

Samenvatting

Aruba is een van de eilanden die door de VN zijn aangewezen als “Small Island Developing State”. Deze eilanden hebben met elkaar gemeen dat ze, in relatie tot de huidige wereldproblematiek op het gebied van energie, water en voedsel, in een positie van grote afhankelijkheid en kwetsbaarheid verkeren.

Doormiddel van het duurzaam opwekken van energie is Aruba haar afhankelijkheid van fossiele bronnen aan het verkleinen. Door te gaan voorzien in de eigen voedselbehoefte kan deze afhankelijkheid verder gereduceerd worden.

Belangrijk bij ontwikkeling van voedselproductie op het eiland is dat dit op duurzame wijze gebeurt. Stadslandbouw is hiervoor een geschikt kader vanwege de beperkt beschikbare ruimte op Aruba. Daarnaast past deze kleinschalige vorm van landbouw bij het streven naar zelfvoorziening en een duurzame toekomst.

Naast ruimte zijn de grondstoffen nodig voor de productie van voedsel: Licht, lucht, water en aarde. De beschikbaarheid van licht en lucht vormen geen probleem voor de ontwikkeling van duurzame landbouw op Aruba. De beschikbaarheid van water is problematisch en de kwaliteit van de bodem laat te wensen over. Aanpak van het waterprobleem heeft de eerste prioriteit. Voor de ontwikkeling van stadslandbouw op Aruba is het van belang dat inwoners van stedelijke gebieden toegang hebben tot water voor het irrigeren van gewassen. Gebruik van leidingwater is geen optie vanwege hoge kosten en bovendien niet duurzaam omdat het productieproces veel energie vraagt en dit wordt gewonnen uit fossiele bronnen. Irrigatiewater kan op duurzame wijze beschikbaar gemaakt worden middels opvang van regenwater en hergebruik van afvalwater.

De hoeveelheid neerslag op Aruba is beperkt. Dit maakt het opvangen en vasthouden van deze waardevolle hulpbron extra belangrijk. Regenwater kan op verschillende manieren worden opgevangen. Water verzamelende grondwerken kunnen worden aangelegd om regenwater op bewust gekozen plekken te concentreren en het daar de kans te geven te infiltreren in de bodem. Regenwater opgevangen door daken heeft de bijzondere kwaliteit dat het kan worden opgeslagen in een reservoir. Op deze wijze kan het dienen als buffer en op een later tijdstip worden gebruikt.

Bronscheiding is een belangrijke stap in het geschikt maken van afvalwater voor hergebruik. Grijswater kan zonder verdere behandeling worden toegepast als irrigatiewater. Als er enkele voorzorgsmaatregelen in acht genomen worden kan het worden gezuiverd door middel van natuurlijke processen in de bovenste laag van de bodem. Zwartwater afkomstig van het toilet kan zonder behandeling niet worden gebruikt als irrigatiewater. Ook na behandeling in een, op Aruba veel voorkomende septic tank, is het niet geschikt voor het irrigeren van voedselgewassen. Door bestaande systemen uit te breiden met een helofytenfilter voor secundaire zuivering kan het water decentraal geschikt gemaakt worden voor irrigatie van voedselgewassen.

Door te bepalen hoeveel irrigatiewater er nodig is om de behoefte aan groente en fruit van een gemiddeld Arubaans huishouden te produceren, wordt duidelijk hoeveel water er op woningniveau beschikbaar gemaakt moet worden om zelfvoorzienend te kunnen zijn. Per bron is geïnventariseerd hoeveel water er op woningniveau beschikbaar gemaakt kan worden. Vervolgens is er gekeken hoe deze bronnen in een systeem gecombineerd kunnen worden om in de volledige behoefte te voorzien.

In verschillende systemen is een buffer opgenomen. De capaciteit van de buffer is berekend op basis van verschillende uitgangspunten. De buffercapaciteit wordt in eerste instantie bepaald door de totale hoeveelheid regenwater opgevangen door het dak evenredig over het jaar te verdelen. Daarna wordt de buffercapaciteit bepaald op basis van de hoeveelheid regenwater die opgevangen kan worden en de verdeling van het tekort dat blijft bestaan. Ten slotte wordt de buffercapaciteit uitsluitend bepaald aan de hand van de resterende behoefte na het inzetten van de andere bronnen.

De resultaten van de systemen wisselen tussen volledig voorziening in de behoefte tot een tekort van 56 m³ op jaarbasis. Deze verschillen worden veroorzaakt door het wel of niet inzetten van een buffer en het wel of niet inzetten van zwartwater. Daarnaast is het van belang hoe het water uit de buffer wordt verdeeld, omdat hierdoor de buffercapaciteit varieert van 21 m³ tot 43 m³.

De factor die in stedelijk gebied op Aruba in de toekomst de belangrijkste bijdrage kan leveren aan een duurzaam systeem voor voedselproductie is water. Hierbij is het van belang hoe binnen stedelijk gebied met water wordt omgegaan. Waar regenwater nu zo snel mogelijk wordt afgevoerd zullen systemen zich in de toekomst moeten richten op het nuttig inzetten ervan. Hetzelfde geldt voor afvalwater, zuivering dient ten doel te staan van hergebruik in plaats veilig afvoeren.

Inhoudsopgave

1 Aanleiding.....	8
1.1 Wereldproblematiek op het gebied van energie, water en voedsel	8
1.1.1 Inleiding.....	8
1.1.2 Energie.....	8
1.1.3 Water.....	8
1.1.4 Voedsel	8
1.1.5 Wederzijdse afhankelijkheid.....	10
1.2 Small Island Developing states	10
1.2.1 Inleiding.....	10
1.2.2 Economie.....	11
1.2.3 Toerisme.....	11
1.2.4 Verstedelijking	11
1.2.5 Klimaatverandering	13
1.2.6 Voedselzekerheid	13
1.3 Aruba.....	15
1.3.1 Energie.....	15
1.3.2 Water.....	15
1.3.3 Economische diversificatie & Voedselzekerheid.....	15
1.3.4 Eetgewoonte.....	15
1.4 Conclusie	16
2 Duurzame voedselproductie op Aruba	17
2.1 Stadslandbouw.....	17
2.1.1 Inleiding.....	17
2.1.2 Best practice.....	17
2.1.3 Ontwikkeling van stadslandbouw op Aruba	17
2.2 Grondstoffen voor de productie van voedsel	19
2.3 Beschikbaarheid van grondstoffen op Aruba.....	20
2.3.1 Licht	20
2.3.2 Lucht.....	20
2.3.3 Water.....	20
2.3.4 Aarde.....	20
2.3.5 Ruimte.....	20
2.4 Conclusie	21
3. Irrigatiewater op Aruba	22
3.1 Inventarisatie van bronnen voor irrigatiewater op Aruba	22
3.1.1 Neerslag.....	22
3.1.2 Grondwater.....	22
3.1.3 Oppervlaktewater.....	24
3.1.4 Zeewater.....	24
3.1.5 Drinkwater	24
3.1.6 Afvalwater	24
3.2 Duurzaamheid van bronnen voor irrigatiewater op Aruba.....	25
3.2.1 Neerslag.....	25
3.2.2 Grondwater.....	25
3.2.3 Oppervlaktewater.....	25
3.2.4 Zeewater.....	25
3.2.5 Drinkwater	25
3.2.6 Afvalwater	25
3.2.7 Locatie van de bronnen	25
3.3 Conclusie	27
4 Het opvangen van regenwater	28
4.1 Inleiding.....	28
4.2 Systemen voor het opvangen van regenwater	28
4.2.1 Aanbod van regenwater.....	28

4.2.2 Waterbehoefte van planten en gewassen	30
4.3 Systemen voor directe irrigatie en infiltratie	30
4.3.1 Grondwerken.....	31
4.4 Systemen voor het opslaan van regenwater voor irrigatie doeleinden	34
4.4.1 Reservoirs.....	34
4.5 Voordelen van doelgerichte regenwateropvang.....	34
5. Afvalwater	36
5.1 Inleiding.....	36
5.2 Bronscheiding.....	36
5.2.1 Grijswater.....	38
5.3. Direct gebruik van grijswater	38
5.3.1 Systemen voor direct gebruik van grijswater.....	39
5.3.2 Zuiveren van grijswater.....	40
5.4. Gebruik van zwart water.....	41
5.4.1 Systeem voor het zuiveren van zwartwater	41
5.4.2 Systeem voor het zuiveren tot irrigatiewater	42
6. Irrigatiewater op woningniveau	45
6.1 De behoefte aan irrigatiewater op woningniveau	45
6.2 Regenwater.....	47
6.2.1 Klimaat	47
6.2.2 Perceel.....	47
6.2.3 Het dak als opvangoppervlak.....	49
6.2.4 Regenwater opvangen met behulp van grondwerken.....	49
6.3 Afvalwater	50
6.3.1 Grijswater.....	51
6.3.2 Zwartwater.....	51
7. Systemen om aan de behoefte in irrigatiewater te voldoen	52
7.1 Systeem 1	53
7.2 Systeem 2	55
7.3 Systeem 3	58
7.4 Systeem 4.....	62
7.5 Systeem 5.....	64
7.6 Systeem 6.....	66
7.3 Evaluatie.....	68
8. Haalbaarheidsanalyse en discussie	69
8.1 Ruimte.....	69
8.2 Irrigatiewater.....	69
8.3 Zuiveren van afvalwater.....	69
8.4 Voedselproductie	69
9. Conclusie	70
10. Aanbevelingen	71
11. Dankwoord.....	72
12. Bronnenlijst.....	73

Lijst van figuren

Figuur 1. Small Island Developing States in de Carabische regio.....	10
Figuur 2. Aantal SIDS getroffen door natuurrampen.	13
Figuur 3. Hulpbronnen voor de groei van planten.	19
Figuur 4. Kaart Aruba.....	21
Figuur 5. Neerslag in mm. Maandgemiddelden voor periode 1981-2010, Beatrix Airport Aruba.....	22
Figuur 6. Verlaagde stoeprand.....	30
Figuur 7. Een berm en bassin houden water vast zodat het kan infiltreren in de bodem.	31
Figuur 8. Terrassen met stenen keurmuren. Wisselend geplaatste overlopen zorgen voor gelijkmatige verspreiding van regenwater.	32
Figuur 9. Een Franse drain kan worden ingezet om water dat van verschillende oppervlakken afstroomt op te vangen en te infiltreren.	32
Figuur 10. Van links naar rechts, een boom geplant op een heuvel waarvan water en grond wegstromen; in een ronde berm welke regen en bladeren die buiten de berm vallen, van de boom af leiden; en in een infiltratiebassin waarnaar de omgeving helt zodat alle directe regenval, afstroming uit de omgeving en bladval verzameld wordt.	33
Figuur 11. Impact van ondoordringbare oppervlakken op evapotranspiratie, afstroming en infiltratie van regenwater.	35
Figuur 12. Irrigatiesysteem voor een wasmachine. Grijswater kan worden gebruikt in verschillende infiltratiebassins of worden afgevoerd via het riool.	39
Figuur 13. Wastafel middels een driewegklep aangesloten op een irrigatiesysteem en het riool. ..	40
Figuur 14. Septic tank.	41
Figuur 15. Doorsnede van een horizontaal doorstroomd helofytenfilter.	44
Figuur 16. Aantal huishoudens en inwoners per grootte van het huishouden.	45
Figuur 17. Aantal huizen per bebouwd oppervlak.....	48
Figuur 18. Gemiddeld huishoudelijk watergebruik.....	50
Figuur 19. Schematische weergave systeem 1.....	53
Figuur 20. Percentage van de behoefte aan irrigatiewater waarin maandelijks door systeem 1 kan worden voorzien.....	54
Figuur 21. Schematische weergave van systeem 2.	55
Figuur 22. Verloop buffer systeem 2.....	56
Figuur 23. Percentage van de behoefte aan irrigatiewater waarin maandelijks door systeem 2 kan worden voorzien.....	57
Figuur 24. verloop buffer systeem 3a.....	58
Figuur 25. Percentage van de behoefte aan irrigatiewater waarin maandelijks door systeem 3a kan worden voorzien.....	59
Figuur 26. verloop buffer systeem 3b.	59
Figuur 27. Percentage van de behoefte aan irrigatiewater waarin maandelijks door systeem 3b kan worden voorzien.....	60
Figuur 28. Schematische weergave van systeem 4.	62
Figuur 29. Percentage van de behoefte aan irrigatiewater waarin maandelijks door systeem 4 kan worden voorzien.....	63
Figuur 30. Schematische weergave van systeem 5.	64
Figuur 31. Percentage van de behoefte aan irrigatiewater waarin maandelijks door systeem 5 kan worden voorzien.....	65
Figuur 32. Verloop buffer systeem 6.....	66
Figuur 33. Percentage van de behoefte aan irrigatiewater waarin maandelijks door systeem 6 kan worden voorzien.....	67

Bijlagen

- Bijlage 1 – Gesprek met Jeff Ghitman, IslandFresh Distribution
- Bijlage 2 – Gesprek met Danilo Croes, Water- & Energiebedrijf Aruba
- Bijlage 3 – Gesprek met Ari Lichtenstein, The Land Farm Aruba
- Bijlage 4 – Berekening kosten voor aankoop van irrigatiewater bij WEB
- Bijlage 5 – Berekening kosten voor aankoop van de hoeveelheid regenwater
- Bijlage 6 – Basisgegevens voor berekening van de systemen
- Bijlage 7 – Berekening systeem 1
- Bijlage 8 – Berekening systeem 2
- Bijlage 9 – Berekening systeem 3a
- Bijlage 10 – Berekening systeem 3b
- Bijlage 11 – Berekening systeem 4
- Bijlage 12 – Berekening systeem 5
- Bijlage 13 – Berekening systeem 6

Inleiding

Mijn persoonlijke betrokkenheid bij de ontwikkelingen op Aruba is ontstaan in de vijf maanden die ik op het eiland woonde voor het lopen van mijn praktijkstage. Tijdens deze stage bij MNO Vervat Aruba heb ik als assistent uitvoerder meegewerkt aan de bouw van het bezoekerscentrum en administratie gebouw in 'Parke Nacional Arikok'.

Tijdens de minor 'Duurzaam Integrale Bouwtechniek' heb ik samen met mijn medestudenten gewerkt aan een concept voor het herstructureren van Pos Chiquito, Aruba. Toen ik na het afronden van de minor op zoek moest naar vraagstuk om op af te kunnen studeren was voor mij duidelijk dat ik graag een bijdrage wilde leveren aan de duurzame ontwikkeling van Aruba.

Dit onderzoek is gedaan naar aanleiding van de wereldproblematiek op het gebied van energie, water en voedsel. In het bijzonder de gevolgen die deze problematiek heeft voor de voedselzekerheid van kleine eilanden zoals Aruba. In hoofdstuk 1 wordt de problematiek beschreven en de oplossing aangedragen voedselproductie te ontwikkelen op het eiland. Omdat Aruba voor een groot deel verstedelijkt is heeft dit geleid tot de volgende onderzoeksvraag:

“Welke factoren bepalen dat stedelijk gebied op Aruba in de toekomst een bijdrage kan leveren aan een duurzaam systeem voor voedselproductie?”

Om de hoofdvraag te kunnen beantwoorden is er gekeken naar de kenmerken van Small Island Developing States en Aruba in het bijzonder. Vervolgens wordt er in hoofdstuk 2 een beeld geschetst van een duurzaam systeem voor voedselproductie en wordt antwoord gegeven op de vraag welke grondstoffen nodig zijn binnen een dergelijk systeem.

Na de conclusie dat water hiervoor van primair belang is richt dit onderzoek zich in hoofdstuk 3, 4 en 5 op de vraag hoe er op Aruba duurzaam kan worden voorzien in irrigatiewater. Onderzocht wordt welke bronnen hiervoor beschikbaar zijn en middels welke methode en technieken deze kunnen worden ingezet.

Om te bepalen of in de eigen behoefte aan groente en fruit zou kunnen worden voorzien, is in hoofdstuk 6 en 7 onderzocht of er op woningniveau voldoende water beschikbaar gemaakt kan worden om deze zelf te kunnen kweken.

1 Aanleiding

1.1 Wereldproblematiek op het gebied van energie, water en voedsel

1.1.1 Inleiding

De wereldwijde toename in wederzijdse afhankelijkheid van grondstoffen als water, voedsel en energie leidt tot groeiende bezorgdheid. Deze grondstoffen, noodzakelijk voor leven op aarde, staan onder druk van toenemende welvaart en een groeiende wereldbevolking. Recente schattingen laten zien dat de wereldbevolking in 2050 zal zijn toegenomen tot 9,2 miljard, met als gevolg dat de vraag naar voedsel zal stijgen met 70% en de vraag naar energie met 40%. Schattingen op het gebied van water voorspellen een wereldwijd tekort van 40% in het jaar 2030. (Bindra, 2014) De vraag rijst of huidige systemen in de toekomst kunnen blijven voorzien in deze groeiende behoeftes.

1.1.2 Energie

Het vermogen van de olie- en gasindustrie om in de nabije toekomst betaalbare fossiele brandstoffen te kunnen blijven leveren in hoeveelheden die voldoende zijn om aan de stijgende vraag te voldoen staat steeds vaker ter discussie. Zeker is dat de reserves ooit uitgeput zullen raken. Duurzame alternatieven voor de productie van “groene” energie zijn in opmars. Ondanks de transitie die in gang is gezet is de huidige maatschappij nog ingericht op en in grote mate afhankelijk van fossiele brandstoffen.

1.1.3 Water

Volgens huidige schattingen bevat de hydrosfeer van onze planeet ongeveer 1386 miljoen kubieke kilometer water. 97,5% van dit water is zout, de overige 2,5% is zoet. Het grootste gedeelte van het zoete water (68,7%) is te vinden in de vorm van ijs en permanente sneeuw op Antarctica, de Noordpool en in de bergachtige regio's. 29,9% bestaat als vers grondwater. Slechts 0,26% van de totale hoeveelheid zoet water op aarde bevindt zich in meren, reservoirs en rivieren waar ze het gemakkelijkst toegankelijk zijn voor onze economische behoeften en van vitaal belang voor de meest uiteenlopende ecosystemen op aarde. (Shiklomanov, 1998)

Water als hulpbron staat niet alleen onder druk van een groeiende wereldbevolking. Verstedelijking en toenemende welvaart hebben tot gevolg dat het gemiddelde watergebruik per hoofd van de bevolking stijgt. Door de enorme toename in het gebruik van water worden oppervlaktewater en grondwaterreserves bedreigd door overexploitatie. Daarnaast beperkt vervuiling de hoeveelheid water geschikt voor gebruik.

1.1.4 Voedsel

Achtendertig procent van het aardoppervlak wordt gebruikt voor agricultuur. (FAO, 2013) De afgelopen vijf decennia heeft de agrarische sector wereldwijd enorme successen geboekt in verhogen van de voedselproductie en het verlagen van voedselprijzen. Deze transformatie kon tot stand komen door gebruik te maken van goedkope fossiele brandstoffen, irrigatie, kunstmest en bestrijdingsmiddelen. Momenteel ervaren we de nadelige gevolgen van ‘moderne’ landbouw: uitputting van land en grondwaterreserves, verlies van biodiversiteit en klimaatverandering. (Dobermann, 2013) Huidige agrarische productie systemen zullen moeten veranderen om aan de toenemende vraag te kunnen voldoen. De uitdaging waar de agrarische sector voor staat, is het in stand houden van voedselzekerheid zonder ‘s werelds natuurlijke hulpbronnen onomkeerbaar te beschadigen; de ecologische footprint van landbouw moet drastisch krimpen. (Foley, 2011)

1.1.5 Wederzijdse afhankelijkheid

De hulpbronnen energie, water en voedsel zijn onderling sterk verbonden. Voedselproductie is verantwoordelijk voor 80-90% van de wereldwijde waterconsumptie. Water dat gebruikt wordt bij het opwekken van elektriciteit neemt 8% van de wereldwijde wateronttrekking voor haar rekening. (Bindra, 2014) Huidige systemen voor voedselproductie zijn direct en indirect afhankelijk van fossiele brandstoffen. De voedselketen is verantwoordelijk voor 30% van onze energiebehoefte. (Bindra, 2014) Fossiele brandstoffen worden gebruikt voor de productie van kunstmest en water en zijn onmisbaar binnen de huidige transportsector. Door de toenemende vraag naar biobrandstoffen neemt de druk op beschikbare landbouwgronden toe. Deze onderlinge verbondenheid maakt een integrale benadering bij het oplossen van vraagstukken rondom de beschikbaarheid van deze hulpbronnen noodzakelijk.

1.2 Small Island Developing states

Aruba is een “Small Island Developing State” (SIDS). Om de positie van Aruba ten opzichte van de huidige wereldproblematiek inzichtelijk te maken worden in deze paragraaf eerst de kenmerken van SIDS uiteengezet.

1.2.1 Inleiding

De Verenigde Naties heeft 52 landen en gebieden aangewezen als Small Island Developing States. Meer dan 50 miljoen mensen vinden hun thuis binnen deze diverse groep landen, waarvan er 43 in het Caribisch en Pacifisch gebied liggen.

Figuur 1. Small Island Developing States in de Carabische regio.



(Osiris, 2013)

Ondanks onderlinge verschillen in termen van grootte, sociale en economische omstandigheden, delen SIDS een aantal intrinsieke kenmerken; Beperkte omvang, afgelegen ligging, beperkte toegang tot grondstoffen, hoge gevoeligheid voor klimaatverandering, hoge bevolkingsdichtheid, hoge transport- en communicatiekosten en afhankelijkheid van internationale handel, toerisme en

(financiële) dienstverlening. Door deze kenmerken zijn de natuurlijke, economische en sociale systemen van SIDS extreem kwetsbaar.

1.2.2 Economie

Kwetsbaarheid op het gebied van milieu en economie is onlosmakelijk met SIDS verbonden omdat zowel klimaat als economie grotendeels gevormd worden door factoren buiten de eigen invloedssfeer. Onderzoek toont aan dat mate van kwetsbaarheid bovendien groter is dan die van andere landen en regio's. (Haskins, 2012)

Veel van de eilanden zijn gespecialiseerd in een beperkt aantal producten en binnenlandse markten zijn klein. Verschillende zijn afhankelijk van de exportinkomsten van één enkele grondstof. Deze externe afhankelijkheid vergroot de kwetsbaarheid voor economische invloeden van buiten. De externe kwetsbaarheid wordt versterkt door het feit dat geldzendingen uit het buitenland voor veel huishoudens een belangrijke bron van inkomsten zijn, ze vormen een buffer ten tijden van lokale economische malaise maar worden ook beïnvloed door recessie en de wereldwijde financiële crisis.

1.2.3 Toerisme

Historisch gezien heeft de beperkte beschikbaarheid van grondstoffen SIDS in de weg gestaan een breed georiënteerde economie te ontwikkelen. Veel SIDS zijn afhankelijk van toerisme als voornaamste bron van vreemde valuta en economische groei. Lokale overheden geven daarom, vaak noodgedwongen, investeringen in het toerisme de hoogste prioriteit. De ontwikkeling van de toeristische sector vormt echter ook een bedreiging voor natuurlijke en sociale systemen.

Bij grote vastgoedontwikkelingen wordt weinig rekening gehouden met kwetsbare ecosystemen en ze verhogen de druk op beperkt beschikbare ruimte, waardoor grondprijzen ook voor lokale bewoners stijgen. Het ontvangen van steeds grotere aantallen toeristen zorgt voor een verhoogde productie van afval. Vuilnisbelten dicht bij natuur- en leefgebieden en overbelasting van waterzuiveringsinstallaties, vormen een gevaar voor de volksgezondheid en schaden het milieu. Ecologische achteruitgang schaadt de populariteit als reisbestemming, het is voor SIDS van economisch belang dit te voorkomen. Sommige overheden en bedrijven kiezen nu al voor het toepassen van milieuheffingen, toeslagen en duurzame technologieën, waardoor de reis- en transportkosten kunnen stijgen. Deze prijsstijgingen hebben zeer waarschijnlijk nadelige effecten op huidige vormen van toerisme, maar zijn ook een middel om unieke natuurlijke rijkdommen te beschermen en duurzaam toerisme te promoten.

1.2.4 Verstedelijking

Het deel van de bevolking dat in dorpen en steden woont varieert onder SIDS in grote mate. De bevolking van Singapore is compleet verstedelijkt, Papua New Guinea en Trinidad en Tobago horen met 13% bij de minst verstedelijkte landen ter wereld. (UN DESA, 2012) Ondanks deze grote verschillen, delen zij de trend van toenemende verstedelijking. Het gezamenlijke percentage verstedelijkte bevolking van SIDS is met 11% toegenomen, van 49,5% in 1990 tot 55% in 2008. (United Nations, 2010) Volgens schattingen woont in 2050, 70% van de wereldbevolking in steden.

Naast verstedelijking is ook de toename van stedelijke bevolkingsdichtheid een belangrijk aandachtspunt voor SIDS. Migratie van mensen naar stedelijke gebieden, meestal gelegen aan de kust, verhoogd in steeds grotere mate de druk op ecosystemen van kustgebieden maar ook op de steden zelf. Het is belangrijk dat deze gebieden op een verantwoordelijke wijze worden ontwikkeld om sociale diensten te kunnen blijven verstrekken en schade aan kwetsbare ecosystemen te voorkomen. (United Nations, 2010)

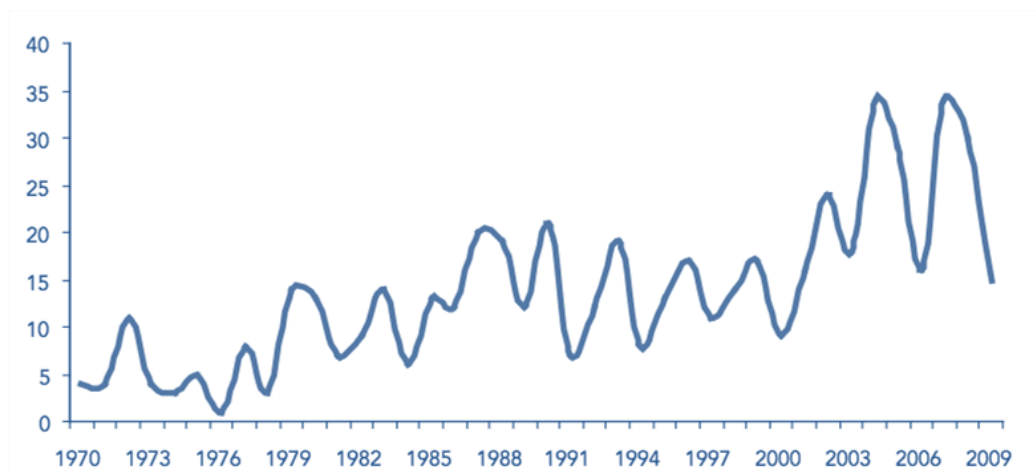
1.2.5 Klimaatverandering

SIDS worden onevenredig getroffen door de effecten van wereldwijde klimaatsverandering, zoals zeespiegelstijging, oceaanzuuriging, stormen en overstromingen. Omdat bevolking, landbouwgronden en infrastructuur zich concentreren in laaggelegen kustgebieden, de zogenoemde Low Elevation Coastal Zone (LECZ), kan een kleine stijging van de zeespiegel aanzienlijke gevolgen op economische- en leefomstandigheden. Grote zeespiegelstijgingen zullen zelfs tot gevolg hebben dat eilanden compleet verdwijnen. (United Nations, 2010)

Oceaanzuuriging vormt een bedreiging voor mariene ecosystemen zoals koraalriffen. Voor SIDS zijn deze ecosystemen van groot belang vanwege hun rol in voedselvoorziening en het toerisme.

Klimaatverandering wordt gezien als mogelijke oorzaak van de toenemende intensiteit en frequentie van natuurgeweld, zoals orkanen, overstromingen en droogte. Natuurrampen vormen voor veel SIDS een serieuze bedreiging, vele jaren van succesvol opgebouwde ontwikkelingen kunnen in een klap teniet worden gedaan.

Figuur 2. Aantal SIDS getroffen door natuurrampen.



Noot: Inclusief extreme temperaturen, aardbevingen, stormen, overstromingen, vulkaanuitbarstingen, aardverschuivingen en droogte.

(EMDAT, 2010)

De toename van het aantal incidenten en de steeds grotere schades die hier mee gepaard gaan maken dat hulpbronnen voornamelijk worden ingezet voor herstelwerkzaamheden in plaats van risico reductie en verbetering van de capaciteiten om noodsituaties het hoofd te kunnen bieden. Voor SIDS geldt dat een efficiënte en duurzame aanpak, voor aanpassing aan en verzachting van de effecten van klimaatverandering, vraagt om grote hoeveelheden financiële middelen, overdracht van technologie en effectieve beleidskaders op lokaal, nationaal en wereldwijd niveau.

1.2.6 Voedselzekerheid

Voedselzekerheid bestaat wanneer alle mensen op elk moment fysiek, sociaal en economisch toegang hebben tot voldoende, veilig en voedzaam voedsel om in hun dieetwensen en voorkeuren inzake voedsel voor een actief en gezond leven te kunnen voorzien.

Hedendaagse consumptiepatronen zorgen wereldwijd voor ongekennde druk op agrarische productie en natuurlijke hulpbronnen. Deze druk zal in de toekomst sterk toenemen als gevolg van stijgende inkomens en de groeiende wereldbevolking. De grotere vraag naar voedsel heeft stijgende prijzen tot gevolg. Dit vormt een risico voor de voedselzekerheid van SIDS, omdat zij in grote mate afhankelijk zijn van internationale handel.

1.3 Aruba

In deze paragraaf wordt de positie van Aruba als SIDS ten opzichte van de huidige wereldproblematiek verder onderzocht.

1.3.1 Energie

Aruba heeft de ambitie een voorbeeld te zijn op het gebied van sustainability. Tot nu toe ligt de focus op de implementatie van technieken die op duurzame wijze voorzien in de energiebehoefte van het eiland. De ambitie is in 2020 de transitie gemaakt te hebben naar 100% energie uit hernieuwbare bronnen om op die manier de onafhankelijkheid op het gebied van energie te vergroten. Aruba blijft echter afhankelijk van energie uit fossiele bronnen vanwege het belang ervan in zowel de toeristische- als de transportsector.

1.3.2 Water

Water is schaars op Aruba. Drinkwater wordt geproduceerd door middel van het ontzilten van zeewater. Met de import van nagenoeg haar gehele voedselbehoefte wordt ook een groot deel van de werkelijke behoefte aan water geïmporteerd. Dit betekent dat Aruba op het gebied van water grotendeels afhankelijk is van de situatie in de voedselproducerende landen van waaruit zij importeert.

1.3.3 Economische diversificatie & Voedselzekerheid

De Arubaanse economie is vrijwel volledig gebaseerd op toerisme. Deze afhankelijkheid van toerisme maakt de economie kwetsbaar. Als toeristen wegblijven leidt dit vrijwel direct tot economische recessie. Aangezien Aruba voedsel importeert kan een economische recessie gemakkelijk de voedselzekerheid in gevaar brengen. Om uit de positie van kwetsbaarheid te komen is diversificatie van de economie belangrijk. Dit wordt bevestigd in het Regeerprogramma Aruba'Riba 2009-2013.

“Diversificatie van de economie en verhoging van de productiviteit verbetert de economische structuur en geeft ons perspectief op lange termijn.”

Diversificatie van de economie door verdere ontwikkeling binnen de agrarische sector levert niet alleen een verbetering op van de economische structuur maar draagt ook bij aan de voedselzekerheid. Door in te zetten op voedselproductie kan ervoor gezorgd worden dat er voor de Arubaanse bevolking blijvend voldoende, gezond en betaalbaar voedsel beschikbaar blijft.

1.3.4 Eetgewoonte

Overgewicht, Obesitas en daaraan gerelateerde gezondheidskwesties vormen een groot probleem voor de volksgezondheid op Aruba. In een door UNICEF gepubliceerd onderzoek naar de situatie van kinderen en jongeren op Aruba wordt als een van de oorzaken aangewezen:

“De beperkte lokale productie van fruit en groenten en de hoge importkosten werken de consumptie van goedkopere calorierijke voedingsmiddelen in de hand.”

De kennis van en de toegankelijkheid tot gezond voedsel kan worden vergroot door de productie hiervan op Aruba mogelijk te maken.

1.4 Conclusie

Aruba is haar afhankelijkheid van energie uit fossiele bronnen momenteel aan het verkleinen. De doelstelling in 2020 energie-onafhankelijk te zijn is een belangrijke stap richting een duurzame toekomst voor het eiland. Door het belang van de toeristische sector en import van goederen blijft Aruba echter afhankelijk van energie uit fossiele bronnen. Deze afhankelijkheid kan verder gereduceerd worden door binnen de grenzen van het eiland te gaan voorzien in de eigen voedselbehoefte. Zelfvoorziening op het gebied van voedsel draagt tevens bij aan het verbeteren van de voedselzekerheid en biedt kansen voor economische diversificatie. De beperkte duurzaamheid van “moderne” landbouw en intrinsieke eigenschappen van SIDS vragen om een andere benadering.

Deze conclusie heeft geleid tot de volgende onderzoeksvraag:

Welke factoren bepalen dat stedelijke gebieden op Aruba in de toekomst een bijdrage kunnen leveren aan een duurzaam systeem voor voedselproductie?

In de volgende hoofdstukken wordt deze onderzoeksvraag verder uitgewerkt.

2 Duurzame voedselproductie op Aruba

Om antwoord te kunnen geven op de onderzoeksvraag is het van belang om inzichtelijk te maken hoe een duurzaam systeem voor voedselproductie eruit ziet. Omdat zelfvoorziening op het gebied van voedsel als doel gezien wordt is het tevens van belang de vraag te beantwoorden of de behoefte aan grondstoffen van een dergelijk systeem binnen de grenzen van Aruba kan worden opgelost.

2.1 Stadslandbouw

2.1.1 Inleiding

De afhankelijkheid van geïmporteerd voedsel maakt de voedselzekerheid op Aruba kwetsbaar. De ontwikkeling van stadslandbouw zou bij kunnen dragen aan het creëren van grotere zelfredzaamheid op het gebied van voedsel.

Stadslandbouw wordt gedefinieerd als: Het kweken van planten en het houden van dieren ten behoeve van voedselproductie, in en rond steden. De huidige ontwikkelingen op het gebied van stadslandbouw worden gezien als onderdeel van het streven naar een duurzame samenleving. Stadslandbouw biedt vers voedsel, genereert werkgelegenheid, draagt bij aan recycling van stedelijk afval, creëert groenstroken, en versterkt de bestendigheid van steden tegen klimaatverandering. Stadslandbouw kan, vooral in tijden van crisis of voedseltekorten, een belangrijke bijdrage leveren aan de voedselzekerheid van huishoudens. Lokaal geproduceerd voedsel vergt minder transport en koeling, waardoor nabijgelegen markten kunnen worden voorzien van verse en voedzame producten tegen concurrerende prijzen. Aanbod is gevarieerder en de toegang van consumenten, met name die uit lagere inkomensklassen, tot gezonde en verse producten kan worden verbeterd.

2.1.2 Best practice

Met de val van de Sovjet Unie in 1989 viel voor Cuba een belangrijke handelspartner weg en belande het land in een energie en voedselcrisis. Zonder toegang tot fossiele brandstof, machines, kunstmest en pesticiden werd de industrialisering van de centraal georganiseerde agrarische sector op Cuba een halt toegeroepen. Wat volgde was een zoektocht naar alternatieven om de bevolking van voedsel te voorzien. Omdat Cuba geen toegang meer had tot kunstmest en pesticiden wendden ze zich tot biologische alternatieven. Zonder toegang tot machines en brandstof verscheen de os als werkkracht weer op de akkers en omdat brandstof voor transport ontbrak begon men voedsel te verbouwen in de steden waar het wordt verkocht en geconsumeerd. De beperkingen op de invoer van levensmiddelen en de toegang tot fossiele brandstoffen hebben geleid tot een transitie naar stadslandbouw. Inmiddels wordt 80% van de voedselbehoefte op Cuba lokaal en organisch geproduceerd.

2.1.3 Ontwikkeling van stadslandbouw op Aruba

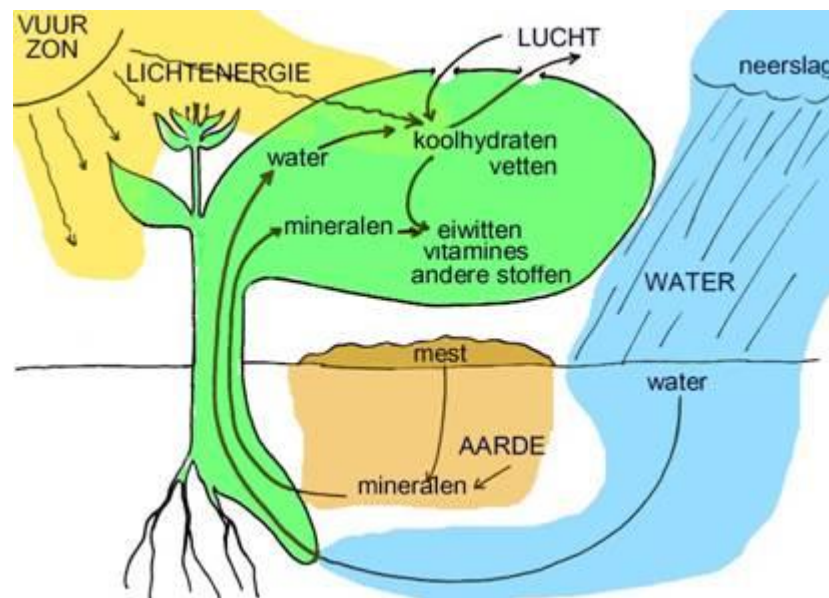
Vanwege het ontbreken van economische schaalvoordelen en concurrentie van geïmporteerd voedsel, heeft ontwikkeling van landbouw gericht op zelfvoorziening grotere kans van slagen dan wanneer landbouw vanuit commercieel oogpunt wordt ontwikkeld (bijlage 1; bijlage 3). Daar komt bij dat de infrastructuur voor commerciële productie, opslag en verwerking van voedsel op Aruba nagenoeg geheel ontbreekt. Stadslandbouw gericht op zelfvoorziening kan bijdragen aan het creëren van een agrarische sector waarbinnen op den duur kansen ontstaan voor commerciële initiatieven. Het voorgestelde duurzame systeem voor voedselproductie kan zich dan van onderaf ontwikkelen.

2.2 Grondstoffen voor de productie van voedsel

Planten zijn de primaire producenten van voedsel binnen het ecosysteem van onze aarde. Al ons voedsel vindt zijn oorsprong in planten.

Energiebron voor de groei van planten is zonlicht, door middel van het proces fotosynthese zetten planten koolstofdioxide (CO_2) uit de lucht en water om in koolhydraten en zuurstof. Naast CO_2 , water en de energie die planten halen uit zonlicht, hebben planten mineralen nodig om een deel van de geproduceerde koolhydraten om te kunnen zetten in andere bouwstoffen nodig voor hun groei. Deze mineralen worden door planten uit de aarde opgenomen.

Figuur 3. Hulpbronnen voor de groei van planten.



(Verveen, 2008)

De vier hulpbronnen die planten nodig hebben voor het produceren van voedsel zijn:

- Licht, als bron van energie
- Lucht, voor het uitwisselen van CO_2 en zuurstof
- Water, voor transport van voedingsstoffen en de productie van koolhydraten
- Aarde, als bron van voedingsstoffen en mineralen

Aan deze vier basisbehoefte kan een vijfde worden toegevoegd.

- Ruimte, Planten hebben een plek nodig om te kunnen groeien.

2.3 Beschikbaarheid van grondstoffen op Aruba

Zijn de hulpbronnen voor het produceren van voedsel beschikbaar op Aruba?

2.3.1 Licht

Zonlicht is overvloedig aanwezig op Aruba, het is een van de redenen voor de aantrekkingskracht die het eiland heeft op toeristen. In het kader van voedselproductie dient eerder gedacht te worden aan bescherming tegen overvloedig zonlicht dan aan het oplossen van een tekort.

2.3.2 Lucht

De behoefte aan deze hulpbron kent geen problemen als het gaat om beschikbaarheid. De belangrijkste bronnen van luchtvervuiling zijn het autoverkeer, de olieraffinaderij, het water- en energiebedrijf en de vuilstortplaats te Parkietenbos. In de ontwikkeling van de agrarische sector ligt de potentie door vergroening van het eiland bij te dragen aan het verbeteren van de luchtkwaliteit.

2.3.3 Water

Het semi-aride klimaat, beperkte regenval en de afwezigheid van natuurlijke zoetwaterbronnen maken dat water schaars is op Aruba. Om te kunnen voorzien in de waterbehoefte van haar inwoners wordt, doormiddel van ontzilting, uit zeewater drinkwater geproduceerd. Dit proces vraagt veel energie waarvoor het afhankelijk is van fossiele bronnen en zorgt ervoor dat drinkwater kostbaar is. Een nadeel specifiek voor de agrarische sector is dat het drinkwater dusdanig goed gezuiverd wordt waardoor het bijna geen mineralen meer bevat.

2.3.4 Aarde

De meest geschikte gronden voor voedselproductie liggen in een brede ring rond Oranjestad tot aan de nederzettingen Noord en Santa Cruz, daar waar de stedelijke druk ook het grootst is. Een groot deel van de meest geschikte landbouwgronden is inmiddels met woningen bebouwd. De geringe beschikbaarheid van goede landbouwgrond wordt binnen de sector als een belangrijk knelpunt ervaren. In het algemeen geldt dat de bodem een beperkt vermogen heeft om water vast te houden. (ROP Aruba toelichting, 2009)

2.3.5 Ruimte

Ruimte voor de ontwikkeling van landbouw is op Aruba beperkt. Het eiland is voor een groot deel verstedelijkt. Het Parke Nacional Arikok is een beschermd natuurgebied en beslaat met een oppervlakte van 34 m² bijna 18% van het eiland. Het park speelt niet alleen een belangrijke rol bij het behoud van de Arubaanse flora en fauna maar is ook een toeristische trekpleister.

Het Salt Spray Park, dat zich uitstrekt langs de gehele noordkust, omvat de salt spray zone die mede verantwoordelijk is voor het unieke karakter van de aanwezige flora. In het nagenoeg onbebouwde gebied bevinden zich een aantal toeristische attracties. Om de natuur en de kwaliteit van deze attracties te beschermen wordt nieuwe bebouwing geweerd. Door het zilte klimaat is deze zone tevens minder geschikt voor landbouwdoeleinden.

Kansen liggen in het landelijke gebied tussen de stedelijke gebieden aan de zuid/westkant van het eiland en de natuurgebieden aan de noord/oostkant. In dit gebied, karakteristiek voor Aruba, liggen de van oudsher kleinschalige landbouwgronden. Vanwege de populariteit van dit gebied als woonmilieu zijn deze onder druk van verstedelijking steeds verder versnipperd.

Figuur 4. Kaart Aruba.



(Bombus off the peg)

2.4 Conclusie

Een duurzaam systeem voor voedselproductie op Aruba zal het karakter van stadslandbouw hebben. Dit vooral vanwege het feit dat de enige ruimte beschikbaar voor agrarisch gebruik op Aruba, in verstedelijkt gebied ligt. Daarnaast past deze kleinschalige vorm van landbouw bij het streven naar zelfvoorziening en een duurzame toekomst.

Naast ruimte zijn de grondstoffen nodig voor de productie van voedsel: Licht, lucht, water en aarde. De beschikbaarheid van licht en lucht vormen geen probleem voor de ontwikkeling van duurzame landbouw op Aruba. De beschikbaarheid van water is problematisch, de afwezigheid van natuurlijke reserves, beperkte regenval en kostbare productieprocessen maken van water een schaars goed op Aruba. De afhankelijkheid van fossiele energiebronnen voor het produceren van drinkwater staat duurzaam gebruik van deze hulpbron in de weg.

De kwaliteit van de bodem laat te wensen over, met name het beperkte vermogen om water vast te houden vormt een probleem. Omdat bodemkwaliteit onderdeel is van de voedsel- of nutriëntenkringloop en enkel op duurzame wijze verbeterd kan worden door de productiviteit van deze kringloop te verbeteren is het gebrek aan voldoende water, hulpbron binnen deze kringloop, van eerste prioriteit. Voor de ontwikkeling van stadslandbouw op Aruba is het van belang dat

inwoners van stedelijke gebieden toegang hebben tot water voor het irrigeren van gewassen. De beschikbaarheid van irrigatiewater geeft stadsbewoners de mogelijkheid om ervoor te kiezen (deels) in hun eigen voedselbehoefte te gaan voorzien. Dit onderzoek zal zich daarom richten op het duurzaam voorzien in irrigatiewater binnen het kader van stedelijk gebied.

3. Irrigatiewater op Aruba

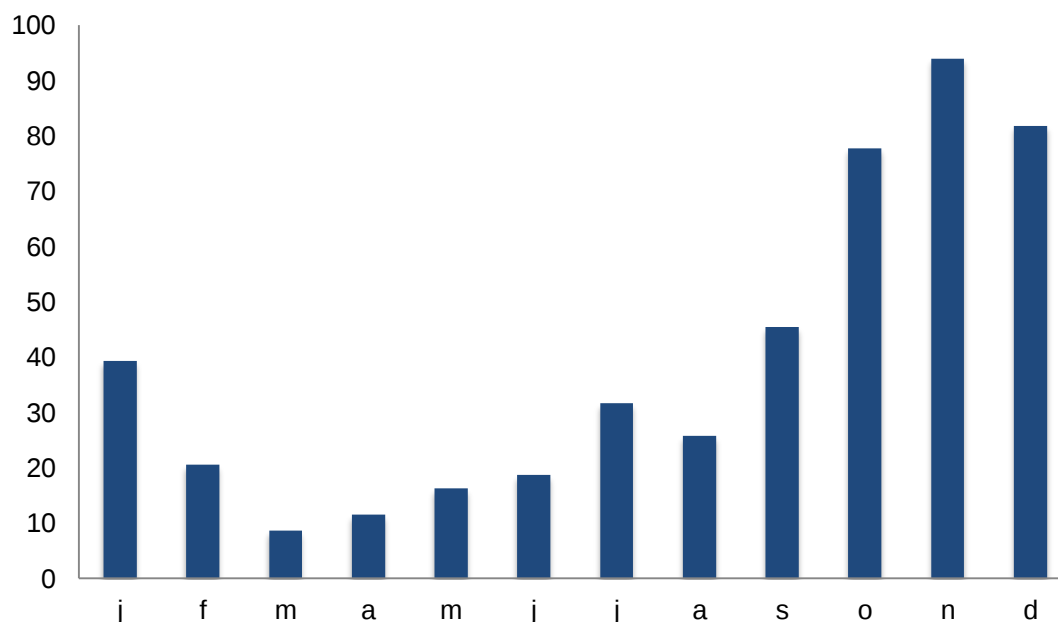
Na de conclusie dat er op Aruba onvoldoende water beschikbaar is voor irrigatiedoeleinden spitst dit onderzoek zich toe op de vraag of er binnen het stedelijk gebied van Aruba op duurzame wijze kan worden voorzien in irrigatiewater. Om deze vraag te kunnen beantwoorden wordt eerst een inventarisatie gemaakt van de beschikbare bronnen van water op Aruba. Vervolgens wordt onderzocht of deze bronnen duurzaam kunnen worden ingezet.

3.1 Inventarisatie van bronnen voor irrigatiewater op Aruba

3.1.1 Neerslag

Aruba heeft een semi-aride klimaat waardoor de hoeveelheid neerslag beperkt is. Gemiddeld valt er 471,7 mm regen per jaar, het grootste deel hiervan valt in het regenseizoen dat loopt van oktober tot december. (DMA, 2011) Grote afwijkingen van het gemiddelde komen regelmatig voor. Met een oppervlakte van ongeveer 180 km² (United Nations , 2011) ontvangt Aruba jaarlijks gemiddeld 84.906.000 m³ regenwater.

Figuur 5. Neerslag in mm. Maandgemiddelden voor periode 1981-2010, Beatrix Airport Aruba.



3.1.2 Grondwater

Grondwaterbronnen op Aruba, zijn beperkt en van slechte kwaliteit. De samenstelling van het grondwater wordt vooral bepaald door binnendringen van zeewater, zeenevel en verdamping. Als gevolg hiervan is het water voornamelijk brak. De infiltratie van zoet afvalwater uit beerputten en septic tanks zorgt lokaal voor ontziltting van het grondwater maar heeft ook hoge concentraties nitraat als gevolg. (Sambeek, 2000)

3.1.3 Oppervlaktewater

Aruba heeft geen noemenswaardige bronnen van oppervlaktewater. Op het eiland zijn verschillende “dammen” en “tankies”, spaarbekkens waarvan het water, indien aanwezig en van voldoende kwaliteit, gebruikt wordt voor irrigatie en andere landbouwdoeleinden. Illegale lozingen van ongezuiverd afvalwater vinden regelmatig plaats en vormen een bedreiging voor de volksgezondheid. (Gobierno di Aruba, sd)

De beken op het eiland die zorgen voor de afvoer van regenwater staan het grootste deel van het jaar droog. Door de plaats Fontein, gelegen in het huidige Parke Nacional Arikok, stroomt de enige constante waterloop van Aruba.

3.1.4 Zeewater

Het beperkte aanbod en de slechte kwaliteit van het grondwater en het ontbreken van zoet oppervlaktewater is aanleiding geweest voor Aruba haar drinkwater te produceren door middel van destillatie van zeewater. Omdat Aruba een eiland is en stedelijke gebieden zich vooral aan de kust concentreren is er directe toegang tot deze bron. De beschikbaarheid van deze bron kent geen beperkingen in volume. Zeewater is niet direct inzetbaar ten behoeve van irrigatie.

3.1.5 Drinkwater

In 1957 werd op Aruba begonnen met de bouw van de toenmalig grootste zeewaterdestillatiefabriek ter wereld. Vanaf dat moment zijn nagenoeg alle huizen aangesloten op de waterleiding.

Het drinkwater wordt geleverd door het Water- en Energiebedrijf Aruba N.V. (WEB) en is van hoge kwaliteit. Op haar terrein beschikt het WEB over 8 opslagtanks voor drinkwater met een gezamenlijke capaciteit van 98.400 m³. Vanuit deze tanks wordt het water via vier hoofdleidingen verspreid over het eiland waar het WEB over nog eens zeven tanks met een gezamenlijke capaciteit van 73.900 m³ beschikt.

De totale opslagcapaciteit voor drinkwater bedraagt dus 172.300 m³. Deze hoeveelheid water representeert grofweg vijf dagen watergebruik. Gemiddeld wordt er op Aruba per dag 33.400 m³ drinkwater gebruikt. De productiecapaciteit van de geïnstalleerde ontziltingsinstallaties is 42.000 m³ per dag. (WEB Aruba, 2011) (Aruba Foreign Affairs)

Naast de beperkte productiecapaciteit, vormen hoge kosten als gevolg van energiegebruik een probleem voor het gebruik van drinkwater ten behoeve van irrigatie.

3.1.6 Afvalwater

Huishoudelijk afvalwater wordt op Aruba voornamelijk verwerkt in beerputten en septic tanks. In Oranjestad en San Nicolas wordt afvalwater gedeeltelijk afgevoerd via riolering en behandeld in rioolwaterzuiveringsinstallaties. Er is een aparte zuiveringsinstallatie voor de behandeling van het per tankauto aangevoerde beerputwater. Puntbronnen voor lozingen van industrieel afvalwater zijn onder andere afkomstig van de oliaffinaderij in San Nicolas en de water- en elektriciteitscentrale te Balashi. Het huidige beleid op het gebied van de behandeling van afvalwater is erop gericht zoveel mogelijk huizen en bedrijven aan te sluiten op het rioleringsstelsel. (Directie Infrastructuur en Planning, 2009)

Afvalwater is als bron van zoetwater het gehele jaar constant en wijdverspreid beschikbaar binnen de stedelijke omgeving van Aruba. Vanwege in het water aanwezige verontreinigingen is het niet direct inzetbaar ten behoeve van irrigatie.

3.2 Duurzaamheid van bronnen voor irrigatiewater op Aruba

3.2.1 Neerslag

Regenwater is de primaire bron van irrigatiewater binnen het ecosysteem van de aarde. Deze bron is kosteloos en bovendien de meest duurzame bron van zoetwater doordat regen het resultaat is van natuurlijke processen.

3.2.2 Grondwater

Voor grondwater geldt dat het enkel duurzaam gebruikt kan worden ten behoeve van irrigatie als de hoeveelheid onttrokken water gelijk is aan de hoeveelheid water waarmee het door het proces van infiltratie wordt aangevuld. Het grondwater van Aruba is in de huidige situatie van een dusdanige kwaliteit dat het niet geschikt is voor irrigatiedoeleinden bovendien leidt onttrekking tot verdere verzilting.

3.2.3 Oppervlaktewater

Oppervlaktewater is beperkt aanwezig op Aruba en belangrijk voor natuurlijke ecosystemen. Voor het duurzaam gebruik van oppervlaktewater geldt hetzelfde als voor grondwater, dat onttrekking gelijk dient te zijn aan de mate waarin het wordt aangevuld.

3.2.4 Zeewater

Zeewater is als bron onbeperkt aanwezig op Aruba, het kan echter niet direct gebruikt worden als irrigatiewater. Duurzaam gebruik van deze bron hangt in grote mate af van de techniek waarmee het wordt omgezet in bruikbaar water. De invloed die het winnen van zeewater en het afvoeren van restwater hebben op mariene ecosystemen spelen hierbij een rol. Bijzondere aandacht verdient de bron waarmee in de benodigde energie voor het ontziltingsproces wordt voorzien.

3.2.5 Drinkwater

Aruba is voor het ontzilten van haar drinkwater afhankelijk van energie uit fossiele bronnen. Het gebruik van drinkwater ten behoeve van irrigatie kan hierdoor niet als duurzaam worden gezien. De grote hoeveelheid energie die geïnvesteerd wordt in de productie van drinkwater van hoge kwaliteit maakt het onrendabel dit water in te zetten als irrigatiewater.

3.2.6 Afvalwater

Hergebruik van afvalwater is belangrijk om te kunnen komen tot een duurzaam systeem voor watervoorziening. Het zorgt ervoor dat zowel de inname van water, als de lozing van afvalwater kan worden beperkt en daarmee de nadelige effecten hiervan op het milieu. Door water terug te winnen uit afvalwater kan worden bespaard op de hoge kosten voor het produceren van zoetwater middels destillatie van zeewater. Naast zoet water bevat afvalwater ook andere grondstoffen die kunnen worden teruggewonnen voor hergebruik.

3.2.7 Locatie van de bronnen

Voor het duurzaam beschikbaar maken van irrigatiewater is het van belang dat de bronnen hiervoor dicht bij de plek liggen van de vraag naar irrigatiewater. Energiekosten voor transport en het aanleggen van de kostbare infrastructuur die hiervoor nodig is kunnen zo worden vermeden.

3.3 Conclusie

Neerslag is een duurzame bron van irrigatiewater. Gezien het droge klimaat van Aruba dient ingezet te worden op optimaal en efficiënt gebruik van deze bron. Grond- en oppervlaktewater zijn nagenoeg niet beschikbaar. Vanwege de slechte kwaliteit van het water en het belang van deze bronnen voor natuurlijke ecosystemen is intensief gebruik ervan niet mogelijk en bovendien ongewenst. Regenwater speelt een belangrijke rol in het aanvullen van deze natuurlijke reserves. Zeewater kan als bron duurzaam gebruikt worden mits bij het winnen van deze bron rekening gehouden wordt met de invloed hiervan op mariene ecosystemen. Tevens dient zout restwater dat vrijkomt bij het productieproces veilig te kunnen worden teruggebracht naar zee. Voor het produceren van zoetwater uit deze bron is veel energie nodig. Vooralsnog wordt in deze energiebehoefte voorzien met fossiele brandstoffen, vandaar dat het gebruik van drinkwater voor irrigatiedoeleinden niet als duurzaam kan worden gezien. In hergebruik van afvalwater ligt potentie voor verduurzaming van de watervoorziening. Door afvalwater geschikt te maken voor hergebruik kan het niet alleen veilig worden afgevoerd maar tevens nuttig worden ingezet. Dit kan bijdragen aan besparing op de hoge kosten voor de productie van zoetwater.

Vraag is middels welke methode en technieken, gebruikmakend van deze bronnen, op duurzame wijze irrigatiewater geproduceerd kan worden op Aruba. Omdat zeewater niet direct op woningniveau beschikbaar is zal dit onderzoek zich verder toespitsen op regenwateropvang en hergebruik van afvalwater. Mocht middels deze technieken niet in de volledige behoefte aan irrigatiewater voldaan kunnen worden, dan worden de mogelijkheden van duurzaam gebruik van zeewater verder onderzocht.

4 Het opvangen van regenwater

Doel van dit hoofdstuk is te onderzoeken op welke wijze regenwater in een stedelijke omgeving kan worden opgevangen en ingezet ten behoeve van irrigatie.

4.1 Inleiding

Regenwater is niet alleen een duurzame, maar ook onze primaire bron van zoet water. De aanwezigheid van water was ooit de voornaamste reden voor mensen om zich in stroomgebieden te vestigen. Door verstedelijking en het daarmee gepaard gaande gebruik van voor water ondoordringbare materialen, is regenwater inmiddels een bron van overlast geworden. In het verleden werd regenwater opgevangen en gebruikt als drinkwater, voor het besproeien van tuinen en voor agrarische doeleinden. Zodra stedelijke gebieden zich begonnen te ontwikkelen, zo ook op Aruba, namen systemen voor centrale watervoorziening de noodzaak voor regenwateropvang weg. Watermanagement in verstedelijkte gebieden heeft tegenwoordig vaak als hoofddoel deze hulpbron zo snel mogelijk af te voeren om overlast te beperken. Door regenwater weer te zien als waardevolle hulpbron en stroomgebieden duurzaam te beheren kan de opvang ervan bijdragen aan het voorzien in en verminderen van de behoefte aan irrigatiewater.

4.2 Systemen voor het opvangen van regenwater

Systemen voor het opvangen en distribueren van regenwater zijn onder te verdelen in twee categorieën:

- Systemen die zich richten op het direct irrigeren van beplante gebieden en het infiltreren van regenwater in de bodem;
- En systemen die gebruik maken van reservoirs voor de opslag van regenwater.

Een systeem voor het opvangen van regenwater bestaat uit verschillende onderdelen: Aanbod (regen), vraag (de waterbehoefte van het landschap) en het distributiesysteem dat er voor zorgt dat het water terecht komt op de gewenste plek.

4.2.1 Aanbod van regenwater

Het aanbod, de afvoer van regenwater, kan worden omschreven als regenwater dat van een oppervlak stroomt. Het opvangoppervlak. Een opvangoppervlak is elk oppervlak waarvan water kan worden opgevangen. Als het opvangoppervlak ondoordringbaar is voor water vindt dit direct plaats. Is het oppervlak waterdoorlatend, dan vindt afvoer pas plaats wanneer het oppervlak verzadigd is. Afvoer kan worden opgevangen en direct worden ingezet ten behoeven van de irrigatie van planten of worden opgeslagen voor later gebruik. Afvoer wordt beïnvloed door een aantal factoren, de belangrijkste is de hoeveelheid regen. De regenduur refereert aan de periode waarin de regen valt, hoe langer de regenduur, hoe meer water kan worden opgevangen. De intensiteit van een regenbui beïnvloed hoe snel water wordt afgevoerd en de snelheid waarmee dit gebeurt. Hoe groter de intensiteit en hoe langer de regenduur, des te groter de hoeveelheid water die kan worden opgevangen. Ook de timing van een regenbui is van belang. Bij een enkele bui infiltreert water in de droge bodem tot deze verzadigd raakt. Hoe dichter een tweede regenbui volgt op de eerste, des te groter de afvoer. Dit vanwege het feit dat er reeds water in de bodem aanwezig is.

4.2.2 Waterbehoefte van planten en gewassen

De keuze voor het type plant of gewas, hun leeftijd en grootte, hoe dicht ze bij elkaar geplant worden en waar ze geplant worden heeft allemaal invloed op hoeveel water er nodig is om een landschap gezond te houden. Omdat regenval schaars is in aride klimaten zoals dat van Aruba, heeft het de voorkeur planten te selecteren met een lage waterbehoefte en de dichtheid van de beplanting te controleren om de algehele behoefte aan water te reduceren. In het geval van productiegewassen heeft het nut doormiddel van beschaduwden evapotranspiratie te reduceren. Inheemse planten zijn goed aangepast aan seizoensgebonden en kort durende beschikbaarheid van water en woestijnplanten tolereren droogte, dit maakt ze een goede keuze voor landschapsbeplanting.

4.3 Systemen voor directe irrigatie en infiltratie

Een eenvoudig systeem bestaat uit een opvangoppervlak, een middel voor distributie van het water welke werkt door middel van zwaartekracht en een bestemming voor het water. Binnen stedelijk gebied zijn daken, verharde oppervlakken en onverharde bodem de oppervlakken waarop regenwater zich verzameld. De beste opvangoppervlakken hebben een hard en glad oppervlak zoals beton of metalen dakplaten. Voor de infiltratie van regenwater zijn alleen onverharde oppervlakken geschikt.

Het distributiesysteem verbindt het opvangoppervlak met de bestemming voor het regenwater. Distributiesystemen kunnen zeer simpel of geraffineerd zijn. Enkele voorbeelden:

- Dakgoten en regenpijpen leiden water naar een verzamelgebied en bestrating onder afschot leidt water naar een aangeplante border.
- Heuvelachtig terrein bied een ideale situatie om water van een opvangoppervlak naar een infiltratiegebied te laten stromen.
- Greppels, geulen en afwateringskanalen kunnen worden gebruikt om water te verplaatsen. Uitgebreide systemen van open kanalen kunnen worden voorzien van verdeelarmen en poorten om water van het ene gebied naar het andere te leiden.
- Buizen, al dan niet geperforeerd en systemen voor druppelirrigatie kunnen worden ingezet voor het verspreiden van water.
- Verlaagde stoepranden kunnen water afkomstig van de straat of parkeerplaatsen naar beplante gebieden leiden (figuur 6).

Figuur 6. Verlaagde stoeprand.



(SEMCOG, sd)

Bij optimaal gebruik wordt de afvoer van regenwater geleid naar een verzamelgebied op het eigen perceel waar het direct infiltreert in de bodem en dient als irrigatie voor de daar aanwezige beplanting. Een verzamelgebied kan een verzonken depressie in het landschap zijn of een beplant gebied omrand met een berm. Een goed voorbeeld van een eenvoudig systeem is een dak waarvan het water in een direct eronder gelegen afvoerkanaal of beplante border stroomt.

Verzamelgebieden in het landschap slaan water op in de bodem voor direct gebruik door planten. Zij kunnen het water vasthouden en zo infiltratie bevorderen en de kans op overstroming verkleinen. Depressies of bassins kunnen in het landschap worden uitgegraven, de grond kan vervolgens worden gebruikt om het verzonken gebied te voorzien van een berm.

Met behulp van bermen, greppels en aarden terrassen kunnen ook relatief vlakke percelen worden ingericht om water vast te houden. Verzamelplaatsen voor water kunnen zo worden ontworpen dat de overloop van het ene gebied in het volgende overstroomt.

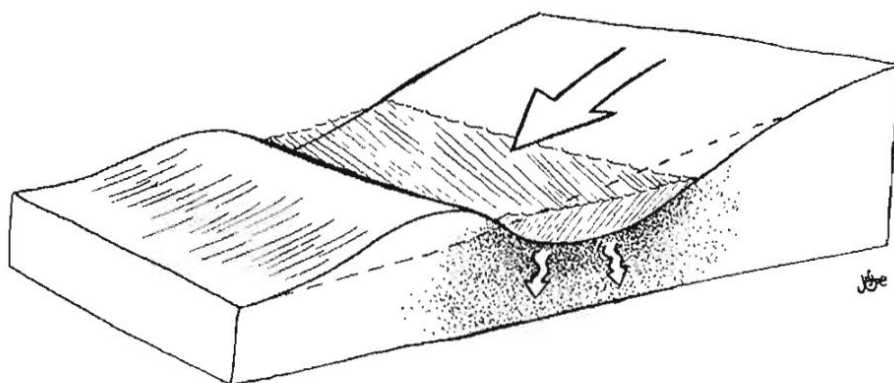
4.3.1 Grondwerken

Grondwerken spelen een belangrijke rol bij het opvangen van regenwater. Onverharde oppervlakken kunnen gelijktijdig worden ingezet als opvangoppervlak en infiltratiegebied. Met behulp van grondwerken kan landschap zo worden ingericht dat water zich verzameld op de plekken waar dit wenselijk is bijvoorbeeld rondom bomen of in een border.

berm en bassin

De berm en bassin techniek bestaat uit een in een helling uitgegraven bassin en een verhoogde berm. De techniek wordt gebruikt om water op glooiend en heuvelachtig terrein te vertragen, verspreiden en infiltreren.

Figuur 7. Een berm en bassin houden water vast zodat het kan infiltreren in de bodem.

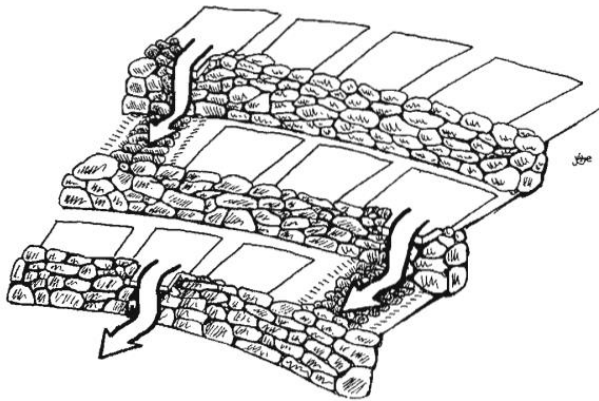


(Lancaster, 2008)

Terrassen

Met terrassen wordt een horizontaal oppervlak tegen een helling gecreëerd de grond wordt op zijn plek gehouden door een keermuur. Regenwater wordt gelijkmatig verdeeld en krijgt de kans te infiltreren. Het gecreëerde oppervlak kan worden gebruikt voor het telen van gewassen.

Figuur 8. Terrassen met stenen keermuren. Wisselend geplaatste overlopen zorgen voor gelijkmatige verspreiding van regenwater.

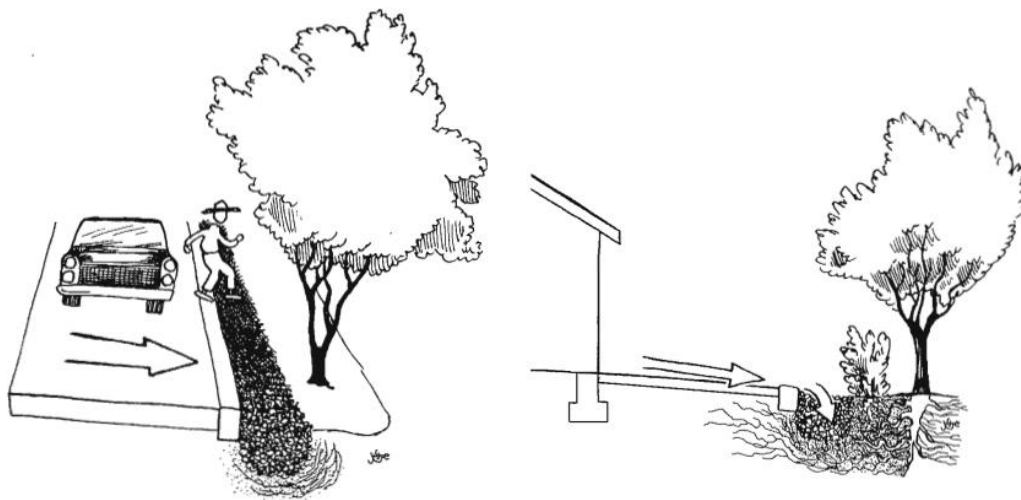


(Lancaster, 2008)

Franse drain

Een Franse drain is een geul of bassin gevuld met poreus materiaal, zoals bijvoorbeeld grof grind. Water krijgt de kans snel in de drain te infiltreren waarna het vandaaruit de bodem in kan sijpelen. De drain is met name geschikt voor het omleiden en vasthouden van water om het vervolgens te laten infiltreren.

Figuur 9. Een Franse drain kan worden ingezet om water dat van verschillende oppervlakken afstroomt op te vangen en te infiltreren.



(Lancaster, 2008)

Infiltratie bassin

Een ondiepe in de aarde gegraven depressie waarin water zich kan verzamelen en infiltreren. Infiltratie bassins kunnen worden toegepast in een vlak tot licht glooiend landschap. De effectiviteit van infiltratie bassins is het grootst wanneer ze worden ingezet voor het verzamelen van irrigatiewater voor de erin aanwezige beplanting. Naast water kan een bassin ook bladeren en ander organisch materiaal verzamelen welke werken als mulch.

Figuur 10. Van links naar rechts, een boom geplant op een heuvel waarvan water en grond wegstromen; in een ronde berm welke regen en bladeren die buiten de berm vallen, van de boom af leiden; en in een infiltratiebassin waarnaar de omgeving helt zodat alle directe regenval, afstroming uit de omgeving en bladval verzameld wordt.



(Lancaster, 2008)

Mulchen of bodembedekking

Mulchen is het aanbrengen van een beschermende laag over bestaande bodem. Er kunnen verschillende materialen gebruikt worden om de bodem te bedekken. Organische resten zoals houtsnippers, hooi, bladeren en compost houden water vast omdat ze werken als een spons. Door de grond te bedekken met een laag mulch wordt uitdroging voorkomen. Bijkomende voordelen van mulchen zijn dat het de structuur van de bodem open en los houdt waardoor water beter kan infiltreren en dat het verteringsproces van de mulch zorgt dat er voedingsstoffen vrijkomen in de bodem.

Water doorlaatbare bestrating en het reduceren van verharde oppervlakken

Om de mogelijkheden voor de infiltratie van regenwater in een stedelijke omgeving te vergroten is het belangrijk de grote hoeveelheid verharde oppervlakken te reduceren. Dit kan door daar waar mogelijk deze oppervlakken te verwijderen. Een andere mogelijkheid is het gebruik van half verhardingen zoals grind en water doorlaatbare bestrating.

4.4 Systemen voor het opslaan van regenwater voor irrigatie doeleinden

Regenwater dat wordt opgevangen door daken heeft de bijzondere kwaliteit dat het nauwelijks in contact komt met verontreinigingen en relatief eenvoudig kan worden opgeslagen. Regenwater opgeslagen in een reservoir heeft als voordeel dat het kan fungeren als buffer voor droge periodes, dat het water daar waar nodig en in de juiste hoeveelheden gebruikt kan worden. Vanuit het reservoir kan water met behulp van een pomp, zwaartekracht of gieters verder worden verspreid.

Bij het opvangen van regenwater voor opslag in een reservoir is het belangrijk dat bladeren en ander grof vuil zoveel mogelijk uit het water wordt gefilterd.

4.4.1 Reservoirs

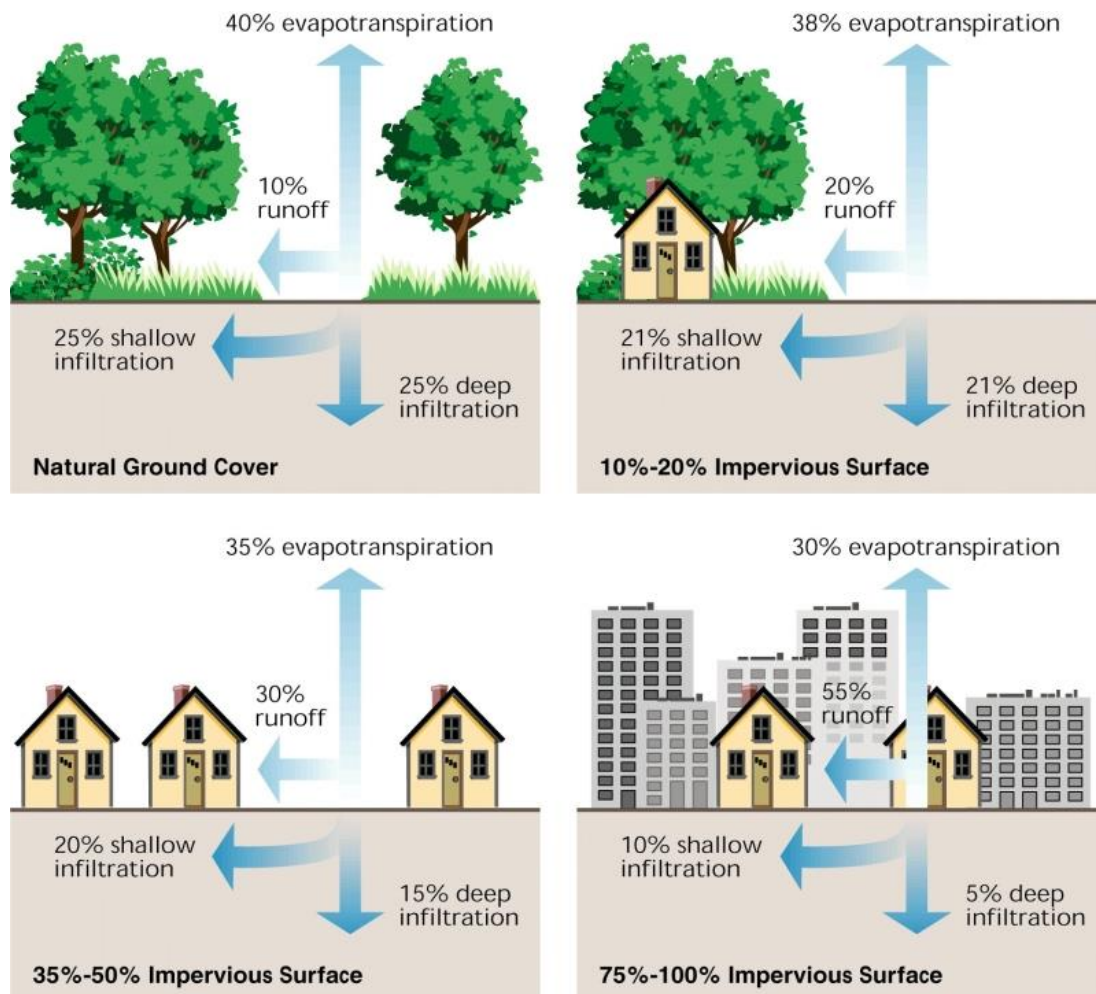
Het doel van een reservoir is het bufferen van water zodat dit op een later tijdstip kan worden gebruikt. Reservoirs voor de opslag van regenwater verschillen in formaat en het materiaal waaruit ze worden opgebouwd. Ze kunnen zowel bovengronds als ondergronds worden aangelegd. Hierbij dient rekening gehouden te worden dat de kosten voor constructie van ondergrondse reservoirs groter zijn vanwege de benodigde graafwerkzaamheden. Voordeel van een bovengronds geïnstalleerd reservoir is dat er gebruik gemaakt kan worden van zwaartekracht voor het verspreiden van het water daar waar dit bij een ondergronds reservoir een pomp vereist. Voordeel van een reservoir dat deels ondergronds is aangelegd is dat er op hetzelfde oppervlak een grotere buffer kan worden gerealiseerd. Bij de keuze voor het volledig ondergronds plaatsen van een reservoir spelen overwegingen op het gebied van ruimte en esthetiek een rol.

4.5 Voordelen van doelgerichte regenwateropvang

Regen is een duurzame en waardevolle bron van zoet water. Slechts 2,5% van al het water op aarde is zoet water. De enige manier waarop deze voorraad wordt aangevuld is doormiddel van neerslag. Stedelijke ontwikkeling zonder aandacht voor de natuurlijke waterkringloop heeft er voor gezorgd dat deze verstoord is. In plaats van een omgeving waarin water wordt vastgehouden hebben we gebieden gecreëerd die water “lekken”.

Voor de verstedelijking van stroomgebieden zorgde natuurlijke systemen voor de afvoer van regenwater. Maar liefst 50% van het regenwater kreeg de kans te infiltreren in de bodem en zo grondwaterreserves aan te vullen. Nog eens 40% werd vrijgegeven aan de atmosfeer door verdamping van oppervlaktewater en waterverlies van planten. Slechts 10% werd als overtollig water door waterlopen afgevoerd naar zee. Door de grote hoeveelheid ondoordringbare oppervlakken waaruit stedelijke gebieden zijn opgebouwd, zoals daken, straten en parkeerplaatsen, verzameld regenwater zich sneller en in grotere hoeveelheden. Verstedelijking heeft gezorgd voor een aanzienlijke toename van afvoerwater en reductie van infiltratie en evapotranspiratie (figuur 11). Regenwater wordt door buizen, straten en afvoerkanalen geloosd op kreken en rivieren waar het schade door overstromingen en erosie kan veroorzaken. Tijdens het afvoeren verzameld water sedimenten en verontreinigingen die niet alleen zorgen voor stress op watervoorraden maar tevens schade toebrengen aan belangrijke en kwetsbare ecosystemen.

Figuur 11. Impact van ondoordringbare oppervlakken op evapotranspiratie, afstroming en infiltratie van regenwater.



(EPA, 2001)

Om de negatieve effecten van stedelijke ontwikkeling op de natuurlijke afvoer van regenwater te verminderen is het nodig huidige systemen voor afvoer van regenwater anders in te richten en stroomgebieden duurzaam te beheren. Niet alleen voor nieuwe ontwikkelingen maar ook voor bestaande situaties geldt, dat door middel van goede planning en ontwerp:

- Natuurlijke hulpbronnen in stand gehouden worden,
- verontreiniging van beken, rivieren en stranden wordt voorkomen,
- een gezonde leefomgeving kan worden gecreëerd,
- infrastructuur wordt beschermd en wateroverlast verminderd.

(Resource Conservation District of Santa Cruz County, 2009)

Om te kunnen voorzien in de behoefte aan irrigatiewater is het van belang water zo lang mogelijk vast te houden, te verspreiden in onze omgeving en het de kans te geven door middel van infiltratie natuurlijke watervoorraden aan te vullen.

5. Afvalwater

Doel van dit hoofdstuk is te onderzoeken op welke wijze afvalwater binnen de stedelijke omgeving geschikt gemaakt kan worden voor hergebruik. Er zijn verschillende stromen afvalwater; Huishoudelijk afvalwater, commercieel en industrieel afvalwater en afvalwater afkomstig van agrarische processen. Dit onderzoek richt zich op hergebruik van huishoudelijk afvalwater ten behoeve van irrigatie van voedselgewassen.

5.1 Inleiding

In de huidige situatie wordt op Aruba het overgrote deel van het huishoudelijk afvalwater op locatie behandeld met behulp van septic tanks. Een klein deel van het woningbestand, met name in de steden Oranjestad en San Nicolas, is middels riolering aangesloten op centrale afvalwaterzuivering.

Centrale afvalwaterzuivering is niet alleen kostbaar door de energie die nodig is voor het zuiveren van afvalwater, een groot deel van de kosten liggen in de infrastructuur voor het transport van afvalwater. Omdat deze infrastructuur in de huidige situatie voor een groot deel nog ontbreekt en het doel is afvalwater op woningniveau te hergebruiken wordt gezocht naar decentrale oplossingen. Met decentrale oplossingen kunnen de hoge kosten voor transport van afvalwater worden vermeden en kan water op locatie beschikbaar worden gemaakt voor hergebruik.

Een van de redenen dat wordt gezocht naar alternatieven voor irrigatie met drinkwater zijn de hoge kosten van dit water op Aruba. Naast verschillende duurzaamheidscriteria dienen daarom ook de kosten in overweging genomen te worden.

Binnen de stedelijke omgeving is afvalwater een belangrijke reststroom vanwege de grondstoffen die zij bevat. Naast zoet water bevat deze stroom organisch materiaal en de drie belangrijkste voedingsstoffen voor plantaardige productie: stikstof, fosfor en kalium. Theoretisch gezien bevatten huishoudelijk afvalwater en huishoudelijk organisch afval samen, bijna voldoende voedingsstoffen voor de productie van de wereldvoedselbehoefte. (Jenssen, 2007)

5.2 Bronscheiding

Vanwege de in het afvalwater aanwezige verontreinigingen is huishoudelijk afvalwater niet direct inzetbaar voor het irrigeren van gewassen. Om hergebruik mogelijk te maken is het noodzakelijk de kwaliteit ervan te verbeteren. Dit kan niet alleen door afvalwater te zuiveren maar ook door verschillende stromen afvalwater aan de bron te scheiden.

Het scheiden van verschillende waterstromen binnen de stedelijke omgeving is een belangrijke stap richting duurzame verwerking van afvalwater. Bronscheiding kent nauwelijks CO₂ uitstoot en vergroot het aantal mogelijkheden voor behandeling en recycling van afvalwater in stedelijk gebied. (Jenssen, 2007)

In de stroom van huishoudelijk afvalwater kan onderscheid gemaakt worden tussen zwart- en grijswater. Zwartwater is het afvalwater uit het toilet en grijswater is al het andere afvalwater afkomstig uit de woning. Huidige afvalwatersystemen maken veelal geen onderscheid tussen zwart en grijswater. De twee soorten afvalwater worden samen via het riool afgevoerd naar septic tanks of centrale waterzuiveringsinstallaties. Ongeveer 30% van huishoudelijk afvalwater is zwartwater. Ondanks dat grijswater, vanwege de beperkte hoeveelheid verontreinigingen, minder intensief behandeld hoeft te worden krijgt het dezelfde behandeling als zwartwater. Door zwart en grijswater te scheiden aan de bron wordt het mogelijk de stromen los van elkaar te behandelen.

5.2.1 Grijswater

Grijswater is licht verontreinigd afvalwater afkomstig van huishoudelijk gebruik. Afvalwater afkomstig uit douche, wasmachine en wastafel vallen binnen deze definitie. Vanwege de geringe verontreiniging van grijswater is behandeling ervan eenvoudiger dan zwartwater. Als grijswater door bronscheiding als stroom beschikbaar is gemaakt zijn er twee opties. Grijswater wordt zonder verdere behandeling ingezet als irrigatiewater of grijswater wordt op locatie gezuiverd waardoor het breder toepasbaar wordt als irrigatiewater en tevens zou kunnen worden hergebruikt voor toiletspoeling of als waswater.

5.2.2 Zwartwater

Afvalwater afkomstig van een toilet wordt gezien als zwartwater, water uit de keukengootsteen en vaatwasser wordt soms ook gezien als zwartwater vanwege de grote hoeveelheid voedselresten die hierin aanwezig kunnen zijn. Zwartwater bevat 90% van het stikstof, 74% van de fosfaten, 79% van het kalium en 30%-75% van het organisch materiaal aanwezig in ons afvalwater. (Jenssen, 2007) Bij het verwerken van zwartwater is recycling van deze grondstoffen een belangrijk aandachtspunt.

5.3. Direct gebruik van grijswater

Eerste stap om te komen tot een grijswatersysteem is het afkoppelen van het grijze water van het zwarte water. Door het aanleggen van aparte afvoerkanalen kunnen beide stromen elk apart behandeld worden. Grijswater kan direct worden ingezet als irrigatiewater door gebruik te maken van grondwerken gelijk aan die voor het opvangen van regenwater. Het water afkomstig uit de woning kan direct worden afgevoerd naar infiltratie bassins gevuld met mulch waarin beplanting is opgenomen. De organische voedingsstoffen en bacteriën aanwezig in grijswater worden door planten en micro-organisme in de bodem gefilterd en afgebroken. Grijswater wordt zo op een natuurlijke manier behandeld en keert schoon terug in de waterkringloop.

Zeep en schoonmaakmiddelen hebben invloed op de kwaliteit van het grijswater. Het is belangrijk plantvriendelijke producten te gebruiken die biologisch afbreekbaar zijn en niet giftig. Producten die zout (natrium) en boor (borax) bevatten dienen zoveel mogelijk vermeden te worden, deze stoffen zijn niet giftig maar in grote hoeveelheden schadelijk voor de groei van planten. Schadelijke stoffen zoals bijvoorbeeld chloor en gootsteenontstopper dienen afgevoerd te worden via het riool. Voordeel van het wijdverspreide gebruik van septic tanks op Aruba is dat voor het goed functioneren van deze systemen soortgelijke gebruiksvoorwaarden gelden en men dus gewend is te letten op welke producten er door het afvoerputje verdwijnen.

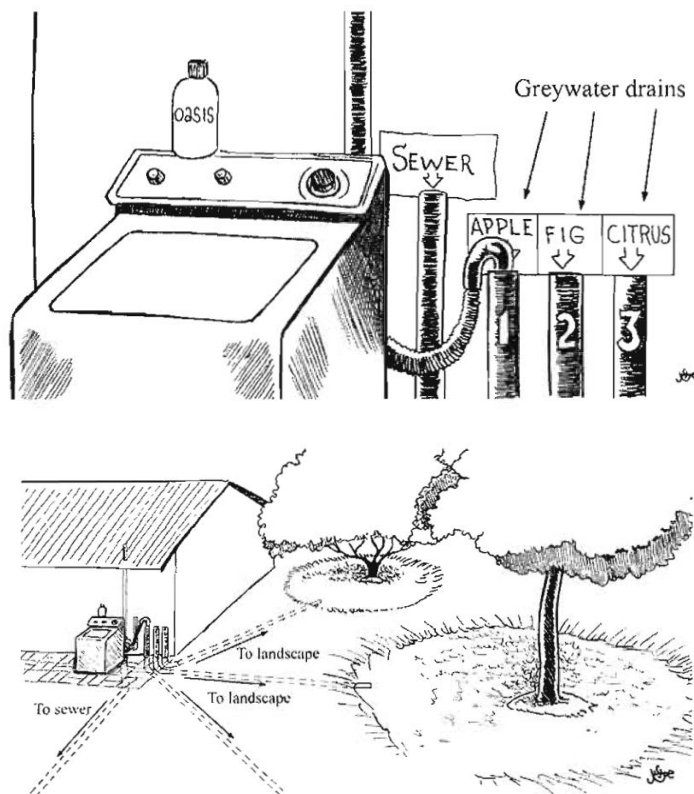
Ondanks dat de gezondheidsrisico's van irrigatie met grijswater zeer klein zijn kunnen deze niet in zijn geheel worden uitgesloten. Voor het veilig gebruik ervan is een belangrijke voorzorgsmaatregel direct contact tussen mens en grijswater te vermijden. Dit houdt in dat grijswater niet gebruikt kan worden in combinatie met sprinklers en bij voorkeur ondergronds wordt verspreid. Daarnaast wordt irrigatie van gewassen die in direct contact komen met het water, zoals wortelgewassen en laag groeiende bladgroente afgeraden.

5.3.1 Systemen voor direct gebruik van grijswater

Infiltratie bassins vormen de basis van systemen voor direct gebruik van grijswater. In deze bassins wordt het water niet alleen gezuiverd door middel van natuurlijke processen, het is ook de plek waar planten toegang hebben tot het water en de erin aanwezige voedingsstoffen. Systemen voor direct gebruik van grijswater integreren de behandeling van grijswater en voedselproductie in een enkel systeem.

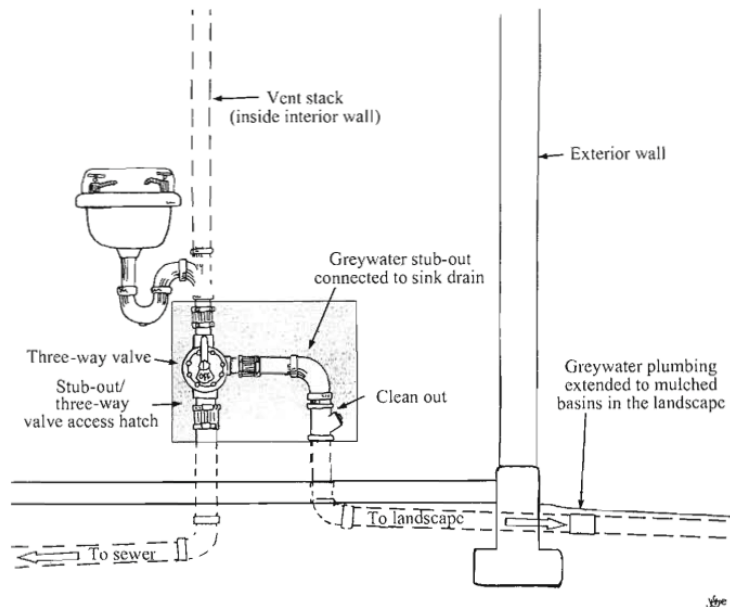
De verschillende bronnen van grijswater in de woning kunnen door middel van een irrigatiesysteem gekoppeld worden aan een of meerdere infiltratie bassins (figuur 12). Door in de woning dubbele afvoerkanalen aan te leggen op de plekken waar grijswater geproduceerd wordt en deze hier middels een driewegklep aan te koppelen hebben bewoners de keuzemogelijkheid het water via het riool of het irrigatiesysteem af te voeren (figuur 13). Bij incidenteel gebruik van voor planten schadelijke producten kunnen deze dan via het riool worden afgevoerd.

Figuur 12. Irrigatiesysteem voor een wasmachine. Grijswater kan worden gebruikt in verschillende infiltratiebassins of worden afgevoerd via het riool.



(Lancaster, 2008)

Figuur 13. Wastafel middels een driewegklep aangesloten op een irrigatiesysteem en het riool.



(Lancaster, 2008)

5.3.2 Zuiveren van grijswater

Omdat grijswater direct gebruikt kan worden voor het irrigeren van verschillende voedselgewassen is het niet noodzakelijk het vooraf te zuiveren. Zuivering van het water vindt immers gelijktijdig met het irrigeren van gewassen plaats als het wordt toegepast in infiltratiebassins voorzien van een laag mulch. Ondanks de directe toepasbaarheid van grijswater dienen de voor- en nadelen van eventuele zuivering in overweging genomen te worden.

Het grootste nadeel van het direct gebruik van grijswater is dat irrigatie van gewassen die in contact komen met het water wordt afgeraden vanwege risico's voor de gezondheid. Zuivering biedt hiervoor een oplossing.

Een alternatief is ervoor te kiezen deze gewassen niet te kweken of enkel gebruik te maken van regenwater voor het kweken van deze gewassen. Grijswater kan dan worden gebruikt voor irrigatie van gewassen die niet direct in contact komen met het water zoals bijvoorbeeld bij fruitbomen het geval is.

Het zuiveren van grijswater vereist kostbare investeringen, de investeringen voor het direct gebruik van grijswater zijn vele malen lager. Ondanks dat de kosten per zuiveringssysteem kunnen verschillen kan er veilig gesteld worden dat zelfs de kosten van het meest budgetvriendelijke systeem de kosten van een systeem voor directe irrigatie overstijgen. In de regel nemen natuurlijke zuiveringssystemen veel ruimte in, compacte systemen zijn kostbaar en maken veelal gebruik van een externe energiebron.

Opslag van ongezuiverd grijswater is niet gewenst, de kwaliteit van het water gaat dan snel achteruit. Bacteriën en micro-organismen kunnen zich in het water voortplanten door de voedingsstoffen die erin aanwezig zijn. Na slechts 24 uur kan er al stank optreden, als grijswater langer wordt opgeslagen zakt het kwaliteitsniveau al snel naar dat van zwartwater.

Na zuivering behoort opslag van grijswater over langere periode wel tot de mogelijkheden. De mate waarin het water wordt gezuiverd is bepalend voor de periode waarover het kan worden opgeslagen. De opslag van behandeld grijswater maakt het mogelijk het tijdstip van irrigatie en de intervallen tussen de irrigatiemomenten te bepalen. Hierdoor kan het efficiënter worden ingezet dan wanneer grijswater direct gebruikt wordt ten behoeve van irrigatie. Opslag van gezuiverd water betekent echter ook additionele kosten voor een reservoir.

Omdat de hoge kosten van water kunnen worden aangewezen als de voornaamste oorzaak voor het ontbreken agrarische productie op Aruba is het van belang irrigatiewater beschikbaar te maken met zo min mogelijk investeringen. Vandaar dat systemen voor direct gebruik van grijswater de voorkeur genieten.

5.4. Gebruik van zwart water

Op welke manier kan zwartwater binnen de stedelijke omgeving geschikt gemaakt worden voor hergebruik als irrigatiewater?

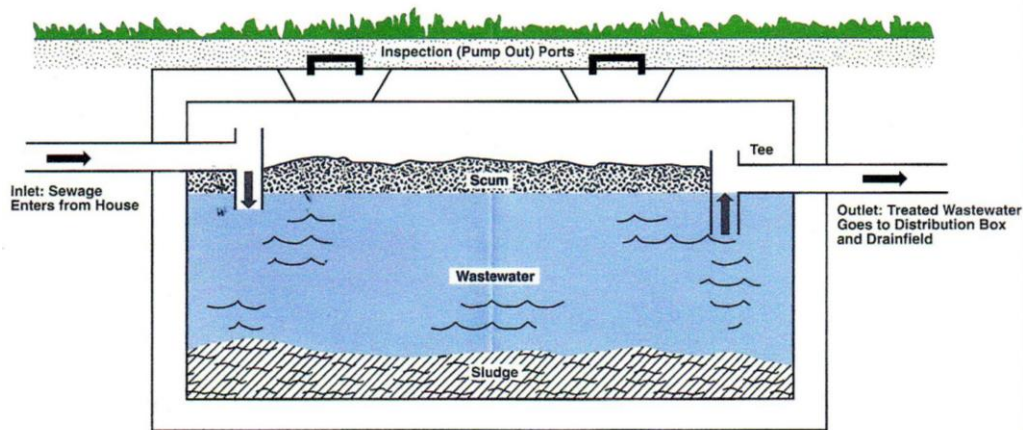
Huishoudelijk afvalwater wordt op Aruba in de meeste gevallen behandeld in een septic tank. Deze septic tanks zorgen voor een primaire behandeling van afvalwater, zodat het effluent zonder gevaar voor de volksgezondheid of onaanvaardbare milieuschade kan worden afgevoerd. Voor irrigatie is de kwaliteit van het afvalwater dat gebruikt kan worden mede afhankelijk van het te irrigeren gewas, de bodemsamenstelling en het gebruikte irrigatiesysteem. De kwaliteit bij een primaire behandeling is voldoende om gewassen, die niet worden geconsumeerd door mensen, te irrigeren. Om zwartwater geschikt te maken voor de irrigatie van voedselgewassen is een secundaire behandeling van het water vereist. (Pescod, 1992)

5.4.1 Systeem voor het zuiveren van zwartwater

Afvalwater wordt in de regel gezuiverd door een opeenvolging van verschillende behandelprocessen. Met elke volgende stap in het totale proces neemt de kwaliteit van het gezuiverde afvalwater toe. Hiervoor zijn verschillende systemen mogelijk, technische zeer complexe systemen zijn niet geschikt voor Aruba omdat kennis voor installatie en onderhoud ontbreekt (bijlage 2).

Dit onderzoek gaat ervan uit dat de septic tank, waar het overgrote deel van de huishoudens op Aruba gebruik van maakt, de eerste stap blijft in het zuiveringsproces. Door het toevoegen van een volgende stap aan dit bestaande systeem kan afvalwater gezuiverd worden tot een kwaliteit die geschikt is voor het irrigeren van gewassen.

Figuur 14. Septic tank.



(NYS Environmental Facilities Corporation , 2014)

In een septic tank (figuur 14) worden de vaste delen aanwezig in afvalwater gescheiden van het vloeibare deel. De lichte vaste delen vormen een drijvende laag bovenin de tank, de zware delen bezinken en vormen een sliblaag op de bodem van de tank. Een vloeibare laag water met zwevende stoffen, nutriënten, micro-organismen en andere verontreinigingen scheidt de twee lagen van elkaar. Anaerobe bacteriën aanwezig in de tank breken de vaste delen langzaam af. Wanneer er afvalwater de tank instroomt, stroomt er een gelijke hoeveelheid de tank uit. Ondanks dat het effluent uit de septic tank helder kan zijn bevat het nog micro-organismen: zoals bacteriën en virussen, voedingsstoffen: zoals nitraten en fosfor, opgeloste stoffen en zeer kleine deeltjes zwevende stoffen. Om het milieu en de volksgezondheid te beschermen, moet effluent aanvullend worden behandeld, dit gebeurt meestal middels een drainageveld. Het water wordt dan geïnfiltreerd in de bodem en verlaat het systeem.

5.4.2 Systeem voor het zuiveren tot irrigatiewater

Om het effluent uit de septic tank geschikt te maken voor irrigatie van voedselgewassen zal het een secundaire behandeling met behulp van aerobe bacteriën moeten ondergaan. Hiervoor moet zuurstof worden toegevoegd aan het water. Dit kan door middel van grote open sedimentatie vijvers. Voor toepassing op woningniveau zijn deze vijvers, wegens gebrek aan ruimte en stankoverlast, minder geschikt.

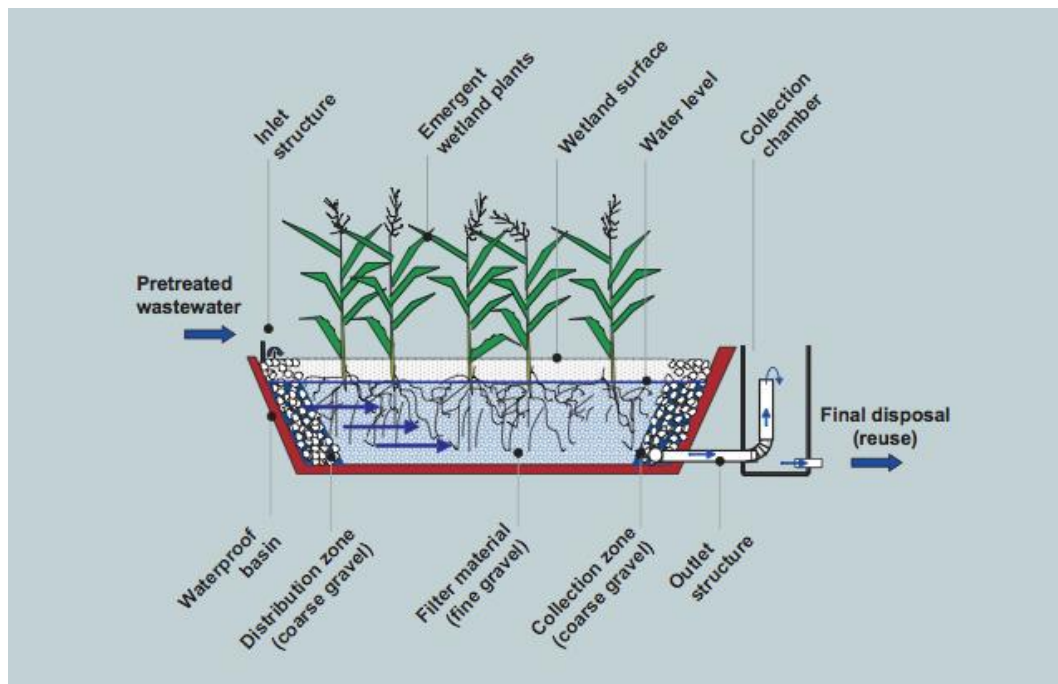
Er kan ook lucht door het afvalwater gepompt worden. Dit kost minder ruimte, maar de hiervoor benodigde energie maakt deze methode minder duurzaam. Een derde optie is een helofytenfilter, waarbij planten zorgen voor de toevoeging van zuurstof aan het water.

Er bestaan verschillende types helofytenfilters die zich van elkaar onderscheiden door de wijze waarop water door het filter stroomt. Het type waarbij water horizontaal onder het oppervlak door het filter stroomt is hiervan het meest geschikt voor kleinschalige toepassingen in stedelijke omgevingen (figuur 15). Omdat het water niet direct in contact komt met de buitenlucht kent dit systeem nauwelijks stankoverlast en vormt het geen broedplaats voor insecten.

Het helofytenfilter wordt geplaatst in een waterdicht bassin. De planten voorzien het water via hun wortels van zuurstof. De wortels in combinatie met het filtermateriaal op de bodem van het bassin vormen gezamenlijk een medium waarop de aerobe bacteriën kunnen leven. Voor het zuiveren van zwartwater tot een kwaliteit dat geschikt is voor de irrigatie van voedselgewassen is 3 tot 5 m² aan helofytenfilter per persoon nodig.

Voor het irrigeren van voedselgewassen met het effluent van een helofytenfilter gelden dezelfde voorkeuren als voor het gebruik van grijswater; het heeft de voorkeur om het water ondergronds te verspreiden en is niet geschikt voor wortelgewassen en laaghangende bladgroente.

Figuur 15. Doorsnede van een horizontaal doorstroomd helofytenfilter.



(WSP-LAC, 2008)

Het horizontale helofytenfilter is effectief in het verwijderen van afvalstoffen en ziekteverwekkers, zonder dat het alle voedingsstoffen uit het water onttrekt. Niet alleen de zuiverende werking van een helofytenfilter is nuttig, maar ook de beplanting ervan kan gebruikt worden. Afhankelijk van de keuze voor het type beplanting kan dit hergebruikt worden voor diervoeding, als sierbloemen of voor vlechtwerk. Daarnaast kan overtollig plantmateriaal verwerkt worden tot mulch.

6. Irrigatiewater op woningniveau

Kan er op de schaal van de woning voldoende irrigatiewater beschikbaar gemaakt worden voor het kweken van de eigen behoefte aan groente en fruit?

Waarom groente en fruit?

Groente en fruit kan eenvoudig op kleine schaal geteeld worden. Samen met de hoge opbrengsten per vierkante meter van deze gewassen betekent dit dat zelfvoorziening in deze productgroep het eenvoudigst te bereiken is. Vanwege de grote hoeveelheid hulpbronnen die nodig is voor de productie van granen en vlees zijn deze categorieën minder geschikt voor voedselproductie op woningniveau.

6.1 De behoefte aan irrigatiewater op woningniveau

Gemiddeld huishouden

Om de behoefte aan irrigatiewater in kaart te kunnen brengen moet de schaal van de woning verder worden afgebakend. De cijfers die gebruikt worden om een beeld te vormen van een gemiddeld Arubaans huishouden zijn afkomstig uit de “Fifth Population and Housing Census Aruba” gepubliceerd op 29 september 2010. Op dat moment telde Aruba 101.484 inwoners. Van het totale aantal woningen op Aruba wordt 80% geclassificeerd als huis. De overige 20% van het woningbestand bestaat voornamelijk uit appartementen. Ruim 84% van de bevolking woont in een huis, dit type woning is tevens het meest geschikt voor het beoefenen van stadslandbouw.

Figuur 16. Aantal huishoudens en inwoners per grootte van het huishouden.

Size of household	Total	
	Households	Population
All households	34,852	100,703
Households consisting of:		
1 person	7,447	7,447
2 persons	9,148	18,295
3 persons	7,152	21,455
4 persons	5,961	23,844
5 persons	2,957	14,786
6 persons	1,227	7,365
7 persons	551	3,857
8 persons	210	1,680
9 persons	105	945
10 persons or more	94	1,030

(CBS Aruba, 2010)

Het tweepersoons huishouden komt het meest voor op Aruba. Het vierpersoonshuishouden telt het grootste aantal inwoners (figuur 16). Gemiddeld telt een huishouden 2,9 inwoners.

Omdat onderzocht wordt of er voldoende water beschikbaar gemaakt kan worden voor de productie van de eigen behoefte aan groente en fruit is het voor het toetsen van het opgestelde systeem van belang deze behoeftes te kwantificeren.

De behoefte aan groente en fruit.

Een gezond dieet bestaat volgens het voedingscentrum uit 200 g. groente en 200 g. fruit per persoon per dag. (bron: voedingscentrum)

Als we uitgaan van een gemiddeld huishouden betekent dit een jaarlijkse behoefte van:

$$\begin{array}{ll} 2,9 \times 0,2 \text{ Kg} \times 365 & = 211 \text{ Kg fruit per jaar.} \\ 2,9 \times 0,2 \text{ Kg} \times 365 & = 211 \text{ Kg groente per jaar.} \end{array}$$

De behoefte aan irrigatiewater

Vervolgens dient vastgesteld te worden hoeveel water er nodig is voor de productie van deze hoeveelheid groente en fruit.

De wereldwijde gemiddelde water footprint van groente 300 L/Kg

De wereldwijde gemiddelde water footprint van fruit 1000 L/Kg

(Mekonnen, 2011)

$$\begin{array}{ll} 211 \text{ Kg fruit} \times 1000 \text{ L/Kg} & = 210.930 \text{ L} \\ 211 \text{ Kg groente} \times 300 \text{ L/Kg} & = \underline{63.279 \text{ L}} + \end{array}$$

$$\text{totaal} \quad \quad \quad = 274.209 \text{ L per jaar}$$

Voor het kweken van de hoeveelheid groente en fruit waarmee een gemiddeld huishouden kan worden voorzien in een gezond dieet is jaarlijks dus ruim 274 m³ water nodig.

Om deze berekening te kunnen maken is gebruik gemaakt van de wereldwijde gemiddelde water footprint. In hoeverre hiermee de werkelijke waterbehoefte benaderd wordt is niet eenvoudig vast te stellen. De behoefte aan water voor het produceren van groente en fruit is afhankelijk van vele factoren. Niet alleen klimaat factoren, maar ook bodemkwaliteit, en het type gewas spelen hierbij een rol.

Als de totale behoefte aan water boven op het gemiddeld huishoudelijk gebruik zou moeten worden ingekocht bij het water- & energiebedrijf betekent dit jaarlijks € 1537,47 aan extra kosten per huishouden (bijlage 4). Ter vergelijking, in 2006 gaf een gemiddeld Arubaans huishouden € 258,30 uit aan groente en fruit. (CBS Aruba, 2008) Als de eigen behoefte aan groente en fruit zelf geproduceerd zou worden en leidingwater gebruikt wordt als irrigatiewater, leveren enkel de kosten van het water een prijs van € 3,74 per kilo op.

6.2 Regenwater

6.2.1 Klimaat

Betreffende behoefte aan irrigatiewater, kan onderscheid gemaakt worden tussen drie klimaat situaties:

1. Vochtige klimaten: meer dan 1200 mm regen per jaar. In dit geval is de hoeveelheid regen voldoende om te voorzien in de behoefte van de verschillende type gewassen. Overschot aan water kan leiden tot problemen voor de groei van planten, drainage is noodzakelijk.
2. Sub-humide en semi-aride klimaten: tussen 400 en 1200 mm regen per jaar. De hoeveelheid regen is belangrijk maar vaak niet voldoende om te voorzien in de waterbehoefte van gewassen. Gewasproductie is in het droge seizoen enkel mogelijk met behulp van irrigatie. Productie in het regenseizoen kan mogelijk zijn maar is onbetrouwbaar, opbrengsten zullen minder dan optimaal zijn.
3. Semi-aride en woestijn klimaten: minder dan 400 mm regen per jaar. Betrouwbare gewasproductie enkel gebaseerd op regenval is niet mogelijk; irrigatie is noodzakelijk. (Brouwer, 1986)

Aruba heeft een semi-aride klimaat. In de periode 1981 – 2010 is de gemiddelde jaarlijkse regenval 471.7 mm. Om tot betrouwbare productie te kunnen komen is het dus van belang dat er voorzieningen ten behoeve van irrigatie in het systeem worden opgenomen.

6.2.2 Perceel

Een belangrijk element in de Arubaanse wooncultuur is het bouwen van een zelfstandige woning op een ruim perceel. (ROP Aruba toelichting, 2009) Er kan gesteld worden dat er bij een groot deel van het Arubaanse vastgoedbestand ruimte beschikbaar is die benut zou kunnen worden voor kleinschalige voedselproductie.

In dit onderzoek wordt uitgegaan van een gemiddeld perceeloppervlak van 600 m². Omdat er geen statistische informatie over dit onderwerp is gevonden is deze aanname gebaseerd op: observaties gedaan met behulp van google maps en de aanname dat het bebouwde oppervlak gemiddeld een kwart van het perceel beslaat. Daarnaast is er gekeken naar de kavelafmetingen van de smart community die op Aruba ontwikkeld wordt. De perceelgrootte van de woningen varieert daar tussen 495 m² en 650 m².

Op het perceel wordt onderscheid gemaakt tussen drie verschillende gebieden: het dakoppervlak, het productieoppervlak en het resterende oppervlak.

Dakoppervlak

Het dak is een belangrijk oppervlak waarvan regenwater kan worden opgevangen.

Om te kunnen bereken hoeveel regenwateropvang van een dak bij kan dragen aan de totale behoefte aan irrigatiewater is met behulp van figuur 17 eerst het gemiddelde dakoppervlak van een Arubaans huis bepaald.

Bij de berekening zijn de ongespecificeerde huizen buiten beschouwing gelaten en is telkens het gemiddelde gebruikt van het aangegeven bereik. Er wordt aangenomen dat de bebouwde oppervlakte gelijk is aan het dakoppervlak. Resultaat van deze berekening is een gemiddeld dakoppervlak van 153,4 m².

Figuur 17. Aantal huizen per bebouwd oppervlak.

Type of housing unit	All housing units
Total built up area in m²	
<u>House</u>	
less than 25	52
25- <50	541
50-<100	5,151
100-<150	6,185
150-<200	3,871
200-<250	2,402
250-<300	950
300 or more	1,626
Not reported	6,936

(CBS Aruba, 2010)

Productieoppervlak

Het oppervlak nodig voor de productie van de behoefte aan groente en fruit van een gemiddeld Arubaans huishouden is afhankelijk van de opbrengst per m². Opbrengsten per m² verschillen per gewas en worden onder andere beïnvloed door de vruchtbaarheid van de bodem, het klimaat en de intensiteit waarmee landbouw wordt bedreven.

Uit onderzoek naar moestuinen op schaal van de woning in Tucson Arizona komen gemiddelde opbrengsten van 1,2 tot 6,5 Kg/m² naar voren. (Cleveland, 1997) De kwaliteit van de bodem in het aride klimaat van Arizona is vergelijkbaar met die van de bodem op Aruba. Hoge concentraties zout en weinig organische bestanddelen.

Aan het begin van de ontwikkeling van stadslandbouw op Cuba produceerde de stadstuinen een gemiddelde opbrengst van 5,43 Kg/m². (Socorro Castro, 1999) Het klimaat op Cuba is evenals de bodemkwaliteit gunstiger voor landbouw dan op Aruba. Daarnaast is de intensiteit van voedselproductie in de stadstuinen hoger dan dit op woningniveau zal zijn.

In het artikel “Grow Your Own Food” is een lijst opgenomen van 51 verschillende gewassen waarvan de gemiddelde maximum opbrengst 4,8 Kg/m² bedraagt. (Mobbs, 2002)

Voor het bepalen van het benodigde productieoppervlak wordt uitgegaan van een gemiddelde opbrengst van 2,5 Kg/m². Dit is ongeveer 50% van de gemiddelde maximum opbrengst zoals omschreven in het artikel “Grow Your Own Food”; ongeveer 50% van de eerste resultaten in Cuba waar het klimaat gunstiger is en productie intensiever en het dubbele van de 1,2 Kg/m² behaald in Arizona vanwege het stabielere klimaat in Aruba.

Het oppervlak nodig voor de productie van de voedselbehoefte is bepaald aan de hand van de volgende berekening:

Voedselbehoefte	= 422 Kg groente en fruit
Gemiddelde opbrengst	= 2,5 Kg/m ²

422 Kg / 2,5 Kg/m ²	= 168,8 m ²
--------------------------------	------------------------

Voor het toetsen van het in dit onderzoek opgestelde systeem wordt uitgegaan van een gemiddeld huishouden en een vrijstaande woning op een perceel waar voldoende ruimte beschikbaar is voor het verbouwen van de eigen behoefte aan groente en fruit.

6.2.3 Het dak als opvangoppervlak

De gemiddelde jaarlijkse neerslag in Aruba is 471,7 L/m².

153,4 m ² x 471,7 L/m ²	= 72.4 m ³
---	-----------------------

Op het dak van een gemiddelde woning op Aruba valt jaarlijks dus ruim 72 m³ regen. Omdat niet al het regenwater ook daadwerkelijk kan worden opgevangen dient dit aantal te worden vermenigvuldigt met een afstroomcoëfficiënt. Het afstroomcoëfficiënt vertegenwoordigt de effecten van verdamping en infiltratie voor een bepaald oppervlak. In het geval van een dak wordt gerekend met een afstroomcoëfficiënt van 0,95.

72.373 L x 0,95	= 68.8 m ³
-----------------	-----------------------

Van een gemiddeld dak kan jaarlijks bijna 69 m³ regenwater worden opgevangen, dit staat gelijk aan 25% van de jaarlijkse behoefte aan irrigatiewater. Als deze hoeveelheid water boven op het gemiddeld huishoudelijk gebruik zou moeten worden ingekocht bij het Water- & Energiebedrijf Aruba N.V. betekent dit jaarlijks € 306,25 aan extra kosten (bijlage 5).

Een regenwater tank waarin het water opgevangen door het dak kan worden opgeslagen zorgt ervoor dat het gebruik van dit water beter over het jaar kan worden verspreid.

6.2.4 Regenwater opvangen met behulp van grondwerken

Grondwerken kunnen worden ingezet voor het opvangen en verspreiden van regenwater. Om te kunnen berekenen hoeveel grondwerken bij kunnen dragen aan de totale behoefte aan irrigatiewater wordt er van uit gegaan dat de gemiddelde oppervlakte van een kavel op Aruba 600 m² bedraagt.

Het gemiddelde bebouwde oppervlak bedraagt 153,4 m². Met een gemiddelde opbrengst van 2,5 Kg/ m² zal het productie oppervlak ongeveer 168,8 m² bedragen. Als dit van de totale kaveloppervlakte wordt afgetrokken blijft er 277,8 m² over om in te richten met grondwerken.

Voor grondwerken geldt net als voor dakoppervlak een afstroomcoëfficiënt. Een groot deel van het opgevangen water zal direct infiltreren of verdampen. Wanneer we er van uitgaan dat het met grondwerken in te richten oppervlak voornamelijk zal bestaan uit inheems of onbegroeid oppervlak kan gerekend worden met een afstroomcoëfficiënt van 0,35.

Als we er van uit gaan dat de oppervlakte van ongeveer 278 m² in zijn geheel kan worden ingericht met grondwerken kan de volgende berekening worden gemaakt.

$$277,8 \text{ m}^2 \times 471,7 \text{ L/m}^2 \times 0,35 = 45,9 \text{ m}^3$$

Als de onbestemde oppervlakte van een gemiddelde kavel wordt ingericht met grondwerken kunnen deze jaarlijks ongeveer 46 m³ bijdragen aan irrigatie. Deze hoeveelheid water staat gelijk aan bijna 17% van de jaarlijkse behoefte.

Het productieoppervlak kan ook worden ingericht als regenwater verzamelend grondwerk. Omdat regenwater hier direct dienst doet als irrigatiewater geldt voor deze oppervlakte geen afstroomcoëfficiënt.

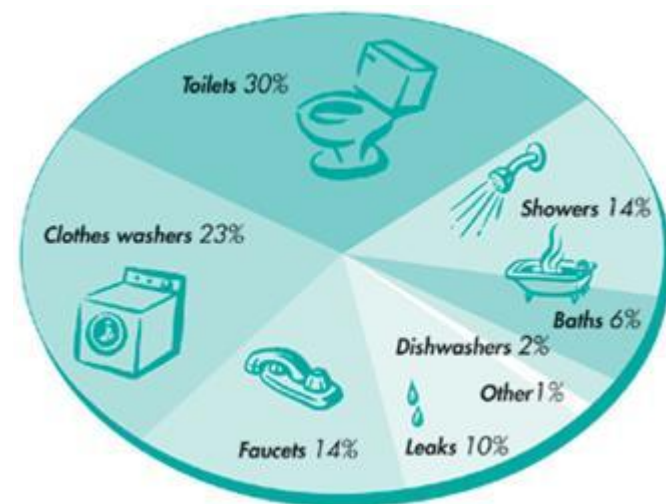
$$168,8 \text{ m}^2 \times 471,7 \text{ L/m}^2 = 79,6 \text{ m}^3$$

Het productie oppervlak ontvangt jaarlijks bijna 80 m³ regenwater. Deze hoeveelheid staat gelijk aan 29 % van de jaarlijks behoefte aan irrigatiewater.

6.3 Afvalwater

Het Water & Energiebedrijf Aruba N.V. houdt per persoon een gemiddelde maandelijkse waterconsumptie van 4 m³ aan. (WEB Aruba, 2011) Dit betekent dat jaarlijks per persoon gemiddeld 48 m³ water gebruikt wordt. Van dit water wordt uiteindelijk ongeveer 90% afvalwater de overige 10% verdwijnt voornamelijk via verdamping.

Figuur 18. Gemiddeld huishoudelijk watergebruik.



(Medford Water Commission, 2009)

6.3.1 Grijswater

Ongeveer 60% van dit water is grijswater en geschikt voor direct hergebruik als irrigatiewater. Voor een gemiddeld huishouden geldt dan:

$$2,9 \times 48 \text{ m}^3 \times 0,6 = 83,2 \text{ m}^3$$

In een gemiddeld huishouden kan dus ruim 83 m³ grijswater worden hergebruikt ten behoeve van irrigatie, dit staat gelijk aan ruim 30% van de jaarlijkse behoefte aan irrigatiewater.

6.3.2 Zwartwater

Ongeveer 30% van de 48 m³ water die jaarlijks per persoon gebruikt wordt verlaat de woning als zwart water. Voordat dit water geschikt is voor hergebruik als irrigatiewater dient het gezuiverd te worden. Als we er vanuit gaan dat er bij dit proces geen verliezen optreden kan er op woningniveau de volgende hoeveelheid irrigatiewater worden gewonnen uit zwartwater:

$$2,9 \times 48 \text{ m}^3 \times 0,3 = 41,6 \text{ m}^3$$

Voor een gemiddeld huishouden geldt dat er bijna 42 m³ zwartwater door zuivering geschikt gemaakt kan worden voor hergebruik als irrigatiewater. Deze hoeveelheid staat gelijk aan ruim 15% van de jaarlijkse behoefte aan irrigatiewater.

7. Systemen om aan de behoefte in irrigatiewater te voldoen

Dit hoofdstuk probeert antwoord te geven op de vraag gesteld aan het begin van hoofdstuk 6:

Kan er op de schaal van de woning voldoende irrigatiewater beschikbaar gemaakt worden voor het kweken van de eigen behoefte aan groente en fruit?

Het volume aan irrigatiewater dat een gemiddeld Arubaans gezin jaarlijks nodig heeft om in de eigen behoefte aan groente en fruit te kunnen voorzien is ruim 274 m³. In dit hoofdstuk wordt onderzocht of er met de hiervoor beschikbare bronnen in deze behoefte kan worden voorzien. Daarnaast wordt onderzocht welke rol de aanleg van een regenwater tank hierbij

Als de behoefte op jaarbasis vergeleken wordt met de hoeveelheid irrigatiewater die beschikbaar gemaakt kan worden valt het volgende op:

Per jaar kan ruim 194 m³ regenwater worden opgevangen en kan er ruim 83 m³ grijswater direct beschikbaar worden gemaakt voor irrigatie. Dit houdt in dat, zonder gebruikt te hoeven maken van zwartwater, er op jaarbasis een overschot is van ruim 3 m³ aan irrigatiewater.

Vanwege het doel van zelfvoorziening is het is het wenselijk voedselproductie zoveel mogelijk over het jaar te spreiden. In het klimaat van Aruba, dat naast de wisselende hoeveelheid neerslag zeer stabiel is, kan gedurende het gehele jaar voedsel geproduceerd worden. In dit onderzoek wordt daarom de behoefte aan irrigatiewater gelijkmatig over het jaar verdeelt.

Als de behoefte aan irrigatiewater gelijkmatig over het jaar verdeeld wordt en enkel gebruik wordt gemaakt van regenwater en grijswater zijn er maanden met tekorten en overschotten. Deze situatie is het vertrekpunt van het onderzoek en wordt weergegeven in systeem 1. De basisgegevens voor de berekeningen van de systemen zijn te vinden in bijlage 6.

In de daarop volgende systemen wordt onderzocht of er middels toevoeging van een regenwaterbuffer en/of zwartwater als bron van irrigatiewater aan de volledig behoefte kan worden voorzien.

In onderstaand overzicht zijn de gebruikte middelen per systeem weergegeven.

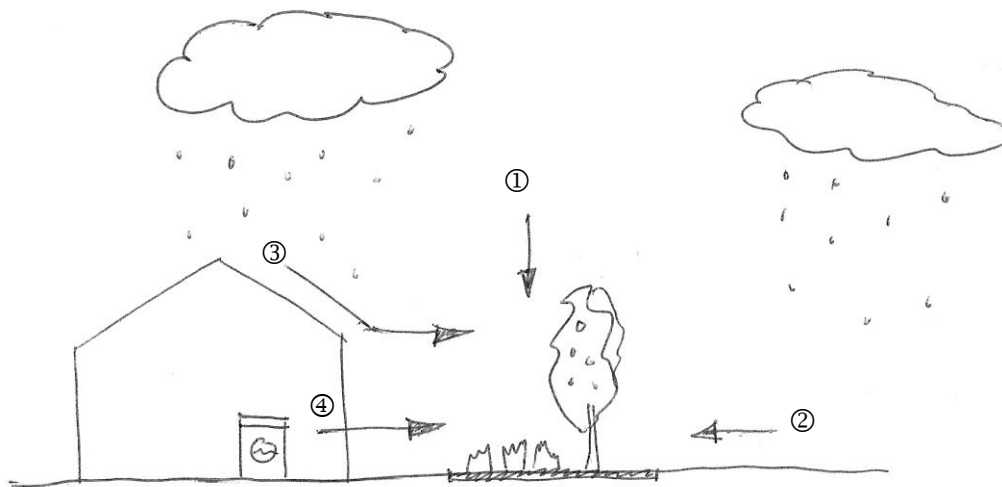
	Regenwater	Grijswater	Zwartwater	Regenwater buffer
Systeem 1	☐	☐	☐	☐
Systeem 2	☐	☐	☐	☐
Systeem 3	☐	☐	☐	☐
Systeem 4	☐	☐	☐	☐
Systeem 5	☐	☐	☐	☐
Systeem 6	☐	☐	☐	☐

7.1 Systeem 1

	Regenwater	Grijswater	Zwartwater	Regenwater buffer
Systeem 1	□	□	□	□

In systeem 1 worden het door verschillende oppervlakken opgevangen regenwater en het grijswater afkomstig uit de woning, direct aangewend voor de irrigatie van voedselgewassen op het productieoppervlak. Zwartwater wordt als bron niet ingezet en er wordt geen gebruik gemaakt van een reservoir om regenwater in op te slaan.

Figuur 19. Schematische weergave systeem 1.



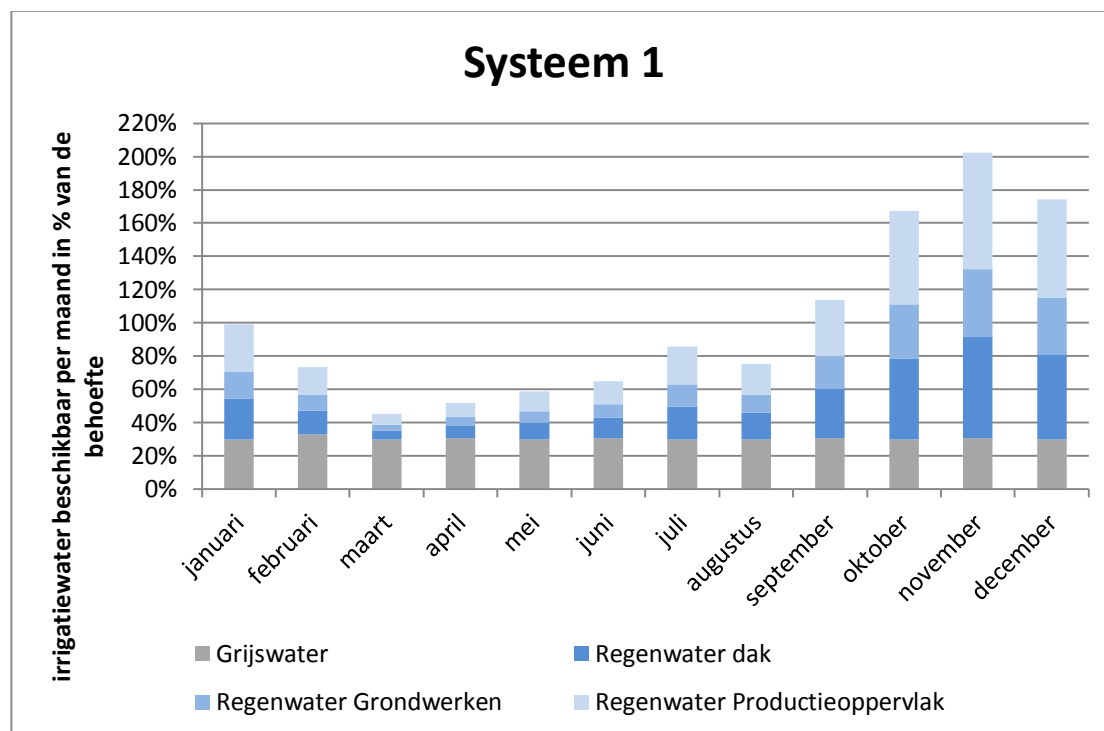
Regenwater wordt door drie verschillende oppervlakken opgevangen.

- Het productieoppervlak ontvangt regen als natuurlijke bron van irrigatie (1 in figuur 19).
- Het deel van de kavel dat niet gebruikt wordt voor het verbouwen van voedselgewassen wordt ingericht met water verzamelende grondwerken. Deze grondwerken dienen dusdanig te worden aangelegd dat zij het overschot aan water dat zij ontvangen bijdragen aan het productie oppervlak (2 in figuur 19).
- Regenwater opgevangen door het dak wordt middels een systeem voor hemelwater afvoer naar het productieoppervlak geleid waar het direct dienst doet als irrigatiewater. Het hemelwaterafvoersysteem kan ofwel direct uitkomen op het productieoppervlak dan wel gekoppeld worden aan een irrigatiesysteem (3 in figuur 19).

Grijswater

- Zwart- en grijswater wordt gescheiden afgevoerd. De grijswaterafvoer is gekoppeld aan een irrigatiesysteem dat dit water ondergronds over het productieoppervlak verspreid. Grijswater kan zowel per bron als gezamenlijk worden afgevoerd (4 in figuur 19).

Figuur 20. Percentage van de behoefte aan irrigatiewater waarin maandelijks door systeem 1 kan worden voorzien.



In figuur 20 is het percentage van de behoefte aan irrigatiewater weergegeven waarin maandelijks door het systeem kan worden voorzien. De jaarlijkse behoefte aan irrigatiewater is hiervoor gelijkmatig verdeeld over het jaar. Bij het berekenen van de waardes is rekening gehouden met het wisselende aantal dagen per maand.

Het grijze deel van het diagram representeert het grijswater dat ingezet wordt ten behoeve van irrigatie. Wat opvalt is dat grijswater maandelijks in ten minste 30% van de totale behoefte aan irrigatiewater voorziet. In contrast met de stabiele toevoer van grijswater staat de per maand sterk wisselende hoeveelheid regenwater.

De blauwe delen representeren de verschillende oppervlakken waarvan regenwater wordt opgevangen. In maart wordt met de opgevangen hoeveelheid regenwater in slechts 15% van de behoefte voorzien, terwijl in de maanden oktober, november en december in meer dan 100% van de behoefte wordt voorzien. Dit systeem voorziet in bijna vijf van de twaalf maanden per jaar in de volledige behoefte aan irrigatiewater. In januari is het tekort minder dan 1% van de behoefte. In de maand maart is het tekort het grootst er kan dan slechts in 45% van de behoefte worden voorzien.

Absolute waarden

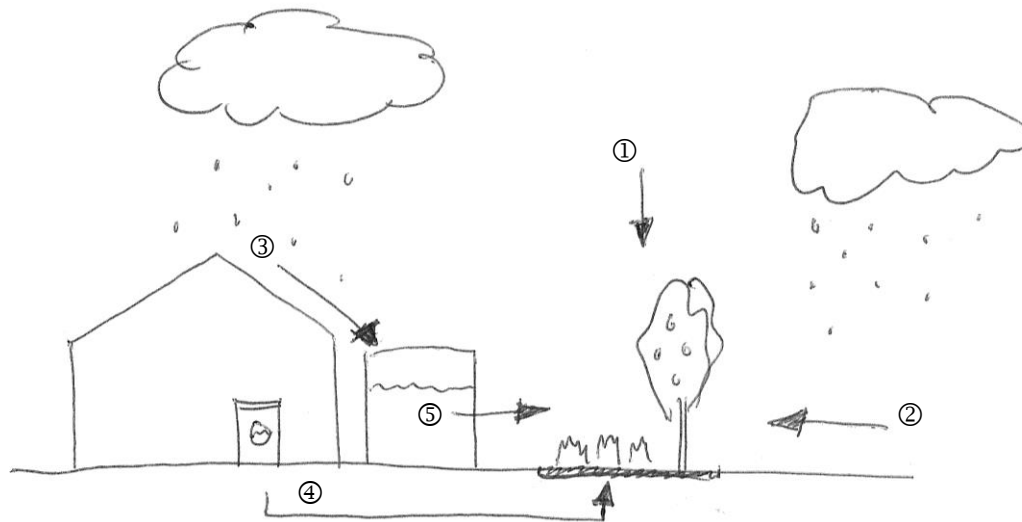
Als er gekeken wordt naar de maandelijks behoefte aan irrigatiewater in plaats van de behoefte op jaarbasis, dan is er jaarlijks een tekort aan water in plaats van een overschot. Het jaarlijks tekort opgebouwd in de maanden januari tot en met augustus is in totaal bijna 56 m³. De exacte berekeningen zijn terug te vinden in bijlage 7.

7.2 Systeem 2

	Regenwater	Grijswater	Zwartwater	Regenwater buffer
Systeem 2	□	□	□	□

Uit systeem 1 blijkt dat er middels direct gebruik van grijswater en regenwater niet aan de volledige behoefte aan irrigatiewater kan worden voldaan. De per maand sterk wisselende hoeveelheid neerslag speelt hierin een grote rol. In systeem 2 wordt daarom onderzocht wat het effect is het toevoegen van een buffer waarmee het regenwater dat valt op het dak gelijkmatig over het jaar kan worden verdeeld. Belangrijk hierbij is om te bepalen hoe groot deze buffer moet zijn. Zwartwater wordt vooralsnog niet ingezet als bron voor irrigatiewater.

Figuur 21. Schematische weergave van systeem 2.



Regenwater wordt door dezelfde oppervlakken opgevangen als in systeem 1.

- Het productieoppervlak ontvangt regen als natuurlijke bron van irrigatie (1 in figuur 21).
- Grondwerken aangelegd op de rest van de kavel dragen het overschot aan water dat zij ontvangen bij aan het productieoppervlak (2 in figuur 21).
- Regenwater opgevangen door het dak wordt, anders dan in systeem 1, opgeslagen in een reservoir (3 in figuur 21).

Grijswater

- De grijswaterafvoer is gekoppeld aan een irrigatiesysteem dat dit water ondergronds over het productieoppervlak verspreid (4 in figuur 21).

Regenwater buffer

- Vanuit het bufferreservoir wordt het opgevangen regenwater verspreid over het productieoppervlak (5 in figuur 21)

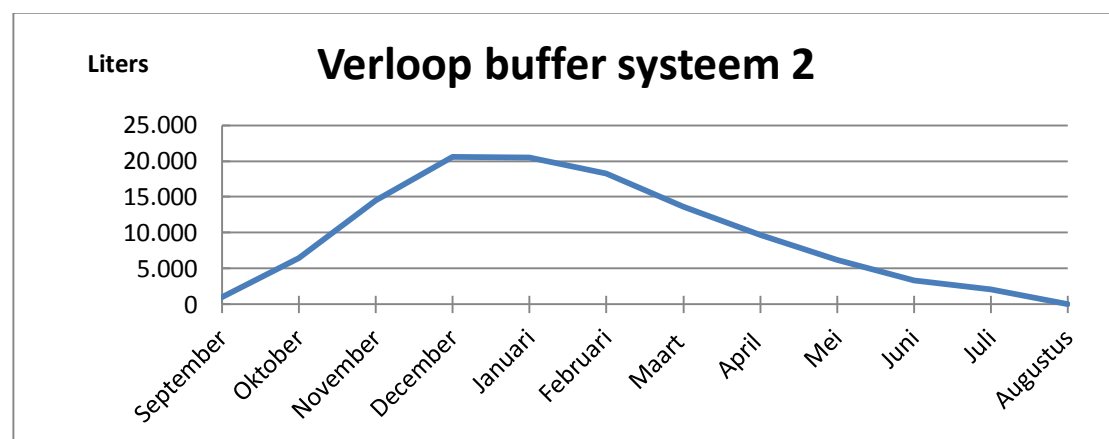
De gewenste capaciteit van de buffer wordt bepaald aan de hand van de hoeveelheid water die maandelijks van het dak opgevangen kan worden en de hoeveelheid water die maandelijks aan de buffer wordt onttrokken.

De capaciteit van de buffer in systeem 2 is bepaald aan de hand van twee voorwaarden:
De eerste voorwaarde is dat al het water dat van het dak kan worden opgevangen ook daadwerkelijk wordt opgevangen in de buffer. De tweede voorwaarde is dat het gebruik van de hoeveelheid opgevangen regenwater evenredig over alle dagen van het jaar wordt verdeeld.

De hoeveelheid water die jaarlijks door het dak kan worden opgevangen is bijna 69 m^3 . Per maand komt dit neer op een gemiddeld gebruik van ongeveer $5,7 \text{ m}^3$.

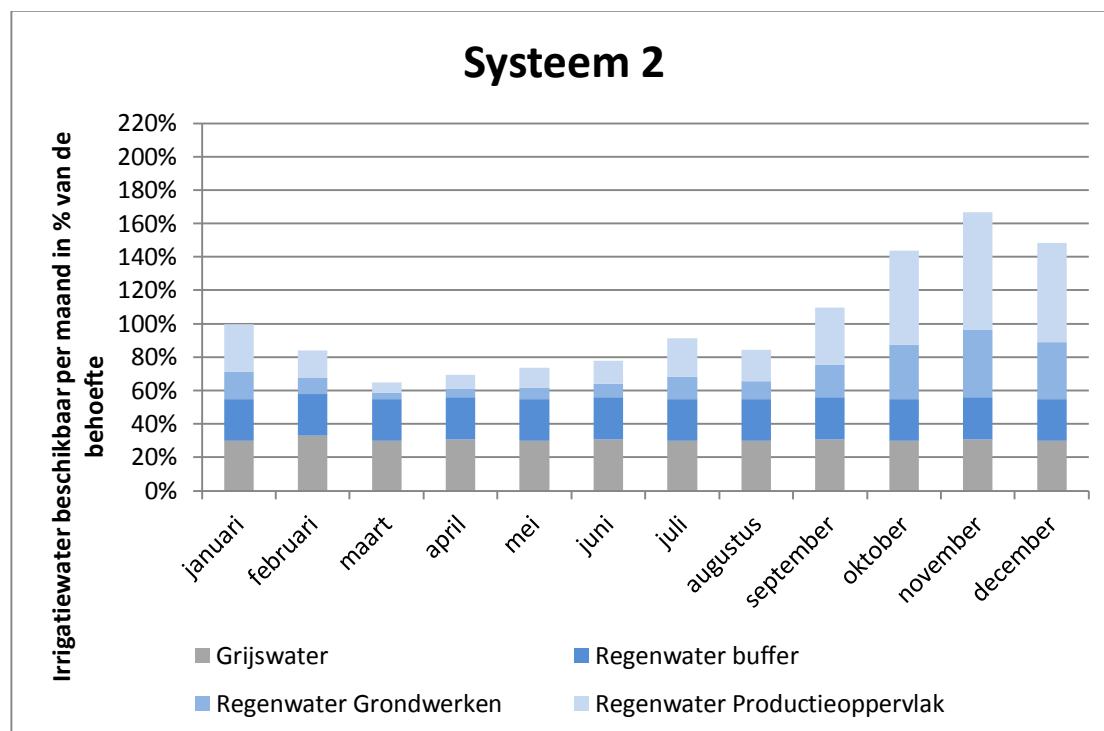
Per maand wordt berekend of de hoeveelheid water in de buffer toe- of afneemt. Hiervoor is het verschil tussen het opgevangen regenwater en het gebruikte regenwater bepaald. De hoeveelheid water in de buffer is weergegeven in figuur 22. Er is gestart in de maand september, omdat dit aan het begin van de regenperiode is.

Figuur 22. Verloop buffer systeem 2.



In december bevat de buffer de grootste hoeveelheid water, te weten bijna 21 m^3 . Dit is tevens de minimaal benodigde buffercapaciteit om al het water op te kunnen vangen.

Figuur 23. Percentage van de behoefte aan irrigatiewater waarin maandelijks door systeem 2 kan worden voorzien.



De bijdrage van grijswater is in dit systeem onveranderd en blijft 30% van de maandelijkse behoefte. Het donkerste blauwe deel van het diagram representeert het regenwater dat maandelijks vanuit de buffer kan worden onttrokken bij gelijke verdeling over het jaar. Wat opvalt is dat regenwater opgevangen door het dak, door toevoeging van een buffer, maandelijks kan voorzien in 25% van de waterbehoefte. In combinatie met het grijswater levert dit een stabiele toevoer op van 55% van de totale behoefte. De effecten van het wisselende klimaat worden door toevoeging van de buffer getemperd. De verschillen tussen de maanden nemen af. Dit systeem voorziet, net als het basis systeem, slechts vijf maanden van het jaar in de volledige behoefte. Het tekort blijft het grootst in de maand maart, het percentage van de behoefte waarin kan worden voorzien is echter toegenomen tot 65%.

Absolute waarden

Door het regenwater van het dak gelijkmatig over het jaar te verdelen is het jaarlijks tekort afgenomen ten opzichte van het basis systeem. Het jaarlijks tekort dat in de maanden januari tot en met augustus is opgebouwd bedraagt ruim 35 m³. De exacte berekeningen zijn terug te vinden in bijlage 8.

7.3 Systeem 3

	Regenwater	Grijswater	Zwartwater	Regenwater buffer
Systeem 3	□	□	□	□

In systeem 2 wordt niet aan de volledige behoefte aan irrigatiewater voldaan. Opvallend is dat er in de maanden september tot en met november water uit de buffer wordt ingezet terwijl dit in zijn geheel of deels niet nodig is om in 100% van behoefte te voorzien. Dit komt omdat er geen rekening gehouden is met de werkelijke behoefte bij de gelijkmatige verdeling van het water.

Systeem 3 is in opbouw gelijk aan systeem 2. Onderzocht wordt of er ten opzichte van systeem 2 verbeteringen behaald kunnen worden door de buffercapaciteit te bepalen aan de hand van de werkelijke behoefte.

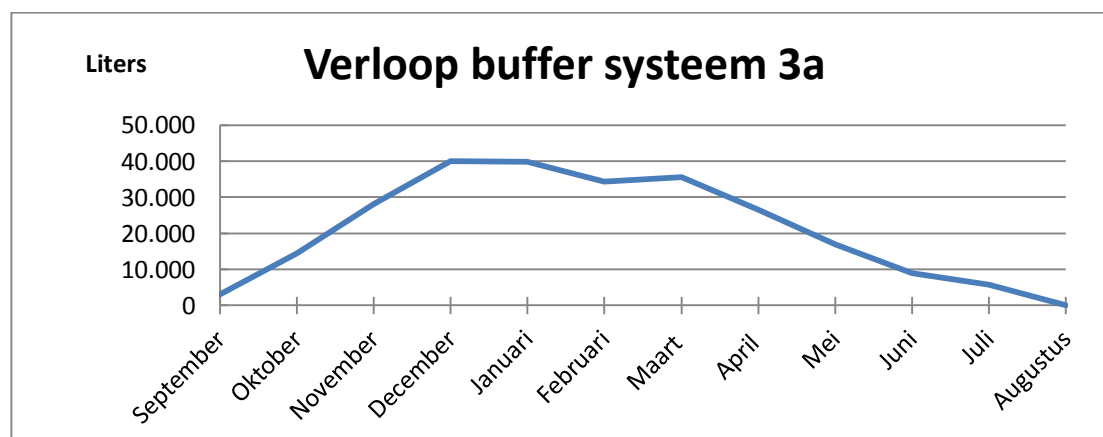
Om de maandelijkse behoefte aan water uit de buffer te kunnen bepalen is gekeken naar de tekorten die ontstaan als het water opgevangen door het dak in zijn geheel uit het systeem wordt weggelaten. In de maanden januari tot en met september ontstaan dan tekorten met een gezamenlijk volume van bijna 85 m³. De totale hoeveelheid regenwater die door het dak kan worden opgevangen is bijna 69 m³, er zal dus een tekort blijven bestaan van bijna 16 m³.

Voor het bepalen van de benodigde buffercapaciteit is uitgegaan van twee verschillende situaties: In de eerste situatie wordt het jaarlijks tekort in een zo kort mogelijke periode geconcentreerd (systeem 3a).

In de tweede situatie wordt het jaarlijks tekort gespreid over een zo lang mogelijke periode (systeem 3b).

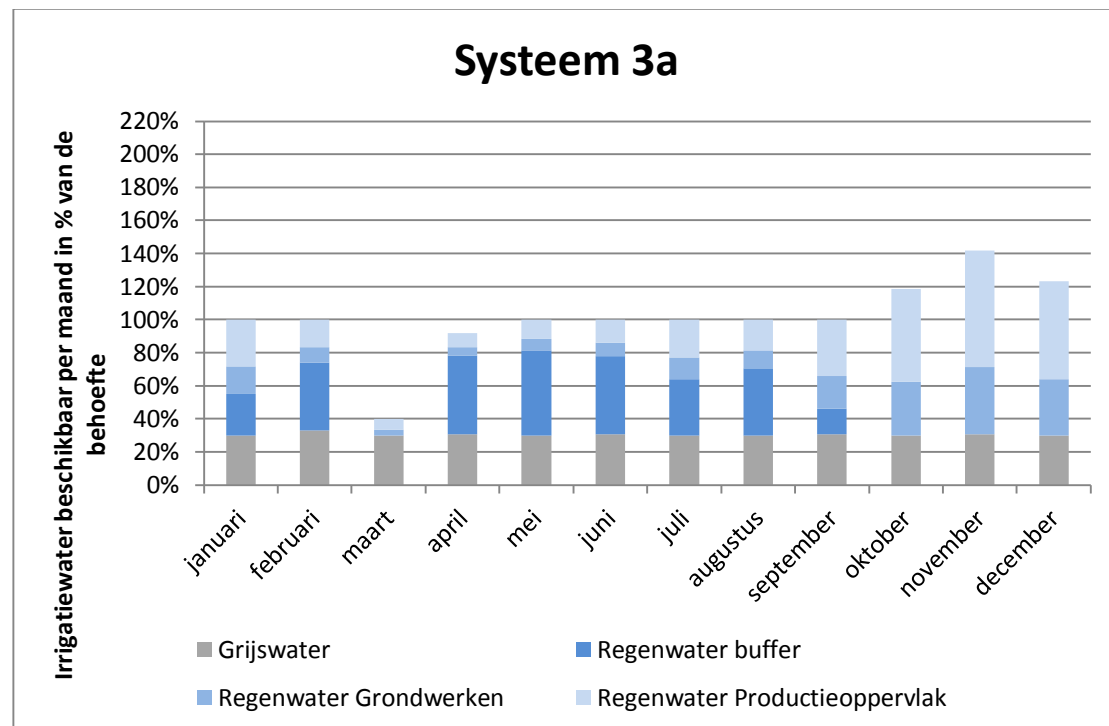
In systeem 3a wordt de buffercapaciteit aangewend om de maandelijkse tekorten zoveel mogelijk aan te vullen tot het niveau waarop er in 100% van de waterbehoefte wordt voorzien. Het deel van de behoefte waarin niet kan worden voorzien wordt geconcentreerd in de kortst mogelijke periode te weten maart en een deel van april. Doordat er in maart geen water uit de buffer wordt gebruikt, maar er wel regen wordt opgevangen neemt in deze maand de inhoud van de buffer toe (figuur 24).

Figuur 24. verloop buffer systeem 3a.



In december bevat de buffer de grootste hoeveelheid water, te weten ruim 40 m³. Dit is tevens de minimaal benodigde buffercapaciteit om al het water op te kunnen vangen.

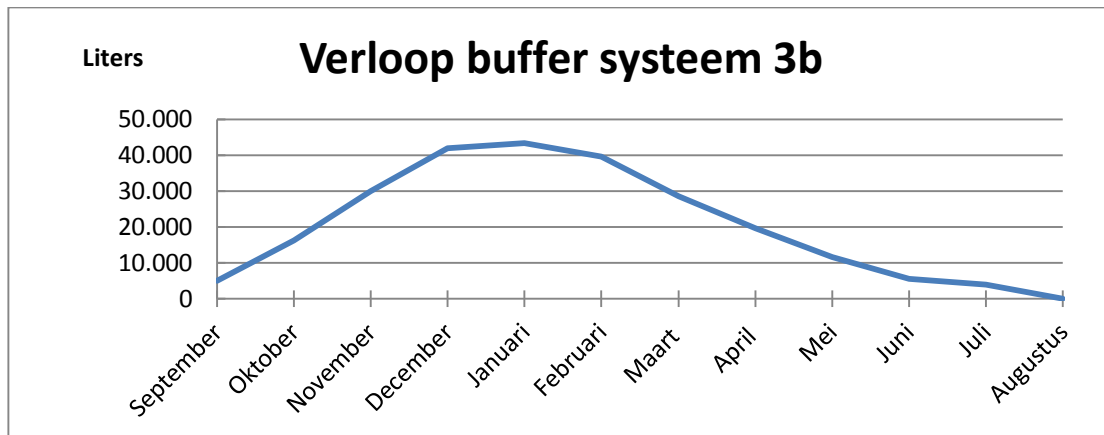
Figuur 25. Percentage van de behoefte aan irrigatiewater waarin maandelijks door systeem 3a kan worden voorzien.



Wat opvalt aan het diagram is dat het regenwater uit buffer zo over het jaar verdeeld worden dat er tien maanden van het jaar in tenminste 100% van de waterbehoefte wordt voorzien. In de maanden oktober, november en december wordt geen water onttrokken aan de buffer; regenwater opgevangen door het dak wordt in deze maanden volledig opgeslagen. Het tekort is geconcentreerd in maart en een deel van april. In maart wordt voorzien in 40% van de behoefte. In april kan in 92% van de behoefte worden voorzien.

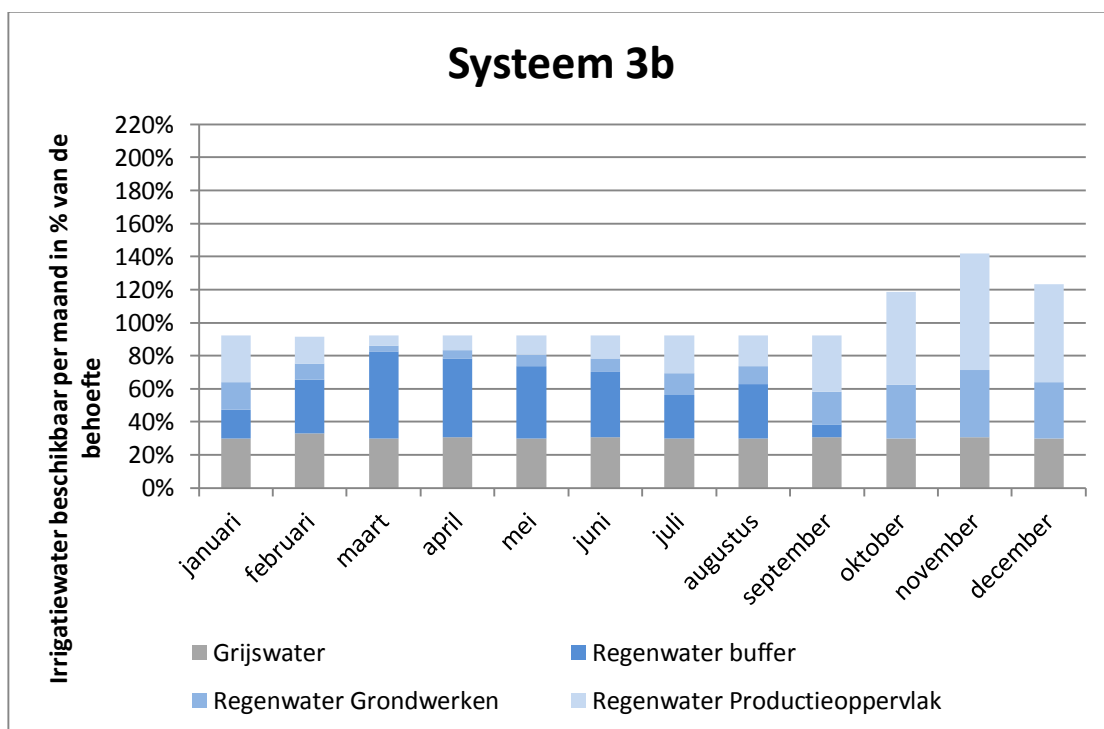
In systeem 3b wordt de buffercapaciteit aangewend om het totale tekort evenredig over de maanden januari tot en met september te verdelen. In de maanden oktober tot en met december wordt zonder gebruik te maken van de buffer al voldaan aan de volledige behoefte. Omdat het tekort en niet de hoeveelheid opgevangen water evenredig over de maanden wordt verdeeld, is de inhoud van de buffer anders dan bij systeem 2 (figuur 26).

Figuur 26. verloop buffer systeem 3b.



In januari bevat de buffer de grootste hoeveelheid water, te weten ruim 43 m³. Dit is tevens de minimaal benodigde buffercapaciteit om al het water op te kunnen vangen.

Figuur 27. Percentage van de behoefte aan irrigatiewater waarin maandelijks door systeem 3b kan worden voorzien.



In het diagram is te zien dat het percentage van de behoefte dat voldaan kan worden evenredig is verdeeld over de maanden waarin nog een tekort was. Op deze wijze kan er 9 maanden van het jaar in 92% van de behoefte worden voorzien en in de overige 3 maanden in 100%. In de maanden oktober, november en december wordt geen water onttrokken aan de buffer; regenwater opgevangen door het dak wordt in deze maanden volledig opgeslagen.

Absolute waarden

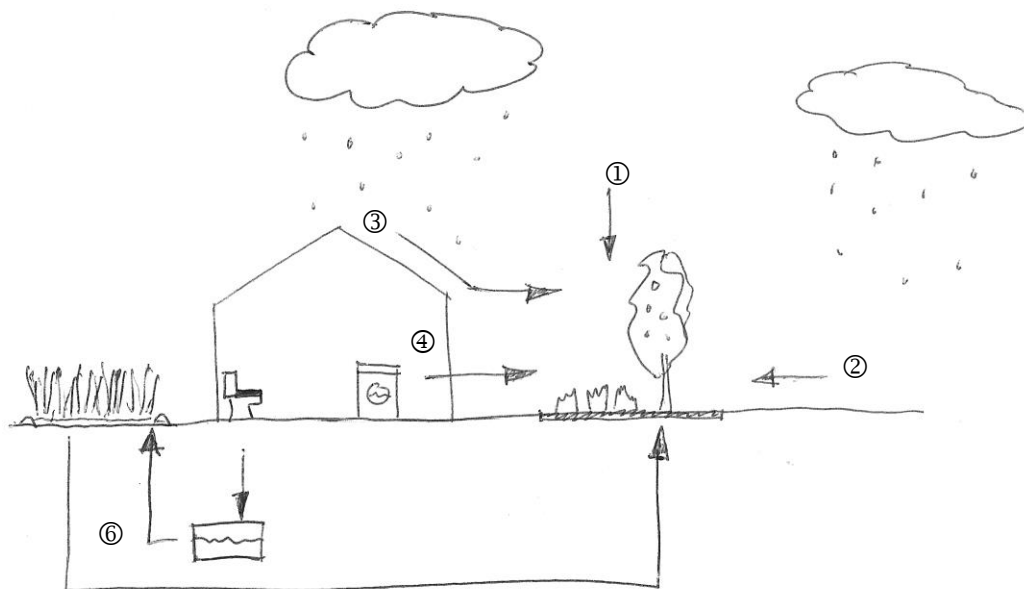
Door het gebufferde regenwater in te zetten daar waar nodig, is het absolute tekort in dit systeem kleiner dan in systeem 1 en 2. Het jaarlijks tekort in beide varianten van systeem 3 bijna 16 m³. De exacte berekeningen zijn terug te vinden in bijlagen 9 en 10.

7.4 Systeem 4

	Regenwater	Grijswater	Zwartwater	Regenwater buffer
Systeem 4	□	□	□	□

In systeem 3 blijkt dat met het gebruik van regenwater, grijswater en een regenwaterbuffer niet aan de volledige behoefte kan worden voldaan. Daarom wordt gekeken of met het toevoegen van zwartwater aan systeem 1 in de volledig behoefte kan worden voorzien.

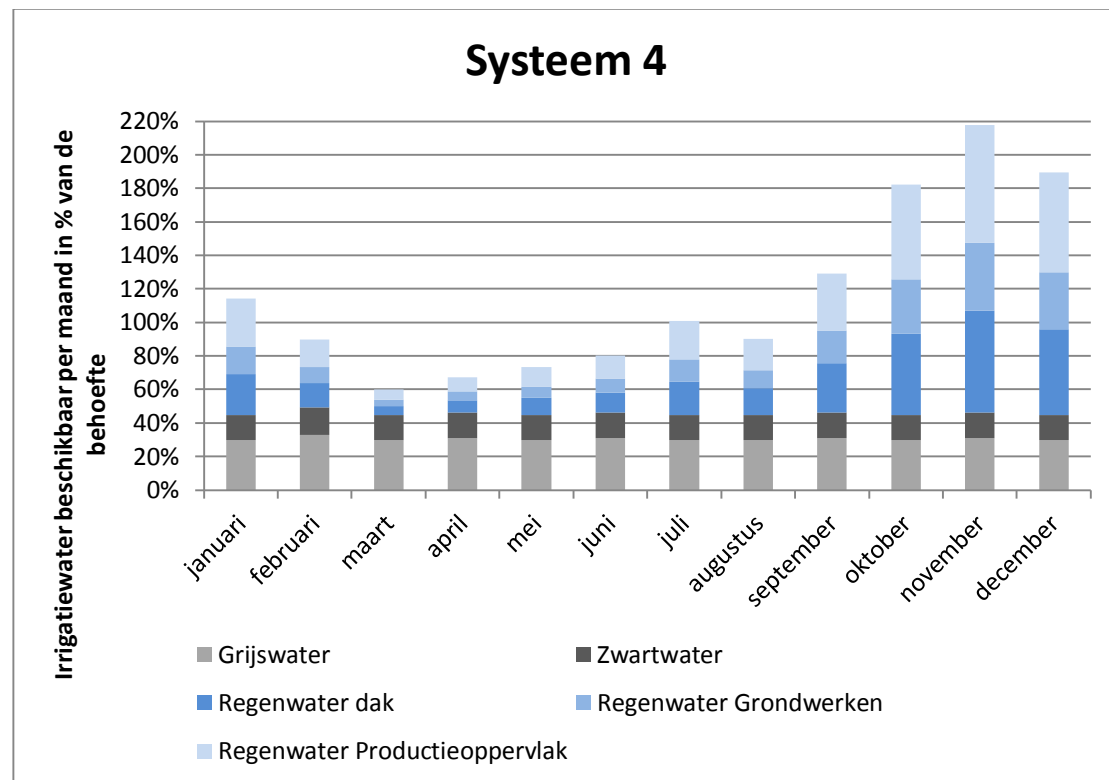
Figuur 28. Schematische weergave van systeem 4.



Zwartwater

- Zwartwater afkomstig van het toilet wordt primair gezuiverd in een bestaande septic tank. Vervolgens ontvangt het een secundaire behandeling in een aan te leggen helofytenfilter waarna het als irrigatiewater kan dienen voor het productieoppervlak (6 in figuur 28).

Figuur 29. Percentage van de behoefte aan irrigatiewater waarin maandelijks door systeem 4 kan worden voorzien.



Het donkergrijze deel van het diagram representeert de bijdrage die gezuiverd zwartwater kan leveren aan de behoefte aan irrigatiewater. Wat opvalt is dat middels het zuiveren van zwartwater maandelijks in 15% van de irrigatiebehoefte kan worden voorzien. Hergebruik van huishoudelijk afvalwater voorziet maandelijks in 45% van de totale behoefte. Zes maanden van het jaar wordt er in ten minste 100% van de behoefte voorzien. Het minimum ligt op 60% voorziening in de maand maart.

Absolute waarden

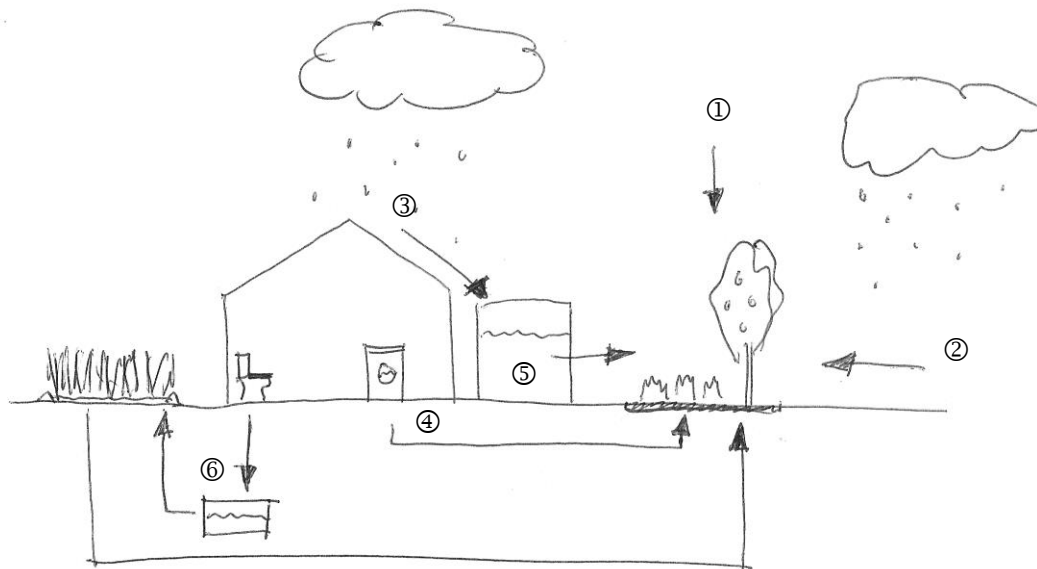
Het jaarlijks tekort aan irrigatiewater is bijna 32 m³. Dit tekort wordt opgebouwd in de maanden februari tot en met juni en augustus. Ten opzichte van systeem 1 is het jaarlijkse tekort met bijna 24 m³ afgenomen door de toevoeging van zwartwater aan het systeem. Ten opzichte van systeem 3 is het tekort bijna verdubbeld. De exacte berekeningen zijn terug te vinden in bijlage 11.

7.5 Systeem 5

	Regenwater	Grijswater	Zwartwater	Regenwater buffer
Systeem 5	☐	☐	☐	☐

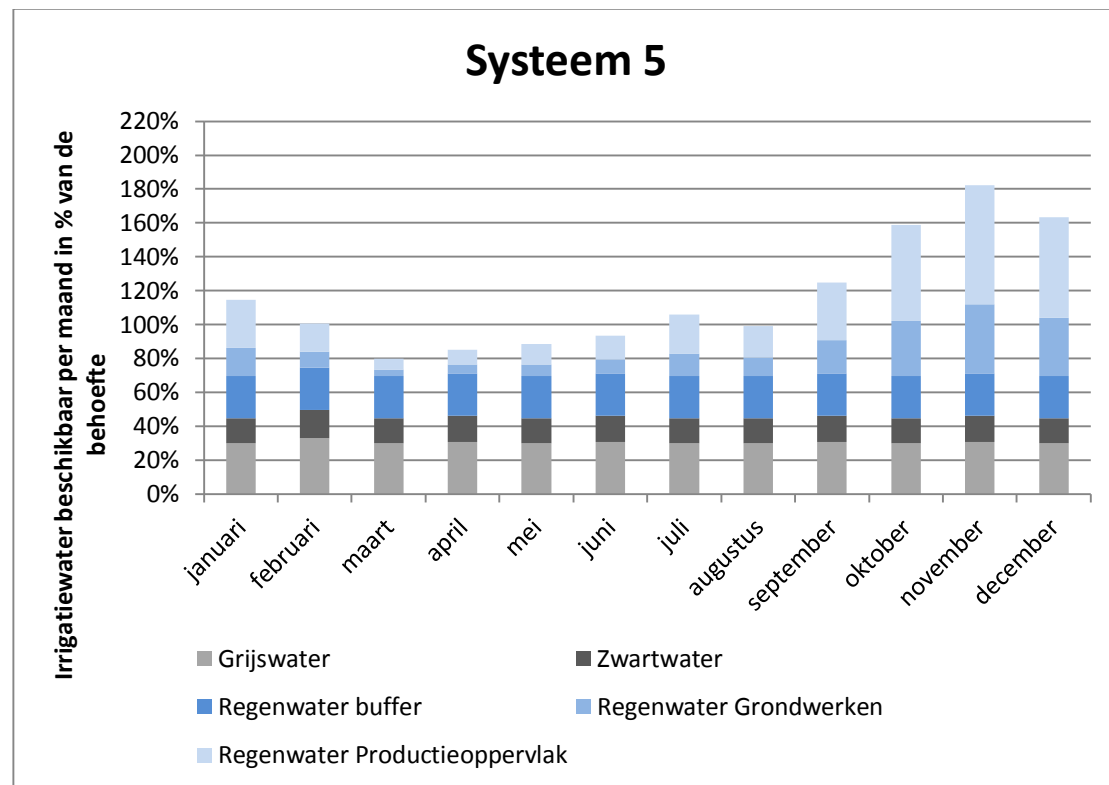
In systeem 4 wordt, ondanks de toevoeging van zwartwater, door het weglaten van de buffer het tekort groter. Daarom wordt in dit systeem de buffer uit systeem 2 weer toegevoegd. Concreet betekend dit dat de buffer van bijna 21 m³ wordt toegevoegd aan systeem 4.

Figuur 30. Schematische weergave van systeem 5.



In figuur 30 is te zien dat in systeem 5 alle bronnen en technieken uit de eerdere systemen worden ingezet zijn.

Figuur 31. Percentage van de behoefte aan irrigatiewater waarin maandelijks door systeem 5 kan worden voorzien.



Wat opvalt is dat het stabiele aanbod van grijswater, gezuiverd zwartwater en regenwater uit de buffer samen in 70% van de behoefte voorziet. Er wordt in nagenoeg acht maanden van het jaar voorzien in de volledige behoefte. Het minimum ligt in maart er wordt dan in 80% van de behoefte voorzien.

Absolute waarden

Het tekort op aan irrigatiewater op jaarbasis is bijna 13 m³ en ontstaat in de maanden maart tot en met juni. De exacte berekeningen zijn terug te vinden in bijlage 12.

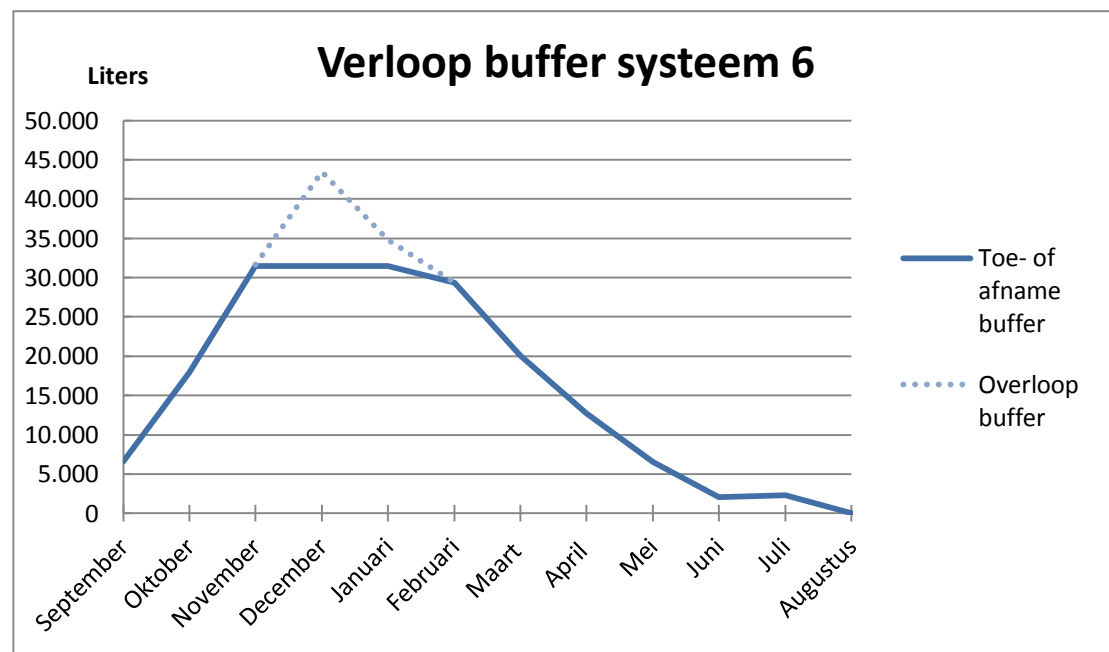
7.6 Systeem 6

	Regenwater	Grijswater	Zwartwater	Regenwater buffer
Systeem 6	□	□	□	□

In systeem 5 worden alle bronnen en technieken ingezet, maar kan nog niet in de volledige behoefte worden voorzien. In de systemen 2 en 5 wordt de buffer in bepaalde maanden ingezet terwijl dit in zijn geheel of deels niet nodig is. Onderzocht wordt of er ten opzichte van systeem 5 verbeteringen behaald kunnen worden door de buffercapaciteit, net als in systeem 3, te bepalen aan de hand van de werkelijke behoefte.

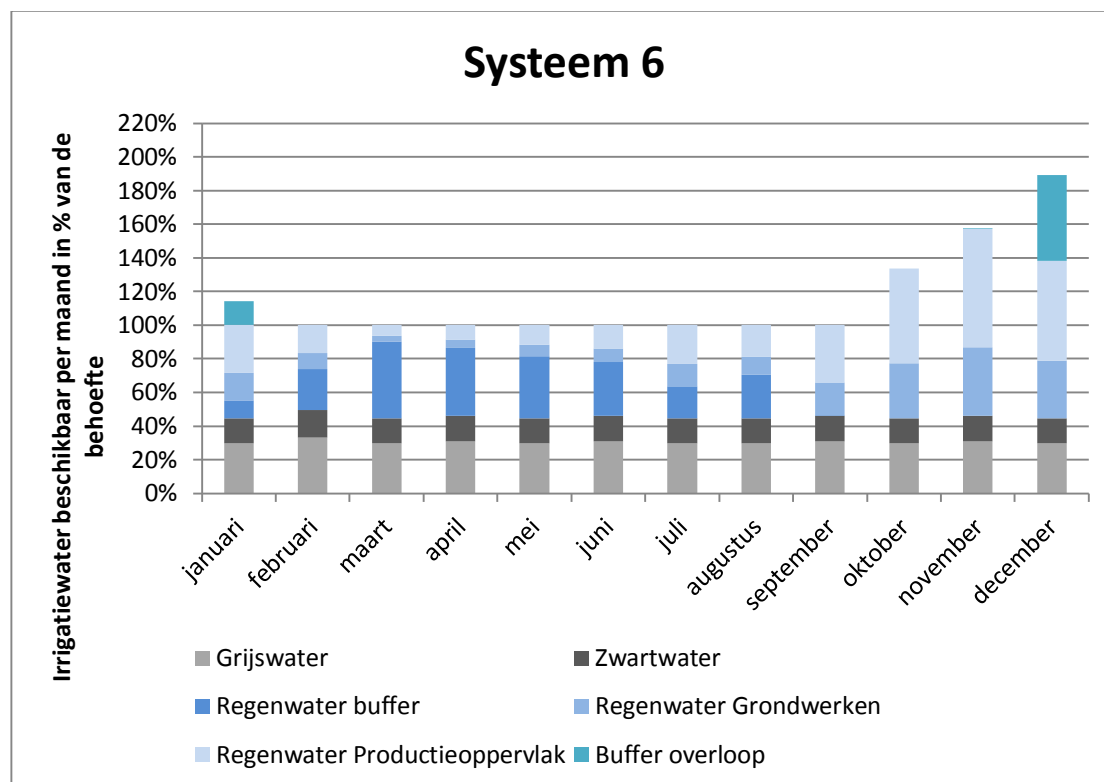
Om de maandelijkse behoefte aan water uit de buffer te kunnen bepalen is wederom gekeken naar de tekorten die ontstaan als het water opgevangen door het dak in zijn geheel uit het systeem wordt weggelaten. In de maanden januari tot en met augustus ontstaan dan tekorten met een gezamenlijk volume van ruim 53 m³. De totale hoeveelheid regenwater die door het dak kan worden opgevangen is bijna 69 m³, er zal in dit systeem dus voldaan kunnen worden aan de volledige behoefte.

Figuur 32. Verloop buffer systeem 6.



In dit systeem is een reservoir opgenomen van bijna 32 m³. Deze buffer maakt het, net als in systeem 3, mogelijk in de maanden waar er een overschot is aan irrigatiewater dit op te slaan. Wederom geldt dat er per maand niet meer kan worden opgeslagen dan de hoeveelheid regen die het dak ontvangt en dat er niet meer kan worden opgeslagen dan de buffercapaciteit. De buffercapaciteit is bepaald op basis van de behoefte. Indien er een grotere buffer zou zijn dan zou er nog ruim 15 m³ extra opgevangen kunnen worden. In figuur 32 is te zien dat een deel van het opgevangen regenwater overloopt omdat de buffer van bijna 32 m³ vol is.

Figuur 33. Percentage van de behoefte aan irrigatiewater waarin maandelijks door systeem 6 kan worden voorzien.



Dit systeem voorziet het gehele jaar in 100% van de behoefte. Wat opvalt is dat het hiervoor benodigde bufferwater in de maanden september, oktober en november verzameld kan worden. De buffer begint in november al over te lopen. De regen die valt in december kan in zijn geheel niet worden opgeslagen. In januari is er een deel van het regenwater dat opgevangen wordt door het dak nodig om in de behoefte te voorzien, het overige deel is overloop.

Absolute waarden

Dit systeem kent geen tekorten. Het overschot op jaarbasis is van bijna 45 m³. De exacte berekeningen zijn terug te vinden in bijlage 13.

7.3 Evaluatie

In het systeem 1 is er een tekort van bijna 56 m³ op jaarbasis. Door een reservoir toe te voegen aan het opvangoppervlak van het dak kan dit tekort gereduceerd worden tot bijna 16 m³ op jaarbasis (systeem 3). Indien dit tekort evenredig over de maanden met een tekort verdeeld wordt, dan kan in minimaal 92% van de behoefte per maand worden voorzien. Hiervoor is dan een reservoir nodig van ruim 43 m³.

Omdat met hergebruik van grijswater en regenwateropvang niet in de volledige behoefte kan worden voorzien is gezuiverd zwartwater aan het systeem toegevoegd. In systeem 6 wordt door de toevoeging van gezuiverd zwartwater en een reservoir van bijna 32 m³ in de volledige behoefte aan irrigatiewater voldaan. Met een reservoir van bijna 21 m³ en het gebruik van gezuiverd zwartwater is er slechts in vier maanden een tekort en kan er maandelijks in minimaal 80% van de behoefte worden voorzien (systeem 5).

	Regen- water	Grijs- water	Zwart- water	Regen- water buffer	Tekort op jaarbasis	Capaciteit buffer
Systeem 1	☐	☐	☐	☐	56	n.v.t.
Systeem 2	☐	☐	☐	☐	35	21
Systeem 3a	☐	☐	☐	☐	16	40
Systeem 3b	☐	☐	☐	☐	16	43
Systeem 4	☐	☐	☐	☐	32	n.v.t.
Systeem 5	☐	☐	☐	☐	13	21
Systeem 6	☐	☐	☐	☐	0	32

8. Haalbaarheidsanalyse en discussie

8.1 Ruimte

Het productieoppervlakte per kavel bedraagt in dit onderzoek 170 m² per perceel. Dit oppervlak is berekend op basis van relatief lage opbrengsten per vierkante meter. Dit oppervlak bedraagt minder dan 30% van het totale kavel en lijkt daarom haalbaar.

De in de verschillende systemen gebruikte reservoirs zijn groot. Het kleinste reservoir heeft een volume van ruim 21 m³. Of realisatie van dergelijk grote reservoirs op woningniveau haalbaar is, kan in twijfel worden gebracht. Vooral vanuit het esthetisch oogpunt zal men hier bezwaar tegen hebben. Om deze reden zou het reservoir ondergronds kunnen worden geplaatst, maar dit brengt extra kosten met zich mee.

Op het perceeloppervlak van een gemiddelde woning op Aruba is er voldoende ruimte om een helofytenfilter aan te leggen. Hiervoor dient een investering gedaan te worden voor de aanleg. Deze investering levert in verhouding tot de andere gebruikte technieken weinig water op. De winst voor het milieu is niet direct op woningniveau merkbaar.

8.2 Irrigatiewater

Het berekende irrigatiewater per vierkante meter is gebaseerd op een wereldwijd gemiddelde per jaar. Hoeveel Aruba afwijkt van dit gemiddelde is niet bekend. Gezien het klimaat van Aruba zal de berekende behoefte aan irrigatiewater eerder te laag dan te hoog zijn.

Er is gerekend met een lage opbrengst aan voedsel per vierkante meter. Indien de opbrengst in werkelijkheid hoger is dan is er minder productieoppervlak nodig om aan de behoefte te voorzien. Het effect hiervan is dat er minder regenwater op het productieoppervlak valt en meer op de restoppervlakte. Het restoppervlakte heeft een afstroom coëfficiënt en het productieoppervlak niet, hierdoor is er netto minder water beschikbaar.

8.3 Zuiveren van afvalwater

Voor het zuiveren van zwartwater wordt ervan uitgegaan dat er reeds een septic tank aanwezig is. Voor het overgrote deel van de woningen is dat zo, maar er zijn ook woningen die geen septic tank hebben en aangesloten zijn op de riolering. Het grijswater kan eenvoudig worden afgekoppeld. Of een systeem voor zwartwater haalbaar is zou verder onderzocht moeten worden.

8.4 Voedselproductie

Grijswater en gezuiverd zwartwater kunnen niet gebruikt worden voor het irrigeren van wortelgewassen en laag groeiende groente. Om dit te ondervangen zouden bepaalde delen van het productieoppervlak enkel met regenwater geïrrigeerd kunnen worden.

Er is bij de berekening van de hoeveelheid groente en fruit uitgegaan van een gezond dieet volgens het voedingscentrum. In diverse wetenschappelijke artikelen wordt aangegeven dat op Aruba niet aan het gezonde dieet wordt voldaan; er wordt te weinig groente en fruit geconsumeerd. Een verbetering van deze zal eerder gerealiseerd zijn dan de situatie van 100% zelfvoorziening.

9. Conclusie

Het doel van dit afstudeeronderzoek is antwoord te geven op de hoofdvraag:

“Welke factoren bepalen dat stedelijk gebied op Aruba in de toekomst een bijdrage kan leveren aan een duurzaam systeem voor voedselproductie?”

Om deze vraag te kunnen beantwoorden is er eerst inzichtelijk gemaakt welke grondstoffen nodig zijn voor een duurzaam systeem voor voedselproductie. Van de grondstoffen licht, lucht, aarde en water is de beschikbaarheid van water het meest problematisch. Daarom is de belangrijkste bijdrage die stedelijk gebied kan leveren aan een duurzaam systeem voor voedselproductie: Water.

De vervolgvraag is dan:

“Welke factoren bepalen dat stedelijk gebied op Aruba in de toekomst water kan bijdragen aan een duurzaam systeem voor voedselproductie?”

Dit heeft vooral te maken met hoe er binnen stedelijk gebied met water wordt omgegaan.

Regenwater wordt binnen de huidige systemen gezien als bron van overlast die zo snel mogelijk moet worden afgevoerd. Door systemen voor regenwater afvoer zo in te richten dat het water wordt vertraagt, verspreid en infiltreert in de bodem krijgt het water een positieve bestemming. Daar waar water kan worden opgevangen in reservoirs kan het gebruikt worden wanneer er behoefte aan is. Water verzamelende grondwerken kunnen regenwater leiden naar oppervlakken voor voedselproductie.

Afvalwater kan geschikt gemaakt worden voor hergebruik. Door afvalwater decentraal te zuiveren met irrigatie als doel kan leidingwater, waar veel energie voor is gebruikt om het te kunnen produceren, een tweede bestemming worden gegeven.

Het watergebruik en neerslag in de stedelijke omgeving bepalen de hoeveelheid water die stedelijk gebied kan bijdragen. Dit afstudeeronderzoek toont aan dat er op woningniveau voldoende water beschikbaar gemaakt kan worden voor productie van de volledige behoefte aan groente en fruit.

10. Aanbevelingen

10.1 Kosten

In dit onderzoek is gekeken naar de mogelijkheden om op woningniveau voldoende irrigatiewater beschikbaar te maken om in de eigen voedselbehoefte te kunnen voorzien. Hierbij is geen rekening gehouden met het kostenaspect. Dit zou een goed onderwerp zijn voor een vervolgonderzoek.

10.2 Productie

Er is nu vanuit gegaan dat de waterbehoefte het hele jaar gelijk is. Er zou onderzocht kunnen worden of de behoefte aan irrigatiewater anders over het jaar verdeeld zou kunnen worden. Voedselproductie zou bijvoorbeeld meer in lijn kunnen worden gebracht met het regenseizoen.

10.2 Aquaponics

Voor het berekenen van de behoefte aan irrigatiewater is uit gegaan van grondgebonden voedselproductie. Aquaponics is een productiemethode die op Aruba wint aan populariteit. Onderzocht zou kunnen worden of in de waterbehoefte van dergelijke systemen kan worden voorzien met behulp van de in dit onderzoek beschreven bronnen en technieken.

11. Dankwoord

Graag wil van deze mogelijkheid gebruik maken een aantal mensen te bedanken zonder wie het tot stand komen van dit onderzoek niet mogelijk was geweest.

In het bijzonder dank ik Hans Bosch voor zijn feedback en begeleiding, Arjan Karssenberg om open te staan voor het onderwerp en me aan te moedigen het uit te werken.
Annette Detzel voor haar opbouwende feedback als tweede lezer.

Mijn ouders en familie voor de financiële ondersteuning en het vertrouwen die het mogelijk hebben gemaakt mijn studie af te kunnen ronden.

Mijn vriendin Liesbeth voor de reislust, het geduld en de liefde waarmee zij mij tijdens mijn onderzoek heeft ondersteunt.

Mijn mede studenten wil ik bedanken voor de inspirerende omgeving. In het bijzonder Kimberly, Gertjan, Siebe en Ferry. De groep studenten waarmee ik naar Aruba af mocht reizen, voor twee fantastische weken.

Mijn moestuin dank ik voor de inspiratie, de groenten en het fruit.
Een tuin om van te leven.

12. Bronnenlijst

- (sd).
NYS Environmental Facilities Corporation . (2014, Mei 19). LONG ISLAND RESILIENCY & CLEAN WATER INFRASTRUCTURE MEETING .
Aruba Foreign Affairs. (sd). *utilities*. Opgeroepen op maart 2014, van [arubaforeignaffairs.com](http://www.arubaforeignaffairs.com):
<http://www.arubaforeignaffairs.com/afa/readBlob.do?id=701>
Bindra, S. H. (2014). Sustainable integrated water resources management for energy production and food security in Libya. *Procedia Technology*, 12, pp. 747 - 752.
Bombus off the peg. (sd). *Aruba Map Heart Print*. notonthehighstreet.com.
Brouwer, C. H. (1986). Irrigation Water Management: Irrigation Water Needs. FAO. Opgehaald van www.FAO.org:
<http://www.fao.org/docrep/s2022e/s2022e01.htm#TopOfPage>
CBS Aruba. (2008). *Income & Expenditure Survey 2006*. Cental Bureau of Statistics Aruba. Oranjestad: Cental Bureau of Statistics Aruba.
CBS Aruba. (2010). *Fifth Population and Housing Census Aruba*. Central Bureau of Statistics Aruba. Oranjestad: Central Bureau of Statistics Aruba.
Cleveland. (1997). Are urban gardens an efficient use of resources? *Aridlands Newsletter*(42).
Directie Infrastructuur en Planning. (2009). *Ruimtelijk Ontwikkelingsplan Aruba*. Ministerie van Integratie, Infrastructuur en Milieu. Oranjestad: Ministerie van Integratie, Infrastructuur en Milieu.
DMA. (2011). *SUMMARY CLIMATOLOGICAL NORMALS, PERIOD 1981 - 2010*. Ministry of Tourism, Transportation and Labour, DEPARTAMENTO METEOROLOGICO ARUBA. Ministry of Tourism, Transportation and Labour.
Dobermann, A. N. (2013). *Opportunities and Solutions for Sustainable Food Production*. Sustainable Development Solutions Network, Thematic Group on Sustainable Agriculture and Food Production. Sustainable Development Solutions Network.
EMDAT. (2010). *Number of SIDS affected by natural disasters*. The OFDA/CRED International Disaster Database.
EPA. (2001). *Protecting and Restoring America's Watersheds*. United States Environmental Protection Agency , Office of Water.
FAO. (2013, Oktober). *Our food and agriculture in numbers*. Opgeroepen op Februari 2014, van Food an Agriculture Organization of the United Nations: <http://www.fao.org/resources/infographics/infographics-details/en/c/203558/>
Foley, J. R. (2011, Oktober 20). Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478, pp. 337-342.
Gobierno di Aruba. (sd). *Onze wateren, Dammen en Tanki's*. Opgeroepen op maart 2014, van www.overheid.aw:
<http://www.overheid.aw/index.asp?nmoduleid=19&wgid=6&sc=0&spagetype=21&nPageID=906&nCMSPageType=1>
Haskins, J. (2012). Building resilience in small island economies: from vulnerabilities to opportunities. *CTA Policy Brief. 8*. Wageningen: technical centre for agricultural and rural cooperation (acP-eu).

- Jenssen, P. V. (2007). SUSTAINABLE WASTEWATER TREATMENT. In L. Seng (Red.), *International conference on natural resources and environmental management and environmental safety and health*. Kuching, Malaysia.: Norwegian University of Life Sciences.
- Lancaster, B. (2008). *Rainwater Harvesting for Drylands and Beyond* (Vol. 2). Tucson , Arizona , USA: Rainsource Press.
- Medford Water Commission. (2009). *Conservation Homepage*. Opgeroepen op juni 2014, van http://www.oregon.gov/owrd/docs/Medford_site.pdf
- Mekonnen, M. H. (2011, Mei 25). The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hydrology and Earth System Sciences*, pp. 1577–1600.
- Mobbs, P. (2002, augustus). Grow Your Own Food. *Free Range Practice Guide*, 5.
- Osiris. (2013). Sids Map. *A map showing the: Small Island Developing States, with labels in English*.
- Pescod, M. (1992). *Wastewater treatment and use in agriculture*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Resource Conservation District of Santa Cruz County. (2009). *Slow it. Spread it. Sink it! A Homeowner's Guide to Greening Stormwater Runoff*. Capitola, Verenigde staten: Resource Conservation District of Santa Cruz County.
- ROP Aruba toelichting. (2009, April). *Ruimtelijk Ontwikkelingsplan Aruba Plantoelichting*.
- Sambeek, M. E. (2000). The groundwater quality of Aruba, Bonaire and Curaçao: a hydrogeochemical study. *Geologie en Mijnbouw / Netherlands Journal of Geosciences*, 79(4), 459-466.
- SEMCOG. (sd). *lowimpactdevelopment*. Opgeroepen op juli 2014, van <http://www.semcog.org>: <http://www.semcog.org/lowimpactdevelopment.aspx>
- Shiklomanov, I. (1998). *WORLD WATER RESOURCES*. Paris: UN.
- Socorro Castro, A. (1999, februari 2). Cienfuegos, the Capital of Urban Agriculture in Cuba. *Urban Agriculture Notes*.
- UN DESA. (2012, Oktober). *United Nations, Department of Economic and Social Affairs. Population Division, Population Estimates and Projections Section*. Opgeroepen op Februari 2014, van Data on Urban and Rural Populations: <http://esa.un.org/unpd/wup/CD-ROM/Urban-Rural-Population.htm>
- United Nations . (2011). *Population by sex, annual rate of population increase, surface area and density*. United Nations, United Nations Statistics Division. United Nations.
- United Nations. (2010). *Trends in sustainable development. Small Island Developing States (SIDS)*. United Nations, Department of Economic and Social Affairs. New York: United Nations.
- Verveen, J. (2008). De Kringloop van Stoffen. *Over vetten*. natuurlijke voeding.
- WEB Aruba. (2011). *The Water Distribution System*. Opgeroepen op Maart 2014, van www.webaruba.com: <http://www.webaruba.com/en/productsequipment/products/water/distribution.html>
- WSP-LAC. (2008). *Constructed Wetlands: A promising wastewater treatment system for small localities*. Water and Sanitation Program, Latin America and the Caribbean (WSP-LAC). Water and Sanitation Program, Latin America and the Caribbean (WSP-LAC).

