijke kansen op basis van onder andere wijktypen. De belangrijkste uitkomsten hiervan hebben we in dit eindrapportage genoemd. De achterliggende methode is verder uitgewerkt in dit artikel .

4.5	Aanvullen “standaarden prestatie groene infiltratie ” met resultaten interviews, startdocumenten kennisbank RIONED, (OSKA) nav (analyse) van meetresultaten worden hydraulische en milieutechnische ontwerprichtlijnen opgesteld (leeglooptijd, afstand infiltratievoorziening tot infrastructuur, verblijftijd, onderhoud frequentie om risico's te voorkomen)	We zijn aangesloten in overleggen met OSKA waarin nationale richtlijnen worden ontwikkeld. Hier worden de uitkomsten van dit onderzoek gebruikt als discussiepunt voor aanpassingen in de richtlijnen. Een deel van deze discussiepunten worden aangestipt in het nog uit te brengen inspiratieboek. Nieuwe richtlijnen via CROW en ISSO zijn concreet in de maak en heeft Hanze informatie uit dit raak project bij aangeleverd. Tevens worden artikelen over deze richtlijnen gepubliceerd zoals in magazine van Artikel TVVL. In het KAN cafe over wadis en raingardens zijn de (nieuwe) richtlijnen uitvoering besproken met diverse stakeholders (29/6/2023).
4.6	Workshop tijdens vierde ClimateCafé met Toetsing eindproducten aan de bestaande praktijk Water, Bodem, Groen integraal	Het ClimateCafé Zeeland vond plaats in april 2022. De sfeerimpressie hiervan is terug te vinden via deze link . Ook zijn van dit ClimateCafé een studentenhandleiding en verschillende verslagen gemaakt. Deze zijn ivm hun omvang niet opgenomen in de bijlage maar wel op te vragen.
5.1	Landelijk ClimateCafé: In dit landelijk ClimateCafé wordt de kennis uit de regionale ClimateCafés toegepast op diverse locaties gedurende 2 weken. Hogescholen en publieke partijen passen de kennis van hoe te meten toe op diverse locaties zoals Amsterdam en Noord-Holland, van Zaanstad tot Den Helder met een uitstap naar Utrecht (oude wadi's Leidse Rijn). Xrf testen vinden plaats in oude wadi's van Limmen/Heiloo met internationale opschaling door link met project waterCoG (HHNK en Hanze) voor impact. Hier staan de ontwikkelde tools centraal zoals MKBA alsmede de eindproducten van alle werkpakketten zoals de analyses van geïdentificeerde kansen t.a.v. wijktypologieën en biodiversiteit Leiding HHNK en HvA en alle coördinatoren van vorige ClimateCafés met acties in hun regio en specifieke partner gemeente als Nijmegen, Enschede, Arnhem etc.	Er is nog een drietal ClimateCafé's uitgevoerd: in Noord-Holland (video impressie) in maart 2022, in Rotterdam (video impressie) in april 2022 en in Vlaardingen (video impressie) in december 2022. Van alle ClimateCafé's zijn ook handleidingen beschikbaar en verschillende (student)verslagen. Omwille van de ruimte is alleen het verslag van ClimateCafé Vlaardingen opgenomen in bijlage 8 ter illustratie. De overige documenten zijn op te vragen. Verder is in nasleep van de coronalockdowns een initiatief voor een landelijk online ClimateCafé geïnitieerd. Daarin worden wekelijks verschillende onderwerpen rondom groenblauwe oplossingen besproken met gastsprekers, het werkveld, onderzoekers en studenten. Er zijn inmiddels tientallen opnames terug te kijken via deze link.
5.2	inrichten social media en webpagina's op bestaande websites van consortium over (de resultaten van) het onderzoek en aankondiging, aanmelding en resultaten van ClimateCafés (ClimateCafé.nl, climatescan.nl, ateliergroenblauw.nl, https://www.watertv.nl , WOW, CAS en websites hogescholen en publieke partijen). De uitvoering van de testen wordt vastgelegd in (time lapse) videos en geüpload op social media ⁷⁹ (uit WP 2.3 en 3.3 en films tijdens ClimateCafés).	Kennis en meetresultaten vanuit het onderzoek zijn op verschillende plekken verspreid. Dit is onder andere terug te vinden op ClimateCafé , Climatescan en het Kennisportaal Klimaatadaptatie (link #1 en link #2). Ook wordt de kennis over wadi's op de Kennisbank Groenblauw aangevuld met uitkomsten uit het onderzoek. Verschillende andere partners als Climate Adaptation Services en Samen Klimaatbestendig delen onderzoeksresultaten en werken mee aan het inspiratieboek.

	Kennisdeling en outreach Resultaten (en follow-ups) ClimateCafé online websites partners. Social media campagne voor outreach met consortium Disseminatiepartners (naast hogescholen): WOW, CAS, Samenklimatebestendig, STOWA, RIONED en fieldlabs.	
5.3	2 wetenschappelijke publicaties (open source), 5 populaire publicaties Bij ontwikkelen van de methodieken om het hydraulisch en milieutechnisch functioneren te bepalen is nauw samengewerkt met Australische en Noorse partijen. De verfijning van de methodiek en de resultaten van dit project zullen (inter)nationaal gepubliceerd. Nationaal zal met de disseminatiepartners diverse publicaties worden geplaatst op websites en vakbladen.	Vanuit het onderzoek zijn twee wetenschappelijke publicaties geschreven (één artikel en één hoofdstuk). Daarnaast zijn er 13 publicaties in vakbladen geschreven en hebben we de bevindingen uit dit onderzoek op verschillende internationale podia gepresenteerd.
5.4	boek ter illustratie richtlijnen en inspiratie, beeldenboek, digitale selectiekeuze Best Management Practices uit ClimateScan, wedstrijd prijs. Leiding: Samenklimatebestendig.	Op basis van de uitkomsten van het onderzoek en gesprekken met experts door het land heen wordt een illustratieboek uitgebracht genaamd 'Recept voor de perfecte wadi'. Hierin worden handreikingen gegeven voor het maken van keuzes om in elke gemeente een perfecte wadi aan te kunnen leggen. Het illustratieboek is zowel voor experts (verrijkend) als leken (verleidend) op gebied van wadi's, om juist meer integratie en multidisciplinaire samenwerking in het ontwikkelen en onderhouden van wadi's aan te moedigen.
5.5	IWP inrichting, Hanze Pro, Minor, projectverslagen/Afstudeeronderzoeken studenten, e-learning module voor professionals (zie paragraaf 4.6)	Aan het project hebben tientallen studenten(groepen) meegedaan van 8 hogescholen, gekoppeld aan de verschillende ClimateCafé's. De verslagen en onderzoeken worden niet toegevoegd aan dit eindrapport. Enkele hiervan zijn wel besproken in de online ClimateCafé reeksen . Daarnaast wordt de output van het onderzoek gebruikt in een door de Hanze ontwikkelde cursus over klimaatadaptatie (Hanzepro). Een impressie hiervan is te zien via deze link en meer informatie is te vinden via deze link . Tot slot is een deel van de uitkomsten ingebracht in de online MOOC (Massive Open Online Course) over klimaatadaptatie, georganiseerd door de Rijksuniversiteit Groningen.
5.6	Er zijn 2 specifieke workshops gepland met RIONED en STOWA voor hun achterban met gemeenten en waterschappen, alsmede presentaties bij landelijke workshops STOWA afvalwater dag en RIONED dag en activiteiten van CAS. Tevens worden de resultaten meegenomen	We hebben onder andere op RIONED Dag 2022 gestaan en daar de resultaten van het onderzoek met experts vanuit het hele land gedeeld. De uitkomsten worden meegenomen in het geven van cursussen als Hanzepro (zoals toegelicht in 5.5). De gebruikersdag voor Climatescan

	in diverse cursussen van Wateropleidingen en mini-cursussen van RIONED. Tevens wordt er een Climatescan gebruikersdag georganiseerd voor de meer dan 1000 geregistreerde gebruikers .	gebruikers wordt geïntegreerd in het eindsymposium van het project.
--	---	---

BIJLAGE 2 – PUBLICATIE- & MEDIAOVERZICHT

NIEUWSBERICHTEN

- Dagblad van het Noorden (2021). *Zo'n wadi, werkt die? Hanzehogeschool onderzoekt of Groningen bestand is tegen heftig weer (samen met studenten en onderzoekers uit het buitenland)*. 5 Oktober 2021. Geraadpleegd via <https://dvhnl.nl/groningen/Zon-wadi-werkt-die-Hanzehogeschool-onderzoekt-of-Groningen-bestand-is-tegen-heftig-weer-samen-met-studenten-en-onderzoekers-uit-het-buitenland-27080876.html> op 04-07-2022.
- RTV Noord (2021). *Houdt Haren in de toekomst droge voeten? Internationale studenten onderzoeken het*. 5 Oktober 2021. Geraadpleegd via <https://www.rtvnoord.nl/nieuws/857630/houdt-haren-in-de-toekomst-droge-voeten-internationale-studenten-onderzoeken-het> op 04-07-2022.
- Dagblad van het Noorden (2021). *Hanzehogeschool Groningen werkt mee aan het grootste landelijke praktijkonderzoek naar klimaatadaptatie*. 1 april 2021. Geraadpleegd via <https://dvhnl.nl/groningen/Hanzehogeschool-Groningen-werkt-mee-aan-het-grootste-landelijke-praktijkonderzoek-naar-klimaatadaptatie-26747945.html> op 04-07-2022.
- Groenezaken (2021). *Hanzehogeschool leidt landelijk praktijkonderzoek groenblauwe klimaatadaptatie*. 1 april 2021. Geraadpleegd via <https://www.groenezaken.com/blog/hanzehogeschool-leidt-landelijk-praktijkonderzoek-groenblauwe-klimaatadaptatie> op 04-07-2022.
- RTV Focus Zwolle (2021). *Honderden liters water over straat voor WADI onderzoek*. 19 Mei 2021. Geraadpleegd via <https://www.rtvfocuszwolle.nl/honderden-liters-water-over-straat-voor-wadi-onderzoek/amp/> op 04-07-2022.
- De Stentor (2021). *Dankzij deze wateropvang staat de Veentunnel in Deventer waarschijnlijk nooit meer blank*. 18 Mei 2021. Geraadpleegd via <https://www.destentor.nl/deventer/dankzij-deze-wateropvang-staat-de-veentunnel-in-deventer-waarschijnlijk-nooit-meer-blank~a6233f1e/?referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F> op 04-07-2022.
- Drents Overijsselse Delta (2021). *Verzamelen data beslissend voor een betere wadi*. 3 Juni 2021. Geraadpleegd via <https://www.wdodelta.nl/verzamelen-data-beslissend-voor-een-betere-wadi> op 04-07-2022.
- Gemerts Nieuwsblad (2022). *Groningse studenten onderzoeken wadi in Gemert*. Geraadpleegd via <https://www.gemertsnieuwsblad.nl/2022/05/groningse-studenten-onderzoeken-wadi-in-gemert/> op 04-07-2022.

PUBLICATIES:

- Koning, J. & Boogaard, F.C. (2023). Guidelines for Nature-Based Solutions based on evaluating and monitoring of 100 green infrastructure measures. In: Filho, W.L., Nagy, G.J. & Ayal, D.Y. (eds.). *Handbook of Nature-Based Solutions to Mitigation and Adaptation to Climate Change*. Hoofdstuk geaccepteerd voor publicatie.
- Boogaard, F.C. (2022). Spatial and Time Variable Long Term Infiltration Rates of Green Infrastructure under Extreme Climate Conditions, Drought and Highly Intensive Rainfall. *Water*: 14(6), 840.

- Bos, M. (2022). De kansen en risico's van groenblauwe oplossingen. *Straatbeeld*. Geraadpleegd via <https://www.straatbeeld.nl/nieuws/de-kansen-en-risicos-van-groenblauwe-oplossingen>.
- Kennisportaal Klimaatadaptatie (2022). *De raingarden biedt net als de wadi veel kansen voor Nederland*. Geraadpleegd via <https://klimaatadaptatienederland.nl/actueel/actueel/interviews/raingarden-interview-floris-boogaard/> op 04-07-2022.
- Van Kesteren, K.J. (2022). Vijf Lessen over klimaatadaptatie, op pad met Floris Boogaard in Groningen. *H2O Waternetwerk*: nr. 1 (jr. 55).
- Boogaard, F.C. (2022). Spatial and Time Variable Long Term Infiltration Rates of Green Infrastructure under Extreme Climate Conditions, Drought and Highly Intensive Rainfall. *Water*: 14(6), p. 840.
- Boogaard, F.C., Kuiphuis, V., Gravenberch, J., Beerlandt, J. & Jansen, J. (2022). Tilburg onderzoekt werking groenblauwe maatregelen. *Land en Water*: nr. 3, p. 24-25.
- Boogaard F.C. & Stuurman R. (2022). Raingarden infiltreert in Nederland. *Land en Water*: nr. 4 april, p. 24.
- Boogaard F.C. (2022). Van ondergronds grijs naar zichtbaar groen. *Land en Water*: nr. 5/6, p. 13.
- Roelofs, R. & Boogaard, F.C. (2021). Regenwatertuinen: Onderzoek innovatieve infiltratievoorzieningen Arnhem. *Civiele Techniek*: nr. 1/2, p. 22-25.
- Boogaard, F. C., Schilder, S., Lekkerkerk, J., Verschoeren, N., Ter Mull, B. & Bonne, Y. (2021). Infiltratiecapaciteit wadi's varieert in ruimte en tijd. *Land en Water*: nr. 1/2, p. 10-11.
- Klomp, T. & Boogaard, F.C. (2021). Groenblauwe oplossingen, kansen en risico's. *Riolering*: jr. 26, p. 10-11.
- H2O Waternetwerk (2021). *Natuurvriendelijke wadi's, regenwatertuinen en infiltrerende verhardingen scoren goed in Climatescan Top 21*. Geraadpleegd via <https://www.h2owaternetwerk.nl/h2o-actueel/natuurvriendelijke-wadi-s-regenwatertuinen-en-infiltrerende-verhardingen-scoren-goed-in-climatescan-top-21> op 04-07-2022.
- Boogaard, F.C., Blom, R. & Boelee, E. (2021). Muggen en Klimaataanpassingen. *Land en Water*: nr.4, p. 11.
- Boogaard, F.C., Boelee, E. & Van de Ven, F. (2021). Klimaatverandering en Gezondheid: Groenblauwe raingardens en muggen. *Riolering*: jr. 25, p. 28.

MEDIA-UITINGEN:

- NPO Radio 1 (2021). *Focus met lector Klimaatadaptatie Floris Boogaard*. 18 februari 2021. Geraadpleegd via <https://www.nporadio1.nl/uitzendingen/focus/cd0c9c27-8105-412e-8f67-f988d977c18a/2021-02-18-focus-met-lector-klimaatadaptatie-floris-boogaard> op 04-07-2022.
- Koning, J., Boogaard, F.C. & Roest, A.H. (2022). *Results of National in Situ Mapping of Potential Toxic Elements in Nature-Based Bioswales and Raingardens*. Gepresenteerd op Eco City World Summit Rotterdam 2022. 22 Februari 2022.
- Koning, J. Boogaard, F.C., Roest, A.H. & De Jong, L. (2022). *International Knowledge exchange on Climate Adaptation with citizen science tools: ClimateScan*. Gepresenteerd op Eco City World Summit 2022. 22 Februari 2022.

- KAN (2022). Wilde wadi's vangen water en zorgen voor biodiversiteit. Geraadpleegd via <https://www.kanbouwen.nl/2022/04/28/wilde-wadis-vangen-water-en-zorgen-voor-biodiversiteit/#:~:text=De%2026x%20per%20jaar%20strak,en%20dus%20ook%20betere%20infiltratie> op 04-07-2022.
- Nougès, L. & Boogaard, F.C. (2022). ClimateCafé: transdisciplinary and international knowledge exchange on climate change adaptation for groundwater recharge. Gepresenteerd op International Conference Groundwater Paris 2022. 18-20 Mei 2022.

OPNAMES:

- Videoverslag ClimateCafé Vlaardingen. 9 Januari 2023. Terug te kijken via: <https://www.youtube.com/watch?v=TH5UWMc73PM>.
- Videoverslag ClimateCafé Rotterdam. 21 November 2022. Terug te kijken via: <https://www.youtube.com/watch?v=ISM9AFSmsPk>.
- Derde Consortiumbijeenkomst Groenblauwe Oplossingen. 15 November 2022. Terug te kijken via: <https://www.youtube.com/watch?v=vrONhRywJac&t=2s>.
- Online ClimateCafé Onderzoeksresultaten Groenblauwe Oplossingen. 28 September 2022. Terug te kijken via: <https://www.youtube.com/watch?v=m-GqiTHiBQk>
- Online ClimateCafé Hoe Leg je een Wadi Aan? 21 September 2022. Terug te kijken via: https://www.youtube.com/watch?v=ZaWXmcBz_rk
- Videoverslag ClimateCafé Noord-Brabant. 11 Juli 2022. Terug te kijken via: <https://www.youtube.com/watch?v=utnsytNsEDA>.
- Videoverslag ClimateCafé BUCH Gemeenten. 11 Juli 2022. Terug te kijken via: <https://www.youtube.com/watch?v=vtm17zwMdpQ>.
- Online ClimateCafé Fytoremediatie in Wadi's. 9 Juni 2022. Terug te kijken via: <https://www.youtube.com/watch?v=y78ZCyqnERk>.
- Videoverslag ClimateCafé Zeeland. 7 April 2022. Terug te kijken via: <https://www.youtube.com/watch?v=HfHil8Tkdu0>.
- Tweede Consortiumbijeenkomst Groenblauwe Oplossingen. 26 Februari 2022. Terug te kijken via: <https://www.youtube.com/watch?v=-ksIV75eyIA>.
- Online ClimateCafé Wadi Onderzoek Systematiek. 26 Februari 2022. Terug te kijken via: <https://www.youtube.com/watch?v=hdg0l04v2a4>.
- Online ClimateCafé Onderzoek Infiltratie & Vegetatiekeuze. 26 November 2021. Terug te kijken via: <https://www.youtube.com/watch?v=jXV3PMWtjBc>.
- Online ClimateCafé Infiltratiecapaciteit Groenblauwe Voorzieningen. 24 Oktober 2021. Terug te kijken via: <https://www.youtube.com/watch?v=71kxngokmNc>.
- Videoverslag ClimateCafé IMPETUS. 9 Oktober 2021. Terug te kijken via: <https://www.youtube.com/watch?v=q380fJRksOw>.
- Videoverslag ClimateCafé WDOD. 2 September 2021. Terug te kijken via: https://www.youtube.com/watch?v=LxnGKX6h_Lw.
- Online ClimateCafé Ecosysteemdiensten van Wadis. 19 Juni 2021. Terug te kijken via: <https://www.youtube.com/watch?v=tQrXiSs0fNo>.
- Videoverslag ClimateCafé Groningen. 7 Juni 2021. Terug te kijken via: <https://www.youtube.com/watch?v=Os3z3qsF3gg>.

- Online ClimateCafé Monitoring van Wadi's. 5 Juni 2021. Terug te kijken via: <https://www.youtube.com/watch?v=yhLPUNgYHEU>.
- Online ClimateCafé KBS Toolbox. 7 Mei 2021. Terug te kijken via: https://www.youtube.com/watch?v=kxKrQzR_3fg&t=3s.
- Online ClimateCafé Biodiversiteit in Wadi's. 30 April 2021. Terug te kijken via: <https://www.youtube.com/watch?v=nAdxuSwwrVM>.

WERKPAKKET 1: Climatescan

METHODE (introductie = 10 minuten)

Klimaatadaptatie is een populair thema, en er verschijnen wereldwijd steeds meer projecten en initiatieven om hieraan bij te dragen. Al die maatregelen werken anders, zien er anders uit en liggen op verschillende plekken. Om deze grote diversiteit in kaart te brengen is de online kaartapplicatie Climatescan ontwikkeld. Iedereen van over de hele wereld kan hiermee klimaatadaptatieve maatregelen in hun omgeving in beeld brengen en delen met anderen. Ondertussen zijn er al meer dan 6000 maatregelen toegevoegd door meer dan 1000 mensen van over de hele wereld. Door al deze projecten in kaart te brengen kunnen we van elkaar leren en overeenkomsten en verschillen tussen maatregelen en locaties onderzoeken. In dit werkpakket leer je met Climatescan te werken om groenblauwe oplossingen te vinden en om ze zelf vast te leggen.

STAP 1: GROENBLAUWE OPLOSSINGEN VINDEN (20 minuten)

Groenblauwe oplossingen is een verzamelnaam van maatregelen die helpen met het opvangen van klimaateffecten en een link hebben met vegetatie (groen) of water (blauw). Er is een grote variatie aan oplossingen die hieronder vallen. We laten hieronder een paar als voorbeeld zien:



**WADI BRUINLEEUWSTRAAT –
DALSEN, NL**



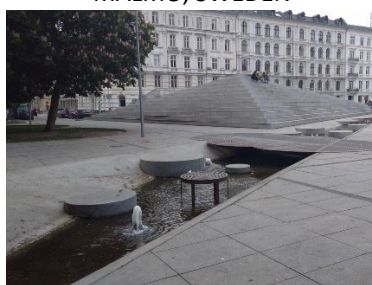
**CONSTRUCTED WETLANDS –
MALMO, SWEDEN**



**GEVELTUINTJES GROTE
LELIESTRAAT – GRONINGEN, NL**



**RAINGARDEN BRYGGEN –
BERGEN, NORWAY**



**WATERSQUARE ISRAEL PLADS –
COPENHAGEN, DENMARK**



**GROENE WAND –
VENLO, NL**



In deze eerste stap proberen we je wegwijs met Climatescan te maken. In het overzicht zie je 9 verschillende groenblauwe oplossingen. Aan jou de opdracht deze te vinden op www.climatescan.nl en voor elk project een vraag te beantwoorden om te laten zien dat je hem hebt kunnen vinden:

Project	Vraag
1. Wadi Bruinleeuwstraat, Dalfsen	Met welke functie wordt deze wadi gecombineerd?
2. Constructed Wetlands Malmö, Sweden	Wanneer zijn deze wetlands aangelegd?
3. Geveltuinjes Grote Lelistraat, Groningen	Hoeveel geveltuinjes heeft de Gemeente Groningen in totaal laten aanleggen in 2018/2019?
4. Raingarden Bryggen, Bergen	In welke vorm is deze raingarden aangelegd?
5. Watersquare Israel Plads, Copenhagen	Wat ligt er onder dit waterplein?
6. Groene Wand Venlo	Op wat voor gebouw is deze groene wand gebouwd?
7. Groen dak Kostverlorenvaart, Amsterdam	Hoeveel subsidie kun je in Amsterdam ontvangen voor zo'n groen dak?
8. Infiltratiestrook Zuidelijke Wandelweg, Amsterdam	Hoeveel water kan er in een stortbui in deze infiltratiestrook worden opgevangen?
9. Waterdoorlatende weg De Hoef, Alkmaar	Wat was in De Hoef de aanleiding om waterdoorlatende wegen aan te gaan leggen?

STAP 2: MAATREGELEN MAPPEN (45 minuten)

In de volgende stap ga je zelf projecten toevoegen aan Climatescan. Hieronder volgt eerst een korte instructie voor hoe je een account aanmaakt en hoe je projecten toevoegt in Climatescan.

HOE TE GEBRUIKEN:

1. Ga naar climatescan.nl en registreer je door op 'Join Us' te klikken. Registratie is nodig om zelf maatregelen aan de kaart toe te kunnen voegen.
2. Je kunt maatregelen toevoegen door naar het kopje 'Projecten' te gaan en daar op 'New Project' te klikken. ALTERNATIEF: Als een maatregel al is toegevoegd kun je in de beschrijving van die maatregel op 'Contribute' klikken om gegevens aan te vullen of up te daten.
3. In het volgende menu kun je informatie toevoegen over de maatregel. Belangrijk zijn in ieder geval het aangeven van de locatie, het geven van een titel en een korte beschrijving, en het toevoegen van passende categorieën. Gebruik hiervoor de categorie die het beste het type maatregel beschrijft. Voeg daarnaast ook elke keer de categorie 'Groenblauwe Oplossingen' toe. Je kunt ook korte beschrijvingen, beeldmateriaal en links naar relevante websites toevoegen.
4. Voor dit werkpakket is het ook van belang om aanvullende informatie over de maatregelen toe te voegen. Dat doe je door op de blauwe 'Characteristics' knop te drukken en daar de gegevens in te vullen die je hebt kunnen vinden. Een deel van die karakteristieken kun je zelf vinden in het veld of via internet, de rest vul je aan n.a.v. andere werkpakketten deze week.
5. Klik op 'Add Project' om de informatie door te voeren en het project toe te voegen aan de kaart. Je kunt altijd nog terugkomen om deze of andere bijdragen te bewerken.

Als je meer wilt weten of mee wilt kijken hoe het mappen op [climatescan](http://climatescan.nl) werkt, bekijk dan ook de volgende links:

- 2 min Tutorial Climatescan: <https://www.youtube.com/watch?v=GcvbSSlqfzQ>

- Achtergrond: <https://www.mdpi.com/2073-445X/10/1/5>

EIGENSCHAPPEN VASTLEGGEN

Het functioneren van de groenblauwe maatregelen kan afhangen van een hoop factoren. Om deze verbanden goed te kunnen onderzoeken vragen we bij het mappen in ClimateScan om zoveel mogelijk van de onderstaande gegevens in te voeren. Deze zijn te verzamelen door in contact te komen met de verantwoordelijke organisaties en de maatregelen fysiek te bezoeken. Een deel van de gegevens (groen in de tabel) kun je in het veld vastleggen. Een ander deel (geel) kan je daarna bij terugkomst uitzoeken.

Categorie	Eigenschappen	Opmerking
Achtergrond	Type maatregel	
	Leeftijd	
	Oprichter	
	Onderhouder	
Vegetatie	Hoeveelheid groen	Werkpakket biodiversiteit
	Soorten planten	
	Soorten fauna	
	Staat beplanting	
Gebruik	Funcities	
	Zichtbaarheid	
	Toegankelijkheid	
Omgeving	Funcities in de wijk	
	Mate van bebouwing	
Hydraulisch functioneren	Bodemtype/samenstelling	Werkpakket hydraulisch functioneren
	Opslagcapaciteit	
	Bodemopbouw	
	Infiltratiecapaciteit	
	Aanwezigheid water	
Milieutechnisch functioneren	Mate van verontreiniging	Werkpakket milieutechnisch functioneren
	Soorten verontreiniging	
Beleving & Impact	Ervaringen & wensen (zie vragenlijst hieronder)	Enquêtes (zie stap 3)

INSTRUCTIES

We willen je vragen om eens een rondje door de wijk te lopen en je ogen open te houden voor groenblauwe maatregelen die je tegenkomt. Als je maatregelen tegenkomt, check dan of deze al in Climatescan staat. Is dit niet het geval? Leg ze dan vast op beeld en voeg ze toe aan Climatescan met alle informatie die je er online en in het veld over kunt vinden. Staat hij al wel op Climatescan? Vul dan de informatie die erover staat aan.

STAP 3: BELEVING DOOR BEWONERS (45 minuten)

Je hebt nu een algemeen beeld van de adaptatiemaatregelen in de buurt. Maar of deze nou ook effectief en succesvol zijn en echt bijdragen aan het oplossen van de water- en hitteproblemen is niet altijd duidelijk. Daarom willen we je in deze derde stap vragen om nogmaals een ronde door de wijk te maken en ten minste 5 personen aan te spreken om wat vragen te stellen.

We hebben een lijst met vragen opgesteld over een aantal thema's. Omdat dat best veel vragen zijn en we niet teveel van bewoners willen vragen hebben we ze ingedeeld op prioriteit. Het is van

belang om ze in ieder geval de vragen onder 'Prioriteit' te stellen. Als het gesprek leuk gaat en ze nog meer willen vertellen kun je ook (een deel van) de andere vragen stellen.

Let erop dat je zoveel mogelijk de antwoorden probeert vast te leggen. De antwoorden op de vragen uit 'Prioriteit' kun je uploaden onder de 'karakteristieken' knop op [Climatescan.nl](https://climatescan.nl).

PRIORITEIT: BELEVING VAN DE MAATREGELEN:

- *Hoe tevreden bent u over het algemeen over de groenblauwe maatregel?*
 - 1 (zeer ontevreden) – 5 (zeer tevreden)
- *Hoe wordt de maatregel door de buurt gebruikt? (meerdere opties)*
 - Ontmoetingsplek
 - Speelplek
 - Buitenactiviteiten
 - Anders, ...
- *Hoe goed past de maatregel in deze buurt?*
 - 1 (zeer slecht) – 5 (zeer goed)
- *Wat zou u willen veranderen aan de maatregel?*
 - Open vraag
- *Aan welke effecten draagt de maatregel bij in uw buurt? (meerdere opties)*
 - Verkoeling in de zomer
 - Opvang van regenwater
 - Biodiversiteit
 - Verbinding
 - Welzijn
- *Ervaart u negatieve effecten van de maatregel?*
 - Open vraag

OVERIGE VRAGEN: (Alleen als er tijd over is):

1. Huidige omgeving (breed)

- Wat vind u van uw leefomgeving, en waarom?
- Welke aspecten in uw leefomgeving vind u prettig, en waarom?
- Welke aspecten in uw leefomgeving vind u niet prettig, en waarom?
- Wie is er volgens u verantwoordelijk voor de kwaliteit van uw leefomgeving?

2. Veranderingen in de leefomgeving

- Heeft u het gevoel dat uw leefomgeving veel veranderd is in de afgelopen 10 jaar?
- Indien dat het geval is:
 - Heeft u hier een voorbeeld van?
 - Wat heeft er volgens u voor gezorgd dat dat deze verandering plaats vonden?
- Denkt u dat uw leefomgeving de komende jaren zal veranderen?
- Indien dit het geval is:
 - Heeft u specifieke wensen voor uw buurt en omgeving?
 - Heeft u specifieke aspecten die u vooral niet in uw buurt en omgeving zou willen?
- Wat zal er voor zorgen dat deze verandering plaats gaan vinden?

3. Klimaatverandering

- Heeft u wel eens last gehad van de gevolgen van klimaatverandering, zoals extreme buien, droogte of hitte?

- Indien dit het geval is:
 - o Kunt u hiervan een voorbeeld geven?
 - o Welke impact heeft dit op u gehad
 - o Wat deed u tijdens deze momenten?
- Denkt u dat u meer extreme buien, droogte of hitte zal voorkomen in de toekomst?
- Heeft dit een impact op de manier waarop u leeft?

STAP 4: BEVINDINGEN (15 MINUTEN)

Na stap 3 verzamelen we weer op het beginpunt om te bespreken wat jullie zijn tegengekomen tijdens het mappen en de gesprekken met bewoners. Een aantal vragen die daarvoor interessant zijn:

- Wat is jullie opgevallen in jullie rondes?
- Welke maatregelen komen hier vooral voor?
- Hoe worden deze maatregelen beleefd?
- Welke maatregelen zouden hier nog meer kunnen komen?
- Wat kunnen we doen om de maatregelen beter te laten passen?

STAP 5: REFLECTIE (15 minuten)

Climatescan bestaat al sinds 2014 en is inmiddels toe aan een update. Daarom zijn we druk in de weer met het doorvoeren van verbeteringen voor de functionaliteit en gebruiksvriendelijkheid van de website. Omdat jullie nu zelf hebben ervaren hoe het is om te werken met Climatescan willen we graag van jullie horen hoe jullie dat hebben ervaren. Daarom hebben we een aantal vragen:

- Wat is je indruk in het algemeen van Climatescan?
- Wat vond je nuttige of leuke functies op Climatescan?
- Wat vond je niet zo fijn werken?
- Is er iets wat je miste tijdens het werken met Climatescan?

WERKPAKKET 2: Full-Scale Test

Eén van de belangrijke vragen in dit project is hoe goed groenblauwe oplossingen het nog doen na verloop van tijd. Hoeveel water kunnen de maatregelen nog aan, hoe lang duurt het om dit te verwerken en van welke factoren hangt dat af? Om dit te bepalen wordt gebruik gemaakt van de 'Full-Scale Test' methode.

METHODE

Groenblauwe maatregelen worden ontwikkeld om overtollig regenwater op te vangen, vast te houden en te laten infiltreren in de bodem om zo het grondwater aan te vullen. Het is in veel gevallen alleen niet duidelijk of dat ook gebeurt en hoe goed dat verloopt. Vooral bij maatregelen die al langere tijd meegaan is onduidelijk of ze functioneren zoals ze ooit bedoeld zijn. Om dit te testen zijn er verschillende infiltratietesten beschikbaar. De meest grondige methode is de full-scale infiltratietest. Daar wordt in korte tijd een enorme hoeveelheid water op een groenblauwe maatregel losgelaten, om het effect van heftige regen. Door te controleren hoe snel het water wegloopt en hoe goed het water wordt opgevangen in de bodem, kan dan worden vastgesteld hoe goed de maatregel nog functioneert. Dat wordt tenminste één keer herhaald om te kijken hoe de bodem onder een verzadigde conditie presteert.

INSTRUCTIES

Benodigdheden

- Tankwagen met water
- Meetlint

- Stopwatch (telefoon)
- Pen en papier
- Meetlatten voor in de proef
- Zeil
- Edelmanboor
- Divers om het waterpeil te meten
- Zakken met zand (of potgrond)
 - Eventueel: warmtebeeldcamera
 - Eventueel: [bodemtester voor vochtigheid](#)

Stappen voor meten

- Een eerste stap is het bepalen van de hoeveelheid regen die voorafgaand aan de metingen is gevallen. Dat bepaalt namelijk hoe vochtig de bodem is en hoeveel water er in zal worden opgenomen. Gebruik daarom de gegevens op <https://wow.knmi.nl/> om in te zien hoeveel neerslag er de afgelopen dagen is gevallen.
 - Alternatief, gebruik een bodemtester om de bodemvochtigheid vast te stellen
- De volgend stap is het vaststellen van de bodemopbouw. Gebruik daarvoor de Edelmanboor om een doorsnee van de bodem te maken.
- Om het infiltreren te versnellen zetten we het meetgebied af met meetlatten, zeil en zakken zand. Hierdoor ontstaat een bak waarin het water wordt gestort en weg kan lopen. Zorg ervoor dat je de afmetingen van deze bak meet en noteert.
- Plaats de divers op een aantal plekken in de bak
- Laat het water uit de tankwagen los en vul de bak totdat het water 15 centimeter hoog staat voordat je de waterbron afsluit.
- Meet vanaf dat moment elke 30 seconden af hoeveel het water daalt met een meetlat, totdat er geen water meer is. Hiermee kun je al in het veld een schetsgrafiek maken van de opname over tijd, en of die toe- of afneemt.
- Herhaal de full-scale test daarna nog een keer op dezelfde plek om ook de invloed van een verzadigde bodem mee te nemen.
 - Eventueel: meet met de bodemmeter na afloop van de full-scale test weer op dezelfde plekken als eerder hoe vochtig de bodem is (in % water), om dit te kunnen vergelijken met de bodemvochtigheid van voor de test.

Verwerken van data en hoe je daar conclusies uit kunt trekken

Om te bepalen hoe goed de bodem het water opneemt kan de infiltratiecapaciteit worden berekend met deze formule: $K = h/t$. Daarbij is K de infiltratiecapaciteit (in cm/min), h de hoogte van het water op het hoogste punt (in cm) en t de tijd die het duurt tot het water is opgenomen (in min). Door deze infiltratiecapaciteit te vergelijken met internationale standaarden kun je bepalen hoe goed de maatregel functioneert. Hiervoor wordt een infiltratiecapaciteit van 100-300 mm/uur en een infiltratietijd van max 48 uur gehanteerd.

Verwerk daarnaast de gegevens uit de divers in een Excel tabel en maak hier een grafiek van. Vergelijk deze eens met je schets uit het veld: komt dit overeen?

Vastleggen in Climatescan

Om het hydraulisch functioneren van deze maatregel met die van andere groenblauwe maatregelen te kunnen vergelijken vragen we je de gegevens van de full-scale test toe te voegen aan de groenblauwe maatregel op www.climatescan.nl. Vermeld daar in ieder geval wat de infiltratiecapaciteit, de infiltratietijd en de hoogte van het water waren in het 'karakteristieken' menu van de maatregel. Upload daar ook de twee grafieken: de schets die je in het veld hebt gemaakt en de Excel-grafiek met de gegevens van de divers.

WERKPAKKET 3: XRF Scan

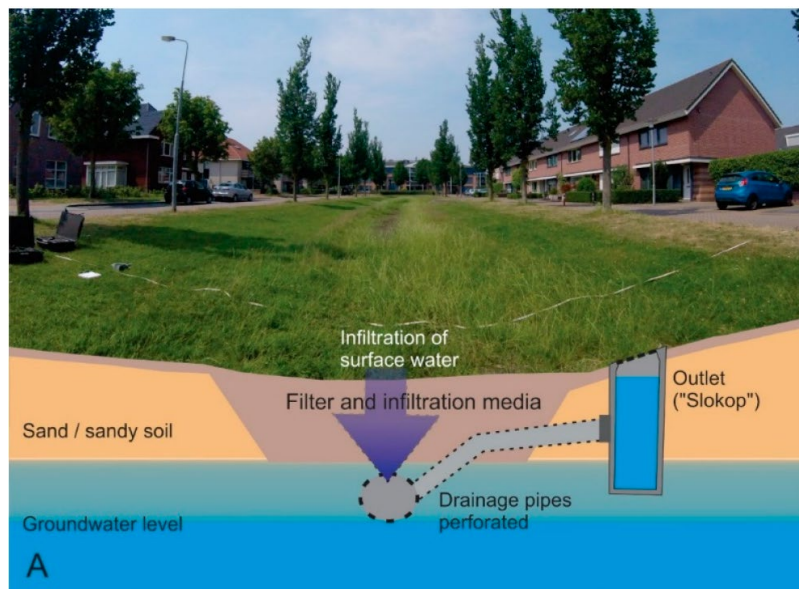
Een andere belangrijke vraag in dit project is hoe veilig groenblauwe oplossingen zijn. Als verzamelplek van afvoerwater kunnen schadelijke stoffen met verloop van tijd ophopen in deze oplossingen. Maar hoe erg is die vervuiling en waar hangt dat van af? Dit kan gemeten worden met de 'X-Ray Fluorescence' (XRF) methode.

METHODE

Bij vervuiling van de bodem of wateroppervlaktes gaat het vaak om metaaldeeltjes die zo klein zijn dat je ze niet kunt zien of voelen. Daarom is speciale apparatuur nodig om ze te kunnen meten. Er bestaan veel instrumenten om dat te doen, maar één die relatief makkelijk, snel en goedkoop is een draagbaar X-Ray Fluorescence instrument (pXRF).

Bij X-Ray Fluorescence wordt gebruik gemaakt van (licht)straling om kleine deeltjes in objecten of oppervlaktes te kunnen ontdekken. Omdat elk materiaal verschillend reageert op deze bestraling en verschillende hoeveelheden straling terugschiet kan zo worden bepaald wat voor materialen er in het object zitten en hoeveel. XRF wordt meestal gebruikt om metalen, glas, steen of andere bouwmaterialen te ontdekken. Bij groenblauwe oplossingen zoeken we vooral naar lood, zink en koper, omdat die het meest in oppervlaktewaters terecht komen in de gebouwde omgeving.

Met zo'n draagbaar XRF instrument kunnen we de toplaag van een wadi of andere groenblauwe maatregel in korte tijd scannen op metalen. De meest efficiënte manier om dit te doen is door een dwarsdoorsnede te maken van de maatregel en daarin elke meter steekproefsgewijs een meting te doen. Om te verifiëren dat de metingen goed zijn gegaan kan het ook handig zijn om bodemonsters te nemen en deze te laten testen.



INSTRUCTIES

Benodigdheden:

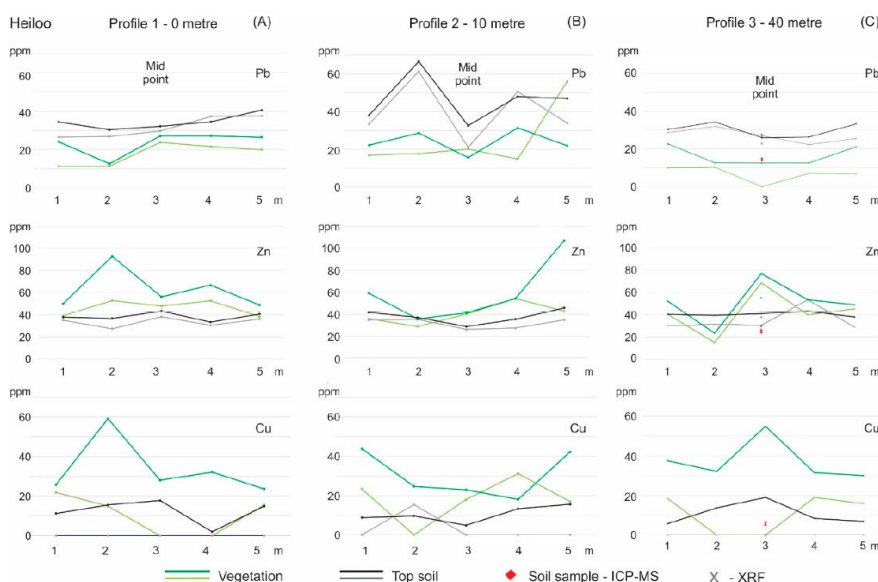
- XRF Meter
- Meetlint

Stappen voor meten

- Zorg ervoor dat de pXRF meters door één van de begeleidende onderzoekers van Tauw goed is gekalibreerd en ingesteld voorafgaand aan de metingen.
- Begin met een visuele inspectie: zie je al duidelijk ergens verontreiniging zitten? Denk aan bijvoorbeeld olie of afval.
- Bepaal hoe je het beste een goeie dwarsdoorsnede van de groenblauwe maatregel kan nemen (zie plaatje hierboven). Markeer de plekken waar je metingen gaat doen, en zorg dat er steeds ongeveer een meter tussen zit.
- Afhankelijk van de omvang van de wadi moeten er meerdere doorsnedes worden uitgevoerd op verschillende plekken in de maatregel (max 3-4). Bepaal hoeveel afstand er tussen deze dwarsdoorsnedes zit. Om dit goed vast te leggen is het handig om een schets van de wadi te maken met waar je de doorsnedes hebt gemeten. Geef daarin duidelijk aan welke doorsnede waar is gemaakt en welke gegevens daar straks bijhoren.
- Voer de metingen op elke plek steeds met beide pXRF meters uit. Gebruik bij elke meting de pXRF minimaal 60 seconden om te garanderen dat je een betrouwbare meting hebt gedaan. Om de rol van vegetatie uit te sluiten voer je de metingen steeds eerst uit op de vegetatie (gras, mos), en daarna haal je de vegetatie weg om de metingen direct op de bodem uit te kunnen voeren. In totaal meet je dus op elke plek steeds **vier keer**.
- Leg steeds goed vast welke waarden (ppm) je te zien krijgt op elke locatie en voor elk deeltje.
 - Eventueel: verifiëren door bodemon monsters te nemen en naar het lab te sturen voor analyse

Verwerken van data en hoe je daar conclusies uit kunt trekken

Om een goed overzicht te krijgen van de waarden die je met de pXRF meters hebt gevonden kun je deze het beste in een grafiek uitzetten. Maak daarvoor van elke dwarsdoorsnede drie aparte grafieken (voor elk metaaldeeltje 1), waarin je op elk meetpunt de vier metingen (2 x verschillende meter en 2 x met/zonder vegetatie) voor een stofje uitzet. Zie hieronder een voorbeeld:



Lever ook de ruwe data van de pXRF-meters in een Excel tabel aan. Hierin staan als het goed is ook GPS-gegevens in genoteerd, die nodig zijn om kaarten mee te kunnen maken van de proeven.

Tot slot hebben we hieronder een tabel bijgevoegd waarin staat hoeveel van het materiaal maximaal in een meting mag zitten in Nederland. Bij waarden boven de interventiewaarde geldt dat het wordt aangeraden verder onderzoek te doen naar de mate van vervuiling. Door de stralingswaarden in de dwarsdoorsnedes te vergelijken kun je bepalen of er sprake is van vervuiling in het gebied:

Table 1. Dutch threshold values for pollutants in soil [20].

Metals	National Background Concentration ppm (mg/kg)	Target Value ppm (mg/kg)	Intervention Value ppm (mg/kg)
Lead (Pb)	85	85	530
Zinc (Zn)	140	140	720
Copper (Cu)	36	36	190

Vastleggen in Climatescan

Het is voor ons belangrijk om de metingen van een groot aantal groenblauwe maatregelen in Nederland te kunnen vergelijken. Upload daarom de grafieken die je hebt gemaakt als afbeelding bij de groenblauwe maatregel in www.climatescan.nl.

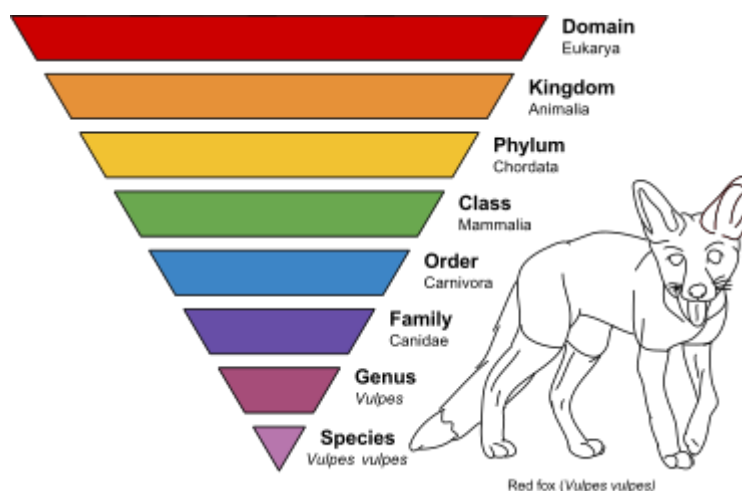
WERKPAKKET 5: Biodiversiteit

Groenblauwe maatregelen zijn klimaatadaptieve maatregelen die gebruik maken van de natuur om hitte of wateroverlast tegen te gaan. Ze staan vaak vol met plant- en grassoorten en worden druk bezocht door insecten en misschien zelfs kleine diersoorten. Maar wat groeit en bloeit er nou precies, past wat er groeit wel goed bij elkaar en levert het voor klimaatadaptatie nou kansen of juist beperkingen op? Deze vragen staan centraal in dit werkpakket!

METHODE

Biodiversiteit is een breed begrip en het is best lastig om deze goed te kunnen meten en te analyseren. Er zijn miljoenen dier-, plant- en insectsoorten en hun aanwezigheid op plekken is op veel manieren te interpreteren. Om deze overload aan informatie terug te brengen tot een helder overzicht gebruiken we in dit werkpakket zogenaamde '**dichotomous keys**' als identificatietool. Daarbij stel je aan de hand van een aantal vragen stap voor stap vast met wat voor soort je te maken hebt. Tegenwoordig is dit identificeren een stuk makkelijker gemaakt door de aanwezigheid van allerlei apps en websites.

Het is goed om te weten dat bij het vaststellen van soorten altijd de (universeel wetenschappelijke) benamingen in het Latijn worden gebruikt. Deze bestaan meestal uit twee woorden, een 'geslacht' met een hoofdletter en een 'species' met kleine letters. Soms wordt daarna ook nog een 'subspecies' genoemd. Soms is het moeilijk om een soort vast te stellen en kun je met verzamelnamen werken. Zie hieronder bijvoorbeeld hoe dat voor een rode vos eruit ziet.



Een aantal dingen om in je achterhoofd te houden tijdens dit werkpakket:

1. Het kan zijn dat de foto van een soort net iets afwijkt van wat je in het echt voor je ziet. Dat kan omdat individuen van een soort licht af kunnen wijken, of omdat de foto in een ander licht is genomen.
2. Als je online apps of websites gebruikt voor het identificeren van soorten, zorg dan altijd dat je deze instelt op je meest nauwkeurige geografische locatie.
3. Als je niet zeker bent van de soort die je hebt gevonden is dat ok! Sommige soorten zijn erg moeilijk te onderscheiden zonder de juiste middelen of kennis, dus het geeft niet als het niet 100% klopt.

INSTRUCTIES

Omstandigheden:

Dit werkpakket kan het best worden uitgevoerd onder de volgende omstandigheden:

- Lente/zomer, omdat planten dan bloeien en beter kunnen worden geïdentificeerd
- Tussen 10 uur 's ochtends en 2 uur 's middags
- Op een zonnige dag met weinig wind
- Gebied met vooral natuurlijke soorten, niet aangelegde bloemperken o.i.d.
- Met een uur of meer aan tijd

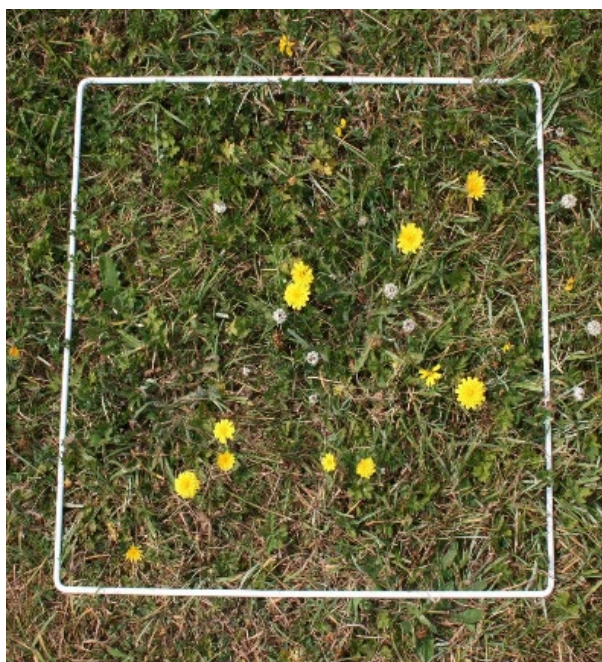
Benodigheden:

- Een smartphone met camera voor het identificeren van soorten
- Identificatie apps (iNaturalist) of websites (<https://www.floravannederland.nl/> of <https://identify.plantnet.org/>). Obsidentify
- Notitieboekje
- Loop of functie op je smartphone
- Een vierkant frame van 25x25 cm (bv. van hout)

Stappen voor meten

STAP 1: Voor je begint is het van belang om een aantal gegevens vast te stellen die invloed hebben op de biodiversiteit van dat moment. Vul de onderstaande vragen in in het meegeleverde Excel opdrachtformulier:

1. **Soort habitat:** Kies uit: stedelijk, semi-stedelijk, landelijk, industrieel, park.
2. **Meteorologische omstandigheden:** is het zonnig/bewolkt/regenachtig en wat voor temperatuur is het?
3. **Aanwezigheid van bloemen:** zijn ze aanwezig en zo ja, in welke mate?
4. **Aanwezigheid van geuren:** zijn er geuren die opvallen en zo ja, welke (fruitig, vieze geuren, etc.)?
5. **Aanwezigheid van water in de maatregel:** indien aanwezig, beschrijf kort hoe dat er uit ziet.
6. **Aanwezigheid van versturende factoren** (voor biodiversiteit): bijvoorbeeld spelende kinderen, hondenpoep, nabijheid parkeerplekken, nabijheid industrie, etc.



STAP 2: Voor het meten van de biodiversiteit in de maatregel die je onderzoekt moet je een recht pad uitstippelen waar je langs kunt meten. Langs dit pad ga je straks 5 keer steekproefsgewijs soorten vaststellen. In een droge wadi kan dat bijvoorbeeld van hoek tot hoek. Als dat pad wordt onderbroken door water of een ander obstakel, meet daar dan omheen. Leg goed vast hoe je pad over de wadi loopt, bijvoorbeeld in een tekening.

STAP 3: Loop langs je pad en voer in totaal 5 keer (gelijk verspreid over het pad) de volgende stappen uit met je frame:

1. Leg je frame voor je neer en maak van boven een foto van het frame met de plant- en insectsoorten die er binnen liggen. Let alleen op de soorten binnen het frame.
2. Probeer vervolgens de verschillende soorten te onderscheiden en maak van elke soort een aparte foto.
3. Gebruik vervolgens een identificatietool naar keuze om vast te stellen met welke soorten je te maken hebt. Voor nu hoeft je alleen op te schrijven wat de wetenschappelijke en Nederlandse namen zijn van deze soorten. Als species moeilijk te vinden zijn is het ok om voor nu de 'families' en 'genres' aan te houden. Schrijf je bevindingen op in het tweede tabblad van de meegeleverde Excel tabel.
4. Als je van locatie wisselt met je frame kun je verdergaan met de lijst. Geef voor elke locatie steeds weer aan welke soorten er te vinden zijn (geef dit duidelijk aan) en herhaal als er soorten vaker voorkomen.
5. **OPTIONEEL:** Als het je opvalt dat er veel vliegende insecten zijn kun je die vastleggen door een aantal minuten in stilte te zitten en te proberen deze vast te leggen op foto's. Identificeer ze net zoals je de plantsoorten hierboven hebt geïdentificeerd.
6. Zodra je klaar bent met de soorten vast te leggen kun je de rest van de tabel invullen. Beschrijf daarbij het volgende:
 - a. Bij welke van je metingen binnen de maatregel kwam je deze soort tegen? (Noem nummers van de metingen)
 - b. Gaat het om een plant of dier?
 - c. Wat voor karakteristieken heeft de soort? (multiple choice)
 - d. Geef een algemene beschrijving van de soort
 - e. Geef aan onder welke familie de soort valt
 - f. Geef aan onder welk geslacht (genre) de soort valt

- g. Geef aan welke soort het is (species)
- h. Geef de Nederlandse naam van de soort aan
- i. Geef aan hoe vaak de soort voorkomt (multiple choice)
- j. Geef aan of je de soort in water hebt gevonden of niet
- k. Geef aan of deze soort een indicatorsoort is voor vocht in de bodem¹
- l. Geef aan of deze soort een pionier is (gaat alleen om planten)²
- m. Geef aan of deze soort invasief is³
- n. Upload een foto in de tabel van de soort.

¹ = Er zijn een aantal planten te vinden in groenblauwe maatregelen die aan kunnen geven of de bodem vochtig is of niet. Let daarbij op soorten als [lisdoddes](#) (Typha), [rieten](#) (Phragmites), [bepaalde grassoorten](#) (Juncus), [Zegge](#) (Carex), [wilgen](#) (Salix), [beuken](#) (Betula) of [elsens](#) (Alnus).

² = [Pioniersoort](#) is de originele soort die in deze habitat te vinden zou moeten zijn. Door het ombouwen naar een klimaatadaptieve maatregel kan de lokale ecologie nogal eens over de schop gaan, waardoor het voor invasieve soorten mogelijk wordt om het gebied over te nemen. Het is daarom belangrijk om vast te stellen of het merendeel van de soorten onder pioniers of onder invasief vallen. Pioniersoorten zijn vaak [beuken](#), [bepaalde grassoorten](#) of [elsens](#).

³ = [Invasieve soorten](#) komen van oorsprong niet voor in deze habitat, maar komen van elders. Het gaat dan vaak om bijvoorbeeld [bereklaauw](#), [ambrosia](#) of bepaalde [mossens](#).

STAP 4: Bij de laatste stap stel je vast welke van de soorten die je hebt gevonden meer of minder voorkomen. Volg hiervoor de instructies op het derde werkblad 'Soortfrequentie' en vul het formulier in. Aan het einde zouden er een aantal soorten naar voren moeten komen die als dominant kunnen worden gezien in de maatregel.

Verwerken van data

Zodra je de Excel tabel hebt ingevuld kun je deze samen met het genomen fotomateriaal uploaden op www.climatescan.nl

Trekken van conclusies

Het is lastig om op basis van één meting de biodiversiteit van een maatregel te bepalen, daarvoor zouden normaal gesproken meerdere metingen enkele jaren na elkaar moeten worden genomen om te kijken hoe soorten zich ontwikkelen in een gebied. Wel helpt deze meting je om een beeld te krijgen van de soorten die er van nature horen en de soorten die er niet thuishoren. Misschien dat je de aanwezigheid van deze invasieve soorten kunt verklaren door het gebruik van de maatregel of het gebied eromheen?

BIJLAGE 4 – CLIMATESCAN DATABASE

	PLAATS	LOCATIE	CS LINK	COÖRDINATEN
1A	Groningen	United Care Products	4591	X:53.208567, Y:6.608133
1B	Groningen	Salomons Metalen	4576	X:53.211142, Y:6.604367
1C	Groningen	Hoendiep	1054	X:53.213550, Y:6.535591
1D	Groningen	Grote Beerstraat Fase 2	3099	X:53.226131, Y:6.548450
1E	Groningen	Jan Wolkerslaan	3051	X:53.191464, Y:6.580311
1F	Groningen	Harener Holt Fase 2	2832	X:53.183513, Y:6.610114
1G	Groningen	OBS De Wissel	10	X:53.172431, Y:6.627179
2A	Meppel	Leghorn	6047	X:52.683246, Y:6.185789
2B	Meppel	Broederij	6046	X:52.683307, Y:6.186341
2C	Zwolle	Veldbiezenweg -1	5660	X:52.513226, Y:6.071193
2D	Zwolle	Veldbiezenweg -2	6165	X:52.513014, Y:6.072507
2E	Raalte	Koningsspil -1	1127	X:52.385393, Y:6.281442
2F	Raalte	Koningsspil -2	6205	X:52.385748, Y:6.281448
2G	Raalte	Bellinckhof	6179	X:52.399083, Y:6.281971
2H	Raalte	Het Erf -1	6180	X:52.373641, Y:6.270858
2I	Raalte	Het Erf -2	6203	X:52.374447, Y:6.273276
2J	Raalte	City Hall	1120	X:52.387868, Y:6.272731
2K	Deventer	Veenweg	5782	X:52.256365, Y:6.171600
2L	Deventer	Rietveldstraat -1	2930	X:52.256864, Y:6.227561
2M	Deventer	KBS De Vijf-er	5989	X:52.264928, Y:6.222257
2N	Deventer	Van Koningsveldstraat -1	5994	X:52.265134, Y:6.227234
2O	Deventer	Van Koningsveldstraat -2	6218	X:52.265437, Y:6.227774
2P	Deventer	Storminkstraat	5977	X:52.251929, Y:6.192280
2Q	Darp	Veldweg	13	X:52.772977, Y:6.201241
3A	Eindhoven	Grasbloem	8101	X:51.438973, Y:5.417106
3B	Eindhoven	Zandvliegje	8102	X:51.446978, Y:5.403993
3C	Eindhoven	Grashoen	8103	X:51.436600, Y:5.414252
3D	Tilburg	Reitse Hoevenstraat	8591	X:51.573392, Y:5.062764
3E	Tilburg	Basiliusstraat	5193	X:51.566982, Y:5.061565
3F	Tilburg	Thomas v Aquinostraat	5214	X:51.567672, Y:5.060838
3G	Tilburg	Friezenlaan	8097	X:51.555713, Y:5.046960
3H	Berkel	Koningsoordlaan	8098	X:51.595646, Y:5.140378
3I	Gemert	Moederkruid	3942	X:51.569399, Y:5.694444
4A	Limmen	Veenpluis 6	3	X:52.572807, Y:4.697125
4B	Limmen	Eikepage 6	6547	X:52.575867, Y:4.688248
4C	Heiloo	Jan Boltenhof 38	135	X:52.610454, Y:4.705175
4D	Heiloo	Standerdlaan 80	7857	X:52.607443, Y:4.692194
4E	Bergen	Van Blaaderenweg 20	5337	X:52.665589, Y:4.720281
4F	Bergen	Wikkeweg	8013	X:52.660798, Y:4.713072
4G	Castricum	Koningshof	8012	X:52.556570, Y:4.651204
4H	Castricum	Duinakker 28	7652	X:52.558377, Y:4.650637

5A	Vlissingen	Bm. Stermerdingerlaan	8047	X:51.466700, Y:3.601604
5B	Vlissingen	Kershage	8063	X:51.468755, Y:3.587500
5C	Vlissingen	Sloeweg	8049	X:51.456955, Y:3.555363
5D	Middelburg	Bluesroute	8039	X:51.481819, Y:3.639182
5E	Middelburg	Prinsenhove	8007	X:51.483352, Y:3.621450
5F	Middelburg	Overloper	5350	X:51.489595, Y:3.626322

6A	Rotterdam	Homerusstraat	5235	X:51.874069, Y:4.530797
6B	Rotterdam	Petrarcastraat	8014	X:51.873428, Y:4.529486
6C	Rotterdam	Dantestraat	8015	X:51.873681, Y:4.528404
6D	Rotterdam	Plotinusstraat	8016	X:51.879121, Y:4.527493
6E	Rotterdam	Zenostraat	3107	X:51.879529, Y:4.525592
6F	Vlaardingen	Babberspolder	9466	X:51.914898, Y:4.361747
6G	Vlaardingen	Planciuslocatie	9462	X:51.906013, Y:4.318637
6H	Vlaardingen	Professor Teldersstraat	9464	X:51.913648, Y:4.315281

Achtergrondrapportage Maatschappelijke Kosten en Baten van Groenblauwe voorzieningen

Nick van der Lee, Ronald Loeve, Jeroen Kluck Ted Veldkamp – SIA RAAK Publiek Groenblauwe Voorzieningen

1. Inleiding

Groenblauwe voorzieningen zoals wadi's, raingardens, etc., leveren een bijdragen aan een klimaatrobuuste inrichting van het stedelijk gebied. Ze bevorderen het infiltrerend vermogen van de stad, realiseren buffercapaciteit voor piekberging na een hevige regenbui, zijn middels hun opbouw in staat om dit regenwater relatief langzaam te laten infiltreren en daarmee grondwaterstanden aan te vullen en de stedelijke watercyclus te vertragen. Daarnaast leveren groenblauwe voorzieningen verschillende ecosysteemdiensten aan de stedelijke omgeving. Afhankelijk van de uitvoering verfraaien ze de omgeving middels groen en bieden ze een plek voor samenkomst en/of recreatie (Boogaard & Roest, 2020).

Ter ondersteuning van het besluitvormingsproces ten aanzien van de keuze voor, het ontwerp van en de inrichting van groenblauwe voorzieningen in de praktijk is het wenselijk de mogelijke kosten en baten, behorend bij bovengenoemde diensten geleverd door groenblauwe voorzieningen, zo goed mogelijk in beeld te krijgen. Een Maatschappelijke Kosten Baten Analyse (MKBA-analyse) biedt hiertoe handvatten (Kluck et al., 2016).

Alhoewel er al sinds enkele decennia met groenblauwe voorzieningen wordt geëxperimenteerd in de praktijk en de keuze van groenblauwe voorzieningen als multifunctionele klimaatadaptieve oplossing voor de stedelijke praktijk steeds meer gemeengoed wordt, ontbrak tot dusver een consistent overzicht van (a) het hydraulisch en milieutechnisch functioneren van groenblauwe voorzieningen in de praktijk, en (b) de bijbehorende kosten en baten – waar mogelijk in monetaire eenheden uitgedrukt. Het project *'GroenBlauw: Kansen en Risico's voor groenblauwe voorzieningen in de praktijk'* heeft aan bovengenoemde hiaten invulling gegeven.

Werkpakket 4 heeft zich daarbij in het bijzonder gefocust op de doorontwikkeling van de HvA MKBA-toolbox voor de toetsing van Groenblauwe voorzieningen in de praktijk. Vraag die daarbij centraal staat is:

“Hoe verhouden groenblauwe voorzieningen zich – in termen van brede maatschappelijke kosten en baten – tot een reguliere inrichting van de weg en/of klimaatadaptieve alternatieve inrichtingsvormen”.

Voorwaarde tot beantwoorden van deze vraag was het aanvullen van de bestaande HvA MKBA-toolbox (Kluck et al., 2017a,b) met een kwantificering van zoveel mogelijk brede maatschappelijke kosten en baten van groenblauwe voorzieningen om tot een zo compleet mogelijk vergelijken te komen. Toetsing van de doorgevoerde aanvullingen op de HvA MKBA-toolbox heeft plaatsgevonden aan de hand van vijf bestaande casussen waarbij groenblauwe voorzieningen zijn geïmplementeerd in de praktijk.

Hoofdstuk 2 van deze rapportage bespreekt de HvA MKBA-toolbox en de aanvullingen die gedaan zijn om de toolbox geschikt te maken voor beoordeling van groenblauwe voorzieningen. Hoofdstuk 2 eindigt met een korte schets van de praktijktoetsing zoals die is uitgevoerd als onderdeel van dit onderzoek. Hoofdstuk 3 bespreekt per casus de belangrijkste resultaten. Hoofdstuk 4 destilleert de

belangrijkste algemene bevindingen en doet aanbevelingen voor vervolgonderzoek en de praktijk. Hoofdstuk 5 vat het onderzoek samen middels de belangrijkste conclusies.

2. HvA MKBA-toolbox voor groenblauwe voorzieningen

De HvA MKBA-toolbox 'Klimaatbestendig ontwerp' is in 2017 ontwikkeld als onderdeel van het project 'De Klimaatbestendige Stad' (Kluck et al., 2017a,b). Focus lag daarbij op het inzichtelijk maken van kosten en baten behorend bij een klimaatadaptieve inrichting van een straat. De mogelijkheid om diverse groenblauwe voorzieningen te toetsen ontbrak. De HvA MKBA-toolbox is daarna onder meer toegepast in het project 'De Infiltrerende Stad' (Veldkamp et al., 2020). Tot dusver zijn groenbaten slechts beperkt meegenomen in de MKBA-analyse en de set-up van de MKBA-toolbox is vrij stringent toegespitst op klimaatadaptieve maatregelen in een straat. Inrichtingselementen op pleinen of in buurten, zoals bij wadi's vaak het geval is, kunnen hierdoor niet geëvalueerd worden. Kosten specifiek voor het beheer en onderhoud van groenblauwe voorzieningen, zoals inspectie, maaien, verticuteren van de toplaag en in het bijzonder verbeteren van de bodem en toplaag zijn vooralsnog slechts in beperkte mate meegenomen.

Als onderdeel van het SIA RAAK Publiek project 'Groenblauwe voorzieningen' is de HvA MKBA-toolbox in ruimtelijke zin beter geschikt gemaakt voor het beoordelen van groenblauwe voorzieningen zoals wadi's. De representatie van kosten gelieerd aan groenblauwe voorzieningen en groenbaten is verbeterd en er is een post 'infiltratiebaten' toegevoegd, welke de aanvulling van neerslag op het lokale grondwater kwantificeert. De gebruikte klimaatdataset in het MKBA-tool, welke gebruikt worden om potentiële situaties van wateroverlast en bijbehorende schade door te rekenen, heeft een update gekregen naar de meest recente KNMI scenario's en de tool is – middels een geüpdatet handleiding – toegankelijker gemaakt voor extern gebruik. Door doorontwikkeling kan er middels de HvA MKBA-toolbox een heel scala aan klimaatadaptieve maatregelen op kosten en baten vergeleken worden.

2.1 Kosten

In de HvA MKBA-toolbox zijn de kosten voor verschillende ontwerpvarianten opgebouwd uit kosten voor aanleg, beheer en onderhoud, en waterschadekosten.

De kosten voor aanleg zijn gebaseerd op kengetallen (2015 – 2018) voor de diverse individuele inrichtingselementen waaruit een straat, met of zonder aanwezigheid van klimaatadaptieve voorzieningen, is opgebouwd (e.g. van betonstraatstenen, rioolputten, en betonnen rioolbuizen, tot krattensysteem en wadi, tot drainzand, inclusief bijbehorende handelingen (plaatsen, grondverzet, aankoop nieuwe grond, verwerking van puin, etc.). Hierbij wordt een onderscheid wordt gemaakt tussen aanleg, verwijderen of vervangen van een diverse inrichtingselementen in de straat.

Kosten voor beheer en onderhoud zijn verbonden aan de inrichting in de straat en omvatten inspecties, snoeien, ziekte- en plagen- en onkruidbestrijding in het geval van groenvoorziening, inspectie, maaien, verticuteren en het verbeteren van de bodem en toplaag in het geval van een wadi; inspectie en reiniging van het riool, en/of inspectie, vegen en/of specialistisch reinigen van doorlatende/elementen verharding, en inspecties, metingen, kolkzuigen en reinigen zandvang en bladvang in het geval van hemelwatersystemen (kratten, granulaatberging).

Waterschadekosten zijn gebaseerd op de kans op wateroverlast als gevolg van hevige neerslag en bijbehorende schade. Schadekosten die hierin een rol spelen zijn schade aan de woning, schade aan en schade aan de weg. De maximale tarieven voor deze schadekosten worden vermenigvuldigd met

het optreden van de daadwerkelijke schade (afhankelijk van de waterhoogte) en de bijbehorende herhalingskans.

2.2 Baten

Baten in de HvA MKBA-toolbox bestaan uit gezondheidsbaten (minder patiënten bij de huisarts), baten gerelateerd aan arbeidsproductiviteit (minder arbeidsverlies), een stijging van de woningwaarde, het eigenwoningforfait, veranderingen in opbrengst middels de watersysteembelasting, vermindering van de afvoerkosten, en het additioneel afkoppelen van (woning)percelen.

2.3 Beperkingen

Niet specifiek meegenomen in de doorontwikkeling van de HvA MKBA-tool zijn of getoetst als onderdeel van dit project zijn het waarderen van biodiversiteit als dienst of baat, potentiële gezondheidsaspecten (positief/negatief) in (non-)monetaire waarden; graduele vervuiling van wadi's, bijbehorende vereiste beheer- en onderhoudsregimes, en gelieerde kosten en baten balans. Ook de vermeden schade van hitte of droogte is nog niet opgenomen in deze toolbox gericht op de kosten en baten van groenblauwe voorzieningen. Groenvoorzieningen zoals pergola's of groenblauwe daken zijn nog niet goed in te voeren in de toolbox. In verband met de instabiele economische periode 2020-2023 (COVID, Oekraïne oorlog) en bijbehorende schommelingen in grondstoffen en bouw prijzen is er voor gekozen om de bestaande kosten-kengetallen zoals die bekend waren in de MKBA-toolbox niet te updaten. Enkel voor nieuwe voorzieningen zijn bijbehorende kostenkentallen opgezocht. Voor sommige onderdelen van maatregelen stammen beschikbare kostenkentallen nog uit 2015-2018. Vervolgonderzoek zou op bovengenoemde punten in moeten zetten om op deze onderdelen de HvA MKBA-toolbox te completeren.

2.4 Toetsing aan de hand van de praktijk

Vijf bestaande groenblauwe casussen in de praktijk zijn getoetst op hun kosteneffectiviteit met behulp van de geüpdatet HvA MKBA-tool (zie tabel 1).

Tabel 1: Overzicht locaties groenblauwe casussen doorgerekend met behulp van de MKBA-toolbox.

Plaats	Locatie	Aanlegjaar	Link
Groningen	Jan Wolkerslaan	2015	https://climatescan.nl/projects/3051/detail
Groningen	Grote Beerstraat	2016	https://climatescan.org/projects/3099/detail
Haren	Harener Holt	2016	https://climatescan.nl/projects/2832/detail
Vlaardingen	Van Leeuwenhoek	2004	https://climatescan.nl/projects/9465/detail
Vlaardingen	Van Maanenstraat	2014	https://climatescan.nl/projects/9589/detail

In elk van deze gevallen is een vergelijking gemaakt tussen de originele situatie in de straat (V0, gemengd riool, geen afgekoppelde situatie), de aanleg van een centrale wadi (V1, zoals deze daadwerkelijk is ingericht op locatie) en de aanleg van een relatief simpele waterbergende weg (V2, aangelegd met kolken voor de toevoer van het systeem en een zandig wegcunet als bergend medium). Resultaten zijn vergeleken op: kosten (aanleg, beheer en onderhoud, waterschade) en baten (groenbaten, infiltratiebaten). Daarnaast is gekeken naar de verdeling van kosten en baten over de verschillende stakeholders.

De resultaten zoals gepresenteerd betreft een beoordeling op basis van kosten en baten zoals die aanwezig zijn en kunnen worden doorgerekend middels de MKBA-toolbox. Aanvullende biodiversiteits-, groen-, en gezondheidsbaten – evenals positieve effecten op de impact van hitte en droogte op de stad – ontbreken vooralsnog in deze MKBA-toolbox maar kunnen een te maken balans tussen kosten en baten voor de doorgerekende locaties wel (veelal positief) beïnvloeden. Ook additionele kosten

voor beheer- en onderhoud zijn nog slechts beperkt opgenomen in de huidige MKBA-toolbox en bijbehorende analyse. Tenslotte is er gewerkt met kostenkenticallen die veelal stammen uit 2015-2018 en dus verouderd zijn. Als gevolg van de gestegen bouwkosten vindt hierdoor in veel gevallen een onderschatting van de daadwerkelijke kosten plaats. Voor de vergelijking van een onderling resultaat op kosten hoeft dit echter noodzakelijkerwijs niet veel uit te maken. Bovengenoemde hiaten en onzekerheden moeten worden meegenomen bij de interpretatie van de resultaten.

3. Resultaten

In de volgende paragrafen worden de resultaten besproken van de vijf groenblauwe casussen aan de hand waarvan de HvA MKBA-toolbox is getoetst aan de praktijk.

3.1 Jan Wolkerslaan – Groningen

Aan de Jan Wolkerslaan in Groningen is in 2015 een wadi gerealiseerd van 320 x 15 x 0,4 m groot. In/rondom de wadi komen de functies spelen, recreëren, ontmoeten samen. De wadi is goed zichtbaar en goed toegankelijk van buitenaf. De wadi is gepositioneerd in een woonwijk met relatief lage dichtheid. De buurt is over het algemeen tevreden met de wadi. Als positieve aspecten worden de groentoevoeging en natuurlijke uitstraling benoemt.

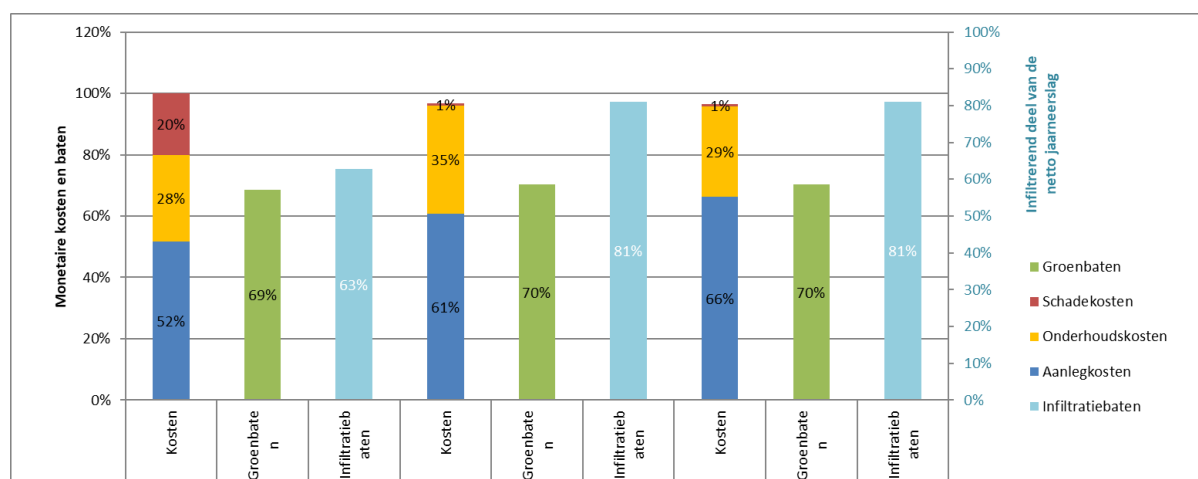
In 2021 is er – als onderdeel van het SIA RAAK project GroenBlauwe Voorzieningen hydraulisch en milieutechnisch onderzoek uitgevoerd. Daarbij is een infiltratiecapaciteit gemeten van 274 mm/uur en een retentievermogen vastgesteld van ~1800 m³. Type ondergrond is löss. In de wadi is aanwezigheid van zink en koper vastgesteld. Bij uitvoering van de MKBA-analyse middels de HvA MKBA toolbox is gebruik gemaakt van bovengenoemde informatie.

Figuur 1 toont de verdeling van kosten en baten voor de casus Jan Wolkerslaan (Groningen). Variant V0 betreft de originele situatie zonder wadi. In deze originele situatie is het hemelwater- en afvalwaterriool gescheiden en is er al afgekoppeld. Reguliere herinrichting van de straat (vervangen betonstraatstenen in woonstraat, parkeerterreinen en voetpad/plein, vervangen van het afvalwater en hemelwaterriool, vervangen van de groenvoorziening) betreft 52% van de totale kosten. Beheer en onderhoud omvat 28%. Doordat in de originele situatie geen klimaatadaptieve maatregelen genomen zijn en de wijk relatief laag gelegen is, is er in enkele situaties sprake van waterschade. Deze post omvat 20% van de kosten. Voor zover deze monetair kunnen worden uitgedrukt levert het aanwezige groen een baat op die 69% van de totale kosten omvat. Deze groenbaten bestaan voornamelijk uit een stijging van de woningwaarde door de aanwezigheid van groen, het eigen woningforfait, het verminderen van de afvoerkosten en de watersysteembelasting. Onder de originele inrichting kan naar schatting 63% van de netto jaarinslag worden geïnfiltreerd in de ondergrond.

Realisatie van een wadi (V1) in de straat is iets duurder op het gebied van aanleg (+9 procentpunt) en onderhoudskosten (+7 procentpunt). Door aanleg van de wadi als klimaatadaptieve voorziening wordt waterschade echter tot een minimum beperkt (-19 procentpunt). Deze uitwisseling tussen schadeposten maakt dat de totale kosten voor wadi iets lager uitvallen dan de originele inrichting (-3 procentpunt). Groenbaten vallen in de wadi-variant iets hoger uit als gevolg door een vermindering van de afvoerkosten. Het verschil is echter zeer klein. In de originele inrichting was er al groen aanwezig in de buurt. Door aanleg van de wadi wordt er dus effectief niet meer groen gecreëerd en worden er op dat front dus niet veel additionele groenbaten gerealiseerd. Potentiële waardevermeerdering door het geven van een upgrade van het aanwezige groen in de vorm van recreatief vermogen, potentieel tot samenkomst, aantrekkelijkheid, en/of effecten op biodiversiteit zijn niet meegenomen in deze MKBA-analyse.

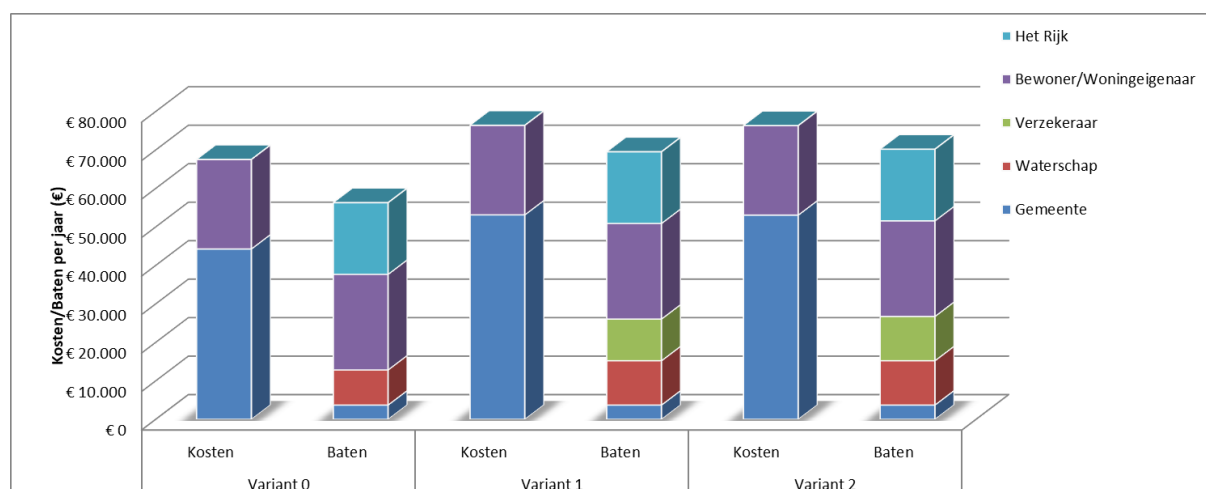
Aanleg van de wadi levert een significante bijdrage aan het infiltrerend vermogen van de buurt. Circa 81% van de netto jaarneerslag kan door implementatie van de wadi worden geïnfiltreerd. Dit is een toename van 18 procentpunt.

Ter vergelijking is als V3 een variant opgevoerd waarin een waterbergende straat wordt gerealiseerd. Het betreft een relatief eenvoudige waterbergende straat met afvoer van hemelwater richting het bergende zandige wegcunet middels kolken. De al bestaande groenvoorziening wordt bij herinrichting op eenzelfde wijze ingericht als de originele (V0) situatie. Figuur 1 laat zien dat een inrichting middels een waterbergende weg of met behulp van een wadi nagenoeg dezelfde kosten en baten oplevert. Aanleg van een waterbergende weg is iets duurder in vergelijking met een wadi, terwijl het beheer- en onderhoud juist iets lager uitvalt. Groenbaten en infiltratiebaten zijn in beide varianten gelijk.



Figuur 1: Verdeling van kosten en baten (groen- en infiltratiebaten) per ontwerpvariant.

Figuur 2 toont de verdeling van kosten en baten over stakeholders tussen de verschillende ontwerpvarianten. Zichtbaar is daarbij dat additionele kosten van een klimaatadaptieve herinrichting van de straat (middels een wadi (V1) of waterbergende weg (V2)) voornamelijk liggen bij de gemeente in de vorm van extra kosten voor aanleg, beheer en onderhoud. Additionele baten van deze twee ontwerpvarianten (V1 en V2), daarentegen, worden gevoeld bij het waterschap (verminderde afvoerkosten), verzekeraar (verminderde waterschade, minder patiënten bij de huisarts), en bewoners (verhogen woonwaarde en woongenot).



Figuur 2: Verdeling van kosten en baten per ontwerpvariant en stakeholder.

3.2 Grote Beerstraat – Groningen

Aan de Grote Beerstraat in Groningen is in 2016 een wadi gerealiseerd van 75 (l) x 10 (b) x 0,3 (h) meter groot. In/rondom de wadi komen de functies spelen en ontmoeten samen. De wadi is nauwelijks zichtbaar en een beetje toegankelijk van buitenaf. De wadi is gepositioneerd in een stadswijk met relatief hoge dichtheid. De buurt is over het algemeen redelijk tevreden met de wadi. Als positieve aspect wordt genoemd dat de wadi zorgt voor verbinding en uitnodigt om te spelen. Negatieve aspect is dat de wadi vaak te nat is.

In 2021 is er – als onderdeel van het SIA RAAK project GroenBlauwe Voorzieningen hydraulisch en milieutechnisch onderzoek uitgevoerd. Daarbij is een infiltratiecapaciteit gemeten van 270 mm/uur en een retentievermogen vastgesteld van ~250 m3. Type ondergrond is klei. In de wadi is aanwezigheid van voornamelijk zink vastgesteld. Bij uitvoering van de MKBA-analyse middels de HVA MKBA toolbox is gebruik gemaakt van bovengenoemde informatie.

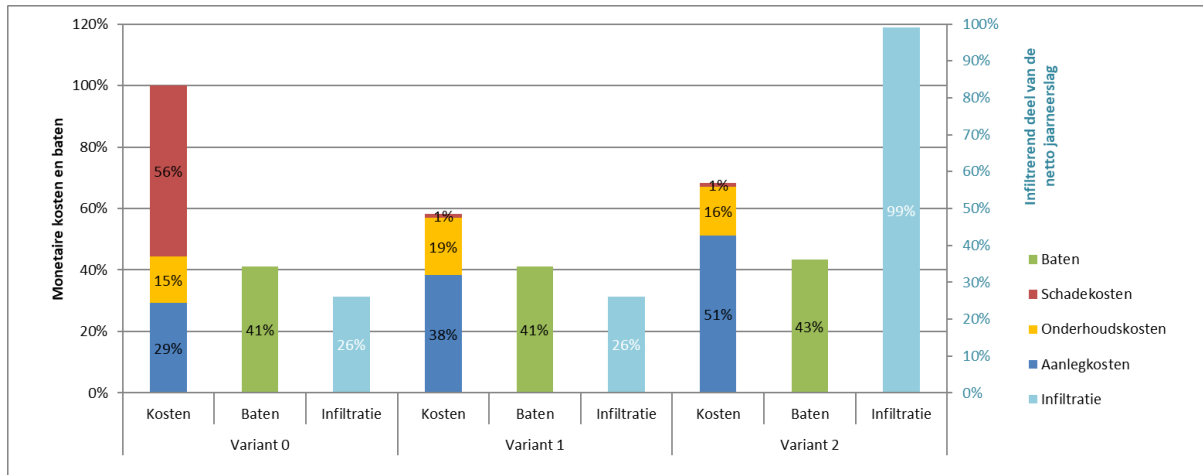
Figuur 3 toont de verdeling van kosten en baten voor de casus Grote Beerstraat (Groningen). Variant V0 betreft de originele situatie zonder wadi. In deze originele situatie is er sprake van een gemengd riool en is er niet afgekoppeld. Reguliere herinrichting van de straat (vervangen betonstraatstenen in woonstraat, parkeerterreinen en voetpad/plein, vervangen van het afvalwater en hemelwaterriool, vervangen van de groenvoorziening) betreft 29% van de totale kosten. Beheer en onderhoud omvat 15%. Doordat in de originele situatie geen klimaatadaptieve maatregelen genomen zijn en de wijk relatief laag gelegen is, is er in relatief veel situaties sprake van waterschade. Deze post omvat 56% van de kosten. Voor zover deze monetair kunnen worden uitgedrukt leveren het aanwezige groen een baat op die 41% van de totale kosten omvat. Deze groenbaten bestaan voornamelijk uit minder arbeidsverlies door de aanwezigheid van groen, een stijging van de woningwaarde door de aanwezigheid van groen, het eigen woningforfait. Onder de originele inrichting kan naar schatting 26% van de netto jaarinslag worden geïnfiltreerd in de ondergrond.

Realisatie van een wadi (V1) in de straat is iets duurder op het gebied van aanleg (+9 procentpunt) en onderhoudskosten (+4 procentpunt). Door aanleg van de wadi als klimaatadaptieve voorziening wordt waterschade echter tot een minimum beperkt (-55 procentpunt). Deze uitwisseling tussen schadeposten maakt dat de totale kosten voor wadi een stuk lager uitvallen dan de originele inrichting (-42 procentpunt). Groenbaten vallen in de wadi-variant gelijk uit. Alhoewel de huizen in de straat met aanleg van de wadi afgekoppeld worden van het hemelwaterriool zorgt het ontwerp van de wadi ervoor dat er – netto – niet meer water in situ geïnfiltreerd kan worden dan voor aanleg van de wadi. Positionering van de drain en overloop in de wadi geven vanuit het ontwerp water weinig ruimte om te infiltreren. Water dat de wadi bereikt wordt in veel gevallen dus uiteindelijk toch via het hemelwaterriool afgevoerd. In de originele inrichting was er al groen aanwezig in de buurt. Door aanleg van de wadi wordt er dus effectief niet meer groen gecreëerd en worden er op dat front dus niet veel additionele groenbaten gerealiseerd. Potentiële waardevermeerdering door het geven van een upgrade van het aanwezige groen in de vorm van recreatief vermogen, potentieel tot samenkomst, aantrekkelijkheid, en/of effecten op biodiversiteit zijn niet meegenomen in deze MKBA-analyse.

Aanleg van de wadi levert, zoals hierboven benoemd, door zijn ontwerp geen significante bijdrage aan het infiltrerend vermogen van de buurt. Deze blijft staan op 26% van de netto jaarneerslag.

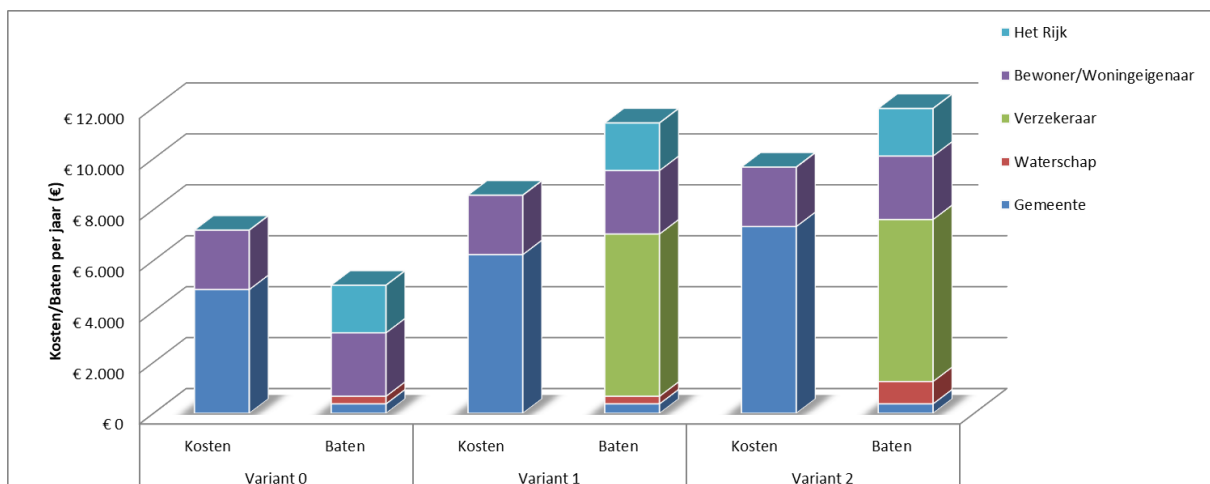
Ter vergelijking is als V3 een variant opgevoerd waarin een waterbergende straat wordt gerealiseerd. Het betreft een relatief eenvoudige waterbergende straat met afvoer van hemelwater richting het bergende zandige wegcunet middels kolken. De al bestaande groenvoorziening wordt bij herinrichting op eenzelfde wijze ingericht als de originele (V0) situatie. Figuur 3 laat zien dat een inrichting middels een waterbergende weg iets duurder is dan aanleg van een wadi. Dit wordt voornamelijk door een

verschil in aanlegkosten veroorzaakt. Groenbaten zijn in beide varianten nagenoeg gelijk. De lichte toename in groenbaten van 2 procentpunt wordt verklaard door een vermindering in de afvoerkosten. Gegeven het ontwerp van de waterbergende weg ter plaatse kan meer water lokaal infiltreren waardoor het niet meer afgevoerd hoeft te worden. In geval van een waterbergende weg neemt het infiltrerend vermogen toe met 73 procentpunt.



Figuur 3: Verdeling van kosten en baten (groen- en infiltratiebaten) per ontwerpvariant.

De verdeling van kosten en baten over stakeholders tussen de verschillende ontwerpvarianten (Figuur 4) toont dat additionele kosten van een klimaatadaptieve herinrichting van de straat (middels een wadi (V1) of waterbergende weg (V2)) voornamelijk liggen bij de gemeente in de vorm van extra kosten voor aanleg, beheer en onderhoud. Additionele baten van deze twee ontwerpvarianten (V1 en V2), daarentegen, worden gevoeld bij het waterschap (verminderde afvoerkosten), verzekeraar (verminderde waterschade), en bewoners (verhogen woonwaarde en woongenot).



Figuur 4: Verdeling van kosten en baten per ontwerpvariant en stakeholder.

3.3 Harener Holt – Haren

Aan de Harener Holt in Haren zijn in 2016 drie geschakelde wadi's gerealiseerd van 65 x 8 x 0,4 meter groot. In/rondom de wadi's kan ook worden gespeeld. De wadi's zijn goed zichtbaar en goed toegankelijk van buitenaf. De wadi's zijn gepositioneerd in een buitenwijk met een relatief lage dichtheid. De buurt is over het algemeen tevreden met de wadi. Als positieve aspect wordt genoemd

dat de wadi uitnodigt om te spelen en zorgt voor bewustwording, ruimtelijke kwaliteit en biodiversiteit. Negatieve aspect is dat er soms water in de wadi blijft staan.

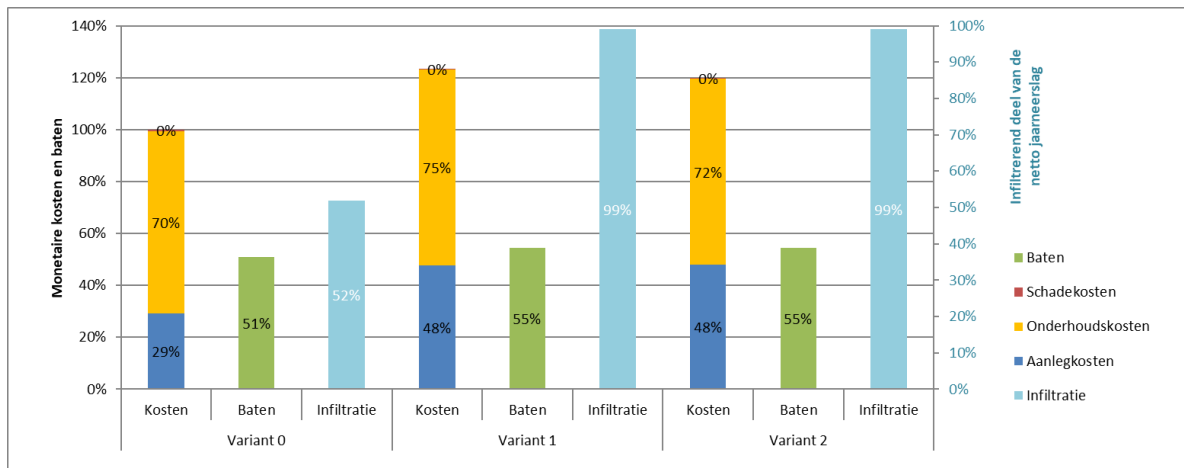
In 2021 is er – als onderdeel van het SIA RAAK project GroenBlauwe Voorzieningen hydraulisch en milieutechnisch onderzoek uitgevoerd. Daarbij is een infiltratiecapaciteit gemeten van 110 mm/uur en een retentievermogen vastgesteld van ~200 m³. Type ondergrond is löss. In de wadi is geen vervuiling vastgesteld. Bij uitvoering van de MKBA-analyse middels de HvA MKBA toolbox is gebruik gemaakt van bovengenoemde informatie.

Figuur 5 toont de verdeling van kosten en baten voor de casus Harener Holt (Haren). Variant V0 betreft de originele situatie zonder wadi. In deze originele situatie is er sprake van een gemengd riool en is er niet afgekoppeld. Reguliere herinrichting van de straat (vervangen betonstraatstenen in woonstraat, parkeerterreinen en voetpad/plein, vervangen van het afvalwater en hemelwaterriool, vervangen van de groenvoorziening) betreft 29% van de totale kosten. Beheer en onderhoud omvat 70%. Vanwege de situering van de wijk is er in de originele situatie geen sprake van waterschade. Voor zover deze monetair kunnen worden uitgedrukt leveren het aanwezige groen een baat op die 51% van de totale kosten omvat. Deze groenbaten bestaan voornamelijk uit een stijging van de woningwaarde door de aanwezigheid van groen, het eigen woningforfait, en vermindering van de afvoerkosten. Onder de originele inrichting kan naar schatting 52% van de netto jaarinslag worden geïnfiltreerd in de ondergrond.

Realisatie van een wadi (V1) in de straat is duurder op het gebied van aanleg (+19 procentpunt) en onderhoudskosten (+5 procentpunt). Doordat de wadi op de Harener Holt geen waterschade ongedaan maakt is een uitwisseling tussen schadeposten niet mogelijk. Hierdoor vallen de totale kosten voor de wadi hoger uit dan de originele inrichting (+23 procentpunt). Groenbaten vallen in de wadi-variant iets hoger uit als gevolg van een vermindering van de afvoerkosten. Het verschil is echter relatief klein. In de originele inrichting was er al groen aanwezig in de buurt. Door aanleg van de wadi wordt er dus effectief niet meer groen gecreëerd en worden er op dat front dus niet veel additionele groenbaten gerealiseerd. Potentiële waardevermeerdering door het geven van een upgrade van het aanwezige groen in de vorm van recreatief vermogen, potentieel tot samenkomst, aantrekkelijkheid, en/of effecten op biodiversiteit zijn niet meegenomen in deze MKBA-analyse.

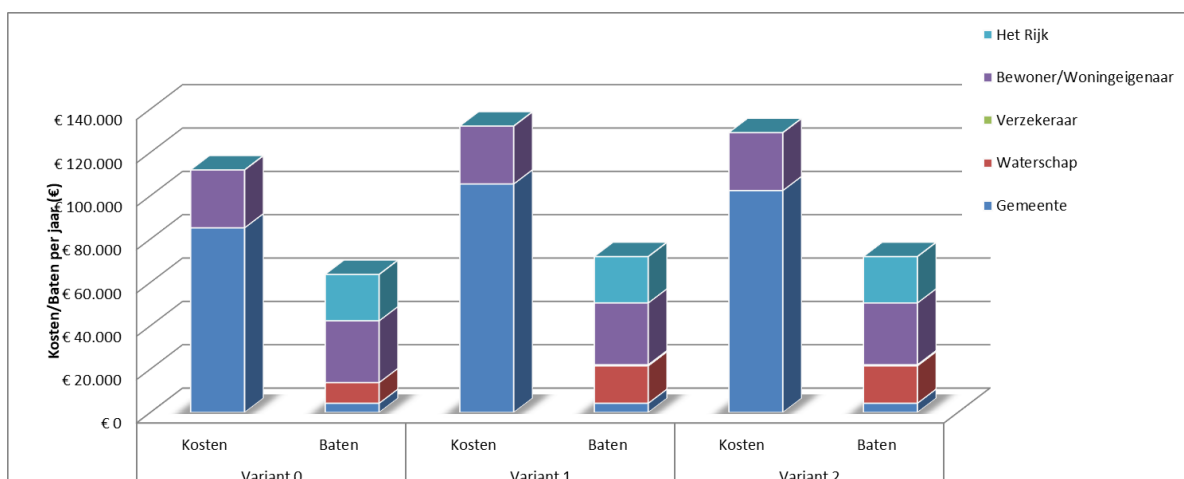
Aanleg van de wadi levert een significante bijdrage aan het infiltrerend vermogen van de buurt. Circa 99% van de netto jaarneerslag kan door implementatie van de wadi worden geïnfiltreerd. Dit is een toename van 48 procentpunt.

Ter vergelijking is als V3 een variant opgevoerd waarin een waterbergende straat wordt gerealiseerd. Het betreft een relatief eenvoudige waterbergende straat met afvoer van hemelwater richting het bergende zandige wegcunet middels kolken. De al bestaande groenvoorziening wordt bij herinrichting op eenzelfde wijze ingericht als de originele (V0) situatie. Figuur 5 laat zien dat een inrichting middels een waterbergende weg in deze situatie iets goedkoper is dan aanleg van een wadi. Dit wordt voornamelijk door een verschil in onderhoudskosten veroorzaakt. Groen- en infiltratiebaten zijn in beide varianten gelijk.



Figuur 5: Verdeling van kosten en baten (groen- en infiltratiebaten) per ontwerpvariant.

De verdeling van kosten en baten over stakeholders tussen de verschillende ontwerpvarianten (Figuur 6) toont dat additionele kosten van een klimaatadaptieve herinrichting van de straat (middels een wadi (V1) of waterbergende weg (V2)) voornamelijk liggen bij de gemeente in de vorm van extra kosten voor aanleg, beheer en onderhoud. Additionele baten van deze twee ontwerpvarianten (V1 en V2), daarentegen, worden voornamelijk gevoeld door het waterschap (verminderde afvoerkosten), en bewoners (verhogen woonwaarde en woongenot).



Figuur 6: Verdeling van kosten en baten per ontwerpvariant en stakeholder.

3.4 Van Leeuwenhoek – Vlaardingen

Aan de Van Leeuwenhoek straat in Vlaardingen is in 2004 een wadi gerealiseerd van 85 x 4 x 0,4 meter groot. De wadi is goed zichtbaar en goed toegankelijk van buitenaf. De wadi is gepositioneerd in een buitenwijk met een relatief lage dichtheid. De buurt is over het algemeen tevreden met de wadi. Als positieve aspect wordt genoemd dat de wadi uitnodigt om te spelen en zorgt voor bewustwording, ruimtelijke kwaliteit en biodiversiteit. Negatieve aspect is dat er soms water in de wadi blijft staan.

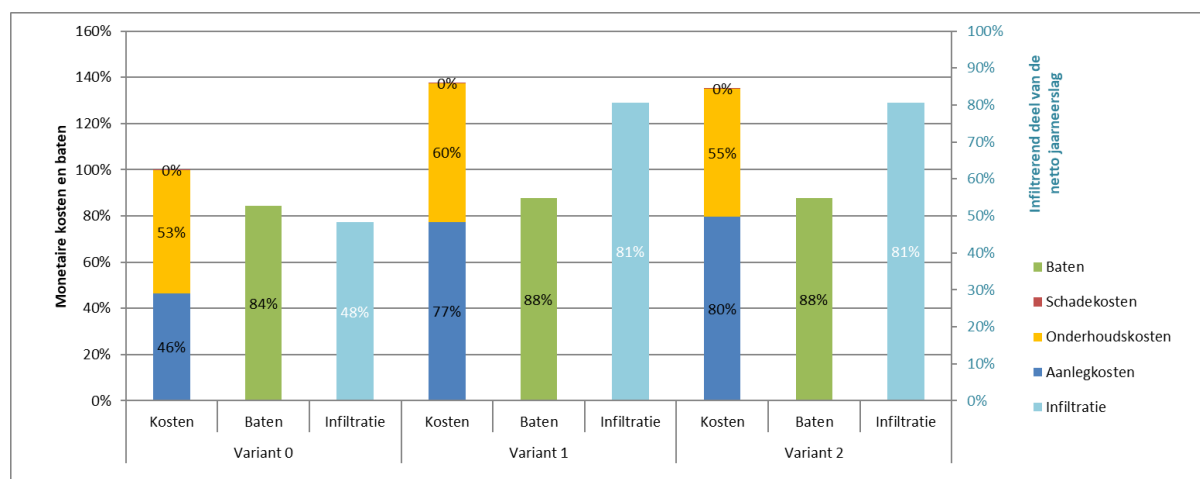
In 2021 is er – als onderdeel van het SIA RAAK project GroenBlauwe Voorzieningen hydraulisch en milieutechnisch onderzoek uitgevoerd. Daarbij is een infiltratiecapaciteit gemeten van 67 mm/uur en een retentievermogen vastgesteld van ~150 m³. Type ondergrond is zand gevolgd door klei. In de wadi is geen vervuiling vastgesteld. Bij uitvoering van de MKBA-analyse middels de HvA MKBA toolbox is gebruik gemaakt van bovengenoemde informatie.

Figuur 7 toont de verdeling van kosten en baten voor de casus Van Leeuwenhoek (Vlaardingen). Variant V0 betreft de originele situatie zonder wadi. In deze originele situatie is er sprake van een gemengd riool en is er niet afgekoppeld. Reguliere herinrichting van de straat (vervangen betonstraatstenen in woonstraat, parkeerterreinen en voetpad/plein, vervangen van het afvalwater en hemelwaterriool, vervangen van de groenvoorziening) betreft 46% van de totale kosten. Beheer en onderhoud omvat 53%. Vanwege de situering van de wijk is er in de originele situatie geen sprake van waterschade. Voor zover deze monetair kunnen worden uitgedrukt leveren het aanwezige groen een baat op die 84% van de totale kosten omvat. Deze groenbaten bestaan voornamelijk uit verminderde arbeidsverliezen, een stijging van de woningwaarde door de aanwezigheid van groen, het eigen woningforfait, en vermindering van de afvoerkosten. Onder de originele inrichting kan naar schatting 48% van de netto jaarinslag worden geïnfiltreerd in de ondergrond.

Realisatie van een wadi (V1) in de straat is duurder op het gebied van aanleg (+31 procentpunt) en onderhoudskosten (+7 procentpunt). Doordat de wadi op de Van Leeuwenhoek geen waterschade ongedaan maakt is een uitwisseling tussen schadeposten niet mogelijk. Hierdoor vallen de totale kosten voor de wadi hoger uit dan de kosten voor het vervangen van de originele inrichting (+37 procentpunt). Groenbaten vallen in de wadi-variant iets hoger uit als gevolg van een vermindering van de afvoerkosten. Het verschil is echter relatief klein. In de originele inrichting was er al groen aanwezig in de buurt. Door aanleg van de wadi wordt er dus effectief niet meer groen gecreëerd en worden er op dat front dus niet veel additionele groenbaten gerealiseerd. Potentiële waardevermeerdering door het geven van een upgrade van het aanwezige groen in de vorm van recreatief vermogen, potentieel tot samenkomst, aantrekkelijkheid, en/of effecten op biodiversiteit zijn niet meegenomen in deze MKBA-analyse.

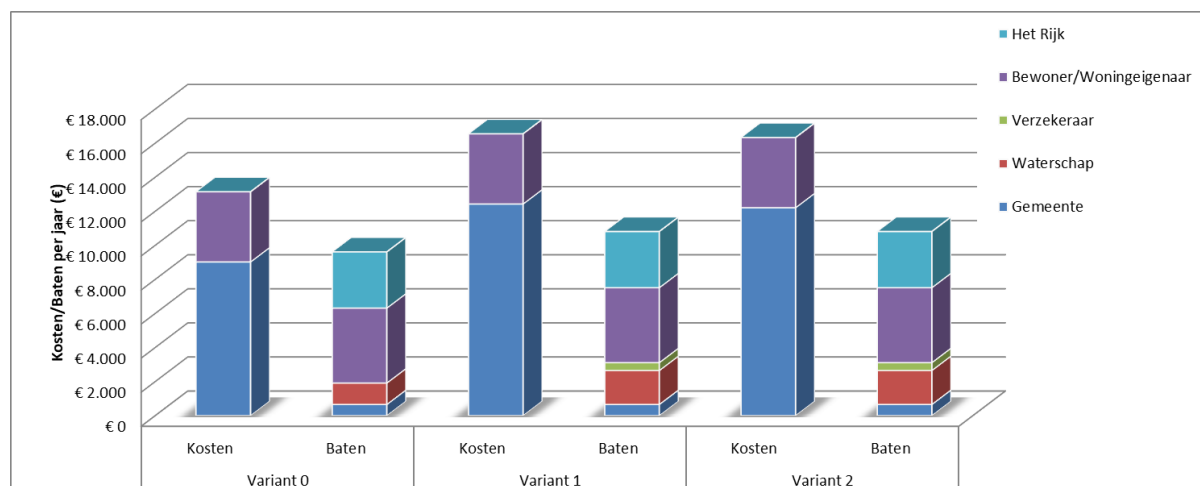
Aanleg van de wadi levert een flinke bijdrage aan het infiltrerend vermogen van de buurt. Circa 81% van de netto jaarneerslag kan door implementatie van de wadi worden geïnfiltreerd. Dit is een toename van 40 procentpunt.

Ter vergelijking is als V3 een variant opgevoerd waarin een waterbergende straat wordt gerealiseerd. Het betreft een relatief eenvoudige waterbergende straat met afvoer van hemelwater richting het bergende zandige wegcunet middels kolken. De al bestaande groenvoorziening wordt bij herinrichting op eenzelfde wijze ingericht als de originele (V0) situatie. Figuur 7 laat zien dat een inrichting middels een waterbergende weg in deze situatie iets goedkoper is dan aanleg van een wadi. Dit wordt voornamelijk door een verschil in onderhoudskosten veroorzaakt. Groen- en infiltratiebaten zijn in beide varianten gelijk.



Figuur 7: Verdeling van kosten en baten (groen- en infiltratiebaten) per ontwerpvariant.

De verdeling van kosten en baten over stakeholders tussen de verschillende ontwerpvarianten toont dat additionele kosten van een klimaatadaptieve herinrichting van de straat (middels een wadi (V1) of waterbergende weg (V2)) voornamelijk liggen bij de gemeente in de vorm van extra kosten voor aanleg, beheer en onderhoud. Additionele baten van deze twee ontwerpvarianten (V1 en V2), daarentegen, worden voornamelijk gevoeld door het waterschap (verminderde afvoerkosten), verzekeraars (vermindering patiënten bij de huisarts), en bewoners (verhogen woonwaarde en woongenot).



Figuur 8: Verdeling van kosten en baten per ontwerpvariant en stakeholder.

3.5 Van Maanenstraat – Vlaardingen

Aan de Van Maanenstraat in Vlaardingen is in 2014 een systeem van geschakelde wadi's gerealiseerd van 17 x 4 x 0,8 meter en 4 x 5 x 0,5 meter groot. De wadi is goed zichtbaar en goed toegankelijk van buitenaf. De wadi is ontworpen als recreatie/speelplek. De wadi is gepositioneerd in een nieuwbouwwijk met een gemiddelde dichtheid. De buurt is over het algemeen tevreden met de wadi. Als positieve aspect wordt genoemd dat de wadi uitnodigt om te spelen en zorgt voor bewustwording, ruimtelijke kwaliteit en biodiversiteit. Negatieve aspect is dat er soms water in de wadi blijft staan.

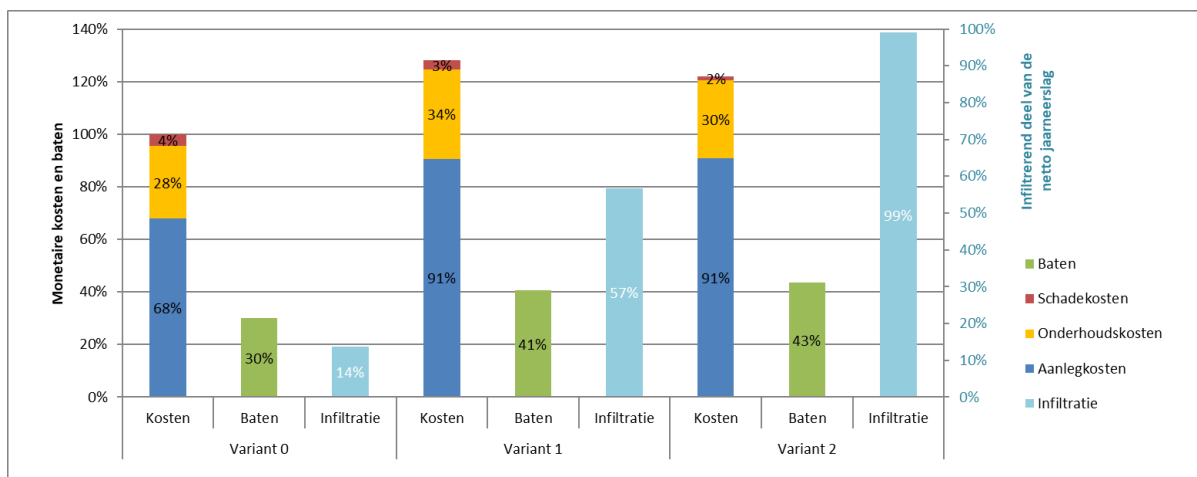
In 2021 is er – als onderdeel van het SIA RAAK project GroenBlauwe Voorzieningen hydraulisch en milieutechnisch onderzoek uitgevoerd. Daarbij is een infiltratiecapaciteit gemeten van 87 mm/uur en een retentievermogen vastgesteld van ~650 m³. Type ondergrond is zand gevolgd door klei. In de wadi is een minimale vervuilingsgraad van zink vastgesteld. Bij uitvoering van de MKBA-analyse middels de HvA MKBA toolbox is gebruik gemaakt van bovengenoemde informatie.

Figuur 9 toont de verdeling van kosten en baten voor de casus Van Maanenstraat (Vlaardingen). Variant V0 betreft de originele situatie zonder wadi. In deze originele situatie is er sprake van een gemengd riool en is er niet afgekoppeld. Reguliere herinrichting van de straat (vervangen betonstraatstenen in woonstraat, parkeerterreinen en voetpad/plein, vervangen van het afvalwater en hemelwaterriool, vervangen van de groenvoorziening) betreft 68% van de totale kosten. Beheer en onderhoud omvat 28%. Vanwege de situering van de wijk is er in de originele situatie nauwelijks sprake van waterschade. Dit betreft 4% van de totale kosten. Voor zover deze monetair kunnen worden uitgedrukt leveren het aanwezige groen een baat op die 30% van de totale kosten omvat. Deze groenbaten bestaan voornamelijk uit een stijging van de woningwaarde door de aanwezigheid van groen, het eigen woningforfait, en vermindering van de afvoerkosten. Onder de originele inrichting kan naar schatting 14% van de netto jaarinslag worden geïnfiltreerd in de ondergrond.

Realisatie van een wadi (V1) in de straat is duurder op het gebied van aanleg (+23 procentpunt) en onderhoudskosten (+6 procentpunt). De wadi op de Van Maanenstraat beperkt iets in de waterschade (-1 procentpunt). Hierdoor vallen de totale kosten voor de wadi hoger uit dan de kosten voor het vervangen van de originele inrichting (+28 procentpunt). Groenbaten vallen in de wadi-variant iets hoger uit als gevolg van een vermindering van de afvoerkosten (+11 procentpunt). In de originele inrichting was er al groen aanwezig in de buurt. Door aanleg van de wadi wordt er dus effectief niet meer groen gecreëerd en worden er op dat front dus niet veel additionele groenbaten gerealiseerd. Potentiële waardevermeerdering door het geven van een upgrade van het aanwezige groen in de vorm van recreatief vermogen, potentieel tot samenkomst, aantrekkelijkheid, en/of effecten op biodiversiteit zijn niet meegenomen in deze MKBA-analyse.

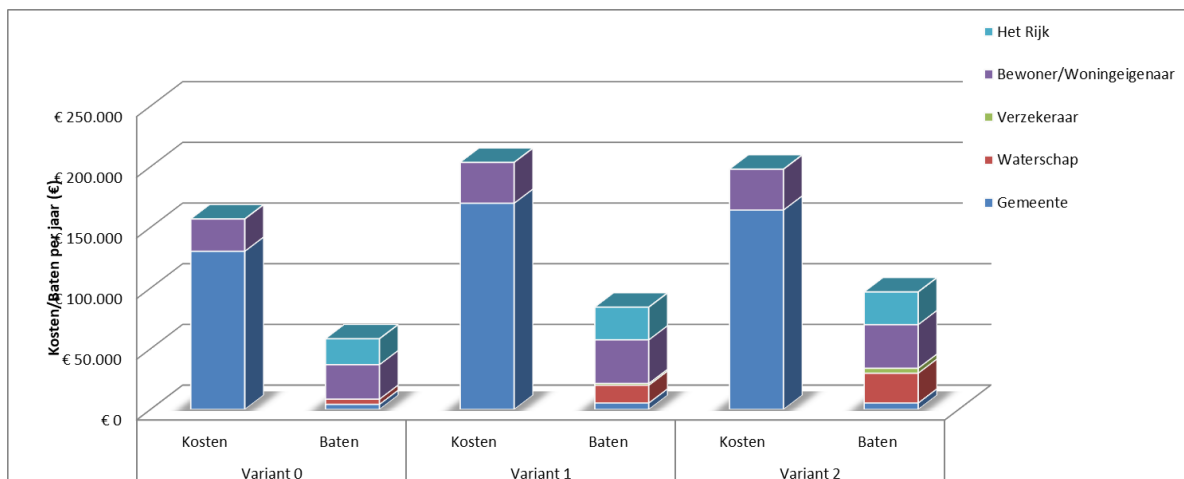
Aanleg van de wadi levert een flinke bijdrage aan het infiltrerend vermogen van de buurt. Circa 57% van de netto jaarneerslag kan door implementatie van de wadi worden geïnfiltreerd. Dit is een toename van 43 procentpunt.

Ter vergelijking is als V3 een variant opgevoerd waarin een waterbergende straat wordt gerealiseerd. Het betreft een relatief eenvoudige waterbergende straat met afvoer van hemelwater richting het bergende zandige wegcunet middels kolken. De al bestaande groenvoorziening wordt bij herinrichting op eenzelfde wijze ingericht als de originele (V0) situatie. Figuur 9 laat zien dat een inrichting middels een waterbergende weg in deze situatie iets goedkoper is dan aanleg van een wadi. Dit wordt voornamelijk door een verschil in onderhoudskosten veroorzaakt. Groenbaten zijn in beide varianten gelijk. In geval van aanleg van een waterbergende weg kan tot 99% van de netto jaarneerslag worden geïnfiltreerd. Dit is een toename van 42 procentpunt ten opzichte van de ontwerpvariant met wadi.



Figuur 9: Verdeling van kosten en baten (groen- en infiltratiebaten) per ontwerpvariant.

De verdeling van kosten en baten over stakeholders tussen de verschillende ontwerpvarianten (Figuur 10) toont dat additionele kosten van een klimaatadaptieve herinrichting van de straat (middels een wadi (V1) of waterbergende weg (V2)) voornamelijk liggen bij de gemeente in de vorm van extra kosten voor aanleg, beheer en onderhoud. Additionele baten van deze twee ontwerpvarianten (V1 en V2), daarentegen, worden voornamelijk gevoeld door het waterschap (verminderde afvoerkosten), verzekeraars (vermindering patiënten bij de huisarts), en bewoners (verhogen woonwaarde en woongenot).



Figuur 10: Verdeling van kosten en baten per ontwerpvariant en stakeholder.

4. Discussie

4.1 Algemene bevindingen

Als onderdeel van deze rapportage zijn voor vijf groenblauwe casussen de maatschappelijke kosten en baten vastgesteld met behulp van de HvA MKBA-toolbox (Kluck et al., 2017a,b).

In drie van de bestudeerde casussen leverde aanleg van een wadi als klimaatadaptieve oplossing in de wijk een (significante) bijdrage aan het verminderen van potentiële waterschade als gevolg van hevige neerslag. In vier van de vijf bestudeerde casussen droeg aanleg van de wadi bij aan het verhogen van het infiltrerend vermogen van de wijk. Tot 99% van de netto jaarneerslag kon – na aanleg van een wadi in de wijk – worden geïnfiltreerd. Aanleg van een wadi leidt in vier van de vijf bestudeerde casussen tot een verhoging van de gemeten groenbaten, veelal door vermindering van de afvoerkosten als gevolg van afkoppelen. In de bestudeerde casussen was al sprake van aanwezigheid van een groenstrook. Door aanleg van de wadi wordt er in de wijk dus effectief niet meer groen gecreëerd en worden er op dat front dus geen additionele groenbaten gerealiseerd. Potentiële waardevermeerdering door het geven van een upgrade van het aanwezige groen in de vorm van recreatief vermogen, potentieel tot samenkomst, aantrekkelijkheid, en/of effecten op biodiversiteit zijn niet meegenomen in deze MKBA-analyse. Kosten voor aanleg, beheer en onderhoud van een wadi in de wijk liggen altijd hoger dan het doorlopen van een regulier vervang- en herstelprocedé. In twee van de bestudeerde casussen kunnen deze hogere kosten worden gecompenseerd door vermeden waterschade. In wijken waarin geen tot nauwelijks sprake is van kans op waterschade door hevige neerslag vormt dit geen argument. In deze gevallen moet de afweging voor aanleg van een wadi komen uit de te kwantificeren groen- en infiltratiebaten.

Uit elk van de bestudeerde casussen valt op te maken dat kosten en baten van klimaatadaptieve voorzieningen zoals een wadi of waterbergende weg bij verschillende stakeholders terecht komt. Waar de gemeente in de meeste gevallen de kosten voor aanleg, beheer en onderhoud draagt komen baten terecht bij verzekeraars (vermeden waterschade en/of zorgkosten), bewoners (verhoging woonwaarde en woongenot) en het waterschap (verlaging van de afvoer en zuiveringskosten).

Een eenvoudig uitgevoerde waterbergende weg (toevoer van water via kolken naar een zandig wegcunet) scoort in termen van kosten gelijkwaardig aan de inrichtingsvariant met wadi. Waar beide ontwerpvarianten elkaar in termen van groenbaten niet veel ontlopen levert aanleg van een waterbergende weg in sommige gevallen meer infiltratiebaten op. Dit kan worden verklaard doordat

in het geval van een waterbergende weg het contactoppervlak tussen berging en bodem in de meeste gevallen groter is – dit levert een groter infiltrerend oppervlak en dus hoger infiltrerend vermogen op in verhouding tot een wadi.

4.2 Aanbevelingen voor vervolg onderzoek

Als onderdeel van het SIA RAAK Publiek project Groenblauw hebben we een aantal stappen gemaakt in de doorontwikkeling van de HvA MKBA-toolbox en deze getoetst aan de hand van een vijftal casussen. Hierbij hebben we (nog) niet alle (groen)baten kunnen monetariseren ofwel op een andere manier een plek gegeven in de MKBA-toolbox. Denk bijvoorbeeld aan: vermeden schade als gevolg van hitte en droogte, de reinigingsfunctie van een wadi ten aanzien van het infiltrerende hemelwater, de waarde van biodiversiteit of de aanwezigheid van een plek voor samenkomst en recreatie, en ook het informatieve karakter rondom het belang van klimaatadaptatie t.a.v. klimaatverandering en toenemende extremen. Vervolgonderzoek zou zich moeten richten op het waarderen van bovengenoemde aspecten op monetaire danwel non-monetaire wijze en het opnemen van deze onderdelen in de MKBA-toolbox.

Ook hebben nog niet alle groenblauwe voorzieningen een plek gekregen in de MKBA-toolbox. Pergola's en blauwgroene daken worden al veel toegepast in de praktijk maar kunnen nog niet aan de hand van hun maatschappelijke kosten en baten worden beoordeeld in deze toolbox. Vervolgonderzoek zou zich moeten richten op inclusie van deze maatregelen in het portfolio.

In verband met de instabiele economische periode 2020-2023 (COVID, Oekraïne oorlog) en bijbehorende schommelingen in grondstoffen en bouwrijzen is er voor gekozen om de bestaande kosten-kengetallen zoals die bekend waren in de MKBA-toolbox niet te updaten. Enkel voor nieuwe voorzieningen zijn bijbehorende kostenkentallen opgezocht. Voor sommige onderdelen van maatregelen stammen beschikbare kostenkentallen nog uit 2015-2018. Vervolgonderzoek zich toe moeten spitsen om de bestaande kostenkentallen van een update te voorzien.

Alhoewel er verschillende stappen ondernomen zijn om de MKBA-toolbox gebruiksvriendelijke te maken voor het algemene publiek is het invullen en doorrekenen van de toolbox nog geen sinecure. Heel wat gegevens zijn nodig om de toolbox van de juiste informatie te voorzien en om verschillende ontwerpvarianten met elkaar te kunnen vergelijken binnen de juiste context. Ook is een goed begrip van de hydraulische werking van de buurt en wadi een vereiste. Vervolgonderzoek dient zich erop te richten hier een versimpelingsslag in te slaan om de MKBA-toolbox toegankelijker te maken voor gebruik zonder in te boeten aan betrouwbaarheid en validiteit.

4.3 Aanbevelingen voor de praktijk

Analyse aan de hand van een vijftal casussen laat zien dat implementatie van groenblauwe voorzieningen zoals wadi's in de praktijk in veel gevallen loont. In vergelijking met een traditionele inrichting van de weg alsmede in verhouding tot een alternatieve klimaatadaptieve oplossing. Kosten voor aanleg en beheer en onderhoud zijn voor een wadi weliswaar wat hoger liggen dan de kosten die gepaard gaan bij een traditionele herinrichting van de straat. Vermeden waterschade, groen- en infiltratiebaten – waar monetair uit te drukken – compenseren in veel gevallen voor dit verschil zo laat de uitgevoerde analyse zien. In aanvulling daarop brengt de implementatie van wadi's verschillende additionele baten met zich mee die zich (nog) niet makkelijk laten uit te drukken in monetaire waarden maar wel een belangrijke rol (kunnen) spelen in de keuze voor implementatie van een wadi in de praktijk. Bijvoorbeeld de positieve impact die het heeft op biodiversiteit, het verhogen van het

recreatieve vermogen van de buitenruimte, en het bieden van plek voor samenkomst en bewustwording.

Aanleg, beheer en onderhoud van groenblauwe voorzieningen gaat ook gepaard met een verdelingsvraag. De MKBA-analyse zoals in deze studie uitgevoerd onderstreept – in aanvulling op eerdere studies – dat kosten van klimaatadaptatie in veel gevallen bij gemeenten terecht komen terwijl de baten elders landen. Het inzichtelijk maken van deze (verdeling) van kosten en baten kan een bijdrage leveren aan het gesprek om te komen tot een eerlijkere (her)verdeling.

5. Conclusie

Groenblauwe voorzieningen leveren een bijdrage aan een klimaatrobuuste inrichting van het stedelijk gebied. Ter ondersteuning van het besluitvormingsproces ten aanzien van de keuze voor, het ontwerp van en de inrichting van groenblauwe voorzieningen in de praktijk is het wenselijk de mogelijke kosten en baten zo goed mogelijk in beeld te krijgen. Een Maatschappelijke Kosten Baten Analyse (MKBA-analyse) biedt hiertoe handvatten. Alhoewel er al sinds enkele decennia met groenblauwe voorzieningen wordt geëxperimenteerd ontbreekt tot dusver een consistent overzicht van bijbehorende kosten en baten – waar mogelijk in monetaire eenheden uitgedrukt.

Het project *‘GroenBlauwe Voorzieningen: Kansen en Risico’s voor groenblauwe voorzieningen in de praktijk’*, werkpakket 4 in het bijzonder, heeft aan dit hiaat invulling gegeven middels doorontwikkeling van de HvA MKBA-toolbox en toetsing van de MKBA-toolbox aan de praktijk. Vraag die daarbij centraal staat is: *“Hoe verhouden groenblauwe voorzieningen zich – in termen van brede maatschappelijke kosten en baten – tot een reguliere inrichting van de weg en/of klimaatadaptieve alternatieve inrichtingsvormen”*.

Vijf bestaande groenblauwe casussen in de praktijk zijn getoetst op hun kosteneffectiviteit met behulp van de geüpdatet HvA MKBA-tool. Deze casussen zijn gesitueerd in Groningen (2x), Haren (1x) en Vlaardingen (2x). In elk van deze gevallen is een vergelijking gemaakt tussen de originele situatie in de straat, de aanleg van een centrale wadi (zoals daadwerkelijk aangelegd) en de aanleg van een relatief simpele waterbergende weg. Resultaten zijn vergeleken op: kosten (aanleg, beheer en onderhoud, waterschade) en baten (groenbaten, infiltratiebaten). Daarnaast is gekeken naar de verdeling van kosten en baten over de verschillende stakeholders.

Analyse van het vijftal casussen laat zien dat implementatie van groenblauwe voorzieningen zoals wadi’s in de praktijk in veel gevallen loont. In vergelijking met een traditionele inrichting van de weg alsmede in verhouding tot een alternatieve klimaatadaptieve oplossing. Kosten voor aanleg en beheer en onderhoud zijn voor een wadi weliswaar wat hoger dan de kosten die gepaard gaan bij een traditionele herinrichting van de straat. Vermeden waterschade, groen- en infiltratiebaten – waar monetair uit te drukken – compenseren in veel gevallen voor dit verschil zo laat de uitgevoerde analyse zien. In aanvulling daarop brengt de implementatie van wadi’s verschillende additionele baten met zich mee die zich (nog) niet makkelijk laten uit te drukken in monetaire waarden maar wel een belangrijke rol (kunnen) spelen in de keuze voor implementatie van een wadi in de praktijk. Bijvoorbeeld de positieve impact die het heeft op biodiversiteit, het verhogen van het recreatieve vermogen van de buitenruimte, en het bieden van plek voor samenkomst en bewustwording. Vervolgonderzoek zou zich moeten richten op het waarderen van deze baten, op monetaire dan wel non-monetaire wijze, zodat zij meegenomen en -gewogen kunnen worden in de MKBA-toolbox. Het updaten van de gebruikte kostenkentallen in de MKBA-toolbox is een tweede onderdeel waarop vervolgonderzoek zich zou moeten toespitsen. Het gebruiksvriendelijker maken van de MKBA-toolbox voor gebruik door een breder publiek een laatste onderdeel.

Aanleg, beheer en onderhoud van groenblauwe voorzieningen betreft niet alleen een afweging op kosten en baten maar is ook een verdelingsvraagstuk. De MKBA-analyse zoals in deze studie uitgevoerd onderstreept – in aanvulling op eerdere studies – dat kosten van klimaatadaptatie in veel gevallen bij gemeenten terecht komen terwijl de baten elders landen. Het inzichtelijk maken van deze (verdeling) van kosten en baten kan een bijdrage leveren aan het gesprek om te komen tot een eerlijkere (her)verdeling.

6. Referenties

Boogaard, F., & Roest, A. (2020). Leren van twintig jaar wadi's in Nederland. *Land en Water*.

Kluck, J., W.J. Bakker, L. Kleerekoper, M.M. Rouvoet, R. Wentink, E.J. Klok & R. Loeve (2016). Voor hetzelfde geld klimaatbestendig: Voorbeelden klimaatbestendige inrichting. Achtergronden. Amsterdam: Hogeschool van Amsterdam.

Kluck, J., E.J. Klok, L. Kleerekoper, R. Loeve, W. Bakker & F.C. Boogaard (2017a). De Klimaatbestendige wijk: onderzoek voor de praktijk. Amsterdam: Hogeschool van Amsterdam, Faculteit Techniek, Onderzoeksprogramma Urban Technology.

Kluck, J., R. Loeve, W.J. Bakker, L. Kleerekoper, M.M. Rouvoet, R. Wentink, J.H. Viscaal, E.J. Klok & F.C. Boogaard (2017b). Het klimaat past ook in uw straatje: De waarde van klimaatbestendig inrichten. Voorbeeldenboek. Amsterdam: Hogeschool van Amsterdam, Faculteit Techniek, Onderzoeksprogramma Urban Technology.

Veldkamp, T.I.E., R. de Graaf & J. Kluck (2020) Infiltrerende Stad – WP4 Analyse en marktstrategie. Amsterdam: Hogeschool van Amsterdam, Faculteit Techniek, Onderzoeksprogramma Urban Technology.

RECORDS + METADATA

In dit onderzoek worden 50+ groenblauwe oplossingen (= maatregelen voor stedelijke klimaatadaptatie) verspreid over Nederland met elkaar vergeleken. Van elke groenblauwe oplossing verzamelen we een aantal metagegevens:

- *Type oplossing (bijvoorbeeld: wadi, raingarden, groenstrook, boomspiegel)*
- *Plaats*
- *Adres*
- *Jaar van aanleg*
- *Lengte (in m)*
- *Breedte (in m)*
- *Diepte (in m)*
- *Naam van de ontwikkelaar*
- *Naam van de onderhouder*
- *Functies (keuze uit: spelen, parkeren, recreëren, biodiversiteit, anders)*
- *Mate van zichtbaarheid vanaf de weg (keuze uit: laag, gemiddeld, hoog)*
- *Mate van bereikbaarheid vanaf de weg (keuze uit: laag, gemiddeld, hoog)*
- *Type omgeving (keuze uit: bedrijventerrein, woonwijk, school, natuurgebied, recreatiegebied, binnenstedelijk)*
- *Bebouwingsdichtheid in de omgeving (keuze uit: laag, gemiddeld, hoog)*
- *Bodemtype*
- *Aanwezigheid van water in de voorziening (keuze uit: ja/nee)*
- *Aanwezigheid van oppervlaktevervuiling in de voorziening (keuze uit: ja/nee)*

METHODE 1: INFILTRATIE-TESTEN

Eén van de testen die we uitvoeren op elke voorziening is het (herhaaldelijk) simuleren van een extreme regenbui, om te meten hoe snel dit water in de bodem van een voorziening infiltreert. Deze snelheid wordt gemeten aan de hand van zogenaamde ‘divers’ (of ‘water level data loggers’). In totaal worden 4 divers gebruikt per meting: 3 verspreid over een meetvlak binnen de voorziening, en één als controlegroep buiten de voorziening. Deze sensoren meten een aantal gegevens tijdens de simulatie:

- *Het tijdstip (per 5 seconden)*
- *De waterdruk + luchtdruk (in mmH₂O)*
- *De temperatuur (in graden Celsius)*

Om de data van de infiltratietesten te interpreteren worden deze omgezet van waterdruk naar waterstand per tijdstip, om zo een verloop in waterstand te kunnen duiden. Deze dataverwerking vindt in een aantal stappen plaats:

1. *Snijd de gegevens binnen de tijdvakken waarin de simulatie plaatsvond uit.*
2. *Trek de gemeten luchtdruk van de controle diver af van de waterdruk + luchtdruk van de overige divers, om zo een waterstand in mm te krijgen.*
3. *Reken de waterstanden in millimeters om naar centimeters, ten behoeve van vergelijkingen met nationale richtlijnen.*

METHODE 2: BODEMVERVUILING

Een tweede test die wordt uitgevoerd is gericht op de vervuiling van zware metaaldeeltjes in deze voorzieningen, en worden gemeten met speciale X-ray scanners (‘XRF Portable Scanners’). Deze

worden gemeten langs een aantal dwarsdoorsneden over de voorziening. Dit levert gegevens over een groot aantal deeltjes op, waarvan de volgende ruwe gegevens belangrijk zijn:

- *GPS locatie van de meting*
- *De hoeveelheid zink (in ppm of mg/kg)*
- *De hoeveelheid lood (in ppm of mg/kg)*
- *De hoeveelheid koper (in ppm of mg/kg)*

Deze data wordt uit de ruwe dataset gehaald, omdat de waarden van de andere deeltjes niet relevant is voor dit onderzoek. Deze waarden worden afgezet tegenover streef en interventiewaarden vanuit nationale richtlijnen en via GIS kaartsoftware gevisualiseerd over een kaartje van de voorziening. De richtlijnen zijn als volgt:

- *Lood streefwaarde: 85 ppm; interventiewaarde: 530 ppm*
- *Zink streefwaarde: 140 ppm; interventiewaarde: 720 ppm*
- *Koper streefwaarde: 36 ppm; interventiewaarde: 190 ppm*

METHODE 3: BEWONERSERVARINGEN

Een derde meting is gericht op sociaal onderzoek. Aan de hand van enquêtes vragen we omwonenden naar hun ervaringen en perspectief op het functioneren van de voorzieningen. Daarbij meten we de volgende variabelen:

- *Algemene tevredenheid over de voorziening (zeer ontevreden tot zeer tevreden)*
- *Gebruik van de voorziening (keuze uit: ontmoetingsplek, speelplek, buitenactiviteit, anders)*
- *De mate waarin de voorziening in de buurt past (zeer slecht tot zeer goed)*
- *Wensen voor verandering (open vraag)*
- *Bijdrage van de voorziening aan de buurt (keuze uit: verkoeling, opvangen regenwater, biodiversiteit, verbinding, welzijn)*
- *Ervaring van negatieve gevolgen (open vraag)*
- *Anekdoten (open vraag)*

De responses op de vragenlijst worden in een simpele tabel naast elkaar gezet als variabelen zonder verdere dataverwerking.

PIET ZIJLSTRA, NICK BEEKMAN & TJERK KLINKER
BUILDING GRONINGEN - 18 OKTOBER 2022

De eerste wadi's in Nederland zijn inmiddels bijna een kwart eeuw oud. Destijds trokken ze veel bekijks uit binnen- en buitenland. Tegenwoordig verschijnen ze als paddenstoelen uit de grond en zijn ze in menig nieuwbouwwijk niet meer weg te denken. Doordat er steeds meer en steeds oudere wadi's zijn worden ook de barstjes in deze 'groene greppels' zichtbaar: ontwerpfouten, opstapelingen van jarenlange dienst of onbenut potentieel. Maar niet gevreesd, voor dit soort uitdagingen leven civiele ingenieurs (in wording)! In de Klimaatproeftuin van BuildinG Groningen wordt er nog volop gesleuteld aan dit groenblauwe concept en ontstaat schep voor schep de 'Wadi 2.0'.

Op dinsdag 18 oktober spreek ik Piet Zijlstra, Nick Beekman en Tjerk Klinker op de Klimaatproeftuin. Een plek waar innovaties rondom klimaatopgaven worden uitgedacht en getest voordat ze 'in het echt' worden ingezet. Hier werken bedrijven en verschillende onderwijsinstellingen samen aan het ontwerpen, bouwen en testen van vernieuwende oplossingen tegen hittestress, wateroverlast en droogte. Niet alle innovaties zijn even succesvol, maar dat is juist de bedoeling, vertelt Piet Zijlstra van Polyciviel, die als ervaren ingenieur de ontwikkelingen op de proeftuin overziet. Van zowel de geslaagde projecten, maar ook de innovaties die stranden leer je enorm. Voor Piet is het vooral van belang dat de proeftuin een omgeving biedt waar jonge mensen enthousiast worden gemaakt voor dit thema. Waar ruimte is om te experimenteren en in aanraking te komen met nieuwe manieren van denken. Zo zitten ook Nick Beekman en Tjerk Klinker aan tafel, beiden student civiele techniek aan de Hanzehogeschool Groningen en samen met Piet aan de wieg van de Wadi 2.0.

Met de Wadi 2.0 hoopt het drietal een antwoord te vinden voor een onzichtbare ontwikkeling: de verontreiniging van wadi's door metalen deeltjes. Die vervuiling ontstaat door een fenomeen genaamd 'uitloging', legt Nick uit. Daarbij worden materialen langzaam opgelost in water. Hoewel er doorgaans geen metalen voorwerpen in een wadi zijn te vinden, zijn deze wel volop aanwezig in omliggende buurten. Ze zitten in koperen of zinken dakbedekkingen, loden regenpijpen of in rubberen autobanden. Met elke druppel regen worden kleine beetjes van deze metalen meegenomen naar de wadi. Eenmaal daar aangekomen stapelen ze in de bodem op. Loopt die concentratie te ver op, dan vormt het een gezondheidsrisico voor mens en dier. Nick geeft aan dat er inmiddels in meerdere wadi's grensoverschrijdende hoeveelheden van deze metalen zijn gevonden. Deze kleine deeltjes kunnen grote impact hebben: als deze ontwikkelingen bekend worden kan dat mogelijk einde verhaal zijn voor de wadi, pleit Piet. Daarom is het van belang om naast meten ook te werken aan oplossingen voor deze verontreiniging.

De Wadi 2.0 heeft een experimentele opzet die niet uit één, maar drie wadi's bestaat. Identiek in vorm, omvang, ondergrond en watersysteem. Tjerk ontwerpt een watertoevoer waarmee de drie wadi's evenveel worden verontreinigd, en Nick onderzoekt hoe die verontreiniging vervolgens het beste kan worden uitgefilterd. Daarbij krijgt één wadi een speciaal filter bij de instroom, wordt één voorzien van zuiverende beplanting en wordt de derde wadi als nulmeting een 'gewone' graswadi. Zodra de wadi's af zijn wordt de verontreiniging met behulp van bodemmetingen voor langere tijd gemonitord. De verwachting is dat de filters het meest effectief zullen zijn, maar dat de speciale beplanting ook kansen biedt voor de uitstraling en biodiversiteit van wadi's.

Dit soort innovaties vragen niet alleen om kennis over civiele techniek, maar ook om een andere manier van denken. Met ruim 40 jaar ervaring in deze sector heeft Piet de opkomst van de wadi van greppel af aan meegemaakt. Daarin hebben ingenieurs anders met water moeten leren omgaan: van zo snel

mogelijk afvoeren naar zo langzaam mogelijk infiltreren. Ook Nick en Tjerk geven aan in hun opleiding nog vooral over de meer traditionele technische maatregelen te leren, met weinig aandacht voor groenblauwe oplossingen als wadi's. En dat terwijl ze veel kansen zien voor wadi's, niet alleen als oplossing voor het water, maar ook als toevoeging voor een buurt waar het goed samen kan gaan met andere functies. Piet vult aan dat het een simpele maatregel is om toe te passen, omdat er weinig middelen voor nodig zijn. De drie ingenieurs zitten vol met andere ideeën voor hoe wadi's kunnen worden verbeterd. Zo moet het functioneren van wadi's beter in de gaten worden gehouden en moet er meer aandacht voor onderhoud komen. En om vervuiling in de toekomst te beperken zou regenwater zoveel mogelijk vanaf één punt in de wadi moeten stromen, waardoor de verontreiniging zoveel mogelijk op één plek blijft en het ook makkelijker is om gebruiksfuncties in de wadi veiliger te maken. Er zijn zelfs al ideeën voor een wadi 3.0, waarin bijvoorbeeld slimmer wordt samengewerkt met andere innovaties voor waterdoorlatende verharding of waterbergingen.

Wanneer deze wadi een succes is? Daar denken ze alle drie anders over. Nick: als de filters zodanig werken dat er geen of nauwelijks verontreiniging is. Tjerk: wanneer de ideeën voor deze wadi in de praktijk toegepast worden, hier in een Groningse wijk. En Piet: Als je over 5 jaar in de landelijke pers leest dat deze studenten een vernieuwend werkend idee hebben bedacht.





Wadi's in Vlaardingen

Onderzoeksverslag

Floris Boogaard & Joey Koning
Kenniscentrum NoorderRuimte
Hanzehogeschool Groningen



INTRODUCTIE

Wadi's worden als hemelwatervoorziening steeds belangrijker om regenwater op te vangen, te infiltreren, vertraagd af te voeren en/of te zuiveren. Hoe goed ze die functies uitvoeren kan in de loop der jaren verminderen door bijvoorbeeld dichtslibben, gebruik of misbruik. Daarom is het belangrijk om regelmatig het functioneren van wadi's in beeld te brengen, om zo onderhoud en nieuwe plannen te kunnen verbeteren. In opdracht van de gemeente Vlaardingen hebben we daarom een onderzoek uitgevoerd omtrent het functioneren van een drietal wadi's in deze stad. Daarbij zijn de volgende vragen meegegeven:

1. Wat is de inhoud van de wadi?

De inhoud van de wadi bepaald hoeveel water in de voorziening geborgen kan worden (berging in m³) ten opzichte van het aangesloten oppervlak (Berging in mm). Van twee van de drie wadi's zijn geen (aanleg-)gegevens beschikbaar.

2. Wat is de ledigingstijd van de wadi?

De ledigingstijd van de wadi bepaald hoe snel de waterberging weer beschikbaar is voor het bergen van een opvolgende neerslaggebeurtenis. De gemeente wenst een beeld te hebben van de ledigingstijd, met als doel om het functioneren van de wadi's te kunnen beoordelen.

3. Wat is de kwaliteit van de toplaag?

De wadi's verwerken afstromend hemelwater, waarvan de kwaliteit vaak onbekend is. De gemeente wenst daarom een beeld te krijgen van de bodemkwaliteit. Op basis van deze informatie kan beoordeeld worden of sprake is van verontreinigingen.

Naast deze drie initiële onderzoeksvragen is in een verkennend gesprek met de gemeente Vlaardingen afgesproken om ook bewonerservaringen in beeld te brengen.

Leeswijzer

In dit onderzoeksverslag worden de bevindingen van het onderzoek teruggekoppeld en uitgewerkt in een advies omtrent het beheer van de drie wadi's in Vlaardingen. Daarvoor wordt eerst kort teruggeblikt op de gebruikte methodes en een korte beschrijving gegeven van deze wadi's. Vervolgens worden per verrichte methode de resultaten besproken, aandachtspunten uitgelicht en adviezen gegeven. Aan het eind van het verslag wordt ingegaan op de drie onderzoeksvragen en gereflecteerd op het verloop van het onderzoek.

BESCHRIJVING WADI'S

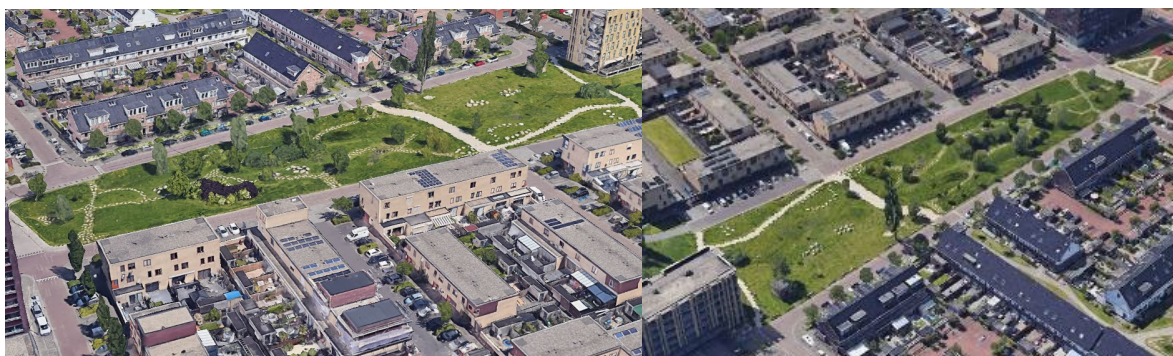
Voor dit onderzoek zijn we gevraagd om metingen uit te voeren op wadi's op de volgende drie locaties:



Locatie 1 – Van Maanenstraat (Babberspolder)

Climatescan link: <https://www.climatescan.nl/projects/9466/detail>

De eerste wadi ligt in het oostelijke deel van Vlaardingen. Het bestaat uit twee bassins en is in 2014 aangelegd. De bergingscapaciteit van deze wadi is onbekend. Het water stroomt via verschillende instroompunten vanuit de wijk naar de wadi, en er zijn slokops aanwezig voor snelle afvoer bij overstromingen. Los van de rol in het watersysteem functioneert de wadi ook als wandelgebied- en ontmoetingsgebied voor de omliggende woonwijk. De bodem onder deze en de andere wadi's is van oorsprong kleilig, en in alle drie de wadi's wordt een maaibeleid van tweejaarlijks maaien gehanteerd. Tot slot wordt de wijk waar de wadi aan de Van Maanenstraat in ligt als 'vooroorlogs bouwblok' gedefinieerd, gebouwd tussen 1900 en 1940 en gekarakteriseerd door rijtjeswoningen, meerlaagse woningen en brede straten.



Locatie 2 – Prof Teldersstraat (Westwijk)

Link Prof. Teldersstraat: <https://www.climatescan.nl/projects/9464/detail>

Link Prof. Mekelstraat: <https://www.climatescan.nl/projects/9463/detail>

De wadi's aan de Professor Teldersstraat en Professor Mekelstraat liggen in de Westwijk en bestaan uit tweemaal drie geschakelde bassins, verspreid over de twee straten. De drie aan de Professor Teldersstraat hebben gezamenlijk afgerond 600 m³ aan bergingscapaciteit en de drie aan de Professor Mekelstraat afgerond ~120 m³. Deze wadi's komen uit bouwjaar 2004 en bieden ook mogelijkheden voor wandelen en sport op een naastgelegen basketbalveld. Tijdens het veldwerk zijn er geen slokops gevonden en ondanks dat ze er volgens de tekeningen liggen ook geen instroompunten vanuit de wijk. Mogelijk zijn deze over tijd uit het zicht verdwenen door beheer en begroeiing. Tot slot liggen deze wadi's in een wijktype 'sub-urbane uitbreiding', wat tussen 1990 en nu is ontwikkeld en wordt gekenmerkt door de nadruk op appartementen en rijtjeswoningen.



Locatie 3 – 'Planciuslocatie (Westwijk)

Climatescan link Lorentzstraat: <https://www.climatescan.nl/projects/9462/detail>

Climatescan link Van Leeuwenhoekstraat: <https://climatescan.nl/projects/9465/detail>

Climatescan link Van 't Hoffstraat: <https://climatescan.nl/projects/9467/detail>

Tot slot ligt de wadi op de 'Planciuslocatie' verspreid in de noordwestelijke hoek van Vlaardingen. Hij behoort tot de oudste wadi's in Nederland, afkomstig uit 1999. De wadi bestaat uit 5 bassins: één aan de Lorentzstraat (zo'n 200 m³ berging), twee aan de Van Leeuwenhoekstraat (zo'n 300 m³ berging) en twee aan de Van 't Hoffstraat (nog eens 90 m³ berging). Ook deze wadi's zijn verrijkt met wandelroutes voor de omliggende woonwijken en in de wadi aan de Lorentzstraat is ook een speeltuin opgenomen. Ook in deze wadi zijn bij inspectie geen zichtbare instroompunten of slokops gevonden. Deze wadi ligt in een wijktype 'Tuinstad laagbouw', die tussen 1945 en 1960 veel werden ontwikkeld en worden gekenmerkt door veel groen en open bouwblokken.



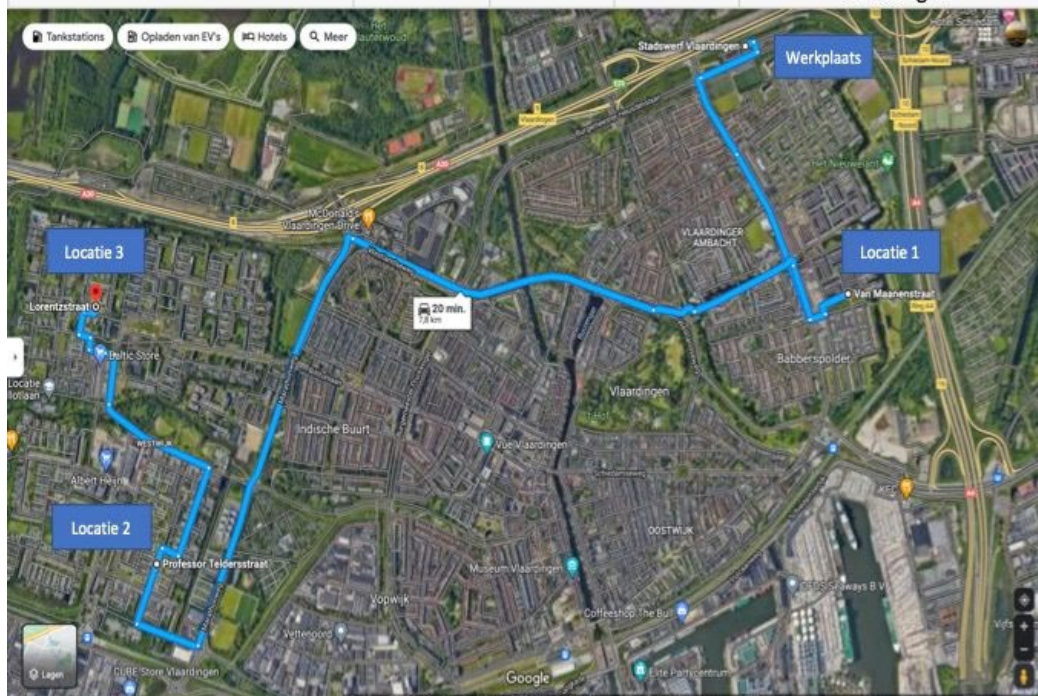
AANPAK

Op basis van de onderzoeksvragen van de Gemeente Vlaardingen en het verkennende gesprek zijn er een 3-tal methodes ingezet om het functioneren van de wadi's in beeld te brengen, die hieronder kort worden besproken:

1. Full-scale infiltratietests
2. XRF-metingen van bodemverontreiniging
3. Buurtscan onder bewoners

De metingen zijn met ondersteuning van studenten van de Hogeschool Rotterdam (watermanagement) en de Hanzehogeschool Groningen (civiele techniek) op dinsdag 6 december 2022 uitgevoerd. Daarnaast is een expert vanuit Tauw ingeschakeld om te ondersteunen in de metingen naar bodemverontreiniging. De metingen liepen grofweg volgens onderstaande planning:

Locatie	Tijd:			Adres:
Beginnen werkplaats Gemeente Vlaardingen	09:00 - 09:30			Stadswerf Vlaardingen, Burgemeester Heusdenslaan, Vlaardingen
Locatie 1: Wadi Van Maanenstraat	09:30 - 11:30			Van Maanenstraat, 3135 PP Vlaardingen
Locatie 2: Professor Teldersstraat	12:30 - 14:30			Professor Mekelstraat 6, 3132 BD Vlaardingen
Locatie 3: Planciuslocatie	15:00 - 17:00			Lorentzstraat, 3132 SP Vlaardingen



METHODE 1: FULL-SCALE INFILTRATIE TESTS

Er zijn diverse methodes beschikbaar om de infiltratiecapaciteit van een wadi te testen. In de metingen in Vlaardingen zijn de zogenaamde ‘full-scale test’ toegepast. Daarmee wordt een intensieve regenbui nagebootst door middel van een watertank die een grote hoeveelheid water op de wadi loost. Door met sensoren de waterdruk te meten brengen we in beeld hoe snel het water in de wadi infiltreert. Vaak dammen we een deel van de wadi in met zandzakken om een kleiner testvak te maken, zodat niet de hele wadi hoeft te worden gevuld. Door dit op verschillende plekken in een wadi uit te voeren kunnen we een gemiddelde infiltratiecapaciteit van de wadi bepalen en ook opmaken of specifieke compartimenten minder functioneren (door bijvoorbeeld dichtslibbing). Daarnaast kijken we naar de bodemopbouw om te bepalen wat de invloed hiervan is op het infiltratievermogen van de wadi.



METHODE 2: BODEMVERONTREINIGING & XRF

Bij bodemverontreiniging kijken we naar de verzameling van potentieel schadelijke metaaldeeltjes in de toplaag van de bodem in de wadi's. Vooral koper, lood en zink komen nog vaak voor in dakbedekkingen, op straat of elders in de openbare ruimte. Bij regenval worden dit soort deeltjes meegevoerd naar de wadi waar ze over verloop van tijd tot schadelijke concentraties kunnen oplopen, vooral rondom instroompunten. De aanwezigheid en concentratie van deze deeltjes meten we met behulp van een zogenaamde ‘Portable XRF-scanner’ methode, waarbij röntgenstraling wordt gebruikt om metaaldeeltjes in de grond op verschillende punten in de wadi te meten.

METHODE 3: BUURTSCAN ONDER BEWONERS

Er zijn meerdere redenen om de beleving van een wadi door omwonenden te meten. Allereerst om een beeld te krijgen van het functioneren van de wadi door het jaar heen en om te horen of er overlast van water of droogte wordt ervaren. Ten tweede om te ontdekken hoe de wadi wordt gebruikt door omwonenden. Zo vormen wadi's steeds vaker ontmoetingsplekken waar wordt gewandeld, gespeeld of zelfs gefeest. Dit kan impact hebben op het functioneren van de wadi, maar kan ook een koppelkans zijn in het (her)ontwikkelen van wadi's. Tot slot is het goed om een beeld te krijgen van de beleving van de wadi door omwonenden, of ze weten waar het toe doet en of er draagvlak voor is vanuit de buurt. Dit soort ervaringen brengen wij in beeld door middel van enquêtes onder omwonenden. Daarin vragen we naar o.a. hun waardering van de wadi, positieve en negatieve aspecten, het gebruik en verbeterpunten.

RESULTATEN

Hieronder worden per methode de belangrijkste resultaten van de proeven op 6 december gedeeld. Aan deze bevindingen worden meteen mogelijke verklaringen gekoppeld en indien nodig adviezen gegeven voor verbetering in de toekomst.

INFILTRATIECAPACITEIT

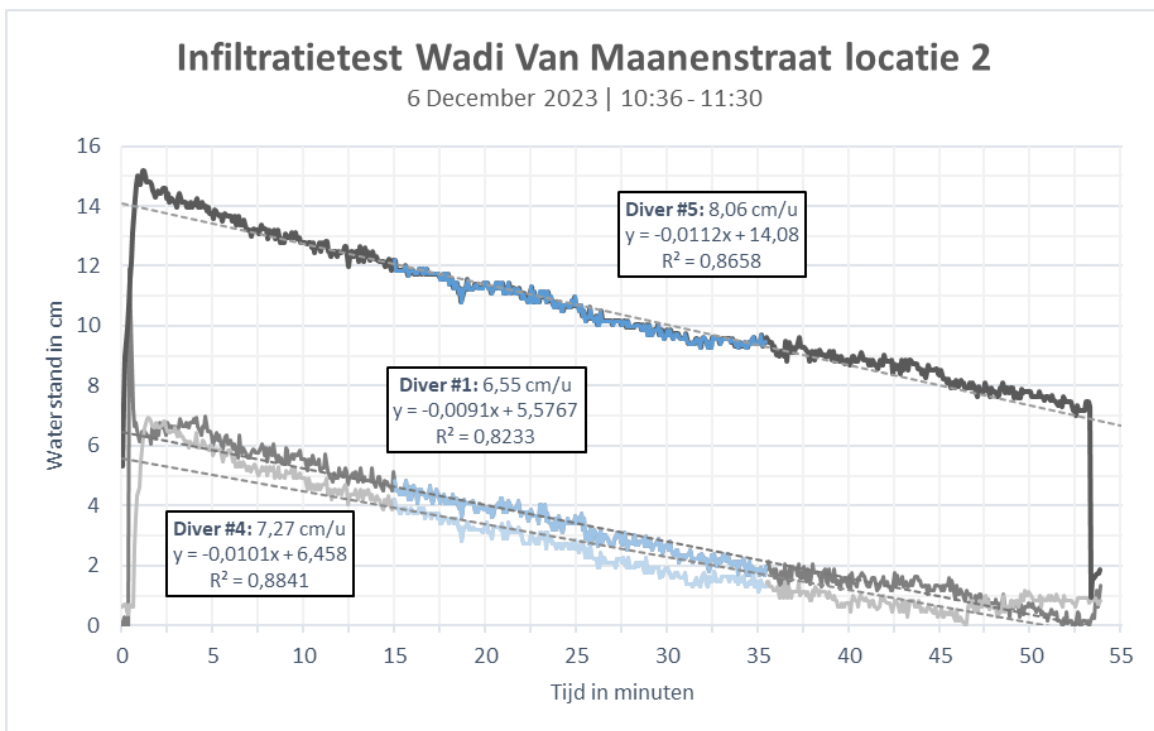
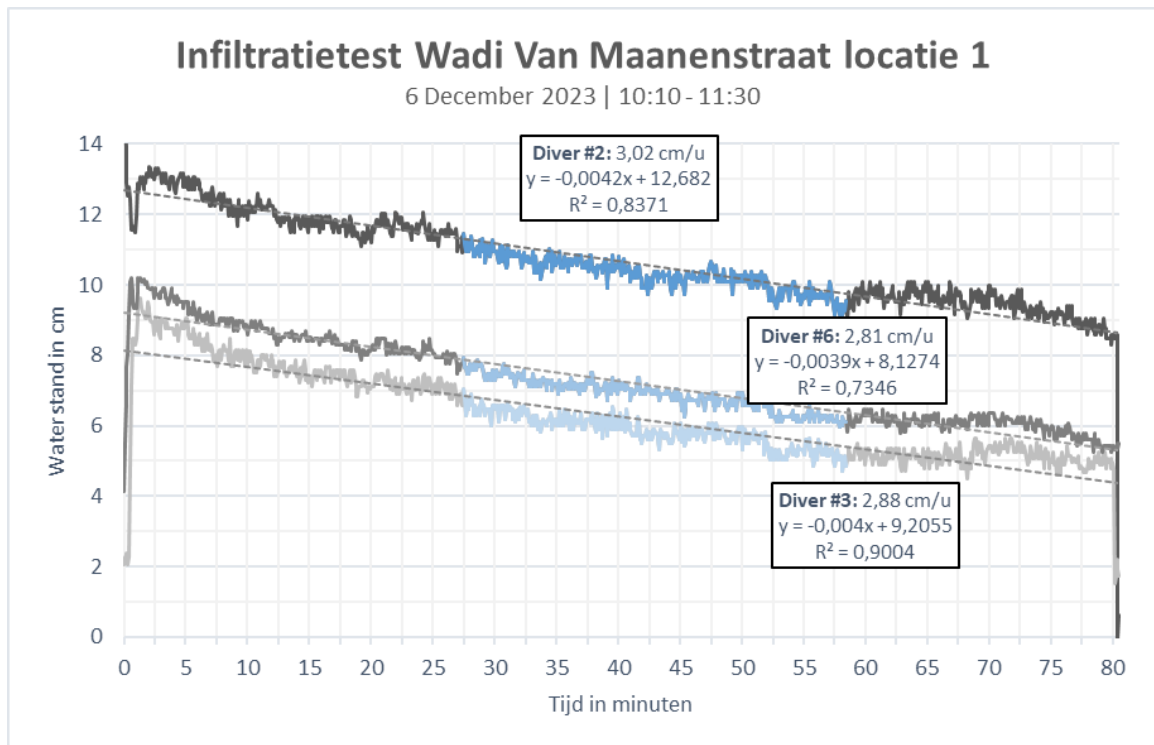
De tabel hieronder geeft de gemiddelde infiltratiecapaciteit weer van de verschillende wadicompartimenten op de verschillende locaties. Daarbij worden de infiltratiesnelheden weergegeven per uur en per dag en afgezet tegen een indicatieve norm uit landelijke richtlijnen van STOWA. Die zegt dat wadi's binnen 48 uur leeg moeten zijn om te voorkomen dat muggen eitjes leggen en het stilstaande water verontreinigd raakt. Uit de metingen is op te maken dat alle onderzochte wadi's ruimschoots voldoen aan deze nationale norm en dat er geen reden is om op korte termijn hier acties voor te ondernemen. Wel zijn er een aantal wadi's waar een relatief lage infiltratiesnelheid is gemeten (zoals de Lorentzstraat). Hier is het raadzaam om op termijn opnieuw metingen naar de infiltratiesnelheid te doen om te bepalen of de infiltratiesnelheid vermindert. In het volgende stuk wordt de infiltratiesnelheid- en curve per wadi getoond en wordt er ingegaan op mogelijke verklaringen.

Locatie	i/uur	i/dag
Van Maanenstraat (#1)	2,9 cm/u	69,7 cm/dag
Van Maanenstraat (#2)	7,3 cm/u	175 cm/dag
Professor Mekelstraat (#1)	2,8 cm/u	68,2 cm/dag
Professor Mekelstraat (#2)	5,3 cm/u	126,4 cm/dag
Lorentzstraat (#1)	6,1 cm/u	147,4 cm/dag
Lorentzstraat (#2)	1,6 cm/u	39,2 cm/dag
Lorentzstraat (#3)	23,6 cm/u	566,8 cm/dag
NORM:	0,625 cm/u	15 cm/dag

Van Maanenstraat

Op de Van Maanenstraat is in twee compartimenten een meting uitgevoerd, wat terug te zien is op het overzichtsplaatje rechts. De infiltratiecurves op de volgende pagina laten in beide compartimenten een stabiel en normaal verloop zien. Wat opvalt is dat locatie 1 bij het instroompunt een langzamere infiltratiesnelheid heeft. Een mogelijke verklaring is de relatief dikke laag klei die we bij grondboringen in de toplaag aantreffen. Daarentegen lag het tweede compartiment rechtstreeks boven een drainage, waardoor deze mogelijk sneller leegliep.





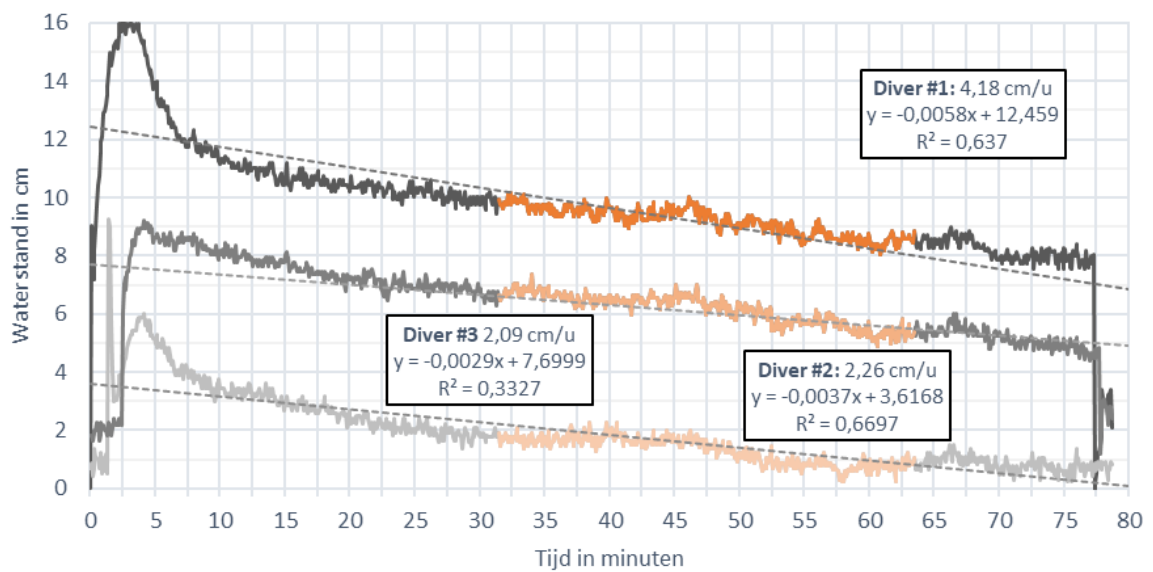
Professor Mekelstraat / Professor Teldersstraat

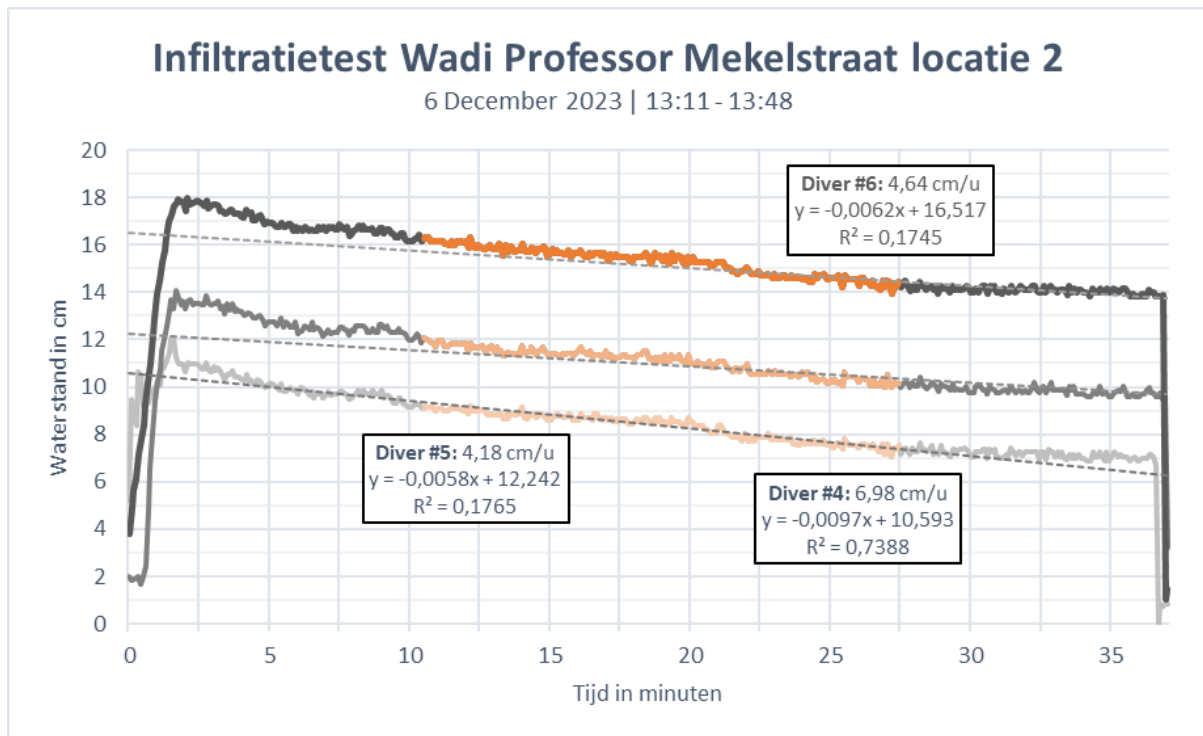
In de dubbele rij wadi's op de Professor Mekel- en Professor Teldersstraat is steeds op het middelste compartiment een meting uitgevoerd. Ook hier is in beide infiltratiecurves een normaal verloop terug te zien, waarin er eerst sprake is van een steilere curve door het vullen van de ondergrondse ruimtes (de sponsfunctie van de bodem), gevolgd door de langzamere infiltratie in de diepere bodem. De twee wadi's verschillen niet veel van snelheid, maar de eerste is wel iets langzamer. Een mogelijke verklaring is ook hier de gevonden kleilaag in de bodem.



Infiltratietest Wadi Professor Mekelstraat locatie 1

6 December | 12:23 - 13:43





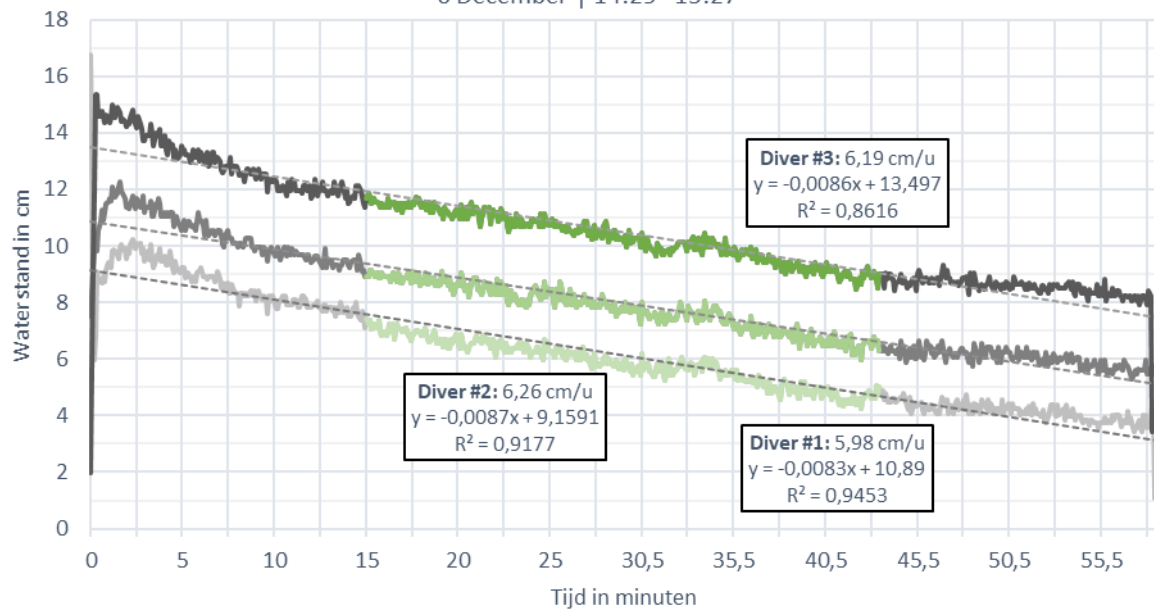
Lorentzstraat

De wadi's aan de Lorentzstraat en aangelegene straten ligt verspreid over een 'Z' vorm, waarin we langs elke zijde een meting in één compartiment hebben gedaan. Hoewel de curves een normaal verloop laten zien is die van de tweede meting vrij vlak, wat verklaard kan worden door de regenval tijdens het doen van deze metingen. De infiltratie in het derde compartiment verliep daarentegen weer relatief snel, waar los van de kortere meettijd geen duidelijke oorzaak voor is gevonden.



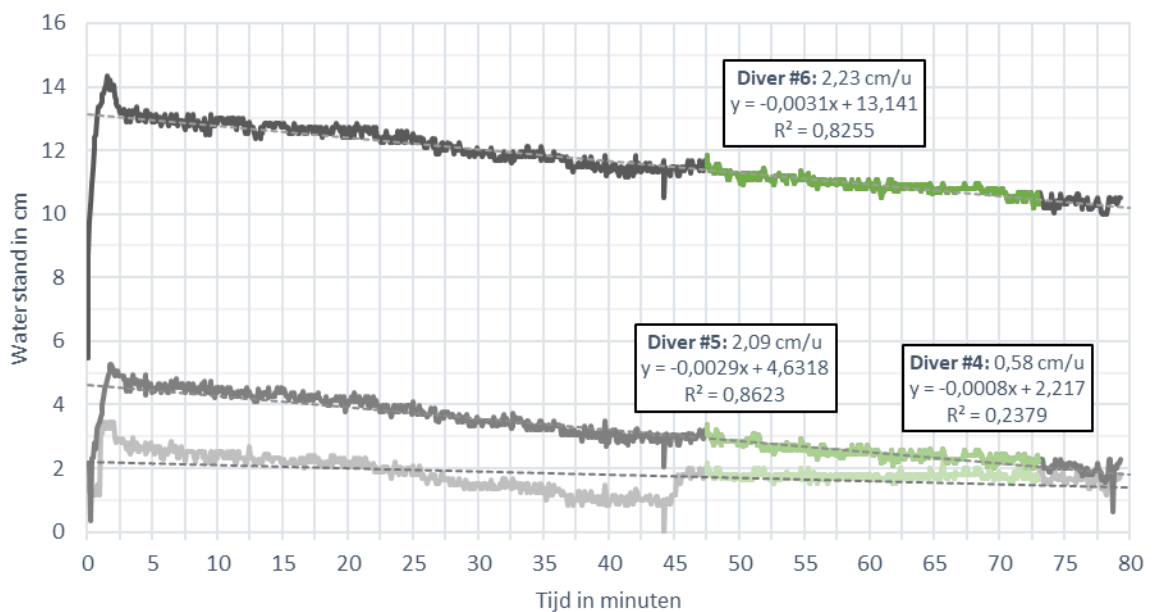
Infiltratietest Wadi Lorentzstraat locatie 1

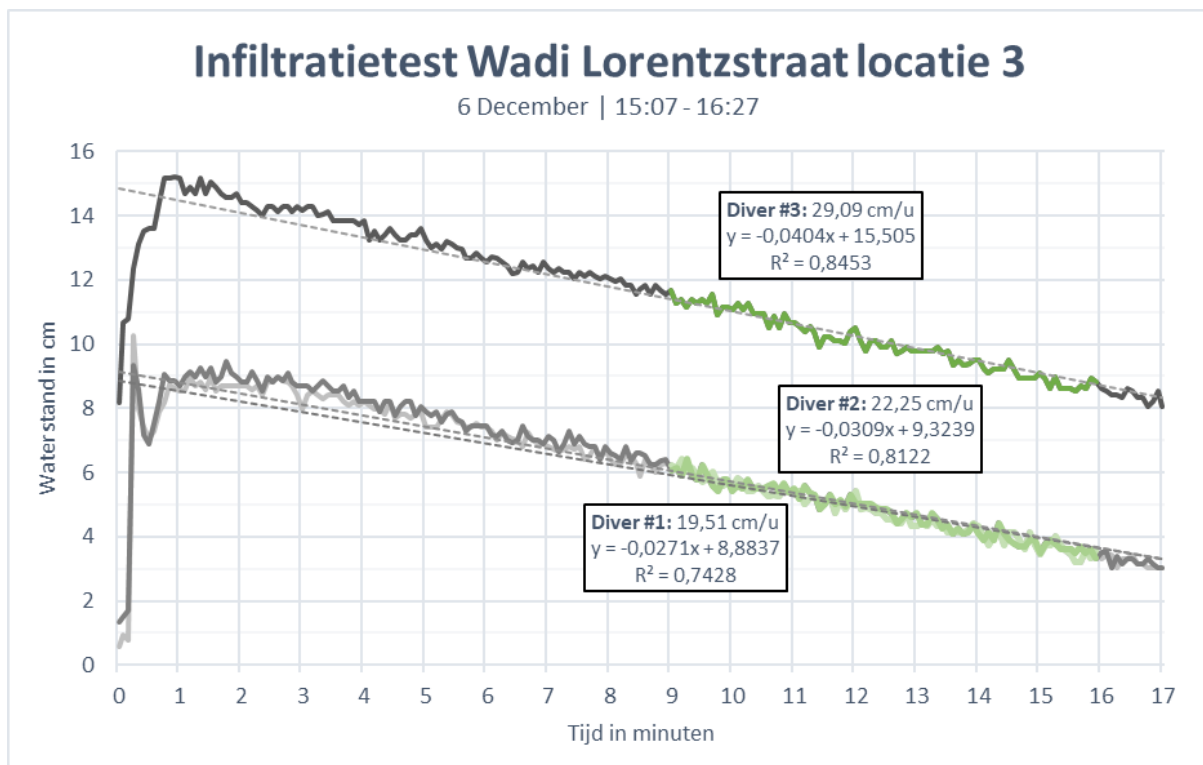
6 December | 14:29 - 15:27



Infiltratietest Wadi Lorentzstraat locatie 2

6 December | 15:07 - 16:27





Adviezen infiltratie

Op basis van de infiltratieproeven zijn geen directe aanleidingen voor ingrijpen gevonden. Alle wadi's voldoen aan de landelijke normen voor infiltratiesnelheid. Mogelijk infiltreert de wadi aan de Van 't Hoffstraat zelfs iets te snel. Daarom is het van belang om de reden voor deze hoge infiltratiesnelheid te achterhalen. Daarnaast hebben een aantal wadi's een relatief lage infiltratiesnelheid, die bij eventueel dichtslibben in de toekomst kan verminderen. Om het functioneren van de wadi in de toekomst te kunnen blijven garanderen is daarom het advies om op termijn dit soort infiltratietesten te herhalen om iets te kunnen zeggen over de ontwikkeling van dit functioneren. Een losstaand advies heeft betrekking op de instroompunten die in veel wadi's moeilijk te vinden waren. Dit kan de afwatering vanuit de buurt op de wadi in de weg zitten en daarmee het functioneren van de wadi verminderen. Het is daarom aan te raden om te achterhalen of deze instroompunten aanwezig zijn en of deze onderhoud nodig hebben om weer goed te functioneren.

BODEMVERONTREINIGING

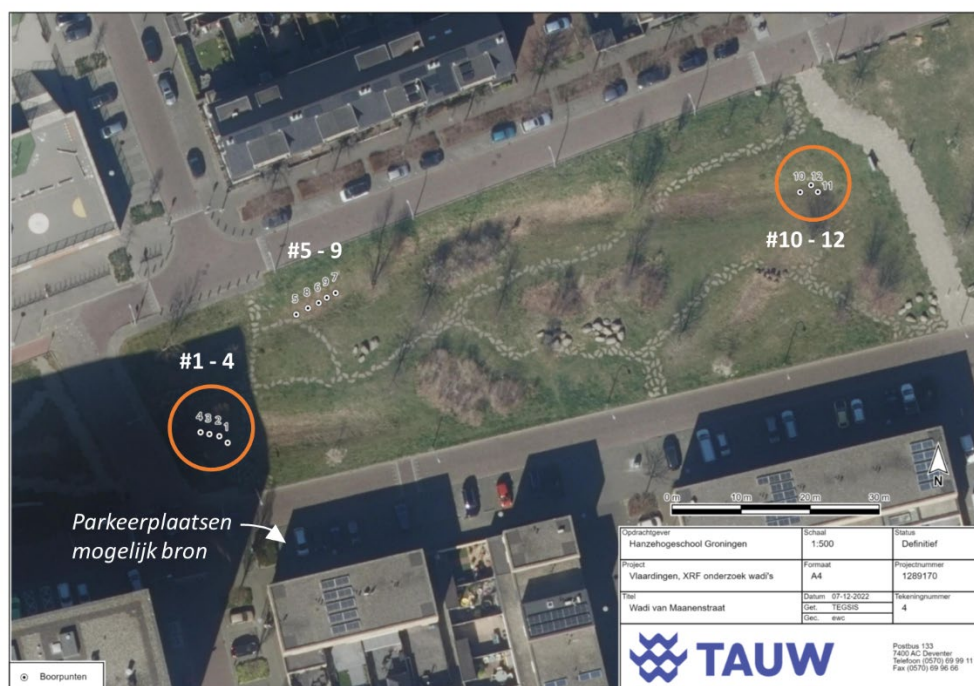
De bodemverontreiniging wordt hieronder per wadi weergegeven in een tabel, waarin de concentraties van zink, lood en koper als meest voorkomende metaaldeeltjes worden getoond. Onderaan de tabellen zijn de landelijke normen voor deze verontreiniging genoemd, waarbij vanaf de interventiewaarde gezondheidsrisico's kunnen ontstaan. De metaalconcentraties in de drie onderzochte wadi's overschrijden deze grens niet. De waarden die wel de streefwaarde overschrijden zijn met een oranje kleur aangestipt. De locaties en punten in de tabellen zijn terug te vinden in de begeleidende kaartjes.

Van Maanenstraat

Op de wadi aan de Van Maanenstraat zijn op een paar plekken verhoogde concentraties van zink gevonden, voornamelijk rond het instroompunt in de zuidwestelijke hoek. Een mogelijke bron zijn de naastgelegen weg en parkeerplaatsen, waar autobanden zink achterlaten die met regenwater mee de

wadi instroomt en daar ophoopt. Hoewel er nog geen interventiewaarden worden overschreden en er daarom geen directe actie nodig is, is het wel raadzaam om de verontreiniging op termijn nog eens te laten meten om te bepalen of deze toeneemt en actie te ondernemen als deze gezondheidsrisico's oplevert. Vooral als de wadi gebruikt wordt als speelplaats voor kinderen en als uitlaatgebied. Omdat er een centraal instroompunt is zouden hier bijvoorbeeld filters in kunnen worden geplaatst om verdere verontreiniging in de toekomst te voorkomen.

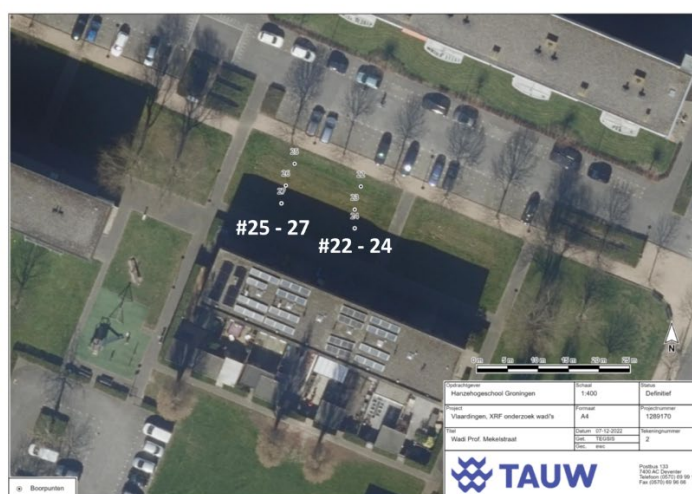
#	GPS Coördinaten	Zink (ppm)	Lood (ppm)	Koper (ppm)
(1)	X: 84413,444; Y: 436746,742	130	15	10
(2)	X: 84412,218; Y: 436747,717	590	28	10
(3)	X: 84410,74; Y: 436748,031	460	19	14
(4)	X: 84409,42; Y: 436748,314	200	2,9	10
(5)	X: 84423,543; Y: 436765,574	3,4	2,9	10
(6)	X: 84426,87; Y: 436767,263	22	2,9	10
(7)	X: 84429,37; Y: 436768,718	370	2,9	10
(8)	X: 84425,279; Y: 436766,491	14	2,9	10
(9)	X: 84428,052; Y: 436768,036	25	2,9	10
(10)	X: 84497,93; Y: 436783,485	190	75	10
(11)	X: 84499,542 Y: 436784,535	170	55	10
(12)	X: 84500,518; Y: 436783,534	120	38	10
STREEFWAARDE		140	85	36
INTERVENTIEWAARDE		720	530	190



Professor Mekels- & Professor Teldersstraat

Op de wadi's aan de Professor Mekel- & Professor Teldersstraat zijn relatief lage zinkconcentraties gevonden die nauwelijks de streefwaarde overschrijden. Gezien de leeftijd van de wadi's is er daarom geen reden om in te grijpen en ook geen aanleiding om op korte termijn hier nog eens te laten meten naar de verontreiniging. Wel viel tijdens het veldwerk op dat er geen duidelijk instroompunt of andere afwatermogelijkheden aanwezig waren waardoor het water moeilijk in de wadi kan lopen. Mogelijk verzamelt de verontreiniging uit de buurt zich daarom op plekken om de wadi's heen.

#	GPS Coördinaten	Zink (ppm)	Lood (ppm)	Koper (ppm)
(13)	X: 81494,899; Y: 435877,303	160	6,5	10
(14)	X: 81492,095; Y: 435878,615	74	9,3	10
(15)	X: 81489,453; Y: 435880,014	31	4,6	10
(16)	X: 81484,791; Y: 435847,689	39	10	10
(17)	X: 81482,149; Y: 435849,398	210	11	10
(18)	X: 81479,196; Y: 435850,952	59	18	10
(19)	X: 81472,358; Y: 435818,472	47	9,2	10
(20)	X: 81468,939; Y: 435819,404	45	7,6	10
(21)	X: 81466,453; Y: 435821,114	52	11	10
(22)	X: 81517,285; Y: 436067,207	100	26	10
(23)	X: 81516,259; Y: 436063,444	150	33	10
(24)	X: 81516,259; Y: 436060,365	150	34	10
(25)	X: 81506,323; Y: 436070,978	130	29	10
(26)	X: 81504,88; Y: 436067,37	130	34	10
(27)	X: 81504,158; Y: 436064,484	94	20	10
STREEFWAARDE		140	85	36
INTERVENTIEWAARDE		720	530	190



Lorentzstraat (Planciuslocatie)

De wadi aan de Planciuslocatie laat op één meetpunt verhoogde waarden van zink en koper zien. Beide concentraties zijn nog geen aanleiding tot ingrijpen. Omdat het een wadi is die als speel- en uitlaatplek gebruikt wordt is het wel raadzaam om hier op termijn nog eens een meting te laten uitvoeren om te kijken hoe deze concentraties zich ontwikkelen. Een mogelijke bron voor de verhoogde waarden zijn de naastgelegen speeltoestellen.

#	GPS Coördinaten	Zink (ppm)	Lood (ppm)	Koper (ppm)
(28)	X: 81248,154; Y: 436658,431	120	10	10
(29)	X: 81235,725; Y: 436673,161	96	23	10
(30)	X: 81209,602; Y: 436683,06	81	16	10
(31)	X: 81171,284; Y: 436683,287	110	34	10
(32)	X: 81133,638; Y: 436694,804	55	13	10
(33)	X: 81128,953; Y: 436726,154	52	19	10
(34)	X: 81143,905; Y: 436750,298	37	5,7	10
(35)	X: 81143,527; Y: 436768,065	43	4,1	10
(36)	X: 81136,723; Y: 436797,928	80	3,8	10
(37)	X: 81144,661; Y: 436838,754	380	17	46
(38)	X: 81150,332; Y: 436855,009	69	3,4	10
(39)	X: 81162,428; Y: 436858,411	59	15	10
(40)	X: 81168,855; Y: 436870,13	55	15	10
(45)	X: 81122,029; Y: 436972,254	54	16	10
STREEFWAARDE		140	85	36
INTERVENTIEWAARDE		720	530	190



Adviezen

In geen van de onderzochte wadi's is direct aanleiden tot ingrijpen. Wel zijn er een aantal punten die met het oog op gebruik door kinderen en dieren in de gaten gehouden dienen te worden. Mochten de concentraties op deze plekken in de toekomst oplopen dan zijn er twee acties raadzaam. In de eerste plaats om de verontreiniging weg te halen door de toplaag van de wadi op verontreinigde plekken te vervangen. Indien gewenst kan toekomstige verontreiniging in de wadi daarnaast worden voorkomen door ofwel de bron aan te pakken (vaak lastig), of een filter op het instroompunt te zetten.

BEWONERSERVARINGEN

Los van onze objectieve metingen is het ook van belang om het perspectief en de beleving van omwonenden van de wadi's in beeld te brengen, om zo te evalueren hoe de wadi functioneert en beter aan kan sluiten op wensen van de bewoners.

Van Maanenstraat

De 4 gesproken omwonenden zijn gemengd tevreden over de wadi aan de Van Maanenstraat. Ze weten wat de wadi is en wat het doet, en het wordt naast deze watergerelateerde functie gebruikt als ontmoetingsplek en voor activiteiten vanuit de school. Er worden ook een aantal verbeterpunten

aangekaart, variërend van het uitbreiden van de biodiversiteit (specifiek worden nestkastjes genoemd), tot het beheren van oppervlaktevervuiling in de wadi en meer speelelementen voor kinderen inrichten. Gezien de omvang van de wadi is er genoeg ruimte om dit soort aanvullende functies te overwegen. Er wordt bijvoorbeeld vaker gespeeld met andere hoogtes in de verschillende compartimenten van een wadi, om zo plekken te creëren waar kinderen kunnen spelen, die pas in een later stadium als waterberging hoeft te worden gebruikt.

Professor Mekel- & Professor Teldersstraat

De wadi's aan deze beide straten scoren laag op beleving onder de 5 gesproken bewoners. Het voornaamste positieve punt dat genoemd werd is dat het als hondenuitlaatplek wordt gewaardeerd. Verbeterpunten die worden aangedragen zijn het verzamelen van afval in de wadi's, het uitbreiden van de biodiversiteit met bijvoorbeeld struiken, het tegengaan van de modder in de wadi's en de maaifrequentie in verband met de hoge lengte van het gras. Ook hier is er voldoende ruimte aanwezig om meer met variaties in plantsoorten in de wadi's te doen. Dit kan ook bevorderlijk werken voor het bodemleven en daarmee het infiltratievermogen van de wadi.

Planciuslocatie

Ook over de wadi aan de Planciuslocatie zijn de 4 gesproken bewoners gemengd tevreden. De wadi wordt gebruikt als speelplek door kinderen uit de buurt, en ook voegt de wadi volgens de bewoners iets toe aan de ruimtelijke kwaliteit van de wijk. Wel geven bewoners aan zich op sommige plekken in de wadi onveilig te voelen vanwege slechte zichtlijnen veroorzaakt door beperkte verlichting en aanwezige begroeiing van bomen en struiken. We adviseren dan ook om in deze wadi te kijken naar of bomen en struiken in het maaibeleid worden meegenomen. Het tijdig afvangen van blad van struiken en bomen kan ook helpen om dichtslibben van de wadi tegen te gaan.

Advies

Over het algemeen worden de wadi's gewaardeerd als watersysteem en geven veel bewoners aan regelmatig water in de wadi's te zien. Op de plekken waar kinderen aanwezig zijn wordt de wadi ook als speelplek gebruikt. De verbeterpunten voor de wadi's ten aanzien van belevingswaarde zitten vooral in het onderhoud (tegengaan zwerfafval, bladbeheer) en de aanvullende functies (als speelplek, biodiversiteit).

CONCLUSIES

Terugblikkend op het onderzoek delen we in dit deel de belangrijkste lessen en adviezen aan de Gemeente Vlaardingen. De belangrijkste conclusie is dat alle onderzochte wadi's ruimschoots voldoen aan de landelijke normen rondom infiltratiecapaciteit en bodemverontreiniging. Daarmee is er voorlopig geen aanleiding om in te grijpen op de drie wadi's. Op basis van de metingen hebben we drie concrete adviezen:

1. Onderzoek of en hoe het water de wadi's instroomt

Op de wadi's aan de Professor Mekel- en Professor Teldersstraat en de Planciuslocatie is niet overal te herleiden waar instroompunten in de wadi zitten en in welke mate water uit de omgeving in de wadi's kan stromen. Aangezien dit bepalend is voor het functioneren van de wadi is het van belang om dit uit te zoeken en zo nodig aan te pakken.

2. Herhaal op termijn op een aantal plaatsen de metingen

Hoewel er nu geen normen zijn overschreden worden op een aantal plaatsen wel lagere infiltratiesnelheden en verhoogde zinkconcentraties gevonden. Met oog op het functioneren en de veiligheid van de wadi's is het verstandig om deze blijvend te monitoren om ontwikkelingen over tijd in beeld te brengen en zo te bepalen of er over een aantal jaren wel ingrijpen nodig is. Specifiek gaat dat om de Planciuslocatie waar in het middelste compartiment een vrij lage infiltratiesnelheid is gemeten en een hoge zinkconcentratie naast de speeltoestellen, de Van Maanenstraat waar hogere zinkconcentraties naast het instroompunt zijn gevonden en de Van 't Hoffstraat, waar erg hoge infiltratiesnelheden zijn gevonden.

3. Overweeg aanvullende toepassingen op de wadi's

Vanuit hun beleving gaven meerdere bewoners aan behoefte te hebben aan meer speelvoorzieningen voor kinderen en gevarieerdere beplanting in de wadi's. Naast een bijdrage aan biodiversiteit en belevingswaarde kan dit laatste ook bijdragen aan het functioneren van de wadi, door het stimuleren van bodemleven wat bij kan dragen aan de infiltratiecapaciteit en dichtslibbing (modder) kan tegengaan. Bovendien zijn er bepaalde plantsoorten die zinkdeeltjes kunnen filteren, waarmee ze bij kunnen dragen aan het tegengaan van bodemverontreiniging.