

# Handleiding rekentool vergunningverlening Hemelwaterverordening

Juli 2021

## 1. Toelichting Hemelwaterverordening

### 1.1 Motivatie en achtergrond

In de Hemelwaterverordening staan de regels voor wateropvang voor nieuwe gebouwen, gebouwen die ingrijpend gerenoveerd worden en gebouwen waar een verdieping aan wordt toegevoegd (op of onder het gebouw). Het is nodig om water op te kunnen vangen omdat het riool extreme hoosbuien, die steeds vaker voorkomen, niet in één keer kan afvoeren. Door op bebouwd oppervlak een laag van zes centimeter regenwater (60 liter per m<sup>2</sup>) op te vangen en die vertraagd af te voeren, wordt de stad ontlast. Met minder ondergelopen straten en waterschade aan huizen en regenwater dat beter worden benut.

Voormalig wethouder Laurens Ivens (Openbare Ruimte en Groen): "We moeten bij het bouwen van woningen en nieuwe wijken rekening houden met de extremere weersomstandigheden waar we steeds vaker mee te maken hebben. Dat doet de gemeente in de openbare ruimte, maar het is echt nodig om ook de daken en tuinen in de stad te benutten. Door standaard te zorgen voor wateropvang en vertraagde afvoer, bouwen we klimaatbestendige wijken en kunnen we schade voorkomen."

De verordening vindt zijn grondslag in het Gemeentelijk Rioleringsplan (2014) waarin is vastgelegd dat er in de openbare ruimte gestreefd wordt naar het voorkomen van waterschade bij een regenbui van 60 mm. Met dit streven is de norm van 60 liter hemelwaterberging per m<sup>2</sup> bebouwd oppervlak voor de verordening bepaald.

### 1.2 Inhoud Hemelwaterverordening

De Hemelwaterverordening stelt eigenaren verplicht op de volgende punten. Ten eerste moet ieder deel van het bebouwd oppervlak worden voorzien van hemelwaterberging, dat wil zeggen dat ieder deel van het oppervlak aangesloten moet zijn op een vorm van waterberging. Het geborgen water kan worden hergebruikt, afgevoerd op het riool of het kan infiltreren in de ondergrond. Ten tweede mag er niet direct water geloosd worden op het riool, maar moet de afvoer worden vertraagd. De maximum totale afvoer van 1 liter per m<sup>2</sup> per uur mag niet overschreden worden. In het geval dat er voldoende berging gerealiseerd is en deze vol is, mag het overschot aan regenwater wel direct geloosd worden op het riool. Ten derde stelt de Hemelwaterverordening dat de hemelwaterberging binnen 60 uur geleegd moet worden, zodat een eventueel opvolgende regenbui weer opgevangen kan worden.

Dit staat als volgt beschreven in Artikel 2, 3 en 4 van de verordening.

[Link naar Hemelwaterverordening](#). Hierin staat o.a. opgenomen:

#### Artikel 2. Toepassingsbereik

1. Deze verordening is van toepassing op:
  - a. Nieuwe gebouwen;
  - b. Bestaande gebouwen indien na de inwerkingtreding van deze verordening:
    - i. een ingrijpende renovatie als bedoeld in het artikel 5.6, lid 4, van het Bouwbesluit 2012 wordt uitgevoerd,
    - ii. aan het gebouw één of meer bouwlagen worden toegevoegd, of
    - iii. het bebouwde oppervlak wordt uitgebreid.

2. In geval van uitbreiding van het bebouwd oppervlak van een bestaand gebouw wordt bij de toepassing van artikel 4 onder bebouwd oppervlak het bebouwd oppervlak van de uitbreiding verstaan.

### **Artikel 3. Verplichting tot waterberging**

1. Het is verboden om vanaf een gebouw hemelwater in het openbaar riool of op de openbare ruimte te lozen, tenzij een hemelwaterberging is aangebracht en in stand wordt gehouden.
2. Het verbod geldt niet voor gebouwen als bedoeld in artikel 1 sub b onder ii, als het bestaande gebouw niet bestand is tegen het aanbrengen van een hemelwaterberging op dat gebouw en er rond het bestaande gebouw geen of onvoldoende oppervlak aanwezig is om in hemelwaterberging te voorzien.

### **Artikel 4. Vereisten hemelwaterberging**

1. Een hemelwaterberging:
  - a. heeft ten minste een capaciteit van 60 liter per m<sup>2</sup> bebouwd oppervlak;
  - b. loost maximaal 1 liter per m<sup>2</sup> bebouwd oppervlak per uur op een openbaar riool; en
  - c. is na 60 uur leeg.
2. Een hemelwaterberging met hergebruikstelsel:
  - a. heeft ten minste een capaciteit van 90 liter per m<sup>2</sup> bebouwd oppervlak;
  - b. loost maximaal 1 liter per m<sup>2</sup> bebouwd oppervlak per uur op een openbaar riool;
  - c. is na 60 uur voor ten minste 33% leeg en na 14 dagen voor ten minste 66%; en
  - d. leegt het restant op basis van het gebruik van het hergebruikstelsel.
3. Voor een waterberging met een centraal besturingssysteem geldt alleen het vereiste uit het eerste lid, onder a.
4. Het eerste lid is niet van toepassing op een gebouw dat zonder omgevingsvergunning voor bouwen kan worden gebouwd met een groen dak.
5. Het geborgen hemelwater wordt in de ondergrond geïnfilteerd. Als dat niet of maar deels mogelijk is, kan in het openbare riool worden geloosd.
6. Het hemelwater dat na toepassing van het eerste, tweede of derde lid niet kan worden geborgen, kan worden geloosd in het openbare riool of op de openbare ruimte.

## 2. Rekentool vergunningverlening

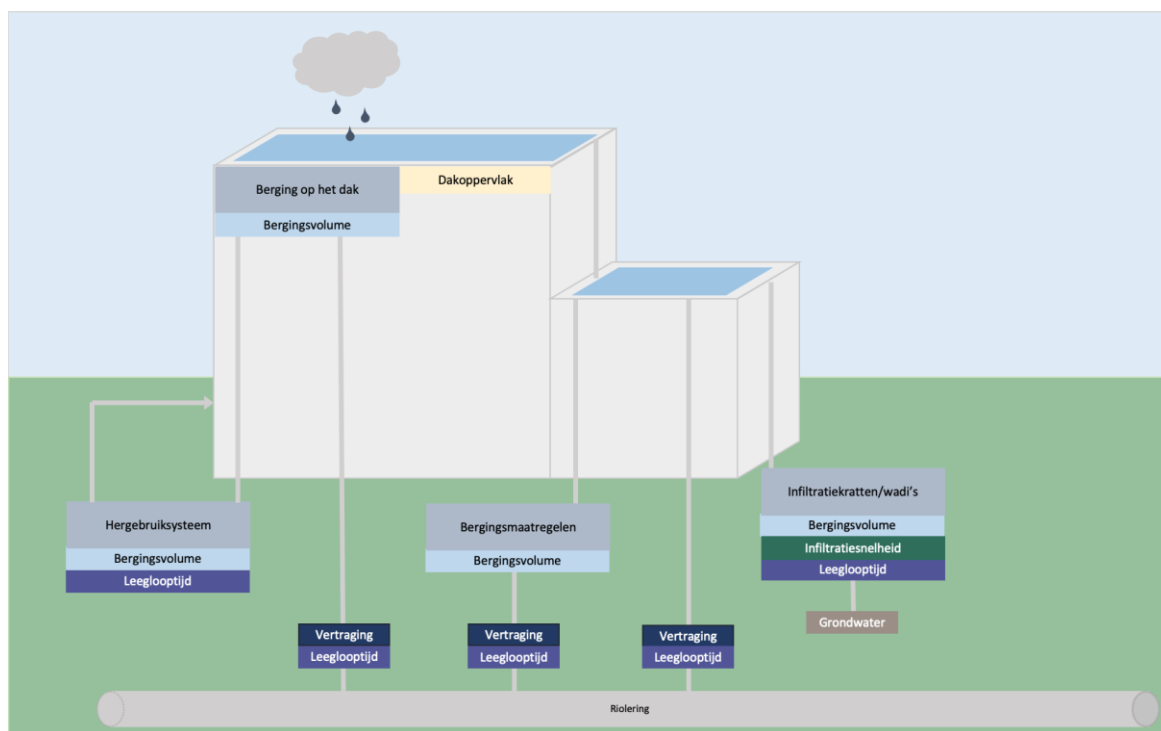
In dit hoofdstuk worden de verschillende stappen van de rekentool uitgelegd. Soms wordt er doorverwezen naar het volgende hoofdstuk voor een meer inhoudelijke (technische) toelichting over de verschillende maatregelen en hoe ze functioneren.

### 2.1 Introductie

In Figuur 2.1 zijn de verschillende onderdelen van de rekentool gevisualiseerd in een overzicht. De tool volgt stapsgewijs de afstroming van het regenwater, namelijk van het dakoppervlak naar berging naar de riolering of het grondwater. De rekentool loopt de volgende vragen langs:

- Hoe groot is het dakoppervlak en voor hoeveel volume te bergen water zorgt dat?
- Hoeveel berging is er gerealiseerd op het dak?
- Aan hoeveel berging op of in het maaiveld is het dak gekoppeld?
- Hoeveel water wordt er geloosd op het riool en hoe is deze afwatering vertraagd?
- Na hoeveel tijd is de gerealiseerde waterberging weer leeg?

Deze infographic is ook te vinden aan het begin van de rekentool, in tabblad 1. Overzicht. De rest van de tool is ingedeeld in de tabbladen 2. Dakoppervlak en berging op het dak, 3. Berging maaiveld, 4. Afvoer op het riool en 5. Resultaat.



Figuur 2.1: Infographic van de verschillende stappen van de rekentool

De cellen die moeten worden ingevuld, zijn witgekleurd. De blauwe cellen zijn controle cellen, die een foutmelding geven als er iets incorrect wordt ingevuld. De grijze cellen zijn resultaten van berekeningen.

## 2.2 Tabblad 2. Dakoppervlak en berging op het dak

Er zijn vier onderdelen die ingevuld moeten worden om te bepalen hoeveel regenwater er geborgen wordt op het dak. De stappen zijn te zien in Figuur 2.2 tot Figuur 2.5 en worden hieronder toegelicht.

Benaming invullen:		Geprojecteerde oppervlakte (m <sup>2</sup> )	
Hoog naar laag ↓	Dak 1		20
	Dak 2		10
	Dak 3		10
	Dak 4		10
	Dak 5		10
Totaal (m <sup>2</sup> )			60
Hemelwaterberging eis (L/m <sup>2</sup> )			60
Benodigde berging (L)			3600

Toelichting: bij een schuin dak het gaat om het horizontaal geprojecteerde dak oppervlak

Figuur 2.2: Berekening van dakoppervlak en berging op het dak – oppervlaktes van daklagen

### Stap 1: Dakoppervlaktes

In Figuur 2.2 moeten de oppervlaktes en benamingen van de verschillende daklagen worden ingevuld. Dit is gedaan zodat de daklagen gemakkelijk te herkennen zijn in latere stappen. Het is van belang dat de daklagen worden benoemd van hoogstgelegen naar laagstgelegen, zodat het afstromen van het regenwater van hoog naar laag klopt in de berekening.

### Stap 2: Berging op het dak

De tweede stap is het aangeven van aanwezige bergingsmaatregelen op het dak: een groen(blauw) dak en een waterdak. Als er een bergingsmaatregel aanwezig is, moet die worden aangegeven met een vinkje en met een waarde voor de oppervlakte van de maatregel. In het voorbeeld in Figuur 2.3 wordt er automatisch bepaald dat bij een totaal dakoppervlak van 'Dak 1' van 20 m<sup>2</sup> en met een groen(blauw) dak van 5 m<sup>2</sup>, het dakdeel dat geen bergingsmaatregel bevat, de overige 15 m<sup>2</sup> is.

Dak 1		Oppervlak (m <sup>2</sup> )	
Maatregel:	<input checked="" type="checkbox"/> Groen(blauw) dak	<input checked="" type="checkbox"/> Besturingsysteem	5 Correct →
	<input type="checkbox"/> Waterdak		0 Correct
	<input checked="" type="checkbox"/> Geen berging		15 Correct

Toelichting: een groenblauw dak met een slim besturingsstelsel voert water af op basis van regenval voorspellingen

Figuur 2.3: Berekening van dakoppervlak en berging op het dak – aanwezige maatregelen van berging

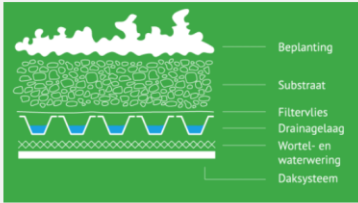
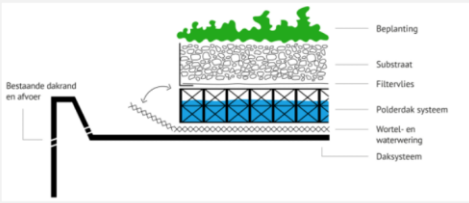
### Stap 3: Capaciteit van berging op het dak

Als derde moet er worden aangegeven wat de bergingscapaciteit is van de aanwezige berging op het dak, in liter per m<sup>2</sup>. Bovenaan het tabblad is een controleberekening toegevoegd, om de bergingscapaciteit van groen(blauwe) daken in te schatten aan de hand van de diktes van het substraat en de retentie-laag. Deze berekening is te zien in Figuur 2.4.

### Controle berekening bergingscapaciteit groen(blauw) dak

Hoogte substraatlaag (mm) 
 Hoogte drainagelaag (mm) 
 Type drainagelaag

Bergingscapaciteit (L/m2)

Groen dak

Polderdak ('Polderdak systeem' is drainage laag)

Figuur 2.4: Berekening van dakoppervlak en berging op het dak – bepalen van de bergingscapaciteit van de aanwezige maatregelen van berging op het dak

#### Stap 4: Aangeven waarop de daken afstromen

Ten vierde moet er worden aangegeven waar het water wat op de daken valt naartoe wordt afgevoerd (Figuur 2.5). Water kan afstromen op het riool, in andere bergingsmaatregelen of andere lageregelegen daken. Er wordt hier onderscheid gemaakt tussen het water dat geborgen is in berging op het dak en het water wat nog elders geborgen moet worden, omdat er niet genoeg berging op het dak aanwezig is. Het kan namelijk zo zijn dat dit gescheiden wordt afgevoerd, bijvoorbeeld dat het geborgen water op het dak vertraagd op het riool wordt afgevoerd en het wateroverschot afgevoerd wordt naar een van de bergings- of infiltratiemaatregelen in het maaiveld.

Het is niet mogelijk om het overschot direct af te voeren op het riool, omdat er op het riool alleen maar vertraagd afgevoerd mag worden.

Afvoer geborgen water	Afstromrichting nog te bergen water	
Wadi's (groenstrook)	Dak 3: groen(blauw) dak	Correct
Infiltratiekragen	Dak 4: groen(blauw) dak	Correct
	Dak 5: geen berging	Correct

Figuur 2.5: Berekening van dakoppervlak en berging op het dak – invullen van de afstromingen van de daklagen

#### Resultaat

Nadat de vier stappen zijn ingevuld wordt aan de rechterzijde het resultaat getoond. Per daklaag wordt er aangegeven hoeveel liter water er instroomt van hoger gelegen daken, hoeveel water er totaal in het dak stroomt (instroom en regenval), hoeveel water er wordt geborgen op het dak en wat het nog te bergen volume is.

			Benodigd bergingsvolume (L)	Waterberging (L)	Nog te bergen volume (L)
0	0	0	240	40	200
0	0	0	180	30	150
0	0	180	Instroom	510	0
Groen(blauw)	Waterdak	Geen berging	Totaal:	930	70
Dak 4			Totale hoeveelheid water nog te verwerken (L)		2640

Figuur 2.6: Berekening van dakoppervlak en berging op het dak – de resultaten per daklaag

## 2.3 Tabblad 3. Berging op en in het maaiveld

In dit tabblad wordt het volume aangegeven van de gerealiseerde bergings- en infiltratiemaatregelen op en in het maaiveld. Voor de infiltratiemaatregelen wordt ook de infiltratiesnelheid en leeglooptijd bepaald.

Met het vinkje kan worden aangegeven welke maatregelen aanwezig zijn. Als de betreffende maatregelen niet genomen zijn, voldoet het om ze niet aan te vinken. Dan worden ze niet meegenomen in de berekening, ongeacht welke waardes er nog zijn ingevuld. De blauwe cellen geven een foutmelding als er iets incorrect is ingevuld.

### 2.3.1 Opvang van regenwater

Voor opvang van regenwater worden twee type bergingsmaatregelen gegeven en een optioneel product. Het optionele product is bedoeld voor andere type maatregelen dan de retentietank en het hergebruikstelsel. In Figuur 2.7 (i-iii) is te zien welke informatie er moet worden ingevuld.

**Retentietanks**  Goed ingevuld? Correct

Inhoud tank (L)	Aantal
300	1
0	0
0	0

Totale berging (L)

**Hergebruikstelsel**  Goed ingevuld? Correct

Inhoud (L)

Instromend regenwater (L)

Vereiste berging (L)

Toelichting: Een hemelwaterberging met herbruikstelsel is verplicht een capaciteit te hebben van 90 liter per m<sup>2</sup> bebouwd oppervlak, in plaats van 60 liter per m<sup>2</sup>. Daarom wordt de instroom (berekend voor 60 L/m<sup>2</sup>) hier vermenigvuldigd met een factor 1,5 (90/60).

**Optioneel product**  Goed ingevuld? Correct

Inhoud tank (L)	Aantal
200	2
150	1
0	0

Totale berging (L)

Toelichting: Vul deze optie in als er een ander type maatregel aanwezig is in of op het maaiveld, dat niet is meegenomen in deze rekentool.

Figuur 2.7: Berekening van berging in en op het maaiveld – aanwezig bergingsvolume voor de bergingsmaatregelen van i) retentietanks, ii) hergebruikstelsel en iii) optioneel product.

Zoals in de toelichting bij het hergebruikstelsel staat beschreven, geldt er voor hemelwaterberging met een hergebruikstelsel een eis van 90 liter per m<sup>2</sup> bebouwd oppervlak, in plaats van 60 liter per m<sup>2</sup>. Die verhoogde eis geldt alleen voor het deel van het bebouwd oppervlak dat afwatert op het hergebruikstelsel. Daarom kan het instromend water, wat is berekend op basis van de eis van 60 L/m<sup>2</sup>, simpelweg worden vermenigvuldigd met een factor 1,5. Het volume wat daar uitkomt, is de minimaal vereiste berging in het hergebruikstelsel.

### 2.3.2 Infiltratie van regenwater

Voor de infiltratiemaatregelen zijn de opties infiltratiekrachten en wadi's gegeven om in te vullen. De derde optie is in te vullen voor alternatieve maatregelen. Hieronder zal per type maatregel worden toegelicht welke waardes dienen te worden ingevuld.

### 2.3.2.1 Infiltratiekratten

#### Stap 1: afmetingen en aantal

Eerst wordt het bergingsvolume van de infiltratiekratten bepaald aan de hand van de afmetingen van de kratten (Figuur 2.8). Er kunnen meerdere sets aan kratten worden ingevuld, als er op meerdere plekken op het kavel infiltratiekratten aanwezig zijn.

<input checked="" type="checkbox"/> Infiltratiekratten		Lengte (m)	Breedte (m)	Hoogte (m)	Aantal	Volume per krat (L)
Goed ingevuld?		1	1	1	1	950
<input type="text" value="Correct"/>		0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0

Toelichting: Mogelijk om meerdere losse sets van infiltratiekratten in te vullen. Is er één set, vul dan één keer de afmetingen in de eerste rij in en laat de andere rijen leeg.

Totale berging (L)

Figuur 2.8: Berekening van *berging in het maaiveld* – het bepalen van het bergingsvolume aan de hand van de afmetingen en aantallen van de infiltratiekratten

#### Stap 2: check met grondwaterstand

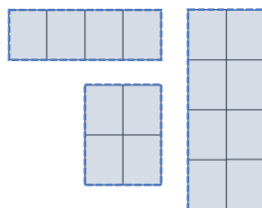
Het verschil in hoogte tussen de bodem van infiltratiekratten en de grondwaterstand kan worden ingevuld om te controleren of er genoeg ruimte tussen zit zodat het regenwater kan infiltreren in de ondergrond. Het liefst moet er 100 cm ruimte tussen zitten, maar dit is geen harde grens. Deze stap in de rekentool dient vooral als een herinnering om er op te letten dat de kratten goed gepositioneerd zijn.

#### Stap 3: infiltratieoppervlak en leeglooptijd

Als laatste wordt het totale infiltratieoppervlak bepaald. Hiermee kan de infiltratiesnelheid en dus de leeglooptijd berekend worden (Figuur 2.9). Het infiltratieoppervlak is zeer afhankelijk van hoe de kratten ten opzichte van elkaar zijn gepositioneerd, dus moet dit oppervlak met de hand berekend worden. Het infiltratieoppervlak is het totaal van het oppervlak van alle buitenzijdes van aaneengesloten kratten. Omdat er sediment met het regenwater mee zal stromen, raakt de bodem van de kratten snel verstopt. Er wordt daarom aangenomen dat er alleen water infiltreert vanuit de buitenste zijanten van de kratten. Het oppervlak wordt berekend door de buitenste omtrek te vermenigvuldigen met de hoogte van de kratten. Zoals in Figuur 2.10 te zien is, verschilt de buitenste omtrek sterk voor verschillende posities van de kratten.

Totaal infiltratie oppervlak (m <sup>2</sup> )	Leeglooptijd (uur)	
<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="47,88"/>	Toelichting: Het infiltratieoppervlak is het totaal van oppervlak van alle buitenzijdes van de aaneengesloten kratten.
<input type="text" value="0"/>		
<input type="text" value="0"/>		
<input type="text" value="0"/>		
Doorlatendheid grond (m/d) <input type="text" value="1"/>		Toelichting: Om de leeglooptijd te berekenen, wordt er gekeken naar de totale instroom van regenwater, ook wat later nog vertraagd kan binnenstromen vanuit de berging op het dak.

Figuur 2.9: Berekening van *berging in het maaiveld* – het bepalen van het totale infiltratieoppervlak en de leeglooptijd



Figuur 2.10: Bovenaanzicht buitenzijdes infiltratiekratten

Hierna wordt de leeglooptijd berekend, aan de hand van de hoeveelheid regenwater dat van de daken instroomt. Als er is aangegeven dat er geen regenwater van de daken naar de infiltratiekratten wordt afgewaterd, is de leeglooptijd hier automatisch nul.

### 2.3.2.2 Wadi's

Als eerste moeten de afmetingen van de wadi's (in de vorm van een groenstrook) worden ingevuld. Bij de breedte gaat het om de breedte aan het oppervlak; vaak hebben wadi's schuine wanden en is de breedte op de bodem kleiner. Er kan worden aangegeven of de wadi gemaakt is met een talud (schuine wand) of een rechte wand. In Figuur 2.11 is te zien welke informatie precies moet worden ingevuld. Aan de hand van deze ingevulde gegevens wordt het bergingsvolume, infiltratieoppervlak en leeglooptijd automatisch berekend.

Ook hier geldt dat als er niet is aangegeven dat er regenwater naar de wadi's wordt afgewaterd, de leeglooptijd automatisch nul is.

Lengte (m)	Breedte (m)	Waterdiepte (m)	Talud	Aantal	Effectief volume (L)
2	1	0,2	Rechte wanden (bak)	1	400
0	0	0	Flauw talud 1/3 (greppel)	0	0
			Rechte wanden (bak)		0
			Flauw talud 1/3 (greppel)		0

Toelichting: Hier gaat het om de breedte aan het oppervlak, en waterdiepte in gevulde toestand

Totale berging (L)

Figuur 2.11: Berekening van *berging in het maaiveld* – bepaling van bergingsvolume van wadi's aan de hand van afmetingen en aantal

### 2.3.2.3 Andere vorm

Als er andere vormen van infiltratie zijn aangebracht, bijvoorbeeld in de vorm van een verlaagd stuk groen, een natuurlijke vijver of ruimte onder een trampoline in de tuin, is dat in deze optie in te vullen. Er zal een handberekening gemaakt moeten worden voor het gerealiseerde bergingsvolume en het infiltratieoppervlak. Het oppervlak is hier het natte oppervlak, tussen het water en de ondergrond. Aan de hand van die gegevens zal een schatting gemaakt worden van de leeglooptijd.

Benaming	Effectief volume (L)	Infiltratie oppervlak (m2)	Leeglooptijd (uur)
Natuurlijke vijver	1	1	0,00
Optioneel			
Optioneel			
Optioneel			

Totale berging (L)  Doorlatendheid grond (m/d)

Figuur 2.12: Berekening van *berging in het maaiveld* – bepaling van bergingsvolume, infiltratieoppervlak en leeglooptijd van andere vormen van infiltratie

## Resultaat

Rechtsboven in het tabblad is een overzicht te vinden met de hoeveelheid instromend regenwater van de daken, de hoeveelheid gerealiseerde bergingscapaciteit en de hoeveelheid daadwerkelijk gerealiseerde berging in liters. Dit overzicht is te zien in Figuur 2.13.

	Instroom (L)	Opgegeven bergingscapaciteit (L)	Gerealiseerde berging (L)	
Retentietanks	670	300	300	Onvoldoende berging
Hergebruikstelsel	70	1140	70	Voldoende berging
Optioneel product	160	550	160	Voldoende berging
Infiltratiekratten	1125	950	950	Onvoldoende berging
Wadi's (groenstrook)	275	400	275	Voldoende berging
Wadi's andere vorm	0	1	0	Voldoende berging

Figuur 2.13: Berekening van *berging in het maaiveld* – vergelijken van de instroom en de gerealiseerde berging per bergings- en infiltratiemaatregel



## 2.4 Tabblad 4. Afvoer op het riool

In dit tabblad kan worden aangegeven hoe de afvoer op het riool vanaf de daken en de bergingsmaatregelen geregeld is en met hoeveel liter per uur er afgewaterd wordt. Voor de berekening maakt het niet uit welk type afvoerovertraging gebruikt wordt, maar het is waardevol om te monitoren op welke manieren dit geregeld wordt.

### 2.4.1 Afvoer van het dak

Voor de afvoer op het riool van de daken kan er per daklaag aangegeven worden hoe de afvoer geregeld is. Er kan worden gekozen tussen een geknepen afvoer, wat een vernauwde opening in een regenpijp is, of een geregelde afvoer door middel van een slim besturingssysteem of pompsysteem. Met de aangegeven afvoer in liters per uur wordt de leeglooptijd berekend.

Het volume van geborgen water in de daklagen is automatisch overgenomen van de voorgaande stappen. Als er geen water is geborgen en het volume nul is, wordt de afvoer en de leeglooptijd automatisch nul of niet meegenomen. De manieren van afvoer worden verder toegelicht in paragraaf 3.8 *Vertraagde afvoer*.

		Volume (L)			Afvoer (L/uur)			Afvoer (L/uur)	
Dak 1	Groen(blauw) dak	0	<input checked="" type="checkbox"/>	Geknepen afvoer	5	<input type="checkbox"/>	Geregelde afvoer	6	
	Waterdak	0	<input type="checkbox"/>	Geknepen afvoer		<input checked="" type="checkbox"/>	Geregelde afvoer	3	
		Volume (L)			Afvoer (L/uur)			Afvoer (L/uur)	
Dak 2	Groen(blauw) dak	0	<input type="checkbox"/>	Geknepen afvoer		<input checked="" type="checkbox"/>	Geregelde afvoer	3	
	Waterdak	0	<input type="checkbox"/>	Geknepen afvoer		<input checked="" type="checkbox"/>	Geregelde afvoer	3	

Figuur 2.14: Berekening van afvoer op het riool – bepaling van type en hoeveelheid afvoer vanaf de verschillende daklagen

### 2.4.2 Afvoer vanuit berging maaiveld

Voor de afvoer vanuit de bergingsmaatregelen in het maaiveld kan ook de optie 'afvoer via drijver' worden geselecteerd. Deze methode van afvoerregeling is mogelijk in watertanks en staat verder uitgelegd in paragraaf 3.8 *Vertraagde afvoer*.

### 2.4.3 Afvoer uit hergebruikssysteem

Voor het hergebruikssysteem wordt een andere berekening gemaakt. De Hemelwaterverordening stelt verplicht dat hemelwaterberging van het hergebruikssysteem na 60 uur voor 33% geleegd moet zijn en na 14 dagen voor 66%. Daarom moet er worden aangegeven met hoeveel liter per uur het water de eerste 60 uur wordt afgevoerd en de eerste 14 dagen. Hier wordt meteen gecheckt of de eis van 33% en 66% gehaald wordt.

De eis voor de maximale leeglooptijd van 60 uur op de reguliere hemelwaterberging geldt niet voor het hergebruikssysteem en dus wordt de leeglooptijd niet bepaald. De afvoer in de eerste 60 uur wordt wel meegenomen voor de eis van de maximale afvoer op het riool van 1 liter per uur per m<sup>2</sup>.

Hergebruikssysteem	Inhoud tank (L)	Afvoer eerste 60 uur (L/uur)	Afvoer volgende 14 dagen (L/uur)
	1140	7	2
		Na 60 uur voor 33% leeg? Ja	Na 14 dagen voor 66% leeg? Ja

Figuur 2.15: Berekening van afvoer op het riool – bepaling van de afvoer van het hergebruikssysteem en de check of het systeem snel genoeg leegloopt

## 2.5 Tabblad 5. Resultaat

In Figuur 2.16 is te zien welke resultaten er volgen uit de rekentool, die staan uitgelicht op Tabblad 5. Resultaat. Er wordt aangegeven hoeveel water er geborgen is op hoeveel m<sup>2</sup> dak-berging, hoeveel waterberging er gerealiseerd is in of op het maaiveld, hoeveel water er wordt afgevoerd op het riool en hoelang het duurt voor de hemelwaterberging is leeggelopen.

Gerealiseerde hemelwaterberging									
	<b>Groen dak</b>		<b>Groenblauw dak</b>		<b>Waterdak</b>				
	Oppervlak (m <sup>2</sup> )	Waterberging (L)	Oppervlak (m <sup>2</sup> )	Waterberging (L)	Oppervlak (m <sup>2</sup> )	Waterberging (L)			
Dak 1	0	0	5	50	0	0			
Dak 2	0	0	5	275	2,5	75			
Dak 3	0	0	5	100	5	250			
Dak 4	0	0	3	60	4	80			
Dak 5	0	0	4	40	3	30			
	<b>Groen dak</b>		<b>Groenblauw dak</b>		<b>Waterdak</b>		<b>Totaal op het dak</b>		
Totaal	Oppervlak (m <sup>2</sup> )	Waterberging (L)	Oppervlak (m <sup>2</sup> )	Waterberging (L)	Oppervlak (m <sup>2</sup> )	Waterberging (L)	Oppervlak (m <sup>2</sup> )	Waterberging (L)	
	0	0	22	525	14,5	435	36,5	960	
	Waterberging (L)		Is er voldoende berging voor de specifieke instroom per maatregel?						
Retentietanks	0	Voldoende							
Hergebruikstelsel	2640	Voldoende							
Optioneel product	0	Voldoende							
Infiltratiekragen	0	Voldoende							
Wadi's (groenstrook)	0	Voldoende							
Infiltratie andere vorm	0	Voldoende							
			<b>Vereiste hemelwaterberging</b>		3600 L				
			<b>Aanwezige hemelwaterberging</b>		3600 L				
					<b>Voldoet</b>				
Afvoer op het riool en leeglooptijd									
	<b>Groen dak</b>		<b>Groenblauw dak</b>		<b>Waterdak</b>				
	Afvoer op riool (L/uur)	Leeglooptijd (uur)	Afvoer op riool (L/uur)	Leeglooptijd (uur)	Afvoer op riool (L/uur)	Leeglooptijd (uur)			
Dak 1	0	0	0	0	0	0,0			
Dak 2	0	0	0	0	0	0,0			
Dak 3	0	0	0	0	0	0,0			
Dak 4	0	0	0	0	0	0,0			
Dak 5	0	0	0	0	0	0			
	<b>Afvoer op riool (L/uur)</b>		<b>Leeglooptijd (uur)</b>		<b>Toelaatbare afvoer op riool</b>				
Retentietanks	0	0			60 L/uur				
Hergebruikstelsel	7	n.v.t.			7 L/uur				
Optioneel product	0	0							
Infiltratiekragen	0	23,04			<b>Voldoet</b>				
Wadi's (groenstrook)	0	0,00							
Infiltratie andere vorm	0	0,00							
			<b>Toelaatbare leeglooptijd</b>		60 uur				
			<b>Totale leeglooptijd</b>		23,0 uur				
					<b>Voldoet</b>				

Figuur 2.16: Het resultaat van de berekeningen in de rekentool – geeft aan of er wordt voldaan aan de eisen van de Hemelwaterverordening over de minimale hemelwaterberging, maximale afvoer op het riool en maximale leeglooptijd van de hemelwaterberging

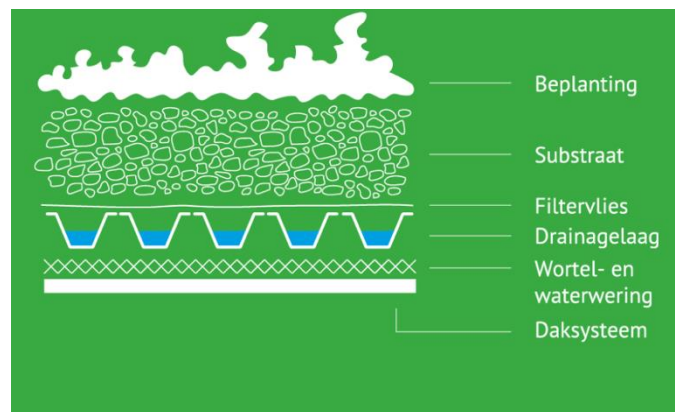
### 3. Achtergrondinformatie hemelwaterberging

Hieronder is meer informatie gegeven over de verschillende soorten maatregelen voor regenwaterberging.

#### 3.1 Groen dak

Toelichting op de website van Amsterdam Rainproof over [groene daken](#).

Een groen dak bestaat uit verschillende lagen: de vegetatielaag, de substraatlaag en de drainagelaag. De vegetatie kan bestaan uit sedum of andere intensievere planten, die hun wortels groeien in de grond in de substraatlaag. In de drainagelaag wordt een laagje water opgevangen wat het groen kan voeden en wat langzaam afwatert als de laag vol zit.



Figuur 3.1: Een grafische weergave van een groen dak en de lagen waaruit het dak is opgebouwd (Bron: dakdokters.nl)

Wanneer een groen dak wordt aangeschaft geven de productgegevens meestal een indicatie van de regenwaterbergingscapaciteit van het groene dak. Maar als er geen indicatie gegeven is, kan de controleberekening in de rekentool geraadpleegd worden. Hier wordt de bergingscapaciteit van groen(blauwe) daken berekend aan de hand van de diktes van het substraat, de drainagelaag en het type drainage laag (in Figuur 3.1 cupjes, in Figuur 3.2 kratten).

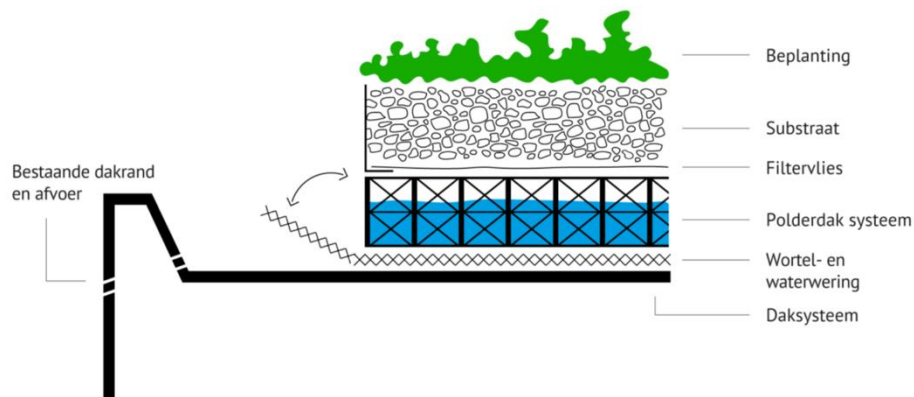
Hierbij wordt uitgegaan van een gemiddelde porositeit van het substraat van 30%, een effectief volume van cupjes van 75% en een effectief volume van een kratstructuur van 95%.

#### 3.2 Groenblauw dak

Toelichting op de website van Amsterdam Rainproof over groen(blauwe) daken, oftewel [polderdaken](#).

Hoewel een groen dak dus ook al water bergt, ligt bij een groenblauw dak de focus nog meer op waterberging. Zogenaamde polderdaken worden aangelegd met een grotere waterbergende laag, die het water langer kan vasthouden. Het polderdak is gekoppeld aan een besturingssysteem, dat op basis van de neerslagverwachting de structuur ledigt als er nieuwe regen op komt is.

De berekening voor de regenwater bergingscapaciteit van het polderdak is hetzelfde als die voor groene daken; hier kan voor het type drainagelaag een kratstructuur worden geselecteerd, in plaats van de cupjes.



Figuur 3.2: Een grafische weergave van een groen(blauw) dak (polderdak) en de lagen waaruit het dak is opgebouwd (Bron: dakdokters.nl)

### 3.3 Water-dak

Toelichting op de website van Amsterdam Rainproof over [water-daken](#).

Water-daken zijn een simpelere constructie dan groen(blauwe) daken. Het is simpelweg een dak dat een laag water kan opvangen. Een dak kan natuurlijk maar een bepaalde hoeveelheid water dragen, dus zijn er afvoerpijpen aangebracht op de maximaal toelaatbare waterhoogte. De hoeveelheid water die er voor die maximale waterdiepte op het dak ligt, is de bergingscapaciteit van het water-dak. Het geborgen water kan vertraagd worden afgevoerd met een geknepen afvoer op pompsysteem.

### 3.4 Retentietanks

De eerste regenwaterbergingsmaatregel in de rekentool is de retentietank. Dit slaat eigenlijk op alle afgesloten tanks, bijvoorbeeld onder de grond of in een kelder, waar tijdelijk regenwater in kan worden opgeslagen. Vanuit dergelijke tanks zijn verschillende manieren van vertraagde afvoer mogelijk, die staan beschreven in paragraaf 3.8.

### 3.5 Hergebruikstelsel

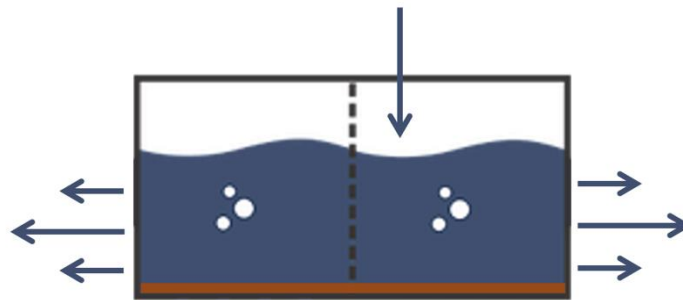
Toelichting op de website van Amsterdam Rainproof over [hergebruikssystemen](#).

Zoals al eerder in deze handleiding beschreven staat, geldt voor de hemelwaterberging met hergebruikstelsel een eis van minimale berging van 90 liter per m<sup>2</sup> bebouwd oppervlak, in plaats van 60 L/m<sup>2</sup>. En hoeft de hemelwaterberging pas voor 33% leeg te zijn na 60 uur, en voor 66% na 14 dagen. De afvoer in de eerste 60 uur na de regenval zal sterk beïnvloed worden door de geregelde regenwaterafvoer op het riool. Voor de afvoer in de eerste 14 dagen zal het hergebruik van het water een sterke rol spelen. Om dit precies mee te nemen in de berekening is ingewikkeld, daarom ligt de nadruk hier ook niet op. Het is vooral belangrijk dat de afvoer goed geregeld is, d.w.z. dat de hemelwaterberging snel genoeg leegloopt ongeacht hoeveel water er voor het huishouden hergebruikt wordt. Met name de afvoergrootte in de eerste 60 uur moet voldoende zijn. Deze afvoer wordt ook meegenomen in de controle van de eis van de maximale afvoer op het riool van 1 liter per uur per m<sup>2</sup> bebouwd oppervlak.

### 3.6 Infiltratiekratten

Toelichting op de website van Amsterdam Rainproof over [infiltratiekratten](#).

Infiltratiekratten zijn een veelvoorkomende hemelwaterbergingsmaatregel in de tuin. Het zijn ingegraven kratten, die ruimte bieden om het regenwater tijdelijk te bergen en te laten infiltreren in de ondergrond. De kratten zijn omgeven door een geo-textiel, waar het regenwater door naar buiten kan sijpelen, de grond in, maar waardoor de kratten wel vrijgehouden worden en ze niet vol komen te zitten met grond. Gezien er sediment kan worden meegevoerd door het regenwater en dat tijdens retentie neerslaat op de bodem van de kratten, kan de bodem snel verstopt worden en wordt er aangenomen dat het regenwater alleen uit de zijkanten infiltreert.



Figuur 3.3: Infiltratie via infiltratiekratten – infiltratie door de buitenzijdes, onderkant raakt verstopt door sediment.

Bij de berekening van de infiltratiesnelheid en de leeglooptijd wordt ervanuit gegaan dat de doorlatendheid ( $k_{grond}$ ) van de ondergrond gemiddeld 1 meter per dag betreft. De infiltratiesnelheid is afhankelijk van de doorlatendheid van de grond en het infiltratieoppervlak ( $A_{infiltratie}$ , het natte oppervlak, waar het water de zijkanten van de kratten raakt).

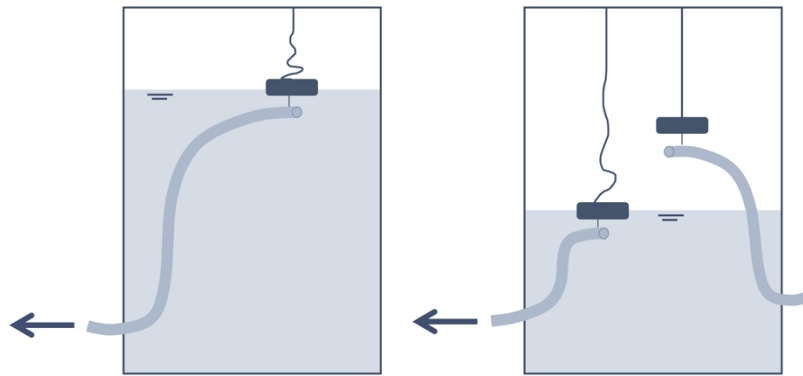
$$T_{leegloop} = 24 \times \frac{V_{infiltratiekratten}}{A_{infiltratie} \times k_{grond}}$$

Het infiltratieoppervlak verschilt over de tijd. Het is maximaal op het moment dat de kratten gevuld zijn en neemt af naarmate de kratten leeglopen. De gemiddelde infiltratiesnelheid wordt bepaald met het gemiddelde infiltratieoppervlak

### 3.7 Wadi's

Toelichting op de website van Amsterdam Rainproof over [wadi's](#).

### 3.8 Vertraagde afvoer op riool



Figuur 3.4: Grafische illustratie van de werking van vertraagde afvoer via drijvers