

Stichting RIONED

Wadi's: aanbevelingen voor ontwerp, aanleg en beheer

Gebaseerd op zes jaar onderzoek van de wadi's in Enschede gecombineerd met overige binnen- en buitenlandse ervaringen



Gemeente  Enschede

© februari 2006

Stichting RIONED, Ede

Stichting RIONED is zich volledig bewust van haar taak een zo betrouwbaar mogelijke uitgave te verzorgen. Niettemin kunnen Stichting RIONED en de auteurs geen enkele aansprakelijkheid aanvaarden voor eventueel in deze uitgave voorkomende onjuistheden.

Auteurs: Floris Boogaard, Gerdrik Bruins en Ronald Wentink.

Foto's: Floris Boogaard, Gerdrik Bruins, Hans Dijkstra en Ronald Wentink.

Tekstadvies: Lime-C, Bunnik

Vormgeving: Grafisch Atelier Wageningen

Druk: Modern, Bennekom

ISBN: 90 73645 220

Voorwoord

Deze publicatie maakt de resultaten van een zes jaar durend onderzoek naar een wadi in Enschede toegankelijk. Daarnaast gaat de publicatie in op ervaringen met andere wadisystemen in Nederland. Samen met de richtlijnen uit omliggende landen leiden al deze ervaringen tot ontwerprichtlijnen voor wadisystemen. Deze publicatie biedt dan ook aanbevelingen voor het ontwerp, de aanleg en het beheer van wadi's.

Tien jaar geleden was 'de wadi' vrijwel onbekend. Inmiddels prijzen velen 'de wadi' en is dit systeem soms zelfs een doel op zich. Daarmee is kennis over hoe de wadi in de praktijk en in de tijd werkt van groot belang. Om die kennis te ontwikkelen, is gedurende zes jaar onderzoek uitgevoerd naar het functioneren van een wadi in de wijk Ruwenbos (Enschede). Dit onderzoek richtte zich op de manier waarop de wadi hydraulisch en milieuhygiënisch functioneert.

| 3

De gemeente Enschede heeft tijdens de plan-, uitvoerings- en beheerfase ervaringen opgedaan met de wadi. De publicatie Wadi's doorgelicht uit 2003, het derde deel van de RIONED-Reeks, bevat de tussenstand na drie jaar onderzoek. In de publicatie die nu voor u ligt, vindt u de resultaten van het totale onderzoek na zes jaar. Het vervangt daarmee de publicatie Wadi's doorgelicht uit 2003.

Deze publicatie is geschreven door Floris Boogaard, Gerdrik Bruins en Ronald Wentink. Tauw heeft het onderzoek uitgevoerd.

Gedurende kortere of langere tijd hebben in de begeleidingscommissie zitting gehad:

Pieter Bode	gemeente Enschede
Pim Bosman	provincie Overijssel
Gerdrik Bruins	gemeente Enschede (nadien waterschap Regge en Dinkel)
Rob Heukels	gemeente Enschede
Jan Kwakkel	waterschap Regge en Dinkel
Rik Meijer	gemeente Enschede
Bert Vos	gemeente Veghel
Ton Beenen	stichting RIONED

Ik bedank de volgende organisaties die het onderzoek inhoudelijk en financieel hebben ondersteund: gemeente Enschede, provincie Overijssel en waterschap Regge en Dinkel.

Hugo Gastkemper
directeur Stichting RIONED
februari 2006

Inhoudsopgave

Samenvatting	8
1 Inleiding	12
1.1 Aanleiding	12
1.2 Aanpak	14
1.3 Leeswijzer	15
2 De ontwikkeling van Ruwenbos	16
2.1 De ontstaansgeschiedenis van de wadi	16
2.2 Aanleiding opzet Ruwenbos	17
2.3 Planontwikkeling	17
3 Het wadisysteem	20
3.1 De naam 'wadi'	20
3.2 Wadi's in Ruwenbos	21
3.3 Opbouw en werking van het wadisysteem	22
3.4 Bovengrondse afvoer van regenwater	26
4 Het ontwerp	28
4.1 Oorspronkelijke situatie	28
4.2 Dimensionering wadi	29
4.3 Dimensionering goten in tuin en rijweg	33
5 Een rondleiding door Ruwenbos	36
6 Beheer en onderhoud	39
6.1 Inleiding	39
6.2 Grasmatten	39
6.3 Drainage	43
6.4 Regelput	43
6.5 Slokop	44
6.6 Strooibeleid	44
6.7 Groot onderhoud	45
6.8 Organisatie	47

7	Monitoring	48
7.1	Waarom monitoring?	48
7.2	Doel van het onderzoek	49
7.3	Meetapparatuur	50
7.4	Meetopstelling	52
7.5	Resultaten kwantiteit	53
7.5.1	Neerslaghoeveelheid	53
7.5.2	Waterstand in de wadi	54
7.5.3	Waterstand regelput	57
7.5.4	Grondwater	57
7.6	Resultaten kwaliteit	58
7.6.1	Regenwater	58
7.6.2	Afstromend regenwater van daken	59
7.6.3	Afstromend regenwater van daken en wegen	60
7.6.5	Toplaag wadi	62
7.6.6	Bodem en grondwater wadi	62
7.7	Doorlatendheid bodem en geotextiel	63
7.7.1	Bodem	63
7.7.2	Geotextiel	63
7.8	Aanleg- en onderhoudskosten	66
7.8.1	Aanlegkosten	66
7.8.2	Vergelijking aanlegkosten wadi's en rwa-riool	67
7.8.3	Beheerkosten	68
7.8.4	Vergelijking beheerkosten wadi's en rwa-riool	69
7.8.5	Conclusies	69
8	Bewonersonderzoek	70
8.1	Algemeen	70
8.2	De wadi's	72
8.3	De rijweg	75
8.4	De tuin	78
8.5	De vijvers	81
8.6	De wadi in samenhang met andere factoren	82
8.7	Klachtenafhandeling door de gemeente	83
8.8	Conclusies bij de enquête	83
9	Conclusies monitoringsresultaten	85

10 Ervaringen met duurzaam waterbeheer in Enschede	87
10.1 Knelpunten bij het planproces	87
10.1.1 Planproces	87
10.1.2 Kennis	87
10.1.3 Beleid	88
10.2 Aanbevelingen en tips per fase in het planproces	89
10.2.1 Initiatieffase	89
10.2.2 Planfase	90
10.2.3 Voorbereidingsfase	90
10.2.4 Uitvoeringsfase	91
10.2.5 Beheerfase	94
10.3 Tips voor een betere communicatie	95
10.4 Kansen	96
11 Algemene richtlijnen wadi-ontwerp	97
11.1 Richtlijnen: bovengrondse afvoer van regenwater	97
11.2 Richtlijnen: dimensies	99
11.2.1 Inleiding	99
11.2.2 Diepte wadi, leeglooptijden slokken	99
11.2.3 Drain	100
11.2.4 Talud	101
11.2.5 Onderhoud en veiligheid	101
11.3 Richtlijnen: hydraulisch functioneren	102
11.4 Richtlijnen: milieuhygiënisch functioneren	109
11.5 Richtlijnen: functioneren	111
11.6 Samenvatting	113
12 Voorbeelden van wadi's in Nederland	116
Literatuur	123
Bijlage 1 Overzicht meetprogramma en analysepakket	127
Bijlage 2 Overzicht meetvak	129
Bijlage 3 Aanlegkosten wadi's	130
Summary	132

Samenvatting

In het stedelijk gebied zijn er veel problemen met de waterhuishouding, zoals: piekafvoeren in het rioolstelsel en oppervlaktewater, vuiluitworp vanuit de riolering, watertekort in zomerperioden en grondwateroverlast. Om deze problemen samen aan te pakken, heeft de gemeente Enschede begin jaren negentig van de vorige eeuw een nieuw waterhuishoudkundig systeem geïntroduceerd in de wijk Ruwenbos.

Het opvallendste element in deze wijk is het wadisysteem, waarbij het regenwater via greppels in de bodem infiltreert. Goten voeren het water van de daken en woonstraten af naar de wadi's. In de wadi's zitten kolken op circa 0,25 m boven de bodem. Uitgangspunt bij het ontwerp is dat de wadi's eenmaal per twee jaar tot dit niveau gevuld zijn. Bij een verdere waterstandstijging leiden de kolken (ook wel 'slokkoppen' genoemd) het water naar een infiltratievoorziening onder de wadibodem. Nadat het water deze ondergrondse voorziening heeft gevuld, stijgt het water in de wadi tot een niveau dat eenmaal in de vijftientig jaar voorkomt. Op dat moment staat er ongeveer 0,35 m water in de wadi. Als het water hoger komt dan deze waterstand, vloeit het water af naar een volgend wadicompartiment of naar het oppervlaktewater.

In de infiltratievoorziening onder de wadibodem is drainage aangebracht. De drainage spreidt het water in de voorziening en kan bij hoge grondwaterstanden tevens bijdragen aan de ontwatering van het gebied. Op deze wijze kan een wadi meerdere functies in een voorziening verenigen: infiltratie bij lage grondwaterstanden (in de zomer) en drainage bij hogere grondwaterstanden (in de winter).

Onderhoud van de wadi

Tijdens het onderhoud van de wadi blijkt dat op enkele plaatsen kale plekken in de grasmat ontstaan. Dit komt onder andere door het gebruik van maaimachines, spelen van kinderen en slibophoping. Als de wadibodem nog te nat is, leidt het gebruik van maaimachines soms ook tot spoorvorming. Daarnaast zorgen de machines voor verdichting van de ondergrond. Verder blijkt dat het talud van de wadi soms te steil is om de wadi goed te kunnen maaien. Een talud kan daarom beter niet steiler zijn dan 1:3. Om verontreiniging en/of dichtslibbing van de bodem te voorkomen, verdient verwijdering van bladafval en zwerfvuil ook de nodige aandacht. De gemeente zuigt ongeveer twee keer per jaar de slokkoppen leeg en spuit één keer per jaar de drainage onder de wadibodem door. Voor het onderhoud van een nieuw systeem als de wadi's is goede afstemming tussen de verschillende gemeentelijke diensten nodig.

Monitoring

Om de werking van het wadisysteem te kunnen volgen, is de gemeente Enschede een monitoringsprogramma gestart. De rode wadi in het midden van de wijk Ruwenbos is zes jaar gevolgd (van mei 1999 tot mei 2005). Vanaf 2002 heeft de gemeente minder

monsters genomen. Maar om sommige processen te beschrijven, is het nodig om een langere periode te monitoren (om bijvoorbeeld inzicht te krijgen in de termijn van opeenhoping van verontreinigingen in de bodem).

Hydrauliek

Hydraulisch gezien is de periode van mei 1999 tot mei 2002 redelijk nat te noemen. De gemeten neerslag in die jaren ligt boven het historische gemiddelde. Vrijwel al het water (circa 99%) infiltreerde in de bodem en het grondwater, zonder dat het afvloeide naar de rioolwaterzuivering of het oppervlaktewater. De leeglooptijd van de wadi's in de wijk is over het algemeen minder dan 24 uur. Visuele waarnemingen van bewoners bevestigen dit. Een beschouwing van de leeglooptijden in het derde meetjaar en de doorlatendheidsproeven in het zesde meetjaar, duiden ten opzichte van eerdere waarnemingen niet op dichtslibbing van de bodem op de monitoringslocatie.

| 9

Milieuhygiëne

Bij afstroming voegen de afvoerende oppervlakken verontreinigingen toe aan het regenwater. Verontreinigingen kunnen per stof en waterstroom sterk verschillen, maar over het algemeen is regenwater dat van daken afstroomt schoner dan regenwater dat van daken en wegen afstroomt. Hoge gehalten van enkele stoffen in het drainagewater voeren terug op hoge concentraties van deze stoffen in het grondwater. Microverontreinigingen (Poly Aromatische Koolwaterstoffen en zware metalen) hopen zich op in de toplaag van de wadi. Ze binden zich sterk aan zwevende deeltjes in het afstromende regenwater. Deze deeltjes worden door infiltratie en adsorptie in de bodem afgevangen. Het blijkt dat zich ook buiten de wadi verontreinigingen in de bodem ophopen. Maar de concentraties hiervan zijn lager dan in de wadi(bodem).

Geotextiel

In 2005 is op drie plaatsen onder de wadibodem een monster genomen van het geotextiel dat om het granulaat (kleikorrels) zit. Nader onderzoek toonde aan dat de doorlatendheid van deze textielen (afhankelijk van de locatie) sterk kan afnemen. Toch waren de textielen nog steeds meer doorlatend dan de omliggende grond.

Kosten

De aanlegkosten van een wadisysteem zijn per vierkante meter verhard oppervlak in de wijk Ruwenbos lager dan bij een traditioneel rwa-riool. De onderhoudskosten van een wadi zijn daarentegen hoger dan die van een rwa-riool.

Bewonersenquête

Twee bewonersenquête hebben de ervaringen van bewoners met het wadisysteem in kaart gebracht: één in 1999 en de tweede in 2005. Over het algemeen waren de be-

woners in 2005 meer tevreden met het wadisysteem dan in 1999: 98% van de bewoners is in 2005 tevreden, tegen 94% in 1999. Slechts 2% (2005) respectievelijk 6% (1999) van de bewoners wil niet meer in een wadiwijk wonen als ze gaan verhuizen.

Ervaringen van bewoners

Vochtige en drassige voor- en/of achtertuinen vormen de voornaamste vorm van wateroverlast in de wijk. Het grootste deel van de bewoners houdt zich volgens eigen zeggen aan de aanbevelingen ten aanzien van het gebruik van bestrijdingsmiddelen en het autowassen in de omgeving.

Bewoners accepteren in 2005 meer in de directe omgeving ten opzichte van 1999. Het merendeel van de bewoners merkt de plassen op straat en de gladheid niet meer op en/of ervaart het niet als hinderlijk. De bewoners storen zich wel aan het ontwerp van de goten in de rijweg en aan de zogenaamde voorden (de kruising van de weg met de wadi). Zowel de goten als de voorden leiden regelmatig tot valpartijen.

Ruim 50% van de respondenten zou aanvullende manieren van waterbeheer in de wijk waarderen. Hergebruik van regenwater (voor toiletspoeling en dergelijke) is daarbij het populairste, daarna volgt de regenton en de aanleg van vijvers.

De bewoners hebben een aantal ideeën en opmerkingen over het wadisysteem aangebracht. Ze merken bijvoorbeeld op dat de wadi soms foutief wordt gebruikt als hondenuitlaatplek en parkeerplaats. Bovendien bestaat er onduidelijkheid over wat de bewoners wel en niet mogen doen om het wadisysteem goed te laten functioneren. Op bepaalde plekken blijft in de wadi langere tijd water staan. Ook geven bewoners aan dat de begroeiing van de wadi's natuurlijker zou kunnen. Over het algemeen vinden bewoners dat het wadisysteem bijdraagt aan een mooier wijkbeeld.

Ervaringen van de gemeente

Het verloop van de planontwikkeling, de aanleg en het beheer van Ruwenbos heeft ook de gemeente veel ervaringen opgeleverd. De communicatie met alle betrokken partijen in het planproces blijkt van groot belang. Partijen die 'normaal' later in het proces met het plan te maken krijgen, raken er bij Ruwenbos al veel eerder bij betrokken. Dit biedt de kans om planonderdelen in samenhang uit te werken en het voorkomt dat problemen doorschuiven naar een volgende planfase. Ook de uitvoering en het beheer vereisen de nodige aandacht, onder meer vanwege de waterafvoer in de bouwfase, het dichtslibben van de wadi tijdens de uitvoering, het strooi beleid, het maaibeheer en het onderhoud aan de drains. In de praktijk blijkt dat het vaak complex en tijdrovend is om alle partijen vroegtijdig bij de plannen te betrekken. Het kost extra geld of deelnemers zien er het nut niet van in.

Verder blijkt dat de technische kennis van met name de effecten van het afkoppelen nog lang niet volledig is. Ook loopt zowel het landelijke beleid als dat van verschillen-

de instanties achter bij de praktijk. In Ruwenbos blijkt het voor de eerste keer uitwerken van een plan waarbij water centraal staat, erg intensief werk. Aan de andere kant blijkt dat water een onderwerp is waarover mensen makkelijk kunnen praten. Dat kan de betrokkenheid van de bewoners bij hun omgeving weer vergroten.

Ontwerprichtlijnen

Na Ruwenbos bestaan inmiddels op veel andere plaatsen in Nederland wadi's. De ervaringen met deze wadi's, samen met de ervaringen in Enschede, andere gemeenten en in de landen om ons heen, vormen het uitgangspunt voor de richtlijnen voor het ontwerp van wadisystemen. In onderstaande tabel zijn de belangrijkste ontwerprichtlijnen samengevat:

Parameter	Eenheid	Aanbevolen waarde
Doorlatendheid bodem	m/dag	> 0,5
Drooglegging tov GHG	m	> 0,5
Filterlaagdikte	m	0,3 - 0,5
Oppervlak wadi tov afvoerend oppervlak	%	5 - 10
Afstand tot gevel	m	> 1
Infiltratiepercentage	%	70 - 99
Waterdiepte in wadi	m	≤ 0,3
Waking	m	0,1
Ledigingstijd	uur	< 24
Bodem Breedte	m	> 0,5
Breedte wadi t.p.v. waterspiegel	m	4
Talud	–	1:3 of flauwer

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Stedelijke gebieden hebben vaak te kampen met problemen met de waterhuishouding. Veel van deze problemen ontstaan doordat conventionele rioolssystemen regenwater dat vanaf verharde oppervlakken stroomt, te snel afvoeren.

Piekafvoeren

Kenmerkend voor stedelijke gebieden zijn de zogenaamde piekafvoeren. Piekafvoeren zijn perioden waarin in een korte tijd veel water in het rioolstelsel terechtkomt. Er zijn veel verharde oppervlakken in stedelijke gebieden, zoals daken, terrassen, straten, wegen en pleinen. Het regenwater dat vanaf deze verharde oppervlakken stroomt, kan nauwelijks infiltreren in de bodem. Het water verzamelt zich daarom vaak in een rioolstelsel. Dit systeem voert het regenwater vervolgens af naar de rioolwaterzuiveringsinrichting (rwzi) of naar het oppervlaktewater.

Bij een extreme bui gaat slechts een klein deel van het regenwater naar de rwzi. Het grootste gedeelte van het water komt na een korte tijd terecht in het oppervlaktewater. Omdat dan in korte tijd veel regenwater in het oppervlaktewater terechtkomt, fluctueren de waterstanden sterk. Om deze piekafvoeren te kunnen verwerken, moeten de gebieden die benedenstrooms van het stedelijk gebied liggen ruime waterlopen bevatten. Overstromingen ontstaan deels doordat rioolssystemen het regenwater te snel afvoeren uit de stedelijke gebieden.



Figuur 1 Water op straat door hevige regenval

Vuiluitworp en slechte waterkwaliteit

Naast de piekafvoeren zijn de vuiluitworp vanuit rioolsystemen en de slechte waterkwaliteit een probleem in stedelijke gebieden. Bij weinig neerslag voeren rioolssystemen het regenwater samen met het huishoudelijke afvalwater af naar de rwzi. Bij veel neerslag heeft het rioolstelsel te weinig capaciteit om het water te bergen en naar de rwzi af te voeren. De rioolstelsels storten dan over.

Gemengde rioolstelsels storten gemiddeld acht à tien keer per jaar over. Ongeveer 73% van alle inwoners in Nederland is aangesloten op gemengde rioolstelsels (zie gemeentelijke enquête RIONED, 2005¹). Als een rioolstelsel overstort, komt regenwater vermengd met rioolwater en rioolslib in het oppervlaktewater terecht. Dit oppervlaktewater bestaat vaak uit vijvers in een woonwijk. Hierdoor is zowel het water als de waterbodem van slechte kwaliteit. Als het rioolwater van nieuwe wijken vervolgens ook uitkomt op bestaande gemengde rioolsystemen, raken de overstorten extra belast en komt er meer 'water op straat'.

| 13

Watertekort en verdroging

Een derde probleem is watertekort in de zomerperiode. In verschillende gebieden in Nederland wordt in de zomer regelmatig water aangevoerd om de waterstand op peil te houden. Vooral in zettingsgevoelige gebieden mogen grondwaterstanden niet te ver zakken. De bodem kan dan extra inklinken door oxidatie. Daarnaast mogen stedelijke gebieden met woningen en gebouwen gefundeerd op houten palen, niet droogvallen. De houten paalkoppen kunnen namelijk gaan rotten als er zuurstof bij komt. Het watertekort in stedelijke gebieden kan de verdrogingsproblematiek in Nederland versterken. Intensieve drainage van stedelijk gebied kan invloed hebben op het verloop van de grondwaterstanden in de omgeving. Van verdroging is sprake als natuurgebieden zich hierdoor minder goed kunnen ontwikkelen of als de watervoorraad in een natuurgebied afneemt, omdat het water wordt gebruikt voor het doorspoelen en op peil houden van stedelijke waterpartijen. Dat gebeurt ook bij verbeterd gescheiden rioolstelsels. Deze rioolstelsels voeren jaarlijks ongeveer 70% van de neerslag af die op verhard oppervlak valt. Dit water komt niet ten goede aan de bodem, maar komt terecht in de rwzi.

Grondwateroverlast

Een vierde probleem is de grondwateroverlast. In de winterperiode zijn de grondwaterstanden soms zo hoog dat kruipruimten blank komen te staan. Tuinen en openbare groenvoorzieningen zijn dan slecht begaanbaar, terwijl kelders en souterrains door lekkage kunnen volstromen met water. Dit heeft invloed op het leefklimaat in de woningen. Schimmels en huismijt kunnen de gezondheid van de bewoners aantasten.

¹ Riool in cijfers 2005-2006

Grondwateroverlast en verdroging hebben waarschijnlijk met elkaar te maken. Extra maatregelen in stedelijk gebied om grondwateroverlast te voorkomen, kunnen weer voor verdroging zorgen. Daarnaast is de kans op grondwateroverlast groter als er meer regenwater kan infiltreren in de bodem. Er zijn maatregelen nodig om dat te voorkomen.

1.2 Aanpak

De laatste jaren was er veel aandacht voor problemen met de waterhuishouding in stedelijke gebieden. In 1994 heeft de gemeente Enschede in samenwerking met het adviesbureau Tauw onderzocht of het haalbaar is om een wadisysteem toe te passen in de wijk Ruwenbos in Enschede. Het wadisysteem is gebaseerd op het Duitse 'Mulden Rigolen System'. Bij dit systeem staat Mulde voor greppel en Rigole voor infiltratiesleuf. Het Mulden Rigolen System komt onder meer voor in het Emschergebied, vlak over de grens van Nederland.

Bij de plannen om een wadisysteem in Nederland op te zetten, heeft de gemeente Enschede geprobeerd op een praktische manier vorm en inhoud te geven aan de term 'duurzaam waterbeheer' uit de Vierde Nota Waterhuishouding. Daarnaast sluit het wadisysteem goed aan bij de trits vasthouden, bergen en afvoeren die de Commissie Waterbeheer 21^e eeuw formuleerde.

Resultaten haalbaarheidsonderzoek

Het haalbaarheidsonderzoek van de gemeente Enschede en adviesbureau Tauw wees uit dat het wadisysteem goed uit te voeren is in Enschede, net als in een groot deel van Nederland. Het systeem is daarnaast financieel haalbaar en beheersbaar. Daarop is het systeem midden jaren negentig daadwerkelijk gerealiseerd. Het Duitse Mulden Rigolen System is daarbij aangepast aan de Nederlandse omstandigheden.

Monitoringsprogramma

Om inzicht te krijgen in de manier waarop het systeem werkt, is de gemeente een monitoringsprogramma gestart. Dit programma liep van 1999 tot en met 2005. De publicatie die nu voor u ligt, geeft weer hoe het onderzoek naar het wadisysteem in de wijk Ruwenbos is verlopen. U vindt een beschrijving van het hele proces, vanaf de ideevorming tot en met de resultaten van het monitoringsprogramma en de daarbij opgedane ervaringen.

Wadi-ervaringen buiten Ruwenbos

Inmiddels telt Nederland veel andere soortgelijke systemen als het wadisysteem in de wijk Ruwenbos. Het laatste hoofdstuk van deze publicatie besteedt aandacht aan de ervaringen op andere plaatsen in Nederland. Daarmee is deze publicatie ook een handreiking bij het ontwerp van nieuwe wadisystemen.

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft de achtergronden van de introductie van de wadi in Nederland.

Hoofdstuk 3 beschrijft wat een wadisysteem is en welke onderdelen dit systeem kent.

Hoofdstuk 4 beschrijft het ontwerp van een wadisysteem.

Hoofdstuk 5 geeft een (foto)impressie van de wijk Ruwenbos, zoals die er nu uitziet.

Hoofdstuk 6 gaat in op het beheer en onderhoud van de wadi.

Hoofdstuk 7 behandelt de opzet en resultaten van het monitoringsprogramma.

Hoofdstuk 8 bevat de resultaten van een bewonersonderzoek.

Hoofdstuk 9 beschrijft de conclusies van de monitoringsresultaten.

Hoofdstuk 10 gaat over de ervaringen met duurzaam waterbeheer in Enschede.

Hoofdstuk 11 bevat een beschouwing van de wadisystemen en opgedane ervaringen op andere plekken in Nederland.

Hoofdstuk 12 laat enkele voorbeelden zien van wadi's in Nederland.

2 De ontwikkeling van Ruwenbos

2.1 De ontstaansgeschiedenis van de wadi

Het realiseren van nieuwe ideeën kost vaak veel energie. Het nieuwe onbekende roept veel vragen op en brengt veel onzekerheden met zich mee. Daarom zijn er enthousiaste mensen nodig die in een idee geloven en anderen hiervan weten te overtuigen. Gerdrik Bruins, toenmalig hoofd van de afdeling Riolering van de gemeente Enschede, is zo'n enthousiast iemand voor de wadi's in Ruwenbos. Hij heeft er uiteindelijk voor gezorgd dat er wadi's zijn gekomen.

Een nieuw idee

Gerdrik Bruins: "Mijn collega's in Enschede noemden mij 'de eco-boy van weg- en waterbouw'! En daar hebben ze mij wel aardig mee getypeerd. Ik ben opgeleid in het ontwerpen van riolen, maar ik heb het altijd ontzettend dom gevonden om schoon regenwater samen met afvalwater in buizen onder de grond te stoppen. Dom vanuit kwaliteitsoogpunt, maar vooral omdat het zien van stromend water juist zo fascinerend is. Eind jaren tachtig heb ik in een paar straatjes onder de rook van Doetinchem daarom de proef op de som genomen: geen straatkolken; al het regenwater in een goot midden in de weg afhellend naar een sloot. Prachtig! Het werkte en niemand die erover klaagde! Toen ik in 1991 in Enschede kwam werken, was één van de eerste plannen waar ik bij betrokken werd: Ruwenbos. Samen met stedenbouwkundige Lilium Bungener, een bevoegen 'alternatieve' ontwerpster, kon ik mijn ideeën verder uitwerken in dit plan. Zij wilde 'groene vingers' die vanuit het buitengebied de stad indrongen; ik wilde blauwe aders die vanuit de stad naar buiten lopen. De synergie was ontstaan."

De doorbraak van de wadi

"Inmiddels had ik Govert Geldof (Tauw) ontmoet: een pionier op het gebied van duurzame waterhuishouding en, in mijn ogen, de grondlegger van het infiltratiegebeuren. Een andere waterpionier, maar dan meer in de richting van de ecologie, was Siebrand Tjallingii (Alterra). Hun gedachtegoed heeft grote invloed gehad op de ontwikkeling van het wadiconcept. Het internationale symposium Hydropolis in maart 1993, dat Lilium en ik samen bezochten, was de definitieve doorbraak voor de wadi. Daar ontmoetten we onder andere professor F. Sieker van de universiteit in Hannover en Herbert Dreiseitl van atelier Dreiseitl. Het *Mulden Rigolen System* van Sieker bleek een-op-een te passen op mijn ideeën over bovengrondse waterafvoer en infiltratie. En de vormgeving van stromend water van Hertbert Dreiseitl deed de rest."

Wadi's in Ruwenbos

"Nu had ik de straatjes in Doetinchem al eens 'wadi's' genoemd, omdat echte wadi's in de woestijn alleen water afvoeren bij regenval. Maar de groene wadi's, zoals die in

Ruwenbos zijn aangelegd, pasten helemaal perfect bij de functie van een wadi: afvoer van water bij hevige neerslag, infiltratie in de bodem, verbeteren van de grondwaterhuishouding, diversiteit van de begroeiing door verschillende gradiënten in vochthuishouding, speel- en wandelruimte voor de bewoners en een oase van groen en water.”

Spot, tegenstand en acceptatie

“Ik kan me nog goed herinneren dat ik, maar ook Govert, door onze vakbroeders werden uitgelachen om onze ideeën over infiltratie. Alleen de media waren direct enthousiast over deze uiterst simpele, en eigenlijk logische manier om met regen om te gaan. Ze hebben ervoor gezorgd dat het wadi-idee in relatief korte tijd verspreid is over het hele land en ver daarbuiten. Met de wadi is het gegaan zoals Arthur Schopenhauer ooit zei: “Nieuwe gedachten en nieuwe waarheden maken drie fasen door. Eerst wordt er de spot mee gedreven. Dan worden ze fel bestreden. En ten slotte worden ze geaccepteerd als vanzelfsprekend.”

| 17

2.2 Aanleiding opzet Ruwenbos

Het plan Ruwenbos sloot tijdens zijn ontwikkeling aan bij de uitgangspunten van duurzaam bouwen en bij de Derde Nota Waterhuishouding die toen actueel was. Hierbij speelden thema's als terugdringing van de verdroging, scheiding van vuil en schoon water, beperking van verhard oppervlak en infiltratie van regenwater een belangrijke rol. Verschillende vakdisciplines hebben in een vroegtijdig stadium overleg gehad. Dit was van fundamenteel belang, omdat ze daardoor mitigerende maatregelen (maatregelen die het effect van de verstedelijking op het milieu beperken) voor deze problemen geïntegreerd konden opnemen in het stedenbouwkundige plan. Ook tijdens de verdere uitwerking van het plan was het noodzakelijk dat de stedenbouwkundige, de civieltechnicus/hydroloog en de groenontwerper/ecoloog nauw samenwerkten. Door een goede samenwerking kunnen de verschillende disciplines een betere afstemming bereiken en verbetert ook de ruimtelijke kwaliteit. Hierbij zijn alle vakdisciplines integraal verantwoordelijk voor het product dat totstandkomt. Zo ontstaat er een duurzame ontwikkeling op stedelijk niveau.

2.3 Planontwikkeling

Ruwenbos is een nieuwe woonlocatie aan de zuidkant van Enschede met ruim vierhonderd woningen. Het zijn voornamelijk koopwoningen: van premiekoopwoningen tot woningen in de vrije sector. De prijsklasse varieert van € 82.000 tot € 270.000. Daarnaast staan er ook zeventig luxe huurappartementen. De bouw van de eerste woningen startte in het najaar van 1994.



Figuur 2 Locatie plangebied Ruwenbos in Enschede

Basisbeginsel 'wonen in het groen'

De gemeente Enschede bedacht en bouwde Ruwenbos volgens principes die ervoor zorgen dat deze wijk een toonbeeld van eigentijdse en milieuvriendelijke stedenbouw is. Het Enschedese basisbeginsel 'wonen in het groen' stond bij de hele planontwikkeling centraal. Ruwenbos is dan ook een wijk met een tuinstedelijk karakter geworden, waar bijna alle bestaande landschappelijke elementen zijn gehandhaafd. De rianten bestaande houtwallen bepalen in sterke mate de sfeer van de woonomgeving. Alle erfafscheidingen tussen openbaar en particulier terrein bestaan uit hagen. De gemeente heeft geprobeerd de woningen optimaal op elkaar af te stemmen, om zo tot een smaakvolle eenheid te komen. Zo konden de bouwers van de huizen bijvoorbeeld maar kiezen uit twee soorten metselstenen en voor één kleur dakpan. Het destijds nieuwe principe van 'duurzaam bouwen' kreeg in Ruwenbos een daadwerkelijke invulling, als één van de eerste wijken in Enschede.

Waterafvoer

Het grootste gedeelte van Ruwenbos heeft geen regenwaterriool. De regenpijpen van woningen monden bovengronds uit in gootjes die het water door de tuin afvoeren naar de straat of het achterpad. De bestrating is hol, zonder goot- of trottoirkolken, en loopt nauwkeurig af naar de wadi's. De weg is zo ontworpen dat het water zich niet ophoopt. De bovengrondse afvoer zorgt daarbij al voor een aanzienlijke berging van

regenwater. De woonstraatjes zijn zó smal, dat er zo min mogelijk verhard oppervlak is. Bovendien voorkomen de smalle straatjes dat mensen er kunnen parkeren. Straatkolken vangen het regenwater van de wijkontsluitingswegen en de parkeerterreinen op. Op deze plaatsen legt de gemeente een verbeterd gescheiden rioolstelsel aan. Een apart stelsel voert het huishoudelijk afvalwater uit de wijk naar de zuiveringsinstallatie.



Figuur 3 Ruwenbos kent smalle woonstraten met bovengrondse regenwaterafvoer

3 Het wadisysteem

3.1 De naam 'wadi'

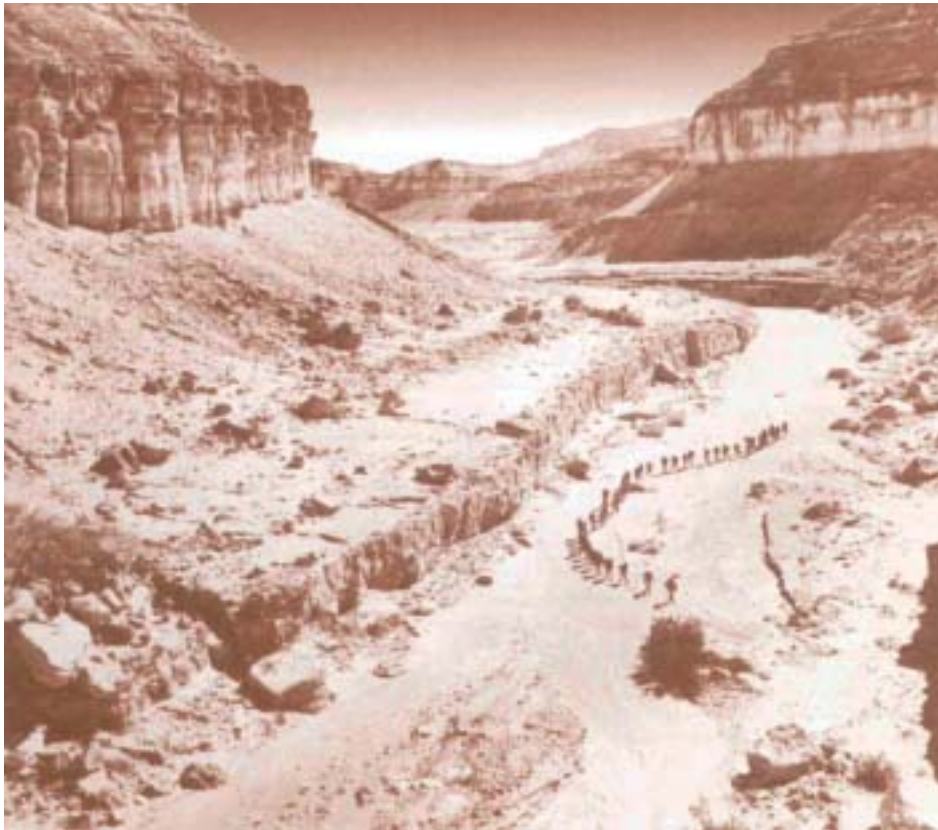
De naam 'wadi' betekent in het Arabisch 'dal'. Wadi's liggen in woestijngebieden. Daar zijn het 'rivieren' die een groot deel van de tijd droog staan. Uitsluitend bij hevige regenbuien lopen de wadi's vol met water en krijgen ze het karakter van een echte rivier.

Wadi's in Nederland

Net als de wadi's in woestijngebieden staan wadi's in Nederland een groot deel van de tijd droog. Ze voeren uitsluitend water na regenbuien. De functie van het watersysteem is echter anders. Het belangrijkste doel van de Nederlandse wadi's is om het regenwater vast te houden en te infiltreren in de bodem. (Daarom zou de naam wadi ook een acroniem kunnen zijn van water afvoer door drainage en infiltratie). De wadi's in woestijngebieden hebben een echte transportfunctie. Ook de afmetingen en de begroeiing van de wadi's in Nederland en in de woestijngebieden verschillen duidelijk. De natuurlijke wadi's in het woestijngebied hebben forse afmetingen en zijn over het algemeen schraal of niet begroeid. De Nederlandse wadi's zijn vaak beperkt van afmetingen en volledig begroeid.

Het wadisysteem

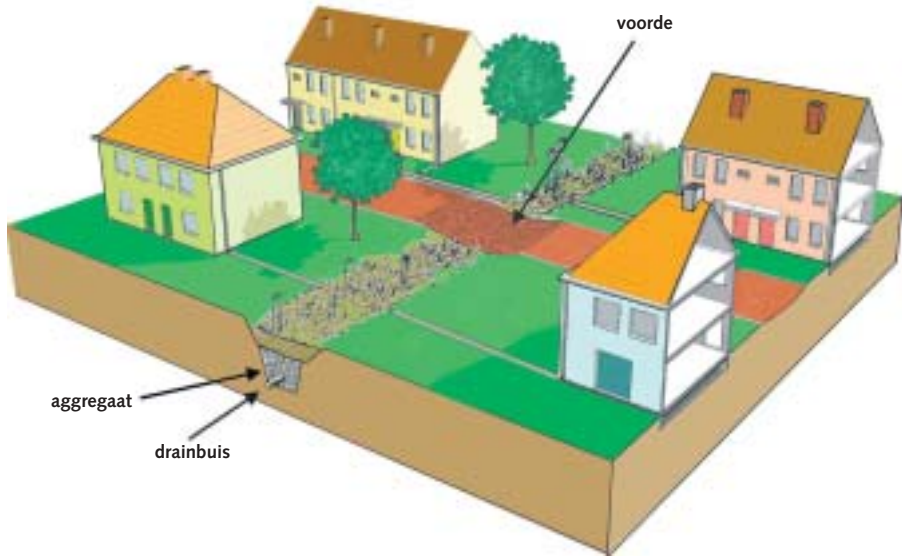
De wadi is het belangrijkste onderdeel van het behandelingssysteem van regenwater. Het systeem bestaat uit een ondiepe sloot of greppel met daaronder een drainagesleuf die voorzien is van een drainagebuis. De wadi is vernoemd naar de droge rivierbeddingen in de subtropen die alleen bij hevige regenval water afvoeren. Het Mulden Rigolen System uit Duitsland stond model voor de Nederlandse wadi. De wadi combineert een doelgerichte infiltratie van regenwater in de bodem met de traditionele afvoer van regenwater door sloten en buizen. Zo combineert het systeem de voordelen van een infiltratiesysteem met de voordelen van een rioolsysteem. De nadelen van beide systemen blijven daarnaast zoveel mogelijk achterwege. Bovendien kan het systeem in de winter als drainagesysteem werken om te hoge grondwaterstanden te verlagen. Duitsland heeft al vele jaren ervaring opgedaan met deze wijze van regenwaterinfiltratie. En ook in Zweden, Zwitserland en Japan komt infiltratie van regenwater vaak voor.



Figuur 4 Wadi's in woestijngebieden staan een groot deel van de tijd droog

3.2 Wadi's in Ruwenbos

Als u door de wijk Ruwenbos loopt, lijkt een wadi niet meer dan een brede greppel begroeid met gras; een verlaging in het maaiveld. De wadi's lopen dwars door de woonwijk en volgen daarbij natuurlijke laagten in het terrein. Op de bodem is de wadi circa 3 m breed en 40 cm diep. Meestal staat een wadi droog, alleen in de periode na een regenbui staat er water in. Vanuit de wadi zakt het water weg in de bodem. Wadi's voeden het grondwater doordat regenwater vanaf daken en straten in de bodem infiltreert. Wadi's zorgen ervoor dat het regenwater op een meer natuurlijke wijze afvoert dan via een rioolstelsel. Bovendien heeft de wadi in perioden met hoge grondwaterstanden een drainerende functie. Tot slot kan de wadi dienen als een verbindingzone voor dieren en kan die flora en fauna aantrekken in het stedelijke gebied.



Figuur 5 Het wadisysteem

3.3 Opbouw en werking van het wadisysteem

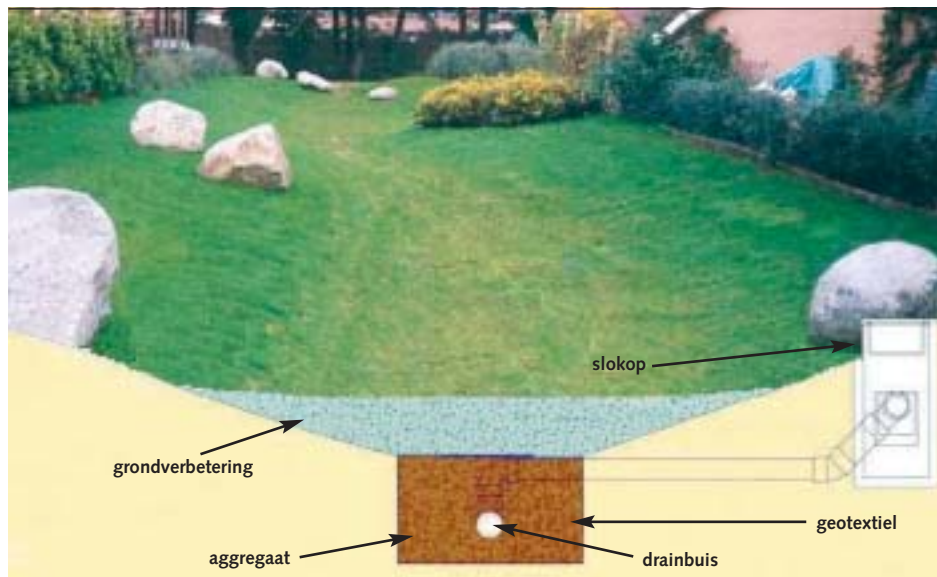
In gewone woonwijken verzamelt het regenwater zich vanaf daken en straten in de riolering, waarna het naar het oppervlaktewater of samen met het huishoudelijk afvalwater naar een rwzi stroomt.

Bij wadi's stroomt het regenwater vanaf de daken via goten naar de woonstraat. Daar voegt het zich bij het regenwater dat op de straat zelf valt. De woonstraten hebben geen kolken. Via de goot in het midden van de woonstraat stroomt het regenwater naar de wadi. Het water blijft de gehele route zichtbaar, zodat de bewoners van de wijk de loop van het regenwater kunnen volgen. De wadi's slingeren door de wijk; ze staan haaks op de wegen. De kruisingen van de straten met de wadi's heten voordien. Deze voordien liggen hoger dan de wadibodem, maar lager dan de straat. Zo kan het water gemakkelijk van de straten in de wadi stromen. Weggebruikers ervaren de voordien als omgekeerde verkeersdrempels.

De grond van de wadi

De gemeente heeft in de bovenste laag van de wadi een grondverbetering toegepast. De grond is zo bewerkt, dat het water goed in de bodem kan zakken. In de bovenste laag zit humusachtige grond, waardoor het gras zich beter kan ontwikkelen en de wadi beter bestand is tegen betreding. Onder de grondverbetering ligt een sleuf met een aggregaat die is ingepakt in een zanddicht doek. De holle ruimten van het aggregaat kunnen het water bergen. Het zanddichte doek voorkomt dat grond in de wadi spoelt, maar het laat wel water door.

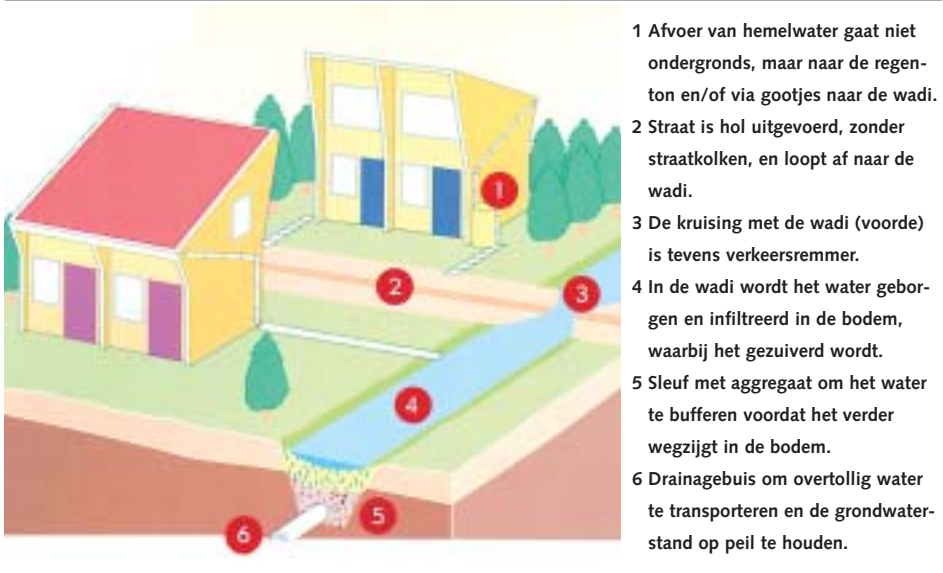
In Ruwenbos vormen geëxpandeerde kleikorrels het aggregaat. Deze bruine korrels hebben een doorsnede van minder dan een centimeter; ze zijn keihard. Ook andere materialen kunnen als aggregaat dienen, zoals lavasteen en grind. Naast en onder de sleuf ligt de oorspronkelijke grond. Door het aggregaat loopt een drainbuis, in de lengterichting van de wadi. Deze drainbuis zorgt ervoor dat de delen waar de ondergrond minder goed doorlatend is in verbinding staan met beter doorlatende grond. Van hieruit kan het water gemakkelijker in de omringende grond infiltreren.



Figuur 6 Dwarsdoorsnede van de wadi

Als het regenwater in de wadi stroomt, verspreidt het zich over de bodem. Hierbij zijn er drie mogelijkheden:

- 1 Bij weinig neerslag zakt het regenwater langzaam de bodem in. Na enkele uren is de wadi weer droog.
- 2 Valt er meer neerslag en vult de wadi zich tot een diepte van circa 25 cm, dan treden de zogenaamde 'slokoppen' in werking. Slokoppen zijn speciale straatkolken die voor een snelle verbinding zorgen met de sleuf met aggregaat. Via deze waterslokkers verdwijnt een deel van het regenwater naar de sleuf. Hier verzamelt het water zich, waarna het kan infiltreren in de bodem.
- 3 Bij zeer extreme neerslag raken de wadi en de aanvullende berging in de sleuf volledig vol. Dan stroomt het water over de voorden. Uiteindelijk komt het water in een vijver terecht. Vanuit de vijver stroomt het water naar het oppervlaktewater.



Figuur 7 Onderdelen van het wadisysteem

Drainage van grondwater in de winter

In de winterperiode heeft de wadi in Ruwenbos niet alleen een functie voor het regenwater. De wadi beteugelt dan ook hoge grondwaterstanden. In de winter verdampt weinig water en kan het langdurig regenen. Door storende leemlagen stijgen de grondwaterstanden. In de woonwijk mag geen grondwateroverlast optreden. Komen de grondwaterstanden ter hoogte van de sleuf met aggregaat, dan treedt de drainbuis als ontwateringsmiddel in werking. De drainbuis voert het verzamelde grondwater af naar drainputten, waarna het water verder afvoert naar het oppervlaktewater. De wadi werkt in de winterperiode dus voornamelijk als een riooldrain: het zorgt zowel voor verlaging van de grondwaterstanden als voor het transport van (geïnfiltreerd) regenwater.

In de wijk ligt een netwerk van wadi's en drains. De drains liggen niet alleen onder de wadi's, maar ook onder de wegen. Daardoor lopen ze niet allemaal evenwijdig aan elkaar, ze kruisen elkaar ook.

Inspectie- en regelputten

Op de drainkruisingen liggen inspectieputten. Deze putten kunnen de hoogteverschillen overbruggen. Bovendien liggen op enkele plaatsen aan het einde van de wadi's regelputten. Hierin kan de gemeente seizoensafhankelijke ontwateringsdiepten instellen. Zo kan de functie van de wadi naar keuze meer infiltrerend of meer drainerend zijn.



Figuur 8 Wadi in de winter

Door al deze maatregelen voert de woonwijk het water niet sneller af dan in landelijk gebied. De wadi zorgt dus voor een rustig verlopend afvoerpatroon.

Wadi's zijn zo ontworpen, dat ze gedurende 85% van de tijd droogstaan. Zo voorkomen ze het ontstaan van modderige situaties en muggenoverlast. Bovendien zorgen wadi's ervoor dat organismen de tijd krijgen om de bodem open te houden.

Creatieve ontwerpen van wadi's

Wadi's nodigen uit tot creativiteit bij het ontwerp. Door variatie in vorm, grootte en begroeiing kunnen ze 'integreren' in de wijk. Bij sterk hellende terreinen kunnen met veldkeien 'stroomversnellingen' of zelfs 'watervallen' in de wadi's worden gemaakt. Het water kan ook een speelplaats worden binnengeleid, zodat kinderen met behulp van schuiven en goten met water kunnen spelen. Wadi's die woonstraten kruisen, kunnen ook de vorm van 'doorwaadbare plaatsen' krijgen, die dan meteen als verkeersremmers werken. De uitstroom van de wadi op het oppervlaktewater kan een combinatie vormen met een plas-dras-zône en een natuurontwikkeling. Door de bodeminfiltratie te combineren met de groenvoorziening in de wijk, hoeven de wadi's niet meer ruimte in beslag te nemen dan in traditioneel opgezette wijken.

Inmiddels hebben bewoners in diverse wadiprojecten in Nederland een creatieve invulling gegeven aan hun watersysteem. De aanleg van vijvers, alternatieve gootjes en bruggetjes waarborgt de waterafvoer en geeft de tuin meteen een mooi aanzicht.

3.4 Bovengrondse afvoer van regenwater

In de wijk Ruwenbos heeft de gemeente ervoor gekozen het regenwater bovengronds af te voeren, vanaf het dak tot aan de wadi. Wat zijn hiervan de voordelen? Bij afvoer van regenwater via de riolering stroomt het regenwater onmiddellijk vanaf het dak of vanaf de straat in een ondergrondse rioolbuis. Door dit hoogteverlies is het erg moeilijk om regenwater vanuit de rioolbuis in een wadi te krijgen. Omdat de wadi maar 40 cm diep is, zou de gemeente bij een ondergrondse afvoer het regenwater moeten oppompen. Dit is onlogisch. Bij oppervlakkige afvoer van regenwater, kan de gemeente de hoogteverschillen in het woongebied optimaal benutten.

26 |



Figuur 9 De voorde zorgt voor de verdeling van het regenwater naar de wadi

Waterkwaliteit

Een andere reden om regenwater bovengronds af te voeren, heeft te maken met de waterkwaliteit. In Nederland liggen veel gescheiden rioolstelsels. Deze stelsels behandelen het regenwater volledig gescheiden van het huishoudelijk afvalwater. Het blijkt

dat deze stelsels een slechte invloed kunnen hebben op de kwaliteit van het oppervlaktewater. Dat komt vooral door foute aansluitingen. Het komt namelijk vrij vaak voor dat leidingen met huishoudelijk afvalwater afvoeren op een regenwaterriool. Het afvalwater komt dan onbehandeld op het oppervlaktewater terecht.

Controle van de afvoer

De gemeente kan het probleem van foutieve aansluitingen oplossen door het regenwater boven het maaiveld af te voeren, zoals bij wadi's gebeurt. Het is namelijk vrijwel onmogelijk om vuilwaterriolen aan te sluiten op een goot in de tuin. Bovendien zou het direct worden ontdekt. Dit geeft meteen de derde reden aan om voor bovengrondse afvoer te kiezen: oppervlakkige regenwaterafvoer is beter te controleren. Als er iets mis is met de afvoer, is dit vrijwel direct vast te stellen.

| 27

Betrokkenheid van bewoners

De laatste, niet onbelangrijke reden om regenwater bovengronds af te voeren, is dat bewoners meer betrokken raken bij de stedelijke waterhuishouding. Doordat bewoners zien wat er gebeurt zal het lozen van afval(-water) zoals olie of frituurvet in de afvoer minder optreden.

4 Het ontwerp

4.1 Oorspronkelijke situatie

De wijk Ruwenbos heeft op de plaats van het plangebied drie bodemtypen: de hydropodzolgronden, de hydrozandeerdgronden en de enkeerdgronden (zie tabel 1).

Tabel 1 Profielschets bodemtypen

Diepte in m – m.v.	Beschrijving	Geschatte doorlatendheid [m/dag]
H – Hydropodzolgronden		
0 – 0,30	humeus, leemarm/zwak lemig matig fijn zand	0,40
0,30 – 0,60	zwak humeus, zwak lemig matig fijn zand	0,60
0,60 – 1,20	leemarm/zwak lemig matig fijn zand	0,60 – 1,50
Z - Hydrozandeerdgronden		
0 – 0,30	humeus, zwak lemig matig fijn zand	0,30
0,30 – 0,60	zwak lemig matig fijn zand	0,70
0,60 – 1,20	leemarm/zwak lemig matig fijn zand	0,70 – 1,00
EZ - Enkeerdgronden		
0 – 0,40	humeus, zwak lemig matig fijn zand	0,40
0,40 – 0,90	humeus, leemarm matig fijn zand	0,60
0,90 – 1,20	zwak lemig, matig fijn zand	1,00 – 1,50

Behalve leemarm of zwak lemig zand zit op sommige plaatsen op diepten van minder dan 1,5 m onder het maaiveld ook lemig zand of leem (percentage leem > 17,5%). De doorlatendheid van lemig zand en van (kei)leem is matig tot slecht (respectievelijk 0,2 en < 0,05 m/dag). In figuur 9 staat waar leem of lemig materiaal voorkomt.



Figuur 10 Oorspronkelijke situatie ter plaatse van de rode wadi



Figuur 11 Aanwezigheid van leemlagen en wadistructuur in Ruwenbos

Afwateringsstructuur

Het grootste deel van het plangebied kent een ontwateringsdiepte (de afstand tussen het maaiveld en de grondwaterstand) van minder dan 50 cm. Diverse greppels en sloten zorgen voor de ontwatering van het gebied. De wadi's liggen zoveel mogelijk op de plaats van deze greppels en sloten. Hierdoor blijft de oorspronkelijke afwateringsstructuur in het gebied intact, inclusief de begroeiing die hierlangs groeit.

Het oorspronkelijke maaiveld in het gebied helt globaal van oost naar west. Het hoogste punt in het westen ligt op 34,30 m +NAP, het laagste punt in het oosten op 32,00 m +NAP.

4.2 Dimensionering wadi

In een wadi infiltreert het afstromende regenwater zonder hulpmiddelen in de ondergrond. Het uitgangspunt voor Ruwenbos is dat de wadi het aangevoerd water dat niet kan infiltreren, doordat de aanvoer de afvoer overtreft, tot een bepaalde hoogte kan bergen. Deze hoogte is gelijk aan de bovenzijde van de slokken in de wadi. Het wadi-deel onder de bovenzijde van de slokop is afgestemd op een bui met een theoretische herhalingstijd van twee jaar. De infiltratiecapaciteit van de wadibodem is 0,2 m/dag. Dit betekent dat er een veiligheidsmarge is ten opzichte van de oorspronkelijke doorlatendheid van de bovengrond.

Komt het water hoger dan de bovenzijde van de slokken, dan treden de slokken in werking. Het water gaat via de slokken naar de infiltratievoorziening onder de wadibodem. Vervolgens mag het waterpeil in de wadi nog met 10 cm stijgen. Daarna treedt



Figuur 12 Boven: aanleg rode wadi in natte omstandigheden

Beide figuren onder: aanleg noordelijke deel van de groene wadi

de overstort naar een volgend wadicompartiment en/of het oppervlaktewater in werking. Deze situatie mag zich eenmaal per 25 jaar voordoen.

Verhard oppervlak

Voor een maatgevend deel van het plan is bepaald hoeveel verhard oppervlak afvoert op de wadi. In de praktijk betekent dit dat gekeken wordt naar het grootste aantal vierkante meters verhard oppervlak in verhouding tot het wadi-oppervlak. In Ruwenbos is het maatgevend verhard oppervlak 1945 m²; dit watert af op een wadi van 51 m lang. Voor een gemiddelde woonwijk met 35% à 40% verhard oppervlak betekent dit dat wadi's 3% van het bruto oppervlak beslaan (1 m² wadioppervlak voert ongeveer 10 tot 12 m² verhard oppervlak af). De wadi's in Ruwenbos hebben een gemiddelde bodembreedte van 3 m bij een talud van ongeveer 1:3 en een verwachte diepte van maximaal 0,5 m.

| 31

Nieuwe systematiek

Tijdens de ontwerpfasen van de wadi's in Ruwenbos (1993) werd in Nederland nog gerekend met 60 en 90 l/s/ha. Daarop zijn ook de wadi's in Ruwenbos berekend. Tegenwoordig rekenen ontwerpers daarnaast met buien met een bepaalde herhalingstijd of met een neerslagreeks over een aantal jaren. Om de systematiek in Ruwenbos ook bruikbaar te maken voor toekomstige ontwerpen, volgt hierna een aangepaste, vereenvoudigde berekening gebaseerd op de huidige gehanteerde buien. Deze methodiek geeft een globaal beeld van de benodigde afmetingen. Voor dimensionering wordt verwezen naar de Leidraad Riolerings module C2200.

Buien met een herhalingstijd van twee jaar

Het onderste deel van de wadi, tot het niveau van de slokop, kan ontworpen worden op een bui met een herhalingstijd van twee jaar ($T=2$; 19,8 mm). Het uitgangspunt is hierbij dat de wadi al het afgevoerde regenwater bergt en de infiltratie in de wadibodem tijdens de regenval te verwaarlozen is.

De aanvoer naar de wadi bedraagt:

$$Q_{aan} = P \cdot 10^{-3} \cdot (A_{aan} \cdot \lambda + A_{wadi})$$

Q_{aan} = aangevoerde hoeveelheid water [m³]

P = neerslaghoeveelheid [mm]

A_{aan} = aangesloten verhard oppervlak [m²]

λ = afvloeiingscoëfficiënt [-]

A_{wadi} = oppervlak wadi [m²]

Voor het maatgevende deel wordt de aangevoerde hoeveelheid water:

$$\begin{aligned} Q_{\text{aan}} &= 19,8 * 10^{-3} * (1945 * 1 + 51 * 3) \\ &= 41,5 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Een waditalud van 1:3 en een bodembreedte van 3 m bepaalt de benodigde waterdiepte. Hieruit volgt een waterdiepte van 0,23 m. Gekozen is voor een slokopniveau van 0,25 m boven de wadibodem.

Buien met een herhalingsstijd van 25 jaar

Het wadisysteem is ook berekend op een bui met een herhalingsstijd van 25 jaar. In dat geval is de berging in de wadi volledig gevuld. De infiltratievoorziening onder de wadibodem is via de slokop helemaal vol en de wadi heeft het maximumwaterpeil bereikt. Op dat moment is er een overstorting naar het volgende wadicompartiment of naar het oppervlaktewater.

Het maximumwaterpeil in de wadi is vastgesteld op 0,10 m boven het slokopniveau; de maximale waterdiepte wordt dan 0,35 m. Deze waterdiepte zorgt ervoor dat de wadi een leeglooptijd van ongeveer 35 uur heeft.

De T=25 situatie heeft een totale neerslag van ongeveer 40 mm. Dit betekent een hoeveelheid water van:

$$\begin{aligned} Q_{\text{aan}} &= P * 10^{-3} * (A_{\text{aan}} * \lambda + A_{\text{wadi}}) \\ &= 40 * 10^{-3} * (1945 * 1 + 51 * 3) \\ &= 84 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Bij een wadidiepte van 0,35 m bergt de wadi in totaal:

$$\begin{aligned} B_{\text{wadi}} &= (3 + 3 * 0,35) * 0,35 * 51 \\ &= 72,3 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Het volgende moet de gemeente dan nog ondergronds bergen: $84 - 72,3 = 11,7 \text{ m}^3$.

Bij een wadilengte van 51 m betekent dit een berging van $0,23 \text{ m}^3/\text{m}$. Omdat de wadi kleikorrels gebruikt, is slechts 35% van het aan te brengen volume van de infiltratievoorziening beschikbaar als berging. Dit is namelijk het totale volume van de poriën tussen de korrels. Het bruto aan te brengen volume van de ondergrondse infiltratievoorziening bedraagt dan:

$$11,7 \text{ m}^3 / 0,35 = 33,4 \text{ m}^3.$$

Per m^1 wadi wordt dit: $33,4 \text{ m}^3/51 \text{ m} = 0,65 \text{ m}^3$.

Bij een aangenomen breedte van de ondergrondse voorziening van 0,7 m betekent dit een hoogte van 0,9 m.



Figuur 13 Ontwerpgrenzen van de wadi in beeld

Op basis van het bovenstaande ontwerp wordt bij een situatie van eenmaal per 25 jaar geen water afgevoerd vanuit het wadisysteem naar het oppervlaktewater.

4.3 Dimensionering goten in tuin en rijweg

Hydraulische berekeningen met wrijvingsverliezen in open leidingen vinden meestal plaats met de formule van Chézy. Deze formule luidt:

$$v = C * \lambda (R * I)$$

v = de gemiddelde stroomsnelheid [m/s]

C = de coëfficiënt van Chézy [$\text{m}^{1/2}/\text{s}$]

R = de hydraulische straal [m]

I = het verhang van de energielijn [-]

Voor de berekening van de afvoer van een leiding geldt:

$$Q = v * A$$

Q = de afvoer [m^3/s]

v = de gemiddelde stroomsnelheid [m/s]

A = de watervoerende doorsnede van de goot [m^2]

Gecombineerd met de formule van Chézy levert dit het volgende resultaat op:

$$Q = A * C * \lambda (R * I)$$

Voor C geldt daarin de vergelijking:

$$C = 18 \log ((12 * R)/k)$$

k = de wandruwheid van de goot [m]

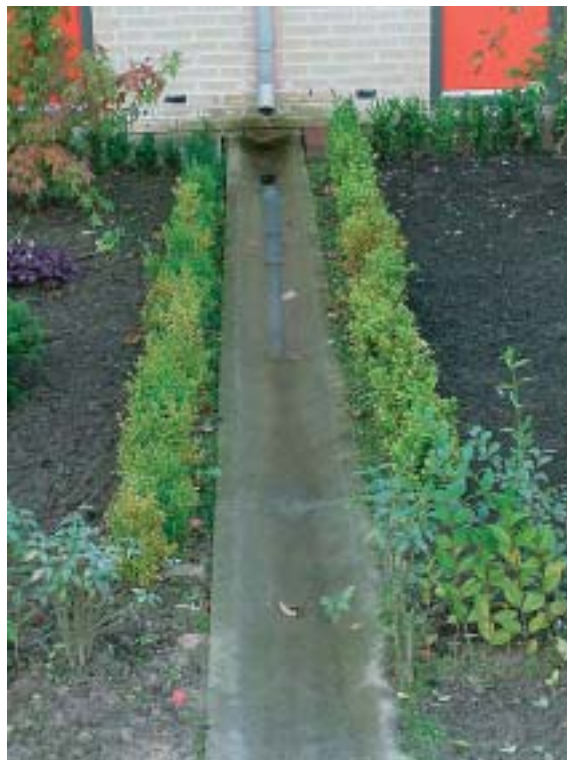
Een aantal waarden voor deze wandruwheid staan in onderstaande tabel.

34 |

Wandmateriaal	Wandruwheid k [m]
Oud, slecht beton	0,01 – 0,02
Gepleisterd beton	0,0005
Zeer glad beton	0,0002
PVC	0,0001

Goten in tuinen

Voor de tuinen in Ruwenbos ging de gemeente Enschede uit van een prefab betongoot. Daarbij is gerekend met een afvoer van 60 l/s/ha. Het grootste dakoppervlak is 69 m² per woning. Doorrekening met bovenstaande formules levert op dat de goten in de tuinen genoeg hebben aan een gootdiepte van 2 cm, bij een breedte van 30 cm.



Figuur 14 Prefab betongoot in de tuin

Goten in de rijweg

De afvoer van het water via de wegen verloopt door een goot in het midden van de weg. Aan het eind van de maatgevende woonstraat, met dus het meeste verharde oppervlak op de goot, passeert circa 6,4 liter water per seconde. Deze hoeveelheid komt gemiddeld eenmaal per twee jaar voor. De gemeente heeft gekozen voor een klinkergoot van ongeveer 0,42 m breed en 0,03 m diep bij een totale straatbreedte van 3 m. Deze goot heeft een maximale afvoer van 1,1 l/s en is dus een aantal malen per jaar ontoereikend. Eenmaal tot vijfmaal per jaar zal de waterstroom circa 2 m breed worden en aan beide kanten van de weg een droge (loop)strook van 0,5 m overlaten.

5 Een rondleiding door Ruwenbos

Als het regent in de wijk Ruwenbos, stroomt het water vanaf de daken door de gootjes in de tuin naar de woonstraat. De gootjes die de gemeente bij de oplevering heeft aangelegd, zijn prefab betongoten. Sommige bewoners hebben deze afvoer creatief ingevuld.

36 |



Figuur 15 Goten op percelen

Goten in de openbare weg

Het regenwater stroomt vanuit de goten in de tuinen naar de openbare weg.



Figuur 16 Goten op de openbare weg

Wadi's

Het water dat zich in het midden van de woonstraat in de goot verzamelt, stroomt af naar de wadi. In de wijk liggen drie wadi's: de blauwe, de rode en de groene wadi. De blauwe wadi is een zaksloot en heeft een wat steiler talud dan de groene en de rode wadi.



Figuur 17 Van links naar rechts de groene, rode en blauwe wadi

Oppervlaktewater

Als de wadi's vol water staan, stroomt het overtollige water af naar het oppervlaktewater. Hiervoor heeft de gemeente twee vijvers aangelegd.



Figuur 18 Van links naar rechts: de Zweringbeek, de vijver bij de Zweringbeek en de vijver bij de Haaksbergerstraat

6 Beheer en onderhoud

6.1 Inleiding

De gemeente Enschede heeft de wadi's in beheer. Sindsdien heeft ze veel ervaring opgedaan met het onderhoud ervan. De meeste ervaringen deed de gemeente proefondervindelijk op. Deze evalueerde ze tijdens het monitoringsprogramma. De concrete beheersmaatregelen die de gemeente heeft geformuleerd op basis van het ontwerp en de functies, moeten ervoor zorgen dat de voorziening ook in de toekomst kan blijven werken. Zo is de primaire functie van de wadi infiltratie van het geborgen regenwater. Voor het beheer en onderhoud van de wadi betekent dit dat er veel aandacht moet zijn voor de infiltratiecapaciteit van de bodem. Een goede infiltratiecapaciteit van de bodem betekent op de eerste plaats dat er een goed wortelende en vitale vegetatie aanwezig moet zijn. Flora en fauna kunnen de vermindering van de infiltratiecapaciteit door slib, bladafval of spoorvorming voorkomen, beperken of herstellen. Ook de noodoverstort (de slokop) moet goed werken. Daarom wordt deze frequent leeggezogen. De wadi heeft in Enschede ook een drainerende functie. In de zomerperiode zet de gemeente het ontwateringsniveau in de drains onder de wadi op, zodat de maximale hoeveelheid regenwater infiltreert in de bodem. In de winter verlaagt de gemeente het ontwateringsniveau, waardoor het grondwater en het geïnfiltreerde regenwater (vertraagd) op het oppervlaktewater kunnen uitkomen. De gemeente stelt hiervoor in Ruwenbos de regelput twee keer per jaar in.

| 39

De volgende paragrafen beschrijven de concrete beheersmaatregelen. Naast het onderhoud aan de grasmat en bodem gaat het hierbij om de perken op de taluds.

6.2 Grasmat

In Ruwenbos is de grasmat ingezaaid. Nadeel hiervan is dat de grasmat in het begin erg gevoelig is. Zo kan er slib in de wadi stromen, waardoor het graszaad niet kan ontkiemen. Het graszaad kan ook wegspoelen door intensieve of langdurige regenperiodes. Ten slotte kunnen mensen de grasspruiten te vroeg betreden, waardoor ze alsnog kapotgaan. Bij toepassing van graszoden (zoals in de wijk Oikos in Enschede), komen deze problemen veel minder voor. Nadeel is dat de aanleg van graszoden veel kost. Bovendien bestaat de kans dat de infiltratiecapaciteit sterk vermindert als er veel klei in de graszoden zit.



Figuur 19 Kale plekken in de wadi

Ontwikkeling grasmat

Of de grasmat tot ontwikkeling komt, hangt onder meer af van hoe lang en hoe vaak water in de wadi blijft staan. Hoe lang het water er verblijft, hangt af van de bodemgesteldheid en de peilstijging. Hoe hoger het waterpeil in de wadi, hoe langer het duurt voordat het water in de bodem infiltreert. In de praktijk blijkt dat de wadi voldoende snel leeg raakt bij een peilstijging van ongeveer 40 cm.

Volraken wadi

Hoe vaak de wadi vol raakt met water, is afhankelijk van het verharde oppervlak dat op de wadi is aangesloten. Dit moet niet te groot zijn, anders komt de wadi te vaak vol met water te staan. De afdeling Ontwerp van de gemeente Enschede hanteert steeds vaker de regel dat de verhouding tussen aangesloten verhard oppervlak en wadi zo moet zijn, dat de wadi pas bij een bui van 20 mm vol komt te staan. De keuze viel op 20 mm, omdat de meeste buien kleiner zijn dan 20 mm. Is het uitgangspunt dat een wadi vol is bij een peilstijging van 30 cm, dan mag er ongeveer 15 m² verhard oppervlak op 1 m² wadi afwateren.

Aanpakken kale plekken

In de wijk Ruwenbos zijn kale plekken in de grasmat van de wadi ontstaan. De belangrijkste oorzaken zijn:

- het gebruik van maaimachines voor te steile taluds;
- het gebruik van maaimachines op een te natte bodem;
- bladafval dat slecht verteert;
- spelende kinderen;
- erosie door betreding en gebruik (onder meer voetballende kinderen);
- ophoping van slib.

Vaak ontstaan kale plekken ook door een combinatie van bovenstaande oorzaken. Een wadibodem ligt nooit volledig horizontaal. Hierdoor blijft het regenwater op de lagere plekken langer staan dan elders. Ook verzamelen het bladafval en slib zich hier. Zolang er genoeg droge periodes zijn, is dit geen probleem en herstelt de grasmat zich op deze plaatsen. Maar het evenwicht kan door langdurige regenperiodes uit balans raken. In de afgelopen jaren was er een aantal van die langdurige regenperiodes. De grasmat krijgt dan niet meer voldoende tijd om te herstellen, waardoor er een neerwaartse spiraal ontstaat. Met name op de laagste plekken ontstaan kale plekken. De enige manier om uit deze neerwaartse spiraal te komen, is om de kale plekken te spitten, gelijkmatig te bezanden en opnieuw in te zaaien. Om te voorkomen dat deze situatie in de toekomst weer ontstaat, moeten de lage plekken worden opgevuld. Zo ontstaat (weer) een vlakke bodem. Een alternatief is graszoden leggen, waardoor de kans groter wordt dat het gras aanslaat.

| 41

Maaien

De gemeente maait het gras in Enschede één keer per week in het groeiseizoen (in totaal 26 keer per jaar). De snede is dan nog zo klein, dat deze gemakkelijk kan blijven liggen om te verteren. Hoewel de wadibodem vaak vochtig is of onder water staat, bleek de afgelopen jaren dat het gras toch genoeg verteert. Ophalen van het gemaaid gras is dus overbodig.

Vaak maaien heeft nog een ander voordeel. Het gras blijft dan kort, waardoor de vegetatie de bodem onmogelijk kan afsluiten als het plat slaat. Bovendien trekt het minder zwerfvuil aan.



Figuur 20 Het maaien van de groene wadi

Soorten maaimachines

In de beginperiode maaide de gemeente de wadi's in Ruwenbos met een kooimaaier. Later is ze overgestapt op een bosmaaier. De kooimaaier heeft namelijk enkele nadelen. Ten eerste kunnen kooimaaiers de steilere taluds in de wijk Ruwenbos (soms 1:1 en 1:2) niet aan. Als de machines de steile taluds toch maaien, komen er 'happen' in de grasmat. Ook kunnen de machines niet overal bij komen. Ten slotte is bij kooimaaiers de kans op spoorvorming groter en kunnen de machines pas maaien als de wadibodem droog genoeg is. Meestal moet de gemeente nog een dag wachten nadat het water van de wadibodem weg is. Soms heeft de gemeente in Ruwenbos (waarschijnlijk) te vroeg gemaaid. Hierdoor zijn bandensporen zichtbaar en is de grond op die plaatsen verdicht. Omdat vaker problemen ontstonden met het verdichten van de bodem door het maaien, maait de gemeente de wadi's nu alleen nog handmatig met een luchtkussen- en/of een cirkelmaaier. De cirkelmaaier heeft als dat kan een opvangbak voor het gras. De gemeente maait sommige plaatsen ook bij met een bosmaaier. Het gazon om de wadi heen, tot de insteek van het talud, maait ze wel machinaal. Hoewel handmatig maaien op korte termijn duurder is, voorkomen deze maaiers dat de gemeente de wadibodem voortijdig moet spitten of vervangen.

Op basis van deze ervaringen ontwerpt de gemeente nieuwe wadi's in Enschede bij voorkeur met een flauwer talud. Een talud van 1:3 geldt als maximum.

Bezanden, verticuteren, beluchten

In de afgelopen jaren heeft de gemeente geen beheermaatregelen als bezanden, beluchten en bemesten toegepast. De grasmat is tot 2002 vijfmaal geverticuteerd. Vooralsnog lijkt het er niet op dat de grasmat geleden heeft, doordat de gemeente geen beheermaatregelen heeft uitgevoerd. Toch raadt de gemeente aan om de kale plekken eenmaal per jaar te behandelen.

Bladblazen en zwerfvuil verwijderen

De gemeente moet steeds bladeren uit de wadi's verwijderen. Vooral in Ruwenbos bleek dat met name eikenblad niet goed verteert in de wadi. Hierdoor ontstaat een laag bladafval op de bodem, die de infiltratie van regenwater belemmert. Water blijft langer op het maaiveld staan, waardoor het afbraakproces vertraagt en de vitaliteit van de grasmat achteruitgaat. In één geval bleef vrijwel permanent water in de wadi staan en kon er geen gras meer groeien. De enige remedie hiertegen is het blad in het najaar twee keer bij elkaar te blazen of te harken en af te voeren.

Inmiddels heeft de gemeente besloten om in de buurt van wadi's geen eiken meer te planten om bovenstaande problemen (en kosten) te voorkomen.

Naast het bladafval moet de gemeente zwerfvuil uit de wadi verwijderen, omdat anders kans op bodemverontreiniging ontstaat. Enschede verzamelt het zwerfvuil wekelijks. Daarnaast haalt de gemeente extra zwerfvuil op als daartoe aanleiding is (bijvoorbeeld na oud & nieuw).

6.3 Drainage

In de wijk Ruwenbos is het grondwater (zoals bijna overal in Enschede) sterk ijzerhoudend. Als dit grondwater in aanraking komt met lucht, oxideert het ijzer en vormt het ijzeroxide. Het ijzeroxide kan de gaatjes in de drain verstoppert, waardoor de drain minder goed functioneert. De gemeente spuit de drain daarom minimaal één keer per jaar door. Hiervoor bevat de drain om de tweehonderd meter doorspuitputjes.

6.4 Regelput

De gemeente moet de regelput twee keer per jaar instellen. In het voorjaar zet ze het ontwateringsniveau op en in de herfst verlaagt ze het ontwateringsniveau. In eerste instantie stelde de gemeente de put in op 15 april en op 15 oktober. Vanwege het monitoringsprogramma worden voortdurend de grondwaterstanden en de waterstanden in de wadi en de drain gemeten. De data om de put in te stellen, zijn door deze metingen aangepast. In 1999 (een nat jaar) bereikte het grondwater pas in de maand december het drainageniveau.

Maar door het ijzerhoudende grondwater bleek het regelmechanisme van de regelput snel dicht te zitten. In de praktijk heeft de gemeente daarom vrij snel na de aanleg van

de wadi het instellen van de regelput achterwege gelaten: de regelput staat dus altijd in één stand.

6.5 Slokop

De zandvang van de slokop moet regelmatig worden geleeegd. In Ruwenbos gebeurt dit door de slokop leeg te scheppen. Uit metingen blijkt dat de slokop maar een aantal maal per jaar in werking treedt. Veel zand, blad of gemaaid gras zal er dus niet instromen. De gemeente kan daarom de slokoppen in het beheerschema van de gewone straatkolken opnemen. In Enschede betekent dit dat de gemeente de slokop twee keer per jaar leegt. Dit gebeurt met de hand, omdat grote machines niet in de wadi mogen rijden.

44 |



Figuur 21 Detail van de slokop

6.6 Strooi beleid

Strooizout tast de grasmat aan. In bermen van wegen is dit over het algemeen niet zo'n probleem. Het zout komt daar sterk verdund in terecht en spoelt vaak af naar een bermstoot of greppel. In de wadi daarentegen hoopt het zout zich op. In de wijken waar wadi's liggen, zou de gemeente daarom alleen strooien op wegen die op de riolering zijn aangesloten. Over het algemeen zijn dit ook de doorgaande wegen, waar strooien het meest noodzakelijk is. Maar dit is nog niet voorgekomen.

6.7 Groot onderhoud

Op de lange termijn is ook uitgebreider onderhoud aan de wadi nodig. Hierbij gaat het om de volgende maatregelen:

- verwijderen sliblaag;
- vervangen toplaag;
- vervangen drain/kleikorrels/geotextiel.



Figuur 22 De sliblaag is verwijderd

Het is nog even zoeken hoe en wanneer de gemeente het wadisysteem precies moet onderhouden. Tot nu toe heeft Enschede twee keer een sliblaag verwijderd die in de wadi terechtgekomen was door bouwwerkzaamheden. Tijdens bouwperiodes kunnen tijdelijke greppels voor het regenwater een oplossing zijn.



Figuur 23 Tijdelijke greppel tijdens de bouw

Levensduur

Indicatieve berekeningen geven aan dat infiltratie van regenwater in wadi's naar verwachting maar een klein effect heeft op de bodem- en grondwaterkwaliteit. De gemeente gaat er op basis van deze studie dan ook vanuit dat de toplaag na zestig jaar (dat is ook de levensduur van de riolering) aan vervanging toe is. De praktijk moet uitwijzen of deze periode haalbaar is. Ook voor de drain, de kleikorrels en het geotextiel staat een levensduur van zestig jaar. Op het moment dat de gemeente de toplaag verwijderd, vervangt ze ook de drain, de kleikorrels en het geotextiel.

6.8 Organisatie

Voor het beheer en onderhoud van de wadi's is een goede organisatie nodig, met duidelijke afspraken over welke afdeling welk onderdeel beheert. In Ruwenbos zijn de beheer- en onderhoudmaatregelen onderverdeeld in stadsdeelbeheer en centrale uitvoering. Het groenbeheer (maaïen, bezanden, verticuteren, beluchten, inzaaien, bladblazen en het verwijderen van zwerfvuil) valt onder het takenpakket van een stadsdeel. Het civieltechnische beheer (de drain doorspuiten, de regelput instellen, de kolken uitzuigen en de vervangingswerkzaamheden uitvoeren) komt voor rekening van de afdeling centrale uitvoering. Een goede afstemming tussen beide gemeentelijke niveaus is noodzakelijk.

Taakverdeling beheer gemeente en particulieren

Het groenbeheer door de gemeente kan achterwege blijven als de wadi niet op openbaar maar op particulier terrein ligt. In de wijk Oikos staat in de koopovereenkomst dat de eigenaar het groenonderhoud (stadsdeelbeheer) uitvoert. De gemeente voert het civieltechnische beheer (centrale uitvoering) en het groot onderhoud uit. Het nadeel van deze taakverdeling is dat de gemeente regelmatig moet controleren (schouwen) of het beheer correct is uitgevoerd. De wadi mag niet worden vergraven of overkluisd of verhard zijn. In de praktijk blijkt het moeilijk om hierop toe te zien of om in te grijpen als de bewoners in gebreke blijven.

7 Monitoring

7.1 Waarom monitoring?

De realisatie van de wijk Ruwenbos betekende dat voor het eerst grootschalig wadi's in Nederland werden aangelegd. Deze introductie bracht onzekerheden met zich mee over de manier waarop het watersysteem hydrologisch en milieuhygiënisch functioneerde.

Om in de praktijk te onderzoeken hoe de wadi functioneert, is een monitoringsprogramma opgesteld. Dit gebeurde in overleg met het waterschap Regge en Dinkel, de gemeente Enschede, de provincie Overijssel, Stichting RIONED en adviesbureau Tauw. Het programma monitort hoe de wadi hydrologisch en milieuhygiënisch functioneert.

In mei 1999 startte de zes jaar durende monitoring van één van de drie wadi's: de rode wadi. Deze ligt in het midden van de wijk. De volgende paragrafen beschrijven de resultaten van het monitoringsprogramma.

48 |

De gemeente Enschede heeft de wijk Ruwenbos in fasen aangelegd. De eerste fase ontwikkelde het meest oostelijke deel met de groene wadi. Daarna volgde het middelste deel met de rode wadi en als laatste het gebied rond de blauwe wadi. De plaats van het monitoringsonderzoek is omcirkeld in figuur 24. Het gebied bestaat uit een deel van de wadi tussen twee voorden (de kruising van weg en wadi, zie figuur 9).



Figuur 24 Plaats van het monitoringsonderzoek in de rode wadi



Figuur 25 Foto van het meetvak

7.2 Doel van het onderzoek

Het doel van het onderzoek is inzicht te krijgen hoe de wadi's in de wijk Ruwenbos hydraulisch en milieuhygiënisch functioneren. Een bewonersonderzoek inventariseert hoe de wadi werkt in de ogen van de bewoners. Voor het milieuhygiënisch functioneren is eerst de nulsituatie bepaald. Hierbij zijn de bodem van de infiltratievoorziening, het aggregaat en het grondwater bemonsterd. Een overzicht van het hele meetprogramma vindt u in bijlage 1.

Opzet van het onderzoek

De opzet van het meetprogramma is een intensieve meetperiode van 1999 tot en met 2002. Deze eerste periode moest inzicht geven in de manier waarop de voorziening functioneert, zowel in hydraulisch als in milieuhygiënisch opzicht. Eventuele tekortkomingen van het systeem kan de gemeente dan zo snel mogelijk herstellen. Bovendien was op dat moment in Nederland nog weinig bekend over de werking van wadisystemen, terwijl veel gemeenten de aanleg van wadi's overwogen en konden profiteren van de eerste resultaten van de monitoring in Enschede.

Observaties

In de laatste drie meetjaren (van 2002 tot en met 2005) bestaat het onderzoek uit wat passievere observaties. Hierbij staan vooral de ervaringen met het onderhoud en de meningen van de bewoners centraal. Aan het eind van de meetperiode, in 2005, is ten slotte nog een aantal onderzoeken gedaan naar de kwaliteit van de bodem, het grondwater en het slib in de wadi. Bovendien is met een enquête de beleving van de bewoners geïnventariseerd.

Het onderzoek kent de volgende deelvragen:

- 1 Wat is het waterstandsverloop in de wadi in relatie tot de neerslag?
- 2 Wat is de kwaliteit van de waterstromen in het gebied?
- 3 Hoe verhouden de gemaakte kosten voor aanleg en onderhoud van de wadi zich tot de kosten voor aanleg en onderhoud van een rwa-riool?
- 4 Hoe ervaren de bewoners de wadi's in hun woonomgeving?

7.3 Meetapparatuur

Het hydraulische meetprogramma gebruikt verschillende instrumenten:

Grondwater

In mei 1999 zijn zes peilbuizen geslagen voor de monitoring van de grondwaterstanden. In het gebied is een grondwatertrap V (*Bodemkaart Nederland, Stiboka 1979*), oftewel een gemiddelde hoogste grondwaterstand ondieper dan 40 cm -mv en een gemiddelde laagste grondwaterstand dieper dan 120 cm -mv. De peilbuizen (11 t/m 16) zijn zowel bovenstrooms, benedenstrooms als in de voorziening geplaatst, zodat men de mogelijke effecten op het grondwater zowel boven- als benedenstrooms van de voorziening kan bemonsteren. Het grondwater stroomt van het zuidoosten naar het noordwesten. De locatie en de plaats waar de monsters (grondmonsters en peilbuizen) genomen zijn, vindt u in bijlage 2.

Dataloggers

Om waterstanden te monitoren worden dataloggers gebruikt.

Twee waterstanden worden continue gemeten:

- de waterstand in de wadi;
- de waterstand van de drain in de regelput.



Figuur 26 Dataloggers

Regenmeter

Een zelfregistrerende regenmeter op een statief meet de neerslag. De regenmeter staat vlak bij de monitoringslocatie.



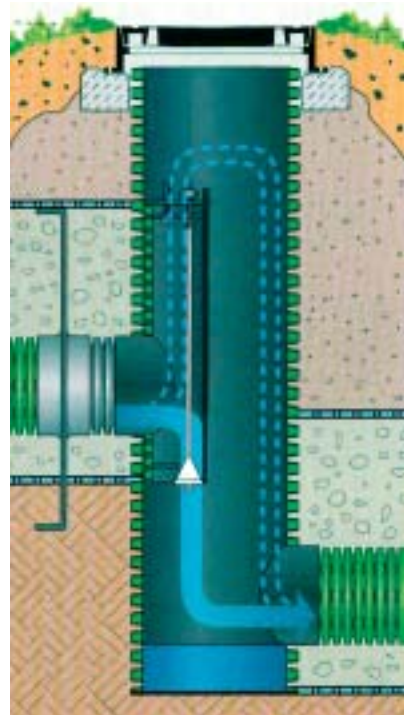
Figuur 27 Regenmeter met op de voorgrond de opvangconstructie voor de kwaliteitsmeting van het regenwater

7.4 Meetopstelling

Een filterbuis in de infiltratievoorziening waarin een datalogger hangt, monitort de (grond)waterstand in de wadi.

Waterstand drainregelput

In de regelput wordt met een datalogger één keer per kwartier de waterstand gemeten. Uit deze waterstand kan bepaald worden wat de waterstand in de drain is en of er overstortingen zijn geweest. In de put is een klep aangebracht die open kan bij hoge grondwaterstanden (in de winterperiode). Zo krijgt de wadi een drainerende werking.



Figuur 28 Links: bovenaanzicht regelput, Rechts: tekening dwarsdoorsnede

Kwaliteit regenwater

Bij regen wordt het regenwater verzameld voor bemonstering. Vanuit een opvangoppervlak (van ruim 1 m²) wordt een monsternamefles gevuld die in het laboratorium is geanalyseerd op diverse stoffen. De gemeente plaatste de opvangconstructie voor of tijdens de bui, waardoor ze natte depositie kon meten.

Kwaliteit afstromend regenwater van daken

Er worden monsters genomen van het afstromend regenwater van het schuurdak uit een kunststof regenton in de achtertuin van een huis, in de buurt van de wadi. Het water stroomt vanaf het platte dak via een pvc-regenpijp in de regenton. Om beurten zijn monsters genomen van het afstromende regenwater van het dak van de woning (steekmonsters).

Kwaliteit afstromend regenwater daken en wegen

Na een regenbui wordt een monster genomen uit de laag water die in de wadi staat. Dit monster geeft de kwaliteit van het regenwater aan dat over de wegen en de daken van de wijk heeft gestroomd. Ook worden monsters uit een kolk aan het eind van de goot in de rijweg genomen. Dit omdat het water voorgefilterd kan zijn, doordat het door het gras stroomt en in de wadi bezinking kan optreden. Tevens vindt monsterneming plaats voordat het water de wadi instroomt.

| 53

7.5 Resultaten kwantiteit

7.5.1 Neerslaghoeveelheid

De hoeveelheid neerslag wordt per kwartier geregistreerd. Bij de interpretatie van de meetgegevens is deze vergeleken en al dan niet aangevuld met de neerslagmetingen van het dichtstbijzijnde KNMI-station. Dit station ligt ook in Enschede, op enkele kilometers van de neerslagmeter in Ruwenbos. De gegevens van deze en andere nabijgelegen stations (Hengelo (Overijssel) en Twente (bij het vliegveld)) staan in tabel 2.

Tabel 2 Afstand van regenmeter Ruwenbos tot KNMI-station

	Ruwenbos	KNMI station Enschede	KNMI station Hengelo (Overijssel)	KNMI station Twenthe
Afstand tot wadi te Ruwenbos [km]	0	circa 3.5 km	circa 15 km	circa 15 km

Resultaten regenmeter

In tabel 3 staan de resultaten van de regenmeter en de KNMI-neerslagcijfers. Bij de vergelijking is te zien dat de regenmeter in Ruwenbos op jaarbasis minder neerslag meet dan het station van het KNMI. Het is moeilijk om een regenmeter adequaat op te stellen in stedelijk gebied. Lagere neerslagtotalen in Ruwenbos zijn te verklaren door de meetopstelling in het stedelijk gebied en door storingen waarbij gegevens verloren zijn geraakt. Daarom zijn de gegevens van het KNMI aangehouden voor de jaartotalen. Voor de interpretaties van de buien in relatie tot de waterstanden in de wadi is de gemeten neerslag in de wijk Ruwenbos gebruikt.

De gemeten neerslag in de drie meetjaren ligt boven het historisch gemeten gemiddelde. In Enschede ligt de gemiddelde neerslag in de jaren 1971-2000 tussen 750-775 mm (KNMI, 2002). De zomerperioden (met name juli, augustus en september) kenmerken zich door korte buien met een hoge intensiteit. In de winterperioden is over het algemeen de neerslagintensiteit lager; de buien duren dan wel langer.

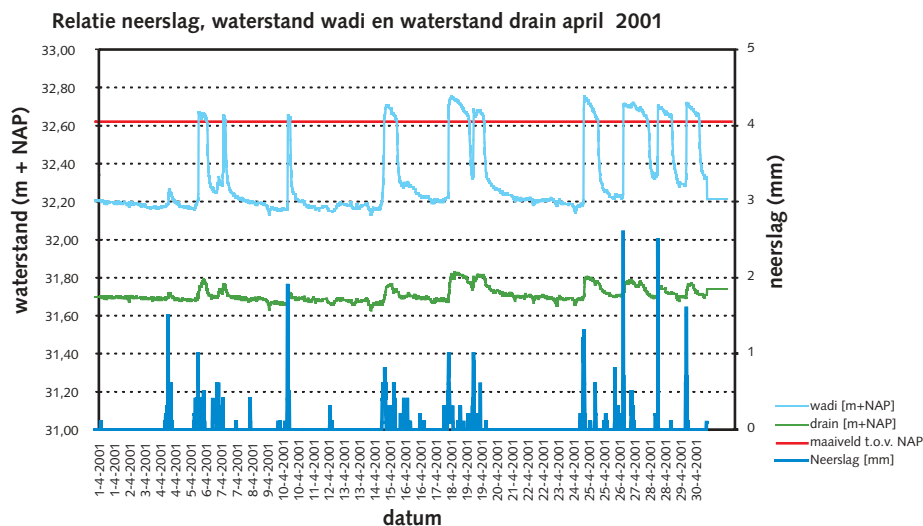
Tabel 3 Neerslagtotalen Ruwenbos en omgeving

Maand	meetjaar 1 1 mei 1999- 1 mei 2000		meetjaar 2 1 mei 2000- 1 mei 2001		meetjaar 3 1 mei 2001- 1 mei 2002	
	neerslag Ruwenbos	neerslag KNMI	neerslag Ruwenbos	neerslag KNMI	neerslag Ruwenbos	neerslag KNMI
Mei	-	84,2	68,1	55,2	11,8	17
Juni	77,4	64,3	37,3	39,9	92	89,2
Juli	126,4	82,5	118,1	104,4	39	77
Augustus	87,8	91,7	83,6	74	90,6	102,1
September	61	85,9	106,1	100	79,5	106
Oktober	48,7	52,8	64,2	70	54,6	50,7
November	43,8	46,9	31,70	56,8	75,3	78,1
December	137,8	138,3	4,4*	54,1	66,8	97,5
Januari	67,3	67,3	22,9*	62,1	61,8	72,2
Februari	109,2	108,6	21,8*	68,5	139,5	127,3
Maart	70,8	99,2	96,8	90,9	33,5	52,2
April	57,6	49,9	85,3	80,2	21,8	50,6
Totaal	887,8	971,6	740,3	856,1	766,2	919,9

* dataverlies

7.5.2 Waterstand in de wadi

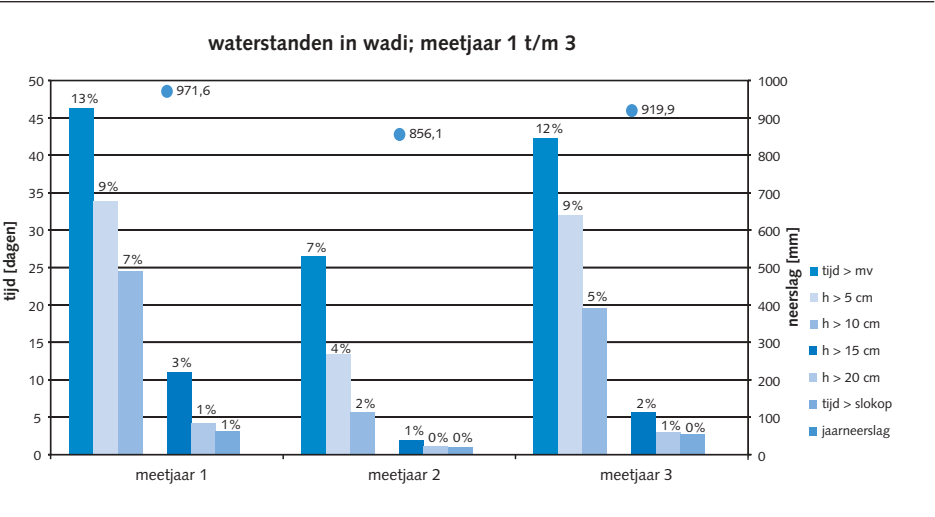
Tijdens de meetjaren zijn de waterstanden in de wadi gemeten. Een voorbeeld van het verloop van de waterstanden in relatie tot de neerslag staat in het maandoverzicht van april 2001 (zie figuur 29). In deze figuur ziet u de (grond)waterstanden in de wadi, de neerslag en de waterstand in de drain en het niveau van de wadibodem.



Figuur 29 Maandoverzicht april 2001

Waterstandverhoging

Bij een bui treedt in de wadi een waterstandverhoging op die na de bui uitzakt. Dit komt doordat het water in de bodem infiltreert. Over het algemeen wordt pas een waterstandverhoging gemeten bij een neerslagintensiteit groter dan 2 mm. De waterstanden zijn geverifieerd aan de gemeten grondwaterstanden en visuele waarnemingen. De waterhoogten zijn statistisch verwerkt en uitgezet tegen de laagste maaiveldhoogte van de wadi. De overschrijdingen van het maaiveld kennen hierbij intervallen van 5 cm. Figuur 30 geeft de resultaten grafisch weer, zodat de diverse meetjaren onderling kunnen worden vergeleken. Zo was in het eerste en natste meetjaar het water gedurende 46 dagen hoger dan of gelijk aan het laagste maaiveldniveau (13% in een jaar, oftewel de wadi stond 87% van de tijd droog).



Figuur 30 Statistische gegevens wadiwaterstanden

Tabel 4 Statistische gegevens wadiwaterstanden [neerslag in mm en tijd in dagen]

Dagen	Neerslag		Waterstanden					
	KNMI	Ruwenbos	Wadi tijd>mv	Wadi h> 5cm +mv	Wadi h> 10cm +mv	Wadi h> 15cm +mv	Wadi h> 20cm +mv	Wadi tijd>slok-op
Meetjaar 1	971,6	972,0	46,3	33,9	24,5	11,0	4,1	3,1
Meetjaar 2	856,1	740,3	26,5	13,4	5,6	1,9	1,1	1,0
Meetjaar 3	919,9	810,2	42,3	32,0	19,5	5,6	3,0	2,7
Totaal	2748	2523	115	79	50	19	8	7

Leeglooptijd van de wadi

De waterbodem is niet egaal, waardoor het water zich verzamelt op het laagste maaiveldniveau. Een overschrijding van het maaiveld is te zien aan drassige grond. Daarna ontstaat vanuit de laagste plek een plas in de wadi die vervolgens de hele wadi vult. De leeglooptijd van de wadi's in de wijk is over het algemeen minder dan 24 uur. Visuele waarnemingen van bewoners bevestigen dit. Een vergelijking van de waterstanden en leeglooptijden van meetjaar 3 ten opzichte van de eerdere waarnemingen, duidt niet op dichtslibbing van de bodem op de monitoringslocatie. In het laagste deel van de wadi is lokaal minder begroeiing dan in andere delen, zodat de bodem daar naar verwachting dichter en minder doorlatend is. Het gaat hier om een klein deel van het oppervlak van de wadibodem, waardoor de infiltratiecapaciteit in zijn totaliteit niet afneemt.

7.5.3 Waterstand regelput

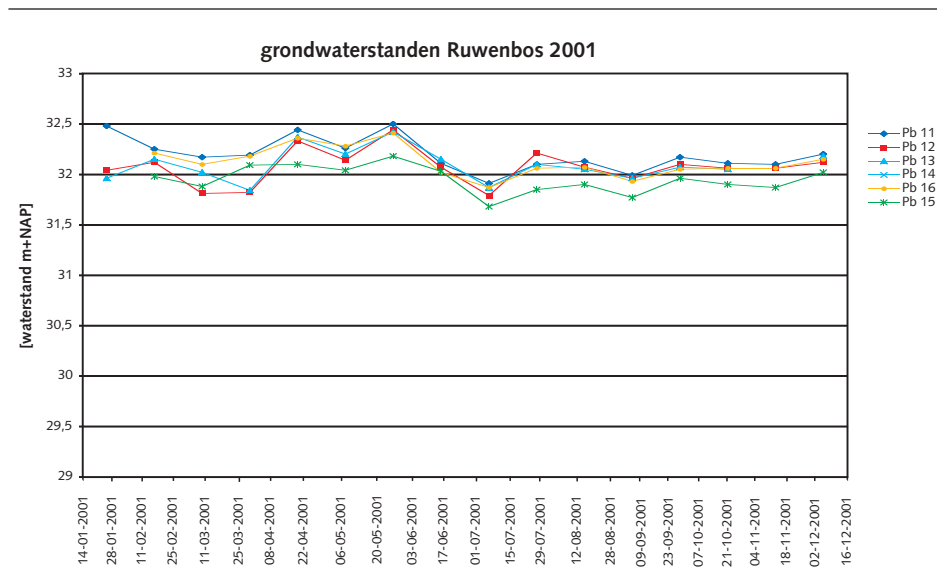
De waterstanden in de drain, gemeten in de regelput, zijn afhankelijk van de grondwaterstanden en de instelling van de regelput. In de zomer blijft de (grond)waterstand in de drain hoog door een klep in de drainregelput. In de winter gaat de klep open, waardoor de wadi een drainerende werking krijgt op de omgeving, als dat nodig is. Het water dat bij hevige regenval de wadi via de slokop verlaat, komt terecht in de buffer onder de wadibodem. Hier kan het alsnog infiltreren. Afhankelijk van de vul-ling van de buffer en de stand van de regelput kan het water naar het oppervlakte-water overstorten. Het overige water infiltreert in de bodem en komt in het grondwater terecht.

Tijdens de drie meetjaren trad de slokop slechts enkele uren in werking, waardoor vrijwel al het regenwater in de bodem en het grondwater terecht kwam (circa 99%). Naar verwachting kwam daarbij in de winterperiode ook een klein deel van het regenwater via de wadibodem in de drains terecht, waarna het naar het oppervlaktewater stroomde.

| 57

7.5.4 Grondwater

Hoge grondwaterstanden komen overeen met perioden met veel neerslag. De peilbui-zen in de wadibodem (12 t/m 14) fluctueerden in de meetjaren meer dan de peilbuizen op het talud of in het omringende maaiveld. Figuur 31 laat ter illustratie de meetwaar-den van 2001 zien.



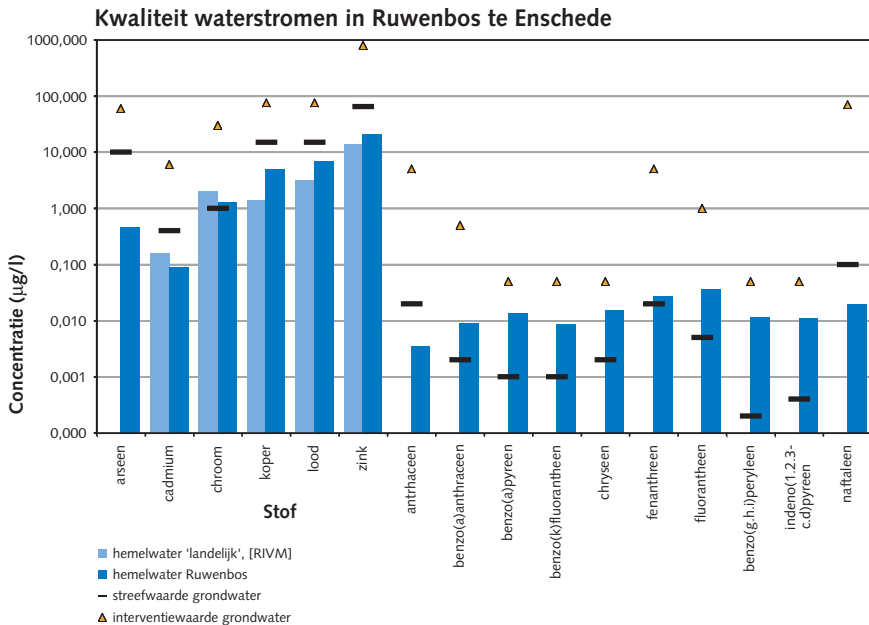
Figuur 31 Grondwaterstanden in Ruwenbos

7.6 Resultaten kwaliteit

De kwaliteit van de waterstromen (regenwater, afstromend regenwater van daken, drainagewater en afstromend regenwater van daken en wegen) is geanalyseerd op diverse parameters. Bij de eerste bemonstering zijn ter verificatie aromaten en chloorhoudende koolwaterstoffen geanalyseerd. Deze stoffen zaten onder de detectiegrenzen en zijn daarom niet meegenomen in het verdere meetprogramma.

7.6.1 Regenwater

In figuur 32 staan de concentraties van regenwater (natte depositie) dat nog niet tot afstroming is gekomen. Verhard oppervlak heeft de kwaliteit van dit water dus nog niet beïnvloed. Hierbij gaat het om de gemiddelde concentratie van de eerste drie meetjaren (dertien metingen).



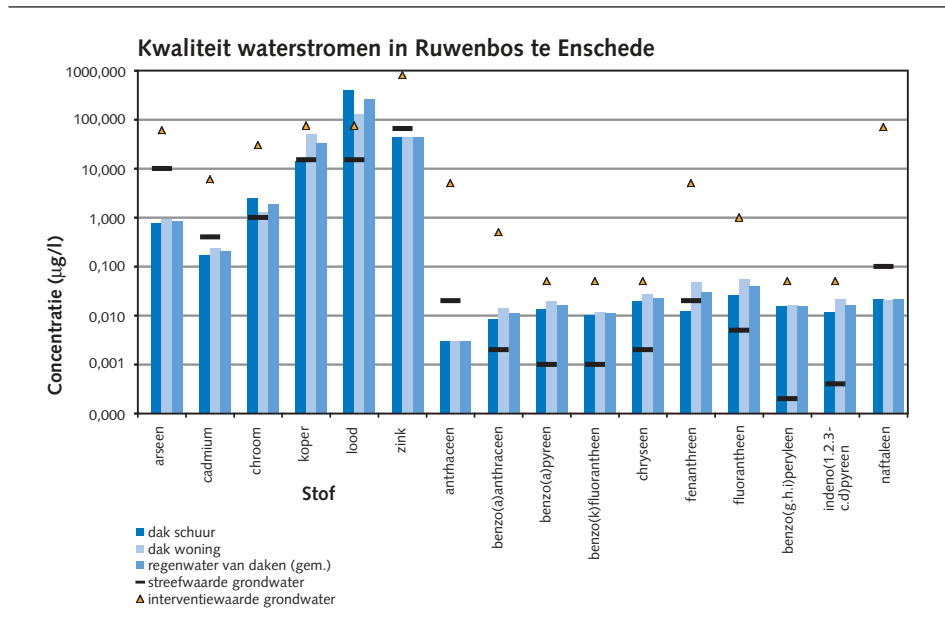
Figuur 32 Gemiddelde kwaliteit regenwater

De grafieken bevatten ook de streef- en interventiewaarde voor grondwater. Daarbij valt op dat veel PAK de streefwaarde overschrijden. De interventiewaarde wordt niet overschreden. Overschrijdingen van de streefwaarde voor PAK zijn niet specifiek voor de gemeente Enschede; bij een vergelijkbaar onderzoek in Zwolle (Tauw, 1999) werd hetzelfde geconstateerd.

Deze gegevens bevatten daarnaast ook metingen naar de kwaliteit van regenwater van het RIVM op station 722 (Eibergen). Het RIVM meet de natte depositie van neerslag die ter vergelijking ook in de grafiek staat. De gehalten van de stoffen bij het station in Eibergen zijn over het algemeen iets lager. Dit kan komen doordat de gemeente de regenopvangs (wet-only) in landelijk gebied heeft geplaatst, waardoor de opvangs minder blootstaan aan stedelijke vervuiling.

7.6.2 Afstromend regenwater van daken

Bij afstromend regenwater van daken wordt onderscheid gemaakt tussen het afstromende regenwater van het schuurdak en dat van de woning.



Figuur 33 Gemiddelde kwaliteit afstromend regenwater van daken

Door uitloging van dakbekleding kunnen hoge concentraties van bijvoorbeeld zware metalen in het afstromend regenwater terechtkomen. Tabel 5 geeft de dakbekleding van de woning en van de schuur weer.

In de wijk waren verschillende aannemers actief, die mogelijk verschillende dakbedekkingen toepasten. Voor zover bekend bevatten de dakbedekking in de wijk bitumen, koper en EPDM-folie. De aannemers mochten geen zink zonder coating gebruiken.

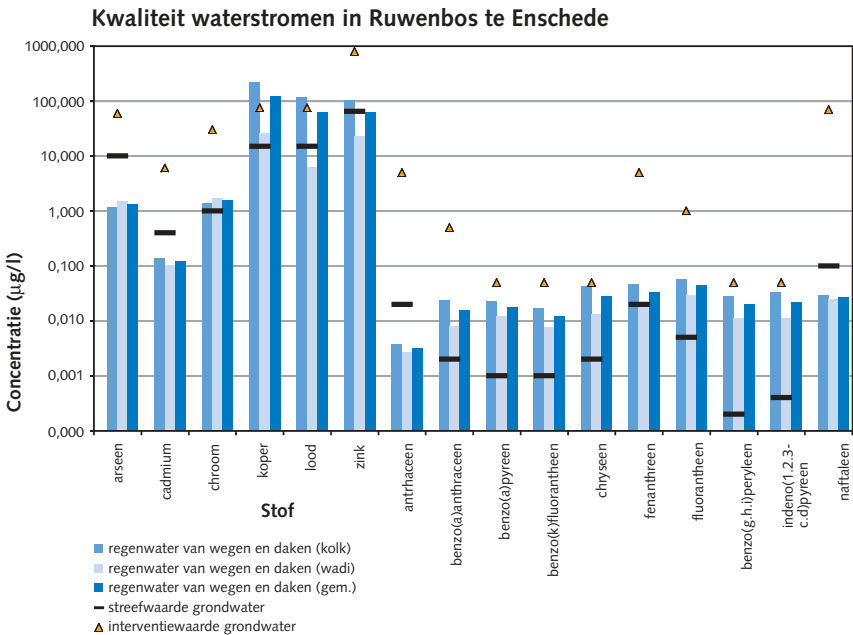
Tabel 5 Gebruikte dakmaterialen bij de onderzoekslocatie

	Dak schuur	Dak woning
Dak	Dakleer	Gladde sneldekpannen (antraciet)
Dakgoot	Geen	Koper
Waterdichte afsluiting	Loodslabben	n.v.t
Dakrand	Rand van roestvrij staal, afwerking met aluminium.	n.v.t.
Hemelwaterafvoer	Regenpijp van pvc	Pvc buis

Een koperen dakgoot van een woning zal een bijdrage hebben geleverd aan het hogere kopergehalte in het afstromende regenwater van het woningdak. En het hogere loodgehalte bij het schuurdak kan komen door uitloging van de loodslabben die als waterdichte afsluiting dienen.

7.6.3 Afstromend regenwater van daken en wegen

Op twee plaatsen zijn monsters genomen van het afstromende regenwater dat van daken en wegen komt en via de goten de wadi instroomt. Hierbij zijn monsters genomen van het water in de wadi en van het water in de kolk voordat het de wadi instroomt. De kwaliteit van het water is weergegeven in figuur 34.



Figuur 34 Kwaliteit afstromend regenwater van daken en wegen

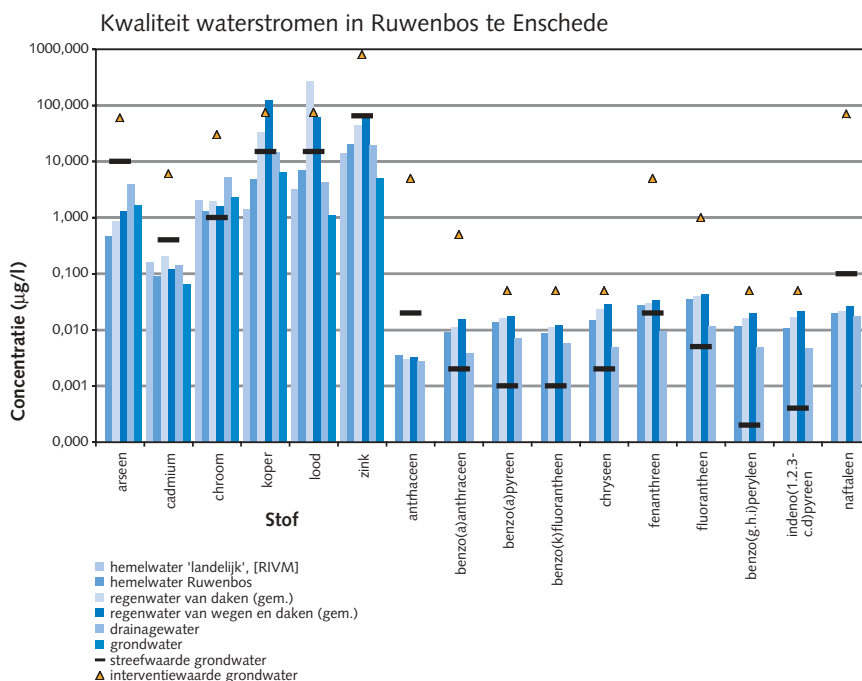
Meer stoffen overschrijden de normen dan bij het afstromende regenwater van daken. Het monster van het afstromende regenwater in de kolk is van slechtere kwaliteit dan het monster van het water in de wadi.

Het water uit de wadi heeft over klinkerverharding en gras gestroomd dat een zuiverende werking heeft. Dit omdat daaraan verbonden zwevende stoffen en verontreinigingen op deze oppervlakken kunnen achterblijven. Bovendien kunnen de stoffen bezinken op de wadibodem. In de kolk kunnen zich verontreinigingen verzamelen en achterblijven, waardoor de kwaliteit van dit water slechter is. PAK en zware metalen binden zich sterk aan zwevende stoffen.

7.6.4 Vergelijkbare resultaten

Figuur 35 vergelijkt de gegevens onderling. De figuur gebruikt het gemiddelde van de concentraties van de twee daken (schuur en woning). Ook de monsters van het water in de wadi en het water uit de kolk zijn gemiddeld tot 'afstromend regenwater van daken en wegen'. Daarnaast bevat de figuur ter vergelijking de kwaliteit van het grondwater (de nulsituatie) en van het drainagewater.

| 61



Figuur 35 Vergelijking kwaliteit waterstromen Enschede

De volgorde van de watersoorten is volgens de algemene perceptie van 'schoon' naar 'vuil'. Zo zou afstromend regenwater van daken minder vuil zijn dan dat van daken en wegen. Deze opvatting is over het algemeen bij de meeste stoffen (met name PAK) terug te vinden. Het hoge loodgehalte (interventiewaarde overschrijdend) in het afstromende regenwater van daken komt met name door de metingen aan het schuurdak (hoogste waarde 1.400 µg/l). De hoge gehalten van enkele stoffen in het drainagewater (arseen, chroom en nikkel) zijn terug te vinden in het grondwater waar deze stoffen ook in hoge mate voorkomen. PAK overschrijden regelmatig de streefwaarden (ook in vergelijkbaar onderzoek in Zwolle, *Tauw 1999, rioleringstechniek 2005.*). Dit is al het geval bij regenwater (natte depositie) dat nog niet over verharde oppervlakken heeft gestroomd. Onderlinge vergelijking van de kwaliteit van afstromend regenwater tussen de verschillende meetjaren laat geen significante afwijking zien.

7.6.5 Toplaag wadi

Na bepaling van de kwaliteit van de bodem in de beginsituatie, is een monster genomen van de bovenste (slib)laag van de wadi. Hiervoor zijn zowel in de eerste drie meetjaren als in 2005 mengmonsters van de bovenste sliblaag in het midden van de wadi genomen en geanalyseerd. Een vergelijking van het eerste, tweede, derde en zesde meetjaar leverde geen eenduidige toename op van zware metalen en PAK in de toplaag. Alle concentraties voldoen aan de streefwaarden.

Marginale toe- en afnamen in deze meetjaren zijn het resultaat van de heterogeniteit van de bodem en de bemonsteringslocatie. Verontreinigingen (PAK en zware metalen) kunnen zich bij infiltratie ophopen in de toplaag. Deze oplading van de bodem is een proces dat zich over meerdere jaren uitstrekt. Naar verwachting is de huidige periode van monitoring te kort om een significant effect te kunnen waarnemen.

7.6.6 Bodem en grondwater wadi

In 2005 zijn op vier plaatsen in de wadi bodemmonsters genomen, op vier diepten. In dit deel van het wadisysteem is de berging klein (er is relatief veel verhard oppervlak op aangesloten). Dit gedeelte kent dus een relatief zwaardere hydraulische en milieuhygiënische belasting. Bij de toetsing van de concentraties blijken zowel in het grondwater als in de grond hooguit af en toe lichte verontreinigingen aanwezig te zijn (overschrijdingen van de streefwaarde). Alleen de stoffen zware metalen, minerale olie en PAK (10) in de bodem komen boven de detectiegrenzen uit. Dit komt overeen met de resultaten uit 1999. In 2005 is geen verslechtering van de grondwaterkwaliteit benedenstrooms van de wadi ten opzichte van 1999.

Concentraties verontreinigingen

Bij elk bodemmonster nemen de concentraties af naarmate de bemonstering dieper is. Dit kan duiden op een ophoping van zware metalen en PAK in de toplaag. Ter verge-

lijking zijn ook twee bodemmonsters genomen in het talud, ruim boven het niveau van de slokken van de wadi. Deze monsters worden niet door afstromend regenwater belast. De onbelaste monsters lieten ook hogere waarden in de bovenlaag zien van zware metalen en PAK. De concentraties blijken hier in absolute zin wel lager te zijn dan in de wadibodem. De verontreinigingen in de wadibodem die door regenwater is belast, blijken ongeveer 25% hoger te zijn dan bij de 'onbelaste' bodem. Er is nader onderzoek nodig om vast te stellen welke omstandigheden van invloed zijn op dit percentage. Hiervoor is een langere onderzoeksperiode gewenst.

Marginale toe- en afnamen in deze meetjaren zijn het resultaat van de heterogeniteit van de bodem en de bemonsteringslocatie. Verontreinigingen (PAK en zware metalen) kunnen zich bij infiltratie ophopen in de topplaat. Maar deze oplading van de bodem is een proces dat zich over meerdere jaren uitstrekt. Naar verwachting is de huidige periode van monitoring te kort om een significant effect te kunnen waarnemen.

| 63

7.7 Doorlatendheid bodem en geotextiel

7.7.1 Bodem

Op basis van doorlatendheidsmetingen (infiltrometertest²) blijkt de gemiddelde doorlatendheid van de wadibodem in de orde van **0,5-1 m/d te liggen**. Uit de diverse doorlatendheidsmetingen die in 1999 en 2005 zijn uitgevoerd, blijkt dat er geen afname is van de doorlatendheid door dichtslibbing. Ook de hydraulische metingen in de eerste drie meetjaren laten geen algemene toename van de leeglooptijd zien. De bewoners bevestigen dit als ze in de enquête melden dat het water in 2005 nog goed in de bodem zakt, op enkele kale plekken na.

7.7.2 Geotextiel

Onder de wadibodem zijn kleikorrelpakketten aangebracht die omgeven zijn door een geotextiel. In een klein deel van de groene wadi is hiervoor een weefsel ge-



Figuur 36 Doorlatendheidsmeting

² De infiltrometertest bepaalt de verticale doorlatendheid aan het maaiveld (onverzadigde zone). Vooral in gelaagde profielen is de verticale doorlatendheid bepalend voor de infiltratiekarakteristieken van de bodem.

bruikt, in de overige wadi's een vlies ('non woven'). In 2005 zijn op drie plaatsen geotextielen opgegraven in de wadi's en visueel geïnspecteerd. In de groene wadi is een deel opgegraven waar een weefsel is toegepast en een deel waar een vlies is toegepast; in de rode wadi is een vlies opgegraven. Overigens is een monster van de bovenzijde van het pakket genomen. Met name bij de vliezen is geen monster genomen van de zijkant, vanwege de hoge grondwaterstand op dat moment.

Visuele inspectie van de vliezen

Op het oog leken de vliezen duidelijk dichtgeslibd, terwijl het weefsel er nog opvallend schoon uitzag. Tauw heeft vier monsters genomen van de geotextielen en deze in het laboratorium laten onderzoeken op waterdoorlatendheid. De verschillen in doorlatendheid van de vliezen liep op tot een factor zeven. Met andere woorden: hetzelfde vlies heeft op de ene locatie een zeven maal lagere doorlatendheid na ongeveer zeven jaar dan het vlies in de andere wadi. Deze doorlatendheden zijn niet goed te vergelijken met de oorspronkelijke doorlatendheid bij levering. Er blijken namelijk (internationaal) verschillende normen in omloop te zijn die de doorlatendheid bepalen. Van het toegepaste vlies zijn daardoor waarden gevonden die met een factor van vijftig variëren.



Figuur 37 Opgraving van het vlies in de groene wadi

Visuele inspectie van de weefsels

Van het weefsel in de groene wadi, zijn twee monsters genomen die op enkele centimeters van elkaar lagen. In het laboratorium is tussen beide monsters, onder gelijke omstandigheden, een verschil van circa 50% in doorlatendheid gemeten. Dit geeft aan dat de doorlatendheid lokaal grote variaties kent. De doorlatendheid van het weefsel is in absolute zin, dat wil zeggen in getalsgrootte, te vergelijken met die van het meest dichtgeslibde vlies. Een mogelijke oorzaak van het dichtslibben kan zijn dat de wadi-bodem, waaronder het geotextiel ligt, machinaal is gemaaid bij natte omstandigheden. Daardoor kan grond in het geotextiel zijn gedrukt. Waarschijnlijk is de doorlatendheid van het geotextiel aan de zijkant van het kleikorrelpakket groter, maar door de praktijkomstandigheden (hoge grondwaterstanden) is dit niet nagegaan. De doorlatendheid van de onderzochte geotextielen is in alle gevallen nog wel groter dan de doorlatendheid van de bodem. Van het meest dichtgeslibde geotextiel is de doorlatendheid circa twintig maal groter dan die van het omliggende zandpakket. De huidige dichtslibbing levert op dit moment dan ook (nog) geen problemen op voor de werking van het gehele wadisysteem.

| 65



Figuur 38 Overzicht van het (tijdens de opgraving) beschadigde weefsel met onderliggende kleikorrels

7.8 Aanleg- en onderhoudskosten

7.8.1 Aanlegkosten

In tabel 6 staan de geraamde kosten voor de aanleg van de groene en de rode wadi. De kosten zijn specifiek voor de wijk in Ruwenbos; ze zijn niet direct te vertalen naar andere locaties. De kosten zijn afkomstig uit de directiebegroting voor het bouw- en woonrijp maken van de wijk Ruwenbos en uit het groenbestek Ruwenbos. In de tabel ziet u alleen de totale kosten. Een verder uitsplitsing van de kosten vindt u in bijlage 3. Alle prijzen zijn gebaseerd op het prijspeil van 2005.

Tabel 6 Geraamde aanlegkosten rode en groene wadi (prijspeil 2005)

Omschrijving	Eenheid	Aantal	Prijs per eenheid (€)	Subtotaal (€)
Aanleg groene en rode wadi	m	400	98,62	39.448
Aanleg oversteekplaatsen groene en rode wadi (ruiten)	st.	7	2.770,86	19.396
Beplanting rode en groene wadi	m	400	19,86	7.944

De bovengenoemde bedragen zijn exclusief algemene kosten, uitvoeringskosten, eenmalige kosten, winst en risico, VTU (Vorbereiding, Toezicht en Uitvoering) en btw



Figuur 39 De voorde bestaat voor een groot deel uit keien

De kosten per strekkende meter wadi zonder de oversteekplaatsen (voorden) bedragen: $((98.62+19.86)*1,64) = \text{€ } 194$. De oversteekplaatsen zijn buiten beschouwing gelaten, omdat ze een onderdeel van de rijweg vormen en niet van de wadi. Bovendien zijn de oversteekplaatsen vrij luxe uitgevoerd, waardoor een vertekend beeld van de wadi-kosten zou ontstaan.

Na de aanleg heeft de gemeente in de eerste jaren nog wat extra maatregelen uitgevoerd. Tabel 7 geeft een overzicht van de extra kosten die de gemeente in de loop van de jaren heeft gemaakt.

Tabel 7 Overzicht extra kosten (prijspeil 2005)

Datum	Activiteit	Kosten (inclusief. BTW) (€)
Juli '97	Aanpassen groene wadi	280
Mei '98	Opschonen wadi's	649
Juni '98	Herprofilen rode wadi door uitspoeling	939
Sept. '98	Regelput bij de groene wadi vrijmaken	199
Juni '99	Herstel groene wadi (2e keer) inzaaien, frezen, naprofilen	1.845
Voorj '00	Bodem groene wadi frezen en invullen	circa 1.250
Totaal		5.162

Per strekkende meter zijn de extra gemaakte kosten: $5.162/400\text{m} = \text{€ } 12,91$.

De totale kosten per strekkende meter wadi (groene en rode wadi) bedragen dus voor Ruwenbos:

$\text{€ } 194 + \text{€ } 12,91 = \text{€ } 206,91$.

7.8.2 Vergelijking aanlegkosten wadi's en rwa-riool

Wadi's en rwa-riolen zijn niet zomaar met elkaar te vergelijken. Over het algemeen zijn er meer strekkende meters rwa-riool nodig dan meters wadi. Om de aanlegkosten van de wadi's en rwa-riool toch te kunnen vergelijken, moeten de aanlegkosten per strekkende meter worden omgerekend naar kosten per m^2 verhard oppervlak.

In tabel 8 ziet u een vergelijking voor de wijk Ruwenbos van alleen de rode en groene wadi's.

Tabel 8 Vergelijking aanlegkosten wadi en rwa in Ruwenbos (prijspeil 2005)

	Kosten (inclusief BTW) (€/m)	Lengte (m)	Totale kosten (€)	Kosten* (€/m²)
Groene en rode wadi	206,91	400	82.764	5,17
Rwa-riool	162,23***	885**	143.574	8,97

* Kosten per m² verhard oppervlak (inclusief BTW). Op de rode en de groene wadi in Ruwenbos is ongeveer 1,6 ha verharding aangesloten.

** De lengte van het rwa-riool dat nodig zou zijn als er geen wadi's zouden liggen, is globaal gemeten.

*** Het gaat hierbij om de kosten van het meeleggen van een Ø500 rwa-riool, exclusief het grondwerk (€ 114,31) en het plaatsen van een put om de 60 m (€ 47,92).

Uit de tabel blijkt dat een rwa-riool per meter goedkoper is dan een wadi. Maar voor hetzelfde verharde oppervlak in deze specifieke situatie zijn meer meters wadi nodig dan meters rwa-riool. De totale kosten en de kosten per m² liggen hierdoor voor een wadi lager dan voor een rwa-riool.

7.8.3 Beheerkosten

In tabel 9 staan de jaarlijkse onderhoudsmaatregelen van de wadi, in tabel 10 de onderhoudskosten. Uitgangspunt bij deze tabellen is een wadi met een totale maaibreedte van 4,2 m. Het groenonderhoud bestaat uit het verzamelen en afvoeren van vuil en blad, maaien en afvoeren, verticuteren, bezanden en plaatselijk inzaaien. Het civieltechnisch onderhoud bestaat uit het doorspuiten van de drain en het schouwen van de regelputten.

Tabel 9 Jaarlijkse onderhoud wadi

Activiteit	Frequentie per jaar
Maaien	22
Vuil verzamelen/afvoeren	7
Bladblazen en verwijderen	2
Verticuteren	1
Bezanden bodem	1
Inzaaien kale plekken	1
Doorspuiten drain	1
Schouwen regelputten	2

Tabel 10 Jaarlijkse onderhoudskosten wadi (prijspeil 2005)

Activiteit	Kosten (€/m/jr)
Groenonderhoud	9,88
Civieltechnisch onderhoud	1,22
Totale kosten	11,10

Naast het jaarlijkse onderhoud heeft een wadi groot onderhoud nodig.

Tabel 11 Groot onderhoud/vervangingskosten wadi (prijspeil 2005)

Activiteit	Frequentie	Kosten (€/m/jr)
Vervangen vervuild filterzand	1 keer per 60 jaar	1,79
Opnemen/afvoeren en storten filterdoek, korrels en drain	1 keer per 60 jaar	0,55
Leveren en aanbrengen filterdoek/korrels/drain filterzand	1 keer per 60 jaar	1,47
Totale kosten		3,81

7.8.4 Vergelijking beheerkosten wadi's en rwa-riool

In tabel 12 staan de beheerkosten. Deze kosten komen uit een notitie van de afdeling Beheer van de gemeente Enschede.

| 69

Tabel 12 Beheerkosten rwa-riool (prijspeil 2005)

Activiteit	Frequentie	Kosten (€/m/jr)
Onderhoud rwa-riool	1 keer per jaar	1,41
Vervanging	1 keer per 60 jaar	3,25
Totaal		4,66

Om de beheerkosten van de wadi's en het rwa-riool goed met elkaar te vergelijken, moeten de beheerkosten omgerekend worden naar de beheerkosten per m² verhard oppervlak. In tabel 13 vindt u een vergelijking voor de rode en groene wadi in de wijk Ruwenbos.

Tabel 13 Vergelijking beheerkosten wadi en rwa in Ruwenbos (prijspeil 2005)

	Kosten (€/m/jr)	Lengte (m)	Totale kosten (€/jr)	Kosten*(€/m2/jr)
Groene en rode wadi	14,91	400	5.964	0,37
rwa-riool	4,66	885**	4.124	0,26

* Kosten per m² verhard oppervlak. Op de rode en groene wadi in Ruwenbos is ongeveer 1,6 ha verharding aangesloten.

** De lengte van het rwa-riool dat zonder wadi's nodig zou zijn, is van de kaart gemeten.

Uit de tabel blijkt dat de jaarlijkse onderhoudskosten per m² aangesloten verhard oppervlak voor een wadi € 0,11 hoger liggen dan voor een rwa-riool. Maar de wadi's vormen meteen ook groenstroken die er bij een rwa-riool ook (gedeeltelijk) zouden moeten zijn. Dan zou een deel van de kosten voor rekening van groenbeheer komen.

7.8.5 Conclusies

De bekeken aanlegkosten per vierkante meter aangesloten verhard oppervlak in de wijk Ruwenbos zijn lager bij een wadi dan bij een rwa-riool. De onderhoudskosten van een wadi zijn hoger dan de onderhoudskosten van een rwa-riool.

8 Bewonersonderzoek

Wat vinden de bewoners van de wadi en van alles wat met een wadi te maken heeft? Bewoners zien de wadi's dagelijks en kunnen dus waardevolle informatie verschaffen over wat goed gaat en wat beter kan. Daarom is in 1999, toen de wadi's net definitief waren ingericht, een enquête gehouden onder de bewoners van de wijk. In 2005 is deze enquête herhaald.

De opbouw en vraagstelling van beide enquêtes is vrijwel identiek. De enquête in 2005 bevatte een aantal nieuwe vragen over de volgende onderwerpen: het ondervinden van hinder van de wadi, gladheid in en rond de goten in de rijweg en klachten van bewoners en de afhandeling hiervan.

70 |

8.1 Algemeen

De enquêtes zijn in oktober 1999 en juli 2005 verspreid in de straten die rondom de wadi's liggen. In 2005 zijn ook vijftig extra woningen meegenomen die iets verder van de wadi's liggen. Het ging hierbij om een appartementencomplex aan de vijver langs de Haaksbergsestraat.

Respons

Van 47 mensen is bekend dat zij de enquête ook in 1999 hebben ingevuld. Elf reacties komen van hetzelfde adres, maar zijn niet door dezelfde persoon ingevuld.

Tabel 14 Respons op de enquêtes

Jaar	Uitgedeeld (stuks)	Retour (stuks)	Retour (%)
1999	248	129	52 (met nabellen)
2005	299	130	43 (zonder nabellen)

De responsgroep bestaat voor een kwart uit jonge gezinnen (met kinderen in de categorie 0-5 jaar) en een kwart uit 'ouderen' (van 51 jaar en ouder, zonder kinderen). De andere helft van de groep bevat alleenstaanden en gezinnen met oudere kinderen. Van de huishoudens geeft 68% aan de eerste bewoner te zijn; zij wonen gemiddeld 7,6 jaar in de wijk. De eerste bewoners zijn overigens tussen 1996 en 1998 in Ruwenbos komen wonen, afhankelijk van de exacte locatie. Per jaar verhuist gemiddeld 4-5% van de huishoudens.

Tabel 15 Woonduur van de bewoners

Woonduur van de responsgroep in Ruwenbos	1999	2005
0 – 1*	16%	5%
1 – 2*	43%	7%
2 – 4*	41%	11%
Langer dan 4 jaar*	0	9%
Eerste bewoner	Niet naar gevraagd	68%
Totaal aantal huishoudens	100%	100%

* Deze bewoners zijn in 2005 nieuw ten opzichte van 1999.

Voorlichting van nieuwe bewoners

In 2005 geeft 91% van de groep eerste bewoners aan destijds voorgelicht te zijn over het wadisysteem, voornamelijk door de makelaar en de gemeente. Van de nieuwe bewoners geeft 78% aan voorgelicht te zijn toen ze de woning betrokken.

| 71

Tabel 16 Ontvangen informatie over het wadisysteem

Informatie over wadisysteem via	1999	2005*
Makelaar	54%	53%
Aannemer	9%	3%
Gemeente	21%	5%
Pers	12%	5%
Vorige bewoner	-	17%
Anders	4%	17%
Totaal	100%	100%

* In 2005 zijn alleen de bewoners bekeken die later in de wijk zijn komen wonen (de 'tweede generatie bewoners').

De makelaar informeert de meeste nieuwe bewoners over het wadisysteem. Bijna één op de vijf nieuwe bewoners krijgt de informatie over de wadi's via de vorige bewoners te horen. Daarnaast komt bijna één op de vijf nieuwe bewoners via kennissen of doordat ze het zelf zien erachter dat het om een wadiwijk gaat.

Van de groep nieuwe bewoners geeft 27% aan dat ze niet goed op de hoogte zijn over het systeem. Van de eerste bewoners is dit 11%. De nieuwe bewoners blijken dus minder goed geïnformeerd dan de eerste bewoners. De bewoners zijn vooral niet op de hoogte van de wijze waarop het systeem werkt, van wat de gemeente van de bewoners verwacht en waar ze terecht kunnen met vragen en/of klachten.

Tabel 17 Ontbrekende informatie over de wadi

Niet op de hoogte van:	Eerste bewoners (11%)	Nieuwe bewoners (27%)
Het functioneren van het systeem	13	19
Wat van de bewoners verwacht wordt	40	42
Waar ze terecht kunnen met vragen en/of klachten	47	38

Van de respondenten woont 27% in 2005 naast de wadi, 55% in de klinkerstraat naar de wadi toe en 18% aan de ontsluitingsweg van de wijk. De wijk bevat drie verschillende wadi's: een blauwe (zaksloot), een rode en een groene. U vindt de locatie van deze wadi's in figuur 24. De verdeling van de responsgroep over de drie wadi's is ongeveer hetzelfde als zes jaar geleden.

Tabel 18 Verdeling van bewoners over de wadi's

Bewoners van een wadi in%	1999	2005
Blauw	22	20
Rood	39	41
Groen	39	40

Samenvatting

Zes jaar na de eerste meting woont 68% van de eerste bewoners nog in het onderzochte deel van Ruwenbos. Deze bewoners wonen er in 2005 gemiddeld 7,6 jaar. De makelaar blijkt voor zowel de eerste als de volgende bewoners het belangrijkste informatiekanaal te zijn voor het wadisysteem. Voor de nieuwe bewoners zijn daarnaast ook de vorige bewoners een bron van informatie, net als hun eigen waarneming en/of informatie via bekenden. Toch weet meer dan een kwart van de nieuwe bewoners niet precies hoe het wadisysteem werkt, wat de gemeente van hen verwacht en waar ze met vragen en klachten terecht kunnen.

8.2 De wadi's

Uit het onderzoek blijkt dat de belevingswaarde van de bewoners van de drie wadi's verschilt. Overigens is de blauwe wadi een zaksloot en deze werkt duidelijk anders dan de groene en rode wadi's. Bovendien is de blauwe wadi anders ingericht.

Zowel uit de enquête in 1999 als in 2005 blijken bewoners de groene wadi het best te waarderen. De rode wadi volgt op kleine afstand als tweede. Het beeld van de rode en groene wadi is in 2005 vrijwel hetzelfde als in 1999.

De bewoners hebben in 1999 de meeste aanmerkingen op de blauwe wadi. Zo vinden ze het talud van deze zaksloot te steil in combinatie met de diepte en de breedte. Nadat aanpassing van het talud na de enquête in 1999 is de mening van de bewoners een stuk positiever. Hun waardering komt in 2005 vrijwel overeen met die van de rode wadi.

Begroeiing en onderhoud

Over het algemeen zijn de bewoners tevreden met de begroeiing en het onderhoud van de wadi. Dit beeld is in 2005 nog positiever dan in 1999. Toen vond 80% van de bewoners het onderhoud van de wadi's goed, in 2005 is 88% van de bewoners tevreden. De blauwe wadi draagt het minste bij aan de positieve beleving, omdat deze in de ogen van de bewoners veel onkruid bevat, een modderpoel is, minder goed onderhouden wordt en veel zwerfvuil bevat.

Kindvriendelijkheid

Gemiddeld ervaart 67% van de respondenten de wadi's in 2005 als kindvriendelijk, 22% vindt ze niet kindvriendelijk maar ook niet kindonvriendelijk en 11% vindt de wadi's kindonvriendelijk. Van bewoners met jonge kinderen vindt 53% de wadi's kindvriendelijk. Van de jonge gezinnen vindt 18% de wadi's niet kindvriendelijk. Redenen hiervoor zijn: te steile taluds, water in de wadi waardoor ze kinderen niet alleen kunnen laten en er vinden veel valpartijen plaats.

| 73

Tabel 19 Vergelijking van de kindvriendelijkheid van de drie wadi's

Kindvriendelijkheid per wadi	1999			2005		
Kindvriendelijk?	Blauwe wadi	Rode wadi	Groene wadi	Blauwe wadi	Rode wadi	Groene wadi
Kindvriendelijk	8%	50%	52%	20%	82%	75%
Niet kindvriendelijk, maar ook niet kindonvriendelijk	53%	35%	29%	52%	13%	16%
Kindonvriendelijk	39%	15%	19%	28%	4%	10%

De algemene conclusie is dat bewoners in 2005 de wadi's kindvriendelijker vinden dan zes jaar daarvoor. Respondenten ervaren de blauwe wadi (zaksloot) nog steeds als de minst kindvriendelijke wadi. De verhouding tussen de groene en rode wadi is min of meer gelijk gebleven; wel hebben meer mensen een duidelijk oordeel over wel of niet kindvriendelijk. In 1999 was er nog een grote groep die er niet echt een uitgesproken mening over had ('niet kindvriendelijk, maar ook niet kindonvriendelijk').

Overlast

De enquête in 2005 bevatte voor het eerst de vraag of bewoners last hadden van de wadi. Van de bewoners geeft 89% aan geen last van de wadi's te hebben. De overige 11% ondervindt hinder van de wadi door:

- regen (6%), vorst (6%), ongedierte (6%), stank (12%), langdurig water (12%) of;
- anders (59%), zoals:
- er ligt veel afval in;

- het is vervelend om met fiets (kinderen), buggy of wandelwagen over de keien bij de doorsteek door de wadi (voorde) te gaan;
- de wadi fungeert als hondenuitlaatplaats, waardoor hondenpoep in de wadi ligt;
- bewoners en bezoekers parkeren regelmatig hun auto in de wadi.



Figuur 40 Niet iedereen houdt zich aan de regels

Samenvatting

Bewoners waarderen de groene en rode wadi het meest. Hierin is in zes jaar tijd geen verandering gekomen. Respondenten waarderen de blauwe wadi (een zaksloot) iets minder. De tevredenheid over het onderhoud nam in zes jaar tijd met zo'n 10% toe tot bijna 90%.

Bewoners beoordelen de wadi's in 2005 aanzienlijk kindvriendelijker dan in 1999. Meer dan driekwart van de mensen vindt de (rode en groene) wadi's kindvriendelijk. Ook hier is de blauwe wadi een uitzondering door de vormgeving, de begroeiing en zijn andere functie, waardoor er veel vaker water in staat. Ruim 10% van de bewoners ervaart in enige vorm overlast van de wadi's. Deze problemen zijn niet allemaal specifiek gebonden aan een wadi (hondenpoep, parkeren op groen of zwerfvuil).

8.3 De rijweg

In 2005 geeft 93% van de respondenten aan geen wateroverlast te ervaren tijdens hevige regenval. De overige respondenten melden wateroverlast op straat (5%) en bij de wadi (2%). De bewoners nemen bijna geen plassen waar op straat (77%). Degenen die wel plassen zien, storen zich daar niet aan (21%), want het hoort bij regen. Slechts 2% van de bewoners heeft last van de plassen op straat.

In 1999 ervoeren de bewoners het water meer als overlast: 16% van de respondenten sprak toen over wateroverlast tijdens regenval; 20% had last van de plassen op straat. Het lijkt er dus op dat de bewoners gewend zijn geraakt aan meer water en het niet direct als overlast ervaren.

Goten in de weg

De bewoners vinden gootjes in de straat wel erg hinderlijk. Veel binnengekomen klachten en opmerkingen gingen over de gootjes en/of de kruising met de wadi (12 van de 33 klachten).

| 75



Figuur 41 Veel klachten hebben betrekking op de gootjes en de voorden

In 1999 gaf 46% van de bewoners aan geen last te hebben van de gootjes, dit aantal is gedaald naar 34% van de bewoners.

Tabel 20 Hinder van goten

Hinder door de goten in de rijweg	Gemiddeld	Jonge gezinnen*	Ouderen**
Nee	34%	25%	37%
Ja, met rolstoel/buggy/fiets	39%	53%	32%
Ja, met lopen	16%	10%	22%
Anders	11%	13%	10%

* Hebben minimaal 1 kind in de leeftijd 0-5 jaar.

** Mensen in de doelgroep 51-70 en 70+ zonder kinderen.

Jonge gezinnen hebben last van de gootjes als ze met de buggy of kinderwagen wandelen. Ouderen ondervinden hinder van de goten als ze fietsen en lopen.

Onderhoud van de goten in de weg

Van de bewoners vindt 72% het onderhoud aan de gootjes in 2005 voldoende. In 1999 was dat nog maar 26%. In 2005 vindt 28% van de mensen dat het onderhoud beter kan, omdat de gootjes veel onkruid bevatten en te zanderig zijn.

Gladheid in de winter

Een nieuwe vraag in 2005 is of mensen het in winterse perioden glad vinden op de rijweg of in de goten en of ze zelf (veel) zout strooien tijdens gladheid in de wijk. Uit tabellen 21 en 22 blijkt dat 39% van de mensen geen last heeft van gladheid, terwijl 26% de gladheid wel hinderlijk vindt. Ruim één op de drie mensen accepteert de gladheid en vindt dit niet hinderlijk. Opvallend is dat jonge gezinnen gladheid vaker bezwaarlijk vinden dan ouderen. Bij de ouderen hebben in totaal wel meer mensen last van gladheid: 30% van hen vindt de gladheid hinderlijk en/of gevaarlijk.

Tabel 21 Last van gladheid

Last van gladheid?	Gemiddeld	Ouderen*
Nee	39%	29%
Ja, niet bezwaarlijk	35%	41%
Ja, hinderlijk/gevaarlijk	26%	30%

* Mensen in de doelgroep 51-70 en 70+ zonder kinderen

Tabel 22 Zout strooien

Strooien van zout	Gemiddeld	Ouderen*
Nooit	45%	35%
Alleen als het glad is	42%	47%
Voorzorg	6%	9%
Anders	7%	9%

* Mensen in de doelgroep 51-70 en 70+ zonder kinderen

Het blijkt dat 45% van de mensen nooit strooit bij gladheid, 42% van de bewoners strooit alleen als het echt glad is. Ouderen strooien eerder uit voorzorg dan gemiddeld. Overigens merkten twee mensen in de enquête op dat ze niet weten of ze wel mogen strooien in de wijk.

| 77



Figuur Wel of niet strooien bij gladheid?

Samenvatting

Vrijwel alle bewoners (98%) zien na regen geen plassen op straat of vinden dat de plassen bij regen horen. Ongeveer 7% van de bewoners heeft in 2005 bij hevige regen

wateroverlast, een afname van 9% ten opzichte van 1999. De bewoners storen zich wel aan de goten in de rijweg. Bijna tweederde van de respondenten heeft hiervan last. Dit heeft voornamelijk te maken met de vormgeving van de gootjes. Over het onderhoud van de goten in de rijweg is 72% van de bewoners tevreden, dat is bijna een verdriedubbing ten opzichte van zes jaar daarvoor.

In 2005 heeft bijna driekwart van de respondenten geen last van gladheid of ze vinden die niet bezwaarlijk. Ongeveer de helft van de mensen gaat bij (een vermoeden van) gladheid zout strooien.

8.4 De tuin

In 2005 heeft de helft van de bewoners nog de originele betongoten in de tuin, 16% van de respondenten heeft de gootjes (vermoedelijk om esthetische aspecten) vervangen. Zo'n 35% van de bewoners heeft geen betongootjes. Deze bewoners hebben de betongoten helemaal verwijderd of ze wonen in het appartementcomplex.

Uitvoering van de goten

Van de bewoners vindt 89% de breedte van de standaardbetongootjes goed, 81% beoordeelt de diepte van de gootjes als goed, 5% vindt de uitvoering mooi en 66% beoordeelt de uitvoering van de gootjes als 'gaat wel'. Dit komt overeen met de resultaten uit 1999, toen noemden de bewoners de breedte en de diepte ook 'goed'; de uitvoering beschreven ze als 'lelijk' en 'gaat wel'.

Onderhoud van de goten in de tuin

Het onderhoud aan de gootjes is min of meer gelijk gebleven met de resultaten uit 1999. In 2005 onderhouden de bewoners hun gootjes door te vegen (65%) of door ze met water schoon te maken (16%). Daarnaast onderhoudt 19% van de bewoners de gootjes niet.

Verder geeft 59% van de mensen aan dat de gootjes nooit verstopt zijn; dit is een afname van bijna 10% ten opzichte van 1999. Dit zou kunnen betekenen dat het onderhoud iets minder nauwkeurig of frequent gebeurt dan zes jaar daarvoor. Tot slot heeft 39% van de huishoudens af en toe last van verstopte gootjes en 2% regelmatig.

Aanpassen van de waterafvoer

De helft van de bewoners heeft de waterafvoer in de tuin aangepast. Van de nieuwe bewoners geeft 9% aan dat de vorige bewoners de aanpassingen hebben uitgevoerd. In 1999 heeft 60% van de huishoudens de waterafvoer in de tuin veranderd. De voornaamste aanpassingen zijn: een andere goot en een regenton. Bij de nieuwe bewoners is de belangstelling voor een vijver of een infiltratievoorziening een stuk minder dan bij de eerste bewoners.



Figuur 43 Een aantal bewoners heeft zelf een regenton geplaatst

Wateroverlast

De wateroverlast in en om de woning is ten opzichte van 1999 gedaald. In 1999 had 56% van de bewoners onder andere last van een drassige voor- en achtertuin, wateroverlast in de schuur en/of de garage en water in de kruipruimte. Mede door de vele klachten zijn toen vrijwel alle mensen met klachten bezocht en is geprobeerd de problemen op te lossen of te verminderen. Uit die bezoeken bleek dat de wateroverlast meestal te maken had met het slecht bouwrijp maken van het perceel. Er bestond geen relatie met het wadisysteem. Meestal was de oorzaak van de problemen de aanwezigheid van storende lagen in de bodem. Slechts in een enkel geval had de gevel van de woning een infiltratievoorziening, die tot overlast leidde.



Figuur 44 Hoe vaak wordt de auto nog op straat gewassen?

In 2005 geeft 44% van de bewoners aan af en toe last te hebben van wateroverlast in en om de woning. Het gaat daarbij om:

- drassige voor- en achtertuin: 20%;
- vocht in de kruipruimte: 8%;
- water in de kruipruimte: 6%;
- overlast in de garage of schuur: 5%;
- categorie anders: 5%.

Het blijkt dat deze percentages per type klacht in 2005 en 1999 vrijwel gelijk zijn. Wel geeft 50% van de eerste bewoners die er nu nog wonen aan wateroverlast te hebben, terwijl dit bij de nieuwe bewoners slechts 29% bedraagt.

Of autowassen op straat wel of niet mag, is niet voor iedereen duidelijk. Een aantal mensen geeft aan dit niet te weten. De verschillen met zes jaar geleden zijn klein:

Tabel 23 Auto wassen op straat

Wast u de auto op straat?	1999	2005
Ja	30%	24%
Nee	70%	76%

Het gebruik van bestrijdingsmiddelen in de tuin is toegenomen ten opzichte van 1999:

| 81

Tabel 24 Gebruik bestrijdingsmiddelen

Gebruik bestrijdingsmiddelen	1999	2005
Nee	89%	78%
Af en toe	9%	22%
Vaak	2%	0%

Samenvatting

De bewoners vinden de betongootjes in hun tuinen niet fraai, maar ze werken over het algemeen wel goed. Zo'n 80% van de bewoners onderhoudt de betongoot ook. Toch heeft in 2005 ongeveer 40% van de bewoners af en toe last van een verstopte goot. Dit is een toename van 10% ten opzichte van zes jaar eerder. Het is mogelijk dat een deel van het onderhoud gebeurt, nadat een probleem is ontstaan. Ten opzichte van 1999 is de wateroverlast in tuinen en kruipruimtes in 2005 afgenomen. De waterlast die er wel was, ontstond vooral door het slecht bouwrijp maken van de grond; het heeft niet met het wadisysteem te maken. In 2005 wassen minder mensen hun auto's voor de deur dan in 1999, maar de bewoners gebruiken wel meer bestrijdingsmiddelen in de tuin.

8.5 De vijvers

Uit de enquête in 2005 blijkt dat het beeld van de vijver aan de Haaksbergerstraat iets minder positief is dan in 1999. De vijver heeft minder kale oevers en er is minder zwerfvuil, maar de bewoners vinden de vijver nu meer dichtgegroeid. Het aantal mensen dat de vijver mooi vindt, is met 6% afgenomen.

De mensen hebben een positiever beeld van de vijver bij de Zweringbeek dan zes jaar geleden: 26% vindt deze vijver mooi, een toename van 14%. Dit komt waarschijnlijk doordat er minder zwerfvuil rond de vijver ligt.

8.6 De wadi in samenhang met andere factoren

De bewoners geloven in 2005 in het algemeen niet dat de wadi's bijdragen aan de verontreiniging van het grondwater of aan de verspreiding van ziekten en/of ongedierte. Dit beeld is nog positiever dan in 1999. Bijna 90% van de mensen denkt in 2005 dat de wadi's een verbetering zijn voor de flora en fauna in de wijk en een mooier wijkbeeld opleveren. Zes jaar daarvoor lagen deze percentages ruim 10% lager. De respondenten betwijfelen in 2005 iets meer of de wadi bijdraagt aan een vermindering van de verdroging dan in 1999. Overigens blijkt duidelijk uit de enquête dat een slecht imago van een wadi ook meer negatieve verwachtingen oproept bij de bewoners. De bewoners rond de blauwe wadi zijn veel minder overtuigd van de positieve effecten van de wadi dan de andere buurgenoten. Het wijkbeeld is hierop een uitzondering: alle bewoners denken even positief over de bijdrage van de wadi's aan het wijkbeeld.

Weer in een wadiwijk wonen

Op de vraag of de bewoners volgende keer weer in een wadiwijk willen wonen, zeggen in 2005 iets minder mensen 'ja'. In 1999 gaf 43% van de bewoners aan dat ze weer in een wadiwijk willen wonen, in 2005 is dat 41%. Verder is het aantal mensen dat niet meer in een wadiwijk wil wonen gedaald van 6% (in 1999) naar 2% in 2005. Ook is bekeken of er een relatie is tussen de mensen die als eerste in de wijk wonen en de vraag of ze weer in een wadiwijk willen wonen. Uit tabel 25 blijkt dat de verschillen erg klein zijn. Wel duidelijk is dat de nieuwe bewoners niet afkerig zijn van de wadi's, want niemand geeft aan dat ze niet meer in een wadiwijk willen wonen.

Tabel 25 Weer wonen in een wadiwijk

Weer in een wadiwijk?	Gemiddeld	Eerste bewoner	Nieuwe bewoner
Ja	41	40	41
Nee	2	3	0
Maakt niet uit	57	56	59

De antwoorden op de vraag of mensen andere manieren willen om in de wijk om te gaan met water, zijn in 2005 bijna gelijk als zes jaar daarvoor. In 1999 wilde 47% geen andere manieren voor de omgang met water in de wijk, in 2005 is dat 46%.

Het meest gewenst is hergebruik van regenwater (28%) en een regenton (19%). Zoals eerder bleek, is niet iedereen tevreden met de wadi's, want 1% wil een aansluiting op de riolering.

Samenvatting

Het grootste deel van de respondenten denkt dat de wadi's een positieve bijdrage leveren aan het milieu en de omgeving. Zo'n 40% van de bewoners kiest de volgende keer

weer bewust voor een wadiwijk, maar voor de meeste mensen is dit niet van doorslaggevend belang. Circa 2% van de bewoners heeft er duidelijk genoeg van en ziet de volgende keer uit naar een andersoortige wijk.

8.7 Klachtenafhandeling door de gemeente

Om te kijken of de klachtenafhandeling door de gemeente naar wens is verlopen, kent de enquête van 2005 een extra vraag. Hieruit blijkt dat 93% van de respondenten nog nooit een klacht heeft ingediend en 7% wel. In absolute zin gaat het om negen ingediende klachten.

Op de vraag of de bewoners tevreden zijn over de afhandeling van deze klachten, kwam het antwoord dat de gemeente vijf klachten had beantwoord. Bij twee hiervan was dit niet naar tevredenheid van de bewoners.

| 83

Uit de opmerkingen blijkt verder dat bewoners niet goed weten waar ze terecht kunnen met hun vragen.

8.8 Conclusies bij de enquête

Zowel in 1999 als in 2005 is naar de mening van de bewoners gevraagd over de manier waarop het wadisysteem in Ruwenbos functioneert. De resultaten uit de enquête zijn gebaseerd op de meningen van de bewoners en zijn subjectief. Toch bepalen deze belevingen van de bewoners voor een groot deel of de wadi's een succes zijn. De resultaten zijn dan ook zeer bruikbaar voor het ontwerp van nieuwe systemen.

Informatie over de wadi's

De makelaar blijkt voor zowel de eerste als de volgende bewoners nog steeds het belangrijkste informatiekanaal te zijn voor het wadisysteem. Maar de bewoners weten nog niet goed wat de gemeente precies van hen verwacht. Bijvoorbeeld tav: strooien bij gladheid, autowassen, gebruik bestrijdingsmiddelen. De gemeente kan hiervoor meer informatie bij de makelaar neerleggen, bijvoorbeeld in een brochure. Ook de gemeentelijke website leent zich hiervoor.

Waardering wadi's

De bewoners waarderen de rode en groene wadi als goed, zowel de vormgeving, de inrichting als het onderhoud van deze wadi's. Ook de kindvriendelijkheid van deze wadi's scoort hoog.

De blauwe wadi (een zaksloot) kan op veel minder sympathie rekenen. Bewoners vinden af en toe water in een voorziening en flauwere taluds aantrekkelijker en/of veiliger dan een permanent watervoerende greppel.

Overlast

Wadi's zorgen bij een kleine groep bewoners voor overlast. Een deel hiervan is niet specifiek wadigebonden (hondenpoep, ongedierte, parkeren op het groen, zwerfvuil). Mogelijk wel kenmerkend voor wadi's zijn: locale wateroverlast en vorst. Bij aanhoudende klachten moet de gemeente de mogelijke oorzaken én oplossingsmogelijkheden inventariseren.

Daarnaast hadden de bewoners klachten over wateroverlast in en rond de woning. Deze klachten zijn meestal te herleiden tot een onvoldoende bouwrijp maken van de percelen. Er zitten nog storende lagen in de tuin en/of de tuin is niet goed doorgespit. Slechts in enkele gevallen is er een relatie met het afkoppelen (bijvoorbeeld infiltratiekoffers tegen de gevel).

84 |

Ten opzichte van 1999 accepteren de bewoners in 2005 meer water in de directe omgeving. De meeste bewoners merken de plassen op straat en de gladheid niet op en/of ze ervaren ze niet als hinderlijk. Wel storen bewoners zich aan het ontwerp van de goten in de rijweg. Dat is een duidelijk aandachtspunt bij volgende ontwerpen.

Betongoten

De bewoners vinden de betongootjes in hun tuinen niet fraai, maar ze functioneren over het algemeen wel naar tevredenheid. Ook willen de bewoners deze gootjes wel onderhouden.

Het grootste deel van de respondenten vindt dat de wadi's een positieve bijdrage aan het milieu en de omgeving leveren. Over het algemeen zijn de bewoners ook tevreden over het wadisysteem. Slechts 2% zou nooit meer in een dergelijke wijk willen wonen.

9 Conclusies monitoringsresultaten

Voor een planopzet als in de wijk Ruwenbos is een goede communicatie nodig tussen veel partijen. Dit omdat het plan een nieuwe manier van denken en doen inhoudt. Daarnaast heeft regenwaterafvoer via een wadisysteem op vrijwel alle onderdelen van het plan voor alle betrokken partijen gevolgen. Het proces is daarmee intensiever dan bij 'traditionele' plannen.

Onderhoud van de wadi

Het onderhoud van de wadi brengt een aantal specifieke aandachtspunten met zich mee, zoals: spoorvorming en verdichting van de wadibodem bij het machinaal maaien, het ontstaan van kale plekken, bladophoping en slib op de grasmat. Hierdoor wijkt het onderhoud af van een reguliere grasmat. Ook organisatorisch vereist het onderhoud van de wadi meer afstemming tussen verschillende afdelingen binnen de gemeente dan bij een 'gewone' grasmat.

| 85

De rode wadi heeft tijdens de meetperiode minimaal 87% van de tijd drooggestaan. Tijdens de drie meetjaren werkte de slokop in totaal maar enkele uren. Over het algemeen was de wadi na vulling binnen 24 uur weer leeg. De afvoer uit het gebied lag daarmee lager dan vooraf was berekend.

Verontreinigingen

Een groot deel van de verontreinigingen in het afstromende regenwater bindt zich aan zwevende deeltjes. Deze zwevende deeltjes worden grotendeels afgevangen in de top-laag van de wadi. In deze laag waren de verontreinigingen hoger dan eronder, maar de streefwaarden zijn daarbij niet overschreden. Bij een 'onbelaste' locatie die niet belast werd met afstromend regenwater van verhard oppervlak werd dezelfde constatering gedaan. De verhoging van verontreinigingen kan daarom niet alleen aan infiltratie worden toegewezen. In de onbelaste situatie lagen de verontreinigingen ongeveer 25% lager dan bij de wadibodem. Omdat deze processen zich langzaam manifesteren is echter voor het trekken van eenduidige conclusies een langere meetperiode gewenst.

Doorlatendheid van de bodem

De wadibodem is in de meetperiode niet minder doorlatend geworden. De gemeten doorlatendheden variëren van 0,5 tot 1,0 m/dag. De doorlatendheid van het geotextiel dat om de kleikorrels onder de wadibodem zit, is wel behoorlijk verminderd. De exacte doorlatendheid van het geotextiel vóórdat het om de kleikorrels zat, is niet bekend. Maar ruim zes jaar erna is de doorlatendheid teruggelopen tot maximaal twintig maal de doorlatendheid van de omringende bodem. Op korte termijn leidt dit niet tot problemen, maar hoe dit proces op langere termijn verloopt, is onbekend.

Kosten

De aanlegkosten van het wadisysteem zijn per vierkante meter verhard oppervlak goedkoper dan een regenwaterriool. Maar het onderhoud aan een wadisysteem is duurder dan aan de riolering.

Ervaringen van bewoners

De meeste bewoners zijn tevreden met het wadisysteem in Ruwenbos. Zes jaar na de eerste enquête accepteren ze het systeem meer. De belangrijkste klachten over het systeem hebben voornamelijk te maken met ontwerpdetails, beheer en handhaving. Deels zijn dit aandachtspunten die ook in 'traditioneel' ingerichte wijken spelen. Over het algemeen zien de bewoners het wadisysteem als een bijdrage aan een mooier wijkbeeld.

Na ruim zes jaar werkt het wadisysteem naar tevredenheid. Op termijn moet blijken of het onderhoud aan de wadi veel extra inspanning kost en in hoeverre de verontreinigingen in de wadibodem en/of het grondwater zich verspreiden. Dan moet de gemeente ook vaststellen wanneer het nodig is de toplaag en/of verdere lagen van de wadi te vervangen. Het dichtslibben van de bodem en het geotextiel rondom de kleikorrels verdient de komende jaren ook aandacht. Ingrijpende aanpassingen aan het systeem zijn tot nu toe, zowel in technische zin als naar de mening van de bewoners, niet nodig.

10 Ervaringen met duurzaam waterbeheer in Enschede

Duurzaam waterbeheer inpassen in het planproces voor de (her)ontwikkeling van een woonwijk vraagt op enkele punten meer aandacht dan gebruikelijk. Op basis van de ervaringen in Enschede is een handreiking opgesteld bij het planproces. Deze handreiking heeft de vorm van een checklist.

10.1 Knelpunten bij het planproces

Sommige knelpunten tijdens het planproces hoeven bij tijdige onderkenning misschien geen valkuil te zijn. Mogelijke knelpunten zijn:

10.1.1 Planproces

- De integrale planvorming in een ruimtelijk ordeningsproces is complex en tijdrovend. Er gaat relatief veel tijd ‘verloren’ met het aanhoren van verhandelingen die niet direct voor het vakgebied nodig zijn (bijvoorbeeld volkshuisvesting, parkeernormen en markteconomie).
- Het is moeilijk mensen te activeren zich in te zetten voor de ambities van een project. Vooral beheerafdelingen vragen op dit gebied extra aandacht. Ook binnen het waterschap speelt dit een belangrijke rol.
- Activering van bouwondernemers/projectontwikkelaars kan moeizaam verlopen. Projectontwikkelaars vinden het planproces te tijdrovend of willen op andere manieren niet meewerken, omdat water over straat niet ‘verkoopt’.
- Onder druk van een strakke projectplanning dreigen ambities in de waterhuishouding te sneuvelen.
- De civiel technicus is relatief lang betrokken bij de planvorming. Zo vraagt de dimensionering van de straatgoten in het woonomgevingplan meer tijd dan bij traditionele ontwerpen.
- In hoeverre de bewoners betrokken zijn bij het watersysteem is onduidelijk. Ze komen in eerste instantie af op de ‘leuke woning’. Pas in een later stadium zijn ze geïnteresseerd in details als de regenwaterafvoer.

10.1.2 Kennis

- De dimensionering van infiltratievoorzieningen is nog relatief onbekend.
- Er is nog weinig onderzoek gedaan naar de kwaliteit van het afstromende regenwater en het reinigende vermogen van infiltratievoorzieningen.
- De regelgeving over het afkoppelen van verhard oppervlak ontbreekt nog.
- Er is nog vrijwel geen Nederlandse ervaring met het beheer van afkoppelvoorzieningen.

10.1.3 Beleid

- Bestemmingsplannen geven weinig houvast voor het 'dwingend' voorschrijven van maatregelen voor duurzaam waterbeheer (bronmaatregelen: bijvoorbeeld geen zink toepassen). Er is geen duidelijke regelgeving over constructiematerialen.
- De overheid voert tot nu toe geen stimulerend beleid. Het zogenaamde 'waterspoor' zou een financiële prikkel kunnen geven.
- De gemeente merkt geen financiële effecten van het afkoppelen op de rwzi. En niet alle waterkwaliteitsbeheerders hebben een bijdrageregeling voor het afkoppelen.
- Regenwateropvang en infiltratie op particulier terrein stuiten op juridische bezwaren. Wie is verantwoordelijk voor de waterafvoer en de instandhouding van het systeem?
- Normering werkt remmend op vernieuwende ideeën in de waterhuishouding. Bijvoorbeeld de inrichting van een 30 km-zone, drempels (die waterafvoer stagneren), breedte van wegen voor de brandweer en ondergrondse infrastructuur (staat haaks op de afname van het verharde oppervlak), breedte en inrichting van keurstroken en watergangen.
- De consequenties van de regelgeving in het Bouwbesluit voor het afkoppelen op eigen terrein en van bovengrondse regenwaterafvoer zijn nog onduidelijk.



Figuur 45 Uitlopende constructiematerialen als loodslabben en koperen dakgoten zijn moeilijk te verbieden

10.2 Aanbevelingen en tips per fase in het planproces

Hierna staat in het kort hoe met name het water in de verschillende fasen van het planproces aan de orde moet komen, welke actoren (actief deelnemende partijen) daarbij betrokken zijn en waaraan u moet denken. Daarbij staan tips, kansen en valkuilen.

10.2.1 Initiatieffase

- Locatiestudie (voor zover nog mogelijk):
Wat is het ruimtelijke beleid van de gemeente? Wat is de meest geschikte plaats voor de nieuwe stadsuitbreiding? Waar ontstaat de minste schade aan de waterhuishouding? Is een locatie-MER nodig?
- Provinciale plannen: streekplan, ecologische verbindingzones, waterhuishoudingsplan, stroomgebiedvisie.
- Inrichtings-MER: deze is nodig bij meer dan vierduizend woningen. Zijn er mitigerende (effectbeperkende) maatregelen in de waterhuishouding nodig? Moeten negatieve effecten (bijvoorbeeld retentieverlies) worden gecompenseerd?
- Geohydrologische studie: huidige en toekomstige situatie door bebouwing, berekening van de waterbalans, overleg met waterschap, de watertoets.
- Waterbeheerplan waterschap: kwalitatieve en kwantitatieve randvoorwaarden: voorkomen van waterverontreiniging, geen inlaat van gebiedsvreemd water, bestrijding van verdroging (water vasthouden), voorkomen van afvoerpieken op ontvangend water, inpassen of omleggen van bestaande watergangen?
- Overige randvoorwaarden waterhuishouding: recreatieve functie van water, zichtbaar houden van water, nuttig gebruik van regenwater, grijswatersystemen.
- Brainstormsessie: selectie van enthousiaste mensen, 'olievlekwerking'.

| 89

Tabel 26 Betrokken partijen bij het ontwerp van een nieuwe woonwijk

Intern (gemeente)	Extern
Projectmanager	Waterschap (waterkwantiteit en -kwaliteit)
Stedenbouwkundige	Projectontwikkelaar
Landschapsarchitect/groenontwerper	Bouwondernemer
Civil technicus	Medewerker woningbouwvereniging
Milieukundige	Nutsbedrijf
Verkeerskundige	Civil aannemer (stratenmaker)
Planeconoom	Bewonersgroeperingen
Medewerker volkshuisvesting	Geohydroloog
Medewerker welzijn	Ecoloog
Juridisch medewerker	Omgevingspsycholoog
	Milieukundig adviseur

10.2.2 Planfase

- Bereid het bestemmingsplan voor.
- Maak een verdere uitwerking van de inrichtingsplannen; dit is een cruciale fase voor integratie van duurzaam waterbeheer.
- Bereken de kosten van de waterhuishouding voor de exploitatiebegroting.
- Maak een waterhuishoudingplan voor de wijk (type rioolstelsel, retentie, infiltratie, afvoer, circulatie); welke mitigerende maatregelen worden getroffen? Houd intensief overleg met het waterschap.
- Zorg voor afstemming van de mitigerende maatregelen met stedenbouwkundige thema's (wonen aan de beek of plas), integratie met groenplan (bestaand handhaven, nieuw groen). Houd ontwerpessies met de stedenbouwer, de groenontwerper, de civiel technicus (onder andere hoogtekaarten, bodemkaarten, geomorfologie en historische kaarten).
- Zorg voor integratie met de verkeersstructuur (wijkontsluitingswegen op verbeterd gescheiden rioolstelsel, water in geluidshinderzone en geconcentreerd parkeren).
- Stel een beeldkwaliteitplan op: zorg voor ruime aandacht voor water.
- Overleg met projectontwikkelaars (grondverwerving, voorwaarden grondoverdracht, SEV-puntenlijst duurzaam bouwen), woningbouwcorporaties.
- Stel een communicatie- en een promotieplan op.

10.2.3 Voorbereidingsfase

- Maak woonomgevingplannen voor de deelgebieden (afname verhard oppervlak, halfverharding, afvoergoten, verkeersdrempels en natuurvriendelijke oevers).
- Maak een riolerings- en een infiltratieplan (hydraulische berekeningen).
- Maak een groenplan, zorg voor de inrichting van speelplaatsen (spelen met water).
- Stel civieltechnische bestekken op voor het bouw- en woonrijp maken.
- Overleg met architecten (kruipruimteloos bouwen, afvoer van regenwater in de woning en tuin); welstandscommissie.
- Zorg voor terugkoppeling met stedenbouw/groenontwerp.
- Overleg met beheerafdelingen en buurtbeheerder (onderhoud groen, goten en infiltratievoorzieningen).
- Neem de randvoorwaarden van de waterafvoer door met bouwbeheer (ook de kleine bouwondernemer voor particuliere woningen moet op de hoogte zijn).
- Spreek het detailoverleg door met het waterschap (beheer watergangen, maaibermen).
- Overleg met de woningbouwcorporaties (inrichting buitenruimte).
- Ontwerp een kunstwerk met water.
- Communicatie met ontwikkelende partijen (projectontwikkelaar/bouwondernemer) is van groot belang. Leg de reden van de waterhuishouding uit. Wadi's en water over straat zijn geen doel op zich! Laat een passage over water opnemen in de verkoopbrochures van de huizen.

- Licht makelaars voor (leg het hoe en waarom uit van het watersysteem).
- Bij rijenbouw kan afvoer van regenwater van de daken aan de achterzijde van de woningen bovengronds lastig zijn. Overleg daarom vroegtijdig met de architect. Er zijn inmiddels tal van oplossingen, bijvoorbeeld wijziging van de nokrichting (alles naar voren afwaterend) en waterafvoer via het dak van de naastgelegen garage of carport.
- Denk aan wateroverlast op de achterpaden. De bouwer moet het water van de bergingen wel kunnen afvoeren.
- Soms is extra grondwerk nodig voor de gewenste hoogteverschillen in de straat. Een minimumafschot van $1,5 \text{ ‰}$ tot 3 ‰ is wenselijk. Houd hiermee al rekening bij het ophogingsplan.
- Maak de straten niet te lang. Anders moet te veel water worden afgevoerd, wat vooral in de bochten tot problemen kan leiden. Overigens wil water niet haaks om de bocht. Reken het af te voeren debiet uit en pas de afmeting van de goten hierop aan (formule van Manning).
- Diepe goten zijn verkeersonveilig. Dimensioneer ze op een kleine gebeurtenis en zorg dat grotere regenbuien die buiten de goot treden, geen overlast kunnen veroorzaken.
- Water op het trottoir vraagt extra aandacht in het ontwerp. Door algengroei kan bij een straat op het noorden gladheid ontstaan, net als bij bevriezing van dooiwater van het dak.
- wadi's moeten in een vroegtijdig stadium ontworpen worden op de verharde oppervlakken die dan bekend zijn. Als de plannen tussentijds wijzigen, kan dit tot problemen leiden als de wadi's al zijn aangelegd.
- Leg kabels en leidingen (van huisaansluitingen) altijd om de wadi heen. Overleg hiervoor op tijd met de nutsbedrijven.
- Richt eventueel autowasplaatsen in en leg hondenpoepstroken of -uitlaatplaatsen aan.

10.2.4 Uitvoeringsfase

- Zorg voor afgestemde uitvoering van civieltechnische en bouwkundige werken.
- Bewaak de ruimtelijke kwaliteit tijdens de uitvoering (terugkoppeling van civiel techniek naar stedenbouw).
- Zorg voor voorlichting aan bewoners (handleiding omgang met water, hergebruik en tips tuininrichting).
- Neem noodmaatregelen tijdens de bouwfase; er is immers geen regenwaterriool. De bouwers vinden een natte bouwplaats niet leuk. Hier en daar kunt u straatkolken plaatsen. Laat deze aansluiten op het vuilwaterriool en haal ze later weer weg.
- Als het regent, lozen regenpijpen water in het cunet. Dat is hinderlijk tijdens het herstraten (woonrijp maken). Bevestig flexibele brandslangen aan de regenpijp die het water afvoeren naar een andere plek.

- Het zand van nieuw aangelegd straatwerk kan in de infiltratievoorzieningen spoelen. Neem in het bestek op dat de bouwers het zand moeten invegen en dat ze overtollig zand binnen een week moeten verwijderen.
- Regentonnen lijken een makkelijke oplossing voor de regenwaterberging, maar denk wel na over de waterafvoer als de ton vol is.
- Hetzelfde geldt voor locale infiltratiekoffers onder aan de regenpijp: waar gaat het overige water naartoe als de koffers vol zijn? Stel de voorzieningen in op 15 mm neerslag. Breng de infiltratiekoffer op enige afstand van de gevel (kruipruimte) aan.
- Leg de wadi's pas definitief aan tijdens het woonrijp maken. Ze zijn te kwetsbaar voor de bouwrijpfase. Leg tijdens het bouwrijp maken op de plek van de wadi een tijdelijke greppel. Dat voorkomt ook onnodige verdichting door bouwverkeer.
- Voorkom instroom van sediment in de bouwfase. Dit veroorzaakt dichtslibbing van de wadibodem.
- Bij de aanleg van wadi's voorkomen graszoden op het talud inspoeling. Maar zoden op de wadibodem veroorzaken dichtslibbing. Zoden worden namelijk op vette grond gekweekt en zijn relatief ondoorlatend. Zaai bij voorkeur de bodem in met graszaad. Hark het zaad wel direct onder, want het gaat drijven op water en verdwijnt dan in de slokken.
- Ondiep liggende buizen kunnen zorgen voor overlopen van de ene wadi naar de andere. Neem hiervoor PP(polypropyleen)-buizen, die zijn beter bestand tegen beschadiging. Pvc gaat kapot bij lage temperaturen.
- Leg de kruisingen van de wegen met de wadi's eventueel verlaagd aan, zodat ze als omgekeerde verkeersdrempel werken.



Figuur 46 Aanleg van de groene wadi (nb: dezelfde locatie als figuur 37)



Figuur 47 Links: de wadi is deels dichtgeslibt door bladval, Rechts: het onkruid groeit goed in de goot

10.2.5 Beheerfase

- Door het watersysteem te monitoren, ontstaat inzicht in de werking van het systeem. Hierop kunt u onderhoud en beheer van de voorziening aanpassen. Is er water- en bodemverontreiniging? Is de dimensionering voldoende? Is er grondwateroverlast? Is er toe- of afname van het onderhoud? Leg de reacties van bewoners vast (enquête).
- Koppel terug naar andere vakdisciplines, formuleer leer- en verbeterpunten, stel toekomstige plannen op.
- Maak een nacalculatie van de kosten voor aanleg en onderhoud. Onkruid groeit extra goed in de goot. Maak afspraken met de wegbeheerder over verwijdering ervan (bij voorkeur borstelen). Pas in elk geval geen pesticiden toe!
- Communiceer met de bewoner over zout strooien. Een paar handjes zout kan een wadi wel hebben, maar laat hen liever geen zout strooien. Laat ook de wegbeheerder in een wadiwijk niet preventief strooien.
- Betreding van de wadi kan de infiltratiecapaciteit negatief beïnvloeden. Leid dit in goede banen door (onverharde) wandelpaden aan te leggen en obstakels aan te brengen. Een hogere begroeiing in de wadi nodigt minder uit tot betreding, voetballen en fietsen.
- Sla de maaibeurt over als tijdens het maaien water in de wadi staat. Maaien in een natte wadi veroorzaakt onnodige verdichting en verslemping.
- Een meer gevarieerde vegetatie kan de doorlatendheid bevorderen door betere doorworteling van de bodem. Bovendien kan de belevingswaarde voor mens, flora en fauna toenemen.
- Met een regelput in het systeem kunt u via de drain de grondwaterstanden regelen. De afvoer is ook te begrenzen, zodat minder water wordt afgevoerd en meer water infiltreert.

- Onderhoud afgekoppelde verharde oppervlakken goed. Verhoog de frequentie van inspectie of onderhoud aan kolken en slokken (met sediment/zandvang). Het onderhoud aan het systeem bestaat verder uit: onderhoud van de vegetatie en de toplaag (maaïen, verticuteren, bezanden, inzaaien kale plekken en uitvullen kuilen) en onderhoud van de drainage (jaarlijks doorspuiten).
- Verwijder bladeren, omdat deze de doorlatendheid negatief kunnen beïnvloeden.
- Monitor de infiltratievoorzieningen.

10.3 Tips voor een betere communicatie

Goede communicatie is nodig binnen de ambtelijke organisatie, zowel met de extern betrokken partijen bij het planproces als de toekomstige bewoners. Deze laatste groep is vaak nog niet bekend bij de ontwikkeling van de plannen. De communicatie met bewoners loopt vaak indirect, via de bouwondernemer en de makelaar. Houd daar rekening mee. Veel mensen kennen de nieuwe benadering van duurzaam waterbeheer nog niet. Onbekend maakt onbemind. Steek veel tijd en energie om steeds weer het hoe en waarom van het systeem uit te leggen. Hiervoor is doorzettingsvermogen nodig, maar ook het vermogen om tegenvallers te incasseren. Een positieve factor is dat water vaak tot de verbeelding spreekt. Iedereen praat er gemakkelijk over mee.

| 95



Figuur 48 Links: bewonersrondleiding, Rechts: zelfs in Japan is Ruwenbos bekend

Communicatiemiddelen

Naast het overleg in project- en werkgroepen kan de gemeente veel communicatiemiddelen gebruiken waarin water een rol kan spelen. Voor de promotie en acceptatie van water in de stad zijn de volgende middelen van groot belang:

- lezingen;
- maquettes;
- beeldkwaliteitplannen;
- excursies;
- fotopresentaties;
- publicaties in (lokale) dagbladen en/of tijdschriften;
- tentoonstellingen (tijdelijk of permanent tijdens de bouwfase);
- planpresentaties na het bereiken van een mijlpaal (stedenbouwkundig, schetsplan, bouwplannen van architecten, start verkoop woningbouw);
- manifestaties 'on the site' (eerste paal, eerste infiltratiekoffer, eerste bewoner);
- reclamezuilen.

10.4 Kansen

Duurzame ontwikkeling en integraal waterbeheer zijn abstracte begrippen die om een praktische invulling vragen. Het is een uitdaging om hier vanuit de bestaande vakken inhoud aan te geven; een stimulans tot vernieuwing en creativiteit.

Duurzame plannen zetten aan om opnieuw na te denken over de eigen rol en de inbreng bij de aanpak en inrichting van een wijk. Dit kost wel extra tijd en energie, maar het nadenken heeft ook een spin-off naar andere en volgende plannen.

Complex en aansprekend

Inpassing van een duurzaam watersysteem is complex, maar iedereen kan wel meepraten over het element water. Het is eenvoudig om over water te communiceren: water spreekt tot de verbeelding.

Toegevoegde waarde van water

Water heeft een toegevoegde waarde voor de ruimtelijke kwaliteit van het stedenbouwkundige plan. Het kan de vormgeving van straten, pleinen, woningen, tuinen, parken en speelplaatsen positief beïnvloeden. Als het water zichtbaar is in de wijk, worden mensen zich meer bewust van hun omgang met water en de omgeving. Het biedt mogelijkheden om mensen meer te betrekken bij hun woonomgeving en daardoor vandalisme en verpaupering tegen te gaan. Water kan dus ook meewerken aan een duurzame ontwikkeling op sociaal gebied.

11 Algemene richtlijnen wadi-ontwerp

De voorgaande hoofdstukken gingen over de ervaringen bij het wadisysteem in Ruwenbos in de gemeente Enschede. Deze ervaringen zijn niet eenduidig te vertalen naar een algemene interpretatie van hoe wadi's werken. De ervaringen kunnen namelijk locatiespecifiek zijn.

In 2006 hebben inmiddels tientallen gemeenten wadi's gerealiseerd. Ook daaruit komen ervaringen voort die bruikbaar zijn bij het ontwerp van nieuwe systemen. Dit hoofdstuk geeft een aanzet tot richtlijnen voor het ontwerp van wadisystemen, gebaseerd op de huidige stand van zaken. Het hoofdstuk gebruikt daarbij de resultaten van de monitoring van infiltratievoorzieningen en de richtlijnen voor infiltratie zoals onze buurlanden die toepassen.

| 97

11.1 Richtlijnen: bovengrondse afvoer van regenwater

Bij het afkoppelen van verhard oppervlak is vaak een punt van discussie of het water nu wel of niet zichtbaar naar de afkoppelvoorziening moet stromen. Zeker bij wadi's, die ook zichtbaar zijn, speelt deze vraag vaak een rol. Bovengrondse afvoer heeft enkele **voordelen**:

- *Bovengrondse ligging van de wadi*

Bij regenwaterafvoer via de riolering stroomt het regenwater onmiddellijk vanaf het dak of de straat in een ondergrondse rioolbuis. Door dit hoogteverlies is het lastig regenwater van de rioolbuis in een wadi te krijgen. Omdat de gemiddelde wadi ongeveer 40 cm diep is, zou de gemeente bij ondergrondse afvoer het regenwater moeten oppompen of het water zou moeten opwellen. Maar de voorkeur gaat uit naar oppervlakkige afvoer naar de wadi.

- *Controle van de waterkwaliteit*

In Nederland liggen veel gescheiden rioolstelsels. Deze houden het regenwater volledig gescheiden van het huishoudelijk afvalwater. Het komt vrij vaak voor dat leidingen met huishoudelijk afvalwater 'verkeerd' worden aangesloten op een regenwaterriool. Het afvalwater komt dan onbehandeld terecht op het oppervlaktewater. Door regenwater boven het maaiveld af te voeren, zijn foutieve aansluitingen beter te controleren.

- *Grotere betrokkenheid van bewoners*

Doordat bewoners zien wat er gebeurt, zijn ze bijvoorbeeld minder snel geneigd oneigenlijke stoffen of afval in de afvoer te doen.

Nadelen bovengrondse afvoer

Bovengrondse regenwaterafvoer kent ook nadelen. De tuinen moeten bij oppervlakkige afvoer gootjes hebben om het water naar de perceelsgrens te krijgen. Deze gootjes kunnen een barrière vormen bij de inrichting van de tuin of bewoners kunnen dat als zodanig ervaren. Bovendien moet er voldoende afschot in de tuin zijn om het water goed te kunnen afvoeren.

Goten in het trottoir

Een bijzonder geval is een woning zonder voortuin die (vrijwel) direct aan het trottoir grenst. Als bij zo'n huis in de winter sneeuw op het dak smelt, komt het smeltwater via de dakafvoer op de koude tegels terecht, waarna het bevroert. Zit er geen goot(je) in het trottoir om het water te geleiden, dan komt er een waaier van ijs op het trottoir. Dit leidt tot klachten van bewoners. Om de gladheid te bestrijden, gaan bewoners (ruim) strooien met keukenzout. Aan de andere kant kan een gootje in het trottoir soms weer een barrière zijn voor mensen die slecht ter been zijn of voor mensen met kinderwagens.

Uit de praktijk blijkt dat mensen een ondiepe goot in het trottoir van maximaal 0,5 cm diep bij een gootbreedte van ongeveer 30 cm (zie figuur 49), niet als een barrière ervaren. Zo'n ondiepe goot kan het water in de winter afdoende afvoeren en zo uitgebreide gladheid voorkomen. Het trottoir is dan nog wel een beetje glad, maar de gladheid beperkt zich tot de breedte van (een deel van) de goot.

98 |



Figuur 49 Afvoer over het trottoir met een ondiepe goot

Goten in de rijweg

Als het regenwater (ook) bovengronds via de rijweg stroomt, moet deze weg daar goten hebben om het water te geleiden. Deze goten kunnen in het midden van de weg liggen, aan één zijkant of aan beide kanten van de weg. De keuze is een technisch vraagstuk, die gebaseerd is op de beschikbare wegbreedte, de hoogteverschillen en de waterstroom die de weg moet kunnen verwerken. Ook heeft de keuze vaak een esthetisch aspect. De betrokken stedenbouwkundige heeft een bepaald beeld van het straatprofiel en de hierin opgenomen gootafmetingen. Daarnaast moeten de goten soms aansluiten op goten in de omliggende wegen.

Wensen over goten

Ook beheer en onderhoud hebben vaak wensen over de plaats en afmetingen van de goten. En tot slot moeten ook de gebruikers ermee uit de voeten kunnen. Uit enkele onderzoeken blijkt dat bewoners vaak moeite hebben met de diepte en/of de breedte van de goten. Over het algemeen waarderen gebruikers vooral een goot die netjes hol gestraat is. De verhouding tussen de diepte en de breedte van de goot in de rijweg is dan ongeveer 1:10. Dit betekent dat een goot met een breedte van 30 cm ongeveer 3 cm diep mag zijn.

| 99

11.2 Richtlijnen: dimensies

11.2.1 Inleiding

Een wadi infiltreert het afstromende regenwater in de ondergrond, zonder hulpmiddelen. Omdat de regenintensiteit vaak groter is dan de infiltratiecapaciteit van de bodem, is berging van het regenwater noodzakelijk. De maximaal te bergen hoeveelheid regenwater in een gebied hangt af van meerdere factoren. Vaak is een beperkte hoeveelheid ruimte beschikbaar om wadi's aan te leggen. Bestaand stedelijk gebied heeft meestal geen ruimte en in nieuwbouwgebieden is elke vierkante meter kostbaar. Dit kan ertoe leiden dat compensatie in de diepte wordt gezocht. Maar de waterlaag in een wadi is aan grenzen gebonden. Een diepe, volledig gevulde wadi leidt bijvoorbeeld tot langere ledigingstijden en tot een kleinere beschikbare berging bij volgende buien.

11.2.2 Diepte wadi, leeglooptijden slokken

Uit diverse metingen in wadi's blijkt dat de bodemdoorlatendheid kan afnemen tot circa 0,3 m/dag, hoe groot die ook bij aanleg is. Bij een waterdiepte van maximaal 0,3 m is de wadi meestal binnen een dag weer leeg. Ga daarom in het ontwerp van een wadi bij voorkeur uit van een leeglooptijd van 24 uur.

Ook de Duitse richtlijnen houden een leeglooptijd van 24 uur in infiltratievoorzieningen aan [DWA, 2005]. Deze tijd biedt voldoende buffercapaciteit om volgende buien weer op te vangen. Zo kan circa 85% van het jaarlijkse afstromende regenwater in de

bodem infiltreren. Dit betekent dus dat de begrenzing van de waterspiegel op ongeveer 0,30 m boven de bodem moet liggen. Dit is te regelen door een overloop aan te brengen, ook wel slokop genoemd. Vaak is dit een trottoir- of straatkolk in het talud van de wadi. Bij de keuze voor het type kolk en de plaats, is afstemming nodig met de groenbeheerder. Dit omdat de slokop een barrière kan vormen bij het maaien van het talud, zowel wat betreft de vorm als de plaats. In de praktijk blijkt dat de gemeente een slokop minstens eenmaal per jaar moet legen om slib, bladeren en zwerfvuil te verwijderen. Breng deze slokken daarom op een goed bereikbare plaats aan.



Figuur 50 Slokop in talud

11.2.3 Drain

Gemeenten brengen vaak een infiltratieleiding (drain) aan onder de wadi, maar dit hoeft niet altijd. Zoals eerder vermeld, kan een drain meerdere functies vervullen. Een drain kan het water vanuit de slokop afvoeren naar bijvoorbeeld het oppervlaktewater. Daarnaast kan de drain het water vanuit de slokop over extra ondergrondse infiltratievoorzieningen verdelen, om zo het bergend vermogen in het gebied te vergroten. Verder vangt de drain het water dat via de wadibodem infiltreert op en voert dit af naar het oppervlaktewater. Dit gebeurt vooral als de ondergrond slecht doorlatend is

of zeer lokaal slecht doorlatende plekken bevat. Ook kan de drain als drainage functioneren, als in de winterperiode de grondwaterstanden in het gebied flink stijgen. Er moet dus zeker een afweging plaatsvinden of de infiltratieleiding wel nodig is en wat zijn functie in het systeem is. Vervolgens moet men bekijken hoe diep deze infiltratieleiding moet liggen om zijn functie te kunnen vervullen. Daarbij spelen de mogelijke bovenbelasting (zoals een grasmaaier) en het onderhoud (bijvoorbeeld vervanging of herstel van de grasmat) een rol.

11.2.4 Talud

Het talud van de wadi bepaalt in sterke mate hoe mensen een wadi beleven. Een steil talud benadrukt de diepte en laat de wadi op een greppel lijken. Een flauwer talud geeft een glooiender beeld, maar kost meer ruimte. Daarnaast speelt het onderhoud van het talud een rol. Afhankelijk van de afmetingen van de wadi moet de gemeente de wadi vanuit de bodem of vanaf de bovenzijde maaien. Dit stelt eisen aan het maai-materieel of aan de afmetingen van de wadi (die gemeenten vaak aanpassen aan het aanwezige maaimaterieel).

| 101

11.2.5 Onderhoud en veiligheid

Uit ervaring blijkt dat maaien vanuit de wadi de kans vergroot dat maaimaterieel de bodem dichtrijdt, zeker bij natte omstandigheden. De gemeente kan dit oplossen door luchtkussenmaaiers te gebruiken, maar dat is lang niet altijd haalbaar. Dan gaat de voorkeur uit naar maaien bij droge omstandigheden of maaien vanaf de bovenzijde, eventueel vanaf het talud als daar voldoende ruimte is.

Gevaren van de wadi

De eerdergenoemde leeglooptijd en beperking van de diepte van de wadi zijn ook van belang voor de veiligheid. Bewoners die geconfronteerd worden met de aanleg van een wadi, merken vaak op dat ze bang zijn dat spelende kinderen kunnen verdrinken in de wadi's. Kinderen voelen zich aangetrokken door water; dus ook door de wadi. Om het risico op ernstige ongevallen te verkleinen, mag de wadi niet te diep zijn. De vormgeving van de wadi moet er verder toe bijdragen dat kinderen, als ze in het water vallen, er snel weer uit kunnen komen. Een talud moet daarom vrij flauw zijn. Bovendien moet de gehele wadi goed zichtbaar zijn, zodat omwonenden en/of passanten direct kunnen ingrijpen als er iets mis dreigt te gaan. Dit pleit ook voor een lage vegetatie in en rond de wadi.

Risicogroep

De risicogroep bestaat vooral uit kinderen jonger dan vier jaar. De 'actieradius' van deze groep is ongeveer 150 m (water dat binnen een straal van 150 m van de woonhuizen ligt, kan deze groep zelfstandig bereiken). De inrichting van de openbare ruimte

moet zo ingericht zijn, dat kinderen het water niet zonder toezicht of hulp van volwassenen kunnen bereiken (zie ook aanbevelingen *Consument en veiligheid*, 1994, en www.veiligheid.nl).

11.3 Richtlijnen: hydraulisch functioneren

Hoe een infiltratievoorziening hydraulisch functioneert, hangt sterk af van de ontwerpuitgangspunten en van de geohydrologische situatie. Een goed ontwerp vormt de basis voor een systeem dat goed werkt.

Theoretische regenduurlijnen

Veel gemeenten in Nederland dimensioneren infiltratievoorzieningen nog op theoretische regenduurlijnen. Maar deze methode houdt geen rekening met inloopverliezen of opeenvolgende buien waarbij de berging nog niet geheel leeg is. Berekening op basis van regenreeksen met inloopmodel geven daarom een betere voorspelling van het gedrag van infiltratievoorzieningen.

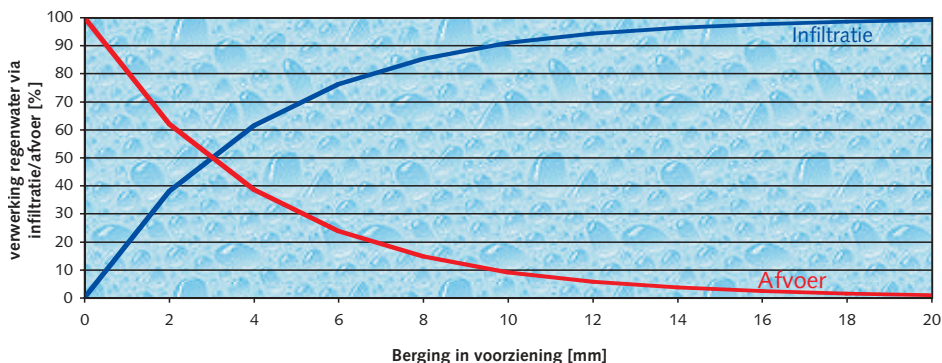
Duitse richtlijnen

Duitse richtlijnen maken voor de berekeningswijze onderscheid in het soort voorziening. Semi-centrale en centrale infiltratievoorzieningen³ (grotere aaneengeschakelde systemen van wadi's) moeten overeenkomstig met duitse normen (de ATV-A138) een reeksberekening uitvoeren. Daarbij rekenen ze minimaal met een regenreeks van tien jaar. De voorziening mag niet meer dan één keer in de tien jaar falen (water op straat). Als maximale verblijfsduur wordt vierentwintig uur aangehouden.

Voor decentrale infiltratievoorzieningen volstaat een (vereenvoudigde) berekening met een regenduurlijn en een kans op overschrijding van één keer in de vijf jaar. Dit geldt ook voor de sleuf met aggregaat. De wadi zelf mag één keer per jaar overstorten op de infiltratiesleuf.

In de praktijk is voor berekeningen op straat- en wijkniveau een reeksberekening sterk aan te bevelen. Figuur 51 geeft een voorbeeld van de uitkomsten van zo'n reeksberekening (op basis van de historische regenreeks 1955-1979 en een standaardinloopmodel).

³ 'Centraal' betekent hier: op 1 m² infiltratieoppervlak is meer dan 15 m² verhard oppervlak aangesloten.



Figuur 51 Relatie tussen berging en overstort bij een doorlatendheid van ($k_d=3$ m/d)

Vergroting van de berging

Figuur 51 laat zien dat een vergroting van de berging van het infiltratiesysteem voor een niet evenredig grote infiltratievermeerdering in de bodem zorgt. Zo infiltreert bij een berging van 10 mm 90%, bij een verdubbeling van de berging naar 20 mm neemt het rendement nog geen 10% toe. De verdubbeling van de berging staat dan niet in verhouding tot de bijbehorende aanleg- en onderhoudskosten en het benodigde ruimtegebruik.

Gemiddeld treden bij een berging van 10 mm en een doorlatendheid van 3 m/d twee overstortingen per jaar op. Ter vergelijking: een gemiddeld verbeterd gescheiden stelsel loost circa 30% van het water ongezuiverd op het oppervlaktewater. Bij het vertalen van dezelfde hydraulische capaciteit naar een infiltratievoorziening, is onder deze omstandigheden een berging van 5 mm voldoende.

Ontwerp versus praktijk

Uit evaluaties van het ontwerp en uit (langdurige) metingen na de aanleg van een wadi blijkt dat het functioneren van de wadi in de praktijk vaak niet overeenkomt met de dimensionering van het infiltratiesysteem. Zo is de hoeveelheid regenwater die de voorziening belast (de inloop) vaak lager dan de modellen voorspelden. Dit kan komen door de veiligheidsfactoren van de modellen (inloopparameters die veilig worden ingeschat of niet worden meegenomen zoals bij regenduurlijnen). Daar staat tegenover dat gemeenten in de praktijk vaak 'snoepen' aan de ruimte voor water in het ontwerp. Dit gebeurt vaak om diverse praktische redenen en om het uitgeefbaar gebied van de gemeente en daarmee de inkomsten te verhogen. In de wijk Ruwenbos in Enschede is de werkelijk aangelegde berging in een deel van de wadi's de helft van de ontworpen berging. Dit kwam onder andere door onzekere aannamen en de verhardingsdrift van

bewoners. Zo zijn er bewoners die (bijna) de gehele tuin betegelen of van klinkers voorzien zodat het tuinonderhoud geminimaliseerd wordt. De kleinere aanwezige berging leidde overigens niet tot een slecht functionerend infiltratiesysteem, want uit metingen blijkt dat in de eerste drie jaar na aanleg circa 99% van het regenwater in de bodem infiltreerde. De gemeente onderzoekt nog of de wadi op lange termijn in dezelfde mate zijn functies blijft vervullen.

Beperkte informatie

De onzekerheid bij het ontwerp zit met name in de beperkte informatie van de geo-hydrologische gegevens. Zo worden infiltratievoorzieningen in wijken ontworpen op basis van één of enkele doorlatendheidsmetingen. Hierbij gaat de ontwerper niet in op de meetmethodiek (infiltrametertest, falling head, omgekeerde boorgatenmethode), de ruimtelijke variatie van de doorlatendheid en de omstandigheden waaronder dit is bepaald (verzadigde of onverzadigde zone, grondwaterstand, klimatologische omstandigheden). Ook besteedt men vaak weinig aandacht aan de bodemsamenstelling. Zo heeft een doorlatendheid van 3 m/d geen waarde als er een ondoorlatende leemlaag ligt, waardoor het regenwater niet vrij kan infiltreren in de ondergrond. Daarnaast is er vaak maar een beperkte dataset aanwezig van enkele maandelijkse metingen van de (schijn)grondwaterstanden.

Afstand infiltratievoorziening tot bodem

De aanbeveling om de bodem van de infiltratievoorziening minimaal boven de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG; te bepalen op basis van een dataset van circa acht jaar) aan te leggen, halen ondergrondse voorzieningen in grote delen van Nederland vaak niet. Met een minimale dekking op een buis van 0,8 m en een gemiddelde doorsnee van het IT-riool van 300 mm, moet de grondwaterstand namelijk 1,1 m onder het maaiveld liggen om aan deze eis te voldoen. Om het risico op het doorslaan van verontreinigingen vanuit de voorziening naar het grondwater verder te beperken, zou de infiltratievoorziening zelfs ongeveer 0,5 m boven de GHG moeten liggen. Maar dit is in stedelijk gebied vrijwel nergens haalbaar. Als grondwater voor langere tijd boven de binnen-onderkant-buis (bob) van de infiltratievoorziening ligt, zal door de verminderde berging de voorziening vaker overstorten. De Duitse richtlijn ATV-A138 houdt een minimale afstand aan van 1,0 m vanaf de bodem van de infiltratievoorziening tot de gemiddeld hoogste grondwaterstand.

Afnemende doorlatendheid

Houd ook rekening met onzekerheden na de aanleg van de voorziening. Zo kan de doorlatendheid in de tijd afnemen doordat de voorziening dichtslibt. Daarom hanteren gemeenten in het ontwerp soms een veiligheidsfactor op de doorlatendheid van 0,5. Daarnaast nemen zij de bodem van de voorziening niet als infiltrerend oppervlak mee

bij ondergrondse infiltratievoorzieningen. Ook Duitsland houdt in het ontwerp rekening met de afnemende doorlatendheid van de bodem bij ondergrondse infiltratievoorzieningen. Bij toepassing van een zandvang is het advies te rekenen met een afname van 50%; zonder zandvang met een afname van 80% voor de bodem en 50% voor de wanden. Over het daadwerkelijk dichtslibben van voorzieningen in de praktijk is nog niet veel bekend.

Regelput bij uitstroom infiltratieleiding

Het ontwerp van een wadi kan de hiervoor genoemde onzekerheden gedeeltelijk ondervangen door regelfuncties in te bouwen en door de afvoer te garanderen met overloopvoorzieningen. Een praktisch voorbeeld van een regelfunctie is een regelput bij de uitstroom van een infiltratieleiding. Hierbij kan de gemeente de afvoer instellen (bijvoorbeeld de maximaal toegestane afvoer door het waterschap) en het overstortniveau. Als na aanleg blijkt dat de grondwaterstanden hoger zijn dan verwacht, kan de gemeente het drainageniveau aanpassen en een zomer- en winterpeil hanteren. Hierbij infiltreert er meer water in de zomermaanden en kan het overstortniveau in de winter lager staan om eventuele wateroverlast te voorkomen.

| 105

Grondwaterstand

Het effect van infiltratie op de grondwaterstand hangt af van de geohydrologische situatie. Bij enkele infiltratievoorzieningen in Nederland zijn metingen gedaan naar de grondwaterstandverhoging bij infiltratie. Hieruit blijkt globaal dat de grondwaterstandverhoging zich beperkt tot enkele centimeters op enkele meters afstand van de voorziening (Tauw, 1998). Een tijdelijke grondwaterstandverhoging hoeft vanzelfsprekend geen overlast te veroorzaken; het effect is sterk locatieafhankelijk. Plaats de infiltratievoorzieningen niet direct tegen de gevel, om te voorkomen dat het regenwater de kruipruimte instroomt. Hanteer hiervoor als minimale afstand 1 m van de voorziening tot de gevel. Ter vergelijking: Duitsland houdt als minimum 1,5 maal de diepte van het cunet aan of een talud van 1:1 plus 0,5 m bij bestaande bebouwing. Bij bebouwing zonder kelders gaat Duitsland uit van de diepte van de fundering; in Nederland zou dit de onderkant van de kruipruimte zijn. Bij bebouwing met waterdichte kelders is een minimale afstand van de voorziening tot aan de gevel niet nodig (DWA, 2005).

Verblijftijd

Zoals eerder beschreven moet de wadi voor het hydraulisch functioneren bij voorkeur leeg zijn, voordat een nieuwe regenbui de berging belast. Maar de wadi moet niet te snel leeglopen, omdat dat de zuiverende werking van de wadi beperkt. Er is een minimale 'verblijftijd' van het water nodig. Als de wadi te snel leegloopt, bestaat de kans dat verontreinigingen in het water niet of in mindere mate de kans krijgen om zich te binden aan de wadibodem. Bovendien komen dan enkele afbraak- en omzetprocessen niet goed op gang.

In de praktijk blijkt dat een doorlatende bodem onvoldoende water vasthoudt voor de vegetatie. Soms is het gras in de wadi helemaal verdroogd, terwijl het er in de omgeving mooi bijstaat. Doordat het water te snel in de bodem zakt, heeft het gras geen tijd om het op te nemen. Dit pleit dus ook voor een niet té doorlatende grond. De wadi mag ook niet te langzaam leeglopen, omdat het gras door de overvloed aan water kan beschadigen. Bovendien is langdurig onder water staan ook nadelig voor de beschikbare berging bij een volgende bui.

Geotextiel

Geotextiel speelt ook een rol bij de ledigingstijd. Gemeenten brengen meestal om infiltratiebuizen en infiltratiekratten geotextiel aan. Ook om het aggregaat onder de wadi zit een geotextiel. Deze geotextielen bestaan uit twee hoofdsoorten: de weefsels ('wovens') en de vliezen ('non wovens'). De weefsels zijn gemaakt van garens of bandjes en hebben een geordende structuur, vergelijkbaar met een zeef. De vliezen bestaan uit mechanisch, chemisch of thermisch aangegehechte vezels met een willekeurige oriëntatie van de vezels. Vliezen zien er daarom vaak 'wollig' uit.

Theoretisch bestaat er wel een voorkeur voor een bepaald type geotextiel in een bepaalde situatie, maar dit blijkt nog niet uit de praktijk. Wel is duidelijk dat deze geotextielen het zand van buiten moeten tegenhouden en het water uit de voorziening moeten doorlaten. Uit ervaring (die tot nu toe beperkt is) blijkt dat de doorlatendheid van geotextielen tot een factor 250 kan afnemen (*Grontmij, 2001*). Voorlopig geldt de aanbeveling om voor de waterdoorlatendheid van het geotextiel, voor een 'gemiddelde' situatie, minimaal duizend maal de doorlatendheid van de omliggende grondsoort te kiezen. Een veilige aanname is een doorlatendheid van minimaal 35 liter/seconde/m².

Toplaagmengsel

De bodem van de wadi moet aan veel eisen voldoen. Zo moet de bodem:

- lucht- en waterdoorlatend zijn;
- stabiel en draagkrachtig genoeg zijn om onderhoudsmaterieel (zoals maaimachines) te kunnen verdragen;
- voedingsstoffen bevatten voor de vegetatie die erop groeit;
- goede omstandigheden opleveren voor een goed gedijend bodemleven;
- bij voorkeur allerlei verontreinigingen vastleggen.

De bodem moet dit alles zo lang mogelijk volhouden zonder al te ingrijpend (kostbaar) onderhoud.

Oorzaken beperkte doorlatendheid

De bodemsamenstelling van de toplaag bepaalt de doorlatendheid van de wadi's. Over het algemeen ligt de oorzaak van een beperkte doorlatendheid van de toplaag in:

- de aanleg (bijvoorbeeld te veel fijne fractie);
- het gebruik (bijvoorbeeld verdichting door intensief gebruik en/of een hoge hydraulische belasting);
- de omstandigheden (bijvoorbeeld beperkte lichtinval door bomen, hoge grondwaterstand);
- beheer (bijvoorbeeld lage onderhoudsfrequentie: niet verwijderen van slecht verterend bladval en/of hoge mechanische belasting door maaimachine).

Verder kan de doorlatendheid van de graslaag afwijken van de onderlaag. Bij grasmatten kan de doorlatendheid sterk afwijken, omdat gras vaak wordt gekweekt op een bodem met veel klei- of humusfractie.

| 107

De mengverhouding

De ideale mengverhouding is afhankelijk van de kenmerken van het watersysteem en de inrichting ervan (vegetatiekeuze, licht, onderhoud). Een relatief hoger zandgehalte kan leiden tot een droge grond. Hierop kan een gewas niet goed aanslaan door de kleine capillaire opstijging van het water. Doordat het gewas niet aanslaat, neemt het ook



Figuur 52 Het water in deze wadi blijft (te) lang staan na een regenbui

minder (verontreinigde) stoffen uit het afstromende regenwater op en legt het minder stoffen vast. Ten slotte leidt een weinig begroeide wadibodem tot snellere dichtslibbing, omdat de wortels van de vegetatie de bodem niet openhouden. Een lager zandgehalte in de wadibodem leidt weliswaar tot een hoger zuiveringsrendement, maar het kan ook zorgen voor een lagere doorlatendheid (onwenselijk lange leeglooptijd) of het dichtslaan van de grond.

Vaak geldt een mengverhouding van drie delen drainagezand op twee delen teelaarde voor de samenstelling van de toplaag (0,50 m). Hierbij wordt uitgegaan van drainagezand en teelaarde, omdat de samenstelling van deze grondsoorten aan richtlijnen is gebonden. In de *RAW-standaardbepalingen* staat dat het gehalte aan minerale delen van de fractie tot 63 μm bij drainagezand niet groter mag zijn dan 5%⁴ [RAW].

Bomenzand als toplaag

Ook bomenzand blijkt in de praktijk goed te voldoen als toplaag in de wadibodem. Dit zandmengsel is ontwikkeld voor plantgaten van bomen in verhardingen. Het mengsel is goed te verdichten, maar heeft voldoende poriënvolume en humus om goede groeiomstandigheden voor bomen te garanderen.

Lutumgehalte van de bodem

De lutumfractie (de fractie in het grondmengsel kleiner dan 2 μm) mag bij aanleg maximaal 1% bedragen. Deze kleine deeltjes zorgen er namelijk voor dat de poriën van de toplaag verstopt raken. Bovendien voert het afstromende regenwater ook lutum mee en zet deze af in de wadibodem. Uit onderzoek van een aantal goed begroeide en doorlatende bodems van wadi's in Nederland blijkt dat lutumgehalten tot 3% vóórkomen. De fractie tot 63 μm ligt bij de onderzochte bodems tussen de 8 en 15%. De fractie groter dan 250 μm bedraagt minimaal 46% en de fractie groter dan 500 μm ligt tussen de 12 en 22%. Het m_{50} -getal van deze bodems ligt tussen 200 en 300 μm . Dit wil zeggen dat 50% van de deeltjes in de fractie van 50 μm tot 2 mm van deze grond kleiner is dan 200 tot 300 μm .

Vaak geldt het advies dat het humusgehalte tussen de 2 en 10% moet liggen. Optimaal zijn waarden van 3 tot 5%, omdat humusgehalten tussen 2,9 en 4,9% met succes in de praktijk zijn toegepast (*LUB-W*, 1998). De zuurgraad (pH) van de bodem moet in de orde van 6-8 liggen.

⁴ RAW 2005 (23.16.01): 'Zand met een tijdelijke of permanente draineerfunctie moet zijn mineraal materiaal, waarvan het gehalte aan minerale deeltjes door zeef 63 μm (proef 2) van de fractie door de zeef 2 mm (proef 6.0) ten hoogste 5% bedraagt. Van het materiaal door zeef 2 mm (proef 6.0) mag het gloeiverlies (proef 124) ten hoogste 3% bedragen. Van zand met een permanente draineerfunctie moet voorts de fractie op zeef 250 μm (proef 6.0) ten minste 50% bedragen'

Vrijgekomen grond gebruiken

In de praktijk proberen gemeenten nog wel eens kosten te besparen door vrijgekomen grond te verwerken als toplaag of als omhulling van infiltratievoorzieningen. Dit leidt in de praktijk tot problemen als de grond teveel kleine deeltjes bevat of als er leem in de vrijgekomen grond zit. Bepaal in dit soort gevallen de korrelgrootteverdeling van de grond (Tauw, 2004⁵).

Ontwerputgangspunt van Duitsland

In Duitsland geldt als belangrijkste ontwerputgangspunt voor de bodem van infiltratievoorzieningen dat de bodem een doorlatendheid tussen de 0,0036 en 3,6 m/h (=0,086 en 86,4 m/dag) van de onverzadigde zone heeft (voor wadi's > 0,036 m/h). Duitsland heeft de bovengrens gesteld om te snelle infiltratie te verhinderen en daarmee te voorkomen dat verontreinigingen doorslaan. De minimale doorlatendheid geldt als ondergrens om te lange verblijftijden, langdurige infiltratie en anaërobe toestanden te vermijden. Deze doorlatendheden zijn alleen een indicatie voor het vertalen naar richtlijnen voor de samenstelling voor de toplaag.

| 109

De beplanting

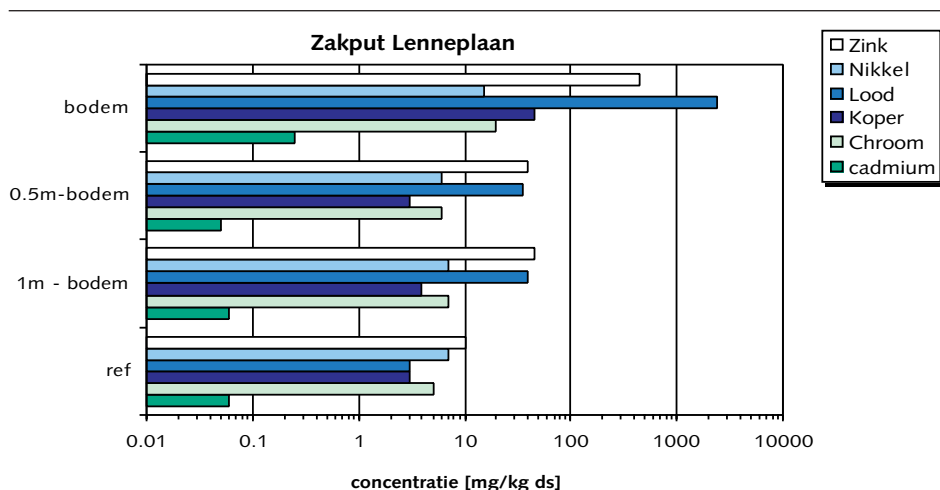
Na de aanleg van een wadi moet de gemeente nog gras inzaaien en struiken en bomen planten. De Duitse richtlijnen (ATV-A138) leveren geen voorwaarden op voor de beplanting van de wadi's. Voorwaarde is wel dat de gemeente rekening houdt met ondergrondse delen van de voorziening, zoals de sleuf met aggregaat of het geotextiel. De stam van een boom moet een minimale afstand van 50% van de volgroeide kruinbreedte tot de wadi hebben. De gemeente raadt het planten van coniferen af, omdat deze de grond verdichten.

11.4 Richtlijnen: milieuhygiënisch functioneren

Het afstromende regenwater van verharde oppervlakken bevat vuil. Het regenwater kan normoverschrijdende concentraties van zware metalen en PAK bevatten. Neem bij voorkeur bronmaatregelen om ongewenste vervuiling van het regenwater te voorkomen. Veel van deze verontreinigingen zitten niet in de oplossing, maar zijn gebonden aan het zwevend stof (wRw, 2003). Als het afgekoppelde water in een wadibodem infiltreert, houdt de bodem het vuil vooral vast door zijn filterende werking. Nationale en internationale monitoringsprogramma's (zakputten en bermen bij snelwegen) wijzen uit dat deze opeenhoping van vuil voornamelijk in de eerste tientallen centimeters van de bodem zitten⁶.

⁵ Onderzoek naar vier wadi's te Rheden

⁶ bronnen: oa Tauw, 1999; Grontmij, 2004; Stowa, 2005).



Figuur 53 Concentraties onder de bodem van een infiltratievoorziening (Tauw, 1999)

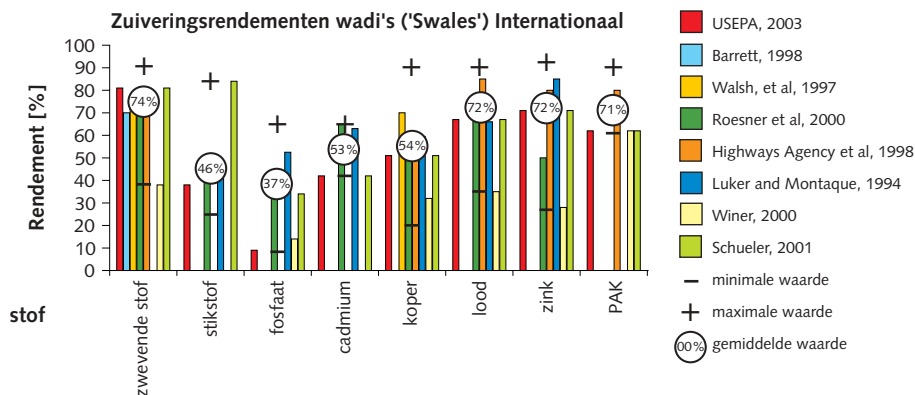
Toplaag verwijderen

Een opeenhoping van vuil kan ertoe leiden dat de toplaag naar verloop van tijd zo verontreinigd raakt, dat de gemeente de laag af en toe moet verwijderen om risico's voor de volksgezondheid te vermijden (Riolering, 2003). Dit hangt overigens ook af van de bodemsamenstelling en de kwaliteit van het afstromende regenwater. De metingen in Ruwenbos in Enschede toonden na zes jaar geen algemene verslechtingen of verbeteringen van de bodem en het grondwater aan.

Rendementen

De rendementen van wadi's zijn nog vrijwel niet gemeten in Nederland. Het buitenland past al langer wadi's en/of bermfiltratie toe; monitoringsprogramma's beschouwen daar al diverse systemen. Figuur 54 geeft rendementen van enkele wadi's weer. Hierbij gaat het om diverse onderzoeken uit Engeland en de Verenigde Staten, waarbij de figuur de gemiddelde resultaten laat zien. Ook ziet u de gemiddelde rendementen per stof van de gepresenteerde onderzoeken, het minimaal én het maximaal bepaalde zuiveringsrendement. Uit de figuur blijkt dat de zuiveringsprestatie per locatie sterk kan verschillen. Ook zijn de rendementen van stoffen als zware metalen en PAK (en het zwevend stof waaraan deze stoffen in hoge mate gebonden zijn) over het algemeen hoger dan voor nutriënten (stikstof en fosfaat) (wRw, 2002).

Omdat wadi's en filterbermen in het buitenland meer een afvoerfunctie en in mindere mate een bergende en infiltrerende functie hebben dan in Nederland, zijn de rendementen in Nederland naar verwachting over het algemeen hoger. Niet alleen de bezinking van stoffen bepaalt namelijk een belangrijk deel van het zuiveringsrendement bij de lagere stroomsnelheden, maar ook de filtratie en adsorptie bij infiltratie in de bodem. De voorzieningen in het buitenland (zoals in Texas) worden over het algemeen hydraulisch ook zwaarder belast (de intensiteit; niet de kwantiteit) dan in Nederland.



Figuur 54 Rendementen van wadi's internationaal (Bronnen: Barrett M.E, 1998; Walsh P. M. et al, 1997; Roesner L. A., 1999; HASE, 1998; Luker M., 1994; Winer R., 2000)

11.5 Richtlijnen: functioneren

Infiltratievoorzieningen doen een extra beroep op de oplettendheid van bewoners. Zo kunnen bewoners erop toezien dat:

- er geen foutieve aansluitingen op infiltratievoorzieningen zijn;
- er geen afval(water) in de kolken zit;
- mensen er niet hun auto wassen;
- het gebruik van bestrijdingsmiddelen en het strooien van zout minimaal is.

Deze zorgvuldigheid is in het algemeen gewenst, dus ook in (gescheiden) gerioleerde wijken.

Informatie over het systeem

De gemeente kan alleen medewerking van de bewoners verwachten, als bewoners weten dat het systeem er is en hoe het werkt. De gemeente heeft de taak om bewoners hierover te informeren, maar ook de makelaar kan hierin bij nieuwbouwprojecten een belangrijke rol spelen.

Bewoners in nieuwbouwwijken zijn over het algemeen enthousiast over wadi's, omdat het een meerwaarde heeft voor de ruimte en het groen in hun wijk. Bij het ontwerp van de wijk moet de gemeente van het begin af aan rekening houden met het wadi-systeem, zodat ze optimaal aandacht kan besteden aan de locatie en de vormgeving ervan. Bovendien weten de bewoners dan al bij de koop of huur van de woning dat de wijk een wadisysteem heeft, bijvoorbeeld via stickers op meettoestellen in de woning met uitleg.

Wadi's in bestaande stedelijke omgeving

Ook in de bestaande stedelijke omgeving is inpassing van wadi's mogelijk. Maar omdat een wadi relatief veel ruimte kost, is dit lang niet overal haalbaar. Het grote verschil met nieuwbouwprojecten is dat de wadi's moeten passen in de bestaande structuur. Hierdoor 'verdrukken' ze een andere functie op die locatie. Vaak betekent dit dat openbaar groen (meestal een speelveld) ook de functie van wadi krijgt. De bewoners hebben te maken met een verandering in hun omgeving en dat kan tot allerlei vragen en bezwaren leiden. Het is verstandig veel aandacht te besteden aan de vragen en opmerkingen van bewoners, omdat de manier waarop de wadi's functioneren voor een groot deel afhankelijk is van de acceptatie door de bewoners.

112 |



Figuur 55 Eerst een grasveld met bomen (links), nu een wadi met af en toe water (rechts)

Onderhoud en beheer

Onderhoud en beheer in wadiwijken verdienen de nodige aandacht. Een goed onderhouden wadi draagt bij aan een fraaier straat- en wijkbeeld. De bewoners waarderen een goed gemaaid wadi zonder kale plekken en zwerfvuil. Bij het ontwerp moet de gemeente er dus rekening mee houden dat ze eenvoudig onderhoud kan uitvoeren. Hiervoor is onder andere een flauw talud nodig zodat de gemeente eenvoudig kan maaien, slokoppes die goed bereikbaar zijn en een inloop van water in de wadi die niet tot uitspoeling van het talud leidt.

Eigen invullingen van water op eigen terrein

Als bewoners het wadisysteem accepteren, kunnen zij zelf op zoek gaan naar andere manieren om creatief om te gaan met het water op eigen terrein. Zo zijn er talrijke voorbeelden van fraai vormgegeven gootjes, vijvers die zich vullen met regenwater en regentonnen die bewoners hebben geplaatst. De regenton is over het algemeen een goed middel om de bewoner bewust te maken van de aantrekkelijke kanten van regenwater. Om overlast te vermijden, voert een volle regenton het eerstvolgende regenwater af. Het effect van een dergelijke regenton op de afvoer van regenwater is zeer beperkt. Als de inrichting van de tuin en de bodemgesteldheid het toelaten, kan de regenton ook een overstort krijgen op de tuin (direct of bijvoorbeeld op een grindkoffer). Dan is het aangesloten dakoppervlak volledig afgekoppeld van de riolering en is het effect van de regenton maximaal.

| 113

11.6 Samenvatting

Het is belangrijk dat er goede richtlijnen zijn voor het ontwerp, de aanleg en het beheer van wadi's op basis van opgedane kennis in Nederland en het buitenland. Deze richtlijnen zorgen er namelijk voor dat de voorzieningen optimaal kunnen functioneren. Tabel 27 beschrijft de aanzet voor de richtlijnen voor infiltratie via een wadi. Ter vergelijking staan er ook enkele Duitse, Engelse en Belgische richtlijnen bij. Bij de richtlijnen staat vermeld dat het ontwerp, de aanleg en het beheer van de infiltratievoorzieningen maatwerk is. De invulling van de richtlijn hangt onder andere af van de primaire functies van het infiltratiesysteem. Zo zal een systeem met een primair zuiverende functie ontworpen worden op een minimale verblijftijd; een systeem met een primair hydraulische functie zal een ontwerp vergen met een minimale leeglooptijd. De richtlijnen zijn dan ook een hulpmiddel en geen ontwerpvoorschrift of een garantie dat de voorziening goed zal werken. De richtlijnen in dit hoofdstuk zijn mede daarom ook toegelicht, zodat de ontwerper in een specifieke locatie en/of voor een specifieke functie gemotiveerd kan afwijken van deze richtlijnen. De kennis over de systemen is op sommige vlakken te summier, zodat onderzoek en monitoring van voorzieningen gewenst blijven. Met nieuwe kennis is het mogelijk de richtlijnen bij te stellen.

Tabel 27 Samenvatting van de ontwerprijtlijnen voor wadi's <Oorspronkelijk nummer tabel 11.1>

Parameter	Eenheid	Nederland	Duitsland (DWA, 2005; LUB-W, 1998)	Engeland/USA (CIRIA, 2004)	België (Vlario, 2005)
Naam systeem		Wadi	Mulden Rigolen Element	Swale	Infiltratiekommen
Onverzadigd doorlatendheid toplaag (bij aanleg)	[m/dag]	Omgeving > 0,5	0,86 < Kd < 86,4		> 0,086
Afstand wadibodem tot GHG	[m]	> 0,5	> 1		
Filterlaagdikte	[m]	0,3 - 0,5	> 0,1 (gem. 0,3)		0,3 - 0,5
Verhouding $A_{wadi}/$ $A_{verharding}$	[%]	5 - 10	> 7 (gem. 5 - 20)		5 à 10
Afstand tot gevel (bij kruip- ruimten)	[m]	> 1	> 1,5 maal diepte bouwput		
Overstortings- frequentie	[n/jr]		0,2		0,2-0,5
Infiltratie- percentage	%	70 - 99			
Maximale waterstand wadi	[m]	< 0,3	< 0,3	Circa 0,1	< 0,3
Waking	[m]	0,1		0,15	
Ledigingstijd	[h]	< 24	< 24	Verblijftijd > 10 min.	<24 (-48)
Minimale bodembreedte wadi	[m]	0,5		0,6	0,5 à 1
Breedte wadi tpv waterlijn	[m]	4			
Talud wadi	[m]	1:3 of flauwer		1:4	1:3 of flauwer

Aandachtspunten					
Geotextiel	[O ₉₀]	> 300 µm			
Doorlatendheid geotextiel	l/s/m ²	> 35			
Overloop- voorziening (aantal)	[n]	n > 1			
Samenstelling filterlaag drainagezand/ teelaarde	[n:1]	n = 2 à 3			
Humusgehalte	%	3 – 5	tussen de 2 en 10		
Lutumgehalte	%	< 1			
m ₅₀ -getal	µm	200-300	> 350		
Zuurgraad bodem	ph		6 - 8		
Maximale (in)stroom- snelheid				1 - 2 m/s afhankelijk van bodem	
Inloop					
Goot-afmetingen in de rijweg	Breedte: diepte	10:1			
Gootafmetingen in het trottoir	Breedte: diepte	60:1			

12 Voorbeelden van wadi's in Nederland

In dit hoofdstuk staan enkele voorbeelden van aangelegde wadi's in Nederland. Dit schetst de diversiteit in ontwerpen. De wadisystemen zijn zoveel mogelijk met foto's gevisualiseerd. De omschrijving is beperkt tot de belangrijkste functies en kenmerken.

De Meer, Amsterdam

Locatie: Amsterdam

Afstromend oppervlak: daken en wegen (nieuwbouw)

Voornaamste functie: waterberging

Omschrijving: Het afstromend regenwater van daken en wegen stroomt via goten naar een verlaging in het maaiveld dat is voorzien van een geotextiel en een grindlaag. Het wadi-systeem maakt deel uit van een ecologische verbindingszone.



| 117





Oostzaan

Locatie:	Oostzaan
Afstromend oppervlak:	daken en wegen (bestaand)
Voornaamste functie:	zuivering van regenwater
Omschrijving:	Het regenwater uit een gescheiden stelsel wordt opgepompt naar deze voorziening waar een zuivering plaatsvindt door infiltratie in een met humus verrijkte toplaag. Via een drain die onder het maaiveld ligt in een zandpakket wordt infiltratie bevordert. Overstortingen vinden direct op het naastgelegen oppervlaktewater plaats.

Naviduct N302, Enkhuizen

Locatie: Enkhuizen

Afstromend oppervlak: provincialeweg N302

Voornaamste functie: waterberging en zuivering

Omschrijving: In verband met een wvo vergunning voor lozing op het IJsselmeer wordt het water gezuiverd in wadis naast de weg. De weg gaat onder de schutsluis door ('naviduct') waardoor de weg een verval heeft. De wadi-compartimenten zijn gescheiden door stuwtes om de berging te creëren (100 mm!).





Sandenburg/Ter Kleef, Almelo

Locatie: Almelo

Afstromend oppervlak: daken en wegen (bestaand)

Voornaamste functie: waterberging en zuivering

Omschrijving: Het regenwater van een groot aantal daken stroomt rechtstreeks op de wadi af terwijl het afstromende regenwater van de overige daken en wegen via een IT-riool onder de wadi opwelt in de wadi. Overstortingen vinden plaats op het oppervlaktewater. In deze bestaande wijk zijn grote gazons aanwezig.





Lieven de Keystraat, Almelo

| 121

Locatie: Almelo

Afstromend oppervlak: daken en wegen (bestaand)

Voornaamste functie: waterberging en zuivering

Omschrijving: Het regenwater van de daken aan de zijde van de wadi stroomt via bovengrondse afvoer op de wadi af. Het afstromende regenwater van de overige daken en rijweg stroomt naar een IT-riool onder de rijweg. Overstortingen vinden plaats op het bestaande gemengde stelsel. Na aanpassing van de rest van het stelsel, over enige jaren, vindt de overstort plaats op oppervlakte-water.

Deze wijk kent een beperkt groenoppervlak. De bestaande bomen waren aan vervanging toe.



Bedrijventerrein Biensma te Grou, Gemeente Boarnsterhim (2002)

Locatie: Grou

Afstromend oppervlak: daken en wegen

Voornaamste functie: zuivering

Omschrijving: Het bedrijventerrein Biensma heeft een gescheiden rioolstelsel. Het bedrijventerrein is uitgebreid en gerevitaliseerd. Onderzocht is of het bestaande rioolstelsel omgebouwd kon worden tot een verbeterd gescheiden rioolstelsel of een gelijkwaardig alternatief. Vervolgens is een wadi als alternatief aangegeven waarbij het water door de bodem wordt gezuiverd alvorens het naar het oppervlaktewater stroomt.



Literatuur

Infiltratie

Tauw (1999). *Praktijkproef infiltratie Zwolle-Zuid, Deelrapport I: Vooronderzoek.* Deventer, Tauw.

Tauw (1999). *Praktijkproef infiltratie Zwolle-Zuid, Deelrapport II: Infiltratievoorziening Geren.* Deventer, Tauw.

Tauw (1999). *Praktijkproef infiltratie Zwolle-Zuid, Deelrapport III: Infiltratievoorziening Schellerhoek.* Deventer, Tauw.

Tauw (1999). *Praktijkproef infiltratie Zwolle-Zuid, Deelrapport IV: Conclusies en ontwikkelingen.* Deventer, Tauw.

| 123

Ruwenbos

Tauw (1994). *Waterhuishoudingplan Ruwenbos. Haalbaarheidsstudie wadisysteem.* Deventer, Tauw.

Tauw (2000). *Bewonersonderzoek naar het functioneren van de wadi's in de wijk Ruwenbos.* Deventer, Tauw.

Tauw en de gemeente Enschede (1999). *Wadi, een natuurlijke regulering van regenwater.* Brochure uitgegeven door gemeente Enschede en Tauw.

Kwaliteit (afstromend) regenwater

RIVM (1999). Landelijk Meetnet Regenwatersamenstelling. Meetresultaten 1995. *Rapport 723101046.* RIVM.

RIVM (1999). Landelijk Meetnet Regenwatersamenstelling. Meetresultaten 1996. *Rapport 723101048.* RIVM.

RIVM (1999). Landelijk Meetnet Regenwatersamenstelling. Meetresultaten 1997. *Rapport 723101049.* RIVM.

Stolk A. (1994). Landelijk Meetnet Regenwatersamenstelling meetresultaten. *Rapport 723101027.* Bilthoven, RIVM.

Tauw (2002). *Samenstelling afstromend regenwater Nederland*. Deventer, Tauw.

Diversen

ATV-DVWK (2000). *Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser, februari 2000*. Abwassertechnische Vereinigung.

Barrett M.E. (1998). *Draft Edwards Aquifer technical guidance manual; permanent best management practices*. Bureau of Engineering Research University of Texas in Austin, Center for Research in Water resources.

Boogaard F.C. (2002). *Beheerst de stad het water?* Handout PAO-cursus 27 mei 2002. Delft, TU Delft.

Boogaard F.C. en Bode P. (2000). *Bewoners in Enschede waarderen wadi's*. H₂O, nr. 3. Boogaard F.C., de vuilemissie van gescheiden stelsels, rioleringstechniek 2005.

Boogaard F.C. en Wentink R. (2005). *Richtlijnen voor het ontwerp, aanleg en beheer van wadi's*. Rioleringswetenschap, nr. 18 juni 2005.

Boogaard F.C., Schipper P en Speelman J.P (2003). *Riolering 2003, wadi's laten nauwelijks metalen door*.

CIRIA (2004). *Sustainable drainage systems, hydraulic, structural and water quality advice*.

Consument en veiligheid (1994). *Handboek veiligheid van oppervlaktewater* (zie ook: www.veiligheid.nl)

DWA (2005). *Arbeitsblatt DWA-A138 Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, april 2005*. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall.

Elsevier (2000). *Waterwijzer Regenwater in de praktijk*.

Grontmij (2001). *Vergelijking gladde en geribde percolatieriolen. Meting van de percolatiecapaciteit en de effecten van vervuiling bij gladde en geribde percolatieriolen*.

Grontmij (2004). *Runoff en verwaaiing Provinciale wegen. Onderzoek naar de risico's voor bodem en water en richtlijnen voor weg en waterbeheer*.

Jong S. de (1999). *Effecten van infiltratie in de bodem.* Een onderzoek naar de kwalitatieve aspecten van infiltratie in de bodem. Deventer, Tauw.

KNMI (2002). *Klimaatatlas van Nederland.* Normaal periode 1971-2000.

LUB-W (1998). *Bodemfilter zur Regenwasserbehandlung im Mischsystem.* Karlsruhe, Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg.

Luker M. and Montaque K. (1994). *Control of pollution from highway drainage discharges.* Report 142. London, CIRIA.

RAW-standaardbepalingen (2000).

Roesner L.A. (1999). *The hydrology of urban runoff quality management ASCE Virginia.* Highways Agency Scottish executive 1998, National Assembly for Wales and department for regional development Northern Ireland.

Sieker F. (1999). *Urban water management in Germany.* Workshop on urban water management Lisbon Portugal.

Stichting RIONED (2003). *Wadi's doorgelicht.* Tussenrapportage over het hydraulisch en milieuhygiënisch functioneren en de waardering van bewoners.

Stichting RIONED (2006). Leidraad Module C2200

Stichting RIONED (2005). *Riool in cijfers 2005-2006.*

Stowa (2005). *Kwaliteitsaspecten bij ondergrondse infiltratie.*

Stowa/Stichting RIONED (2003). *Natuurvriendelijke wadi's.*

Tauw (2005). *Monitoring wadi's 'Het Rhedens' in Dieren.* Onderzoek naar functioneren van vier wadi's en vastlegging nulsituatie.

Vaes G., Bouteligier R. en Berlamont J. (2004). *Het ontwerp van infiltratievoorzieningen.* Waterniveau februari 2004.

Vlario (2005). *Katern afkoppelen, bufferen en infiltreren, 20 april 2005.*

Walsh P.M., Barrett M.E., Malina J.F., Charbeneau R.J. (1997). *Use of vegetive controls for treatment of highway runoff.* Bureau of Engineering Research University of Texas in Austin, Center for Research in Water resources.

Wentink R. en Boogaard F. (2001). *Praktijkresultaten, De wijken Oikos en Ruwenbos; Monitoring wadi te Enschede.* Tauw.

Winer R. (2000). *National pollutant removal performance database for stormwater treatment practices- 2nd edition.* Ellicott City MD, Center for watershed Protection.

wRw (2002). *Samenstelling afstromend regenwater stedelijk gebied.*

wRw (2003). *Beslisboom aan- en afkoppelen.*

Bijlage 1

Overzicht meetprogramma en analysepakket

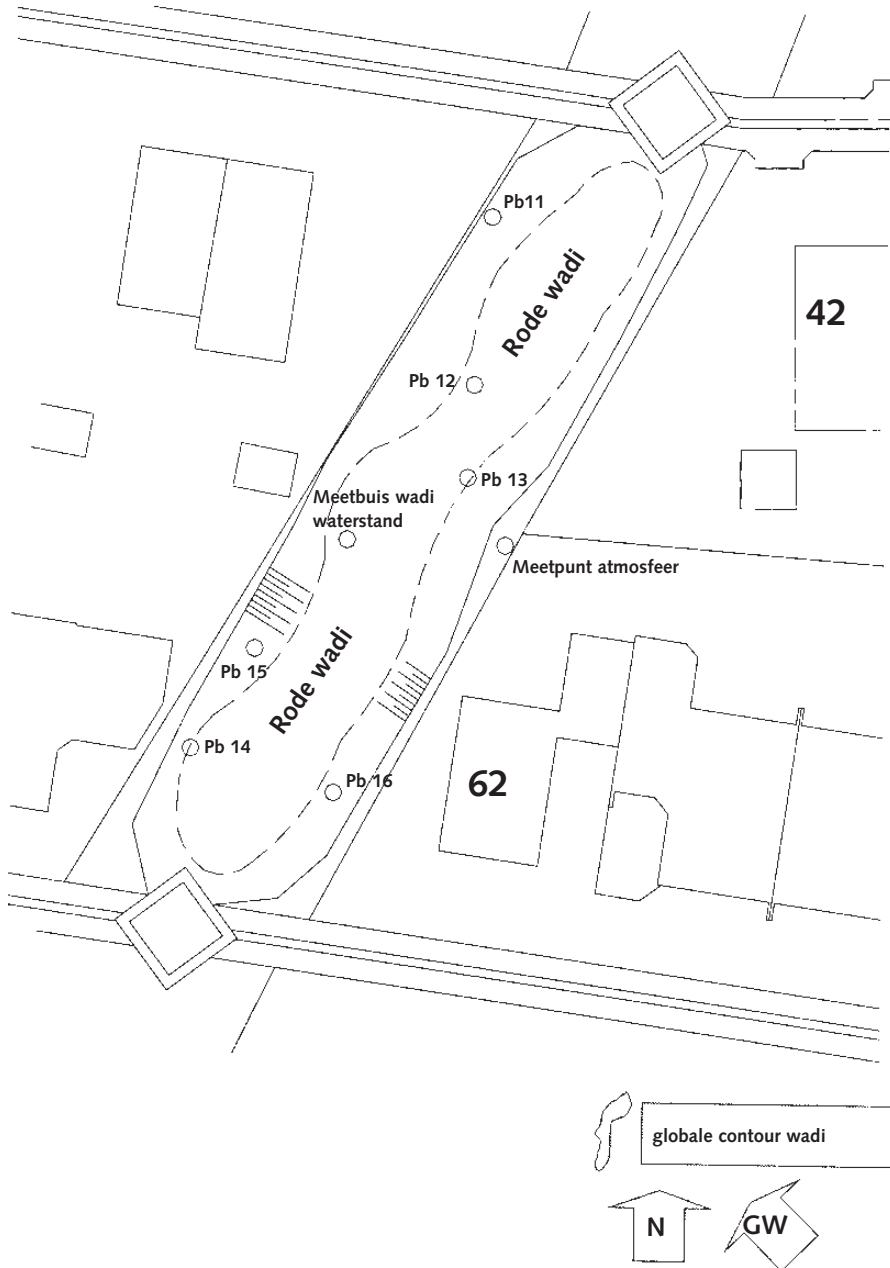
Onderzoeksitem	Methodiek	Aantal meetpunten	Totaal aantal metingen in de meetperiode	Aantal analyses
Startsituatie				
Bodemvoorziening	Boringen (drie diepten) + beschrijving	4	3	12
	Analyses			
Grondwater	Peilbuizen	6	1	6
	Monstername + analyses			
Liapor	Samenstelling	1	1	1
	Beschikbaarheidproef	1	1	1
Lava (evt)	Samenstelling	1	1	1
	Beschikbaarheidproef	1	1	1
Argex (evt)	Samenstelling	1	1	1
	Beschikbaarheidproef	1	1	1
Periodieke meting (jaar 1, 2 en 3)				
Regenwater	Opvangen in constructie	1	12	12
	Analyses			
Afstromend regenwater daken	Opvangen in regenton, voorziening, direct	1	12	12
	Analyses			
Afstromend regenwater daken/wegen	Wadi	1	12	12
	Analyses			
Slib wadi	Monstername + analyse (mengmonster)	1	3	3
Drainagewater	Eind drainagebuis	1	6	6
	Analyses			
'Eindsituatie' (jaar 3 en 6)				
Bodemvoorziening	Boringen	4	3	12
Liapor	Samenstelling	1	1	1
Grondwater	Peilbuizen	6	1	6
Slib wadi	Boringen (NB: jaar 3 vindt plaats bij per. metingen)	1	1	1

Onderzoeksitem	Methodiek	Aantal meetpunten	Meetfrequentie
Startsituatie			
Maatvoering voorziening	Waterpassen		
Bewonersgedrag	Enquête		
Aanlegkosten	Nacalculatie		
Periodieke meting (jaar 1, 2 en 3)			
Neerslag	Regenmeter	1	1x per kwartier
Waterstand in wadi	Datalogger	1	1x per kwartier
Waterstand in drain/overstort	Datalogger	1	1x per kwartier
Grondwaterstand	Peilbuizen	6	1x per 2 weken
Water in kruipruimten	Visueel	div.	4x per jaar
Dichtslibbing wadibodem	Visueel		1x per maand
Onderhoudskosten	Nacalculatie		1x per jaar
Eindsituatie (jaar 6)			
Doorworteling geotextielen	Opgraven en visuele beoordeling	1	1
Kleikorrels	Opgraven en visuele beoordeling	1	1
IJzerafzettingen in drainbuis, infiltratievoorziening en geotextiel	Opgraven en visuele beoordeling	1	1
Bewonersgedrag	Enquête	1	1

Analysepakket regenwater

Regenwater Afstromend regenwater daken	Opvangconstructie	• Zware metalen (7) en arseen • PAK • Aromatische en chloorhoudende koolwaterstoffen (alleen eerste maal) • Minerale olie • Chloride
---	-------------------	--

Bijlage 2 Overzicht meetvak



Bijlage 3 Aanlegkosten wadi's

De aanlegkosten van de wadi's in Ruwenbos komen uit de directiebegroting voor het bouw- en woonrijp maken van Ruwenbos en uit het groenbestek voor Ruwenbos. Het prijspeil is omgerekend naar 2005.

Omschrijving	Eenheid	Aantal	Prijs per eenheid (€)	Subtotaal (€)	Totaal* (€)
Herprofileren sloot	m	50	0,95	48	
Dempen sloot	m ³	300	1,08	323	
Grond ontgraven voor greppel	m	60	2,50	150	
Bronbemaling	m	70	12,63	884	
Drainbemaling	m	700	10,43	7.301	
Opname/afvoer grond uit groenstrook/wadi	m ³	1400	2,97	4.158	
Opname/afvoer gemengde grond	m ³	120	3,99	479	
Opname/afvoersand wadi	m ³	300	3,99	1.197	
Leveren/aan niet leemhoudend zand (inclusief aandrukken)	m ³	350	12,48	4.368	
Opname/aan grond voor egaliseren	are	70	4,99	349	
Leveren/aan inspectie putten 1,0 x 1,0 m; 2 aansluit.	st	2,00	1.365,65	2.731	
Leveren/aan pvc-kolkaansluitingen Ø125 mm inclusief grondwater	m	30	14,73	442	
Leveren/aan drainage Ø 100 mm horizontaal (wadi)	m	365	39,93	14.574	
Leveren/aan pvc-drainage controleput Ø 315 mm	st	7	170,89	1.196	
Leveren/aan straatkolk eendelig (slokop)	st	5	157,53	788	
Leveren/aanbieden vlakke voet betonbuis Ø 400	m	10	45,97	460	
Totaal aanleg groene en rode wadi	m	400	98,62	39.448	64.695
Leveren/aan pvc Ø 125 voor kruising wadi met straat	m	40	73,62	2.945	
Leveren/aanbieden pp-buis Ø 125 voor afvoer straat naar wadi	m	45	12,58	566	
Leveren/aanbieden straatkolken eendelig	st	14	157,53	2.205	
Leveren/aanbieden rechte opsluitbanden 120*250 mm	m	210	11,31	2.375	
Leveren/aanbieden molgoot 7 rijen kinkers inclusief z/c stab	m	210	23,54	4.943	
Leveren/aanbieden veldkeien	m ²	112	49,92	5.591	
Leveren/aanbieden mengkorrelmix 0/40 (dik 200 mm)	m ²	150	5,14	771	
Totaal aanleg oversteekplaatsen groene en rode wadi (ruiten)	st.	7	2.770,86	19.396	31.809

Leveren/aan afrastering palen met draad	m	325	2,44	793	
Verwijderen onderbegroeiing	are	8	32,16	257	
Diepspitten grasveldgedeelte (exclusief wadibodem)	are	51,80	42,93	2.224	
Frezen grasveldgedeelte (exclusief wadibodem)	are	51,80	7,79	404	
Egaliseren gefreesd grasveldoppervlak	are	61,70	19,93	1.230	
(inclusief wadibodem)					
Leveren/verwerken mengmeststof	m ²	200	0,02	4	
NPK 12-10-18 voor rolzoden					
Leveren/aanbieden graszaad voor grasvelden	are	59,7	35,71	2.132	
Aanbrengen rolzoden in de wadi's	m ²	200	4,06	812	
Water geven graszoden	m ²	200	0,44	88	
Totaal beplanting groene + rode wadi	m	400	19,86	7.944	13.028
EINDTOTAAL					109.532

* Factor = 1,64 = algemene kosten, uitvoerende kosten, eenmalige kosten, winst en risico, VTU, btw

Summary

Swales: guidelines for design, construction, and maintenance

Based on a six year monitoring programme in Enschede, The Netherlands

Introduction

Urban drainage can cause problems such as peak discharges into surface water, combined sewer overflows, shortage of water during summer, and high ground water tables in the winter period. In the late nineteen nineties the Dutch municipality of Enschede designed a new drainage system for a new housing estate called 'Ruwenbos'. This publication describes a six year monitoring programme and recommends a set of guidelines for the planning, design, construction, and maintenance of swale systems.

Design of a sustainable urban drainage system

The most typical elements of the drainage system in 'Ruwenbos' are the swales infiltrating rain water into the soil. All run-off is guided through gutters along the streets and in this way is kept visible on the surface. The gutters guide the rain water to the swales. In each swale the water is stored to a level of approximately 0.25 metres, a level designed to be exceeded only once every two years. Above this level gullies, also called 'gluttons', discharge the surplus to a subsoil infiltration body made up of expanded clay grains wrapped in a geo-textile. Once every twenty-five years the water level in the swale reaches a depth of 0.35 metres. Above this level the water is discharged into the next swale and, in the end, into the surface water. At the bottom of the infiltration device underneath the swale drainpipes spread the water through the infiltration body and drain the area when ground water tables are high. In this manner the swale system combines the drainage of ground and rain water in the wet winter periods with storage and infiltration during the dry summer periods.

Maintenance of swales

Due to the use of mowing machines, playing children, and the sedimentation of silt some parts of the grass vegetation in the swales have become bare. Mowing when the soil is still moist leads to tracks. Using heavy machinery also causes reduction of the infiltration capacity of the upper layer of the bottom due to condensing. Furthermore experience showed that the slope between the swale and the surrounding field should not exceed 1 to 3 in order to allow mowing machinery to enter the swale. For good functioning the sweeping up of fallen leafs and rubbish is recommended. The municipality cleans the gluttons twice a year and the drainpipe once every year. Maintenance of the swales systems needs good gearing of the different activities to one another.

Monitoring

The municipality of Enschede conducted a monitoring programme in one swale from May 1999 until May 2005. In the first three years many samples were analysed. The last three years the swale was monitored less intensively. In the latter period the focus was on long term processes such as the accumulation of pollutants.

Hydraulics

The period from May 1999 until May 2002 was wetter than average. Almost all run-off (about 99%) infiltrated into the soil and ground water instead of being discharged to surface water or the waste water treatment plant. The swales are mostly emptied within 24 hours. These measurements are confirmed by observations of the inhabitants. Analysis of times to empty with infiltration capacity tests shows no loss of infiltration capacity at the site of the monitoring programme.

| 133

Pollutants

Run-off is contaminated by the surfaces. Concentrations in rain water vary greatly by type of pollutant or by type of water, but in general run-off from roofs is cleaner than from streets. High concentrations of some pollutants can be explained by high concentrations in the ground water. PAH's and heavy metals accumulate in the top layer of the soil of the swale. These pollutants attach strongly to floating particles in the run-off and are deposited in the soil because of infiltration and adsorption processes. The pollutants are also deposited outside the swale but there the concentrations are not as high as in the bottom of the swale.

Geo-textile

In 2005 three samples of the geo-textile around the expanded clay grains were taken and analysed. This showed a strong reduction in its infiltration capacity. Nevertheless the infiltration capacity was still higher than in the surrounding soil.

Costs

For construction of a swale system the costs per square metre of discharging area in *Ruwenbos* are a slightly less than the costs of a traditional sewer system. Costs for maintenance though are a bit higher compared to a traditional rain water system.

Inhabitants enquiry

Two enquiries (one in 1999 and one in 2005) have mapped the experiences of the inhabitants. In general the inhabitants were more satisfied with the swale system in 2005 compared to 1999: 98% of the inhabitants in 2005 to 94% of the inhabitants in

1999 declared they were satisfied with the functioning of the swales. If they move, only a 2% (2005) respectively 6% (1999) of the inhabitants wouldn't chose again for an area drained by swales.

Experiences of the inhabitants

Moist and soggy gardens are the main reason for complaints in the housing estate. The majority of the residents maintain the recommendations about not using weed killers and about not washing their cars in the street.

Inhabitants accept the conditions more in 2005 compared to 1999. Most are unconcerned about puddles of rain water on the street or slippery paths during times of frost. The residents have had problems with the design of how the swales cross the streets. As they are made of pebble stones they have caused some minor accidents with pedestrians and cyclists. The same has happened due to the poor design of the gutters. More than 50% of the inhabitants would appreciate complementary measurements to make the urban drainage system in their area more sustainable. Popular ideas concern re-use of rain water for toilet flushing, a rain barrel, or the construction of ponds. The inhabitants have put forward some recommendations about the swale system. They have noticed that swales are sometimes abused as parking lots or a place for walking the dog. Furthermore they are not always sure what to do or not to do to stimulate the effective functioning of the swale system. Some residents would appreciate a more natural type of vegetation in and around the swales. In general though most inhabitants find the swales contribute to the scenery and their living environment.

Experiences of the municipality of Enschede

During the planning, the development, the construction, and the maintenance of *Ruwenbos* the municipality has gained a lot of valuable experience. Communication skills during planning turned out to be very important. Through the early integration of all the involved parties and other organisations, chances were created for coherent design instead of transferring some problems to the future.

Construction and maintenance demand special attention, among other things, the drainage during the construction phase, loss of infiltration capacity due to construction activities, the way the mowing is managed, the policy for gritting icy roads, and the maintenance of drainpipes. In practice it appears very difficult to integrate all parties involved at an early stage. This calls for extra investment of which not everybody sees the short term returns.

Technical knowledge of sustainable urban drainage systems is far from completed. National and some local policies don't keep up with good practices. In *Ruwenbos* the

design of the urban drainage system turned out to be quite a job. On the other hand people appeared willing to discuss the issue of water. This can improve the social commitment of the inhabitants.

Design guidelines

The combined experiences from *Ruwenbos* and the application and evaluation of a lot of other swale systems for sustainable urban drainage systems in The Netherlands have added up to some design guidelines as shown in the table below.

Parameter	Unit	Recommended value
Infiltration capacity	m/day	> 0.5
Distance to average highest ground water table	m	> 0.5
Thickness of filter soil	m	0.3 – 0.5
Area swale to drained area	%	5-10
Distance to houses	m	> 1
Infiltration percentage	%	70 - 99
Swale water depth	m	0.3
Spare capacity	m	0.1
Time to empty	hour	< 24
Width of bottom	m	> 0.5
Width of water surface at discharge level	m	4
Slopes	-	1:3 or less

