



DE BEPLANTE WADI

BLIJVENDE UTOPIE OF NIEUW ASPECT
IN DE OPENBARE RUIMTE.....

19 mei 2017
Koos Verkade
Elma Koopman-Kuipers
Kevin Groen

DE NEDERLANDSE WADI BEPLANT?!

BLIJVENDE UTOPIE OF NIEUW ASPECT IN DE OPENBARE RUIMTE.....

VOOR MEER INFORMATIE:
[HTTP://WWW.KOOSVERKAED.NL/WADI%202.0.HTML](http://www.koosverkaed.nl/wadi%202.0.html)

COLOFON

Auteurs:

Koos Verkade K

Elma Koopman-Kuipers E

Kevin Groen K

Opleiding:

Tuin- en Landschapsinrichting

Onderdeel:

Afstudeeropdracht

Afstudeerrichting:

Planuitwerking en Realisatie T&L

Onderwijsinstelling:

Hogeschool Van Hall Larenstein

Eerste druk:

19 mei 2017

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de auteurs.

De auteurs aanvaarden geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten uit deze onderzoeksrapportage.

VOORWOORD

Bij de opdrachten in ons derde studiejaar kwamen wij enkele malen in aanraking met het verschijnsel wadi. Dit Arabische woord betekent ‘droogstaande rivierbedding’. De Nederlandse betekenis is Water-Afvoer Door Infiltratie.

Dé Nederlandse wadi ziet er in de meeste gevallen uit als een verdiept gazon of een brede, met gras begroeide greppel. Saai, zo vonden en vinden wij. Al snel werpt dan de vraag zich op: kan dit niet anders?

Het antwoord is te vinden op internet onder de zoekterm ‘bioswale’, ‘rain water garden’ of ‘Bepflanzung Versickerungsmulde’. Hierin is te lezen dat het kán en dat men er in het buitenland kennelijk meer mee bezig is dan wij hier in Nederland. De reden daarvoor c.q. de oorzaak daarvan is ons niet duidelijk. Al snel vroegen wij ons dan ook concreet af, waarom in Nederland nauwelijks wadi’s beplant worden met vaste planten en eventueel houtige gewassen, terwijl dit wel mogelijk is.

Het was wel een zoektocht naar de juiste formulering van de hoofdvraag. Wat wij wilden onderzoeken was voor ons wel duidelijk maar de formulering was onderwerp van uitgebreide e-mail-wisselingen en brainstormsessies. Uiteindelijk kwam daaruit de centrale vraag van dit rapport tevoorschijn:

Hoe kunnen we ervoor zorgen dat wadi’s in Nederland beplant worden?

Dat een wadi beplant kan worden is al door velen onderzocht. Hieraan besteden we dan ook weinig aandacht. Er moet echter een knop om, die maakt dat dit ook in Nederland gaat gebeuren.

Tenslotte wilden we ook ergens naar toe werken: de verfraaiing van het saaie beeld dat de Nederlandse wadi bij ons oproept. Er moet dus een knop om bij alle partijen, die zich bezighouden met ontwerp en beheer van het openbaar groen.

Graag willen wij de deskundigen uit het werkveld bedanken voor de tijd die zij genomen hebben en voor hun verdere behulpzaamheid in welke vorm dan ook bij de totstandkoming van dit onderzoeksrapport. Ook willen wij Laura Tanis-van der Sluijs bedanken voor de plezierige wijze van begeleiding.

Velp, 19 mei 2017

Koos Verkade

Elma Koopman-Kuipers

Kevin Groen

SAMENVATTING

Allereerst is het goed om achterom te kijken. Hoe is de start geweest van dit onderzoek en wat was het proces dat is doorlopen? Daarom eerst terug naar het begin: het plan van aanpak. Wanneer dit wordt geopend dan valt op dat juist de centrale vraag anders is geformuleerd dan in het onderzoeksrapport, namelijk: De beplante wadi; hoe zetten we in Nederland de knop om naar nieuw adaptief groen? Het onderzoeksdoel was wel bekend maar de weg ernaar toe, inclusief het stellen van de juiste vragen, bleef een moeilijk gegeven. Ook dit is al in het plan van aanpak beschreven.

Uiteindelijk is gekozen voor de centrale vraag zoals die in dit rapport is geformuleerd:

- *Hoe kunnen we ervoor zorgen dat wadi's in Nederland beplant worden?*

Naast deze hoofdvraag is er ook een drietal deelvragen ontstaan, waarop in dit rapport ook de antwoorden te vinden zijn.

- *Wat zijn de redenen dat wadi's (nu) niet beplant worden?*
- *Welke redenen zijn er om wadi's juist wel te beplanten?*
- *Welke mogelijkheden zijn er om beplante wadi's te realiseren?*

Vooraf zijn ook duidelijk de kaders vastgesteld waarbinnen het onderzoek zich afspeelt. Al komt beplanting wel aan de orde, het onderzoek naar geschiktheid is bijvoorbeeld niet opgenomen omdat anderen dit al hebben gedaan. Zo is ook de vraag of het wel mogelijk is, een wadi te beplanten niet gesteld omdat ook deze al door de buitenlandse literatuur, maar ook Nederlandse onderzoekers positief is beantwoord.

Om tot beantwoording van de onderzoeksvragen te komen, is er een aantal stappen genomen. Allereerst is er gekeken welke literatuur er in Nederland maar ook in het buitenland te vinden is. Daarnaast is er persoonlijk contact gezocht met personen die in het werkveld van groen en water bezig zijn en in hun vakgebied te maken hebben met waterberging en infiltratie of juist met beplantingen. Deze contacten werden al in een vroeg stadium gelegd via beurzen en telefonische afspraken. Wat echter al snel bleek was dat dit onderzoek nogal wat stof deed opwaaien. Zo werden steeds meer de zaken omgedraaid en kwamen er vanuit diverse kanten verzoeken om eens over dit onderwerp te mogen praten. Aan belangstelling dus geen gebrek.

Allereerst de literatuurstudie: er zijn verschillende buitenlandse situaties op het gebied van de beplanting van hemelwaterinfiltratiesystemen tegen het licht gehouden, namelijk Australië, Duitsland, Engeland/Verenigd Koninkrijk en de Verenigde Staten. Men blijkt daar veel verder te zijn met het toepassen van beplanting in wadi's. De buitenlandse studies laten ook zien dat er inmiddels diverse principes zijn uitgevonden die geheel of gedeeltelijk toepasbaar zijn in Nederland. Overheden en overkoepelende organisaties publiceren lijsten met geschikte planten en kwekerijen/tuincentra zetten deze planten in een aparte afdeling, zodat geïnteresseerden gemakkelijk een keuze kunnen maken voor hun regenwatertuin en/of wadi. Verrassend is dat veel planten, die in Nederland verkrijgbaar zijn, ook toepasbaar zijn in wadi's. Het 'beplantingswiel' hoeft dus niet meer uitgevonden te worden in Nederland. Het gaat daarbij niet om water- en/of moerasplanten, want meestal is een wadi juist tamelijk droog (afhankelijk van bodem en grondwaterstand). Van belang is vooral, dat planten kortstondige overstroming moeten verdragen, want de meeste wadi's zijn binnen een paar etmalen weer leeg.

Onwetendheid en misverstanden over de vormgeving van en de technische kant van de wadi, zijn de voornaamste oorzaken van het niet beplanten van wadi's in Nederland. Voorbeelden hiervan zijn dat de infiltratiecapaciteit minder wordt door de beplanting of dat het bergend vermogen terugloopt. Dit blijkt in de praktijk genuanceerder te zijn. Duits onderzoek toont juist aan dat de beplante wadi 4-30% meer water kan bergen doordat planten ook water opnemen in hun stengels. Tevens zorgt het bodemleven voor een beter door-dringbare bodem. Daarnaast nemen de stengels van de planten zelf maar 3-4% van het bergend volume weg.

Naast wadi's bestaan er ook andere vormen van hemelwaterberging en-infiltratie, zoals helofytenfilters en regenwatertuinen. Soms zijn het combinaties van berging, zuivering en infiltratie.

Alles staat en valt met de juiste groeiplaatsomstandigheden, ook voor beplanting in een wadi. De basisfunctie van een wadi is echter infiltratie. Op iedere locatie, dus ook in een wadi, zal zonder beheer vanzelf de potentieel natuurlijke vegetatie (PNV) van het desbetreffende gebied verschijnen. Heel globaal kunnen wij hier verschil maken tussen vegetatie in vochtiger c.q. nattere gebieden en in drogere gebieden. Bij een relatief hoge grondwaterstand zal er uiteindelijk zelfs riet groeien.

Een beplante wadi kan extensief beheerd worden. Het verschil in beheer met een graswadi kan oplopen tot maximaal een factor tien. Wel zijn zowel de aanleg- als de beheerkosten van een beplante wadi hoger dan die van een graswadi. Dit is echter relatief, want ze zijn niet hoger dan die van een 'normaal' plantvak. Openbaar groen combineren met een wadi kan een zodanige ruimtebesparing opleveren, dat een gemeente zelfs meer grond kan uitgeven en dus meer opbrengsten kan genereren.

Groen heeft niet alleen een prijskaartje, maar ook een waarde. Positieve effecten van groen zijn betere gezondheid van omwonenden, opvang van fijnstof, verkoeling stedelijke omgeving, absorptie van geluid, breken van wind, tegengaan van visuele verstoring en bevordering van biodiversiteit, maar ook waardeermeerdering van naburige woningen. De drie hoofdtypen ecosysteemdiensten zijn alle toepasbaar op een beplante wadi: producerende, culturele en regulerende dienst.

De basisfuncties van een wadi zijn berging en infiltratie. Van welke technische toepassingen gebruik gemaakt wordt om deze functies te waarborgen, hangt sterk van de situatie ter plekke af, zoals beschikbare ruimte, grondwaterstand en bodemgesteldheid en daarmee samenhangend de snelheid, waarmee het water in de bodem infiltreert. Een wadi kan derhalve verschillende verschijningsvormen hebben: de traditionele verdieping in het maaiveld met schuine wanden, maar ook een betonnen of houten bak met open bodem.

Er zijn slechts enkele locaties in Nederland waar beplante wadi's zijn te vinden. Om de toepasbaarheid van wadibeplanting verder in de praktijk te testen, is een bestaande wadi in de gemeente Bernheze in april 2017 voorzien van proefbeplanting met enerzijds vaste planten en siergras en anderzijds een weidebloemenmengsel in combinatie met vaste planten. Ten tijde van publicatie van dit rapport konden daaruit echter nog geen definitieve conclusies getrokken worden.

Wanneer de hoofdvraag nog eenmaal wordt gesteld: 'Hoe kunnen we ervoor zorgen dat wadi's in Nederland beplant worden?', dan luidt het antwoord in het rapport kort en krachtig: Door het gewoon te doen! De conclusie leert dat er bepaalde randvoorwaarden zijn zoals groeiplaatsomstandigheden en kosten van de aanleg. De redenen om het wel te doen nemen echter veel van de eerdere twijfels weg. De beplante wadi vangt een aantal vliegen in één klap. Waterberging en infiltratie, meer biodiversiteit en een positieve bijdrage, wanneer het over diverse ecosysteemdiensten gaat (hittestress, binding schadelijke stoffen, geluidsabsorberende en camouflerende functies).

Kortom: de beplante wadi.

Gewoon doen.

SUMMARY

In the first place it is good to look back. How was the start of this research and which process was followed? Therefore, we go back to the start: the action plan. When we open this document, the first thing that attracts our attention is the core research question, which differs from the core research question in the research report, namely: The planted swale; how can we change the opinion towards new urban green that adapts to climate changes in The Netherlands? The aim of our research was clear, but the road leading to that aim, including formulating the correct research questions, remained a difficult one. This was also described in the action plan.

Finally, we chose the following core question, as it is also formulated in this research report:

- *How can we ensure that (bio)swales in The Netherlands will be planted (with perennials, shrubs and trees)?*

Next to this core research question, three additional questions were formulated, to which this research report also gives the answers. The additional questions are:

- *What are the reasons why swales are not planted (at present)?*
- *What are the reasons why swales should be planted?*
- *What are the possibilities to realize planted swales?*

Before starting the research, it had to be put into a clear framework. Plants will be treated in the research report, but the ability to thrive in (bio)swales was not investigated, because others did this already. The question whether it is possible to plant a swale was not formulated either, because it was answered positively earlier, not only in foreign literature, but also by Dutch researchers.

In order to answer the research questions, a number of steps were taken. In the first place Dutch and foreign literature was studied. Further personal interviews were conducted with professionals working in the field of (urban) green and water of whom the former deal with water harvesting/buffering and the latter with urban green/plants. Already in an early stage these professionals were contacted at trade fairs or by telephone. Soon it appeared that the research aroused wide-spread interest. More than once, the situation was the other way around compared to the usual procedure, which means that various professionals requested for a meeting in order to discuss the subject.

During the literature study it was necessary to investigate several situations and ways of proceeding towards systems of (bio)swales for stormwater infiltration abroad, namely in Australia, Germany, England/United Kingdom and United States of America. Governments and other organisations in these countries appear to be many steps ahead of The Netherlands. From the foreign literature it appears that, in the meantime, many principles were invented that are completely or partly applicable to the situation in The Netherlands. Governments and other organisations in the above-mentioned foreign countries issue lists with plants that thrive in (bio)swales. Further nurseries and garden centres put these plants apart, in the raingarden/bioswales department, so that interested customers can easily make a choice for their raingardens and/or (bio)swales. It was a pleasant surprise to find that many plants (perennials), that are for sale in Dutch garden centres and nurseries, can also thrive in a (bio)swale. This means that it is not necessary to do a lot of research in this field. These plants are not water plants or plants for bog gardens, because the soil of the Dutch (bio)swales is mainly rather dry (but this depends on soil type and groundwater level). It is very important, that plants in a (bio)swale can withstand short periods of flooding; short, because the infiltration time of a (bio)swale should not exceed 48 hours.

Lack of knowledge and misunderstandings about the design and the technical part of the (bio)swale, are the main causes of Dutch swales not being planted. Examples of these misunderstandings are that, as a result of the plants growing in the (bio)swale, the infiltration capacity and buffering volume decrease. In actual practice this appears to be slightly different. German research, to the contrary, found that a planted (bio)swale can harvest/buffer 4 to 30% more water, because plants also buffer water in the stems. Further, the soil life makes the soil more permeable. The stems themselves diminish the buffering capacity by only 3 to 4%.

Not only (bio)swales harvest, buffer and infiltrate stormwater; also constructed wetlands and rainwater gardens can do the job. Sometimes these installations are combinations of harvesting/buffering, cleansing and infiltration.

Extremely important are the correct growing conditions, in which plants thrive, also in a (bio)swale. However, the main function of a swale is infiltration. Without maintenance the potential natural vegetation (PNV), suited to the soil and the region, will appear. The (bio)swale is not an exception to this. Roughly, this vegetation can be divided into plants for swamps/bogs and wetlands on the one hand and plants for drier locations on the other hand. When the groundwater level is relatively high, there will even grow common reed (*Phragmites australis*).

A planted bioswale can be maintained extensively. The difference in maintenance rounds compared to a swale with turf/grass can be as high as tenfold. The cost of building and maintenance of a planted (bio)swale is higher than this cost of a (bio)swale with turf/grass. However, this is a relative figure, because the cost is not higher than planting and maintaining 'normal' urban green. Public green space in combination with a bioswale can save space to such an extent, that a city government can sell even more ground for building houses, which means more financial returns.

Urban green does not only have a price, but also has a value. Positive effects of urban green are healthier citizens living nearby, catching fine dust, cooling urban space, absorbing sound, sheltering from wind, hiding visually unattractive locations and increasing biodiversity, but also increasing value of houses located in the neighbourhood of the public green spaces. The three main types of ecosystem services are applicable to a (bio)swale filled with plants: provisioning, cultural and regulating service.

The basic functions of a (bio)swale are stormwater harvesting/buffering and infiltration. Which technical solutions can be used in order to warrant these functions, strongly depends on the local situation, such as available space, groundwater level, type of soil and, in connection with this, the time that the stormwater needs to infiltrate into the soil. Therefore, a swale can have various designs: the 'normal' excavated type with side slopes, but also a concrete or wooden container with an open bottom.

In The Netherlands there are only a few locations with planted (bio)swales. In order to test the further possibilities of planted (bio)swales, in the month of April 2017 an existing swale in the community of Bernheze was experimentally planted with perennials and ornamental grass on the one hand and with a wild flower meadow seed mix in combination with perennials on the other hand. At the moment of publishing of this report, no definite conclusions could be drawn yet.

When the core research question: How can we ensure that (bio)swales in The Netherlands will be planted (with perennials, shrubs and trees)?', is formulated once again, the brief and to the point answer in this report is: 'Simply by doing it!' The conclusions make clear that there are certain prerequisites like growing conditions and cost of building. However, the reasons why (bio)swales should be planted, take away many doubts. The planted swale serves more than one purpose: water harvesting/buffering and infiltration, more biodiversity and applicability of various types of ecosystem services (decreasing of urban heat stress, binding of pollutants, sound absorption and camouflaging properties).

In short: the planted (bio)swale.

Just do it.



INHOUDSOPGAVE

| | | | |
|--|-------------|---|------------|
| Voorwoord | i | 5. Voor- en nadelen beplante wadi | 55 |
| | | 5.1 <i>Gesprekken met experts</i> | 56 |
| Samenvatting | ii | 5.2 <i>Bergingscapaciteit</i> | 58 |
| | | 5.3 <i>Beheer en belemmeringen</i> | 59 |
| Summary | iii | 5.4 <i>Infiltratie en techniek</i> | 60 |
| | | 5.5 <i>Samenvatting en conclusie</i> | 63 |
| Inhoudsopgave | iiii | 6. Toegevoegde waarde | 65 |
| 1. Inleiding | 13 | 6.1 <i>Algemeen</i> | 66 |
| 1.1 <i>Introductie</i> | 14 | 6.2 <i>Waarde van groen</i> | 67 |
| 1.2 <i>Wat is een wadi</i> | 15 | 6.3 <i>Ecosysteemdiensten</i> | 68 |
| 1.3 <i>Hoofdvraag en deelvragen</i> | 16 | 6.4 <i>Verkoeling van het stedelijk gebied</i> | 70 |
| 1.4 <i>Doelstelling</i> | 17 | 6.5 <i>Binding van schadelijke stoffen</i> | 71 |
| 1.5 <i>Onderzoeksmethoden en afbakening</i> | 18 | 6.6 <i>Absorptie van geluid, wind en visuele verstoring</i> | 72 |
| 1.6 <i>Leeswijzer</i> | 19 | 6.7 <i>Bestuiving en bevordering van biodiversiteit</i> | 73 |
| | | 6.8 <i>Doelgroepen</i> | 75 |
| 2. Waterproblematiek | 21 | 6.9 <i>Samenvatting en conclusie</i> | 77 |
| 2.1 <i>Klimaatverandering</i> | 22 | 7. Financiën | 79 |
| 2.2 <i>Afkoppeling hemelwater</i> | 23 | 7.1 <i>Aanlegkosten</i> | 80 |
| 2.3 <i>Samenvatting en conclusie</i> | 25 | 7.2 <i>Beheerkosten</i> | 82 |
| | | 7.3 <i>Samenvatting en conclusie</i> | 85 |
| 3. Wadi's wereldwijd | 27 | 8. Mogelijkheden | 87 |
| 3.1 <i>Duitsland</i> | 28 | 8.1 <i>Vorming van de wadi</i> | 89 |
| 3.2 <i>Verenigde Staten</i> | 30 | 8.2 <i>Schetsen</i> | 90 |
| 3.3 <i>Australie</i> | 33 | 8.3 <i>Beplanting</i> | 95 |
| 3.4 <i>Verenigd Koninkrijk</i> | 34 | 8.4 <i>Proefwadi</i> | 96 |
| 3.5 <i>Buitenlandse principes</i> | 36 | 9. Conclusies en aanbevelingen | 99 |
| 3.6 <i>Samenvatting en conclusie</i> | 39 | 9.1 <i>Conclusies</i> | 100 |
| | | 9.2 <i>Aanbevelingen</i> | 103 |
| 4. Inzoomen op Nederland | 41 | Bronvermelding | 105 |
| 4.1 <i>De wadi's</i> | 43 | Verklarende woordenlijst | 111 |
| 4.2 <i>Andere vormen van waterinfiltratie in Nederland</i> | 44 | Bijlage I <i>Plantenlijst voor wadi's</i> | 117 |
| 4.3 <i>Bodem en terrein</i> | 45 | Bijlage II <i>Gesprekken met experts</i> | 121 |
| 4.4 <i>Vegetatie</i> | 49 | | |
| 4.5 <i>Beheerders</i> | 50 | | |
| 4.6 <i>Wijze van beheer</i> | 51 | | |
| 4.7 <i>Samenvatting en conclusie</i> | 53 | | |



HOOFDSTUK 1

INLEIDING

Een wadi, wat is dat?

Wanneer die vraag op straat gesteld wordt, luidt soms na enig nadenken vaak het antwoord: Is dat niet een woestijnrivier? Soms aarzelend, want ook dat antwoord is vaak nog een tasten in het duister. In Nederland worden er sinds de jaren '90 wadi's aangelegd, wat is dit voor fenomeen? De grote vraag is eigenlijk: waarom zien ze er allemaal hetzelfde uit? En al verder denkend: waarom alleen gevuld met gras?

Wadi's, ooit ontstaan en vervolgens als een groeiende vlek over Nederland uitgespreid. Steeds weer kijkend naar de eerste wadi. Steeds weer een nieuwe kopie van de eerste maken, beter gezegd wellicht: klonen. Aangepast aan de plaatselijke omstandigheden, dat wel, maar het uiterlijk zelf bleef onveranderd.

1.1 | INTRODUCTIE

Inleiding

Voor u ligt het rapport van het praktijkgerichte onderzoek naar de vraag wat de reden is dat wadi's en zaksloten niet worden beplant. Dat dit mogelijk is, is reeds aangetoond, maar naar de reden waarom het vervolgens niet wordt toegepast, kan slechts worden geraden. Vanuit de (Nederlandse) literatuur is hierover niet veel geschreven, wel bestaan er allerlei meningen over dit onderwerp.

In een kort vooronderzoek is er aan mensen met verschillende - in de meeste gevallen groene - achtergronden gevraagd naar de reden waarom de Nederlandse wadi's niet worden beplant. Hieruit kwamen diverse, vaak ongefundeerde en gevoelsmatige, argumenten naar voren. Vaak wordt er gedacht dat het niet kan omdat de wadi daarvoor te vochtig zou zijn, dat het de doorstroming in de weg zou staan of dat juist de bladval de grond zou verdichten. Een andere vaak gehoorde reden is dat de kosten van het beheer te hoog zouden worden. Zelfs werd de mogelijkheid geopperd dat dit een ongewenst effect zou hebben wegens zaadverspreiding van niet-inheemse planten.

Gelukkig kwamen er ook tegengeluiden van architecten die juist graag zouden zien dat er meer wadi's beplant worden. Diverse personen, die een verbinding hebben met beplanting in het openbaar groen, dan met name planten voor natte omstandigheden, geven aan niet te weten wat mensen ervan weerhoudt, wadi's te beplanten (*Hoffman & Hop, 2012*).

Wanneer buiten de landsgrenzen wordt gekeken, dan zien we in diverse landen om ons heen juist wel een toename van beplante wadi's. Mooie voorbeelden zijn te vinden in Engeland en in de Verenigde Staten, maar ook in Duitsland komen beplante wadi's steeds meer voor en zijn er zelfs al heel oude wadi's (zie paragraaf 3.1.1).

In Nederland wordt steeds meer waarde gehecht aan een correcte waterbeheersing en daarvoor worden geld en ruimte vrijgemaakt. Hoe mooi zou het zijn wanneer we dit zouden kunnen combineren met beplanting zodat we hiermee de bestaande of wellicht nieuw aan te leggen groenstructuren kunnen verstevigen. Op deze wijze kunnen we tevens zorg dragen voor heel veel positieve randverschijnselen, zoals:

- Het versterken van de biodiversiteit.
- Wateropname (waterberging) door de planten zelf.
- Verbetering luchtkwaliteit.
- Temperatuurreductie in stad en dorp.

Een beplante wadi zou wel eens een heel positieve bijdrage kunnen leveren aan ons woonklimaat. Dit wordt bevestigd door het rapport Vooronderzoek natuurvriendelijke wadi's (*Boogaard, Jeurink & Gels, 2003*).

De term die tegenwoordig veel wordt gehoord is die van (klimaat)adaptief groen. Dit zijn - in het kort - planten die een positieve bijdrage kunnen leveren aan het klimaat. Wadi's doen dit al door hun infiltratie en (tijdelijke) waterberging. Beplanting doet dit weer doordat deze fijnstof kan opvangen en bijvoorbeeld temperatuur- en CO₂-reductie kan bewerkstelligen. Er is echter in stedelijk gebied weinig ruimte beschikbaar om alle functies apart naast elkaar te laten bestaan. Tijdens het onderzoek is er bijvoorbeeld ook gekeken of deze belangrijke functies zijn samen te voegen. Wat is daar dan voor nodig en welke eisen en kosten brengt dit dan met zich mee?

Het onderzoek zal dan ook draaien rondom de hoofdvraag, zoals deze is verwoord in paragraaf 1.3. Alvorens over te gaan tot toelichting van de hoofdvraag, zal in het kort ingegaan worden op het fenomeen 'wadi' en de functies daarvan.

1.2 | WAT IS EEN WADI

Inleiding

1.2.1 Nederlandse betekenis

In het voorwoord was al te lezen dat 'Wadi' het Arabische woord is voor droogstaande rivierbedding. De Nederlandse betekenis van de afkorting is: WaterAfvoer Door Infiltratie.

1.2.2 Omschrijving wadi

Het afstromend regenwater loopt van daken en woonstraten via gootjes naar een met gras begroeide greppel of lager gelegen oppervlakte: dit is de wadi. In de toplaag van de wadi is grondverbetering toegepast zodat het regenwater beter kan infiltreren. Onder de toplaag kan een aanvullende berging worden aangebracht waar het water gebufferd wordt en van waaruit het water naar de omringende grond kan infiltreren. De berging kan bestaan uit kunststof kratten of buizen, uit grind of uit kleikorrels. De berging is omringd door waterdoorlatend geotextiel. Dit voorkomt dat gronddeeltjes in de berging stromen. De slokop, die bestaat uit een kolk, dient als overstort voor het teveel aan water. Hij staat in verbinding met de drainbuis die zich in de berging bevindt. Het water dat in de slokop komt, wordt daardoor direct via de drainbuis uit het gebied afgevoerd. De berging met drain geeft enerzijds extra buffering (en een 'noodafvoer') van regenwater en zorgt anderzijds bij hoge grondwaterstanden voor afvoer van overtollig grondwater (*Boogaard et al., 2003*).

Volgens Boogaard et al. (2003) kunnen de functies van een wadi zijn:

- Infiltratie van regenwater in de bodem en vertraagde afvoer naar het grondwater.
- Berging van regenwater, wanneer infiltreren niet direct kan plaatsvinden. Deze berging kan zowel op als onder het maaiveld zijn.
- Drainage kan in de winter plaatsvinden, wanneer infiltratie niet wenselijk is wegens hoge grondwaterstanden. In dat geval voert de drainbuis het regenwater af naar het oppervlaktewater.
- Zuivering van regenwater, omdat hierin zware metalen, PAK's en nutriënten worden aangetroffen. Vegetatie en bodemleven kunnen een aantal stoffen opnemen of omzetten in minder schadelijke stoffen. De overige stoffen worden in de bodem vastgelegd.



Figuur 1.1: De Arabische betekenis



Figuur 1.2: Nederlandse wadi

1.3 | HOOFDVRAAG EN DEELVRAGEN

Inleiding

1.3.1 Hoofdvraag

De hoofdvraag van ons onderzoek luidt als volgt:

Hoe kunnen we ervoor zorgen dat wadi's in Nederland beplant worden?

Dat wadi's beplant kunnen worden is dus niet de vraag, dat is in diverse eerdere onderzoeken reeds aangetoond. Wij willen nu een stap verder gaan en door middel van onderbouwde argumenten de plannenmakers, beheerders en andere betrokkenen zover krijgen, dat zij een ommezwaai maken in hun denken en handelen aangaande wadi's. Dit betekent dat zij er niet automatisch meer vanuit gaan, dat een wadi een grasmat heeft, maar dat zij bij het inrichten van een wadi zichzelf de vraag stellen, welke beplanting, anders dan gras, op deze locatie geschikt is. Factoren als biodiversiteit en natuurbeleving voor omwonenden zouden hierbij ook aan de orde moeten komen.

1.3.2 Deelvragen

Tijdens het onderzoek naar de hoofdvraag hebben we ook bij een drietal deelvragen stilgestaan. Deelvraag één luidt als volgt:

Wat zijn de redenen dat wadi's (nu) niet beplant worden?

Met deze onderzoeksvraag zijn vooral de technische belemmeringen, bodemgeschiktheid, kosten en het assortiment onderzocht en met verschillende deskundigen besproken. De uitkomsten zijn wellicht verrassend, maar met het oog op het omgaan met wadibeplanting in het buitenland toch ook weer niet.

Deelvraag twee gaat gericht in op de positieve aspecten van het beplanten van een wadi. De vraag is daarom als volgt geformuleerd:

Welke redenen zijn er om wadi's juist wel te beplanten?

Wij zijn ervan uitgegaan, dat er diverse redenen zijn om wadi's juist wel te beplanten, daar dit in het buitenland ook gebeurt. Enkele van die redenen zijn al kort genoemd zoals bevordering van biodiversiteit en natuurbeleving, maar ook factoren als ecologie, infiltratievermogen etc. zijn hierbij de revue gepasseerd. Daarnaast is het van belang dat de betrokken partijen een goed beeld van beplante wadi's krijgen. Enkel als het huidige beeld over wadi's verandert, wordt het mogelijk, mensen te overtuigen. De resultaten van dit onderzoek spelen daarin een belangrijke rol.

Deelvraag nummer drie is de laatste deelvraag van dit onderzoek en gaat in op de technische benodigheden om wadi's te beplanten. De deelvraag luidt als volgt:

Welke mogelijkheden zijn er om beplante wadi's te realiseren?

Bij een studie planuitwerking en realisatie is een onderzoek niet compleet zonder dat ook de technische kant van de zaak belicht wordt. De technische uitwerking behelst niet alleen de aanleg van de wadi, maar ook de soorten beplanting, die voor een wadi in aanmerking komen.

1.4 | DOELSTELLING

Inleiding

Het doel van dit onderzoek is dat niet alleen bij beheerders van de openbare ruimte, maar ook bij ontwerpers en technici in Nederland het beeld van de wadi verandert. Kortom: dat de knop omgaat! Wanneer betrokken partijen dit rapport hebben gelezen is de hoop dat men enthousiast wordt voor het beplanten van wadi's, naar keuze met vaste planten, een (inheems) bloemenweidemengsel, houtige gewassen of combinaties van deze drie componenten.

Zodra dit is bereikt, zal het in een wat verdere toekomst besloten liggend doel naar verwachting in zicht komen. Dit houdt in dat zich overal in Nederland waterbergings- en infiltratievoorzieningen bevinden of worden aangelegd, die qua beeld en beleving nagenoeg jaarrond aantrekkelijk zijn voor omwonenden, een schuilplaats en/of verbindingzone vormen voor kleine dieren, zoals amfibieën, en - met name in voorjaar en zomer - druk bezocht worden door bijen, vlinders en andere nuttige insecten.

Daarbij komt, dat alle genoemde positieve kenmerken geen afbreuk zullen mogen doen aan de waterbergende en infiltratiecapaciteit van de wadi, want dat is immers de basisfunctie van deze voorziening. De wadi zal daarmee een weliswaar niet meer weg te denken en noodzakelijk onderdeel van de openbare ruimte blijven, maar wel een zeer aantrekkelijk onderdeel. Daarmee is de wadi ontdaan van de saaiheid, die het merendeel van deze voorzieningen in Nederland hedentendage kenmerkt.



Figuur 1.4: Aanleg beplante wadi Donkervoortseloop te Heesch

1.5 | ONDERZOEKSMETHODEN EN AFBAKENING

Inleiding

1.5.1 Onderzoeksmethoden

Het onderzoek laat zich het beste omschrijven als een kwalitatief onderzoek. Dit houdt in dat het in eerste instantie niet om feiten en cijfers draait. De basis bij kwalitatieve onderzoeken ligt bij de waarom- en hoe-vragen, zo ook bij dit onderzoek.

De centrale vraag draait om het woordje ‘hoe’, hetgeen ertoe heeft geleid dat wij niet om feiten en cijfers heen konden. Dat heeft dan toch wel weer wat weg van een kwantitatief onderzoek. Zo is bijvoorbeeld gekeken naar de vraag of de bergingscapaciteit van een beplante wadi voldoende blijft of dat er een verschil ontstaat in beheerkosten.

De onderzoeksgegevens komen uit de volgende hoofdbronnen:

- Literatuurstudie.
- Persoonlijke interviews.
- Referentiestudies.
- Door ons in samenwerking met de gemeente Bernheze aangelegde proefwadi.

Bij de literatuurstudie zijn boeken, tijdschriften en onderzoeken uit eigen land bestudeerd, maar is ook gekeken naar de wijze waarop er in het buitenland met wadibepanting wordt omgegaan. Daarbij is duidelijk de afweging gemaakt of de buitenlandse situaties één op één toepasbaar zijn in Nederland.

De persoonlijke interviews zijn met betrokkenen uit diverse vakgebieden gevoerd. Zij vormen de tweede bron van inlichtingen. Een groot deel van de betrokkenen is benaderd via beurzen.

Voor de referentiestudies is onderzocht waar in Nederland beplante wadi's zijn te vinden. Daarbij zijn de gebruikers persoonlijk benaderd om te vragen hoe de gemiddelde bewoner deze ervaart.

1.5.2 Afbakening

Het onderzoek was dus gericht op de vraag waarom er nu niet of nauwelijks wadi's worden beplant in Nederland. Ook is gekeken naar de vraag welke randvoorwaarden er kunnen zijn om dit dan toch toepasbaar te maken. De vraag óf het mogelijk is, wadi's te beplanten is reeds onderzocht. Ons onderzoek beperkt zich dus tot de mogelijkheden binnen Nederland.

Een andere term die opvalt is wadi. Dit is een kunstmatige voorziening binnen de bebouwde kom voor het tijdelijk bergen en laten infiltreren van water. Hieronder zou men ook een zaksloot of droge greppel kunnen verstaan. Een wadi heeft echter een speciale ondergrondse aanpassing. In bijna alle gevallen is er ook een zogeheten slokop aanwezig. Het is dus een kunstmatige voorziening.

Een zaksloot of greppel heeft deze voorziening niet, maar heeft een bodem die gelijk is aan de omringende bodem. Dit type waterbergingen is te vinden op gronden die van nature al voldoende doorlatend zijn. Voor het onderzoek zijn ook deze bergingen meegenomen, mits deze zich wel binnen de bebouwde kom bevinden. Zaksloten en greppels buiten de bebouwde kom hebben vaak al andere functies.

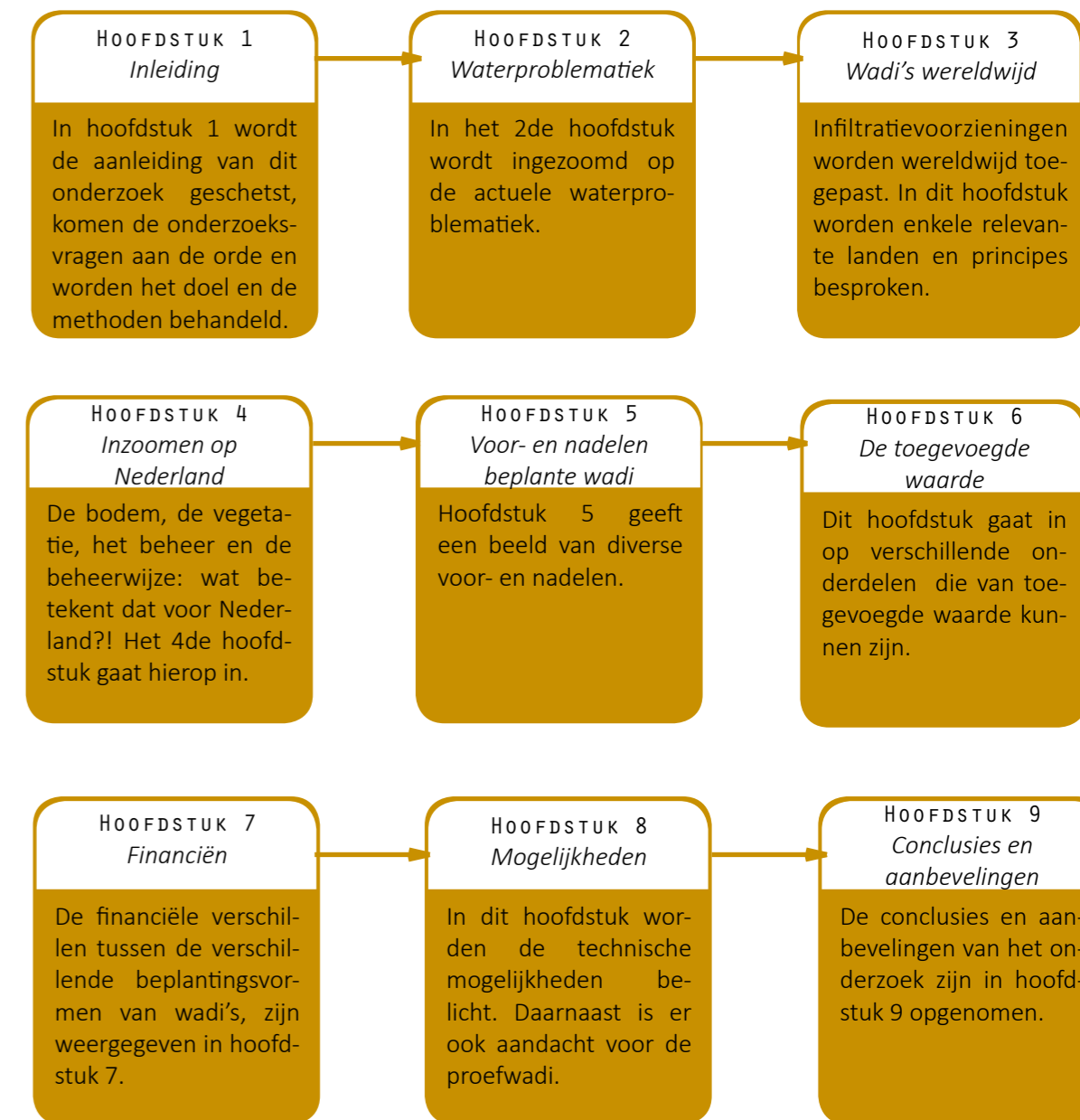
Ook zijn er diverse tabellen en schema's voorhanden met de planten, die algemeen geschikt zijn voor het beplanten van wadi's. Dit zal dan ook niet worden uitgezocht. Wel zullen de diverse schema's met planten naast elkaar worden gelegd. Zo zullen er bijvoorbeeld planten moeten worden gezocht die soms aan meer dan één criterium moeten voldoen, zoals gemakkelijk beheer, tegen natte omstandigheden kunnen of juist droogtetolerant zijn en schadelijke stoffen als pekkel kunnen verdragen.

1.6 | LEESWIJZER

Inleiding

De informatie die dit onderzoek zal opleveren is voor de toekomstbestendigheid van de openbare ruimte, de inrichtingsplannen, de beheerders en de plannenmakers zeker relevant. Dit onderzoeksrapport zal daarom gaandeweg diverse onderwerpen behandelen. Gezien de vele informatie is er bewust voor gekozen, de opzet van het rapport niet in te vullen zoals gebruikelijk. In de meeste onderzoeksrapporten formuleert men een hoofdvraag met daarbij behorende deelvragen. Deze deelvragen worden vaak per hoofdstuk behandeld en beantwoord.

Wij hebben ervoor gekozen, na ieder hoofdstuk een korte samenvatting en conclusie te schrijven. Deze samenvattingen en conclusies worden vervolgens in hoofdstuk 9 samengevoegd om zo de hoofd- en deelvragen te beantwoorden. In het overzicht hiernaast een korte inhoudelijke blik op de hoofdstukken.





HOOFDSTUK 2

WATERPROBLEMATIEK

Water, water en de rest komt later!!!

Eenieder die ooit een basistraining EHBO heeft gedaan weet wat dat betekent. Water is van levensbelang maar een teveel aan water is ook niet goed.

Via diverse kanalen wordt er meer en meer op gewezen dat de aarde opwarmt, het gevolg daarvan is dat Nederland steeds meer te maken krijgt met buien die soms kort van duur, maar hevig in neerslagcijfers zullen zijn. Overheden spelen daar steeds meer op in door, naast de reguliere manier van afvoeren, te kiezen voor alternatieven. Een ander gegeven is dat Nederland een steeds groter zoetwatertekort kent. Er treedt steeds meer verdroging op doordat het regenwater versneld wordt afgevoerd. Reden te meer dus om te kiezen voor een duurzaam waterbeheer. Eén van de mogelijkheden is het water tijdelijk te bergen en te laten infiltreren door gebruik te maken van wadi's.

2.1 | KLIMAATVERANDERING

Waterproblematiek

Het klimaat verandert. Volgens Klein Tank, Beersma, Bessembinder, Van den Hurk & Lenderink (2015) zullen er niet alleen veranderingen in temperatuur, zeespiegelniveau, wind/storm, buien met hagel en onweer zijn, maar zal ook de neerslaghoeveelheid toenemen.

Deze paragraaf gaat op dit laatste nader in, omdat dit een goede waterbeheersing in stedelijk gebied noodzakelijk maakt, waarbij de aanleg van wadi's een oplossing kan zijn. De jaarlijkse neerslag in Nederland is tussen 2010 en 2013 met 26% toegenomen. Het aantal dagen per jaar met tenminste 10 mm neerslag in de winter en tenminste 20 mm in de zomer nam toe. Gemiddeld overschrijdt de neerslag deze drempelwaarden overal in Nederland enkele keren per jaar. De grootste toename van deze gematigde extremen vond plaats in de kustgebieden. Het totaal aantal dagen met meer dan 0,1 mm neerslag, zogeheten 'natte dagen' of 'regendagen', veranderde niet. Door de toename van de temperatuur is ook de hoeveelheid waterdamp in de lucht toegenomen sinds 1950. Dit verklaart gedeeltelijk de toename van de jaarlijkse hoeveelheid neerslag. Het effect op zware buien is nog groter. Uit waarnemingen blijkt dat bij de meest extreme buien de hoeveelheid neerslag per uur toeneemt met ongeveer 12% per graad opwarming. In alle scenario's neemt de neerslag in drie van de vier seizoenen toe; de zomer vormt hierop de uitzondering. Dit komt vooral doordat bij een opwarmend klimaat de hoeveelheid waterdamp in de lucht toeneemt (Klein Tank et al.).



Figuur 2.1: Huidige problematiek

2.2 | AFKOPPELING HEMELWATER

Waterproblematiek

Het scheiden van hemelwater en rioolstelsel wordt 'afkoppeling' genoemd. Voor nieuwbouwwoningen is dit sinds 1 januari 2008 verplicht. Eigenaren van bestaande woningen worden in sommige gemeenten gestimuleerd tot afkoppeling door middel van subsidies.

De voordelen van afkoppelen zijn volgens het Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden (<http://www.hdsr.nl/werk/schoon-water/rioolwaterzuivering/afkoppelen/>) onder andere:

- geen riooloverstort op het oppervlaktewater meer bij hevige regenval, omdat het riool deze piekaanvoer niet kan verwerken;
- beter presterende zuiveringsinstallaties doordat het afvalwater niet of minder verdund is door hemelwater;
- aanvulling grondwater (ingeval van infiltratie) en tegengaan verdroging, vooral indien het grondwater zich op grote diepte bevindt.

Volgens Rioned (<https://www.riool.info/gescheiden-riool>) is een afgekoppeld rioolstelsel in feite een gescheiden systeem. Volledig gescheiden systemen lozen alle hemelwater op vijvers en/of sloten. Het nadeel is echter dat er meer buizen moeten worden gelegd en dat het dus duurder is. Verder bestaat er het risico van foutieve aansluitingen, zoals op de regenpijp aangesloten wasmachines.

Om die reden is het verbeterd gescheiden systeem ontwikkeld, waarbij lichte buien en het begin van hevige buien naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie gaan, omdat hierin het meeste - tijdens een droge periode opgehoopte - vuil van daken en straten zit. De rest van het hemelwater is schoon en gaat naar het oppervlaktewater.

Het aanleggen van wadi's is een logische stap in de reeks van maatregelen die een gemeente kan nemen om te voldoen aan de eis van afkoppelen. De manier waarop zo'n berging eruit moet zien is niet wettelijk vastgelegd en biedt daarom kansen om naar wens te worden ingevuld. Riolerings- en hemelwaterafvoer is vaak een andere dienst binnen een gemeente dan groen; juist de samenwerking op dit gebied levert dan ook extra mogelijkheden zoals een gezamenlijk budget.



Figuur 2.2: Aanleg wadi ten behoeve van afkoppeling HWA



Figuur 2.3: Overlast na regenbui

2.3 | SAMENVATTING & CONCLUSIE

Waterproblematiek

2.3.1 Samenvatting

Het klimaat verandert; daar kan niemand meer omheen. Met name de neerslaghoeveelheid is sterk toegenomen; in Nederland tussen 2010 en 2013 met 26%. Uit waarnemingen blijkt dat de hoeveelheid neerslag per uur toeneemt met ongeveer 12% per graad opwarming; de buien worden dus zwaarder.

In Nederland is de verplichte 'afkoppeling' voor nieuwbouwwoningen sinds 1 januari 2008 een feit. Hierbij wordt hemelwater gescheiden van het rioolstelsel afgevoerd. Tegenwoordig leggen gemeenten het verbeterd gescheiden systeem aan, waarbij het water van lichte buien en het begin van hevige buien naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie gaat. Dit vanwege het in droge perioden opgehoopte vuil, dat meestroomt met het hemelwater. Veel verder dan afkoppeling c.q. het stimuleren van de burgers om dit in hun eigen tuin toe te passen lijken de meeste gemeenten nog niet te zijn gekomen.

2.3.2 Conclusie

Bij het zowel wereldwijd als in Nederland zoeken naar oplossingen voor een teveel aan hemelwater, dat in een te kort tijdsbestek valt, komen er steeds oplossingen naar voren. Deze voorzien in bergen, zo mogelijk infiltreren en in laatste instantie pas afvoeren. Het openbaar groen zal hierin een belangrijke rol moeten spelen, want van verharde oppervlakten stroomt het water te snel weg en is er van infiltratie dus geen sprake. Bovendien is uit onderzoek gebleken, dat het effect van waterdoorlatende bestrating na een aantal jaren dramatisch afneemt (*dr ir F.C. Boogaard, persoonlijke communicatie, 8 november 2016*).

Het samenwerken van diensten binnen een gemeentelijke organisatie en het samenvoegen van budgetten levert kansen om de wadi's meer aandacht te geven. Een wadi staat immers ten dienste van het rioolsysteem, terwijl deze een groene inpassing behoeft.



HOOFDSTUK 3

WADI'S WERELDWIJD

Nederland Waterland.

Deze uitspraak kent iedereen die in Nederland woont, maar zelfs over de grenzen zijn wij als Nederlanders beroemd geworden door de beheersing van het water. Dijken, deltawerken en inpolderingen, Nederlanders klaren het. Maar is dat werkelijk zo, of moet er worden geconstateerd dat wij als Nederlanders toch een onderdeel van het water niet beheersen?

Dit hoofdstuk voert over de landsgrenzen heen, er wordt gekeken in een viertal landen: Duitsland, de Verenigde Staten, Australië en ten slotte het Verenigd Koninkrijk. Kan Nederland in dit geval iets leren over het water van het buitenland? Zijn er principes en technieken die ook in het Hollandse polderlandschap een rol kunnen spelen?

3.1 | DUITSLAND

Wadi's wereldwijd

3.1.1 Algemeen

In Duitsland werden de eerste wadi's veel eerder dan in Nederland aangelegd, al wel 35 tot 40 jaar geleden. Een van de voorbeelden hiervan is het 'Muldenrigolensysteem' in de Hoppegarten in Berlijn. Na 30 tot 35 jaar functioneert dit nog steeds (*dr. ir F.C. Boogaard, persoonlijke communicatie, 8 november 2016*).

De Bund Deutscher Staudengärtner te Bonn heeft een brochure samengesteld voor bijzondere situaties. De BDS is zich zeer bewust van de toenemende verstedelijking en daarmee gepaard gaande verstening, terwijl er tegelijkertijd vaker zware buien zijn. De stijgende kosten voor zowel regenwaterafvoer als voor schade door hoog water zijn ook in Duitsland aan de orde. (*BDS; 2012*)

3.1.2 Infiltratiesysteem

De BDS onderscheidt twee soorten wadi's:

- 'Muldenversickerung';
- 'Mulden-Rigolen-Versickerung' (*BDS, 2012*).

De 'Muldenversickerung' is de gewone wadi, die bij een goed doorlaatbare bodem en voldoende ruimte de voorkeur geniet. Het hemelwater infiltreert geleidelijk, waarbij een waterhoogte van 30 tot 35 cm niet overschreden dient te worden (*BDS, 2012*).

Effectiever noemt de BDS het tweede type wadi, de 'Mulden-Rigolen-Versickerung'. Daarbij wordt het water via een 'Rigole' (goot, greppel, afwateringssloot) naar de wadi geleid. De goot/greppel wordt ook met doorlatend materiaal, zoals kiezel of steenslag, gevuld, waardoor deze eveneens bijdraagt aan de infiltratie. Op deze wijze ontstaat er een grotere opslagcapaciteit, omdat het water via een soort van tussenopslag naar de wadi stroomt (*BDS, 2012*).

3.1.3 Beplanting

Bij beide wijzen van aanleg is er voornamelijk sprake van droge standplaatsen, want het water infiltreert in de bodem. De planten die hier gedijen verdragen de regen probleemloos. Eventueel kan een deel van de infiltratievoorziening met klei of leem worden bekleed. Dit zorgt voor een zeer langzame infiltratie en daarmee voor vochtige biotopen, die beplant kunnen worden met planten, die afwisselend natte en droge omstandigheden prefereren. Op deze wijze is er sprake van een soortenrijke beplanting (*BDS, 2012*).

Indien de bodem slechts in geringe mate doorlatend is, kan er een infiltratievoorziening met beplanting gerealiseerd worden, die doet denken aan vochtige weiden of velden met hoge vaste planten.

De Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (LWG) te Veitshöchheim heeft in 2004 een folder uitgegeven over infiltratie met planten, waarbij de nadruk erop ligt dat de juiste plant op de juiste plek komt. Ook hier wordt onderscheid gemaakt tussen droge en afwisselend droge en natte omstandigheden (*Schwarz en Eppel, 2004*).

De Bayerische LWG heeft proefondervindelijk vastgesteld, dat met vaste planten beplante wadi's, in vergelijking tot met gras ingezaaide, niet alleen beter het water vasthouden, maar ook beter infiltreren. Bij langdurige regen konden beplante wadi's tot eenderde meer water opnemen en aan de bodem afgeven dan grasoppervlakten (*Schwarz en Eppel, 2004*).

Het planten van bomen in de infiltratiezone wordt afgeraden. De afstand van infiltratiezone tot bestaande bomen dient gelijk te zijn aan de helft van de kroondoorsnede (*Schwarz en Eppel, 2004*).

Het is opvallend, dat er in de lijst van planten voor wadi's toch houtige gewassen voorkomen, zij het voornamelijk dwergvormen of kleinblijvende (zie bijlage I). Voor de afwisselend droge en natte omstandigheden worden geen houtige gewassen genoemd.

De Bayerische LWG werkt tevens met zaadmengsels. In 2011 zijn diverse mengsels gezaaid in Veitshöchheim en ter vergelijking ook op de Lehr- und Versuchsanstalt Gartenbau (LVG) in Erfurt. Op basis van de resultaten worden de mengsels aangepast. Ook worden ze vergeleken met andere in de handel zijnde uitheemse mengsels. Behalve esthetische aspecten spelen ook functionele aspecten een rol, waaronder bijzondere standplaatsen zoals in wadi's (*Eppel-Hotz, 2015*).

3.1.4 Beheer

Het beheer van beplanting in wisselende omstandigheden bestaat uit maaien in het vroege voorjaar of in de herfst. Teneinde de infiltreerfunctie te behouden, dient het maaisel te worden afgevoerd. Indien een meer geordend beeld gewenst is, zijn verdere maatregelen inzake beheer van statische ontwerpen noodzakelijk (*BDS, 2012*).

Bij planten op droge standplaatsen hangt het beheer van het type beplanting af. Hier zijn zowel dynamische als statische ontwerpen denkbaar (*BDS, 2012*).

De door de Bayerische LWG geteste zaadmengsels hebben hun waarde bewezen, ook op oppervlakten voor regenwaterinfiltratie. In vergelijking met kort

gemaaide grasoppervlakten bieden zij veel meer biodiversiteit. Het beheer kan weliswaar niet zonder deskundigheid in het groen gedaan worden, maar met slechts twee maaibeurten kan het onderhoud goedkoper zijn dan bij vaste planten of grasoppervlakten, vooral wanneer het maaisel zou worden gebruikt in bijvoorbeeld een biogasinstallatie. De zaaigoedkosten liggen met 20 tot 80 cent per m² tussen de 2 en 5% van de kosten van andere beplanting (*Eppel-Hotz, 2015*).

3.1.5 Voorbeelden

Met name de Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (LWG) te Veitshöchheim heeft diverse informatie over hemelwaterinfiltratie op de website. Dit behelst de technische aanleg, maar ook de beplanting van wadi's met houtige gewassen, vaste planten en (sier)grassen en daarnaast door middel van zaadmengsels.

Stadtwerken Friedberg van de Beierse stad Friedberg heeft in 2009 een brochure uitgegeven, waarin zij voor geïnteresseerden een overzicht geeft van de regenwaterproblematiek. De technische en juridische aspecten van infiltratie komen tevens aan de orde. Per 1 januari 2010 wordt verwerking van hemelwater en van droogweerafvoer gescheiden berekend. Wie afkoppelt, betaalt geen of minder rioolrechten.

De technische mogelijkheden worden beschreven en met tekeningen en foto's verduidelijkt. Grasoppervlakten, maar ook oppervlakten met andere beplanting acht Stadtwerken Friedberg geschikt als wadi. Indien er sprake is van infiltratie door middel van drainagebuizen ('Rohr-Rigolenversickerung') voorziet zij nauwelijks beperkingen in het gebruik, doch zij adviseert geen bomen en grote heesters te planten (*Stadtwerken Friedberg, 2009*).

De Stadt Rheda-Wiedenbrück heeft aangaande hemelwaterinfiltratie in een nieuwbouwplan een brochure als richtlijn voor de aannemers laten opstellen door een landschapsarchitectenbureau (Heuschneider Landschaftsarchitekten te Rheda-Wiedenbrück) via de projectontwikkelaar (Horst Neugebauer te Gütersloh). Naast uitleg over wetten, technische eisen, grondwaterstand en voorbeeldberekeningen over de benodigde wadi-oppervlakte, is er ook een hoofdstuk aan beplanting van de wadi gewijd. Ook hier komt naar voren dat beplanting met vaste planten niet alleen meer water vasthoudt, maar dat het water ook beter infiltreert in vergelijking tot wadi's met gras, ook bij langdurige regen. De brochure geeft een lijst met mogelijke 'beproeft en robuuste' planten, maar vermeldt daarbij dat er een veelvoud aan vaste planten en grassen mogelijk is (*Heuschneider Landschaftsarchitekten, 2013*).

3.2 | VERENIGDE STATEN

Wadi's wereldwijd

3.2.1 Algemeen

In de Verenigde Staten zijn diverse projecten aangelegd, om het hemelwater, afkomstig van hevige buien, te bergen en te infiltreren. Deze voorzieningen worden aangeduid als 'bioswales'. Wij zullen enkele projecten hieronder beschrijven.

3.2.2 Portland, Oregon

Wanneer gesproken wordt over de Verenigde Staten, mag de stad Portland in de staat Oregon niet ontbreken in het rijtje. Deze stad heeft ieder jaar weer te maken met extreme buien en een neerslagcijfer van boven de 1.000 mm per jaar (<http://www.klimaatinfo.nl/verenigde-staten-van-amerika/oregon/portland.htm>). Het water van deze buien werd vervolgens via een rioleringsstelsel maar vaak ook via open betonnen kanaaltjes, snel afgevoerd naar diverse rivieren en riviertjes. Deze manier van afvoeren zorgde er echter voor dat het water alles meenam wat het onderweg tegenkwam zoals plastic, rubber, olie, zware metalen en andere afvalstoffen. Daarbij kwam het water in grote hoeveelheden tegelijk in de rivieren aan. Dit zorgde voor capaciteitsproblemen van de rivieren zelf waardoor deze overstroomden.

Vanuit het stadsbestuur is vervolgens aangedrongen op een plan om hier meer grip op te krijgen en dit resulteerde in het zogeheten Stormwater Landscape Swales project (<https://www.epa.gov/greeningepa/epa-facility-stormwater-management>). Het idee dat ontstond bij dit project was, enerzijds het water af te remmen zodat het niet allemaal tegelijk in de rivier zou komen en anderzijds het te laten infiltreren in de bodem waardoor afvoer via de rivier niet eens nodig zou zijn (<https://www.portlandoregon.gov/bes/article/65927>). Door de betonnen bakken te vervangen door bakken met een open onderzijde kon het water infiltreren in de bodem. Beplanting was dan echter nodig om de ondergrond van het kanaal (de swale) onderlinge binding te geven zodat deze niet zou wegspoelen.

Door deze beplanting wordt vervolgens ook het water afgeremd. Deze remmende functie heeft weer een positieve invloed op het infiltrerend vermogen van de voorziening. Vanuit de staat Oregon zijn er vervolgens diverse swales aangelegd. Deze swales

konden worden uitgevoerd op een drietal manieren, te weten een oppervlak van gras, van keien en dus ook van beplanting.

Inmiddels is het beplanten van deze swales zo gewoon geworden in de staat Oregon, dat tuincentra hierop inspelen door beplanting voor deze voorzieningen apart aan te prijzen of hiervoor aparte hoeken in te richten. Ook de particuliere tuinen doen inmiddels volop mee aan deze ontwikkeling. Deze kleine voorzieningen worden Flow Through Planters genoemd (<https://www.portlandoregon.gov/bes/article/127475>). Het zijn kleine vaak smalle wadi's met betonnen zijkanalen waarbij het water zich door een soort van kanaaltjes de tuin uit kan werken. De bodem is dan net als de wadi voorzien van een toplaag van doorlatend materiaal met genoeg organische stof om beplanting te kunnen herbergen.

3.2.3 Cornell Botanical Gardens, Ithaca, New York

Volgens de website Landscape Performance Series bij the Landscape Architecture Foundation (<https://landscapeperformance.org/case-study-briefs/nevin-welcome-center>) is in 2010 bij het nieuwe ontvangstgebouw van de Cornell Botanical Gardens, een 'bioswale' aangelegd. De bedoeling was het hemelwater, dat bij hevige buien van het aangrenzende parkeerterrein afloopt, te vertragen en te zuiveren. Tegelijkertijd wordt een aantrekkelijke tuin geboden, die meer ecologiegericht is dan een traditioneel drainagesysteem.

Sindsdien is er een geschatte vermindering met bijna 300.000 liter water dat van het parkeerterrein afloopt. Pieken in hemelwaterafvoer worden met 81, 62 en 58% verlaagd voor perioden van respectievelijk 1, 10 en 100 jaar met hevige buien. Er staan meer dan vijftig plantensoorten in de 'bioswale'; dit is een enorme toename van de biodiversiteit ten opzichte van een gazon.

Vervuiling van zware metalen blijft wel achter in de bioswale. In het afstromende water zijn lagere concentraties gemeten. Desondanks is de gezondheid van de bodem toegenomen namelijk 74% meer organisch materiaal en 37% meer actieve koolstof, vergeleken met het naastliggend gazon.

3.2.5 Sarasota County, Florida

Sarasota County ligt aan een estuarium. De overheid aldaar lijkt zich zeer bewust van de vervuiling en de nutriënten, die naar de rivier en vervolgens naar de zee afstromen, indien er geen berging en infiltratie van het hemelwater van hevige buien plaatsvindt. Deze nutriënten verstoren het zeeleven op ernstige wijze.

In 2012 geeft Sarasota County een folder uit met daarin een korte uitleg over het nut en de noodzaak om regenwater te bergen en ook schoon te maken door middel van een 'rain garden' en/of een 'bioswale'. Hiermee kan de burger deel uitmaken van de oplossing tot aanvulling van het grondwater en het hemelwater van hevige buien vasthouden voordat het zijn tuin uitstroomt. De folder beschrijft alvast 10 planten, die voor dit doel gebruikt kunnen worden, maar verwijst naar de website voor een aanvullende lijst met mogelijke planten. Opmerkelijk is dat de planten zeer beknopt maar ook zeer compleet worden beschreven, grotendeels met icoontjes. Niet alleen standplaatseisen, maar bijvoorbeeld ook aantrekkelijkheid voor vlinders of andere wilde dieren komen hierbij aan de orde.

In een presentatie tijdens de 'Sustainable Sarasota Community Partnership Meeting' in oktober 2013 zet J. Ryan (2013) de waterkringloop in een natuurlijk gebied tegenover die in stedelijk gebied, waarbij opvalt dat er in een natuurlijk gebied slechts 10% van het hemelwater van het oppervlak afstroomt, terwijl dit in stedelijk gebied 55% is. Ondiepe en diepe infiltratie van hemelwater nemen in een natuurlijk gebied elk 25% voor hun rekening, terwijl dit in stedelijk gebied slechts 10 respectievelijk 5% bedraagt.

Hij maakt tevens een vergelijking tussen afstromende nutriënten bij een gewone (mol)goot en een 'swale'. Bij stikstof is er sprake van een vermindering met 93% en bij zwavel van 82% per acre per jaar.

Een andere spreker, Kelly L. Westover, van het Public Utilities Department van Sarasota County, presenteert in dezelfde bijeenkomst een aantal zogeheten 'Low Impact Development Projects'. Zij wijst op zes technieken:

- Ondiepe waterberging (de 'bioswale', vergelijkbaar met de wadi).
- Doorlatende bestrating of doorlatend beton.
- Opvang van hemelwater van hevige buien (pompen, vijvers).
- Systeem van groene daken voor verwerking van hemelwater uit hevige buien.
- Opvang van hemelwater (watertanks).
- Vasthouden met biofiltering (door middel van diverse lagen, zoals zand en gravel, en onderin drainagebuizen).

3.2.4 Elmer Avenue, Los Angeles, Californië

Bij dit project is in 2010 een typische woonstraat omgevormd tot een 'model' groene straat waarbij gebruik is gemaakt van 'best management practices' voor wat betreft berging en infiltratie van hemelwater, afkomstig van een oppervlakte van 16 hectare volgens de website Landscape Performance Series bij the Landscape Architecture Foundation (<https://landscapeperformance.org/case-study-briefs/elmer-avenue-neighborhood-retrofit>).

Er zijn nu 'bioswales' aangelegd met daarin droogtetolerante inheemse beplanting. Tevens is er midden onder de straat een systeem van infiltratiebuizen aangelegd, niet alleen voor hemelwaterafvoer maar ook voor aanvulling van het grondwater. De privé-tuinen completeren het beeld met onder andere regenwatertonnen, infiltratiegreppels en waterdoorlatende bestrating.



Figuur 3.1: Australische bioretention swale

3.3 | AUSTRALIE

Wadi's wereldwijd

3.3.1 Algemeen

Uit Australië is het begrip 'water sensitive city' afkomstig, zoals in paragraaf 3.5.1 is te lezen. Het zal dan ook geen verwondering wekken, dat de Australische overheden de bewoners stimuleren om maatregelen te nemen voor regenwaterinfiltratie. In de navolgende paragrafen volgen enkele voorbeelden.

3.3.2 Melbourne

De Melbourne Water Corporation (zie ook paragraaf 3.5.2) heeft een brochure samengesteld, met daarin uitleg over de werking van een 'swale' en instructies over de aanleg. Ook een lijst van planten, die geschikt zijn voor wadi-omstandigheden, maakt deel uit van de brochure. Melbourne streeft naar tienduizend regenwater-tuinen.

3.3.3 Gold Coast

De Gold Coast City Council heeft richtlijnen opgesteld voor WSUD (zie wederom paragraaf 3.5.2). In dit boekwerk staan checklists voor ontwerpeisen, aanleg, beheer/onderhoud en overdracht van privé- naar overheidseigendom. Ook wordt stap voor stap de werkwijze ten aanzien van 'bioretention swales' beschreven, van esthetisch en technisch ontwerp tot berekeningen en beplanting. In dit type waterberging wordt het water niet alleen geborgen, maar ook gefilterd.

Opvallend is dat de 'bioretention swale' zich vaak in het midden van de weg, tussen de rijbanen in, bevindt. Ook tussen hoofdrijbaan en ventweg worden 'bioretention swales' aangelegd. Er wordt dan gebruik gemaakt van onderbroken banden, zodat er enerzijds na een hevige bui geen sediment op de weg achterblijft, maar anderzijds voertuigen de 'bioretention swale' niet of niet gemakkelijk kunnen inrijden.

3.4 | VERENIGD KONINKRIJK

Wadi's wereldwijd

3.4.1 Algemeen

Het land van de tuinen, en het land waar een groene omgeving vaak nog net iets meer aandacht krijgt dan in de rest van de wereld. Een land ook waar soms extreme piekbuien voorkomen maar waar ook regelmatig een tekort is aan zoet water. Een land waar dus goed nagedacht wordt over berging en infiltratie.

In het Verenigd Koninkrijk gebeurt dat op verschillende schalen. In de eerste plaats kleinschalig, particulier: de 'rain garden'. Dit komt allereerst vanuit het afkoppelen van het particuliere hemelwater en hergebruik in de tuin, later is dit ook toegepast op grotere schaal in het openbaar groen. Vandaar dat de Engelsen eerder spreken over een rain garden dan over een bioswale (zoals de Amerikanen en de Australiërs).

In Australië wordt ook gesproken over 'water sensitive city'. De Engelsen hebben de term SuDS bedacht; een afkorting van sustainable drainage system. Dit omvat meer dan een wadi; alles wat met duurzame waterafvoer te maken heeft, valt onder deze term.

3.4.2 Rain Gardens en Nigel Dunnett

Een van de grote denkers op het gebied van de rain gardens is Prof. Nigel Dunnett B.Sc PhD van The University of Sheffield. Dunnett heeft diverse studies gedaan en boeken en artikelen gepubliceerd over het gebruik van water in het groen. Hij is een groot voorstander van het afkoppelen van hemelwater en het gebruik hiervan in zowel de particuliere tuin alsook in het openbaar groen. Een van zijn boeken gaat over het maken van zogenoemde 'rain gardens' oftewel regentuinen. Een van de zaken die Dunnett laat zien is dat, wanneer er veel 'hard' oppervlak aanwezig is in tuin, stad of landschap, dit er voor zorgt dat water snel wordt afgevoerd en niet benutbaar is.

Het benutten van water is volgens hem meer dan alleen water laten infiltreren in de bodem. Ook zaken als opname door planten en verdamping spelen een rol. Hierop wordt in hoofdstuk 5.4 verder ingegaan.

De rain gardens zelf hebben een hoge vlucht genomen in het Verenigd Koninkrijk. Veel kleine maar ook grotere particuliere tuinen (her-)gebruiken het regenwater afkomstig van daken en verhardingen. Zo dringt bijvoorbeeld de Royal Horticultural Society (RHS) bij haar leden erop aan, hiermee aan de slag te gaan. De RHS is een toonaangevend instituut in het Verenigd Koninkrijk, verzorgt bijvoorbeeld de Chelsea Flower Show, heeft vijf grote tuinen (zoals Wisley) in eigendom en beheert daarnaast in partnerschap nog 195 andere tuinen en landgoederen.

3.4.3 Openbaar groen

Wat er op dit moment in het openbaar groen en stedelijk gebied te vinden is, komt vooral overgewaaid uit de Verenigde Staten. Veel gemeenten, maar ook ontwerpers en zelfs universiteiten (zoals The University of Sheffield in de persoon van Prof. Dunnett) nemen de situatie van Portland (Oregon, Verenigde Staten) als voorbeeld. Deze stad loopt in de Verenigde Staten voorop als het gaat over bioswales.

In het Verenigd Koninkrijk worden in het stedelijk gebied veel klinkers gebruikt zoals we die in Nederland ook kennen. Alleen wordt daar de bestrating vaak in een gestabiliseerd zandbed gelegd en niet, zoals in Nederland, in het zand. Water stroomt dus al veel eerder af naar het riool, nog voordat het door de voegen zou kunnen infiltreren. Vandaar dat de roep om een duurzame oplossing steeds groter werd.

Veel water wordt in het Verenigd Koninkrijk opgevangen in retention ponds (retentiebekkens); dit zijn tijdelijke waterbergingen die in tegenstelling tot de Nederlandse wadi's niet binnen enkele dagen weer leeg hoeven te zijn. Vaak bevatten deze bekkens continu een bepaalde hoeveelheid water en zijn het dus voor een deel een soort vijvers, alleen in tijden van hevige regelval of juist van droogte fluctueert dit waterpeil.

3.4.4 Beplanting

Kijken we naar het gebruik van planten in rain gardens dan zijn deze beide bijna onlosmakelijk met elkaar verbonden. Gezegd moet worden dat veel rain gardens relatief nat zijn en er dus vooral wordt uitgegaan van planten, geschikt voor moerasachtige omstandigheden.

Swales (wadi's) zijn niet altijd maar soms ook wel beplant. Net als in Nederland komen er veel graswadi's voor in het openbaar groen maar de scheidslijn tussen rain gardens en swales is niet altijd even duidelijk aan te geven. Daarnaast kent het openbaar groen dus veel retention ponds die aan de randen meestal wel beplant zijn.

De laatste tijd wordt er ook voor het openbaar groen steeds meer op aangedrongen om planten toe te passen in SuDS, omdat dit een filterende werking heeft op het water. Veel chemicaliën afkomstig van de rijbaan worden door de planten opgevangen en opgeslagen, waardoor deze niet in de bodem en dus in het grondwater terecht komen. Zoals in het begin van dit hoofdstuk al werd genoemd, heeft het Verenigd Koninkrijk een zoetwaterprobleem. Men wil dit dan ook zo zuiver mogelijk houden.



Figuur 3.2: Retention ponds

3.5 | BUITENLANDSE PRINCIPES

Wadi's wereldwijd

3.5.1 Water sensitive city

De term 'water sensitive city' is afkomstig uit Australië. In juli 2012 is het Cooperative Research Centre for Water Sensitive Cities (CRCWSC) opgericht om behulpzaam te zijn bij ontwerp, bouw en beheer van grote en kleinere steden. Hierbij wordt de bijdrage van water aan economische ontwikkeling en groei, aan kwaliteit van leven en aan de ecosystemen, waarvan de stad deel uitmaakt, op waarde geschat. Een soort tijdbalk geeft het proces weer van de omvorming van 'water is a threat' naar 'water is an opportunity'.

Er zijn drie uitdagingen voor overheden volgens de website van CRCWSC (<https://watersensitivecities.org.au/what-is-a-water-sensitive-city/>):

- Een snel groeiende bevolking met veranderende 'lifestyles' en waarden betekent meer druk op waterbronnen, waarbij watertekort en vervuiling de grootste risico's vormen.
- Een veranderend en zeer wispelturig klimaat met onder andere vaker en heviger buien; het stedelijk watersysteem dient hiervoor voldoende veerkracht te hebben.
- Een uitdagende economische omgeving, waarbij de focus ligt op kostenbesparing en toenemende efficiency.

In een 'water sensitive city' willen mensen graag wonen en werken (<https://watersensitivecities.org.au/what-is-a-water-sensitive-city/>). Er is water beschikbaar uit bronnen op verschillende schaal en voor verschillende vormen van gebruik. De omgeving is natuurlijk en gezond. De bewoners hebben de kennis en de wil om keuzen te maken inzake water, zijn betrokken bij besluitvorming en tonen positief gedrag ten aanzien van water.

In een 'water sensitive city' gaat men als volgt om met de stedelijke water- of hydrologische cyclus (<https://watersensitivecities.org.au/what-is-a-water-sensitive-city/>):

- *Zorgen voor waterveiligheid, die essentieel is voor economische bloei, door middel van efficiënt gebruik van verschillende beschikbare waterbronnen.*
- *Bevorderen en beschermen van de gezondheid van rivieren en hun omgeving, natte natuur, kusten en baaien.*
- *Verminderen van overstromingsrisico en schade.*
- *Creëren van openbare ruimten, die water opvangen, zuiveren en hergebruiken.*

3.5.2 Stormwater landscape swales

Het principe, dat in de staat Oregon (Verenigde Staten) wordt gehanteerd, is ontstaan vanuit de noodzaak om regenwater, met name tijdens piekbuien, gecontroleerd af te voeren. Dit afvoeren ging in het verleden te snel via betonnen kanalen, waardoor het water zich ophoopte in de rivieren wat tot overstromingen leidde. Daarnaast vervuilden de rivieren doordat heel veel ongewenste afvalstoffen meedreven.

De stormwater landscape swales hebben in tegenstelling tot de betonnen kanalen een poreuze ondergrond en worden vervolgens tegen erosie beschermd door:

- *Een afdekking met keien*
- *het inzaaien met gras of*
- *het beplanten met heesters en vaste planten.*

Het voordeel hierbij is dus dat het water nu wordt afgeremd en kan infiltreren in de bodem. Wanneer met name gekeken wordt naar de beplante wadi (swale), is een ander voordeel dat deze ook gemakkelijker zwerfvuil vasthoudt, zodat dit niet afstroomt naar de rivieren en meren. Daarbij kan de beplante swale ook afvalstoffen zoals zware metalen opnemen, zodat ook deze niet in de bodem terecht komen.

3.5.3 Flow-through planters

In aanvulling op de vorige paragraaf werd in Oregon ook een particulier of kleinschaliger initiatief opgezet. De zogeheten 'flow-through planters'. Deze kleinschalige wadi's komt men vooral tegen in de particuliere of semi-openbare ruimte. Het zijn vaak kleine wadi's met slechts een beperkte bergingscapaciteit maar tezamen zorgen deze er toch voor dat veel regenwater niet meer nodeloos afvloeit naar zee.

De 'flow-through planters' hebben vaak een toplaag van humeus maar poreus materiaal, zodat water kan infiltreren, maar met voldoende organische stof (3-5%) om beplanting mogelijk te maken. Door tuincentra wordt volop ingespeeld op deze trend door aparte hoeken in te richten zowel in de tuincentra zelf alsook op internet waarbij specifieke planten voor dit doel worden aangemerkt.

Een aardig detail is dat in Nederland op dit moment een proef is aangelegd op de Zuidas van Amsterdam (De Groene Beek). Deze flow-through heeft echter niet de traditionele bodemopbouw van poreus gesteente maar is voorzien van een kratensysteem (Permavoid®). Daarbij is dit systeem omwikkeld met een geotextiel en zijn er capillair werkende verbindingen aangebracht waarbij tijdens perioden van grote droogte de planten alsnog water krijgen (*TGS, persoonlijke communicatie, 17 februari 2017*).

3.5.4 Rain Garden

Het rain garden-principe is feitelijk een Engelse uitwerking van het Amerikaanse flow-through planters-principe. Ook de Engelsen kampen vaak met piekbuien en hun situatie is voor een groot deel vergelijkbaar met die van de staat Oregon. Het idee van de rain garden is echter op een andere manier uitgewerkt. Veel hierover is te lezen in het boek van Prof. Dunnett, dat hij heeft geschreven over de rain gardens. De rain garden is echter vaak breder van opzet en wordt ook toegepast in het openbaar gebied. Naast de in Oregon toegepaste kanalen en infiltratiemethoden

in de tuin gaan de Engelsen wat verder. Een rain garden kan ook grenzend aan of in de directe omgeving van open water liggen. Wanneer dit laatste het geval is dan moet men zich dat voorstellen als een vijver die continu water herbergt maar in tijden van regenval een extra hoeveelheid water kan bergen. Hierdoor stijgt het waterpeil tijdelijk en komt de omringende tuin tijdelijk onder water te staan.

Een ander aspect van het begrip rain garden is dat het meer behelst dan alleen waterafvoer via kanalen of wadi's. Ook groene daken en andere afremmende particuliere initiatieven vallen onder dit totaalconcept. Het is dus meer dan alleen waterafvoer en de term is meer bedoeld om de particuliere Engelse tuinbezitter bewust te maken van het waterprobleem waar het Britse eiland mee kampt (veel piekbuien, veel neerslag maar op jaarbasis een tekort aan zoet water).

3.5.5 Water sensitive urban design (WSUD)

Melbourne Water Corporation voegt op haar website (<https://www.melbournewater.com.au/Planning-and-building/Stormwater-management/WSUD-intro/Pages/default.aspx>) aan het begrip 'water sensitive city' nog het 'water sensitive urban design' (WSUD) toe. Hierbij wordt gebruik gemaakt van betere stedelijke planning en een beter ontwerp om het water van hevige buien te hergebruiken, zodat voorkomen wordt, dat het de rivieren bereikt. De natuurlijke watercyclus wordt daarbij zoveel mogelijk geïmiteerd. Op alle schaalgrootten kunen burgers en overheden hieraan meewerken: via de regenton in de achtertuin naar regenwatertuinen, bezinkvijvers, 'swales' (vergelijkbaar met de Duitse 'Mulden-Rigolen-Versickerung; zie paragraaf 3.1.2), en natte natuurgebieden.



Figuur 3.4: Vergroting van biodiversiteit

3.6 | SAMENVATTING & CONCLUSIE

Wadi's wereldwijd

3.6.1. Samenvatting

In hoofdstuk 2 is te lezen dat Nederland kampt met waterproblematiek. Deze problematiek speelt niet alleen in Nederland maar wereldwijd. Het is daarom niet verwonderlijk, dat eveneens wereldwijd overheden, wetenschappers en bedrijfsleven op zoek zijn naar oplossingen. Omdat wateroverlast door zware buien vooral in stedelijk gebied speelt, wordt het Australische begrip 'water sensitive city' in de strijd geworpen teneinde 'water is a threat' om te buigen naar 'water is an opportunity'. Om dit te bereiken is een- ook in Australië uitgedacht- 'water sensitive urban design (WSUD)' noodzakelijk, waarbij betere stedelijke planning en betere ontwerpen voorkomen dat het water van hevige buien (te) snel wegstroomt.

Van Australië tot de Verenigde Staten, maar ook in Duitsland en het Verenigd Koninkrijk worden maatregelen genomen om de gevolgen van steeds heviger buien om te buigen naar iets positiefs. In de meeste gevallen is dat kleurrijk openbaar groen dat de biodiversiteit bevordert en tevens een hoge belevingswaarde heeft voor omwonenden en passanten. Ook worden de burgers gestimuleerd om het regenwater in hun eigen tuin te bergen en te laten infiltreren.

De overheden lijken in de behandelde landen veel verder te zijn met klimaatadaptief groen dan in Nederland, getuige de door diezelfde buitenlandse overheden uitgegeven en op de burgers gerichte flyers met adviezen voor plantensoorten, die goed gedijen in een wadi of een regenwatertuin. In ons land houden de meeste overheden tot op heden vast aan de graswadi (met 'technische' bodem), die nauwelijks bijdraagt aan biodiversiteit en evenmin een hoge belevingswaarde heeft, als er tenminste wadi's worden toegepast.

3.6.2. Conclusie

Op het gebied van water hebben Nederlanders vaak het idee dat ons land voorop loopt in ontwikkelingen. Met grote waterprojecten is dat zeker een feit, maar op het gebied van klimaatadaptief groen is nog een verbeteringslag te maken.

Voor de toekomstbestendigheid van de steden is het van belang, de juiste ontwerpkeuze te maken. Met de juiste keuzes, kan men in Nederland zorgen voor de verbeteringslag, die in de omringende landen al jaren wordt toegepast. Kijk maar eens naar bijvoorbeeld het Duitse onderzoek waarbij beplante wadi's tot 33% meer water aan kunnen dan een graswadi!

Deze keuzes kunnen alleen tot stand komen wanneer betrokken partijen anders tegen openbaar groen aankijken. Helaas lijken de personen, die onderzoek doen naar wadibepanting in Nederland, roependen in de woestijn. Een mooie woordspeling die ons terugbrengt bij de oorspronkelijke wadi: een woestijnrivier die slechts een enkele keer water bevat, maar dan wel met onmetelijke krachten te maken krijgt.

Klimaatadaptief, dat is een term die al eerder is genoemd maar die in de Nederlandse wadi alleen te vinden is in het infiltrerend en bergend vermogen van de wadi. De buitenlandse principes leren ons dat beplanting juist nog meer te bieden heeft, zoals afkoeling door verdamping, het opvangen en filteren van schadelijke stoffen en een betere vorm van infiltratie. Dit alles ten opzichte van een graswadi.

Een ander gegeven is dat de beplante wadi een onderdeel van de dagelijkse praktijk kan worden. Op zo'n manier zelfs dat huiseigenaren zelf naar middelen zoeken, al of niet gesubsidieerd, om hun eigen hemelwater af te koppelen. Als het nuttig is, maar zeker wanneer het als een verbetering wordt ervaren, dan willen mensen daar wel bewuster over nadenken. Dat is iets waarin Nederland nog grote stappen kan maken.

Een laatste conclusie die uit het voorgaande kan worden gehaald is dat in het buitenland ook wadi's worden gebruikt voor watertransport. Dat is een principe dat hier nog niet wordt toegepast. Kleine smalle kanaaltjes die pal naast de openbare weg liggen voeren het water af van A naar B. Ook deze kanaaltjes worden, om het water af te remmen en dus beter te infiltreren, voorzien van beplanting. De Nederlandse wadi heeft een meer bergend karakter, maar wellicht zijn hier ook kansen te benutten.



HOOFDSTUK 4

INZOOMEN OP NEDERLAND

Hollandse polders, Zeeuwse klei, de hoge Veluwe, de lage Betuwe, Drents keileem, Limburgse heuvels, kortom: hoe gevarieerd is Nederland? Hoe verschillend zijn de omstandigheden of kan er toch één conclusie worden getrokken? Wordt in Nederland meer met regenwater gedaan dan alleen afvoeren? Zijn de omstandigheden altijd geschikt voor een wadi? Welke planten zouden er van nature dan voorkomen in de wadi?

Vragen die net zo lukraak lijken als de Nederlandse landschappen zijn. Vreemd eigenlijk dat dan de wadi er overal hetzelfde uitziet?! Is het dan ook niet vreemd dat uiteindelijk de beheerders achter de feiten aan lopen? Want wordt de wadi in Zuid-Limburg ook hetzelfde beheerd als die in het Westland?



Figuur 4.1: Wadi in wijk Ruwenbos

4.1 | DE WADI'S

Inzoomen op Nederland

4.1.1 Algemeen

Omwonenden vinden het over het algemeen prettig om dichtbij een wadi te wonen. De reden is soms omdat ze de wadi 'leuk' vinden, maar vaak wordt het ook als voordeel gezien dat er zeer waarschijnlijk geen huizen of andere gebouwen zullen verrijzen op de plek van de wadi (*N. Jeurink en ing. R. Wentink, persoonlijke communicatie, 19 december 2016*).

Volgens *Boogaard, Jeurink en Gels (2003)* werd en wordt aan de inrichting van wadi's - beplantingskeuze, veiligheid, dimensies etc. - weinig aandacht besteed. Door een aangepaste, meer natuurlijke inrichting kunnen het onderhoud en beheer en de daarbij behorende kosten worden geminimaliseerd. Voor deze aanpassing bestaat voldoende draagvlak. Niet alleen bij beheerders maar ook bij bewoners uit wadiwijken komen vragen naar een meer natuurlijke begroeiing van de wijk.

4.1.2 Enschede (wijk Ruwenbos)

Ruwenbos in Enschede was een van de eerste wijken met wadi's. De wijk is tot in Japan en Korea bekend (*dr ir F.C. Boogaard, persoonlijke communicatie, 8 november 2016*).

Er zouden blauwe, rode en groene wadi's komen, waarbij 'blauwe' zaksloten zijn, 'rode' wadi's met rode stenen/rotsblokken en 'groene' wadi's met alleen

gras. Verder zijn er 'voorden' (= doorwaadbare plaatsen; in dit geval eigenlijk omgekeerde verkeersdrempels) met een doorlatende bodem met keitjes aangelegd. Een bewoner vlakbij zo'n voorde heeft verklaard, dat het maar één keer gebeurd is in al die jaren, dat de voorde overstroomde en het water op straat stond (*ir N. Jeurink en ing. R. Wentink, persoonlijke communicatie, 19 december 2016*).

Omdat de wijk Ruwenbos een van de eerste was met wadi's wordt dit concept overal gekopieerd (zie figuur 4.1). Het lijkt erop dat de verantwoordelijken bij gemeenten denken dat een wadi per definitie een grasmat moet hebben en dat er zich ook altijd een 'technische' bodem onder de grasmat moet bevinden. Echter, in gebieden met zeer doorlatende bodem en/of zeer lage grondwaterstand is die technische bodem nergens voor nodig. Het water infiltreert vanzelf wel snel. Eventueel kan er alleen een slokop toegepast worden, die loost op naburig oppervlaktewater, indien er zodanig hevige buien zijn, dat de wadi alsnog dreigt te overstromen (*ir N. Jeurink en ing. R. Wentink, persoonlijke communicatie, 19 december 2016*).

4.1.3 Utrecht (Botanische tuin)

In de Botanische Tuinen te Utrecht is een van de weinige beplante wadi's in Nederland te vinden. Hier zijn gecultiveerde vaste planten toegevoegd aan de reeds aanwezige natuurlijke vegetatie om studie te kunnen doen naar beplante wadi's.

De wadi is in feite een bestaande greppel op kleigrond. De inheemse beplanting daarin is ontwikkeld door in de bestaande vegetatie hier en daar inheemse vaste planten toe te voegen. Er zijn honderd planten van tien inheemse soorten geplant op drogere en vochtigere plekken in de greppel. Na tien maanden is nog 59% van de ingevoegde planten terug te vinden (*Blänsdorf, Tuin en Landschap, 24/2016*).

4.2 | ANDERE VORMEN VAN WATERINFILTRATIE IN NEDERLAND

Inzoomen op Nederland

4.2.1 Regenwatertuinen

Volgens de Wildfowl & Wetlands Trust (WWT) (<http://www.wwt.org.uk/get-involved/get-involved/gardening-for-wetlands/rain-gardening/>) in het Verenigd Koninkrijk ontstaat een regenwatertuin, wanneer de tuin wordt aangepast of ontworpen om meer dan gewoonlijk te profiteren van regenwater. Zo kan men droogte tegengaan, overstromingsrisico's beperken, water besparen, de tuin interessanter maken en nieuwe biotopen voor wilde dieren creëren. Er zijn intussen 9 WWT Wetland Centres, die door middel van grote regenwatertuinen bezoekers tonen, hoe belangrijk 'wetlands' zijn, niet alleen voor de natuur, maar ook voor de mens. Tevens is er informatie te vinden over de wijze waarop bezoekers zelf hun tuin kunnen aanpassen voor de opvang van regenwater.

Melbourne Water Corporation (<https://www.melbournwater.com.au/getinvolved/protecttheenvironment/raingardens/Pages/What-is-a-raingarden.aspx>) voegt aan de door WWT genoemde functies van de regenwatertuin nog de filterfunctie toe. Op biologische wijze - via grond, planten, wortels en micro-organismen - zuivert de regenwatertuin het water van hevige buien en voorkomt zo dat een teveel aan regenwater, nutriënten, vuil en sediment in de rivieren, baaien en oceanen terecht komt. Het overtollige water, dat niet door de planten en de bovenste gravel-laag (mulch) wordt vastgehouden, zakt

de bodem in. Eerst komt het in een laag van zand en grond, vervolgens in een laag van alleen zand om ten slotte via een laag gravel in de drainagebuis terecht te komen. De regenwatertuin vertoont op deze wijze een sterke gelijkenis met de wadi, maar functioneert tevens als een soort helofytenfilter.

4.2.2 Helofytenfilters

Volgens Ecofy (<https://ecofyt.nl/index.php?lang=n-l&id=5>) zijn helofytenfilters sinds circa vijftig jaar in gebruik. Meestal worden drie types onderscheiden (Hieronder een korte opsomming zonder verdere details):

- het vloeiveld;
- het horizontaal doorstroomde helofytenfilter;
- het verticaal doorstroomde helofytenfilter.

In Nederland worden helofytenfilters vooral toegepast voor het zuiveren van huishoudelijk afvalwater en van spoelwater van melkleidingen en - tanks in de veehouderij. In het buitenland zijn er nog veel meer toepassingen, waaronder de behandeling van vervuild water dat van wegen afstroomt.

De werking berust met name op de activiteiten van bacteriën in de bodem. De rietplanten nemen zuurstof op en transporteren dit naar de wortels. Rondom de wortels concentreren zich de bacteriën, die voor het afbreken van afvalstoffen zuurstof nodig hebben (aerobe bacteriën). Verder van de wortels af verwerken bacteriën die geen zuurstof nodig hebben (anaerobe bacteriën) de afvalstoffen. Stikstofverbindingen (eiwitten, ammonium, nitraten) worden afgebroken en voor een deel omgezet in N_2 ; dit is de onschadelijke stikstof in de atmosfeer. Door de wortelgroei van het riet raakt de bodem niet verstopt.

Fosfaten en stikstofverbindingen worden voor een klein deel opgenomen door de planten. De opgenomen stoffen komen bij het afsterven van de bovengrondse plantdelen in de winter weer vrij.

De meeste fosfaten worden - met behulp van toeslagstoffen als kalk en ijzer - gebonden in het filter, dat na circa 25 jaar verzadigd is. De toplaag van het systeem kan dan vernieuwd worden door de grond te vervangen. De verwijderde toplaag is bruikbaar als meststof.

4.3 | BODEM EN TERREIN

Inzoomen op Nederland

4.3.1 Algemeen

Infiltratie, dat is het toverwoord wanneer het over de bodem gaat. Allereerst is het goed, twee termen nog eens naast elkaar te zetten: bodem en grond.

Bodem is datgene waarop we staan en deze is veelal opgebouwd uit verschillende lagen. De lagen zijn in de loop der tijd ontstaan door natuurkundige, scheikundige of biologische processen. Grond is feitelijk datgene wat we tussen onze vingers kunnen voelen. Het is de bovenste laag van de aardkorst (bodem). Figuur 4.2 geeft bijvoorbeeld een bodemprofiel uit het Westland weer met zowel minerale bijvoorbeeld zand, klei en leem) alsook organische lagen (veen). In het Nederlandse spraakgebruik worden de termen bodem en grond veelal door elkaar gebruikt.



Figuur 4.2: Bodemprofiel Westland

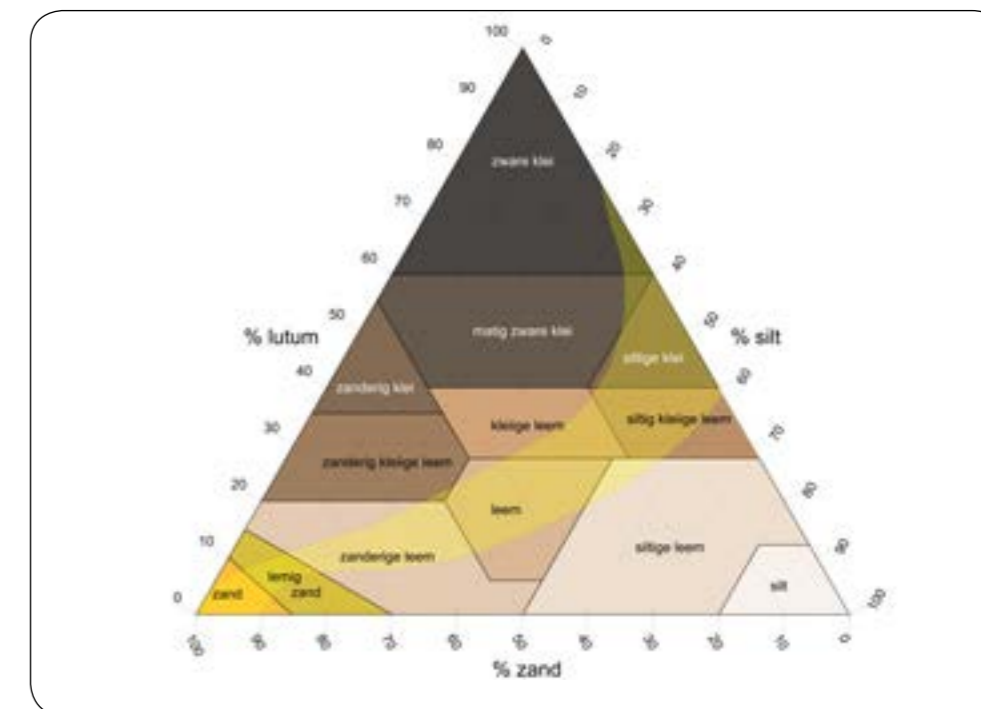
4.3.2 Infiltratie

Vaak wordt op een snelle manier al de conclusie getrokken dat, wanneer er klei aanwezig is, de grond niet of nauwelijks zal infiltreren. Ook dat is iets om nader uit te leggen. Figuur 4.3 toont een gronddriehoek waarin we de meest voorkomende minerale grondsoorten in Nederland kunnen onderscheiden.

In deze driehoek is weergegeven hoe de grondsoorten worden benoemd aan de hand van de percentages lutum, silt en zand. Het gele vak van linksonder naar midden rechts geeft de meest voorkomende (minerale) grondsoorten in Nederland weer.

Klei (grootte deeltjes kleiner dan 2 μm) bestaat voornamelijk uit zogeheten plaatjes die in droge toestand op elkaar gestapeld liggen. Hierdoor ontstaat een ondoorringbare barrière voor water (vergelijk een pallet volgestapeld met verschillende tegelformaten). Figuur 4.3 laat dit in een schema zien waaruit af te leiden is dat water niet gemakkelijk hierdoorheen kan dringen.

Zand is vele malen groter dan klei, tussen 63 μm en 2 millimeter en heeft een hoekig of rond hoekige vorm (vergelijk een krat vol met hoekige keien waarover een emmer water wordt uitgegoten).



Figuur 4.3: Gronddriehoek

4.3 | BODEM EN TERREIN

Inzoomen op Nederland

Silt is dan een fractie die tussen klei (lutum) en zand in zit. Het heeft net als zand een hoekige structuur maar is kleiner dan $63 \mu\text{m}$. Silt en klei samen vormt leem, een voor water praktisch ondoordringbare laag. Door de hoekige structuur is het zeer samenbindend waardoor grondlagen ook niet gemakkelijk openbreken zoals dat bij klei weer wel kan.

Wanneer er gesproken wordt over doorlatendheid van de bodem dan wordt deze uitgedrukt in de zogeheten K-waarde. Deze K-waarde wordt feitelijk bepaald door de korrelgrootte en de hoeveelheid kleine deeltjes (lutum en silt) die aanwezig zijn. Deze doorlatendheid van de bodem is ook terug te vinden in tabel 4.1.

| Infiltratievermogen | |
|---------------------|-------------------------------------|
| Materiaal | Doorlatendheid [M/etmaal] |
| grind | > 200 |
| zeer grof zand | 50 - 200 |
| grof zand | 10 - 100 |
| fijn zand | 1 - 10 |
| zeer fijn zand | $1 - 1 \cdot 10^{-3}$ |
| zandige klei | $1 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-5}$ |
| klei | $< 10^{-5}$ |

Tabel: 4.1 K-waardes

De doorlatendheid wordt dus bepaald door het poriënvolume. Het is dus inderdaad zo dat, wanneer er veel lutum aanwezig is (dus een kleigrond), deze grond minder doorlatend zal zijn. Ook met een klein percentage klei, maar met een hoog siltpercentage, is de grond slecht doorlatend. Alleen bij een hoog zandpercentage, en dan bij voorkeur eentoppig zand, zal de bodem goed doorlatend zijn.

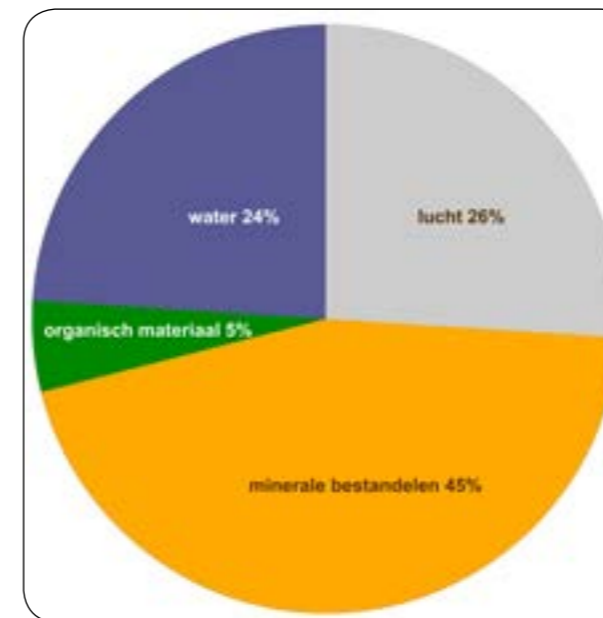


Figuur 4.4: Infiltratietest

4.3.3. Ideale bodemopbouw

Figuur 4.5 geeft de opbouw van de ideale bodem weer in percentages poriënvolume. Wanneer gesproken wordt over de ideale opbouw, wordt de bodem bedoeld die het meest geschikt is voor plantenteelt.

Voor planten moet de juiste basis aanwezig zijn voor goede groei. De groeiplaatsomstandigheden moeten dus goed zijn. Kijkend naar de wegebouw, kunnen we vaststellen, dat daarbij in de bestrating bijvoorbeeld voor bomen zogeheten bomenzand of bomengrond wordt toegepast. Dit is een samenstelling van eentoppig zand met organisch materiaal. Voor bomenzand is dat 3,5 tot 5% organische toevoeging en voor bomengrond is dit 5 tot 10%. De uitkomsten van diverse interviews geven aan dat veel gemeenten nu al werken met een top-laag van bomenzand (ing. M. Rijsdijk, persoonlijke communicatie, 7 april 2017)



Figuur 4.5: Ideale bodemopbouw

Er kleeft echter wel een nadeel aan deze toepassing, omdat organisch materiaal niet onder de grondwaterstand mag komen. Wanneer dit wel het geval is zal de organische stof in het medium gaan verrotten waardoor de wortels niet meer voldoende zuurstof kunnen opnemen. Kortstondig onder water staan is in dit geval géén groot

probleem, omdat de gemiddelde wadi binnen 48 uur droog is. Vergelijken we bomenzand met het cirkeldiagram in figuur 4.5. dan zien we dat dit een organische stofgehalte laat zien van 5% op de totale bodemsamenstelling. Hierin zijn echter ook water en lucht opgenomen. Wordt er gekeken naar de grondsamenstelling, dan worden lucht en water niet meegenomen en wordt de verhouding 10% organische stof en 90% minerale delen. In dit geval zou bomenzand een te laag percentage organische stof bevatten voor een optimale groei.

Er zou dan ook gekeken kunnen worden naar bomengrond dat wel een percentage van 10% organische stof kan bevatten. Bij dit type bomengrond slaat echter de bovenlaag al snel dicht en is het infiltrerend vermogen (de K-waarde) op den duur niet meer te garanderen.

In veel situaties wordt echter niet altijd het ideale gehaald. Zoals hiervoor al is benoemd, gebruiken veel gemeenten bomenzand als basis voor de wadi. Zij doen dit echter niet alleen in de wadi, maar ook om bomen te laten groeien op plaatsen waar dit anders niet mogelijk is, zoals in verharding. Ondanks het feit dat de natuurlijke plek van de boom, vaak het bos, veel meer organische stof bevat dan wat hij krijgt uit bomenzand, gedijt hij toch.



Figuur 4.6: 'Vergeten' wadi in Vlaardingen

4.4 | VEGETATIE

Inzoomen op Nederland

Een vervolg op bodem is de natuurlijke vegetatie die op die bodem vanzelf zal opkomen wanneer er geen onderhoud wordt gepleegd. Dat is in een normale situatie redelijk divers want het hangt voor een groot deel af van de aanwezige grondsoort en de grondwaterstand. In het westen van het land, waar enkele wadi's gegraven zijn bij een relatief hoge grondwaterstand, gaat de wadi al snel rietvorming vertonen. Uiteindelijk komen er dan ook houtige gewassen als wilg en els tevoorschijn (zie figuur 4.6).

Een mooi voorbeeld hiervan vinden we in Vlaardingen. Een wijk van rond de millenniumwisseling werd ingericht met een duurzame en groene uitstraling. Eén van deze zaken was een wadi die de wijk op een natuurlijke wijze in tweeën deelt en zorgt voor de afvoer van het hemelwater. Het water van de woningen en de verharding loopt via een open goot naar de wadi. Deze wadi heeft echter 'harde' kanten en is dus lastig in onderhoud. Na een aantal jaren stopte men dan ook met het beheer waardoor de wadi nu een natuurlijke uitstraling heeft met een kruidlaag, veel grassen, riet en houtige gewassen als *Salix alba*, *Salix caprea*, *Salix cinerea* en *Alnus glutinosa*.

Normaliter zal een wadi aangelegd worden op een bodem met een lage grondwaterstand. Er zal dan een infiltratiepakket van zand worden aangebracht als bodem van de wadi. Eventueel met een toplaag van bomenzand waarin 3-5% organische stof is verwerkt. Een aantal voorbeelden hiervan vinden we in Utrecht. Eén ervan is te vinden tussen het Klifrakplantsoen en de Gouderaklaan. Deze wadi wordt extensief beheerd en wat opvalt is een gras-, en kruidenvegetatie met ook weer opschot van diverse wilgen en elzen. In principe behoort een wadi droog te zijn en maar enkele keren per jaar onder water te staan door piekbuien. De frequente afvoer van hemelwater, dat op de daken en verharding valt en afgevoerd wordt naar de wadi, zorgt uiteindelijk toch voor een gunstige standplaats voor deze dikwijls wat natter levende houtachtigen.

In het oosten van het land maar ook in Noord-Brabant en op de Veluwe groeien er in de wadi's feitelijk vaak alleen grassen. De bodem bestaat meestal uit zand of zanderige leem. Hier functioneert deze infiltratievoorziening vaak goed, maar van nature is er weinig gevarieerde vegetatie in te vinden. Zelfs grassen hebben het slecht naar hun zin, zeker als de wadi is aangelegd met een grofkorrelige laag infiltratiezand.

Over het algemeen kan er gesteld worden dat, wanneer een wadi op de juiste manier is aangelegd, deze redelijk droog en zanderig is. De daarbij behorende gras- en kruidenvegetatie zal dan daar ook als eerste naar voren komen. Wordt de wadi natter, dan zullen zoals in Utrecht en Vlaardingen, ook houtachtigen als wilgen en elzen zich laten zien. Op plaatsen waar de grondwaterstand relatief hoog is, zoals in Vlaardingen-West, groeien de wadi's al snel dicht met riet en moerasvegetatie.

4.5 | BEHEERDERS

Inzoomen op Nederland

4.5.1. Wie zijn de beheerders

De gemeenten zijn vaak de partijen die het onderhoud aan een infiltratievoorziening uitvoeren, zoals wadi's. Naast gemeenten zijn er diverse landgoedinstanties en particulieren die ook infiltratievoorzieningen hebben aangelegd. In Nederland zijn er dus diverse partijen bezig met het beheer van wadi's.

Over het algemeen kan wel gesteld worden, dat het beheer van de openbare ruimte in de bebouwde kom veelal het domein van de gemeenten is. Een probleem is, dat deze vaak willen vasthouden aan wat altijd al zo gedaan is (ing. H.W. Boom, persoonlijke communicatie 8 november 2016).

Dit komt veranderingen in het beheer niet altijd ten goede.

4.5.2. Wat houdt de beheerder tegen

Bij beheerders bestaat nog veel onwetendheid over het functioneren van een infiltratievoorziening, en dan met name wadi's. Vraagt men de verschillende beheerders waarom een wadi niet beplant zou kunnen worden dan volgt er een veelvoud aan antwoorden. Hieronder worden enkele weergegeven:

“Door de aanleg van beplanting neemt het bergend vermogen van de wadi af. Hierdoor zullen tijdens piekbuien problemen ontstaan.”

“De wortels van de beplanting drukken de bodem omhoog. Het gevolg hiervan is een afname van bergend volume.”

“De beheerkosten zijn vast een stuk hoger”

“Het is niet mogelijk omdat de beplanting niet tegen deze natte omstandigheden kan. De beplanting sterft dus af.”

“Nooit over nagedacht, een wadi moet toch altijd uit een grasmengsel bestaan?!”

Daarnaast blijkt, dat er in veel gevallen geen kennis bestaat over andere vormen van beplanting van wadi's. De beheerders weten niet beter dan dat een wadi uit gras of eventueel ruig gras bestaat (ing. H. van Rooijen, persoonlijke communicatie 16 januari 2017).

In hoofdstuk 5 worden de interviews met de verschillende personen uitgebreid beschreven en becommentarieerd.

4.5.3. Verandering

Pas de laatste tijd komt het onderwerp wadibeplanting langzamerhand toch in beeld, mogelijk mede doordat er weer wat meer geld is voor dit soort projecten. Omdat Ruwenbos in Enschede de eerste wijk in Nederland was met wadi's, wordt dit concept veelal gekopieerd. Op basis hiervan denken de verantwoordelijken bij gemeenten dat een wadi per definitie een grasmat en ook altijd een 'technische' bodem (met drainagepijp, granulaat/zandkoffer, slokop) moet hebben. Echter, in gebieden met zeer doorlatende bodem en/of zeer lage grondwaterstand is die technische bodem nergens voor nodig. Het water infiltreert vanzelf wel snel. Eventueel kan er alleen een slokop toegepast worden, die loost op naburig oppervlaktewater, indien er zodanig hevige buien zijn, dat de wadi alsnog dreigt te overstromen (N. Jeurink en ing. R. Wentink, persoonlijke communicatie, 19 december 2016).

De verandering in de inrichting kan dus alleen plaatsvinden als er ook referentieprojecten zijn om de resultaten te tonen. Sinds kort is er op de Donkervoortse loop in Heesch (Gemeente Bernheze) een proefwadi aangelegd met beplanting. De beplanting bestaat hier uit vaste planten en de ontwikkeling hiervan zal de komende maanden onderwerp van nadere studie zijn.

4.6 | WIJZE VAN BEHEER

Inzoomen op Nederland

Volgens Boogaard, Bruins en Wentink (2006) is er nog vrijwel geen Nederlandse ervaring met het beheer van afkoppelvoorzieningen.

Het in paragraaf 4.5 naar voren komende beeld, dat beheerders vaak een verkeerd beeld over beplante wadi's hebben, bemoeilijkt in sommige gevallen het introduceren van beplante wadi's enigszins.

Over het algemeen willen gemeenten bovendien het beheer zo gemakkelijk mogelijk ingericht hebben. Eenvoudig beheer betekent het zoveel en zo efficiënt mogelijk gebruiken van machines tegen de laagste kosten. In gebieden met een hoge grondwaterstand en dus veelal natte wadibodems, geeft het gebruik van de reguliere maaimachines problemen en moeten de (gras)wadi's alsnog apart worden behandeld en op een andere wijze worden uitgemaaid (ing. H. van Rooijen, persoonlijke communicatie 16 januari 2017).

Naast het rekening houden met de inrichting wordt ecologie een steeds belangrijker punt in het stedelijk groen. Er staan immers inheemse en niet-inheemse planten in de kerngebieden. Het toepassen en beheren van dit soort groen zorgt ervoor dat dieren en planten in het gebied kunnen leven en zich voortplanten. Dit is daarom van essentieel belang en een vraagstuk dat steeds vaker bij de beheerders terug komt. Tijdens het beheren kan hiermee zeker rekening gehouden worden.

De wijze van beheer verschilt aanzienlijk tussen de verschillende beplantingstypes. Paragraaf 5.3 zal daarom ingaan op de beheerverschillen tussen een wadi bestaande uit gras en een beplante wadi.



Figuur 4.7: Spoorvorming na onderhoud



Figuur 4.8: Riet in grasland bij te hoge grondwaterstand

4.7 | SAMENVATTING & CONCLUSIE

Inzoomen op Nederland

4.7.1. Samenvatting

Alles staat en valt met de juiste groeiplaatsomstandigheden, ook voor beplanting in een wadi. De basisfunctie van een wadi is echter infiltratie. Dit betekent dat er enerzijds voldoende zand aanwezig moet zijn in de wadibodem, maar anderzijds ook circa 5% organische stof om voedingsniveau en waterhuishouding voor planten op peil te houden. Indien de balans teveel doorslaat naar organische stof vermindert de infiltratiecapaciteit en dat is nu juist waarvoor een wadi in beginsel is bedoeld.

Op iedere locatie, dus ook in een wadi, zal zonder beheer vanzelf de potentieel natuurlijke vegetatie (PNV) van het desbetreffende gebied verschijnen. Heel globaal kan hier verschil gemaakt worden tussen vegetatie in vochtiger c.q. nattere gebieden en in drogere gebieden. Bij een relatief hoge grondwaterstand zal er uiteindelijk zelfs riet groeien.

Een helofytenfilter zoals dit is beschreven in paragraaf 4.2.2. heeft raakvlakken met een wadi. De beplanting is echter nogal eentonig, want die bestaat meestal uit riet. Een deels als helofytenfilter ingerichte beplante wadi als waterberging bij een grote weg, waarvan vervuild water stroomt, is een mogelijkheid om de voordelen van beide typen waterberging te combineren.

Ook een regenwatertuin heeft raakvlakken met een wadi, maar dan vooral met een beplante wadi, die ook een filterfunctie heeft (zie ook de in paragraaf 3.4.2 genoemde 'bioretention swale'). Een grote regenwatertuin met diverse wadi's, eventueel in combinatie met helofytenfilters, (in plaats van een 'gewoon' park) is een mogelijkheid die zeker overwogen zou kunnen worden door gemeenten.

Het nadeel van helofytenfilters en regenwatertuinen is dat hier veel ruimte voor benodigd is. Een beplante wadi heeft minder ruimte nodig; ten opzichte van een normale wadi hoeft er tijdens de ontwerpfase maar 4% extra ruimte gereserveerd te worden. Door de geringe extra ruimte zal het makkelijker zijn om beplante wadi's aan te leggen binnen stedelijk gebied.

Voor veel beheerders zijn wadi's weliswaar bekend als infiltratievoorziening, maar niet als mogelijkheid om het openbaar groen te verfraaien door middel van beplanting. Zij hebben daarbij de Enschedese wijk Ruwenbos als voorbeeld voor ogen, die voorzien is van graswadi's. Dat beplanting nauwelijks invloed heeft op de bergingscapaciteit is onbekend. Meestal wordt dit als een van de eerste argumenten aangevoerd indien het onderwerp wadibeplanting ter sprake komt.

4.7.2. Conclusie

De locatieomstandigheden hebben veel invloed op de manier waarop een wadi wordt aangelegd en op de vraag of deze wel of niet beplant kan worden. Dit moet dus altijd in overweging worden genomen tijdens de planfase. Nederland kent veel uitersten, hoge droge gebieden maar ook natte poldergronden, sterk waterdoorlatend zandpakket of vette klei. Wat gebleken is, is dat de eerste wadi's vaak kopieën waren van de wadi's uit Enschede, maar dat er verder weinig aandacht werd besteed aan de werkelijke werking van de bodem (*ing. H. van Rooijen, persoonlijke communicatie, 16 januari 2017*).

Voor wat de bodem betreft: er moet voldoende zand aanwezig zijn om de basisfunctie van de wadi te kunnen garanderen, namelijk infiltratie. Daarbij moet deze enerzijds voldoende, maar niet teveel organische stof bevatten (circa 5%) om planten genoeg voedingsbodem te geven en anderzijds de waterhuishouding op peil te houden. Wanneer wadi's worden gepland in een te natte omgeving, zorgt dit voor problemen met het reguliere beheer en zal er al gauw rietvorming plaatsvinden.

Naast wadi's zijn er vele andere vormen van waterbeheersing; deze zijn echter vaak gericht op andere doelen. Helofytenfilters filteren alleen het water. Regenwatertuinen, overgewaaid uit Engeland, laten echter al een klein voorbeeld zien van een beplante wadi en wat daarmee mogelijk is. Het moge duidelijk zijn, dat er nog veel voorlichting nodig is, om een knop om te zetten bij de betrokken partijen en hen enthousiast te maken voor het beplanten van wadi's.



HOOFDSTUK 5

VOOR- EN NADELEN BEPLANTE WADI

Angst voor het onbekende, maar een ander spreekwoord luidt ook: onbekend maakt onbemind.

Afstappen van het oude vertrouwde en iets nieuws durven aan te gaan, dat is wat de wadi nodig heeft. In dit hoofdstuk wordt voornamelijk gekeken naar wat een wadi werkelijk is en wat deze eventueel doet wanneer er beplanting in komt te staan. Wat is dan de bergingscapaciteit, wat doet dat met de infiltratie en welke voor- of nadelen zijn er verbonden aan beplanting? Is dat alleen beheertechisch, of zijn er ook milieu-gerelateerde zaken die zouden kunnen meespelen?

Dit hoofdstuk geeft een eerste aanzet om te komen tot een vergelijk tussen voor- en nadelen van de beplante wadi ten opzichte van de graswadi. Hoofdstuk 6 gaat vervolgens nog verder en dieper op de toegevoegde waarde in, terwijl hoofdstuk 7 de financiën verder onder de loep neemt.

5.1 | GESPREKKEN MET EXPERTS

Voor- en nadelen beplante wadi's

5.1.1 Onderzoek

Bij het onderzoeken van de vraag, waarom wadi's niet beplant worden, is het goed, niet alleen naar andere landen en omstandigheden te kijken, maar ook de voor- en nadelen en eventuele problemen van beplante wadi's en andere vormen van beplante waterberging ten opzichte van niet beplante wadi's te benoemen. In de navolgende paragrafen zullen wij hierop dieper ingaan.

Tijdens gesprekken met kenners in het vakgebied komen er diverse voor- en nadelen op tafel. Het is van belang, de punten met elkaar te vergelijken en kennis te nemen van de literatuur om hiervan een goed beeld te kunnen vormen.

Tijdens de gesprekken die de afgelopen maanden hebben plaatsgevonden, komen vaak dezelfde voor- en nadelen terug. In paragraaf 5.1.2 zijn de meest relevante voor- en nadelen uitgewerkt. Deze vormen de basis voor dit hoofdstuk. In het kort kunnen wij stellen dat de aspecten, die vooral van belang zijn en daarom in dit hoofdstuk worden afgepeld, de volgende zijn: bergingscapaciteit, beheer, infiltratie, aanlegkosten en beheerkosten.

De gesprekken hebben onze ogen geopend; het komt er veelal op neer dat het onwetendheid betreft die niet gefundeerd kan worden. In enkele gevallen werd tijdens het gesprek wel een degelijke onderbouwing aangedragen. De meest relevante uitkomsten van literatuurstudie zijn in de navolgende paragrafen te lezen.



Figuur 5.1: Waterberging in de openbare ruimte

5.1.2 Beursbezoeken en gesprekken

Naast de literatuurstudie, zijn er voor dit onderzoek ook diverse gesprekken met experts gevoerd. Om in eerste instantie de interesse in het onderwerp te polsen zijn er meerdere beurzen bezocht. Door het bezoeken van deze beurzen blijkt dat 'de beplante wadi' een onderwerp is dat bij betrokken partijen interesse wekt. Dit betekent niet dat iedereen meteen enthousiast is, integendeel. Mensen redeneren vaak uit onwetendheid, en komen zo tot de conclusie dat wadi's beplanten niet mogelijk is.

Uit de verschillende gesprekken met gemeentelijke beleidsmakers, landschapsarchitecten en ingenieurbureaus, komt naar voren dat zij de nodige bedenkingen hebben bij het beplanten van wadi's. Uiteenlopend van oplopende aanleg- en beheerkosten tot ongewenste zaadverspreiding via oppervlaktewater, en van beperkingen in de bergings- en infiltratiecapaciteit tot ongewenste consequenties voor de ondergrond. Ook werd duidelijk dat het wegnemen van deze bedenkingen niet automatisch zou leiden tot het daadwerkelijke beplanten van wadi's.

Hieronder wordt een kort overzicht gegeven van de voor- en nadelen die tijdens de gesprekken vaak onderwerp van discussie waren. Voor een complete samenvatting van de beursbezoeken en de gesprekken verwijzen wij u graag naar bijlage II.

Voordelen:

- Meer kleur en belevingswaarde
- Levensduur van een wadi
- Klimaatbestendig
- De biodiversiteit vergroot
- Hogere WOZ-waarde
- Hogere infiltratiewaarde
- Vermindering van hittestres
- Mooie kans voor participatieprojecten
- Samenhangende belangen van groen en blauw

Nadelen:

- Hogere beheerkosten
- Lastig te beheren
- Men staat niet open voor iets nieuws
- Vochthuishouding moet voor beplanting gereguleerd worden
- Bergingscapaciteit neemt af
- Planten sterven af door te natte omstandigheden
- Kan niet op elke bodem
- Ongewenste zaadverspreiding

5.2 | BERGINGSCAPACITEIT

Voor- en nadelen beplante wadi's

Een wadi dient om regenwater tijdelijk te bergen en vervolgens te infiltreren in de bodem. Wanneer de bodem van de wadi uit laag tot zeer laag gras bestaat, mede als gevolg van het toegepaste, intensieve maaibeheer, zal het gras nauwelijks invloed hebben op de bergingscapaciteit (Boogaard et al., 2003). Dat de bergingscapaciteit enigszins afneemt, wanneer er hogere beplanting in een wadi staat, ligt in de lijn der verwachting. Overigens is dit - bij 's winters afstervende bovengrondse plantendelen - met name in het groeiseizoen het geval.

Boogaard et al. (2003) hebben hiervoor een berekening gemaakt, die uitgaat van de inhoud van de begroeiing. Het water staat tijdelijk tussen de planten; alleen daar waar zich stengels bevinden, kan geen water staan. Het zeer dunne blad wordt niet meegenomen in de berekening. De berekening gaat uit van 100 stengels per m² met een doorsnede van 1 cm. In een waterlaag van 30 cm bedraagt de inhoud van de stengels circa 2.350 cm³, terwijl de inhoud van de waterlaag op 1 m² 300.000 cm³ bedraagt. Het betekent dat de beperking van de bergingscapaciteit als gevolg van de aanwezige hogere beplanting circa 0,75% is. Boogaard et al. (2003) raden aan, de wadi in dat geval veiligheidshalve 2 à 3% ruimer te ontwerpen.

Ir M.E.C.M. Hop (*persoonlijke communicatie, 8 november 2016*) komt uit op een iets hoger capaciteitsverlies van een beplante ten opzichte van een niet beplante wadi, namelijk 4%. Dit is overigens nog steeds een zodanig kleine waarde, dat dit verlies al vrijwel is te compenseren met het eerder genoemde 2 à 3% ruimer ontwerpen.



Figuur 5.2: Stengels van *Verbena bonariensis*

5.3 | BEHEER & BELEMMERINGEN

Voor- en nadelen beplante wadi's

5.3.1 Onderhoud

Volgens Boogaard et al. (2003) worden de in wadi's toegepaste gazons in de praktijk intensief gemaaid, gemiddeld ten minste eenmaal per twee weken. Twintig maal per jaar of meer is geen uitzondering.

Een meer gevarieerd en natuurlijk beplante wadi daarentegen heeft slechts twee maaibeurten per jaar nodig, bij voorkeur tweede helft juni/eerste helft juli en vervolgens tweede helft augustus/eerste helft september. Ter bevordering van zaadverspreiding dient het maaisel enkele dagen na te rijpen, waarna het wordt afgevoerd. Het beheer mag echter in geen geval achterwege blijven. Dit heeft relatief snel verruiging tot gevolg, waardoor de wadi visueel onaantrekkelijk wordt. Verwaarlozing ligt dan al snel op de loer zoals hond uitlaten, afvaldumping etc. (Boogaard et al., 2003).

Een cultureel beplante wadi heeft weer een andere onderhoudscyclus nodig. Een wadi gevuld met vaste planten heeft bijvoorbeeld slechts één maaibeurt per jaar nodig, bij voorkeur in maart zodat het winterbeeld ook aantrekkelijk is (zie figuur 5.3). Naast het maaien moet er in het groeiseizoen één keer per 8 weken onkruid worden verwijderd. Als de wadi beplant wordt met heesters bestaat het onderhoud uit het onkruidvrij houden van het plantvak en het één keer per jaar knippen van de desbetreffende heesters.

Zowel bij 'gazonwadi's' als bij beplante wadi's zijn honden een aandachtspunt. De invloed van honden zou zoveel mogelijk beperkt moeten worden. Uitwerpselen kunnen zelfs leiden tot een toename van stikstofminnende plantensoorten, bijvoorbeeld grote brandnetel, ridderszuring en gewone smeerwortel. (Boogaard et al., 2003).



Figuur 5.3: Winterpracht vaste planten

5.3.2 Belemmeringen

In de ontwerpfase dient rekening gehouden te worden met beheer en onderhoud. Indien dit niet gebeurt, ontstaan er moeilijkheden tijdens het onderhoud. Van belang is bijvoorbeeld de schuinte van het talud. Wanneer het talud te steil wordt ontworpen, kan het onderhoud niet meer met machines worden uitgevoerd. Dit werkt dus kostenverhogend.

Onder sommige wadi's worden extra infiltratievoorzieningen aangelegd. Deze extra voorzieningen liggen net onder het oppervlak, door de ondiepe ligging is het niet mogelijk, grondwerkzaamheden uit te voeren. Zelfs het toepassen van inboet blijkt in sommige gevallen onmogelijk.

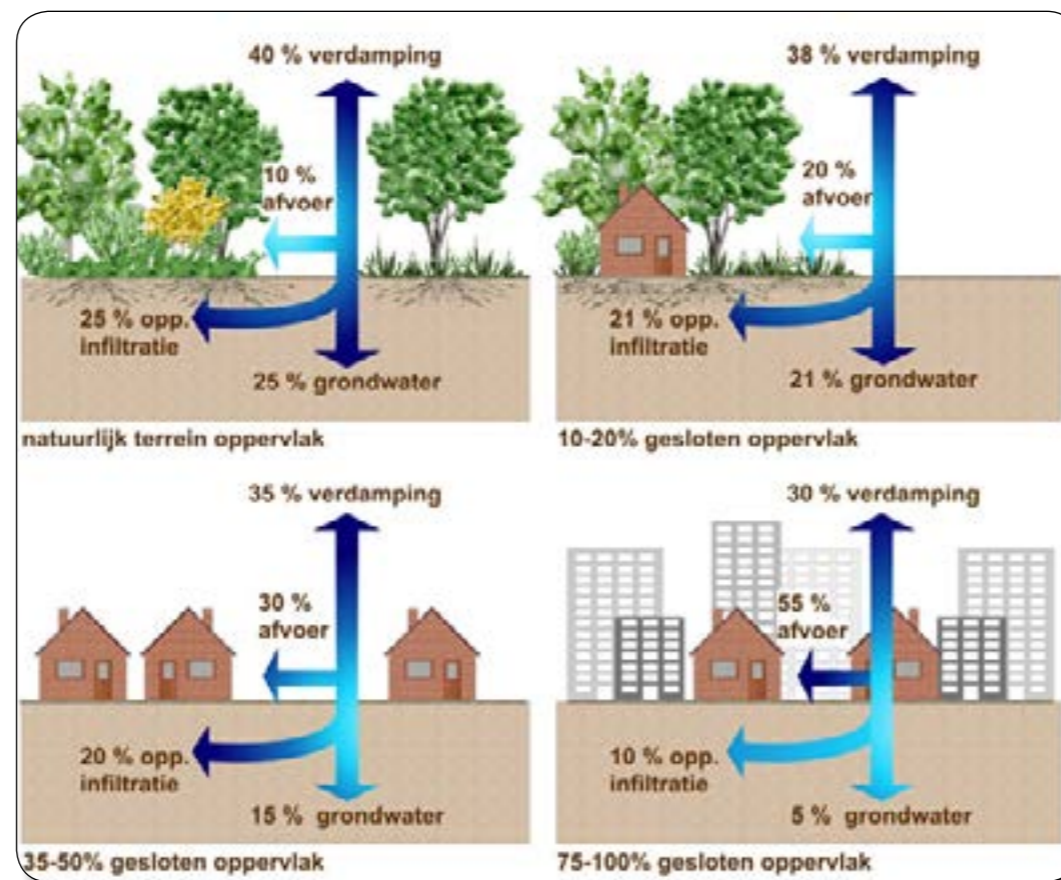
5.4 | INFILTRATIE & TECHNIEK

Voor- en nadelen beplante wadi's

5.4.1 Infiltratie

Dat is feitelijk datgene waar het in een wadi om gaat. Een wadi is een tijdelijke berging om vervolgens het hemelwater te laten infiltreren. Ondanks het feit dat er in Nederland op jaarbasis gemiddeld 800 mm aan regen valt is dit niet genoeg om de verdroging tegen te gaan. Veel water wordt opgevangen op verharde straten en daken en dit wordt vervolgens afgevoerd via een riool naar rivieren en vervolgens naar zee. Regenwater is zoet en er is een tekort aan zoet water, maar zodra het in zee terechtkomt, is dit zoete water weer onbruikbaar zout geworden.

Hoe meer verhard oppervlak, hoe minder water er in de bodem van ons land terecht komt en des te meer verdroging er plaatsvindt (zie hiervoor ook figuur 5.4). De steden groeien en de wegen beslaan steeds meer oppervlak. Om de verdroging een halt toe te roepen, moet water op een andere manier worden afgevoerd, namelijk langzamer en dan het liefst via de bodem. Dit is een van de redenen geweest om met wadi's te beginnen. Een andere reden was het toenemende aantal piekbuien. Het was bijna niet mogelijk, deze via een gesloten rioolstelsel af te voeren, met soms overlopende kolken en straten als gevolg.



Figuur 5.4: Infiltratieschema gemaakt naar het model van FISRWG 1998

5.4.2 Techniek achter infiltratie

Wanneer meer verhard oppervlak aanwezig is, vloeit er meer water af via bijvoorbeeld riolering; het verschil tussen natuurlijk en stedelijk gebied bedraagt wel 45% (zie figuur 5.4).

Een wadi heeft dan ook de mogelijkheid om water tijdelijk te bergen waarna het vervolgens een weg kan zoeken naar het grondwater. Dit infiltreren kan op diverse manieren gebeuren.

De meest eenvoudige is die van een zaksloot. Dit is een verdiepte sleuf in het groen waarin het water zich verzamelt ten tijde van regen om vervolgens in een natuurlijke ondergrond weg te zakken. In een zaksloot zijn verder geen technische voorzieningen toegepast. Hooguit is er aan de bodem wat extra aandacht besteed door deze een toplaag te geven van grover zand.

Wadi's liggen net als zaksloten verdiept in het terrein maar hebben daarnaast één of meerdere technische voorzieningen. Dit kan eenvoudig een drainagebuis zijn die in een zandpakket ligt, maar een wadi kan ook een slokop bevatten die een overschot aan water weer afvoert, bijvoorbeeld via een drainagebuis naar een ondergrondse berging van kratten.

Wie een wadi wil beplanten, heeft dus rekening te houden met deze voorzieningen. Wortels van planten en dan met name van heesters en bomen zouden in de drainagebuis kunnen gaan groeien; om die reden mag er vaak niet geplant worden binnen een aantal meters vanuit de drainagebuis gemeten.

Een andere belemmering vanuit de techniek is dat er wadi's zijn gemaakt waaronder een tijdelijke berging is gesitueerd van bijvoorbeeld een krattensysteem of een 'koffer' van geotextiel met daarin grind, lava of kleikorrels. Wanneer deze technische constructies dicht aan de oppervlakte zijn geplaatst, is het niet mogelijk, hierop te planten. Er is dan te weinig wortelruimte en de omstandigheden zullen over het algemeen te droog zijn. Veel wadi's worden tegenwoordig echter aangelegd zonder een directe berging eronder. Vaak zijn de hoge aanleg- en beheerkosten hiervan de oorzaak. Belangrijker is dat het systeem, wanneer het er eenmaal ligt, slecht beheerd en gereinigd kan worden. Veel gemeenten zijn daarom ook overgegaan op een simpele vorm van een wadi door een zandpakket aan te brengen met daarin een drainagebuis. Indien deze wadibodem wordt uitgevoerd met een toplaag van bijvoorbeeld bomenzand kan hierin goed worden geplant, mits de wortels niet in de drain terecht komen (*M. Rijdsijk en H. van Ringelenstein, persoonlijke communicatie, 7 april 2017*).

Wortels hebben ook een andere eigenschap: ze nemen water op en kunnen zo een deel van het hemelwater al weer natuurlijk verdampen. Ook nemen wortels schadelijke stoffen (PAK's) op. En wellicht de meest belangrijke functie voor wat de wadi betreft; ze zorgen voor een losse bodemstructuur waarin water gemakkelijker kan indringen. Dat planten het infiltreren tegengaan kan dus als een misvatting worden beschouwd. Een praktisch voorbeeld komt uit het infiltratieschema; de eerste situatie, die van het bos, heeft alsnog het hoogste infiltratiepercentage en slechts 10% afvloeiing (zie figuur 5.4).



Figuur 5.5: Extensief beheerde wadi

5.5 | SAMENVATTING & CONCLUSIE

Voor- en nadelen beplante wadi's

5.5.1 Samenvatting

Gaandeweg het hoofdstuk zijn diverse voor- en nadelen met elkaar vergeleken.

Voor wat het beheer betreft, kan men een keuze maken tussen intensief of extensief. Een natuurlijke of een beplante wadi heeft namelijk een extensief onderhoudschema. Als men kiest voor een wadi bestaande uit gazon, dan is het onderhoud veel intensiever. Het verschil loopt op tot maximaal een factor tien.

Nederland heeft te kampen met verdrogingsverschijnselen. Dit is het gevolg van toenemende vraag naar verharding in stedelijk gebied. Door het toepassen van een infiltratiesysteem geven we de natuur de kans om te herstellen en gaan we de verdroging tegen.

5.5.2 Conclusie

Wanneer het gaat over het beplanten van wadi's heerst er, ook bij veel vakgenoten, grote onwetendheid. Vaak worden zaken zoals beheerkosten en bergingscapaciteit naar voren gebracht, als argumenten om wadi's niet te beplanten (In hoofdstuk 7 wordt verder op de financiële kant ingegaan).

Verlies aan bergingscapaciteit zo blijkt uit diverse onderzoeken, is slechts 3-4%. Dit kan vaak eenvoudig worden ondervangen door de wadi iets groter te dimensioneren. Wat wel een ander aandachtspunt is, is de wijze van beheer. Traditionele graswadi's worden vaak intensief gemaaid, een meer gevarieerd beplante wadi kan met twee maaibeurten per jaar toe. Een wadi beplant met alleen vaste planten zelfs één keer per jaar.

Het uiterlijke beeld van de wadi's is dan ook sterk verschillend. Waar een graswadi alleen het beeld vertolkt van een groene vlakte, wordt extensief beheerd groen vaak als rommelig ervaren door de bewoners. Vaste-plantenwadi's hebben echter, mits er is gewerkt met een goed doordacht plan, een jaarrond aantrekkelijk beeld.

Belemmeringen zitten hem vaak in een paar zaken. Als eerste is een wadi soms aangelegd met een ondergrondse berging. Hiermee dient voor de keuze van beplanting rekening te worden gehouden. Een ander aandachtspunt is bijvoorbeeld de uitlaatgewoonten van de hondenbezitter. Een te hoge concentratie van uitwerpselen kan leiden tot een toename van stikstofminnende plantensoorten als zuuring en brandnetel.

De verdroging in Nederland vormt een steeds groter probleem. Door het toepassen van een infiltratievoorziening kan dit verschijnsel worden bestreden. Beplanting zorgt voor een verkoelend effect, maar ook de afstroomsnelheid van het water wordt hierdoor gereduceerd. Meer hemelwater krijgt dus de kans om het grondwater te bereiken. Het grondwater kan in de toekomst vervolgens weer gebruikt worden als drinkwater. Een ander deel verdampt via het blad en zorgt voor verkoeling van de omgeving.

Een laatste voordeel dat hier niet onbesproken mag blijven is dat wortels naast water, ook vervuilende afvalstoffen opnemen zoals PAK's. Wanneer het maaisel vervolgens wordt verbrand, worden op redelijk eenvoudige wijze de giftige stoffen geneutraliseerd. Op deze wijze belanden er dus veel minder schadelijke stoffen in het grondwater.

HOOFDSTUK 6

TOEGEVOEGDE WAARDE

Wat is groen waard?

Even uit de dagelijkse sleur weg, een wandelingetje in de natuur. Of samen met de kinderen op ontdekkingstocht en kijken welke vlinders er gespot kunnen worden. Of iets heel anders: kan er op een natuurlijke manier invloed uitgeoefend worden op bijvoorbeeld de temperatuur in de stad, zodat de airco wat minder hoeft te draaien? Ook heeft onderzoek aangetoond dat mensen minder snel ziek zijn of minder stress ervaren in een groene omgeving en dat de huizenprijzen stijgen bij uitzicht op groen.

Een paar voorbeelden die laten zien wat voor invloed groene ruimte heeft op het dagelijks leven. Veel van deze zaken hebben betrekking op algemeen groen, maar veel is daarvan ook toepasbaar in de wadi.

6.1 | ALGEMEEN

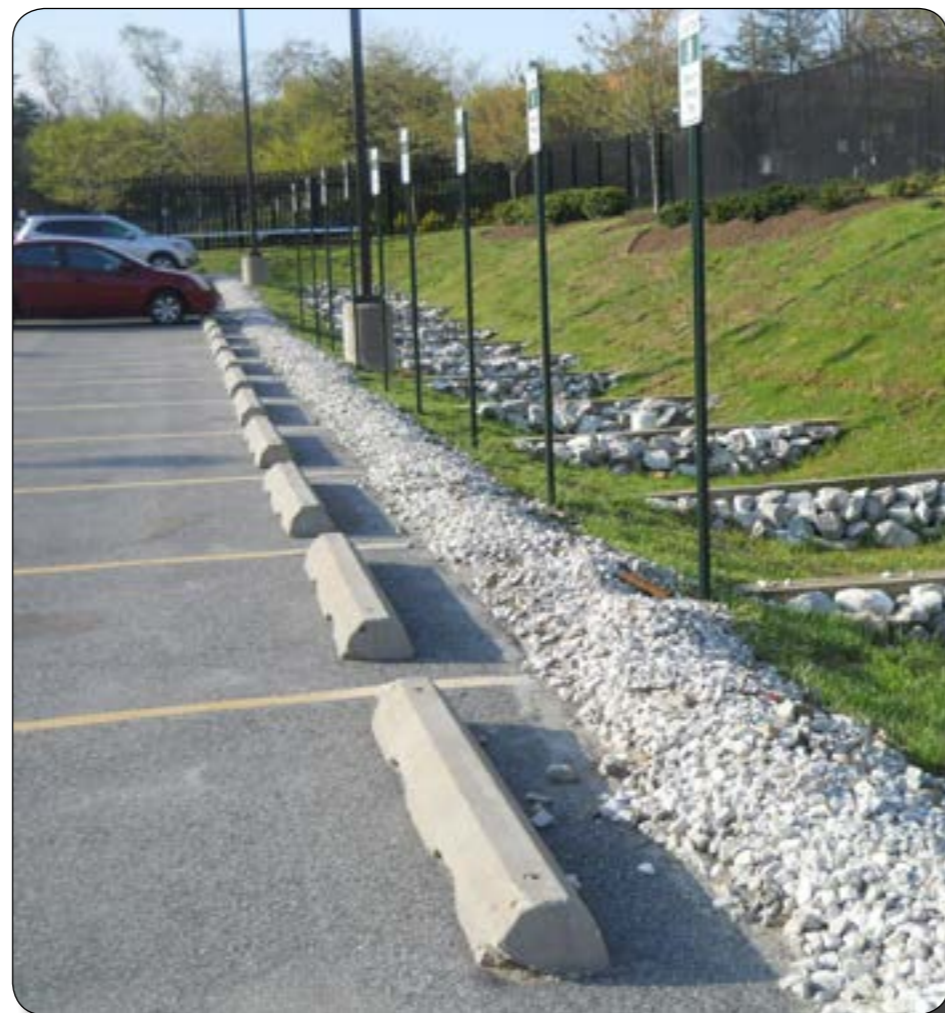
Toegevoegde waarde

In de voorafgaande hoofdstukken is er al aandacht geweest voor de voor- en nadelen van een beplante wadi. Hoofdstuk 5 sluit af met onder andere de conclusie dat een wadi met beplanting een zuiverende werking heeft. De wadi werkt als een helofyten-filter. Dit is terug te voeren op het onderzoek vanuit de Verenigde Staten waar in de staat Oregon juist beplante wadi's (stormwater swales) worden aangelegd om water, dat van de bestrating afvloeit, te reinigen.

Een ander gegeven is, dat er meer biodiversiteit ontstaat. Gras dat om de twee weken gemaaid wordt, heeft veel minder aan biodiversiteit te bieden dan een gemixte, zorgvuldig uitgekozen, groep planten. Naast wellicht de kosten van beheer en de beheertechnische voordelen van hoofdstuk 7, zijn er ook nog de voordelen van de geringe kosten van de aanleg van een wadi ten opzichte van een rioleringsstelsel en de (onnodige) waterzuivering.

Het bovenstaande toont aan en dat hebben de voorafgaande hoofdstukken ook gedaan, dat er besparingen te halen zijn. Naast besparingen kan er echter ook gekeken worden naar baten van het groen. Levert een beplante wadi ook werkelijk wat op?

Dat is hetgeen waarover dit hoofdstuk zich wil buigen in de volgende paragrafen. Allereerst zal de waarde van het groen in het algemeen aan bod komen. Daarna volgt een opsomming van de ecosysteemdiensten waarna een aantal van deze diensten verder zal worden toegelicht.



Figuur 6.1: Klassieke stormwater swale zonder beplanting

6.2 | DE WAARDE VAN GROEN

Toegevoegde waarde

In 2005 kwam er vanuit een groen samenwerkingsverband, 'Het Groene Forum', een brochure uit getiteld: 'De baten van de groene stad'. In deze brochure wordt op diverse manieren aangetoond dat een groene omgeving een zeer positieve bijdrage levert aan onze samenleving.

Zo heeft groen een positieve invloed op onze gezondheid (*Maas et al. 2009*) en kunnen kinderen zich beter concentreren, leren beter en hebben minder last van overgewicht (<https://www.ivn.nl/groenloont/voorkinderen>). Andere positieve bijdragen van groen komen uit een geheel andere hoek: het filtert niet alleen fijnstof maar geeft ook een waardevermeerdering op de woningmarkt. En daar liggen wellicht weer kansen voor de gemeenten.

Het Groene Forum berekent vervolgens dat, wanneer een wijk wordt aangelegd met voldoende toegankelijk groen (<http://degroenestad.nl/dossiers/economie/>), de woningen in die wijk 4 tot 30% in waarde zullen stijgen. De baten hiervan zijn voor een gemeente al snel terug te rekenen in de WOZ-waarde.

Dat er aan groen een prijskaartje hangt, is vaak snel uit te rekenen. Aan de aanleg, het beheer en het onderhoud zijn dikwijls kengetallen gekoppeld. Met deze kerngetallen kunnen de kosten per onderdeel worden berekend. Dat groen ook geld kan opleveren, is meestal een niet doordacht stukje van de puzzel. Hierboven werd al een aantal positieve invloeden opgesomd, in de volgende paragrafen wordt echter verder stilgestaan bij de waarde van groen zoals die genoemd wordt onder de term ecosysteemdiensten.



Figuur 6.2 Buitenspelen in het groen

6.3 | ECOSYSTEEMDIENSTEN

Toegevoegde waarde

Ecosysteemdiensten is een term die de laatste jaren steeds meer aandacht heeft gekregen in de groene wereld. In het kort komt het erop neer dat een ecosysteemdienst een product levert aan de mensheid. Een ecosysteem is een samenspel van planten, dieren en micro-organismen, die samen met abiotische factoren samenwerken en een functionele eenheid vormen. Een dienst is een arbeid die men voor anderen verricht zonder dat er goederen geleverd of geproduceerd worden. Van voorraad is dus geen sprake. Vaak worden hier drie verschillende hoofdtypen in onderscheiden: producerende dienst, regulerende dienst en culturele dienst.

Bij een beplante wadi is het mogelijk, voor de drie hoofdtypen verschillende invullingen te geven. In dit rapport gaat het wellicht te ver om alle mogelijkheden tot op het bot uit te diepen, maar we willen in de volgende paragrafen wel een aantal voorbeelden meegeven, zodat er een indruk ontstaat van de positieve bijdrage van deze ecosysteemdiensten.

6.3.1. Producerende dienst

Allereerst de producerende dienst. Vaak ook omschreven als een voorzienende dienst. Hierbij gaat het om een dienst die de mogelijkheid schept om op een natuurlijke wijze de mens van goederen te voorzien. Denk hierbij aan schoon drinkwater, voedsel, hout of biomassa.

Een wadi zal nu niet direct worden aangelegd om een productie van iets te creëren maar toch zijn ook hier - soms kleine - mogelijkheden. Te denken valt aan een optie waarbij een wadi wordt beplant met wilgen. Deze hebben het vermogen om zware metalen op te nemen, maar daarnaast kan het hout ook worden gebruikt als biomassa of worden wilgentenen gebruikt voor diverse doeleinden.

Een andere producerende dienst is die van voedselvoorziening. Wellicht nog een brug te ver, maar gedacht kan worden aan een participatieproject, waarbij een wadi midden in de wijk aangelegd wordt als moestuin. Daarbij wordt goed gekeken naar de vocht- en waterbehoefte van de verschillende planten en de plek in of langs de wadi.

Dat volkstuinen een positieve invloed hebben op de menselijke geest is dan de volgende logische stap die gezet kan worden. Volkstuinen blijken voor veel tuiniers een helende omgeving te zijn (Van Zoest & Melchers, 2006). En dat brengt ons bij de culturele dienst.

6.3.2. Culturele dienst

Wat de culturele diensten betreft is recreatie wel de meest voor de hand liggende dienst. Recreëren en groen zijn voor velen twee handen op één buik. Een mooie wandeling in een mooi aangelegd stadspark geeft ontspanning. Een wadi aangelegd in een kantoorwijk zorgt er dan ook voor dat iedereen zich daar comfortabel zal voelen en ontspannen weer aan het werk kan. Hierdoor levert dit een bijdrage aan de economie.

Kijken we naar een woonwijk met een graswadi dan kan er volop in de wadi worden gespeeld en gesport. Staat er water in de wadi dan wordt het voor de jeugd nog aantrekkelijker. Spelen in een wadi levert echter aantoonbaar een verhoogde kans op maag- en darmklachten op (De Man, Kuiper & Leenen, 2009). Wanneer een wadi wordt beplant, is spelen niet meer mogelijk. Kijken we naar de baten dan zullen deze dus ten goede komen aan de gezondheidszorg.

Groen zorgt voor ontspanning maar ook voor concentratie. In paragraaf 6.2 is al genoemd dat groen een positieve invloed heeft op kinderen. Wanneer een wadi beplant wordt, ontstaat er een grotere biodiversiteit; dit betekent dat er meer planten, bloemen maar ook beestjes komen. Kinderen uit de stad missen vaak de aansluiting met de natuur; veel beestjes zijn eng en/of steken of kriebelen (https://www.ivn.nl/sites/ivn/files/nieuwsberichten/attachments/IVN%20Beetje%20natuur%20grote%20invloed_Literatuurstudie_Factsheet.pdf). Een beplante wadi kan ook een educatieve functie hebben door te laten zien dat er meer is dan kriebelende beestjes.

6.3.3. Regulerende dienst

Dit is een dienst waar heel veel mogelijkheden liggen voor de beplante wadi. Allereerst hebben we in de voorafgaande hoofdstukken al gezien dat een beplante wadi een filterende en reinigende functie heeft. Maar deze dienst heeft naast reiniging nog veel meer mogelijkheden. Hieronder is in het kort een aantal op een rij gezet:

- Verkoeling van het stedelijk gebied
- Binding van schadelijke stoffen
- Absorptie van geluid, wind en visuele verstoringen
- Bestuiving en bevordering van de biodiversiteit

Voor alle bovenstaande onderwerpen geldt dat ze in grote mate een positieve financiële invloed hebben op onze leefomgeving. Daarom worden ze in de volgende paragrafen verder uitgewerkt.



Figuur 6.3: Diverse principes van ecosysteemdiensten

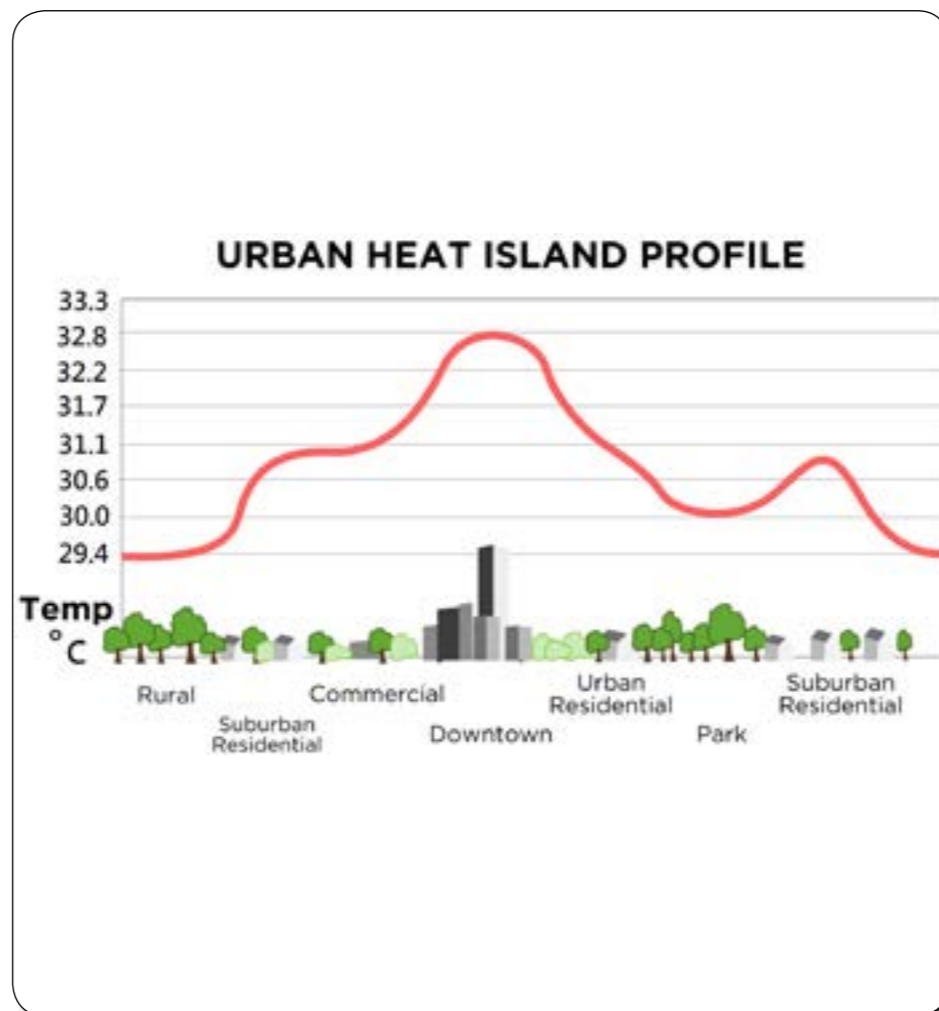
6.4 | VERKOELING VAN HET STEDELIJK GEBIED

Toegevoegde waarde

Voor de doorgewinterde groenmens zijn de volgende cijfers geen abracadabra meer, maar voor sommigen is er nog wel een 'o ja-momentje'. Een groene stedelijke omgeving met voldoende bladoppervlak kan in het stedelijk gebied zorgen voor een reductie van zo'n 4°C (zie ook figuur 6.4). Allereerst zorgt het bladoppervlak ervoor dat het zonlicht de bodem niet bereikt; het zorgt voor schaduw. Daarnaast zorgt de verdamping van het water vanuit de bladeren voor een verfrissende 'natuurlijke airco'. Als derde punt komt dan dat de echte airco's minder hoeven te draaien. Ten eerste komt hierdoor deze warme uitstoot niet bovenop de toch al hete lucht in de stad en ten tweede heeft dit een vermindering van het energieverbruik tot gevolg.

Het mag duidelijk zijn, dat aan deze ecosystemedienst een positief prijskaartje hangt: minder energieverbruik en minder hittestress in de stad, waardoor er een betere woon-, werk- en leeromgeving ontstaat.

Vaak is echter de ruimte in de stad te beperkt om bomen te planten. Wanneer er dan een wadi moet worden aangelegd, ziet men dat juist hiervoor de bomen moeten wijken. Bomen geven echter de meeste schaduw en zorgen in grote mate voor verkoeling in de stad. Het samengaan van wadi's en bomen is daarom geen tegenstrijdigheid, maar een kans die benut mag worden.



Figuur 6.4: Hittestress in stedelijk gebied

6.5 | BINDING VAN SCHADELIJKE STOFFEN

Toegevoegde waarde

Dat planten schadelijke stoffen kunnen opnemen, is hiervoor al in een paar paragrafen benoemd. Zo kunnen diverse polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) gebonden worden aan diverse planten en nemen wilgen naast stikstof en fosfor ook diverse zware metalen op (<http://www.cobouw.nl/artikel/1035076-wilgen-schonen-afvalwater-en-leveren-daarna-energie>). Wanneer wilgenscot vervolgens als biomassa wordt verwerkt in een houtovencentrale, blijven deze zware metalen achter in de as. Deze as kan vervolgens gecertificeerd worden verwerkt. Dit lijkt omslachtig maar wanneer de zware metalen uitspoelen naar het grondwater hebben we er helemaal geen grip meer op en wordt de bodem verontreinigd.

Een ander punt is het afvangen van fijnstof. Op dit moment wordt er nog aan alle kanten bekeken in hoeverre planten in werkelijkheid bijdragen aan het verminderen van fijnstof in de stedelijke lucht. Met name planten met harige bladeren zouden geschikt zijn om fijnstof op te vangen en vast te houden. Daarnaast zouden juist de planten gepoot moeten worden dicht bij de plek waar fijnstof wordt geproduceerd. Wat de wadi betreft zou dit dan weer een ideale uitgangssituatie zijn. Wanneer deze geprojecteerd staat naast de rijbaan, kan deze dus met de beplanting juist zorgen voor een afvang van het fijnstof dat opwevelt vanaf het straatoppervlak, door de autobanden (*Ir M.E.C.M. Hop, 2011*).



Figuur 6.5: Verwerking biomassa

6.6 | ABSORPTIE VAN GELUID, WIND EN VISUELE VERSTORING

Toegevoegde waarde

Dat groen geluid kan verstrooien is een bekend gegeven, maar groen kan ook het geluid met 3 dB reduceren. Dat lijkt misschien niet veel maar het is een halvering van de geluidsdruk! Wanneer een wadi bijvoorbeeld aan de rand van een woonwijk is gesitueerd en goed wordt ingericht met een heesterbeplanting dan kan dit qua geluid tot een aangener leefklimaat leiden.

Ook wind kan positief door groen worden gedempt. Aan de buitenranden van een wijk, waar de wind vrij spel heeft, is groen vaak een middel om het leefklimaat te verbeteren. Hierin kan de wadi eveneens een rol spelen. Tenslotte heeft groen natuurlijk een camouflerende werking. Het onttrekt storende elementen zoals industrie of bedrijventerreinen aan het zicht.



Figuur 6.6: Camouflerend groen ter afscherming trambaan

6.7 | BESTUIVING EN BEVORDERING VAN DE BIODIVERSITEIT

Toegevoegde waarde

Biodiversiteit is een onderwerp dat zeker niet onbenoemd mag blijven in dit rapport. Door een wadi te gaan beplanten, vergroten we de diversiteit in flora en fauna. Door het toepassen van de juiste soorten kunnen we ervoor zorgen dat de natuur een steuntje in de rug krijgt door onze cultureel aangelegde wadi's. Een graswadi heeft zijn eigen flora en fauna maar een beplante wadi kan een veel grotere biodiversiteit creëren (Ir M.E.C.M. Hop, 2011) (<http://degroenestad.nl/dossiers/biodiversiteit/>).

Maar in hoeverre is dit een ecosysteemdienst? Door te zorgen voor een juiste mix van planten hebben bestuivende insecten zoals bijen en vlinders het hele seizoen voedsel tot hun beschikking. Wanneer er bijvoorbeeld akkerbouw- of tuinbouwgebieden in de nabijheid van de wadi zijn (binnen een straal van 3 km) dan zorgen juist deze planten ervoor dat de bij jaarrond blijft leven. Veel tuinbouwgewassen zijn afhankelijk van bestuiving door insecten. Door de vergroting van de monoteelten in Nederland is dit voor een bij echter niet voldoende om een jaar lang voedsel te vinden. Veel bijensoorten sterven daardoor uit. En mocht dat gebeuren dan zijn we daar waar Albert Einstein ons al jaren geleden voor waarschuwde: wanneer de bij is uitgestorven dan sterft ook de mensheid uit. Overigens is dit in China al aan de orde en moeten alle fruitbomen handmatig worden bestoven met een wattenstaafje (<http://www.imkersnederland.nl/nieuws/in-china-is-bestuiven-handwerk-geworden>). Wat gaat een appel dan kosten?



Figuur 6.7: Handmatige bestuiving in China



Figuur 6.8: Kinderen tijdens een schoonmaakdag

6.8 | DOELGROEPEN

Toegevoegde waarde

Wanneer er naar de waarde van het groen wordt gekeken is het natuurlijk ook afhankelijk van het oogpunt van waaruit iemand het bekijkt. Een particuliere huizenbezitter zit namelijk niet te wachten op een stijging van de WOZ-waarde, maar heeft veel meer met de belevingswaarde van doen. De gemeente vindt daarentegen dat zij beheerkosten moet afwegen tegen een eventuele batenkant van bijvoorbeeld de stijging van de WOZ-waarde of de baten die voortvloeien uit een daling van de criminaliteit. Belangrijk is dat iedere doelgroep zich bewust is van de mogelijkheden die de wadi biedt.

Allereerst zijn daar vanzelfsprekend de gemeenten. Deze hebben de grond in eigendom en schrijven de bestekken uit. Wanneer de gemeente overtuigd is van het nut van de beplante wadi kan er een aanvang gemaakt worden, eventueel in samenwerking met ontwerpers en landschapsarchitecten.

Ook dezen vormen een doelgroep die overtuigd moet worden van de beplante wadi. Gelukkig zijn er ontwerpers die ook hiervoor steeds meer oog krijgen. Zo is er onlangs een prijswinnend ontwerp van een Nederlands architectenbureau aanbesteed in Etten-Leur waar een wadi is aangelegd en beplant.

Dan zijn er ook de boomkwekers. Ook zij kunnen inspelen op de behoefte door bijvoorbeeld een sortiment aan te prijzen als 'geschikt voor wadi'. Op deze manier wordt het voor met name particulieren gemakkelijker, wadi's en regenwatertuinen aan te leggen. Te denken valt hierbij aan het voorbeeld vanuit de staat Oregon in de Verenigde Staten (zie paragraaf 3.2.2.).

De laatst benoemde doelgroep is echter wel de belangrijkste: de bewoners. Alles staat of valt met de betrokkenheid van deze groep. Wanneer er geen goed vooroverleg is bij het omvormen van een bestaande wadi, maar ook wanneer een nieuwbouwwijk wordt opgeleverd met een beplante wadi, in beide gevallen zal er aan de

bewoners helderheid en duidelijkheid moeten worden gegeven over het nut en de redenen van deze wadi. Betrokkenheid levert namelijk, naast een eenvoudiger beheer (bijvoorbeeld door participatie), ook juist de vele hierboven opgesomde extra's op zoals meer natuurbeleving. Een van de vier grote steden gaf tijdens ons onderzoek ook aan dat er zelfs vanuit de bewoners was gepleit om de graswadi om te zetten in een beplante wadi (*ing. H. van Ringelstein, persoonlijke communicatie, 7 april 2017*)

Veel onwetende burgers staan vaak sceptisch tegenover groen. Tijdens een interview kwam een uitspraak naar voren van een burger die het alleen maar hinderlijk vond omdat hij last had van hooikoorts. Deze mening werd vervolgens breed gedeeld waardoor er een border met vaste planten niet kon worden aangelegd. Goede voorlichting kan laten zien dat het tegendeel waar is. Hooikoortssymptomen zijn vaak hoger bij het maaien van gras, maar juist planten kunnen de pollen van bijvoorbeeld windbestuivers zoals berken, elzen en hazelnoten heel goed afvangen! Een betrokken burger is veel geld waard. Deze uitspraak wordt heel vaak gehanteerd in participatietrajecten; ook hier, bij de beplante wadi's, is dit zeker op zijn plaats. Zwerfvuil opruimen, vandalisme in de kiem smoren, maar dan ook mogen genieten van de diversiteit die de beplante wadi biedt!



Figuur 6.9: Groene geluidswal

6.9 | SAMENVATTING & CONCLUSIE

Toegevoegde waarde

6.9.1 Samenvatting

Veel is gesproken over de groene omgeving. Veel wadi's zijn groen maar zijn vrij monotoon van gras voorzien. Zoals al is omschreven ligt hier ook een recreatieve functie die positief opgevat kan worden. Wel is de volksgezondheid eerder in het geding, omdat er een verhoogd risico is op maag- en darmklachten. Recreatief zijn er letterlijk echter meerdere wegen te bewandelen.

De waarde van groen wordt ook zichtbaar door een waardestijging van de woningen die grenzen aan de wadi. Ook hier is in de berekeningen van 'de baten van de groene stad' en Het Groene Forum geen onderscheid gegeven in gras en beplanting. Wel komt steeds naar voren dat het bij veel onderwerpen juist gaat over de diversiteit in beplanting.

Veel van de hierboven omschreven positieve eigenschappen zijn echter niet gebonden aan de wadi. Ze kunnen ook afzonderlijk worden toegepast. Een camouflerende haag, een groene geluidswal, noem maar op. Een groeiend probleem is echter dat de ruimte in de stedelijke omgeving steeds minder wordt. Door juist een wadi meerdere functies te geven, kunnen diverse van de hierboven omschreven zaken heel goed samengaan. Kosten van aanleg en beheer kunnen ook vaak nog over de diverse diensten gespreid worden.

6.9.2 Conclusie

Dit hoofdstuk laat zien dat groen wel degelijk een toegevoegde waarde heeft ten opzichte van de traditionele graswadi. Meer biodiversiteit leidt tot een betere leefomgeving, sterker nog, het biedt mogelijkheden om bijvoorbeeld insecten waaronder ook bijen in leven te houden waardoor de fruitteelt en de akkerbouw weer beter en goedkoper kunnen produceren.

Het is duidelijk dat hoe meer groen er is in de stad, des te minder hittestress er is. Ook dat is weer te merken aan een verminderde afhankelijkheid van airco's. Of neem het absorberen van geluid en wind, maar ook het afvangen van schadelijke stoffen die nu door de wortels worden opgenomen en met het maaisel kunnen worden afgevoerd in plaats van het indringen in de bodem en in het grondwater.

Soms lijken er ook tegenstrijdige belangen te zijn; zo zal een huizenbezitter niet zitten te wachten op stijging van de WOZ-waarde. De reden waarom dit echter zo is, een betere leefomgeving, dat wil hij maar al te graag. Belangrijk is ook dat de burger nauw betrokken wordt bij de aanleg zodat hij of zij weet waarom het wordt gedaan en welke voordelen er aan verbonden zijn.

Een andere toegevoegde waarde is die van recreatie en educatie; volwassenen kunnen zich ontspannen in en bij het groen, terwijl kinderen kunnen leren van de kleuren, de bijtjes en de bloemetjes.

Kortweg kan er gekeken worden naar de diverse ecosystemendiensten en blijkt op veel fronten de beplante wadi een waardevolle toevoeging ten opzichte van de traditionele graswadi.



HOOFDSTUK 7

FINANCIËN

Kijken, kijken en niet kopen.

Ook dat is ons Nederlanders eigen. Zo op het einde van het rapport gaat het dan over de financiën, wat kost de aanleg, wat kost het onderhoud en dat dan in relatie met de graswadi?

Zijn dit de enige cijfers, of mag er ook nog eens over de schouder worden gekeken naar het voorgaande hoofdstuk? Ook daar ging het over waardebeoordeling, niet direct over dubbeltjes en kwartjes, maar toch liet dat hoofdstuk al zien dat er meer te rekenen valt dan de cijfers die dit hoofdstuk u biedt, met die gegevens en die gedachte in het achterhoofd volgen dan nu:

De financiën.

En wellicht wordt het dan toch wel kijken, kijken, rekenen en kopen!

7.1 | AANLEGKOSTEN

Financiën

7.1.1 Algemeen

Het voor de aanleg van een wadisysteem benodigde oppervlak is circa 16% van het totaaloppervlak van een nieuwbouwwijk (*Boogaard et al., 2009*). Bij dit percentage is het gebruik van natuurvriendelijke, flauwe taluds meegenomen. Uit ervaringen in Enschede blijkt dat het talud van een wadi niet steiler dan 1:3 kan zijn in verband met het maaien.

Het wadisysteem kan gecombineerd worden met groenvoorzieningen in de wijk. Hierdoor nemen wadi's en groenvoorzieningen samen niet meer ruimte in beslag dan de gebruikelijke groenvoorziening in een wijk (*Boogaard et al., 2009*).

Het aanleggen van een wadi kan in beginsel veel kosten besparen. De traditionele HWA-stelsels liggen onder de grond en bestaan uit een buizensysteem. Een wadi is een bovengrondse voorziening. Dit levert een behoorlijk verschil op tussen de aanlegkosten van de wadi enerzijds en van het HWA-stelsel anderzijds. Een HWA-stelsel aanleggen is 50% duurder dan de traditionele wadi (bestaande uit gazon).

Een voorwaarde is wel dat de grond geschikt is voor het toepassen van een wadi (zie paragraaf 4.3). Is de grond niet geschikt, dan zal de wadi niet functioneren en worden er onnodig kosten gemaakt. In die situatie kan men beter kiezen voor het aanleggen van een HWA-stelsel.

7.1.2 Uitgangspunten

In deze paragraaf worden de belangrijkste uitgangspunten geformuleerd. Deze vormen de basis voor het inzichtelijk maken van de aanlegkosten. Voor alle wadi's wordt gerekend met een oppervlakte van 100 m². De eenheidsprijzen, die worden gebruikt, zijn gebaseerd op praktijkgegevens (*gemeente Bernheze, 2017*), en worden gebruikt voor de berekening van de kosten:

| | | | |
|-----------------------------|-----|-------|----------|
| <i>Uurloon hovenier</i> | EUR | 40,- | per uur |
| <i>Graszaad</i> | EUR | 3,- | per kg |
| <i>Zaaimengsel</i> | EUR | 740,- | per kg |
| <i>Beplantingsmateriaal</i> | EUR | 2,- | per stuk |
| <i>Heestermateriaal</i> | EUR | 4,- | per stuk |
| <i>Bemesten</i> | EUR | 2,50 | per kg |

Voor een goede vergelijking is het van belang, te weten wat onder aanlegwerkzaamheden wordt verstaan. Als startsituatie is uitgegaan van een lege opgeleverde wadi waarvan alleen het grondwerk uitgevoerd is. De kosten voor de aanleg omvatten om die reden dan ook alleen maar de groenwerkzaamheden en niet het grondwerk.

7.1.3 Kostenoverzicht

Uit tabel 7.1 blijkt dat de aanlegkosten tussen de verschillende typen wadi variëren. De hoogste kosten zijn toe te rekenen aan de wadi's met heesters. De goedkoopste wadi in de aanleg is de wadi, die ingericht is als gazon.

In het onderstaande overzicht zijn de aanlegkosten per type wadi teruggerekend naar een m²-prijs (*Rioned leidraad riolering D1100, 2015*):

| | |
|----------------------------|------------------------------------|
| <i>Wadi gazon:</i> | € 2,00/m ² (incl. BTW) |
| <i>Wadi natuurlijk:</i> | € 8,83/m ² (incl. BTW) |
| <i>Wadi vaste planten:</i> | € 22,10/m ² (incl. BTW) |
| <i>Wadi heesters:</i> | € 23,10/m ² (incl. BTW) |

Uit het overzicht komt duidelijk naar voren dat er een groot prijsverschil is tussen het aanleggen van een wadi bestaande uit gazon en de overige typen wadi. Het grootste verschil is er tussen de wadi met gazon en de cultuurlijke wadi; dat betreft hier bijna een factor twaalf.

| Aanlegkosten per type wadi | | | | | | | | |
|----------------------------|-------------|----------------------------|-----------------|----------------------------|--------------------|----------------------------|---------------|----------------------------|
| Activiteit | Wadi gazon | | Wadi natuurlijk | | Wadi vaste planten | | Wadi heesters | |
| | Hoeveelheid | Kosten €/100m ² | Hoeveelheid | Kosten €/100m ² | Hoeveelheid | Kosten €/100m ² | Hoeveelheid | Kosten €/100m ² |
| Hovenier | 4 uur | € 160,00 | 8 uur | € 320,00 | 12 uur | € 480,00 | 12 uur | € 480,00 |
| Graszaad | 10 kg | € 30,00 | | € - | | € - | | € - |
| Zaaimensel | | € - | 0,2 kg | € 148,00 | | € - | | € - |
| Beplantingsmateriaal | | € - | 200 st | € 400,00 | 840 st | € 1.680,00 | | € - |
| Heestermateriaal | | € - | | € - | | € - | 450 st | € 1.800,00 |
| Bemesten | 4 kg | € 10,00 | 6 kg | € 15,00 | 20 kg | € 50,00 | 12 kg | € 30,00 |
| Totaalkosten | | € 200,00 | | € 883,00 | | € 2.210,00 | | € 2.310,00 |
| Prijs / m ² | | € 2,00 | | € 8,83 | | € 22,10 | | € 23,10 |

Tabel 7.1: Aanlegkosten diverse wadi's

7.2 | BEHEERKOSTEN

Financiën

7.2.1 Algemeen

Zoals te lezen was in paragraaf 7.1.1 kan in veel gevallen gesteld worden dat de aanleg van een regenwaterriool 50% duurder is vergeleken met een wadisysteem. In het onderhoud ligt dat net iets anders. Het onderhouden van het goedkoopste wadisysteem is namelijk 40% duurder. Een deel van de kosten voor het onderhoud van het wadisysteem, zoals het maaien, zou wel uit het groenonderhoud gefinancierd kunnen worden aangezien de wadi's onderdeel van de groenvoorzieningen kunnen zijn (Boogaard et al., 2006).

Vanaf 1996 zijn metingen verricht naar de hoeveelheid schadelijke stoffen (bijvoorbeeld polycyclische aromatische koolwaterstoffen, afgekort tot PAK's) in wadibodem. Deze hoeveelheid blijkt heel erg mee te vallen c.q. verwaarloosbaar te zijn. Met fytoremediatie - het verwijderen van verontreinigingen door middel van vegetatie - kan een beplante wadi zelfs een rol spelen in het verwijderen of verminderen van de (bodem)verontreinigingen. De wadi kan dan (afhankelijk van de locatie en de in de wijk gebruikte materialen, zoals koper) van beplanting worden voorzien, die de schadelijke stoffen opneemt en/of afbreekt. Het wordt in dat geval een soort helofytenfilter. Het moet al heel ernstig zijn, voordat de afgemaaide beplanting als chemisch afval afgevoerd moet worden, want meestal wordt er maar een kleine hoeveelheid schadelijke stoffen teruggevonden. In de meeste gevallen kan het maaisel gecomposteerd worden of desnoods naar een biogasinstallatie worden afgevoerd. Dit betekent dus ook dat hiervoor geen extra onderhoudskosten gerekend behoeven te worden (ir N. Jeurink en ing. R. Wentink, persoonlijke communicatie, 19 december 2016).

7.2.2 Uitgangspunten

In deze paragraaf formuleren we de uitgangspunten die gebruikt zijn voor het in beeld brengen van de kosten. Voor de berekeningen wordt gerekend met een oppervlakte van 100 m². De volgende eenheidsprijzen zijn als uitgangspunt gehanteerd; deze prijzen zijn gebaseerd op de praktijk (gemeente Bernheze, 2017):

| | | | |
|------------------------|-----|------|--------------------|
| Maaien gazon | EUR | 60,- | per uur |
| Maaien kruiden | EUR | 45,- | per uur |
| Klepelen vaste planten | EUR | 40,- | per uur |
| Knippen heesters | EUR | 40,- | per uur |
| Onkruid verwijderen | EUR | 35,- | per uur |
| Stortkosten | EUR | 17,- | per m ³ |

Voor de onderhoudsberekening is uitgegaan van een standaard wadi waarvan de bodem niet meer dan een meter onder maaiveldniveau ligt. Tevens is de locatie goed bereikbaar met machines.

7.2.3 Kostenoverzicht

Om een goed overzicht te krijgen van de verschillende kosten, is een tabel gemaakt.

Uit tabel 7.2 blijkt dat de beheerkosten tussen de verschillende typen wadi variëren. De hoogste beheerkosten zijn toe te rekenen aan de wadi met heesters. De goedkoopste wadi in het onderhoud is de wadi die ingericht is als gazon.

In het onderstaande overzicht zijn de beheerkosten per type wadi teruggerekend naar een m²-prijs.

Gemiddelde beheerkosten per m² per jaar (Rioned leiraad riolering D1100, 2015) (Ir M.E.C.M. Hop, 2011):

| | |
|---------------------|-----------------------------------|
| Wadi gazon: | € 0,60/m ² (incl. BTW) |
| Wadi natuurlijk: | € 1,10/m ² (incl. BTW) |
| Wadi vaste planten: | € 1,53/m ² (incl. BTW) |
| Wadi heesters: | € 2,50/m ² (incl. BTW) |

Naast de kosten van het beheer zijn ook de aanlegkosten in het vorige hoofdstuk besproken. Deze plus die van het beheer geven een indruk van de totaalkosten van de verschillende typen wadi over een periode van 10 jaar. De uitkomsten zijn:

| | |
|---------------------|------------------------------------|
| Wadi gazon: | € 8,00/m ² (incl. BTW) |
| Wadi natuurlijk: | € 19,78/m ² (incl. BTW) |
| Wadi vaste planten: | € 37,40/m ² (incl. BTW) |
| Wadi heesters: | € 48,13/m ² (incl. BTW) |

| Activiteit | Beheerkosten per type wadi | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------|-------------------|---------|------------------|-------------------|----------|--------------------|-------------------|----------|--------------------|-------------------|----------|
| | Wadi gazon | | | Wadi natuurlijk | | | Wadi vaste planten | | | Wadi heesters | | |
| | tijdhorm / 100 m | frequentie / jaar | kosten | tijdhorm / 100 m | frequentie / jaar | kosten | tijdhorm / 100 m | frequentie / jaar | kosten | tijdhorm / 100 m | frequentie / jaar | kosten |
| maaien gazon | 3 min | 20 | € 60,00 | | | | | | | | | |
| maaien kruiden | | | € - | 5 min | 2 | € 7,50 | | | | | | € - |
| klepelen vaste planten | | | € - | | | | 25 min | 1 | € 16,67 | | | € - |
| knippen heesters | | | € - | | | | | | | 15 min | 1 | € 9,68 |
| onkruid verwijderen | | | € - | | | | 280 min | 3 | € 490,00 | 180 min | 4 | € 420,00 |
| stortkosten | | | € - | 3 m ³ | 2 | € 102,00 | | | | 1,5 m ³ | 1 | € 25,50 |
| Totaalkosten | | | € 60,00 | | | € 109,50 | | | € 506,67 | | | € 455,18 |
| Prijs / m ² | | | | | | | | | | | | |
| 1 ^e jr | | | € 0,60 | | | € 1,10 | | | € 5,07 | | | € 4,55 |
| 2 ^e jr | | | € 0,60 | | | € 1,10 | | | € 2,53 | | | € 2,28 |
| 3 ^e t/m 10 ^e jr (jaarlijks) | | | € 0,60 | | | € 1,10 | | | € 0,96 | | | € 2,28 |
| Aanlegkosten / jr | | | € 2,00 | | | € 8,83 | | | € 22,10 | | | € 23,10 |
| Aanlegkosten / 10 jr | | | € 0,20 | | | € 0,88 | | | € 2,21 | | | € 2,31 |
| Beheer / jr | | | € 0,60 | | | € 1,10 | | | € 1,53 | | | € 2,50 |
| Beheer /10 jr | | | € 6,00 | | | € 10,95 | | | € 15,30 | | | € 25,03 |
| Totale kosten 10 jr | | | € 8,00 | | | € 19,78 | | | € 37,40 | | | € 48,13 |

Tabel 7.2: Beheerkosten diverse wadi's



Figuur 7.1: Aanleg Drainbuizen

7.3 | SAMENVATTING & CONCLUSIE

Financiën

7.3.1 Samenvatting

De aanlegkosten van een wadi ingericht als gazon, zijn ongeveer 50% lager dan van een HWA-stelsel. Dit betekent dat het - als er ruimte in een woonwijk is - veel aantrekkelijker is, vanuit financieel oogpunt voor een wadi te kiezen. Wanneer een wadi beplant wordt blijft het nog steeds rendabel, voor een wadi te kiezen in plaats van een HWA-stelsel. Met de aanleg wordt dan nog ongeveer 20% op de kosten bespaard.

In hoofdstuk 5 wordt gesteld dat het beheer van een beplante wadi minder intensief is. Wie denkt dat de beheerkosten daardoor lager uitvallen heeft het mis. De beheerkosten zijn namelijk hoger dan de beheerkosten van een 'traditionele' wadi. Deze onderhoudskosten zijn echter niet hoger dan die van een normaal plantvak. Onder normale omstandigheden moet dit dus geen belemmering opleveren. Het zou juist een stimulans moeten zijn om de wadi's te beplanten.

Voor een totaal wadisysteem in een nieuwbouwwijk moet men 16% van de openbare ruimte reserveren. Dit is een aanzienlijke oppervlakte, zeker als naast een wadisysteem nog 10% voor openbaar groen gebruikt wordt. Ruim een kwart van de wijk wordt dus al ingevuld voordat er andere functies zijn toegekend. Aangezien de openbare ruimte in nieuwe wijken steeds beperkter wordt, is dit geen optie. Door het combineren van openbaar groen met een wadisysteem kan kostbare ruimte bespaard worden.

Door dit gegeven kan er ook anders geredeneerd worden namelijk: door de functies te combineren besparen we niet alleen 10% openbare ruimte, maar kan ook 10% meer grond worden uitgegeven. Dus: opeens levert een gecombineerde wadi niet alleen ruimte op, maar aan de extra uitgeefbare grond kan ook verdiend worden. Met het uitgeven van grond zijn grote bedragen gemoeid. Voor een relatief klein project kan dit bedrag makkelijk oplopen naar enkele tienduizenden euro's.

7.3.2 Conclusie

Het aanleggen van een wadi zal in veel gevallen goedkoper zijn dan de aanleg van een traditioneel HWA-stelsel. Aan het onderhoud hangt wel een prijskaartje; de kosten vallen een stuk hoger uit.

Deze onderhoudskosten zijn echter relatief en zeker niet hoger dan de kosten van het reguliere onderhoud (openbaar groen).

Door het toepassen van beplantingsvormen in wadi's kan men tijdens projecten zelfs extra uitgeefbare grond creëren. Betrekken we ook nog hoofdstuk 6 bij de financiële conclusie dan is er ook winst te behalen doordat veel zaken niet direct zichtbaar, maar uiteindelijk wel in geld uit te drukken zijn. Denk hierbij aan de toegevoegde waarde van de ecosysteemdiensten, maar ook een gegeven dat groen de waarde van vastgoed doet stijgen en daarmee ook de WOZ-waarde. Dit alles heeft een positief effect op de financiën.

Kortom: de aanleg van een beplant wadisysteem kan een zeer positieve bijdrage leveren op financieel gebied.



HOOFDSTUK 8

MOGELIJKHEDEN

Er is in dit rapport al veel geschreven over de werkwijze in het buitenland en ook over de voordelen die de beplante wadi biedt ten opzichte van een traditionele graswadi. Dit hoofdstuk gaat over de technische uitwerking. Hierbij komt een tweetal zaken naar voren. Allereerst is dat de vormgeving van de wadi zelf. Daarnaast wordt er ook een voorzet gegeven voor het maken van een beplantingsplan. Voor beide onderwerpen geldt dat er meerdere mogelijkheden zijn. Iedere situatie is immers weer anders, grondsoort of grondwaterstand, beschikbare ruimte, verkeerssituatie of speelterrein, steeds weer moet er naar een passende oplossing worden gezocht.



Figuur 8.1: Infiltratiesysteem

8.1 | VORMING VAN DE WADI

Mogelijkheden

Zoals al in de inleidende tekst van dit hoofdstuk staat, is iedere wadi weer een nieuwe uitdaging. Toch is dit rapport niet compleet zonder inzicht te geven in de mogelijkheden die er zijn; dat is de reden dat er in dit rapport een aantal aanzichtschetsen is opgenomen. De schetsen zijn daarom ook niet tot in detail uitgewerkt; er staan bijvoorbeeld geen maten vermeld. Soms zal een bepaalde situatie helemaal niet kunnen omdat de ruimte te beperkt of de grondwaterstand te hoog is, en zijn er dus aanpassingen vereist.

In de meeste gevallen wordt er uitgegaan van de basisbeginselen van de wadi: berging en infiltratie. Vaak werkt dit doordat er onder de oppervlakte van de wadi een infiltratievoorziening is aangelegd. Dat kan een krattensyteems (zie figuur 8.1) zijn of eenvoudiger: een dik en goed doorlatend zandbed. Vaak ligt op beide systemen een met organische stof verrijkt eentoppig zandbed, ook wel bomenzand genoemd. Het organische-stofgehalte is dan meestal niet hoger dan 7%.

Bij alle schetsen wordt er van die basisprincipes uitgegaan. Er is ook voor vaste planten niet meer nodig dan een goed doorlatende maar met organische stof verrijkte top laag. Dat principe blijft dus gewoon overeind. Wat nieuw is, is dat er in een enkel geval een dikkere laag bomenzand is toegepast omdat er daadwerkelijk bomen in de wadi zijn geplant. Belangrijk is wel dat er dan gerekend moet worden met de infiltratietijd van een dikker pakket bomenzand. Hierdoor zal de k-waarde dalen en daarmee de infiltratietijd langer worden.

Een aantal van de schetsen is te herleiden op de studies die in het buitenland gedaan zijn. Zo zijn er enkele schetsen gemaakt met een 'harde wand'. Dit wil zeggen dat er geen schuin talud is maar dat de wadi zich feitelijk in een betonnen of houten bak bevindt, waarvan alleen de onderkant uitwisseling heeft met de ondergrond. Ook hiervoor zullen andere infiltratieformules uit de kast moeten worden gehaald.

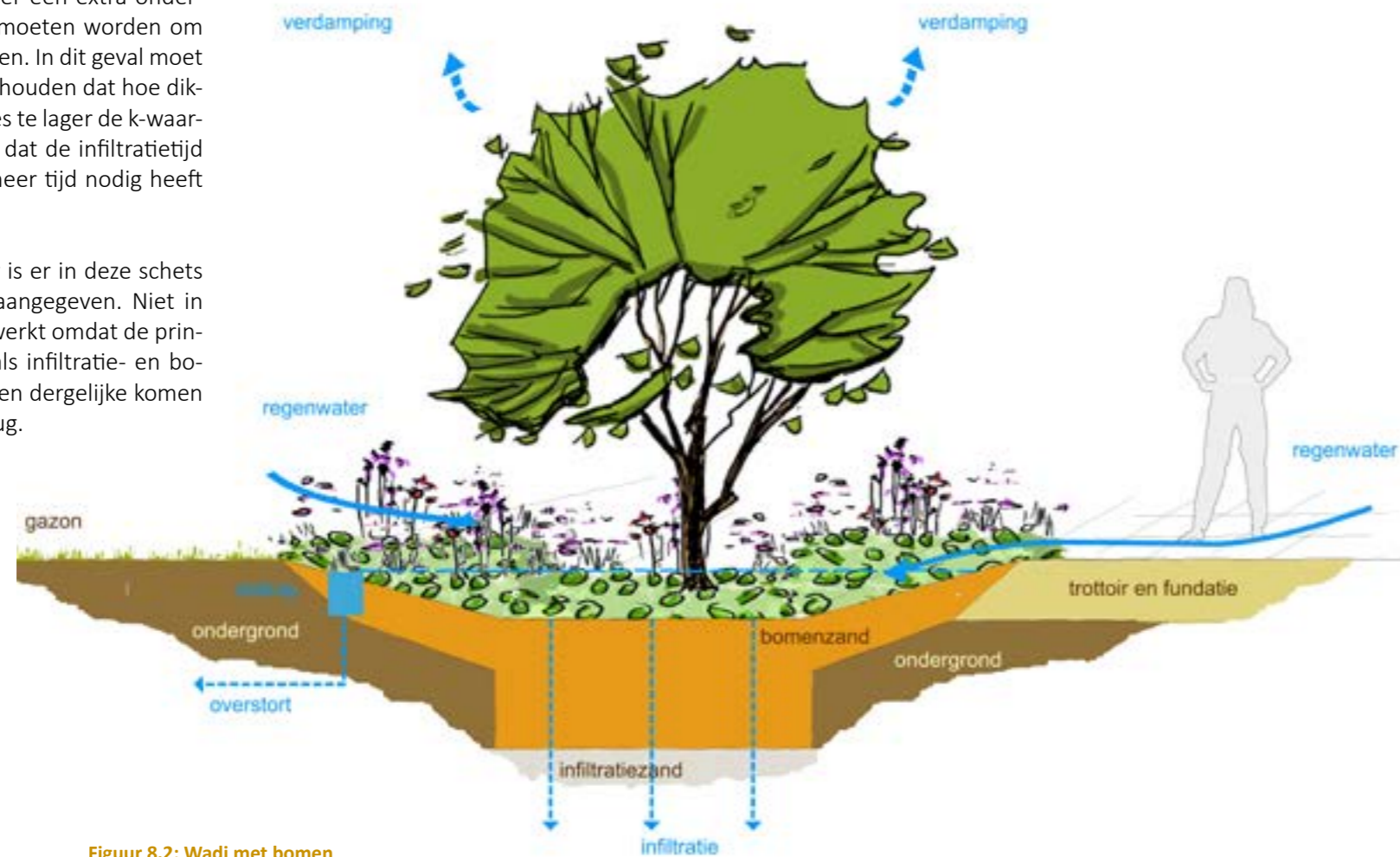
Een ander aspect van deze wadi's met een betonnen of houten zijkant is dat het beheer wellicht wat moeizamer is en dus meer kosten met zich mee zal brengen. Het voordeel is echter dat er een wadi kan worden gemaakt in een zeer beperkte ruimte. Op dit moment loopt er een proef in Amsterdam. Daar heeft Ingenieursbureau TGS in samenwerking met Waternet en de gemeente Amsterdam een beplante wadi aangelegd. Deze is echter voorzien van een watersysteem waarbij het water eerst ondergronds in kratten wordt opgevangen en daarna via een capillair systeem water terug kan blijven geven aan de beplanting, die er bovenop staat (*E van Herwijnen, persoonlijke communicatie, 17 februari 2017*). Zover gaat dit rapport niet maar ook dit project is zeker de moeite waard om te volgen de komende jaren!

8.2 | SCHETSEN

Mogelijkheden

Traditionele wadi's met flauwe taluds. Doordat er een boom in de wadi staat zal er een extra ondergrondse voorziening getroffen moeten worden om het wortelpakket ruimte te bieden. In dit geval moet er wel rekening mee worden gehouden dat hoe dikker het pakket bomenzand is, des te lager de k-waarde komt te liggen. Dit houdt in dat de infiltratietijd langer wordt en de wadi dus meer tijd nodig heeft om weer droog te vallen.

Naast de wijze van waterafvoer is er in deze schets ook een aantal andere zaken aangegeven. Niet in iedere schets is dit zo ver uitgewerkt omdat de principes hetzelfde blijven. Zaken als infiltratie- en bomenzand, verharding, fundatie en dergelijke komen in alle situaties steeds weer terug.

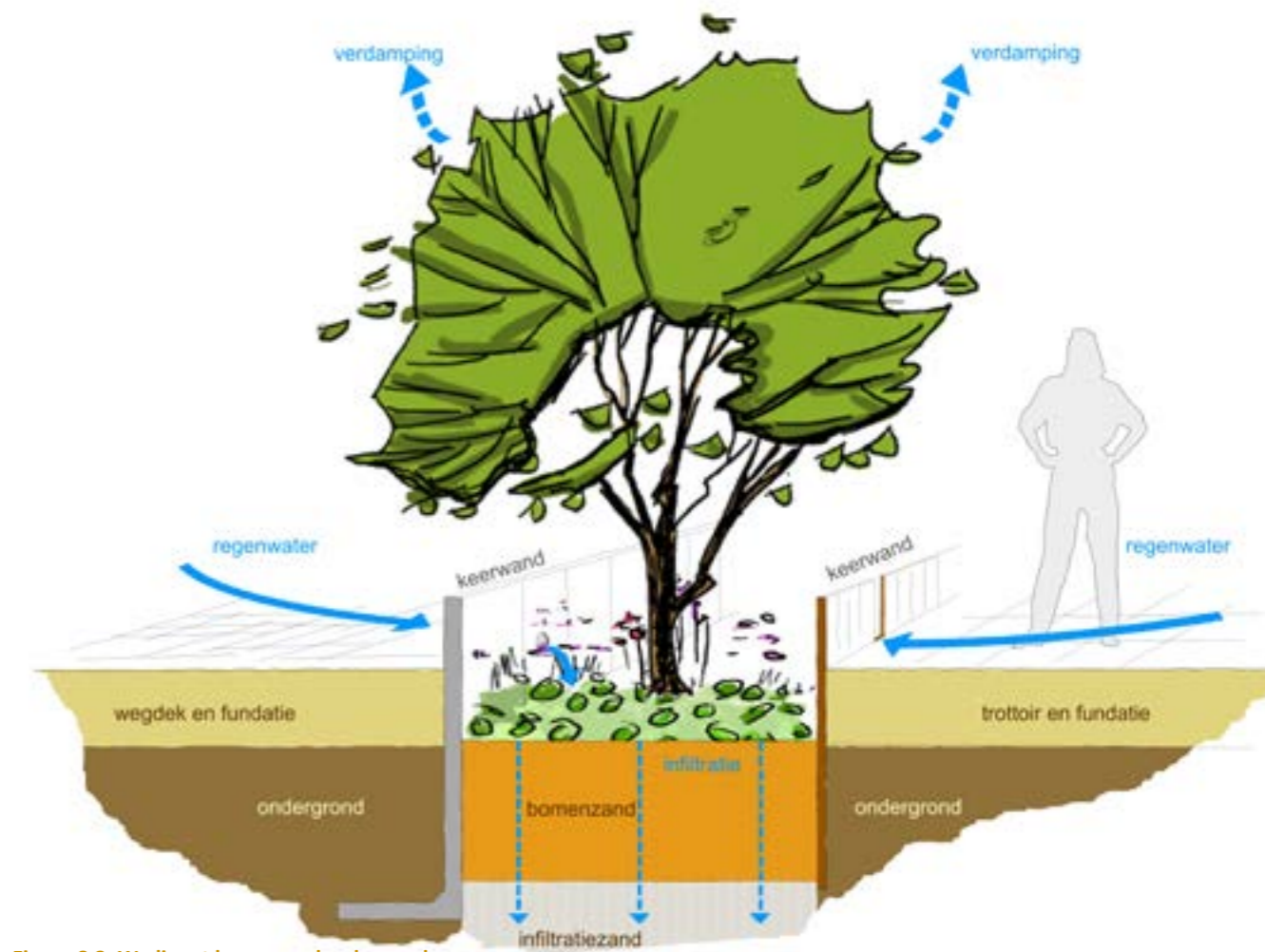


Figuur 8.2: Wadi met bomen

Ook in deze wadi is een boom geprojecteerd. Deze wadi is echter vormgegeven naar het model uit Portland (zie hoofdstuk 3.2.2). Hier wordt veel gewerkt met afvoerkanaal in de stedelijke omgeving die van betonnen zijwanden zijn voorzien. In deze schets is dat ook aan één zijde gedaan maar in Nederland wordt ook veel met hout gewerkt, vandaar dat er een optie is om één of beide zijden te voorzien van een houten damwand.

Het voordeel van dit type wadi is dat er gewerkt kan worden in een beperkte ruimte. Ook zou dit toepasbaar kunnen zijn tussen twee rijbanen in of als scheiding tussen rijbaan en fietspad. Vandaar dat er in de volgende situaties een aantal varianten staat getekend.

Bomen in de wadi en bomenzand, dat vraagt wel om een extra stukje aandacht. Zeker wanneer er gesproken wordt over een lagere infiltratiesnelheid. Bomenzand mag niet te lang nat blijven omdat anders het water de organische stof, die in de grond aanwezig is, zal verstikken. Daarom moet het bomenzand ook ruim boven de grondwaterstand worden aangebracht.



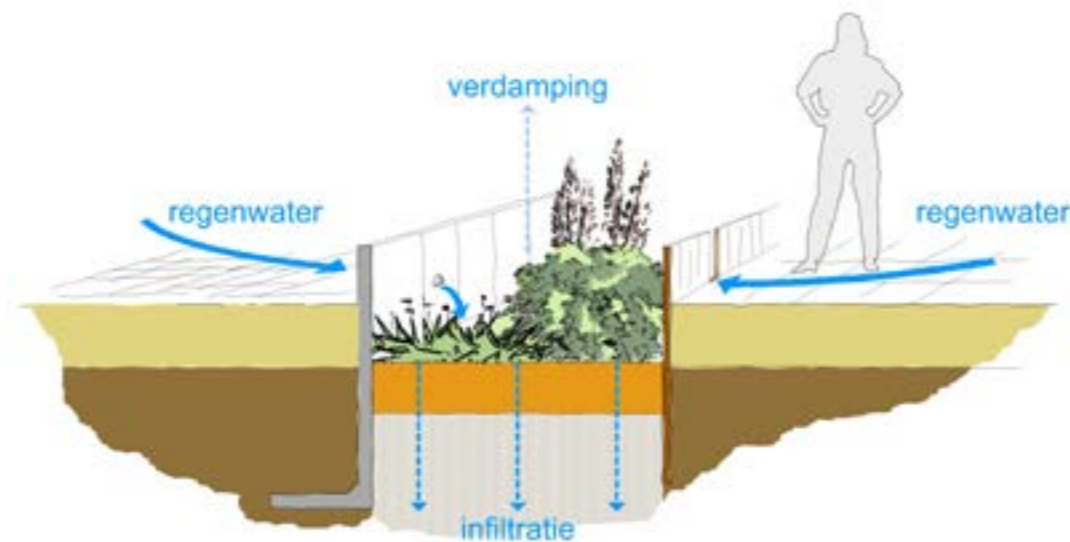
Figuur 8.3: Wadi met bomen en harde wanden

8.2 | SCHETSEN

Mogelijkheden

Figuur 8.4

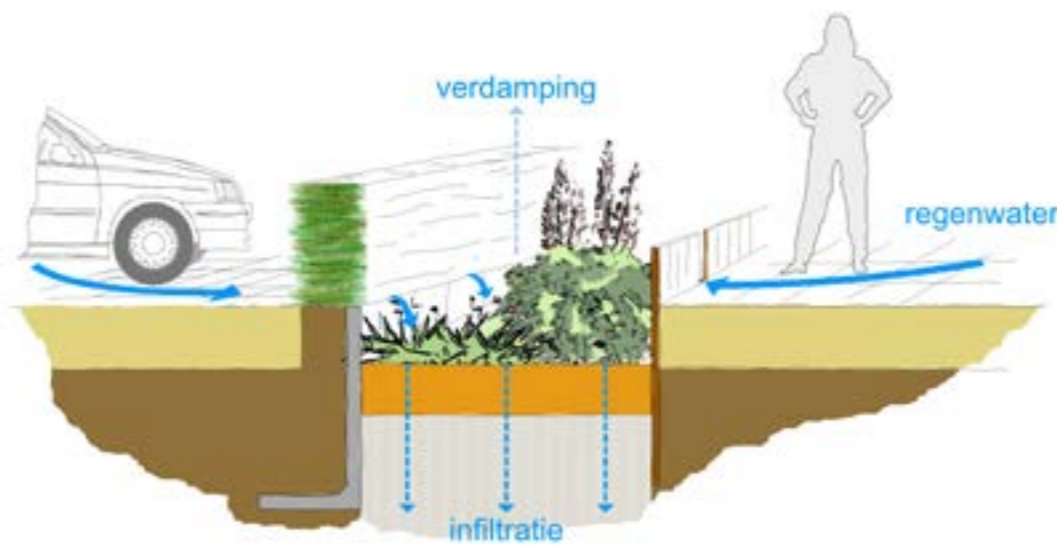
Een variant op figuur 8.3 maar dan zonder boom. Hierdoor kan het pakket bomenzand duidelijk minder dik zijn, waardoor de infiltratiesnelheid weer hoger wordt en de wadi dus eerder leeg zal zijn.



Figuur 8.4: Wadi met harde wanden

Figuur 8.5

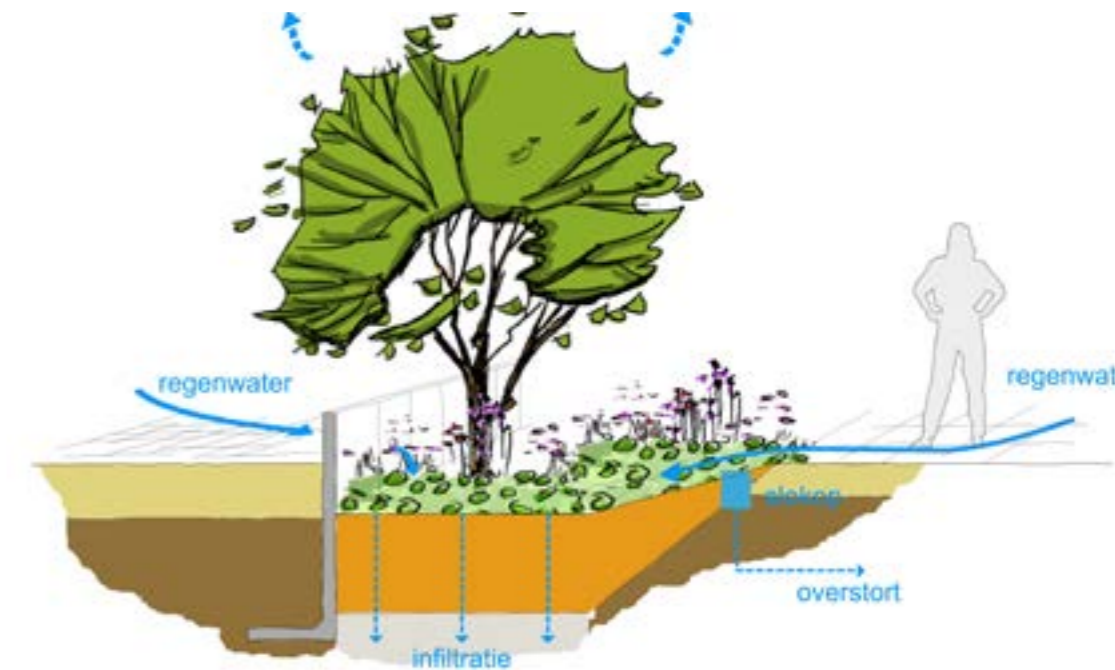
Een variant weer op figuur 8.4 maar dan met een haag. Hierbij is de stootrand van de keerelementen verdwenen en heeft deze plaatsgemaakt voor een haag. Belangrijk is wel dat de parkeervakken dan voorzien zijn van varkensruggen. De haag zorgt er echter voor dat er een natuurlijke manier van afschot plaatvindt naar de wadi. In de figuren 8.2 en 8.3 kon dit alleen door een gat in de betonwanden te maken.



Figuur 8.5: Camouflerend groen

Figuur 8.6

Een combinatie van de twee typen wadi's waarbij ook de slokop met overstort is ingetekend. Deze overstort kan worden aangesloten op een bestaand rioolstelsel maar kan ook afwateren naar bestaand oppervlaktewater. Deze overstorten zijn vaak een vereiste voor die gevallen waarin de wadi's de piekbuien niet aan zouden kunnen.



Figuur 8.6: Combinatiewadi

Figuur 8.8

Hierbij is er een buffer gemaakt onder het trottoir. Deze dient als tijdelijke berging tijdens piekbuien. Op deze manier kan de voorziening meer aan dan bovengronds doet vermoeden. Ook is de bestrating onder een flauwe hoek gelegd waardoor deze tijdens piekbuien juist ook onder water loopt. Een mooi voorbeeld hiervan is te vinden op het Willinkplein in Emmen (zie figuur 8.7).



Figuur 8.7: Willinkplein in Emmen



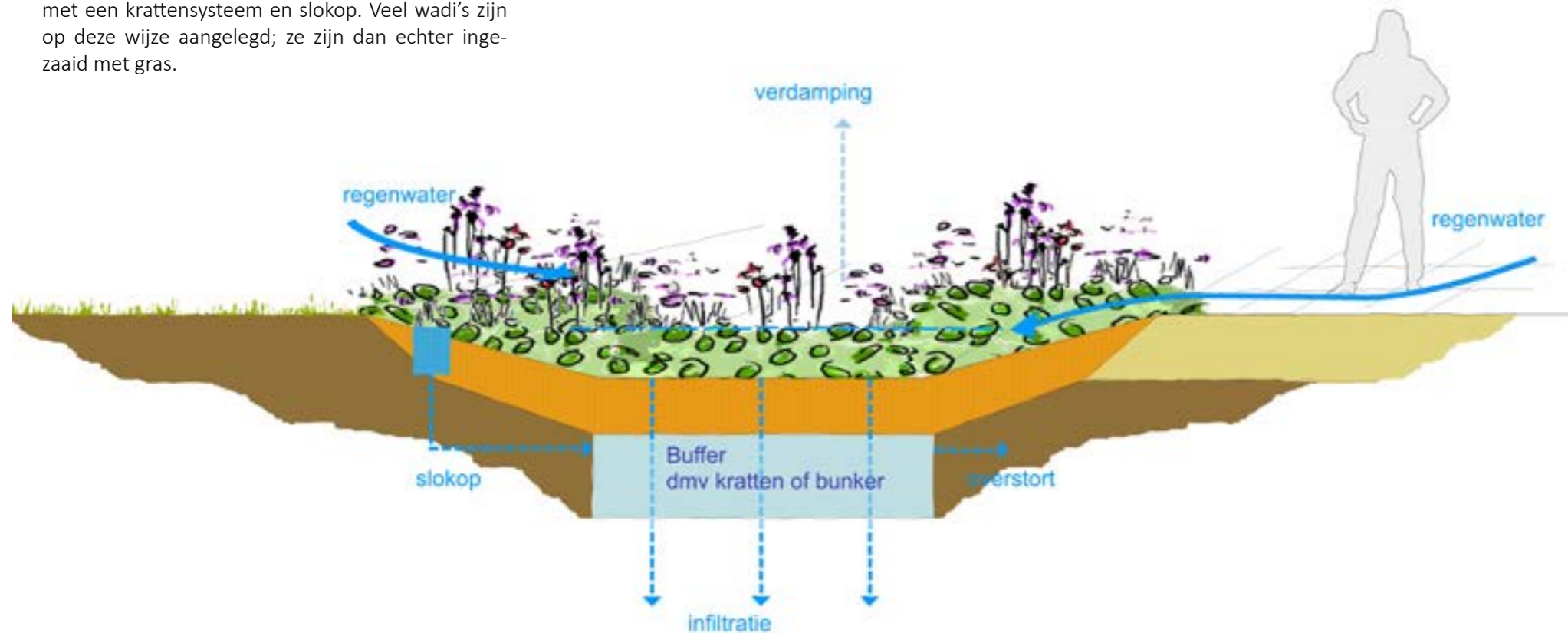
Figuur 8.8: Combinatiewadi met buffer en waterplein

8.2 | SCHETSEN

Mogelijkheden

Figuur 8.9

Evenals figuur 8.2 een traditionele wadi maar dan met een krattensysteem en slokop. Veel wadi's zijn op deze wijze aangelegd; ze zijn dan echter ingezaaid met gras.



Figuur 8.9: Traditionele wadi maar dan met vaste planten

8.3 | BEPLANTING

Mogelijkheden

Vanaf het begin van het onderzoek is er gesteld dat er geen onderzoek gedaan zou worden naar de vraag of, en zo ja welke, planten geschikt zijn voor toepassing in een wadi. Diverse onderzoekers hebben zich in binnen- en buitenland hier al over gebogen en het antwoord daarop is kort en krachtig: ja, het kan. Buiten deze literatuurverwijzing is er ook nog de beplante wadi in de Hortus Botanicus in Utrecht. Deze wadi, aangelegd in 2015 door Elke Blänsdorf is een mix van extensief beheerd groen aangevuld en verrijkt met inheemse planten (*Tuin en Landschap*, 24/2016, pagina 13).

Tijdens het onderzoek ontstond de mogelijkheid tot het aanleggen van een proefwadi. Hierdoor kon er ondanks de beperkte tijdsspanne van het onderzoek toch gekeken worden naar een aantal zaken. Allereerst de kosten van aanleg en de eventuele problemen waar men tijdens de aanleg tegen aan zou kunnen lopen. Daarnaast was het van belang dat de bewoners over deze aanleg geïnformeerd zouden worden. Hun werd gevraagd hoe zij ertegenover stonden. Uiteindelijk heeft dit geleid tot een beplantingsplan en dat vindt u op de volgende pagina.

Dit beplantingsplan is slechts een voorbeeld van de vele mogelijkheden die er zijn. Uit de buitenlandse literatuur is een lijst samengesteld met planten welke geheel of gedeeltelijk toepasbaar zijn in Nederland. Zo is ook dit beplantingsplan tot stand gekomen; hierbij zijn dus de ervaringen van de buitenlandse wadi's toegepast (zie hiervoor ook bijlage I).

Voor het maken van de soortkeuze is het van groot belang, dat de beplanting goed tegen droogte kan. Vaak wordt dit aangeduid als prairiebeplanting. Een enkele keer per jaar (en soms ook helemaal niet) kan het zijn dat de wadi volloopt met water en dus moeten deze planten tegen een tijdelijke overstroming kunnen. Als laatste dient men ook rekening te houden met eventuele strooizoutgevoeligheid. In tabel 8.1 is te zien welke houtachtige gewassen er zijn die hiervoor in aanmerking komen.

Heesters voor vakbeplanting

| Tolerant voor: Soort | Overstroming | Droogte | Strooizout |
|---------------------------|--------------|---------|------------|
| Amelanchier lamarckii | kort | ja | matig |
| Aronia arbutifolia | kort | lang | matig |
| Aronia melanocarpa | kort | lang | matig |
| Cephalanthus occidentalis | lang | ja | ja |
| Clethra alnifolia | kort | ja | nee |
| Cornus sericea | kort | ja | ja |
| Physocarpus capitatus | kort | ja | matig |
| Physocarpus opulifolius | kort | ja | matig |
| Salix purpurea | kort | lang | matig |
| Salix repens | kort | lang | matig |
| Spiraea douglasii | kort | ja | nee |

Straat- en laanbomen

| Tolerant voor: Soort | Overstroming | Droogte | Strooizout |
|------------------------------|--------------|---------|------------|
| Acer negundo | kort | lang | nee |
| Acer rubrum | kort | ja | nee |
| Acer saccharinum | kort | lang | matig |
| Alnus glutinosa | lang | ja | matig |
| Alnus incana | kort | lang | matig |
| Amelanchier arborea | kort | ja | matig |
| Betula nigra | kort | ja | nee |
| Carpinus betulus | kort | lang | nee |
| Celtis occidentalis | kort | lang | ja |
| Fraxinus pennsylvanica | kort | lang | matig |
| Gleditsia triacanthos | kort | lang | matig |
| Liquidambar styraciflua | kort | ja | ja |
| Metasequoia glyptostroboides | lang | ja | onbekend |
| Platanus x hispanica | kort | lang | matig |
| Quercus palustris | kort | ja | matig |
| Quercus phellos | kort | ja | matig |
| Salix alba | lang | lang | matig |
| Taxodium distichum | lang | ja | matig |

Tabel 8.1: Resistentie houtige gewassen tegen strooizout

8.4 | PROEFWADI

Mogelijkheden

Zoals in de vorige paragraaf reeds is aangegeven, deed zich tijdens het onderzoek de mogelijkheid voor tot het aanleggen van een proefwadi. Voor een gedegen onderzoek naar beplante wadi's in Nederland, zou het goed zijn, langere tijd studie te maken van deze wadi en voor een breder beeld zouden er ook meerdere wadi's in het land kunnen worden aangelegd. Op het moment van afronding van dit onderzoek is dat echter niet het geval. Net zoals bij de technische schetsen wordt u als lezer wellicht geprikkeld om zelf aan de slag te gaan.

De proefwadi ligt in Heesch aan de Donkervoortseleop en is gesitueerd in een woonwijk. De wadi zelf was bestaand en is niet voorzien van een ondergronds kratten- of bunkersysteem. De bodem zelf is redelijk waterdoorlatend maar is erg arm aan organische stof. Er is dan ook voor gekozen, de toplaag te verrijken met extra meststoffen. Zie ook figuur 8.11 waarop het resultaat van een grondboring is te zien.

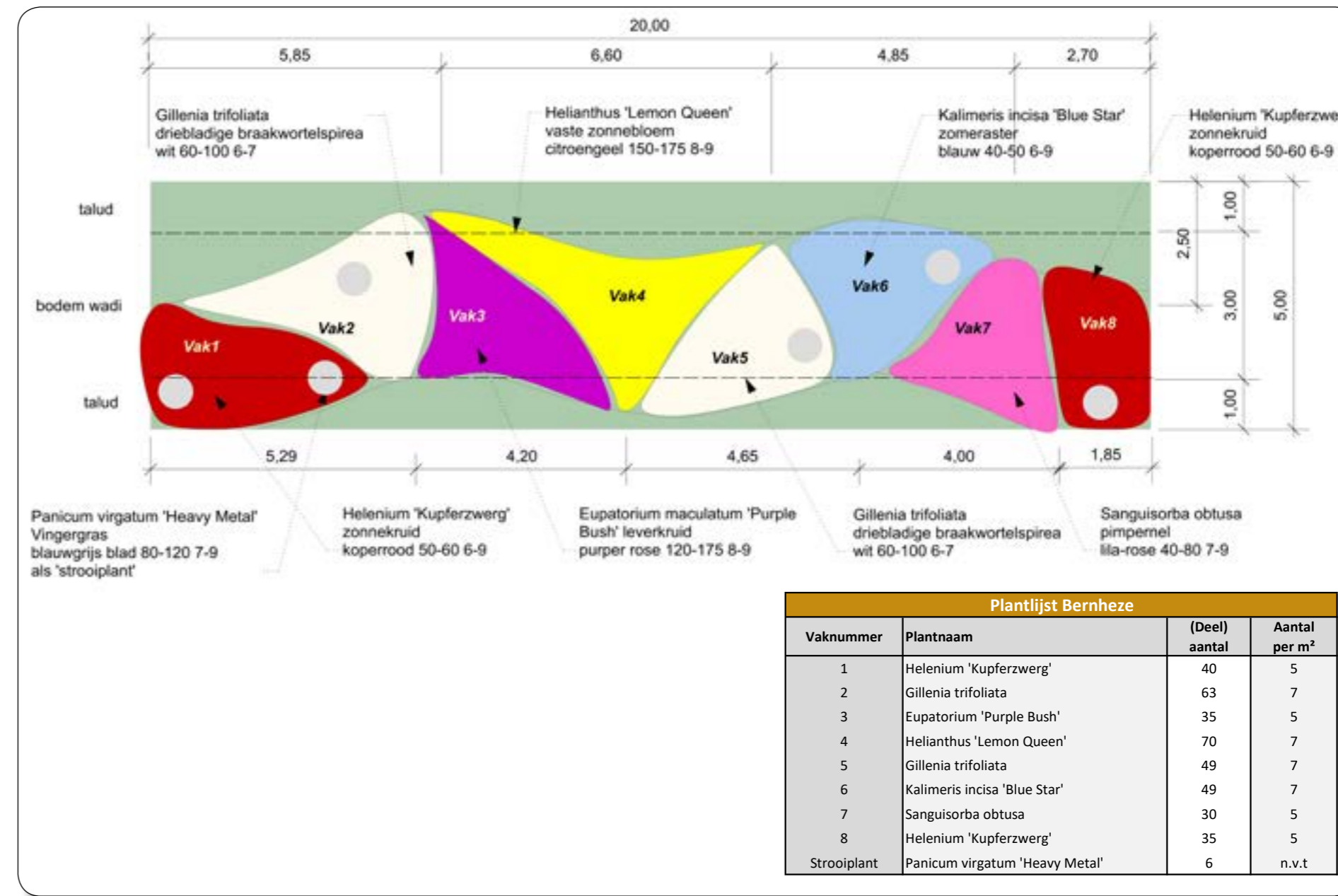
Op de pagina hiernaast vindt u de plantlijst en het beplantingsplan. Voor alle duidelijkheid is deze schets wel bemaat en zijn er in de lijst ook aantallen aangegeven. De uiteindelijke totstandkoming van deze wadi is te zien in figuur 8.10.



Figuur 8.10: Aanleg proefwadi Donkervoortseleop in Heesch



Figuur 8.11: Grondboring



Figuur 8.12: Beplantingsplan gemeente Bernheze

HOOFDSTUK 9

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Wanneer we het woordenboek openslaan staat er bij conclusie het volgende: Gevolgtrekking, slotsom.

Het eerste woord, gevolgtrekking, geeft weer wat er feitelijk in dit hoofdstuk zou moeten staan. Als onderzoekers trekken we de gevolgen welke voortkomen uit het rapport.

Het tweede woord spreekt ons als groene technuten wellicht iets meer aan: slotsom. Een optelling aan het einde. En dat is nu werkelijk hoe deze conclusie is opgebouwd. Ieder hoofdstuk had al een korte conclusie in zich en deze zijn nu allemaal bij elkaar opgeteld aan het einde van dit rapport. De slot som.

9.1 | CONCLUSIES

Conclusies en aanbevelingen

In de inleiding van dit rapport zijn een hoofdvraag en enkele deelvragen geformuleerd. Voordat er in dit hoofdstuk conclusies worden getrokken en antwoorden gegeven, volgt hieronder nogmaals een opsomming van de onderzoeksvragen:

Hoofdvraag:

- *Hoe kunnen we ervoor zorgen dat wadi's in Nederland beplant worden?*

Deelvragen:

- *Wat zijn de redenen dat wadi's (nu) niet beplant worden?*

- *Welke redenen zijn er om wadi's juist wel te beplanten?*

- *Welke mogelijkheden zijn er om beplante wadi's te realiseren?*

Voordat bovenstaande vragen in paragraaf 9.1.2 en 9.1.3 beantwoord worden, volgt een samenvattend overzicht van de conclusies die na ieder hoofdstuk zijn gemaakt.

9.1.1 Conclusies

Het Nederlands openbaar groen zal in de nabije toekomst in bergen en infiltreren van hemelwater een belangrijke rol moeten spelen, want verharde oppervlakten kunnen hierin niet of onvoldoende voorzien. Bovendien neemt een waterstroom vanaf een verhard oppervlak alle vervuiling, afval en nutriënten mee naar het oppervlaktewater. Samenwerking van gemeentelijke diensten en samenvoeging van hun budgetten levert kansen op voor wadi's.

Bij grote waterprojecten loopt Nederland voorop in de ontwikkelingen, maar op de kleinere schaal, op het gebied van klimaatadaptief groen, is nog een verbetering te maken en is het van belang, de juiste ontwerpkeuze te maken. De term klimaatadaptief is in de Nederlandse wadi slechts van toepassing op het infiltrerend en bergend vermogen. In het buitenland is men veel verder en beplant men de infiltratievoorzieningen. De landen leren van elkaar; zo is de stad Portland (Oregon, Verenigde Staten) toonaangevend op het gebied van 'bioswales', waaraan het Verenigd Koninkrijk weer

een voorbeeld neemt. In Duitsland is proefondervindelijk vastgesteld, dat beplante wadi's beter functioneren, niet alleen in het bergen van water (tot wel 33% meer dan een graswadi), maar ook in het infiltreren. Het verlies aan volume, doordat de plantenstengels en -bladeren ruimte innemen, is slechts 3-4%. Dit kan eenvoudig worden ondervangen door de wadi iets groter te dimensioneren.

De buitenlandse principes leren ons dat de beplante wadi ten opzichte van de graswadi juist nog meer te bieden heeft, zoals afkoeling door verdamping en opvang en filtering van schadelijke stoffen. Op zowel Duitse als Amerikaanse, Australische en Engelse websites zijn plantenlijsten te vinden met voor wadi's en regenwatertuinen aanbevolen planten. Veel plantensoorten (en ook cultivars) zijn in Nederland bij kwekers verkrijgbaar. Nederland heeft dus niet zelf het 'beplantingswiel' uit te vinden.

De buitenlandse bodems zijn vanzelfsprekend niet altijd vergelijkbaar met de bodems in Nederland en ook voor wadibepanting geldt: de juiste plant op de juiste plek. Door het grote aanbod aan informatie over verschillende locaties, zijn er naar verwachting toch voldoende vergelijkbare situaties te vinden. In ieder geval dient er voldoende zand aanwezig te zijn om de basisfunctie van de wadi te kunnen garanderen, namelijk infiltratie. De bodem moet enerzijds voldoende, maar niet teveel organische stof bevatten (circa 5%) om planten genoeg voedingsbodem te geven en anderzijds de waterhuishouding op peil te houden. Wadi's in een te natte omgeving geven problemen met het reguliere beheer; er zal dan al gauw rietvorming plaatsvinden.

Andere vormen van waterbeheersing zijn vaak gericht op andere doelen. Helofytenfilters filteren alleen het water. Regenwatertuinen, overgewaaid uit Engeland, laten al een klein voorbeeld zien van een beplante wadi en wat daarmee mogelijk is.

In het buitenland worden wadi's ook gebruikt voor watertransport. Kleine smalle kanaaltjes pal naast de openbare weg, voeren het water af van A naar B. Ter afremming en ten behoeve van betere infiltratie, worden deze kanaaltjes ook voorzien van beplanting. Dit principe wordt in Nederland nog niet toegepast; de Nederlandse wadi heeft een meer bergend karakter, maar wellicht zijn hier ook kansen te benutten.

Gestimuleerd door de ontwikkelingen in het openbaar groen, vooral wanneer deze als een verbetering en als nuttig worden ervaren, gaan huiseigenaren mogelijk zelf naar middelen zoeken, al of niet gesubsidieerd, om hun eigen hemelwater af te koppelen. Hierin kan Nederland nog grote stappen maken. Belangrijk is ook dat de burger nauw betrokken wordt bij de aanleg van een beplante wadi, zodat hij weet waarom het wordt gedaan en welke voordelen eraan verbonden zijn.

Ruimtegebrek in stedelijk gebied maakt de wadi de meest geschikte oplossing voor bergen en infiltreren van hemelwater. Het beheer kan - door een andere inrichting dan gras - van intensief in extensief gewijzigd worden. Vaste-plantenwadi's hebben bovendien, mits er is gewerkt met een goed doordacht plan, een jaarrond aantrekkelijk beeld. Wel dient bij het kiezen van de beplanting ook rekening gehouden te worden met de - eventueel aanwezige - technische aanpassingen voor ondergrondse berging.

Door verminderde verdamping, slechts marginaal afgenomen bergingscapaciteit en verbeterde infiltratie door het reduceren van de afstromingsnelheid van het water, draagt de beplante wadi tevens bij aan het op peil houden van de grondwaterstand, het tegengaan van verdroging in Nederland en het op peil houden van de drinkwatervoorraad. Daarnaast hebben de wortels van sommige planten de eigenschap dat zij vervuilende afvalstoffen zoals PAK's opnemen, zodat deze niet in het grondwater terecht komen. Het deel van het water dat verdampt via het blad, zorgt voor verkoeling van de omgeving.

De waarde van groen in de stad, en meer specifiek van een beplante wadi, is veel groter dan de aanleg- en beheerkosten. Groen heeft een positieve invloed op onder andere de gezondheid van omwonenden, op de prijs van aangrenzende huizen, op de omgevingstemperatuur en op de biodiversiteit. Verschillende ecosysteemdiensten kunnen van toepassing zijn op de beplante wadi. Dat het groen ook nog een waterbergende en infiltratiefunctie kan hebben, werkt alleen maar waardevermeerderend.

De kosten van een beplante wadi zijn vergelijkbaar met de kosten van 'normaal' openbaar groen. Indien de beplante wadi in plaats van 'normaal' openbaar groen wordt aangelegd, kunnen gemeenten zelfs grote bedragen besparen, niet alleen omdat er geen HWA-riool hoeft te worden aangelegd, maar ook doordat er meer grond uitgeefbaar zal zijn en de (WOZ-)waarde van het aangrenzend vastgoed zal stijgen.

Over het beplanten van wadi's heerst er, ook bij veel vakgenoten, veel onwetendheid. Er zal dan ook nog veel voorlichting nodig zijn, om een knop om te zetten bij de betrokken partijen en hen enthousiast te maken voor het beplanten van wadi's.

Daarmee zijn de deelvragen en tenslotte de hoofdvraag aan de orde.

In tegenstelling tot de gebruikelijke gang van zaken zijn de deelvragen niet per hoofdstuk beantwoord, maar komt de beantwoording geleidelijk, soms via meerdere hoofdstukken in het rapport, tot stand.

9.1 | CONCLUSIES

Conclusies en aanbevelingen

9.1.2 Beantwoording hoofdvraag

Hoe kunnen we ervoor zorgen dat wadi's in Nederland beplant worden?

Om deze vraag draaide het gehele onderzoek. De uitkomsten van het onderzoek zouden beheerders en plannenmakers ervan moeten kunnen overtuigen, dat de nadelen van het beplanten van wadi's niet opwegen tegen de voordelen. Wel is het een voorwaarde, dat de bodemgesteldheid en de grondwaterstand per locatie goed in kaart worden gebracht, zodat de juiste plant op de juiste plek terechtkomt, en op die wijze teleurstellingen worden voorkomen.

Beheerders zijn met name geïnteresseerd in aanleg- en beheerkosten. Plannenmakers (de ontwerpers) spelen hierop in, want de vraag bepaalt het aanbod. De aanleg en het beheer van een beplante wadi zijn weliswaar duurder dan van een graswadi, maar zodra het 'grotere plaatje' van de toegevoegde waarde zichtbaar wordt, zal naar verwachting bij een grote groep 'graswadi-aanhangers' de knop omgaan.

Hoe kunnen we ervoor zorgen dat wadi's in Nederland beplant worden? Het antwoord is eigenlijk: gewoon doen! Durf het aan, er is niks op tegen en als de groei-plaatsomstandigheden het toelaten dan heeft dit rapport u laten zien dat er mogelijkheden te over zijn. Iets wat ook duidelijk naar voren is gekomen, is dat de beplante wadi duurder is dan de graswadi, maar wel vele voordelen biedt. Veel wadi's liggen centraal in een wijk en zijn dus de uitgelezen plek om aangekleed te worden, andere liggen wellicht wat achteraf maar kunnen dan meer extensief worden beheerd zodat er een natuurlijke kruidenvegetatie zal ontstaan.

De kosten, jazeker, maar wanneer veel gemeenten in deze tijd steeds meer vaste-plantenborders aanleggen, dan zijn de kosten van een beplante wadi hiermee vergelijkbaar. We vangen dan twee vliegen in één klap.

Wadi's beplanten? Een kwestie van gewoon doen!

9.1.3 Beantwoording deelvragen

Wat zijn de redenen dat wadi's (nu) niet beplant worden?

De redenen dat wadi's (nu) niet beplant worden zijn veelal terug te voeren op onwetendheid en angst voor het onbekende. De verantwoordelijken binnen gemeenten houden één bepaald voorbeeld (de graswadi met technische bodem) voor ogen, dat zij navolgen. Er is in sommige gevallen niet eens over nagedacht, of er nog andere mogelijkheden zijn. Vaak ook gaat men uit van verkeerde vooronderstellingen en heeft men een verkeerd beeld voor ogen over bijvoorbeeld kosten, beheer of functieverlies.

Welke redenen zijn er om wadi's juist wel te beplanten?

Er zijn heel veel redenen om wadi's juist wel te beplanten, namelijk de positieve invloed die een groene omgeving heeft op allerlei zaken, zoals biodiversiteit, verkoeling van het stedelijke gebied, opname van schadelijke stoffen. Daarnaast komt de bergings- en infiltratiecapaciteit juist niet in het geding. De stengels en bladeren nemen wel enige ruimte in (3 tot 4%) maar doordat planten met hun bladeren ook water vasthouden, neemt de totale bergingscapaciteit tot wel 33% toe. Bovendien kan een beplante wadi gerealiseerd worden, zonder dat de beheerkosten de pan uitrijzen, zeker wanneer dit in combinatie is met andere groenprojecten.

Welke mogelijkheden zijn er om beplante wadi's te realiseren?

Er zijn vele mogelijkheden, die naar beplante wadi's leiden. Een indirecte oplossing en eerste stap is het afkoppelen van de hemelwaterafvoer. Daarnaast mag de eventueel aanwezige technische bodem van een bestaande wadi niet te ondiep liggen, omdat er dan geen ruimte is om beplanting aan te brengen. Belangrijk is te weten, dat bij een goed doorlatende bodem een technische wadibodem overigens niet nodig is. Voor Nederland nieuwe vormen van (beplante) wadi's zijn het waard om proeven mee te nemen, zoals beplante afvoerkanaltjes langs wegen of wadi's met harde randen, omdat hier op een veel kleiner oppervlak dan bij een 'gewone' wadi toch infiltratie kan plaatsvinden.

9.2 | AANBEVELINGEN

Conclusies en aanbevelingen

Tijdens het onderzoek naar beplante wadi's is gebleken dat er nog weinig stappen zijn gezet om beplantingsvormen in wadi's te realiseren. In het kader van het bereiken van handvatten voor eventuele aanleg van beplante wadi's, wordt in deze paragrafen een aantal aanbevelingen gedaan.

Gezien de uitkomst van dit onderzoek is het wenselijk, meer wadi's in te richten met beplanting. Het is hierbij van belang dat betrokken partijen een onderbouwde afweging maken bij de vraag of en hoe deze toegepast kunnen worden.

Beheerders zouden niet alleen bij de aanleg van nieuwe wadi's het beplanten in hun overwegingen moeten meenemen, maar ook bestaande wadi's kunnen omvormen.

In alle gevallen, bij het maken van plannen voor zowel de aanleg van nieuwe als de omvorming van bestaande wadi's, dienen specialisten met kennis van bodemgesteldheid en daarbij passende beplanting betrokken te zijn.

Omwonenden dienen nauw betrokken te worden, met name bij de omvorming van een bestaande wadi, maar mogelijk ook bij de aanleg van een nieuwe beplante wadi.

Denk soms niet te groot, een smalle border tussen twee rijbanen kan al worden omgetoverd tot een smalle wadi met harde kanten.

Kortom; maak een goed beplantingsplan, schaf beplanting aan en leg de beplante wadi ook in uw omgeving aan!



Figuur 9.1: Beplanting voor wadi aan Donkervoortseloop te Heesch



BRONVERMELDING

Een boek, rapport, internetpagina, persoonlijk contact, een afbeelding, een diagram, een tabel, een.....

Heel veel mensen wisten al veel eerder dan wij hoe het zit. Alleen nu hebben we ze samengebracht in één rapport. Wanneer daar eens over wordt nagedacht is dat best wel vreemd, raar of wellicht eng. Een rij namen, personen en instanties, waarin heel veel verschillende mensen met hele verschillende achtergronden en gedachten onder elkaar staan, die blijkbaar allemaal iets te maken hebben met een beplante wadi.

Al wisten ze dat zelf geeneens.

En de lijst is lang!

LITERATUURLIJST EN WEBSITES

Bronvermelding

Literatuur

1. Bade, T., K. van der Leest & F. Tonneijck (2011). *Lang leve(n) de tuin*. Arnhem: Triple E.
2. Bade, T., F. Tonneijck & B. van Middendorp (2012). *De kroon op het werk*. Arnhem: Triple E.
3. Bannerman, Roger. Rain Gardens (2003) *A how to manual for homeowners*. Wisconsin, Verenigde Staten).
4. Berlin. Anlage 8 *Muldenbepflanzung*.
5. Berg-Berkers Ir. P. van den & Ing. G. Kok. *Cultuurtechniek & landinrichting*.
6. Boogaard, Ir F.C., Ir N. Jeurink & Ing. J.H.B. Gels (2003/4). *Vooronderzoek natuurvriendelijke wadi's. Inrichting, functioneren en beheer*. Ede: Stichting RIONED.
7. Boogaard, F., G. Bruins & R. Wentink (2006). *Wadi's: aanbevelingen voor ontwerp, aanleg en beheer*. Ede: Stichting RIONED.
8. Bray, Bob, Dusty Gedge, Gary Grant & Lani Leuthvilay. (2012) *Rain Garden Guide*.
9. Dunnett, N. & Clayden, A. (2007). *Rain Gardens*. Portland,U.S.A.: Timber Press Inc.
10. Eppel-Hotz, Angelika (2016). *Farbe für Stadt und Land. Ansaaten für öffentliches und privates Grün*.
11. Hop, ir M.E.C.M. (2011). *Vaste planten in het openbaar groen*. Boskoop: All-Round Communications.
12. Heuschneider Landschaftsarchitekten (2013). *Regenwasserversickerung - Ein Leitfaden für den Bauherren*.
13. Janssen, J.J.C. (2013). *Stadsbomen vademecum 4*. Arnhem: IPC Groene Ruimte.
14. Kluck, ir W. Bakker, ir L. Kleerekoper, M. Rouvoet BBE, ing. R. Wentink, dr ir L. Klok, ir R. Loeve, dr ir J. (2016). *Voor hetzelfde geld klimaatbestendig*.
15. Koster, A. (1994). *De groene omgeving*. Haarlem: Schuyt & Co, Uitgevers en importeurs.
16. Koster, A. (2007). *Planten vademecum voor tuin, park en landschap*. 's-Gravenland: Fontaine uitgevers.
17. Kuipers dr.ir. S.F. (1984). *Bodemkunde*. Culemborg: Educaboek.
18. Londo, G. (1987). *Natuurtuinen en –parken*. Zutphen: B.V. W.J. Thieme & Cie.
19. Man, H. de, M. Kuiper en I. Leenen (2009). *Volksgesondheid en water in het stedelijk gebied. Gezondheidsrisicoanalyse*. Utrecht: STOWA.
20. Melbourne Water Corporation (2013). *Building a swale*.
21. Ministerie van Cultuur, Recreatie en Maatschappelijk Werk (1982). *Natuur in de stedelijke omgeving*. 's-Gravenhage: Staatsuitgeverij.
22. Portland, City of (2006). *Flow-through planters*.
23. Prooijen, G.J. van (2011). *Stadsbomen vademecum 2B Groei en aanplant*. Arnhem: IPC Groene Ruimte. (Diverse gedeelten over de technische toepassing van de bomen).
24. Prooijen, G.J. van (2016). *Stadsbomen vademecum 2A Groeiplaatsaspecten*. Arnhem: IPC Groene Ruimte. (Diverse gedeelten over de technische toepassing van de bomen).
25. Sarasota County. *Sarasota Bay Estuary Program. Rain gardens & Bioswales*.
26. Schwarz, Tassilo & Jürgen Eppel (2004). *Mit Pflanzen versickern. Versickerungsmulden standortgerecht bepflanzt*.
27. Speelziek, J.J. (1988). *Werkboek bijen houden*. Ede: Zomer en Keuning boeken B.V.
28. Stadtwerke Friedberg (circa 2002). *Regenwasserversickerung*.
29. Stichting Groenforum Nederland (2005). *De Baten van de Groene Stad*. Nieuwkoop: De Boer Grafische Producties.
30. Zoest, J van. & Melchers, M. (2006). *Leven in de stad*. Utrecht: KNVV Uitgeverij.

Vakbladen

1. Blaensdorf, E. (2016). Bepanting voor waterretentie, Tuin en Landschap 24, pp. 10-13.
2. Hoffman, M.H.A. & Hop, M.E.C.M. (2012). Planten voor natte locaties, Dendroflora, 49, pp. 4-26.
3. Loeve, R. en L. Kleerekoper. (2016) Stedelijk hemelwater- én hitte management door waterberging in koele verblijfplaatsen. Stad en Groen 7, pp. 92-93, 95.
4. Vrolijk M. (2016). Dunnetts stadsbeplantingen vragen minimaal beheer. Tuin en Landschap 18, pp. 36-38.

Internet

1. <http://degroenestad.nl/dossiers/economie>. *Geraadpleegd 28 februari 2017*
2. <https://ecofyt.nl/index.php?lang=nl&id=5>. *Geraadpleegd 12 januari 2017*.
3. [http://hoffmannursery.com/plants?features\[\]=Bioswales/Vegetated swales&](http://hoffmannursery.com/plants?features[]=Bioswales/Vegetated swales&) *Geraadpleegd 28 februari en 27 maart 2017*.
4. <https://landscapeperformance.org/case-study-briefs/elmer-avenue-neighborhood-retrofit/>. *Geraadpleegd 26 januari 2017*.
5. <https://landscapeperformance.org/case-study-briefs/nevin-welcome-center>. *Geraadpleegd 18 januari 2017*.
6. <http://nativeplantherald.prairienursery.com/2013/05/the-beneficial-beauty-of-rain-gardens/>. *Geraadpleegd 2 november 2016*.
7. <http://soilpedia.nl/Bikiviki%20documenten/NOBIS/Extensieve%20kwaliteitsverbetering%20van%20baggerspecie%20middels%20on-site%20biorestauratie%20in%20combinatie%20met%20>. *Geraadpleegd 17 januari 2017*.
8. <http://uknea.unep-wcmc.org/EcosystemAssessmentConcepts/EcosystemServices/tabid/103/Default.aspx> *Geraadpleegd 28 maart en 15 april 2017*.
9. <https://watersensitivecities.org.au/>. *Geraadpleegd 17 januari 2017*.
10. <https://www.bochum.de/C125708500379A31/vwContentByKey/W28SBEJK227BOLDDE?opendocument#par3>. *Geraadpleegd 7 november 2016*.
11. http://www.bund-deutscher-staudengaertner.de/cms/staudenverwendung/download/Besondere_Situationen.pdf. *Gedownload 13 september 2016*.
12. http://www.bund-deutscher-staudengaertner.de/cms/staudenverwendung/download/Inspiration_Stadtraeume.pdf. *Gedownload 15 december 2016*.
13. <http://www.cornellplantations.org/our-gardens/botanical/bioswalegarden>. *Geraadpleegd 26 september 2016*.
14. <http://www.ecolandscaping.org/12/uncategorized/native-plant-selection-biofilters-rain-gardens/>. *Geraadpleegd 26 september 2016*.
15. <http://www.groenblauwenetwerken.com/water/buffering-and-infiltration/>. *Geraadpleegd 22 september 2016*.
16. <http://www.hdsr.nl/werk/schoon-water/rioolwaterzuivering/afkoppelen/>. *Geraadpleegd 31 januari 2017*.
17. <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/zwave-neerslag> *Geraadpleegd 27 april en 10 april 2017*.
18. <https://www.melbournewater.com.au/getinvolved/protecttheenvironment/raingardens/Pages/What-is-a-raingarden.aspx>. *Geraadpleegd 17 januari 2017*.
19. <https://www.melbournewater.com.au/Planning-and-building/Stormwater-management/WSUD-intro/Pages/default.aspx>. *Geraadpleegd 17 januari 2017*.
20. http://www.naturnahe-regenwasserbewirtschaftung.info/index.php?page=was_koennen_sie_tun. *Geraadpleegd 6 oktober 2016*.
21. <http://www.natuurkennis.nl/index.php?hoofdgroep=6&niveau=3&id=4>. *Geraadpleegd 28 februari 2017*.
22. https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044574.pdf *Geraadpleegd 27 februari en 14 april 2017*.
23. <https://www.rainproof.nl/toolbox/maatregelen/wadis> *Geraadpleegd 28 februari en 7 maart 2017*.
24. <https://www.rhs.org.uk/Search?query=rain%20gardens> *Geraadpleegd 17 januari en 18 maart 2017*.
25. <https://www.riool.info/gescheiden-riool>. *Geraadpleegd 31 januari 2017*.
26. http://www.riool.net/c/document_library/get_file?uuid=54a9a073-24de-4666-8ccb-b12460809630&groupId=10180&targetExtension. *Geraadpleegd 17 januari 2017*
27. <http://www.susdrain.org> *Geraadpleegd 28 februari en 11 maart 2017*.
28. <https://www.waternet.nl/blog/amsterdam-rainproof/groen-en-droog-op-de-zuidas/> *Geraadpleegd 20 april 2017*.
29. <http://www.wwt.org.uk/get-involved/get-involved/gardening-for-wetlands/rain-gardening/>. *Geraadpleegd 12 januari 2017*.

AFBEELDINGEN

Bronvermelding

Herkomst van de afbeeldingen

De afbeeldingen zijn gerangschikt naar volgorde waarin deze voorkomen in dit rapport. Alle rechthebbenden van de gebruikte afbeeldingen konden worden achterhaald. Alle overige foto's en tekeningen zijn gemaakt door de auteurs.

Omslag: Eigen materiaal

Voorwoord: <https://soilsmatter.files.wordpress.com/2015/01/raingardenpilsenstreet-chicagofromhundaal.jpg>

Samenvatting: Eigen materiaal

Summary: Eigen materiaal

Inhoudsopgave: <http://www.raincitygardens.com/wp-content/uploads/2013/03/IMG1477.jpg>

Hoofdstuk 1: http://www.reisjunk.nl/wp-content/uploads/2014/01/IMG_39471.jpg
Figuur 1.1: <http://2.bp.blogspot.com/-9XpWvYHaLrE/TWbZAQ4OwWI/AAAAAAAAAFRs/dXjXGR7xUP4/s1600/Wadi+Gazelle6.JPG>

Figuur 1.2: Eigen materiaal

Figuur 1.3: Eigen materiaal

Hoofdstuk 2: <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/originals/2e/f4/94/2ef4941438ecb612388d96b93aac2c7f.jpg>

Figuur 2.1: http://www.hetstreekblad.nl/files/2013/06/IMG_2529.jpg

Figuur 2.2: Eigen materiaal

Figuur 2.3: https://www.riool.net/c/document_library/get_file?uuid=2c06d142-6491-49a4-ac76-051f19d62d53&groupId=10180&targetExtension=jpg

Hoofdstuk 3: <https://muralmouth.files.wordpress.com/2011/07/swale6.jpg>

Figuur 3.1: <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/originals/4a/62/32/4a6232c700409061cec511f3efa06bc2.jpg>

Figuur 3.2: Eigen materiaal

Figuur 3.3: Eigen materiaal

108 Onderzoeksrapport beplante wadi's

Hoofdstuk 4: http://www.rvdrzwolle.nl/RVR%20Zwolle%20Header%20Mett%20Front-page%20zwolle-westenholte_45.jpg

Figuur 4.1: <http://static.panoramio.com/photos/original/6885384.jpg>

Figuur 4.2: Eigen materiaal

Figuur 4.3: Jongmans, A.G., M.W. van den Berg, M.P.W. Sonneveld, G. Peek en R. van den Berg van Saparoea (2012). De landschappen van Nederland; geologie, bodem, landgebruik. Wageningen Academic Publishers. <http://www.infiltratieproef.be/images/proef.jpg>

Figuur 4.4: <http://www.infiltratieproef.be/images/proef.jpg>

Figuur 4.5: Bodemkunde dr.ir. S.F. Kuipers Educaboek Culemborg 15e druk juli 1984, figuur 1.1, pagina 15

Figuur 4.6: Eigen materiaal

Figuur 4.7: Eigen materiaal

Figuur 4.8: Eigen materiaal

Hoofdstuk 5: <https://trahstatenisland.files.wordpress.com/2013/06/tkvbioswale.jpg>

Figuur 5.1: Eigen materiaal

Figuur 5.2: Eigen materiaal

Figuur 5.3: Eigen materiaal

Figuur 5.4: Eigen materiaal

Figuur 5.5: Eigen materiaal

Hoofdstuk 6: Eigen materiaal

Figuur 6.1: http://chesapeakestormwater.net/wp-content/uploads/2014/07/swale_checkdam.jpg

Figuur 6.2: Eigen materiaal

Figuur 6.3: <http://www.ecodorpboekel.nl/www/wp-content/uploads/2016/07/Ecologische-waarde-van-Ecodorp-Boekel.png>

Figuur 6.4: http://geography.name/wp-content/uploads/2016/02/Urban_heat_island_Celsius.png

Figuur 6.5: <https://www.host.nl/wp-content/uploads/2015/05/HoSt-Strijp-11.jpg>

Figuur 6.6: Eigen materiaal

Figuur 6.7: <http://www.mo.be/sites/default/files/field/image/bijzijn-6.jpg>

Figuur 6.8: http://nicolaasmaes.nl/foto/1_-_schoonmaakdag.JPG

Figuur 6.9: Eigen materiaal

Hoofdstuk 7: Eigen materiaal

Figuur 7.1: Eigen materiaal

Hoofdstuk 8:

Figuur 8.1: Eigen mateiraal

Figuur 8.2: Eigen materiaal

Figuur 8.3: Eigen materiaal

Figuur 8.4: Eigen materiaal

Figuur 8.5: Eigen materiaal

Figuur 8.6: Eigen materiaal

Figuur 8.7: Eigen materiaal

Figuur 8.8: Eigen materiaal

Figuur 8.9: Eigen materiaal

Figuur 8.10: Eigen materiaal

Figuur 8.11: Eigen materiaal

Figuur 8.12: Eigen materiaal

Hoofdstuk 9: Eigen materiaal
Figuur 9.1: Eigen materiaal

Bronvermelding: Eigen materiaal

Verklarende woordenlijst: Eigen materiaal

Bijlagen: Eigen materiaal



VERKLARENDE WOORDENLIJST

Til ur. Dacie ilicatissum duc inceriorum sesse, caveri, patilibus;

Nee niet schrikken, deze zin is geen latijn maar een zogenaamde fillertekst ook wel Lorem Ipsum genaamd. Het betekend helemaal niets! En wordt alleen gebruikt om bijvoorbeeld ten tijde van de opmaak van dit rapport aan te geven waar tekst komt te staan.

In het rapport zijn echter vele woorden te vinden die wel een bepaalde lading of betekenis hebben die niet algemeen bekend is. Vandaar deze lijst.

VERKLARENDE WOORDENLIJST

Abiotische factoren: een term binnen de ecologie voor externe milieufactoren die geen biologische oorsprong hebben.

Adaptief: aangepast voor/op een bepaalde omstandigheid.

Bergingscapaciteit: het waterbergend vermogen van een object.

Bezinkvijvers: vijvers om vuil/troebel water, dat als drinkwater moet dienen, te laten bezinken.

Biodiversiteit: verscheidenheid aan levensvormen (soorten, genen etc.) binnen een gegeven ecosysteem.

Bodemprofiel: de opbouw van de bodem weergegeven in een profiel.

Capillair: kanaalvormige ruimte met een kleine binnendiameter in een vaste stof.

Droogtetolerante beplanting: beplanting die geschikt is voor zeer droge omstandigheden.

Droogweerafvoer: rioolstelsel waarmee uitsluitend afvalwater wordt ingezameld en afgevoerd.

Eentoppig zand: de korrelgrote van het materiaal is identiek, alle korrels hebben hetzelfde formaat.

Gescheiden systeem: dit systeem zorgt ervoor dat het regenwater en het rioolwater gescheiden blijven. Alleen het rioolwater wordt door dit systeem afgevoerd naar de rioolzuivering.

Geotextiel: doorlaatbaar textiel dat bij water- en wegenbouwkundige toepassingen gebruikt wordt in combinatie met grond.

Helofyten: is een bepaalde levensvorm. Het is een tweejarige- of vaste plant waarvan enkel de zich onder water bevindende knoppen een ongunstige periode, zoals een winter, overleven.

Helofytenfilter: dit is een filter dat met behulp van helofyten (bijvoorbeeld riet) afvalwater zuivert tot een kwaliteit die onschadelijk is voor het milieu.

Infiltratiepakket: een aangepaste laagopbouw. Het toepassen van dit pakket verhoogt de K-waarde.

Infiltratiezone: een plaats waar water in de ondergrond kan infiltreren.

Inheemse beplanting: houtige plantensoorten die inheems of autochtoon zijn in de Lage Landen.

K-waarde: een eenheid die aangeeft wat de infiltratiewaarde van de bodem in meters per etmaal is.

Nutriënten: een natuurlijk bestanddeel dat noodzakelijk is voor de groei en ontwikkeling van een organisme.

Permavoid® : een krattensysteem dat zowel voor waterberging kan zorgen alsook voor de vergroting van de K-waarde.

Poriënvolume: de ruimten tussen het organisch materiaal (lucht).

Slokop: een overstortvoorziening die voorkomt dat een locatie/zone (bijvoorbeeld een wadi) overstroomt tijdens piekbuien. Deze voorziening loost vaak op het riool of oppervlaktewater.

Stikstofminnende plantensoorten: dat zijn planten, die van veel stikstof houden en daardoor in een stikstofrijke omgeving goed groeien.

Technische bodem: een bodem die speciaal is opgebouwd om de infiltratiewaarde te vergroten. Dit kan door middel van een technische toepassing zoals Permavoid®.

Waterdoorlatende bestrating: een speciaal type bestrating met een grote voeg tussen het materiaal waardoor het water gemakkelijk kan infiltreren.

| | | |
|---------------|---|--|
| BDS | = | Bund Deutscher Staudengärtner |
| CRCWSC | = | Cooperative Research Centre for Water Sensitive Cities |
| DWA | = | Droogweerafvoer |
| HWA | = | Hemelwaterafvoer |
| LWG | = | Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau |
| LVG | = | Lehr- und Versuchsanstalt Gartenbau |
| PNV | = | Potentieel natuurlijke vegetatie |
| PAK | = | Polycyclische aromatische koolwaterstoffen |
| RHS | = | Royal Horticultural Society |
| WSUD | = | Water sensitive urban design |
| WWR | = | Wildfowl & Wetlands Trust |
| µm | = | Micrometer |



BIJLAGEN

I EN II

Kennis is macht.

Een aloude uitspraak die ons leert dat scholing een van de belangrijkste dingen is in ons leven. Dat kan alleen als anderen ons daarin zijn voorgegaan en weer een stukje van hun kennis met ons willen delen. Dat gebeurde tijdens de vele gesprekken die wij hebben gevoerd. Dat is dan ook één van de bijlagen die u hier vindt. Maar eerst een beplantingsplan, door ons opgesteld, zodat u er vervolgens weer wat mee kunt. Zo delen wij alvast ook weer iets uit van onze kennis.

Trouwens de uitspraak “Sciente potentia Est” of wel kennis is macht was van Francis Bacon.

Weet u dat ook weer.

BIJLAGE I

PLANTENLIJST VOOR WADI'S

BIJLAGE I

Plantenlijst voor wadi's

Algemeen

Van de meeste plantengeslachten, die in de buitenlandse documentatie vermeld staan als geschikt voor wadi-omstandigheden, zijn in Nederland ook cultivars verkrijgbaar of komt de soort zelfs in het wild voor.

Beplanting in wadi's moet diverse omstandigheden aankunnen. De planten moeten niet alleen tegen natte omstandigheden kunnen en zelfs een kortstondige periode onder water kunnen staan, maar ook droogtetolerant zijn vanwege de vaak hoge infiltratiewaarde van de bodem.

In deze bijlage vindt u daarom een uitgebreide beplantingslijst. In de tabellen worden soorten genoemd die zonder problemen een week onder water kunnen staan, zowel in het groeiseizoen als in de winterperiode. Daarnaast is alle beplanting in hoge mate droogtetolerant (onder normale zomerse omstandigheden).

Het overzicht van de geschikte beplanting is afkomstig uit de Verenigde Staten en is opgesteld door Cornell University. De lijst is gemaakt in opdracht van Cornell Botanic Gardens die al jaren bezig is met onderzoek naar beplante wadi's. Inmiddels is het beplanten van wadi's in de Verenigde Staten zo bekend, dat kwekers aparte hoeken inrichten die toegespitst zijn op de planten in deze tabellen.

Deze lijst is uitvoerig vergeleken met andere lijsten/bronnen. Hieruit blijkt dat de in de tabellen genoemde beplanting representatief is en dus geschikt voor de Nederlandse wadi.

Tevens volgt hieronder nog een korte toelichting op in andere landen toegepaste beplanting.

Duitsland

De Bund Deutscher Staudengärtner noemt planten voor afwisselend droge en natte omstandigheden, en specifiek bij greppels en goten. Ook worden planten genoemd, die geschikt zijn voor langdurige droge perioden en kortdurende overstromingen. Nog verder onderscheid wordt gemaakt bij toepassing van kiezel, split en steenslag in de infiltratievoorziening.

Van de houtige gewassen (voornamelijk dwergvormen of kleinblijvende) worden er voor afwisselend droge en natte standplaatsen geen geschikte soorten genoemd, maar wel voor droge standplaatsen en voor standplaatsen met split en steenslag.

De Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau maakt eveneens onderscheid tussen droge omstandigheden enerzijds en afwisselend natte en droge omstandigheden anderzijds en komt deels op dezelfde planten uit. Droge omstandigheden met kortdurende overstroming noemt deze organisatie ook, alsmede infiltratievoorzieningen met kiezel, split en steenslag.

In de door de Bayerische LWG uitgebrachte folder 'Mit Pflanzen versickern. Versickerungsmulden standortgerecht bepflanzt' komen dezelfde planten voor, maar zijn de lijsten voor de verschillende standplaatsen nog verder aangevuld.

Betrekkelijk dichtbij Nederland, namelijk in Rheda-Wiedenbrück, worden de volgende planten aanbevolen voor infiltratievoorzieningen:

| Aanbevolen beplanting | | |
|--------------------------------------|--------------------------|---|
| Vaste planten | | Grassen |
| Achillea ptarmica | Helianthus rigidus | Calamagrostis x acutiflora 'Karl Förster' |
| Alchemilla mollis | Hemerocallis | Calamagrostis arundinacea var. brachytricha |
| Aster laevis | Phlox x arendsii | Festuca mairei |
| Aster lateriflorus var. horizontalis | Rheum palmatum | Miscanthus sinensis |
| Bistorta amplexicaulis | Rudbeckia | Molinia spec. |
| Centaurea macrocephala | Salvia nemorosa | Panicum virgatum |
| Coreopsis tripteris | Veronica gentianoides | Stipa calamagrostis |
| Coreopsis verticillata | Veronica longifolium | |
| Eupatorium fistulosum | Veronicastrum virginicum | |
| Geranium pratense - hybriden | | |

Verenigde Staten

De op de eerder genoemde Cornell Plantations Plant List Bioswale (zie bijgevoegde lijst) vermelde plantengeslachten, soorten en cultivars van zowel vaste planten als houtige gewassen zijn voor een groot deel in Nederland verkrijgbaar. Het kan zijn dat sommige cultivars onbekend zijn, maar dan is in de meeste gevallen de soort wel bekend.

Wat bij de vaste planten opvalt, is dat er diverse soorten tussen staan, die hedendage veel toegepast worden in zogeheten 'perennial meadows', dus een meer natuurlijk ogende beplanting.

Het Wisconsin Rain Garden Manual vermeldt lijsten voor diverse omstandigheden en bodemsoorten en zelfs complete beplantingsplannen voor kleine oppervlakten. Deze zijn vanzelfsprekend gemakkelijk uit te breiden naar grotere oppervlakten. Ook hier komen de meeste planten bekend voor, zij het wat minder dan die op de lijst van Cornell Plantations. De meeste geslachtsnamen zijn bekend, de soortnamen minder. Alle planten zijn ook geschikt voor de omstandigheden tijdens droge perioden.

Australië

Uit de Australische plantlijst van de Melbourne Water Corporation blijkt, dat er met dit werelddeel minder planten worden uitgewisseld dan met de Verenigde Staten. De plantengeslachten zijn - op een enkele na - een stuk minder bekend, maar worden daar aanbevolen als geschikt voor wadi-omstandigheden in Melbourne en omgeving.

Engeland/Verenigd Koninkrijk

Een aantal organisaties heeft de krachten gebundeld. Uit deze samenwerking is de 'Rain Garden Guide' voortgekomen. Ook hierin is een plantenlijst opgenomen. Nagenoeg alle hierop voorkomende planten zijn ook in Nederland bekend.

De lezer wordt aangemoedigd, te experimenteren met aanvullende, mogelijk geschikte planten. Gewaarschuwd wordt voor het toepassen van planten, die beslist geen overstroming verdragen of die vatbaar zijn voor wortelrot.

Bronnen

De volgende bronnen zijn geraadpleegd bij het opstellen van deze bijlage:

- Blänsdorf, E. (2016). Beplanting voor waterretentie. Tuin en Landschap, 24, 10-13.
- Boogaard, Ir N. Jeurink, Ing. J.H.B. Gels, Ir F.C. Vooronderzoek natuurvriendelijke wadi's. Inrichting, functioneren en beheer (2003/4). Ede: Stichting RIONED.
- Heuschneider Landschaftsarchitekten (2013). Regenwasserversickerung- Ein Leitfaden für den Bauherren. Gedownload 12 september 2016.
- Hop, Ir M.E.C.M. , (2016). Advies voor functioneel stadsgroen. Tuin en Landschap 18, pagina 12.
- <http://www.cornellbotanicgardens.org/our-gardens/botanical/bioswalegarden> geraadpleegd op 18 mei 2017
- Portland, City of. Flow-through planters (2006). Gedownload 22 september 2016.
- Vaste planten in openbaar groen. Ir M.E.C.M. Hop, 2011.

BIJLAGE II

Gesprekken met experts

BIJLAGE II

Gesprekken met experts

Ten behoeve van dit onderzoek zijn experts uit het werkveld benaderd om hun beeld op het onderwerp ‘Beplante wadi’s’ toe te lichten. Op een aantal beurzen zijn diverse gesprekken gevoerd met ingenieurs- en architectenbureaus. Enkele daarvan zijn later bezocht voor een vervolggesprek. Andere experts zijn op de beurs zelf onderzocht of gaven aan, niet te weten waarom een wadi niet beplant zou kunnen worden. Hiervan is een notitie gemaakt. Een aanvullend gesprek had geen meerwaarde voor het onderzoek.

Tijdens de diverse bezoeken zijn er prettige gesprekken gevoerd die voor een extra verdiepingsslag hebben gezorgd. De informatie is zeer waardevol, aangezien deze vaak niet goed terug te vinden is in de literatuur dan wel op internet. Deze bijlage geeft inzicht in de uitspraken die ons tijdens het proces handvatten hebben geboden en ons aan het denken hebben gezet. De uitspraken zijn niet letterlijk gedaan, zoals hieronder staat beschreven, maar vormen een korte samenvatting van het gesprek. Deze bijlage bevat geen standpunten of meningen van de auteurs.

I Beurs: Water in de openbare Ruimte, 8 november 2016

VlugP buro voor stedebouw en landschapsarchitectuur in Amsterdam

Tijdens het beursbezoek Dag van de Openbare Ruimte 2016 in Utrecht is er één gesprek dat niet onbenoemd mag blijven. Dit was met ing. M. Vergunst en ing. H. Schuitemaker BNT, beiden van VlugP Stedebouw en Landschapsarchitectuur. Op de vraag of zij wel eens een beplante wadi ontwerpen, werd direct positief geantwoord. Het bleek dat het bureau nog niet zo lang geleden had meegedaan aan een prijsvraag en had gewonnen met een ontwerp voor een project waarbij een wadi zou worden beplant.

Het ging hier om een project waarbij nieuwbouw ingepland werd in een bestaand wadilandschap. Deze wadi werd vervolgens wat aangepast en zo zouden er ook planten worden gepoot die goed bestand zijn tegen natte omstandigheden zoals meerstammige elzen. De bodem van de wadi zou worden aangepast zodat er hoogteverschil zou ontstaan. Hierdoor ontstaan er in de wadi delen die natter en droger zijn; de natte delen zullen dan worden voorzien van moeras- en oeverbeplanting.

Het feit dat er een architectenbureau positief reageerde en er ook nog eens daadwerkelijk mee bezig was, was een positieve stimulans. In het gesprek gaven de heren dan ook duidelijk aan de meerwaarde vooral te zien in de beleving van het groen, dus meer kleur en belevingswaarde.

Bureau Akertech, Udenhout

Op de beurs is gesproken met Michiel Bosch en Maarten Moonen. Beiden gaven aan, veel van wadi’s af te weten en vonden in eerste instantie het idee van een beplante wadi erg vreemd. Nadat dit even bezonken was, kwam de conclusie: waarom ook eigenlijk niet. In het gesprek dat volgde kwamen er dan ook allerlei tegenwerpingen, waarbij de te natte groeiomstandigheden en de hogere beheerkosten de boventoon voerden. Graag wilden ze eens verder praten om te kijken of er voor hen iets meer inzat.

Buro Boot, Veenendaal

Ing. H.W. Boom is senior adviseur waterbeheer en riolering. Hij heeft niet zozeer ervaring met wadibepanting, maar wel met gemeenten, die altijd het beheer zo gemakkelijk mogelijk willen hebben. Vaak willen ze vasthouden aan wat altijd al zo gedaan is. Snippergroen wil men ook niet, omdat het moeilijk te onderhouden is. We hebben een heel geanimeerd gesprek en hij ziet zeker iets in onze plannen om een knop om te zetten bij de gemeenten.

Kragten, Herten/’s-Hertogenbosch

Kragten heeft een aparte tak opgericht: Waterkragt. Een van de activiteiten van dit bureau is het opstellen van een watervisie voor gemeenten. Verder doet het bureau allerlei waterprojecten. Ir. T.H.L. Meeuwssen loopt er bij gemeenten ook vaak tegenaan, dat men niet openstaat voor iets nieuws, mede omdat het beleidsmatig is vastgelegd. ‘We hebben het altijd zo gedaan’ is vaak de reden om geen veranderingen door te voeren.

Dr ir F.C. Boogaard van Tauw, Hanzehogeschool Groningen en TU Delft over ‘De beste internationale voorbeelden van water in de openbare ruimte’

In juli 2011 is in Kopenhagen (Denemarken) de grootste bui van Europa tot nog toe gevallen: 150 mm in 2 uur. Nu zijn er dan ook veel voorzieningen, waaronder wadi’s, om dit soort buien in te verwerken.

In Bergen (Noorwegen) valt 4x zoveel regen als in Nederland. Er is daar een karakteristieke huizenrij aan zee, die op staal is gefundeerd. Het is Unesco werelderfgoed. Achter de huizen is een zogeheten “no dig”-zone (dus geen buizen etc. de grond in) wegens mogelijke archeologische bodemschatten. Om de fundering van de huizen onder water te houden (= de bodem zo nat mogelijk), zijn er achter de huizenrij diverse wadi’s aangelegd en is er ook een regenwatertuin.

In Nederland werden de eerste wadi’s circa 25 jaar geleden aangelegd. In Duitsland veel eerder, al wel 35 tot 40 jaar geleden. Een van de voorbeelden hiervan is het ‘Mullrigolensystem’ in de Hoppegarten in Berlijn. Na 30 tot 35 jaar functioneert dit nog steeds.

In Enschede (Ruwenbos) ligt een van de oudste wadi’s van Nederland. Deze is tot in Japan en Korea bekend.

Boogaard noemt een boek ‘Voor hetzelfde geld klimaatbestendig’. De vernieuwde versie is binnenkort te downloaden.

Via een website laat hij ook nog Nederlandse projecten zien, waaronder holle rotondes in Winschoten (in plaats van bol, zoals in de meeste gemeenten).

Voor zijn promotieonderzoek is onder andere de waterdoorlatendheid van de zogeheten waterdoorlatende bestrating na bijvoorbeeld 10 jaar gemeten. Hierbij werden stukken straat onder water gezet. De waterdoorlatendheid blijkt ernstig af te nemen na een aantal jaren. Met andere woorden: het is handiger het water via een verlaagde opsluitband naar bijvoorbeeld een wadi te leiden.

Daarnaast noemt hij ‘bioswales’ nog even en in dat verband het feit dat je altijd het gras moet maaien in de wadi’s. “Zet er eens wat anders in, dan hoef je minder te maaien!”, roept hij nog aan het einde van de presentatie.

I Beurs: Dag van de openbare Ruimte, 29 september 2016

Cruydt-Hoeck, Nijeberkoop

Cruydt-Hoeck (eigenaren: Jozanneke Bijkerk en Jasper Helmantel) heeft ervaring met wadibepanting. Het gaat hier met name om kruidenmengsels, dus wilde/inheemse planten. Een van de gemeenten, die wadi’s op deze wijze beplant, is Gemert-Bakel.

West Beplantingsadvies, Gendringen/Brummen

Dit bureau wordt gevormd door Patricia Stols (Gendringen) en Gerda Willems (Brummen). Zij hebben nog weinig ervaring met wadibepanting, maar hebben toevallig net een beplantingsplan voor een wadi gemaakt voor de gemeente Enschede. Het plan moet echter nog goedgekeurd worden, dus er is op dit moment nog niets te zien.

BIJLAGE II

Gesprekken met experts

Griffioen Wassenaar BV, Wassenaar

Bert Griffioen zit naar eigen zeggen al 20 jaar in de vaste planten. Volgens hem gaat het niet samen, wadi's en beplanting. De 'mooie plaatjes' uit de Verenigde Staten zijn naar zijn mening zo mooi omdat de planten in een bak staan, waarin de vochtigheid kunstmatig wordt geregeld. Hij is ook geen fan van de wat 'wildere' prairiebeplanting. Volgens hem is het enkele jaren mooi en daarna niet meer.

Gebr. Visscher, Genemuiden

Gebr. Visscher levert beplanting voor natuurvriendelijke oevers. Met wadibeplanting heeft dit bedrijf nog weinig ervaring. Onlangs zou er een wadi met beplanting worden aangelegd, maar dit werd uiteindelijk tegengehouden omdat de omwonenden bang waren voor insecten, met name muggen(!). Dit is dus duidelijk een geval van slechte voorlichting vanuit de gemeente.

I Persoonlijke gesprekken

Ir M.E.C.M. (Margareth) Hop, Utrecht, d.d. 16 september 2016

Sinds 2016 eigenaar van Actifolia, daarnaast part-time veredelaar bij Boot & Dart boomkwekerijen. In het verleden onderzoeker bij Wageningen University & Research, waar ze verantwoordelijk was voor vele professionele publicaties.

In Nederland wordt 88% van het hemelwater op de een of andere manier 'verwerkt' in/door beplanting. Het water kan wegzakken tussen beplanting, verdampt en wordt ook onderschept door beplanting. Coniferen houden bijvoorbeeld 40% van het hemelwater vast op hun naalden.

Hemelwater kan op diverse plekken verwerkt worden. In het stedelijk gebied zijn de meest ideale plekken:

- greppel en wadi;
- waterplein;
- groen dak;
- regentuin.

Een vaak gehoorde opmerking is dat een wadi die beplant wordt veel bergingscapaciteit verliest. Dit is niet het geval; een wadi met beplanting verliest slechts 4% van zijn volume ten opzichte van een wadi met dezelfde oppervlakte zonder beplanting.

Kruidachtige gewassen nemen net als houtige gewassen CO² op uit de lucht, maar alleen in de zomer. In de winter komt dit bij het afsterven weer vrij.

Planten lossen onder water staan, en dus gebrek aan zuurstof, op door:

- anaerobe ademhaling (hierbij worden schadelijke stoffen in de plant zelf opgeslagen/verwerkt, hetgeen op termijn tot problemen kan leiden);
- stengel strekken (waterlelie);
- ademhaling via lenticellen op de stam (houtige gewassen);
- aanmaken van aerenchym (sponsweefsel) (riet);
- ademwortels (Taxodium distichum).

De planten die Margareth Hop beschrijft (in diverse publicaties) kunnen goed tegen tijdelijk onder water staan (desnoods meerdere dagen) en ook tegen langdurige droogte. Speciaal noemt ze nog *Cephalanthus occidentalis* als goed alternatief voor *Buddleja davidii*. Deze laatste houdt niet van 'wadi-omstandigheden', terwijl eerstgenoemde er prima tegen kan en evenveel vlinders en bijen aantrekt.

Een ander opvallend gegeven is dat gras juist helemaal niet van onder water staan houdt. Een graswadi ziet er dus slecht uit na lange tijd onder water te hebben gestaan. In dat opzicht is beplanting zelfs beter geschikt.

M. Rijdsijk en H. van Ringelenstein, Utrecht, d.d. 7 april 2017

M. Rijdsijk is adviseur stedelijk water en H. van Ringelenstein is beleidsmedewerker. Beide heren zijn werkzaam bij de gemeente Utrecht. Hier zijn ze verantwoordelijk voor diverse projecten en beleidsstukken op het gebied van water.

De collega's van de afdeling riool willen niet dat er zomaar wadi's beplant worden. De reden is dat ze bang zijn dat de wortels van de planten de grond opdrukken en dat daardoor de bergingscapaciteit verminderd wordt. Daarnaast wordt ook heel eerlijk gezegd dat ze nu weten wat het kost aan beheer en overige maatregelen, maar dat ze, wanneer ze gaan beplanten, geen zicht meer op de kosten hebben.

Een ander belangrijk gegeven voor hen is dat de randen van de wadi onder het straatniveau moeten liggen. Wanneer de randen te hoog komen, kunnen ze deze eenvoudig afschrapen, zodat het water onder natuurlijk verval de wadi weer in kan lopen. Op het moment dat hier vaste planten staan en - nog vervelender - wortels van bomen en/of heesters, dan hebben ze die mogelijkheid niet meer of beperkt.

Nog een ander gegeven waarom ze zo stellig zijn om niet te beplanten, is dat er vaak bewoners komen om de wadi in te richten als parkeerplaats met bijvoorbeeld grasbetontegels. Om dit te reguleren is er dus semi-beleid gemaakt door te zeggen dat er niets in de wadi mag gebeuren. Geen tegels, geen stenen maar dan ook geen beplanting.

De eerste wadi's in de gemeente zijn voorzien van een krattensysteem waardoor het bergend vermogen op 26 mm uitkwam. Dit bleek in de praktijk een grote overcapaciteit. Latere wadi's hebben dan ook een gemiddelde bergingscapaciteit van 12-14 mm. De opbouw bestaat dan voornamelijk uit een toplaag van bomenzand (300 mm) met daaronder, afhankelijk van de grondwaterstand (diepte grondwater Leidsche Rijn gemiddeld 80 cm), een pakket drainagezand. Hierin ligt de drainagebuis.

Een volgend gegeven is dat, wanneer de drain boven de gemiddelde grondwaterstand ligt, er binnen twee meter afstand geen bomen of struiken geplant mogen worden in verband met het ingroeien van wortels in de buis. Ligt de buis onder het grondwaterniveau dan mag er beplant worden met struiken maar geen bomen (binnen de twee meter).

E. Blänsdorf, Baarn, d.d. 24 februari 2017

Eigenaar van Molinia Tuinontwerp en Advies. Ze heeft de beplante wadi in de botanische tuin te Utrecht ontworpen en aangelegd.

De wadi's in de Utrechtse wijk Leidsche Rijn zijn droger dan de grond eromheen. In beplanting was de gemeente wel geïnteresseerd, maar het project is toch niet doorgegaan. Utrecht heeft geen geld beschikbaar daarvoor. Verder van de bewoners, langs de weg, is wel beplanting gerealiseerd.

De gemeente Amersfoort heeft in de wijk Vathorst een beplante wadi gepland, maar deze moet nog gerealiseerd worden. Het zal een mix van zaaigoed en planten worden, met beplanting van vochtig, bloemrijk grasland.

Het maaien van een wadi met een zaaimengsel zal misschien niet frequenter, maar wel op een ander tijdstip moeten plaatsvinden.

Met enige spijt vertelt mevrouw Blänsdorf, dat er nauwelijks belangstellenden waren, toen zij haar presentatie met de titel 'Waterberging in de stad. Natuurvriendelijke wadi's' hield in november 2015. Deze presentatie was ook toegespitst op beplante wadi's.

Mensen worden vooral tegengehouden door het patroon waarin ze werkzaam zijn. Een beplante wadi is iets nieuws, dit wekt interesse, maar tegelijkertijd hebben betrokkenen ook de houding: eerst zien en dan geloven.

BIJLAGE II

Gesprekken met experts

H. Soffner, Heesch, d.d. 8 februari 2017

Senior beleidsmedewerker water bij de gemeente Bernheze waar hij verantwoordelijk is voor diverse beleidsstukken op het gebied van water. Daarnaast is hij de Waterambassadeur van Brabant Oost.

Bij het verschijnsel wadi wordt vooral gedacht aan een lege verdieping welke bezet is met gras. De algemene indruk en het beeld zijn monotoon. Op sommige plaatsen vind je nog wel eens een verwaalde boom. Daarnaast komen in een natter profiel weleens riet of lisdodde ('sigaren') voor. Maar de wadi's, zoals deze bekend zijn, zijn puur functioneel ingericht.

Bij het inrichting van de wadi kijkt de gemeente vooral naar de functionaliteit, want de wadi is primair voor het opvangen van regenwater; daarom wordt deze ook als zodanig ingericht. De functie van het afvoeren van water is hierbij dominant en geeniet de voorkeur boven de belevingswaarde. Daarnaast heeft gras de eigenschap dat het een langere tijd zonder zuurstof kan waardoor het echt geschikt is als bekleding voor een wadi.

Een zeer belangrijk aspect is ook de bodemgesteldheid. In de watertoetsprocedure wordt de gesteldheid van de bodem altijd onderzocht. Voor de aanleg van elke wadi worden er grondboringen uitgevoerd. Naast de bodemgesteldheid heeft de gemeente Bernheze op sommige plaatsen ook te maken met het wijstverschijnsel waardoor infiltratie niet mogelijk is. De afwegingskaders die gebruikt worden voor de aanleg van een wadi bestaan dus alleen uit bodemgesteldheid in combinatie met het wijstverschijnsel. Belevingswaarde of adaptief beheer spelen dus geen rol bij het toepassen van een wadi.

Tijdens de ontwerpfase hebben de bewoners naar eigen zeggen niet genoeg inbreng. Veel aanwonende of toekomstige bewoners vinden dat een wadi weinig tot geen belevingswaarde heeft. Dit kan een mooie kans zijn voor participatie van bewoners.

Wanneer een wadi beplant wordt heeft dat positieve effecten. Het is namelijk bekend dat beplanting een positief effect heeft op het klimaatrobuust maken van de bebouwde omgeving (hittestress). De belevingswaarde wordt enorm vergroot waardoor de ruimte anders beleefd wordt.

Ir N. Jeurink & ing. R. Wentink, Deventer, d.d. 19 december 2016

Ir N. Jeurink is senior specialist ecologie en ing. R. Wentink is senior adviseur water. Beide heren zijn werkzaam bij Tauw bv, waar ze verantwoordelijk zijn voor vele professionele publicaties.

Ruwenbos in Enschede was een van de eerste wijken met wadi's. Omdat de wadi's in deze wijk door veel gemeenten als voorbeeld worden gezien, is dit principe overal gekopieerd. Het betekent dat de verantwoordelijken bij gemeenten denken dat een wadi per definitie een grasmat moet hebben en ook altijd een 'technische' bodem (met drainagepijp, granulaat/zandkoffer, slokop). Echter, in gebieden met zeer doorlatende bodem en/of zeer lage grondwaterstand is die technische bodem nergens voor nodig. Het water infiltreert vanzelf wel snel. Eventueel kan er alleen een slokop toegepast worden, die loost op naburig oppervlaktewater, indien er zodanig hevige buien zijn, dat de wadi alsnog dreigt te overstromen.

Een wadi is dus maatwerk per bodemsoort. De heren laten een doorsnede van een in Zeeland aangelegde wadi zien. Hier is sprake van vette klei, maar de ondoorlatendheid wordt opgelost met een zandkoffer, waarin een drainagebuis of infiltratiebuis is gelegd (hier is dus wel een technische voorziening nodig).

Een groenere omgeving heeft veel interessante economische voordelen. Dit varieert van lagere zomertemperaturen door de verkoelende werking van beplanting tot productievare burgers door betere nachtrust in de zomer en hogere WOZ-waarde doordat huizen in een groene omgeving staan. Ditzelfde geldt dus ook wanneer wadi's beplant worden.

Het tijdens de waterafvoer verspreiden van zaden door niet-inheemse planten zien de heren niet als een heel groot probleem. Er wordt verwezen naar de *Prunus serotina* ('bospest'), die als een groot gevaar werd gezien voor de Nederlandse bossen wegens gebrek aan natuurlijke belagers, maar waarop en waarvan inmiddels allerlei insecten en andere beestjes leven. Met andere woorden: soms past de natuur zich aan en niet altijd verdringt het ene het andere.

Vanaf 1996 worden er metingen verricht naar de hoeveelheid schadelijke stoffen (bijvoorbeeld polycyclische aromatische koolwaterstoffen, afgekort tot PAK's) in wadiodems. Deze blijkt heel erg mee te vallen.

Verder kunnen er geen problemen benoemd worden, die beplante wadi's met zich meebrengen. Het zijn vooral 'veronderstelde problemen' door onwetendheid.

Ing. H. van Rooijen, Vlaardingen, d.d. 16 januari 2017

Technisch medewerker groenvoorziening bij de gemeente Vlaardingen en onder andere verantwoordelijk voor het opstellen van de beplantingsplannen.

Zoals op veel plaatsen is ook in Vlaardingen ervoor gekozen, de wadi in te zaaien met een grasmengsel. Alleen was er bedacht om hier te kiezen voor een ruigtemengsel en dit eenmaal per jaar te maaien. De aanleg is mede tot stand gekomen omdat er bij de herinrichting van de wijk een bewonersplatform was opgericht om samen met de gemeente te kijken naar de inrichting van de nieuwe situatie. Deze inspraak beviel zo goed dat dit bewonersplatform bleef bestaan en tot op heden is blijven fungeren als klankbordgroep vanuit de wijk. De bewoners hebben vervolgens aangegeven dat zij deze vorm van de wadi, na een aantal jaren van extensief beheer, te 'rommelig' vonden. Graag zagen zij een regelmatigere maaifrequentie, met als gevolg dat de wadi nu meegenomen wordt in de bestaande maairondes.

De grondwaterstand in dit gedeelte is redelijk hoog. De bodem van de wadi heeft ten opzichte van de gemiddelde grondwater slechts 20-30 cm speling. Het is dus een al relatief natte ondergrond. De reguliere maaimachines hebben hier moeite mee; daarom moeten de wadi's alsnog apart worden uitgemaaid.

Over de voor- en nadelen van een beplante wadi heeft men eigenlijk nooit nagedacht. Een wadi bestaat toch altijd uit gras? Omdat de gemeente Vlaardingen sinds vele jaren al een ecologische inslag heeft qua groenbeleid, had men gekozen voor het extensieve onderhoud van de wadi. Dit is door de wijk afgeschoten, maar verder is er nooit over een andere invulling nagedacht. Sterker nog: door de extra maaigang komen er extra kosten bij kijken. Een invulling met (vaste) planten is dan ook zeker een overweging.

Een nadeel van een beplante wadi op deze locatie is dat de desbetreffende wijk in een gebied ligt waar een kleilaag aanwezig is van 60-100 cm op een veenbodem. De ervaring in deze wijk leert dat, wanneer ook maar enigszins sprake is van vernatting, rietplanten al snel de overhand krijgen. Daar is men dan ook bang voor, indien de wadi's beplant zouden worden. Nogmaals, normaal gesproken zouden juist droogteminnende planten aangeplant kunnen worden, maar juist in deze situatie is er al een relatief hoge grondwaterstand, dus natte bodem, aanwezig.

BIJLAGE II

Gesprekken met experts

E. van Herwijnen, Amsterdam, d.d. 17 februari 2017

De heer Van Herwijnen geeft een presentatie die vooral over bomen en groeiplaatsen gaat. Deze presentatie heeft als meerwaarde dat beplanting ook de geschikte omstandigheden moet hebben om tot een succes te worden.

10% van een regenbui blijft in boomkronen en beplanting hangen en bereikt de grond dus niet. Dit scheelt in de afvoerdebieten van een regenbui.

500 µm bomenzand wordt ook wel 'Amsterdams' genoemd. Bomenzand is zeer capillair en moet 15 cm boven de hoogste grondwaterstand toegepast worden. De draagkracht is zeer beperkt.

Lava is er in allerlei soorten. Voor het planten van bomen is het met name van belang, dat de lava niet verbrijzelt. De boom stikt dan. In zulke gevallen is basaltlava beter, want dit is harder.

De Groene Beek bij de Zuidas van Amsterdam is aangelegd met Permavoid®-kratten, die omwikkeld zijn met doek. Daarop ligt 30 à 40 cm grond. De beek kan 130.000 liter water aan, zodra deze helemaal gereed is. Momenteel is dat nog 56.000 liter. Het systeem van de Groene Beek is gebaseerd op een waterbuffer; door gebruik te maken van de capillaire werkingen van het systeem, wordt de bovenliggende beplanting voorzien van water.

Voor de aanleg van een wadi met houtige gewassen vindt de heer Van Herwijnen bosplantsoen een betere keuze dan grote bomen. Hij gaat ervan uit dat dit eerder aanslaat.

Tenslotte krijgen we foto's te zien van het Orly-plein in Amsterdam. Dit was een naargeestig en onveilig, zeer stenig plein. Hieronder liggen nu ook Permavoid®-kratten voor het bergen van water en daarop is een soort park aangelegd met vaste-plantenborders. Er wordt geconcludeerd dat dit eigenlijk ook een wadi is. Het plein zelf is nu een zeer gewilde plek om te verpozen, waarvan ook de omliggende bedrijven profiteren (de WOZ-waarde is hier enorm gestegen).



Figuur I: De Groene Beek bij de Zuidas