

Watergeefsystemen voor de boomkwekerij

Een onderzoek naar waterverbruik, kosten en optimalisatie van watergeefsystemen in de pot- en containerteelt



HAS Kennis Transfer
Arno Hengeveld
Jos Kuijsters

's-Hertogenbosch, juni 2004

Watergeefsystemen voor de boomkwekerij

Een onderzoek naar waterverbruik, kosten en
optimalisatie van watergeefsystemen in de pot- en
containerteelt

HAS KennisTransfer
A. Hengeveld en J. Kuijsters

s-Hertogenbosch, 30 juni 2004

Voorwoord

Waterbesparing in de boomteelt staat sterk in de belangstelling. Aanleiding hiertoe is het steeds strenger wordende waterbeleid en het steeds meer aan banden leggen van het gebruik van oppervlakte- en grondwater.

Van de Nederlandse Bond van Boomkwekers is de vraag gekomen om een onderzoek te verrichten naar het waterverbruik, de kosten en de mogelijkheden tot optimalisatie van een aantal watergeefsystemen in de pot- en containerteelt. De commissie onderzoek boomkwekerij, bestaande uit de NBvB en KBGBB*, heeft dit onderzoek toegewezen aan HAS Kennis Transfer te 's-Hertogenbosch. Het Productschap Tuinbouw heeft het onderzoek gefinancierd.

Een werkgroep, bestaande uit twee studenten van HAS den Bosch en een begeleider vanuit HAS Kennis Transfer, hebben de mogelijkheden voor waterbesparing in de pot- en containerteelt geïnventariseerd.

Lezers die geïnteresseerd zijn in de verschillende beregeningssystemen en de toepassingsmogelijkheden ervan worden verwezen naar hoofdstuk 3 en 4. Is men geïnteresseerd in het waterverbruik of de kosten van een systeem dan wordt men verwezen naar hoofdstuk 5 en 6. In hoofdstuk 7, 8 en 9 komen vooral aandachtspunten met betrekking tot het gebruik aan bod. Gaat de belangstelling vooral uit naar de conclusies van dit rapport dan wordt met verwezen naar hoofdstuk 10.

Onze dank gaat uit naar dhr. H. van der Smit voor zijn bijdrage vanuit de NBvB, mevr. ir. H. van Gent voor haar bijdrage vanuit het PT en dhr. ing. B. van Sonsbeek voor zijn begeleiding vanuit HAS Kennis Transfer. Ook willen wij iedereen bedanken die een bijdrage heeft geleverd aan dit project, middels verstrekken van informatie en het geven van feedback.

Moge de inhoud van dit rapport leiden tot een positieve invloed op de waterbesparing in de boomteelt.

's-Hertogenbosch, 2004

Arno Hengeveld
Jos Kuijsters

* Zie lijst met begrippen en afkortingen.

Samenvatting

Belangrijkste watergeefsystemen voor de pot- en containerteelt zijn:

- Druppelbevloeiing
 - inline druppelbevloeiing;
 - druppelsslangen met druppellaars;
- Eb- en vloed
 - horizontale waterafvoer;
 - verticale waterafvoer met waterdoorlatende laag;
 - pot in pot systeem;
- Gietwagen;
- Sproeiers met een bereik tot 4 meter, de zogenaamde kassproeiers;
- Kleine sproeiers met een bereik van 4 tot 10 meter;
- Sproeiers met een bereik van 10 tot 15 meter.

Een bevloeiingsmat in combinatie met één van deze systemen kan zorgen voor een betere waterverdeling.

De meeste systemen kunnen toegepast worden voor vrijwel alle teelten. Bij het eb- en vloed systeem en de bevloeiingsmat moet echter wel rekening gehouden worden met planten die gevoelig zijn voor bodemschimmels. Een belangrijke beperking van de gietwagen is de beperkte hoogte waardoor deze alleen voor lage gewassen gebruikt kan worden. Naast watergeven kunnen de systemen gebruikt worden om de teelt bij te sturen met bemesting. De gietwagen kan ook gebruikt worden voor het uitvoeren van gewasbescherming. De rijsnelheid is echter wel beperkt waardoor niet alle bespuitingen mogelijk zijn. Door het droog blijven van de toplaag van de potgrond bij het eb- en vloed systeem en de druppelbevloeiing is onkruid en mosbestrijding nauwelijks nodig.

Het verschil in verpompte hoeveelheid water en verbruikte water is zeer verschillend per systeem. Het minste water wordt verpompt met een druppelbevloeiingssysteem. De oorzaak hiervan is dat het water direct bij de plant komt en er weinig tot geen verliezen optreden. Het meeste water wordt verpompt met het eb- en vloed systeem. Daartegenover staat dat al het water terugkomt en er dus weinig tot geen verlies optreedt. Bij de sproeiers valt veel water naast de pot en er wordt veel water verpompt waardoor het water niet efficiënt gebruikt wordt.

De investeringskosten en de jaarlijkse kosten lopen per systeem ver uiteen. Er moet altijd uitgegaan worden van een basisberekening van bovenaf voor nachtvorstbestrijding, aanregenen van de verse potgrond en uitspoelen van eventuele zoutconcentraties bovenin de pot. Voor een extra systeem zoals bijvoorbeeld druppelbevloeiing moeten de kosten ervan gezien worden als extra kosten bovenop de basisberekening.

De kwaliteit van het gietwater is zeer belangrijk voor een goede plantengroei. Doordat de mogelijkheden voor het oppompen van water steeds beperkter worden, is het van belang dat een bedrijf zelf gaat zorgen voor goed water. Dit kan door regenwater op te vangen of door te recirculeren. Bij het recirculeren van water is het verstandig het water te filteren of te ontsmetten om verspreiding van ziektekiemen en onkruidzaden te voorkomen.

Een verbetering van de waterbenutting kan gerealiseerd worden als het moment van watergeven afgestemd wordt op de vochttoestand in de pot. Het is ook van belang de dosering van de watergift aan te passen aan de inhoud van de pot, het vochtbergende

vermogen en weersinvloeden. Door het opstellen van een bodemvochtbalans wordt er inzicht verkregen in de toestand van de grond. Door deze gegevens te koppelen aan de actuele neerslag en verdamping van het gewas kan, berekend worden wat het neerslagoverschot of -tekort is. Met deze wetenschap kan bepaald worden wanneer de watergift moet plaatsvinden en hoe groot deze moet zijn. Met behulp van tensiometers en een weerstation gekoppeld aan de computer kan de watergift eenvoudig geautomatiseerd worden.

Om de watergift optimaal te houden is het belangrijk dat het watergeefstelsel regelmatig gecontroleerd wordt. Hierdoor kan voorkomen worden dat er onnodige verliezen optreden en wordt bereikt dat de watergift uniform blijft. Verliezen treden vooral op door:

- Lekken;
- Verdamping;
- Winddrift;
- Randverliezen;
- Drainageverliezen.

De waterverdeling van het systeem kan eenvoudig gemeten worden met een uniformiteitstest. Met de uniformiteitstest kan inzicht verkregen worden in de verdeling van de watergift. Met een simulatieprogramma kan een ideaal sproeibeeld berekend worden dat als hulpmiddel kan dienen bij het verkrijgen van een betere waterverdeling en voor een goed ontwerp van het systeem.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	1
2	Longlist watergeefsystemen	3
3	Shortlist watergeefsystemen.....	6
3.1	Inleiding	6
3.2	Druppelbevloeiing	6
3.2.1	Beschrijving	6
3.2.2	Werking.....	6
3.2.3	Technische aspecten	8
3.2.4	Bijzonderheden.....	8
3.3	Eb- en vloedsysteem	8
3.3.1	Beschrijving	8
3.3.2	Werking.....	8
3.3.3	Technische aspecten	9
3.3.4	Bijzonderheden.....	11
3.4	Gietwagen.....	11
3.4.1	Beschrijving	11
3.4.2	Werking.....	12
3.4.3	Technische aspecten	12
3.4.4	Bijzonderheden.....	12
3.5	Kassproeiers.....	13
3.5.1	Beschrijving	13
3.5.2	Werking.....	13
3.5.3	Technische aspecten	14
3.5.4	Bijzonderheden.....	14
3.6	Kleine sproeiers met een bereik van 4 tot 10 meter	14
3.6.1	Beschrijving	14
3.6.2	Werking.....	14
3.6.3	Technische aspecten	15
3.6.4	Bijzonderheden.....	15
3.7	Sproeiers met een bereik van 10 tot 15 m	15
3.7.1	Beschrijving	15
3.7.2	Werking.....	15
3.7.3	Technische aspecten	16
3.7.4	Bijzonderheden.....	16
3.8	Bevloeiingsmat	16
3.8.1	Beschrijving	16
3.8.2	Werking.....	17
3.8.3	Technische aspecten	17
3.8.4	Bijzonderheden.....	17
4	Toepassingsmogelijkheden	18
4.1	Inleiding	18
4.2	Druppelbevloeiing	18
4.3	Eb- vloed.....	19
4.4	Gietwagen.....	20
4.5	Sproeiers	21
4.6	Bevloeiingsmat	21
4.7	Samenvatting.....	22

5	Waterverbruik	24
5.1	Inleiding	24
5.2	Waterverbruik van de verschillende systemen	24
6	Investerings- en jaarlijkse kosten	27
6.1	Inleiding	27
6.2	Druppelbevloeiing	27
6.3	Eb- en vloed systeem	28
6.4	Gietwagen	29
6.5	Sproeiers	29
6.6	Bevloeiingsmat	30
6.7	Wateropslag	30
6.8	Waterbehandeling	33
7	Waterkwaliteit	34
7.1	Inleiding	34
7.2	Bronwater	34
7.3	Oppervlaktewater	34
7.4	Regenwater	34
7.5	Recirculatiewater	34
7.6	Waterkwaliteitseisen	35
7.7	Ontsmetten recirculatiewater	35
8	Optimalisering van de watergift	37
8.1	Inleiding	37
8.2	Verzamelen en verwerken van gegevens	37
8.2.1	Bodemvochtbalans	38
8.2.2	Het irrigatiemodel	40
8.3	Automatische watergift	41
8.3.1	Sturen met weerstation en gewasfactoren	42
8.3.2	Sturen met tensiometers	42
8.3.3	Sturen op tijd	43
9	Controle en onderhoud van het systeem	44
9.1	Inleiding	44
9.2	Efficiëntie van het watergeefstelsel	44
9.2.1	Uniformiteit van een watergeefstelsel	45
10	Conclusies en aanbevelingen	46
10.1	Inleiding	46
10.2	Conclusies	46
10.3	Aanbevelingen	48
	Projectorganisatie	49
	Afkortingen en begrippen	50
	Literatuur	51
	Bijlage 1 Waterverbruik	54
	Bijlage 2 Gewasverdamping en -factoren	57
	Bijlage 3 Kosten wateropvang	58

1 Inleiding

Voldoende water van goede kwaliteit wordt schaars en een steeds duurder goed. Dit komt onder andere door belastingen, vergunningen en provinciaal beleid. Grondwater met veel ijzer of bicarbonaat, oppervlaktewater met veel zout en de regels van de Wet Verontreiniging Oppervlaktewater (WVO) maken het noodzakelijk zorgvuldig om te gaan met het beschikbare water. Bovendien wordt het grondwaterverbruik steeds meer aan banden gelegd, bijvoorbeeld door het invoeren van de grondwaterbelasting en beregeningsverboden.

De Nederlandse Bond van Boomkwekers (NBvB) heeft haar waterbeleid aangegeven in een waternotitie. Een van de onderzoekswensen die uit de waternotitie naar voren komt is: Het inzichtelijk maken van de mogelijkheden van watergeefsystemen voor de pot- en containerteelt naar waterverbruik, kosten en de mogelijkheden voor optimalisatie. Twee studenten van HAS Den Bosch hebben deze opdracht aangenomen in het kader van hun afstudeeropdracht. Zij werkten hierbij onder HAS Kennis Transfer.

In het onderzoek gaat het vooral om vermindering van watergebruik. Veel kwekers met pot- en containerteelten vangen het regenwater op en hergebruiken het recirculatiewater. Hierbij gaat het niet alleen om voldoende aanvoer en kwaliteit van het water maar ook het efficiënte gebruik ervan. Een goed watergeefstelsysteem en inzicht in wanneer en hoeveel water moet worden gegeven, is hierbij zeer belangrijk.

Het optimale watergeefstelsysteem hangt af van factoren zoals:

- Gewas;
- Vollegrond of containerteelt;
- Buiten-, tunnel- of kasteelt;
- Potmaat;
- Teeltsysteem;
- Gewasgrootte en -vorm;
- Perceelafmeting en -indeling.

Het optimale watergeefstelsysteem is daarom alleen per bedrijf en in sommige gevallen zelfs per kas of containerveld te bepalen. In de praktijk wordt bij watergeefsystemen vaak tegen diverse problemen aangelopen. Gevolg hiervan is dat de watergift en de verdeling niet optimaal zijn. Veel voorkomende problemen zijn lekkage in het systeem, vervuiling van het systeem, te veel of te weinig druk, verschillende of te veel sproeiers per kraanvak en te grote kraanvakken of te lange leidingen. Daarnaast komt het voor dat bij de uitbreiding van het systeem door de jaren heen de pompcapaciteit is achtergebleven, zodat de verhouding tussen pomp en het te beregenen oppervlak weg is. Deze oorzaken hebben tot gevolg dat niet duidelijk is welke hoeveelheid water aan de planten gegeven wordt.

Het is daarom van belang om een goed inzicht te hebben in de mogelijkheden van watergeefsystemen naar waterverbruik, kosten en optimalisatie. Daarnaast speelt de controle en het onderhoud van het watergeefstelsysteem een grote rol. Hierbij gaat vooral de aandacht uit naar:

- Het controleren van filters, sproeiers of druppelaars op vervuiling;
- Het vervangen van niet werkende sproeiers of druppelaars;

- Het meten van de afgifte;
- Het beoordelen van de waterverdeling.

In dit rapport wordt ingegaan op de toepassingsmogelijkheden, het waterverbruik, waterkwaliteit, de kosten en de optimalisatie en controle van de verschillende watergeefsystemen. De volgende systemen worden hierbij beschreven:

- Druppelbevloeiing met druppelaars of inline druppelsslangen;
- Eb- en vloedsysteem;
- Gietwagen;
- Kassproeiers met een bereik tot 4 meter;
- Kleine sproeiers met een bereik van 4 tot 10 meter
- Rondraaiende veerbelaste sproeiers met een bereik van 10 tot 15 meter.

De opbouw van dit rapport is als volgt. In hoofdstuk 2 is een longlist van de watergeefsystemen voor de boomkwekerij opgenomen en in hoofdstuk 3 worden in de shortlist een aantal van deze systemen uitgebreider beschreven en wordt de werking uitgelegd. In hoofdstuk 4 worden de toepassingsmogelijkheden van de systemen beschreven qua sortiment, bemesting en gewasbescherming. Hoofdstuk 5 gaat in op het waterverbruik van de systemen en hoofdstuk 6 op de kosten. Vervolgens wordt in hoofdstuk 7 de waterkwaliteit en het verbeteren ervan behandeld. Hoe de watergift te optimaliseren is, wordt in hoofdstuk 8 beschreven en in hoofdstuk 9 worden de mogelijkheden tot automatisering van de watergift doorgenomen. Ten slotte zijn in hoofdstuk 10 de conclusies en aanbevelingen geformuleerd die uit het onderzoek voortvloeien.

2 Longlist watergeefsystemen

In de boomkwekerij worden tal van watergeefsystemen gebruikt. Dit hoofdstuk geeft een inventarisatie weer van de verschillende watergeefsystemen die op dit moment in de boomkwekerij gebruikt worden.

Bij het watergeven kunnen verschillende methoden worden toegepast zoals:

- Druppelen;
- Infiltreren;
- Bevloeien;
- Beregenen.

Per methoden worden de verschillende systeem beschreven.

Druppelen

- Druppelbevloeiing met druppelaars
Door middel van een aanvoerslang en dunne spaghetti slangetjes of labyrint van poly-ethyleen (PE) wordt het water in de pot gedruppeld.
- Inline druppelslangen
De druppel komt direct uit de slang bij de plant terecht.

Infiltreren

- Eb- en vloed systeem met horizontale afwatering
Secties op het containerveld worden onafhankelijk van elkaar gevuld met een laag water van enkele centimeters. De planten nemen via de capillaire werking van de potgrond het water op. Het water dat niet opgenomen wordt, wordt over de onderlaag van beton of asfalt afgevoerd.
- Eb- en vloedsysteem met verticale afwatering
Idem, alleen bestaat de onderlaag van het veld uit een waterdoorlatende vullaag bv. lava, dat zorgt voor een verticale waterafvoer.
- Eb- en vloed tafel
Idem, als de horizontale afwatering, alleen dan uitgevoerd met aluminiumtafels. Het water dat niet wordt opgenomen, wordt afgevoerd. Onder de potten is een kleine ruimte doordat de bodem van de tafel voorzien is van een profiel.
- Pot in pot systeem
Ingegraven potten zijn via buizen aan de onderkant met elkaar verbonden. De potten met planten komen in deze ingegraven potten te staan. Via een eb- en vloed systeem worden de planten van water voorzien.
- Efford-systeem
De onderlaag van het containerveld bestaat uit een zandlaag van minimaal 7,5 cm dik. In het zandbed staat continu een laag water. De planten nemen via de capillaire werking van de zandlaag en de potgrond het water op.
- Eb- en vloed met capillaire opstijging
Het systeem werkt volgens hetzelfde principe als het Efford-systeem, alleen bestaat de onderlaag uit lava.

Bevloeien

- Bevloeiingsmat
De bevloeiingsmat absorbeert het water, verdeelt het snel over de mat en geeft het geleidelijk weer af aan de planten via capillaire werking.

- Teelt in goten
De potten staan in gesloten goten waardoor water stroomt. In de goot ligt over het algemeen een bevoeiingsmat. De planten nemen het benodigde water op. Als de goten geheel gesloten zijn en voorzien van openingen waar de potten in passen, blijft het recirculatiewater schoon.
- Gietdarm
Slangen van dunwandig PE met perforaties van 0,8 tot 1,2 mm, bedoeld voor de watervoorziening in bedden en in rijen. Het water loopt geleidelijk uit de slang via de perforaties.
- Sproeipen
Het systeem werkt volgens het principe van druppelen, alleen sproeit deze pen water in plaats van dat hij water druppelt. Daarbij komt dat een sproeipen meer water afgeeft dan een druppelaar.

Beregenen

- Gietwagen
Het water wordt over het gewas verdeeld door middel van een sproeileiding, die zich langzaam over het gewas voortbeweegt. De sproeiboom is voorzien van perforaties, slangen of sproeiers waar het water uitkomt.
- Steeldoppen
De steeldoppen hebben een ringvormige opening, waarin een pen is geplaatst. Aan deze pen is het ketsvlak bevestigd. Deze doppen worden meestal gemonteerd op een regenleiding, dit is een vast buizensysteem van PVC.
- Boogdoppen
De werking van de boogdop is gelijk aan die van de steeldop, alleen is het ketsvlak door middel van een boogje aan de dop bevestigd. Ook deze doppen worden meestal gemonteerd op een regenleiding.
- Vleugelsproeier
Lijkt op de boogdop, alleen zit er een kleine rotor op die ervoor zorgt dat het water over een groter oppervlakte wordt verdeeld. Deze doppen worden meestal gemonteerd op een regenleiding.
- Ronddraaiende veerbelaste sproeiers op een vast systeem
Een messing of kunststof sproeier voorzien van een veer die er voor zorgt dat een zwenkarm steeds weer in de waterstraal komt en de straal breekt. Aan de zwenkarm zit een aanslag die tijdens deze beweging tegen de sproeier aankomt en daardoor zorgt dat de sproeier draait. De sproeiers kunnen op een vast systeem, op verplaatsbare buizen meestal van 6 m of op een statief met een slang zijn gemonteerd.
- Ronddraaiende sproeier met water aandrijving
Kunststof sproeier die door een inwendig turbinesysteem gaat draaien als het water erdoor stroomt. Het kan ook voorkomen dat de sproeier wordt aangedreven door een soort knikker die ronddraait door de stroming van het water. De knikker zorgt zo voor het draaien van de sproeimond.
- Heestersproeier
Deze bestaat uit verschillende soorten. Er zijn cilindervormige sproeiers met aan het uiteinde een ketsvlak waardoor het water er als een soort paraplu uitkomt en er zijn types waarbij een rotor zorgt voor de waterverdeling, vergelijkbaar met de vleugelsproeier.

- **Haspel met sproeikanon**
Een slang wordt uitgetrokken over de lengte van het perceel met aan de ene kant een oprolmechanisme en aan de andere kant een sproeikanon op een rijdend onderstel. Door de waterdruk wordt de slang opgerold en beweegt het sproeikanon over het perceel.
- **Haspel met sproeiboom**
De haspel met sproeiboom is in principe gelijk aan een haspel met sproeikanon, alleen is het sproeikanon vervangen door een sproeiboom met kleinere sproeiers.

3 Shortlist watergeefsystemen

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste watergeefsystemen voor de pot- en containerteelt beschreven. Dit zijn:

- Druppelbevloeiing met druppelaars of inline druppelslangen;
- Eb- en vloedsysteem;
- Gietwagen;
- Kassproeiers met een bereik tot 4 meter;
- Kleine sproeiers met een bereik van 4 tot 10 meter
- Rondraaiende sproeiers met een bereik van 10 tot 15 meter.

Per systeem wordt een korte beschrijving gegeven met daaropvolgend een toelichting op de werking. Ook zijn van de systemen een aantal technische aspecten opgenomen zoals de waterafgifte en de werkdruk. Daarnaast zijn enkele bijkomende bijzonderheden van het systeem beschreven.

3.2 Druppelbevloeiing

3.2.1 Beschrijving

Een druppelsysteem zorgt ervoor dat het water of voedingsoplossing direct bij de plant terecht komt. Hierdoor krijgt in principe elke plant evenveel water. Er kunnen kleine hoeveelheden water worden gegeven waardoor grotere oppervlakten tegelijk van water kunnen worden voorzien. Het moment van watergeven kan onafhankelijk van het tijdstip van de dag en weersomstandigheden gekozen worden. Door geleidelijke afgifte van het water wordt verzadiging voorkomen en daardoor ook zuurstofgebrek in het teeltmedium.

Druppelsystemen zijn te onderscheiden in twee hoofdgroepen:

- Druppelaars: worden vooral toegepast in de pot- en containerteelt;
- Inline druppelslangen: worden vooral toegepast in de vollegrondsteelt of in combinatie met bevoeiingsmatten op containervelden.

In deze twee hoofdgroepen bestaat een grote verscheidenheid tussen types, capaciteit en nauwkeurigheid. In de volgende subparagrafen zullen van de twee hoofdgroepen de verschillende types nader beschreven worden.

3.2.2 Werking

Druppelaars

Bij dit systeem van druppelen worden de druppels via een slangetje vanaf de aanvoerleiding naar de plant getransporteerd. De druppels komen door middel van een steker in de pot. Ook is het mogelijk dat er een sproeipen wordt geplaatst. De lengte van de slangetjes maakt het gewas min of meer plaatsonafhankelijk.

Druppelaars zijn te verdelen in drie groepen:

- Capillaire druppelaars;
- Labyrint druppelaars;
- Drukcompenserende- en afsluitende druppelaars.

Capillaire druppelaars

Een capillaire druppelaar bestaat uit een dunne PE-slang met een kleine inwendige diameter. De afgifte is afhankelijk van de lengte van het slangetje, de inwendige diameter en de begindruk. In het slangetje wordt de druk afgebouwd, waardoor het water er op het eind van het slangetje uitdruppelt. De afgifte van capillaire druppelaars is sterk afhankelijk van de druk in de verdeelleiding. Drukverschillen in deze verdeelleiding hebben direct invloed op de afgifte. Om drukverschillen zoveel mogelijk te voorkomen is het van belang dat de verdeelleiding een voldoende grote diameter heeft. Door de kleine inwendige diameter van de PE-slang is deze gevoelig voor verstopping.

Labyrint druppelaars

Het hart van deze druppelaar wordt gevormd door een brede doorgang met vertandingen: het zogenaamde labyrint, zie figuur 1. Door de vertandingen wordt het water sterk in beweging gebracht, waardoor de druk wordt afgebouwd. Het labyrint bevindt zich tussen de aanvoerslang en het slangetje naar de plant. De watergift van de druppelaar wordt bepaald door de grootte van het labyrint.



Figuur 1: Labyrint druppelaar
Bron: Revaho

Drukcompenserende en zelfafsluitende druppelaars

Drukcompenserend betekent dat de druk in de slang tussen 1 en 4 bar géén invloed heeft op de afgifte van de druppelaar. De drukcompenserende werking zorgt ervoor dat iedere druppelaar in principe evenveel water geeft. Ook leidingweerstand, hoogteverschillen en schommelingen in pompdruk hebben nauwelijks invloed op de afgifte.

De druppelaar combineert de drukcompenserende werking met een afsluitende werking. Zodra de druppelbeurt gestopt wordt, sluit de druppelaar zichzelf, waardoor wordt voorkomen dat de aanvoerslang leegloopt. Dit geeft de mogelijkheid om water te geven in zeer korte druppelbeurten, omdat de slang nog vol is en er direct overal even veel water uit de druppelaars komt.

Druppelsslagen

Bij dit systeem van druppelen komen de druppels via een labyrint direct uit de slang, dit heet inline. Inline druppelsslagen kunnen onderscheiden worden in drie groepen:

- Niet drukgecompenseerde;
- Drukcompenserend;
- Drukcompenserend en zelfafsluitend.

Niet drukcompenserend

Bij dit type druppel slang stroomt het water via een labyrint naar de opening in de slang, zie figuur 2. Deze druppelsslagen worden gebruikt als de slanglengte niet meer bedraagt dan 60 meter en beperkte afgifteverschillen toelaatbaar zijn.



Figuur 2: Deel van een druppel slang
Bron: Revaho

Drukcompenserend

Drukcompenserend betekent dat de druk in de slang tussen 1 en 4 bar géén invloed heeft op de waterafgifte. De drukcompenserende werking zorgt ervoor dat uit iedere opening in de slang, in principe evenveel water druppelt. Leidingweerstand, hoogteverschillen en schommelingen in pompdruk hebben nauwelijks invloed op de afgifte.

Voordeel van dit type druppelslang is dat er met een grotere slanglengte gewerkt kan worden ten opzichte van de niet drukcompenserende druppelslang.

Drukcompenserend en zelfafsluitend

Dit type druppelslang combineert de drukcompenserende werking met een afsluitende werking. Zodra de druppelbeurt gestopt wordt, sluit de druppelaar zichzelf, waardoor de druppelslang niet leeg loopt. Dit geeft de mogelijkheid om water te geven in zeer korte druppelbeurten. Door te werken met zeer korte druppelbeurten kan de grond het water beter opnemen en zal minder uitspoeling optreden. Het vochniveau in de grond kan hierdoor gestuurd worden, zowel voor de bovenlaag van de grond, als ook voor diepere lagen.

3.2.3 Technische aspecten

Afgifte : 1 tot 8 liter per uur.
Werkdruk : 1 tot 4 bar.

3.2.4 Bijzonderheden

Druppelsystemen zijn gevoelig voor verstoppingen. Dit komt vooral door bicarbonaat, ijzer en het achterblijven van meststoffen in de slang of labyrint. Veelvuldig reinigen of continu doseren van reinigingsmiddelen of aanzuren is vaak noodzakelijk om redelijke gelijkmatigheid in afgifte te kunnen bereiken.

3.3 Eb- en vloedsysteem

3.3.1 Beschrijving

Het eb- en vloedsysteem is een volledig gesloten systeem en wordt toegepast in zowel de kas als op een containerveld. De kas of het containerveld is onderverdeeld in verschillende secties waarin de planten staan. De secties kunnen worden gemaakt door opstaande randen op het veld, zie figuur 3. Op regelmatige tijdstippen wordt water of een voedingsoplossing in de secties gepompt. De containers, die een paar centimeter in het water komen te staan, kunnen gedurende een vooraf ingestelde periode water opzuigen.



Figuur 3: Opstaande rand op een eb- en vloedveld
Bron: A. Hengeveld

3.3.2 Werking

Vanuit een waterreservoir wordt water in de secties gepompt. Na een ingestelde tijd vloeit het water terug naar het reservoir. Voor een goede aan- en afvoer van het water moeten de aan- en afvoerleidingen een voldoende grote diameter hebben zodat het water in 20 minuten kan worden aan- en afgevoerd. Voor de aan- en afvoer van het water wordt gebruik gemaakt van verschillende leidingen. Het voordeel hiervan is dat gelijktijdig zowel een sectie gevuld en een andere geleegd kan worden en in een kortere periode alle planten van water kunnen worden voorzien. De secties kunnen onafhankelijk van elkaar

worden gestuurd, waardoor de planten met verschil in waterbehoefte van voldoende water kunnen worden voorzien.

3.3.3 Technische aspecten

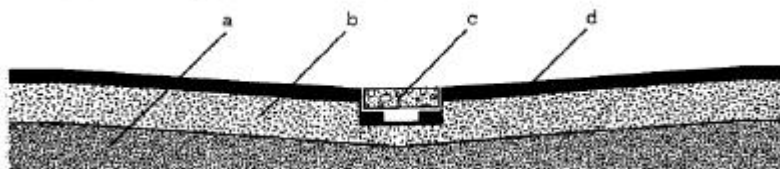
Voor de constructie van het een eb- en vloedsysteem kunnen verschillende systemen worden gebruikt:

- Horizontale waterafvoer d.m.v. een verharde ondergrond;
- Verticale waterafvoer d.m.v. een waterdoorlatende laag;
- Pot in pot systeem.

Horizontale waterafvoer d.m.v. een verharde ondergrond

Voor de ondergrond van containerveld met een eb- en vloedsysteem met horizontale waterafvoer, zie figuur 4, moet rekening gehouden worden met de volgende technische eisen:

- De dichtheid van de verharding moet zodanig zijn dat uitspoeling naar de ondergrond wordt voorkomen, bijvoorbeeld beton of asfalt;
- Het containerveld en de afvoergoten samen moeten afgestemd zijn op een regelmatige afvoer van het gietwater en op de afvoer van stortbuien. Bij gewassen die gevoelig zijn voor bodemschimmels mag het water gedurende maximaal 1,5 uur tussen de potten aanwezig zijn;
- Het afschot moet ca 0,25% bedragen en het toelaatbare niveauverschil binnen een sectie mag maximaal 1 cm zijn. Dit betekent dat de maximale breedte van een sectie 8 meter is. De secties worden afgescheiden door randen van tenminste 10 cm hoog;
- De verharding moet vlak zijn om zoveel mogelijk ziekten, besmetting te voorkomen. Tevens dient de vloer stroef te zijn om gladheid te voorkomen en moet toch goed reinigbaar zijn;
- De draagkracht van de vloer moet worden afgestemd op de maximale gebruiksbelastingen.



Figuur 4: Dwarsdoorsnede eb- en vloedsysteem met horizontale waterafvoer Bron:DLV

- a. Zandbed voor vlaklegging;
- b. Onderlaag;
- c. Afvoergoot met afdekking;
- d. Ondoorlaatbare toplaag van beton.

Water aan- en afvoer

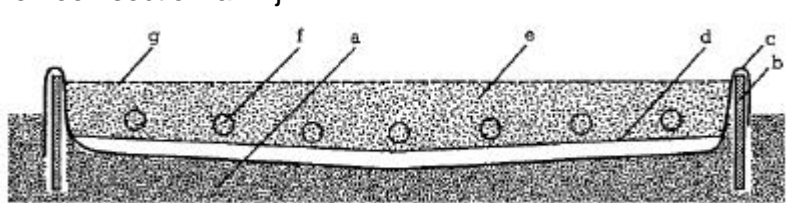
Aan de capaciteit van het water aan- en afvoer worden de volgende eisen gesteld:

- Een sectie moet in maximaal 10 minuten kunnen worden gevuld met water tot 1/3 pothoogte;
- De gewenste pompcapaciteit is afhankelijk van de grootte van de sectie, de waterhoogte en de vulsnelheid. Veelal worden de volgende feiten als uitgangspunt genomen:
 - 250 m² per sectie oppervlak;
 - 4 cm waterhoogte (afhankelijk van de pothoogte);

- 10 minuten vultijd.
- Dit resulteert in een pompcapaciteit van 60 m³/ uur.
- Om een gelijkmatige verdeling te krijgen wordt het water vanuit de aanvoerleiding eerst in een goot over de totale lengte van de sectie verdeeld, vervolgens kan het water het veld opstromen;
- De norm van de afvoertijd van het water kan evenals de aanvoertijd ook op maximaal 10 minuten worden gesteld.

Verticale waterafvoer d.m.v. een waterdoorlatende laag

Bij een containerveld met een verticale waterafvoer, zie figuur 5, wordt gebruik gemaakt van een waterdoorlatende laag. Het veld is opgebouwd uit een waterdichte folie, een laag vulmateriaal van bijvoorbeeld lava en een antiworteldoek. Het afschot van onderliggend folie bedraagt 0,5 tot 1%. Door dit afschot is er een snelle afstroming waardoor lekkage bij eventuele gaatjes in de folie gering is. Aan de oppervlakte is vanwege de verticale waterafvoer geen afschot nodig. Het containerveld dient te worden onderverdeeld met tussenschotten in gescheiden secties. Voor de gelijkmatige waterverdeling moet het oppervlak binnen een sectie vlak zijn.



Figuur 5: Dwarsdoorsnede eb- en vloedsysteem met een waterdoorlatende laag

- a. Zandbed voor vlaklegging;
- b. Kantopsluiting hardhout / beton;
- c. 0,5 mm PE-folie;
- d. Doek te voorkoming van beschadiging aan de folie;
- e. Waterdoorlatende laag (bv. lava);
- f. Drains;
- g. Antiworteldoek.

Bron: DLV

Water aan- en afvoer

Binnen een sectie kan het water via aanvoerleidingen en de waterdoorlatende laag water worden opgezet. Voor het berekenen van de pompcapaciteit en de opslagbehoefte gelden andere maatstaven dan bij het eb- en vloedsysteem op een verharde ondergrond omdat het water eerst de lavalag moet vullen voordat het de potten bereikt. Hierdoor worden de secties vaak kleiner gekozen (150 m² in plaats van 250 m²).

- De gewenste pompcapaciteit is afhankelijk van de grootte van de sectie, de waterhoogte en de vulsnelheid. Veelal wordt als uitgangspunt genomen:
 - 150 m² te bevoeien oppervlak;
 - 8 cm waterhoogte (4cm voor het vullen van de lavalag en 4 cm pothoogte);
 - 10 minuten vultijd.

Dit resulteert in een pompcapaciteit van 72 m³ / uur. Bij een sectiegrootte van 250 m² dient de pompcapaciteit 120 m³ te zijn.

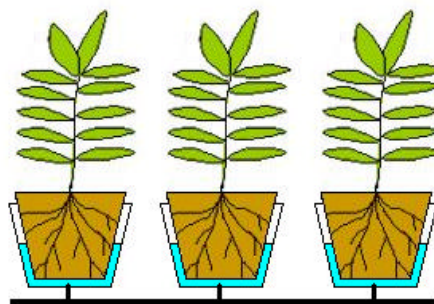
Pot in pot systeem

Bij het pot in pot systeem, figuur 6, wordt gebruik gemaakt van ingegraven potten die d.m.v. buizen via de onderkant met elkaar verbonden zijn. Het water kan van onderaf worden opgezet en komt via nippels in de pot terecht. In de ingegraven potten worden de potten met planten gezet. Door middel van de eb en vloed regeling kunnen de planten water opnemen. Doordat de planten vrij van de bodem hangen is er een goede

ontwatering mogelijk. De potten die vast staan in de ingegraven potten zijn minder gevoelig voor wind en vorst invloeden. Er is wel een grote kans op doorwortelen.

Water aan- en afvoer

De water aan- en afvoer gebeurt via dezelfde buizen. Doordat alleen de pot gevuld hoeft te worden met water en niet het hele veld, kan worden volstaan met een lagere pompcapaciteit. Het is ook mogelijk om met de zelfde pompcapaciteit een groter oppervlak in één keer te irrigeren, omdat er minder planten per m² staan.



Figuur 6: Schematische weergave pot in pot systeem

Bron: J. Kuijsters

3.3.4 Bijzonderheden

Voor een goede werking van het eb- en vloedsysteem is het belangrijk dat verschillende elementen op elkaar zijn afgestemd. Hierbij gaat het vooral om de potten of containers en het potgrondmengsel. Daarnaast is een eb- en vloedsysteem niet geschikt voor alle gewassen. Gewassen met gevoelige wortels groeien slecht op een eb- en vloedsysteem.

Potten of containers

Bij een eb- en vloedsysteem wordt gebruik gemaakt van potten of containers met een rand onder de pot of een kruisbodem. Bij potten met een vlakke bodem ontstaat een waterslot onder de pot waardoor het water niet uit de potten weg kan stromen en door zuurstofgebrek wortelafsterving onder in de pot plaatsvindt. Een waterslot ontstaat door een waterfilm tussen potbodem en ondergrond. Bij teelt op beton is er een grotere kans op een waterslot dan bij de teelt op lava.

Potgrond

De bij eb- en vloed gebruikte potgrond moet gemakkelijk vocht op kunnen nemen, een grote capillaire werking, maar ook voldoende kunnen ontwateren. Een fysisch stabiel mengsel is noodzakelijk, omdat dit zorgt voor een constant luchtgehalte en goede groei. Na verloop van een aantal maanden loopt echter meestal de kwaliteit van het substraat terug. Dit komt vooral door het dichtslibben van de onderste laag in de pot. Ook moet rekening worden gehouden in de buitenteelt met dichtslaan van de potgrond bij hevige neerslag. In de buitenteelt wordt dan ook aangeraden een luchtiger mengsel te gebruiken.

3.4 Gietwagen

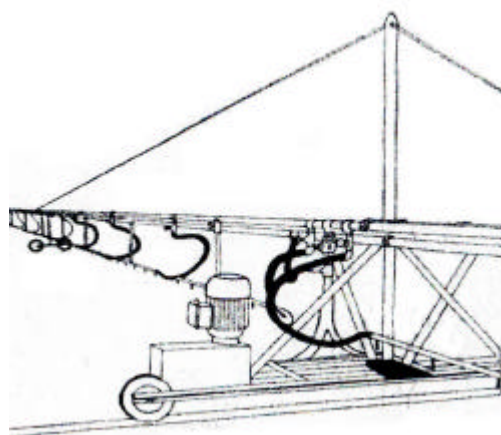
3.4.1 Beschrijving

De gietwagen, figuur 7, wordt voornamelijk gebruikt voor het geven van water en meststoffen van bovenaf. Daarnaast kan de wagen nog voor verschillende andere doeleinden gebruikt worden zoals intern transport. De gietwagen bestaat uit een aandrijfgedeelte dat zich over een rail voortbeweegt en een frame waaraan een buizenstelsel is bevestigd. Het watergeven gebeurt veelal via gaatjes van 2 mm

doorsnede in de pvc-buis, slangen aan de buis of via boogdoppen. De gietwagen overspant meestal de hele breedte van het containerveld of de kap van een kas.

3.4.2 Werking

Op het containerveld beweegt de gietwagen zich over de lengte van het veld voort over rails, aangedreven door elektromotoren. De voeding van de motoren wordt gerealiseerd vanaf het midden van het containerveld, door middel van een kabelhaspel of een kabel die wordt meegesleept. De wateraanvoer kan via een watergoot aan de zijkant van het containerveld of via een slang op een haspel of sleepslangstelsel plaatsvinden.



Figuur 7: Schematische weergave gietwagen
Bron: DLV

Met behulp van een beregeningscomputer en elektromagnetische kranen kunnen de gietleidingen op de gietwagen worden aangestuurd en worden de verschillende plantsecties ingesteld. Het is mogelijk om per pot water te geven. Hiervoor moet aan het begin van het teeltseizoen de plaats van de potten geregistreerd worden. Het invoeren van deze gegevens kost veel tijd. De sensor op de gietwagen bepaalt de plaats waar de plant op het containerveld staat. Aan het eind van de gietbeurt komt de gietwagen automatisch tot stilstand, ook dit gebeurt door middel van een sensor, dat het einde van het veld detecteert.

Een kleinere versie van de gietwagen kan gebruikt worden in de kas. De gietwagen werkt in principe hetzelfde als op het containerveld, alleen beweegt hij zich voort over een monorailsysteem. Voor dit systeem worden alleen sproeiers gebruikt.

3.4.3 Technische aspecten

Afgifte : afhankelijk van het soort systeem

Werkdruk : afhankelijk van het soort systeem

Waterverdeling

Door de voortgaande beweging van de wagen is de waterverdeling gunstiger dan andere methoden van overheadberegening, omdat de gietwagen een beter sproeibeeld geeft. De beregeningsintensiteit is afhankelijk van de voortbewegingssnelheid, de druk en het aantal en type sproeier. Als een geperforeerde buis of slangen wordt gebruikt, kan het water per pot gedoseerd worden.

3.4.4 Bijzonderheden

Belangrijk bij een gietwagen is dat het veld rechthoekig is. Een nadeel is dat als er een storing is bij de gietwagen, er geen andere mogelijkheid voor watergeven is. Een belangrijk voordeel van de gietwagen is dat hij naast watergeven voor meerdere doeleinden kan worden ingezet. In sommige gevallen wordt de gietwagen dan een overgewaswagen genoemd.

Een aantal voorbeelden van gebruik zijn:

- Toedienen van meststoffen met het gietwater;
- Toepassen van gewasbescherming (overgewaswagen);
- Gewas snoeien door middel van maaiers aan de wagen (overgewaswagen);
- Intern transport door lopende banden bevestigd aan de wagen (overgewaswagen);
- Onkruid rapen door middel van een wiedebed aan de wagen (overgewaswagen)

3.5 Kassproeiers

3.5.1 Beschrijving

Zoals de naam al zegt, worden deze sproeiers vooral toegepast in tunnels en kassen en, in enkele gevallen ook buiten op containervelden. Over het algemeen zijn dit kleine kunststof doppen gemonteerd onder of op een regenleiding. De sproeiers zijn te onderscheiden in verschillende types:

- Steeldoppen;
- Boogdoppen;
- Vleugelsproeiers.

3.5.2 Werking

Steeldop

De steeldoppen hebben een ringvormige opening met een diameter die varieert tussen 2,2 en 3,6 mm. Centraal in de doorlaatopening is de pen geplaatst waaraan het ketsvlak is bevestigd, figuur 8. Doordat de waterstraal tegen dit ketsvlak komt, verspreidt deze zich in een cirkelvormig sproeibeeld. De watergift van de steeldop is afhankelijk van de druk en het type. De types zijn voorzien van een kleurcodering, iedere kleur staat voor een andere diameter van de sproeiopening. Een nadeel is dat deze doppen een hoge neerslagintensiteit hebben.



Figuur 8: Steeldop,
Bron: Zibb

Boogdop

De werking van de boogdop is gelijk aan die van de steeldop, alleen is het ketsvlak door middel van een boogje aan de dop bevestigd. Het boogje vormt zelf een kleine dode hoek bij de waterverspreiding. Dit geeft geen problemen als de boogjes in de lengte van de regenleiding zijn geplaatst en de sproeiers voldoende dicht op elkaar staan waardoor er overlap ontstaat. Ook deze doppen hebben als nadeel dat ze een hoge neerslagintensiteit hebben.

Vleugelsproeier

Een vleugelsproeier, figuur 9, lijkt op een boogdop, alleen maakt deze gebruik van een rotor, ook wel vleugel genoemd, dat zorgt voor de verdeling van het water. Doordat de waterstraal tegen de sproeimond van de rotor komt, gaat deze draaien en wordt het water gelijkmatig verdeeld. Deze sproeiers hebben dus een lagere neerslagintensiteit en geven daardoor minder, rustiger en over een grotere afstand water en dan steel- en boogdoppen.



Figuur 9:
Vleugelsproeier
Bron: Revaho

3.5.3 Technische aspecten

Afgifte : 20 tot 150 mm per uur
 Werkdruk : 2 à 2,5 bar afhankelijk van het type dop.

Om een volledige dekking te krijgen moet het sproeibeeld van de sproeiers elkaar overlappen. De afstand tussen de sproeiers is afhankelijk van het gekozen type. Door doppen te kiezen die onder een leiding kunnen worden gemonteerd, wordt voorkomen dat de regenleidingen de waterverdeling verstoort.

3.5.4 Bijzonderheden

Door de kleine opening waaruit het water komt, verstoppelen de sproeiers gemakkelijk. De steeldoppen eerder dan boogdoppen en vleugelsproeiers. Het gebruik van een filter is noodzakelijk. De doppen vormen kleine druppels die gevoelig zijn voor wind. Het gebruik van een druppelstop tussen leiding en dop voorkomt het leeglopen van de leiding zodat er minder startverliezen zijn.

3.6 Kleine sproeiers met een bereik van 4 tot 10 meter

3.6.1 Beschrijving

Sproeiers met een bereik tussen de 4 en 10 meter zijn veelal kunststof sproeiers. Denk hierbij aan grote vleugelsproeiers en sproeiers met wateraandrijving. Het is een alternatief voor de veerbelaste ronddraaiende sproeier.

3.6.2 Werking

Heestersproeier

De heestersproeier, figuur 10, is er in verschillende uitvoeringen. Dit is afhankelijk van de fabrikant. De rotor, zorgt voor de verdeling van het water. Doordat de waterstraal tegen de sproeimond van de rotor komt, gaat deze draaien en wordt het water gelijkmatig verdeeld.

Sproeier met wateraandrijving

Dit type sproeier, zie figuur 11, wordt aangedreven door een balletje in de sproeier. Doordat het water door de sproeier stroomt gaat het balletje draaien en beweegt de sproeimond.



Figuur 10: Heestersproeier
 Bron: Meteor Systems



Figuur 11: Sproeier met wateraandrijving
 Bron: A.Hengveld

3.6.3 Technische aspecten

Afgifte : 2 tot 8 mm per uur, afhankelijk van type sproeier.

Werkdruk : 2 tot 4 bar.

3.6.4 Bijzonderheden

De kleine sproeiers voor buiten beregenen zijn zeer geschikt bij systemen waarbij er ook gebruik gemaakt wordt van kasberegening. Zowel de kasberegening als de kleine sproeiers werken met een druk van 2 bar, dit in tegenstelling tot de rondgaande veerbelaste sproeier.

3.7 Sproeiers met een bereik van 10 tot 15 m

3.7.1 Beschrijving

Sproeiers met een bereik tussen de 10 en 15 meter zijn veelal veerbelaste rondgaande sproeiers. Deze sproeiers zijn rechtstreeks gemonteerd op een aanvoerleiding.

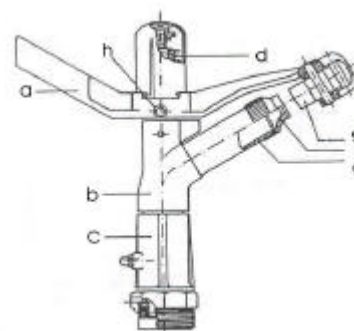
3.7.2 Werking

De veerbelaste rondgaande sproeier, figuur 12, bestaat uit een verticale sproeierbuis met in het verlengde een draaibaar gedeelte, die overgaat in de straalpijp met spoeimond. Om de verticale as is een veerbelaste, draaibare zwenkarm aangebracht. Aan de straalpijpzijde van de zwenkarm bevindt zich een lepelvormig ketsvlak; aan de andere zijde is de zwenkarm verzwaard (contragewicht). Verder is de straalpijp voorzien van een nok, die als aanslag dient voor de zwenkarm. Als het ketsvlak zich in de water straal bevindt, wordt de zwenkarm tegen de veerdruk in weggeduwd. De veer brengt de zwenkarm weer terug in de straal, waardoor de straalpijp via de aanslagnok iets wordt verdraaid. Door de voorspanning van de veer te veranderen, kan men het aantal benodigde slagen voor één volledige rondgang verstellen.

De omlooptijd loopt uiteen van 30 tot 80 seconde met 80 tot 250 onderbrekingen.

De zwenkarm heeft 2 functies, namelijk:

- Het ronddraaien van de straalpijp;
- Het bij iedere slag onderbreken van de straal, waardoor deze tijdelijk wordt gebroken, zodat ook het binnenste deel van de sproeicirkel van de sproeier wordt beregend.



Figuur 12: Schematische weergave veerbelaste sproeier

Bron: Buitelaar

- a. Contragewicht;
- b. Draaibaar gedeelte;
- c. Vaste gedeelte;
- d. Veer;
- e. Straalpijp;
- f. Sproeimond;
- g. Ketsvlak;
- h. Draaibare zwenkarm.

3.7.3 Technische aspecten

Afgifte : 3 tot 10 mm per uur.
Werkdruk : 3,5 tot 6 bar.

3.7.4 Bijzonderheden

Er bestaan verschillende aanpassingen en uitvoeringen van rondgaande sproeiers.

Straalpijp

In plaats van één kunnen ook twee of drie straalpijpen zijn aangebracht. Hierdoor neemt de neerslagintensiteit toe. De tweede staal pijp kan ook dienen voor de aandrijving van de zwenkarm en de bevochtiging van de binnencirkel.

Nozzel

De nozzel in de sproeimond dient verwisselbaar te zijn. Door het verwisselen van de nozzel is de diameter te veranderen en wordt ook de afgifte veranderd. De afgifte kan dan aangepast worden aan de weersomstandigheden, neerslagintensiteit, bereik en druppelgrootte.

Straal stoorder

Deze kan bestaan uit een boutje met of zonder lipje dat enigszins in de staal kan worden gedraaid, waardoor deze min of meer wordt gestoord. Hiermee kan de druppelgrootte en het bereik worden ingesteld.

Sectorbereik

Veel sproeiers zijn voorzien van een sectorinstelling. Hierbij wordt slechts een deel van het cirkelvormige oppervlak beregend. Bij rondgaande sproeiers wordt de sector ingesteld door middel van 2 traploos te verstellen aanslagen. Een veld is hierdoor nauwkeuriger te beregen en er is een betere overlap. Let wel op dat door het gebruik van een sectorsproeier de afgifte toeneemt ten opzichte van een ronddraaiende sproeier, er moet dan een kleinere nozzel gebruikt worden om toch een gelijkmatige afgifte te hebben. Toepassing van sectorsproeiers: hoeken, kanten en smalle stroken.

3.8 Bevloeiingsmat

3.8.1 Beschrijving

De bevloeiingsmat, zie figuur 13, wordt gebruikt in combinatie met (druppel)bevloeiing of beregening van bovenaf. De bevloeiingsmat is een mat die water opneemt, snel verdeelt over de mat en geleidelijk weer afgeeft aan de planten. De mat ligt tussen de onderste laag plastic en het antiworteldoek van het containerveld.



Figuur 13: Bevloeiingsmat
Bron: A. Hengeveld

3.8.2 Werking

In combinatie met overhead beregening neemt de bevoeiingsmat een maximale hoeveelheid van het water op dat niet op de potten terecht komt. Dit water kan de mat geleidelijk weer afgeven aan de planten. In combinatie met (druppel) bevoeiing liggen de druppelslangen, gietdarmen of PE-slangen met kantsproeiers aan de hoogste kant van het containerveld dat op afschot is gelegd. Door het afschot verdeelt het water zich tijdens het watergeven over de bevoeiingsmat. De mat geeft het water weer geleidelijk aan de planten af via capillaire werking van de potgrond.

3.8.3 Technische aspecten

Bevoeiingsmatten zijn gemaakt van een waterabsorberend materiaal en moeten een goede waterverdeling hebben. De bevoeiingsmatten zijn er met verschillende absorberende vermogens zodat voor elke een teelt de ideale mat ingezet kan worden.

3.8.4 Bijzonderheden

Er komt een steeds groter aanbod aan soorten matten, gewichten per m², materialen en merken. Belangrijk is de kwaliteit van de mat, de levensduur, de horizontale waterverdeling en de hoeveelheid water die de mat vasthoudt. Zeker bij gebruik buiten mag de mat niet te veel en te lang water vasthouden. Dit kan in natte perioden tot problemen leiden. Er is een tendens naar steeds dunnere matten die het water goed en snel verdelen, maar weinig water vasthouden.

Voor een goede werking van de bevoeiingsmat is het belangrijk dat verschillende elementen op elkaar zijn afgestemd. Hierbij gaat het vooral om de potten of containers en het potgrondmengsel. De potten dienen een vlakke bodem te hebben omdat anders het water niet opgenomen kan worden.

De vochtspanning in de bevoeiingsmat kan gemakkelijk gemeten worden met platte tensiometers. De tensiometer maakt het mogelijk om de watergift te automatiseren, zie hiervoor hoofdstuk 8, Optimalisering van de watergift.

4 Toepassingsmogelijkheden

4.1 Inleiding

Een watergeefstelsysteem is bedoeld om de planten van water te voorzien. Maar niet elk systeem is geschikt voor alle gewassen. Belangrijk is dat er rekening wordt gehouden met het sortiment dat geteeld wordt, de bemesting en de gewasbescherming bij de verschillende watergeefsystemen. In dit hoofdstuk zijn een aantal aandachtspunten op een rij gezet voor de verschillende watergeefsystemen. De belangrijkste punten zijn aan het einde van dit hoofdstuk in een tabel samengevat.

4.2 Druppelbevloeiing

Sortiment

Druppelbevloeiing kan voor vrijwel ieder gewas worden gebruikt, zowel onder glas, in potten als in de vollegrond. Vooral bij grotere gewassen die de pot bedekken en waarbij het rendement van beregning van bovenaf minimaal is. Met deze methode van watervoorziening is het mogelijk op elk gewenst moment van de dag water te geven, doordat de weersinvloeden op het systeem beperkt zijn. Ook wordt bladbeschadiging door zoutconcentraties voorkomen omdat het blad niet nat wordt.

Bemesting

Het is goed mogelijk het gewas via het druppelsysteem te bemesten. De verdeling van de meststoffen is goed. Doordat de meststoffen meteen in de pot komen, zullen nauwelijks meststoffen verloren gaan of in het retourwater terecht komen. Meststoffen kunnen makkelijk in het systeem achterblijven waardoor er verstoppingen kunnen ontstaan, regelmatig doorspoelen is daarom noodzakelijk.

Door de geringe horizontale verplaatsing van het vocht vormt zich een vochtkegel in de potgrond. De potgrond onder de druppelaar blijft daardoor natter dan de omliggende potgrond. Hierdoor kan het voorkomen dat slechts een gedeelte van de pot wordt doorworteld. Druppelaars toepassen met een breder druppelpatroon, het plaatsen van meerdere druppelaars per pot, gebruik van sproeipennen en het aanpassen van de beurtgrootte en gietfrequentie kunnen dit verschijnsel voorkomen. De geringe horizontale waterverplaatsing veroorzaakt dat een deel van het potoppervlak toch droog blijft en kan verzouten. Dit is vooral onder glas het geval.

Gewasbescherming

- Bovengrondse schimmelaantasting;
Het gewas blijft, afgezien van de natuurlijke neerslag, droog. Dit betekent dat er door de watergift minder gevaar bestaat voor het ontstaan van schimmelziekten. Ook het uiterlijk van het gewas wordt er niet door beïnvloed.
- Mos- en onkruidbestrijding;
Door het druppelen blijft de bovenste laag van de potgrond vrij droog, hierdoor krijgen onkruid en levermos minder kans om te groeien.
- Insectenbestrijding bovengronds.
Het is niet waarschijnlijk dat men meer last zal hebben van insecten of mijten. Als er echter geen mogelijkheid is het gewas nat te maken kan dat de

bestrijding van spint en/of luis bemoeilijken omdat deze gevoeliger zijn voor chemische bestrijding als de planten nat zijn. De populatieontwikkeling van spint is ook groter bij een lage luchtvochtigheid.

Naast een druppelsysteem is het vaak noodzakelijk om beregening van bovenaf te realiseren. Een systeem voor nachtvorstberegening kan hiermee volstaan. Een dergelijk systeem kan naast bescherming bij nachtvorstbestrijding worden toegepast om bij vers gepot materiaal de capillaire werking van de potgrond te stimuleren. Daarnaast kan het systeem dienst doen om de zoutconcentratie bovenin de pot onder controle te houden. Tijdens een droge periode kan deze zogenaamde zoutspiegel bovenin de pot hoog oplopen. Als in een buitenteelt een dergelijke zoutspiegel door een kleine hoeveelheid neerslag bij de wortels terecht komt, heeft dat desastreuze gevolgen. Daarom is het verstandig om bij druppel altijd te zorgen voor de mogelijkheid van beregening van bovenaf.

4.3 Eb- vloed

Sortiment

Het eb- en vloed systeem kan niet voor alle gewassen worden ingezet. Het systeem is minder geschikt voor gewassen die gevoelig zijn voor *Phytophthora* en *Pythium*, omdat het water langere tijd aanwezig is in de wortelzone voordat het wegzakt. Ook het wortelstelsel van een plant kan minder geschikt zijn voor eb- en vloed omdat deze over een grote capillaire werking moet beschikken.

Bemesting

Het is met dit systeem mogelijk de teelt sneller bij te sturen, omdat hogere concentraties meststoffen met het water meegegeven kunnen worden in vergelijking met beregening van bovenaf.

Naast het eb- en vloedsysteem is het net als bij een druppelsysteem vaak noodzakelijk om ook beregening van bovenaf te realiseren.

Gewasbescherming

- Bodemschimmels;
Phytophthora en Pythium zijn bij eb- en vloed de gevaarlijkste bodemschimmels. Phytophthora en Pythium verspreiding vinden vooral plaats door watercontact van pot naar pot. Bij eb- en vloed is er regelmatig sprake van stilstaand water. De tijd dat het water mag blijven staan is voor diverse gewassen verschillend, afhankelijk van de gevoeligheid van de wortels voor Phytophthora en Pythium. Voor gevoelige gewassen maximaal 1,5 uur.
- Bovengrondse schimmelaantasting;
Er zijn minder schimmelaantastingen te verwachten omdat het gewas droger blijft.
- Mos- en onkruidbestrijding;
De bovenste laag van de potgrond blijft vrij droog, hierdoor krijgen onkruid en levermos minder kans om te groeien.
- Insectenbestrijding bovengronds.
Het is niet waarschijnlijk dat men meer last zal hebben van insecten of mijten. Als er echter geen mogelijkheid is het gewas nat te maken, kan dat de

bestrijding van spint en/of luis bemoeilijken omdat deze gevoeliger zijn voor chemische bestrijding als de planten nat zijn. De populatie ontwikkeling van spint is ook groter bij een lage luchtvochtigheid.

4.4 Gietwagen

Sortiment

De overgewaswagen kan voor vele teelten ingezet worden. Voorwaarde is wel dat de gewassen van beperkte hoogte zijn. Beregening van bovenaf is minder geschikt voor bloeiende of visueel aantrekkelijke planten omdat resten bemesting, ijzeroxide en vlekken na het opdrogen van het water op de plant kunnen achterblijven. Doordat er veel water ineens gegeven wordt, heeft de pot weinig kans om het water goed op te nemen. Een voordeel is wel dat planten aan de zijkant van het perceel door de goede verdeling evenveel water krijgen als midden op het perceel.

Bemesting

Bemesting kan meegegeven worden met het gietwater. Doordat de gietwagen in secties is verdeeld, kan heel gericht bemest worden per sectie. Indien gewenst kunnen oplosmeststoffen aan het water worden toegevoegd. Wanneer met een laag bemestingsniveau wordt gewerkt, EC lager dan 2, is naregenen niet nodig. Hogere concentraties kunnen zoutresten op het gewas achterlaten, die bladverbranding veroorzaken of de sierwaarde verminderen. Naregenen met schoon water is dan wel noodzakelijk. Omdat bij deze manier van watergeven het water boven op de potten komt, verzout de bovenkant van de potten niet. Bij droog telen* vindt in warme perioden wel zoutophoping plaats. Doorspoelen heft dit probleem op. Bij het beregenen met een geperforeerde buis of slangen is de bemesting effectiever dan bij het gebruik van sproeiers op de boom; er valt namelijk minder van de voedingsoplossing naast de pot.

Gewasbescherming

- Bovengrondse schimmelaantasting;
Hoewel beregening van bovenaf technisch de mogelijkheid biedt om meerdere malen per dag water te geven en de potgrond op een constant verzadigingsniveau te houden, is het voor het gewas beter niet te vaak water te geven. De meeste schimmelziekten ontwikkelen zich sterker als het gewas regelmatig nat is. De watergift dient daarom tot de vroege morgenuren beperkt te blijven. Bij planten die gevoelig zijn voor bladziekten gaat de voorkeur uit naar druppelbevloeiing. Watergeven op het midden van de dag kan groeiremming veroorzaken door het plotseling afkoelen van de plant, hierdoor sluiten de huidmondjes. Bij hoge instraling kan soms bladverbranding ontstaan. Ook dit zijn redenen om alleen 's morgens vroeg of 's avonds te beregenen. Met de overgewaswagen kunnen bespuitingen worden uitgevoerd. Hiervoor zijn speciale leidingen aan de wagen gemonteerd. Doordat de spuitinstallatie met de computer wordt aangestuurd, kan er heel gericht en zuinig worden gespoten. De beperkte bewegingssnelheid van de overgewaswagen kan een beperking zijn voor bepaalde bespuitingen.
- Mos- en onkruidbestrijding.

* Zie lijst met begrippen en afkortingen.

De onkruiddruk is vrij hoog als de toplaag lang nat blijft. Aan de overgewaswagen kunnen eventueel wiedebedden worden bevestigd, die het onkruid wieden vergemakkelijken.

4.5 Sproeiërs

Sortiment

Sproeiërs kunnen ingezet worden voor vrijwel alle gewassen. Het beperkte bereik en de windgevoeligheid maken de kassproeiërs minder geschikt voor de buitenteelt en de teelt van grote gewassen. De sproeiërs met een middelmatig bereik kunnen goed buiten ingezet worden. Er is echter wel een belemmering voor de mechanisatie door het vele leidingwerk om de bedding. De grote sproeiërs zijn minder gevoelig voor windinvloeden door de grote druppelvorming. Ze kunnen tevens gebruikt worden voor nachtvorstbestrijding. Beregening van bovenaf is minder geschikt voor bloeiende of visueel aantrekkelijke planten omdat resten bemesting, ijzeroxide en vlekken na het opdrogen van het water op de plant kunnen achterblijven, tenzij het water zuiver is.

Bemesting

Net als bij de gietwagen kunnen er meststoffen meegegeven worden aan het water. Hiervoor gelden dezelfde aandachtspunten als genoemd bij de gietwagen. Een nadeel van deze manier van bemesten is het grote verlies aan meststoffen doordat maar een gedeelte van het water op de potten terecht komt.

Gewasbescherming

- Bovengrondse schimmelaantasting;
Hiervoor gelden dezelfde aandachtspunten als bij de gietwagen.
- Mos- en onkruidbestrijding.
De onkruid en mosdruk is vrij groot, omdat de toplaag van de pot langer nat blijft.

4.6 Bevloeiingsmat

Sortiment

De bevloeiingsmat kan niet voor alle gewassen worden ingezet. Het systeem is minder geschikt voor gewassen die gevoelig zijn voor Phytophthora en Pythium, omdat de bevloeiingsmat vrijwel altijd vochtig blijft. Ook het wortelstelsel van een plant kan minder geschikt zijn voor de bevloeiingsmat omdat deze over een grote capillaire werking moet beschikken. Het systeem kan niet ingezet worden voor grote maten potten mits het gecombineerd wordt met beregening van bovenaf of druppelbevloeiing.

Bemesting

Meststoffen kunnen meegegeven worden. Wel moet er rekening gehouden worden met de manier van bevochtigen van de mat.

Voor het bevochtigen met een druppelslang, zie paragraaf 4.2, Bemesting.

Voor het bevochtigen met sproeiërs, zie paragraaf 4.5, Bemesting.

Gewasbescherming

Vaak is er op het containerveld een gladde groene aanslag aanwezig door het vrijwel constant vochtig zijn van de bodem. Zie ook paragraaf 4.3, Gewasbescherming.

4.7 Samenvatting

In tabel 1 is een samenvatting weergegeven van de belangrijkste toepassingsmogelijkheden van het systeem.

Tabel 1: Toepassingsmogelijkheden

	Druppelbevloeiing	Eb- en vloed	Gietwagen	Sproeiers	Bevloeingsmat bevloeiing	Bevloeingsmat beregening
Sortiment	Geschikt voor een groot assortiment vooral visuele planten en grote maten. Weersinvloeden op de watertgift zijn beperkt. Vrij veel onderhoud door wildschade en intensieve filtering.	Niet geschikt voor alle gewassen i.v.m. gevoeligheid voor bodemschimmels. Niet geschikt voor grote potmaten, met uitzondering van het pot in pot systeem. Weinig tot geen watervlies door een gesloten systeem.	Geschikt voor vrijwel alle gewassen maar tot een beperkte hoogte. Matig gevoelig voor windinvloeden. Minder geschikt voor bloeiende en visueel aantrekkelijke planten. Kans op bladverbranding door nat blijven van het gewas.	Geschikt voor vrijwel alle gewassen. Gevoelig voor windinvloeden. Minder geschikt voor bloeiende en visuele aantrekkelijke planten. Kans op bladverbranding door nat blijven van het gewas.	Niet geschikt voor alle gewassen i.v.m. gevoeligheid voor bodemschimmels en weinig capillaire werking bij sommige gewassen. Minder geschikt voor grote maten potten.	Niet geschikt voor alle gewassen i.v.m. gevoeligheid voor bodemschimmels en weinig capillaire werking bij sommige gewassen.
Bemesting	Bemesting goed mogelijk. Weinig meststoffen - verlies. Verstopingsgevoelig door aankoeiken meststoffen. Zoutophoping bovenin de pot door geringe waterverplaatsing in de pot.	Snelle bijsturing van de teelt door hogere concentraties meststoffen. Beregening van bovenaf nodig voor inweken potgrond en doorspoelen van eventuele hoge zoutconcentraties bovenin de pot.	Bemesting goed mogelijk. Bemesting onder te verdelen in secties. Veel water in één keer waardoor de pot weinig kans krijgt het water op te nemen.	Bemesting met een laag bemestingsniveau is mogelijk. Bemesting met een hoog bemestingsniveau is mogelijk mits wordt nageregend.	Bemesting met een laag bemestingsniveau is mogelijk.	Snelle bijsturing van de teelt door hogere concentraties meststoffen. Beregening van bovenaf nodig voor inweken potgrond en doorspoelen van eventuele hoge zoutconcentraties bovenin de pot.
Gewas bescherming	Weinig kans op schimmelziekten door droog blijven van het gewas. Weinig kans op onkruid en mos door droog blijven van de toplaa. Moelijkere spint- of luisbestrijding door droog blijven gewas.	Weinig kans op schimmelziekten door droog blijven van het gewas. Weinig kans op onkruid en mos door droog blijven van de toplaa. Grote kans op bodemschimmels. Moelijkere spint- of luisbestrijding door droog blijven gewas.	Kans op schimmelziekten door nat blijven van het gewas. Bespuitingen met beperkte rijsnelheid. Veel kans op onkruid en mos door nat blijven van de toplaa. Hulpmiddelen voor onkruidbestrijding kunnen aan de wagen worden bevestigd.	Kans op schimmelziekten door nat blijven van het gewas. Veel kans op onkruid en mos door nat blijven van de toplaa.	Weinig kans op schimmelziekten door droog blijven van het gewas. Weinig kans op onkruid en mos door droog blijven van de toplaa, bij druppelbevloeiing. Grote kans op bodemschimmels. Moelijkere spint- of luisbestrijding door droog blijven gewas	Kans op schimmelziekten door nat blijven van het gewas. Veel kans op onkruid en mos door nat blijven van de toplaa.

5 Waterverbruik

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk is het waterverbruik van de verschillende systemen uit de shortlist berekend. Bij de keuze voor een watergeefstelsel is het belangrijk om te weten hoeveel water een systeem verbruikt. Daarnaast is het belangrijk om te weten hoeveel water er daadwerkelijk voor de plant beschikbaar is. Het water dat niet door de planten kan worden opgenomen, gaat verloren als het niet gerecirculeerd wordt. Hiervoor is een rekenschema opgezet waarbij gekeken wordt hoeveel water de potten theoretisch op kunnen nemen. In het rekenschema is uitgegaan van de hoeveelheid water die per keer gegeven wordt.

5.2 Waterverbruik van de verschillende systemen

Om inzichtelijk te krijgen hoeveel water er nodig is tijdens het watergeven bij een bepaald systeem is er een rekenmodel opgezet. In dit rekenmodel wordt het waterverbruik per gietbeurt weergegeven. Hierbij wordt gekeken hoeveel water er in het systeem gepompt wordt, hoeveel water er door de planten opgenomen wordt en hoeveel recirculatiewater er is.

Om de verschillende systemen goed te kunnen vergelijken zijn er een aantal uitgangspunten opgesteld. Bij de berekening zijn we uitgegaan van planten die in een 3 liter container staan. De overige uitgangspunten staan in tabel 2. De berekening is uitgevoerd voor een oppervlakte van 1 m².

Tabel 2: Uitgangspunten rekenmodel

	Aantal planten per m ²	Bedekkingsgraad in %	Watergift in l/m ² *	Wateropname in % potinhoud *	waterlaag in cm op het veld / in de pot
Druppelbevloeiing	15	nvt ¹	2	6	nvt
Eb- vloed horizontaal	15	28	nvt ²	30	4
Eb- vloed verticaal	15	28	nvt ²	30	4 + 10 onderlaag
Pot in pot	6	nvt ¹	nvt ²	30	15
Gietwagen slang/perforatie	15	28	6	10	nvt
Gietwagen sproeiers	15	28	10	10	nvt
Sproeiers	15	28	10	10	nvt
Bevloeingsmat bevloeiing	15	nvt ¹	6	10	nvt
Bevloeingsmat sproeiers	15	28	10	10	nvt

Bron: Eigen bevindingen, * Bron: T. Aendekerk PPO

¹ De bedekkingsgraad van de potten heeft bij deze systemen geen invloed op het waterverbruik.

² De giftgrootte is afhankelijk van de waterlaag die op het veld wordt gezet.

In bijlage 1 staan de berekeningen van de verschillende systeem uitgewerkt, tabel 3 geeft de uitkomsten van deze berekeningen per gietbeurt weer.

Tabel 3: Waterverbruik beregeningssystemen per gietbeurt

	Verpompte hoeveelheid water liter/m ²	Opgenomen water door de planten		Recirculatie- water liter/m ²
		liter/m ²	%	
Druppelbevloeiing	2,00	2,00	100,00	0
Eb- vloed horizontaal	28,78	13,50	46,91	15,28
Eb- vloed verticaal	58,78	13,50	22,97	45,28
Pot in pot	6,15	5,40	87,83	0,75
Gietwagen slang/perforatie	6,00	4,50	75,00	1,50
Gietwagen sproeiers	10,00	2,81	28,05	7,20
Sproeiers	10,00	2,81	28,05	7,20
Bevloeingsmat bevloeiing	6,00	3,00	50,00	3,00
Bevloeingsmat sproeiers	6,00	5,50	91,67	0,50

Bron: Eigen bevindingen

Uit tabel 3 blijkt dat er één systeem is dat ervoor zorgt dat al het verpompte water bij de planten terecht komt, namelijk de druppelbevloeiing. Dit rendement zou ook behaald kunnen worden met een gietwagen die het water per pot doseert.

De bevloeingsmat in combinatie met sproeiers zorgt er ook voor dat bijna al het water in de pot komt. Het verlies wordt met name veroorzaakt doordat de bevloeingsmat niet al het water kan opnemen.

Het pot in pot systeem en de gietwagen met slangen of perforatie behalen ook een hoog rendement. Bij het pot in pot systeem komt dit doordat het water in een pot gepompt wordt en niet op het hele veld. De gietwagen heeft een hoog rendement doordat er relatief maar weinig water naast de pot valt.

Het eb- en vloedsysteem met verticale afwatering heeft het slechtste rendement. Dit komt omdat er veel water in de onderlaag blijft, dat nooit door de plant opgenomen kan worden.

Omdat de uitkomsten die in tabel 3 staan alleen iets zeggen over het waterverbruik per gietbeurt, is er een vertaling gemaakt naar het waterverbruik per week, tabel 4. Hierbij zijn we uitgegaan van de referentie-gewas-verdamping. Zie ook paragraaf 8.2.2. De referentie-gewas-verdamping, hangt sterk samen met de zonnestraling en is zomers daarom veel groter dan 's winters. Bijvoorbeeld in De Bilt wordt er door het referentie-gewas jaarlijks ongeveer 540 mm verdampt. Over de hele maand januari is de verdamping ongeveer 8 mm tegen 90 mm over juli. In april/mei verdampt er gemiddeld ongeveer 2,5 mm per dag, maar op zonnige dagen, zoals in mei 1998 verdampt de dubbele hoeveelheid. Op zeer warme, zonnige en winderige dagen in juli kan de verdamping wel 7 mm per dag bedragen.

Voor de berekening van het waterverbruik per week is uitgegaan van een gewasverdamping van 28 mm in deze week. Deze week zou bijvoorbeeld in juli kunnen voorkomen. In bijlage 2 staat een overzicht van de omrekeningsfactor voor een aantal boomkwekerijgewassen in een 3 liter container en de referentie-gewas-verdamping volgens Makkink, voor de maanden mei tot en met oktober.

Tabel 4: Waterverbruik beregeningssystemen in een week.

	Verdamping in mm	Aantal watergifen	Verpompte hoeveelheid water liter/m ²	Opgenomen water door de planten		Recirculatie- water liter/m ²
				liter/m ²	%	
Druppelbevloeiing	28	14	28,00	28,00	100,00	0,00
Eb- vloed horizontaal	28	2	57,56	27,00	46,91	30,56
Eb- vloed verticaal	28	2	117,56	27,00	22,97	90,56
Pot in pot	28	5	30,74	27,00	87,83	3,74
Gietwagen slang/perforatie	28	6	36,00	27,00	75,00	9,00
Gietwagen sproeiers	28	10	100,00	28,05	28,05	71,95
Sproeiers	28	10	100,00	28,05	28,05	71,95
Bevloeingsmat bevloeiing	28	9	54,00	27,00	50,00	27,00
Bevloeingsmat sproeiers	28	5	30,00	27,50	91,67	2,50

Bron: Eigen bevindingen

Uit tabel 4 blijkt dat de druppelbevloeiing met 14 keer water geven het minste water hoeft te verpompen. Als er gekeken wordt naar de verpompte hoeveelheid dan blijkt dat er bij drie systemen veel meer water verpompt wordt dan bij de ander systemen, dit zijn:

- Eb- en vloedsysteem met verticale water afvoer;
- Gietwagen met sproeiers;
- Sproeiers op een vast systeem.

Het hoge verlies bij het eb- en vloedsysteem met verticale water afvoer is te verklaren door met name de dikte van de onderlaag die het water opneemt en dit niet af kan geven aan de planten. Bij de sproeiers op een gietwagen of vast systeem is er een verlies doordat er veel water naast de planten valt en daardoor niet beschikbaar is voor de planten. Daarnaast blijkt dat het beregen met sproeiers in combinatie met een bevloeingsmat een veel beter rendement heeft dan de sproeiers zonder bevloeingsmat, Dit komt omdat er tijdens het watergeven al water in de pot komt.

6 Investerings- en jaarlijkse kosten

6.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt per systeem gekeken naar de investeringskosten en de jaarlijkse kosten. Voor elk systeem is een indicatie gemaakt van de investeringskosten uitgaande van een hectare. Afhankelijk van de plantafstand, de potmaat en het type sproeier kunnen er verschillen in investeringskosten ontstaan. De kosten zijn gebaseerd op gegevens uit de Kwantitatieve Informatie Boomteelt 1998, de Kwantitatieve Informatie Glastuinbouw 2003-2004, de Kwantitatieve Informatie Boomteelt 2004 (intern DLV rapport) en persoonlijke mededelingen van een aantal installatiebedrijven. Voor de aanleg van een systeem moet altijd uitgegaan worden van een basisberekening van bovenaf ten behoeve van nachtvorstberekening, aanregenen van verse potgrond en eventueel doorspoelen van de potgrond om zoutconcentraties bovenin de pot te voorkomen. Andere systemen zoals druppelbevloeiing en een eb- en vloed systeem moeten als meerprijs worden gezien.

De jaarlijkse kosten van de verschillende watergeefsystemen bestaan uit vaste kosten en variabele kosten. De vaste kosten zijn berekend op basis van de investeringskosten en bestaan uit rente, onderhoud en afschrijving. De variabele kosten zijn de kosten voor water en elektriciteit. Deze kosten zijn in dit rapport niet opgenomen omdat deze per bedrijf en regio te specifiek zijn. Wel kan algemeen gezegd worden dat de hoeveelheid verpompt water een belangrijke factor is voor de grootte van de variabele kosten. Tot slot is in dit hoofdstuk een indicatie gegeven van de kosten voor de opslag van water op het bedrijf in een aarden bassin of stalen silo en de investeringskosten voor waterbehandelingsinstallaties.

6.2 Druppelbevloeiing

Investeringskosten

In tabel 5 zijn de investeringskosten weergegeven voor een druppelsysteem inclusief aan- en afvoer, verdeelleidingen en slangetjes met druppelaars, exclusief substraatunit en aanlegkosten.

Tabel 5: Investeringskosten druppelbevloeiing.

	Euro / m ²	Euro / ha
Capillair druppelsysteem	0,70 - 1,05	7000 - 10500
Drukcompenserend en zelfafsluitend	1,00 - 1,50	10000 - 15000

Jaarlijkse kosten

Voor de afschrijving van het druppelsysteem wordt een afschrijvingspercentage gehanteerd van 15%, een onderhoudspercentage van 5% en een rentepercentage van 6% per jaar van de investeringskosten. De vaste kosten zijn in tabel 6 weergegeven.

Tabel 6: Jaarlijkse kosten druppelbevloeiing.

	Euro/ ha / jaar
Capillair druppelsysteem	1820 - 2730
Drukcompenserend en zelfafsluitend	2600 - 3900

6.3 Eb- en vloed systeem

Investeringskosten

De investeringskosten voor de aanleg van een eb- en vloed installatie zijn weergegeven in tabel 7. Het pot in pot systeem is weliswaar goedkoper per m² maar, daartegenover staat dat er maar een beperkt aantal planten per m² kunnen staan omdat men aan een vaste afstand is gebonden. Bij het pot in potsysteem wordt uitgegaan van Euro 3,- per pot en 6 potten per m².

Tabel 7: Investeringskosten eb- en vloedsysteem

	Euro/ m ²	Euro / ha
Horizontale waterafvoer d.m.v. betonvloer	23,65	236500
Verticale waterafvoer d.m.v. lavavloer	19,66	196600
Pot in pot systeem	18,00	180000

Jaarlijkse kosten

- *Horizontale waterafvoer d.m.v. betonvloer*
Voor de afschrijving van dit systeem wordt een afschrijvingspercentage gehanteerd van 5%, een onderhoudspercentage van 1% en een rentepercentage van 6% per jaar van de investeringskosten.
- *Verticale waterafvoer d.m.v. lavavloer*
Voor de afschrijving van dit systeem wordt een afschrijvingspercentage gehanteerd van 10%, een onderhoudspercentage van 1% en een rentepercentage van 6% per jaar van de investeringskosten.
- *Pot in pot systeem*
Voor de afschrijving van dit systeem wordt een afschrijvingspercentage gehanteerd van 20%, een onderhoudspercentage van 8% en een rentepercentage van 6% per jaar van de investeringskosten.

De vaste kosten voor het eb- en vloedsysteem per jaar zijn weergegeven in tabel 8.

Tabel 8: Jaarlijkse kosten eb- en vloedsysteem

	Euro / ha / jaar
Horizontale waterafvoer d.m.v. betonvloer	28380
Verticale waterafvoer d.m.v. lavavloer	33422
Pot in pot systeem	61200

6.4 Gietwagen

Investeringskosten

De investeringskosten voor een gietwagen staan weergegeven in tabel 9.

Tabel 9: Investeringskosten gietwagen

	Euro
Standaard gietwagen van 25 m breed.	4000
Overgewaswagen	15000 - 35000

Jaarlijkse kosten

Voor de afschrijving van een gietwagen wordt een afschrijvingspercentage gehanteerd van 10%, een onderhoudspercentage van 5% en een rentepercentage van 6% per jaar van de investeringskosten. De jaarlijkse kosten staan weergegeven in tabel 10.

Tabel 10: Jaarlijkse kosten gietwagen

	Euro/ ha / jaar
Standaard gietwagen van 25 m breed.	840
Overgewaswagen	3150 - 7350

6.5 Sproeiers

Investeringskosten

De investeringskosten voor de aanleg van een sproeisysteem met ronddraaiende sproeiers inclusief regenautomaat, elektrische kranen, hoofdleidingen en strengen, motorpomp, filterput, exclusief plaatsing en aanleg zijn weergegeven in tabel 11.

Tabel 11: Investeringskosten ronddraaiende sproeiers

	Euro / m ²	Euro / ha
Kassproeier met een bereik tot 4 meter	1,95	19500
Kleine sproeiers met een bereik van 10 tot 15 meter	1,60	16000
Sproeiers met een bereik van 10 tot 15 meter	1,09	10900

Jaarlijkse kosten

Voor de afschrijving van dit systeem wordt een afschrijvingspercentage gehanteerd van 7%, een onderhoudspercentage van 5% en een rentepercentage van 6% per jaar van de investeringskosten. De jaarlijkse kosten staan weergegeven in tabel 12.

Tabel 12: Jaarlijkse kosten ronddraaiende sproeiers

	Euro/ ha / jaar
Sproeiers met een bereik tot 4 meter	3510
Kleine sproeiers met een bereik van 10 tot 15 meter	2880
Sproeiers met een bereik van 10 tot 15 meter	1926

6.6 Bevloeiingsmat

Investeringskosten

De (meer)prijs voor een bevloeiingsmat staat weergegeven in tabel 13.

Tabel 13: Investeringskosten bevloeiingsmat

	Euro / m ²	Euro / ha
Bevloeiingsmat	0,90	9000

Jaarlijkse kosten

Voor de afschrijving van de bevloeiingsmat wordt een afschrijvingspercentage gehanteerd van 15%, een onderhoudspercentage van 1% en een rentepercentage van 6% per jaar van de investeringskosten. De jaarlijkse kosten staan weergegeven in tabel 14.

Tabel 14: Jaarlijkse kosten bevloeiingsmat

	Euro / ha / jaar
Bevloeiingsmat	3060

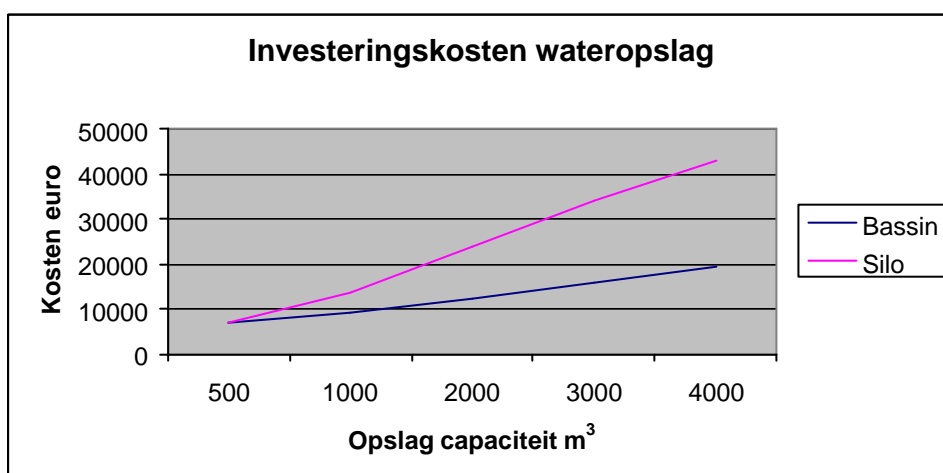
6.7 Wateropslag

Opslag van water op een bedrijf kost geld. Enerzijds moet er een mogelijkheid worden gerealiseerd om water op te slaan, bijv. in een silo of een aarden bassin. Anderzijds kan de grond waarop een silo of bassin staat niet meer gebruikt worden voor de teelt waardoor opbrengstderving ontstaat. In tabel 15 zijn de investeringskosten, de jaarlijkse kosten en het gebruikte grondoppervlak weergegeven voor een opslagcapaciteit van 500 m³ tot 4000 m³ van een aarden bassin en silo's. In bijlage 3 staat de achterliggende berekeningen hiervan opgenomen.

Tabel 15: Investeringskosten, jaarlijkse kosten en grondoppervlakte.

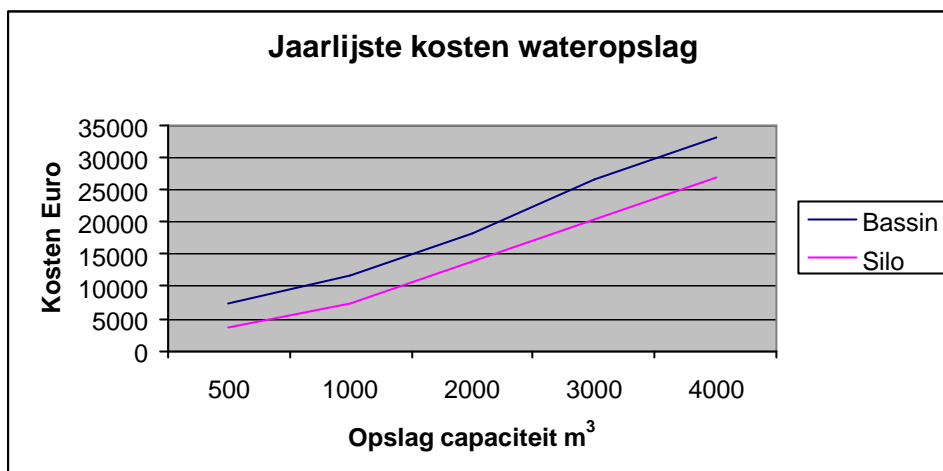
Opslag capaciteit m ³	500	1000	2000	3000	4000
Investeringskosten aarden bassin	Euro 6.807	Euro 9.076	Euro 12.479	Euro 15.882	Euro 19.286
Investering kosten silo	Euro 6.807	Euro 13.613	Euro 23.823	Euro 34.033	Euro 43.109
Jaarlijkse kosten aarden bassin	Euro 7.316	Euro 11.862	Euro 18.395	Euro 26.653	Euro 33.186
Jaarlijkse kosten silo	Euro 3.609	Euro 7.217	Euro 13.923	Euro 20.515	Euro 26.994
Grond oppervlakte aarden bassin	Euro 500	Euro 850	Euro 1.350	Euro 2.000	Euro 2.500
Grond oppervlakte silo	Euro 225	Euro 450	Euro 900	Euro 1.340	Euro 1.785

In figuur 14 zijn de investeringskosten voor een aarden bassin en silo's weergegeven. Uit deze grafiek is duidelijk af te lezen dat de investeringskosten van de silo in verhouding met het aarden bassin toenemen naarmate de opslagcapaciteit groter wordt. Een oorzaak hiervan is de beperkte capaciteit die een silo kan hebben. Vanaf +/- 1700 m³ worden de silo's te groot en kunnen er beter meerdere gebouwd worden om de opslagcapaciteit te halen.



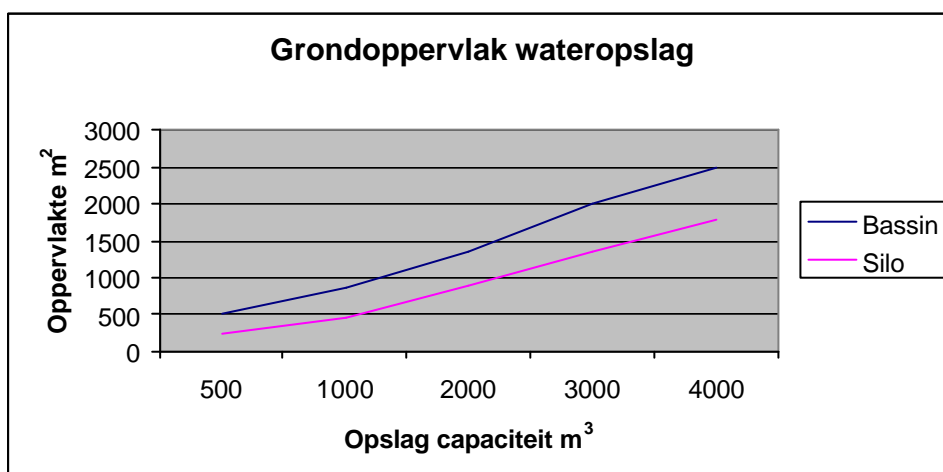
Figuur 14: Investeringskosten wateropslag

In figuur 15 zijn de jaarlijkse kosten voor de wateropslag weergegeven. Deze bestaan uit de afschrijving van 15% voor het aarden bassin en 10% voor de silo, rente op de investering, grondkosten en rente op de grond en opbrengstderving, met een aanname van Euro 10,- per m². Uit deze grafiek is af te lezen dat de jaarlijkse kosten van beide opslagmogelijkheden gelijk oplopen naarmate de opslag capaciteit groter wordt. De jaarlijkse kosten van een silo zijn echter lager dan die van een aarden bassin. Dit is te verklaren uit het feit dat de silo minder plaats inneemt op het bedrijf en er dus minder opbrengstderving plaatsvindt.



Figuur 15: Jaarlijkse kosten wateropslag

Figuur 16 geeft de verhouding weer tussen het gebruikte grondoppervlak van een bassin en een silo. Uit de grafiek is af te lezen dat het gebruikte grondoppervlak ongeveer gelijkmatig stijgt naarmate de opslagcapaciteit groter wordt. Het aarden bassin neemt meer ruimte in beslag dan de silo, waardoor de opbrengstderving groter is.



Figuur 16: Grondoppervlak wateropslag

Bij de keuze voor bassin of silo is de gewenste opslagcapaciteit, de beschikbare ruimte en het saldo per m² van belang. Bij een hoog saldo per m² kan beter gekozen worden voor een silo omdat de opbrengstderving dan beperkt blijft. Is er echter veel beschikbare ruimte die niet intensief gebruikt wordt en een grote behoefte aan opslagcapaciteit, dan kan er beter gekozen worden voor een aarden bassin. Voor een grote opslagcapaciteit moeten er meerdere silo's geplaatst worden waardoor de investeringskosten hoog oplopen.

6.8 Waterbehandeling

De kwaliteit van het gietwater is van groot belang voor een goede groei van de planten. In hoofdstuk 7 zijn een aantal manieren beschreven waarmee retourwater kan worden ontsmet of gefilterd. In tabel 16 zijn de investeringskosten van een aantal installaties opgenomen.

Tabel 16: Investeringskosten ontsmettingsinstallaties

Installatie	Investeringskosten in Euro	
Biologische zandfilter installatie	9076 - 22689	
Ontijzeringsinstallatie	open systeem 2,5-5 m ³ / uur gesloten systeem 6-8 m ³ / uur gesloten systeem 10-12 m ³ / uur	5445 8168 10437
Ontzoutingsinstallatie / omgekeerde osmose	10-50 m ³ / dag 80-150 m ³ / dag 200-300 m ³ / dag	11344 - 18151 20420 - 27680 34033 - 40840
Drainheater	1 m ³ / uur 2,5 m ³ / uur 5 m ³ / uur 10 m ³ / uur	15882 19059 24050 31765
Ozon installatie	1 m ³ / uur 2,5 m ³ / uur 5 m ³ / uur 10 m ³ / uur	23823 27227 31764 38571
UV	lage druk hoge druk	15882 - 36302 20420 - 36302

7 Waterkwaliteit

7.1 Inleiding

Een steeds belangrijkere factor bij de keuze van het watergeefstelsel is het gebrek aan goed water. Wanneer er weinig goed water voorhanden is, is dit een basis voor een zuinig watergeefstelsel of voor gehele of gedeeltelijke recirculatie. Welk water ook gebruikt wordt, bruikbaar water wordt steeds duurder.

7.2 Bronwater

Afhankelijk van de provincie waar men is gevestigd, is er op het gebruik van bronwater een meldings- of vergunningsplicht of zit deze er aan te komen. In de meeste provincies bestaat al een meldingsplicht voor bronnen boven de 10 m³ per uur.

Omdat bronwater vaak van matige tot slechte kwaliteit is, denk hierbij aan teveel ijzer, veel bicarbonaat (HCO₃), een te hoge pH of te hard water, moeten er grote investeringen worden gedaan in ontijzeringsinstallaties, onthardingsinstallaties of moeten er extra diepe bronnen aangeboord worden.

7.3 Oppervlaktewater

De kwaliteit van het oppervlaktewater is per regio verschillend, vooral wat betreft het zoutgehalte, de EC, en de pH. In steeds meer gebieden, per waterschap verschillend, geldt of komt een verbod op het gebruik van oppervlaktewater voor beregening. Dit geeft vooral problemen bij lage waterstanden in de zomer. Denk hierbij aan de zomer van 2003, toen er zilt water in de sloten en kanalen in en rondom Boskoop werd gelaten.

7.4 Regenwater

Het beste, zuiverste en meest neutrale water is regenwater. Zeker bij het gebrek aan goed bron- en/of oppervlaktewater is het zinvol om dit water op te vangen. Vooral het water van kassen, tunnels en bedrijfsgebouwen is met niet al te dure voorzieningen op te vangen in een bassin of silo. Regen water is pH neutraal, heeft een lage EC, en bevat geen ijzer en andere verontreinigingen. Voor beregening is dit het beste water ook ten aanzien van de temperatuur.

7.5 Recirculatiewater

Recirculeren biedt voordelen. Het onbenutte water en de meststoffen die daar in zitten gaan niet verloren. Dit is vooral belangrijk bij systemen waarbij veel water verpompt wordt en er maar weinig door de planten wordt opgenomen. Regen dat op het containerveld valt, wordt ook opgevangen en dient als extra aanvulling. Een nadeel van recirculeren is dat het water ziektekiemen en onkruidzaden kan verspreiden.

7.6 Waterkwaliteitseisen

Goed gietwater moet aan een aantal kwaliteitseisen voldoen. In tabel 17 staan deze eisen weergegeven.

Tabel 17: Kwaliteitseisen gietwater

EC	< 0,5	Cl	< 3 mmol
pH	$\geq 5 \leq 7$	HCO ₃	< 3 mmol
Ca + Mg (hardheid)	< 3 mmol	FE ²⁺ / FE ³⁺	18,5 - 37 mmol
NH ₄ ⁺	< 0,1 mmol	Mn ₂ ⁺	< 18 mmol
Na ⁺	< 5 mmol		

Bron: DLV

Om de kwaliteit van het water te verbeteren, zijn er een aantal maatregelen. Deze staan weergegeven in tabel 18.

Tabel 18: Oplossingen "slecht" water

probleem	oplossing
EC	bemesting
NaCl	osmose
HCO ₃	aanzuren
Fe	beluchten, ontijzeren
NMn	beluchten, ontmanganen
K	bemesting
Ca	bemesting
NO ₃	bemesting
NH ₃	beluchten

Bron: DLV

7.7 Ontsmetten recirculatiewater

Recirculatie heeft als nadeel dat natrium zich ophoopt in het recirculatiewater, wat slecht is voor de plantengroei. Vooral in de glastuinbouw wordt veel aandacht besteed aan het ontsmetten van het recirculatiewater. Met het zicht op het steeds strenger wordende milieubeleid, wordt ontsmetten van recirculatiewater voor de boomkwekerij steeds interessanter. Er zijn verschillende manieren om het recirculatiewater te filteren of te ontsmetten. In het volgende gedeelte worden deze verschillende manieren beschreven.

➤ Omgekeerde osmose

Bij dit proces worden zoutionen van watermoleculen gescheiden, de waterhoeveelheid blijft bij dit proces op peil. Het proces wordt "omgekeerd" genoemd, omdat er druk nodig is om het water geforceerd door het membraan te laten gaan, de onzuiverheden achterlatend. Omgekeerde osmose is in staat om 95%-99% van de opgeloste vaste stoffen (TSD) en 99% van alle bacteriën te verwijderen en verschaft veilig, puur water. Het voordeel van omgekeerde osmose is dat het gerecirculeerde water schoon wordt en het zoutgehalte laag is. Een nadeel is dat deze methode erg duur is.

- UV-ontsmetting
UV-ontsmetting is een ontsmetting op basis van ultraviolet licht (UV). Het effectieve UV-C, met een golflengte rond 254 nanometer, verandert het DNA van micro-organismen zoals aaltjes, bacteriën en schimmels zodat deze afsterven. Het UV-C licht zet virussen op non-actief. Bij deze manier van ontsmetten wordt schoon en veilig water verkregen.
- Ozon
Ontsmetting op basis van inbreng van ozon in het water, bacteriën en schimmels sterven hierdoor af. Voor eventuele bestrijding van aaltjes is een hogere concentratie ozon nodig dan voor de afbraak van bacteriën en schimmels. Het gietwater is hierdoor goed bruikbaar voor hergebruik.
- Drainheater
Ontsmetting op basis van verhitting. De drainheater verhit het recirculatiewater en houdt dit circa 30 seconden op een temperatuur van 95 °C. Hiermee worden alle schimmels, virussen en bacteriën gedood. Het hergebruik van recirculatiewater in een geheel gesloten systeem is hiermee goed te realiseren.
- Biologisch zandfilter
In een stalen silo bevindt zich een zandbed dat als filter dient. Recirculatie water wordt aan de bovenkant van de silo ingelaten en komt er onder weer schoon uit. De werking van de zandfilter berust op het feit dat er in het zandbed met een dikte van circa 100cm, een biologisch evenwicht ontstaat van een groot aantal micro-organismen. Wanneer het water door het zandbed sijpelt, overleven bepaalde ziekteverwekkers het niet. Een belangrijk deel van de behandeling gebeurt in de bovenste zandlaag van het filterbed. Deze toplaag houdt de organische deeltjes die in het water zitten tegen. Naast het filterproces is er ook een biologische werking van de zandkorrels. Rond de zandkorrels ontwikkelt zich een biofilm. Dit is een dun laagje van organisch materiaal en een verzameling van micro-organismen. De biofilm is in staat om vreemde ziektekiemen aan te vallen, te doden en verder af te breken. Een milieuvriendelijke manier van filtratie. In de boomteelt is hier al een aantal jaren ervaring opgedaan, in de praktijk blijkt het systeem niet goed te werken vanwege een te lage capaciteit. Er is nu wel variant ontwikkeld met lava.
- Multifiltratie
Bij gewone filtratie kunnen ziekteverwekkers als bacteriën, schimmelsporen en virussen in het water achter blijven. De multifiltratie combineert twee filtratieprocessen waardoor de ziekteverwekkers uit het water worden gefilterd. In de eerste fase 'de ultrafiltratie' wordt het water met een bepaald type membraam voorgefilterd. Vervolgens worden in de tweede fase 'de nanofiltratie' ionen van elkaar gescheiden. Hierbij verdwijnen weliswaar ook de nuttige ionen als kalium en nitraat, maar deze zijn met relatief goedkope meststoffen eenvoudig aan te vullen.
- Waterplantenfilter
Een waterplantenfilter is een soort vijver. In deze vijver staan waterplanten zoals Gele Lis, Lisdodde, Mattenbies, Moeraszegge, Waterweegbree en Watermunt. De planten geven zuurstof aan het water en nemen organisch materiaal op als voedsel, daarnaast bevinden zich ook bacteriën in het water die zorgen voor de zuivering. Het is de bedoeling dat in dit systeem een biologisch evenwicht ontstaat waardoor het water wordt gezuiverd. Daarnaast wordt het water rondgepompt en belucht. Op dit moment wordt er nog onderzoek gedaan naar dit systeem.

8 Optimalisering van de watergift

8.1 Inleiding

Een verbetering van de waterbenutting kan gerealiseerd worden als het moment van watergeven afgestemd wordt op de vochttoestand in de pot. Het is ook van belang de dosering van de watergift aan te passen aan de inhoud van de pot, het vochtbergende vermogen van de potgrond en de weersinvloeden.

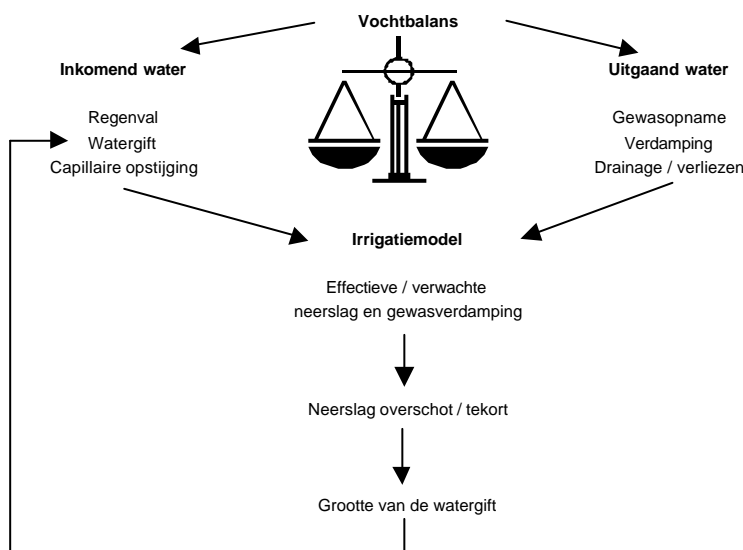
Om het moment van watergeven te kunnen bepalen is het van belang dat een aantal gegevens beschikbaar is. Het gaat hierbij vooral om de eigenschappen van het teeltmedium, de eigenschappen van de plant en de klimatologische omstandigheden. Wanneer de gegevens op de goede manier worden verwerkt kan de watergift verbeterd worden. Het is ook goed mogelijk om met behulp van de metingen de watergift te automatiseren.

Dit hoofdstuk gaat in op het verzamelen en het verwerken van de genoemde gegevens. Ook wordt ingegaan op de mogelijkheden om met behulp van bepaalde meetinstrumenten de watergift te automatiseren.

8.2 Verzamelen en verwerken van gegevens

Om de grootte van de watergift goed te kunnen bepalen moet eerst een aantal gegevens verzameld en verwerkt worden. De gegevens worden verwerkt in een bodemvochtbalans. De bodemvochtbalans geeft het evenwicht aan tussen de hoeveelheid inkomend en de hoeveelheid uitgaand water. Met behulp van deze balans kan een irrigatiemodel worden opgesteld waarmee de grootte van de watergift bepaald kan worden. In figuur 17 is de bodemvochtbalans schematisch weergegeven.

In het volgende gedeelte zal worden ingegaan op het verzamelen en verwerken van de gegevens voor de waterbalans en het opstellen van het irrigatiemodel.



Figuur 17: Het irrigatiemodel
Bron: J. Kuijsters

8.2.1 Bodemvochtbalans

Vochtgehalte

Het vochtgehalte geeft de hoeveelheid vocht weer dat in de pot aanwezig is. Het vochtgehalte kan zowel op gewichtsbasis, als op volumebasis uitgedrukt worden en kan bepaald worden door meting met behulp van een weegschaal, vochtmeters of vochtsensoren.

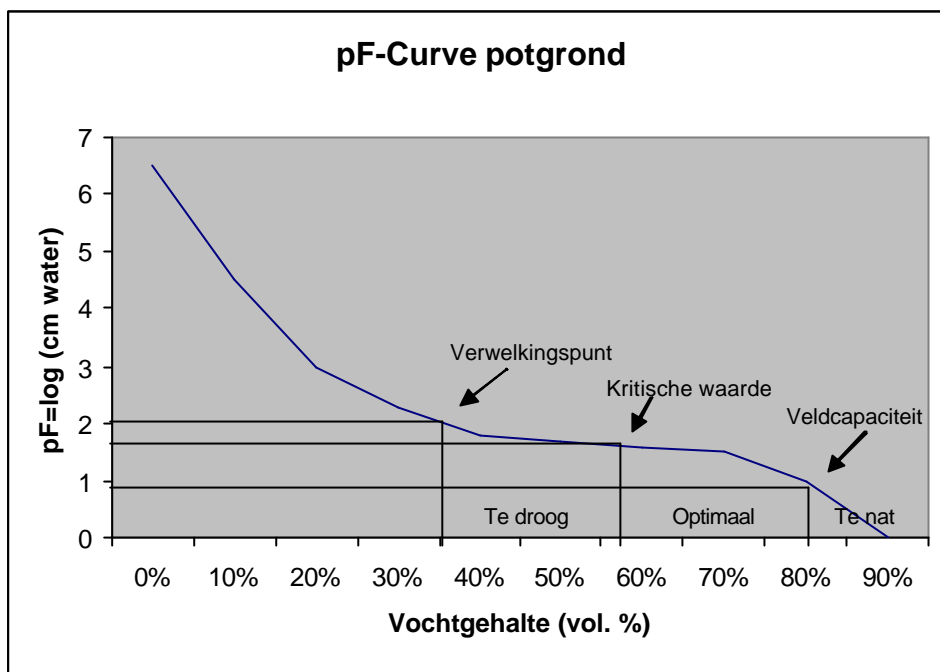
Zuigspanning

Een gewas neemt water uit de pot op tegen de zuigkracht van de grond in. Deze zuigkracht is afhankelijk van het teeltmedium. De zuigkracht wordt meestal aangeduid met de term zuigspanning en uitgedrukt in hPa, mbar of cm waterkolom. Het is een maat voor de beschikbaarheid van het water voor de plantengroei. De zuigspanning kan in veel gevallen bepaald worden met behulp van een tensiometer.

Vochtkarakteristiek

De relatie tussen het vochtgehalte en de zuigspanning in de pot wordt vochtkarakteristiek genoemd. Deze vochtkarakteristiek wordt bepaald in het laboratorium, door het punt vast te stellen tussen verzadiging tot permanent verwelkingspunt.

Verzadiging van de grond stemt overeen met een zuigspanning van 0 cm waterkolom. Het permanent verwelkingspunt voor potgrond ligt rond 100 cm waterkolom er is pF 2. Bij het bereiken van het verwelkingspunt is het teeltmedium te droog om nog water aan de plant te kunnen leveren. Het traject waarbinnen de zuigspanning kan variëren is dus vrij groot. Daarom wordt de zuigspanning vaak logaritmisch weergegeven als pF. De betreffende vochtkarakteristiek wordt dan ook pF-curve genoemd. Voor een optimale groei mag de zuigspanning of pF niet hoger zijn dan een kritische waarde. De kritische waarde is in de eerste plaats afhankelijk van het gewas en teeltstadium. Bij potgrond ligt deze rond pF 1,7. De zuigspanning mag echter ook niet te laag zijn, want dit betekent dat er te veel vocht en dus te weinig zuurstof in het teeltmedium zit. De veldcapaciteit geeft aan dat het teeltmedium te nat is. Deze ligt bij potgrond rond pF 1. De pF kan gemeten worden met een tensiometer. Er kan zo een beeld verkregen worden van de hoeveelheid beschikbaar vocht in het teeltmedium. Er zijn veel verschillende potgronden met elk een eigen samenstelling. Elke samenstelling heeft een eigen vochtkarakteristiek. Figuur 18 geeft in een voorbeeld van een pF-curve de vochtkarakteristiek weer van een potgrond. In deze figuur is de relatie tussen vochtgehalte en zuigspanning te zien.



Figuur 18: Vocht karakteristiek (pF-curve) van een potgrond
Bron: J. Kuijsters

Opstellen bodemvochtbalans

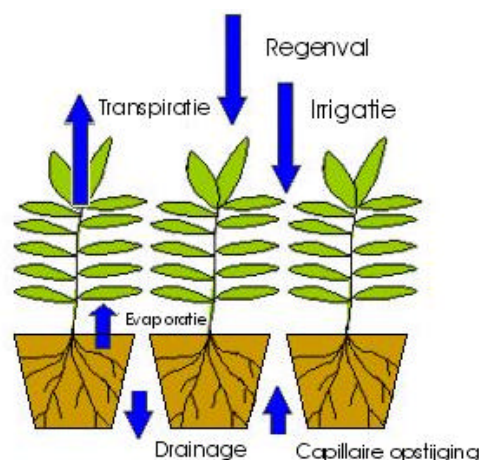
De vochtbalans van het teeltmedium kan enerzijds opgesteld worden via rechtstreekse metingen van het vocht in de pot en anderzijds berekend worden via een irrigatiemodel. Beide methoden kunnen ook gecombineerd worden. Op die manier kan het aantal veldmetingen beperkt gehouden worden en is er een wederzijdse controle van de resultaten.

Het koppelen van de veldmetingen aan een irrigatiemodel maakt het tevens mogelijk om tussen twee veldcontroles in toch nog de bodemvochtbalans verder te berekenen en om zelfs schattingen voor de komende dagen te maken op basis van weersvoorspellingen.

Deelstromen bodemvochtbalans

De bodemvochtbalans is het eindresultaat van verschillende deelstromen van wateraanvoer en waterafvoer in het teeltmedium. De wateraanvoer kan bestaan uit neerslag, watergift en uit capillaire opstijging vanuit de ondergrond (bevloeingsmat). De waterafvoer bestaat uit gewasopname, teeltmedium verdamping en drainage. Ook wel aangeduid met respectievelijk: transpiratie, evaporatie en percolatie.

In sommige gevallen (bijv. percelen op helling) kunnen ook nog zijdelingse waterstromingen plaatsvinden. In figuur 19 is de bodemvochtbalans weergegeven, wanneer er geen zijdelingse vochtstromingen plaatsvinden.



Figuur 19: Bodemvochtbalans in de grond / substraat.
Bron: J.Kuijsters

De regenval is de natuurlijke neerslag op het perceel. De irrigatie is de aanvullende onnatuurlijke watergift. Transpiratie van het gewas is nodig om voedingsstoffen door de plant te transporteren en om het gewas af te koelen. Evaporatie bestaat uit rechtstreekse verdamping van vocht uit het teeltmedium. Drainage is verlies dat optreedt, zodra de veldcapaciteit van het teeltmedium overschreden wordt.

Bepaalde deelstromen kunnen vrij eenvoudig op het veld gemeten worden. De regenval of de watergift kan gemakkelijk met een regenmeter gemeten worden. De transpiratie en evaporatie zijn veel moeilijker rechtstreeks op het veld te meten en wordt daarom meestal geschat op basis van een referentieverdamping, die berekend wordt uit weersgegevens van een regionaal of eigen weerstation.

8.2.2 Het irrigatiemodel

Door het gebruik van een irrigatiemodel kan het aantal noodzakelijke veldmetingen bij irrigatiesturing aanzienlijk verminderd worden, omdat er zicht is op het inkomend en uitgaand water. Ook kunnen gemakkelijker voorspellingen gedaan worden over de toekomstige bodemvochttoestand en de noodzaak tot irrigatie.

Een irrigatiemodel werkt op basis van de volgende factoren:

- dagelijkse weersgegevens van naburige weerstations;
- neerslag en de irrigatie;
- eigenschappen van het teeltmedium;
- de aard van de gewassen en het teeltstadium.

Referentie-verdamping

De gewasverdamping en het teeltmedium verdamping worden gezamenlijk aangeduid met de term totale verdamping (evapotranspiratie ET). Omdat het niet zo eenvoudig is om de totale verdamping rechtstreeks te meten, wordt deze geschat op basis van een referentieverdamping.

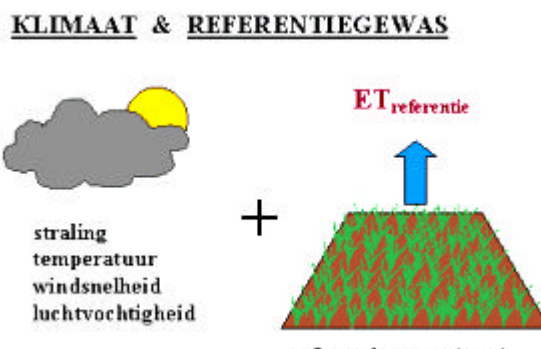
De referentieverdamping, figuur 20, wordt berekend aan de hand van een aantal weersfactoren:

- temperatuur;
- zonneschijn of globale straling;
- windsnelheid;
- relatieve luchtvochtigheid.

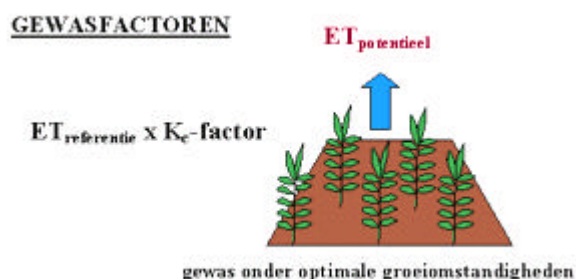
De gewasverdamping is echter niet enkel afhankelijk van de weersomstandigheden waardoor deze referentie-totale verdamping verder gecorrigeerd moet worden.

Potentiële totale verdamping

In de eerste plaats dient de referentie-totale verdamping gecorrigeerd te worden met een gewasfactor (K_c), figuur 21. Deze is niet enkel afhankelijk van de teelt, maar ook van het teeltstadium.



Figuur 20 Klimaat & referentiegewas
Bron: proefcentrum Kruishoutem

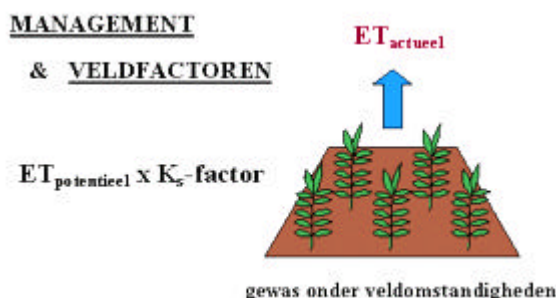


Figuur 21: Gewasfactoren
Bron: proefcentrum Kruishoutem

De potentiële totale verdamping is de gewas- en teeltmedium verdamping onder optimale groeiomstandigheden (geen droogtestress, maximale opbrengst). De potentiële totale verdamping voor een bepaald gewas en voor een specifieke teeltfase wordt verkregen door de referentie-totale verdamping te vermenigvuldigen met een gewasfactor.

Actuele totale verdamping

Onder praktijkomstandigheden is het echter niet altijd mogelijk om de groeiomstandigheden optimaal te houden en dient de potentiële verdamping dan nog verder gecorrigeerd te worden met een stressfactor (K_s), om de actuele verdamping te verkrijgen, figuur 22. Onder optimale omstandigheden is deze stressfactor gelijk aan 1.



Figuur 22: Management & veldfactoren
Bron: proefcentrum Kruishoutem

Een remming van de plantengroei of de gewasverdamping kan niet enkel door een (plaatselijke of tijdelijke) lichte droogtestress veroorzaakt worden, maar ook door andere veldfactoren. Zo kan bijvoorbeeld een lichte aantasting door een ziekte of een plaag of kleine verschillen in het teeltmedium mengsel en bemesting voor een beperkte groeireductie zorgen. Ook managementfactoren kunnen een rol spelen. Zo kan de teler voor de berekening prioriteit geven aan andere teelten of doelbewust een lichte droogtestress om financiële of teelttechnische redenen toelaten.

Neerslagtekort en irrigatiebehoefte

Uit het verschil van de effectieve neerslag en gewasverdamping kan het neerslagoverschot of -tekort voor het betreffende gewas berekend worden. Het neerslagtekort stemt overeen met de hoeveelheid water die extra geleverd dient te worden door de capillaire opstijging vanuit de ondergrond (bevloeiingsmat) of m.b.v. berekening.

8.3 Automatische watergift

In de vorige paragraaf zijn de verschillende veldmetingen beschreven die nodig zijn om een optimale watergift te realiseren. Met behulp van een aantal instrumenten kan de watergift verder geautomatiseerd worden. Hierbij gaat het om een weerstation dat de klimatologische omstandigheden bijhoudt en tensiometers die de zuigspanning in de grond meten. Een computer kan de taak van het watergeven op deze manier overnemen, zie figuur 23.

In deze paragraaf wordt een aantal mogelijkheden tot automatisering besproken.



Figuur 23 Meten en sturen
Bron: J. Kuijsters

8.3.1 Sturen met weerstation en gewasfactoren

Bij het sturen van de watergift met een weerstation wordt de instraling, temperatuur en de neerslag gemeten. Met de instraling en de temperatuur wordt de referentie-verdamping berekend. Omdat afhankelijk van het gewas en de plantgrootte er een verschillende hoeveelheid verdamping is, wordt bij deze methode een gewasfactor ingevoerd. De gewasfactoren nemen gedurende het groeiseizoen toe. Met de verdamping en de neerslag kan de watergift die nodig is bepaald worden. Er vindt registratie plaats van de weergegevens. Deze registratie kan voordelen bieden voor volgende jaren.

8.3.2 Sturen met tensiometers

De tensiometer is een instrument dat vrij nauwkeurig en direct de vochtspanning in de bodem meet. Een tensiometer meet de zuigkracht waarmee het in de grond aanwezige water vastgehouden wordt. Gekoppeld aan de beregeningscomputer geeft de tensiometer het tijdstip van en de hoeveelheid voor het watergeven aan. De tensiometer is een langzaam werkend instrument waardoor het geruime tijd duurt voordat een meting kan worden afgelezen.

Principe tensiometer

Een tensiometer bestaat uit een buis gevuld met water, waarin onderaan een keramische cup is gemonteerd en bovenaan een mogelijkheid is voorzien om de drukhoogte te meten, zie figuur 24. De keramische cup wordt op een bepaalde diepte in de bodem geplaatst, zodanig dat deze in goed contact is met de bodem. Doordat de keramische cup poreus is, kan er waterbeweging plaatsvinden tussen de buis en de bodemporiën en ontstaat er een drukevenwicht tussen het water in de buis en het water in de bodem. Hierdoor kan de zuigspanning in de bodem of de vochtbeschikbaarheid met een tensiometer gemeten worden.

Soorten tensiometers

Afhankelijk van de wijze waarop de drukhoogte in de tensiometerbuis gemeten wordt, bestaan er verschillende types tensiometers. Bij vacuümmanometers kan de zuigspanning visueel afgelezen worden via een wijzerplaat. Druksensoren kunnen ofwel ingebouwd worden in de tensiometer zelf, ofwel in een digitaal uitleesapparaat. Tensiometers met ingebouwde druksensoren worden uitgelezen via een klimaatcomputer of een datalogger. Bij een digitaal uitleesapparaat wordt elke tensiometerbuis afgesloten met een kunstofdop en met behulp van een naaldsensor (verbonden met de digitale uitlezing) manueel uitgelezen.



Figuur 24: Tensiometer
Bron: A. Hengeveld

8.3.3 Sturen op tijd

Bij het sturen met een tijd klok wordt al dan niet op een vast tijdstip op een dag water gegeven voor de duur van de ingestelde tijd. Correcties voor de regen, verdamping en opname van water en meststof worden niet automatisch in een aangepaste watergift doorgevoerd. Hierdoor zal bij een hoge ingestelde watergift periodiek te veel water worden gegeven en bij een krappere instelling de planten tijdelijk te droog staan.

9 Controle en onderhoud van het systeem

9.1 Inleiding

Om de watergift optimaal te houden is het belangrijk dat het watergeefstelsel regelmatig gecontroleerd wordt. Dit hoofdstuk gaat in op de verliezen aan watergift, de manier waarop deze beperkt kunnen worden, de uniformiteit van het stelsel en een aantal aandachtspunten voor de controle van het stelsel.

9.2 Efficiëntie van het watergeefstelsel

Definitie watergift-efficiëntie

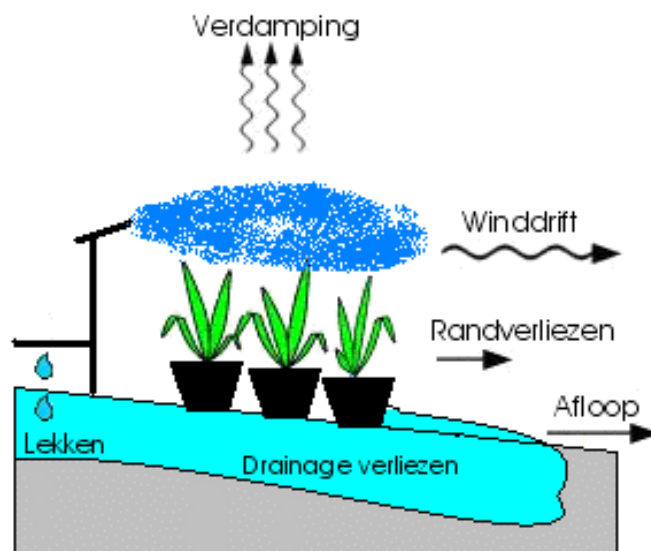
De watergift-efficiëntie geeft de verhouding aan van de hoeveelheid water benut door het gewas, ten opzichte van de gedoseerde hoeveelheid water. De efficiëntie is hoger naarmate de watergiftverliezen lager zijn. Watergiftverliezen, bestaan uit lekken in het irrigatiesysteem, uit rechtstreekse verdampingsverliezen, uit winddrift en randeffecten, uit afloop en uit drainageverliezen, in figuur 25 zijn de verliezen weergegeven.

Lekken

Lekken van leidingen, verbindingstukken, kranen, bedondergrond e.d. zijn meestal te wijten aan beschadigingen of slecht onderhoud van het watergeefstelsel. Regelmatige controle en reparatie is dan ook noodzakelijk om verliezen door lekken te verhelpen.

Verdampingsverliezen

Verdampingsverliezen hangen in sterke mate af van de relatieve luchtvochtigheid, de temperatuur en de druppelgrootte. Bij droge, warme weersomstandigheden zijn de verdampingsverliezen het grootst. Daarom is het beter op warme zomerdagen 's avonds, 's nachts of 's morgens vroeg water te geven. Bij een zeer fijne druppel zijn de verdampingsverliezen ook veel groter. Een te fijne druppel ontstaat, wanneer met een te hoge waterdruk en een te kleine sproeimond water gegeven wordt.



Figuur 25: Watergiftverliezen

Winddrift

Winddrift treedt vooral op bij hoge windsnelheden. Een berekening is ook gevoeliger voor winddrift naarmate de druppel fijner is. Daarom kan een grovere druppel voor minder winddrift zorgen. Omdat de windsnelheid tijdens de nacht doorgaans lager is, zal de kans op winddrift dan ook kleiner zijn.

Randeffecten

Aan de randen van beddingen kunnen verliezen optreden, omdat er over de randen heen water gegeven wordt of omdat de bedding schuin afloopt. Het gebruik van sectorsproeiers kan het optreden van randeffecten grotendeels vermijden. Randeffecten kunnen door winddrift versterkt worden.

Drainageverliezen

Drainageverliezen treden op als de veldcapaciteit van de pot lokaal of in het algemeen op het perceel overschreden wordt. Verliezen door drainage komen dan ook voor als de grootte van de watergift te hoog is. De oorzaak kan dus niet enkel een algemeen te hoge watergift, maar ook een slechte waterverdeling (lage uniformiteit) zijn. Ook het waterbergende vermogen kan een rol spelen.

9.2.1 Uniformiteit van een watergeefstelsel

De uniformiteit van een watergift slaat op de verdeling van het water over de beregende oppervlakte. Dit is niet identiek aan de efficiëntie van een watergift.

De uniformiteit van een berekening wordt vooral bepaald door de keuze van het irrigatiemateriaal en het ontwerp van het watergeefstelsel. Het sproeiertype, de grootte van de sproeieropening, de werkdruk en drukverliezen aan leidingen en sproeiers en de afstand/opstelling tussen de sproeiers beïnvloeden het uiteindelijk beregeningspatroon. In open lucht kan winddrift ook nog meespelen.

Overlapping van sproeierpatronen tot systeempatroon

Bij een watergeefstelsel kent elke sproeier zijn individueel sproeierpatroon. De verschillende sproeiers op een leiding vormen samen een leidingpatroon. Het systeempatroon wordt verkregen door overlapping van leidingpatronen en is uiteindelijk verantwoordelijk voor de uniformiteit van de watergift.

Omdat het telkens gaat om overlapping van individuele beregeningspatronen zijn de afstanden en de onderlinge opstelling tussen sproeiers meebepalend voor de uniformiteit van de berekening.

Uniformiteitstest

Het testen en de evaluatie van de uniformiteit van de watergift kan gebeuren via veldtesten, al dan niet in combinatie met computersimulaties. De veldtesten bestaan uit lijnmetingen of matrixmetingen. Bij lijnmetingen worden opvangbakjes over een lijn uitgezet dwars op de sproeier (tiksproeier, kassproeier). Bij matrixmetingen worden de opvangbakjes of -bekers in een volledig vierkant of rechthoek geplaatst. Bij druppelbevloeiing kan de uniformiteit getest worden door de afgifte op een aantal punten op de slang te meten.

Bij hoge irrigatiegiften kunnen regenmeters als opvangbakjes gebruikt worden, maar veel nauwkeuriger resultaten worden verkregen door weging van opvangbakjes of bekens. Via computersimulaties kan de overlapping van sproeierpatronen of leidingpatronen tot systeempatronen gesimuleerd worden.

10 Conclusies en aanbevelingen

10.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de conclusies van het onderzoek naar watergeefsystemen in de pot- en containerteelt gegeven. Daarnaast worden er enkele aanbevelingen gedaan, voor zowel de sector als voor beleidsmakers.

10.2 Conclusies

Watergeefsystemen

Een optimaal watergeefstelsysteem is afhankelijk van de teelten en de bedrijfsvoering op een kwekerij. Met bijvoorbeeld een zelfafsluitend labyrint druppelsysteem, is er de mogelijkheid om zeer korte druppelbeurten te geven. Hiermee kan een betere waterverdeling in de pot gerealiseerd worden. Systemen met een lage neerslagintensiteit zijn over het algemeen beter dan systemen met een hoge neerslagintensiteit. Bij een hoge neerslagintensiteit kan het water niet goed opgenomen worden.

Toepassingsmogelijkheden

Qua sortiment zijn vrijwel alle gewassen geschikt voor de verschillende systemen. Voor het eb- en vloed systeem en de bevoeiingsmat moet rekening gehouden worden met de gevoeligheid van de planten voor bodemschimmels zoals Phythophthora en Pythium en voor de capillaire werking van het wortelgestel.

Bemesting kan meegegeven worden met alle systemen. Voordeel van het eb- en vloed systeem, de bevoeiingsmat en de druppelbevloeiing is dat de meststoffen direct in de potgrond terechtkomen en er met een hoog bemestingsniveau gewerkt kan worden. Bij de beregening van bovenaf is er veel verlies van meststoffen, omdat er veel water naast de potten terechtkomt. Daarnaast bestaat de mogelijkheid dat schade optreedt aan het gewas door achterblijven van mestresten op het blad. Dit kan voorkomen worden door na het bemesten na te regenen.

Bij druppelbevloeiing, het eb- en vloed systeem en de bevoeiingsmat is weinig kans op schimmelziekten in de plant, doordat de plant afgezien van de natuurlijke neerslag droog blijft. Ook is bij deze systemen weinig onkruid en levermos te verwachten omdat de toplaag van de potgrond droog blijft en het onkruidzaad slecht kan ontkiemen.

Waterverbruik

Er zijn grote verschillen in de hoeveelheid water die nodig is bij de verschillende systemen. Een druppelsysteem verbruikt weinig water en eb- en vloedsysteem met verticale afwatering veel per watergeefbeurt. Ook zit er een groot verschil in effectiviteit. Bij een druppelsysteem of een gietwagen waarbij het water per pot gedoseerd wordt, komt al het water in de pot en daardoor is al het water beschikbaar voor de plant. Bij de andere systemen is er altijd water dat niet opgenomen kan worden. De effectiviteit hiervan varieert van 23% tot 90% van de verpompte hoeveelheid water. Bij een eb- en vloedsystemen met verticale afwatering wordt in de voorbeeld week veel water verpompt en wordt er maar weinig water opgenomen. Dit geldt ook voor de gietwagen met sproeiers en voor de systemen met alleen sproeiers. Door middel van recirculatie gaat dit niet

benutte water niet verloren. Een voordeel van de eb- en vloedsystemen is wel dat er minder vaak water hoeft worden gegeven. Gekoppeld aan het waterverbruik is de benodigde grootte van een waterbassin. Systemen waarbij weinig water per gietbeurt wordt verpompt en het gegeven water effectief gebruikt wordt, kunnen volstaan met een kleiner bassin, omdat er minder recirculatiewater is.

Kosten

Bij de keuze voor een watergeefstelsel geldt als basis dat er een mogelijkheid is om van boven af te beregenen. Dit is nodig voor eventuele nachtvorstbestrijding, aanregenen van verse potgrond en doorspoelen van eventuele zoutconcentraties bovenin de pot. De kosten voor een ander systeem zoals druppelbevloeiing of een eb- en vloed systeem moeten gezien worden als extra kosten bovenop de basisberekening. De investering in het pot in pot systeem, voor een ha Euro 180.000,- is lager dan de kosten voor de andere systemen van eb- en vloed, verticale afwatering Euro 236.500,- en horizontale afwatering Euro 196.600. Bij het pot in pot systeem moet wel rekening gehouden worden met een vaste potmaat en plantafstand, daarvoor de mogelijkheden voor veranderingen in teelten beperkt zijn.

Wateropslag

De benodigde hoeveelheid water en de beschikbare ruimte zijn twee belangrijke aandachtspunten bij de keuze van de wijze van wateropslag. Als uitgangspunt voor de bassingrootte kan het beste uitgegaan worden van het waterverbruik en de hoeveelheid recirculatiewater van een systeem. Veel waterverbruik en veel recirculatiewater, betekent een groot bassin. De investeringskosten voor een stalen silo liggen beduidend hoger dan die van een aarden bassin. Daartegenover staat dat een stalen silo minder ruimte in beslag neemt, waardoor en meer ruimte overblijft voor de teelt.

Waterkwaliteit

Goed gietwater is belangrijk. Het beste water voor de plant is regenwater. Grondwater bevat vaak veel ijzer en bicarbonaat en oppervlaktewater heeft vaak een hoge EC. Door regenwater op te vangen en het water van het containerveld te recirculeren, wordt het opgevangen water effectief gebruikt. Het hergebruiken van het water kan de kwaliteit verminderen, het ontsmetten van dit water kan de kwaliteit weer verbeteren. Er zijn diverse mogelijkheden voor het ontsmetten.

Optimalisatie

Het optimaliseren van de watergift door middel van het sturen van de watergift kan voordelen hebben. Er wordt namelijk berekend op het moment dat de plant het nodig heeft waardoor er effectiever gebruik gemaakt wordt van het beschikbare water. Door het gebruik van een bodemvochtbalans en een irrigatiemodel kan er vooraf worden ingeschat wanneer en hoeveel er berekend moet worden. Door het gebruik van een tensiometer wordt het beschikbare vocht in de pot gemeten, en kan water gegeven worden voordat er een tekort aan water in de pot ontstaat.

Controle en onderhoud

Een goed onderhouden watergeefstelsel heeft geen last van onnodige verliezen van water door bijvoorbeeld lekkages in het systeem. Het regelmatig controleren en meten van de verdeling geeft inzicht in de uniformiteit van waterverdeling van een systeem.

10.3 Aanbevelingen

Sector

- Er moet een watergeefstelsysteem gekozen worden dat past bij de teelt(en) en de bedrijfsvoering. Hierbij moet rekening gehouden worden met de mogelijkheden voor automatisering en intern transport. Een simulatieprogramma kan helpen bij de keuze voor sproeiers en leidingafstanden. Een installateur of voorlichter kan veel informatie geven, om een goede keuze te maken.
- Bij de keuze van een druppelsysteem kan het beste gekozen worden voor een labyrinthdruppelaar. Deze druppelaar is weliswaar duurder, maar heeft een betere waterverdeling. Een drukcompenserende en zelfafsluitende druppelaar geeft over de hele lengte van de slang een egale waterverdeling en de slang loopt niet leeg, zodat korte gietbeurten mogelijk zijn.
- De kosten voor het aanleggen en onderhouden van watergeefstelsysteem en het recirculeren lopen sterk uiteen. De gemaakte kosten dienen bedrijfseconomisch verantwoord te zijn.
- Omdat de regelgeving steeds strenger wordt, is het verstandig om regenwater op te vangen en het water van het containerveld te recirculeren. Ook bij systemen met een hoge water efficiëntie is het verstandig te recirculeren. Zo kan er extra regenwater opgevangen worden. Bij systemen met een laag rendement is het noodzakelijk om te recirculeren, omdat er anders veel te veel water onnodig verloren gaat. Uitgangspunt voor de bassingrootte zou de behoefte aan water en eventueel de hoeveelheid recirculatiewater moeten zijn.
- Bij het recirculeren van water is het verstandig om dit water te filteren en desnoods te ontsmetten, om vervuiling van het systeem of verspreiding van ziekte kiemen en onkruidzaden te voorkomen.
- Het automatiseren van een watergeefstelsysteem maakt het mogelijk om gericht en effectiever water te geven. Dit zorgt weer voor een efficiënter watergebruik. Tensiometers zijn eenvoudig te koppelen aan een beregeningscomputer, zodat er op maat beregend kan worden.

Beleidsmakers

- De grootte van een bassin op een kwekerij verdient aandacht. Afhankelijk van het watergeefstelsysteem dat op een kwekerij aanwezig is, kan men volstaan met een kleiner bassin dan dat nu als uitgangspunt wordt genomen. Er zou uitgegaan moeten worden van de waterbehoefte van een kwekerij. Een druppelsysteem heeft bijvoorbeeld een veel lagere waterbehoefte dan een eb- en vloedsysteem.
- Ook bij systemen met een hoge water efficiëntie is recirculatie wenselijk. Op deze manier kan er extra regenwater opgevangen worden voor beregening. Er moet wel rekening gehouden worden met de kosten die voor een dergelijk systeem moeten worden gemaakt. Daarnaast moet een kweker bewust gemaakt worden van het nut van recirculeren.

Projectorganisatie

De projectorganisatie bestaat uit verschillende partijen.

Opdrachtgever : Nederlandse bond van Boomkwekers Productschap Tuinbouw
Contactpersoon : Dhr. H. van der Smit Mevr. H. van Gent
Bezoekadres : Princenhof Park 7 Louis Pasteurlaan 6
Postcode/plaats : 3972 NG Driebergen-Rijsbergen 2719 EE Zoetermeer
Postadres : Postbus 229 Postbus 280
Postcode/plaats : 3970 AE Driebergen 2700 AG Zoetermeer
Telefoonnummer : 0182-393011 079-3470616
Faxnummer : 0182-393664 079-3470404

Opdrachtnemer : HAS Kennis Transfer
Bezoekadres : Onderwijsboulevard 221
Postcode/plaats : 5223 DE 's-Hertogenbosch
Postadres : Postbus 90108
Postcode/plaats : 5200 MA 's-Hertogenbosch
Telefoonnummer : 073-6923637
Faxnummer : 073-6923640

Projectleider : Dhr B. van Sonsbeek
Telefoon : 073-6923828
E-mail : b.vsonsbeek@hasdb.nl

Projectleden : A. Hengeveld J. Kuijsters
Adres : Koopweg 1 Heemraadsingel 1
Postcode/plaats : 7122 LR Aalten 4944 VC Raamsdonk
Telefoon : 0315-617311 0162-513010
Mobiel : 06-51218547 06-14763338
E-mail : hwa.hengeveld@hetnet.nl joskuijsters@wanadoo.nl

Afkortingen en begrippen

NBvB:	Nederlandse Bond voor Boomkwekers.
KBGGBB:	Koninklijke bond voor de Groothandel in Bloembollen en Boomkwekerijproducten.
PT:	Productschap Tuinbouw
PE:	Polyethyleen
Droog telen:	Het bewust toepassen van droogtestress tijdens de teelt, om de plant gedrongen te laten groeien of om knopvorming te bevorderen.
Transpiratie:	Het door de plant opgenomen en verdampte vocht, om voedingsstoffen door de plant te transporteren en het gewas af te koelen.
Evaporatie:	Rechtstreekse verdamping van vocht uit het teeltmedium.
Percolatie:	Verliezen die optreden zodra de veldcapaciteit van het teeltmedium overschreden wordt.
Referentieverdamping:	Verdamping van het referentiegewas gras.
Evapotranspiratie:	Gezamenlijke term voor evaporatie en transpiratie.
Gewasfactor:	Bijstellingsfactor per gewas voor de referentieverdamping.

Literatuur

Boeken en dictaten:

- Buitelaar Th., e.a., *Dictaat watervoorziening deel II. Verdeelsystemen voor water en meststoffen*: Centrale school voor tuinbouwtechniek en technologie, Ede, 1979.
- Locher W.P. en Bakker H. de, *Bodemkunde van Nederland. Deel 1 algemene bodemkunde*: Malmberg, Den Bosch, 1990.
- Oosting I., *Kwantitatieve informatie boomteelt 1998*: boomteelt praktijkonderzoek, Boskoop, 1998.
- Sonsbeek B., *Bedrijfsmanagement 1 watervoorziening*: Has den Bosch, Den Bosch, 2001.
- Woerden S., *Kwantitatieve informatie voor de glastuinbouw 2003-2004*: praktijkonderzoek plant en omgeving, Naaldwijk, 2003.
- Kruisselbrink W., *Kwantitatieve informatie boomteelt 2004*: DLV Plant B.V. marktgroep boomteelt, Boxtel 2004.
- Malais M.H. en Ravensberg W.J., *Kennen en Herkennen, Levenswijzen van kasplagen en hun natuurlijke vijanden*: Koppert B.V., Berkel en Rodenrijs, 2002.

Rapporten:

- Aendekerk Th., e.a., *Opslagcapaciteit en emissies in de pot- en containerteelt*: Praktijkonderzoek plant en omgeving, sector bomen, Boskoop, 2004.
- Jong P. de, e.a., *Containervelden met recirculatie in de boomkwekerij*: IKC-AT Afd. Boomteelt, Boskoop, 1991.
- Pronk A., Beuze M., *Waterbesparing in de boomteelt*: Praktijkonderzoek plant en omgeving, sector bomen, Boskoop, 2001.
- Schuring W., *Waterbeleid en opslagmogelijkheden*: Praktijkonderzoek plant en omgeving, sector bomen, Boskoop, 2001.
- Spenkelink H., *Mechanisatie en recirculatie in de pot- en containerteelt, een economische analyse*: Praktijkonderzoek plant en omgeving, sector bomen, Boskoop, 1994.
- *Watergeven en recirculeren in de pot- en containerteelt van boomkwekerijgewassen*: Praktijkonderzoek plant en omgeving, sector bomen, Boskoop, 1997.

Artikelen:

- Abeelen F.van, *Meet de vochtspanning en weet het watergeef moment*. De Boomkwekerij 47, blz 12-13, 2001.
- Aendekerk Th., *Automatische watergift in stroomversnelling*. De Boomkwekerij 23/24, blz 15-17, 1999.
- Aendekerk Th., *Automatische watergift in containerteelt levert forse besparing op*: De Boomkwekerij 15, blz 22-23, 1997.
- Brachter E., *Tijdstip en hoeveelheid spelen een belangrijke rol bij watergift*. De Boomkwekerij 19/20, blz 14-15, 1998.
- Bresser W. de, e.a., *Recirculatie in ontwikkeling*: De Boomkwekerij 24/25, blz 52-53, 1991.
- Dorresteyn W., *Potkruit wil natje en droogje op tijd krijgen*: De Boomkwekerij 22, blz 10-11, 2001.
- Engels A., *Duitsers gaan voor gietwagen*: De Boomkwekerij 19, blz 8-10, 2004.

- Engels A., *Het verborgen beregeningssysteem*: De Doorkwekerij 7, blz 8-10, 2004.
- Engels A., *Overgewaswagen als basis voor volledige automatisering*: De Doorkwekerij 33, blz 16-17, 2003.
- Geneijgen R. van, *Vier keer drainwater ontsmetten*: Groenten en Fruit 37, blz 38-39, 2002.
- Hooftman J., *Bevloeimatten bewijzen hun waarde in demonstratieproject*. De Doorkwekerij 42, blz 13-15, 2000.
- Hooftman J., *Zes typen bevloeimatten vergelijken in demonstratieproject*. De Doorkwekerij 35, blz 16-17, 1999.
- Mullem W. van, *Beregenen in kassen en tunnels kan beter*. De Doorkwekerij 32/33, blz 40-41, 1992.
- Mullem W., van, *Druppelsystemen besparen helpt op water*. De Doorkwekerij 24/25, blz 48-49, 1991.
- Mullem W. van, *Containerteelt vraagt om nauwkeurige berekening*. De Doorkwekerij 34, blz 16-17, 1989.
- Mullem W. van, *Biedt de gietwagen perspectief*. De Plantenbeurs 38, 1988.
- Mullem W., *Zuiniger omgaan met water vereist aanpassingen in teelt*. De Doorkwekerij 27/28, blz 14-15, 1997.
- Pouw P., *Voorkom problemen met druppelaars*: De Doorkwekerij 2, blz 12-13, 2000.
- Pronk A., *Watergift is goed af te stemmen op gewasbehoefte*: De Doorkwekerij 44, blz 12-13, 2001.
- Pronk A., *Beregenen op maat: juiste hoeveelheid op het beste moment*. De Doorkwekerij 29/30, blz 16-17, 1999.
- Rijsewijk V. van, *Overgewaswagen combineert tal van functies*: De Doorkwekerij 34, blz 10-11, 2002.
- Rijsewijk V. van, *Moerasfilter moet ziektekiemen uitschakelen*: De Doorkwekerij 23/24, blz 12-13, 2001.
- Schipper A., *Niet te nat en niet te droog*, De Doorkwekerij 33, blz 18-19, 2003.
- Vegter B., *In één stap van oppervlaktewater naar gietwater*. Groenten en Fruit 14, blz 28-29, 2003.
- Vegter B., *Gesloten teeltsysteem komt dichterbij*. Groenten en Fruit 2, blz 24-25, 2003.
- Verkoelen M., *Druppelsystemen gaan langer mee door goed onderhoud*: De Doorkwekerij 9, blz 10-11, 1999.
- Visser P., *Schone druppelslangen basis voor gelijke waterafgifte*. Groenten en Fruit 28, blz 22-23, 2003.
- Visser P., *Beluchting verbetert kwaliteit gietwater*. Groenten en Fruit 19, blz 28-29, 2002.

Internet:

www.brinkman.com
www.irrigation.com
www.kvtl.be
www.lenntech.com
www.netafim.nl
www.proefcentrum-kruishoutem.be
www.revaho.nl
www.zibb.nl/tuinbouw

Persoonlijke mededelingen:

Aendekerk Th., persoonlijke mededeling, 16 maart 2004.
Aendekerk Th., persoonlijke mededeling, 26 mei 2004.
Broere A, Broere Bregening Waddixveen, persoonlijke mededeling, 6 april 2004.
Coppens, J. Gebr. Smits BV Veldhoven, 15 juni 2004.
Hendrix A., persoonlijke mededeling, 26 maart 2004.
Hogen G. Munckhof Horst, persoonlijke mededeling, 21 april 2004.
Jong R. Meteor systems Etten-Leur, persoonlijke mededeling, 23 april 2004.
Kort T. de, Van de Brandt Bosschenhoofd, 16 juni 2004.
Mulle W., persoonlijke mededeling, 24 juni 2004.
Vos W., John. Vos Cappelle, persoonlijke mededeling, 24 maart 2004.

Bezochte bedrijven:

Coenders BV. Kwekerijen Frank, Grubbenvorst. 21 april 2004.
Hoogendoorn, Boskoop, 6 april 2004.
Lint BV. van, Boskoop, 6 april 2004.
Muysters boomkwekerijen vof. Frans, Lottem, 21 april 2004.

Bijlage 1 Waterverbruik

Druppelbevloeiing	
Oppervlakte	1m ²
Potmaat	3liter
Aantal planten per m ²	15stuks
Aantal druppelaars per plant	1stuks
Totaal druppelaars	15stuks
Gift per m ²	2liter
Maximale opname per pot	6%potinhoud
Maximaal op te nemen per pot	0,18liter
Aangeboden water in de pot	0,13liter
Werkelijk opgenomen door de pot	0,13liter
Opgenomen door alle potten	2liter
Recirculatiewater	0liter

Eb- vloed horizontale afwatering	
Oppervlakte	1m ²
Potmaat	3liter
Aantal planten per m ²	15stuks
Oppervlakte pot	187cm ²
Bedekkingsgraad (potten)	28,05%
Waterlaag op het veld	4cm
Onbenutte ruimte	71,95%
Hoeveelheid water tussen de potten	28,78liter/m ²
Indringing van water in de pot	30%potinhoud
Indringing van water in de potten	13,5liter/m ²
Totaal benodigde water	28,78liter
Maximale opname per pot	30%potinhoud
Maximaal op te nemen per pot	0,9liter
Aangeboden water in de pot	0,9liter
Werkelijk opgenomen door de pot	0,9liter
Opgenomen door alle potten	13,5liter
Recirculatiewater	15,28liter

Eb- vloed verticale afwatering	
Oppervlakte	1m ²
Potmaat	3liter
Aantal planten per m ²	15stuks
Oppervlakte pot	187cm ²
Aantal planten per m ²	15stuks
Bedekkingsgraad (potten)	28,05%
Waterlaag op het veld	4cm
Onbenutte ruimte	71,95%
Hoeveelheid water tussen de potten	28,78liter/m ²
Indringing van water in de pot	30%potinhoud
Indringing van water in de potten	13,5liter/m ²
Dikte ondergrond	10cm
Porienvolume ondergrond	30%
Water opname ondergrond	30liter/m ²
Totaal benodigde water	58,78liter
Maximale opname per pot	30%potinhoud
Maximaal op te nemen per pot	0,9liter
Aangeboden water in de pot	0,9liter
Werkelijk opgenomen door de pot	0,9liter
Opgenomen door alle potten	13,5liter
Niet opneembaar water ondergrond	30,00liter
Niet opneembaar water veld	15,28liter
Recirculatiewater	45,28liter

Pot in pot	
Oppervlakte	1m ²
Potmaat	3liter
Aantal planten per m ²	6stuks
Oppervlakte pot	187cm ²
Waterlaag in de pot	15cm
Indringing van water in de (plant)pot	30%potinhoud
Indringing van water in de (plant)potten	5,4liter/m ²
Ruimte onder de (plant)pot	4cm
Hoeveelheid water onder de (plant)pot	0,75liter
Totaal benodigde water	6,15liter
Maximale opname per pot	30%potinhoud
Maximaal op te nemen per pot	0,9liter
Aangeboden water in de pot	0,9liter
Werkelijk opgenomen door de pot	0,9liter
Opgenomen door alle potten	5,4liter
Niet opneembaar water ondergrond	0,75liter
Niet opneembaar water veld	0,00liter
Recirculatiewater	0,75liter

Gietwagens met sproeiers	
oppervlakte pot	1m ²
Potmaat	3liter
Aantal planten per m ²	15stuks
Oppervlakte pot	187cm ²
Bedekkingsgraad (potten)	28,05%
Afgifte sproeiers	10liter/m ²
Onbenutte ruimte	71,95%
Hoeveelheid water tussen de potten	7,20liter/m ²
Hoeveelheid water in de potten	2,80liter/m ²
Maximale opname per pot	10%potinhoud
Maximaal op te nemen per pot	0,30liter
Aangeboden water in de pot	0,19liter
Werkelijk opgenomen door de pot	0,19liter
Opgenomen door alle potten	2,80liter
Recirculatiewater	7,20liter

Gietwagens met slang / perforatie	
Oppervlakte	1m ²
Potmaat	3liter
Aantal planten per m ²	15stuks
Oppervlakte pot	187cm ²
Ruimte tussen de potten	3cm
Afstand tussen slangen of perforatie	28mm
Afgifte sproeiboom	6liter/m ²
Hoeveelheid water tussen de potten	25%
Hoeveelheid water tussen de potten	1,50liter/m ²
Hoeveelheid water in de potten	4,50liter/m ²
Maximale opname per pot	10%potinhoud
Maximaal op te nemen per pot	0,3liter
Aangeboden water in de pot	0,30liter
Werkelijk opgenomen door de pot	0,30liter
Opgenomen door alle potten	4,50liter
Recirculatiewater	1,50liter

Sproeiers	
Oppervlakte	1m ²
Potmaat	3liter
Aantal planten per m ²	15stuks
Oppervlakte pot	187cm ²
bedekkingsgraad (potten)	28,05%
Afgifte sproeiers	10liter/m ²
Onbenutte ruimte	71,95%
Hoeveelheid water tussen de potten	7,20liter/m ²
Hoeveelheid water in de potten	2,80liter/m ²
Maximale opname per pot	10%potinhoud
Maximaal op te nemen per pot	0,30liter
Aangeboden water in de pot	0,19liter
Werkelijk opgenomen door de pot	0,19liter
Opgenomen door alle potten	2,80liter
Recirculatiewater	7,20liter

Bevloeingsmat bevloeiing	
oppervlakte	1m ²
potmaat	3liter
aantal planten per m ²	15stuks
Gift per m ²	6liter
Niet opneembaar water voor de mat	50%
Gift per pot	3liter
Maximale opname per pot	10%potinhoud
Maximaal op te nemen per pot	0,3liter
Aangeboden water in de pot	0,2liter
Werkelijk opgenomen door de pot	0,2liter
Opgenomen door alle potten	3liter
Recirculatiewater	3liter

bevloeiingsmat met sproeiers	
Oppervlakte	1m ²
Potmaat	3liter
Aantal planten per m ²	15stuks
Oppervlakte pot	187cm ²
bedekkingsgraad (potten)	28,05%
afgifte sproeiers	6liter/m ²
Totale afgifte sproeiers	6liter
onbenutte ruimte	71,95%
Hoeveelheid water tussen de potten	4,32liter/m ²
Hoeveelheid water in de potten	1,68liter/m ²
Maximale opname per pot tijdens sproeien	10%potinhoud
Maximaal op te nemen per pot tijdens sproeien	0,3liter
Aangeboden water in de pot tijdens sproeien	0,11liter
Werkelijk opgenomen door de pot tijdens sproeien	0,11liter
Opgenomen door alle potten tijdens sproeien	1,68liter
Niet opneembaar water voor de mat	50%
Opgenomen water door bevloeiingsmat	3,82liter
Opname sproeien	1,68liter
Opname mat	3,82liter
Totaal opgenomen water	5,50liter
Recirculatiewater	0,50liter

Bijlage 2 Gewasverdamping en -factoren

Gewasverdamping

	mei	jun	jul	aug	sep	okt
Verdamping volgens Makkink in mm *	82,9	86,7	91,5	80,2	48,2	27,1
Gewasfactor	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,1
Verdamping door de planten in mm	58,8	68,6	80,7	77,3	51,3	30,5
Gemiddelde neerslaghoeveelheid in mm *	35,0	33,0	41,5	32,6	38,7	46,4

Bron: Eigen bevindingen, * bron KNMI

Gewasfactoren

	container inhoud (l)	mei	jun	jul	aug	sep	okt
Buddleja davidii	3	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
Cariopteris clandonensis	3	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
Chamaecyparis lawsoniana	3	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
Cupressosypris leylandii	3	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3
Hydrangea paniculata	3	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3
Ilex aquifolium	3	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3
Magnolia sulangeana	3	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
Photinia fraseri	3	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9
Prunus laurocerasus	3	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8
Thuja occidentalis	3	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1
Viburnum tinus	3	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,0
Gemiddelde		0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,1

Bron: PPO

Bijlage 3 Kosten wateropvang

Investering aarden bassin 500 m³

Investering	
Bassin compleet aangelegd	6807
Jaarkosten	
Afschrijving (15%)	1021
Onderhoud (5%)	340
Rente (3%)	204
Grond (500 m ² à Euro 25/m ² x 6%)	750
Opbrengsderving 500 m ² x Euro 10	5000
Jaarkosten	7316

Investering aarden bassin 1000 m³

Investering	
Bassin compleet aangelegd	9076
Jaarkosten	
Afschrijving (15%)	1361
Onderhoud (5%)	454
Rente (3%)	272
Grond (850 m ² à Euro 25/m ² x 6%)	1275
Opbrengsderving 850 m ² x Euro 10	8500
Jaarkosten	11862

Investering aarden bassin 2000 m³

Investering	
Bassin compleet aangelegd	12479
Jaarkosten	
Afschrijving (15%)	1872
Onderhoud (5%)	624
Rente (3%)	374
Grond (1350 m ² à Euro 25/m ² x 6%)	2025
Opbrengsderving 1350 m ² x Euro 10	13500
Jaarkosten	18395

Investering aarden bassin 3000 m³

Investering	
Bassin compleet aangelegd	15882
Jaarkosten	
Afschrijving (15%)	2382
Onderhoud (5%)	794
Rente (3%)	476
Grond (2000 m ² à Euro 25/m ² x 6%)	3000
Opbrengsderving 2000 m ² x Euro 10	20000
Jaarkosten	26653

Investering aarden bassin 4000 m³

Investering	
Bassin compleet aangelegd	19286
Jaarkosten	
Afschrijving (15%)	2893
Onderhoud (5%)	964
Rente (3%)	579
Grond (2500 m ² à Euro 25/m ² x 6%)	3750
Opbrengsderving 2500 m ² x Euro 10	25000
Jaarkosten	33186

Silo 500 m³

Investering	
Silo compleet geplaatst	6807
Jaarkosten	
Afschrijving (10%)	681
Onderhoud (2%)	136
Rente (3%)	204
Grond (225 m ² à Euro 25/m ² x 6%)	338
Opbrengstderving 225 m ² x Euro 10	2250
Jaarkosten	3609

Silo 1000 m³

Investering	
Silo compleet geplaatst	13613
Jaarkosten	
Afschrijving (10%)	1361
Onderhoud (2%)	272
Rente (3%)	408
Grond (450 m ² à Euro 25/m ² x 6%)	675
Opbrengstderving 450 m ² x Euro 10	4500
Jaarkosten	7217

Silo 2000 m³

Investering	
Silo compleet geplaatst	23823
Jaarkosten	
Afschrijving (10%)	2382
Onderhoud (2%)	476
Rente (3%)	715
Grond (900 m ² à Euro 25/m ² x 6%)	1350
Opbrengstderving 900 m ² x Euro 10	9000
Jaarkosten	13923

Silo 3000 m³

Investering	
Silo compleet geplaatst	34033
Jaarkosten	
Afschrijving (10%)	3403
Onderhoud (2%)	681
Rente (3%)	1021
Grond (1340 m ² à Euro 25/m ² x 6%)	2010
Opbrengstderving 1340 m ² x Euro 10	13400
Jaarkosten	20515

Silo 4000 m³

Investering	
Silo compleet geplaatst	43109
Jaarkosten	
Afschrijving (10%)	4311
Onderhoud (2%)	862
Rente (3%)	1293
Grond (1785 m ² à Euro 25/m ² x 6%)	2678
Opbrengstderving 1785 m ² x Euro10	17850
Jaarkosten	26994