

# Wonen Limburg doelmatig Waterklaar!

Afwegingsdocument neerslag & rekenmodellen  
T.b.v. berekenen afkoppelmaatregelen



Velp, 30 januari 2019

<b>Opdrachtgever</b>	<b>Wonen Limburg</b> <b>Willem II Singel 25</b> <b>6041 HP Roermond</b>
<b>Auteurs:</b>	<b>Koen Harmsen</b> <b>Sante Dorigo</b> <b>Ricardo Vos</b>
<b>Onderwijs- Instelling</b>	<b>Van Hall Larenstein</b> <b>Larensteinselaan 26A</b> <b>6882 CT Velp</b>
<b>Project Status</b>	<b>Wonen Limburg Waterklaar</b> <b>Definitief</b>
<b>Datum</b>	<b>30-01-19</b>

**Bron afbeelding Kaft;** (siris.nl, 2019)

## Inhoud

<b>1. Inleiding .....</b>	<b>4</b>
1.1. Aanleiding.....	4
1.2. Probleemstelling.....	4
1.3. Doel van het onderzoek .....	4
<b>2. Uitgangspunten .....</b>	<b>5</b>
2.1. Technische uitgangspunten.....	5
2.2. Hydrologische uitgangspunten.....	6
<b>3. Rekenmodellen.....</b>	<b>7</b>
3.1. Rekentool .....	7
3.2. Perceeltool .....	8
3.3. Raintools.....	9
3.4. Afweging.....	11
<b>4. Toepassing.....</b>	<b>12</b>
4.1. Rekenmodel.....	12
4.2. Laagteberging.....	13
<b>5. Conclusie .....</b>	<b>14</b>
<b>Bibliografie .....</b>	<b>15</b>

## 1. Inleiding

Voor u ligt het deelrapport dat het resultaat is van een onderzoeksproject stedelijk waterbeheer dat is uitgevoerd in het derde leerjaar van de deeltijdopleiding Land- en Watermanagement (Bachelor). Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van Wonen Limburg in het kader van het programma Waterklaar. Dit afwegingsdocument is een zelfstandige leesbare publicatie waarnaar verwezen wordt in de onderzoeksrapportage. En draagt bij aan de beantwoording van de hoofdvraag uit de onderzoeksrapportage; Hoe wordt Wonen Limburg doelmatig Waterklaar?

### 1.1. Aanleiding

Door klimaatverandering neemt de kans toe dat Nederland steeds vaker te maken krijgt met wateroverlast, hitte, droogte en overstromingen. Dit bedreigt onze economie, gezondheid en veiligheid. Ook leidt dit tot watertekorten in droge perioden en wateroverlast tijdens hevige buien, met ongemak en schade tot gevolg. Voor woningen in het bezit van woningbouwcoöperaties zijn de effecten voor de huurders merkbaar in onder meer borrelende toiletten, straten die blank staan, ondergelopen kelders en krimp schade aan woningen door droogte.

De deelnemende gemeenten en Waterschappen aan het samenwerkingsverband waterpanels Limburg stellen subsidie ter beschikking om het afkoppelen te bevorderen. Waterschappen hebben belang bij afkoppelen, zodat minder 'schoon' regenwater de zuivering bereikt. Gemeenten willen graag meer afkoppelen om wateroverlast te beperken. De deelnemende gemeenten hebben in hun subsidiemogelijkheden regels opgesteld waaraan het afgekoppelde object aan moet voldoen. Omdat gemeenten ook de taak hebben om water op straat te beperken. (waterpanels Limburg) Wonen Limburg is deelnemer van Waterklaar, een samenwerkingsnetwerk van 30 gemeenten, hoveniers, en waterschap Limburg, binnen waterpanels Limburg.

### 1.2. Probleemstelling

Wonen Limburg is op zoek naar een manier om op structurele en duurzame wijze met de gevolgen van klimaatverandering om te gaan. Wonen Limburg heeft als doel om doelmatig met het afkoppelen van hemelwater om te gaan waarbij naast de financieel-technische haalbaarheid ook de organisatorische inbedding van belang is om de doelstelling te behalen. Het is niet duidelijk welke neerslagreeksen en modellen het meest geschikt zijn om maatregelen voor Wonen Limburg te dimensioneren.

### 1.3. Doel van het onderzoek

Het doel van het onderzoek is het inzichtelijk brengen van de mogelijkheden voor het afkoppelen van hemelwater, het adviseren en dimensioneren van maatregelen en het beantwoorden van de volgende vragen.

- Wat is voldoende doelmatig voor Wonen Limburg, op welke neerslagsituatie dienen infiltratievoorzieningen gedimensioneerd te worden?
- Welke rekenmodel is geschikt om infiltratievoorzieningen te berekenen?

Om de doelmatigheid van afkoppelmaatregelen te kunnen beoordelen, worden in dit onderzoek de maatregelen gedimensioneerd. Het betreft hier enkel de infiltratiemaatregelen als verticale infiltratie, grindkoffers, en laagtebergingen. Overige infiltratiemaatregelen zijn als minder geschikt beschouwd. De onderbouwing hiervan staat in het Achtergronddocument. Om de gekozen maatregelen te dimensioneren zijn meerdere rekenmodellen onderzocht. In dit document zijn de rekenmodellen onderzocht op geschiktheid en toepasbaarheid.

## 2. Uitgangspunten

De gehanteerde uitgangspunten welke als input nodig zijn voor de rekenmodellen, hebben betrekking op dakoppervlakten en tuinoppervlakten, hoogten en de doorlaatbaarheid van de bodem. De hydrologische uitgangspunten welke zijn geformuleerd hebben betrekking op de te gebruiken neerslagsituatie.

### 2.1. Technische uitgangspunten

Gemiddeld hebben de tussenwoningen van wonen Limburg een totaal dakoppervlakte van 60 m<sup>2</sup> en dus 30m<sup>2</sup> per helft van het dak. De daken wateren per 2 dak helften af aan de voor of achterzijde. Gerekend wordt met 60m<sup>2</sup> afwaterend oppervlak per regenpijp. De voorziening die aan de voor- of achterzijde aan het huis geplaatst wordt, dient op dit oppervlak gedimensioneerd te worden. Er is een gemengd rioelstelsel aanwezig.



Figuur 1 dakoppervlakte standaard woning 60m<sup>2</sup>

De tuinen zijn niet sterk variërend in grootte. Gemiddeld genomen heeft een voortuin een oppervlakte van 24 m<sup>2</sup> en een achtertuin 50 m<sup>2</sup>. Als uitgangspunt zijn de tuinen als volledig verhard beschouwd. Ook is een uitgangspunt dat de voortuin niet direct in verbinding staat met het vuilwaterriool. Maar oppervlakkig afwatert naar de straat. Wanneer de straat niet is afgekoppeld watert de voortuin nog af op het vuilwaterriool. Als mogelijke maatregel is in het rapport wel opgenomen om voortuinen af te koppelen door het percentage verharding te verminderen. Gezien dit binnen subsidiemogelijkheden valt, en bijdraagt aan klimaatdoelen. Oppervlakten van openbaar terrein en bijgebouwen van woningen zijn hierbij buiten beschouwing gelaten. Voor maatwerkberekeningen kunnen deze altijd worden ingevoerd.

Overige uitgangspunten zijn onder meer, dat het vloerpeil/bouwpeil van de woningen 10 centimeter hoger ligt dan het trottoir, waardoor er een afschot van minimaal 10 centimeter aanwezig is in de voortuinen. De ondergrond van de percelen hebben allen een minimale water doorlatendheid van 0,5 meter per dag. Dit is afgeleid van de bodem doorlatendheidskaart welke als bijlage is opgenomen in het achtergronddocument. (S. Dorigo, 2019)

## 2.2. Hydrologische uitgangspunten

Om te komen tot een goede afweging in gebruik van een rekenmodel, dient eerst een afweging gemaakt te worden welke neerslag (bui of korte reeks) gebruikt wordt in berekeningen.

Volgens de huidige gangbare normering die RIONED voorschrijft en die gebaseerd is op de STOWA publicatie 2014/2015-10A, dient voor klimaat robuuste impactscenario's bij berekeningen 60mm per uur te worden gebruikt. Dit zijn buien die volgens Rioned/STOWA één keer per 100 jaar voorkomen, waarvan in de klimaatscenario's en nieuwe neerslagregime's ervan uit wordt gegaan dat deze T=100 in 2050 T=10 wordt. (Rioned)

Echter zijn in neerslagreeksen van bijvoorbeeld 12 of 48 uur gelijkwaardige hoeveelheden neerslag over meerdere uren verspreid. Dit biedt ruimte om infiltratievoorzieningen kleiner te dimensioneren, vanwege het feit dat er meer tijd is om water te infiltreren. Om te werken richting de vraag van Wonen Limburg, is gekozen om maatregelen te berekenen met een korte neerslagreeks van 1-3 uur (60-180 minuten), waardoor de voorzieningen groter gedimensioneerd worden dan bij berekening van langdurige reeksen. Hiermee worden de voorzieningen robuuster.

Eén van de eisen die elke gemeente in de subsidieregeling heeft staan, is dat wanneer er wordt afgekoppeld het hemelwater van het betreffende object, op eigen perceel geborgen/verwerkt dient te worden. Er worden daarbij geen nadere normen gesteld aan de hoeveelheid aan water dat wordt afgekoppeld. Wat betreft de hoeveelheid regen zal een overweging van gebruik van neerslagintensiteit gemaakt moeten worden. 3 scenario's worden uitgewerkt. T=2, T=10 en T=100.

Vanwege het feit dat 98% van alle buien kleiner zijn dan T=2, wordt gesteld dat maatregelen die gedimensioneerd zijn op T=2 doelmatig zijn. Maatregelen die op T=10 zijn gedimensioneerd worden gezien als robuust. Daarnaast wordt ook T=100 berekend, om inzichtelijk te brengen, welke maatregelen getroffen dienen te worden om klimaatadaptief te handelen. (STOWA, 2018) 3 scenario's worden uitgewerkt. T=2, T=10 en T=100. De buien komen overeen met de RIONED buien. T=2 staat gelijk aan een bui08.

De reeksen zijn berekend, om inzichtelijk te krijgen welke verschillen tussen de maatregelen ontstaan, en in hoeverre deze doelmatig zijn, gekeken naar de vraag van Wonen Limburg.

### 3. Rekenmodellen

Om de gekozen infiltratiemaatregelen te dimensioneren zijn meerdere rekenmodellen onderzocht. De rekenmodellen zijn geselecteerd op aanvraag van de opdrachtgever, en op aangeven van vakspecialisten van Van Hall Larenstein. Raintools en Perceeltool (ontwikkeld door Rioned en STOWA), en de Rekentool (Schepers, 2018), ontwikkeld door een studente van Van Hall Larenstein voor Waterschap Zuiderzeeland. In dit hoofdstuk zijn de rekenmodellen onderzocht op geschiktheid en toepasbaarheid.

#### 3.1. Rekentool

De Rekentool is een model dat is ontwikkeld door C. Schepers, in opdracht van Hogeschool van Hall Larenstein en Waterschap Zuiderzeeland. Het model is speciaal gemaakt om Waterschap Zuiderzeeland te ondersteunen bij het toetsen van particuliere ontwikkelingen waarbij de initiatiefnemer het waterhuishouding vraagstuk op eigen grond dient op te lossen. (Schepers, 2018)

De rekentool is gemaakt om te berekenen of de maatgevende afvoer die bij een specifieke polder behoort (13mm/d), niet overschreden wordt door het verharden van de particuliere terreinen. In de rekentool wordt ook berekend wat het effect is van maatregelen op de waterberging van het perceel.

Tabel 1 voorbeeld rekentool mogelijkheden.

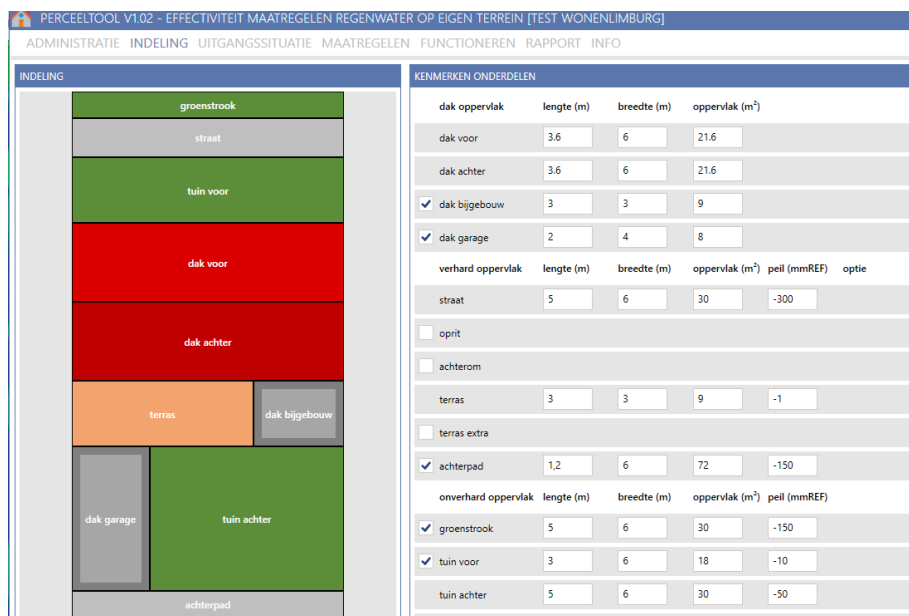
Gegevens afstromend oppervlak		Gegevens bodem	
Afstromend oppervlak dak (m <sup>2</sup> )	80	Grondwaterstandspeil (m-mv)	1
Afvoercoëfficiënt dak	0,95		
Factor opvang dak	0,9	Afvoer	
Afstromend oppervlak terrein (m <sup>2</sup> )	40	Drainageafvoer (mm/d)	10
Afvoercoëfficiënt terrein	0,75	Drainageafvoer (m <sup>3</sup> /uur)	0,050
Factor opvang terrein	0,8	Maatgevende afvoer (m <sup>3</sup> /d)	1,56
Gewasfactor verhard opp.	0		
<b>Gegevens bergingsvijver</b>			
Bodembreedte bergingsvijver (m)	0,7		
Diepte bergingsvijver (m-mv)	1,3		
Lengte bergingsvijver (m)	4		
Verhouding talud (1:X)	3		
Breedte bovenkant bergingsvijver (m)	8,50		
Bruto bergingsvolume (m <sup>3</sup> )	23,92		
Bodembreedte netto bergingsvolume (m)	2,50		
Netto bergingsvolume (m <sup>3</sup> )	22,00		
Bodemoppervlak bergingsvijver (m <sup>2</sup> )	2,80		

De rekentool gebruikt neerslagreeksen van de Bilt 2005-2014 en de voorspelling voor 2050. De rekentool is speciaal gebouwd voor een poldersysteem, waarin de gemaalcapaciteit 13 mm per dag bedraagt. Specifieke uitgangspunten zoals drainage, grondslag, grondwaterstand en verschillende coëfficiënten voor dak, terrein, en gewassen zijn ook opgenomen. De maatgevende afvoer van 13 mm per dag mag maximaal twee keer per overschreden worden. De rekentool berekent of de maatregelen (plan van initiatiefnemer) voldoende capaciteit bieden voor de opvang van de neerslagreeksen. De rekentool berekent in welke mate de voorziening afvoert of overstort en hoe vaak per berekend jaar de voorziening meer overstort dan de gestelde 13 mm per dag. Ook kan met de rekentool maatregelen worden getoetst, die niet binnen de scope van Wonen Limburg liggen. Zoals waterdaken, groene daken, bergingsvijvers en hergebruik van water voor huishoudelijk gebruik.

### 3.2. Perceeltool

De perceeltool is een rekenmodel dat specifiek is gemaakt om neerslagreeksen en buien te simuleren voor particuliere percelen. De tool, ontwikkeld door Rioned en STOWA, geeft de mogelijkheid om alle oppervlakten op een particulier perceel een waarde en een hoogte te geven. Verder zijn andere parameters en maatregelen zoals infiltratievoorzieningen in te stellen. De inhoud van de infiltratievoorziening, de aard van de bodem, en welke percelen een relatie met elkaar hebben. (Rioned, sd)

De perceeltool simuleert buien van 20 tot 150 mm die in het eerste uur van de simulatie valt. De simulatieduur heeft een maximum van 360 minuten. Dit is mogelijk zodat ook de infiltratiecapaciteit van de voorziening beter in beeld te brengen is. De perceeltool maakt gebruik van een neerslagreeks. 1955 – 1979 op kavelniveau is een jaarreeks echter niet interessant omdat korte hevige buien op dit niveau voornamelijk bepalend zijn. Hierdoor ontstaat immers wateroverlast. Wanneer een voorziening een korte hevige bui kan verwerken, wordt gesteld dat alle kleinere buien ook verwerkt kunnen worden.

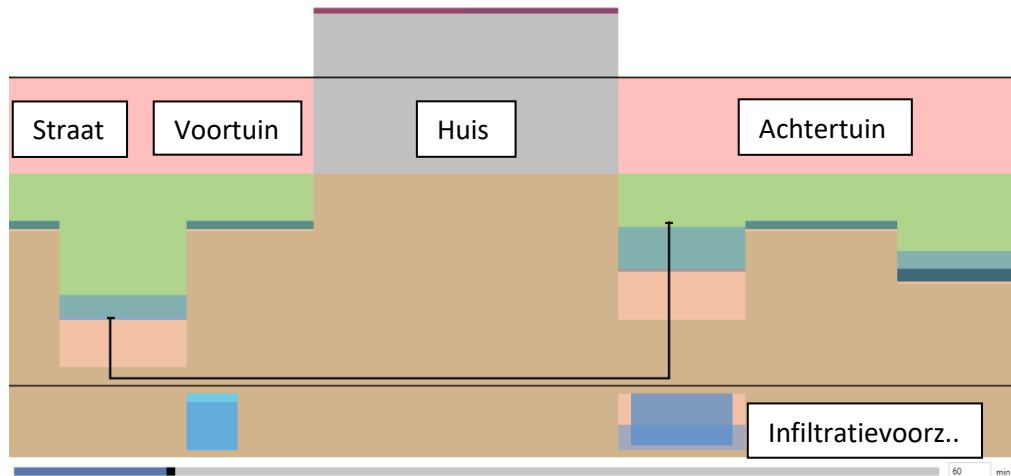


Figuur 2 opbouw kenmerk indeling Perceeltool

De perceeltool is gemaakt om een reguliere werking van een maatregel te toetsen. Dit gebeurt aan de hand van een neerslagreeks welke is gemeten in 1966. Dit jaar is door de maker van het programma gekozen vanwege de grote variatie aan buien.

In Perceeltool is het mogelijk om een dwarsdoorsnede te maken van de ingevoerde situatie, waarin te zien is in welke mate de maatregel (bijv. infiltratiekrat) zich vult en ledigt in de tijd. Dit maakt het effect van een maatregel direct inzichtelijk.





Figuur 3 Versimpelde dwarsdoorsnede van straat tot tuin Perceeltool

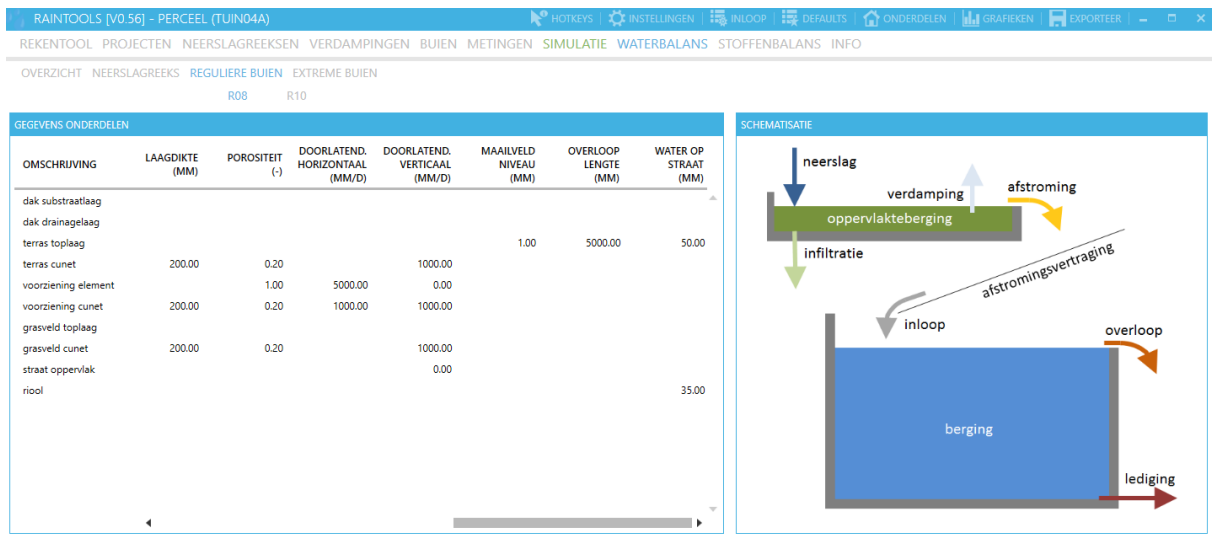
Het berekenen van laagteberging in tuinen (wadi's/ regenwatervijver) is met perceeltool wel mogelijk, maar door een programmeerfout (bug) loopt in de simulatie van het programma het water eerst over op de straat. Het waterpeil in de straat moet vervolgens eerst stijgen om daarna de voortuin in te lopen. Dit terwijl in het programma is geprogrammeerd dat het dakwater eerst in de voortuin loopt, en daarna pas op straat. Hiervoor is inmiddels (5-12-2018) contact opgenomen met Rioned om de bug te rapporteren.

Met de perceeltool is een infiltratiemaatregel te dimensioneren aan de hand van 1 uur lang durende buien, van verschillende intensiteit. De perceeltool is dusdanig ver-versimpeld, dat keuzes in ondergrond zijn beperkt in een aantal grondsoorten, en voorzieningen standaardafmetingen hebben. Het is niet mogelijk om de doorlatendheid van de bodem in een waarde te wijzigen. Het is ook niet mogelijk om maatwerk te kunnen leveren als het gaat om dimensionering van maatregelen. De keuzes in formaat van voorzieningen (m<sup>3</sup>) zijn bijvoorbeeld 1,2,3,5,10 etc. De perceeltool geeft geen overzicht van waarden in tabelvorm, en het is niet mogelijk om berekeningen te exporteren naar Excel.

### 3.3. Raintools

Raintools is een rekenmodel dat erg lijkt op perceeltool, het heeft dezelfde interface-engine. De tool is echter veelzijdiger dan de perceeltool waardoor het breder te gebruiken is dan enkel water op perceelniveau.

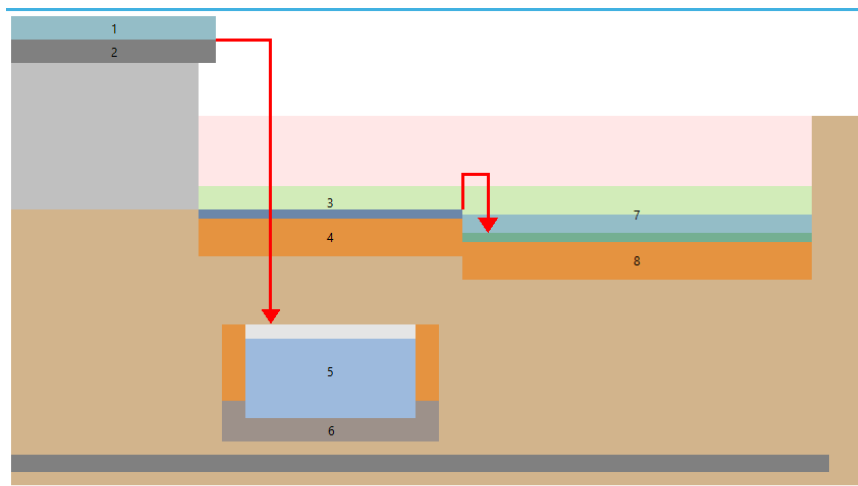
Met Raintools kan de effectiviteit van groene daken berekend worden, fontein, tunnelbakken, water op straat en water op percelen. De tool maakt hierbij gebruik van neerslagreeksen welke zijn voorgeprogrammeerd. De tool geeft de mogelijkheid om infiltratievoorzieningen te berekenen. (Rioned, 2016)



Figuur 4 schematisatie bakjesmodel Raintools

Raintools gebruikt dezelfde neerslagreeksen als de perceeltool (1955-1979). Een belangrijk verschil is dat voor de modellering het mogelijk is om een specifiek jaar te kiezen. Hierdoor is het mogelijk om een jaar te kiezen met extreme buien en daarop de maatregel te dimensioneren. Een stevige bui uit het verleden kan gelijkgesteld worden met de huidige normen voor neerslaggegevens.

Met Raintools is het mogelijk om infiltratievoorzieningen te dimensioneren op basis van 3 uur durende buien en neerslagreeksen. Ook is het mogelijk om de infiltratievoorziening zover modelmatig aan te passen dat grindstroken en grindkoffers te berekenen zijn.



Figuur 5 Versimpelde dwarsdoorsnede huis en tuin Raintools

Het berekenen van laagteberging en infiltratie zoals wadi's en regenwatervijvers is in dit programma niet mogelijk. Raintools is specifiek ontwikkeld om technische voorzieningen te dimensioneren, of infiltratie op vlakke percelen.

### 3.4. Afweging

Om een keuze te maken uit de drie onderzochte rekenmodellen zijn in deze paragraaf de voor en nadelen van de modellen opgesomd.

#### **Rekentool**

De mogelijkheden binnen de rekentool zijn (deels) niet van toepassing op het gebied van Wonen Limburg. Voor het vraagstuk van Wonen Limburg is het niet heel interessant om te weten hoeveel water aan de bodem wordt afgegeven of overstort uit een voorziening. Het is met name van belang of een voorziening groot genoeg is gedimensioneerd om een bepaalde bui te kunnen verwerken.

De tool is hierdoor niet geschikt om voorzieningen te dimensioneren in het gebied van wonen Limburg. De tool is wel om te bouwen, echter is het dan aan te raden om een nieuwe tool te ontwikkelen welke beter toepasbaar is op perceelniveau in Noord Limburg.

#### **Perceeltool**

De perceeltool is dusdanig versimpeld dat gedetailleerde berekeningen niet goed mogelijk zijn. Hierdoor zijn de berekeningen onvoldoende betrouwbaar, of enkel toepasbaar binnen de beperkte keuzemogelijkheden die die tool biedt. De situatie van de woningen gebaseerd op de uitgangspunten komen niet overeen met de keuzemogelijkheden. Ook kunnen berekeningen niet geëxporteerd worden naar Excel voor verdere bewerking van gegevens. De perceeltool is daarom niet geschikt voor het doorrekenen van maatregelen voor Wonen Limburg.

#### **Raintools**

Raintools maakt gebruik van 3 uur reeksen, waardoor infiltrerend vermogen van maatregelen beter in beeld gebracht dan bij bijvoorbeeld 1 uur durende buien. In Raintools is ten opzichte van de perceeltool de parameters gedetailleerder aan te passen. Maatregelen kunnen op 2 decimalen achter de komma worden berekend. Ook is de doorlatendheid van de ondergrond als waarde in te geven, in de Perceeltool is slechts een beperkte selectie van de grondsoort mogelijk. Raintools geeft uitkomsten van berekeningen overzichtelijk in tabelvorm weer en heeft de mogelijkheid om te exporteren naar Excel. Gelijk aan de perceeltool geeft Raintools een dwarsdoorsnede van de situatie en een simulatie in de tijd weer. Dit maakt dat de tool dan ook geschikt om infiltratiemaatregelen te dimensioneren.

#### **Conclusie**

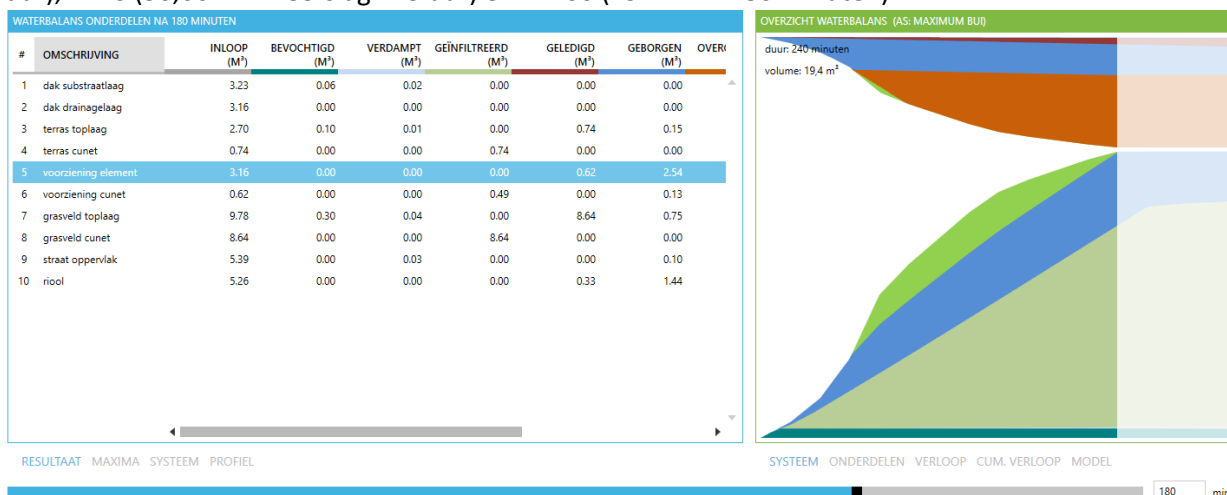
Voor het werkgebied en de objecten van Wonen Limburg is Raintools het meest geschikt om maatregelen door te rekenen en te modelleren.

## 4. Toepassing

Voor het dimensioneren van de verschillende infiltratiemaatregelen is het rekenmodel Raintools toegepast. Gezien het feit dat geen van de genoemde modellen de mogelijkheid heeft om een laagteberging berekening toe te passen, is hiervoor een 'handmatige' berekening toegevoegd.

### 4.1. Rekenmodel

Raintools is gevuld met de uitgangspunten van een standaard perceel en met een k-waarde van 0,50 meter per dag. Er zijn een drietal situaties uitgewerkt namelijk: een bui T=2 (20 mm neerslag in 1 uur), T=10 (56,66 mm neerslag in 3 uur) en T=100 (79 mm in 180 minuten).



Figuur 6 Waterbalans na berekening Raintools

De resultaten van de modellering zijn hieronder verwerkt. De resultaten komen bij T=2 overeen met de resultaten van de perceeltool. Bij de T=10 en T=100 buien is bij de berekening van Raintools een grotere voorziening nodig. Dit is logisch, vanwege een groter aanbod aan neerslag over een langere periode. Hierdoor is een reëel beeld te scheppen van de werking van een maatregel. Ook zijn berekeningen gemaakt om grindkoffers te dimensioneren. Beide zijn hieronder weergegeven.

Tabel 3 Uitkomsten berekening verticale infiltratievoorziening Tabel 2 Uitkomsten berekening grindkoffer

tool	Raintools	Raintools	Raintools	tool	Raintools	Raintools	Raintools
bui	T2	T10	T100	bui	T2	T10	T100
tijd (min)	60	180	180	tijd (min)	60	180	180
neerslag (mm)	19,85	53,83	79	neerslag (mm)	19,85	53,83	79
neerslag (m3)	1,19	3,23	4,74	neerslag (m3)	1,19	3,23	4,74
verdamping en initiele berging (m3)	0,08	0,08	0,08	verdamping en initiele berging (m3)	0,08	0,08	0,08
geinfiltreerd (m3)	0,06	0,62	0,89	geinfiltreerd (m3)	0,23	1,21	1,77
benodigde berging (m3)	1,06	2,54	3,78	benodigde berging (m3)	0,89	1,95	2,9
advies infiltratievoorz. (m3)	1	3	4	Advies Grindkoffer (m3)	2,35	5,2	8

## 4.2. Laagteberging

Doordat alle eerdergenoemde modellen niet geheel in staat zijn om maatwerkberekeningen van laagteberging te maken voor het gebied van Wonen Limburg, is hieronder de methode beschreven waarmee de laagteberging in tuinen is berekend.

Voor de dimensionering van een laagteberging is het volgende, deels met Raintools, berekend. Berekenen van laagteberging is niet mogelijk met Perceeltool. De berekening voor een laagteberging is gedimensioneerd per huis en tuin. Omdat de impact op de bewoner groter is dan bij een ondergrondse voorziening.

Uitgangspunten 30m<sup>2</sup> afstromend dakoppervlak naar de voortuin. De voortuin heeft als eigenschap dat deze voor minimaal 80% uit grind bestaat of onverhard is. Waarbij er wel een verharding aanwezig is langs de gevel voor het onderhoud aan het raam en een verharding van de voordeur naar het trottoir. Een bui van T=2 met 20mm per uur wordt gehanteerd. Er is een hoogteverschil van vloerpeil tot aan de stoep van 0,10 m.

Bij een bodemdoorlatendheid van 0,50 meter per dag (K-waarde) wordt gesteld dat bij een gemiddeld tuinoppervlak van 24 m<sup>2</sup> en een dakoppervlak van 30 m<sup>2</sup>, 1,1 m<sup>3</sup> water verwerkt dient te worden op het perceel. Waarvan 0,50 m<sup>3</sup> water geborgen kan worden in de bodem per uur. (0,50 meter per dag = 0,0208 meter per uur.  $0,0208 * 24 \text{ m}^2 = 0,5 \text{ m}^3$ ). Er dient 0,6 m<sup>3</sup> geborgen te worden in de laagteberging per voortuin.

Bij een van bui T=2 blijft er nauwelijks berging over in de bodem. De neerslag die van het dakoppervlak de tuin bereikt via de regenpijp is 0,6 m<sup>3</sup>. Om een bui T=2 te kunnen bergen in de voortuin is het nodig om 0,6 m<sup>3</sup> extra berging aan te leggen. Aangezien de tuinen onder afschot liggen naar de openbare ruimte, zal met de berekening van de m<sup>3</sup>'s berging het trottoir van de openbare ruimte als hoogste punt moeten dienen.



*Figuur 7 Voorbeeld Laagteberging voortuin (Eck, G. van, 2018)*

De 0,6 m<sup>3</sup> benodigde berging kan op verschillende manieren aangelegd worden. Dit kan door een 'laagteberging of regenwatervijver' met deze dimensies. Uitgaande van volledige leegloop van de voorziening. Vanwege het feit dat er 2 dak helften van 30 m<sup>2</sup> op 1 regenpijp zijn aangesloten dienen de laagtebergingen gecombineerd te worden/ verbonden te worden of op de erfscheiding te worden aangelegd. Waarbij met de dimensionering rekening gehouden dient te worden met het aangesloten oppervlak. Voor verdere berekeningen is uitgegaan van 1.2 m<sup>3</sup> berging per regenpijp.

Omdat de eigenschappen van de tuinen sterk varieert door inrichting en micro reliëf is het aanbrengen van laagtebergingen in tuinen maatwerk.

## 5. Conclusie

Als bijdrage aan beantwoording van de hoofdvraag van de onderzoeksrapportage; **Hoe wordt Wonen Limburg doelmatig Waterklaar**, zijn in dit document afwegingen gemaakt in te gebruiken neerslagsituaties, en gebruik van rekenmodellen voor de dimensionering van Infiltratievoorzieningen. In dit hoofdstuk zijn de conclusies van deze vragen weergegeven.

- Wat is voldoende doelmatig voor Wonen Limburg, Op welke neerslagsituatie dienen infiltratievoorzieningen gedimensioneerd te worden?

Geconcludeerd kan worden dat neerslagsituatie T=2 (20mm/ uur) representatief genoeg is om infiltratievoorzieningen te dimensioneren. Allereerst is op basis van schatting de neerslagsituatie in rekenmodellen gebruikt om voorzieningen te dimensioneren. Vanuit berekeningen bleek dat de neerslagsituatie T2 zeer doelmatig is. Een groot percentage van alle buien uit een reeks kunnen door een voorziening berekend op T=2 verwerkt worden. (98%, op basis van reeksvergelijking 2005-2014). Gesteld kan worden dat voorzieningen die gedimensioneerd zijn op een T=2 situatie voldoende doelmatig zijn. Voorzieningen die groter zijn gedimensioneerd en T=10/ T=100 situaties kunnen verwerken worden als klimaatadaptief gezien.

- Welk rekenmodel is geschikt om infiltratievoorzieningen te berekenen?

Als resultaat uit de afweging van gebruik van rekenmodel is gekozen om infiltratievoorzieningen verder te berekenen met de Raintools van Rioned en STOWA. Dit rekenmodel geeft, van de gekozen modellen, het meest representatieve beeld van de infiltratievoorzieningen. De rekenmethodiek van de modellen zijn vrijwel gelijk, echter zijn de (vaste) parameters van de modellen verschillend. Doordat in Raintools de parameters vrij in te stellen zijn, is deze tool als meest nauwkeurig gesteld.

Geen van de gekozen rekenmodellen is in staat om laagtebergingen goed te berekenen. Hierom is gekozen om een handmatige 'simpele' benadering te hanteren. Uit deze berekening is een belangrijk uitgangspunt gekomen waardoor het berekenen van laagtebergingen in tuinen versimpeld kunnen worden tot een vuistregel. Doordat de tuin als verzadigd beschouwd kan worden dient de laagteberging gedimensioneerd te worden door het afwaterend verhard oppervlak ( $m^2$ ) te vermenigvuldigen met 20 mm ( $0,02 m^1$ ).

## Bibliografie

Bergen, G. (sd). *subsidieregeling gemeente Bergen*. Opgehaald van [https://www.bergen.nl/de-gemeente/lopende-acties-verduursamen2030\\_45449/item/subsidie-afkoppelen-regenwater\\_33901.html](https://www.bergen.nl/de-gemeente/lopende-acties-verduursamen2030_45449/item/subsidie-afkoppelen-regenwater_33901.html)

Eck, G. van. (2018, . .). *Giel van Eck watermanagement*. Opgehaald van [www.gve-watermanagement.nl](http://www.gve-watermanagement.nl)

Rioned. (2016). *Homepage Rioned over Raintools*. Opgehaald van [riool.net: https://www.riool.net/producten/kennisontwikkeling/raintools](https://www.riool.net/producten/kennisontwikkeling/raintools)

Rioned. (sd). *Homepage rekentool Wordpress*. Opgehaald van [Perceeltool.nl: http://perceeltool.nl/](http://perceeltool.nl/)

Rioned. (sd). *info over extreme buien*. Opgehaald van <https://www.riool.net/perceptie-en-werkelijkheid-van-extreme-buien>

Schepers, C. (2018). *Van waterbergingsmaatregelen tot Rekentool*. Lelystad.

waterpanels Limburg. (sd). *waterinlimburg*. Opgehaald van <http://www.waterinlimburg.nl/default.aspx>